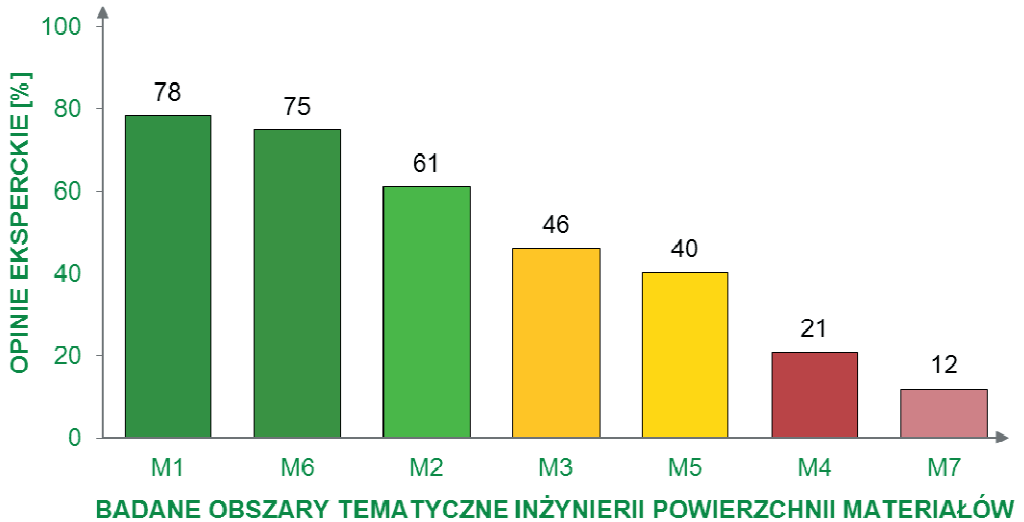


4. Charakterystyka i perspektywy rozwojowe technologii krytycznych inżynierii powierzchni materiałów sklasyfikowanych zgodnie z podejściem procesowym

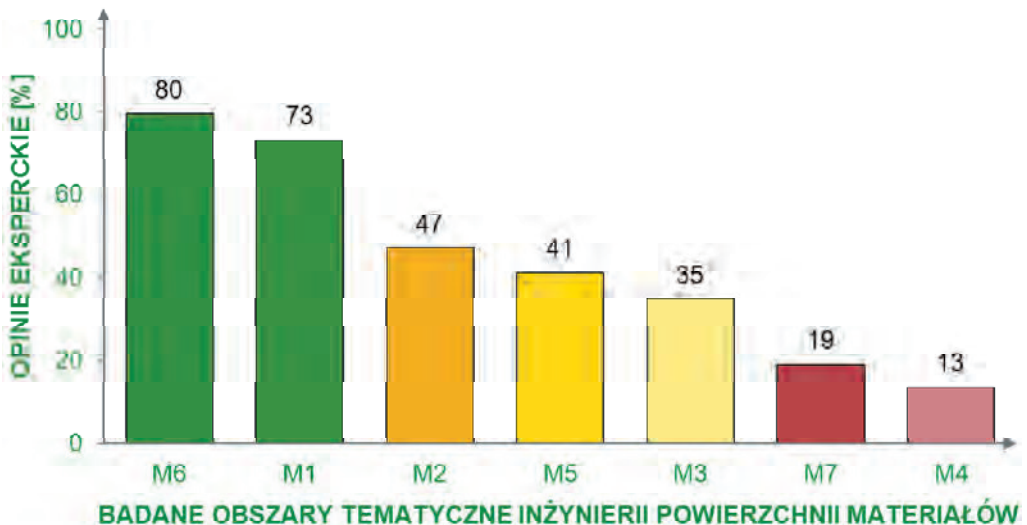
Podejście procesowe odpowiada polu badawczemu *M* (ang.: *Manufacturing*), odzwierciedla punkt widzenia producenta i obejmuje procesy wytwarzania zdeterminowane stanem wiedzy i możliwościami produkcyjnymi parku maszynowego.



Rysunek 4.1. Obszary tematyczne M1-M7 wchodzące w skład pola tematycznego *M* odzwierciedlającego podejście procesowe



Rysunek 4.2. Wyniki badań heurystycznych, dotyczących oceny, którym grupom technologii, zawartym w poszczególnych obszarach tematycznych M1-M7, będą w ciągu najbliższych 20 lat, najczęściej poświęcone prace naukowo-badawcze



Rysunek 4.3. Wyniki badań heurystycznych, dotyczących oceny możliwości praktycznej aplikacji w przemyśle rozpatrywanych grup technologii, zawartych w poszczególnych obszarach tematycznych M1-M7, w ciągu najbliższych 20 lat

4.1. Perspektywy rozwojowe technologii laserowych w inżynierii powierzchni

W niniejszym podrozdziale zamieszczono wyniki prac własnych, z których część – w postaci Kart Informacyjnych Technologii (KIT) – sporządzono we współpracy z Ewą Jondą, Tomaszem Tańskim i Mirosławem Bonkiem. Znaczenie obróbki laserowej stosowanej do kształtowania struktury i własności materiałów inżynierskich, na przestrzeni ostatnich kilkadziesiąt lat znacząco wzrosło, pomimo istotnej konkurencji nie tylko ze strony innych nowoczesnych procesów spawalniczych, ale również innych metod obróbki powierzchniowej materiałów inżynierskich. Technologie laserowe zyskały zastosowanie do wytwarzania warstw powierzchniowych różnymi metodami cieplnymi (hartowanie, nadtapianie, natapianie, ablacja laserowa), cieplno-chemicznymi (stopowanie) i cieplno-mechanicznymi (utwardzanie). Wiązkę laserową wykorzystuje się do nagrzewania warstwy powierzchniowej obrabianego materiału, w celu zapewnienia zmian struktury, umożliwiających uzyskanie wymaganych własności mechanicznych, fizycznych lub chemicznych, a często gwarantujących również poprawę własności eksploatacyjnych obrabianego elementu.

W obszarze tematycznym technologii laserowych w inżynierii powierzchni najlepsze perspektywy rozwojowe spośród wytypowanych technologii krytycznych [3] mają stopowanie/wtapianie laserowe C_{M1}^s (7,0; 8,4) oraz impulsowe osadzanie laserowe I_{M1}^s (4,6; 8,4), które zostały ocenione wysoko (8 punktów). Grupa technologii C_{M1} znalazła się w polu kosodrzewiny wiosną, co oznacza jej wysoki potencjał i ograniczoną atrakcyjność, w związku z tym zalecane w stosunku do niej działania obejmują: uatrakcyjnianie, unowocześnianie, automatyzowanie, komputeryzowanie i promocję z wykorzystaniem dobrej koniunktury na rynku. Impulsowe osadzanie laserowe I_{M1} znalazło się w polu cyprysa wiosną, co oznacza jego wysoką atrakcyjność przy ograniczonym potencjale, który zaleca się systematycznie wzmacniać poprzez dalsze prace naukowo-badawcze, udoskonalanie i doinwestowywanie w warunkach dobrej koniunktury na rynku. W odniesieniu do ocenionych na 7 punktów, eksperymentalnych lub prototypowych, niezwykle obiecujących technologii obróbki laserowej materiałów funkcjonalnych H_{M1}^s (8,6; 7,1) i biomateriałów J_{M1}^s (8,7; 6,9) oraz laserowego wytwarzania przyrostowego E_{M1}^s (8,8; 6,7), a także będącego we wczesnodojrzalej fazie

cyklu życia, fizycznego osadzania z fazy gazowej wspomaganego laserowo G_{M1}^s (8,5; 7,1) rekomendowane jest zastosowanie strategii dębu latem, zgodnie z którą należy wykorzystywać atrakcyjność i potencjał technologii znajdujących się w ryzykownym otoczeniu odpowiadającym silnej konkurencji światowej, szukać sposobności i unikać trudności oraz mocno promować technologię, poprzedzając te działania gruntownymi badaniami marketingowymi, w celu jak najlepszego dopasowania produktu do wymagań klienta. Perspektywy rozwojowe bazowych grup technologii: A_{M1}^s (6,1; 4,5) laserowej obróbki cieplnej oraz B_{M1}^s (6,2; 4,3) przetapiania laserowego kształtują się na umiarkowanym poziomie (6 punktów), stąd w odniesieniu do tych grup technologii zalecane jest czerpanie zysków z realizacji produkcji w stabilnym przewidywalnym otoczeniu z wykorzystaniem solidnej technologii, którą należy unowocześniać i intensywnie promować dla wzmocnienia jej atrakcyjności. Grupa technologii bazowych D_{M1}^s (6,8; 6,3), którym to symbolem oznaczono napawanie laserowe, znalazła się w polu kosodrzewiny latem, a postępowanie zalecane wobec niej to uatrakcyjnianie i unowocześnianie technologii o dużym potencjale oraz dopasowanie produktu do wymagań klienta na podstawie wyników badań marketingowych. Chemiczne osadzanie z fazy gazowej aktywowane laserowo F_{M1}^s (3,9; 6,8) umieszczono w polu cyprysa latem, co oznacza, że należy wzmocnić potencjał tej atrakcyjnej grupy technologii znajdującej się w niepewnym otoczeniu, ocenić ryzyko i, w zależności od wyniku, agresywnie zawalczyć o klienta lub powoli wycofywać technologię z rynku. Otoczenie zarówno bazowej grupy technologii D_{M1} , jak i wczesnodojrzalej grupy technologii F_{M1} należy do burzliwych, zatem zarówno pozytywne, jak i negatywne scenariusze niespodziankowe ich rozwoju nie są wykluczone.

Na podstawie wyników analizy przyszłych trendów rozwojowych poszczególnych grup laserowej obróbki powierzchniowej [3] stwierdzono, że do technologii, których znaczenie będzie wzrastać w ramach badanego obszaru tematycznego, należą: laserowe wytwarzanie przyrostowe E_{M1} (90%), obróbka laserowa materiałów funkcjonalnych H_{M1} (81%) i obróbka laserowa biomateriałów J_{M1} (81%). Spośród badanych grup technologii największą niepewnością obciążona jest przyszłość napawania laserowego D_{M1} , której znaczenie na tle innych grup technologii może zarówno wzrastać (45%), maleć (36%), jak i utrzymywać się na dotychczasowym poziomie (18%).

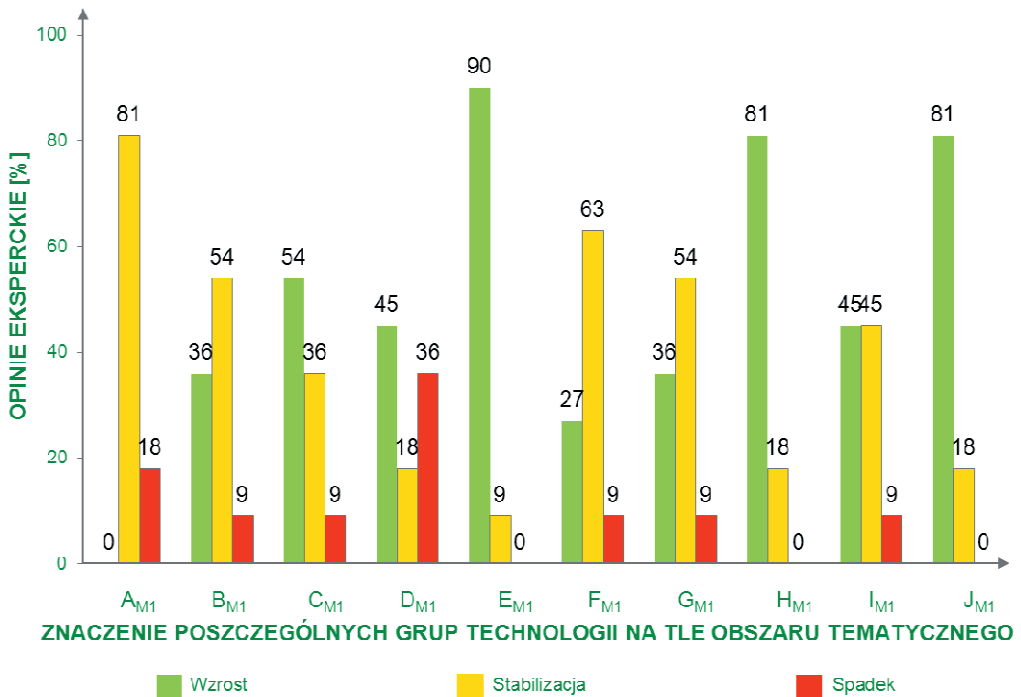
Symbol pola badawczego: **M**
Symbol obszaru tematycznego: **M1**

Prezentowane podejście: **Procesowe**

Obszar tematyczny: **Technologie laserowe w inżynierii powierzchni**

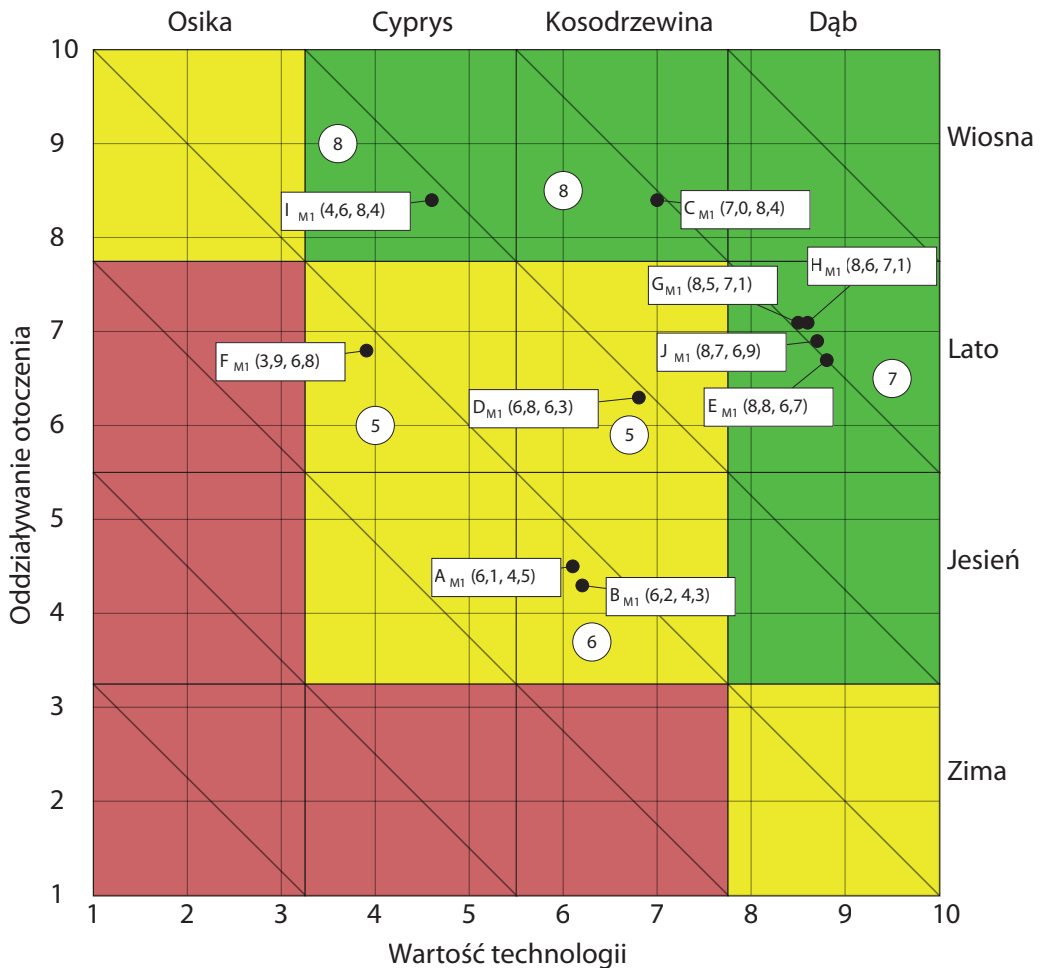
Wykaz technologii krytycznych wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M1:

- A_{M1} Laserowa obróbka cieplna
- B_{M1} Przetapianie laserowe
- C_{M1} Stopowanie/wtapienie laserowe
- D_{M1} Napawanie laserowe
- E_{M1} Laserowe wytwarzanie przyrostowe
- F_{M1} Chemiczne osadzanie z fazy gazowej aktywowane laserowo (LCVD)
- G_{M1} Fizyczne osadzanie z fazy gazowej wspomagane laserowo (LAPVD)
- H_{M1} Obróbka laserowa materiałów funkcjonalnych
- I_{M1} Impulsowe osadzanie laserowe (PLD)
- J_{M1} Obróbka laserowa biomateriałów



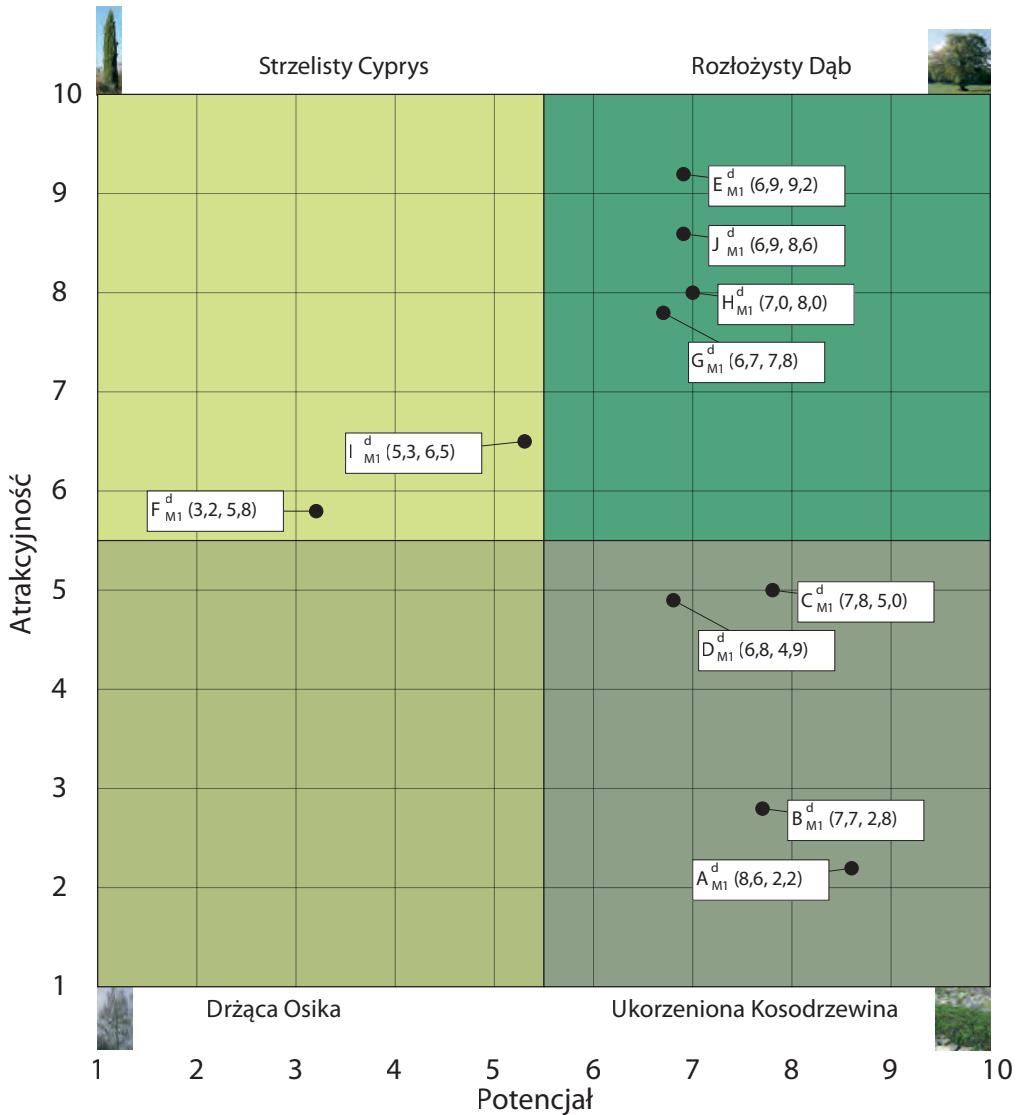
Rysunek 4.4. Prognozowane trendy zmian znaczenia poszczególnych grup technologii krytycznych na tle obszaru tematycznego M1: Technologie laserowe w inżynierii powierzchni

MACIERZ M1-S



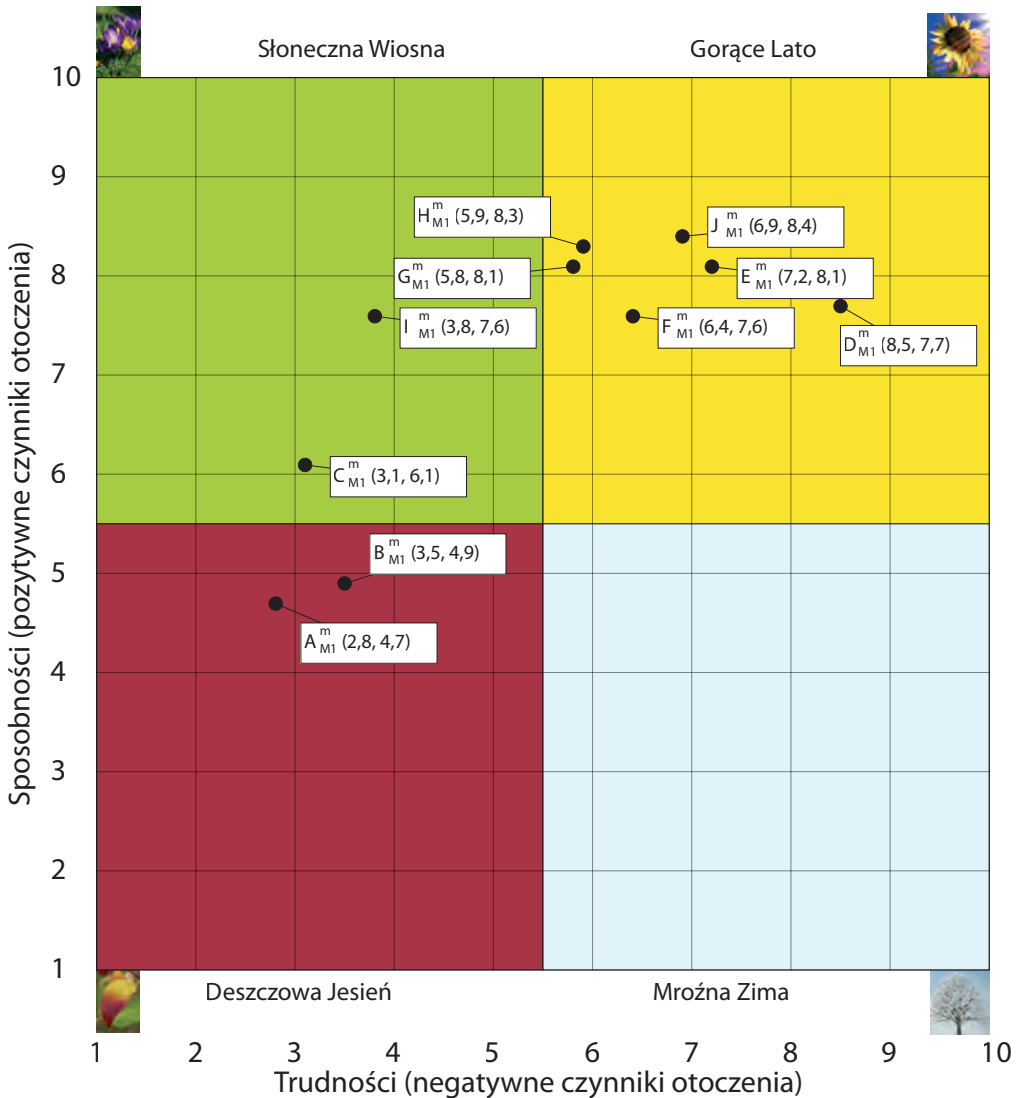
Rysunek 4.5. Macierz strategii dla technologii prezentująca wyrażone ilościowo perspektywy rozwoju poszczególnych grup technologii krytycznych laserowej obróbki powierzchniowej A_{M1} - J_{M1} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M1 i wskazująca strategie rekomendowane do zastosowania w odniesieniu do tych grup technologii

MACIERZ M1-D



Rysunek 4.6. Macierz dendrologiczna prezentująca potencjał i atrakcyjność poszczególnych grup technologii krytycznych laserowej obróbki powierzchniowej A_{M1} - J_{M1} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M1

MACIERZ M1-M



Rysunek 4.7. Macierz meteorologiczna prezentująca intensywność oddziaływania pozytywnych i negatywnych czynników otoczenia na grupy technologii krytycznych laserowej obróbki powierzchniowej A_{M1} - J_{M1} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M1

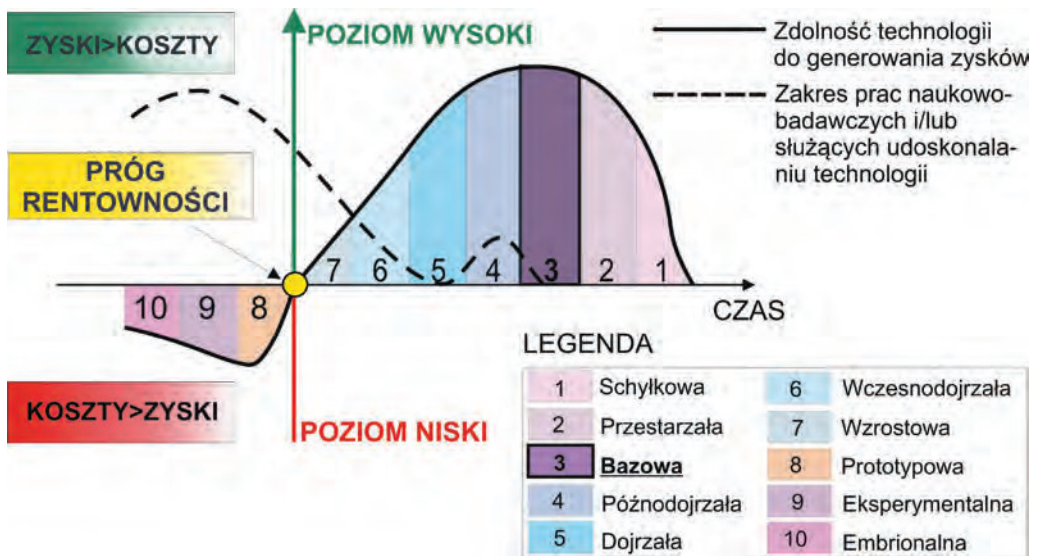
Symbol obszaru tematycznego: **M1**

Symbol grupy technologii: **A_{M1}**

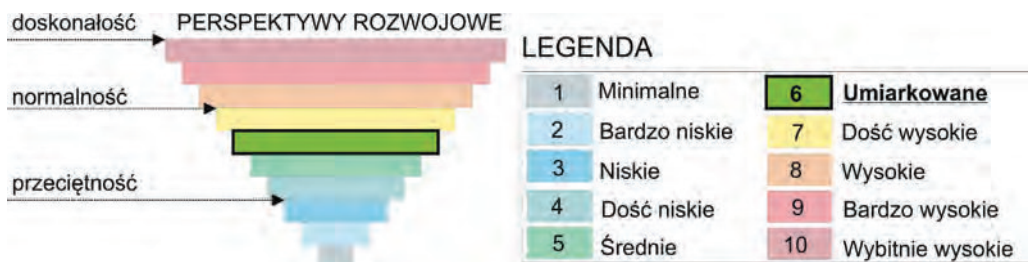
Numer katalogowy: **M1-01**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Laserowa obróbka cieplna**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Laser heat treatment**



Rysunek 4.8. Aktualna faza cyklu życia laserowej obróbki cieplnej

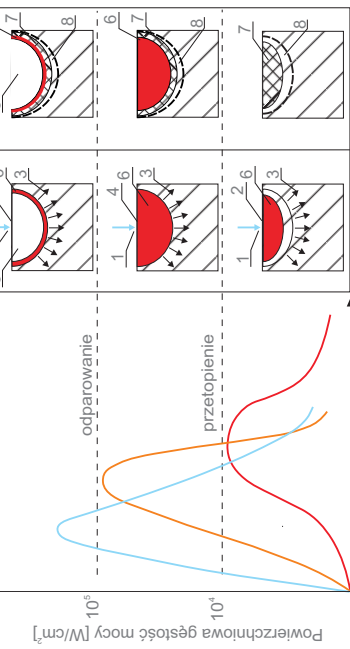


Rysunek 4.9. Perspektywy rozwojowe laserowej obróbki cieplnej

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Laserowa obróbka ciepłna		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie laserowe w inżynierii powierzchni		M1-01/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Intervaly czasowe		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Dlaczego?		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu	
Strategia dla technologii		Strategia koszykowej jesieni: Czerpać korzyści, umacniając atrakcyjność technologii. Czerpać zyski z realizacji produkcji w stabilnym przewidywalnym otoczeniu z wykorzystaniem solidnej technologii, którą należy unowocześniać i intensywnie promować dla wzmocnienia jej atrakcyjności.		Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji	
Oddziaływanie otoczenia		Deszczowa jesień		Ukorzeniona koszykowa	
Wartość technologii		Matryce do pras; trzpienie; przebijaki; tłoczni; kowadła; ciągnaki; kowadła; noże do cięcia; wykojniki; stemple; klapy silnika; elementy chłodnicy i turbin; pierścienie; łożki; walki; tłoczyska; powierzchnie trape pierścieni łożkowych; żebra; łopatkı wirnika; krzywki wałków rozrządu; gniazda zaworów; zawory; zsuwanie; komory spalania; śruby przenośników; elementy pomp; rury, w tym kłowe; elementy precyzyjne		Średnia (5)	
Produkt		Umiaarkowana (6)		Umiaarkowana (6)	
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Stale nierdzewne, austenityczne, narzędziowe, wysokostopowe chromowe, chromowo-niklowe; stopy Ni, Ti, Cu			
Podłoże		Zahartowana warstwa wierzchnia, twarda, antyzuzyciowa			
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		Odporność zmnęczenia; odporność na erozję i ścieranie; polepszone własności mechaniczne; twardość			
Polepszone własności materiału		Mikroskopy: świetlne, kontakalny laserowy (SEM), transmisyjny elektronowy (TEM), sił atomowych (AFM); dyfraktoметр рентgenowski; spektrometr GDOES; twardościomierz; seratch tester, profilometr; potencjostat; trybometr; grubościomierz; laserowy; stanowiska do pomiarów odporności na korozję i erozję			
Aparatura naukowo-badawcza		Laserowa obróbka ciepłna			
Technologia		Bazowa (3)		Bazowa (3)	
Faza cyklu życia		Wielko- i średniosyjna		Wielko- i średniosyjna	
Typ produkcji		Polokowa synchroniczna; niepotokowa w gniazdach		Polokowa zsynchronizowana; polokowa zsynchroniczna	
Forma organizacji produkcji		Średnia (5)		Średnia (5)	
Nowoczesność parku maszynowego		Dość wysoka (7)		Wysoka (8)	
Automatyzacja i robotyzacja		Dość wysoka (7)		Dość wysoka (7)	
Jakość i niezawodność		Umiaarkowana (6)		Umiaarkowana (6)	
Proekologiczność		Duże i średnie przedsiębiorstwa; OW; INB		Duże, średnie i małe przedsiębiorstwa	
Rodzaj organizacji		Narzędziowy; motoryzacyjny; lotniczy; chemiczny; hydrauliczny; budowy maszyn; precyzyjny			
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Średni (5)		Dość niski (4)	
Poziom edukacji personelu		Dość niskie (4)		Dość niskie (4)	
Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej		Średnie (5)		Niskie (3)	
Wymagania kapitałowe		Dość wysoka (7)		Średnia (5)	
Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność		Wysoka (8)		Umiaarkowana (6)	
Wartość produkcji w kraju				Umiaarkowana (6)	

LEGENDA: Związki przyczynowo-skutkowe Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Laserna obróbka ciepła	Nr katalogowy
Obszar tematyczny	Technologie laserowe w inżynierii powierzchni		M1-01/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
Laserna obróbka ciepła obejmuje operacje, które prowadzi się wykorzystując wiązkę laserową jako źródło energii potrzebnej do nagrzania warstwy wierzchniej obrabianego materiału, w celu zmiany jej struktury dla uzyskania odpowiednich własności mechanicznych, fizycznych lub chemicznych polepszających trwałość eksploatacyjną obrabianego przedmiotu.			
Laserna obróbka ciepła polega na kształtowaniu warstwy wierzchniej w wyniku przemiany fazowej w stanie stałym, polegającym na nagrzaniu powierzchniowych warstw do temperatury austenityzowania i ich gwałtownym chłodzeniu (hartowanie), powolnym chłodzeniu (wyżarzanie i odpuszczanie), bądź podgrzaniu, np. dla zwiększenia plastyczności przed kolejną obróbką powierzchniową lub kształtującą, taką jak: skrawanie, np. węglików spiekanych, spawanie, obróbka plastyczna, obróbka laserowa, np. przed platerowaniem lub hartowaniem (w celu uniknięcia pęknięć lub wspomaganie procesu nagrzewania).			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
X	jednowarstwowa	wielofazowa	amorficzna
	wielowarstwowa	X gradientowa	nanokrystaliczna
	multiwarstwowa (>100 warstw)	kompozytowa	hybrydowa
X	przemiany fazowe warstwy wierzchniej podłoża	zmiana składu chemicznego warstwy wierzchniej podłoża	procesy fizyczne na powierzchni podłoża
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
X	mechaniczne	magnetyczne	optyczne
	chemiczne	dyfuzyjne	termiczne
	elektryczne	hydromechaniczne	akustyczne
			antykorozyjne
			inne
Zalety			
Minimalne zniekształcenie powierzchni; selektywne hartowanie; brak środka chłodzącego; możliwość uzyskania cienkich warstw utwardzanych; kontrolowanie głębokości warstw utwardzanych.		Wady	
Wysoki koszt urządzenia; ograniczona powierzchnia oddziaływania lasera na obrabianym przedmiocie – zdeterminowana głównie szerokością wiązki laserowej.			
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań			
Hartowanie bezprzetopieniowe; laserowa obróbka ciepła poprzedzona wcześniejszą obróbką cieplną, cieplno-chemiczną lub po umacnianiu mechanicznym materiałów; laserowa obróbka ciepła materiałów narzędziowych.			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Hartowanie powierzchniowe indukcyjne lub płomieniowe; technologie plazmowe.			
Rekomendowane źródła literatury			
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		
2	L.A. Dobrzański, et al. Modelling of properties of the alloy tool steels after laser surface treatment, International Journal of Computational Materials Science and Surface Engineering 1/5 (2007) 526-539.		
3	J. Kusiński, Lasery i ich zastosowanie w inżynierii materiałowej, Wydawnictwo Naukowe Akapit, Kraków, 2000.		
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			
Poziom			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Umiarokowany (6)			
Umiarokowany (6)			
Średni (5)			
Średni (5)			
Średni (5)			
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia			
Poziom			
Wysoki (8)			
Dość wysoki (7)			
Umiarokowany (6)			
Umiarokowany (6)			
Umiarokowany (6)			
Umiarokowany (6)			
Umiarokowany (6)			
Umiarokowany (6)			
Średni (5)			
Średni (5)			
Średni (5)			
Dość niski (4)			
Dość niski (4)			
Poziom			
Dość wysoki (7)			
Umiarokowany (6)			
Umiarokowany (6)			
Średni (5)			
Dość niski (4)			
Bazowa (3)			
Umiarokowane (6)			

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Obszar tematyczny	Nr katalogowy																										
<p>Laserna obróbka ciepła</p> <p>Technologie laserowe w inżynierii powierzchni</p>	<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p>	<p>Skutek oddziaływania wiązki lasera na stal zależy w głównej mierze od powierzchniowej gęstości mocy P i czasu oddziaływania, zwanego też czasem ekspozycji τ. Przy niskim poziomie gęstości mocy, mniejszej niż 10^4 W/cm^2, można już prowadzić hartowanie bezprzetopieniowe. Następuje wtedy nagrzewanie powierzchni stali do temperatury niższej od solidus ($A_1 < T_{\text{obr}} < T_S$). Po zakończeniu obróbki zaabsorbowane ciepło zostaje natychmiast odprowadzone do podłoża drogą przewodnictwa cieplnego, co prowadzi do zahartowania strefy przypowierzchniowej. Hartowanie bezprzetopieniowe umożliwia hartowanie stali i stopów niehartowalnych konwencjonalnie, np. stali o stężeniu węgla poniżej 0,2%. Wraz ze wzrostem stężenia węgla wzrasta twardość i grubość warstwy zahartowanej dla tych samych warunków laserowej obróbki, co wynika ze wzrostu hartowności i obniżenia temperatury austenitizowania. Warstwa wierzchnia po takiej obróbce składa się z dwóch lub trzech stref (trzecia strefa ujawnia się w stalach podutektoidalnych – strefa nagrzana do zakresu temperatury A_1–A_3):</p> <ul style="list-style-type: none"> strefa nagrzana do temperatury A_3–solidus i zahartowana ze stanu stałego, strefa stali nagrzana poniżej temperatury A_1 i odpuszczona, strefa występuje w stalach, które przed laserową obróbką były hartowane i odpuszczane. 	<p>M1-01/2010-12</p>																										
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1" data-bbox="384 158 617 873"> <tr> <td>Standardowy zakres parametru procesu</td> <td>jednostka</td> <td>od</td> <td>do</td> </tr> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>750</td> <td>1200</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td></td> <td colspan="2">atmosferyczne</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>0,001</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td colspan="3">powietrze, gazy ochronne np. argon</td> </tr> <tr> <td>Specyficzne warunki realizacji procesu</td> <td colspan="3">brak</td> </tr> </table> <p>Metod(a)/y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Matowanie powierzchni w celu poprawy absorpcyjności.</p> <p>Typ/prodajca urządzenia</p> <p>Lasery CO₂; Nd:YAG; lasery diodowe HPDL.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Stanowisko laserowe; dysze gazu ochronnego; stołki do pozycjonowania obrabianego elementu z możliwością ruchu w płaszczyźnie xy.</p>	Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	750	1200	Ciśnienie		atmosferyczne		Warunki prądowo-napięciowe				Czas	s	0,001	3	Środowisko/atmosfera	powietrze, gazy ochronne np. argon			Specyficzne warunki realizacji procesu	brak			 <p>1 - wiązka laserowa 2 - lokalne nagrzanie powierzchni 3 - przepływ ciepła 4 - materiał przetopiony 5 - krater 6 - strefa przetopiona i zahartowana 7 - strefa nagrzana do temperatury A_3–solidus i zahartowana 8 - strefa nagrzana poniżej temperatury A_3</p>
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																										
Temperatura	°C	750	1200																										
Ciśnienie		atmosferyczne																											
Warunki prądowo-napięciowe																													
Czas	s	0,001	3																										
Środowisko/atmosfera	powietrze, gazy ochronne np. argon																												
Specyficzne warunki realizacji procesu	brak																												
<p>Schemat przebiegu procesu laserowej obróbki ciepłej</p>																													

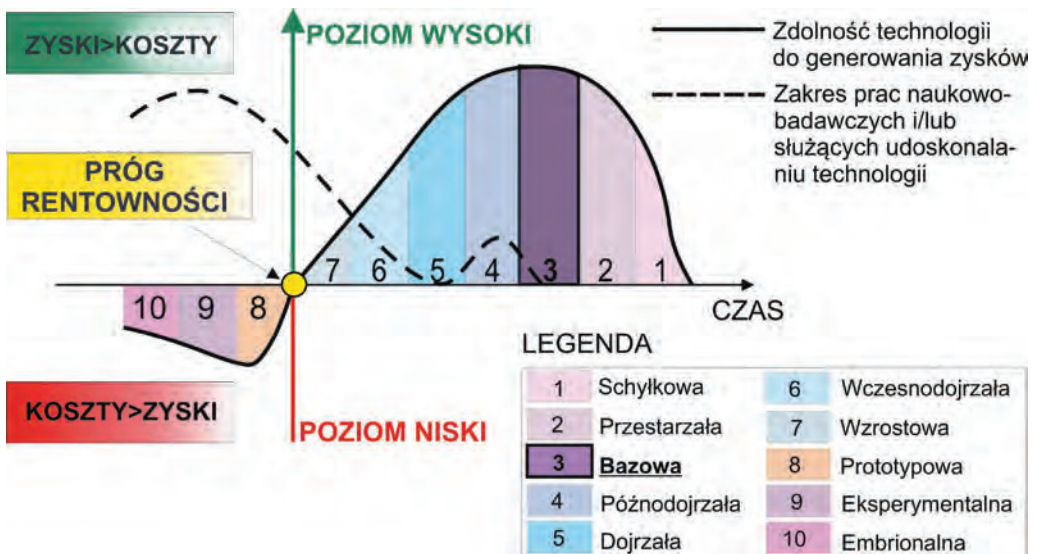
Symbol obszaru tematycznego: **M1**

Symbol grupy technologii: **B_{M1}**

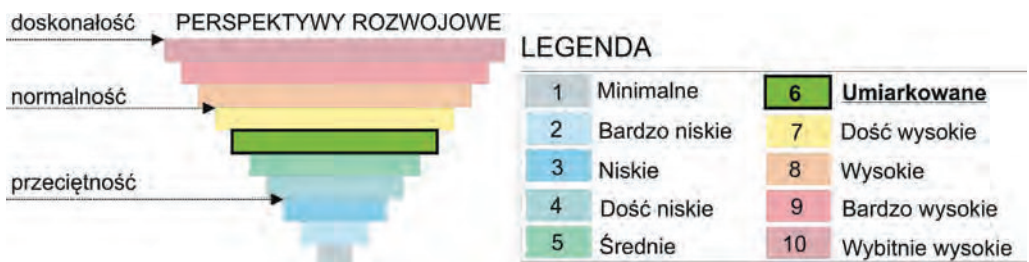
Numer katalogowy: **M1-02**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Przetapianie laserowe**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Laser remelting**



Rysunek 4.10. Aktualna faza cyklu życia przetapiania laserowego



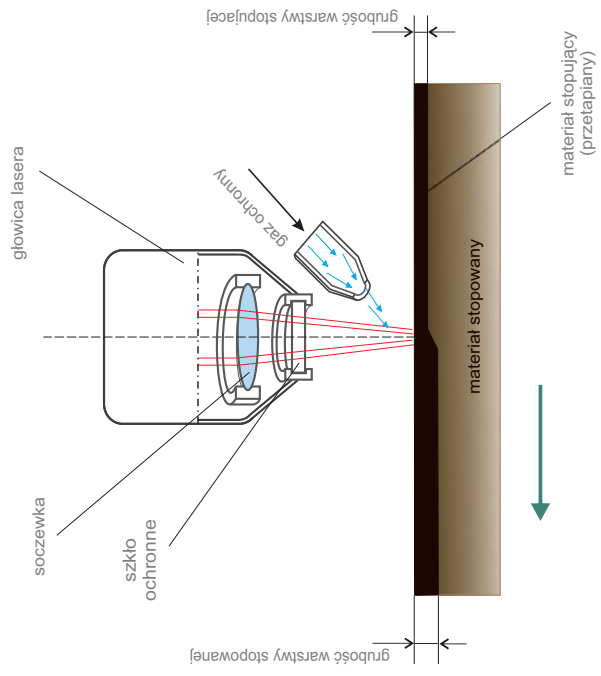
Rysunek 4.11. Perspektywy rozwojowe przetapiania laserowego

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Przetapianie laserowe		Obszar tematyczny | Technologie laserowe w inżynierii powierzchni		Nr katalogowy	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2020		2030	
Dlaczego?		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii		Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
		Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Zrównoważony rozwój	
		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności		Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji	
		Strategia dla technologii		Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu			
		Oddziaływanie otoczenia		Strategia koszykowej produkcji w stabilnym przewidywalnym otoczeniu z wykorzystaniem solidnej technologii, którą należy unowocześniać i intensywnie promować dla wzmocnienia jej atrakcyjności.			
		Wartość technologii		Ukorzeniona koszykowa			
Produkt		Matryce do pras; trzpienie; przebijaki; tłoczniaki; kowadła; kołki; kowadła; kołki; tłoczniaki; stemple; klapy silnik; elementy chłodnicy i turbin; pierścienie; łoki; walki; tłoczniaki; powierzchnie trape pierścieni tłokowych; żebra; łopaty wirnika; krzywki wałków rozrządu; gniazda zaworów; zawory; zsuwanie; komory spalania; śruby przenośników; elementy pomp; rury, w tym kłowe; elementy precyzyjne; naprawa powierzchniowych wad odlewniczych		Umiarowana (6) Umiarowana (6)		Średnia (5)	
Co?		Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Stale nierdzewne, narzędziowe, wysokostopowe chromowe, chromowo-niklowe, staliwa; żeliwa; stopy metali nieżelaznych; stopy metali lekkich; stopy Ni		Umiarowana (6)	
		Podłoże		Ti; materiały ceramiczne		Umiarowana (6)	
		Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/porosów na powierzchni podłoża		Twarda, odporna na ścieranie, korozję i erozję warstwa gradientowa o drobnoziarnistej strukturze		Umiarowana (6)	
		Polepszone własności materiału		Twardość; odporność na korozję i erozję; odporność zmęczenia; odporność na działanie wysokiej temperatury; odporność na pęknięcie		Umiarowana (6)	
		Aparatura naukowo-badawcza		Mikroskopy, światłny, konfokalny laserowy, skaningowy elektronowy (SEM), transmisyjny elektronowy (TEM), sił atomowych (AFM); dyfraktometr rentgenowski; spektrometr GDOES; twardościomierz; scratch tester; profilometr; potencjostat; trybometr; grubościomierz; laserowy; stanowiska do pomiarów odporności na korozję i erozję		Umiarowana (6)	
Technologia		Przetapianie laserowe					
Faza cyklu życia		Bazowa (3)		Bazowa (3)		Bazowa (3)	
Typ produkcji		Wielko- i średnioseryjna		Wielko- i średnioseryjna		Wielko- i średnioseryjna	
Forma organizacji produkcji		Pobokowa synchroniczna; niepobokowa w gniazdach		Pobokowa synchroniczna; niepobokowa		Pobokowa zautomatyzowana; pobokowa synchroniczna	
Nowoczesność parku maszynowego		Średnia (5)		Średnia (5)		Średnia (5)	
Automatyzacja i robotyzacja		Dość wysoka (7)		Dość wysoka (7)		Umiarowana (6)	
Jakość i niezawodność		Umiarowana (6)		Umiarowana (6)		Średnia (5)	
Proekologiczność		Umiarowana (6)		Umiarowana (6)		Umiarowana (6)	
Rodzaj organizacji		Małe i średnie przedsiębiorstwa; OW; INB		Małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; OW; INB		Małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; OW	
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Narzędziowy; motoryzacyjny; lotniczy; chemiczny; hydrauliczny; budowy maszyn; precyzyjny					
Kto?		Dość niski (4)		Dość niski (4)		Dość niski (4)	
		Średnie (5)		Dość niskie (4)		Dość niskie (4)	
Ile?		Dość niskie (4)		Dość niskie (4)		Dość niskie (4)	
		Dość wysoka (7)		Umiarowana (6)		Średnia (6)	
		Wysoka (8)		Dość wysoka (7)		Umiarowana (6)	

LEGENDA: ---> Związki przyczynowo-skutkowe ---> Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe <-> Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Przetapianie laserowe	Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego		Obszar tematyczny	Technologie laserowe w inżynierii powierzchni	M1-02/2010-12
<p>Głównym celem przetapiania laserowego jest zmiana struktury materiału wyjściowego w celu uzyskania struktury drobnozarnistej lub amorficznej, bez zmiany składu chemicznego materiału. Podczas przetopienia część zaabsorbowanej energii cieplnej przenika w głąb materiału, co skutkuje powstaniem dużego gradientu temperatury pomiędzy ciekłą warstwą materiału a osnową. W czasie obróbki laserowej z przetopieniem następuje mieszanie się ciekłego metalu na skutek ruchów konwekcyjnych. Ruchy te powstają w wyniku różnicy temperatury występującej między przetopioną powierzchnią i dnem obszaru przetopionego, a ponadto w wyniku nadmuchu gazu osłonowego i „ciśnienia” wiązki laserowej. Po przetopieniu i wymieszaniu ciekłego metalu następuje szybkie krzepnięcie, dzięki istnieniu dużego gradientu temperatury. Przetapianie laserowe odbywa się przy prędkościach nagrzewania i chłodzenia $V_{rel} = 10^{-2} - 10^3 \text{ } ^\circ\text{C/s}$, podczas gdy w przypadku konwencjonalnego hartowania prędkość nagrzewania i chłodzenia wynosi $10^2 - 10^3 \text{ } ^\circ\text{C/s}$.</p>			<p>Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału</p> <p>Oporność na erozję</p> <p>Twardość</p> <p>Oporność zmęczenia</p> <p>Oporność na ścieranie</p> <p>Oporność na oddziaływanie wysokiej temperatury</p> <p>Niższy koszt wytwarzania</p> <p>Własności mechaniczne</p> <p>Oporność na korozję</p>	<p>Poziom</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Sredni (5)</p> <p>Sredni (5)</p>
<p>Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża</p> <p>X jednobarstwowa wielofazowa</p> <p>X gradientowa</p> <p>X kompozytowa</p> <p>X przemiany fazowe powierzchni podłoża</p> <p>Szczególne własności: powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajścia procesów</p>		<p>X amorficzna</p> <p>nanokrystaliczna</p> <p>hybrydowa</p> <p>procesy fizyczne na powierzchni podłoża</p>	<p>Skuteczność przeciwdziałania technologii: skutkom zużycia</p> <p>Pitting (zużycie gruzełkowe)</p> <p>Erozja</p> <p>Zużycie ścierne</p> <p>Zużycie abrazyjne</p> <p>Zmęczenie cieplne</p> <p>Spalling</p> <p>Zużycie cieplne</p> <p>Fretting</p> <p>Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii</p>	<p>Poziom</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Poziom</p>
<p>Zalety</p> <p>Wysoka odporność na zużycie ślizgowe; ścierne i erozyjne warstwy wierzchniej; uzyskanie drobno-kryształicznej struktury; wysoka odporność na utlenianie i inne rodzaje korozji.</p>		<p>X mechaniczne</p> <p>chemiczne</p> <p>elektryczne</p> <p>Wady</p> <p>Wysoki koszt urządzenia; wzrost chropowatości obrabianych powierzchni; możliwość powstawania naprężeń wewnętrznych i pęknięć w warstwie wierzchniej.</p>	<p>M 72</p> <p>C 25</p> <p>C 28</p> <p>C 30</p> <p>C 29</p> <p>M 71</p> <p>C 27</p> <p>C 32</p>	<p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Sredni (5)</p> <p>Sredni (5)</p> <p>Sredni (5)</p> <p>Dość niski (4)</p> <p>Dość niski (4)</p>
<p>Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań</p> <p>Hartowanie przetopienie; szklwienie; przetapianie laserowe stali i materiałów nieżelaznych; przetapianie laserowe warstwy wierzchniej elementów maszyn.</p>		<p>X optyczne</p> <p>X termiczne</p> <p>X antykorozyjne</p> <p>akustyczne</p> <p>inne</p>	<p>Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii</p>	<p>Poziom</p>
<p>Technologie zastępcze/alternatywne</p> <p>Technologie plazmowe.</p>			<p>Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii</p>	<p>Poziom</p>
<p>Rekomendowane źródła literatury</p>			<p>Modelowanie matematyczne</p> <p>Modelowanie wieloskalowe</p> <p>Sztuczne sieci neuronowe</p> <p>Algorytmy genetyczne</p> <p>Dynamika molekularna</p> <p>Aktualna faza cyklu życia technologii</p> <p>Perspektywy rozwojowe</p>	<p>Wysoki (8)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Sredni (5)</p> <p>Sredni (5)</p> <p>Sredni (5)</p> <p>Bazowa (3)</p> <p>Umiarkowane (6)</p>
<p>1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.</p> <p>2 Z. Brytan, M. Bonek, L.A. Dobrzański, D. Ugues. M. Actis Grande, The Laser Surface Remelting of Austenitic Stainless Steel, Materials Science Forum 654-656 (2010) 2511-2514.</p> <p>3 J. Kusiński, Wear properties of T15 PM HSS made indexable inserts after laser surface melting, JMPT 64 (1997) 239-246.</p>				

<p>KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII</p>	<p>Nazwa technologii Przetapianie laserowe</p>	<p>Nr katalogowy M1-02/2010-12</p>
<p>Obszar tematyczny Technologie laserowe w inżynierii powierzchni</p>		
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Skutek oddziaływania wiązki lasera na stal zależy w głównej mierze od powierzchniowej gęstości mocy P i czasu oddziaływania, zwanego też czasem ekspozycji τ. Zwiększenie gęstości mocy powierzchniowej do ponad 10^4 W/cm² prowadzi już nie tylko do błyskawicznego topienia stali, ale także do parowania materiału, co wykorzystywane jest przy laserowym cięciu, drążeniu, grawerowaniu lub usuwaniu materiału. Stal nagrzana jest wtedy do temperatury parowania lub wyższej ($T_{obr} \geq T_p$). Następuje wówczas wybuchowe wyrzucanie cząstek metalu, czyli tzw. abiacja. W czasie obróbki z taką gęstością mocy może powstać plazma, która utrudnia, a nawet przerywa dopływ promieniowania do stali przez jego pochłanianie. Podczas obróbki przy takiej gęstości mocy w stali powstają cztery strefy:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ strefa z kraterem po odparowaniu stali (niepożądana), ▪ strefa przetopiona i zahartowana ze stanu ciekłego, ▪ strefa nagrzana w zakresie temperatury A_3 – solidus i zahartowana ze stanu stałego, ▪ strefa nagrzana do temperatury niższej do A_1 i odpuszczona (jeśli stal była wcześniej zahartowana). 		
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>		
<p>Standardowy zakres parametru procesu</p>	<p>jednostka</p>	<p>od do</p>
<p>Temperatura</p>	<p>°C</p>	<p>400 1300</p>
<p>Ciśnienie</p>	<p>atmosferyczne</p>	<p>-</p>
<p>Warunki prądowo-napięciowe</p>	<p>-</p>	<p>-</p>
<p>Czas</p>	<p>s</p>	<p>1 3</p>
<p>Środowisko/atmosfera</p>	<p>powietrze, gazy ochronne np. argon</p>	<p>-</p>
<p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p>	<p>brak</p>	<p>-</p>
<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p>		
<p>Matowanie powierzchni w celu poprawy absorpcyjności.</p>		
<p>Typ/rodzaj urządzenia</p>		
<p>Lasery CO₂; Nd:YAG; lasery diodowe HPDL.</p>		
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p>		
<p>Stanowisko laserowe; dysze gazu ochronnego; stołki do pozycjonowania obrabianego elementu z możliwością ruchu w płaszczyźnie XY.</p>		
<p>Schemat procesu przetapiania laserowego</p>		



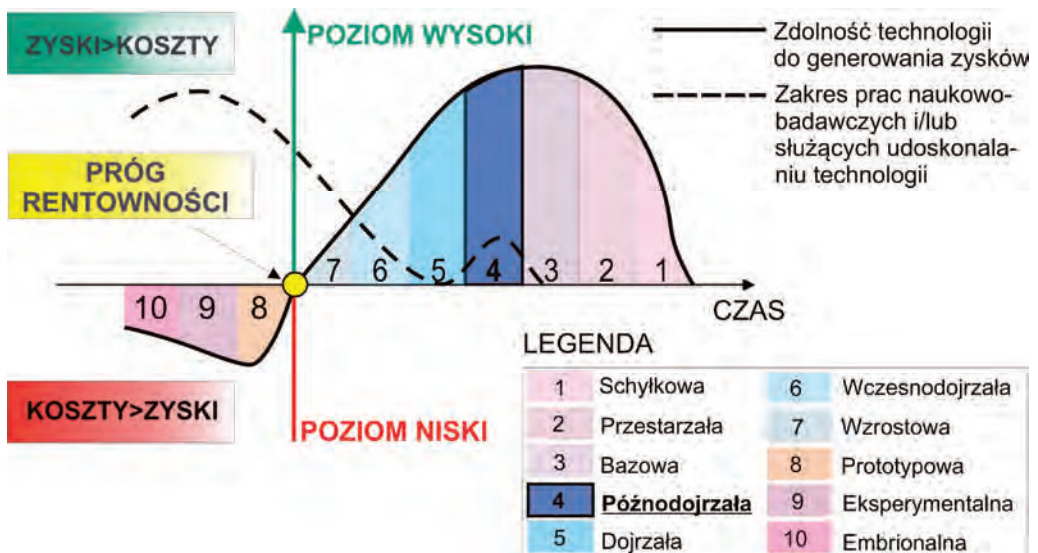
Symbol obszaru tematycznego: **M1**

Symbol grupy technologii: **C_{M1}**

Numer katalogowy: **M1-03**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Stopowanie/wtapienie laserowe**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Laser alloying/feeding**



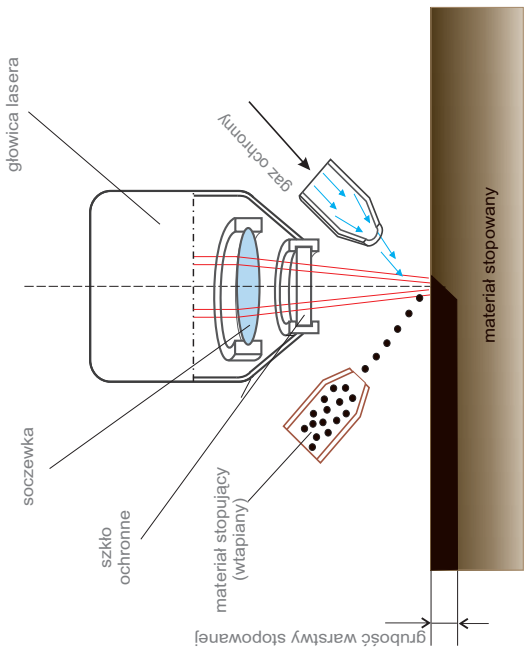
Rysunek 4.12. Aktualna faza cyklu życia stopowania/wtapienia laserowego



Rysunek 4.13. Perspektywy rozwojowe stopowania/wtapienia laserowego

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Stopowanie/włapienie laserowe		Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie laserowe w inżynierii powierzchni		M1-03/2010-12
Kiedy?	Interwały czasowe	DZIŚ 2010-12	2020	2030
Dlaczego?	<p>Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze</p> <p>Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych</p> <p>Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń</p> <p>Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego</p> <p>Strategia koszykowa wiodąca: Wykorzystać sposobności, umacniając atrakcyjność technologii. Uatrakcyjnić, unowocześnić, automatyzować, komputeryzować i promować technologię od dużym potencjale, wykorzystując dobrą koniunkturę na rynku.</p>	<p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu</p>	<p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>	
Co?	<p>Strategia dla technologii</p> <p>Oddziaływanie otoczenia</p> <p>Wartość technologii</p> <p>Produkt</p> <p>Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji</p> <p>Podłoże</p> <p>Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/porosów na powierzchni podłoża</p> <p>Polepszone własności materiału</p> <p>Aparatura naukowo-badawcza</p>	<p>Matryce do pras; trzpienie; przebijaki; tłoczniaki; kowadła; noże do cięcia; wykojniki; stemple; kłapy silnika; elementy chłodnicy i turbin; pierścienie; łożki; walki; tłoczyska; powierzchnie trape pierścieni łożkowych; żebra; łożki wirnika; krzywki wałków rozrządu; gniazda zaworów; zawory; zsuwnie; komory spalania; śruby przenośników; elementy pomp; rury, w tym kłowe; elementy precyzyjne; naprawa powierzchniowych wad odlewniczych</p> <p>Dość wysoka (7) Dość wysoka (7)</p> <p>Stale nierdzewne, narzędziowe, wysokostopowe chromowe, chromowo-niklowe, staliwa; żelwizy; stopy metali lekkich; stopy Ni i Ti; materiały ceramiczne</p> <p>Twarda, odporna na ścieranie, korozję i erozję warstwa wierzchnia wzmocniona zmieniającymi się gradientowo dyspersyjnymi wydzieleniami węglików, tlenków lub azotków</p> <p>Twardość; odporność na korozję i erozję; odporność zmęczenia; odporność na działanie wysokiej temperatury; odporność na utlenianie</p> <p>Mikroskopy; świetlne, konfokalny laserowy, skaningowy elektrony (SEM), transmisyjny elektrony (TEM), sil atomowych (AFM); dyfraktometr rentgenowski; spektrometr GDOES; twardościomierz; scratch tester; profilometr; potencjostat; trybomer; grubościomierz laserowy; stanowisko do pomiaru odporności na erozję</p>	<p>Dość wysoka (8)</p> <p>Wysoka (8)</p>	
Jak?	<p>Technologia</p> <p>Faza cyklu życia</p> <p>Typ produkcji</p> <p>Forma organizacji produkcji</p> <p>Nowoczesność parku maszynowego</p> <p>Automatyzacja i robotyzacja</p> <p>Jakość i niezawodność</p> <p>Proekologiczność</p>	<p>Stopowanie/włapienie laserowe z użyciem proszków węglików, tlenków, azotków</p> <p>Późnodojrzała (4) Późnodojrzała (4)</p> <p>Mało- i średnioseryjny Średnio- i małoseryjny</p> <p>Pobokowa synchroniczna; niepotokowa na linii Pobokowa synchroniczna; niepotokowa na linii</p> <p>Umiarowana (6) Umiarowana (6)</p> <p>Umiarowana (6) Umiarowana (6)</p> <p>Umiarowana (6) Umiarowana (6)</p> <p>Średnia (5) Średnia (5)</p> <p>INB; OW; uczelnie; średnie przedsiębiorstwa; TP; CTT</p> <p>Narzędziowy; motoryzacyjny; lotniczy; chemiczny; hydrauliczny; budowy maszyn; precyzyjny</p> <p>Średni (5) Średni (5)</p> <p>Średni (5) Średni (5)</p> <p>Średnie (5) Dość niskie (4)</p> <p>Dość wysoka (7) Umiarowana (6)</p> <p>Średnia (5) Dość wysoka (7)</p>	<p>Późnodojrzała (4)</p> <p>Średnio- i wielkoseryjny</p> <p>Pobokowa zautomatyzowa; pobokowa synchroniczna</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Duża, średnie i małe przedsiębiorstwa</p>	
Gdzie?	<p>Rodzaj organizacji</p> <p>Reprezentowane gałęzie przemysłu</p>	<p>INB; OW; uczelnie; średnie przedsiębiorstwa; TP; CTT</p>		
Kto?	<p>Poziom edukacji personelu</p> <p>Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej</p>	<p>Średni (5) Średni (5)</p> <p>Średni (5) Średni (5)</p>	<p>Średni (5)</p> <p>Średni (5)</p>	
Ile?	<p>Wymagania kapitałowe</p> <p>Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność</p> <p>Wartość produkcji w kraju</p>	<p>Średnie (5) Dość niskie (4)</p> <p>Dość wysoka (7) Umiarowana (6)</p> <p>Średnia (5) Dość wysoka (7)</p>	<p>Dość niskie (4)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Wysoka (8)</p>	
LEGENDA:				
<p>-----> Związki przyczynowo-skutkowe</p> <p>-----> Powiązania kapitałowe</p> <p>-----> Korelacje czasowe</p> <p>-----> Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów</p>				

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Stopowanie/wtapianie laserowe	Nr katalogowy
Obszar tematyczny	Technologie laserowe w inżynierii powierzchni		M1-03/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
Laserowe wzbogacanie warstwy wierzchniej, zwane także stopowaniem, polega na jednoczesnym topieniu i mieszaniu materiału wzbogacającego (stopującego) i wzbogacanego (stopowanego). W wyniku napromieniowania wiązką lasera oba materiały topią się z równoczesnym tworzeniem się tzw. jeziora materiałów przetopionych. W jeziorce następuje mieszanie się przetopionych materiałów na skutek ruchów konwekcyjnych, grawitacyjnych oraz w wyniku oddziaływania ciśnienia wiązki laserowej wraz z nadmuchem gazu osłonowego. Mieszaniu towarzyszy powstanie wypływu na brzegach jeziora. Po przejściu wiązki laserowej następuje gwałtowne krzepnięcie i chłodzenie otrzymanego stopu. Po zaprzestaniu akcji laserowej powstają stop krzepnie, a materiał warstwy wierzchniej ulega samohartowaniu wskutek przepływu ciepła do zimnego podłoża. Struktura i skład stopowanej warstwy wierzchniej są inne niż materiału podłoża i materiału stopującego.			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
jednowarstwowa X wielofazowa amorficzna			
X wielowarstwowa X gradientowa nanokryształczna			
multiwarstwowa (>100 warstw) X kompozytowa hybrydowa			
X przemiany fazowe powierzchni X zmiana składu chemicznego procesy fizyczne na powierzchni podłoża powierzchni podłoża			
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
X mechaniczne magnetyczne optyczne X trybologiczne			
chemiczne dyfuzyjne X termiczne X antykorozyjne			
elektryczne hydromechaniczne akustyczne inne			
Zalety Wady			
Wysoka odporność na zużycie ślizgowe, ściernie Wysoki koszt urządzenia; wzrost chropowatości i erozyjne warstwy wierzchniej; możliwość wytwarzania nowych materiałów zawierających fazy metastabilne i przesycone roztwory stałe.			
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań			
Stopowanie/wtapienie proszków, węglików, azotków i tlenków o zróżnicowanej ziarnistości w warstwą wierzchnią stali i materiałów nieżelaznych; stopowanie laserowe z powstawaniem plazmy; stopowanie staliitami; stopowanie z użyciem lasera diodowego dużej mocy (HPDL).			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Napawianie.			
Rekomendowane źródła literatury			
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.			
2 Z. Brytan, M. Bonek, L.A. Dobrzański, Microstructure and properties of laser surface alloyed PM austenitic stainless steel, JAMME 40/1 (2010) 70-78.			
3 A. Woldan, J. Kusiński, E. Tasak, S. Kąc, Wpływ laserowego stopowania stali węglowej chromem na strukturę i własności warstwy wierzchniej, Inżynieria Materiałowa 21/6 (2000) 478-481.			
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			Poziom
Odporność na erozję			Dość wysoki (7)
Odporność zmęczeniowa			Dość wysoki (7)
Odporność na ścieranie			Dość wysoki (7)
Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury			Dość wysoki (7)
Twardość			Dość wysoki (7)
Odporność na korozję			Umiaarkowany (6)
Własności mechaniczne			Umiaarkowany (6)
Niższy koszt wytwarzania			Średni (5)
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia			Poziom
Korozyja naprężeniowa i zmęczeniowa			Wysoki (8)
Fretting			Dość wysoki (7)
Zużycie ściernie			Dość wysoki (7)
Pitting			Dość wysoki (7)
Zużycie ciepłone			Dość wysoki (7)
Erozyja			Dość wysoki (7)
Zużycie adhezyjne			Dość wysoki (7)
Spalling			Dość wysoki (7)
Sektory przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			Poziom
M 72			Dość wysoki (7)
C 25			Dość wysoki (7)
C 28			Umiaarkowany (6)
C 30			Umiaarkowany (6)
C 29			Średni (5)
C 33			Średni (5)
C 32			Dość niski (4)
F 42			Niski (3)
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii			Poziom
Modelowanie matematyczne			Wysoki (8)
Modelowanie wieloskalowe			Wysoki (8)
Algorytmy genetyczne			Umiaarkowany (6)
Sztuczne sieci neuronowe			Umiaarkowany (6)
Dynamika molekularna			Średni (5)
Aktualna faza cyklu życia technologii			Późno dojrzała (4)
Perspektywy rozwojowe			Wysokie (8)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Stopowanie/wtapienie laserowe	Nr katalogowy M1-03/2010-12																								
Obszar tematyczny Technologie laserowe w inżynierii powierzchni																										
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Różni się dwie metody wzbogacania warstwy wierzchniej, a mianowicie przez przetapianie lub wtapienie dodatku stopującego, w zależności od techniki wprowadzania tego dodatku do jeziora. Przetapianie jest procesem dwustopniowym. Polega na równoczesnym przetapianiu wiązki lasera powłoki naniesionej wcześniej na materiał wzbogaczony. Z kolei laserowe wtapienie jest procesem jednostopniowym i polega na wprowadzeniu w obszar działania wiązki lasera i w utworzone jezioro materiału wzbogacanego – dodatku stopowego w postaci proszku, pasty, drutu albo gazów, np. azotu lub węgla w przypadku laserowego nawęglania lub azotowania. Wtapienie przeprowadza się tylko za pomocą laserów o pracy ciągłej. W przypadku wtopieniowego wzbogacania warstwy wierzchniej proszkiem, proces topienia obydwu materiałów odbywa się jednocześnie. Cząstki proszku nagrzewają się i mogą ulegać stopieniu już w czasie ich wprowadzania w wiązkę lasera. Następnie niecałkowicie stopione wpadają w jezioro jednocześnie topionego materiału wzbogacanego. Oba procesy prowadzi się w atmosferze gazu ochronnego.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</th> </tr> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>400 1400</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td></td> <td>atmosferyczne</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td>s</td> <td>1 3</td> </tr> <tr> <td>Specyficzne warunki realizacji procesu</td> <td colspan="2">powietrze, gazy ochronne np. argon</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2">brak</td> </tr> </tbody> </table>	Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego			Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od do	Temperatura	°C	400 1400	Ciśnienie		atmosferyczne	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	Środowisko/atmosfera	s	1 3	Specyficzne warunki realizacji procesu	powietrze, gazy ochronne np. argon			brak		<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Matowanie powierzchni w celu poprawy absorpcyjności.</p>
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego																										
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od do																								
Temperatura	°C	400 1400																								
Ciśnienie		atmosferyczne																								
Warunki prądowo-napięciowe	-	-																								
Środowisko/atmosfera	s	1 3																								
Specyficzne warunki realizacji procesu	powietrze, gazy ochronne np. argon																									
	brak																									
<p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Lasery CO₂; Nd:YAG; lasery diodowe HPDL.</p>	<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Stanowisko laserowe; dysze gazu ochronnego; podajnik proszku; stolik do pozycjonowania obrabianego elementu z możliwością ruchu w płaszczyźnie xy.</p>																									
<p>Schemat procesu stopowania/wtapienia laserowego</p>																										

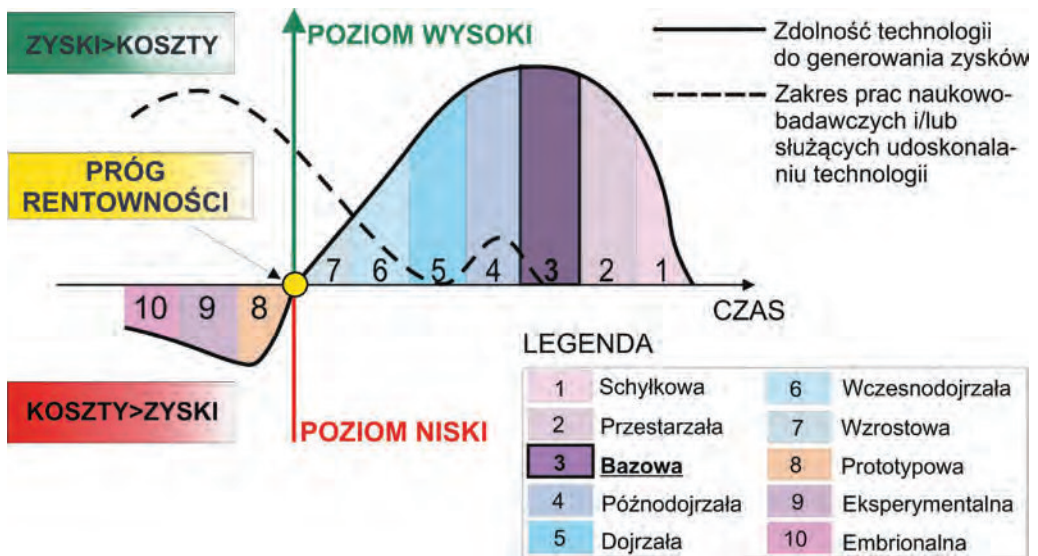
Symbol obszaru tematycznego: **M1**

Symbol grupy technologii: **D_{M1}**

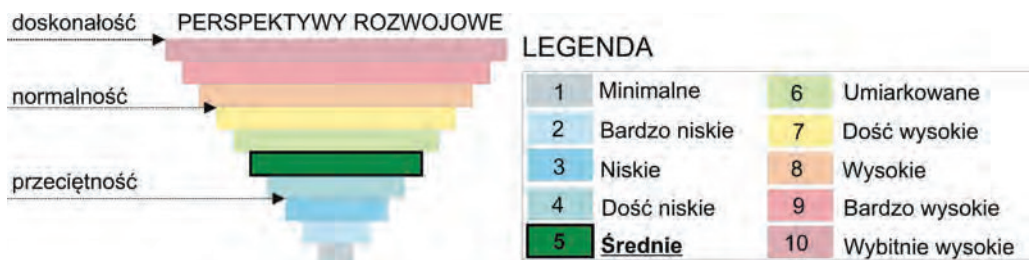
Numer katalogowy: **M1-04**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Napawanie laserowe**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Laser cladding**

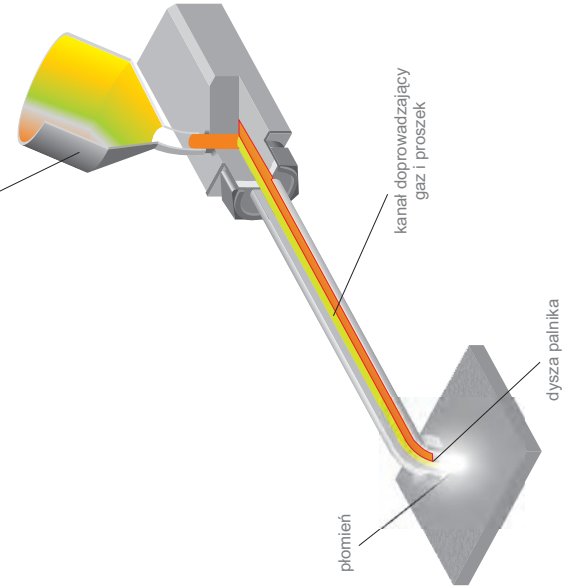


Rysunek 4.14. Aktualna faza cyklu życia napawania laserowego



Rysunek 4.15. Perspektywy rozwojowe napawania laserowego

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Napawanie laserowe	Nr katalogowy			
	Obszar tematyczny	<i>Technologie laserowe w inżynierii powierzchni</i>	M1-04/2010-12			
Istota zjawiska fizykochemicznego		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału	Poziom			
Proces ten polega na stopieniu grubej warstwy materiału natapianego i na podtopieniu bardzo cienkiej warstwy materiału podłoża. W procesie tym współczynnik przemieszanania wynosi zwykle ok. 0,1. Celem natapiania jest przetopienie naniesionego lub naniesienie i przetopienie materiału powłokowego dla uzyskania powłoki odporniejszej niż materiał podłoża na erozję, korozję, ścieranie i inne zużycie eksploatacyjne. Materiał powłokowy może być nierozpuszczalny lub nierozpuszczalny w materiale podłoża. Wytworzona warstwa przejściowa pomiędzy podłożem a natapianą powłoką może mieć charakter metalurgiczny, powodując w ten sposób silne związanie tej ostatniej z podłożem. Materiał natapiany można nanosić na podłoża w procesie: dwustopniowym przed obróbką laserową, jedностopniowym w trakcie obróbki laserowej, wykorzystując materiał powłokowy w postaci proszku lub pręta (taśmy).		<p>Oporność na oddziaływanie wysokiej temperatury</p> <p>Oporność na korozję</p> <p>Twardość</p> <p>Oporność zmęczenia</p> <p>Oporność na ścieranie</p> <p>Oporność na erozję</p> <p>Własności mechaniczne</p> <p>Podatność na łączenie</p>	<p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Średni (5)</p> <p>Średni (5)</p> <p>Średni (5)</p> <p>Średni (5)</p>			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża		Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia	Poziom			
X	jednowarstwowa	X	wielofazowa	amorficzna		
X	wielowarstwowa	X	gradientowa	nanokryształiczna		
X	multwarstwowa (>100 warstw)	X	kompozytowa	hybrydowa		
X	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	procesy fizyczne na powierzchni podłoża		
Szczegółowe własności powłoki/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów						
X	mechaniczne		magnetyczne	optyczne	X	trybologiczne
	chemiczne		dyfuzyjne	termiczne	X	antykorozyjne
	elektryczne		hydromechaniczne	akustyczne		inne
Zalety		Wady				
Wysokowydajność metody nakładania powłok z materiałów o szczególnie wysokiej odporności na zużycie ścierne i erozję; podwyższanie własności użytkowych (np. przewodzenie).		Wysoki koszt urządzenia; wzrost chropowatości obrabianych powierzchni; zmienne warunki absorpcji wiązki laserowej w stanie ciekłym i stałym; trudności z obróbką powierzchni gładkich.				
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań						
Napawanie materiałów odpornych na korozję wysokotemperaturową, o dużej twardości, odpornych na ścieranie, głównie narzędziowych; napawanie iniekcyjne; napawanie proszkowe wieloskładnikowe; nakładanie powłok z ceramiki i cermetalii metodą napawania laserowego.						
Technologie zastępcze/alternatywne		Stopowanie/wtapianie.				
Rekomendowane źródła literatury		Modelowanie matematyczne		Dość wysoki (7)		
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		Modelowanie wieloskalowe		Dość wysoki (7)		
2 A. Klimpel, Napawanie i natryskiwanie cieplne. Technologie, WNT, Warszawa, 2000.		Algorytmy genetyczne		Dość wysoki (7)		
3 A. Woldan, J. Kusiński, S. Kąc, Wpływ laserowego stopowania stali węglowej tantalem na strukturę i własności warstwy wierzchniej, inżynieria Materiałowa 20/5 (1999) 332-334.		Sztuczne sieci neuronowe		Średni (5)		
		Dynamika molekularna		Średni (5)		
		Aktualna faza cyklu życia technologii		Bazowa (3)		
		Perspektywy rozwojowe		Średnie (5)		

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Napawanie laserowe Technologie laserowe w inżynierii powierzchni	Nr katalogowy M1-04/2010-12																								
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Grubość powłok natapianych jest większa niż warstw stopowanych i może dochodzić do kilku milimetrów. Szerokość pojedynczej napiny (przy skanowaniu wiązki laserowej z częstotliwością 10-300 Hz w kierunku poprzecznym do kierunku ruchu wsadu) może przekraczać 10 mm. Wydajność natapiania wynosi od kilku do ponad 100 mm/s. Jakość uzyskanych warstw natopionych (szczelność, adhezja z podłożem, twardość) jest lepsza niż natrykiwanych cieplnie, w tym również plazmowo. Natapianie laserowe może powodować obniżenie wytrzymałości zmęczeniowej stali konstrukcyjnych w sposób zależny od rodzaju powłoki; trudno topliwe materiały powłokowe powodują obniżenie wytrzymałości zmęczeniowej. W większym stopniu przy natapianiu niż przy stopowaniu pojawia się problem chropowatości powierzchni. Chropowatość powierzchni powłoki jest tym większa, im wyższa temperatura topnienia napawanego materiału. Dlatego do natapiania stosuje się często mieszaniny materiałów, najczęściej proszków o wysokiej i niskiej temperaturze topnienia, np. TiC + Al₂O₃ + Al + B₄C, co jednak wpływa niekorzystnie na twardość powłoki.</p>																											
 <p>zobacz rysunek: zasobnik z proszkiem, kanał doprowadzający gaz i proszek, płomień, dysza palnika</p>																											
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1" data-bbox="630 882 856 1615"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>400</td> <td>1400</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td></td> <td colspan="2">atmosferyczne</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td></td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td></td> <td>s</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>powietrze, gazy ochronne np. argon</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <p>Specyficzne warunki realizacji procesu brak</p> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża Matowanie powierzchni w celu poprawy absorpcyjności.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia Lasery CO₂; Nd:YAG; lasery diodowe HPDL.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie Stanowisko laserowe; dysze gazu ochronnego; podajnik proszku lub drutu; stolik do pozycjonowania obrabianego elementu z możliwością ruchu w płaszczyźnie xy.</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	400	1400	Ciśnienie		atmosferyczne		Warunki prądowo-napięciowe		-	-	Środowisko/atmosfera		s	1			powietrze, gazy ochronne np. argon	3
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																								
Temperatura	°C	400	1400																								
Ciśnienie		atmosferyczne																									
Warunki prądowo-napięciowe		-	-																								
Środowisko/atmosfera		s	1																								
		powietrze, gazy ochronne np. argon	3																								
Schemat procesu napawania laserowego																											

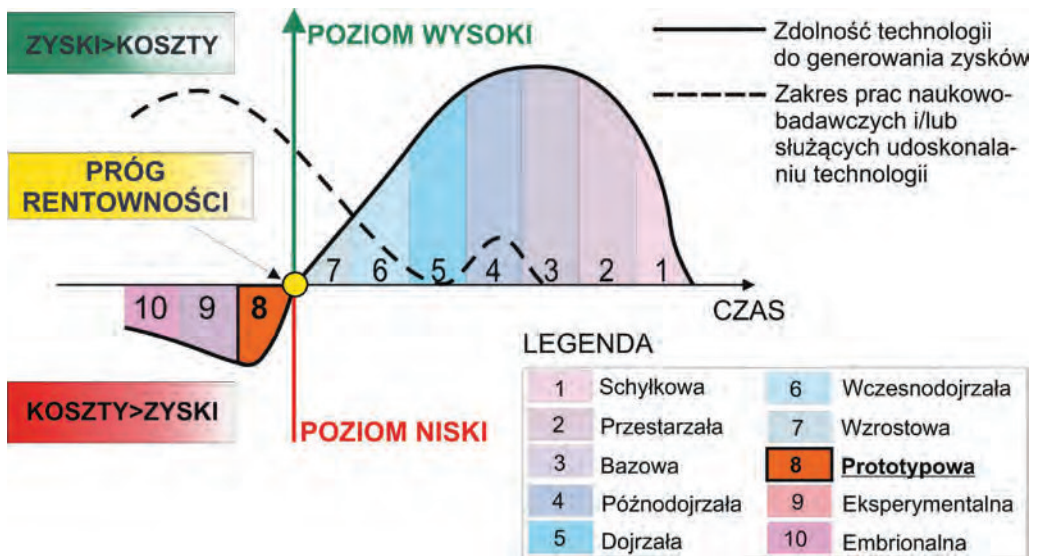
Symbol obszaru tematycznego: **M1**

Symbol grupy technologii: **E_{M1}**

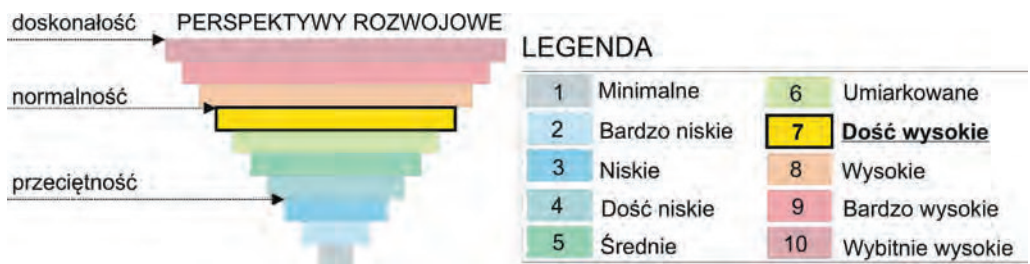
Numer katalogowy: **M1-05**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Lasery wytwarzanie przyrostowe**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Laser additive manufacturing**



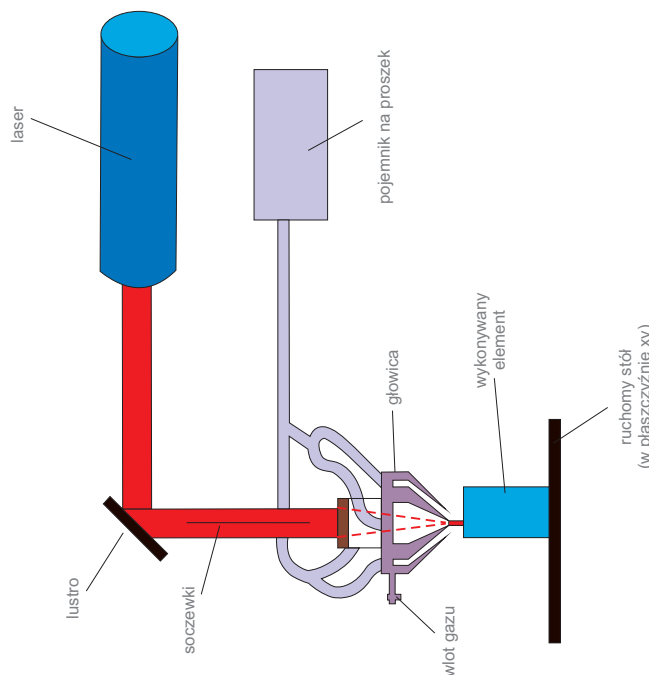
Rysunek 4.16. Aktualna faza cyklu życia laserowego wytwarzania przyrostowego



Rysunek 4.17. Perspektywy rozwojowe laserowego wytwarzania przyrostowego

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Laserowe wytwarzanie przyrostowe		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie laserowe w inżynierii powierzchni		M1-05/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Dlaczego?		<p>Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych</p> <p>Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń</p> <p>Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego</p> <p>Strategia debaty laterni: Przenalizować rynek i wykorzystać sposobności. Wykorzystywać atrakcyjność i potencjał technologii w przykownym otoczeniu, unikać trudności, przeprowadzić badania marketingowe i dopasować produkt do wymagań klienta.</p>	<p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu</p>	<p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>	<p>2030</p>
Co?		<p>Strategia dla technologii</p> <p>Oddziaływanie otoczenia</p> <p>Wartość technologii</p> <p>Produkt</p> <p>Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji</p> <p>Podłoże</p> <p>Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/porosów na powierzchni podłoża</p> <p>Polepszone własności materiału</p> <p>Aparatura naukowo-badawcza</p>	<p>Strategia debaty laterni: Przenalizować rynek i wykorzystać sposobności. Wykorzystywać atrakcyjność i potencjał technologii w przykownym otoczeniu, unikać trudności, przeprowadzić badania marketingowe i dopasować produkt do wymagań klienta.</p> <p>Implanty, w tym: endoprotezy stawu biodrowego, kolana, czaszki; łopaki turbin, wirniki, koła zębate; sprężyny; elementy układu wydechowego; struktury plastira miodu; prototypy produktów; naprawa uszkodzeń powierzchniowych</p> <p>Średnia (5) Średnia (5) Średnia (5)</p> <p>Stale nierdzewne, narzędziowe; stopy Ti, Al, Cu, Be, Ni (w tym tzw. master alloys); materiały amorficzne; kompozyły</p> <p>Wieloskładnikowe, często wielowarstwowe warstwy gradientowe o zaprojektowanej porowatości</p> <p>Odporność na korozję i zużycie ściernie; odporność na pęknięcie; biokompatybilność; wytrzymałość zmęczeniowa; zaprojektowana porowatość; energooszczędność i niższy koszt wytworzenia</p> <p>Mikroskopy, świetlne, konfokalny laserowy, skaningowy elektrony (SEM), transmisyjny elektrony (TEM), sił atomowych (AFM); dyfraktoметр рентгеновский; спектрометр GDOES; twardościomierz; scratch tester; profilometr; potencjostat; trybometr; stanowiska do pomiarów odporności na korozję i zmęczenie cieplne; maszyny wytrzymałościowe</p>	<p>Strategia debaty laterni: Przenalizować rynek i wykorzystać sposobności. Wykorzystywać atrakcyjność i potencjał technologii w przykownym otoczeniu, unikać trudności, przeprowadzić badania marketingowe i dopasować produkt do wymagań klienta.</p> <p>Implanty, w tym: endoprotezy stawu biodrowego, kolana, czaszki; łopaki turbin, wirniki, koła zębate; sprężyny; elementy układu wydechowego; struktury plastira miodu; prototypy produktów; naprawa uszkodzeń powierzchniowych</p> <p>Średnia (5) Średnia (5) Średnia (5)</p> <p>Stale nierdzewne, narzędziowe; stopy Ti, Al, Cu, Be, Ni (w tym tzw. master alloys); materiały amorficzne; kompozyły</p> <p>Wieloskładnikowe, często wielowarstwowe warstwy gradientowe o zaprojektowanej porowatości</p> <p>Odporność na korozję i zużycie ściernie; odporność na pęknięcie; biokompatybilność; wytrzymałość zmęczeniowa; zaprojektowana porowatość; energooszczędność i niższy koszt wytworzenia</p> <p>Mikroskopy, świetlne, konfokalny laserowy, skaningowy elektrony (SEM), transmisyjny elektrony (TEM), sił atomowych (AFM); dyfraktoметр рентгеновский; спектрометр GDOES; twardościomierz; scratch tester; profilometr; potencjostat; trybometr; stanowiska do pomiarów odporności na korozję i zmęczenie cieplne; maszyny wytrzymałościowe</p>	<p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>
Technologia		<p>Faza cyklu życia</p> <p>Typ produkcji</p> <p>Forma organizacji produkcji</p> <p>Nowoczesność parku maszynowego</p> <p>Automatyzacja i robotyzacja</p> <p>Jakość i niezawodność</p> <p>Proekologiczność</p>	<p>Wzrostowa (7)</p> <p>Mało- i średnioseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach i na liniach i przedmiotowych</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Umiarkowana (6)</p>	<p>Wzrostowa (7)</p> <p>Średnio- i wielkoseryjna</p> <p>Niepotokowa na linii; potokowa synchroniczna</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarkowana (6)</p>	<p>Wzrostowa (7)</p> <p>Średnio- i wielkoseryjna</p> <p>Niepotokowa na linii; potokowa synchroniczna</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarkowana (6)</p>
Gdzie?		<p>Rodzaj organizacji</p> <p>Reprezentowane gałęzie przemysłu</p>	<p>Uczelnie; INB; TP; CTT; duże przedsiębiorstwa</p> <p>Medyczny; lotniczy; motoryzacyjny; militarny; maszynowy; elektroniczny</p>	<p>Uczelnie; INB; OW; TP; CTT; duże przedsiębiorstwa; PP</p>	<p>INB; uczelnie; OW; średnie i duże przedsiębiorstwa; PP; Sp. JV</p>
Kto?		<p>Poziom edukacji personelu</p> <p>Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej</p>	<p>Wysoki (8)</p> <p>Umiarkowane (6)</p>	<p>Wysoki (8)</p> <p>Umiarkowane (6)</p>	<p>Wysoki (8)</p> <p>Dość wysokie (7)</p>
Ile?		<p>Wymagania kapitałowe</p> <p>Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność</p> <p>Wartość produkcji w kraju</p>	<p>Umiarkowane (6)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Dość niska (4)</p>	<p>Umiarkowane (6)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Średnia (5)</p>	<p>Umiarkowane (6)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Umiarkowana (6)</p>
<p>LEGENDA: ↔ Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe ↔ Dwuierunkowe przepływy danych i/lub zasobów</p>					

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Lasery wytwarzanie przyrostowe	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Technologie laserowe w inżynierii powierzchni	M1-05/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			Poziom
Techniki laserowego wytwarzania przyrostowego, dzięki którym na podstawie trójwymiarowego, wirtualnego modelu CAD-3D możliwe jest wykonanie fizycznych modeli, elementów wzorcowych i prototypów, znajdują one coraz szersze zastosowanie w technikach rozwoju produktu i przyczyniają się do szybkiego wytwarzania prototypów, jak i całego produktu oraz przygotowanie jego procesu wytwarzania. Zakres zastosowań tych technik ciągle się powiększa, co jest szczególnie widoczne w przemyśle motoryzacyjnym, gdzie ich udział sięga nawet 25% czasu rozwoju produktu, natomiast z zastosowaniem tradycyjnych technik budowy prototypów (najczęściej metodami obróbki skrawaniem) czas budowy prototypu sięga nieraz 60% czasu realizowanych prac rozwojowych i projektowych.		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału Specjalne własności elektryczne Specjalne własności optyczne Biomimetyzm Odporność na korozję Odporność na erozję Porowatość Odporność zmęczenia Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury Odporność na oddziaływanie technologii skutkiem zużycia	Dość wysoki (7) Dość wysoki (7) Dość wysoki (7) Umiarkowany (6) Średni (5) Średni (5) Dość niski (4) Dość niski (4) Dość niski (4)
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża		X jednowarstwowa X wielofazowa X gradientowa X kompozytowa X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	Poziom
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów		X amorficzna X nanokrystaliczna X hybrydowa procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Umiarkowany (6) Średni (5) Średni (5) Średni (5)
X mechaniczne		magnetyczne	Średni (5)
chemiczne		termiczne	Średni (5)
elektryczne		akustyczne inne	Dość niski (4)
Zalety		Wady	Poziom
Łatwość automatyzacji procesu; dowolność uzyskiwanego kształtu przedmiotu; możliwość kształtowania różnych materiałów; szybkie tworzenie fizycznych wzorców.		Wysoki koszt urządzenia; ograniczone wymiary tworzonych obiektów; ograniczona dokładność; jakość powierzchni uwarunkowana użytą techniką wykonania.	Dość wysoki (7) Dość niski (4) Niski (3) Niski (3) Bardzo niski (2) Bardzo niski (2) Bardzo niski (2) Bardzo niski (2)
Najbardziej perspektywiczne technologie szcegółowe i/lub obszary zastosowań			Poziom
Warstwowe spiekanie proszków laserem: selektywne spiekanie laserowe (SLS), selektywne topienie laserowe (SLM), bezpośrednie spiekanie laserowe metalu (DMLS), laserowe kształtowanie zaprojektowane w sieci (LENS).			Dość wysoki (7) Dość niski (4) Niski (3) Niski (3) Bardzo niski (2) Bardzo niski (2) Bardzo niski (2)
Technologie zastępcze/alternatywne			Poziom
W bardzo ograniczonym zakresie laserowe stopowanie/wtapienie.			Wysoki (8) Wysoki (8) Umiarkowany (6) Umiarkowany (6) Średni (5) Prototypowa (8) Dość wysokie (7)
Rekomendowane źródła literatury			
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.			
2 L.A. Dobrzański, Materiały inżynierskie i projektowanie materiałowe. Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo, Wydanie II zmienione i uzupełnione, WNT, Warszawa, 2006.			
3 J. Kusiński, Lasery i ich zastosowanie w inżynierii materiałowej, Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, Kraków 2000.			

<p>KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII</p>	<p>Nazwa technologii Obszar tematyczny</p>	<p>Lasery wytwarzanie przyrządów Technologie laserowe w inżynierii powierzchni</p>	<p>Nr katalogowy M1-05/2010-12</p>																												
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Stół z wytwarzanym elementem porusza się wyjątkowo w poziomie. Nad stołem znajduje się głowica podająca, przez, które przechodzi światło lasera o dużej mocy, a następnie jest ogniskowane na płaszczynie odpowiadającej warstwie tworzonego obiektu. Jednocześnie w ognisko głowicy wprowadza sproszkowaną substancję roboczą, ulegającą stopieniu, która może zostać naniesiona punktowo na tworzoną bryłę. Kanały podające, rozmieszczone koncentrycznie w głowicy służą do wytwarzania atmosfery gazowej, chroniącej materiał przed wiązaniem się z tlenem atmosferycznym. Proszek jest transportowany w ognisko wiązki laserowej albo z wykorzystaniem grawitacji, albo w strumieniu neutralnego gazu. W tej metodzie możliwe jest uzyskanie struktury wielomateriałowej, ze względu na możliwość zmiany rodzaju proszku podczas tworzenia się bryły. Metoda LENS wykazuje duże podobieństwo do procesu napawania laserowego. Jest ono wykonywane zazwyczaj za pomocą lasera diodowego dużej mocy (HPDL – High Power Diode Laser). LENS nie wymaga wygrzewania wydrukowanej bryły, gdyż materiał tworzący element ma zwykłą gęstość. Brak jest również ostrych ograniczeń w wyborze materiału roboczego. Można użyć stali nierdzewnej, aluminium, miedzi, a nawet tytanu.</p>																															
																															
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1" data-bbox="863 158 1146 878"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>400</td> <td>1400</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td></td> <td colspan="2">atmosferyczne</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>nie dotyczy</td> <td>nie dotyczy</td> <td>nie dotyczy</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>1</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td colspan="3">powietrze, gazy ochronne np. argon</td> </tr> <tr> <td>Specyficzne warunki realizacji procesu</td> <td colspan="3">brak</td> </tr> </tbody> </table> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża Brak.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia Lasery CO₂; Nd:YAG; lasery diodowe HPDL.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie Stanowisko laserowe; dysze gazu ochronnego; podajnik proszku lub drutu; stolik do pozycjonowania obrabianego elementu z możliwością ruchu w płaszczynie xy.</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	400	1400	Ciśnienie		atmosferyczne		Warunki prądowo-napięciowe	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	Czas	s	1	3	Środowisko/atmosfera	powietrze, gazy ochronne np. argon			Specyficzne warunki realizacji procesu	brak		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																												
Temperatura	°C	400	1400																												
Ciśnienie		atmosferyczne																													
Warunki prądowo-napięciowe	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy																												
Czas	s	1	3																												
Środowisko/atmosfera	powietrze, gazy ochronne np. argon																														
Specyficzne warunki realizacji procesu	brak																														
<p>Schemat ogólny procesu laserowego wytwarzania przyrządowego</p>																															

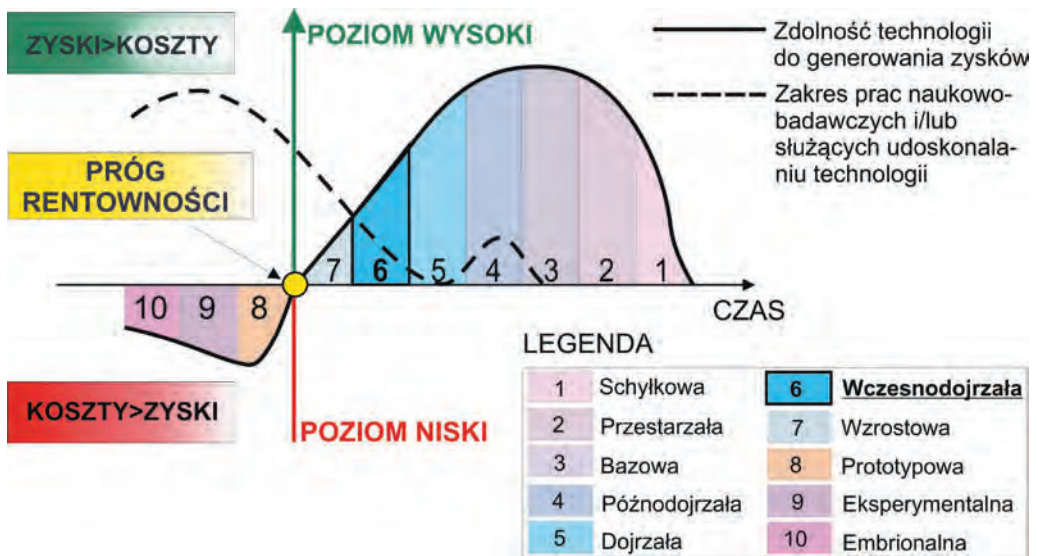
Symbol obszaru tematycznego: **M1**

Symbol grupy technologii: **F_{M1}**

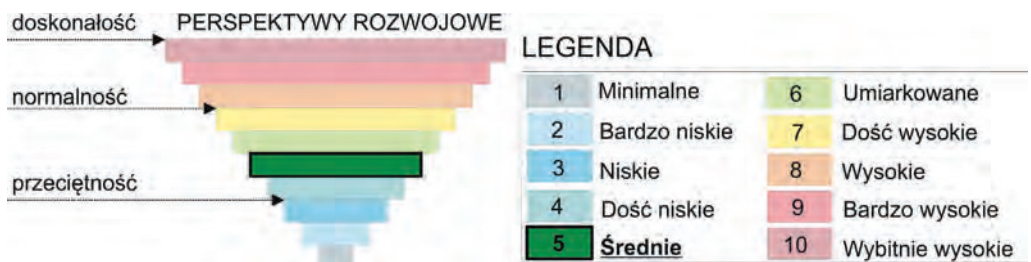
Numer katalogowy: **M1-06**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Chemiczne osadzanie z fazy gazowej aktywowane laserowo**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Laser Chemical Vapour Deposition (LCVD)**



Rysunek 4.18. Aktualna faza cyklu życia chemicznego osadzania z fazy gazowej aktywowanego laserowo

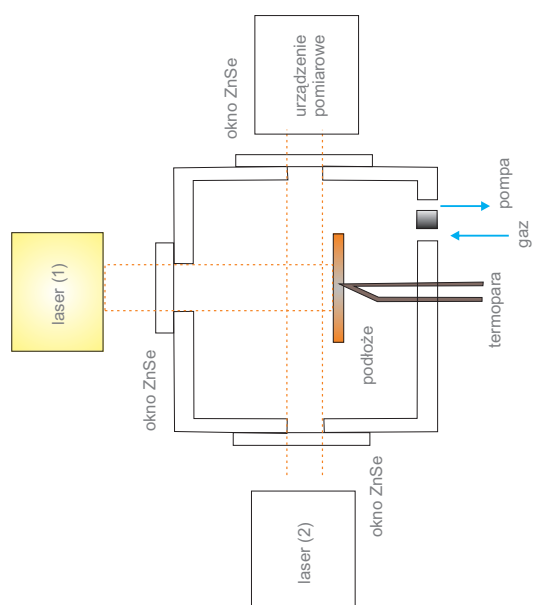


Rysunek 4.19. Perspektywy rozwojowe chemicznego osadzania z fazy gazowej aktywowanego laserowo

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Chemiczne osadzanie z fazy gazowej aktywowane laserowo (LACVD)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie laserowe w inżynierii powierzchni		M1-06/2010-12
Kiedy?		Interwały czasowe		
		DZIŚ 2010-12	2020	2030
Dlaczego?	<p>Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych</p> <p>Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń</p> <p>Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego</p> <p>Strategia cyprysa Iatem: Wzmocnić potencjał atrakcyjnej technologii w ryzykownych warunkach otoczenia, ocenić ryzyko i w zależności od wyniku agresywnie zaważyć o klienta lub powoli wyprowadzić technologię.</p>	<p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu</p>	<p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>	
Co?	<p>Strategia dla technologii</p> <p>Oddziaływanie otoczenia</p> <p>Wartości technologii</p> <p>Produkt</p> <p>Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji</p> <p>Podłoże</p> <p>Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża</p> <p>Polepszone własności materiału</p> <p>Aparatura naukowo-badawcza</p>	<p>Warstwy mikro- i optoelektroniczne, w tym: półprzewodnikowe, dielektryczne, maskujące powierzchnie w układach scalonych, magnetyczne na nośniki pamięci; wielokładnikowe ferroelektryki i piezoelektryki; wyświetlacze ciekłokrystaliczne; detektory optyczne; lasery; ogniwa fotowoltaiczne; narzędzia skrawające, do obróbki plastycznej i chirurgicznej</p> <p>Umiarowana (6) Dość wysoka (7)</p> <p>Stale narzędziowe; węgliki spiekane; ceramika narzędziowa; nadstopy; stopy metali nieżelaznych; kompozyty; polimery</p> <p>Różnorodne powłoki jedno- lub wielowarstwowe; wielofazowe, gradientowe, kompozytowe, amorficzne, nanokrystaliczne, hybrydowe, dielektryczne</p> <p>Twardość; odporność na korozję i ścieranie, przewodność cieplna; odporność na utlenianie, specjalne własności elektryczne (dielektryczne lub półprzewodnikowe) i optyczne</p> <p>Mikroskopy; świetlne, konfokalny laserowy (SEM), skaningowy elektronowy (SEM), transmisyjny elektronowy (TEM), sił atomowych (AFM); dyfraktometr rentgenowski; spektrometr GDOES; twarodosiomiernik; mikro- i nanotwardościomierz; scratch tester; profilometr; potencjostat; trybometr; grubościomierz; stanowiska do pomiarów odporności na korozję i zniekształcenie cieplne</p>	<p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Srednia (5)</p> <p>Uczelnie; INB; OW; Sp. JV; duże przedsiębiorstwa</p> <p>PP</p> <p>Mikro- i optoelektroniczny; narzędziowy; budowy maszyn; energetyczny; medyczny</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarowane (6)</p> <p>Dość wysokie (7)</p> <p>Srednia (5)</p> <p>Srednia (5)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Umiarowana (6)</p>	<p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Srednia (5)</p> <p>Uczelnie; INB; PP; duże, średnie i małe przedsiębiorstwa</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysokie (7)</p> <p>Umiarowane (6)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarowana (6)</p>
Jak?	<p>Technologia</p> <p>Faza cyklu życia</p> <p>Typ produkcji</p> <p>Forma organizacji produkcji</p> <p>Nowoczesność parku maszynowego</p> <p>Automatyzacja i robotyzacja</p> <p>Jakość i niezawodność</p> <p>Proekologiczność</p>	<p>Wczesnodojrzała (6)</p> <p>Maloseryjny i jednostkowy</p> <p>Niepotokowa w gniazdach przedmiotowych i technologicznych</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Srednia (5)</p> <p>Uczelnie; OW; INB; Sp. JV; duże przedsiębiorstwa</p> <p>PP</p> <p>Mikro- i optoelektroniczny; narzędziowy; budowy maszyn; energetyczny; medyczny</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarowane (6)</p> <p>Dość wysokie (7)</p> <p>Srednia (5)</p> <p>Srednia (5)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Umiarowana (6)</p>	<p>Dojrzała (5)</p> <p>Malob- średnioseryjny i jednostkowy</p> <p>Potokowa synchroniczna</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Srednia (5)</p> <p>Uczelnie; INB; PP; duże przedsiębiorstwa</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysokie (7)</p> <p>Umiarowane (6)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarowana (6)</p>	
Gdzie?	<p>Rodzaj organizacji</p> <p>Reprezentowane gałęzie przemysłu</p>	<p>Uczelnie; INB; OW; Sp. JV; duże przedsiębiorstwa</p> <p>PP</p>	<p>Uczelnie; INB; PP; duże, średnie i małe przedsiębiorstwa</p>	
Kto?	<p>Poziom edukacji personelu</p> <p>Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej</p>	<p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarowane (6)</p>	<p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysokie (7)</p>	
Ile?	<p>Wymagania kapitałowe</p> <p>Wartość produkcji w firmie</p> <p>Wartokładająca opłacalność</p> <p>Wartość produkcji w kraju</p>	<p>Dość wysokie (7)</p> <p>Srednia (5)</p> <p>Srednia (5)</p>	<p>Dość wysokie (7)</p> <p>Umiarowane (6)</p> <p>Umiarowana (6)</p>	

LEGENDA: \dashrightarrow Związki przyczynowo-skutkowe \dashrightarrow Powiązania kapitałowe \dashrightarrow Korelacje czasowe \dashrightarrow Dwuierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Chemiczne osadzanie z fazy gazowej aktywowane laserowo (LCVD)	Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego	Obszar tematyczny	Technologie laserowe w inżynierii powierzchni	M1-06/2010-12
<p>Proces chemicznego osadzania par z fazy gazowej aktywowany laserowo (LCVD) jest podobny do procesu fizycznego osadzania z fazy gazowej wspomaganego laserowo (LAPVD). W miejsce tarczy z ciała stałego, jako materiał do wytworzenia płazmy za pomocą wiązki laserowej, używany jest określony gaz. Laser wykorzystywany jest jako źródło energii służące do rozkładu (rozbitcia) cząstek gazu, jak również do podwyższenia temperatury podłoża, na którym osadzany jest materiał. Sposobem tym osadza się różne materiały, takie jak: metale, nadprzewodniki, warstwy o własnościach nieprzewodzących. Proces można znacznie przyspieszyć poprzez zastosowanie dwóch wiązek laserowych, z których jedna kierowana równolegle do podłoża ma na zadanie rozkładać cząstek gazów i ich jonizację, druga natomiast skierowana prostopadłe do podłoża intensyfikuje osadzanie par na podłożu.</p>	<p>Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału</p> <p>Odporność na korozję</p> <p>Twardość</p> <p>Odporność na ścieranie</p> <p>Odporność na erozję</p> <p>Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury</p> <p>Specjalne własności optyczne</p> <p>Własności mechaniczne</p> <p>Specjalne własności elektryczne</p>	<p>Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia</p> <p>Koroza równomierna i wzorowa</p> <p>Koroza równomierna</p> <p>Spalling</p> <p>Fretting</p> <p>Zużycie adhezyjne</p> <p>Koroza międzykryształiczna</p> <p>Zużycie abrazyjne</p> <p>Koroza naprężeniowa i zmęczenia</p> <p>Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii</p> <p>M 72</p> <p>C 28</p> <p>C 25</p> <p>C 27</p> <p>C 20</p> <p>C 26</p> <p>C 29</p> <p>C 30</p>	<p>Poziom</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Średni (5)</p> <p>Średni (5)</p> <p>Średni (5)</p> <p>Poziom</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Średni (5)</p> <p>Poziom</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Średni (5)</p> <p>Dość niski (4)</p> <p>Dość niski (4)</p> <p>Niski (3)</p> <p>Niski (3)</p> <p>Niski (3)</p> <p>Niski (3)</p> <p>Poziom</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Wczesnodojrzała (6)</p> <p>Średnie (5)</p>
<p>Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża</p> <p>X jednowarstwowa</p> <p>X wielowarstwowa</p> <p>X gradientowa</p> <p>X kompozytowa</p> <p>X przemiany fazowe powierzchni podłoża</p> <p>Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów</p>	<p>wielofazowa</p> <p>X amorficzna</p> <p>nanokryształiczna</p> <p>hybrydowa</p> <p>X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża</p> <p>X mechaniczne</p> <p>X magnetyczne</p> <p>X optyczne</p> <p>X termiczne</p> <p>X dyfuzyjne</p> <p>X hydromechaniczne</p> <p>Wady</p>	<p>X trybologiczne</p> <p>X antykorozyjne</p> <p>X inne</p> <p>Konieczność utylizacji agresywnych dla środowiska naturalnego odpadów produkcyjnych. Długi czas pokrywania. Wysoka temperatura. Stosunkowo duże naprężenia mechaniczne.</p> <p>Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań</p> <p>Osadzanie cienkich warstw o podwyższonych własnościach optycznych i elektrycznych; technologie wytwarzania podzespołów półprzewodnikowych dla mikroelektroniki; technologie niskociśnieniowe; wytwarzanie superwzrostłych powłok ceramicznych.</p> <p>Technologie zastępcze/alternatywne</p> <p>Fizyczne osadzanie z fazy gazowej (PVD); technologie hybrydowe.</p>	<p>Poziom</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Wczesnodojrzała (6)</p> <p>Średnie (5)</p>
<p>Rekomendowane źródła literatury</p> <p>1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.</p> <p>2 A. Klimpel, Lasery diodowe dużej mocy w spawalnictwie, Przegląd Spawalnictwa 71/8 (1999) 1-7.</p> <p>3 A. Dubik, Zastosowanie laserów, WNT, Warszawa, 1991.</p>	<p>Modelowanie wieloskalowe</p> <p>Modelowanie matematyczne</p> <p>Metody Monte Carlo</p> <p>Algorytmy genetyczne</p> <p>Systemy ekspertowe</p> <p>Aktualna faza cyklu życia technologii</p> <p>Perspektywy rozwojowe</p>	<p>Applikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego, w odniesieniu do technologii</p> <p>Modelowanie wieloskalowe</p> <p>Modelowanie matematyczne</p> <p>Metody Monte Carlo</p> <p>Algorytmy genetyczne</p> <p>Systemy ekspertowe</p> <p>Aktualna faza cyklu życia technologii</p> <p>Perspektywy rozwojowe</p>	<p>Poziom</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Wczesnodojrzała (6)</p> <p>Średnie (5)</p>

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Chemiczne osadzanie z fazy gazowej aktywowane laserowo (LCVD) Technologie laserowe w inżynierii powierzchni	Nr katalogowy M1-06/2010-12																								
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Rozerwanie wiązek międzyatomowych w cząsteczkach gazowych może następować poprzez efekt fotoizolacji lub fotolizy. W przypadku fotolizy, podłoże jest nagrzewane do określonej temperatury za pomocą wiązki światła laserowego; sterując mocą lasera i czasem oddziaływania światła laserowego na materiał, kontroluje się temperaturę powierzchni nagrzewanego materiału, natomiast gaz ulega rozkładowi w zętknięciu z gorącą powierzchnią podłoża. Do najważniejszych niezależnych parametrów procesu należy zaliczyć: moc wyjściową lasera, średnicę wiązki, długość fali promieniowania laserowego, szybkość skanowania lub czas nagrzewania, refleksyjność powierzchni, temperaturę podłoża, własności cieplne podłoża.</p> <p>Odpowiadającymi i im zmiennymi zależnymi są:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ szybkość osadzania, ▪ skład chemiczny i mikrostruktura warstwy, ▪ geometria warstwy, ▪ grubość osadzonej warstwy. 																											
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1" data-bbox="598 873 863 1614"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>600</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>10^3</td> <td>$5 \cdot 10^5$</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>10^4</td> <td>10^5</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td>gazy reaktywne</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Specyficzne warunki realizacji procesu długi czas pokrywania</p> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża Czyszczenie mechaniczne/chemiczne; polerowanie.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia Stacjonarne; specjalistyczne.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie Komora robocza; system sterowania i zasilania; układ gazów roboczych.</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	600	1000	Ciśnienie	Pa	10^3	$5 \cdot 10^5$	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	10^4	10^5	Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																								
Temperatura	°C	600	1000																								
Ciśnienie	Pa	10^3	$5 \cdot 10^5$																								
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																								
Czas	s	10^4	10^5																								
Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne																										
 <p>Schemat ogólny procesu chemicznego osadzania z fazy gazowej aktywowanego laserowo (LCVD)</p>			<p>Schemat ogólny procesu chemicznego osadzania z fazy gazowej aktywowanego laserowo (LCVD)</p>																								

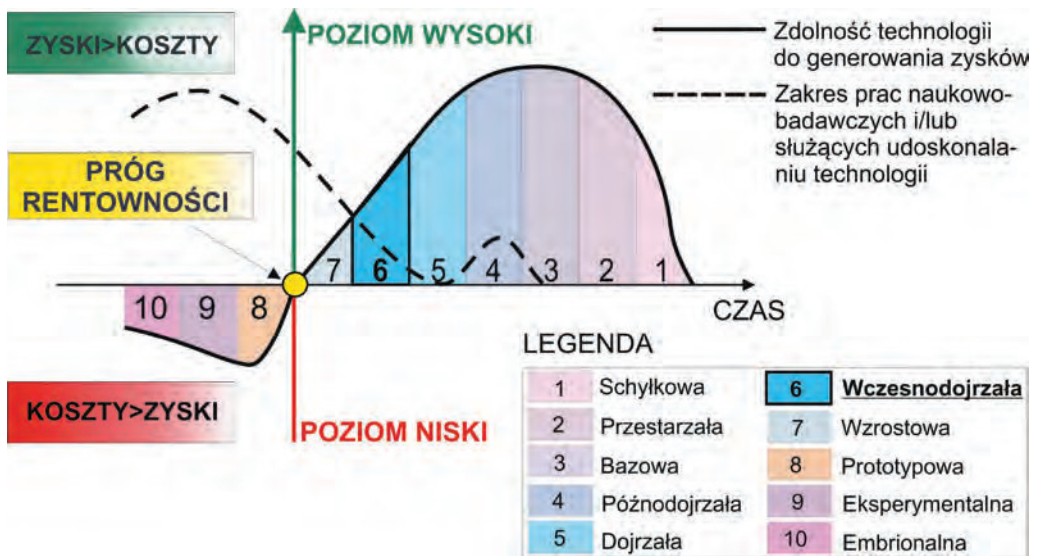
Symbol obszaru tematycznego: **M1**

Symbol grupy technologii: **G_{M1}**

Numer katalogowy: **M1-07**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Fizyczne osadzanie z fazy gazowej wspomagane laserowo**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Laser Assisted Physical Vapour Deposition (LAPVD)**



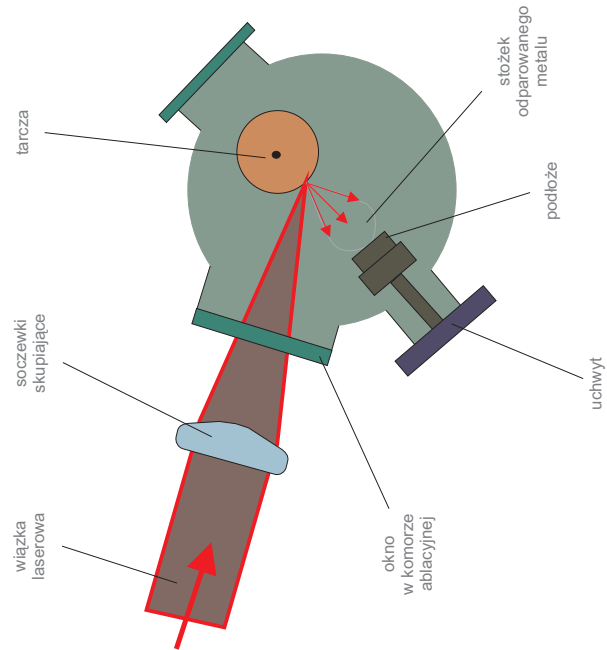
Rysunek 4.20. Aktualna faza cyklu życia fizycznego osadzania z fazy gazowej wspomaganego laserowo



Rysunek 4.21. Perspektywy rozwojowe fizycznego osadzania z fazy gazowej wspomaganego laserowo

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Fizyczne osadzanie z fazy gazowej wspomaganie laserowo (LAPVD).	Nr katalogowy
Obszar tematyczny	Obszar tematyczny	Technologie laserowe w inżynierii powierzchni	M1-07/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oceniane własności materiału	Poziom
Mechanizm fizycznego osadzania z fazy gazowej wspomaganego laserowo (LAPVD), w przeciwieństwie do prostej koncepcji tej metody, jest złożonym systemem wielu zjawisk fizycznych. Generalnie powstawanie cienkich warstw można podzielić na 4 zasadnicze etapy:		Twardość	Dość wysoki (7)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ oddziaływanie (absorpcja) wiązki laserowej z materiałem tarczy, ▪ gwałtowne odparowanie materiału (ablacja) z nagrzanej tarczy, ▪ jonizacja par i powstanie plazmy, ▪ eksplozyjne rozprzestrzenianie się plazmy ukierunkowane głównie na podłożu powierzchni pokrywanego przedmiotu i rozrost cienkiej warstwy. 		Odporność na ścieranie	Dość wysoki (7)
		Biokompatybilność	Dość wysoki (7)
		Własności mechaniczne	Umiarkowany (6)
		Odporność na korozję	Umiarkowany (6)
		Specjalne własności optyczne	Średni (5)
		Odporność na erozję	Średni (5)
		Specjalne własności elektryczne	Średni (5)
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża		Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia	Poziom
X jednowarstwowa	X wielofazowa	Korozja lokalna i wżerowa	Dość wysoki (7)
X multiwarstwowa	X gradientowa	Korozja równomierna	Dość wysoki (7)
X multiwarstwowa (>100 warstw)	kompozytowa	Fretting	Dość wysoki (7)
X przemiany fazowe powierzchni	zmiana składu chemicznego	Spalling	Umiarkowany (6)
X podłoża	na powierzchni podłoża	Korozja międzokrystaliczna	Umiarkowany (6)
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów		Zużycie ścierne	Umiarkowany (6)
X mechaniczne	X optyczne	Zużycie adhezyjne	Średni (5)
X chemiczne	X termiczne	Zużycie abrazyjne	Średni (5)
X elektryczne	X akustyczne	Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii	Poziom
Zalety	Wady	M 72	Wysoki (8)
Regulacja w sposób płynny parametrów wiązki laserowej, tzn. czas trwania impulsu, szczytowa gęstość mocy i częstotliwość repetycji impulsów.	Wysokie koszty inwestycyjne związane z zakupem nowoczesnych laserów, konieczność wstępnego nagrzania materiału obrabianego przy stopach ze skłonnością do pęknięcia.	C 28	Umiarkowany (6)
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań		C 25	Dość niski (4)
Osadzanie submikronowych powłok o podwyższonych własnościach mechanicznych, trybologicznych, antykorozyjnych; wytwarzanie superwzmacznionych powłok ceramicznych; niskotemperaturowe platerowanie jonowe.		C 26	Dość niski (4)
Technologie zastępcze/alternatywne		C 20	Niski (3)
Stopowanie/wtapianie; PVD; CVD.		C 27	Niski (3)
Rekomendowane źródła literatury		C 30	Niski (3)
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		C 31	Niski (3)
2 L.A. Dobrzański, et al. Comparison of the structures of the hot-work tool steels laser modified surface layers, JMPT 164-165 (2005) 1014-1024.		Aplicacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii modelowania wieloskalowe	Poziom
3 B. Major (red.). Sprawozdanie z pracy badawczej pt. Analiza stanu wiedzy, SWOT, PT, PPT w zakresie Technologii Powłok oraz wprowadzenie informacji do bazy danych, IMIM PAN, Kraków, 2006.		Modelowanie matematyczne	Wysoki (8)
		Algorytm genetyczne	Dość wysoki (7)
		Sztuczne sieci neuronowe	Umiarkowany (6)
		Systemy ekspertowe	Umiarkowany (6)
		Aktualna faza cyklu życia technologii	Wzrasta
		Perspektywy rozwojowe	Dość wysokie (7)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Fizyczne osadzanie z fazy gazowej wspomaganie laserowo (LAPVD). Technologie laserowe w inżynierii powierzchni	Nr katalogowy M1-07/2010-12
Opis przebiegu procesu technologicznego			
<p>Wiązka laserowa doprowadzana zostaje do komory próżniowej poprzez okno ZnSe i pod określonym kątem pada na tarczę (odparowywany materiał, przygotowany np. w postaci jednorodnego spieku), powodując gwałtowne odparowanie (ablację). Dzięki odpowiednio ustawionemu układowi: wiązka laserowa-tarcza-podłoże, pary odparowanego materiału rozchodzą się byskawicznie (wybuchowo) w komorze próżniowej (przy ciśnieniu około $1,3 \cdot 10^{-4}$ Pa) i trafiają głównie na podłoże. Kolejne akcje laserowe powodują wzrost warstwy o ściśle kontrolowanej grubości (prędkość osadzania warstwy około kilku dziesiątych nanometra/impuls). W celu poprawy adhezji pomiędzy nanoszoną powłoką a podłożem, może zostać ono podgrzane do określonej temperatury. W celu uzyskania struktury amorficznej lub nanokrystalicznej, dokonuje się dodatkowego chłodzenia podłoża. Wzrost warstw następuje w tzw. kierunkach łatwego wzrostu.</p> <p>Oddziaływanie wiązki laserowej z materiałem zależy głównie od długości fali zastosowanego promieniowania laserowego, jak również od energii impulsu i szerokości impulsu (czas trwania impulsu).</p>			
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego			
Standardowy zakres parametru procesu			
Temperatura	jednostka	od	do
Ciśnienie	°C	400	1500
Warunki prądowo-napięciowe	Pa	10^{-1}	10^{-4}
Środowisko/atmosfera	-	-	-
Specyficzne warunki realizacji procesu	s	1	10^3
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża	próżnia	brak	
Brak.			
Typ/prodajca urządzenia			
Lasery CO ₂ ; Nd:YAG.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Stanowisko laserowe; pompy próżniowe; komora robocza z wzmierznikami wraz z systemem mocowania i obrotu tarczy oraz podłoża.			
Schemat procesu fizycznego osadzania z fazy gazowej wspomaganego laserowo (LAPVD)			



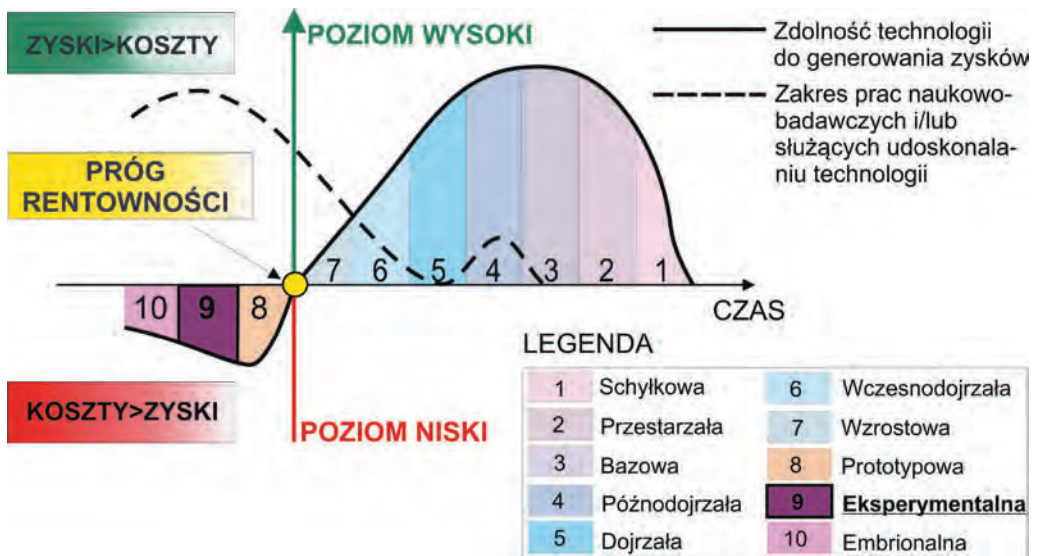
Symbol obszaru tematycznego: **M1**

Symbol grupy technologii: **H_{M1}**

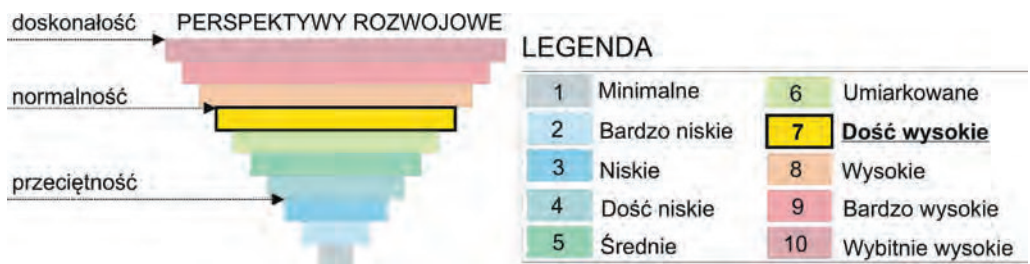
Numer katalogowy: **M1-08**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Obróbka laserowa materiałów funkcjonalnych**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Laser treatment of functional materials**



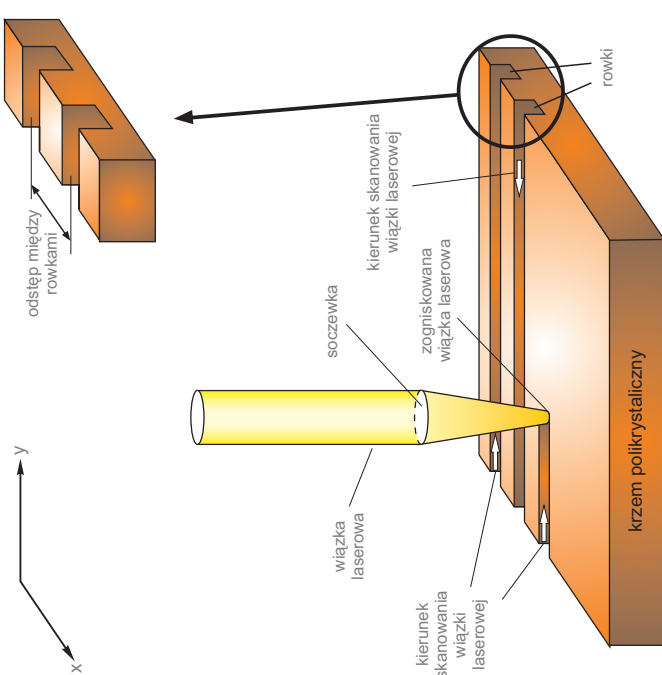
Rysunek 4.22. Aktualna faza cyklu życia obróbki laserowej materiałów funkcjonalnych



Rysunek 4.23. Perspektywy rozwojowe obróbki laserowej materiałów funkcjonalnych

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii Obróbka laserowa materiałów funkcjonalnych		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie laserowe w inżynierii powierzchni		M1-08/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Dlaczego?		<p>Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych</p> <p>Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń</p> <p>Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego</p> <p>Strategia debaty laterni: Przenalizować rynek i wykorzystać sposobności. Wykorzystywać atrakcyjność i potencjał technologii w przykrywym otoczeniu, unikać trudności, przeprowadzać badania marketingowe i dopasować produkt do wymagań klienta.</p>	<p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu</p>	<p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>	<p>2030</p>
Co?		<p>Strategia dla technologii Oddziaływanie otoczenia Wartości technologii</p> <p>Produkt</p> <p>Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji</p> <p>Podłoże</p> <p>Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/podłoża na powierzchni podłoża</p> <p>Polepszone własności materiału</p> <p>Aparatura naukowo-badawcza</p>	<p>Ognia fotowoltaiczne; skomplikowane wgnieblenia, podcięcia i kanały wewnętrzne; prototypy elementów konstrukcyjnych i narzędzi; formy wtryskowe do wykonywania większej liczby elementów; wykrojniki, ciśnieniowe formy odlewnicze</p> <p>Dość niska (4) Średnia (5) Dość wysoka (7)</p> <p>Krzem w postaci mono- i polikrystalicznej; stopy metali lekkich; stopy tytanu; stale; superstopy (np. kobalt-chrom); kompozyty; proszek na bazie brązu i stali</p> <p>Powierzchniowe struktury funkcjonalne o specjalnych własnościach (elektrycznych, optycznych, magnetycznych)</p> <p>Specjalne własności elektryczne, optyczne i/lub magnetyczne, unikalna tekstura powierzchni</p> <p>Mikroskopy; świetlne, konifokalny laserowy, skaningowy elektrony (SEM), transmisyjny elektrony (TEM), sił atomowych (AFM); system do pomiaru charakterystyk prądowo-napięciowych; profilometr; kalonometr; dyfraktoметр renigenowski; nanotwardościomierz; trybometr; stanowisko pomiarowe do badań korozyjnych</p>	<p>Dość niska (4) Średnia (5) Dość wysoka (7)</p> <p>Krzem w postaci mono- i polikrystalicznej; stopy metali lekkich; stopy tytanu; stale; superstopy (np. kobalt-chrom); kompozyty; proszek na bazie brązu i stali</p> <p>Powierzchniowe struktury funkcjonalne o specjalnych własnościach (elektrycznych, optycznych, magnetycznych)</p> <p>Specjalne własności elektryczne, optyczne i/lub magnetyczne, unikalna tekstura powierzchni</p> <p>Mikroskopy; świetlne, konifokalny laserowy, skaningowy elektrony (SEM), transmisyjny elektrony (TEM), sił atomowych (AFM); system do pomiaru charakterystyk prądowo-napięciowych; profilometr; kalonometr; dyfraktoметр renigenowski; nanotwardościomierz; trybometr; stanowisko pomiarowe do badań korozyjnych</p>	<p>Dość niska (4) Średnia (5) Dość wysoka (7)</p> <p>Krzem w postaci mono- i polikrystalicznej; stopy metali lekkich; stopy tytanu; stale; superstopy (np. kobalt-chrom); kompozyty; proszek na bazie brązu i stali</p> <p>Powierzchniowe struktury funkcjonalne o specjalnych własnościach (elektrycznych, optycznych, magnetycznych)</p> <p>Specjalne własności elektryczne, optyczne i/lub magnetyczne, unikalna tekstura powierzchni</p> <p>Mikroskopy; świetlne, konifokalny laserowy, skaningowy elektrony (SEM), transmisyjny elektrony (TEM), sił atomowych (AFM); system do pomiaru charakterystyk prądowo-napięciowych; profilometr; kalonometr; dyfraktoметр renigenowski; nanotwardościomierz; trybometr; stanowisko pomiarowe do badań korozyjnych</p>
Technologia		<p>Obrobka laserowa materiałów funkcjonalnych</p> <p>Eksperymentalna (9) Prototypowa (8) Jednosłkowa i małoseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach przedmiotowych i technologicznych</p> <p>Dość wysoka (7) Dość wysoka (7) Średni (5) Średnia (5) Umiarowana (6) Umiarowana (6) Uczeń; INB; TP; CTT, OW</p> <p>Uczeń; INB; TP; CTT, OW, Sp. JV; duże przedsiębiorstwa</p> <p>Energiczny, optyczny, mikro- i optoelektroniczny; narzędziowy; mechatroniczny; odzieżowy</p>	<p>Prototypowa (8) Malo- i średnioseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach i na linii</p> <p>Dość wysoka (7) Umiarowany (6) Umiarowany (6) Dość wysoka (7) Uczeń; INB; TP; CTT, OW, Sp. JV; duże przedsiębiorstwa</p>	<p>Prototypowa (8) Malo- i średnioseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach i na linii</p> <p>Dość wysoka (7) Umiarowany (6) Umiarowana (6) Dość wysoka (7) Uczeń; INB; TP; CTT, OW, Sp. JV; duże przedsiębiorstwa</p>	<p>Prototypowa (8) Malo- i średnioseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach i na linii</p> <p>Dość wysoka (7) Umiarowany (6) Umiarowana (6) Dość wysoka (7) Uczeń; INB; TP; CTT, OW, Sp. JV; duże przedsiębiorstwa</p>
Rodzaj organizacji		<p>Reprezentowane gałęzie przemysłu</p> <p>Poziom edukacji personelu</p> <p>Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej</p>	<p>Wysokie (8) Dość wysokie (7) Dość wysokie (7) Średnia (5) Niska (3) Powiązania kapitałowe</p>	<p>Wysokie (8) Wysokie (8) Dość wysokie (7) Dość wysokie (7) Dość wysoka (7) Dość wysoka (7) Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów</p>	<p>Wysokie (8) Wysokie (8) Dość wysokie (7) Dość wysokie (7) Dość wysoka (7) Dość wysoka (7) Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów</p>
Kto?		<p>Wymagania kapitałowe</p> <p>Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność</p> <p>Wartość produkcji w kraju</p>	<p>Wysokie (8) Dość wysokie (7) Dość niska (4) Niska (3) Powiązania kapitałowe</p>	<p>Wysokie (8) Wysokie (8) Dość wysokie (7) Dość wysokie (7) Dość wysoka (7) Dość wysoka (7) Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów</p>	<p>Wysokie (8) Wysokie (8) Dość wysokie (7) Dość wysokie (7) Dość wysoka (7) Dość wysoka (7) Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów</p>
Ile?		<p>Wymagania kapitałowe</p> <p>Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność</p> <p>Wartość produkcji w kraju</p>	<p>Wysokie (8) Dość wysokie (7) Dość niska (4) Niska (3) Powiązania kapitałowe</p>	<p>Wysokie (8) Wysokie (8) Dość wysokie (7) Dość wysokie (7) Dość wysoka (7) Dość wysoka (7) Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów</p>	<p>Wysokie (8) Wysokie (8) Dość wysokie (7) Dość wysokie (7) Dość wysoka (7) Dość wysoka (7) Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów</p>

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Obróbka laserowa materiałów funkcjonalnych		Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego		Obszar tematyczny	Technologie laserowe w inżynierii powierzchni		M1-08/2010-12
<p>Obróbka laserowa materiałów funkcjonalnych, tj. szkła, elementów mikro- i optoelektronicznych oraz fotowoltaicznych, powoduje przemiany fazowe na powierzchni podłoża i/lub polega na realizacji procesów fizycznych na jego powierzchni, zwykle w celu poprawy własności elektrycznych i/lub optycznych obrabianych materiałów. Laserowe teksturowanie powierzchni krzemu polega na wytworzeniu na jego powierzchni równoległych przecinających się rowków w celu rozminięcia powierzchni właściwej obrabianych elementów. Jeżeli fotony padają na powierzchnię półprzewodnika część z nich ulega odbiciu, zostaje zaabsorbowana wewnątrz lub może przez niego przejść. W ogniwach słonecznych wykorzystywana jest tylko absorpcja fotonów, które wywołują przejścia elektronów z pasma walencyjnego do pasma przewodnictwa, co jest możliwe tylko wtedy, gdy energia zaabsorbowanego fotonu jest większa od energii odpowiadającej szerokości przerwy energetycznej półprzewodnika.</p>					
<p>Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża</p>					
X	jednowarstwowa	wielofazowa		amorficzna	Poziom
	wielowarstwowa	gradientowa		nanokryształczna	Umiarkowany (6)
	multiwarstwowa (>100 warstw)	kompozytowa		hybrydowa	Sredni (5)
X	przemiany fazowe powierzchni podłoża	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	X	procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Sredni (5)
<p>Szczególne własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów</p>					
	mechaniczne	magnetyczne	X	optyczne	Dość niski (4)
	chemiczne	dyfuzyjne	X	termiczne	Nie dotyczy
X	elektryczne	hydromechaniczne		akustyczne	Nie dotyczy
				inne	Nie dotyczy
<p>Zalety</p>					
<p>Łatwość automatyzacji procesu; możliwość kształtowania różnych materiałów; szybkie tworzenie fizycznych wzorców.</p>					
<p>Wady</p>					
<p>Wysoki koszt urządzenia; ograniczony wymiar powierzchni możliwej do poddania obróbce; ograniczona dokładność; jakość powierzchni uwarunkowana użytą techniką wykonania.</p>					
<p>Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań</p>					
<p>Laserowe wytwarzanie powierzchni- struktur funkcjonalnych metodami napawania i domieszkowania; wytwarzanie warstw przewodzących i innych o specjalnych własnościach elektrycznych i optycznych; selektywne spiekanie laserowe (SLS); teksturowanie laserowe polikryształicznego krzemu w fotowoltaice.</p>					
<p>Technologie zastępcze/alternatywne</p>					
<p>Stopowanie/wtapianie; teksturowanie mechaniczne i/lub chemiczne.</p>					
<p>Rekomendowane źródła literatury</p>					
<p>1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.</p>					
<p>2 L.A. Dobrzański, et al., Laser surface treatment of multicrystalline silicon for enhancing optical properties, JMPT 201 (2008) 291-296.</p>					
<p>3 J. Kusiński, Lasery i ich zastosowanie w inżynierii materiałowej, Wydawnictwo Naukowe Akapit, Kraków, 2000.</p>					
<p>Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału</p>					
<p>Specjalne własności optyczne</p>					
<p>Specjalne własności elektryczne</p>					
<p>Energooszczędność</p>					
<p>Specjalne własności magnetyczne</p>					
<p>Niższy koszt wytwarzania</p>					
<p>Przewodnictwo cieplne</p>					
<p>Biokompatybilność</p>					
<p>Twardość</p>					
<p>Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia</p>					
<p>Korozyja równomierna</p>					
<p>Korozyja lokalna i wżerowa</p>					
<p>Korozyja naprężeniowa i zmęczenia</p>					
<p>Zużycie adhezyjne</p>					
<p>Zużycie dyfuzyjne</p>					
<p>Znączenie cieplne</p>					
<p>Pitting</p>					
<p>Korozyja międzykryształczna</p>					
<p>Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii</p>					
<p>M 72</p>					
<p>C 27</p>					
<p>C 26</p>					
<p>C 33</p>					
<p>C 32</p>					
<p>C 18</p>					
<p>C 13</p>					
<p>C 14</p>					
<p>Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii</p>					
<p>Modelowanie wieloskalowe</p>					
<p>Modelowanie matematyczne</p>					
<p>Sztuczne sieci neuronowe</p>					
<p>Algorytmy genetyczne</p>					
<p>Dynamika molekularna</p>					
<p>Aktualna faza cyklu życia technologii</p>					
<p>Perspektywy rozwojowe</p>					
<p>Bardzo wysoki (9)</p>					
<p>Wysoki (8)</p>					
<p>Umiarkowany (6)</p>					
<p>Umiarkowany (6)</p>					
<p>Umiarkowany (6)</p>					
<p>Eksperymentalna (9)</p>					
<p>Wysokie (7)</p>					

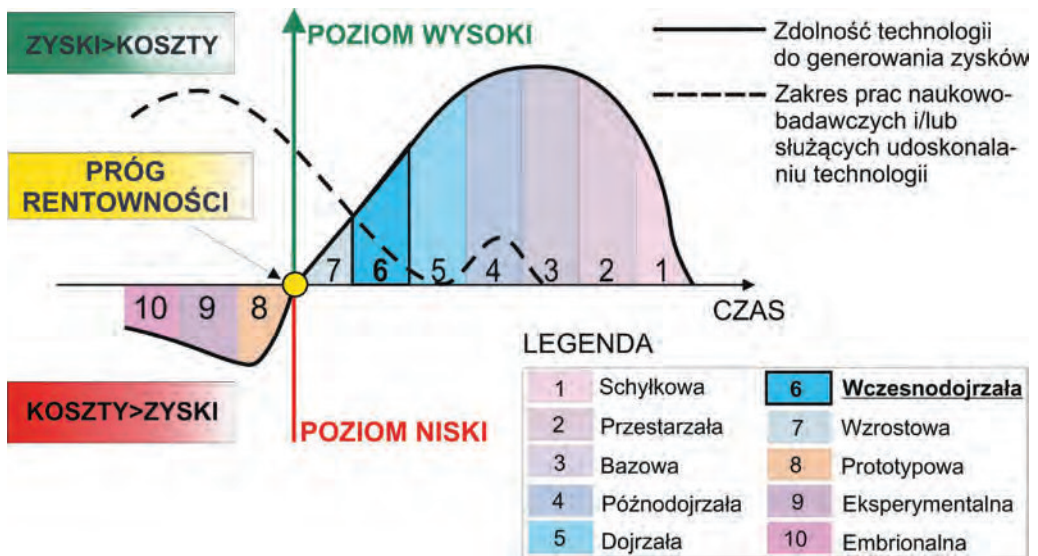
KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Obróbka laserowa materiałów funkcjonalnych	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Technologie laserowe w inżynierii powierzchni	M1-08/2010-12
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Powierzchniowa obróbka laserowa jest złożonym procesem obejmującym nagrzewanie, topienie, parowanie, osadzenie, ablację, stygnięcie i krzepnięcie materiału. Etapy wytwarzania ognia słonecznych na bazie krzemu polikrystalicznego: usunięcie uszkodzonej warstwy powstałej w wyniku technologicznego cięcia bloku krzemowego, laserowe teksturowanie powierzchni, usunięcie uszkodzonej warstwy powstałej w wyniku obróbki laserowej, czyszczenie powierzchni, wytworzenie złącza p-n, usunięcie złącz z powierzchni bocznych, usunięcie szkliwa krzemowo-fosforowego, pasywacja powierzchni, naniesienie warstwy antyrefleksyjnej, naniesienie i wypalenie kontaktów elektrycznych.</p> <p>Teksturowanie laserowe wykonuje się przy użyciu systemów laserowych małej mocy, w których źródłem promieniowania jest laser ze stałym ośrodkiem czynnym – kryształem granatu tleno-aluminiowego domieszkowanego jonami neodymu (Nd: YAG). Efektywny współczynnik odbicia R_{eff} w zakresie długości fali 400-1200 nm dla teksturowania laserowego wynosi 10%. Dla porównania R_{eff} dla teksturowania mechanicznego z wykorzystaniem ostrza diamentowego wynosi 5%, dla trawienia w roztworach HNO_3 3-9%, dla trawienia w roztworach NaOH lub KOH 20-24%.</p>			
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do
Temperatura	°C	40	1400
Ciśnienie		atmosferyczne	
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-
Czas	s	1	3
Środowisko/atmosfera	powietrze; gazy ochronne np. argon		
Specyficzne warunki realizacji procesu	brak		
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża	Brak.		
Typ/rodzaj urządzenia	Lasery CO ₂ , Nd: YAG; lasery diodowe HPDL.		
Specyficzne oprzyrządowanie	Stanowisko laserowe; dysze gazu ochronnego; stolik do pozycjonowania obrabianego elementu z możliwością ruchu w płaszczyźnie xy.		
 <p>Przykładowy schemat procesu obróbki laserowej materiałów funkcjonalnych – laserowe teksturowanie krzemu polikrystalicznego</p>			

Symbol obszaru tematycznego: **M1**

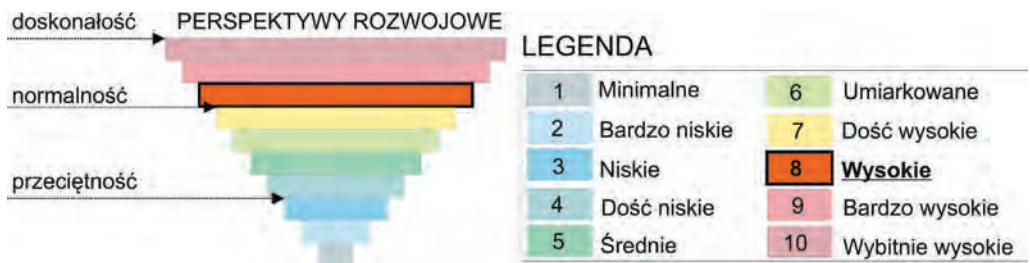
Symbol grupy technologii: **I_{M1}**

Numer katalogowy: **M1-09**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Impulsowe osadzanie laserowe**
Nazwa grupy technologii (ang.): **Pulsed Laser Deposition (PLD)**



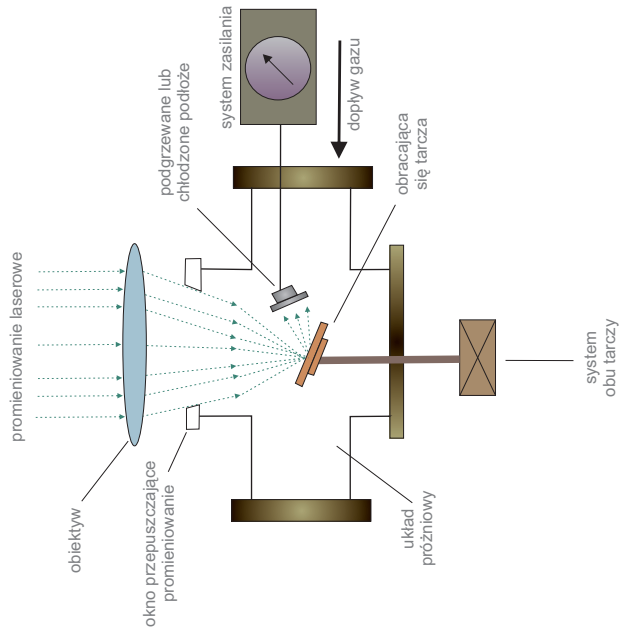
Rysunek 4.24. Aktualna faza cyklu życia impulsowego osadzania laserowego



Rysunek 4.25. Perspektywy rozwojowe impulsowego osadzania laserowego

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Impulsowe osadzanie laserowe (PLD)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny	Technologie laserowe w inżynierii powierzchni		M1-09/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			Poziom
Impulsowe osadzanie laserowe następuje po odparowaniu materiału z tarczy w wyniku oddziaływania silnie zogniskowanej impulsowej wiązki laserowej skierowanej na wybrane miejsca tarczy, gdzie zaabsorbowana część energii powoduje wzbudzenie atomów materiału tarczy doprowadzając do ablacji. Ablacja laserowa jest procesem rozpylania, w którym usuwanie materiału następuje z szybkością kilku monowarstw atomowych na impuls, a powierzchnia w skali mezoskopowej ulega zmianom strukturalnym oraz pod względem składu chemicznego i fazowego. Oddziaływanie wiązki laserowej z materiałem zależy głównie od długości fali promieniowania laserowego, ale też od energii impulsu i szerokości wiązki. Wysoka energia fotonów powoduje rozrywanie niektórych wiązań atomowych w wyniku efektów cieplnych lub wskutek oddziaływań fotochemicznych, odpowiednio poniżej lub powyżej 3 eV. Impulsowe osadzanie laserowe powłok ma zastosowanie w odniesieniu do prawie wszystkich materiałów inżynierskich.		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału Twardość Odporność na ścieranie Własności mechaniczne Odporność na korozję Specjalne własności elektryczne Specjalne własności optyczne Biokompatybilność Oczyszczona i poddana renowacji powierzchnia	Bardzo wysoki (9) Bardzo wysoki (9) Bardzo wysoki (9) Bardzo wysoki (9) Wysoki (8) Wysoki (8) Wysoki (8) Wysoki (8)
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			Poziom
X	jednowarstwowa	X wielofazowa	Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkiem zużycia
X	wielowarstwowa	X gradientowa	Zużycie ścieme
X	multiwarstwowa (>100 warstw)	kompozytowa	Korozyja równomierna
X	przemiany fazowe powierzchni podłoża	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	Korozyja lokalna i wzrowa
X	specjalne własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów	X mechaniczne	Korozyja naprężeniowa i zmęczeniowa
X	chemiczne	X dyfuzyjne	Korozyja międzykryształiczna
X	elektryczne	X termiczne	Zużycie dyfuzyjne
X	hydro mechaniczne	X akustyczne	Fretting
X	inne:	Wady	Spalling
Zalety			Poziom
Regulacja w sposób płynny poprzez parametry wiązki laserowej, tzn. czas trwania impulsu; szczytową gęstość mocy i częstotliwość repetycji impulsów.		Wysokie koszty inwestycyjne związane z zakupem nowoczesnych laserów; konieczność wstępnego nagrzania materiału obrabianego przy stopach ze skłonnością do pęknięcia.	Dość wysoki (7) Niski (3) Niski (3) Niski (3) Bardzo niski (2) Bardzo niski (2) Bardzo niski (2) Bardzo niski (2)
Najbardziej perspektywiczne technologie szczerzefowei/lub obszary zastosowań			Poziom
Osadzanie cienkich warstw z nadprzewodników wysokotemperaturowych i materiałów magnetycznych; wytwarzanie warstw hybrydowych; fototermiczna ablacja laserowa; oczyszczanie laserowe powierzchni; zabytoków, elementów elektronicznych i elementów maszyn; technologia ablacji laserowej dla chirurgii plastycznej.			Applikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego, w odniesieniu do technologii
Technologie zastępcze/alternatywne			Modelowanie wieloskalowe
Stopowanie/wtapianie; PVD, CVD.			Modelowanie matematyczne
Rekomendowane źródła literaturowe			Sztuczne sieci neuronowe
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.			Algorytmy genetyczne
2 A. Klimpel, Technologia spawania i cięcia metali. Wyd. II, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1998.			Metody Monte Carlo
3 T. Burakowski, W. Napadtek, J. Marczał, Ablative Laser Cleaning of Construction Materials and Machine Elements, Inżynieria Materiałowa 28/3-4 (2007) 622-626.			Aktualna faza cyklu życia technologii
			Perspektywy rozwojowe
			Wysoki (8) Wysoki (8) Dość wysoki (7) Umiaarkowany (6) Umiaarkowany (6) Wczesnodojrzała (6) Wysoki (8)

<p>KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII</p>	<p>Nazwa technologii Impulsowe osadzanie laserowe (PLD)</p> <p>Obszar tematyczny Technologie laserowe w inżynierii powierzchni</p>	<p>Nr katalogowy M1-09/2010-12</p>	
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p>			
<p>Impulsowe osadzanie laserowe składa się z czterech etapów. W momencie, gdy wiązka laserowa napromieniowuje materiał, energia fotonów promieniowania laserowego zostaje wykorzystana do wzbudzenia elektronów i następnie zamienia się w energię ciepłą (etap 1.), co powoduje równoczesne topienie cienkiej warstwy materiału (etap 2.), przy czym cała strefa stopiona ulega ablacji (czyli gwałtownemu odparowaniu, nie pozostając na powierzchni obrabianego materiału (etap 3.). Następnie ma miejsce jonizacja i rozprężanie par oraz tworzenie się i eksplozyjne rozprzestrzenianie się plazmy w komorze roboczej, głównie w kierunku pokrywającego przedmiotu (etap 4). Do osadzenia powłok wykorzystywane są lasery emitujące promieniowanie nadfioletowe, z uwagi na największą absorpcję tego zakresu promieniowania przez materiały. Metodą tą wytwarza się głównie twarde warstwy odporne na ścieranie, między innymi węglików lub azotków oraz cienkie warstwy dla potrzeb mikroelektroniki. Metoda ta umożliwia wytwarzanie wielowarstwowych powłok z zachowaniem założonych stężeń poszczególnych pierwiastków, co jest bardzo proste z uwagi na możliwość szybkiej wymiany tarcz, na które oddziałuje wiązka laserowa. Zjawisko ablacji jest również stosowane do usuwania zbędnego materiału w celu czyszczenia zabrudzonych powierzchni lub umacniania pozostałego materiału z użyciem fali uderzeniowej.</p>			
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>			
<p>Standardowy zakres parametru procesu</p>	<p>jednostka</p>	<p>od</p>	<p>do</p>
<p>Temperatura</p>	<p>°C</p>	<p>10</p>	<p>1500</p>
<p>Cisnienie</p>	<p>Pa</p>	<p>10^{-3}</p>	<p>10^5</p>
<p>Warunki prądowo-napięciowe</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-</p>
<p>Czas</p>	<p>s</p>	<p>1</p>	<p>1000</p>
<p>Środowisko/atmosfera</p>	<p>gaz obojętny, gaz reaktywny</p>		
<p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p>	<p>obniżone ciśnienie lub ciśnienie atmosferyczne</p>		
<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p>	<p>Brak.</p>		
<p>Typ/ rodzaj urządzenia</p>	<p>Lasery CO₂; Nd:YAG.</p>		
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p>	<p>Stanowisko laserowe; pompy próżniowe; komora robocza z wziernikami wraz z systemem mocowania i obrotu tarczy oraz podłoża.</p>		
<p>Schemat urządzenia do osadzania powłok laserem impulsowym (PLD)</p>			



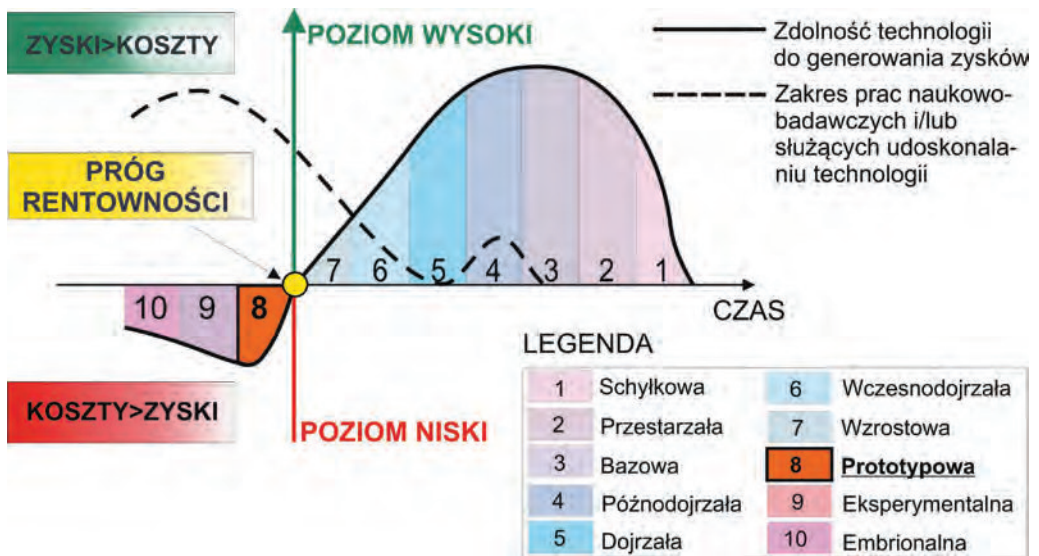
Symbol obszaru tematycznego: **M1**

Symbol grupy technologii: **J_{M1}**

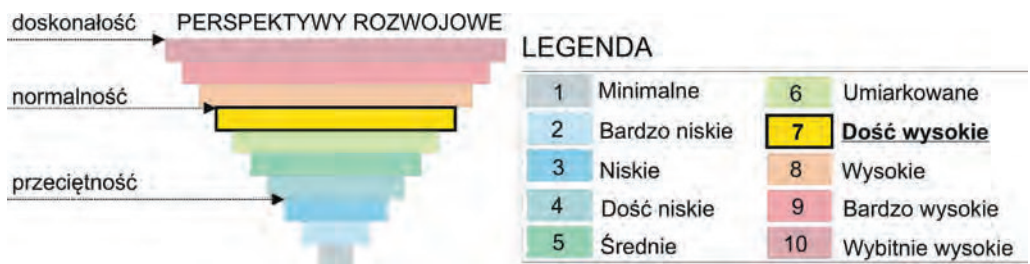
Numer katalogowy: **M1-10**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Obróbka laserowa biomateriałów**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Laser treatment of biomaterials**



Rysunek 4.26. Aktualna faza cyklu życia obróbki laserowej biomateriałów



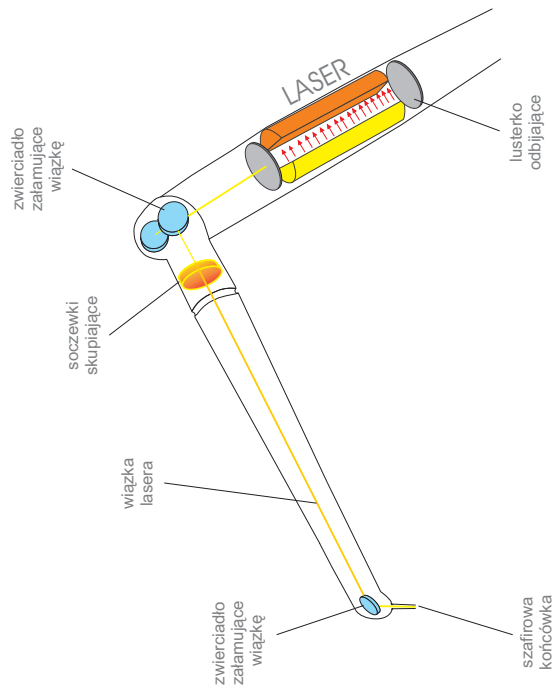
Rysunek 4.27. Perspektywy rozwojowe obróbki laserowej biomateriałów

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii Obróbka laserowa biomateriałów		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie laserowe w inżynierii powierzchni		M1-10/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Intervaly czasowe		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	
Dlaczego?		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu	
Strategia dla technologii		Oddziaływanie otoczenia		Strategia dębów	
Wartości technologii		Rozróżniony dąb		Technologii w przykrywym otoczeniu, unikac trudności, przeprowadzac badania marketingowe i dopasowac produkt do wymagan klienta.	
Produkt		Implanty chirurgiczne, stomatologiczne, ortodontyczne, m.in. pokrytye hydroksyapatytem; biosensory do nanoskali wiązanie; wszczepy medyczne			
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Średnia (5)		Dość wysoka (7)	
Podłoże		Stopy szlachalne; stopy tytanu i kobaltu; ceramika; polimery			
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesow na powierzchni podłoża		Błogodne warstwy nanokryształiczne, polikryształiczne, amorficzne, porowate, diamentowe i/lub diamentopodobne			
Polepszone własności materiału		Biokompatybilność; biodegradowalność; twardość; odporność na ścieranie; ultraczystość; odporność na korozję cierna			
Aparatura naukowo-badawcza		Mikroskopy, świetlne, konfokalne laserowe, skaningowy elektronowy (SEM), transmisyjny elektronowy (TEM), sił atomowych (AFM), jonowy (FIB); dyfraktometr rentgenowski; spektromierz; grubościomierz; nanowartościomierz; trybometr; potencjostat; scratch tester; aparatura do badań biogłodności, biotolerancji i bioktywności materiałów			
Technologia		Obróbka laserowa biomateriałów			
Faza cyklu życia		Prototypowa (8)		Prototypowa (8)	
Typ produkcji		Jednoskopowa i małoseryjna		Mało- i średnioseryjna	
Forma organizacji produkcji		Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych		Niepotokowa w gniazdach i na linii; potokowa synchroniczna	
Nowoczesność parku maszynowego		Umiarowana (6)		Wysoka (8)	
Automatyzacja i robotyzacja		Średnia (5)		Dość wysoka (7)	
Jakość i niezawodność		Umiarowana (6)		Dość wysoka (7)	
Proekologiczność		Dość wysoki (7)		Dość wysoki (7)	
Rodzaj organizacji		Uczelnie; INB; TP; CTT; OW; Sp. JV		Uczelnie; INB; OW; Sp. JV; średnie i duże przedsiębiorstwa; PP	
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Medyczny, stomatologiczny, ortodontyczny			
Kto?		Dość wysoki (7)		Dość wysoki (7)	
Ile?		Wysokie (8)		Dość wysokie (7)	
Wymagania kapitałowe		Dość wysokie (7)		Dość wysokie (7)	
Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność		Średnia (5)		Dość wysoka (7)	
Wartość produkcji w kraju		Dość niski (4)		Dość wysoki (7)	

LEGENDA: → Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwuierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Obszar tematyczny	Obróbka laserowa biomateriałów Technologie laserowe w inżynierii powierzchni	Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego	Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału	Poziom	M1-10/2010-12	
Zastosowanie biomateriałów wymaga odpowiedniego ukształtowania ich powierzchni, ukierunkowanego na pożądany sposób zachowania się komórek żywych po implantacji, wspomagającej osadzenie komórek, ich namnażanie i w konsekwencji odbudowę uszkodzonej tkanki. Obróbka laserowa powierzchni biomateriałów w zastosowaniu na implanty, np. poprzez laserowe teksturowanie, należy do metod fizykochemicznych, zapewniających zmiany tekstury, chropowatości, zwilżalności lub energii powierzchniowej obrabianego biomateriału. Do znanych metod kształtowania struktury biomateriałów z użyciem lasera należy także wytwarzanie cienkich powłok nanokryształicznych węgla diamentopodobnego (DLC) oraz warstw kompozytowych poprzez ablację laserową. Ablacja laserowa jest procesem rozpylania, w którym usuwanie materiału następuje z szybkością kilku monowarstw atomowych na impuls, a powierzchnia w skali mezoskopowej ulega zmianom strukturalnym oraz pod względem składu chemicznego i fazowego.	Biokompatybilność Bardzo wysoki (9) Wysoki (8) Ultraczystość Twardość Własności mechaniczne Wysoki (8) Odporność na korozję Umiarkowany (6) Ciągłość Średni (5) Podatność na łączenie Dość niski (4) Odporność zmęczenia Dość niski (4)	Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału Biokompatybilność Bardzo wysoki (9) Wysoki (8) Ultraczystość Twardość Własności mechaniczne Wysoki (8) Odporność na korozję Umiarkowany (6) Ciągłość Średni (5) Podatność na łączenie Dość niski (4) Odporność zmęczenia Dość niski (4)	M1-10/2010-12	
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża	Zużycie dyfuzyjne Korozyja lokalna i wżerowa Korozyja równomierna Korozyja selektywna Korozyja naprężeniowa i zmęczeniaowa Zużycie ściernie Średni (5) Korozyja międzykryształiczna Średni (5) Erozja Dość niski (5)	Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia Umiarkowany (6) Umiarkowany (6) Umiarkowany (6) Średni (5) Średni (5) Średni (5) Dość niski (5)	Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia Umiarkowany (6) Umiarkowany (6) Umiarkowany (6) Średni (5) Średni (5) Średni (5) Dość niski (5)	
X jednowarstwowa X wielowarstwowa X multywarstwowa (>100 warstw) X przemiany fazowe powierzchni podłoża	X gradientowa X kompozytowa X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	amorficzna nanokryształiczna hybrydowa procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów	
X mechaniczne chemiczne elektryczne	magnetyczne dyfuzyjne hydromechaniczne	X trybologiczne X termiczne X akustyczne X antykorozyjne X inne	Zalety	
Wysoka odporność na zużycie ślizgowe; ściernie i erozyjne warstwy wierzchniej; możliwość wytworzenia nowych materiałów zawierających fazy metastabilne i przesycone roztwory stałe.	Wysoki koszt urządzenia; wzrost chropowatości obrabianych powierzchni; tworzenie struktury dendrytycznej powodującej tworzenie się siatki pęknięć w trakcie eksploatacji.	Wady	Sektory przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii	Poziom
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań	Wytwarzanie cienkich i twardych powłok na implantach i wszczepach medycznych na bazie metalicznej, ceramicznej lub polimerowej głównie na potrzeby ortopedii, ortodontyki i stomatologii. Przewiduje się rozwój: wzornikowania, lutownia laserowego i niekonwencjonalnego nadtapiania laserowego np. w ciekłym azocie.	Technologie zastępcze/alternatywne	M 72 C 32 C 25 M 71 C 28 C 18 Minimalny (1) Minimalny (1) C 13	Wysoki (8) Niski (3) Niski (3) Bardzo niski (2) Bardzo niski (2) Minimalny (1) Minimalny (1) Minimalny (1)
Napawanie; ablacja laserowa (PLD); chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej aktywowane laserowo (LCVD); fizyczne osadzanie powłok z fazy gazowej wspomagane laserowo (LAPVD).	Rekomendowane źródła literatury	1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011. 2 L. Hao, J. Lawrence, Laser Surface Treatment of Bio-Implant Materials, John Wiley & Sons, 2005, www.knowel.com/web/porta/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=1972&verticalID=0 (2012). 3 K. Migacz, J. Chłopek, Analiza wytrzymałościowa i odkształceniowa biomateriałów gradientowych przeznaczonych na implanty, Inżynieria biomateriałów 12/89-91 (2009) 175-178.	Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego, w odniesieniu do technologii	Poziom
	Modelowanie wieloskalowe	Modelowanie matematyczne	Modelowanie wieloskalowe	Wysoki (8)
	Sztuczne sieci neuronowe	Algorytm genetyczne	Sztuczne sieci neuronowe	Wysoki (8)
	Metody Monte Carlo	Aktualna faza cyklu życia technologii	Metody Monte Carlo	Dość wysoki (7)
	Perspektywy rozwojowe		Perspektywy rozwojowe	Umiarkowany (6) Prototypowa (8) Dość wysokie (7)

<p>KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII</p>	<p>Nazwa technologii Obszar tematyczny</p>	<p>Obróbka laserowa biomateriałów Technologie laserowe w inżynierii powierzchni</p>	<p>Nr katalogowy</p>	<p>M1-10/2010-12</p>	
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p>					
<p>Do obróbki biomateriałów stosowanych w medycynie, głównie na implanty oraz w protezycie stomatologicznej stosowane są lasery wysokoenergetyczne: CO₂, Nd:YAG, Er: YAG, ekscymerowy oraz diodowy (HPDL). Jedną z nowszych metod obróbki powierzchni biomateriałów jest wzmikowanie, polegające na zmianie własności i topografii powierzchni poprzez punktowe naswietlania laserem. Dzięki możliwości połączenia wzmikowania z metodą SAMs uzyskuje się powierzchnie o zróżnicowanej zwilżalności. W warstwach samoorganizujących się SAM na powierzchni biomateriałów metalicznych, grupy SH lub SH łatwo oddziaływają z powierzchnią metalu, tworząc trwałe wiązanie chemiczne, gdy druga grupa funkcyjna znajdująca się na przeciwnym końcu łańcucha węglowego może być wykorzystywana do przyłączania innych molekuł. Najlepszą stabilizacją struktury SAMs, zwana quaskryształizacją umożliwia pulpakowanie i sieciowanie innych molekuł (białek, elementów nukleotydów). Wzmikowanie stwarza szerokie możliwości nie tylko, jeśli chodzi o zmiany własności powierzchni, ale także konstruowanie materiałów dla inżynierii genetycznej (materiały inteligentne). Zastosowanie tej metody pozwala na kontrolę funkcji powierzchni, a w przypadku połączenia jej z metodą SAMs otwiera nieznane jeszcze dziś szerokie możliwości przyszłych zastosowań.</p>					
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>					
<p>Standardowy zakres parametru procesu</p>	<p>jednostka</p>	<p>od</p>	<p>do</p>		
<p>Temperatura</p>	<p>°C</p>	<p>40</p>	<p>200</p>		
<p>Ciśnienie</p>		<p>atmosferyczne</p>			
<p>Warunki prądowo-napięciowe</p>		<p>-</p>	<p>-</p>		
<p>Czas</p>	<p>s</p>	<p>1</p>	<p>60</p>		
<p>Środowisko/atmosfera</p>		<p>powietrze, gazy ochronne np. argon</p>			
<p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p>		<p>brak</p>			
<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p>					
<p>Matowanie powierzchni w celu poprawy absorpcyjności.</p>					
<p>Typ/rodzaj urządzenia</p>					
<p>Lasery CO₂; Nd: YAG; lasery diodowe HPDL.</p>					
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p>					
<p>Stanowisko laserowe; dysze gazu ochronnego; podajnik proszku; stolik do pozycjonowania obrabianego elementu z możliwością ruchu w płaszczyźnie xy.</p>					
<p>Przykładowy schemat urządzenia umożliwiającego obróbkę laserową biomateriałów</p>					



4.2. Perspektywy rozwojowe technologii fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej

W niniejszym podrozdziale zamieszczono wyniki prac własnych, z których część – w postaci Kart Informacyjnych Technologii (KIT) – sporządzono we współpracy z Danielem Pakułą i Krzysztofem Lukaszkowiczem. Nowoczesne metody fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD), o szerokich perspektywach rozwojowych, wykorzystują zjawiska fizyczne, takie jak odparowanie metali albo stopów lub rozpylanie katodowe w próżni i jonizację gazów i par metali z wykorzystaniem różnych procesów fizycznych. Wspólną ich cechą jest krystalizacja par metali lub faz z plazmy. Połączenie powłoka-podłoże ma charakter dyfuzyjno-adhezyjny, o czym świadczy stężenie pierwiastków w osnowie i w powłoce, zmieniające się w strefie przejściowej o grubości 1-2 μm i jest tym silniejsze, im bardziej czysta jest powierzchnia pokrywana.

Jak wskazują wyniki badań heurystycznych [3], spośród technologii fizycznego osadzania z fazy gazowej, najlepsze perspektywy rozwoju strategicznego, określone jako bardzo wysokie (9 punktów), mają reaktywne rozpylanie magnetronowe (RMS) B_{M2}^s (8,6; 9,0) oraz katodowe odparowanie łukowe (CAD) A_{M2}^s (8,5; 8,7), które należy rozwijać, umacniać i implementować w praktyce przemysłowej w celu odniesienia spektakularnego sukcesu. Do atrakcyjnych technologii o ograniczonym potencjale należy impulsowe osadzanie laserowe J_{M2}^s (4,6; 8,4), które należy badać, udoskonalać i doinwestowywać wykorzystując dobrą koniunkturę na rynku. W odniesieniu do znajdującej się w przewidywalnym otoczeniu atrakcyjnej, stabilnej technologii, polegającej na osadzaniu warstw z odparowaniem wiązką elektronową z jonizacją par (EB-PVD) F_{M2}^s (8,2; 4,1), przewiduje się przyszły sukces, równocześnie zalecając szukanie nowych rynków, grup klientów i możliwych do wytwarzania produktów. Producenci stosujący solidne, dobrze poznane grupy technologii odparowywania metalu impulsowo-plazmowo (PPM) C_{M2}^s (6,5; 4,7) i aktywnego reaktywnego naparowania przy użyciu działu elektronowego (BARE) G_{M2}^s (6,7; 4,8), powinni czerpać zyski z realizacji produkcji w stabilnym przewidywalnym otoczeniu oraz unowocześniać i promować stosowane technologie dla wzmocnienia ich atrakcyjności na rynku. Maksymalne wykorzystanie sprzyjających warunków zewnętrznych do realizacji produkcji z użyciem atrakcyjnej technologii, połączone ze wzmacnianiem jej potencjału, to strategia rekomendowana dla osadzania

warstw z wykorzystaniem wiązki jonowej (IBAD) D_{M2}^s (4,6; 4,4), a wzmacnianie atrakcyjności i dopasowanie produktu do wymagań klienta to postępowanie zalecane dla odparowania metalu niskonapięciowym działem elektronowym (HHCD) E_{M2}^s (6,4; 6,9). W odniesieniu do najniżej ocenionych i stosunkowo najmniej poznanych, spośród metod fizycznego osadzania z fazy gazowej, grup technologii: eksperymentalnego reaktywnego nanoszenia ze zjonizowanych klastrow (ICB) H_{M2}^s (1,8; 7,0) i wzrostowego odparowania reaktywnego łukiem elektrycznym (TAE) I_{M2}^s (2,4; 6,5), rekomendowane jest przeprowadzenie analizy ryzyka i indywidualna ocena szans na sukces. W obu tych przypadkach należy brać pod uwagę scenariusze niespodziankowe, a spektakularny przełom nie jest wykluczony, zważywszy, że są to technologie młode, znajdujące się w burzliwym otoczeniu.

Najbardziej optymistyczne ścieżki rozwoju strategicznego, w grupie technologii fizycznego osadzania z fazy gazowej, wskazujące na przyszły wzrost znaczenia tych technologii [3], charakteryzują reaktywne rozpylenie magnetronowe (RMS) B_{M2} (60%) oraz impulsowe osadzanie laserowe J_{M2} (60%). Z 50% prawdopodobieństwem wzrastać będzie znaczenie sprawdzonych i stosunkowo dobrze poznanych metod katodowego odparowania łukowego (CAD) A_{M2} i aktywnego reaktywnego naparowania przy użyciu działu elektronowego (BARE) G_{M2} , jak również znajdującego się na razie w fazie eksperymentalnej, lecz wysoce obiecującego reaktywnego nanoszenia ze zjonizowanych klastrow (ICB) H_{M2} . Znaczenie pozostałych analizowanych technologii fizycznego osadzania z fazy gazowej na tle obszaru tematycznego najprawdopodobniej pozostanie na dotychczasowym poziomie. Najbardziej zróżnicowane oceny eksperci przyznali metodzie osadzania warstw z odparowaniem wiązką elektronową z jonizacją par (EB-PVD) F_{M2} , co odzwierciedla rzeczywisty podział środowiska naukowego na jej zdeklarowanych zwolenników i przeciwników. Do zalet tej metody należy możliwość odparowywania materiałów trudno topliwych, związków i mieszanin oraz dielektryków i wynikająca z tego możliwość konfigurowania powłok wielowarstwowych i warstw hybrydowych o zróżnicowanych charakterystykach fizykochemicznych i trybologicznych, natomiast za wady należy uznać bardzo kosztowną aparaturę i wysoki poziom skomplikowania tej grupy technologii, wymagający zatrudnienia wysoko wykwalifikowanej kadry, ponadto większą energię jonów i atomów oraz większy stopień jonizacji plazmy można uzyskać stosując inne metody, np. katodowe odparowanie łukowe (CAD).

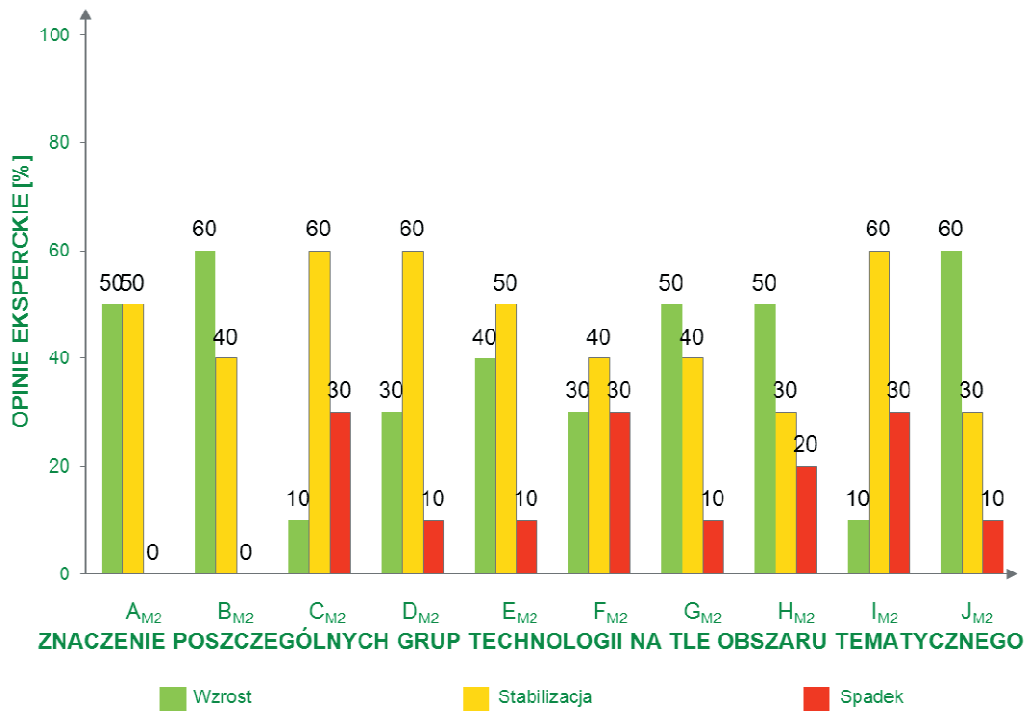
Symbol pola badawczego: **M**
Symbol obszaru tematycznego: **M2**

Prezentowane podejście: **Procesowe**

Obszar tematyczny: **Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej**

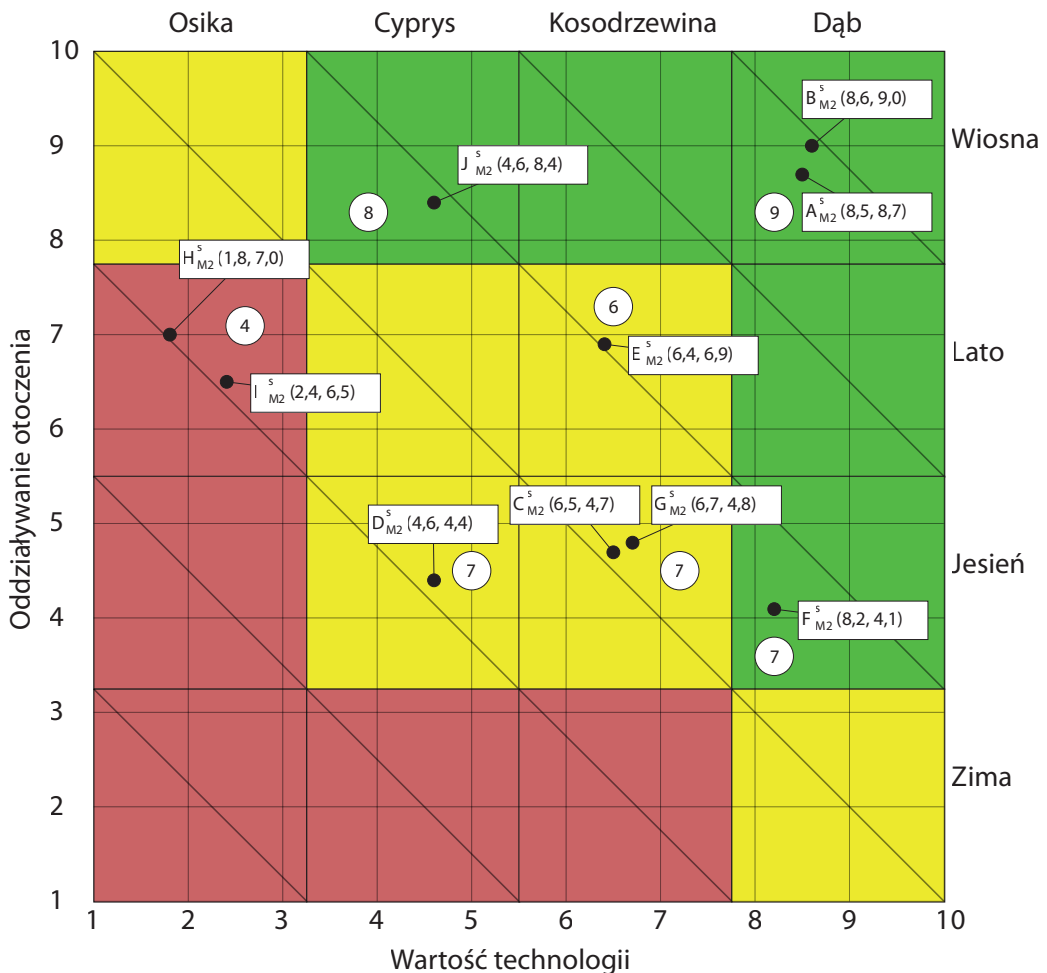
Wykaz technologii krytycznych wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M2:

- A_{M2} Katodowe odparowanie łukowe (CAD)
- B_{M2} Reaktywne rozpylanie magnetronowe (RMS)
- C_{M2} Odparowanie metalu impulsowo-plazmowo (PPM)
- D_{M2} Osadzanie warstw z wykorzystaniem wiązki jonowej (IBAD)
- E_{M2} Odparowanie metalu niskonapięciowym działem elektronowym (HHCD)
- F_{M2} Osadzanie warstw z odparowaniem wiązką elektronową z jonizacją par (EB-PVD)
- G_{M2} Aktywowane reaktywnie naparowanie przy użyciu działła elektronowego (BARE)
- H_{M2} Reaktywne nanoszenie ze zjonizowanych klastrów (ICB)
- I_{M2} Odparowanie reaktywne łukiem elektrycznym (TAE)
- J_{M2} Impulsowe osadzanie laserowe (PLD)



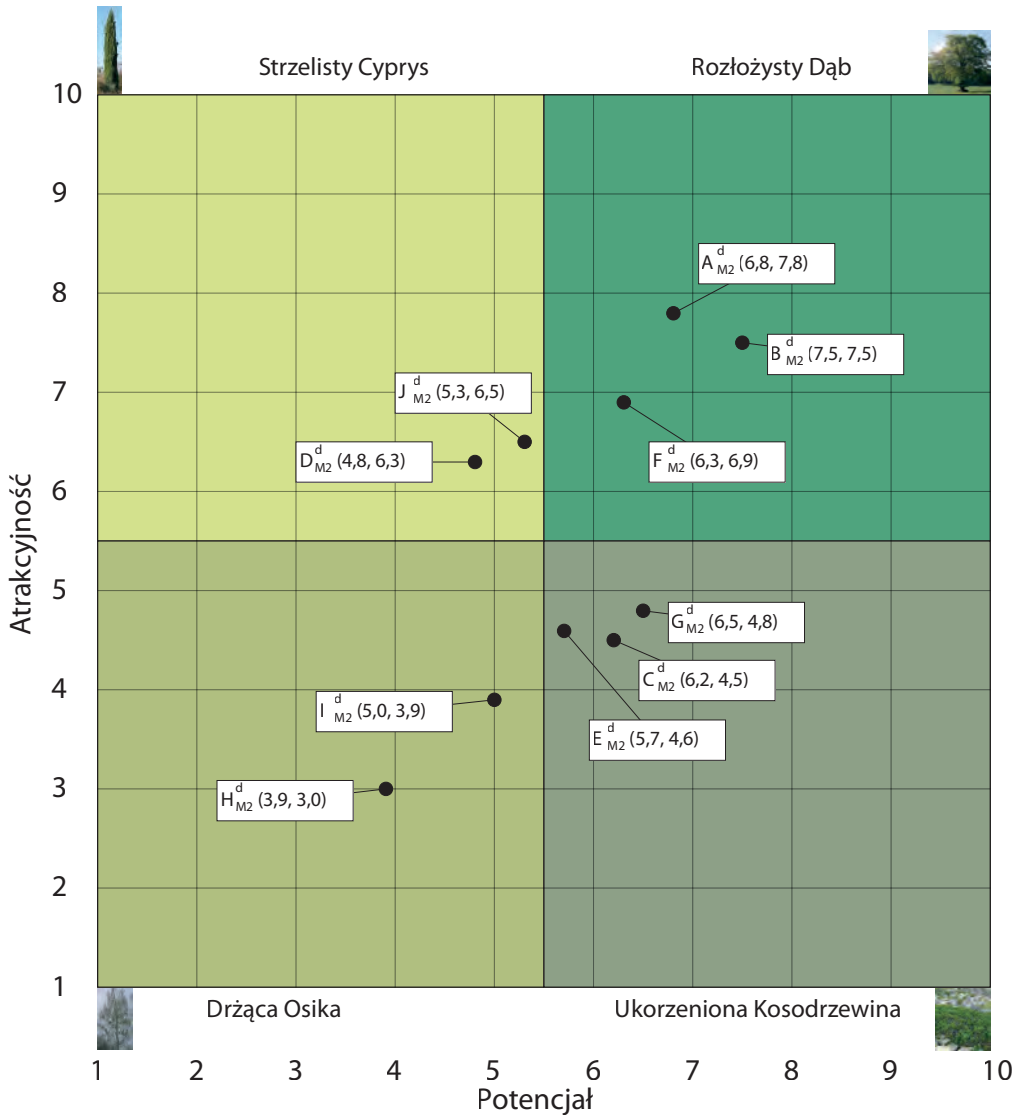
Rysunek 4.28. Prognozowane trendy zmian znaczenia poszczególnych grup technologii krytycznych na tle obszaru tematycznego M2: Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej

MACIERZ M2-S



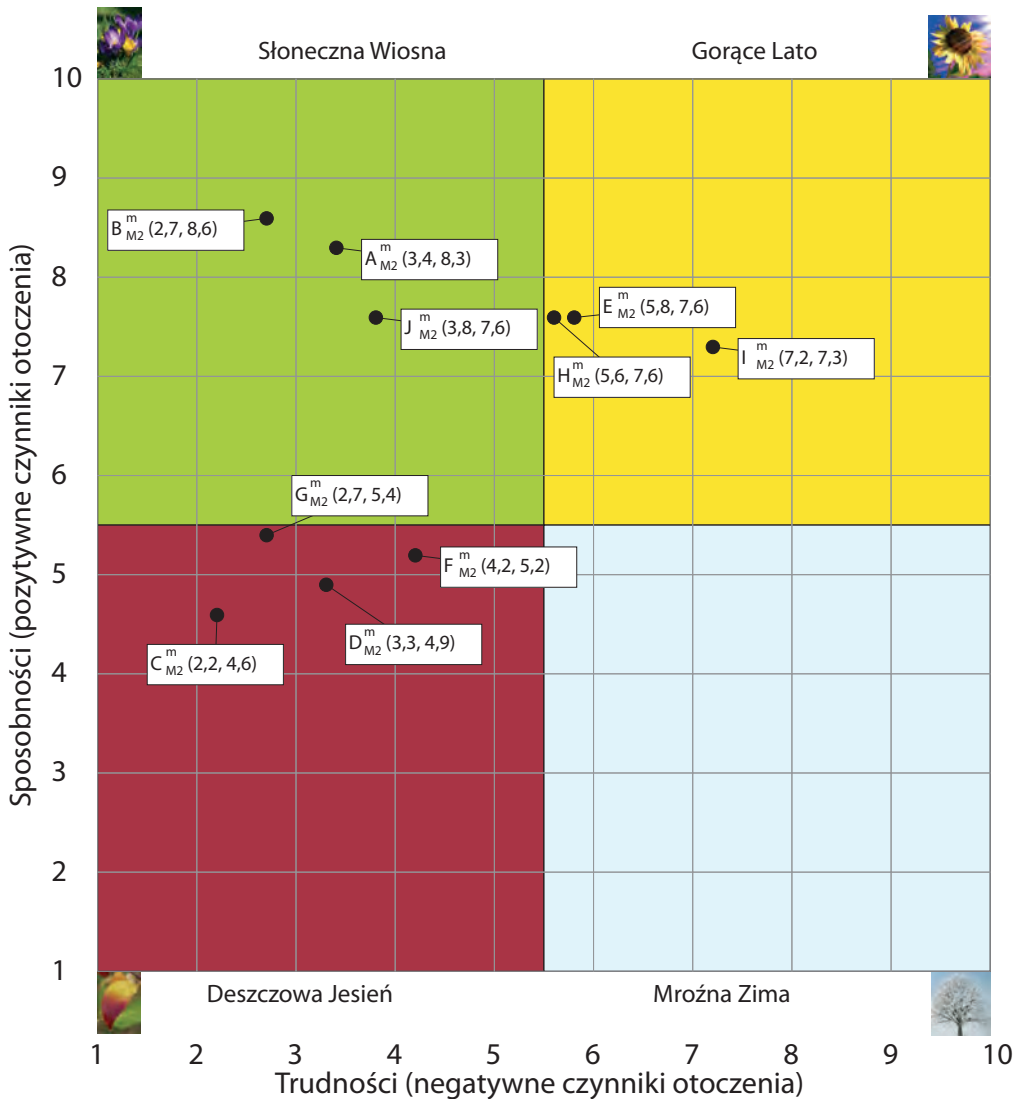
Rysunek 4.29. Macierz strategii dla technologii prezentująca wyrażone ilościowo perspektywy rozwoju poszczególnych grup technologii krytycznych fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej A_{M2} - J_{M2} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M2 i wskazująca strategie rekomendowane do zastosowania w odniesieniu do tych grup technologii

MACIERZ M2-D



Rysunek 4.30. Macierz dendrologiczna prezentująca potencjał i atrakcyjność poszczególnych grup technologii krytycznych fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej A_{M2} - J_{M2} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M2

MACIERZ M2-M



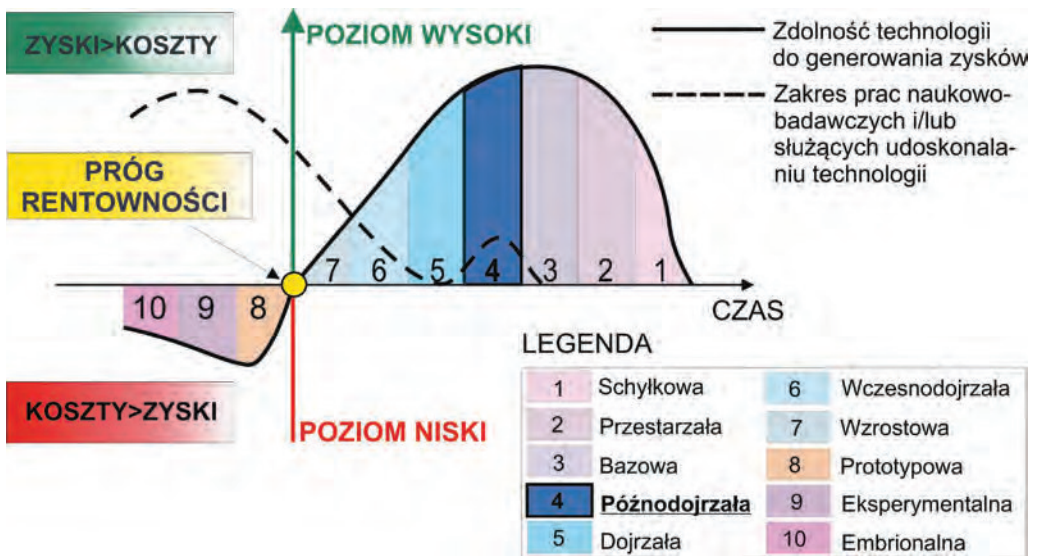
Rysunek 4.31. Macierz meteorologiczna prezentująca intensywność oddziaływania pozytywnych i negatywnych czynników otoczenia na grupy technologii krytycznych fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej A_{M2} - J_{M2} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M2

Symbol obszaru tematycznego: **M2**

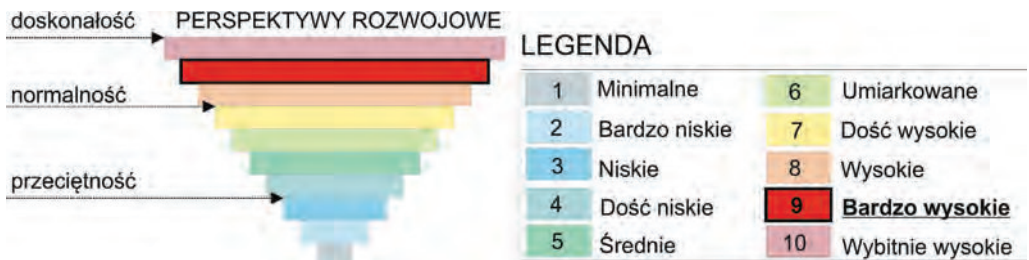
Symbol grupy technologii: **A_{M2}**

Numer katalogowy: **M2-01**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Katodowe odparowanie łukowe**
Nazwa grupy technologii (ang.): **Cathodic Arc Deposition (CAD)**



Rysunek 4.32. Aktualna faza cyklu życia katodowego odparowania łukowego (CAD)

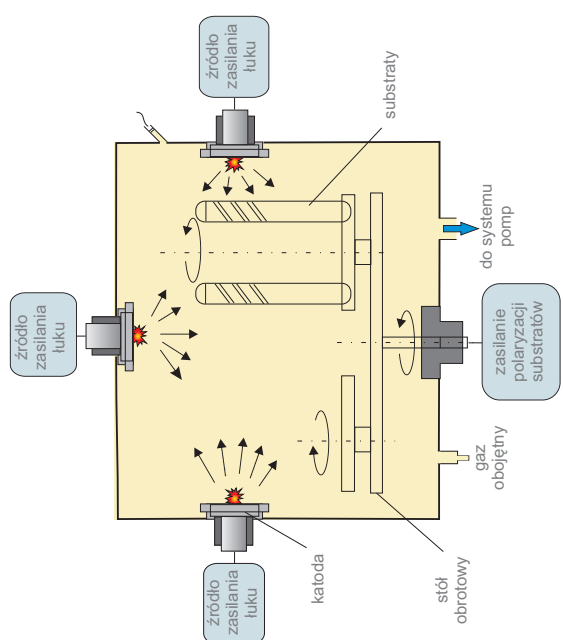


Rysunek 4.33. Perspektywy rozwojowe katodowego odparowania łukowego (CAD)

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Katodowe odparowanie lukowe (CAD)		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)		M2-01/2010-12	
Kiedy?	Interwały czasowe	DZIŚ 2010-12	2020	2030	
Dlaczego?	<p>Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze</p> <p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>	<p>Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych</p> <p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń</p> <p>Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu i kapitału intelektualnego</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>	<p>Strategia dla technologii</p> <p>Strategia debę wiodną. Odnosić sukcesy. Rozwijając, umacniając, implementować atrakcyjną technologię o dużym potencjale w praktyce przemysłowej w celu odniesienia spektakularnego sukcesu.</p>		
Co?	<p>Strategia dla technologii</p> <p>Oddziaływanie otoczenia</p> <p>Wartości technologii</p> <p>Produkt</p> <p>Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji</p> <p>Podłoże</p> <p>Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża</p> <p>Polepszone własności materiału</p> <p>Aparatura naukowo-badawcza</p>	<p>Strategia debę wiodną</p> <p>Strategia dla technologii</p> <p>Strategia debę wiodną. Odnosić sukcesy. Rozwijając, umacniając, implementować atrakcyjną technologię o dużym potencjale w praktyce przemysłowej w celu odniesienia spektakularnego sukcesu.</p> <p>Strategia debę wiodną. Odnosić sukcesy. Rozwijając, umacniając, implementować atrakcyjną technologię o dużym potencjale w praktyce przemysłowej w celu odniesienia spektakularnego sukcesu.</p> <p>Dużej twardości ostrza narzędzi skrawających, w tym: wiertel i frezów; formy ciśnieniowe i matryce do wystrzaek o powłokach antyadhezyjnych; inne narzędzia specjalne i elementy maszyn</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Stopy żelaza, w tym stale szybkołotne; węgliki spiekane; stopy niklu i kobaltu; krzem</p> <p>Twarde powłoki węglkowe (TiC), azotkowe (TiN), powłoki węglikoazotkowe (Ti(C,N)); powłoki dyfuzyjne alumidkowe i chromowane; powłoki antykorozyjne, modyfikowane, dekoracyjne</p> <p>Odporność na ścieranie; odporność na erozję i korozję, twardość; odporność na działanie wysokiej temperatury; samosmarowność; antyadhezyjność; specjalne własności elektryczne</p> <p>Mikroskopy, elektrony transmisyjny (TEM) oraz skaningowe (SEM), elektrony transmisyjny (STEM), jonowy (FIB); dyfraktometr rentgenowski (XRD); analizator rentgenowski (RTG); tybomeatr; kaloter; nanoindentler; twarłościomierz tradycyjny; mikro- i nanotwardościomierz; testery; chropowatości; zużycia erozyjnego, zmęczenia cieplnego</p>			
Jak?	<p>Technologia</p> <p>Faza cyklu życia</p> <p>Typ produkcji</p> <p>Forma organizacji produkcji</p> <p>Nowoczesność parku maszynowego</p> <p>Automatyzacja i robotyzacja</p> <p>Jakość i niezawodność</p> <p>Proekologiczność</p>	<p>Późnodojrzała (4)</p> <p>Miła- średnio- i wielkoseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach przedmiotowych i technologicznych</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Późnodojrzała (4)</p> <p>Wielko- i średnioseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach przedmiotowych i technologicznych</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarowana (6)</p>	<p>Późnodojrzała (4)</p> <p>Wielko- i średnioseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach przedmiotowych i technologicznych</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarowana (6)</p>	<p>Późnodojrzała (4)</p> <p>Wielko- i średnioseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach przedmiotowych i technologicznych</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarowana (6)</p>	
Gdzie?	<p>Rodzaj organizacji</p> <p>Reprezentowane gałęzie przemysłu</p>	<p>Uczelnie; INB; TP; CTT; duże przedsiębiorstwa</p> <p>Maszynowy; narzędziowy; motoryzacyjny; lotniczy</p>	<p>Uczelnie; INB; TP; CTT; OW; duże przedsiębiorstwa; Sp. JV</p>	<p>Uczelnie; INB; TP; CTT; OW; mikro-, małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; Sp. JV</p>	
Kto?	<p>Poziom edukacji personelu</p> <p>Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej</p>	<p>Umiarowane (6)</p> <p>Umiarowane (6)</p>	<p>Umiarowane (6)</p> <p>Umiarowane (6)</p>	<p>Średnie (5)</p> <p>Średnie (5)</p>	
Ile?	<p>Wymagania kapitałowe</p> <p>Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność</p> <p>Wartość produkcji w kraju</p>	<p>Umiarowane (6)</p> <p>Wysoka (8)</p> <p>Bardzo wysoka (9)</p>	<p>Umiarowane (6)</p> <p>Wysoka (8)</p> <p>Wysoka (8)</p>	<p>Umiarowane (6)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p>	

LEGENDA: ---> Związki przyczynowo-skutkowe ---> Powiązania kapitałowe> Korelacje czasowe <---> Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Katodowe odparowanie tlenkowe (CAD)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny	Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)		M2-01/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego	Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału		Poziom
Metoda katodowego odparowania tlenkowego, zwana również katodowym naporowaniem tlenkowym (CAE), polega na niskociśnieniowym erodowaniu źródła wykonanego z odparowywanego materiału płamką katodowego wyładowania tlenkowego o niestabilnym przestrzennym charakterze w atmosferze gazu reaktywnego. Charakterystyczną cechą tej metody jest wysoka energia jonów i atomów do 150 eV oraz bardzo duży stopień jonizacji plazmy. W procesach odparowywania w tuku elektrycznym, do których należy metoda CAD, wykorzystuje się silnopiędowe niskociśnieniowe wyładowanie tlenkowe przebiegające na powierzchni katody – materiału odparowywanego. Wyładowanie tlenkowe przebiegające między dwoma elektrodami chłodzonymi wodą przy niskim napięciu i wysokim natężeniu prądu, jest przy obniżonym ciśnieniu lub w próżni powoduje, że tutek przestaje utrzymywać się na całej powierzchni katody, przyczyniając się do tworzenia mikrobłoków istniejących przez ok. 5-40 ns i lokalizujących się w obrębie tzw. plamek katodowych.	<p>Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału</p> <p>Odporność na erozję</p> <p>Odporność na ścieranie</p> <p>Twardość</p> <p>Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury</p> <p>Odporność na korozję</p> <p>Odporność zmęczeniowa</p> <p>Energooszczędność</p> <p>Niezmiatalność</p>	<p>Bardzo wysoki (9)</p> <p>Bardzo wysoki (9)</p> <p>Bardzo wysoki (9)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Umiaarkowany (6)</p> <p>Umiaarkowany (6)</p> <p>Umiaarkowany (6)</p>	
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża	Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia		Poziom
X jednowarstwowa	X wielofazowa	amorficzna	
X wielowarstwowa	X gradientowa	X nanokryształiczna	Bardzo wysoki (9)
X multivarsztwowa (>100 warstw)	X kompozytowa	X hybrydowa	Bardzo wysoki (9)
przemiany fazowe powierzchni podłoża	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	X procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Dość wysoki (7)
Szczególne własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów	Korozja lokalna i wzrówna		Dość wysoki (7)
X mechaniczne	X magnetyczne	X trybologiczne	
X chemiczne	X dyfuzyjne	X termiczne	Dość wysoki (7)
X elektryczne	hydromechaniczne	X akustyczne	Niski (3)
inne			
Zalety	Wady		Poziom
Wysoka energia jonów i atomów do 150 eV; bardzo duży stopień jonizacji plazmy.	Zbyt niski stopień jonizacji plazmy w warunkach intensywnego odparowania sprzyja tworzeniu kropeł, które stanowią zagrożenie dla własności mechanicznych wytwarzanych powłok.		
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe	Sektory przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii		Poziom
Metoda impulsowego odparowywania tlenkowego (Pulse ARC PVD): wytwarzanie w procesie katodowego odparowywania tlenkowego superwładnych powłok na narzędzia (węglkowych, azotkowych i węglkoazotkowych), tlenkowych, dyfuzyjnych aluminidowych i chromowanych, antykorozyjnych, modyfikowanych, dekoracyjnych.	C25		Wysoki (8)
Technologie zastępcze/alternatywne	M72		Wysoki (8)
Chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (CVD); plazmo-chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (PACVD).	C26		Umiaarkowany (6)
Rekomendowane źródła literatury	C27		Sredni (5)
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.	C29		Sredni (5)
2 K. Gólmbeck, et al., Properties of the wear resistant coatings deposited on the cemented carbides substrates in the cathodic arc evaporation process, JMPT 157-158 (2004) 341-347.	C30		Dość niski (4)
3 R.N. Tarrant, C.S. Montross, D.R. McKenzie, Combined deposition and implantation in the cathodic arc for thick film preparation, Surface and Coatings Technology 136 (2001) 188-191.	C14		Niski (3)
	C18		Niski (3)
	Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii		Poziom
	Modelowanie matematyczne (np. MES)		Bardzo wysoki (9)
	Systemy ekspertowe		Wysoki (8)
	Algorytmy genetyczne		Umiaarkowany (6)
	Automaty komórkowe		Sredni (5)
	Modelowanie wieloskalowe		Sredni (5)
	Aktualna faza cyklu życia technologii		Późno dojrzala (4)
	Perspektywy rozwoju		Bardzo wysoki (9)

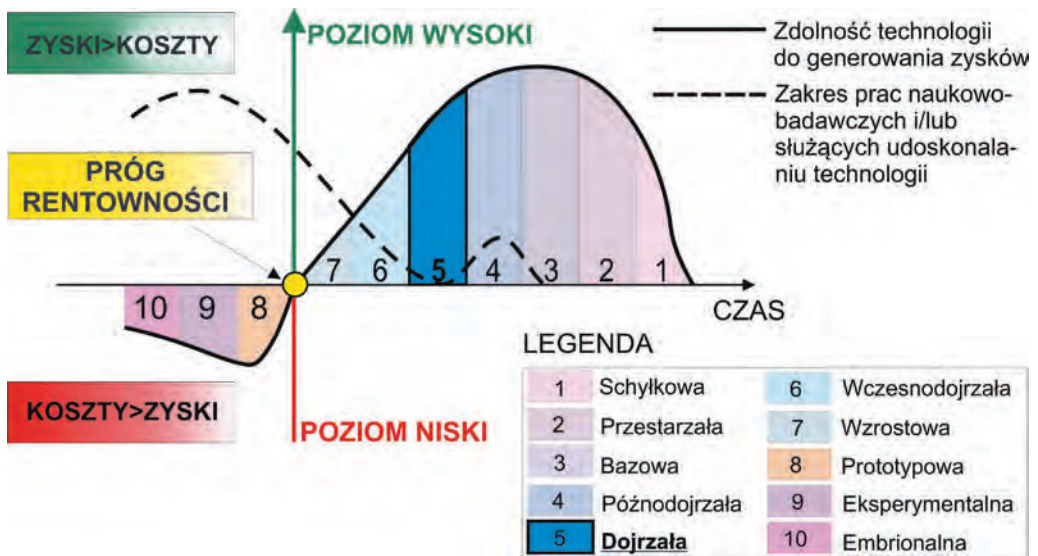
KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Katodowe odparowanie łukowe (CAD) Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)	Nr katalogowy M2-01/2010-12
Opis przebiegu procesu technologicznego			
<ul style="list-style-type: none"> Prace przygotowawcze – czyszczenie chemiczne pokrywanych elementów. Wprowadzenie pokrywanych elementów do komory napyłarki, zamknięcie komory roboczej oraz włączenie procesu. Uzyskanie odpowiedniego poziomu próżni w komorze roboczej napyłarki. Grzanie wstępne podłoża do temperatury procesu. Czyszczenie jonowe podłoża – na tym etapie zjonizowane cząsteczki gazu obojętnego (argonu) bombardują spoliaryzowane podłoże wybijając atom po atomie zaadsorbowane na powierzchni podłoża cząsteczki pary wodnej oraz atomy innych zanieczyszczeń. Osadzanie powłoki – właściwy proces osadzania powłoki, na tym etapie tworzona jest powłoka ze zjonizowanych par metalu i gazów reaktywnych. Chłodzenie pokrywanych elementów – etap ma na celu powolne obniżenie temperatury pokrywanych elementów w celu uniknięcia szoków termicznych mogących powodować pęknięcie nowo uzyskanej powłoki. <p>Charakterystyczna dla tego procesu jest możliwość kontrolowania kierunku i wielkości plamiek katodowych, czyli przebiegu erozji powierzchni katody przez wykorzystanie zmiennego pola magnetycznego lub ekranów elektrostatycznych.</p>			
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do
Temperatura	°C	150	500
Ciśnienie	Pa	10^{-1}	10^{-4}
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-
Czas	s	10^2	$2 \cdot 10^4$
Środowisko/atmosfera	gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny		
Specyficzne warunki realizacji procesu	obniżone ciśnienie		
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Bezpośrednio przed procesem nanoszenia powłok wsad standardowo przygotować poprzez czyszczenie chemiczne z wykorzystaniem wieloetapowego procesu mycia i płukania w kąpieliach myjąco-odtłuszczających, a następnie trawienie jonowe w komorze urządzenia.			
Typ/rodzaj urządzenia			
Napyłarka próżniowa.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Komora próżniowa; głowice napyłające; układy wytwarzania i podtrzymywania próżni; elektrody dodatkowe oraz polaryzujące wsad.			
			Schemat przykładowego urządzenia z trzema katodami do katodowego odparowania łukowego (CAD)

Symbol obszaru tematycznego: **M2**

Symbol grupy technologii: **B_{M2}**

Numer katalogowy: **M2-02**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Reaktywne rozpylanie magnetronowe**
Nazwa grupy technologii (ang.): **Reactive Magnetron Sputtering (RMS)**



Rysunek 4.34. Aktualna faza cyklu życia reaktywnego rozpylania magnetronowego

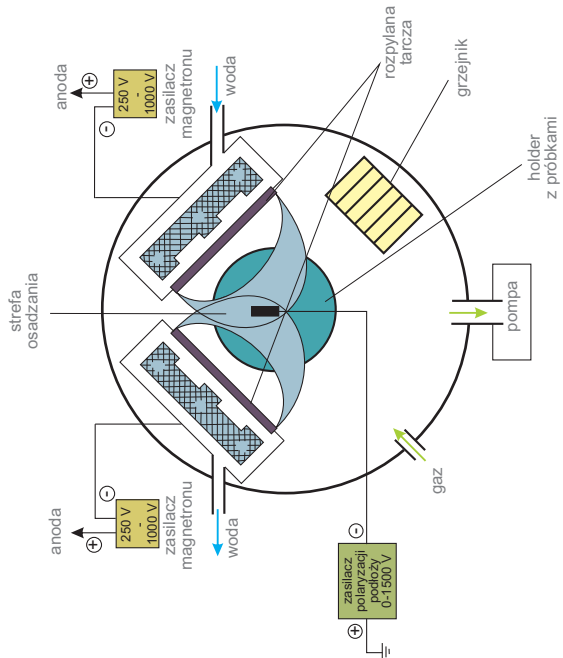


Rysunek 4.35. Perspektywy rozwojowe reaktywnego rozpylania magnetronowego

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Reaktywne rozpylanie magnetonowe (RMS)		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)		M2-02/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Intervaly czasowe		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	
Dlaczego?		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu	
Strategia dla technologii		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Oddziaływanie otoczenia		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Wartości technologii		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Produkt		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Podłoże		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Polepszone własności materiału		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Aparatura naukowo-badawcza		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Technologia		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Faza cyklu życia		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Typ produkcji		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Forma organizacji produkcji		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Nowoczesność parku maszynowego		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Automatyzacja i robotyzacja		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Jakość i niezawodność		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Proekologiczność		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Rodzaj organizacji		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Kto?		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Ile?		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Wymagania kapitałowe		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Wartość produkcji w firmie		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Wartokładająca opłacalność		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
Wartość produkcji w kraju		Strategia dla technologii		Strategia dla technologii	
LEGENDA:		Związki przyczynowo-skutkowe		Korelacje czasowe	
		Powiązania kapitałowe		Dwu kierunkowe przepływy danych i/lub zasobów	

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Reaktywne rozpylanie magnetrone (RMS)	Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego		Obszar tematyczny	Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)	M2-02/2010-12
Metoda reaktywnego rozpylania magnetrone (RMS) polega na rozpylaniu materiału, stanowiącego substrat otrzymywanej powłoki, przez jony gazu wytorzone w obszarze między plazmą a wsadem. Rozpylone jony przechodzą przez plazmę ulegając jonizacji oraz ewentualnym reakcjom z jonami i atomami gazu reaktywnego powodując osadzenie się powłoki. Technika magnetrone nanoszenia powłok wyodrębniła się z katodowego rozpylania w wyniku intensywnych prac teoretycznych i eksperymentalnych, dotyczących wyładowania jarzenowego i stanów rozwiniętej techniki rozpylania katodowego. Działania wysokowydajnych źródeł magnetrone nowych oparte jest na wzmocnieniu plazmy wyładowania jarzenowego między katodą (tarczą) a podłożem przez zastosowanie niejednorodnego pola magnetycznego. Duża gęstość plazmy przy zastosowaniu magnetrone spowodowana jest działaniem skrzyżowanych pól: elektrycznego i magnetycznego w obszarze cieni katodowej oraz dodatkowych sił ogniskujących, wynikających z niejednorodności tych pól.			Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału	Poziom
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża				
X	jednowarstwowa	X	wielofazowa	
X	wielowarstwowa	X	gradientowa	Bardzo wysokie (9)
X	multiwarstwowa (>100 warstw)	X	kompozytowa	Wysoki (8)
	przemiany fazowe powierzchni podłoża		zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	Wysoki (8)
	Szczególne własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			Dość wysokie (7)
X	mechaniczne	X	magnetyczne	Dość wysokie (7)
X	chemiczne	X	dyfuzyjne	Umiarokowany (6)
X	elektryczne	X	hydromechaniczne	Umiarokowany (6)
Zalety		Wady		
Duża szybkość rozpylania materiału tarczy; zmniejszony zakres ciśnienia roboczego.		Kierunkowość procesu – brak możliwości obróbki detali o złożonych kształtach.		
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe				
Rozpylanie magnetrone reaktywne impulsowe, magnetrone samorozpylanie plazmy (self-sputtering). Rozpylanie pod niskim ciśnieniem. Wytworzenie metodą RMS twardych powłok, w tym: diamentopodobnych węglowych (DLC) oraz nanokompozytowych powłok niskotarciovych.				
Technologie zastępcze/alternatywne				
Chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (CVD); plazmo-chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (PACVD).				
Rekomendowane źródła literatury				
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.				
2 L.A. Dobrzański, K. Lukaszewicz, Erosion resistance and tribological properties of coatings deposited by reactive magnetron sputtering method onto the brass substrate, JMPT 157-158 (2004) 317-323.				
3 H. Leiste, M. Stüber, V. Schier, H. Holleck, Microstructural Characterisation of TiC-TiN Gradient Coatings Deposited by Non-Reactive Magnetron Sputtering, Materials Science Forum 308-311 (1999) 467-475.				
		Aplicacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii		Poziom
		Modelowanie matematyczne (np. MES)		Wybitnie wysokie (10)
		Systemy ekspertowe		Wysoki (8)
		Automaty komórkowe		Umiarokowany (6)
		Analiza Fraktalna		Średni (5)
		Algorytmy genetyczne		Średni (5)
		Aktualna faza cyklu życia technologii		Dojrzała (5)
		Perspektywy rozwoju		Bardzo wysokie (9)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Reaktywne rozpylanie magnetrone (RMS)	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)	M2-02/2010-12
Opis przebiegu procesu technologicznego			
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prace przygotowawcze – czyszczenie chemiczne pokrywanych elementów. ▪ Wprowadzenie pokrywanych elementów do komory napyłarki, zamknięcie komory roboczej oraz włączenie procesu. ▪ Uzyskanie poziomu próżni w komorze roboczej napyłarki odpowiedniego do rozpoczęcia procesu. ▪ Grzanie wstępne podłoża do temperatury procesu. ▪ Czystczenie jonowe podłoża – na tym etapie zjonizowane cząsteczki gazu obojętnego (argonu) bombardują spalanywane podłoże wybijając atom po atomie zaadsorbowane na powierzchni podłoża cząsteczki pary wodnej oraz atomy innych zanieczyszczeń. ▪ Osadzenie powłoki – w metodzie tej plazma wyładowania jarzeniowego wytworzona między katodą (tarczą) a podłożem jest wzmacniana niejednorodnym polem magnetycznym wytworzonym przez źródła magnetrone; skrzyżowane pola elektryczne i magnetyczne w obszarze ciemni katodowej oraz dodatkowe siły ogniskujące, wynikające z niejednorodności tych pól, pozwalają wytworzyć plazmę o dużej gęstości, dzięki czemu powłoki osadzone tą metodą charakteryzują się dobrą adhezją do podłoża. ▪ Powolne chłodzenie pokrywanych elementów w celu uniknięcia szoków termicznych. 			
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego			
Standardowy zakres parametru procesu			
Temperatura	500 °C	150 do 500	od do
Ciśnienie	Pa	10 ⁻¹	10 ⁻⁴
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-
Czas	s	10 ²	2 · 10 ⁴
Środowisko/atmosfera	gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny		
Specyficzne warunki realizacji procesu	obniżone ciśnienie		
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Bezpośrednio przed procesem nanoszenia powłok wsad należy standardowo przygotować poprzez czyszczenie chemiczne z wykorzystaniem wieloetapowego procesu mycia i płukania w kąpieliach myjąco-odtłuszczających, a następnie trawienie jonowe w komorze urządzeniowej.			
Typ/rodzaj urządzenia			
Napyłarka próżniowa.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Komora próżniowa; głowice napyłające; układy wytwarzania i podtrzymywania próżni; elektrody dodatkowe oraz polaryzujące wsad.			
Schemat układu umożliwiającego realizację procesów reaktywnego rozpylania magnetrone (RMS)			

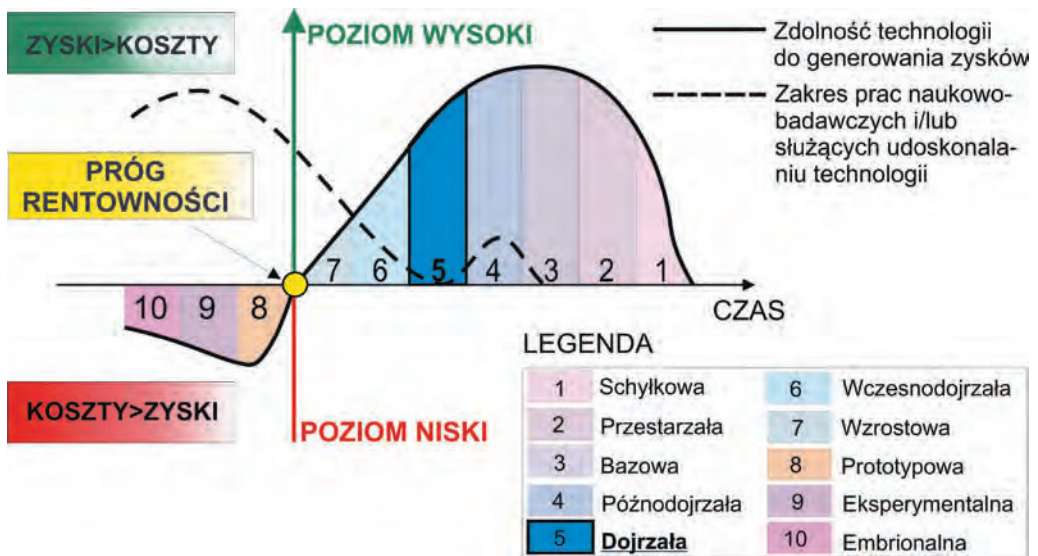


Symbol obszaru tematycznego: **M2**

Symbol grupy technologii: **C_{M2}**

Numer katalogowy: **M2-03**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Odparowanie metalu impulsowo-plazmowo**
Nazwa grupy technologii (ang.): **Pulse Plasma Method (PPM)**



Rysunek 4.36. Aktualna faza cyklu życia odparowania metalu impulsowo-plazmowo

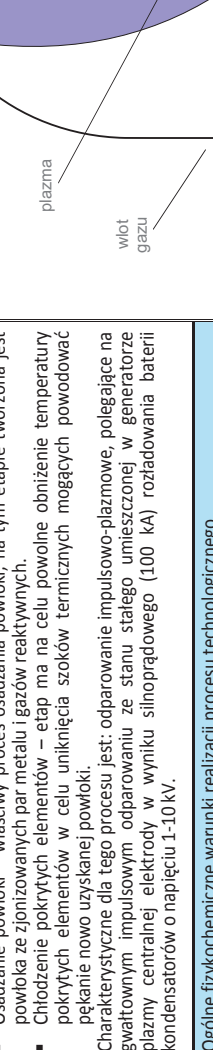


Rysunek 4.37. Perspektywy rozwojowe odparowania metalu impulsowo-plazmowo

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Odparowanie metalu impulsowo-plazmowo (PPM)		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)		M2-03/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Intervaly czasowe		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	
Dlaczego?		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami i Nauki i Przemysłu	
Strategia dla technologii		Dzień dobry		Strategia debiutu	
Oddziaływanie otoczenia		Rozwiązanie problemów		z atrakcyjną stabilną technologią na przewidywalnym rynku, poszukującą nowych rynków, grup klientów i produktów	
Wartości technologii		Rozwiązanie problemów		Strategia debiutu	
Produkt		Narzędzia skrawające i ostrza węglowych		Narzędzia skrawające i ostrza węglowe; narzędzia wykrawające i wytłaczające (matryce, stemple, tłoczni, oczka ciągowe, wygniatacze do gwintów, rolki zagniatające, przeciagacze); formy wtryskowe; elementy elektroniczne	
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Dość niska (4)		Dość niska (4)	
Podłoże		Materiały narzędziowe z węglików spiekanych; metale; stal; stopy tytanu i inne		Dość niska (4)	
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		Powłoki na narzędzia (głównie skrawające); węglikowe, azotkowe, węglazołotkowe, tlenkowe, w tym TiN, Ti(N,C), TIC, CrN, cBN (regularny azotek boru);		Powłoki na narzędzia (głównie skrawające); węglikowe, azotkowe, węglazołotkowe, tlenkowe, w tym TiN, Ti(N,C), TIC, CrN, cBN (regularny azotek boru);	
Polepszone własności materiału		Odporność na ścieranie; odporność na zużycie; specjalne własności elektryczne; niezwilżalność		Odporność na ścieranie; odporność na zużycie; specjalne własności elektryczne; niezwilżalność	
Aparatura naukowo-badawcza		Mikroskopy; elektrony transmisyjny (TEM) oraz skaningowe; elektrony (SEM), elektrony transmisyjny (STEM), jonowy (FIB), scratch tester (np. firmy Revetest); trybometr; kaloter; nanointender; twardościomierz tradycyjny; mikro- i nanotwardościomierz; testy: zużycia erozyjnego, zmęczenia cieplnego		Mikroskopy; elektrony transmisyjny (TEM) oraz skaningowe; elektrony (SEM), elektrony transmisyjny (STEM), jonowy (FIB), scratch tester (np. firmy Revetest); trybometr; kaloter; nanointender; twardościomierz tradycyjny; mikro- i nanotwardościomierz; testy: zużycia erozyjnego, zmęczenia cieplnego	
Technologia		Odparowanie metalu impulsowo-plazmowo (PPM)		Odparowanie metalu impulsowo-plazmowo (PPM)	
Faza cyklu życia		Dojrzała (5)		Późnodojrzała (4)	
Typ produkcji		Małoseryjna; jednostkowa		Mało-, i średnioseryjna; jednostkowa	
Forma organizacji produkcji i przedmiotowych		Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych		Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych	
Nowoczesność parku maszynowego		Dość niska (4)		Średnia (5)	
Automatyzacja i robotyzacja		Niska (3)		Niska (3)	
Jakość i niezawodność		Dość niska (4)		Dość niska (4)	
Proekologiczność		Dość niska (4)		Dość niska (4)	
Rodzaj organizacji		Uczelnie; INB; TP; CTT; male i średnie przedsiębiorstwa		Uczelnie; INB; male i średnie przedsiębiorstwa	
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Narzędziowy (głównie narzędzia skrawające, wytłaczające, wykrawające); elektroniczny		Narzędziowy (głównie narzędzia skrawające, wytłaczające, wykrawające); elektroniczny	
Poziom edukacji personelu		Dość niski (4)		Dość niski (4)	
Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej		Średnie (5)		Średnie (5)	
Wymagania kapitałowe		Średnie (5)		Średnie (5)	
Wartości produkcji w firmie warunkująca opłacalność		Dość niska (4)		Dość niska (4)	
Wartości produkcji w kraju		Dość niska (4)		Średnia (5)	

LEGENDA: → Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe ↔ Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Obszar tematyczny	Opodparowanie metalu impulsowo-plazmowo (PPM)	Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego			Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału	M2-03/2010-12
Metoda opodparowania metalu impulsowo-plazmowo (PPM) polega na gwałtownym impulsowym odparowaniu ze stanu stałego umieszczonej w generatorze plazmy centralnej elektrody w wyniku silnopiędowego (100 kA) rozładowania baterii kondensatorów o napięciu 1-10 kV. Jonizacja cząstek elektrody zachodzi przez impulsowe jej opodparowanie oraz przez ablację plazmową związaną z przemieszczaniem się wzdłuż walcowej centralnej elektrody. Poszczególne odstępy czasu między impulsami wynoszą około 5 s, natomiast czas krystalizacji ze zjonizowanych porcji par metalu i czas ogrzewania podłoża plazmą o temperaturze 2000 K nie przekracza 100 μs.				Poziom
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża				
X	jednowarstwowa	X	wielofazowa amorficzna	
X	wielowarstwowa	X	gradientowa	Dość wysoki (7)
X	multiwarstwowa (>100 warstw)	X	kompozytowa	Umiarowany (6)
	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	Umiarowany (6)
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów				
X	mechaniczne	X	magnetyczne	Średni (5)
X	chemiczne	X	termiczne	Średni (5)
X	elektryczne	X	akustyczne	Średni (5)
			inne	
Zalety			Wady	
Wielominowanie odkształceń i zmian wymiarowych		Wysoki koszt urządzenia; ograniczeniem jest zdolność do pokrywania większych powierzchni.		Poziom
Wysoką odporność na intensywne obciążenia cieplne i mechaniczne.				Wysoki (8)
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe				Średni (5)
Wytwarzanie metodą opodparowania metalu impulsowo-plazmowego na narzędziach skrawających i ostrzach węglkowych płytek skrawających powłok ochronnych: węglkowych, azotkowych, węglkoazotkowych, tlenkowych, w tym TiN, Ti(N,C), TiC, CrN, cBN (regularny azotek boru).				Dość niski (4)
Technologie zastępcze/alternatywne				Niski (3)
Chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (CVD); plazmo-chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (PACVD).				Minimalny (1)
Rekomendowane źródła literatury				Minimalny (1)
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.				Poziom
2 L.A. Dobrzański, Kształtowanie struktury i własności materiałów inżynierskich i biomedycznych, International OCSCO World Press, Gliwice, 2009.				Bardzo wysoki (9)
3 P.M. Martin, Handbook of Deposition Technologies for Films and Coatings, Science, Applications and Technology, Elsevier, 2005.				Wysoki (8)
				Dość wysoki (7)
				Średni (5)
				Średni (5)
				Dojrzała (5)
				Dość wysokie (7)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Obszar tematyczny	Nr katalogowy																								
Odparowanie metalu impulsowo-plazmowo (PPM)		Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)	M2-03/2010-12																								
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <ul style="list-style-type: none"> Prace przygotowawcze – czyszczenie chemiczne pokrywanych elementów. Wprowadzenie pokrywanych elementów do komory napyłarki oraz włączenie procesu. Uzyskanie odpowiedniego poziomu próżni w komorze roboczej napyłarki. Grzanie wstępne podłoża do temperatury procesu. Czyszczenie jonowe podłoża – na tym etapie zjonizowane cząsteczki gazu obojętnego (argonu) bombardują spolaryzowane podłoża wybijając atom po atomie zaadsorbowane na powierzchni podłoża cząsteczki pary wodnej oraz atomy innych zanieczyszczeń. Osadzanie powłoki – właściwy proces osadzania powłoki, na tym etapie tworzona jest powłoka ze zjonizowanych par metalu i gazów reaktywnych. Chłodzenie pokrywanych elementów – etap ma na celu powolne obniżenie temperatury pokrywanych elementów w celu uniknięcia szoków termicznych mogących powodować pękanie nowo uzyskanej powłoki. <p>Charakterystyczne dla tego procesu jest: odparowanie impulsowo-plazmowe, polegające na gwałtownym impulsowym odparowaniu ze stanu stałego umieszczonej w generatorze plazmy centralnej elektrody w wyniku silnoprądowego (100 kA) rozładowania baterii kondensatorów o napięciu 1-10 kV.</p>																											
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>150</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>10^{-1}</td> <td>10^{-4}</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>10^2</td> <td>$2 \cdot 10^4$</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td colspan="3">gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny</td> </tr> </tbody> </table> <p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p> <p>obniżone ciśnienie</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	150	500	Ciśnienie	Pa	10^{-1}	10^{-4}	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	10^2	$2 \cdot 10^4$	Środowisko/atmosfera	gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																								
Temperatura	°C	150	500																								
Ciśnienie	Pa	10^{-1}	10^{-4}																								
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																								
Czas	s	10^2	$2 \cdot 10^4$																								
Środowisko/atmosfera	gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny																										
<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Bezpośrednio przed procesem nanoszenia powłok wsad standardowo przygotować poprzez czyszczenie chemiczne z wykorzystaniem wieloetapowego procesu mycia i płukania w kąpieliach myjąco-odtłuszczających, a następnie trawienie jonowe w komorze urządzenia.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Napyłarka próżniowa.</p>																											
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Komora próżniowa; głowice napyłające; układy wytwarzania i podtrzymywania próżni; elektrody dodatkowe oraz polaryzujące wsad.</p>																											
			<p>Schemat układu umożliwiającego realizację procesów odparowania metalu impulsowo-plazmowo (PPM)</p>																								

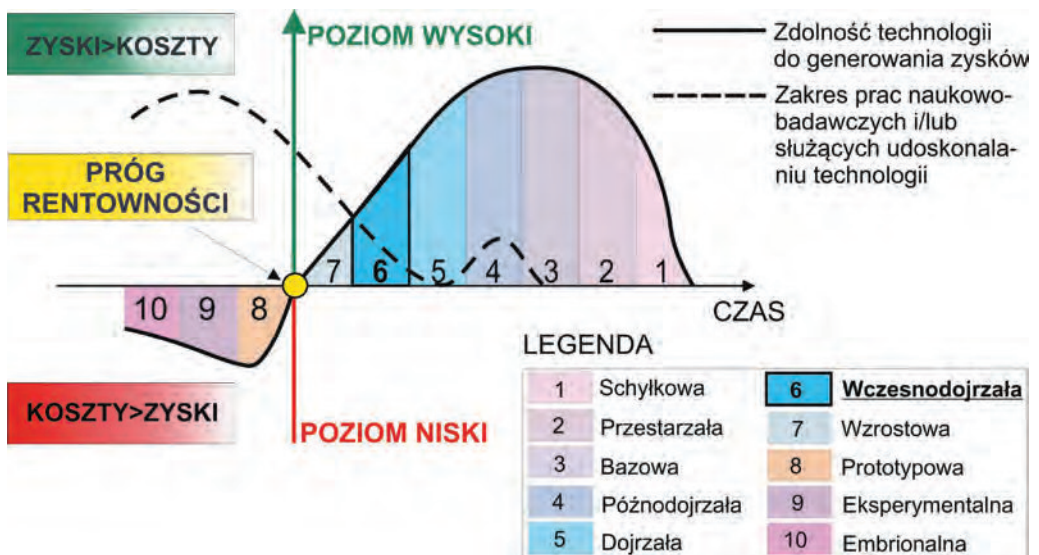
Symbol obszaru tematycznego: **M2**

Symbol grupy technologii: **D_{M2}**

Numer katalogowy: **M2-04**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Osadzanie warstw z wykorzystaniem wiązki jonowej**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Ion Beam Assisted Deposition (IBAD)**



Rysunek 4.38. Aktualna faza cyklu życia osadzania warstw z wykorzystaniem wiązki jonowej

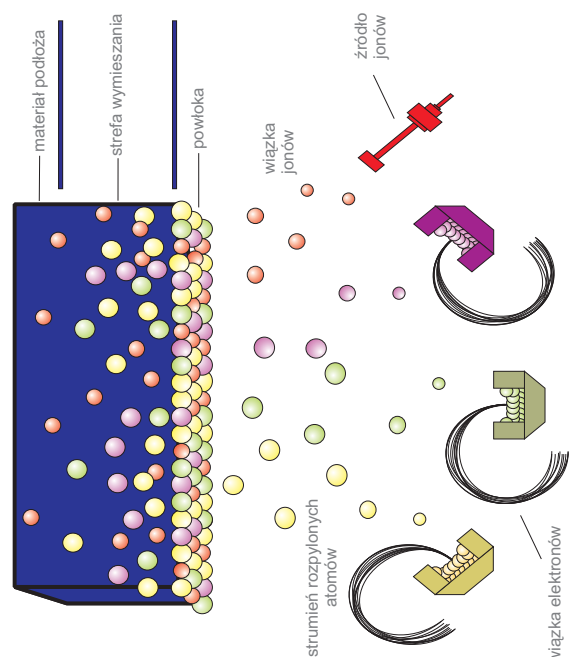


Rysunek 4.39. Perspektywy rozwojowe osadzania warstw z wykorzystaniem wiązki jonowej

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Osadzanie warstw z wykorzystaniem wiązki jonowej (IBAD)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)		M2-04/2010-12
Kiedy?		Interwały czasowe		2030
Dlaczego?		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej
		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Zrównoważony rozwój
		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji
		Strategia dla technologii	Strategia cyfrysa jesienią: „Czerpać korzyści, umacniając potencjał technologii. Maksymalnie wykorzystywać stabilne, przewidywalne otoczenie dla realizacji produkcji z użyciem atrakcyjnej technologii wzmacniając równocześnie jej potencjał.	
		Wartość technologii		
Co?		Produkt	Szklaki specjalne; wyświetlacze ciekokrystaliczne (LCD) - monitory, telewizory, ekrany; półprzewodniki; mikrosystemy elektromechaniczne (MEMS); pokryte powłoką transparentną i/lub antyrefleksyjną elementy szklane; elementy polimerowe; ostrza narzędzi skrawających; implanty biomedyczne	
		Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji	Umiaarkowana (6)	Umiaarkowana (6)
		Podłoże	Szklaki; polimery; włókna; krzem; ceramika narzędziowa; materiały narzędziowe; stałe; stopy, w tym nikiel i tytanu	
		Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/podstaw na powierzchni podłoża	Filtry optyczne; wyświetlacze ciekokrystaliczne (LCD); powłoki transparentne i antyrefleksyjne; twarde powłoki ochronne na ostrza narzędzi skrawających; powłoki antykorozyjne i dla elektroniki	
		Polepszone własności materiału	Specjalne właściwości optyczne, odporność na korozję, odporność na działanie wysokiej temperatury; specjalne własności elektryczne; niezwilżalność	
		Aparatura naukowo-badawcza	Mikroskopy; elektrony transmisyjny (TEM) oraz skaningowe; elektrony (SEM), elektrony transmisyjny (STEM), jonowy (FIB); dyfraktometr renigenowski (XRD); urządzenie do pomiaru przewodniczości/wydajności cieplnej lasera metodą impulsową (LFA); trybometr; trybometer próżniowy; miernik kąta zwilżania; kalotester; testery; zużycia erozyjnego, znieczyszczenia cieplnego, zarodoporności	
Technologia		Faza cyklu życia	Osadzanie warstw z wykorzystaniem wiązki jonowej (IBAD)	
		Typ produkcji	Późnodojrzała (4)	Bazowa (3)
		Forma organizacji produkcji	Mało- i średnioseryjna	Wielko-, średnio- i małoseryjna
		Nowoczesność parku maszynowego	Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych	Niepotokowa w gniazdach i na linii, potokowa zautomatyzowana
		Automatyzacja i robotyzacja	Średni (5)	Umiaarkowany (6)
		Jakość i niezawodność	Umiaarkowana (6)	Umiaarkowana (6)
		Proekologiczność	Średni (5)	Średni (5)
		Rodzaj organizacji	Dość niska (4)	Dość niska (3)
		Reprezentowane gałęzie przemysłu	Uczelnie; INB; OW; średnie przedsiębiorstwa	Uczelnie; INB; OW; male, średnie i duże przedsiębiorstwa
Kto?		Poziom edukacji personelu	Umiaarkowany (6)	Dość wysoki (7)
		Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej	Średnie (5)	Średnie (5)
		Wymagania kapitałowe	Dość wysokie (7)	Umiaarkowane (6)
		Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność	Umiaarkowana (6)	Wysoka (8)
		Wartość produkcji w kraju	Dość wysoka (7)	Umiaarkowana (6)

LEGENDA: \dashrightarrow Związki przyczynowo-skutkowe \dashrightarrow Powiązania kapitałowe \dashrightarrow Korelacje czasowe \dashrightarrow Dwuierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Osadzanie warstw z wykorzystaniem wiązki jonowej (IBAD)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)	M2-04/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
Metoda osadzania warstw z wykorzystaniem wiązki jonowej (IBAD), zwana również rozpylaniem warstw z wykorzystaniem wiązki jonowej (IBSD), należy do metod wykorzystujących wiązkę jonową, czyli tzw. reaktywne rozpylanie jonowe. Technika ta polega na rozpylaniu materiału tarczy wiązką jonów wytworzonych w źródle jonów o dowolnej konstrukcji. Wybite z tarczy atomy reagują z jonami wiązki i w postaci powłoki osadzają się na pokrywanym elemencie. Modyfikacje tej techniki polegają na: wprowadzeniu do układu gazu reaktywnego, zastosowaniu dwóch źródeł jonów (jednego rozpylającego tarczę i jonizującego jony, drugiego reagującego chemicznie z rozpylanym materiałem).			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
X	jednowarstwowa	X	wielofazowa
X	wielowarstwowa	X	gradientowa
X	multiwarstwowa (>100 warstw)	X	kompozytowa
	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża
Szczególne własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
X	mechaniczne	X	magnetyczne
X	chemiczne	X	termiczne
X	elektryczne	X	akustyczne
		X	trybologiczne
		X	antykorozyjne
			inne
Zalety			
Implantacja jonową jest procesem w pełni kontrolowanym i powtarzalnym; niska temperatura prowadzenia procesu <200°C.		Wady	
		Kierunkowość procesu – brak możliwości obróbki detali o złożonych kształtach.	
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe			
Nanoszenie powłok w komorze wieloźródłowej. Wytwarzanie metodą osadzania warstw z wykorzystaniem wiązki jonowej filtrów optycznych, wyświetlaczy ciekokrystalicznych (LCD), powłok transparentnych i antyrefleksyjnych, twardych powłok ochronnych, antykorozyjnych i dla elektroniki.			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (CVD); plazmo-chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (PACVD).			
Rekomendowane źródła literatury			
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		
2	L.A. Dobrzański, Kształtowanie struktury i własności materiałów inżynierskich i biomedycznych, International OCSO World Press, Gliwice, 2009.		
3	K. Himeki, et al., Dependence of superconducting layer thickness on critical current density of IBAD/CVD-processed YBCO coated conductors, Physica C 469 (2009) 1457-1461.		
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			
Poziom			
Dość wysoki (7)			
Średni (5)			
Średni (5)			
Średni (5)			
Średni (5)			
Średni (5)			
Średni (5)			
Średni (5)			
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia			
Poziom			
Umiarowany (6)			
Umiarowany (6)			
Umiarowany (6)			
Średni (5)			
Średni (5)			
Średni (5)			
Średni (5)			
Dość niski (4)			
Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			
Poziom			
Wysoki (8)			
Umiarowany (6)			
Dość niski (4)			
Niski (3)			
Niski (3)			
Minimalny (1)			
Minimalny (1)			
Minimalny (1)			
Poziom			
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii			
Dynamika molekularna			
Metody Monte Carlo			
Modelowanie wieloskalowe			
Modelowanie matematyczne (np. MES)			
Analiza fraktalna			
Aktualna faza cyklu życia technologii			
Perspektywy rozwojowe			
Wysoki (8)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Umiarowany (6)			
Średni (5)			
Wzrzesnodorżała (6)			
Dość wysokie (7)			

<p>KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII</p>	<p>Nazwa technologii Obszar tematyczny</p>	<p>Osadzanie warstw z wykorzystaniem wiązki jonowej (IBAD) Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)</p>	<p>Nr katalogowy M2-04/2010-12</p>																								
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <ul style="list-style-type: none"> Prace przygotowawcze – czyszczenie chemiczne pokrywanych elementów. Wprowadzenie pokrywanych elementów do komory napyłarki, zamknięcie komory roboczej oraz włączenie procesu. Uzyskanie odpowiedniego poziomu próżni w komorze roboczej napyłarki. Grzanie wstępne podłoża do temperatury procesu. Czyszczenie jonowe podłoża – zjonizowane cząsteczki gazu obojętnego (argonu) wybijają z podłoża atomy cząsteczek pary wodnej i innych zanieczyszczeń. Osadzanie powłoki – w wyniku bombardowania materiału tarczy wiązką jonów następuje wybicie z tarczy atomów, które reagując z jonami wiązki osadzają się w postaci powłoki na pokrywanych elemencie; do układu może być dodatkowo wprowadzone drugie źródło jonów (gaz reaktywny) wchodzące w reakcje chemiczne z rozpylanym materiałem. Chłodzenie pokrywanych elementów – etap ma na celu powolne obniżenie temperatury pokrywanych elementów w celu uniknięcia szoków termicznych mogących powodować pękanie nowo uzyskanej powłoki. <p>Metoda ta jest wykorzystywana często do nakładania powłok na bazie węgla, a w szczególności powłok diamentopodobnych (DLC).</p>																											
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1" data-bbox="623 873 863 1614"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>150</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>10^{-1}</td> <td>10^{-4}</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>10^2</td> <td>$2 \cdot 10^4$</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td colspan="3">gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny</td> </tr> </tbody> </table> <p>Specyficzne warunki realizacji procesu obniżone ciśnienie</p> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża Bezpośrednio przed procesem nanoszenia powłok wsad należy standardowo przygotować poprzez czyszczenie chemiczne z wykorzystaniem wieloetapowego procesu mycia i płukania w kapielach myjąco-odtłuszczających, a następnie trawienie jonowe w komorze urządzenia.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia Napyłarka próżniowa.</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	150	500	Ciśnienie	Pa	10^{-1}	10^{-4}	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	10^2	$2 \cdot 10^4$	Środowisko/atmosfera	gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																								
Temperatura	°C	150	500																								
Ciśnienie	Pa	10^{-1}	10^{-4}																								
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																								
Czas	s	10^2	$2 \cdot 10^4$																								
Środowisko/atmosfera	gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny																										
<p>Specyficzne oprzyrządowanie Komora próżniowa; głowice napyłające; układy wytwarzania i podtrzymywania próżni; elektrody dodatkowe oraz polaryzujące wsad.</p>																											
<p>Schemat procesów zachodzących podczas osadzania warstw z wykorzystaniem wiązki jonowej (IBAD)</p>																											

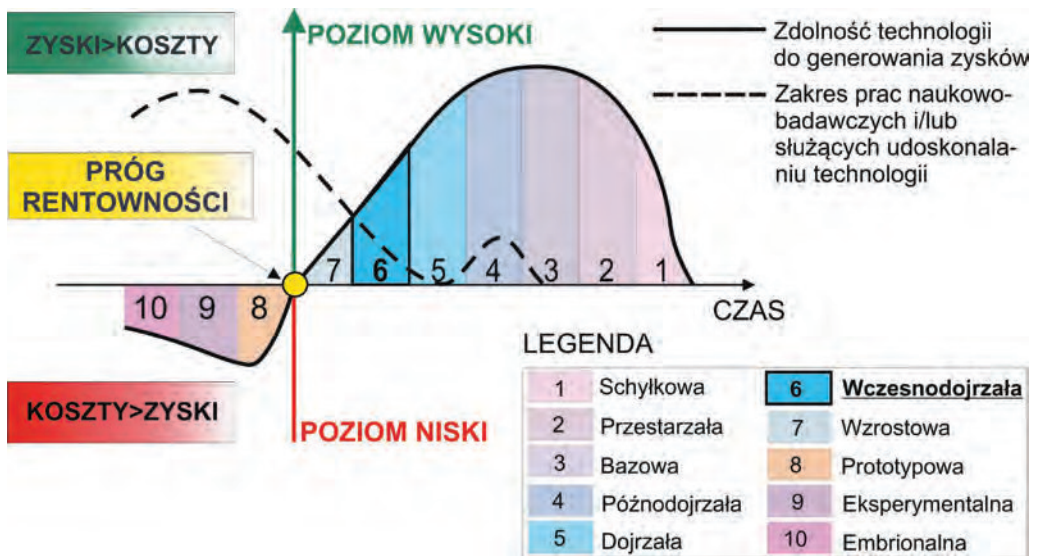
Symbol obszaru tematycznego: **M2**

Symbol grupy technologii: **E_{M2}**

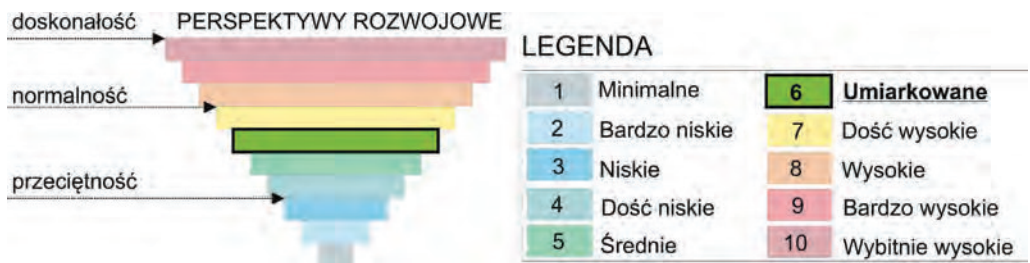
Numer katalogowy: **M2-05**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Odparywanie metalu niskonapięciowym działem elektronowym**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Hot Hollow Cathode Deposition (HHCD)**



Rysunek 4.40. Aktualna faza cyklu życia odparowania metalu niskonapięciowym działem elektronowym

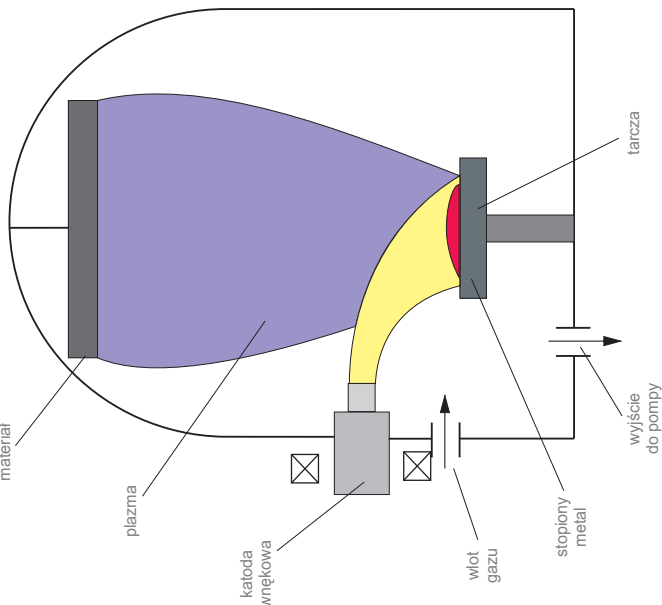


Rysunek 4.41. Perspektywy rozwojowe odparowania metalu niskonapięciowym działem elektronowym

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Opaparowywanie metalu niskonapięciowym działaniem elektronowym (HHCD)	Nr katalogowy
Kiedy?		Obszar tematyczny	Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)	M2-05/2010-12
Dlaczego?		Interywały czasowe	DZIŚ 2010-12	2030
	Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze	Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej
		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Zrównoważony rozwój
	Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji
	Strategia dla technologii	Strategia dla technologii	Strategia koszykowa	
	Oddziaływanie otoczenia	Upalne lato	Strategia koszykowa	
	Wartości technologii	Ukorzeniona koszykowa	Strategia koszykowa	
		Narzędzia skrawające i ostrza narzędzi skrawających; szkła specjalne; elementy dla elektroniki; łopatkę turbin silnika lotniczego		
	Produkt			
	Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji	Umiaarkowana (6)	Umiaarkowana (6)	Średnia (5)
	Podłoże	Materiały narzędziowe z węglików spiekanych; metale; stopy niklu i tytanu; stopy metali nieżelaznych; stałe; szkła		
	Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża	Twarde powłoki węglkowe, azotkowe, węglikoazotkowe, w tym: SiC, TiN, (Ti,Al)N, TiN, (Ti,Al)SiN; zarodkowe powłoki metaliczne typu MeCrAlY; powłoki o dużej gęstości, bardzo dobrej adhezji, antykorozyjne, odporne na ścieranie, dekoracyjne; powłoki o dużej grubości (do ok. 40 µm)		
	Polepszone własności materiału	Oporność na ścieranie; odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury; twardość; porowatość; odporność na erozję; przewodnictwo ciepłe; specjalne własności elektryczne		
	Aparatura naukowo-badawcza	Mikroskopy; elektronowy transmisyjny (TEM) oraz skaningowe; elektronowy (SEM), elektronowy transmisyjny (STEM), jonowy (FIB); dyfraktometr rentgenowski (XRD); twardościomierz tradycyjny; mikro- i nanotwardościomierz; tybomeir; kalotester; testery: chropowatości, zużycia erozyjnego, zmęczenia cieplnego, żaroodporności;		
	Technologia			
	Faza cyklu życia	Wczesnodojrzała (6)	Wczesnodojrzała (6)	Dojrzała (5)
	Typ produkcji	Jednostkowa, mało- i średnioseryjna	Wielko-, średnio- i małoseryjna	Wielko- i średnioseryjna
	Forma organizacji produkcji	Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych	Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych	Niepotokowa w gniazdach i na linii
	Nowoczesność parku maszynowego	Dość wysoka (7)	Umiaarkowana (6)	Umiaarkowana (6)
	Automatyzacja i robotyzacja	Dość wysoka (7)	Umiaarkowana (6)	Umiaarkowana (6)
	Jakość i niezawodność	Dość wysoka (7)	Umiaarkowana (6)	Umiaarkowana (6)
	Proekologiczność	Umiaarkowana (6)	Średnia (5)	Dość niska (4)
	Gdzie?			
	Rodzaj organizacji	Uczelnie; INB; OW; średnie przedsiębiorstwa	Uczelnie; INB; OW; średnie przedsiębiorstwa	Uczelnie; INB; OW; male, średnie i duże przedsiębiorstwa
	Reprezentowane gałęzie przemysłu	Narzędziowy (głównie narzędzia skrawające); optyczny; elektroniczny; lotniczy		
	Kto?			
	Poziom edukacji personelu	Umiaarkowany (6)	Średni (5)	Dość niski (4)
	Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej	Dość niskie (4)	Dość niskie (4)	Dość niskie (4)
	Ile?			
	Wymagania kapitałowe	Średnie (5)	Umiaarkowane (6)	Umiaarkowane (6)
	Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność	Umiaarkowana (6)	Średnia (5)	Dość niska (4)
	Wartość produkcji w kraju	Średnia (5)	Średnia (5)	Umiaarkowana (6)

LEGENDA: → Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwu kierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Opodarowanie metalu niskonapięciowym działaniem elektronowym (HHCD)	Nr katalogowy																								
Istota zjawiska fizykochemicznego	Obszar tematyczny	Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)	M2-05/2010-12																								
<p>W metodzie opodarowania metalu niskonapięciowym działaniem elektronowym (HHCD), zbliżonej do aktywowanego reaktywne naporowania przy użyciu działła elektronowego (BARE), stosuje się do opodarowania metalu niskonapięciowe działło elektronowe – katodę wnetkowaną. W technice tej za pomocą wysokoprądowego łuku elektrycznego metal opodarowywany jest z tygła chłodzonego wodą. Łuk utrzymywany jest między tygłem, który stanowi anodę, a katodą wnetkowaną przedmuchiwana argonem. Opodarowany metal jest częściowo jonizowany w czasie zderzeń z elektronami wiązki i reaguje z gazem reaktywnym dostarczającym do komory roboczej, w wyniku czego tworzy się związek chemiczny nanoszony na podłożu ujemnie spolaryzowanym. Urządzenie do techniki HHCD wyróżnia się stopniem jonizacji plazmy od 10% do 50%.</p>																											
<p>Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża</p> <table border="1"> <tr> <td>X</td> <td>jednowarstwowa</td> <td>X</td> <td>wielofazowa</td> <td></td> <td>amorficzna</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>wielowarstwowa</td> <td>X</td> <td>gradientowa</td> <td>X</td> <td>nanokryształiczna</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>multiwarstwowa (>100 warstw)</td> <td>X</td> <td>kompozytowa</td> <td></td> <td>hybrydowa</td> </tr> <tr> <td></td> <td>przemiany fazowe powierzchni podłoża</td> <td></td> <td>zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża</td> <td>X</td> <td>procesy fizyczne na powierzchni podłoża</td> </tr> </table>				X	jednowarstwowa	X	wielofazowa		amorficzna	X	wielowarstwowa	X	gradientowa	X	nanokryształiczna	X	multiwarstwowa (>100 warstw)	X	kompozytowa		hybrydowa		przemiany fazowe powierzchni podłoża		zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	X	procesy fizyczne na powierzchni podłoża
X	jednowarstwowa	X	wielofazowa		amorficzna																						
X	wielowarstwowa	X	gradientowa	X	nanokryształiczna																						
X	multiwarstwowa (>100 warstw)	X	kompozytowa		hybrydowa																						
	przemiany fazowe powierzchni podłoża		zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	X	procesy fizyczne na powierzchni podłoża																						
<p>Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów</p> <table border="1"> <tr> <td>X</td> <td>mechaniczne</td> <td></td> <td>magnetyczne</td> <td>X</td> <td>optyczne</td> <td>X</td> <td>trybologiczne</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>chemiczne</td> <td></td> <td>dyfuzyjne</td> <td>X</td> <td>termiczne</td> <td>X</td> <td>antykorozyjne</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>elektryczne</td> <td></td> <td>hydromechaniczne</td> <td></td> <td>akustyczne</td> <td></td> <td>inne</td> </tr> </table>				X	mechaniczne		magnetyczne	X	optyczne	X	trybologiczne	X	chemiczne		dyfuzyjne	X	termiczne	X	antykorozyjne	X	elektryczne		hydromechaniczne		akustyczne		inne
X	mechaniczne		magnetyczne	X	optyczne	X	trybologiczne																				
X	chemiczne		dyfuzyjne	X	termiczne	X	antykorozyjne																				
X	elektryczne		hydromechaniczne		akustyczne		inne																				
<p>Zalety</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Wady</td> </tr> </table> <p>Wieliminowanie odkształceń i zmian wymiarowych Kierunkowość procesu – brak możliwości obróbki elementów o złożonych kształtach. intensywne obciążenia cieplne i mechaniczne; dobra przyczepność powłok do podłoża.</p>									Wady																		
					Wady																						
<p>Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe</p> <p>Wytwarzanie metod opodarowywania metalu niskonapięciowym działaniem elektronowym twardych powłok węglkowych, azotkowych, węglikoazotkowych (np. SiC, TiC, (Ti,Al)N, TiN, (Ti,Al,Si)N), żaroodpornych powłok metalicznych typu MeCrAlY oraz powłok o dużej grubości (rzędu 40 μm).</p>																											
<p>Technologie zastępcze/alternatywne</p> <p>CVD (Chemical Vapor Deposition) – chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej; PACVD (Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition) – plazmo-chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej.</p>																											
<p>Rekomendowane źródła literaturowe</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011. 2 A. Mazurkiewicz, J. Smolik, B. Poteralska, Nowoczesna inżynieria powierzchni-stan wiedzy i kierunki rozwoju, Inżynieria Materiałowa 32/4 (2011) 562-565. 3 W. Precht, et al., Corrosion resistance, structure and mechanical properties of PVD, TiC_n-N_{1-x} coatings, Vacuum, Vol. 4-7, 1996, 887-889. 																											
<p>Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału</p> <table border="1"> <tr> <td>Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału</td> <td>Poziom</td> </tr> <tr> <td>Odporność na ścieranie</td> <td>Umiarowany (6)</td> </tr> <tr> <td>Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury</td> <td>Umiarowany (6)</td> </tr> <tr> <td>Twardość</td> <td>Umiarowany (6)</td> </tr> <tr> <td>Porowatość</td> <td>Umiarowany (6)</td> </tr> <tr> <td>Odporność na erozję</td> <td>Średni (5)</td> </tr> <tr> <td>Przewodnictwo cieplne</td> <td>Średni (5)</td> </tr> <tr> <td>Specjalne właściwości elektryczne</td> <td>Średni (5)</td> </tr> <tr> <td>Niższy koszt wytworzenia</td> <td>Średni (5)</td> </tr> </table>				Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału	Poziom	Odporność na ścieranie	Umiarowany (6)	Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury	Umiarowany (6)	Twardość	Umiarowany (6)	Porowatość	Umiarowany (6)	Odporność na erozję	Średni (5)	Przewodnictwo cieplne	Średni (5)	Specjalne właściwości elektryczne	Średni (5)	Niższy koszt wytworzenia	Średni (5)						
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału	Poziom																										
Odporność na ścieranie	Umiarowany (6)																										
Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury	Umiarowany (6)																										
Twardość	Umiarowany (6)																										
Porowatość	Umiarowany (6)																										
Odporność na erozję	Średni (5)																										
Przewodnictwo cieplne	Średni (5)																										
Specjalne właściwości elektryczne	Średni (5)																										
Niższy koszt wytworzenia	Średni (5)																										
<p>Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia</p> <table border="1"> <tr> <td>Poziom</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fretting</td> <td>Dość wysoki (7)</td> </tr> <tr> <td>Korozja lokalna i wżerowa</td> <td>Umiarowany (6)</td> </tr> <tr> <td>Korozja równomierna</td> <td>Umiarowany (6)</td> </tr> <tr> <td>Zużycie ścierne</td> <td>Umiarowany (6)</td> </tr> <tr> <td>Spalling</td> <td>Średni (5)</td> </tr> <tr> <td>Zużycie cieplne</td> <td>Średni (5)</td> </tr> <tr> <td>Erozja</td> <td>Średni (5)</td> </tr> <tr> <td>Zużycie abrazyjne</td> <td>Średni (5)</td> </tr> </table>				Poziom		Fretting	Dość wysoki (7)	Korozja lokalna i wżerowa	Umiarowany (6)	Korozja równomierna	Umiarowany (6)	Zużycie ścierne	Umiarowany (6)	Spalling	Średni (5)	Zużycie cieplne	Średni (5)	Erozja	Średni (5)	Zużycie abrazyjne	Średni (5)						
Poziom																											
Fretting	Dość wysoki (7)																										
Korozja lokalna i wżerowa	Umiarowany (6)																										
Korozja równomierna	Umiarowany (6)																										
Zużycie ścierne	Umiarowany (6)																										
Spalling	Średni (5)																										
Zużycie cieplne	Średni (5)																										
Erozja	Średni (5)																										
Zużycie abrazyjne	Średni (5)																										
<p>Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii</p> <table border="1"> <tr> <td>Poziom</td> <td></td> </tr> <tr> <td>M 72</td> <td>Wysoki (8)</td> </tr> <tr> <td>C 25</td> <td>Średni (5)</td> </tr> <tr> <td>C 26</td> <td>Dość niski (4)</td> </tr> <tr> <td>C 28</td> <td>Minimalny (1)</td> </tr> <tr> <td>C 14</td> <td>Minimalny (1)</td> </tr> <tr> <td>C 18</td> <td>Minimalny (1)</td> </tr> <tr> <td>C 29</td> <td>Minimalny (1)</td> </tr> <tr> <td>F 43</td> <td>Minimalny (1)</td> </tr> </table>				Poziom		M 72	Wysoki (8)	C 25	Średni (5)	C 26	Dość niski (4)	C 28	Minimalny (1)	C 14	Minimalny (1)	C 18	Minimalny (1)	C 29	Minimalny (1)	F 43	Minimalny (1)						
Poziom																											
M 72	Wysoki (8)																										
C 25	Średni (5)																										
C 26	Dość niski (4)																										
C 28	Minimalny (1)																										
C 14	Minimalny (1)																										
C 18	Minimalny (1)																										
C 29	Minimalny (1)																										
F 43	Minimalny (1)																										
<p>Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego, w odniesieniu do technologii</p> <table border="1"> <tr> <td>Poziom</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Metody Monte Carlo</td> <td>Wysoki (8)</td> </tr> <tr> <td>Dynamika molekularna</td> <td>Dość wysoki (7)</td> </tr> <tr> <td>Systemy ekspertowe</td> <td>Umiarowany (6)</td> </tr> <tr> <td>Analiza fraktalna</td> <td>Umiarowany (6)</td> </tr> <tr> <td>Automaty komórkowe</td> <td>Umiarowany (6)</td> </tr> <tr> <td>Aktualna faza cyklu życia technologii</td> <td>Wczesnodojrzała (6)</td> </tr> <tr> <td>Perspektywy rozwojowe</td> <td>Umiarowanie (6)</td> </tr> </table>				Poziom		Metody Monte Carlo	Wysoki (8)	Dynamika molekularna	Dość wysoki (7)	Systemy ekspertowe	Umiarowany (6)	Analiza fraktalna	Umiarowany (6)	Automaty komórkowe	Umiarowany (6)	Aktualna faza cyklu życia technologii	Wczesnodojrzała (6)	Perspektywy rozwojowe	Umiarowanie (6)								
Poziom																											
Metody Monte Carlo	Wysoki (8)																										
Dynamika molekularna	Dość wysoki (7)																										
Systemy ekspertowe	Umiarowany (6)																										
Analiza fraktalna	Umiarowany (6)																										
Automaty komórkowe	Umiarowany (6)																										
Aktualna faza cyklu życia technologii	Wczesnodojrzała (6)																										
Perspektywy rozwojowe	Umiarowanie (6)																										

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Nr katalogowy																				
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <ul style="list-style-type: none"> Prace przygotowawcze – czyszczenie chemiczne pokrywanych elementów. Wprowadzenie pokrywanych elementów do komory napyłarki, zamknięcie komory roboczej oraz włączenie procesu. Uzyskanie odpowiedniego poziomu próżni w komorze roboczej napyłarki. Grzanie wstępne podłoża do temperatury procesu. Czyszczenie jonowe podłoża – zjonizowane cząsteczki gazu obojętnego (argonu) wybijają z podłoża atomy cząsteczek pary wodnej i innych zanieczyszczeń. Osadzanie powłoki – materiał stanowiący substrat otrzymywanej powłoki jest odparowywany jednocześnie z całego roztopionego lustra metalu w wyniku oddziaływania niskonapięciowego działła elektronowego (katody wnetkowej); odparowany materiał jest częściowo jonizowany w wyniku zderzeń ze strumieniem elektronów i reagując z doprowadzonym gazem reaktywnym prowadzi do osadzania utworzonych związków chemicznych na ujemnie spolaryzowanym podłożu. Chłodzenie pokrywanych elementów – etap ma na celu powolne obniżenie temperatury pokrywanych elementów w celu uniknięcia szoków termicznych mogących powodować pękanie nowo uzyskanej powłoki. 		<p>Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)</p>	<p>Odparowanie metalu niskonapięciowym działaniem elektronowym (HHCD)</p>																				
<p>Standardowy zakres parametru procesu</p> <table border="1" data-bbox="201 873 623 1058"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>150</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Cięśnienie</td> <td>Pa</td> <td>10^{-1}</td> <td>10^{-4}</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>10^2</td> <td>$2 \cdot 10^4$</td> </tr> </tbody> </table> <p>Środowisko/atmosfera gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny</p> <p>Specyficzne warunki realizacji procesu obniżone ciśnienie</p> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża Bezpośrednio przed procesem nanoszenia powłok wsad należy standardowo przygotować poprzez czyszczenie chemiczne z wykorzystaniem wieloetapowego procesu mycia i płukania w kapielach myjąco-odtłuszczających, a następnie trawienie jonowe w komorze urządzenia.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia Napyłarka próżniowa.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie Komora próżniowa; głowice napyłające; układy wytwarzania i podtrzymywania próżni; elektrody dodatkowe oraz polaryzujące wsad.</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	150	500	Cięśnienie	Pa	10^{-1}	10^{-4}	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	10^2	$2 \cdot 10^4$
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																				
Temperatura	°C	150	500																				
Cięśnienie	Pa	10^{-1}	10^{-4}																				
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																				
Czas	s	10^2	$2 \cdot 10^4$																				
 <p>Schemat układu umożliwiającego realizację procesów odparowania metalu niskonapięciowym działaniem elektronowym (HHCD)</p>			<p>Nr katalogowy M2-05/2010-12</p>																				

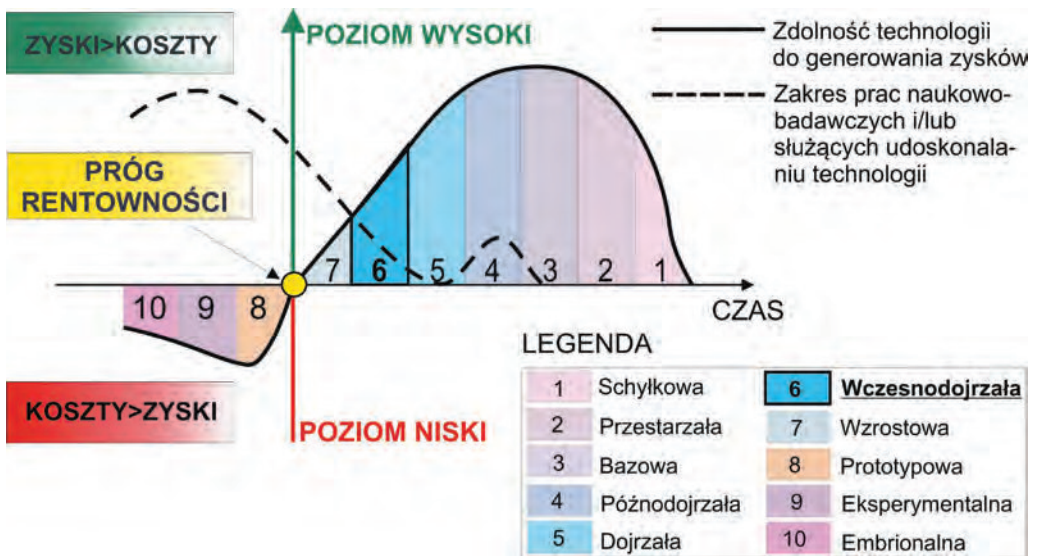
Symbol obszaru tematycznego: **M2**

Symbol grupy technologii: **F_{M2}**

Numer katalogowy: **M2-06**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Osadzanie warstw z odparowaniem wiązką elektronową z jonizacją par**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Electron Beam Physical Vapour Deposition (EB-PVD)**



Rysunek 4.42. Aktualna faza cyklu życia osadzania warstw z odparowaniem wiązką elektronową z jonizacją par

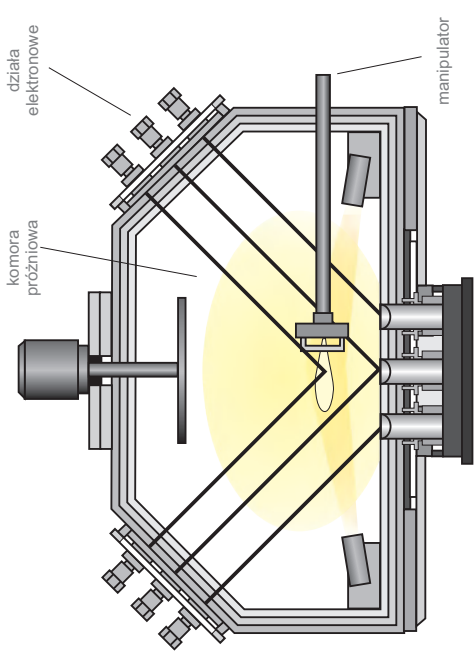


Rysunek 4.43. Perspektywy rozwojowe osadzania warstw z odparowaniem wiązką elektronową z jonizacją par

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Osadzenie warstw z odparowaniem wiązką elektronową z jonizacją par	Nr katalogowy
Kiedy?		Obszar tematyczny	Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)	M2-06/2010-12
Dlaczego?		Interywały czasowe	2020	2030
		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej
		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Zrównoważony rozwój
		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji
		Strategia dla technologii Oddziaływanie otoczenia Wartości technologii	Strategia debaty i atrakcyjna stabilna technologia na przewidywalnym rynku, poszukująca nowych rynków, grup klientów i produktów możliwych do wytworzenia tą technologią.	
		Deszczowa jesiń Rozłożysty dąb		
		Łopacki turbin gazowych; elementy silników lotniczych; mikrosystemy elektromechaniczne (MEMS)		
		Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji	Dość wysoka (7)	Wysoka (8)
		Podłoże	Żarowyrzynałe stopy polikrystaliczne i monokrystaliczne; stałe do pracy na gorąco; stopy niklu i tytanu	
		Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/porosów na powierzchni podłoża	Żaroodporne powłoki metaliczne typu MeCrAlY; grube powłoki izolujące termiczne (TBC); powłoki tlenkowe metali ziem rzadkich (La, Gd, Nd); powłoki ceramiczne; powłoki funkcjonalne dedykowane konkretnym zastosowaniom	
		Polepszone własności materiału	Możliwa praca elementów w wyższej temperaturze maksymalnej; obniżenie przewodnictwa cieplnego; stabilna struktura; żaroodporność; odporność na zgrzewanie na zimno (cold-welding)	
		Aparatura naukowo-badawcza	Mikroskopy, elektrony transmisyjny (TEM) oraz skaningowe; elektrony transmisyjny (STEM), jonowy (FIB); dyfraktometr rentgenowski (XRD); analizator rentgenowski (RTG); twardościomierz tradycyjny; mikro- i nanotwardościomierz; trybometr; kalotester; seratch tester; testery; zmęczenia cieplnego, zużycie erozyjnego	
		Technologia	Osadzanie warstw z odparowaniem wiązką elektronową z jonizacją par (EB-PVD)	
		Faza cyklu życia	Wzrostowa (7)	Dojrzała (5)
		Typ produkcji	Mało- i średnioseryjna	Srednio- i wielkoseryjna
		Forma organizacji produkcji	Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych	Niepotokowa w gniazdach i na linii
		Nowoczesność parku maszynowego	Dość wysoka (7)	Wysoka (8)
		Automatyzacja i robotyzacja	Umiarowana (6)	Umiarowana (6)
		Jakość i niezawodność	Dość wysoka (7)	Bardzo wysoka (9)
		Proekologiczność	Umiarowana (6)	Umiarowana (6)
		Rodzaj organizacji	Uczelnie; INB; OW; średnie przedsiębiorstwa	Uczelnie; INB; OW; male, średnie i duże przedsiębiorstwa; Sp. JV
		Reprezentowane gałęzie przemysłu	Lotniczy; maszynowy; narzędziowy (głównie narzędzia skrawające); mikroelektroniczny	
		Poziom edukacji personelu	Wysoki (8)	Wysoki (8)
		Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej	Wysokie (8)	Bardzo wysokie (9)
		Wymagania kapitałowe	Dość wysokie (7)	Wysokie (8)
		Wartość produkcji w firmie	Umiarowana (6)	Dość wysoka (7)
		Wartość produkcyjna opłacalność	Umiarowana (6)	Dość wysoka (7)
		Wartość produkcji w kraju	Srednia (5)	Dość wysoka (7)

LEGENDA: → Związki przyzytnowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwuierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Osadzanie warstw z odparowaniem wiązką elektronową z jonizacją par (EB-PVD)	Nr katalogowy
Istota	Obszar tematyczny	Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)	M2-06/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
Metoda osadzania warstw z odparowaniem wiązką elektronową z jonizacją par (EB-PVD) jest odmianą fizycznego osadzania par z fazy gazowej, w której odparowywany materiał (stanowiący anodę) jest bombardowany wiązką elektronów emitowanych przez wolframowe diodo elektronowe w wysokiej próżni. Istotą procesu jest osadzanie na podłożu powłoki powstałej ze strumienia zjonizowanej plazmy kierowanej elektrycznie na stosunkowo zimne podłoże. Proces zachodzi w komorze reakcyjnej, w warunkach obniżonego ciśnienia. Wiaźka elektronów jest kierowana na powierzchni tarczy stanowiącego anodę. Efektem oddziaływania wiązki elektronów z materiałem tarczy jest przede wszystkim wzrost temperatury powierzchni oraz emisja elektronów wtórnych i charakterystycznego promieniowania rentgenowskiego. Wzrost temperatury powierzchni umożliwia odparowanie materiału podłoża i przejście atomów materiału tarczy do fazy gazowej, które następnie osadzają się w postaci cienkiej warstwy na powierzchni podłoża.			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
X	jednowarstwowa	X	wielofazowa amorficzna
X	wielowarstwowa	X	gradientowa
X	multiwarstwowa (>100 warstw)	X	kompozytowa
	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
X	mechaniczne	X	magnetyczne
X	chemiczne	X	termiczne
X	elektryczne	X	akustyczne
		X	trybologiczne
		X	antykorozyjne
			inne
Zalety			
Wielominimowanie odkształceń i zmian wymiarowych			
Niezbędna ścisła kontrola parametrów technologicznych procesu; kierunkowość procesu – brak możliwości obciążenia cieplnego i mechanicznego.			
Wady			
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe			
Wytwarzanie metodą osadzania warstw z odparowaniem wiązką elektronową z jonizacją par żaroodpornych powłok metalicznych typu MeCrAlY, grubych powłok izolujących termicznie (TBC) oraz powłok na bazie tlenków metali ziem rzadkich (La, Gd, Nd).			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (CVD); plazmo-chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (PACVD).			
Rekomendowane źródła literatury			
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		
2	J. Smolik, A. Mazurkiewicz, Rozwój hybrydowych technologii powierzchniowych w oparciu o praktyczne zastosowania przemysłowe, Problemy Eksploatacji 3 (2010) 105-114.		
3	B.A. Movchan, K.Yu. Yakovchuk, Graded thermal barrier coatings, deposited by EB-PVD, Surface and Coatings Technology 188-189 (2004) 85-92.		
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			
Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury			
Odporność na korozję			
Odporność na erozję			
Przewodnictwo cieplne			
Twardość			
Odporność na ścieranie			
Specjalne własności elektryczne			
Specjalne własności magnetyczne			
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia			
Korozja równomierna			
Korozja lokalna i wżerowa			
Erozja			
Zużycie dyfuzyjne			
Kawitacja			
Znęczenie cieplne			
Korozja selektywna			
Zużycie ścierne			
Sektory przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			
M 72			
C 26			
C 18			
C 25			
C 27			
C 29			
C 30			
C 31			
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii			
Modelowanie matematyczne (np. MES)			
Systemy ekspertowe			
Dynamika molekularna			
Modelowanie wieloskalowe			
Metody Monte Carlo			
Aktualna faza cyklu życia technologii			
Perspektywy rozwojowe			
Bardzo wysokie (9)			
Wysokie (8)			
Dość wysokie (7)			
Umiarkowane (6)			
Wczesnodojrzała (6)			
Dość wysokie (7)			

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Osadzanie warstw z odparowaniem wiązką elektronową z jonizacją par (EB-PVD)	Nr katalogowy																								
	Obszar tematyczny	Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)	M2-06/2010-12																								
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <ul style="list-style-type: none"> Prace przygotowawcze – czyszczenie chemiczne pokrywanych elementów. Wprowadzenie pokrywanych elementów do komory napyłarki i włączenie procesu. Uzyskanie odpowiedniego poziomu próżni w komorze roboczej napyłarki. Grzanie wstępne podłoża do temperatury procesu. Czyszczenie jonowe podłoża – zjonizowane cząsteczki gazu obojętnego (argonu) wybijają z podłoża atomy cząsteczek pary wodnej i innych zanieczyszczeń. Osadzanie powłoki – w wyniku oddziaływania, emitowanej przez wolframowe działo elektronowe, wiązki elektronów z materiałem tarczy następuje wzrost temperatury powierzchni tarczy oraz emisja elektronów wtórnych i promieniowania rentgenowskiego; pod wpływem temperatury następuje odparowanie materiału podłoża i przejście atomów materiału tarczy do fazy gazowej; strumień zjonizowanej plazmy kierowany elektrycznie na stosunkowo zimne podłoże pozwala na osadzenie na nim cienkich powłok (do skali nanometrycznej włącznie); w celu zapewnienia bardziej jednolitej powłoki próbka podłoża jest obracana w trakcie procesu oraz wykonuje się skanowanie wiązki elektronowej po powierzchni w obszarze, gdzie zachodzi toplenie materiału. Powolne chłodzenie pokrywanych elementów w celu uniknięcia szoków termicznych. 																											
<p>Opis rysunku</p>  <p>Diagram przedstawia komorę próżniową z działem elektronowym, manipulatorem i tarczami. Komora próżniowa jest centralnym elementem, w którym znajduje się działo elektronowe. Manipulator służy do precyzyjnego umieszczenia i obracania tarczy. Tarcze są elementami, które emitują wiązkę elektronową. Cały układ jest zaprojektowany do osadzania warstw z odparowaniem wiązką elektronową z jonizacją par (EB-PVD).</p>																											
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1" data-bbox="863 882 1045 1605"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>150</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>10^{-1}</td> <td>10^{-4}</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>10^2</td> <td>$2 \cdot 10^5$</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td colspan="3">gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny</td> </tr> </tbody> </table> <p>Specyficzne warunki realizacji procesu: obniżone ciśnienie</p> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Bezpośrednio przed procesem nanoszenia powłok wsad należy standardowo przygotować poprzez czyszczenie chemiczne z wykorzystaniem wieloetapowego procesu mycia i płukania w kapielach myjąco-odtłuszczających, a następnie trawienie jonowe w komorze urządzania.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Napyłarka próżniowa.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Komora próżniowa; głowice napyłające; układy wytwarzania i podtrzymywania próżni; elektrody dodatkowe oraz polaryzujące wsad.</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	150	500	Ciśnienie	Pa	10^{-1}	10^{-4}	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	10^2	$2 \cdot 10^5$	Środowisko/atmosfera	gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																								
Temperatura	°C	150	500																								
Ciśnienie	Pa	10^{-1}	10^{-4}																								
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																								
Czas	s	10^2	$2 \cdot 10^5$																								
Środowisko/atmosfera	gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny																										
<p>Schemat układu umożliwiającego realizację osadzania warstw z odparowaniem wiązką elektronową z jonizacją par (EB-PVD)</p>																											

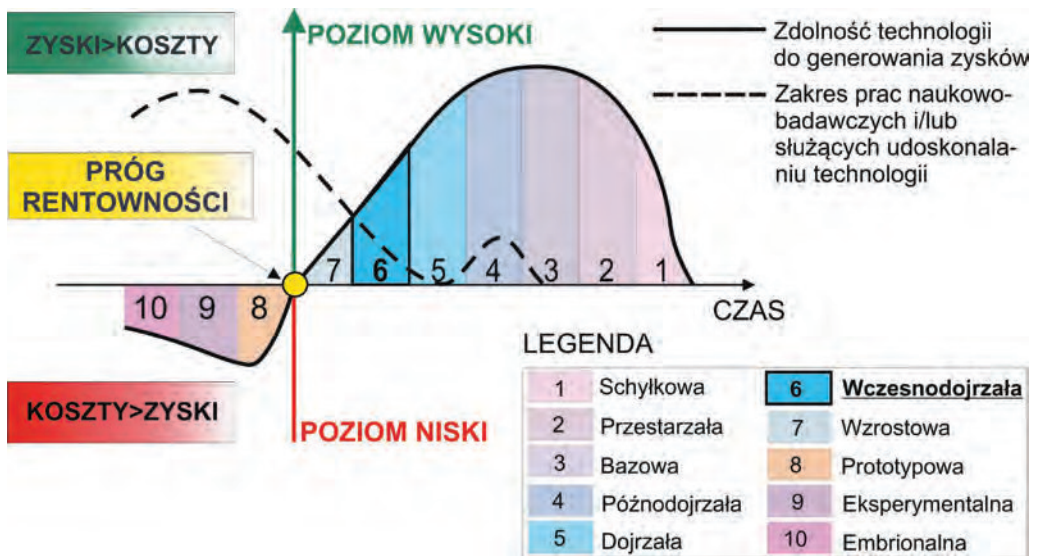
Symbol obszaru tematycznego: **M2**

Symbol grupy technologii: **G_{M2}**

Numer katalogowy: **M2-07**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Aktywowane reaktywne naparowanie przy użyciu działła elektronowego**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Bias Activated Reactive Evaporation (BARE)**



Rysunek 4.44. Aktualna faza cyklu życia aktywowanego reaktywnego naparowania przy użyciu działła elektronowego



Rysunek 4.45. Perspektywy rozwojowe aktywowanego reaktywnego naparowania przy użyciu działła elektronowego

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Aktywowane reaktywnie naparowanie przy użyciu działła elektronowego	Nr katalogowy
Kiedy?		Obszar tematyczny	Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)	M2-07/2010-12
Dlaczego?		Interywały czasowe	2020	2030
		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej
		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Zrównoważony rozwój
		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji
		Strategia dla technologii Oddziaływanie otoczenia Wartość technologii	Strategia osiłek możliwości.	
		Deszczowa jesień		
		Drżąca osika		
		Narzędzia do obróbki metali i drewna: ostrza narzędzi skrawających; szkła specjalne; elementy elektroniczne		
		Średnia (5)	Średnia (5)	Średnia (5)
		Stale; materiały narzędziowe z węglików spiekanych; stali; stopy tytanu, aluminium i inne		
		Ochronne powłoki węglkowe, azotkowe, węglikoazotkowe, w tym: TiN, CrN, TiCN, (Ti,Al)N, (Al,Si)N, (Ti,Mo)N, (Ti,Al,Si)N; powłoki tlenkowe; diamentopodobne powłoki węglowe (DLC); powłoki antykorozyjne (np. naniesione na aluminiowe podłoża)		
		Oporność na korozję i erozję; porowatość; oporność na oddziaływanie wysokiej temperatury; oporność na ścieranie; specjalne właściwości elektryczne		
		Co?		
		Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		
		Podłoża		
		Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		
		Polepszone własności materiału		
		Aparatura naukowo-badawcza		
		Technologia		
		Faza cyklu życia	Wczesnodojrzała (6)	Dojrzała (5)
		Typ produkcji	Mało- i średnioseryjna	Srednio- i wielkoseryjna
		Forma organizacji produkcji	Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych	Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych
		Nowoczesność parku maszynowego	Dość niska (4)	Dość niska (4)
		Automatyzacja i robotyzacja	Umiarkowana (6)	Srednia (5)
		Jakość i niezawodność	Dość niska (4)	Dość niska (4)
		Proekologiczność	Umiarkowana (6)	Umiarkowana (6)
		Gdzie?		
		Rodzaj organizacji	Uczelnie; INB; średnie przedsiębiorstwa; PP; J.Sp, SP	Średnie przedsiębiorstwa; PP
		Reprezentowane gałęzie przemysłu	Narzędziowy (narzędzia do obróbki metali i drewna, ostrza narzędzi skrawających); optyczny, elektroniczny	
		Kto?	Dość niski (4)	Dość niski (4)
		Poziom edukacji personelu	Umiarkowane (6)	Umiarkowane (6)
		Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej	Średnie (5)	Dość niskie (4)
		Wymagania kapitałowe	Umiarkowana (6)	Dość niska (4)
		Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność	Dość wysoka (7)	Dość niska (4)
		Wartość produkcji w kraju		
		LEGENDA:	→ Związki przyczynowo-skutkowe →→→ Powiązania kapitałowe →→→→→ Korelacje czasowe →→→→→ Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów	

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Aktywowane reaktywnie naparowanie przy użyciu działła elektronowego (BARE)	Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego	Obszar tematyczny	Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)	M2-07/2010-12
Metoda aktywowanego reaktywnie naparowania przy użyciu działła elektronowego (BARE) stanowi udoskonalenie metody aktywowanego reaktywnie naparowania (ARE), w której to użycie działła elektronowego (wiązki elektronów) wysokonapięciowego w celu odparowania materiału w atmosferze gazu reaktywnego. Powierzchnia roztopionego metalu stanowi zarówno źródło par, jak i źródło elektronów. Ionizacja unoszących się par nad całą powierzchnią roztopionego metalu zachodzi przez niskoenergetyczne elektrony emitowane również z ciekłego metalu. W tak powstałą plazmę doprowadza się gaz reaktywny reagujący ze zjonizowanymi parami metalu doprowadzając do osadzenia się w postaci związków na powierzchni podłoża. Technika BARE charakteryzuje się stosowaniem ujemnie spolaryzowanego podłoża (zwykle 50-1500 V) i różnych układów zwiększających stopień jonizacji par (pole magn., dod. elektroda, emiterzy elektronów). Zastosowanie dodat. urządzeń jonizujących zwiększa efektywność jonizacji do ponad 50%, daje to w efekcie zwiększenie sił adhezji między powłoką a podłożem.		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału Oporność na korozję Wysoki (8) Oporność na erozję Dość wysoki (7) Porowatość Oporność na oddziaływanie wysokiej temperatury Umiaarkowany (6) Twardość Umiaarkowany (6) Przewodnictwo cieplne Średni (5) Specjalne własności elektryczne Średni (5) Niezwilżalność Średni (5)	
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża		Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia	Poziom
X jednowarstwowa	X wielofazowa	Erozja	Wysoki (8)
X wielowarstwowa	X gradientowa	Koroza równomierna	Wysoki (8)
X multivarsztwowa (>100 warstw)	X kompozytowa	Koroza lokalna i wzorowa	Dość wysoki (7)
X przemiany fazowe powierzchni podłoża	X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	Koroza napięciowa i zmęczeniaowa	Dość wysoki (7)
Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajścia procesów		Zużycie ściernie	Dość wysoki (7)
X mechaniczne	X magnetyczne	Koroza selektywna	Umiaarkowany (6)
X chemiczne	X dyfuzyjne	Zużycie adhezyjne	Umiaarkowany (6)
X elektryczne	X hydromechaniczne	Fretting	Umiaarkowany (6)
Zalety	Wady		
Dobra przeporność powłok do podłoża; możliwość otrzymania powłok złożonych wieloskładnikowych, wielowarstwowych; wielofazowych.	Kierunkowość procesu brak możliwości obróbki elementów o złożonych kształtach.	Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii	Poziom
		M 72	Średni (5)
		C 25	Dość niski (4)
		C 30	Niski (3)
		C 22	Minimalny (1)
		C 16	Minimalny (1)
		C 18	Minimalny (1)
		C 26	Minimalny (1)
		C 29	Minimalny (1)
		Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii	Poziom
		Modelowanie matematyczne (np. MES)	Bardzo wysoki (9)
		Dynamika molekularna	Wysoki (8)
		Systemy ekspertowe	Wysoki (8)
		Modelowanie wieloskalowe	Umiaarkowany (6)
		Sztuczne sieci neuronowe	Umiaarkowany (6)
		Aktualna faza cyklu życia technologii	Wczesno dojrzała (6)
		Perspektywy rozwojowe	Dość wysokie (7)
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe			
Wytwarzanie metodą aktywowanego reaktywnie naparowania przy użyciu działła elektronowego (BARE) ochronnych powłok węglkowych, azotkowych, węglkoazotkowych, diamentopodobnych powłok węglowych (DLC) oraz powłok antykorozyjnych (np. naniesionych na aluminiowe podłoża).			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (CVD); plazmo-chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (PACVD).			
Rekomendowane źródła literatury			
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.			
2 L.A. Dobrzański, L.W. Zukowska, J. Mikula, K. Gofembek, D. Pakula, M. Pancelejko, Structure and mechanical properties of gradient PVD coatings, JMPT 201 (2008) 310-314.			
3 M. Blicharski, Inżynieria powierzchni, WNT, Warszawa, 2009.			

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Obszar tematyczny	Aktywowane reaktywnie naparowanie przy użyciu działła elektronowego (BARE)	Nr katalogowy																				
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <ul style="list-style-type: none"> Prace przygotowawcze – czyszczenie chemiczne pokrywanych elementów. Wprowadzenie pokrywanych elementów do komory napyłarki, zamknięcie komory roboczej oraz włączenie procesu. Uzyskanie poziomu próżni w komorze roboczej napyłarki odpowiedniego do rozpoczęcia procesu. Grzanie wstępne podłoża do temperatury procesu. Czyszczenie jonowe podłoża – zjonizowane cząsteczki gazu obojętnego (argonu) wybijają z podłoża atomy cząsteczek pary wodnej i innych zanieczyszczeń. Osadzenie powłoki – materiał stanowiący substrat otrzymywanej powłoki jest odparowywany jednocześnie z całego lustra roztopionego metalu w wyniku oddziaływania wysokonapięciowego działła elektronowego; jonizacja par metalu, unoszących się nad powierzchnią roztopionego lustra, zachodzi przez niskoenergetyczne elektrony także emitowane z tego lustra; w tak powstałą plazmę wprowadza się gaz reaktywny, co prowadzi do osadzenia utworzonych związków chemicznych na ujemnie spolaryzowanym podłożu, którego polaryzacja wpływa na lepszą adhezję powłoki do podłoża. Powolne chłodzenie pokrywanych elementów w celu uniknięcia szoków termicznych. 	<p>Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)</p>	<p>M2-07/2010-12</p>																						
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>150</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>10^{-1}</td> <td>10^{-4}</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>10^2</td> <td>$3 \cdot 10^4$</td> </tr> </tbody> </table>	Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	150	500	Ciśnienie	Pa	10^{-1}	10^{-4}	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	10^2	$3 \cdot 10^4$				
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																					
Temperatura	°C	150	500																					
Ciśnienie	Pa	10^{-1}	10^{-4}																					
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																					
Czas	s	10^2	$3 \cdot 10^4$																					
<p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p>	<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p>	<p>Bezpośrednio przed procesem nanoszenia powłok wsad należy standardowo przygotować poprzez czyszczenie chemiczne z wykorzystaniem wieloetapowego procesu mycia i płukania w kapieliach myjąco-odtłuszczających, a następnie trawienie jonowe w komorze urządzenia.</p>	<p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Napyłarka próżniowa.</p>																					
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p>	<p>Komora próżniowa; głowice napyłające; układy wytwarzania i podtrzymywania próżni; elektrody dodatkowe oraz polaryzujące wsad.</p>			<p>Schemat układu umożliwiającego realizację aktywowanego reaktywnie naparowania przy użyciu działła elektronowego (BARE)</p>																				

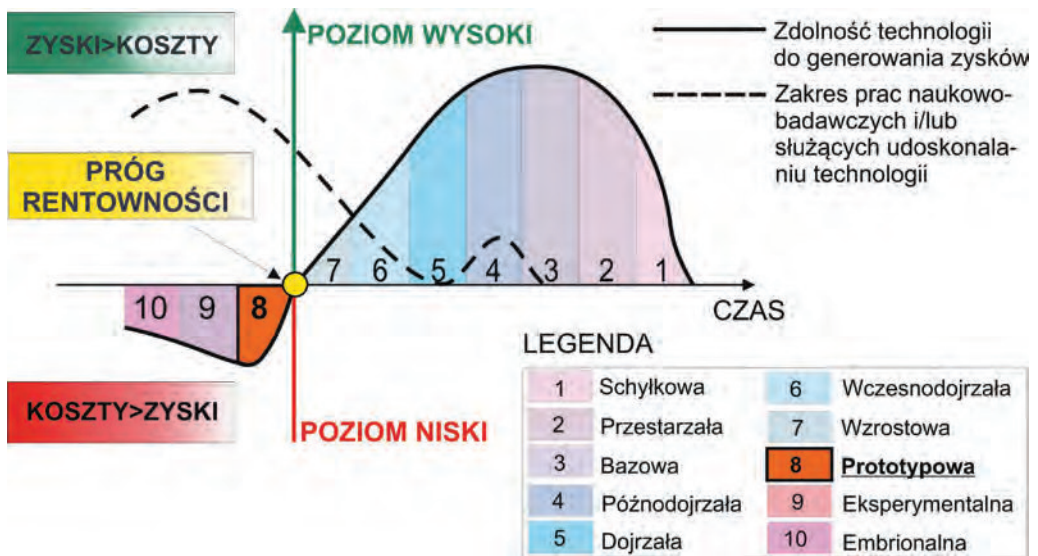
Symbol obszaru tematycznego: **M2**

Symbol grupy technologii: **H_{M2}**

Numer katalogowy: **M2-08**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Reaktywne nanoszenie ze zjonizowanych klastrów**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Ionised Cluster Beam (ICB)**



Rysunek 4.46. Aktualna faza cyklu życia reaktywnego nanoszenia ze zjonizowanych klastrów

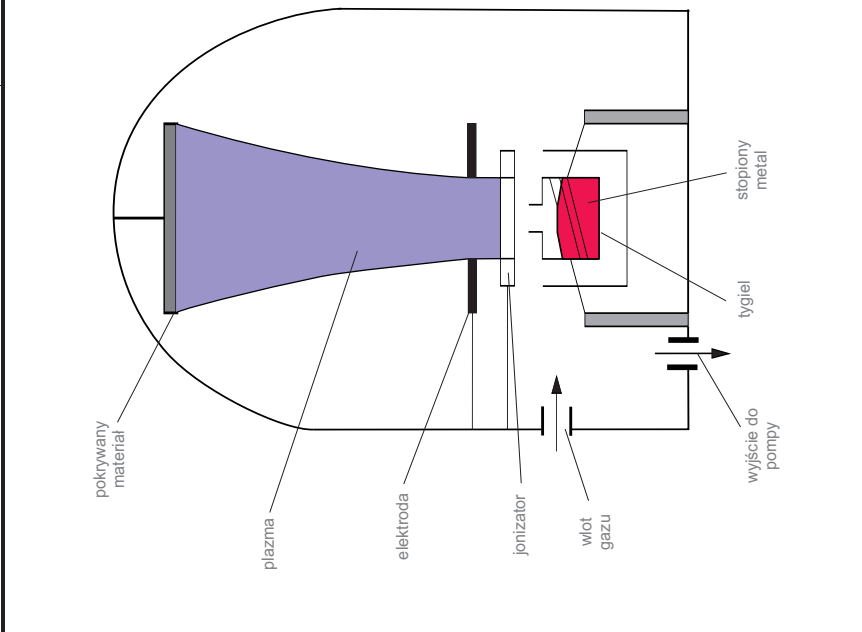


Rysunek 4.47. Perspektywy rozwojowe reaktywnego nanoszenia ze zjonizowanych klastrów

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Reaktywne nanoszenie ze zjonizowanych klastrow (ICB)		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)		M2-08/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Interwały czasowe		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	
Dlaczego?		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu	
Strategia dla technologii		Oddziaływanie otoczenia		Strategia osiłki	
Wartości technologii		Drżająca osiłka		i potencjałe z rynku nie dającego nowych możliwości.	
Produkt		Elementy elektroniczne i mikroelektroniczne (przewodniki i izolatory) oraz optoelektroniczne; narzędzia do obróbki metali, elementy pokryte powłokami organicznymi		Niska (3)	
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Dość niska (4)		Dość niska (4)	
Podłoże		Metale i ich stopy, w tym tytanu; stałe szybkochnące; materiały narzędziowe z węglików spiekanych; ceramika narzędziowa; krzem; szkło; polimery		Niska (3)	
Co?		Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		Filtry optyczne; izolacyjne powłoki dielektryczne (np. GaAs, Au, Al); cienkie warstwy półprzewodnikowe (np. GaAs, Au, Al); ochronne powłoki węglowe, azotkowe, węglikoazotkowe (np. TiC, TiCN, AlSiN); powłoki tlenkowe i chalcogenkowe; powłoki organiczne, wieloskładnikowe, modyfikowalne, antykorozyjne	
Polepszone własności materiału		Aparatura naukowo-badawcza		Specjalne własności optyczne; specjalne własności elektryczne; twardość; odporność na ścieranie; odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury; możliwość modyfikacji powłok	
Technologia		Reaktywne nanoszenie ze zjonizowanych klastrow (ICB)		Skaningowy mikroskop elektronowy (SEM), dyfraktometr rentgenowski (XRD); twardościomierz; trybometr; testery; przewodnictwa cieplnego, odbicia światła	
Faza cyklu życia		Eksperymentalna (9)		Prototypowa (8)	
Typ produkcji		Jednoskładowa, małoseryjna		Małoseryjna	
Forma organizacji produkcji		Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych		Niepotokowa w gniazdach technologicznych	
Nowoczesność parku maszynowego		Średni (5)		Dość niski (4)	
Automatyzacja i robotyzacja		Dość niski (4)		Dość niski (4)	
Jakość i niezawodność		Średnia (5)		Dość niska (4)	
Proekologiczność		Średnia (5)		Dość niska (4)	
Rodzaj organizacji		Uczelnie; INB; średnie przedsiębiorstwa; PP;		Średnie przedsiębiorstwa; PP	
Gdzie?		Reprezentowane gałęzie przemysłu		Optyczny; optoelektroniczny; elektroniczny i mikroelektroniczny; narzędziowy; tworzywo polimerowych	
Kto?		Poziom edukacji personelu		Dość niski (4)	
Ile?		Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej		Średnie (5)	
Wymagania kapitałowe		Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność		Dość niskie (4)	
Wartość produkcji w kraju		Wartość produkcji w kraju		Dość niska (4)	
Wartość produkcji w kraju		Wartość produkcji w kraju		Dość niska (4)	

LEGENDA: → Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwuukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Reaktywne nanoszenie ze zjonizowanych klastrow (ICB)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny	Technologie fizycznego osadzania powlok z fazy gazowej (PVD)		M2-08/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
Metoda reaktywnego nanoszenia ze zjonizowanych klastrow (ICB) polega na kierowaniu uprzednio zjonizowanych klastrow (skupisk atomów) z prędkością ponadzwiązkową na pokrywane podłożo. Klastry po wyłocie z tygla są częściowo jonowane poprzecznym strumieniem elektronów. Dodatkowo nalożone klastry są następnie przyspieszane przez elektrodę przyspieszającą do prędkości naddźwiękowej i kierowane w stronę podłoża. Technika ta charakteryzuje się dużą gęstością upakowania materiału powłoki oraz znaczną szybkością nanoszenia. W literaturze można spotkać również inną nazwę tej technologii, tj. termojonowe nanoszenie z klastrow (CBE).			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
X jednowarstwowa	X wielofazowa	amorficzna	
X wielowarstwowa	X gradientowa	X nanokryształczna	Umiarkowany (6)
X multivarsztwowa (>100 warstw)	X kompozytowa	hybrydowa	Sredni (5)
przemiany fazowe powierzchni podłoża	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	X procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Sredni (5)
Szczególne własności powłoki/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
X mechaniczne	X magnetyczne	X optyczne	Dość niski (4)
X chemiczne	dyfuzyjne	X termiczne	Dość niski (4)
X elektryczne	hydromechaniczne	X akustyczne	Dość niski (4)
Zalety			
Duża gęstość upakowania materiału powłoki; znaczna szybkość nanoszenia powłok.		Wady Kierunkowość procesu – brak możliwości obróbki elementów złożonych kształtów; wymagana ścisła kontrola parametrów procesu.	Dość niski (4)
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe			
Wytwarzanie metodą reaktywnego nanoszenia ze zjonizowanych klastrow (ICB) filtrów optycznych; izolacyjnych; powłok dielektrycznych (np. Al ₂ O ₃); półprzewodników (np. GaAs, Au, Si, Cu, CuAl); ochronnych powłok węglkowych; azotkowych; węglkoazotkowych (np. TiC, TiCN), (Al ₂ S ₃ N ₃); powłok organicznych oraz powłok tlenkowych i chalcogenkowych.			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (CVD); plazmo-chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (PACVD).			
Rekomendowane źródła literatury			
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		Wysoki (8)
2	J. Łaskawiec, Inżynieria powierzchni, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1997.		Wysoki (8)
3	H. Yamashita, et al., Preparation of efficient titanium oxide photocatalysts by an ionized cluster beam (ICB) method and their photocatalytic reactivities for the purification of water, Catalysis Today, Vol. 63, 2000, 63-69.		Dość niski (4)
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			
Specjalne własności elektryczne			Sredni (5)
Odporność na ścieranie			Sredni (5)
Twardość			Sredni (5)
Odporność na promieniowanie			Sredni (5)
Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury			Sredni (5)
Specjalne własności optyczne			Sredni (5)
Niezwilżalność			Sredni (5)
Specjalne własności magnetyczne			Dość niski (4)
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia			
Korozyja lokalna i wżerowa			Umiarkowany (6)
Zużycie abrazyjne			Sredni (5)
Zużycie adhezyjne			Sredni (5)
Kawitacja			Dość niski (4)
Znążczenie cieplne			Dość niski (4)
Zużycie cieplne			Dość niski (4)
Zużycie ścieme			Dość niski (4)
Korozyja równomierna			Dość niski (4)
Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			
C25			Wysoki (8)
M72			Wysoki (8)
C26			Dość niski (4)
C22			Niski (3)
C27			Niski (3)
C18			Minimalny (1)
C29			Minimalny (1)
C20			Minimalny (1)
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii			
Dynamika molekularna			Wysoki (8)
Modelowanie wieloskalowe			Dość wysoki (7)
Automaty komórkowe			Umiarkowany (6)
Systemy ekspertowe			Umiarkowany (6)
Metody Monte Carlo			Umiarkowany (6)
Aktualna faza cyklu życia technologii			Prototypowa (8)
Perspektywy rozwojowe			Dość niskie (4)

<p>KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII</p>	<p>Nazwa technologii Obszar tematyczny</p>	<p>Reaktywne nanoszenie ze zjonizowanych kłastrów (ICB) Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)</p>	<p>Nr katalogowy M2-08/2010-12</p>																												
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <ul style="list-style-type: none"> Prace przygotowawcze – czyszczenie chemiczne pokrywanych elementów. Wprowadzenie pokrywanych elementów do komory napyłarki, zamknięcie komory roboczej oraz włączenie procesu. Uzyskanie poziomu próżni w komorze roboczej napyłarki odpowiedniego do rozpoczęcia procesu. Grzanie wstępne podłoża do temperatury procesu. Czyszczenie jonowe podłoża – na tym etapie zjonizowane cząsteczki gazu obojętnego (argonu) bombardują spolaryzowane podłoże wybijając atom po atomie zaadsorbowane na powierzchni podłoża cząsteczki pary wodnej oraz atomy innych zanieczyszczeń. Osadzenie powłoki – w metodzie tej dodatkowo naładowane klastry (skupiska atomów), uprzednio zjonizowane poprzecznym strumieniem elektronów, są nanoszone z prędkością nadźwiękową, wytworzoną z użyciem elektrody przyspieszającej, na powierzchnię podłoża. Chłodzenie pokrytych elementów – etap ma na celu powolne obniżenie temperatury pokrytych elementów w celu uniknięcia szoków termicznych mogących powodować pękanie nowo uzyskanej powłoki. 																															
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1" data-bbox="623 873 863 1614"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>150</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>10^{-1}</td> <td>10^{-4}</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>10^2</td> <td>$3 \cdot 10^4$</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td colspan="3">gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny</td> </tr> <tr> <td>Specyficzne warunki realizacji procesu</td> <td colspan="3">obniżone ciśnienie</td> </tr> </tbody> </table> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Bezpośrednio przed procesem nanoszenia powłok wsad należy standardowo przygotować poprzez czyszczenie chemiczne z wykorzystaniem wieloetapowego procesu mycia i płukania w kąpieliach myjąco-odtłuszczających, a następnie trawienie jonowe w komorze urządzenia.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia Napyłarka próżniowa.</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	150	500	Ciśnienie	Pa	10^{-1}	10^{-4}	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	10^2	$3 \cdot 10^4$	Środowisko/atmosfera	gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny			Specyficzne warunki realizacji procesu	obniżone ciśnienie		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																												
Temperatura	°C	150	500																												
Ciśnienie	Pa	10^{-1}	10^{-4}																												
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																												
Czas	s	10^2	$3 \cdot 10^4$																												
Środowisko/atmosfera	gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny																														
Specyficzne warunki realizacji procesu	obniżone ciśnienie																														
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Komora próżniowa; głowice napyłające; układy wytwarzania i podtrzymywania próżni; elektrody dodatkowe oraz polaryzujące wsad.</p>																															
<p>Schemat układu umożliwiającego realizację reaktywnego nanoszenia ze zjonizowanych kłastrów (ICB)</p>																															

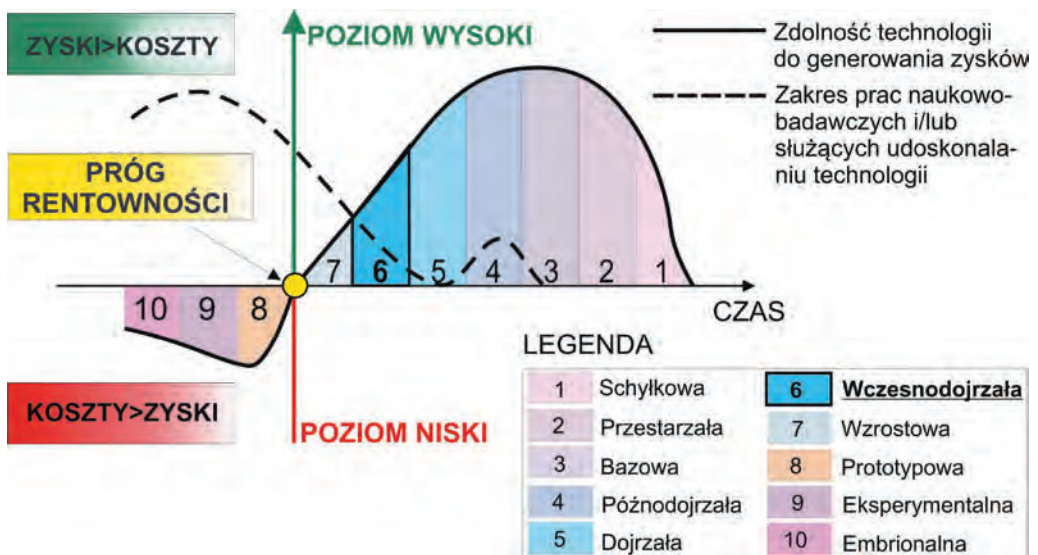
Symbol obszaru tematycznego: **M2**

Symbol grupy technologii: **I_{M2}**

Numer katalogowy: **M2-09**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Odprowadzenie reaktywne łukiem elektrycznym**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Thermionic Arc Evaporation (TAE)**



Rysunek 4.48. Aktualna faza cyklu życia odparowania reaktywnego łukiem elektrycznym

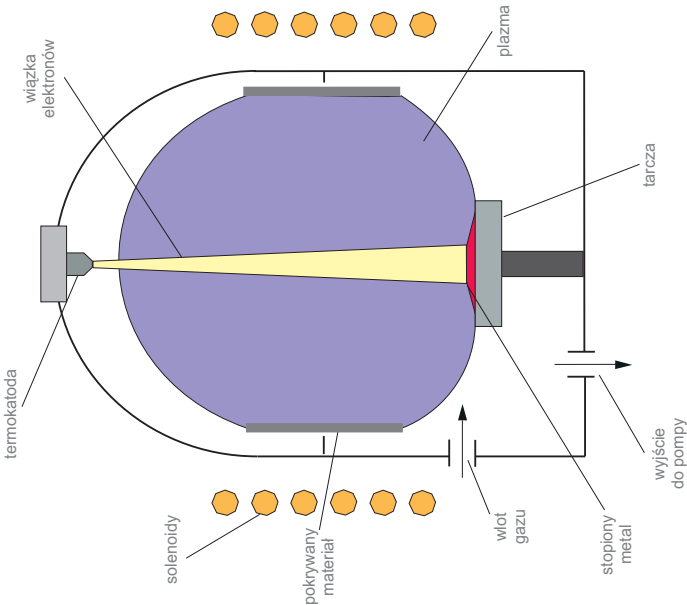


Rysunek 4.49. Perspektywy rozwojowe odparowania reaktywnego łukiem elektrycznym

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Odparowanie reaktywne lukiem elektrycznym (TAE)		Nr katalogowy	
Kiedy? Interwały czasowe		Obszar tematyczny | Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)		M2-09/2010-12	
Dlaczego?		DZIŚ 2010-12		2030	
	Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej		
	Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Zrównoważony rozwój		
	Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji		
	Strategia dla technologii	Strategia osił latem: Przeanalizować ryzyko. Przeprowadzić analizę ryzyka i w zależności od jej wyników pozostać na rynku wzmacniając atrakcyjność i potencjał technologii lub wycołać z niego daną technologię.			
	Uplatne lato				
	Drżąca osiłka				
	Oddziaływanie otoczenia	Narzędzia o podłożu z węglików spiekanych; ostrza narzędzi skrawających; łożyska; filtry optyczne; soczewki; półprzewodniki i nadprzewodniki dla mikroelektroniki i optoelektroniki			
	Wartości technologii				
Produkt	Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji				
	Podłoże	Średnia (5)	Średnia (5)	Średnia (5)	
	Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/powłok na powierzchni podłoża	Materiały narzędziowe z węglików spiekanych; ceramika narzędziowa; szkła specjalne; stале szybkoztańce; metale i ich stopy, w tym tytanu			
	Polepszone własności materiału	Twarde powłoki wieloskładnikowe (np. Ti, Al, Si, N) na narzędzia skrawające; filtry optyczne; cienkie powłoki metaliczne półprzewodnikowe, np. Au, Cu, Al i ceramiczne dielektryczne, np. Al ₂ O ₃ , do zastosowań w mikroelektronice i optoelektronice			
	Aparatura naukowo-badawcza	Specjalne właściwości elektryczne, specjalne właściwości optyczne; twardość; odporność na ścieranie, odporność na korozję i erozję			
Co?		Mikroskopy, elektrony transmisyjny (TEM), sił atomowych (AFM) oraz skaningowe; elektrony (SEM), elektrony transmisyjny (STEM), jonowy (FIB); analizator rentgenowski (RTG); dyfraktometr rentgenowski (XRD), spektrofotometr fourierowski (FTIR), wadociomierz tradycyjny; mikro- i nanowadociomierz; trybometr, testery; zmęczenia cieplnego, zużycia erozyjnego			
Technologia	Faza cyklu życia	Odparowanie reaktywne lukiem elektrycznym (TAE)			
	Typ produkcji	Wzrostowa (7)	Wczesnodojrzała (6)	Wczesnodojrzała (6)	
	Forma organizacji produkcji	Jednosłkowa, małoseryjna	Jednosłkowa, małoseryjna	Małoseryjna	
	Nowoczesność parku maszynowego	Niepotokowa w gniazdach technologicznych	Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych	Niepotokowa na linii	
	Automatyzacja i robotyzacja	Dość niska (4)	Dość niska (4)	Dość niska (4)	
	Jakość i niezawodność	Dość niska (4)	Dość niska (4)	Dość niska (4)	
	Proekologiczność	Średnia (5)	Średnia (5)	Umiarowana (6)	
	Rodzaj organizacji	Umiarowana (6)	Umiarowana (6)	Umiarowana (6)	
Gdzie?	Reprezentowane gałęzie przemysłu	Uczelnie; INB; średnie przedsiębiorstwa; PP; J.Sp, SP	Średnie przedsiębiorstwa; PP	Średnie przedsiębiorstwa; PP	
	Reprezentowane kadry naukowo-badawczej	Narzędziowy; maszynowy; optyczny; mikroelektryczny; optoelektryczny			
Kto?	Wymagania kapitałowe	Niski (3)	Niski (3)	Niski (3)	
	Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność	Dość niskie (4)	Niskie (3)	Niskie (3)	
	Wartość produkcji w kraju	Bardzo niskie (2)	Bardzo niskie (2)	Dość niskie (4)	
		Niska (3)	Niska (3)	Niska (3)	
		Dość niska (4)	Dość niska (4)	Dość niska (4)	

LEGENDA: ↔ Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe ↗ Dwuierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Odprowadzenie reaktywne tukiem elektrycznym (TAE)		Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego		Obszar tematyczny	Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)		M2-09/2010-12
Metoda odprowadzenia reaktywnego tukiem elektrycznym (TAE) cechuje się tym, że tarcza stanowiąca źródło par jest nagrzana wiązką elektronów i stanowi anodę urządzenia. Wymiotowane z tarczy jony są zamknięte w pułapce magnetycznej wytworzonej przez solenoidy nawinięte na komorę próżniową urządzenia i osadzają się na powierzchni wsadu.			Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału		Poziom
			Odporność na erozję		Dość wysoki (7)
			Twardość		Umiarkowany (6)
			Odporność na ścieranie		Umiarkowany (6)
			Odporność na korozję		Średni (5)
			Specjalne własności optyczne		Średni (5)
			Specjalne własności elektryczne		Średni (5)
			Niezwilżalność		Średni (5)
			Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury		Średni (5)
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia		Poziom
X jednobarstwowa	X wielofazowa	X wielowarstwowa	X amorficzna	Erozja	Dość wysoki (7)
X wielowarstwowa	X gradientowa	X gradientowa	X nanokrystaliczna	Korozja równomierna	Umiarkowany (6)
X multiwarstwowa (>10 warstw)	X kompozytowa	X kompozytowa	hybrydowa	Fretting	Średni (5)
przemiany fazowe powierzchni podłoża	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża		X procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Korozja międzykrystaliczna	Średni (5)
Szczegółne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów				Korozja selektywna	Dość niski (4)
X mechaniczne	X magnetyczne	X optyczne	X trybologiczne	Zużycie ciepłe	Dość niski (4)
X chemiczne	dyfuzyjne	X termiczne	X antykorozyjne	Zużycie dyfuzyjne	Dość niski (4)
X elektryczne	hydromechaniczne	akustyczne	inne	Korozja naprężeniowa i zmęczeniowa	Dość niski (4)
Zalety		Wady		Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii	Poziom
Metoda umożliwia wytwarzanie powłok o nano-kryształicznej budowie; bardzo dobra adhezja do podłoża materiału osadzanego.		Kierunkowość procesu – brak możliwości obróbki elementów o złożonych kształtach; duży wpływ parametrów procesu na strukturę otrzymywanych powłok.		C25	Wysoki (8)
				M72	Wysoki (8)
				C22	Niski (3)
				C26	Niski (3)
				C27	Niski (3)
				C30	Minimalny (1)
				C18	Minimalny (1)
				C29	Minimalny (1)
Technologie zastępcze/alternatywne				Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii	Poziom
Chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (CVD); plazmo-chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (PACVD).				Dynamika molekularna	Wysoki (8)
Rekomendowane źródła literatury				Metody Monte Carlo	Dość wysoki (7)
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.				Automaty komórkowe	Umiarkowany (6)
2 J. Smolik, et al., Influence of the structure of the composite: 'nitrided layer/PVD coating' on the durability of forging dies made of steel DIN-1.2367, Surface and Coatings Technology 180-181 (2004) 506-511.				Modelowanie matematyczne (np. MES)	Umiarkowany (6)
3 B.G. Wendler, Functional coatings by PVD or CVD methods, Institute for Sustainable Technologies – National Research Institute (ITeE – PIB), Łódź, Radom, 2011.				Analiza fraktalna	Umiarkowany (6)
				Aktualna faza cyklu życia technologii	Wzrastała (6)
				Perspektywy rozwoju	Dość niskie (4)

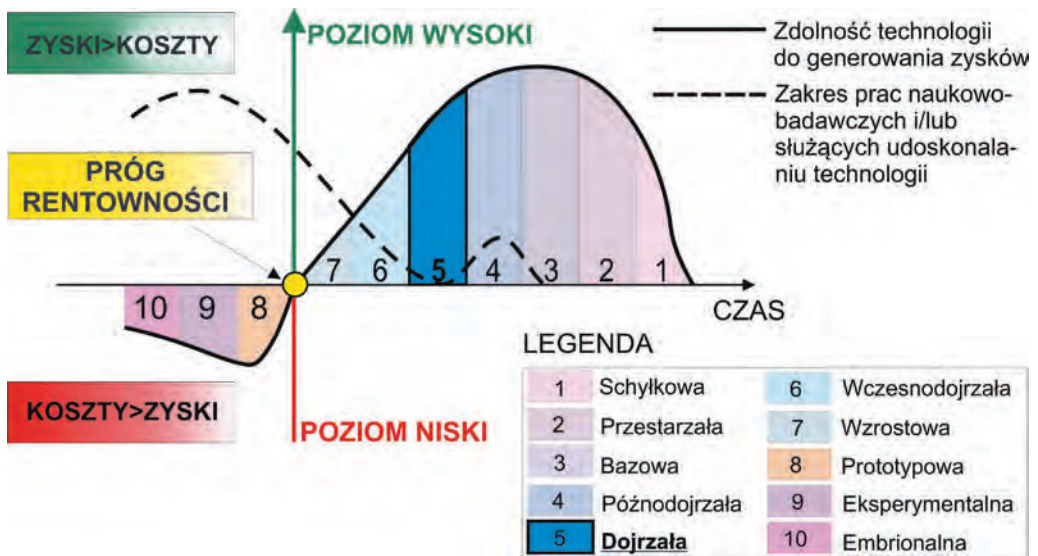
KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Obszar tematyczny	Odprowadzenie reaktywne lukiem elektrycznym (TAE)	Nr katalogowy																				
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Prace przygotowawcze – czyszczenie chemiczne pokrywanych elementów. ▪ Wprowadzenie pokrywanych elementów do komory napyłarki, zamknięcie komory roboczej oraz włączenie procesu. ▪ Uzyskanie poziomu próżni w komorze roboczej napyłarki odpowiedniego do rozpoczęcia procesu. ▪ Grzanie wstępne podłoża do temperatury procesu. ▪ Czystczenie jonowe podłoża – na tym etapie zjonizowane cząsteczki gazu obojętnego (argonu) bombardują spalanywane podłoże wybijając atom po atomie zaadsorbowane na powierzchni podłoża cząsteczki pary wodnej oraz atomy innych zanieczyszczeń. ▪ Osadzenie powłoki – w tej metodzie źródło par metalu stanowi nagrzana wiązką elektronów tarcza, będąca anodą urządzenia; wyemitowane z całej powierzchni lustro roztopionego metalu jony są zamknięte w pułapce magnetycznej, wytworzonej przez sole-noidy nawinięte na komorę próżniową urządzenia, i osadzają się na powierzchni podłoża. ▪ Chłodzenie pokrywanych elementów – etap ma na celu powolne obniżenie temperatury pokrywanych elementów w celu uniknięcia szoków termicznych mogących powodować pękanie nowo uzyskanej powłoki. 	<p>Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)</p>		<p>M2-09/2010-12</p>																					
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>150</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Cisnienie</td> <td>Pa</td> <td>10^{-1}</td> <td>10^{-4}</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>10^2</td> <td>$2 \cdot 10^4$</td> </tr> </tbody> </table>	Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	150	500	Cisnienie	Pa	10^{-1}	10^{-4}	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	10^2	$2 \cdot 10^4$	<p>gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny</p>	<p>obniżone ciśnienie</p>	<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Bezpośrednio przed procesem nanoszenia powłok wsad należy standardowo przygotować poprzez czyszczenie chemiczne z wykorzystaniem wieloetapowego procesu mycia i płukania w kąpieliach myjąco-odtłuszczających, a następnie trawienie jonowe w komorze urządzenia.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Napyłarka próżniowa.</p>
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																					
Temperatura	°C	150	500																					
Cisnienie	Pa	10^{-1}	10^{-4}																					
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																					
Czas	s	10^2	$2 \cdot 10^4$																					
<p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p>	<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Komora próżniowa; głowice napyłające; układy wytwarzania i podtrzymywania próżni; elektrody dodatkowe oraz polaryzujące wsad.</p>	<p>Schemat układu umożliwiającego realizację odparowania reaktywnego lukiem elektrycznym (TAE)</p>	<p></p>																					

Symbol obszaru tematycznego: **M2**

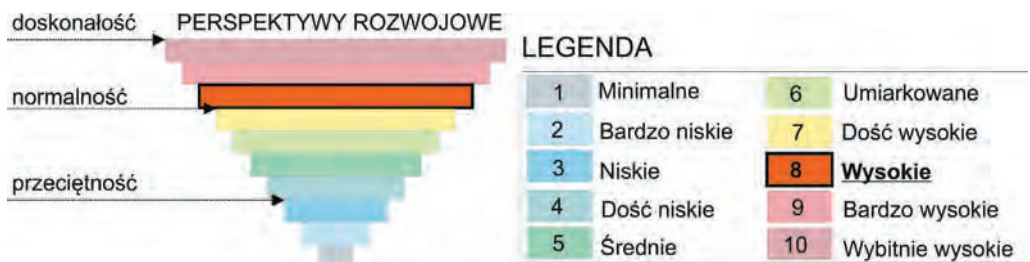
Symbol grupy technologii: **J_{M2}**

Numer katalogowy: **M2-10**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Impulsowe osadzanie laserowe**
Nazwa grupy technologii (ang.): **Pulsed Laser Deposition (PLD)**



Rysunek 4.50. Aktualna faza cyklu życia impulsowego osadzania laserowego



Rysunek 4.51. Perspektywy rozwojowe impulsowego osadzania laserowego

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Impulsowe osadzanie laserowe (PLD)		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)		M2-10/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Interwały czasowe		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	
Dlaczego?		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu	
Strategia dla technologii		Strategia koszykowa		Strategia koszykowa	
Oddziaływanie otoczenia		Ukorzeniona koszykowa		Ukorzeniona koszykowa	
Wartości technologii		Elementy biokompatybilne, w tym: implanty dla medycyny i stomatologii; filtry optyczne; soczewki; nanoelementy dla elektroniki i optoelektroniki; narzędzia do obróbki metali; płytki skrawająca z ostrzem cBN		Elementy biokompatybilne, w tym: implanty dla medycyny i stomatologii; filtry optyczne; soczewki; nanoelementy dla elektroniki i optoelektroniki; narzędzia do obróbki metali; płytki skrawająca z ostrzem cBN	
Produkt		Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Dość niska (4)	
Podłoże		Nierdzewne stале medyczne; polimery; szkła specjalne; krzem; materiały narzędziowe z węglifikow spiekanych; ceramika narzędziowa; metale; stале szybkoobrotowe; stopy tytanu, magnezu i aluminium		Dość niska (4)	
Co?		Rodzaj powłok/warstw i warstw/porosów na powierzchni podłoża		Porowate lub amorficzne biokompatybilne powłoki hydroksyapatytowe; filtry optyczne; metale i ich stopy; twarde powłoki węglkowe, halogenkowe, azotkowe (np. TiN, cBN); nanowarstwy	
Polepszone własności materiału		Biokompatybilność; specjalne własności optyczne; specjalne własności elektryczne; twardość, odporność na ścieranie		Biokompatybilność; specjalne własności elektryczne; twardość, odporność na ścieranie	
Aparatura naukowo-badawcza		Mikroskopy; elektrony transmisyjny (TEM), sił atomowych (AFM) oraz skaningowe; elektrony (SEM), elektrony transmisyjny (STEM), jony (FIB); dyfraktometr rentgenowski (XRD), trybometr, soratch tester, potencjostat; testery: zmęczenia cieplnego; zużycia erozyjnego; przewodnictwa cieplnego; odbicia światła		Mikroskopy; elektrony transmisyjny (TEM), sił atomowych (AFM) oraz skaningowe; elektrony (SEM), elektrony transmisyjny (STEM), jony (FIB); dyfraktometr rentgenowski (XRD), trybometr, soratch tester, potencjostat; testery: zmęczenia cieplnego; zużycia erozyjnego; przewodnictwa cieplnego; odbicia światła	
Technologia		Impulsowe osadzanie laserowe (PLD)		Impulsowe osadzanie laserowe (PLD)	
Faza cyklu życia		Wczesnodojrzała (6)		Wczesnodojrzała (6)	
Typ produkcji		Małoseryjna		Średnio- i wielkoseryjna	
Forma organizacji produkcji		Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych		Niepotokowa w gniazdach i potokowa asynchroniczna	
Nowoczesność parku maszynowego		Dość wysoka (7)		Dość wysoka (7)	
Automatyzacja i robotyzacja		Średnia (5)		Umiarkowana (6)	
Jakość i niezawodność		Dość niska (4)		Dość niska (4)	
Proekologiczność		Średnia (5)		Umiarkowana (6)	
Rodzaj organizacji		Uczelnie; INB; TP; CTT; średnie przedsiębiorstwa		Uczelnie; INB; TP; CTT; średnie przedsiębiorstwa	
Gdzie?		Reprezentowane gałęzie przemysłu		Medyczny; stomatologiczny; optyczny i optoelektroniczny; mikro- i nanoelektronika; narzędziowy	
Kto?		Poziom edukacji personelu		Wysoki (8)	
Ile?		Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej		Umiarkowane (6)	
Wymagania kapitałowe		Wartość produkcji w firmie		Umiarkowane (6)	
Wartość produkcyjną		Wartość produkcyjną		Dość niska (4)	
Wartość produkcyjną		Wartość produkcyjną		Niska (3)	

LEGENDA: → Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Impulsowe osadzanie laserowe (PLD)	Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego	Obszar tematyczny	Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)	M2-10/2010-12
Impulsowe osadzanie laserowe następuje po odparowaniu materiału z tarczy w wyniku oddziaływania silnie zogniskowanej wiązki laserowej skierowanej na wybrane miejsca tarczy, gdzie zaabsorbowana część energii powoduje wzbudzenie atomów materiału tarczy doprowadzając do ablacji. Wiązka lasera impulsowego pada na powierzchniń substancji w stanie stałym lub ciekłym. Silna absorpcja wysokoenergetycznego promieniowania prowadzi do gwałtownego odparowania (ablacji) części powierzchni tego materiału w postaci szybko ekspandującej plazmy. Ta chmura plazmowa napotykać na swej drodze powierzchni podłoża rekondensuje, osadza się na niej i tworzy warstwę. Impulsowe osadzanie laserowe może być wykorzystywane do osadzania cienkich warstw prawie wszystkich materiałów, lecz najczęściej technologii ta jest obecnie stosowana do nanoszenia twardych warstw odpornych na ścieranie, m.in. węglików lub azotków oraz cienkich warstw dla potrzeb mikroelektroniki.		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału Twardość Odporność na ścieranie Własności mechaniczne Odporność na korozję Specjalne własności elektryczne Specjalne własności optyczne Biokompatybilność Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury	Poziom Bardzo wysoki (9) Bardzo wysoki (9) Bardzo wysoki (9) Bardzo wysoki (9) Wysoki (8) Wysoki (8) Wysoki (8) Dość wysoki (7)
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża		Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia	Poziom
X jednowarstwowa	X wielofazowa	Zużycie ścierne	Bardzo wysoki (9)
X młotwarstwowa	X gradientowa	Korozja równomierna	Bardzo wysoki (9)
X multiwarstwowa (>100 warstw)	X kompozytowa	Korozja lokalna i wzorowa	Bardzo wysoki (9)
przemiany fazowe powierzchni podłoża	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	Korozja naprężeniowa i zmęczeniowa	Wysoki (8)
Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów		Korozja międzykryształiczna	Wysoki (8)
X mechaniczne	X magnetyczne	Zużycie dyfuzyjne	Wysoki (8)
X chemiczne	X dyfuzyjne	Fretting	Wysoki (8)
X elektryczne	X hydromechaniczne	Spalling	Wysoki (8)
Zalety	Wady	Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii	Poziom
Metoda umożliwia wytwarzanie powłok o nanokryształicznej budowie, ze względu na impulsową naturę PLD tempo wzrostu warstw oraz ich grubość mogą być ściśle kontrolowane.	Wysoki koszt urządzenia; ograniczeniem jest zdolność do pokrywania większych powierzchni.	M 72	Bardzo wysoki (9)
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe		C 26	Sredni (5)
Ablacja laserowa z użyciem lasera femtosekundowego z wirującymi tarczami segmentowymi. Wytwarzanie powłok biokompatybilnych hydroksypapatytowych, twardych powłok (węglkowych, chalcogenkowych, azotkowych), powłok na podłoża niespalizywane, polimerowe (>100°C) i nanowarstw dla elektroniki/optoelektroniki.		C 25	Niski (3)
Technologie zastępcze/alternatywne		C 18	Niski (3)
Chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (CVD); plazmo-chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (PACVD).		C 14	Minimalny (1)
Rekomendowane źródła literatury		C 29	Minimalny (1)
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		C 30	Minimalny (1)
2 M. Bonek, L.A. Dobrzański, E. Hajduczek, A. Klimpel, Structure and properties of laser alloyed surface layers on the hot-work tool steel, JMPT 175 (2006) 45-54.		F 42	Minimalny (1)
3 T. Burakowski, W. Napadlek, J. Marczak, Ablative Laser Cleaning In Areology – Up-to-date Condition and Prospects, Inżynieria Materiałowa 28/3-4 (2007) 618-621.		Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii	Poziom
		Modelowanie matematyczne (np. MES)	Wybitnie wysoki (10)
		Dynamika molekularna	Wysoki (8)
		Metody Monte Carlo	Dość wysoki (7)
		Sztuczne sieci neuronowe	Dość wysoki (7)
		Modelowanie wieloskalowe	Umiarkowany (6)
		Aktualna faza cyklu życia technologii	Dojrzała (5)
		Perspektywy rozwojowe	Wysokie (8)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Impulsowe osadzanie laserowe (PLD) Technologie fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej (PVD)	Nr katalogowy M2-10/2010-12																												
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Impulsowe osadzanie laserowe składa się z czterech etapów. W momencie, gdy wiązka laserowa napromieniowuje materiał, energia fotonów promieniowania laserowego zostaje wykorzystana do wzbudzenia elektronów i następnie zamienia się w energię ciepłą (etap 1.), co powoduje równoczesne topienie cienkiej warstwy materiału (etap 2.), przy czym cała strefa stopiona ulega ablacji czyli gwałtownemu odparowaniu, nie pozostając na powierzchni obrabianego materiału (etap 3.). Następnie ma miejsce jonizacja i rozprężanie par oraz tworzenie się i eksplozyjne rozprzestrzenianie się plazmy w komorze roboczej, głównie w kierunku pokrywanych przedmiotu (etap 4). Do osadzania powłok wykorzystywane są lasery emitujące promieniowanie nadfioletowe, z uwagi na największą absorpcję tego zakresu promieniowania przez materiał. Technika tą wytwarza się głównie twarde warstwy odporne na ścieranie i cienkie warstwy dla potrzeb mikroelektroniki. Proces ten umożliwia wytwarzanie wielowarstwowych powłok z zachowaniem założonych stężeń poszczególnych pierwiastków. Materiał odparowany i osadzony każdorazowo stanowi nowe podłoże dla wzrostu następnych nanoszczonych warstw. W celu poprawy przyczepności nanoszczonych powłok do podłoży są one podgrzewane. Chłodzenie podłoży umożliwia uzyskanie amorficznej lub nanokryształicznej struktury powłok.</p>																															
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1" data-bbox="201 864 617 1614"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>20</td> <td>10³</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>10⁻³</td> <td>10⁵</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>10⁻¹⁵</td> <td>2·10⁴</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td colspan="3">gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny</td> </tr> <tr> <td>Specyficzne warunki realizacji procesu</td> <td colspan="3">obniżone ciśnienie</td> </tr> </tbody> </table> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Bezpośrednio przed procesem nanoszenia powłok wsad należy standardowo przygotować poprzez czyszczenie chemiczne z wykorzystaniem wieloetapowego procesu mycia i płukania w kapielach myjąco-odtłuszczających, a następnie trawienie jonowe w komorze urządzeniowej.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia Napylarka próżniowa.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie Komora próżniowa; głowice napylające; układy wytwarzania i podtrzymywania próżni; elektrody dodatkowe oraz polaryzujące wsad; laser z układem optycznym.</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	20	10 ³	Ciśnienie	Pa	10 ⁻³	10 ⁵	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	10 ⁻¹⁵	2·10 ⁴	Środowisko/atmosfera	gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny			Specyficzne warunki realizacji procesu	obniżone ciśnienie		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																												
Temperatura	°C	20	10 ³																												
Ciśnienie	Pa	10 ⁻³	10 ⁵																												
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																												
Czas	s	10 ⁻¹⁵	2·10 ⁴																												
Środowisko/atmosfera	gaz obojętny (Ar), gaz reaktywny																														
Specyficzne warunki realizacji procesu	obniżone ciśnienie																														
Schemat impulsowego osadzania laserowego (PLD)																															

4.3. Perspektywy rozwojowe technologii chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej

W niniejszym podrozdziale zamieszczono wyniki prac własnych, z których część – w postaci Kart Informacyjnych Technologii (KIT) – sporządzono we współpracy z Klaudiuszem Gołombkiem. Chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (CVD) polega na tworzeniu warstw węglików i azotków metali, np. chromu, wanadu, tytanu, tantalu lub cyrkonu, ze składników atmosfery gazowej, na powierzchni obrabianego przedmiotu. W procesie tworzenia warstwy biorą udział składniki podłoża. Wysoka temperatura konieczna do przebiegu reakcji chemicznych znacznie ogranicza zakres stosowania metody CVD głównie do nanoszenia warstw na płytki z węglików spiekanych lub spiekanych materiałów ceramicznych, dla których wysoka temperatura procesu nie powoduje utraty ich własności.

Najlepsze pozycje strategiczne, ocenione każdorazowo na 9 punktów w dziesięciopunktowej skali, w grupie technologii polegających na chemicznym osadzaniu powłok z fazy gazowej CVD, zajmują następujące metody [3]: osadzanie powłok z użyciem prekursorów metaloorganicznych (MOCVD) G_{M3}^s (8,6; 8,5), osadzanie powłok z fazy gazowej aktywowane laserowo (LCVD) E_{M3}^s (8,7; 8,3) i plazmochemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (PACVD/PECVD) D_{M3}^s (8,5; 8,2), które znalazły się w najlepszej szesnastce macierzy strategii dla technologii, dla której zalecana jest strategia dębu wiosną, zatem ich przyszły sukces jest pewny. Bardzo obiecująca (8 punktów) jest również prototypowa technologia osadzania pojedynczych warstw atomowych (ALD) J_{M3}^s (4,4; 8,8), w odniesieniu do której zaleca się zastosowanie strategii cyprysa wiosną, polegającej na dalszych pracach naukowo-badawczych służących jej doskonaleniu i wzmocnieniu. Wskazane jest również doinwestowywanie tej atrakcyjnej technologii połączone z wykorzystywaniem licznych sposobności płynących z mikro- i makrootoczenia. Dość wysokimi perspektywami rozwojowymi (7 punktów) charakteryzują się również technologie osadzania powłok z fazy gazowej aktywowanego wiązką promieni UV (Photo CVD) F_{M3}^s (4,4; 4,5) i pod obniżonym ciśnieniem (LPCVD) C_{M3}^s (6,6; 4,9). W odniesieniu do wzrostowej technologii F_{M3} zaleca się zastosowanie strategii cyprysa jesienią, zgodnie z którą należy maksymalnie wykorzystywać stabilne, przewidywalne otoczenie w celu realizacji produkcji z użyciem atrakcyjnej technologii, wzmocniając równocześnie jej potencjał.

Technologia C_{M3} , podobnie jak inne technologie bazowe o umiarkowanych perspektywach rozwoju (6 punktów), obejmujące klasyczne wysokotemperaturowe chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (HFCVD) A_{M3}^s (6,7; 4,2) i osadzanie ich pod ciśnieniem atmosferycznym (APCVD) B_{M3}^s (6,8; 3,8), znalazła się w polu kosodrzewiny jesienią. W odniesieniu do technologii C_{M3} , A_{M3} i B_{M3} zalecane jest zatem postępowanie polegające na czerpaniu zysków z realizacji produkcji w przewidywalnym otoczeniu, z wykorzystaniem solidnych, dobrze poznanych technologii o dużym potencjale, które należy unowocześniać i intensywnie promować w celu wzmocnienia ich atrakcyjności. Średnią (5 punktów) pozycję strategiczną ma, znajdująca się na eksperymentalnym etapie rozwoju, charakteryzująca się dużą atrakcyjnością, chemiczna infiltracja z fazy gazowej (CVI) I_{M3}^s (4,3; 4,5), dla której zaleca się prowadzenie dalszych badań w celu umocnienia jej potencjału oraz ocenę specyficznych i systematycznych czynników ryzyka płynących z otoczenia i, w zależności od ich wyników, podjęcie walki o klienta lub wycofanie technologii z rynku, na którym przeważają niemożliwe do przezwyciężenia trudności. Podobnie na średnim poziomie (5 punktów) oceniono perspektywy rozwojowe późno-dojrzałej technologii osadzania powłok realizowanego w złożu fluidalnym (Fluidized-Bed CVD) H_{M3}^s (6,6; 6,0), która znalazła się w polu kosodrzewiny latem. Postępowanie zalecane w odniesieniu do tej grupy technologii, mającej duży potencjał, obejmuje działania służące jej uatrakcyjnieniu i unowocześnieniu, przeprowadzenie badań marketingowych i dopasowanie produktu do wymagań klienta.

Analiza przyszłych ścieżek rozwoju strategicznego [3] technologii polegających na chemicznym osadzeniu powłok z fazy gazowej wskazuje jednoznaczne tendencje wzrostowe charakteryzujące chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej aktywowane laserowo (LCVD) E_{M3} (100%), plazmochemicznie (PACVD/PECVD) D_{M3} (91%) i poprzez nanoszenie pojedynczych warstw atomowych (ALD) J_{M3} (75%). Dobre perspektywy ma także osadzanie powłok z użyciem prekursorów metaloorganicznych (MOCVD) G_{M3} , którego znaczenie wzrośnie (50%) lub utrzyma się nadotychczasowym poziomie (50%). Przewiduje się coraz mniejsze znaczenie, wśród metod chemicznego osadzania z fazy gazowej, najwyraźniej ulegającego degradacji, osadzania powłok realizowanego w złożu fluidalnym (Fluidized-Bed CVD) H_{M3} (50%). Znaczenie pozostałych technologii na tle analizowanego obszaru tematycznego powinno się utrzymać na dotychczasowym poziomie.

Symbol pola badawczego: **M**

Symbol obszaru tematycznego: **M3**

Prezentowane podejście: **Procesowe**

Obszar tematyczny: **Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej**

Wykaz technologii krytycznych wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M3:

A_{M3} Wysokotemperaturowe chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (HFCVD)

B_{M3} Osadzanie powłok z fazy gazowej pod ciśnieniem atmosferycznym (APCVD)

C_{M3} Osadzanie powłok z fazy gazowej pod obniżonym ciśnieniem (LPCVD)

D_{M3} Plazmo-chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (PACVD/PECVD)

E_{M3} Osadzanie powłok z fazy gazowej aktywowane laserowo (LCVD)

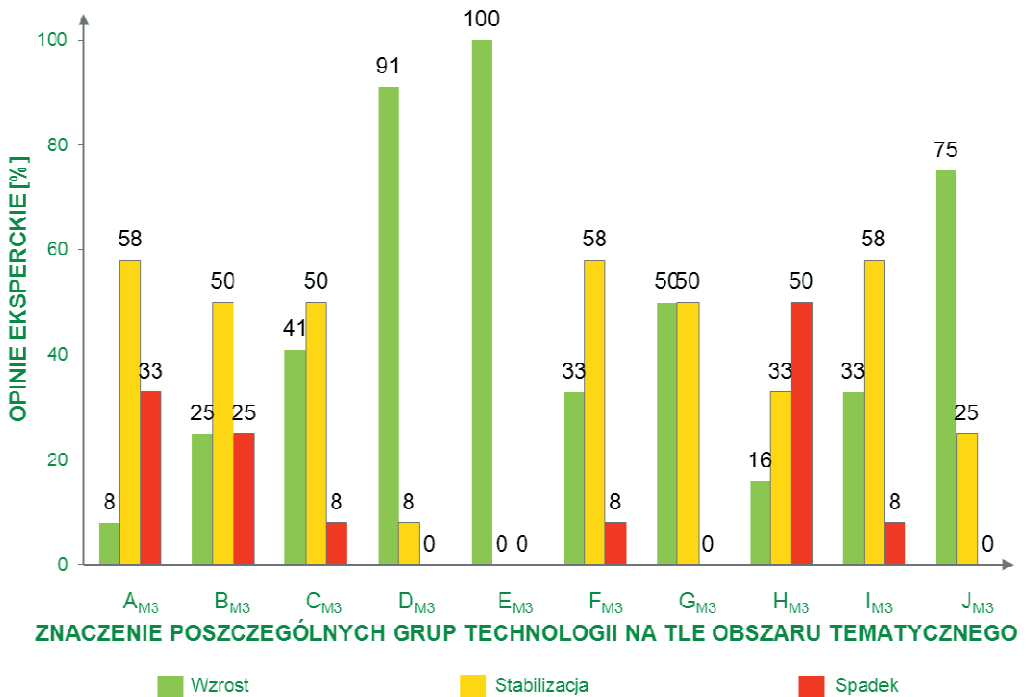
F_{M3} Osadzanie powłok aktywowane wiązką promieni UV (Photo CVD)

G_{M3} Osadzanie powłok z użyciem prekursorów metaloorganicznych (MOCVD)

H_{M3} Osadzanie powłok realizowane w złożu fluidalnym (Fluidized-Bed CVD)

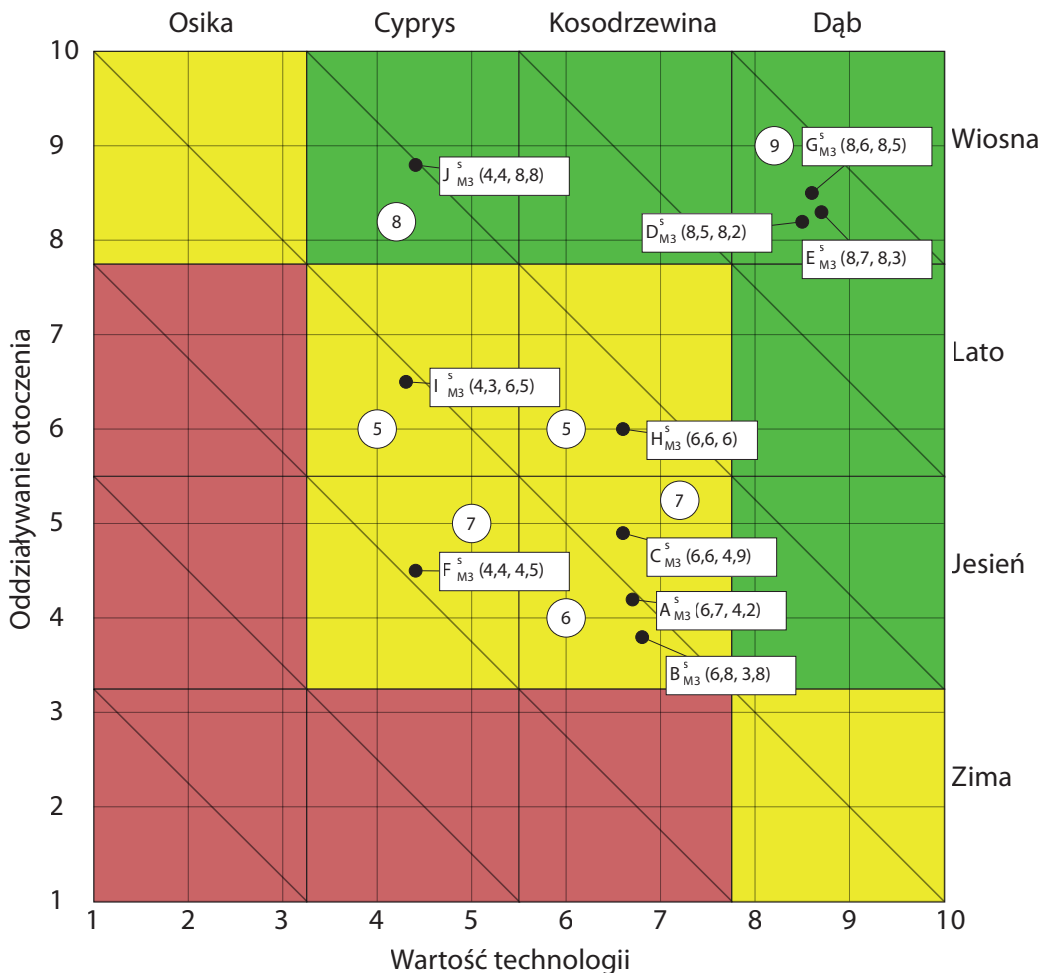
I_{M3} Chemiczna infiltracja z fazy gazowej (CVI)

J_{M3} Osadzanie pojedynczych warstw atomowych (ALD)



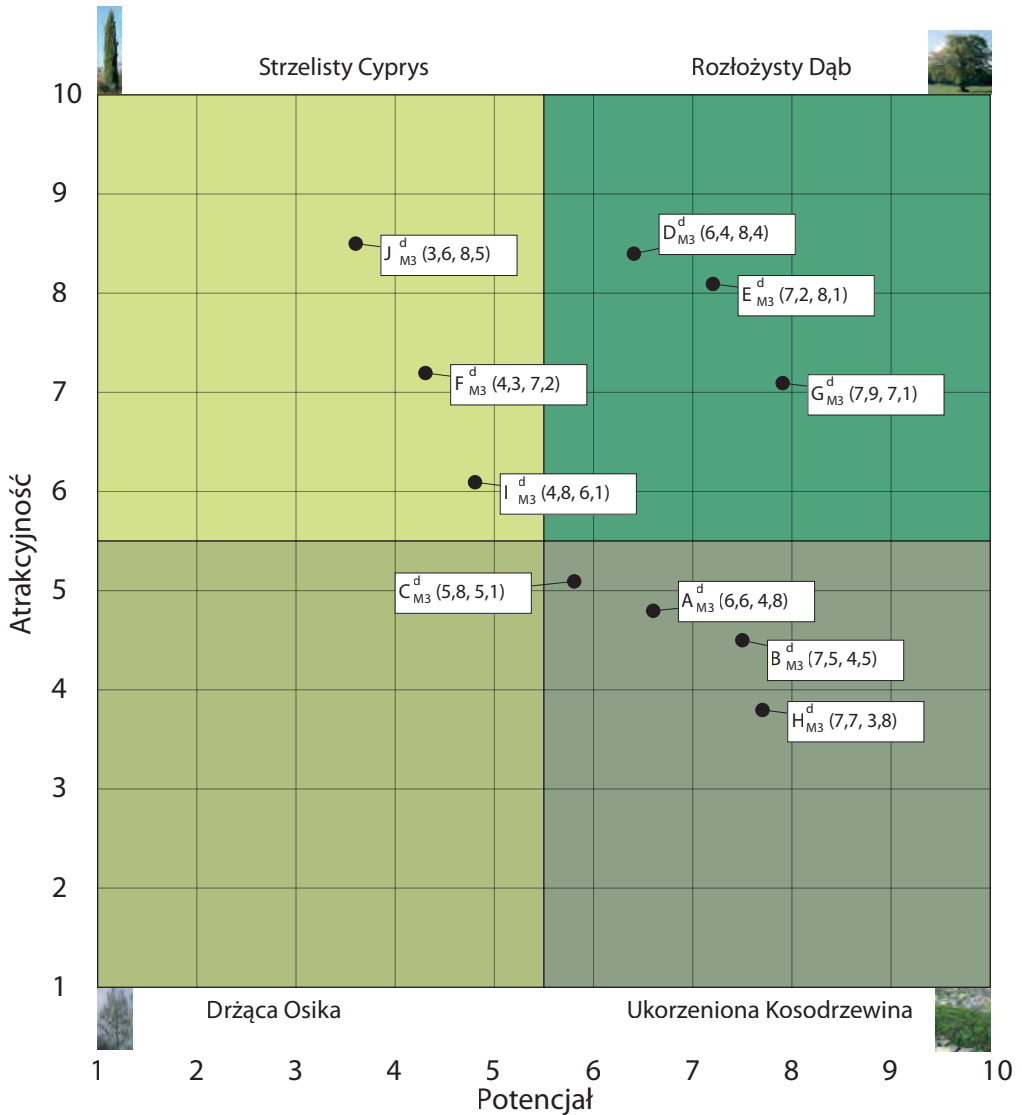
Rysunek 4.52. Prognozowane trendy zmian znaczenia poszczególnych grup technologii krytycznych na tle obszaru tematycznego M3: Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej

MACIERZ M3-S



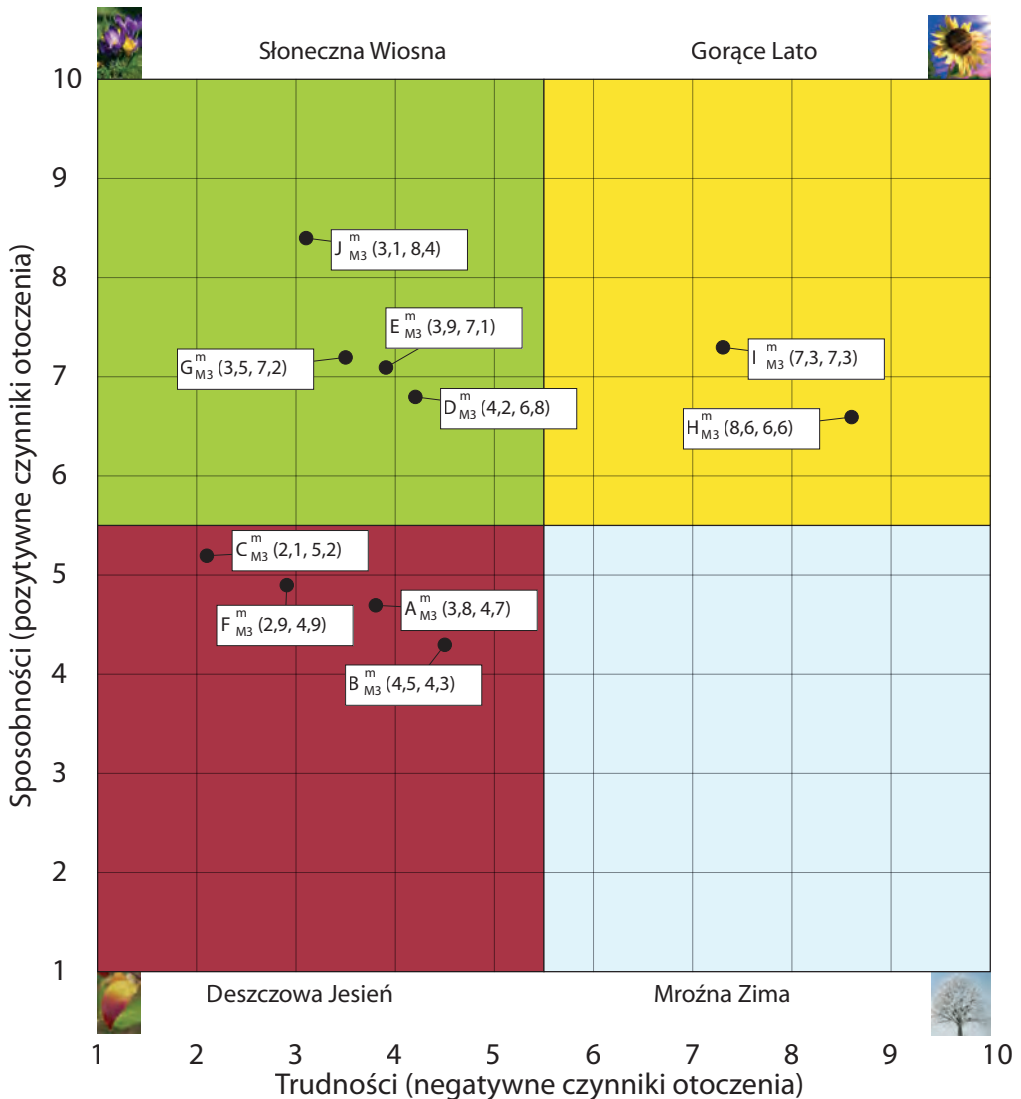
Rysunek 4.53. Macierz strategii dla technologii prezentująca wyrażone ilościowo perspektywy rozwojowe poszczególnych grup technologii chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej A_{M3} - J_{M3} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M3 i wskazująca strategie rekomendowane do zastosowania w odniesieniu do tych grup technologii

MACIERZ M3-D



Rysunek 4.54. Macierz dendrologiczna prezentująca potencjał i atrakcyjność poszczególnych grup technologii krytycznych chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej A_{M3} - J_{M3} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M3

MACIERZ M3-M



Rysunek 4.55. Macierz meteorologiczna prezentująca intensywność oddziaływania pozytywnych i negatywnych czynników otoczenia na grupy technologii krytycznych chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej A_{M3} - J_{M3} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M3

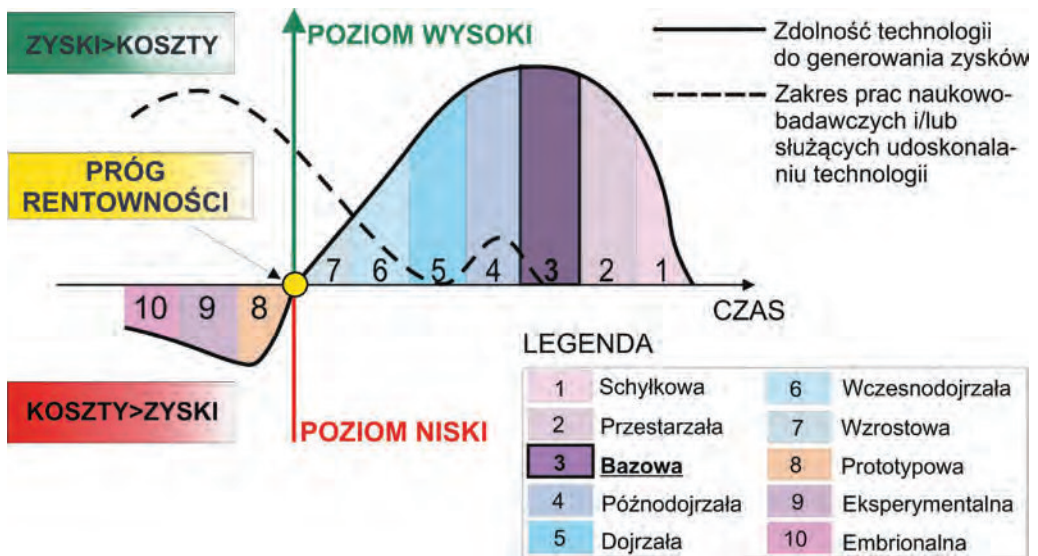
Symbol obszaru tematycznego: **M3**

Symbol grupy technologii: **A_{M3}**

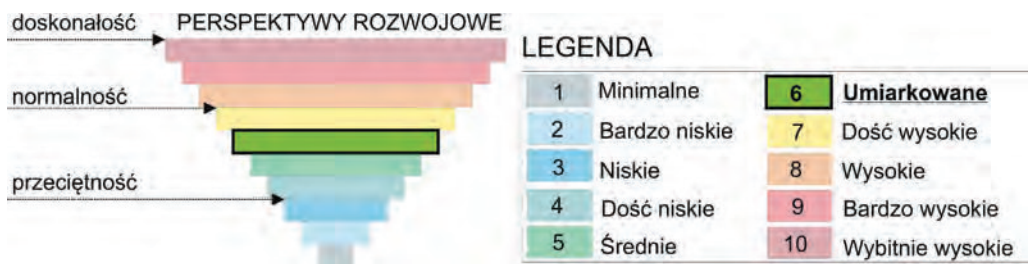
Numer katalogowy: **M3-01**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Wysokotemperaturowe chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Hot Filament Chemical Vapour Deposition (HFCVD)**



Rysunek 4.56. Aktualna faza cyklu życia wysokotemperaturowego chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej



Rysunek 4.57. Perspektywy rozwojowe wysokotemperaturowego chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Wysokotemperaturowe chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (HFCVD)	Nr katalogowy																												
	Obszar tematyczny	Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)	M3-01/2010-12																												
Opis przebiegu procesu technologicznego																															
<p>Wzrostowi warstw w procesie klasycznego osadzania powłok z fazy gazowej (HFCVD), wykorzystującym metodę gorącego włókna, towarzyszy szereg zjawisk fizycznych i procesów chemicznych, decydujących o własnościach końcowego produktu, do których należą m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ transport gazowych reagentów do warstwy granicznej drogą konwekcji swobodnej lub wymuszonej, ▪ transport gazowych reagentów przez warstwę dyfuzyjną do powierzchni podłoża drogą dyfuzji, ▪ adsorpcja reagentów na powierzchni podłoża, ▪ reakcje chemiczne pomiędzy cząstkami zaadsorbowanymi na powierzchni podłoża a cząsteczkami z fazy gazowej (reakcje heterogeniczne) oraz reakcje pomiędzy cząsteczkami w fazie gazowej (reakcje homogeniczne), ▪ nukleacja i wzrost kryształów, ▪ desorpcja produktów ubocznych reakcji z powierzchni ciała stałego, ▪ transport gazowych produktów reakcji przez warstwę graniczną do mieszaniny gazowej. 																															
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>800</td> <td>1100</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>10^{-1}</td> <td>10^3</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>10^2</td> <td>10^3</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td colspan="3">gazy reaktywne</td> </tr> <tr> <td>Specyficzne warunki realizacji procesu</td> <td colspan="3">wysoka temperatura</td> </tr> </tbody> </table>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	800	1100	Ciśnienie	Pa	10^{-1}	10^3	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	10^2	10^3	Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne			Specyficzne warunki realizacji procesu	wysoka temperatura		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																												
Temperatura	°C	800	1100																												
Ciśnienie	Pa	10^{-1}	10^3																												
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																												
Czas	s	10^2	10^3																												
Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne																														
Specyficzne warunki realizacji procesu	wysoka temperatura																														
Metod(a)/y wstępnego przygotowania materiału podłoża																															
Czyszczenie mechaniczne/chemiczne; polerowanie.																															
Typ/rodzaj urządzenia																															
Stacjonarne; specjalistyczne.																															
Specyficzne oprzyrządowanie																															
Komora robocza; układ próżniowy; system sterowania i zasilania; układ gazów roboczych.																															
			Schemat układu umożliwiającego realizację klasycznego wysokotemperaturowego chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (HFCVD)																												

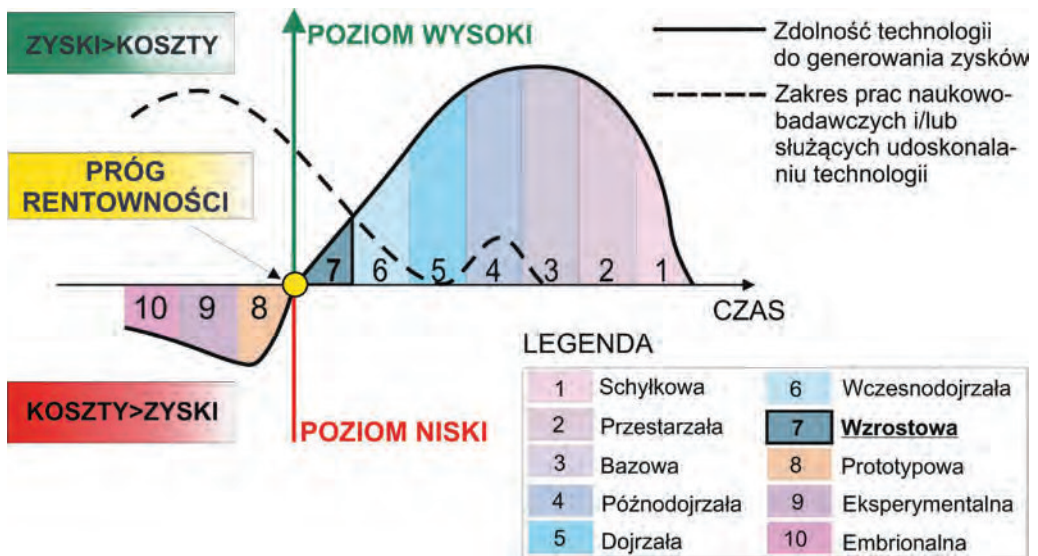
Symbol obszaru tematycznego: **M3**

Symbol grupy technologii: **B_{M3}**

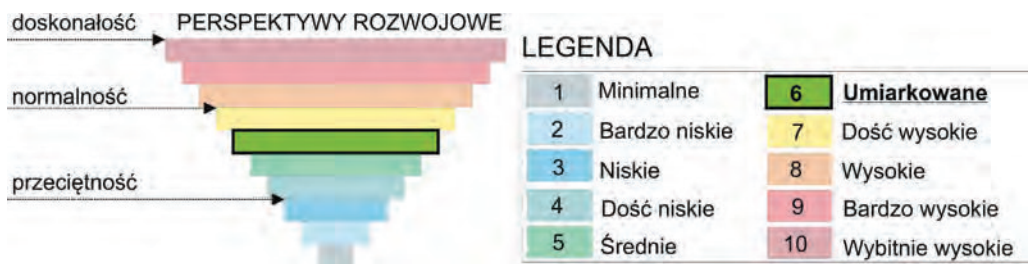
Numer katalogowy: **M3-02**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Osadzanie powłok z fazy gazowej pod ciśnieniem atmosferycznym**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Atmospheric Pressure Chemical Vapour Deposition (APCVD)**



Rysunek 4.58. Aktualna faza cyklu życia osadzania powłok z fazy gazowej pod ciśnieniem atmosferycznym

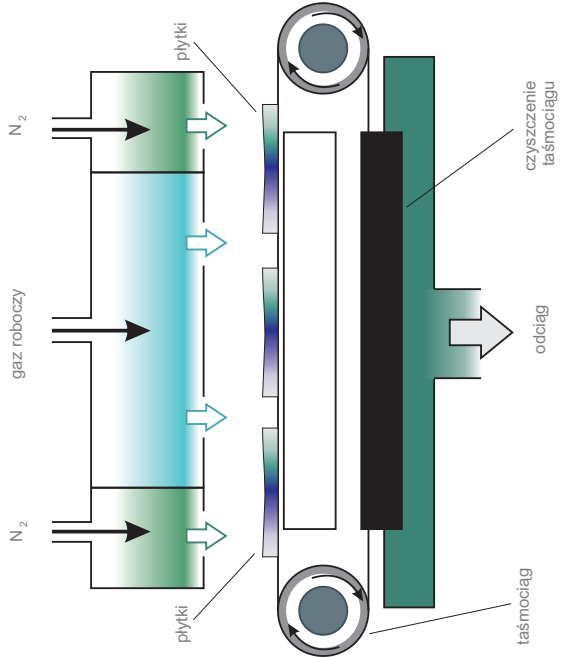


Rysunek 4.59. Perspektywy rozwojowe osadzania powłok z fazy gazowej pod ciśnieniem atmosferycznym

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Osadzenie powłok z fazy gazowej pod ciśnieniem atmosferycznym (APCVD)	Nr katalogowy
Kiedy? Interwały czasowe		Obszar tematyczny | Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)	M3-02/2010-12
		DZIŚ 2010-12	2030
Dlaczego?	<p>Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze</p> <p>Strategia dla technologii Oddziaływanie otoczenia Wartości technologii</p>	<p>Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych</p> <p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu</p> <p>Strategia osiła możliwości.</p> <p>Drżąca osiła</p>	<p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>
Co?	<p>Produkt</p> <p>Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji</p> <p>Podłoże</p> <p>Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża</p> <p>Polepszone własności materiału</p> <p>Aparatura naukowo-badawcza</p>	<p>Narzędzia skrawające; łopatkii turbin; elementy silników spalinyowych; baterie wykorzystujące ogniwa paliwowe stosowane w urządzeniach przenośnych, generatorach, elektrowniach, pojazdach, stacjach kosmicznych; baterie słoneczne dla energetyki; produkty mikro- i optoelektroniczne; elementy półprzewodników</p> <p>Umiarkowana (6) Średnia (5)</p> <p>Stale narzędziowe; węgliki spiekane; metale; ceramale; stopy niklu i kobaltu; krzem</p> <p>Twarde powłoki węglkowe, azotkowe, węglikoazotkowe (TiC, TiN, Ti(C,N)); ceramiczne powłoki tlenkowe (np. SiO₂); powłoki dyfuzyjne aluminiowe i chromowe; powłoki wielowarstwowe (np. TiN/TiC/Al₂O₃); epitaksjalne powłoki krzemowe</p> <p>Oporność na utlenianie; oporność na ścieranie; oporność na zużycie; oporność na erozję i korozję; twardość; specjalne własności elektryczne; specjalne własności optyczne, w tym refleksyjność; niski koszt wytworzenia; oporność na oddziaływanie wysokiej temperatury; oporność zmęczenia</p> <p>Mikroskopy; elektrony transmisyjny (TEM); sil atomowy (AFM) oraz skaningowy (SEM); elektrony transmisyjny (STEM), jonowy (FIB); rentgenowski spektroskop fotoelektronowy (XPS); dyfraktometr rentgenowski (XRD); spektrofotometr fourierowski (FTIR); aparatura do badania półprzewodników i kinetyki utleniania; scratch tester, trybometr, twardościomierz, profilograf; testy: zmęczenia cieplnego, zużycia erozyjnego</p>	<p>Średnia (5)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Wzrostowa (7)</p> <p>Średnio- i wielkoseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach i na linii, potokowa synchroniczna</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Duże, średnie, małe i mikroprzedsiębiorstwa; PP; J. Sp. SP</p>
Jak?	<p>Technologia</p> <p>Faza cyklu życia</p> <p>Typ produkcji</p> <p>Forma organizacji produkcji</p> <p>Nowoczesność parku maszynowego</p> <p>Automatyzacja i robotyzacja</p> <p>Jakość i niezawodność</p> <p>Proekologiczność</p>	<p>Wzrostowa (7)</p> <p>Średnio- i wielkoseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach przedmiotowych i technologicznych</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Osadzenie powłok z fazy gazowej pod ciśnieniem atmosferycznym (APCVD)</p>	<p>Wzrostowa (7)</p> <p>Średnio- i wielkoseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach i na linii, potokowa synchroniczna</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Duże, średnie, małe i mikroprzedsiębiorstwa; PP</p>
Gdzie?	<p>Rodzaj organizacji</p> <p>Reprezentowane gałęzie przemysłu</p>	<p>Uzależnie; INB; duże i średnie przedsiębiorstwa; PP; J. Sp. SP</p> <p>Narzędziowy; motoryzacyjny; kosmiczny; energetyczny; mikro- nano- i optoelektroniczny</p>	<p>Duże, średnie, małe i mikroprzedsiębiorstwa; PP</p>
Kto?	<p>Poziom edukacji personelu</p> <p>Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej</p>	<p>Niski (3)</p> <p>Niskie (3)</p>	<p>Niski (3)</p> <p>Niskie (3)</p>
Ile?	<p>Wymagania kapitałowe</p> <p>Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność</p> <p>Wartość produkcji w kraju</p>	<p>Niskie (3)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Wysoka (8)</p>	<p>Niskie (3)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Dość wysoka (7)</p>

LEGENDA: ↔ Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe ↔ Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Osadzenie powłok z fazy gazowej pod ciśnieniem atmosferycznym (APCVD)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)	M3-02/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
Metoda osadzania powłok z fazy gazowej pod ciśnieniem atmosferycznym (APCVD) polega na powlekanii materiałem, poprzez odparowanie jego ściśle określonej ilości przy ciśnieniu równym atmosferycznemu i przeniesienie go strumieniem podgrzanego obojętnego gazu by stworzyć mieszaninę o temperaturze powyżej temperatury kondensacji materiału odparowanego. Następnie, strumień ten kierowany jest na substrat o temperaturze niższej, niż temperatura kondensacji materiału, co powoduje powstanie cienkiej warstwy materiału na powierzchni substratu. Grubość warstwy można łatwo kontrolować poprzez regulację temperatury substratu.			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
X	jednowarstwowa	wielofazowa	X amorficzna
X	wielowarstwowa	gradientowa	nanokryształiczna
X	multiwarstwowa (>100 warstw)	kompozytowa	hybrydowa
X	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	procesy fizyczne na powierzchni podłoża
Szczególne własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
X	mechaniczne	magnetyczne	optyczne
X	chemiczne	X dyfuzyjne	termiczne
	elektryczne	hydromechaniczne	akustyczne
			antykorozyjne
			inne
Zalety			
		Wady	
Duża wydajność i szybkość osadzania; niski koszt i stosunkowo proste urządzenia do realizacji procesu (nie jest wymagana próżnia); ograniczenia wynikające z geometrii próbek.			
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań			
Osadzenie z fazy gazowej pod ciśnieniem atmosferycznym twardych powłok, w tym wielowarstwowych na narzędzia skrawające z węglików spiekanych i cermetali, powłok dyluzyjnych aluminidkowych i chromowanymi, epitaksjalnych powłok krzemowych, powłok tlenkowych i nanorek dla mikro-, nano- i optoelektroniki.			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Fizyczne osadzanie z fazy gazowej (PVD); technologie hybrydowe.			
Rekomendowane źródła literatury			
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		
2	P. Kula, Inżynieria warstwy wierzchniej, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2000.		
3	L.S. Price, et al., Atmospheric Pressure CVD of SnS and SnS ₂ on Glass, Chemical Vapor Deposition 6 (1998) 222–225.		
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			
Poziom			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Umiarkowany (6)			
Umiarkowany (6)			
Średni (5)			
Średni (5)			
Dość niski (4)			
Dość niski (4)			
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia			
Poziom			
Wysoki (8)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Średni (5)			
Średni (5)			
Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			
Poziom			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Umiarkowany (6)			
Bardzo niski (2)			
Minimalny (1)			
Minimalny (1)			
Minimalny (1)			
Minimalny (1)			
Minimalny (1)			
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii			
Poziom			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Średni (5)			
Średni (5)			
Wzrostowa (7)			
Umiarkowane (6)			
Perspektywy rozwoju			

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Osadzanie powłok z fazy gazowej pod ciśnieniem atmosferycznym (APCVD)	Nr katalogowy M3-02/2010-12
Obszar tematyczny		Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)	
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Etapy procesu osadzania powłok z fazy gazowej pod ciśnieniem atmosferycznym (APCVD): transport substratów do strefy roboczej, kolejno transport substratów ze strumienia gazu do podłoża, następnie adsorpcja substratów na podłożu oraz procesy powierzchniowe (w tym: dekompozycja substratów, migracja, wiązanie z podłożem) i desorpcja produktów ubocznych reakcji, następnie transport produktów do strumienia gazu z podłoża i ostatnim etapem jest transport produktów (wymuszona konwekcja) z komory.</p> <p>W metodzie osadzania powłok z fazy gazowej pod ciśnieniem atmosferycznym (APCVD) wykorzystywany jest najczęściej reaktor o "zimnych ściankach", w którym przebiega proces powlekania. W reaktorze tym tylko nośnik powlekaných substratów jest podgrzewany (najczęściej przy użyciu specjalnych lamp, lub poprzez indukcję prądem przemiennym o częstotliwości radiowej). Mimo iż metoda ta nie oferuje tak szybkiego tempa powlekania wielu elementów, jak w reaktorze o "gorących ściankach", czystość naniesionych powłok jest dużo wyższa, a zużycie gazów roboczych dużo niższe, dzięki faktowi, że ścianki uczestniczą w reakcji powlekania w znikomym stopniu. W niektórych reaktorach tego typu stosuje się dodatkowe chłodzenie wodą, by ten udział jeszcze bardziej zmniejszyć.</p>			
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do
Temperatura	°C	600	1000
Ciśnienie		atmosferyczne	
Warunki prądowo-napięciowe		-	-
Czas	s	10 ²	10 ³
Środowisko/atmosfera		gazy reaktywne	
Specyficzne warunki realizacji procesu	wysoka temperatura; długi czas pokrywania.		
Metod(a)/-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Czyszczenie mechaniczne/chemiczne; polewanie.			
Typ/rodzaj urządzenia			
Stacjonarne; specjalistyczne.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Komora robocza; system sterowania i zasilania; układ gazów roboczych.			
 <p>Schemat układu umożliwiającego realizację procesów chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej pod ciśnieniem atmosferycznym (APCVD)</p>			<p>Schemat układu umożliwiającego realizację procesów chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej pod ciśnieniem atmosferycznym (APCVD)</p>

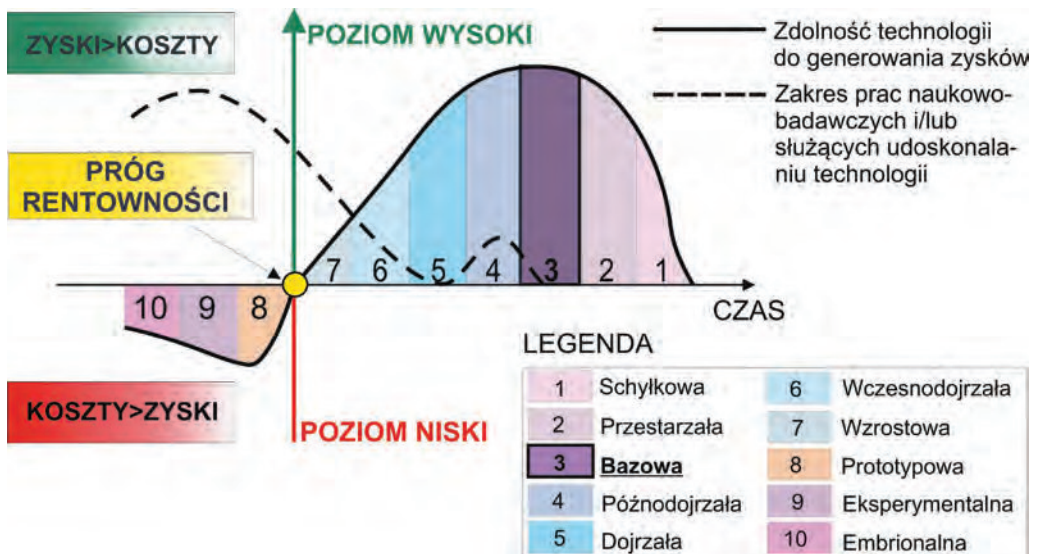
Symbol obszaru tematycznego: **M3**

Symbol grupy technologii: **C_{M3}**

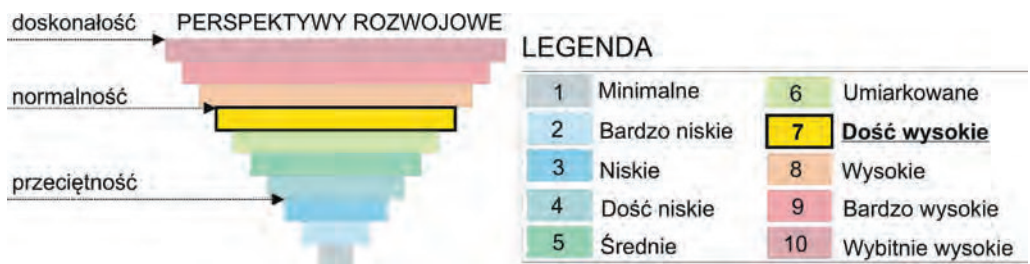
Numer katalogowy: **M3-03**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Osadzanie powłok z fazy gazowej pod obniżonym ciśnieniem**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Low Pressure Chemical Vapour Deposition (LPCVD)**



Rysunek 4.60. Aktualna faza cyklu życia osadzania powłok z fazy gazowej pod obniżonym ciśnieniem

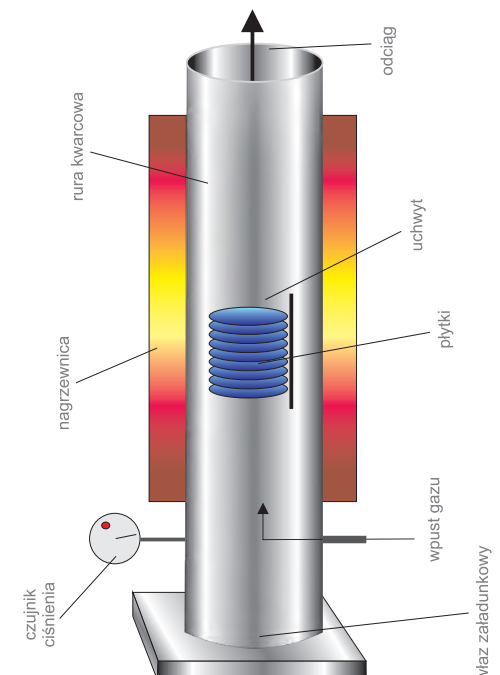


Rysunek 4.61. Perspektywy rozwojowe osadzania powłok z fazy gazowej pod obniżonym ciśnieniem

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Osadzenie powłok z fazy gazowej pod obniżonym ciśnieniem (LPCVD)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny | Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)		2020	M3-03/2010-12
Kiedy? Interwały czasowe		DZIŚ 2010-12	2030
Dlaczego?	<p>Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych</p> <p>Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń</p> <p>Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego</p> <p>Strategia koszykowy jesień. Czerpać korzyści, umacniając atrakcyjność technologii. Czerpać zyski z realizacji produkcji w stabilnym przewidywalnym otoczeniu z wykorzystaniem solidnej technologii, którą należy unowocześniać i intensywnie promować dla wzmocnienia jej atrakcyjności.</p> <p>Ukorzeniona koszykowa</p> <p>Narzędzia skrawające; monokryształiczne łopaty kierujące i wirujące turbin gazowych i silników odrzutowych; kompozytowe elementy samolotów; produkty mikro- i optoelektroniczne, tzw. drukowane elementy grzejne PBN/PG; baterie słoneczne</p>	<p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu</p>	<p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>
Co?	<p>Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji</p> <p>Podłoże</p> <p>Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/porosów na powierzchni podłoża</p> <p>Polepszone własności materiału</p> <p>Aparatura naukowo-badawcza</p>	<p>Dość wysoka (7)</p> <p>Stal; węgielki splekane; stopy żarowytrzymałe, w tym: stopy tytanu i niklu; kompozyt z osnową ceramiczną (CMC); krzem; pyrolicylny azotek boru (PBN)</p> <p>Twarde powłoki węglkowe, azotkowe, węglikoazotkowe (TiC, TiN, Ti(C,N)); powłoki tlenkowe; powłoki żaroodporne (aluminidki Ni i Co); powłoki ceramiczne, w tym nano i mikro; cienkie warstwy półprzewodnikowe (InP, GaAs, GaInAs; pyrolicylny grafit - PG); cienkie warstwy z udziałem krzemu (SiC i Si₃N₄);</p> <p>Twardość; odporność na ścieranie, odporność na erozję i korozję; odporność zmęczenia; żaroodporność; specjalne własności elektryczne</p> <p>Mikroskopy; elektrony transmisyjny (TEM), sił atomowy (AFM) oraz skaningowe; elektrony (SEM), elektrony transmisyjny (STEM), jonowy (FIB); rentgenowski spektroskop fotoelektronowy (XPS); dyfraktometr rentgenowski (XRD), scratch tester; tybometer; kaloter; nanolinter; twardościomierz; profilograf; testery; zmęczenia cieplnego, zużycia erozyjnego</p>	<p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p>
Jak?	<p>Technologia</p> <p>Faza cyklu życia</p> <p>Typ produkcji</p> <p>Forma organizacji produkcji</p> <p>Nowoczesność parku maszynowego</p> <p>Automatyzacja i robotyzacja</p> <p>Jakość i niezawodność</p> <p>Proekologiczność</p>	<p>Bazowa (3)</p> <p>Srednio- i wielkoseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach przedmiotowych i technologicznych</p> <p>Srednia (5)</p> <p>Srednia (5)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Srednia (5)</p>	<p>Bazowa (3)</p> <p>Masowa</p> <p>Niepotokowa w gniazdach, potokowa asynchroniczna i synchroniczna</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Srednia (5)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Srednia (5)</p>
Gdzie?	<p>Rodzaj organizacji</p> <p>Reprezentowane gałęzie przemysłu</p>	<p>Duże, średnie i małe przedsiębiorstwa; PP; J. Sp. Sp</p> <p>Narzędziowy; lotniczy; mikro- nano- i optoelektroniczny; energetyczny</p>	<p>Duże, średnie, małe i mikroprzedsiębiorstwa; PP; Sp. JV</p>
Kto?	<p>Poziom edukacji personelu</p> <p>Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej</p>	<p>Dość niski (3)</p> <p>Umiarowane (6)</p>	<p>Sredni (5)</p> <p>Dość niskie (4)</p>
Ile?	<p>Wymagania kapitałowe</p> <p>Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność</p> <p>Wartość produkcji w kraju</p>	<p>Niskie (3)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Wysoka (8)</p>	<p>Niskie (3)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p>

LEGENDA: ---> Związki przyczynowo-skutkowe ---> Powiązania kapitałowe > Korelacje czasowe <---> Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Osadzenie powłok z fazy gazowej pod obniżonym ciśnieniem (LPCVD)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)	M3-03/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
Technologia osadzania powłok z fazy gazowej pod obniżonym ciśnieniem (LPCVD) polega na nanoszeniu związków chemicznych w postaci cienkich warstw wydzielonych z gazu reaktywnego w wyniku reakcji chemicznych pod wpływem niskiego ciśnienia. Metoda ta jest stosowana do nanoszenia powłok azotkowych, tlenkowych, krzemowych i o własnościach dielektrycznych, umożliwiających powlekanie dużej ilości próbek w stosunkowo krótkim czasie. W metodzie tej wykorzystywany jest najczęściej reaktor o "gorących ściankach", czyli komora, w której zachodzi proces powlekania. Komora reaktora jest otoczona przez element grzejny, który przekazuje ciepło na ścianki reaktora, a z kolei te ścianki podgrzewają gazy do temperatury niezbędnej do przeprowadzenia reakcji. Konieczność podgrzewania całej komory powoduje, że jej ścianki również ulegają powleczeniu materiałem, co zakłada ich przewodność i sprzyja wprowadzaniu zanieczyszczeń do wnętrza komory, a także przyczynia się zwiększenia zużycia ilości reagentów w procesie.			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
X	jednowarstwowa	wielofazowa	X amorficzna
X	wielowarstwowa	gradientowa	X nanokryształczna
X	multiwarstwowa (>100 warstw)	kompozytowa	hybrydowa
X	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	procesy fizyczne na powierzchni podłoża
Szczególne własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
X	mechaniczne	magnetyczne	optyczne
X	chemiczne	X dyfuzyjne	termiczne
X	elektryczne	hydromechaniczne	akustyczne
X			X inne
Zalety			
Duża wydajność; niski koszt i stosunkowo proste urządzenia do realizacji procesu; czystość i jednorodna grubość nanoszonych powłok.		Wady	
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań			
Wytwarzanie na potrzeby lotnictwa powłok żaroodpornych na łopatkach turbin oraz nano- i mikropowłok ceramicznych na CMC; nanoszenie cienkich warstw o szczególnych własnościach chemicznych, w tym pyrolytycznego grafitu na pyrolytyczny azotek boru; nanoszenie cienkich siłków (SiC) w procesie produkcji ogniw solarnych.			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Fizyczne osadzanie z fazy gazowej (PVD); technologie hybrydowe.			
Rekomendowane źródła literatury			
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		
2	K.H.J. Buschow, R.W. Cahn, M.C. Flemings, B. Ilshmer, E.J. Kramer, S. Mahajan (eds.), Encyclopedia of Materials Science and Technology, Elsevier, Oxford, UK, 2001.		
3	A. Bartl, S. Bohr, R. Haubner, B. Lux, A comparison of low-pressure CVD synthesis of diamond and c-BN, International Journal of Refractory Metals and Hard Materials 14 (1996) 145–157.		
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			
Poziom			Poziom
Wysoki (8)			Wysoki (8)
Wysoki (8)			Wysoki (8)
Dość wysoki (7)			Dość wysoki (7)
Dość wysoki (7)			Dość wysoki (7)
Umiarkowany (6)			Umiarkowany (6)
Średni (5)			Średni (5)
Średni (5)			Średni (5)
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia			
Korozyja naprężeniowa i zmęczenia			Wysoki (8)
Zużycie abrazyjne			Wysoki (8)
Erozja			Wysoki (8)
Fretting			Wysoki (8)
Ablacja			Wysoki (8)
Korozyja międzykryształczna			Wysoki (8)
Korozyja lokalna i wżerowa			Wysoki (8)
Zużycie adhezyjne			Wysoki (8)
Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			
C25			Dość wysoki (7)
C29			Średni (5)
M72			Średni (5)
C27			Bardzo niski (2)
C16			Bardzo niski (2)
C30			Minimalny (1)
C14			Minimalny (1)
C28			Minimalny (1)
Aplicacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii			
Systemy ekspertowe			Wysoki (8)
Modelowanie matematyczne			Umiarkowany (6)
Algorytmy genetyczne			Umiarkowany (6)
Metody Monte Carlo			Umiarkowany (6)
Logika rozmyta			Średni (5)
Aktualna faza cyklu życia technologii			Bazowa (3)
Perspektywy rozwoju			Dość wysokie (7)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Osadzenie powłok z fazy gazowej pod obniżonym ciśnieniem (LPCVD)	Nr katalogowy M3-03/2010-12
Obszar tematyczny		Technologie chemicznego osadzenia powłok z fazy gazowej (CVD)	
Opis przebiegu procesu technologicznego			
Osadzenie powłok z fazy gazowej pod obniżonym ciśnieniem (LPCVD) obejmuje następujące etapy:			
<ul style="list-style-type: none"> ■ dyfuzję reagentów z materiału do powierzchni, ■ adsorpcję reagentów przez powierzchnię, ■ chemiczną reakcję powierzchniową, skutkującą tworzeniem się sieci krystalicznej, ■ desorpcję niekrotnych cząstek z powierzchni, ■ dyfuzję cząstek od powierzchni. 			
<p>Metoda osadzenia powłok z fazy gazowej pod obniżonym ciśnieniem wykorzystuje reakcje chemiczne gazów zachodzące pod wpływem niskiego ciśnienia przy powierzchni substratu, gdzie deponowany jest na powierzchni podłoża określony materiał. Podobnie, jak w klasycznej metodzie, również w przypadku osadzenia powłok z fazy gazowej pod obniżonym ciśnieniem w procesie tworzenia warstwy biorą udział składniki podłoża. Metoda polega na wprowadzaniu do komory reakcyjnej najczęściej gazowych substratów, gdzie na gorącym podłożu zachodzą odpowiednie reakcje chemiczne. Dla otrzymania produktów reakcji stosuje się różne substraty gazowe.</p>			
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego			
Standardowy zakres parametru procesu			
Temperatura	°C	600	od do
Ciśnienie	Pa	5	1000
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	5 · 10 ²
Czas	s	10 ²	-
Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne		
Specyficzne warunki realizacji procesu			
stosunkowo krótki czas pokrywania			
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Czyszczenie mechaniczne/chemiczne; polewanie.			
Typ/rodzaj urządzenia			
Stacjonarne; specjalistyczne.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Komora próżniowa; system sterowania i zasilania; układ gazów roboczych.			
			Schemat układu umożliwiającego realizację procesów chemicznego osadzenia powłok z fazy gazowej pod obniżonym ciśnieniem (LPCVD)

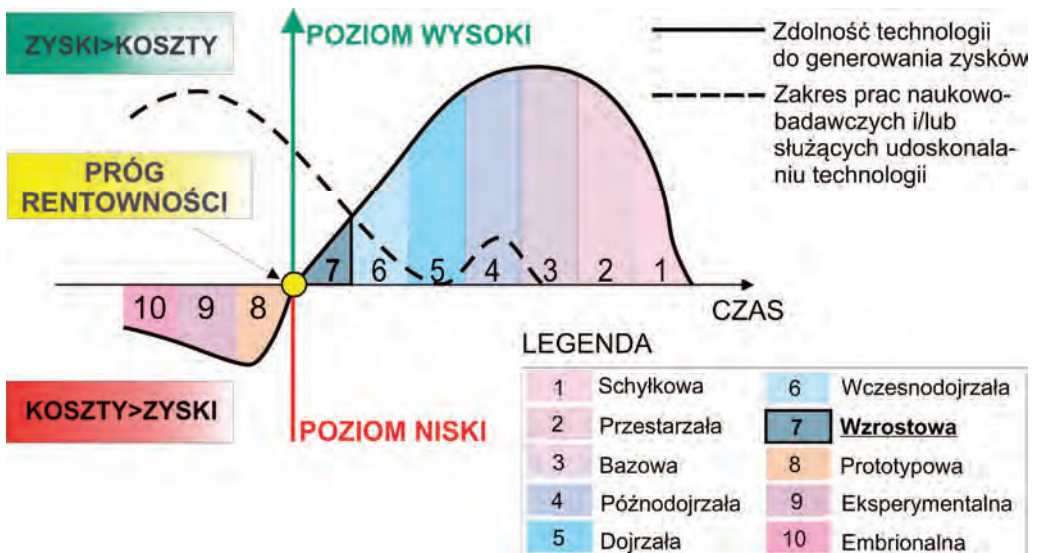
Symbol obszaru tematycznego: **M3**

Symbol grupy technologii: **D_{M3}**

Numer katalogowy: **M3-04**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Plazmo-chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition/Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition (PACVD/PECVD)**



Rysunek 4.62. Aktualna faza cyklu życia plazmo-chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej



Rysunek 4.63. Perspektywy rozwojowe plazmo-chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Plazma-chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (PACVD/PECVD)	Nr katalogowy
Istota	Obszar tematyczny	Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)	M3-04/2010-12
<p>W metodzie chemicznego osadzania z fazy gazowej wspomaganego plazmą (PACVD/PECVD), wdmuchiwany z głowicy uformowanej na kształt spryskiwacza (w której zamontowana jest elektroda wykorzystująca prąd przemienny o częstotliwości radiowej) jest przewodzący gaz, który przez odpowiednie systemy odciągów formowany jest nad substratem w odpowiedni kształt. Po przepuszczeniu przez elektrodę prądu elektrycznego, gaz ulega wzbudzeniu wytwarzając plazmę, z której wydziela się materiał powłoki. Metoda ta umożliwia zarówno osadzanie cienkich warstw na materiałach przewodzących prąd, jak i na materiałach nieprzewodzących prąd elektryczny, stosując wyładowania prądów częstotliwości radiowej i niskiej. W swej istocie proces plazma-chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej jest procesem chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej wspomaganym plazmą, wyładowania jarzeniowego, mającej na celu wytwarzanie twardych warstw powierzchniowych lub warstw wykazujących specjalne własności.</p>	<p>Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału</p> <p>Oporność na erozję</p> <p>Oporność na korozję</p> <p>Oporność na oddziaływanie wysokiej temperatury</p> <p>Oporność na ścieranie</p> <p>Oporność zmęczenia</p> <p>Niższy koszt wytwarzania</p> <p>Twardość</p> <p>Biokompatybilność</p>	<p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Umiarowany (6)</p>	<p>Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału</p> <p>Oporność na erozję</p> <p>Oporność na korozję</p> <p>Oporność na oddziaływanie wysokiej temperatury</p> <p>Oporność na ścieranie</p> <p>Oporność zmęczenia</p> <p>Niższy koszt wytwarzania</p> <p>Twardość</p> <p>Biokompatybilność</p>
<p>Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża</p> <p>X jednowarstwowa</p> <p>X wielofazowa</p> <p>X gradientowa</p> <p>X multwarstwowa (>100 warstw)</p> <p>X kompozytowa</p> <p>X przemiany fazowe powierzchni podłoża</p> <p>X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża</p>	<p>Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia</p> <p>Spalling</p> <p>Pitting</p> <p>Zużycie adhezyjne</p> <p>Zużycie abrazyjne</p> <p>Zużycie ścierne</p> <p>Erozja</p> <p>Korozja lokalna i wierzowa</p> <p>Fretting</p>	<p>Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia</p> <p>Spalling</p> <p>Pitting</p> <p>Zużycie adhezyjne</p> <p>Zużycie abrazyjne</p> <p>Zużycie ścierne</p> <p>Erozja</p> <p>Korozja lokalna i wierzowa</p> <p>Fretting</p>	<p>Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia</p> <p>Spalling</p> <p>Pitting</p> <p>Zużycie adhezyjne</p> <p>Zużycie abrazyjne</p> <p>Zużycie ścierne</p> <p>Erozja</p> <p>Korozja lokalna i wierzowa</p> <p>Fretting</p>
<p>X mechaniczne</p> <p>X chemiczne</p> <p>X elektryczne</p>	<p>X trybologiczne</p> <p>termiczne</p> <p>akustyczne</p> <p>antykorozyjne</p> <p>inne</p>	<p>X trybologiczne</p> <p>termiczne</p> <p>akustyczne</p> <p>antykorozyjne</p> <p>inne</p>	<p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p>
<p>Zalety</p> <p>Duża wydajność i szybkość osadzania warstw; niska temperatura nanoszenia; wysoka jednorodność warstw; dobra adhezja i małe naprężenia mechaniczne.</p>	<p>Wady</p> <p>Ograniczony wsad; zanieczyszczenie warstw np. wodorem lub pyłami; wymagana ścisła kontrola parametrów procesu; konieczność stosowania specjalistycznej aparatury.</p>	<p>Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii</p> <p>M 72</p> <p>C 25</p> <p>C 29</p> <p>C 26</p> <p>C 28</p> <p>C 18</p> <p>C 16</p> <p>C 27</p>	<p>Wysoki (8)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość niski (4)</p> <p>Bardzo niski (2)</p> <p>Minimalny (1)</p> <p>Minimalny (1)</p> <p>Minimalny (1)</p> <p>Minimalny (1)</p>
<p>Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań</p> <p>Nanoszenie powłok twardych, ultratwardych i żaroodpornych; produkcja ogniw solarnych z użyciem amorficznych warstw pasywnych oraz nanoszenie warstw adhezyjnych na polimery do zastosowań medycznych; nanoszenie cienkich warstw ceramicznych na materiały kompozytowe dla przemysłu lotniczego.</p>	<p>Technologie zastępcze/alternatywne</p> <p>Fizyczne osadzanie z fazy gazowej (PVD); technologie hybrydowe.</p>	<p>Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii</p> <p>Systemy ekspertowe</p> <p>Modelowanie matematyczne</p> <p>Metody Monte Carlo</p> <p>Algorytmy genetyczne</p> <p>Logika rozmyta</p> <p>Aktualna faza cyklu życia technologii</p> <p>Perspektywy rozwojowe</p>	<p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Wzrostowa (7)</p> <p>Bardzo wysokie (9)</p>
<p>Rekomendowane źródła literatury</p> <p>1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.</p> <p>2 S. Jonas, K. Tkacz-Smiech, A. Matek, J. Konefał, J. Konefał, S. Zimowski, M. Kot, T. Borowski, T. Wierzbchoń, Modyfikacja właściwości polimerów metodą PACVD, Inżynieria Materiałowa 32/4 (2011) 450-453.</p> <p>3 R.L. Boxman, D.M. Sanders, P.J. Martin (eds.), Handbook of Vacuum Arc Science and Technology, Noyes Publications, Park Ridge, N.J., 1997.</p>	<p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Wzrostowa (7)</p> <p>Bardzo wysokie (9)</p>	<p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Wzrostowa (7)</p> <p>Bardzo wysokie (9)</p>	<p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Wzrostowa (7)</p> <p>Bardzo wysokie (9)</p>

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Plazmo-chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (PACVD/PECVD) Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)	Nr katalogowy M3-04/2010-12
Opis przebiegu procesu technologicznego			
<p>Wyróżnia się następujące etapy plazmo-chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (PACVD/PECVD): transport substratów (wymuszona konwekcja) do komory; transport substratów (dyfuzja) ze strumienia gazu do podłoża; adsorpcja substratów na podłożu; procesy powierzchniowe (dekompozycja substratów, migracja, wiązanie z podłożem); desorpcja produktów ubocznych reakcji; transport produktów (dyfuzja) do strumienia gazu z podłoża; transport produktów (wymuszona konwekcja) z komory. W procesach plazmo-chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej dla wzbudzenia plazmy stosuje się wyładowania jarzeniowe powstające w wyniku przepływu prądu stałego (DC) w gazie między dwoma elektrodami (katodą i anodą) pod obniżonym ciśnieniem. Napięcie podtrzymujące wyładowanie jarzeniowe zależy od rodzaju gazu, materiału elektrod i ciśnienia; wykorzystania częstotści radiowej (RF) zależnej od rodzaju gazu, jego ciśnienia, częstotliwości pola elektrycznego oraz od rozmiarów komory wyładowania. Energia ze źródła zasilania może być doprowadzona przy użyciu elektrod umieszczonych na zewnątrz lub wewnątrz komory. Energia wyładowania mikrofalowego jest doprowadzana od źródła do reaktora falowodem w postaci promieniowania elektromagnetycznego.</p>			
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do
Temperatura	°C	200	700
Ciśnienie	Pa	3·10 ²	10 ³
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-
Czas	s	60	10 ³
Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne		
Specyficzne warunki realizacji procesu	aktywowane plazmą		
Metod(a)/y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Czyszczenie mechaniczne/chemiczne; polewanie.			
Typ/rodzaj urządzenia			
Stacjonarne; specjalistyczne.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Komora robocza; układ próżniowy; system sterowania i zasilania; układ gazów roboczych.			
<p>Schemat układu umożliwiającego realizację procesów plazmo-chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (PACVD/PECVD)</p>			

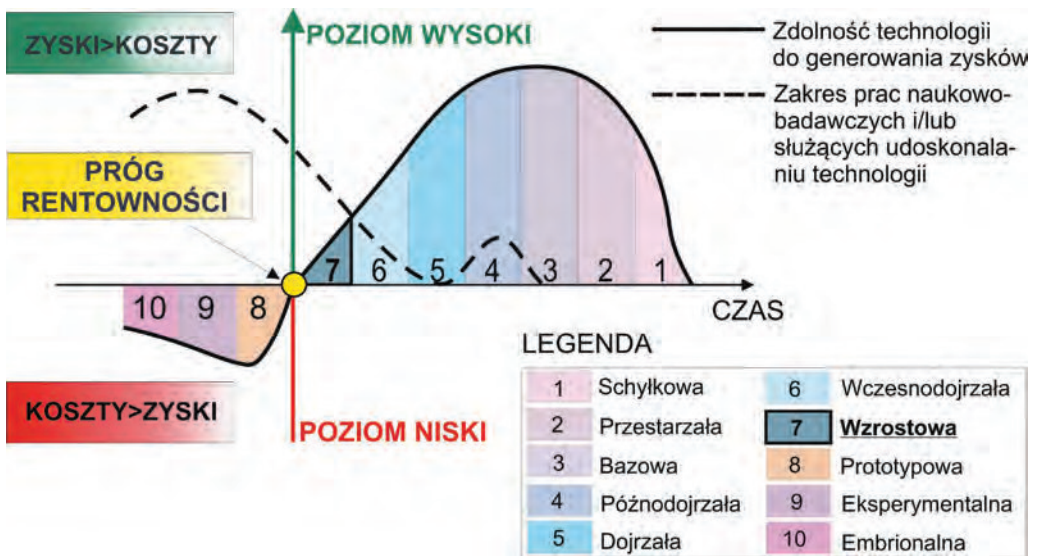
Symbol obszaru tematycznego: **M3**

Symbol grupy technologii: **E_{M3}**

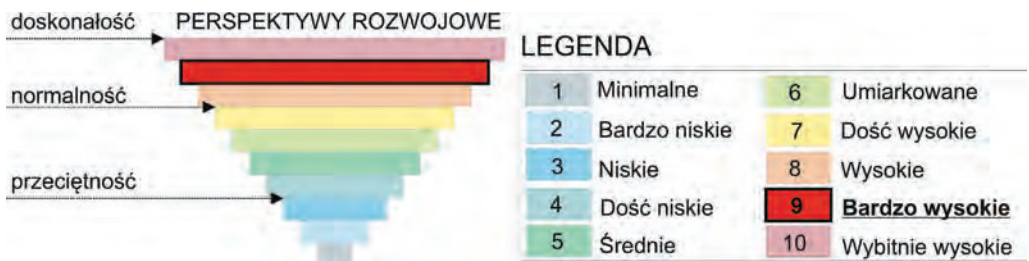
Numer katalogowy: **M3-05**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Osadzanie powłok z fazy gazowej aktywowane laserowo**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Laser Chemical Vapour Deposition (LCVD)**



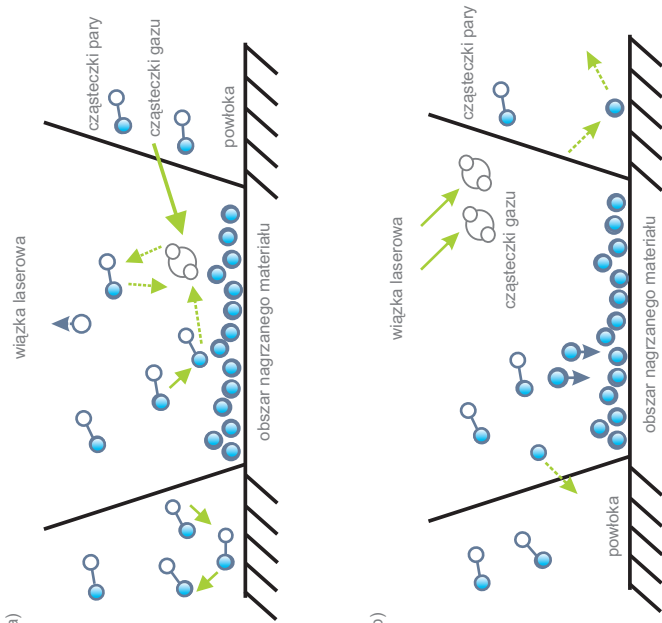
Rysunek 4.64. Aktualna faza cyklu życia osadzania powłok z fazy gazowej aktywowanego laserowo



Rysunek 4.65. Perspektywy rozwojowe osadzania powłok z fazy gazowej aktywowanego laserowo

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Osadzenie powłok z fazy gazowej aktywowane laserowo (LCVD)	Nr katalogowy
Kiedy? Interwały czasowe		Obszar tematyczny | Technologie chemiczne osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)	M3-05/2010-12
		DZIŚ 2010-12	2030
Dlaczego?	<p>Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych</p> <p>Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń</p> <p>Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego</p> <p>Upalne lato</p> <p>Ukoronowana kosmoszwinia</p> <p>Strategia koszyrzewiny latem: Wzmocnić atrakcyjność i dopasować produkt do wymagań klienta. Spróbować uatrakcyjnić i nowocześnieć technologię o dużym potencjale, przeprowadzić badania marketingowe i dopasować produkt do wymagań klienta.</p>	<p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami i Nauki i Przemysłu</p> <p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>	
Co?	<p>Produkt</p> <p>Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji</p> <p>Podłoże</p> <p>Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża</p> <p>Polepszone własności materiału</p> <p> Aparatura naukowo-badawcza</p>	<p>Narzędzia skrawające; elementy nadprzewodnikowe i półprzewodnikowe; wyświetlacze ciekłokrystaliczne (monitory, komputery); inne produkty mikro- i optoelektroniczne; produkty mikromechaniczne; biosensory</p> <p>Dość niska (4) Średnia (5)</p> <p>Stal; metale; węglaki spiekane; ceramika; stopy tytanu; stopy metali lekkich (Mg, Al); polimery; kwarc</p> <p>Twarde powłoki węglkowe, azotkowe, węglikoazotkowe (TiC, TiN, Ti(C,N)); amykorozyjne powłoki lenkowe; nanostrukturalne powłoki antyadhezyjne (TIS₂, WS, MoS₂); nanorurki; cienkie warstwy nadprzewodnikowe (ZrO₂, Al₂O₃) i półprzewodnikowe (TiO₂ na bazie SiO₂); optykalne powłoki krzemowe</p> <p>Odporność na ścieranie; odporność zmnęczenia; odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury; odporność na erozję i korozję; specjalne własności elektryczne; specjalne własności optyczne; biokompatybilność</p> <p>Mikroskopy; elektrony transmisyjne (TEM), sił atomowych (AFM) oraz skaningowe; elektrony (SEM), elektrony transmisyjne (STEM), jonowy (FIB); dyfraktoometr rentgenowski (XRD), scratch tester (np. firmy Revetest); tybometr pin-on-disc; komora korozyjna; twarodosłomierz; testery; zmnęczenia cieplnego, zużycia erozyjnego</p>	
Jak?	<p>Technologia</p> <p>Faza cyklu życia</p> <p>Typ produkcji</p> <p>Forma organizacji produkcji</p> <p>Nowoczesność parku maszynowego</p> <p>Automatyzacja i robotyzacja</p> <p>Jakość i niezawodność</p> <p>Proekologiczność</p>	<p>Osadzanie powłok z fazy gazowej aktywowane laserowo (LCVD)</p> <p>Wzrostowa (7) Wzrostowa (7)</p> <p>Malw- i średnioseryjna Średnio- i wielkoseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach przedmiotowych i technologicznych Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych</p> <p>Średnia (5) Umiarowana (6)</p> <p>Średnia (5) Umiarowana (6)</p> <p>Średnia (5) Średnia (5)</p> <p>Dość wysoka (7) Dość wysoka (7)</p> <p>Uczelnie; INB; OW; duże przedsiębiorstwa Sp. JV</p> <p>Narzędziowy; mikro- i optoelektroniczny; mechatroniczny, precyzyjny; medyczny</p> <p>Dość wysoki (7) Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarowane (6) Dość wysokie (7)</p> <p>Wysokie (8) Dość wysokie (7)</p> <p>Średnia (5) Średnia (7)</p> <p>Umiarowana (6) Dość wysoka (7)</p>	
Gdzie?	<p>Rodzaj organizacji</p> <p>Reprezentowane gałęzie przemysłu</p>	<p>Uczelnie; INB; OW; duże i średnie przedsiębiorstwa; Sp. JV</p>	<p>Uczelnie; INB; duże i średnie przedsiębiorstwa; Sp. JV</p>
Kto?	<p>Poziom edukacji personelu</p> <p>Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej</p>	<p>Dość wysoki (7) Dość wysokie (7)</p> <p>Umiarowane (6) Dość wysokie (7)</p>	<p>Wysoki (8) Dość wysokie (7)</p> <p>Wysokie (8) Dość wysokie (7)</p>
Ile?	<p>Wymagania kapitałowe</p> <p>Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność</p> <p>Wartość produkcji w kraju</p>	<p>Dość wysokie (7) Dość wysokie (7)</p> <p>Średnia (5) Średnia (7)</p> <p>Umiarowana (6) Dość wysoka (7)</p>	<p>Dość wysokie (7) Dość wysokie (7)</p> <p>Umiarowana (6) Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7) Dość wysoka (7)</p>
LEGENDA:			
<p>-----> Związki przyczynowo-skutkowe</p> <p>-----> Powiązania kapitałowe</p> <p>-----> Korelacje czasowe</p> <p>-----> Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów</p>			

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Osadzenie powłok z fazy gazowej aktywowane laserowo (LCVD)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny	Obszar tematyczny	Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)	M3-05/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego	Technika osadzania powłok z fazy gazowej aktywowanego laserowo (LCVD), głównie stosowana jest w przemyśle mikroelektronicznym i optoelektronicznym. Pobudzenia dostarczanych reaktywnych składników gazowych dokonuje się za pomocą wiązki laserowej padającej na reaktor. Energia wiązki laserowej jest pochłaniana przez całą objętość reaktywnych gazów znajdujących się nad podłożem. Wzbudzone cząstki mieszaniny gazowej podczas przechodzenia do stanu o wyższej energii ulegają jonizacji skutkiem czego jest powstanie wysokoaktywnych składników. Reakcje chemiczne mające miejsce w tak wzbudzonym gazie pozostają w znacznie niższej temperaturze.	Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału	Poziom
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża	X jednowarstwowa X wielowarstwowa X gradientowa X multivarsztwowa (>100 warstw) X kompozytowa X zmiany składu chemicznego na powierzchni podłoża	Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia	Umiearkowany (6)
Szczególne własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów	X mechaniczne X chemiczne X elektryczne	Korozyja naprężeniowa i zmęczeniowa Spalling Zużycie ścieme Erozia Pitting (zużycie gruzełkowe)	Umiearkowany (6) Umiearkowany (6) Średni (5) Średni (5) Średni (5)
Zalety	X magnetyczne X optyczne X termiczne X akustyczne X trybologiczne X mechaniczne X dyfuzyjne X hydromechaniczne X antykorozyjne X inne	Korozyja równomierna Korozyja lokalna i wżerowa Zużycie adhezyjne	Średni (5) Średni (5) Średni (5)
Wady	Ograniczenia w zastosowaniu; konieczność stosowania specjalistycznej aparatury.	Sektory przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii	Poziom
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań	Zlokalizowane osadzanie warstw; duża prędkość nanoszenia warstw; możliwość stosowania dużej rozpiętości szybkości nagrzewania i chłodzenia.	C25 C26 C27 C30 C18 C22 C29 C28	Umiearkowany (6) Średni (5) Bardzo niski (2) Bardzo niski (2) Minimalny (1) Minimalny (1) Minimalny (1) Minimalny (1)
Wytwarzanie narzędzi pokrytych twardymi powłokami i nanostrukturalnymi powłokami antyadhezyjnymi; produkcja elementów mikro- i optoelektronicznych oraz mikromechanicznych pokrytych nanorurkami, cienkimi warstwami nad- lub półprzewodnikowymi; rozwój technologii ciekłokrystalicznych (LC).	Technologie zastępcze/alternatywne	Aplicacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii	Poziom
Fizyczne osadzanie z fazy gazowej (PVD); ablacja laserowa (PLD).	Systemy ekspertowe	Systemy ekspertowe	Wysoki (8)
Rekomendowane źródła literatury	1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011. 2 R.F. Bunshah (ed.), Handbook of Hard Coatings, William Andrew Publishing, Noyes, 2001. 3 J.C. Miller, R.F. Haglund Jr. (eds.), Laser Ablation and Desorption, Academic Press, San Diego, Vol. 30, 1998	Analiza fraktalna Algorytmy genetyczne Metody Monte Carlo Modelowanie wieloskalowe Aktualna faza cyklu życia technologii	Wysoki (8) Dość wysoki (7) Umiearkowany (6) Umiearkowany (6) Wzrostowa (7) Bardzo wysokie (9)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Osadzanie powłok z fazy gazowej aktywowane laserowo (LCVD) Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)	Nr katalogowy M3-05/2010-12																								
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>We wspomaganym laserowo chemicznym osadzeniu par gaz wykorzystywany jest jako materiał do wytworzenia plazmy za pośrednictwem wiązki laserowej. Źródło energii (laser) służy do rozbitcia cząstek gazu oraz do podwyższenia temperatury podłoża, na którym osadzany jest materiał.</p> <p>Rozerwanie wiązań międzyatomowych w cząsteczkach gazu w proces LCVD może przebiegać za pośrednictwem działania zjawiska pyrolyzy lub fotolizy. W przypadku efektu pyrolyzy, za pomocą wiązki światła laserowego podłoże zostaje nagrzane do określonej temperatury. Temperaturę nagrzewanego materiału podłoża kontroluje się sterując mocą lasera i czasem jego działania. Gaz biorący udział w procesie ulega rozkładowi w zetknięciu z gorącą powierzchnią.</p> <p>Osadzanie powłok z fazy gazowej aktywowane laserowo działające zarówno w trybie bezpośrednim lub fotolizy czy pyrolyzy ogranicza nagrzewanie podłoża do kilku mikrometrów w głąb oraz może zredukować obszar pokrycia do obszaru promienia lasera.</p>																											
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1" data-bbox="598 864 856 1614"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>200</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>10^4</td> <td>10^5</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>$6 \cdot 10^{-1}$</td> <td>$6 \cdot 10^2$</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td>gazy reaktywne</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Specyficzne warunki realizacji procesu aktywowane plazmą</p> <p>Metod(a)/y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Czyszczenie mechaniczne/chemiczne.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Stacjonarne; specjalistyczne.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Głowica lasera; komora robocza; układ próżniowy; system sterowania i zasilania; układ gazów roboczych.</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	200	2000	Ciśnienie	Pa	10^4	10^5	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	$6 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^2$	Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																								
Temperatura	°C	200	2000																								
Ciśnienie	Pa	10^4	10^5																								
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																								
Czas	s	$6 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^2$																								
Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne																										
 <p>a) wiązka laserowa, cząsteczki pary, cząsteczki gazu, powłoka, obszar nagrzanego materiału</p> <p>b) wiązka laserowa, cząsteczki pary, cząsteczki gazu, powłoka, obszar nagrzanego materiału</p>																											
<p>Procesy chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej aktywowanego laserowo (LCVD) drogą pyrolyzy (a) i drogą fotolizy (b)</p>																											

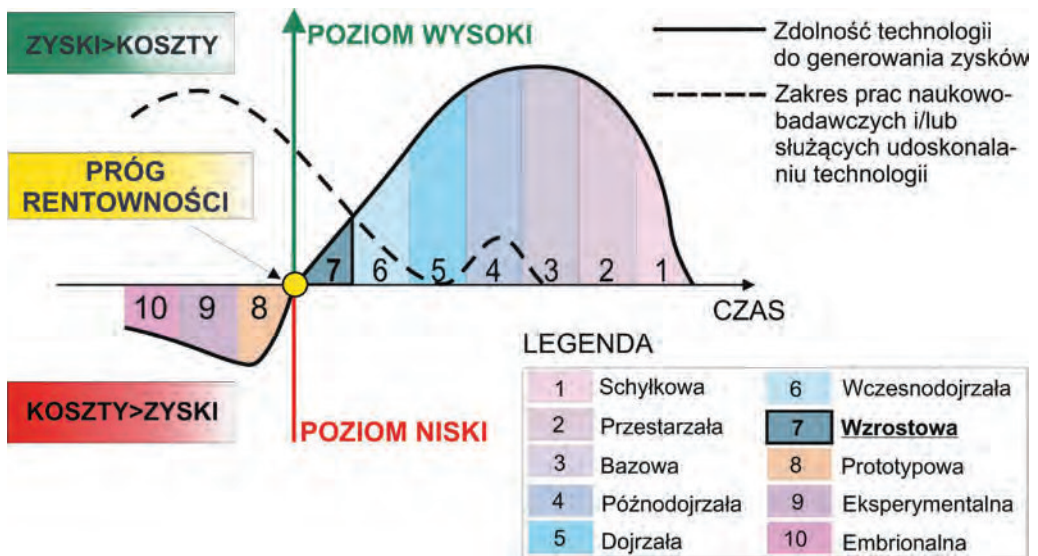
Symbol obszaru tematycznego: **M3**

Symbol grupy technologii: **F_{M3}**

Numer katalogowy: **M3-06**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Osadzanie powłok aktywowane wiązką promieni UV**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Photo Chemical Vapour Deposition (Photo CVD)**



Rysunek 4.66. Aktualna faza cyklu życia osadzania powłok aktywowanego wiązką promieni UV



Rysunek 4.67. Perspektywy rozwojowe osadzania powłok aktywowanego wiązką promieni UV

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Osadzenie powłok aktywowane wiązką promieni UV (Photo CVD)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny | Technologie chemicznego osadzenia powłok z fazy gazowej (CVD)		2020	M3-06/2010-12
Kiedy? Interwały czasowe		DZIŚ 2010-12	2030
Dlaczego?	<p>Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych</p> <p>Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń</p> <p>Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego</p> <p>Upełne lato</p> <p>Ukoronowana kosmoszwinia</p> <p>Strategia kosmoszwinny latem: Wzmocnić atrakcyjność i dopasować produkt do wymagań klienta. Spróbować uatrakcyjnić i nowocześnieć technologię o dużym potencjale, przeprowadzić badania marketingowe i dopasować produkt do wymagań klienta.</p>	<p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu</p>	<p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>
Co?	<p>Produkt</p> <p>Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji</p> <p>Podłoże</p> <p>Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża</p> <p>Polepszone własności materiału</p> <p>Aparatura naukowo-badawcza</p>	<p>Dość niska (4) Średnia (5)</p> <p>Stale narzędziowe; stopy metali lekkich (Mg, Al); podłoża dla fotowoltaiki; krzem, arsenek galu, polimery; nierzewne stале medyczne</p> <p>Twarde powłoki węglkowe, azotkowe, węglikoazotkowe (TiC, TiN, BN, Ti(C,N)); cienkie warstwy nadprzewodnikowe (ZnO, Al₂O₃) oraz półprzewodnikowe, w tym: tlenek cyrkonu stabilizowany tlenkiem litu (Y₂Sz) i amorficzny azotek krzemu SiN_x; H (stochiometria nanostruktury odbiega od Si₃N₄).</p> <p>Specjalne własności optyczne, w tym antyrefleksyjne, specjalne własności elektryczne; odporność na erozję i korozję; biokompatybilność; bariera ciepła</p> <p>Mikroskopy, elektrony transmisyjny (TEM), sił atomowych (AFM) oraz skaningowe; elektrony (SEM), elektrony transmisyjny (STEM), jonowy (FIB); dyfraktometr rentgenowski (XRD), scratch tester (np. firmy Revealtest); tybometr; komora korozyjna; twardościomierz; testery; zmęczenia cieplnego, zużycia erozyjnego</p>	<p>Średnia (5)</p> <p>Średnie nadprzewodnikowe i półprzewodnikowe;</p> <p>elementy nadprzewodnikowe i półprzewodnikowe;</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Średnie stale medyczne</p>
Jak?	<p>Technologia</p> <p>Faza cyklu życia</p> <p>Typ produkcji</p> <p>Forma organizacji produkcji</p> <p>Nowoczesność parku maszynowego</p> <p>Automatyzacja i robotyzacja</p> <p>Jakość i niezawodność</p> <p>Proekologiczność</p>	<p>Wzrostowa (7) Średnia (5)</p> <p>Mało- i średnioseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Uczelnie; INB; OW; duże przedsiębiorstwa</p> <p>Sp. JV</p>	<p>Wzrostowa (7)</p> <p>Średnio- i wielkoseryjna, masowa</p> <p>Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Uczelnie; INB; duże, średnie i małe przedsiębiorstwa; Sp. JV</p>
Gdzie?	<p>Rodzaj organizacji</p> <p>Reprezentowane gałęzie przemysłu</p>	<p>Uczelnie; INB; duże i średnie przedsiębiorstwa; Sp. JV</p>	<p>Uczelnie; INB; duże, średnie i małe przedsiębiorstwa; Sp. JV</p>
Kto?	<p>Poziom edukacji personelu</p> <p>Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej</p>	<p>Umiarkowany (6)</p> <p>Dość wysokie (7)</p>	<p>Umiarkowany (6)</p> <p>Dość wysokie (7)</p>
Ile?	<p>Wymagania kapitałowe</p> <p>Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność</p> <p>Wartość produkcji w kraju</p>	<p>Dość wysokie (7)</p> <p>Średnia (7)</p> <p>Średnia (5)</p>	<p>Umiarkowane (6)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Średnia (5)</p>

LEGENDA: ↔ Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe ↔ Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Osadzenie powłok wiązką promieni UV (Photo CVD)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny	Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)		M3-06/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego	Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału		
Metoda osadzania powłok aktywowane wiązką promieni UV (Photo CVD) polega na wywołaniu reakcji chemicznych wiązką promieni ultrafioletowych (UV). Promieniowanie musi mieć wystarczającą energię do zerwania wiązań międzycząsteczkowych reagujących cząsteczek. Istota zjawisk fizykochemicznych w technice osadzania powłok aktywowanego wiązką promieni UV (Photo CVD), uzależniona jest od źródła wzbudzania stosowanego w procesie rozkładu atomów.	Poziom		
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża	Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału		
X jednobarstwowa	wielofazowa	X amorficzna	Średni (5)
X wielobarstwowa	gradientowa	nanokryształczna	Średni (5)
X multibarstwowa (>100 warstw)	kompozytowa	hybrydowa	Średni (5)
X przemiany fazowe powierzchni podłoża	X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Dość niski (4)
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów	Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia		
X mechaniczne	X magnetyczne	X optyczne	Dość niski (4)
X chemiczne	X dyfuzyjne	termiczne	Dość niski (4)
X elektryczne	X hydromechaniczne	akustyczne	Dość niski (4)
Zalety	Wady		
Zlokalizowane osadzanie warstw; bardzo niska temperatura osadzania; brak konieczności podgrzewania podłoża; materiał podłoża może być chłonny, nieprzezroczysty bądź przezroczysty.	Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii		
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań	C26		
Wytwarzanie twardych powłok dla przemysłu narzędziowego i medycznego; niskotemperaturowe nanoszenie cienkich warstw nad- i półprzewodnikowych dla mikro-, optoelektroniki i optyki; możliwe szersze zastosowania w przyszłości nanowarstw metalicznych (Re, W), sylitowych i HfNbN.	C25		
Technologie zastępcze/alternatywne	M72		
Fizyczne osadzanie z fazy gazowej (PVD).	C27		
Rekomendowane źródła literatury	C28		
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.	C20		
2 S. Tkaczyk (red.), Powłoki ochronne, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1997.	C22		
3 Y.Z. Chiou, et al., Photo-CVD SiO ₂ layers on AlGaN and AlGaIn-MOSHFT, IEEE Transactions on Electron Devices 50/8 (2003) 1748-1752.	C32		
	Aplicacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii		
	Systemy ekspertowe		
	Automaty komórkowe		
	Modelowanie matematyczne		
	Algorytmy genetyczne		
	Metody Monte Carlo		
	Aktualna faza cyklu życia technologii		
	Perspektywy rozwoju		
	Poziom		
	Wysoki (8)		
	Dość wysoki (7)		
	Umiaarkowany (6)		
	Umiaarkowany (6)		
	Umiaarkowany (6)		
	Wzrostowa (7)		
	Dość wysokie (7)		

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Osadzenie powłok aktywowane wiązką promieni UV (Photo CVD) Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)	Nr katalogowy M3-06/2010-12																												
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Przebieg procesu technologicznego uzależniony jest od zastosowanej metody nanoszenia. Jedną z możliwości jest aktywowanie wiązki promieni UV z użyciem kosztownych laserów gazowych (Ar+ i CO₂) o dużej gęstości mocy (LI PCVD), gdzie źródłem światła jest spójna wiązka o wysokiej energii promieniowania, powodująca bezpośrednią reakcję fotolizy. Alternatywnym rozwiązaniem, stosowanym znacznie szerzej w praktyce, ze względu na niższą cenę, jest wykorzystanie jako fotosensybilizatora rtęci (Hg-PCVD), charakteryzującej się wysoką aktywnością katalityczną, gdzie źródłem światła jest niespójna wiązka promieniowania powodującego pośrednio reakcję fotolizy. Niewątpliwą zaletą tej technologii jest możliwość osadzania powłok w bardzo niskiej temperaturze (około 100°C) oraz brak konieczności podgrzewania podłoża materiału. Dodatkowo materiał podłoża może być chłonny, nieprzeroczysty bądź przezroczysty – nie ma co do tego specjalnych wymagań. Główne zastosowanie tego sposobu osadzania powłok to wytwarzanie cienkich warstw krzemowych dla przemysłu fotowoltaicznego. Wytworzony materiał jest pozbawiony wad innych metod i pozwala produkować nową generację tanich ogniw fotowoltaicznych o wysokiej wydajności.</p>																															
<p>Schemat układu umożliwiającego realizację procesów chemicznego osadzania powłok aktywowanego wiązką promieni UV (Photo CVD)</p>																															
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>100</td> <td>650</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>10</td> <td>1,5·10³</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>6·10⁻¹</td> <td>6·10²</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td colspan="3">gazy reaktywne</td> </tr> <tr> <td>Specyficzne warunki realizacji procesu</td> <td colspan="3">aktywowane promieniowanie UV</td> </tr> </tbody> </table>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	100	650	Ciśnienie	Pa	10	1,5·10 ³	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	6·10 ⁻¹	6·10 ²	Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne			Specyficzne warunki realizacji procesu	aktywowane promieniowanie UV		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																												
Temperatura	°C	100	650																												
Ciśnienie	Pa	10	1,5·10 ³																												
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																												
Czas	s	6·10 ⁻¹	6·10 ²																												
Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne																														
Specyficzne warunki realizacji procesu	aktywowane promieniowanie UV																														
<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Czyszczenie mechaniczne/chemiczne.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Stacjonarne; specjalistyczne</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Generator promieni UV; komora robocza; układ próżniowy; system sterowania i zasilania; układ gazów roboczych.</p>																															

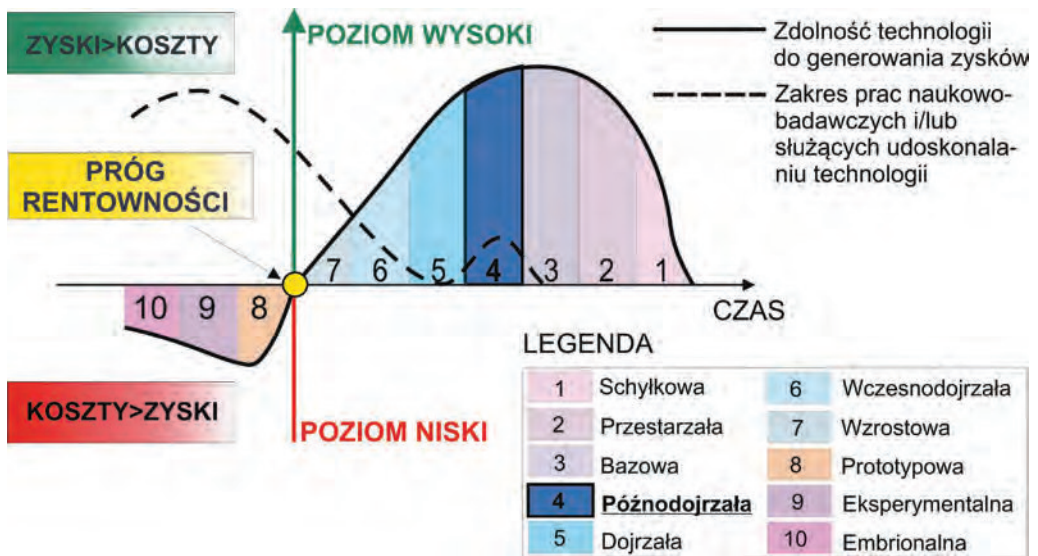
Symbol obszaru tematycznego: **M3**

Symbol grupy technologii: **G_{M3}**

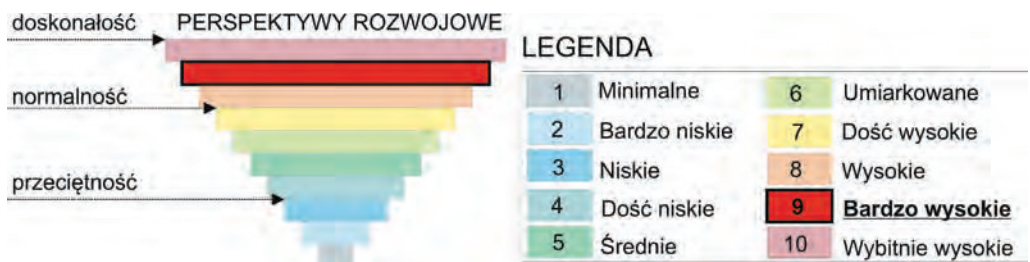
Numer katalogowy: **M3-07**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Osadzanie powłok z użyciem prekursorów metaloorganicznych**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Metal Organic Chemical Vapour Deposition (MOCVD)**



Rysunek 4.68. Aktualna faza cyklu życia osadzania powłok z użyciem prekursorów metaloorganicznych

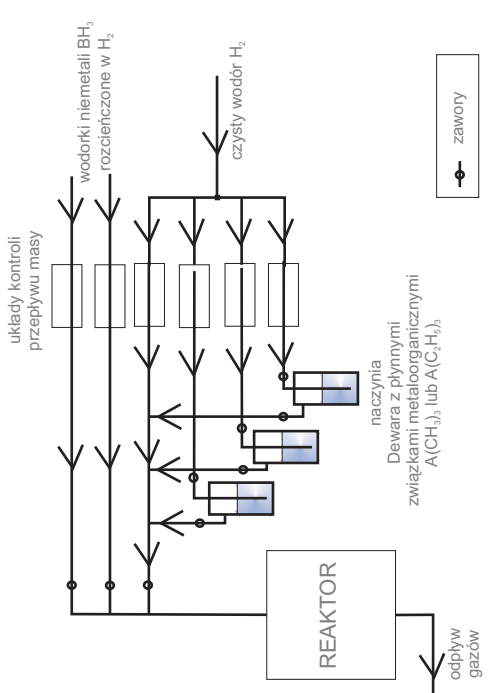


Rysunek 4.69. Perspektywy rozwojowe osadzania powłok z użyciem prekursorów metaloorganicznych

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Osadzenie powłok z użyciem prekursorów metaloorganicznych (MOCVD)	Nr katalogowy
Kiedy?		Interwały czasowe	Osadzenie powłok z fazy gazowej (CVD)	M3-07/2010-12
Dlaczego?		Tworzenie książki Technologii Krytycznych	2020	2030
	Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze	Tworzenie książki Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej
		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Zrównoważony rozwój
		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji
	Strategia dla technologii	Strategia dla technologii	Strategia dla technologii	Strategia dla technologii
	Oddziaływanie otoczenia	Upatnie lato	Upatnie lato	Upatnie lato
	Wartości technologii	Rozłożywszy dąb	Rozłożywszy dąb	Rozłożywszy dąb
	Produkt	Narzędzia skrawające i ostra płytek; elementy maszyn; ogniwia fotowoltaiczne (energetyka, budownictwo, układy pomiarowe); wyświetlacze ciekłokrystaliczne (LCD); elementy półprzewodnikowe; inne produkty mikro- i optoelektroniczne; łopatkier kierujące i wirujące turbin gazowych i silników odrzutowych	..... Średnia (5) .....	..... Średnia (5)
	Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji	..... Średnia (5) .....	..... Średnia (5) .....	..... Średnia (5)
	Podłoże	Stale narzędziowe; węgliki spiekane; ceramika; stopy żelaza; krzem; arsenek galu; polimery (poliasetylen, pleksi, PET); stopy żarowytrzymałe, w tym stopy tytanu i niklu	..... Średnia (5) .....	..... Średnia (5)
	Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/porosów na powierzchni podłoża	Twarde powłoki węglkowe i węglikoazotkowe (TiC, TiN, Ti(C,N)); antykorozyjne powłoki tlenkowe; cienkie warstwy półprzewodnikowe, w tym epitaksjalne powłoki krzemowe, InGaAs, InAs; powłoki zarodkowe (aluminidki Ni i Co)	..... Średnia (5) .....	..... Średnia (5)
	Polepszone własności materiału	Odporność na erozję i korozję; odporność na ścieranie; odporność na działanie wysokiej temperatury; specjalne własności optyczne, specjalne własności elektryczne, w tym półprzewodnikowe	..... Średnia (5) .....	..... Średnia (5)
	Apparatura naukowo-badawcza	Mikroskopy, elektrony transmisyjny (TEM), sił atomowych (AFM) oraz skanujące; elektrony (SEM), elektrony transmisyjny (STEM), jonowy (FIB); spektroskop rentgenowski dyspersyjny (EDS), dyfraktometr rentgenowski (XRD); mikroanalizator rentgenowski; urządzenia do pomiaru własności elektrycznych, sratich tester; trybometr; kalolester; testery; zmierzania cieplnego, zużycia erozyjnego	..... Średnia (5) .....	..... Średnia (5)
	Technologia	Osadzenie powłok z fazy gazowej z użyciem prekursorów metaloorganicznych (MOCVD)	..... Średnia (5) .....	..... Średnia (5)
	Faza cyklu życia	Późnodojrzała (4)	Późnodojrzała (4)	Późnodojrzała (4)
	Typ produkcji	Średnioseryjna	Średnio- i wielkoseryjna	Masowa
	Forma organizacji produkcji	Niepotokowa w gniazdach przedmiotowych i technologicznych	Niepotokowa w gniazdach przedmiotowych i technologicznych	Niepotokowa w gniazdach i potokowa synchroniczna
	Nowoczesność parku maszynowego	Dość niska (4)	Dość niska (4)	Średnia (5)
	Automatyzacja i robotyzacja	Dość niska (4)	Dość niska (4)	Średnia (5)
	Jakość i niezawodność	Niska (3)	Dość niska (4)	Dość niska (4)
	Proekologiczność	Niska (3)	Niska (3)	Niska (3)
	Rodzaj organizacji	Duże i średnie przedsiębiorstwa	Duże i średnie przedsiębiorstwa; Sp. JV	Duże i średnie przedsiębiorstwa; Sp. JV
	Reprezentowane gałęzie przemysłu	Narzędziowy; budowy maszyn; energetyczny; budowlany; wojskowy; kosmiczny; mikro- i optoelektroniczny; lotniczy; motoryzacyjny	..... Średnia (5) .....	..... Średnia (5)
	Poziom edukacji personelu	Dość wysoki (7)	..... Umiarkowany (6) .....	..... Średni (5)
	Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej	..... Średnie (5) .....	..... Średnie (5) .....	..... Średnie (5)
	Wymagania kapitałowe	Dość wysokie (7)	..... Umiarkowane (6) .....	..... Średnie (5)
	Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność	..... Średnia (5) .....	..... Umiarkowana (6) .....	..... Umiarkowana (6)
	Wartość produkcji w kraju	..... Średnia (5) .....	..... Umiarkowana (6) .....	..... Umiarkowana (6)

LEGENDA: ---> Związki przyczynowo-skutkowe ---> Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe ---> Dwukierunkowe przepląsy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Osadzanie powłok z użyciem prekursorów metaloorganicznych (MOCVD)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny	Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)		M3-07/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego	Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału		Poziom
Technika osadzania warstw na powierzchni materiałów poprzez stosowanie związków metaloorganicznych w formie gazowej (MOCVD) jest metodą wspomaganą przez dobór odpowiednich atmosfer gazowych i zastosowanie związków metaloorganicznych. Polega ona na wykorzystaniu substancji organicznych (najczęściej metanu lub etanu) do transportu reagentów na podłożu. Metoda osadzania warstw na powierzchni materiałów poprzez stosowanie związków metaloorganicznych w formie gazowej (MOCVD) jest jedną z odmian półprzewodnikowych technik epitaksjalnych wzrostu nowych warstw monokryształu na istniejącym podłożu krystalicznym, która powiela układ istniejącej sieci krystalicznej podłoża, stąd jej alternatywna nazwa to epitaksja z fazy gazowej z użyciem prekursorów metaloorganicznych (MOVPE). Metoda MOCVD jest stosowana głównie do nanoszenia powłok z metali ciężkich, trudnych do transportu z użyciem klasycznych metod chemicznego osadzania z fazy gazowej.	Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału	Poziom	
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża	X jednowarstwowa X wielowarstwowa X gradientowa kompozytowa X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża		Wysoki (8)
X mechaniczne	X magnetyczne	X optyczne	Wysoki (8)
X chemiczne	X dyfuzyjne	termiczne	Wysoki (8)
X elektryczne	hydromechaniczne	akustyczne	Wysoki (8)
Zalety	Wady	X inne	Dość wysoki (7)
Możliwość osadzania pod ciśnieniem atmosferycznym lub w niskiej próżni; regularne i jednorodne warstwy o szczególnych własnościach.	Konieczność stosowania odpowiednich zabezpieczeń ze względu na trujące i wybuchowe związki chemiczne oraz utylizację agresywnych dla środowiska naturalnego odpadów poprodukcyjnych.	trybologiczne antykorozyjne	Dość wysoki (7)
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe /lub obszary zastosowań	Sektory przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii		Dość wysoki (7)
Wytwarzanie twardych, antykorozyjnych i żaroodpornych powłok na narzędziach, elementach maszyn oraz łopatkach turbin gazowych i silników odrzutowych; produkcja ogniw fotowoltaicznych, elementów mikro- i optoelektrycznych, ze szczególnym uwzględnieniem technologii ciekokrystalicznych (LC).	C26 C25 M72 C27 C28 C20 C22 C30		Dość niski (4)
Technologie zastępcze/alternatywne	Applikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii		Dość niski (4)
Fizyczne osadzanie z fazy gazowej (PVD).	Systemy ekspertowe		Dość niski (4)
Rekomendowane źródła literaturowe	Logika rozmyta		Dość niski (4)
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.	Algorytmy genetyczne		Dość niski (4)
2 K. Przybyłowicz, J. Przybyłowicz, Metaloznawstwo w pytaniach i odpowiedziach, WNT, Warszawa, 2004.	Modelowanie wieloskalowe		Minimalny (1)
3 L.M. Apátiga, E. Rubio, E. Rivera, V.M. Castaño, Surface morphology of nanostructured anatase thin films prepared by pulsed liquid injection MOCVD, Surface and Coatings Technology 201 (2006) 4136-4138.	Modelowanie matematyczne		Minimalny (1)
	Aktualna faza cyklu życia technologii		Poziom
	Perspektywy rozwojowe		Wysoki (8)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Osadzenie powłok z użyciem prekursorów metaloorganicznych (MOCVD)	Nr katalogowy M3-07/2010-12
Obszar tematyczny		Technologie chemicznego osadzenia powłok z fazy gazowej (CVD)	
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Technika osadzenia powłok z użyciem prekursorów metaloorganicznych (MOCVD) polega na umieszczeniu odpowiednio przygotowanych materiałów w specjalnym reaktorze umożliwiającym dokładną kontrolę temperatury i ciśnienia. Do reaktora wprowadza się opary związku metaloorganicznego i inne gazy, które mogą reagować z wyjściowym związkiem (np.: amoniak, wodór, fosforowodór), prowadząc zwykle do jego częściowej redukcji lub wypierania ligandów organicznych. Proces osadzenia jest efektem zarówno reakcji między gazowymi substratami jak i procesów fizycznych, takich jak piroliza. W rezultacie zazwyczaj otrzymuje się regularne warstwy o własnościach półprzewodnikowych.</p> <p>Do naniesienia powłoki wykorzystuje się konwersję źródła skondensowanego materiału do wytworzenia pierwszego gazu (będącego nośnikiem), drugiego gazu zawierającego materiał nanoszony (będący pierwszym reagentem) oraz trzeciego gazu (będącego drugim reagentem). Po wprowadzeniu do komory, gazy drugi i trzeci ulegają reakcji, w wyniku której wytrącają się z nich stałe cząstki osadzające się na substracie w postaci cienkiej powłoki.</p>			
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do
Temperatura	°C	300	800
Ciśnienie	Pa	10^4	10^5
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-
Czas	s	$6 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^2$
Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne	atmosfera wodoru	
Specyficzne warunki realizacji procesu			
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Czyszczenie mechaniczne/chemiczne; polewanie.			
Typ/rodzaj urządzenia			
Stacjonarne, specjalistyczne.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Komora robocza, układ próżniowy, system sterowania i zasilania, układ gazów roboczych.			
		Schemat układu umożliwiającego realizację procesów chemicznego osadzenia powłok z użyciem prekursorów metaloorganicznych (MOCVD)	

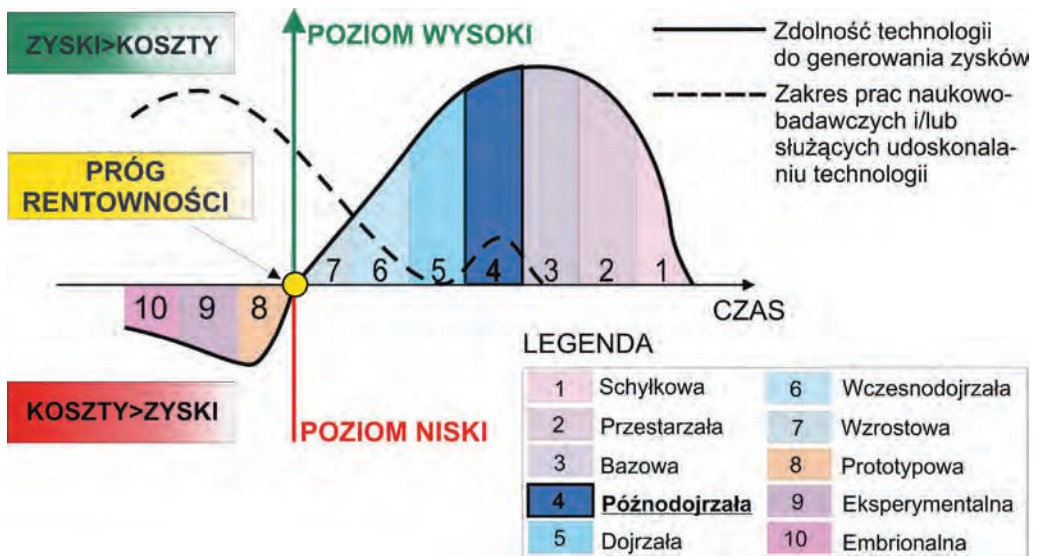
Symbol obszaru tematycznego: **M3**

Symbol grupy technologii: **H_{M3}**

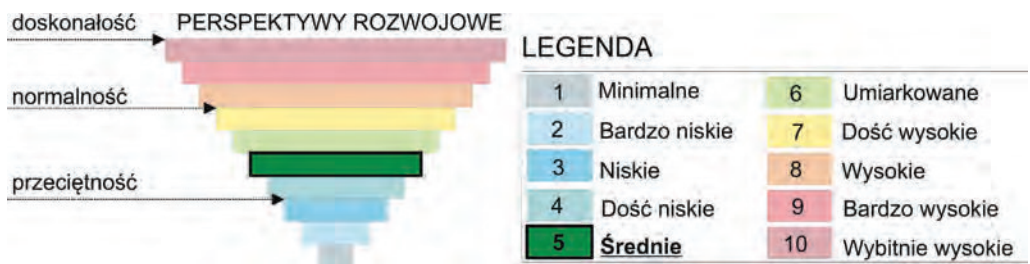
Numer katalogowy: **M3-08**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Osadzanie powłok realizowane w złożu fluidalnym**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Fluidized-Bed Chemical Vapour Deposition (Fluidized-Bed CVD)**



Rysunek 4.70. Aktualna faza cyklu życia osadzania powłok realizowanego w złożu fluidalnym

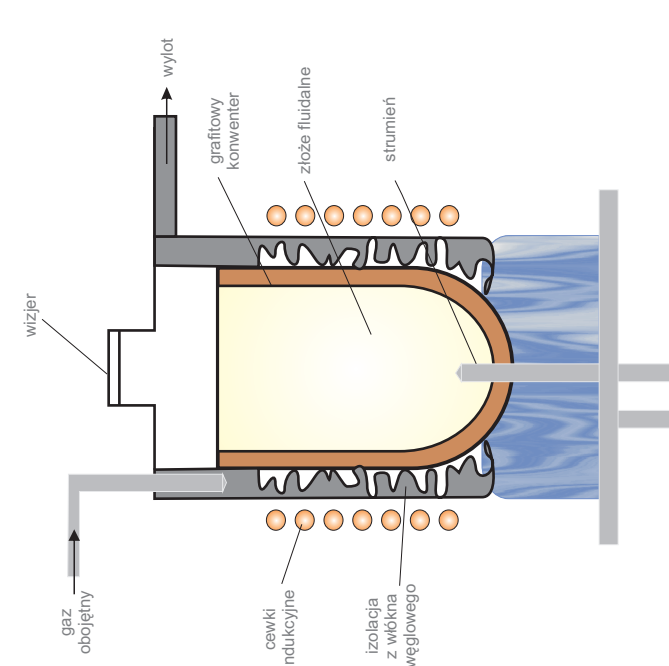


Rysunek 4.71. Perspektywy rozwojowe osadzania powłok realizowanego w złożu fluidalnym

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Osadzenie powłok realizowane w złożu fluidalnym (Fluidized-Bed CVD)	Nr katalogowy
Kiedy?		Obszar tematyczny	Technologie chemicznego osadzenia powłok z fazy gazowej (CVD)	M3-08/2010-12
Dlaczego?		DZIAŁ 2010-12	2020	2030
	Interwały czasowe			
	Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej
	Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze	Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Zrównoważony rozwój
	Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami i Nauki i Przemysłu	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji
	Strategia dla technologii	Upalne lato	Strategia osi: Przeanalizować ryzyko. Przeprowadzić analizę ryzyka i w zależności od jej wyników pozostać na rynku lub wycofać się z niego ze słabą technologią.	
	Oddziaływanie otoczenia	Drżąca osika		
	Wartości technologii	Narzędzia skrawające i ostrza płytek; elementy maszyn; mikro kapsułki paliwowe dla energetyki jądrowej; produkty dla elektroniki; lopatki kierujące i wirujące turbin gazowych i silników odrzutowych		
	Produkt			
	Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji	Dość niska (4)	Dość niska (4)	Dość niska (4)
	Podłoże	Stopy żelaza, węgliki spiekane; stal; materiały sytykne, w tym dwutlenek uranu; krzem; stopy żarowytrzymałe, w tym stopy tytanu i niklu		
	Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża	Twarde powłoki węglkowe, azotkowe i węglkoazotkowe (TiN, TiC, Ti(C,N)); anodyzacyjne powłoki tlenkowe; cienkie warstwy półprzewodnikowe; nanorurki węglowe; 3-warstwowy płaszcz ochronny węglkowy (PyC-SiC-PyC); powłoki dyfuzyjne aluminikowe, chromowe i borkowe		
	Polepszone własności materiału	Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury; odporność na ścieranie i naciski powierzchniowe; jednorodność pokryć; na materiałach rozdrobnionych; odporność na erozję i korozję; specjalne własności elektryczne		
	Aparatura naukowo-badawcza	Mikroskopy, elektrony transmisyjny (TEM) oraz skaningowe: elektrony (SEM), elektrony transmisyjny (STEM), jonowy (FIB), scratch tester (np. firmy Revetest), trybomet, kaloteater, twardościomierz tradycyjny/automatyczny, testery: zmęczenia cieplnego, zużycia erozyjnego		
	Technologia			
	Faza cyklu życia	Późnodojrzała (4)	Późnodojrzała (4)	Późnodojrzała (4)
	Typ produkcji	Maloseyjna	Maloseyjna	Malob- i średnioscyjna
	Forma organizacji produkcji	Niepilotkowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych	Niepilotkowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych	Niepilotkowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych
	Nowoczesność parku maszynowego	Niska (3)	Niska (3)	Dość niska (4)
	Automatyzacja i robotyzacja	Niska (3)	Dość niska (4)	Dość niska (4)
	Jakość i niezawodność	Dość niska (4)	Dość niska (4)	Średnia (5)
	Proekologiczność	Dość niska (4)	Niska (3)	Niska (3)
	Gdzie?			
	Rodzaj organizacji	OW; PP; male i średnie przedsiębiorstwa	PP; male i średnie przedsiębiorstwa	PP; male i średnie przedsiębiorstwa
	Reprezentowane gałęzie przemysłu	Narzędziowni; budowy maszyn; energetyki jądrowej; mikro- i optoelektronicznej; lotniczej; motoryzacyjnej		
	Kto?			
	Poziom edukacji personelu	Dość niski (4)	Dość niski (4)	Dość niski (4)
	Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej	Dość niskie (4)	Dość niskie (4)	Dość niskie (4)
	Ile?			
	Wymagania kapitałowe	Umiarkowane (6)	Średnie (5)	Średnie (5)
	Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność	Średnia (5)	Dość niska (4)	Dość niska (4)
	Wartość produkcji w kraju	Średnia (5)	Dość niska (4)	Dość niska (4)

LEGENDA: ↔ Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe ↔ Dwieierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Osadzanie powłok realizowane w złożu fluidalnym (Fluidized-Bed CVD)	Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego	Obszar tematyczny	Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)	M3-08/2010-12
Metoda osadzania powłok realizowana w złożu fluidalnym (Fluidized-Bed CVD) polega na wykorzystaniu zjawiska, gdzie cząstki zachowują się jak ciecz za sprawą przepływającego gazu, zwykle metanu, helu lub innego niereaktywnego gazu. W czasie procesu ważnymi czynnikami są gęstość i wielkość cząstek oraz prędkość i lepkość gazów. Cząsteczki nanoszonej powłoki o większej gęstości są trudniejsze w fluidyzacji. Jeśli prędkość jest zbyt niska cząstki mogą osadzać się zaraz przy wlocie gazu. Natomiast gdy jest zbyt wysoka to będą wydmuchiwane ze złoża fluidalnego. Metoda chemicznego osadzania powłok realizowana w złożu fluidalnym początkowo służyła do osadzania z procesu pyrolizy węgla i węgla krzemu na radio-aktywne cząstki do przechowywania produktów rozszczepienia jądrowego.		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału Oporność na oddziaływanie wysokiej temperatury Nizszy koszt wytwarzania Oporność na ścieranie Oporność na korozję Oporność na erozję Twardość Oporność zmęczenia Specjalne własności elektryczne Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia Fretting Zużycie ścierne Korozja lokalna i wzorowa Zmęczenie cieplne Zużycie abrazyjne Zużycie adhezyjne Korozja selektywna Ablacja	Poziom Dość wysoki (7) Umiarkowany (6) Umiarkowany (6) Umiarkowany (6) Umiarkowany (6) Umiarkowany (6) Umiarkowany (6) Średni (5) Średni (5) Średni (5) Średni (5) Średni (5) Poziom Średni (5) Bardzo niski (2) C27 C18 C19 C28 F 41 F 42 Minimalny (1) Minimalny (1) Poziom Aplicacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego, w odniesieniu do technologii Modelowanie wieloskalowe Systemy ekspertowe Metody Monte Carlo Algorytmy genetyczne Modelowanie matematyczne Aktualna faza cyklu życia technologii Perspektywy rozwoju
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża X jednowarstwowa X wielofazowa X gradientowa X kompozytowa X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża X mechaniczne X chemiczne X elektryczne	X amorficzna X nanokryształiczna X hybrydowa X procesy fizyczne na powierzchni podłoża X optyczne X termiczne X akustyczne X trybologiczne X antykorozyjne X inne	Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia Fretting Zużycie ścierne Korozja lokalna i wzorowa Zmęczenie cieplne Zużycie abrazyjne Zużycie adhezyjne Korozja selektywna Ablacja	Poziom Umiarkowany (6) Umiarkowany (6) Umiarkowany (6) Średni (5) Średni (5) Średni (5) Średni (5) Średni (5) Poziom Średni (5) Bardzo niski (2) C27 C18 C19 C28 F 41 F 42 Minimalny (1) Minimalny (1) Poziom Aplicacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego, w odniesieniu do technologii Modelowanie wieloskalowe Systemy ekspertowe Metody Monte Carlo Algorytmy genetyczne Modelowanie matematyczne Aktualna faza cyklu życia technologii Perspektywy rozwoju
Zalety Możliwość osadzania pod ciśnieniem atmosferycznym lub w niskiej próżni; regularne i jednorodne warstwy o szczególnych własnościach.	Wady Skomplikowana kontrola procesu; ograniczenia w zastosowaniu.	Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii C25 C27 C18 C19 C28 F 41 F 42 Minimalny (1) Minimalny (1) Poziom Aplicacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego, w odniesieniu do technologii Modelowanie wieloskalowe Systemy ekspertowe Metody Monte Carlo Algorytmy genetyczne Modelowanie matematyczne Aktualna faza cyklu życia technologii Perspektywy rozwoju	Poziom Średni (5) Bardzo niski (2) C27 C18 C19 C28 F 41 F 42 Minimalny (1) Minimalny (1) Poziom Aplicacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego, w odniesieniu do technologii Modelowanie wieloskalowe Systemy ekspertowe Metody Monte Carlo Algorytmy genetyczne Modelowanie matematyczne Aktualna faza cyklu życia technologii Perspektywy rozwoju
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań Wytwarzanie twardych powłok odpornych na ścieranie i żarowytrzymałych na potrzeby przemysłu narzędziowego, budowy maszyn i lotniczego; nanoszenie wielowarstwowego płaszcza węglowego na mikrokapsuły paliwowe wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych; elementy elektroniczne; nanorurki.			
Technologie zastępcze/alternatywne Fizyczne osadzanie z fazy gazowej (PVD).			
Rekomendowane źródła literatury 1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011. 2 R. Philippe et al., Catalytic Production of Carbon Nanotubes by Fluidized-Bed CVD, Chemical Vapor Deposition 13/9 (2007) 447-457. 3 G. Hyett, I.P. Parkin, A combinatorial approach to phase synthesis and characterisation in atmospheric pressure chemical vapour deposition, Surface and Coatings Technology 201 (2007) 8966-8970.			

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Osadzenie powłok realizowane w złożu fluidalnym (Fluidized-Bed CVD)	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Technologie chemicznego osadzenia powłok z fazy gazowej (CVD)	M3-08/2010-12
Opis przebiegu procesu technologicznego			
<p>Etapy procesu technologicznego w metodzie osadzenia powłok realizowane w złożu fluidalnym (Fluidized-Bed CVD):</p> <ul style="list-style-type: none"> umieszczenie materiału w komorze roboczej, ustalenie parametrów przepływu gazów roboczych i reaktywnych, podgrzanie reaktora do temperatury powlekania, uruchomienie przepływu gazów reaktywnych, reakcja tworzenia powłoki na powierzchniach styku podłoża ze złożem fluidalnym. <p>Podstawowe zastosowanie chemicznego osadzenia z fazy gazowej ze złożem fluidalnym to produkcja komponentów biomedycznych (zastawek serca), powłok z węgliku uranu i toru na kapsuły paliwa jądrowego, powlekanie elementów takich jak śruby, łożyska, elementy łączące. Proces ten jest stosowany również do różnych stali i ich zastosowania w przemyśle energetycznym, gdzie mają kontakt z gazami i solami. Można również wytwarzać powłoki z Al, Cr, Si, jak i wielowarstwowe powłoki z rzadkimi pierwiastkami (Y, Hf, La, Ce itp.).</p>			
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do
Temperatura	°C	350	1600
Ciśnienie	Pa	10 ⁴	10 ⁵
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-
Czas	s	6 · 10 ⁻¹	6 · 10 ²
Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne		
Specyficzne warunki realizacji procesu	złoże fluidalne		
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Czyszczenie mechaniczne/chemiczne.			
Typ/rodzaj urządzenia			
Stacjonarne, specjalistyczne.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Komora robocza; system sterowania i zasilania; układ gazów roboczych.			
 <p>Schemat układu umożliwiającego realizację procesów chemicznego osadzenia powłok w złożu fluidalnym (Fluidized-Bed CVD)</p>			

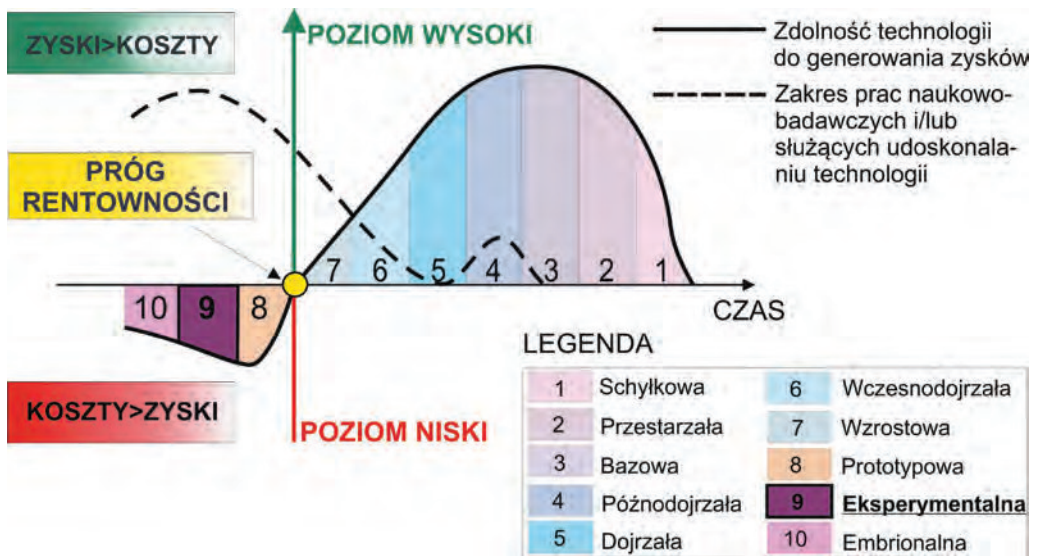
Symbol obszaru tematycznego: **M3**

Symbol grupy technologii: **I_{M3}**

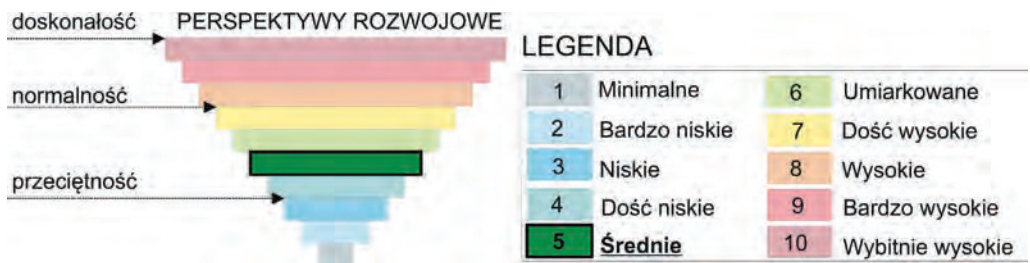
Numer katalogowy: **M3-09**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Chemiczna infiltracja z fazy gazowej**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Chemical Vapour Infiltration (CVI)**



Rysunek 4.72. Aktualna faza cyklu życia chemicznej infiltracji z fazy gazowej



Rysunek 4.73. Perspektywy rozwojowe chemicznej infiltracji z fazy gazowej

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Chemiczna infiltracja z fazy gazowej (CVI)	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)	M3-09/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			Poziom
Chemiczna infiltracja z fazy gazowej (CVI) jest jedną z odmian techniki chemicznego osadzania z fazy gazowej, w której gazowe reagenty przenikają porowatą strukturę. Metoda bardzo chętnie wykorzystywana do modyfikacji mikrostruktury porowatych materiałów, kompozytów ceramicznych ogniotrwałych, tworzyw wysokoglinowych. Metoda ta pozwala na wypełnienie otwartych porów wysokoglinowymi związkami, takimi jak węgiel, azotki, borki i tlenki. Pozwala to zmniejszyć udział objętościowy porów otwartych, oraz ich średnicę. W konsekwencji uzyskuje się poprawę własności użytkowych materiałów, np. wytrzymałości mechanicznej, modułu sprężystości, odporności na korozję i ścieranie.		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału Odporność na ścieranie Twardość Odporność na korozję Odporność na erozję Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury Biokompatybilność Specjalne własności optyczne Porowatość	Dość wysoki (7) Dość wysoki (7) Umiarłowany (6) Umiarłowany (6) Umiarłowany (6) Umiarłowany (6) Średni (5) Niski (3)
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			Poziom
X	jednowarstwowa	X wielofazowa	
	wielowarstwowa	gradientowa	Średni (5)
	multiwarstwowa (>100 warstw)	kompozytowa	Średni (5)
	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	Średni (5)
	Szczególne własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów		Dość niski (4) Dość niski (4) Dość niski (4) Dość niski (4) Dość niski (4) Dość niski (4)
X	mechaniczne	magnetyczne	
X	chemiczne	X dyfuzyjne	
	elektryczne	hydromechaniczne	
	Zalety	Wady	
	Możliwość jednoczesnej infiltracji dużego objętościowo wsadu; automatyzacja procesu.	Dość powolny proces infiltracji; ograniczenia w zastosowaniu; wysoka temperatura.	Poziom
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe /lub obszary zastosowań			Średni (5)
Wytwarzanie materiałów kompozytowych wzmocnionych włóknami węglowymi na bazie ceramiki, metali, materiałów porowatych i polimerów na potrzeby przemysłu lotniczego, kosmicznego, motoryzacyjnego, transportowego, sprzętu sportowego i medycznego.			Dość niski (4) Dość niski (4) Niski (3) Bardzo niski (2) Bardzo niski (2) Minimalny (1) Minimalny (1)
Technologie zastępcze/alternatywne			
Metalurgia proszków.			Poziom
Rekomendowane źródła literatury			Wysoki (8)
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		Dość wysoki (7)
2	G. Zhanjun et al., Aligned carbon nanotube-reinforced silicon carbide composites produced by chemical vapor infiltration, Carbon 49(7) (2011) 2475-2482.		Dość wysoki (7)
3	M.L. Hitchman, K.F. Jansen (eds.), Chemical vapour deposition: Principles and applications, Academic Press, London, 1993.		Umiarłowany (6)
		Aktualna faza cyklu życia technologii	Eksperymentalna (9)
		Perspektywy rozwojowe	Średnia (5)

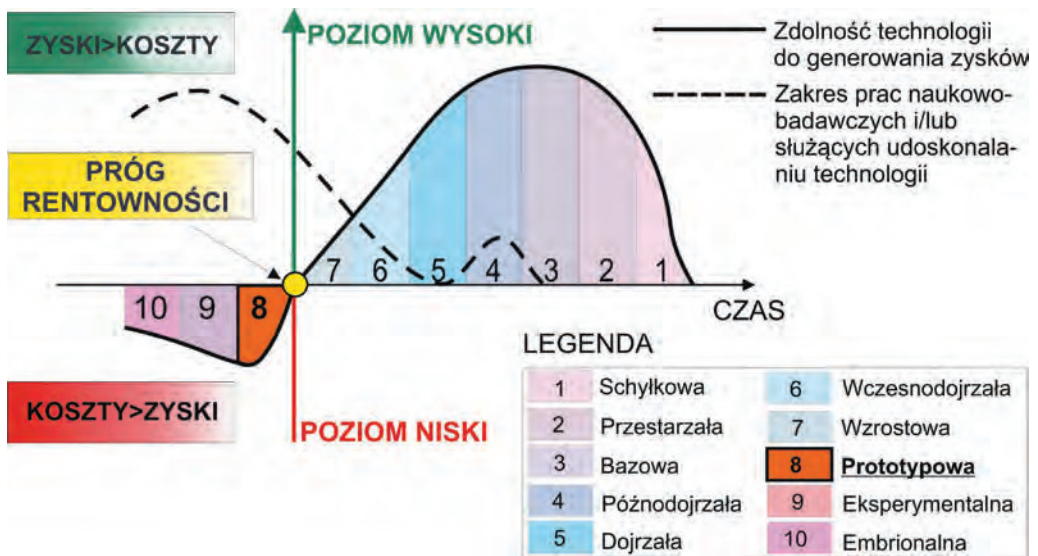
KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Chemiczna infiltracja z fazy gazowej (CVI) Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)	Nr katalogowy M3-09/2010-12																								
Opis przebiegu procesu technologicznego																											
<p>W procesie chemicznej infiltracji z fazy gazowej (CVI) gazy otaczają porowate podłoże i osadzają się na drodze dyfuzji. Stężenie reagentów jest wyższe na zewnętrznych stronach podłoża przez co dochodzi do tworzenia się warstwy utrudniającej dalszy proces. Często jest konieczne jej zerwanie, aby proces mógł być kontynuowany. Pomimo tego ograniczenia jest chętnie stosowany ze względu na możliwość jednoczesnego przetwarzania dużej ilości materiału w dużych piecach. Używany jest do wytwarzania kompozytów węglowo-węglowych do hamulców w samolotach i kompozytów węglowo-krzemowych stosowanych w przestrzeni kosmicznej. Całkowity czas ząszczania zależy od natężenia przepływającego gazu oraz średnicy reaktora.</p> <p>Wyróżnia się kilka odmian procesu chemicznej infiltracji z fazy gazowej (CVI):</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ infiltracja izotermalna, ▪ gradientowa infiltracja termalna, ▪ infiltracja z wymuszonym przepływem. 																											
<p>a) reagenty w gazie otaczają przedmiot i osadzają się na drodze dyfuzji</p> <p>b) reagenty w gazie doprowadzane są od strony zimnej i osadzają się na ciepłym podłożu</p> <p>c) reagenty w gazie przepływają od zimnej do gorącej powierzchni</p>																											
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>500</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>$5 \cdot 10^2$</td> <td>10^5</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>30</td> <td>$1,5 \cdot 10^3$</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td colspan="3">gazy reaktywne</td> </tr> </tbody> </table>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	500	2000	Ciśnienie	Pa	$5 \cdot 10^2$	10^5	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	30	$1,5 \cdot 10^3$	Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																								
Temperatura	°C	500	2000																								
Ciśnienie	Pa	$5 \cdot 10^2$	10^5																								
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																								
Czas	s	30	$1,5 \cdot 10^3$																								
Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne																										
<p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p> <p>infiltracja porowatych materiałów</p>																											
<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Czyszczenie mechaniczne/chemiczne.</p>																											
<p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Stacjonarne; specjalistyczne.</p>																											
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Komora robocza; układ próżniowy; system sterowania i zasilania; układ gazów roboczych.</p>																											
<p>Proces chemicznej infiltracji z fazy gazowej: infiltracja izotermalna (a), gradientowa infiltracja termalna (b), infiltracja z wymuszonym przepływem (c)</p>																											

Symbol obszaru tematycznego: **M3**

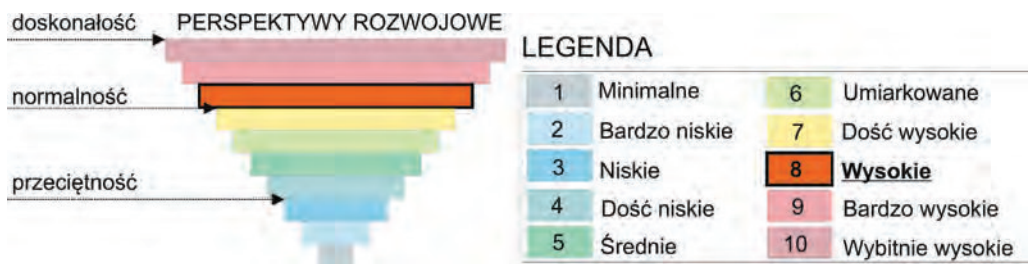
Symbol grupy technologii: **J_{M3}**

Numer katalogowy: **M3-10**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Osadzanie pojedynczych warstw atomowych**
Nazwa grupy technologii (ang.): **Atomic Layer Deposition (ALD)**



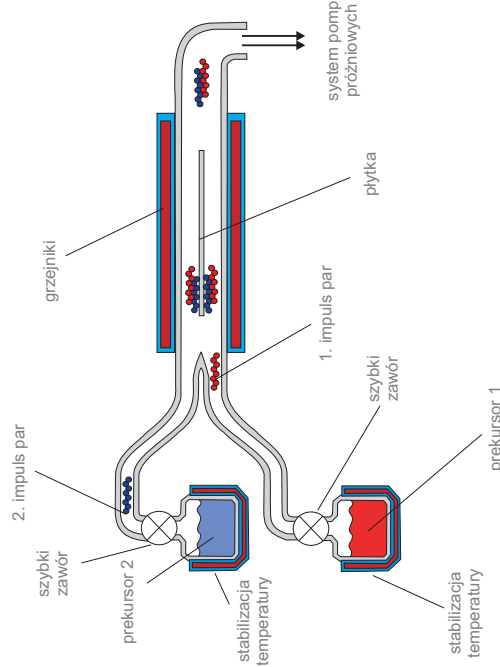
Rysunek 4.74. Aktualna faza cyklu życia osadzania pojedynczych warstw atomowych



Rysunek 4.75. Perspektywy rozwojowe osadzania pojedynczych warstw atomowych

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Osadzenie pojedynczych warstw atomowych (ALD)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)	M3-10/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału	Poziom
Metoda ta polega na umieszczeniu płytek substratu w piecu i podgrzaniu do temperatury powlekania. W piecu substrat zostaje wystawiony naprzemiennie na działanie dwóch, wzajemnie reaktywnych gazów podawanych do komory w postaci kolejnych impulsów, w ten sposób, aby temperatura powlekania była dość wysoka by zapobiec kondensacji dwóch reagentów na powierzchni substratu, a jednocześnie nie dość wysoka by pozwolić na znaczące rozłożenie się któregokolwiek z tych reagentów samodzielnie. Metoda odkładania się pojedynczych warstw atomowych jest prosta - do komory wtrącany jest gaz pierwszy, który wiąże się z podłożem, nie reagując jednak z nim, tak, aby wpuszczony w następnym impulsie drugi (po uprzednim odpompowaniu resztek gazu pierwszego) gaz był w stanie przereagować tylko z powierzchnią pokrytą cząstkami gazu pierwszego. Proces ten można następnie powtarzać aż do uzyskania wymaganej liczby warstw.		Energoozczędność Specjalne własności elektryczne Ultraczystość Niezwijalność Specjalne własności optyczne Specjalne własności magnetyczne Biokompatybilność Porowatość	Dość wysoki (7) Dość wysoki (7) Umiarowany (6) Średni (5) Średni (5) Średni (5) Średni (5) Bardzo niski (2)
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża		Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia	Poziom
X jednowarstwowa	X wielofazowa	Koroza lokalna i wżerowa	Średni (5)
X wielowarstwowa	X gradientowa	Koroza lokalna i wżerowa	Średni (5)
X multiwarstwowa (>100 warstw)	X kompozytowa	Zużycie abrazyjne	Dość niski (4)
przemiany fazowe powierzchni podłoża	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	Fretting	Dość niski (4)
Szczegółne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajścia procesów	X mechaniczne	Koroza równomierna	Dość niski (4)
X chemiczne	X dyfuzyjne	Koroza selektywna	Dość niski (4)
X elektryczne	hydromechaniczne	Erozja	Dość niski (4)
Zalety	Wady	Koroza międzykryształiczna	Dość niski (4)
Możliwość uzyskania warstwy o grubości ~1 nm; możliwość nanoszenia warstw niemożliwych do realizacji w innych procesach; nanoszenie powłok na obiekty o skomplikowanej geometrii.	Niewielka szybkość osadzania; ograniczenia w zastosowaniu; skomplikowana i precyzyjna kontrola procesu.	Pitting	Dość niski (4)
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań		Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii	Poziom
Wytworzenie ultracienkich elastycznych nanowarstw o znakomitej gładkości na elementach mikro- i optoelektroniki, szklach specjalnych, ogniwach fotowoltaicznych, narzędziach skrawających oraz implantach i wszczepach medycznych; w przyszłości możliwe wytworzenie powłok w montażu elektrycznym.		M 72	Wysoki (8)
Technologie zastępcze/alternatywne		C 25	Umiarowany (6)
Epitaksja pojedynczych warstw atomowych (ALE).		C 26	Umiarowany (6)
Rekomendowane źródła literaturowe		C 27	Dość niski (4)
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		C 18	Dość niski (4)
2 M. Bonek, L.A. Dobrzański, E. Hajduczek, A. Klimpel, Structure and properties of laser alloyed surface layers on the hot-work tool steel, JMPT 175 (2006) 45-54.		C 14	Bardzo niski (2)
3 T. Burakowski, W. Napadlek, J. Marczak, Ablative Laser Cleaning in Areology – Up-to-date Condition and Prospects, Inżynieria Materiałowa 28/3-4 (2007) 618-621.		C 22	Bardzo niski (2)
		C 23	Bardzo niski (2)
		Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii	Poziom
		Sztuczne sieci neuronowe	Bardzo wysoki (9)
		Systemy ekspertowe	Wysoki (8)
		Algorytmy genetyczne	Dość wysoki (7)
		Modelowanie wieloskalowe	Dość wysoki (7)
		Logika rozmyta	Umiarowany (6)
		Aktualna faza cyklu życia technologii	Prototypowa (8)
		Perspektywy rozwojowe	Wysoka (8)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Osadzenie pojedynczych warstw atomowych (ALD)	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Technologie chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej (CVD)	M3-10/2010-12
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Etapy procesu osadzania pojedynczych warstw atomowych (ALD) obejmują wprowadzenie reagentów, chemisorpcję i tworzenie się monowarstw. Przy czym proces ten jest wielokrotnie powtarzany, aż do nanielenia oczekiwanej liczby monowarstw.</p> <p>W procesie osadzania pojedynczych warstw atomowych (ALD) wykorzystuje się dwie substancje chemiczne zwane prekursorami. Substancje te reagują z powierzchnią jedna po drugiej w określonym czasie w sposób sekwencyjny. Grubość tak wytworzonej warstwy zależy tylko od liczby cykli, w których następuje osadzanie warstwy. Metoda ta zbliżona jest pod względem chemicznym do metody chemicznego osadzania z fazy gazowej, jednak proces osadzania pojedynczych warstw atomowych dzieli proces CVD na dwie reakcje utrzymując prekursor oddzielone od siebie w czasie reakcji, dzięki temu w czasie procesu osadzania warstwy, możliwe jest uzyskanie warstwy o grubości nanometrycznej. Separacja prekursorów jest realizowana poprzez pulsowanie gazu oczyszczającego (zwykle azotu lub argonu), które zachodzi po każdym impulsie prekursora w celu oczyszczenia komory oraz zapobiegnięciu osadzeniu się warstw metodą chemicznego osadzania z fazy gazowej.</p>			
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do
Temperatura	°C	100	500
Ciśnienie	Pa	10	5 · 10 ²
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-
Czas	s	3 · 10 ²	1,5 · 10 ³
Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne		
Specyficzne warunki realizacji procesu	reakcje addytywne z użyciem prekursorów; reakcje wymiany przy użyciu związków chemicznych		
Metod(a)/-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Aktywacja energii w procesie ALD:	termicznie lub plazmowo.		
Typ/rodzaj urządzenia			
Stacjonarne; specjalistyczne.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Komora reakcyjna; układ próżniowy; układ kontroli temperatury; komory reakcyjnej; źródła reagentów oraz substratu; źródła prekursorów i gazu nośnego.			
<p style="text-align: right;">Proces osadzania pojedynczych warstw atomowych (ALD)</p>			



4.4. Perspektywy rozwojowe technologii ciepłno-chemicznych

W niniejszym podrozdziale zamieszczono wyniki prac własnych, z których część – w postaci Kart Informacyjnych Technologii (KIT) – sporządzono we współpracy z Eugeniuszem Hajduczkiem. Generalnie znaczenie obróbki ciepłno-chemicznej – będącej dziedziną obróbki cieplnej obejmującą zespół operacji i zabiegów umożliwiających zmianę składu chemicznego i struktury warstwy powierzchniowej stopu, a przez to zmianę własności obrabianych elementów, w wyniku zmian temperatury i chemicznego oddziaływania ośrodka – jako stosowanej praktycznie grupy klasycznych technologii kształtowania struktury i własności materiałów inżynierskich, na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat znacząco zmalało. Następuje to w wyniku istotnej konkurencji ze strony innych nowoczesnych i stale rozwijających się procesów, o lepszej efektywności i elastyczności kształtowania struktury i własności oraz bardziej przyjaznych ekologicznie i bardziej uzasadnionych ekonomicznie. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że obróbka ciepłno-chemiczna, mimo iż nie należy do technologii awangardowych ani skrajnie rozwojowych, ze względu na rachunek ekonomiczny i powszechność stosowania, zajmuje ważne i istotne miejsce we współczesnej gospodarce, a prognoza wskazuje, że taki stan rzeczy utrzyma się przez najbliższe 20 lat.

Analiza wyników badań heurystycznych [3], które w toku prowadzonych prac zostały zwizualizowane z użyciem macierzy kontekstowych, tj. dendrologicznej, meteorologicznej i strategii dla technologii, wskazuje, że wśród technologii ciepłno-chemicznych, najlepszą pozycję strategiczną mają technologie hybrydowe J_{M4}^s (9,0; 9,1), łączące w sobie przynajmniej dwie metody obróbki powierzchniowej, np. azotowanie i nanoszenie powłok PVD bądź nawęglanie wraz z nanoszeniem powłok CVD. Bardzo wysoko (9 punktów) zostały także ocenione technologie będące aktualnie w fazie wzrostowej: nawęglanie plazmowe i pod obniżonym ciśnieniem F_{M4}^s (8,7; 8,9) oraz azotowanie pod obniżonym ciśnieniem B_{M4}^s (8,3; 8,6). Eksperti przyznali także 9 punktów, znajdującemu się w fazie wczesnodojrzałej, azotowaniu plazmowemu A_{M4}^s (8,6; 8,6). Wszystkie te technologie J_{M4} , B_{M4} , F_{M4} i A_{M4} znalazły się w najkorzystniejszej szesnastce macierzy i zaleca się w odniesieniu do nich zastosowanie strategii dębu wiosną, która sprowadza się do rozwijania, umacniania i implementowania atrakcyjnych technologii o dużym potencjale w praktyce przemysłowej, a ich przyszły sukces

jest zagwarantowany. Dość dobrą (7 punktów) pozycję strategiczną mają kompleksowe obróbki z udziałem azotowania D_{M4}^s (6,8; 4,4), np. siarko- i tlenoazotowanie, a umiarkowaną (6 punktów) nawęglanie gazowe i węgloazotowanie wysokotemperaturowe E_{M4}^s (7,0; 3,9), w odniesieniu do których należy zastosować strategię kosodrzewiny jesienią, polegającą na czerpaniu zysków z realizacji produkcji w przewidywalnym otoczeniu, z zastosowaniem stabilnej sprawdzonej technologii, którą należy unowocześniać i intensywnie promować w celu wzmocnienia jej atrakcyjności. Do stosunkowo mało atrakcyjnych technologii ciepno-chemiczne, ocenionych średnio – na 5 punktów, które zostały umieszczone w polu kosodrzewiny latem, zalicza się: azotowanie gazowe C_{M4}^s (6,5; 6,3), aluminiowanie G_{M4}^s (6,0; 6,1) i pasywowanie I_{M4}^s (6,4; 6,0), w odniesieniu do których należy podjąć działania zmierzające do uatrakcyjnienia i unowocześnienia tradycyjnych rozwiązań technologicznych, a także, bazując na wynikach badań marketingowych, dążyć do uatrakcyjnienia oferty produktowej. Najślabszą pozycję strategiczną (3 punkty), wśród technologii ciepno-chemicznych poddanych badaniom heurystycznym, ma borowanie H_{M4}^s (1,3; 3,6), które znalazło się w polu osiki jesienią, a strategia odpowiednia dla technologii tam zakwalifikowanych należy do grupy źle rokujących. Przeszarzałe, nieekologiczne borowanie H_{M4} skazane jest prawdopodobnie na postępującą degradację, wejście w fazę schyłkową i eliminację z rynku lub też utrzymanie się jedynie w odniesieniu do bardzo wąskich specjalistycznych zastosowań, na co wskazuje jego ścieżka rozwoju strategicznego.

Zestawienia statystyczne, opracowane na bazie odpowiedzi ankietowanych ekspertów, posłużyły do określenia trendów, którym będą podlegać w przyszłości poszczególne grupy technologii ciepno-chemicznych [3]. Wyraźną tendencję wzrostową można zaobserwować w odniesieniu do technologii hybrydowych (np. azotowanie plazmowe i PVD) J_{M4} (100%), nawęglania plazmowego i węgloazotowania wysokotemperaturowego F_{M4} (90%), azotowania pod obniżonym ciśnieniem B_{M4} (81%) oraz azotowania plazmowego A_{M4} (72%). Przewidywany jest także wzrost znaczenia, na tle innych technologii ciepno-chemicznych, kompleksowych obróbek z udziałem azotowania D_{M4} (45%). Zgodnie w prezentowanymi wynikami badań spadnie (45%) znaczenie nawęglania gazowego i węgloazotowania wysokotemperaturowego E_{M4} , a znaczenie pozostałych grup technologii w ciągu najbliższych 20 lat utrzyma się na dotychczasowym poziomie.

Symbol pola badawczego: **M**

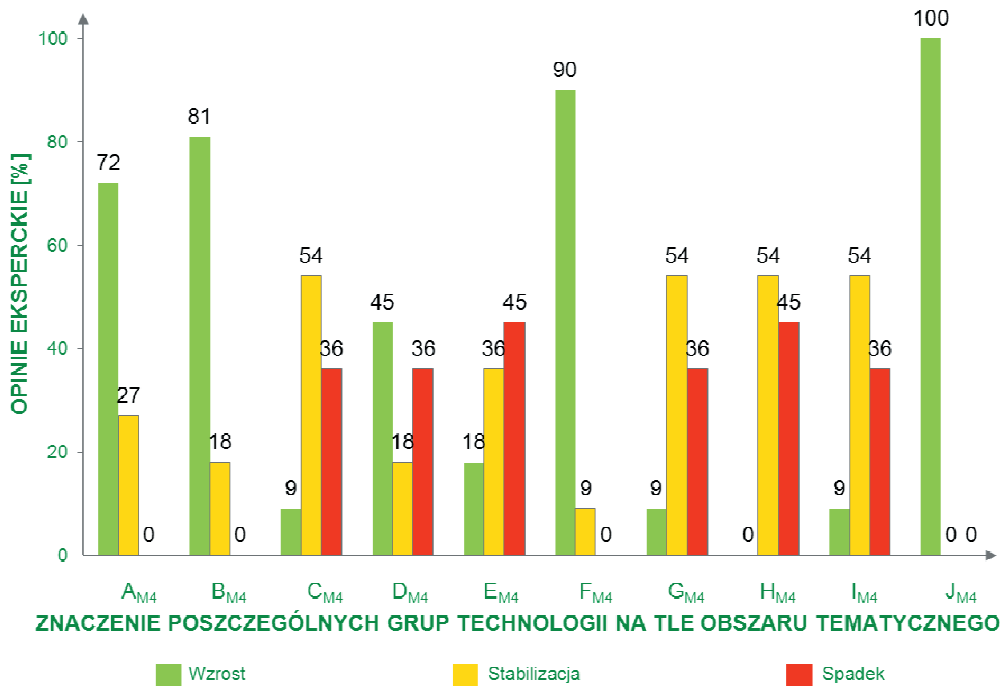
Symbol obszaru tematycznego: **M4**

Prezentowane podejście: **Procesowe**

Obszar tematyczny: **Technologie ciepłno-chemiczne**

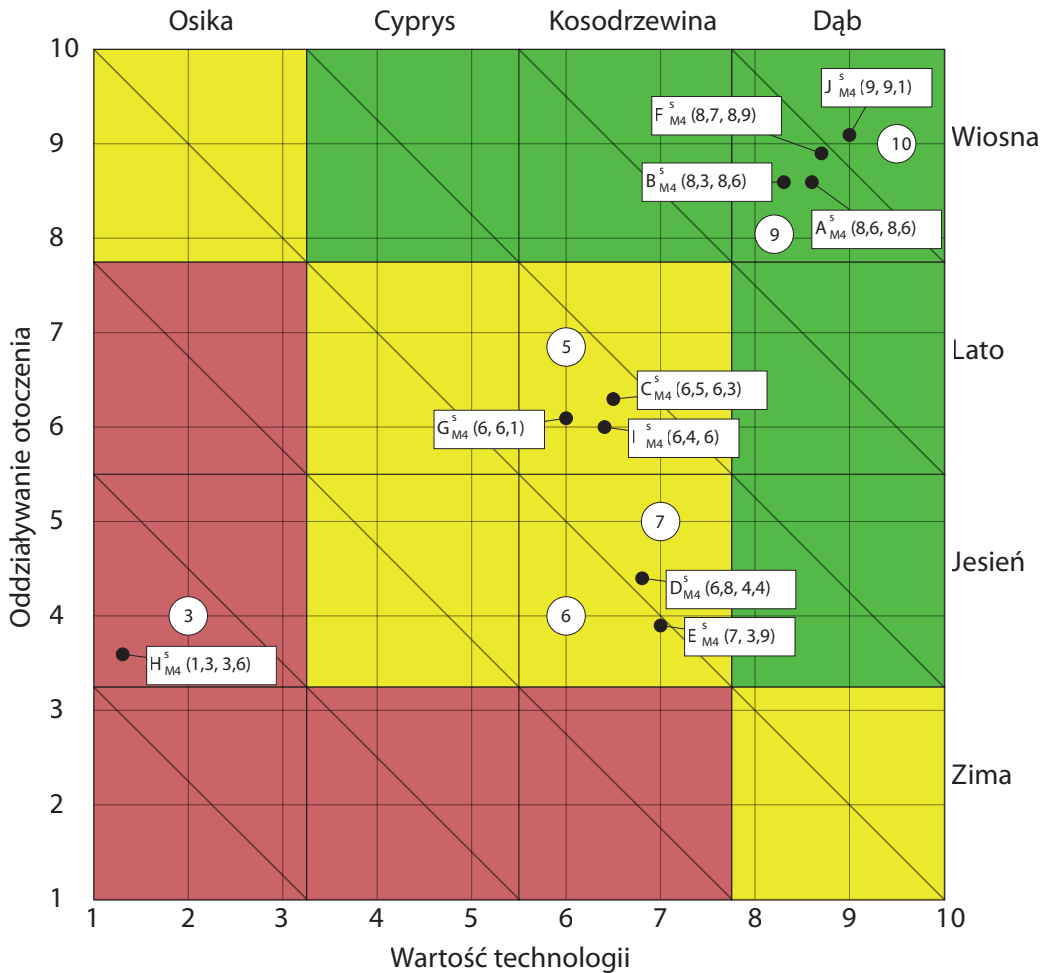
Wykaz technologii krytycznych wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M4:

- A_{M4} Azotowanie plazmowe
- B_{M4} Azotowanie pod obniżonym ciśnieniem
- C_{M4} Azotowanie gazowe
- D_{M4} Kompleksowe obróbki z udziałem azotowania
- E_{M4} Nawęglanie gazowe i węglazotowanie wysokotemperaturowe
- F_{M4} Nawęglanie plazmowe i pod obniżonym ciśnieniem
- G_{M4} Aluminowanie
- H_{M4} Borowanie
- I_{M4} Pasywowanie
- J_{M4} Technologie hybrydowe



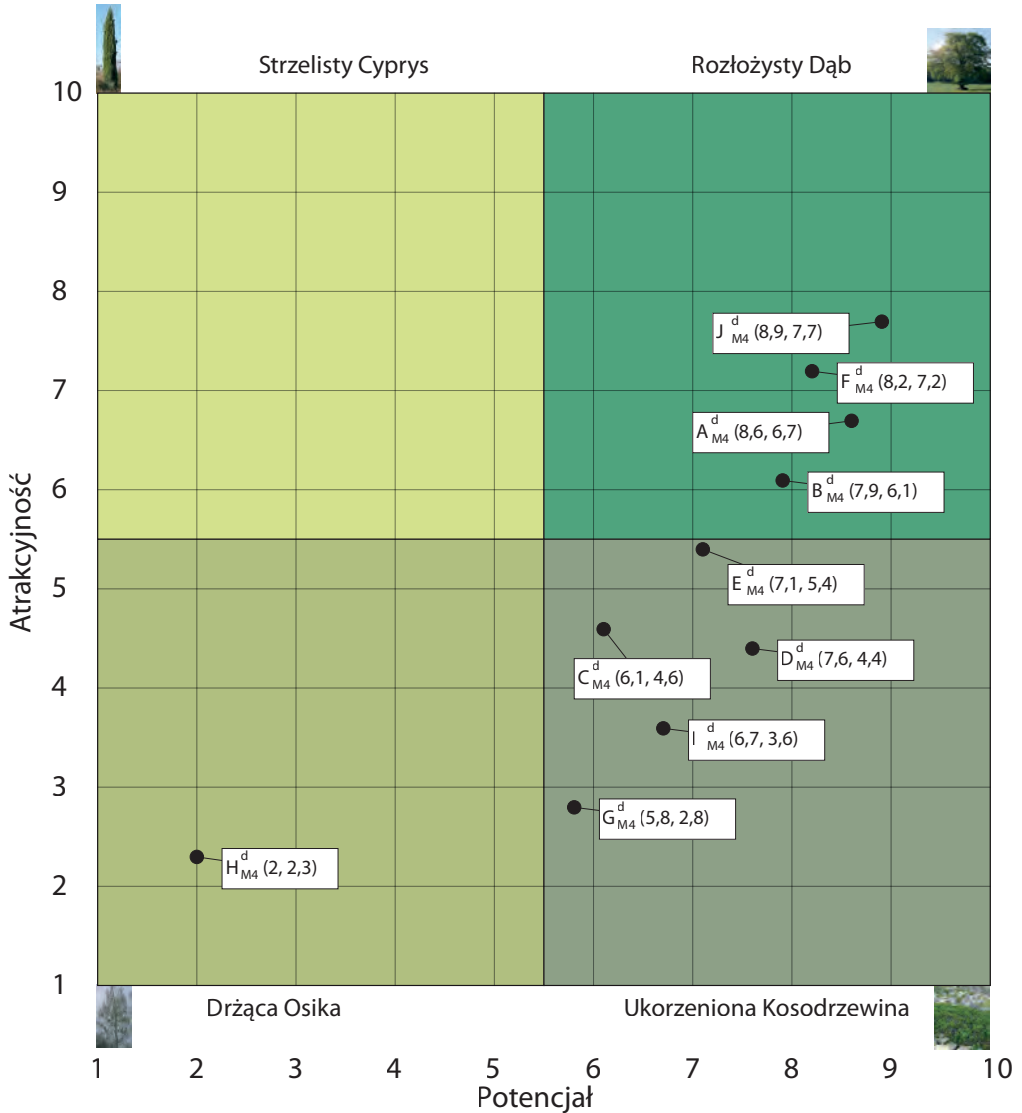
Rysunek 4.76. Prognozowane trendy zmian znaczenia poszczególnych grup technologii krytycznych na tle obszaru tematycznego M4: Technologie ciepłno-chemiczne

MACIERZ M4-S



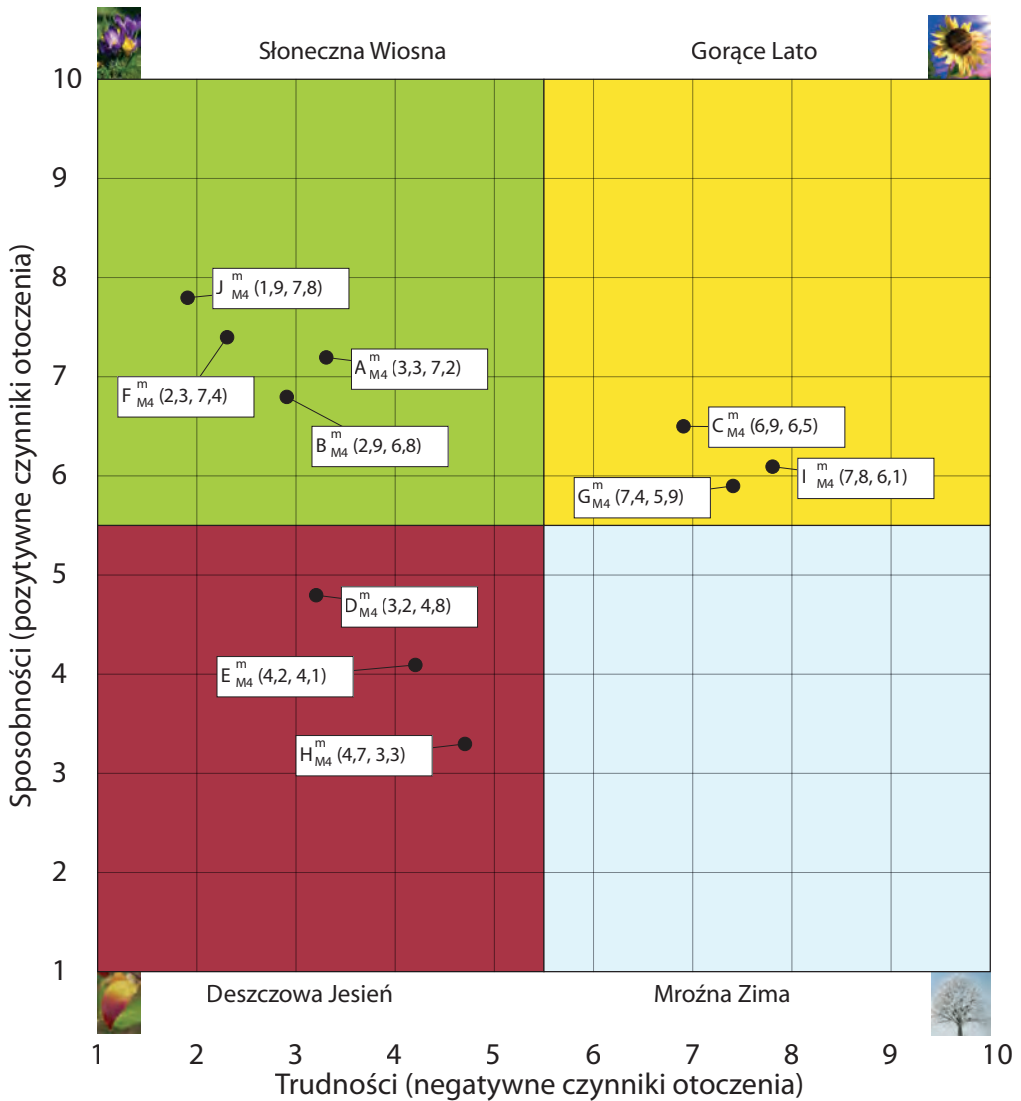
Rysunek 4.77. Macierz strategii dla technologii prezentująca wyrażone ilościowo perspektywy rozwojowe poszczególnych grup technologii krytycznych technologii ciepłno-chemicznych A_{M4} - J_{M4} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M4 i wskazująca strategie rekomendowane do zastosowania w odniesieniu do tych grup technologii

MACIERZ M4-D



Rysunek 4.78. Macierz dendrologiczna prezentująca potencjał i atrakcyjność poszczególnych grup krytycznych technologii ciepłno-chemicznych A_{M4}^d - J_{M4}^d wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M4

MACIERZ M4-M



Rysunek 4.79. Macierz meteorologiczna prezentująca intensywność oddziaływania pozytywnych i negatywnych czynników otoczenia na grupy krytycznych technologii ciepło-chemicznych A_{M4} - J_{M4} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M4

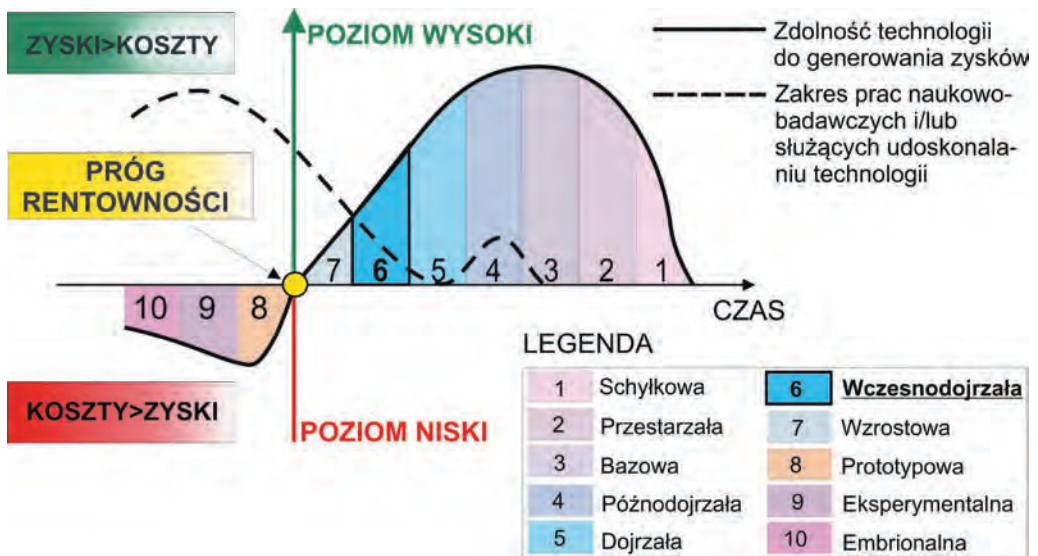
Symbol obszaru tematycznego: **M4**

Symbol grupy technologii: **A_{M4}**

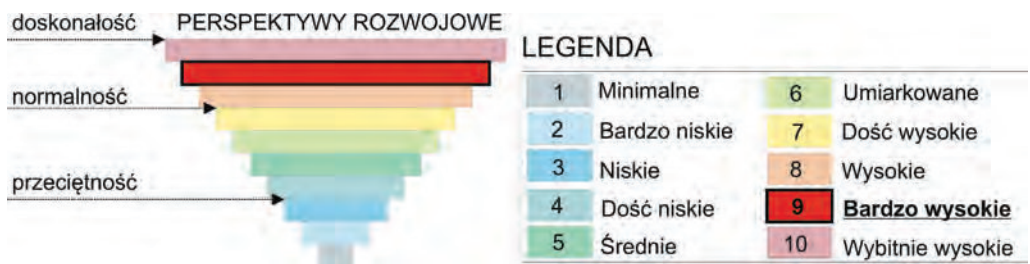
Numer katalogowy: **M4-01**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Azotowanie plazmowe**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Plasma nitriding**



Rysunek 4.80. Aktualna faza cyklu życia azotowania plazmowego



Rysunek 4.81. Perspektywy rozwojowe azotowania plazmowego

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Azotowanie plazmowe		Nr katalogowy		
Obszar tematyczny		Technologie ciepłno-chemiczne		M4-01/2010-12		
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030		
Dlaczego?		<p>Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych</p> <p>Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń</p> <p>Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego</p> <p>Strategia debę wiosną</p> <p>Słoneczna wiosna</p> <p>Rozłożysty dąb</p>	<p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu</p> <p>Strategia debę wiosną; Rozwijając, umacniając, implementować atrakcyjną technologię o dużym potencjale w praktyce przemysłowej w celu odniesienia spektakularnego sukcesu.</p>	<p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>	2030	
Co?		<p>Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji</p> <p>Podłoże</p> <p>Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/podszew na powierzchni podłoża</p> <p>Polepszone własności materiału</p> <p>Aparatura naukowo-badawcza</p>	<p>Matryce kuchnicze; ciagadła; formy do tworzyw sztucznych; elementy wtryskarek i wylaczarek; waly korbowe; waki; pierścienie i sworznie łokowe; elementy silników i pomp; narzędzia skrawające (frezy, gwintowniki); narzędzia precyzyjnego cięcia matrycowego; narzędzia technologii medycznej; elementy przekładni ślimakowych, sprzęgła elektromagnetycznych; elementy technologii sensorowej i inne</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Stale słopowe do azotowania np. 31CrMo12, 41CrAlMo7-10; stale narzędziowe np. X40CrMoV5-1; stale szybkoztape np. HS6-5-2; stale odporne na korozję np. X2CrNiMo17-12-2</p> <p>Warstwa nazożowana</p> <p>Oporność na ścieranie, korozję i erozję; odporność zmęczenia (głównie na plitng) przy dość wysokiej twardości i ciągliwości</p> <p>Mikroskop świetlny; twardościomierz; mikrotwardościomierz; skaninyg mikroskop elektronowy (SEM); transmisyng mikroskop elektronowy (TEM); dyfraktoometr rentgenowski (XRD); stanowiska do pomiaru; wytrzymałości na zmęczenie ciepłno-mechaniczne, odporności na ścieranie i odporności na korozję</p>	<p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Stale szybkoztape np. HS6-5-2; stale odporne na korozję np. X2CrNiMo17-12-2</p> <p>Warstwa nazożowana</p> <p>Oporność na ścieranie, korozję i erozję; odporność zmęczenia (głównie na plitng) przy dość wysokiej twardości i ciągliwości</p> <p>Mikroskop świetlny; twardościomierz; mikrotwardościomierz; skaninyg mikroskop elektronowy (SEM); transmisyng mikroskop elektronowy (TEM); dyfraktoometr rentgenowski (XRD); stanowiska do pomiaru; wytrzymałości na zmęczenie ciepłno-mechaniczne, odporności na ścieranie i odporności na korozję</p>	2030	
Technologia		<p>Faza cyklu życia</p> <p>Typ produkcji</p> <p>Forma organizacji produkcji</p> <p>Nowoczesność parku maszynowego</p> <p>Automatyzacja i robotyzacja</p> <p>Jakość i niezawodność</p> <p>Proekologiczność</p>	<p>Azotowanie plazmowe</p> <p>Wczesnodojrzała (6)</p> <p>Mało- i średnioseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach i na linii</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Uczelnie; INB; OW; male, średnie i duże przedsiębiorstwa</p> <p>Reprezentowane gałęzie przemysłu</p>	<p>Wczesnodojrzała (6)</p> <p>Wielkoseryjna i masowa</p> <p>Niepotokowa w gniazdach i na linii; potokowa synchroniczna</p> <p>Wysoka (8)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Uczelnie; INB; OW; male, średnie i duże przedsiębiorstwa</p> <p>Motoryzacyjny; maszynowy; narzędziowy; lotniczy; okrętowy</p>	2030	
Kto?		<p>Wysoki (8)</p> <p>Dość wysokie (7)</p>	<p>Wysoki (8)</p> <p>Dość wysokie (7)</p>	2030		
Ile?		<p>Dość wysokie (7)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Umiarkowana (6)</p>	<p>Dość wysokie (7)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Umiarkowana (6)</p>	2030		
<p>LEGENDA: ↔ Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe ↔ Dwu kierunkowe przepływy danych i/lub zasobów</p>						

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Azotowanie plazmowe	Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego		Obszar tematyczny	Technologie ciepłno-chemiczne	M4-01/2010-12
Azotowanie plazmowe zwane też jonizacyjnym lub jarzeniowym odbywa się w atmosferze zjonizowanego azotu w urządzeniu składającym się ze szczernej retorty, pompy próżniowej, urządzenia dozującego gaz oraz zasilaacza. Azotowane przedmioty, odizolowane od ścianek retorty, są umieszczane w retorcie, stanowiącej anodę, i podłączane do bieguna ujemnego. Przyłożone napięcie wynosi 0,5-1,5 kV, a ciśnienie azotu lub mieszaniny z wodorem w retorcie jest obniżane do 10 ⁻² -1 Pa. Wysokie napięcie powoduje jonizację gazu w wąskiej strefie spadku napięcia przy katodzie. W wyniku zderzeń jonów azotu z powierzchnią obrabianego przedmiotu wydziela się ciepło, a obrabiany przedmiot nagrzewa się do temperatury wystarczającej do azotowania. Atomy żelaza wybite z powierzchni tworzą azotki FeN, ulegające następnie kondensacji na powierzchni metali i rozkładowi z wykorzystaniem azotu atomowego dyfundującego w głąb metala.				Poziom
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału				Wysoki (8)
Odporność na ścieranie				Wysoki (8)
Odporność na korozję				Wysoki (8)
Odporność zmęczenia				Dość wysoki (7)
Ciężkość				Dość wysoki (7)
Twardość				Dość wysoki (7)
Energooszczędność				Dość wysoki (7)
Odporność na erozję				Umiarkowany (6)
Odporność na działanie wysokiej temperatury				Dość niski (4)
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia				Poziom
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża				
jednowarstwowa		X wielofazowa	amorficzna	
wielowarstwowa		X gradientowa	nanokryształiczna	Wysoki (8)
multiwarstwowa (>100 warstw)		kompozytowa	hybrydowa	Wysoki (8)
X przemiany fazowe powierzchni podłoża		X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Dość wysoki (7)
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów				Dość wysoki (7)
X mechaniczne		magnetyczne	optyczne	Dość wysoki (7)
X chemiczne		X dyfuzyjne	termiczne	Umiarkowany (6)
elektryczne		hydromechaniczne	akustyczne	Dość niski (4)
inne				
Zalety		Wady		
Dokładna regulacja grubości warstwy; możliwość zautomatyzowania procesu; proces nie stwarza zagrożenia dla środowiska; możliwość maskowania obszarów nieazotowanych.		Długi czas procesu; wysoki koszt urządzeń; precyzyjne połączenia elektryczne.		
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań				
Azotowanie elementów maszyn o dużych gabarytach i skomplikowanych kształtach; azotowanie z użyciem plazmy otrzymanej w efekcie zmiennoprądowego (o częstotliwości radiowej) wyładowania jarzeniowego; wytrawianie plazmowe stosowane do obróbki tworzyw sztucznych, elastomerów i półprzewodników.				
Technologie zastępcze/alternatywne				
Azotowanie gazowe, azotowanie pod obniżonym ciśnieniem; azotowanie w kąpielach solnych.				
Rekomendowane źródła literatury				
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.				
2 J. Cwiek, Plasma nitriding as a prevention method against hydrogen degradation of steel, JAMME 36/1 (2009) 25-32.				
3 T. Wierzbior, I. Ulbin-Pokorska, K. Sikorski, J. Trojanowski, Properties of multicomponent surface layers produced on steels by modified plasma nitriding processes, Vacuum 53 (1999) 473-479.				
Aplicacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii				
Systemy ekspertowe		Wysoki (8)		
Sztuczne sieci neuronowe		Dość wysoki (7)		
Modelowanie matematyczne		Dość wysoki (7)		
Logika rozmyta		Średni (5)		
Algorytmy genetyczne		Średni (5)		
Aktualna faza cyklu życia technologii		Wzrzesnodojrzała (6)		
Perspektywy rozwoju		Bardzo wysokie (9)		

<p>KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII</p>	<p>Nazwa technologii Azotowanie plazmowe</p> <p>Obszar tematyczny Technologie ciepłno-chemiczne</p>	<p>Nr katalogowy M4-01/2010-12</p>
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Temperatura procesu azotowania plazmowego, zwykle waha się od 450 do 600°C, lecz w przypadku stali o małej odporności na odpuszczanie może być ono realizowane w temperaturze od 375°C. Czas procesu wynosi od 10 minut do 48 godzin i zależy od temperatury procesu, oczekiwanej grubości warstwy i rodzaju materiału poddawanego obróbce. Obrabiane przedmioty są elektrycznie izolowane i poddawane wyładowaniu jarzeniowemu w atmosferze tleno-wo- lub wodorowo-azotowej. Następnie ma miejsce właściwy proces azotowania w zamkniętym piecu w próżni. Najczęściej na pierwszym etapie przedmioty podgrzewa się do temperatury ok. 500°C w obecności gazu reaktywnego. Następnie rozpoczyna się aktywacja powierzchni przez plazmę (rozpylanie). Warstwy pasywne są eliminowane, tak aby możliwe było wzbogacenie warstwy wierzchniej w azot. Na kolejnym etapie ma miejsce nagrzanie obrabianego przedmiotu do temperatury wystarczającej do azotowania, co następuje w wyniku wydzielenia się ciepła pod wpływem zderzeń jonów azotu z powierzchnią obrabianego przedmiotu. Zjawiska te można regulować przez zmianę napięcia, ciśnienia oraz składu chemicznego gazu w celu uzyskania pożądanej struktury i utworzenia na powierzchni albo ciągłej strefy azotków ε + γ (tzw. strefy białej) lub samej strefy dyfuzyjnej. Chłodzenie następuje z użyciem zewnętrznych wentylatorów i innych dodatkowych urządzeń chłodniczych (wymniemiki ciepła, woda, gaz).</p>		
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>		
<p>Standardowy zakres parametru procesu</p>	<p>jednostka</p>	<p>od do</p>
<p>Temperatura</p>	<p>°C</p>	<p>(375) 450 600</p>
<p>Ciśnienie</p>	<p>Pa</p>	<p>10⁻² 1</p>
<p>Warunki prądowo-napięciowe</p>	<p>- V</p>	<p>5 · 10² - 1,5 · 10³</p>
<p>Czas</p>	<p>s</p>	<p>6 · 10² 2 · 10⁵</p>
<p>Środowisko/atmosfera</p>	<p>tleno- lub wodorowo-azotowa</p>	
<p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p>	<p>próżnia</p>	
<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p>	<p>Obróbka cieplna obejmująca hartowanie i odpuszczanie, najkorzystniej w temperaturze wyższej od temperatury azotowania.</p>	
<p>Typ/rodzaj urządzenia</p>	<p>Szczelna komora zapewniająca izolację elektryczną azotowanych przedmiotów.</p>	
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p>	<p>Brak.</p>	
<p>Schemat pieca umożliwiającego realizację procesów azotowania plazmowego</p>		

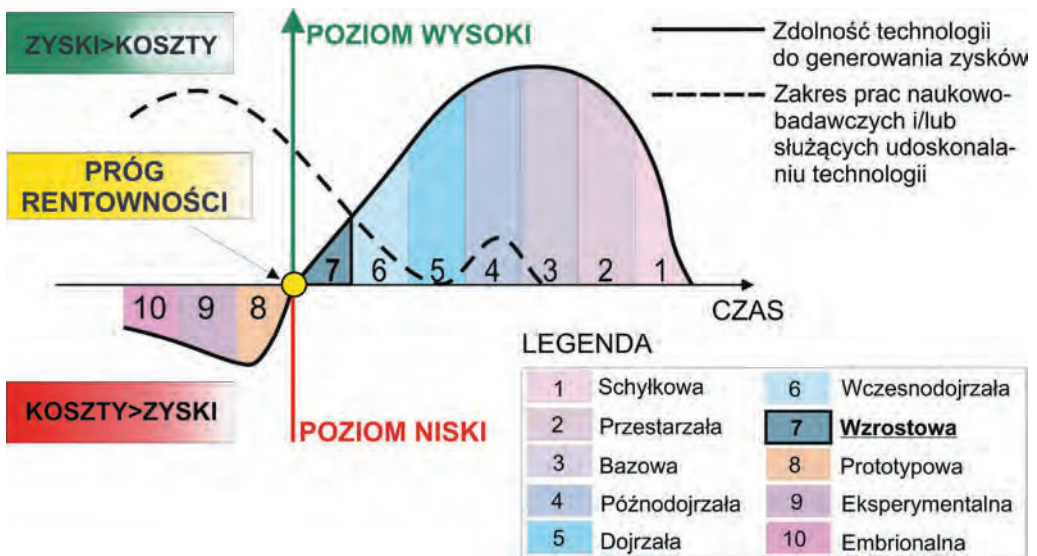
Symbol obszaru tematycznego: **M4**

Symbol grupy technologii: **B_{M4}**

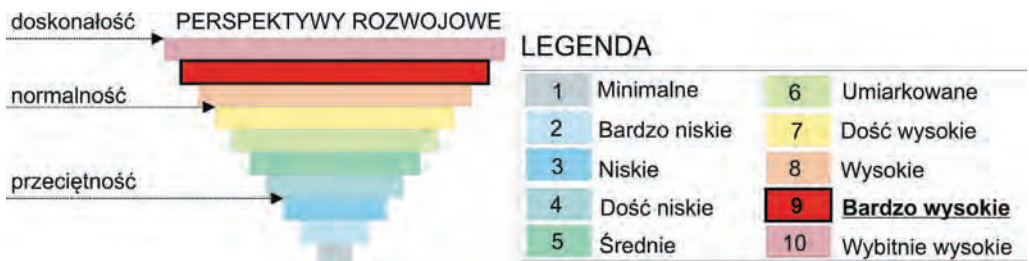
Numer katalogowy: **M4-02**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Azotowanie pod obniżonym ciśnieniem**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Low pressure nitriding**



Rysunek 4.82. Aktualna faza cyklu życia azotowania pod obniżonym ciśnieniem



Rysunek 4.83. Perspektywy rozwojowe azotowania pod obniżonym ciśnieniem

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Azotowanie pod obniżonym ciśnieniem		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie ciepłno-chemiczne		M4-02/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Intervaly czasowe		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Dlaczego?		Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Zrównoważony rozwój	
Dlaczego?		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	
Dlaczego?		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu	
Dlaczego?		Strategia dla technologii		Strategia debę wiosną. Odnosić sukces. Rozwijają, umacniają, implementować atrakcyjną technologię o dużym potencjale w praktyce przemysłowej w celu odniesienia spektakularnego sukcesu.	
Dlaczego?		Oddziaływanie otoczenia		Słoneczna wiosna	
Dlaczego?		Wartości technologii		Rozbójnicy dęb	
Produkt		Wakty korbowe, wałki, pierścienie i sworznie tokowe; matryce kuznicze; ciągadła; formy do tworzyw sztucznych; elementy silników i pomp; narzędzia skrawające (frezy, wiertła, gwintowniki); narzędzia precyzyjnego cięcia matrycowego; narzędzia technologii medycznej; elementy przekładni ślimakowych, sprzężają elektromagnetycznych; elementy technologii sensorowej i inne		Dość wysoka (7)	
Produkt		Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Dość wysoka (7)	
Produkt		Podłoże		Dość wysoka (7)	
Produkt		Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		Dość wysoka (7)	
Produkt		Polepszone własności materiału		Dość wysoka (7)	
Produkt		Aparatura naukowo-badawcza		Dość wysoka (7)	
Co?		Twardość; odporność zmęczenia, głównie na pitting i spalling; odporność na zużycie i ścieranie przy zachowaniu dość wysokiej ciągliwości		Dość wysoka (7)	
Co?		Mikroskop świetlny; twardościomierz; mikrotwardościomierz; skaninygwy mikroskop elektronowy (TEM); dyfraktoometr rentgenowski (XRD); stanowiska do pomiaru; wytrzymałości na zmęczenie ciepłno-mechaniczne, odporności na ścieranie i odporności na korozję		Dość wysoka (7)	
Technologia		Azotowanie pod obniżonym ciśnieniem		Dość wysoka (7)	
Technologia		Faza cyklu życia		Wzrostowa (7)	
Technologia		Typ produkcji		Wielkoseryjna i masowa	
Technologia		Forma organizacji produkcji		Średnio- i wielkoseryjna	
Technologia		Nowoczesność parku maszynowego		Niepotokowa w gniazdach i na linii; potokowa synchroniczna	
Technologia		Automatyzacja i robotyzacja		Dość wysoka (7)	
Technologia		Jakość i niezawodność		Dość wysoka (7)	
Technologia		Proekologiczność		Dość wysoka (7)	
Gdzie?		Rodzaj organizacji		Uczelniej; INB; OW; male, średnie i duże przedsiębiorstwa	
Gdzie?		Reprezentowane gałęzie przemysłu		Motoryzacyjny; maszynowy; narzędziowy; lotniczy; okrętowy	
Kto?		Poziom edukacji personelu		Wysoki (8)	
Kto?		Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej		Dość wysokie (7)	
Ile?		Wymagania kapitałowe		Dość wysokie (7)	
Ile?		Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność		Umiarkowana (6)	
Ile?		Wartość produkcji w kraju		Umierkowna (6)	
LEGENDA: → Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwuierunkowe przepływy danych i/lub zasobów					

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Azotowanie pod obniżonym ciśnieniem		Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Technologie ciepło-chemiczne		M4-02/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego				
Istotę procesów azotowania prowadzonych pod obniżonym ciśnieniem stanowi: możliwość regulacji ilości azotu dostarczanego do powierzchni. Spadek ciśnienia powoduje mniejszą ilość aktywnych centrów adsorpcji obsadzonych przez cząsteczki reaktywne i dostarczenie mniejszej ilości pierwiastka nasycającego do powierzchni. Technologia ta daje możliwość regulowania stężenia pierwiastków na powierzchni obrabianego elementu w celu zapewnienia równowagi pomiędzy szybkością dostarczania pierwiastków do powierzchni i szybkością ich przemieszczania się w głąb materiału w drodze dyfuzji. Niskie ciśnienie w retorcie uniemożliwia ponadto wnikanie wodoru w warstwę azotowaną, w wyniku czego powstaje strefa azotowania wewnętrznej, chroniąca przed zużyciem na skutek dużych nacisków liniowych lub punktowych. Opcjonalnie nad tą strefą można utworzyć dodatkowo cienką warstwę azotku γ' , o dużej twardości i plastyczności, zapewniającą odporność na zużycie adhezyjne.				
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni/podłoża				
	jednowarstwowa	X wielofazowa	amorficzna	Poziom
	wielowarstwowa	gradientowa	nanokrystaliczna	Wysoki (8)
	multiwarstwowa (>100 warstw)	X kompozytowa	hybrydowa	Wysoki (8)
	X przemiany fazowe powierzchni podłoża	X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Wysoki (8)
Szczegółowe własności/powłok/wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów				
X mechaniczne		magnetyczne	optyczne	Dość wysoki (7)
X chemiczne	X dyfuzyjne		termiczne	Dość wysoki (7)
elektryczne		hydromechaniczne	akustyczne	Umiearkowany (6)
Zalety			Wady	Umiearkowany (6)
Dobra ciągliwość twardych warstw; możliwość kształtowania struktury o dowolnym składzie, twardości i grubości; zachowanie wymiarów; możliwość adaptacji pieców węglnych; recykling zużytych elementów.				
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań				
Azotowanie części maszyn, mechanizmów i narzędzi, również o dużych gabarytach i skomplikowanych kształtach, w celu zwiększenia odporności na zużycie ścierne, zmęczenie i adhezyjne; technologia Nitrovac.				
Technologie zastępcze/alternatywne				
Azotowanie plazmowe; azotowanie gazowe, nawęglanie, azotonasiarczanie.				
Rekomendowane źródła literatury				
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.				
2 L.A. Dobrzański, Podstawy kształtowania struktury i własności materiałów metalowych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2007.				
3 Z. Gawronski, Residual stresses in the surface layer of M2 steel after conventional and low pressure ('NITROVAC 79') nitriding processes, Surface and Coatings Technology 124 (2000) 19-24.				
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału				
Twardość				Wysoki (8)
Odporność na zużycie				Wysoki (8)
Odporność na ścieranie				Wysoki (8)
Ciągliwość				Dość wysoki (7)
Proekologiczność				Dość wysoki (7)
Możliwość poddania recyklingowi				Umiearkowany (6)
Odporność na korozję				Umiearkowany (6)
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia				Poziom
Zużycie zmęczenia				Wysoki (8)
Zużycie ścierne				Wysoki (8)
Zużycie adhezyjne				Wysoki (8)
Pitting				Dość wysoki (7)
Spalling				Dość wysoki (7)
Fretting				Dość wysoki (7)
kawitacja				Umiearkowany (6)
Korozyja naprężeniowa i zmęzeniowa				Umiearkowany (6)
Sektory przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii				Poziom
C29				Bardzo wysoki (9)
M72				Wysoki (8)
C25				Wysoki (8)
C28				Dość wysoki (7)
C30				Dość wysoki (7)
M71				Dość niski (4)
C32				Dość niski (4)
C33				Niski (3)
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii				Poziom
Sztuczne sieci neuronowe				Wysoki (7)
Systemy ekspertowe				Wysoki (7)
Modelowanie matematyczne				Wysoki (7)
Algorytmy genetyczne				Umiearkowany (6)
Logika rozmyta				Średni (5)
Aktualna faza cyklu życia technologii				Wzrostowa (7)
Perspektywy rozwoju				Bardzo wysokie (9)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Azotowanie pod obniżonym ciśnieniem	Nr katalogowy																								
	Obszar tematyczny	Technologie ciepło-chemiczne	M4-02/2010-12																								
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p>																											
<p>Technologia azotowania pod obniżonym ciśnieniem polega na nasyceniu warstw powierzchniowych, uprzednio oszlifowanego materiału, azotem dostarczonym do pieca retortowego w postaci zdysonowanego amoniaku. Najbardziej azotkotworczymi pierwiastkami są: Al, Cr, Ti, V, Fe, Mo, które powinny być stosowane jako dodatki stopowe do stali dla zapewnienia najlepszej możliwej poprawy własności materiału. Azot, który dyfunduje, łączy się z pierwiastkami stopowymi znajdującymi się w materiale tworząc twarde azotki polepszające odporność na: zużycie, ścieranie i naciski o charakterze punktowym lub liniowym. Parametry procesu realizowanego w temperaturze 400-600°C mogą być w pełni kontrolowane, stąd warstwy azotowane mogą mieć różnorodną strukturę. W praktyce na warstwy te składa się strefa azotowania wewnętrznej, bądź też dodatkowo powoduje się wytworzenie cienkiej strefy azotku γ', zapewniając unikalną kombinację twardości i plastyczności. Azotowanie pod obniżonym ciśnieniem jest obróbką końcową niewymagającą obróbki wykończającej, ponieważ azot dyfundujący w głąb materiału polepsza jego własności bez istotnej zmiany wymiarów elementu. Po zakończeniu obróbki naazotowane elementy mają charakterystyczny matowy kolor, odróżniający je od błyszczącej, metalicznej powierzchni uzyskiwanej po szlifowaniu lub polerowaniu.</p>																											
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>400</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>10^{-4}</td> <td>10^{-1}</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>30</td> <td>$4 \cdot 10^3$</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td>próżnia; gazy reaktywne</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	400	600	Ciśnienie	Pa	10^{-4}	10^{-1}	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	30	$4 \cdot 10^3$	Środowisko/atmosfera	próżnia; gazy reaktywne		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																								
Temperatura	°C	400	600																								
Ciśnienie	Pa	10^{-4}	10^{-1}																								
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																								
Czas	s	30	$4 \cdot 10^3$																								
Środowisko/atmosfera	próżnia; gazy reaktywne																										
<p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p>																											
<p>obniżone ciśnienie procesu</p>																											
<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p>																											
<p>Obróbka mechaniczna; obróbka cieplna obejmująca hartowanie i odpuszczanie, najkorzystniej w temperaturze wyższej od temperatury azotowania.</p>																											
<p>Typ/rodzaj urządzenia</p>																											
<p>Piece retortowe; możliwość adaptacji retortowych pieców węgłębnych stosowanych w procesach tradycyjnego azotowania gazowego.</p>																											
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p>																											
<p>Brak.</p>																											
			<p>Schemat budowy gniazda umożliwiającego realizację procesów azotowania pod obniżonym ciśnieniem w technologii Nitrovac</p>																								

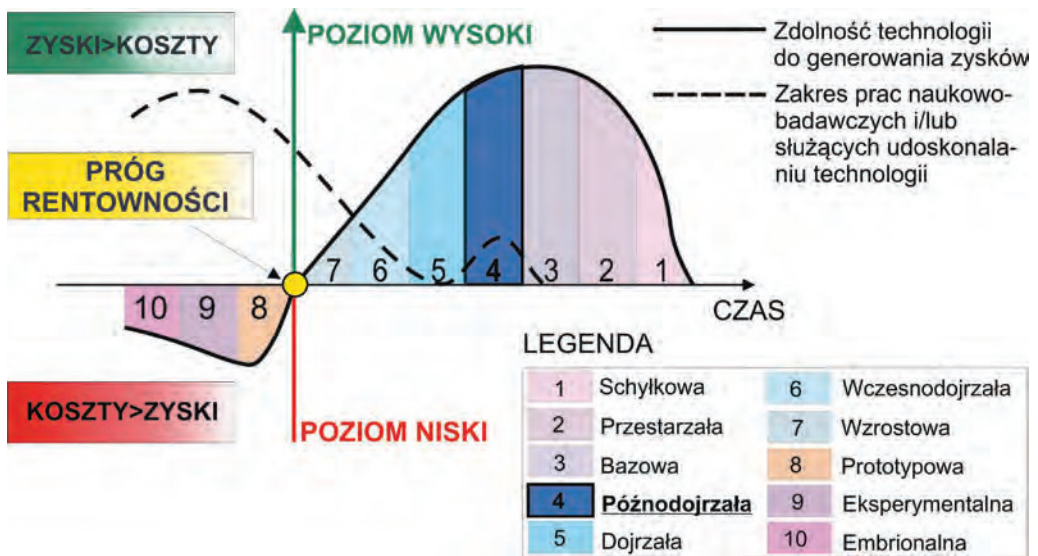
Symbol obszaru tematycznego: **M4**

Symbol grupy technologii: **C_{M4}**

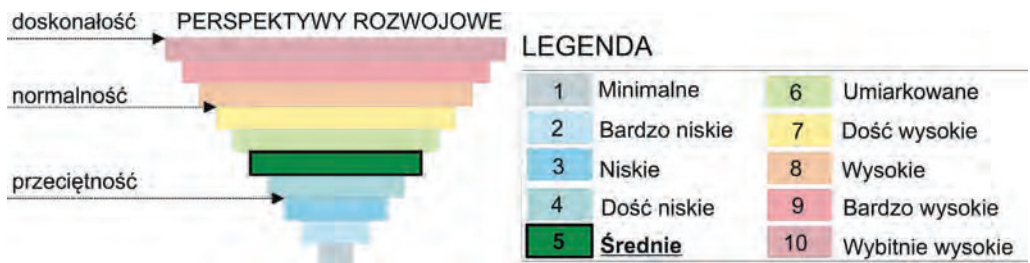
Numer katalogowy: **M4-03**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Azotowanie gazowe**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Gas nitriding**



Rysunek 4.84. Aktualna faza cyklu życia azotowania gazowego

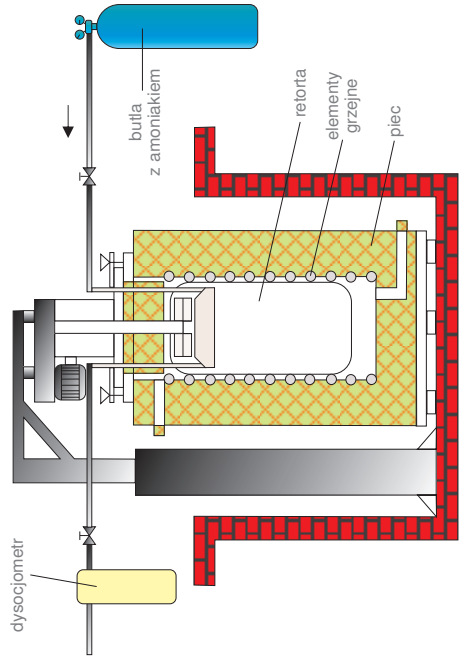


Rysunek 4.85. Perspektywy rozwojowe azotowania gazowego

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Azotowanie gazowe		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie ciepło-chemiczne		M4-03/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Dlaczego?		Interywały czasowe			
Persepektywy ogólnospołeczne i gospodarcze	Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	Zrównoważony rozwój	
	Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności		Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji	
	Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu			
Strategia dla technologii	Strategia kosmoszweiny latem: Wzmacniać atrakcyjność i dopasować produkt do wymagań klienta. Spróbować uatrakcyjnić i nowocześnieć technologię o dużym potencjale, przeprowadzić badania marketingowe i dopasować produkt do wymagań klienta.				
Oddziaływanie otoczenia					
Wartości technologii					
Produkt					
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji	Matryce kuchnicze; ciągadła; formy do tworzyw sztucznych; elementy wtryskarek i wytłaczarek; wały korbowe; wałki; pierścienie i sworznie tokowe; elementy silników i pomp; narzędzia skrawające (frezy, wiertła, gwintowniki); narzędzia precyzyjnego cięcia matrycowego; narzędzia technologii medycznej; elementy przekładni ślimakowych; sprzęt dla elektromagnetycznych; elementy technologii sensorowej i inne				
Podłoże	Srednia (5) Srednia (5) Dość niska (4)				
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża	Stale stopowe do azotowania np.: 31CrMo12, 41CrNiMo7-10; stale narzędziowe np. X40CrMoV5-1; stale odporne na korozję np. X2CrNiMo17-12-2				
Polepszone własności materiału	Warstwa naazotowana				
Aparatura naukowo-badawcza	Oporność zmęczenia (głównie na spalling); oporność na ścieranie, erozję, korozję; wytrzymałość stykowa (na fretting i scuffing)				
Co?					
	Mikroskop świetlny; twardościomierz; mikrotwardościomierz; skaningowy mikroskop elektronowy (TEM); dyfraktoometr rentgenowski (XRD); stanowiska do pomiaru: wytrzymałości na zmęczenie cieplno-mechaniczne, odporności na ścieranie i odporności na korozję				
Technologia					
Faza cyklu życia	Azotowanie gazowe				
Typ produkcji	Późnodrojzła (4) Bazowa (3) Bazowa (3)				
Forma organizacji produkcji	Mało- i średnioseryjna	Mało- i średnioseryjna	Mało- i średnioseryjna		
Nowoczesność parku maszynowego	Niepotokowa w gniazdach i na linii	Niepotokowa w gniazdach i na linii	Niepotokowa w gniazdach i na linii		
Automatyzacja i robotyzacja	Srednia (5) Dość niska (4) Dość niska (4)				
Jakość i niezawodność	Umiarowana (6) Umiarowana (6) Umiarowana (6)				
Proekologiczność	Dość niska (4) Dość niska (4) Dość niska (4)				
Gdzie?					
Rodzaj organizacji	Małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; PP; J. Sp. SP	Małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; PP; J. Sp. SP	Małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; PP; J. Sp. SP		
Reprezentowane gałęzie przemysłu	Motoryzacyjny; maszynowy; narzędziowy; lotniczy; okrętowy				
Kto?					
Poziom edukacji personelu	Dość niski (4) Dość niski (4) Dość niski (4)				
Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej	Dość niskie (4) Dość niskie (4) Dość niskie (4)				
Ile?					
Wymagania kapitałowe	Dość niskie (4) Dość niskie (4) Dość niskie (4)				
Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność	Umiarowana (6) Umiarowana (6) Umiarowana (6)				
Wartość produkcji w kraju	Umiarowana (6) Umiarowana (6) Umiarowana (6)				

LEGENDA: ↔ Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe ↔ Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Azotowanie gazowe	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie ciepłno-chemiczne		M4-03/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału		Poziom
Azotowanie gazowe, należące do najbardziej tradycyjnych metod obróbki cieplno-chemicznej, polega na nasycaniu warstw wierzchnich materiału azotem doprowadzonym do pieca w postaci zdysocjowanego amoniaku w temperaturze 500-600°C. Rozpad amoniaku (NH ₃) na wodór i tlen jest katalizowany przez Fe. Podczas azotowania gazowego stężenie azotu w warstwie powierzchniowej zmienia się w sposób niekontrolowany. Potencjał atmosfery azotującej utworzonej w wyniku dysocjacji amoniaku może być regulowany przez rozcieńczenie czystym azotem, co umożliwia ograniczone kontrolowanie składu warstwy powierzchniowej w stali azotowanej, gdyż w danej temperaturze nasycanie tej warstwy przebiega znacznie wolniej niż podczas azotowania w czystym amoniaku. Na powierzchni materiału często tworzą się warstwy kruchych azotków ξ , ϵ i γ' zmniejszające twardość, a zwiększające kruchość i porowatość warstwy wierzchniej materiału.		Niższy koszt wytwarzania Odporność zmęczeniowa Odporność na ścieranie Odporność na korozję Twardość Odporność na erozję Energoozczędność Brak kruchości		Wysoki (8) Wysoki (8) Wysoki (8) Wysoki (8) Umiarkowany (6) Bardzo niski (2) Bardzo niski (2)
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża		Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia		Poziom
jednowarstwowa		X wielofazowa	Zużycie ściernie	Wysoki (8)
wielowarstwowa		X gradientowa	Korozja naprężeniowa i zmęczeniowa	Dość wysoki (7)
multiwarstwowa (>100 warstw)		kompozytowa	Korozja lokalna i wżerowa	Dość wysoki (7)
X przemiany fazowe powierzchni podłoża		X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	Scuffing	Dość wysoki (7)
Szczególne własności powłoki/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów		Zużycie adhezyjne		Dość wysoki (7)
X mechaniczne		magnetyczne	Fretting	Dość wysoki (7)
X chemiczne		X dyfuzyjne	Spalling	Dość wysoki (7)
X elektryczne		hydromechaniczne	Korozja równomierna	Umiearkowany (6)
Zalety		Korozja różnorodna		Poziom
Możliwość regulacji grubości warstwy; możliwość zautomatyzowania procesu; możliwość maskowania obszarów nieazotowanych; technologia tania i łatwo dostępna.		Sektory przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii		
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe /lub obszary zastosowań		C 29		Wysoki (8)
Produkcja z wykorzystaniem nowoczesnych rozwiązań pozwalających na ograniczenie zużycia amoniaku; emisji do środowiska i czasu procesu; procesy zautomatyzowane; zagospodarowanie niszy rynkowych, np. azotowanie stali trudnoazotujących się z dużą zawartością Cr.		C 25		Wysoki (8)
Technologie zastępcze/alternatywne		C 28		Wysoki (8)
Azotowanie plazmowe; azotowanie pod obniżonym ciśnieniem; azotowanie w kąpielach solnych; azotowanie w proszkach; siarkoazotowanie.		C 30		Dość wysoki (7)
Rekomendowane źródła literaturowe		M 71		Dość wysoki (7)
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów mierzmierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		C 32		Umiearkowany (6)
2 L.A. Dobrzański, Podstawy kształtowania struktury i własności materiałów metalowych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2007.		D 35		Umiearkowany (6)
3 J. Kazior, C. Janczur, T. Pieczonka, J. Płoszczak, Thermochemical treatment of Fe-Cr-Mo alloys. Surface and Coatings Technology 151-152 (2002) 333-337.		G 45		Umiearkowany (6)
Technologie zastępcze/alternatywne		Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii		Poziom
Azotowanie plazmowe; azotowanie pod obniżonym ciśnieniem; azotowanie w kąpielach solnych; azotowanie w proszkach; siarkoazotowanie.		Systemy ekspertowe		Wysoki (8)
Rekomendowane źródła literaturowe		Sztuczne sieci neuronowe		Dość wysoki (7)
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów mierzmierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		Modelowanie matematyczne		Dość wysoki (7)
2 L.A. Dobrzański, Podstawy kształtowania struktury i własności materiałów metalowych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2007.		Logika rozmyta		Średni (5)
3 J. Kazior, C. Janczur, T. Pieczonka, J. Płoszczak, Thermochemical treatment of Fe-Cr-Mo alloys. Surface and Coatings Technology 151-152 (2002) 333-337.		Algorytmy genetyczne		Średni (5)
Technologie zastępcze/alternatywne		Aktualna faza cyklu życia technologii		Późnodojrzała (4)
Azotowanie plazmowe; azotowanie pod obniżonym ciśnieniem; azotowanie w kąpielach solnych; azotowanie w proszkach; siarkoazotowanie.		Perspektywy rozwojowe		Średnie (5)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Azotowanie gazowe	Nr katalogowy M4-03/2010-12																																										
Obszar tematyczny Technologie ciepło-chemiczne																																												
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Azotowanie gazowe przeprowadzane jest w piecach węglnych wyposażonych w szczelne retorty z naturalną lub wymuszoną mechaniczną cyrkulacją atmosfery. Elementy przeznaczone do azotowania są poddawane oczyszczeniu i odtuszczeniu lub fosforanowaniu. Po zabezpieczeniu powierzchni elementu, które nie mają być poddane azotowaniu, umieszcza się go w uchwytych lub na wieszakach wkładanych do retorty. Uruchomienie urządzenia poprzedza sprawdzenie jego szczelności. Retortę wraz ze wsadem umieszcza się w komorze zimnego lub nagrzanego do temperatury procesu pieca. Podczas nagrzewania wsadu do retorty jest doprowadzany amoniak, którego natężenie przepływu lub stropień dysocjacji jest kontrolowany okresowo, najczęściej w godzinnych odstępach. Po zakończeniu wygrzewania wsadu retortę wyjmuje się z pieca i chłodzi w powietrzu przy ciągłym przepływie. Gdy temperatura wsadu obniża się do ok. 150°C dopływ amoniaku zostaje wyłączony, retorta zostaje przepłukana powietrzem lub azotem, a następnie wsad zostaje wyjęty i poddany kontroli. Tradycyjne azotowanie gazowe jest procesem nieekologicznym, ze względu na duże zużycie amoniaku i emisję zanieczyszczeń do środowiska, ponadto uniemożliwia ono regulację składu fazowego warstwy powierzchniowej.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</th> </tr> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>500 600</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td></td> <td>atmosferyczne</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td></td> <td>- -</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>2·10⁵ 2,5·10⁵</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td></td> <td>częściowo zdysocjowany NH₃</td> </tr> <tr> <td>Specyficzne warunki realizacji procesu</td> <td></td> <td>długi czas wygrzewania wsadu</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Obróbka cieplna obejmująca hartowanie i odpuszczanie, najkorzystniej w temperaturze wyższej od temperatury azotowania.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Typ/rodzaj urządzenia</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Azotowanie gazowe przeprowadza się w piecach węglnych, wyposażonych w szczelne retorty z naturalną lub wymuszoną mechaniczną cyrkulacją atmosfery.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Specyficzne oprzyrządowanie</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Brak.</td> </tr> </tbody> </table>		Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego			Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od do	Temperatura	°C	500 600	Ciśnienie		atmosferyczne	Warunki prądowo-napięciowe		- -	Czas	s	2·10 ⁵ 2,5·10 ⁵	Środowisko/atmosfera		częściowo zdysocjowany NH ₃	Specyficzne warunki realizacji procesu		długi czas wygrzewania wsadu	Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			Obróbka cieplna obejmująca hartowanie i odpuszczanie, najkorzystniej w temperaturze wyższej od temperatury azotowania.			Typ/rodzaj urządzenia			Azotowanie gazowe przeprowadza się w piecach węglnych, wyposażonych w szczelne retorty z naturalną lub wymuszoną mechaniczną cyrkulacją atmosfery.			Specyficzne oprzyrządowanie			Brak.		
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego																																												
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od do																																										
Temperatura	°C	500 600																																										
Ciśnienie		atmosferyczne																																										
Warunki prądowo-napięciowe		- -																																										
Czas	s	2·10 ⁵ 2,5·10 ⁵																																										
Środowisko/atmosfera		częściowo zdysocjowany NH ₃																																										
Specyficzne warunki realizacji procesu		długi czas wygrzewania wsadu																																										
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża																																												
Obróbka cieplna obejmująca hartowanie i odpuszczanie, najkorzystniej w temperaturze wyższej od temperatury azotowania.																																												
Typ/rodzaj urządzenia																																												
Azotowanie gazowe przeprowadza się w piecach węglnych, wyposażonych w szczelne retorty z naturalną lub wymuszoną mechaniczną cyrkulacją atmosfery.																																												
Specyficzne oprzyrządowanie																																												
Brak.																																												
		Schemat urządzenia umożliwiającego realizację procesów azotowania gazowego																																										

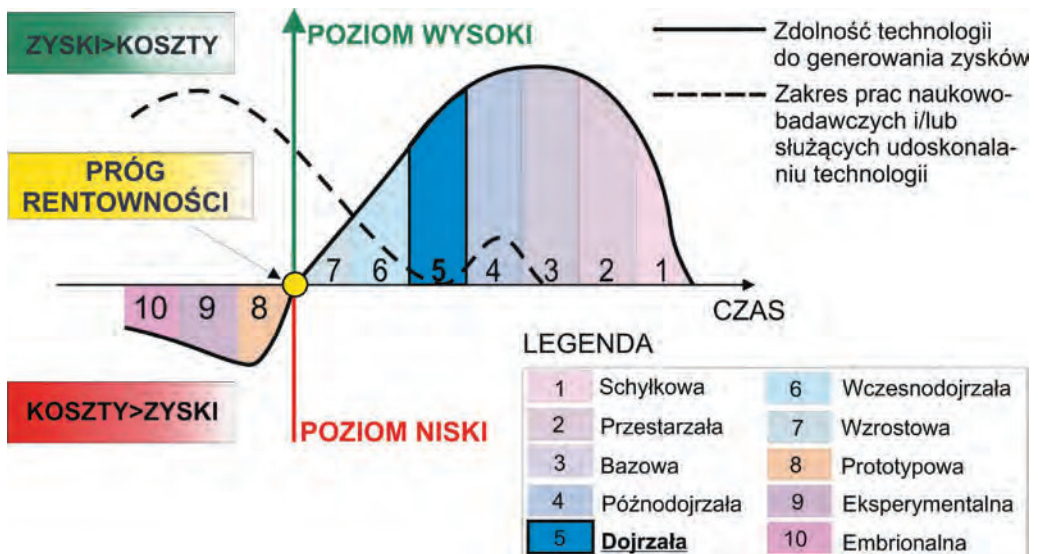
Symbol obszaru tematycznego: **M4**

Symbol grupy technologii: **D_{M4}**

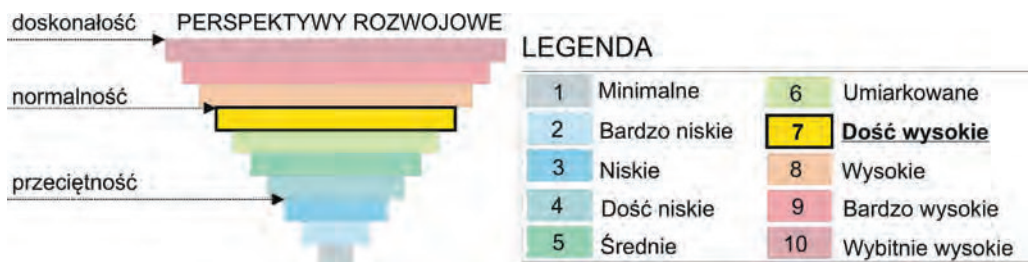
Numer katalogowy: **M4-04**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Kompleksowe obróbki z udziałem azotowania**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Complex treatment with nitriding**



Rysunek 4.86. Aktualna faza cyklu życia kompleksowych obróbek z udziałem azotowania



Rysunek 4.87. Perspektywy rozwojowe kompleksowych obróbek z udziałem azotowania

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Kompleksowe obróbki z udziałem azotowania		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie ciepłno-chemiczne		M4-04/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Interywały czasowe		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	
Dlaczego?		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu	
Strategia dla technologii		Deszczowa jesień		Strategia koszykowej jesieni	
Oddziaływanie otoczenia		Ukorzeniona koszykowina		Produkcji w stabilnym przewidywalnym otoczeniu z wykorzystaniem solidnej technologii, którą należy unowocześniać i intensywnie promować dla wzmocnienia jej atrakcyjności.	
Wartość technologii		Elementy systemów transportowych, pojazdów zrychlowych, hydrauliki siłowej (pompy, silniki); elementy maszyn (łożyska ślizgowe, koła zębate, krzywki, ślimacznice); części samochodowe (sworznie, waki rozrządu, prowadnice zaworów, popychacze zaworowe); narzędzia skrawające (frezy, przepychacze, wierła, gwintowniki); narzędzia do obróbki plastycznej (wykrojniki, matryce do pracy na gorąco); formy do tworzyw sztucznych i gumy; implanty		Czerpać korzyści umacniając atrakcyjność technologii. Czerpać zyski z realizacji produkcji w stabilnym przewidywalnym otoczeniu z wykorzystaniem solidnej technologii, którą należy unowocześniać i intensywnie promować dla wzmocnienia jej atrakcyjności.	
Produkt		Średnia (5) Średnia (5)		Średnia (5) Średnia (5)	
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Stale: konstrukcyjne stopowe i węglowe, szybkozotowane, wysokochromowe; żeliwo szare; stopy tytanu		Stale: konstrukcyjne stopowe i węglowe, szybkozotowane, wysokochromowe; żeliwo szare; stopy tytanu	
Podłoże		Warstwa dyfuzyjna powstała wyniku równoczesnego nasycania powierzchni materiału azotem i przynajmniej jednym innym pierwiastkiem, np. tlenem lub siarką		Warstwa dyfuzyjna powstała wyniku równoczesnego nasycania powierzchni materiału azotem i przynajmniej jednym innym pierwiastkiem, np. tlenem lub siarką	
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		Odporność na zacieranie (scuffing, fretting); odporność na zużycie zmęczeniowe przez wykruszanie (pitting); odporność na ścieranie oraz na korozję naprężeniową i zmęczeniową, również w warunkach podwyższonej temperatury		Odporność na zacieranie (scuffing, fretting); odporność na zużycie zmęczeniowe przez wykruszanie (pitting); odporność na ścieranie oraz na korozję naprężeniową i zmęczeniową, również w warunkach podwyższonej temperatury	
Co?		Mikroskopy; światły, skaningowy elektrony (SEM); transmisyjny elektrony (TEM); dyfraktoметр rentgenowski (XRD); twardościomierz; mikrotwardościomierz; stanowiska do pomiaru; wytrzymałości na zmęczenie ciepłno-mechaniczne, odporności na ścieranie i odporności na korozję		Mikroskopy; światły, skaningowy elektrony (SEM); transmisyjny elektrony (TEM); dyfraktoметр rentgenowski (XRD); twardościomierz; mikrotwardościomierz; stanowiska do pomiaru; wytrzymałości na zmęczenie ciepłno-mechaniczne, odporności na ścieranie i odporności na korozję	
Polepszone własności materiału		Kompleksowe obróbki z udziałem azotowania, np. tlenoazotowanie, siarkoazotowanie		Kompleksowe obróbki z udziałem azotowania, np. tlenoazotowanie, siarkoazotowanie	
Aparatura naukowo-badawcza		Dojrzała (5) Dojrzała (5)		Dojrzała (5) Dojrzała (5)	
Technologia		Jednostkowa/maloserijna lub wielkoseryjna		Jednostkowa/maloserijna lub wielkoseryjna	
Faza cyklu życia		Niepotokowa w gniazdach lub potokowa synchroniczna		Niepotokowa w gniazdach lub potokowa synchroniczna i zautomatyzowana	
Typ produkcji		Średnia (5) Umiarowana (6)		Średnia (5) Umiarowana (6)	
Forma organizacji produkcji		Umiarowana (6) Umiarowana (6)		Umiarowana (6) Umiarowana (6)	
Nowoczesność parku maszynowego		Dość niska (4) Dość niska (4)		Dość niska (4) Dość niska (4)	
Automatyzacja i robotyzacja		Duże i średnie przedsięwzięcia; PP		Duże i średnie przedsięwzięcia	
Jakość i niezawodność		Transportowy; kolejowy; hydrauliczny; maszynowy; motoryzacyjny; narzędziowy; tworzywo sztucznych; medyczny		Transportowy; kolejowy; hydrauliczny; maszynowy; motoryzacyjny; narzędziowy; tworzywo sztucznych; medyczny	
Proekologiczność		Średni (5) Średni (5)		Średni (5) Średni (5)	
Rodzaj organizacji		Średnie (5) Średnie (5)		Średnie (5) Średnie (5)	
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Umiarowana (6) Umiarowana (6)		Umiarowana (6) Umiarowana (6)	
Kto?		Poziom edukacji personelu		Poziom edukacji personelu	
Ile?		Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej		Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej	
Wymagania kapitałowe		Średnie (5) Średnie (5)		Średnie (5) Średnie (5)	
Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność		Średnia (5) Średnia (5)		Średnia (5) Średnia (5)	
Wartość produkcji w kraju		Umiarowana (6) Umiarowana (6)		Umiarowana (6) Umiarowana (6)	

LEGENDA: → Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwuierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Kompleksowe obróbki z udziałem azotowania, np. siarkoazotowanie, tlenoazotowanie	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Technologie ciepłno-chemiczne	M4-04/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
Tlenoazotowanie polega na adsorpcji na powierzchni stali tlenu i azotu atomowego w atmosferze składającej się z częściowo zdysocjowanego amoniaku i pary wodnej. W warstwie tlenoazotowanej występuje zewnętrzna strefa tlenków żelaza, a pod nią strefy bogate w azot. Mniej szeregowe stężenie azotu powoduje, że w wyniku tlenoazotowania nie tworzy się, charakterystyczna dla procesów azotowania, ciągła monofazowa strefa azotków ε, co wpływa na poprawę własności plastycznych stali. Siarkoazotowanie polega na jednoczesnym nasyceniu powierzchni stali siarką i azotem w atmosferze amoniaku z dodatkami siarkowodoru w udziale 0,1-1%. W warstwie siarkoazotowanej występuje ciągła cienka strefa zewnętrzna siarczków żelaza, a pod nią strefy bogate w azot. W strefie monofazowej azotków ε występują dyspersyjne siarczki FeS i Fe ₃ S, które oddzielają powierzchnie trące i obniżają ich adhezję, co wpływa na poprawę odporności na zacieranie, przy nieco mniejszej odporności na zużycie i wytrzymałości zmęczeniowej.			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
jednowarstwowa	X wielofazowa	amorficzna	
wielowarstwowa	X gradientowa	nanokrystaliczna	Wysoki (8)
multiwarstwowa (>100 warstw)	kompozytowa	hybrydowa	Wysoki (8)
X przemiany fazowe powierzchni podłoża	X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Dość wysoki (7)
Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
X mechaniczne	magnetyczne	optyczne	Dość wysoki (7)
X chemiczne	X dyfuzyjne	termiczne	Dość wysoki (7)
elektryczne	hydromechaniczne	akustyczne	Dość wysoki (7)
		inne	Umiarowany (6)
Zalety			
Wysoka odporność na zacieranie wytworzonych elementów; możliwość obróbki w trybie szeregowo-równoległym, tj. załadunku i wyładunku części wsa- czaso- i pracochłonnej; proces; dodatkowy prze- puśt gazów odlotowych.			
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe /lub obszary zastosowań			
Wytwarzanie elementów maszyn i mechanizmów eksploatowanych w warunkach intensywnego tarcia suchego lub granicznego, również w wysokiej temperaturze; technologia <i>Suffonit</i> .			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Azotowanie plazmowe, gazowe, pod obniżonym ciśnieniem.			
Rekomendowane źródła literaturowe			
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		Dość wysoki (7)
2	A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, et al., Evaluation of selected steel thermochemical treatment technology using foresight methods, JAMME Engineering 46/2 (2011) 115-146.		Dość wysoki (7)
3	T. Wierzczoń, I. Ulbin-Pokorska, K. Sikorski, Corrosion resistance of chromium nitride and oxynitride layers produced under glow discharge conditions, Surface and Coatings Technology 130 (2000) 274-279.		Umiarowany (6)
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			
Poziom			
Wysoki (8)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Umiarowany (6)			
Średni (5)			
Poziom			
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkiem zużycia			
Scuffing			
Wysoki (8)			
Zużycie adhezyjne			
Wysoki (8)			
Fretting			
Dość wysoki (7)			
Pitting			
Dość wysoki (7)			
Korozja naprężeniowa i zmęczeniowa			
Dość wysoki (7)			
Zużycie ściernie			
Dość wysoki (7)			
Korozja równomierna			
Dość wysoki (7)			
Erozja			
Umiarowany (6)			
Sekcje przemyśłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			
Poziom			
C 25			
Średni (5)			
C 28			
Średni (5)			
C 29			
Średni (5)			
C 30			
Średni (5)			
M 71			
Dość niski (4)			
M 72			
Bardzo niski (2)			
C 33			
Bardzo niski (2)			
C 32			
Minimalny (1)			
Poziom			
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii.			
Sztuczne sieci neuronowe			
Dość wysoki (7)			
Systemy ekspertowe			
Dość wysoki (7)			
Modelowanie matematyczne			
Dość wysoki (7)			
Modelowanie wieloskalowe			
Umiarowany (6)			
Logika rozmyta			
Umiarowany (6)			
Aktualna faza cyklu życia technologii			
Dojrzała (5)			
Perspektywy rozwoju			
Średnio wysokie (7)			

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Kompleksowe obróbki z udziałem azotowania, np. siarkoazotowanie, tlenoazotowanie	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Technologie cieplno-chemiczne	M4-04/2010-12
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p>			
<p>Tlenoazotowanie wykonuje się w retortach typowych pieców węglanych używanych do obróbki cieplnej, do których doprowadza się mieszaninę amoniaku i pary wodnej. Element poddawany obróbce umieszcza się w nagrzanym do temperatury 450-650°C złożu syplekiego materiału obojętnego, np. piasku odlewniczego, poddane uprzednio fluidyzacji mieszaniną amoniaku z powietrzem, która przechodząc przez nagrzane złoże tworzy atmosferę złożoną z amoniaku, pary wodnej i azotu. Po zakończeniu etapu właściwego tlenoazotowanie ma miejsce schładzanie elementów w stygających gazach odlotowych, uchodzących znad złoża, co, dla ochrony środowiska, wymaga dodatkowej instalacji – tzw. przepustu gazów odlotowych. Siarkoazotowanie podobnie jak tlenoazotowanie wykonywane jest w retortach pieców węglanych. Po wstępnej obróbce obrabiane elementy umieszcza się w retorcie, którą następnie wkłada się pieca. Podczas nagrzewania wsadu do retorty jest doprowadzany amoniak i para siarki. W wyniku realizacji procesu siarczek żelaza FeS zostaje wbudowany w strefę azotków ε nadając specyficzne własności obrabianemu elementowi. Temperatura powierzchni pracującego elementu może osiągnąć w mikroobszarach nawet 1000°C, a w temperaturze 988°C siarczek żelaza przechodzi w płynny stan skupienia i, zachowując się niczym smar, oddziela trące powierzchnie obniżając współczynnik tarcia i adhezję.</p>			
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od 450 do 650	
Temperatura	°C	450	do 650
Ciśnienie		atmosferyczne	
Warunki prądowo-napięciowe		-	-
Czas	s	10 ³	5·10 ⁴
Środowisko/atmosfera		mieszanina amoniaku i pary wodnej lub amoniaku i siarkowodoru	
Specyficzne warunki realizacji procesu		proces czaso- i pracochłonny	
<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p>			
<p>Wstępna obróbka cieplna obejmująca hartowanie i odpuszczanie, najkorzystniej w temperaturze wyższej od temperatury zasadniczego procesu obróbki cieplno-chemicznej; wykończająca obróbka mechaniczna.</p>			
<p>Typ/rodzaj urządzenia</p>			
<p>Piec ze szczelną retortą.</p>			
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p>			
<p>Przepust gazów odlotowych.</p>			
<p>Przykładowy schemat budowy urządzenia do realizacji kompleksowej obróbki z udziałem azotowania. Piec do siarkoazotowania gazowego</p>			

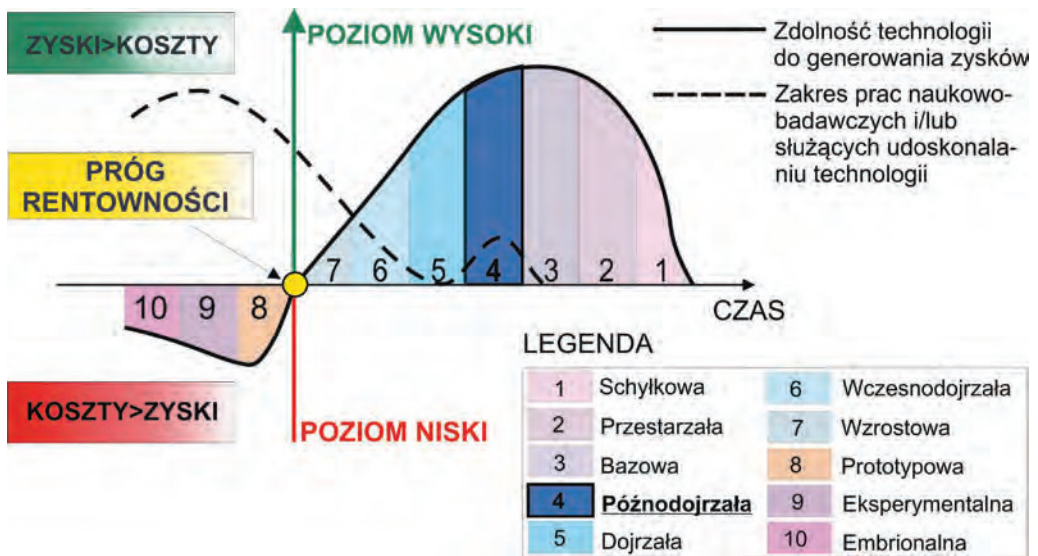
Symbol obszaru tematycznego: **M4**

Symbol grupy technologii: **E_{M4}**

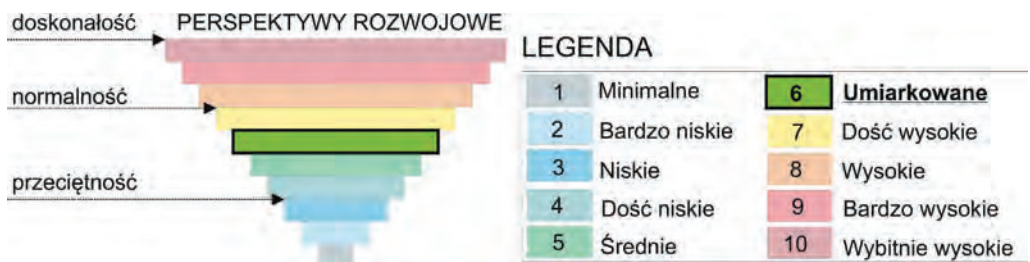
Numer katalogowy: **M4-05**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Nawęglanie gazowe i węgloazotowanie wysokotemperaturowe**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Gas carburising and high temperature carbonitriding**



Rysunek 4.88. Aktualna faza cyklu życia nawęglania gazowego i węgloazotowania wysokotemperaturowego



Rysunek 4.89. Perspektywy rozwojowe nawęglania gazowego i węgloazotowania wysokotemperaturowego

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Nawęglanie gazowe i węglazotowanie wysokotemperaturowe		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie ciepłno-chemiczne		M4-05/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Dlaczego?		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Zrównoważony rozwój	
		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji	
		Strategia koszykowej produkcji w stabilnym przewidywalnym otoczeniu z wykorzystaniem solidnej technologii, którą należy unowocześniać i intensywnie promować dla wzmocnienia jej atrakcyjności.			
Produkt		Kola zębate; ślimaki; wałki zębate; wały korbowe i rozrządu; sworznie tłokowe; pierścienie tłokowe; wałki dużych łożysk tocznych; czopy łożysk ślizgowych; tuleje cylindrowe silników wysokoprężnych samochodów ciężarowych i inne			
Co?		Umiaarkowana (6) Umiaarkowana (6)		Średnia (5)	
		Stale niestopowe niskowęglowe i stopowe do nawęglania np. C10E, C15R, 17Cr3, 12CrMo4, 14NiCrMo13-4; stале stopowe do nawęglania na łożyska toczne np. 20Cr3, 13MoCrN42-16-14; stале stopowe maszynowe o stężeniu C od 0,07 do 0,24%			
		Dyfuzyjna warstwa nawęglona utwardzona przez hartowanie i niskie odpuszczanie			
		Twardość; odporność na zużycie odfekaleniowe, abrazyjne i ścierne; odporność na pitting i spalling; wytrzymałość stykowa (na fretting i scuffing); odporność na erozję			
		Mikroskop świetlny; twarłosciomierz; mikrotwardościomierz; skaningowy mikroskop elektronowy (SEM); transmisyjny mikroskop elektronowy (TEM); dyfraktometr rentgenowski (XRD); stanowiska do pomiaru; wytrzymałość na zmęczenie cieplno-mechaniczne, odporność na ścieranie i odporność na korozję			
Technologia		Nawęglanie gazowe i węglazotowanie wysokotemperaturowe			
Faza cyklu życia		Późnodrożala (4) Bazowa (3)		Bazowa (3)	
Typ produkcji		Seryjna i masowa		Seryjna i masowa	
Forma organizacji produkcji		Niepotokowa na linii i w gniazdach		Niepotokowa na linii; potokowa synchroniczna i zautomatyzowana	
Nowoczesność parku maszynowego		Średnia (5) Dość niska (4)		Dość niska (4)	
Automatyzacja i robotyzacja		Umiaarkowana (6) Średnia (5)		Średnia (5)	
Jakość i niezawodność		Umiaarkowana (6) Dość niska (4)		Średnia (6)	
Proekologiczność		Duże, średnie, małe i mikroprzedsiębiorstwa		Średnia (5)	
Rodzaj organizacji		Duże, średnie, małe i mikroprzedsiębiorstwa		Mikro-, małe, średnie i duże przedsiębiorstwa	
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Motoryzacyjny; maszynowy (dla górnictwa, rolnictwa, motorzacji); lotniczy, elektryczny			
Kto?		Dość niski (4) Dość niskie (4)		Dość niski (4)	
		Wysokie (8) Umiaarkowane (6)		Dość niskie (4)	
Ile?		Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność		Umiaarkowane (6)	
		Wartość produkcji w kraju		Umiaarkowana (6)	
		Bardzo wysoka (9) Powiązania kapitałowe		Umiaarkowana (6)	
LEGENDA: → Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów					

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Nawęglanie gazowe i węglazotowanie wysokotemperaturowe	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie ciepłno-chemiczne		M4-05/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego				Poziom
Nawęglanie gazowe polega na nasyceniu warstwy powierzchniowej stali w węgiel podczas wygrzewania obrabianego przedmiotu w temperaturze ok. 920°C w atmosferze tlenku węgla. O grubości warstwy nawęglonej, która zwykle osiąga 0,5-2 mm, decyduje czas nawęglania, który dobiera się tak, aby skład fazowy warstwy powierzchniowej odpowiadał stali eutektoidalnej o strukturze perlitycznej. Węglazotowanie wysokotemperaturowe jest dyfuzyjnym procesem obróbki ciepłno-chemicznej wykonywanym w temperaturze 750-950°C, polegającym na jednoczesnym nasyceniu powierzchni stali węglem i azotem w ośrodkach gazowych lub ciekłych, które w istocie jest połączeniem procesów nawęglania i azotowania. W celu zapewnienia wyższej twardości i poprawy własności mechanicznych stali po nawęglaniu lub węglazotowaniu wysokotemperaturowym materiał poddaje się dalszej obróbce cieplnej służącej uzyskaniu struktury martenzytu odpuszczonego z niewielkim udziałem austenitu szczałkowego.		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału Nizszy koszt wytwarzania Twardość Odporność zmęczenia Odporność na ścieranie Ciągłość Możliwość poddania recyklingowi Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury Energoozczędność		Wysoki (8) Wysoki (8) Dość wysoki (7) Dość wysoki (7) Umiarkowany (6) Średni (5) Niski (3) Minimalny (1)
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża				Poziom
jednowarstwowa		X wielofazowa amorficzna		
wielowarstwowa		X gradientowa nanokrystaliczna		Wysoki (8)
multiwarstwowa (>100 warstw)		kompozytowa hybrydowa		Wysoki (8)
X przemiany fazowe powierzchni podłoża		X zmiana składu chemicznego procesy fizyczne na powierzchni podłoża		Dość wysoki (7) Dość wysoki (7) Umiarkowany (6)
Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów				Dość wysoki (7)
X mechaniczne		magnetyczne optyczne X trybologiczne		Umiarkowany (6)
X chemiczne		X dyfuzyjne termiczne antykorozyjne		Niski (3)
elektryczne		hydromechaniczne akustyczne inne (wpisać jakie)		
Zalety		Wady		
Proces tani i łatwo dostępny; mniejsza toksyczność w porównaniu z węglazotowaniem kąpielowym w solach cyjanowych.		Zanieczyszczenie środowiska; energochłonność; długi czas obróbki.		
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań				
Wytwarzanie elementów systemów transportowych, elementów maszyn, samochodów, pojazdów szynowych, hydrauliki siłowej, niektórych narzędzi.				Wysoki (8) Wysoki (8) Dość wysoki (7) Dość wysoki (7) Średni (5) Dość niski (4) Niski (3) Niski (3)
Technologie zastępcze/alternatywne				
Nawęglanie w ośrodkach stałych, w złożu fluidalnym lub próżniowe; węglazotowanie w solach cyjanowych; węglazotowanie niskotemperaturowe (450-600°C); różne odmiany azotowania i obróbki z udziałem azotowania.				
Rekomendowane źródła literaturowe				
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.				
2 F. Staub, J. Adamczyk, Ł. Cieślak, J. Gubała, A. Maciejny, Metaloznawstwo, Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice, 1994.				
3 M. Blicharski, Inżynieria powierzchni, WNT, Warszawa, 2009.				
Aplicacje metody modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii				Poziom
Systemy ekspertowe				Wysoki (8)
Modelowanie matematyczne				Dość wysoki (7)
Sztuczne sieci neuronowe				Umiarkowany (6)
Dynamika molekularna				Średni (5)
Modelowanie wieloskalowe				Średni (5)
Aktualna faza cyklu życia technologii				Pożądziła (4)
Perspektywy rozwoju				Umiarkowane (6)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Nawęglanie gazowe i węglazotowanie wysokotemperaturowe	Nr katalogowy																								
Obszar tematyczny		Technologie ciepłno-chemiczne		M4-05/2010-12																								
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>W procesie nawęglania gazowego ośrodkiem nawęglającym jest tlenek węgla otrzymany w piecu lub w specjalnych wytwornicach atmosfery nawęglającej w wyniku spalania węglowodorów w powietrzu lub atmosfera nawęglająca powstaje z ciekłych związków organicznych rozkładających się w temperaturze ok. 700°C na węgiel i wodór. Gazy nawęglające są specjalnie oczyszczane, co zapobiega niekorzystnemu osadzeniu się sadzy na powierzchni, utrudniającej adsorpcję węgla. Poza temperaturą i czasem nawęglania o wyni- kach procesu decyduje potencjał węglowy i natężenie przepływu ośrodka nawęglającego. Współcześnie proces węglazotowania wysokotemperaturowego odbywa się zwykle w ośrodkach gazowych, ze względu na silne toksyczne oddziaływanie kropli solnych będących rozkładanymi alternatywnym. Wysokotemperaturowe węglazotowanie gazowe może być wykonywane atmosfery endotermicznej wzbogaconej gazami. Innymi wyko- rzystwanymi środkami są ciekłe związki organiczne, np. trójetanoloamina lub mieszanina terpentyny, etanolu i pirydyny (proporcje 4:3:2). Elementy po nawęglaniu lub węglazotowaniu standardowo poddawane są obróbce cieplnej w celu otrzymania struktury martenzytu drobnolistowego, zwiększenia twardości do ok. 60 HRC, poprawy ciągliwości, odporności na dynamiczne działanie obciążeń i wytrzymałości nienawęglonego rdzenia.</p>																												
<p>Opis ogólnych warunków realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>750</td> <td>950</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td></td> <td colspan="2">atmosferyczne</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>h</td> <td>1</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td></td> <td colspan="2">gazy reaktywne</td> </tr> </tbody> </table> <p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p> <p>wysoka temperatura procesu i następująca po nim obróbka cieplna (hartowanie, odpuszczanie)</p> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Czyszczenie, mycie, odfłuszczenie.</p>					Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	750	950	Ciśnienie		atmosferyczne		Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	h	1	10	Środowisko/atmosfera		gazy reaktywne	
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																									
Temperatura	°C	750	950																									
Ciśnienie		atmosferyczne																										
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																									
Czas	h	1	10																									
Środowisko/atmosfera		gazy reaktywne																										
<p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Hermetycznie piec z aktywną atmosferą gazową.</p>																												
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Retorta wykonana z materiału żaroodpornego.</p>																												
<p>Schemat linii technologicznej bazującej na uniwersalnym elektrycznym piecu komorowym z atmosferą regulowaną do realizacji procesów nawęglania i węglazotowania gazowego w zakresie temperatury 650-1000 °C</p>																												

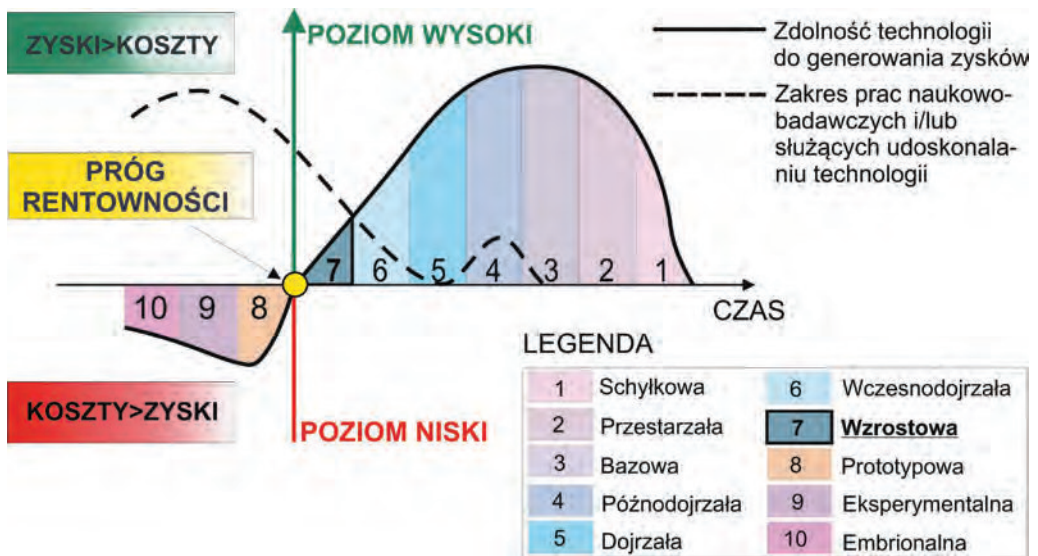
Symbol obszaru tematycznego: **M4**

Symbol grupy technologii: **F_{M4}**

Numer katalogowy: **M4-06**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Nawęglanie plazmowe i pod obniżonym ciśnieniem**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Plasma and low pressure carburising**



Rysunek 4.90. Aktualna faza cyklu życia nawęglania plazmowego i pod obniżonym ciśnieniem



Rysunek 4.91. Perspektywy rozwojowe nawęglania plazmowego i pod obniżonym ciśnieniem

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Nawęglanie plazmowe i pod obniżonym ciśnieniem		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie ciepłno-chemiczne		M4-06/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Dlaczego?		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu		Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej Zrównoważony rozwój Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji	
Co?		Strategia dla technologii Oddziaływanie otoczenia Wartości technologii Strategie debę wiosną: Słoneczna wiosna Rozłożysty dąb Elementy maszyn, urządzeń i narzędzi, w tym: koła zębate, wałki rozrządu, sworznie tłokowe, pierścienie, wałki dużych łożysk tocznych i inne, elementy wyposażenia medycznego		Odnosić sukces. Rozwijając, implementować atrakcyjną technologię o dużym potencjale w praktyce przemysłowej w celu odniesienia spektakularnego sukcesu	
Technologia		Nawęglanie plazmowe i pod obniżonym ciśnieniem Wzrostowa (7) Średnioseryjna Niepotokowa w gniazdach technologicznych i produktowych; potokowa synchroniczna Wysoka (8) Dość wysoka (7) Umiarowana (6) Dość wysoka (7) Dość wysoka (7)		Wczesnodojrzała (6) Wielko- i średnioseryjna Potokowa synchroniczna i zautomatyzowana; niepotokowa na linii Wysoka (8) Wysoka (8) Dość wysoka (7) Dość wysoka (7) Dość wysoka (7)	
Jak?		Faza cyklu życia Typ produkcji Forma organizacji Nowoczesność parku maszynowego Automatyzacja i robotyzacja Jakość i niezawodność Proekologiczność		Dość wysoka (7) Stale: do nawęglania, specjalne, wysokostopowe, nierdzewne, kwasoodporne, odporne na korozję; stopy metali nieżelaznych, głównie tytanu Dyfuzyjna warstwa nawęglona przez hartowanie i niskie odpuszczanie Odporność na zużycie znaczeniowe przez wykuszanie (pitting) i łuszczenie (spalling); odporność na zużycie odfalcaeniowe; wytrzymałość stykowa (na fretting i scuffing); twardość; odporność na ścieranie i erozję Mikroskop świetlny; twardościomierz; mikrowardościomierz; skaninyowy mikroskop elektronowy (SEM); transmisyjny mikroskop elektronowy (TEM); dyfraktometr rentgenowski (XRD); stanowiska do pomiaru: wytrzymałości na zmęczenie ciepłno-mechaniczne, odporności na ścieranie i odporności na korozję	
Gdzie?		Rodzaj organizacji Reprezentowane gałęzie przemysłu Poziom edukacji personelu Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej		Średnie i duże przedsiębiorstwa; PP; INB; OW; TP; CTT Uczelnie; OW; TP; CTT Średnie i duże przedsiębiorstwa; PP; OW; CTT; Sp. JV	
Kto?		Dość wysoki (7) Dość wysokie (7)		Dość wysoki (7) Dość wysokie (7)	
Ile?		Wysokie (8) Średnia (5) Dość niska (4)		Umiarowane (6) Dość wysoka (7) Wysoka (8)	
LEGENDA: → Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów					

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Nawęglanie plazmowe i pod obniżonym ciśnieniem	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie ciepłno-chemiczne		M4-06/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego				
Nawęglanie plazmowe polega na wygrzewaniu materiału w piecu próżniowym w atmosferze mieszaniny węglowodorów gazowych (metan i propan lub azot) o niskim ciśnieniu, z jednoczesnym przyłożeniem wysokiego napięcia stałego między obrabianym przedmiotem, który stanowi katodę, a anodą. W warunkach tych następuje wyładowanie jarzeniowe i wytworzenie plazmy. W wyniku aktywacji plazmą bombardowany, co ułatwia adsorpcję węgla przez metal podłoża. Nawęglanie pod obniżonym ciśnieniem odbywa się w atmosferze metanu, propanu i innych gazów, gdzie atomowy węglik uzyskuje się w wyniku dysocjacji wymienionych gazów. Proces umożliwia uzyskanie wysokiego stężenia węgla, który jest uwalniany w wyniku katalitycznego oddziaływania pomiędzy gazem nawęglającym a warstwą nawęglaną, w relatywnie bardzo krótkim czasie, zapewniając wysoki współczynnik przenoszenia węgla do powierzchni nawęglanej.				
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża				
jednowarstwowa	X	wielowarstwowa	amorficzna	
wielowarstwowa	X	gradientowa	nanokryształiczna	Wysoki (8)
multiwarstwowa (>100 warstw)		kompozytowa	hybrydowa	Wysoki (8)
X		przemiany fazowe powierzchni podłoża	procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Dość wysoki (7)
		Szczególne własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów		Dość wysoki (7)
X		mechaniczne	magnetyczne	Umiarowany (6)
X		chemiczne	termiczne	Umiarowany (6)
	X	elektryczne	dyfuzyjne	Sredni (5)
			hydromechaniczne	Sredni (5)
			akustyczne	Sredni (5)
			inne (wpisać jakie)	Sredni (5)
Zalety				
Słabe utlenianie powierzchni; energooszczędność; krótki czas procesu; równomierność warstwy nawęglanej; możliwość nawęglania różnych grup stali i stopów metali nieżelaznych, np. Ti.				
Wady				
Wydzielanie się węglików stopowych na powierzchni oraz na granicach ziarn obrabianych elementów, powodujące obniżenie własności eksploatacyjnych.				
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe /lub obszary zastosowań				
Wytwarzanie produktów, elementów konstrukcyjnych i elementów maszyn na potrzeby przemysłu motoryzacyjnego, lotniczego, maszynowego i medycznego wykonanych ze stali: do nawęglania, specjalnych wysokostopowych, nierdzewnych, kwasoodpornych, odpornych na korozję i stopów metali nieżelaznych (Ti).				
Technologie zastępcze/alternatywne				
Nawęglanie w ośrodkach stałych, gazowe, w złoju fluidalnym, elektrolityczno-plazmowe.				
Rekomendowane źródła literaturowe				
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.			Wysoki (8)
2	R. Gorockiewicz, A. Adamek, M. Korecki, The LPC process for high-alloy steels, Gear Solutions (2008) 40-51.			Dość wysoki (7)
3	P. Kula, P. Olejnik, J. Kowalewski, A new vacuum carburizing technology, Heat Treatment Progress 2-3 (2001) 57-60.			Dość wysoki (7)
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału				
Niższy koszt wytwarzania				
Wysoki (8)				
Odporność zmęczeniowa				
Dość wysoki (7)				
Ciągłość				
Twardość				
Dość wysoki (7)				
Energoszczędność				
Dość wysoki (7)				
Odporność na ścieranie				
Umiarowany (6)				
Odporność na erozję				
Umiarowany (6)				
Możliwość poddania recyklingowi				
Sredni (5)				
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia				
Poziom				
Pitting				
Wysoki (8)				
Zużycie odkształceniowe				
Wysoki (8)				
Spalling				
Dość wysoki (7)				
Fretting				
Dość wysoki (7)				
Zużycie abrazyjne				
Umiarowany (6)				
Zużycie adhezyjne				
Umiarowany (6)				
Scuffing				
Sredni (5)				
Zużycie ściernie				
Sredni (5)				
Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii				
Poziom				
C 25				
Sredni (5)				
C 29				
Sredni (5)				
C 30				
Dość niski (4)				
C 28				
Niski (3)				
C 19				
Bardzo niski (2)				
C 32				
Bardzo niski (2)				
C 33				
Minimalny (1)				
F 42				
Minimalny (1)				
Poziom				
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii				
Systemy ekspertowe				
Wysoki (8)				
Modelowanie matematyczne				
Dość wysoki (7)				
Sztuczne sieci neuronowe				
Dość wysoki (7)				
Algorytmy genetyczne				
Sredni (5)				
Dynamika molekularna				
Sredni (5)				
Aktualna faza cyklu życia technologii				
Wzrostowa (7)				
Perspektywy rozwoju				
Bardzo wysokie (9)				

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Nawęglanie plazmowe i pod obniżonym ciśnieniem	Nr katalogowy																								
Obszar tematyczny		Technologie ciepłno-chemiczne		M4-06/2010-12																								
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Proces nawęglania plazmowego przebiegający w hermetycznym piecu pod obniżonym ciśnieniem polega na nasyceniu węglem warstwy powierzchniowej materiału, a ośrodkiem nawęglającym jest mieszanina węglowodorów gazowych. Powstała podczas wyładowania jarzeniowego plazma powoduje dysocjację metanu na wodór i węgiel, którym bombardowany jest obrabiany przedmiot, co powoduje jego intensywne oddziaływanie z powierzchnią i adsorpcję węgla. Proces nawęglania plazmowego przebiega bardzo intensywnie. Przykładowo aby otrzymać warstwę nawęgloną o grubości 1 mm wystarczy w temperaturze 1050°C prowadzić proces przez 10 minut. Nawęglanie pod obniżonym ciśnieniem, zwane także próżniowym lub niskociśnieniowym, zachodzi w piecu próżniowym w wyniku adsorpcji węgla uzyskanego w wyniku dysocjacji C_2H_2, C_2H_4, C_2H_6 lub ich mieszaniny z H_2. Proces umożliwia uzyskanie wysokiego stężenia szybko uwalnianego węgla, zapewniając wysoki współczynnik przenoszenia węgla z czynnika nawęglającego do powierzchni nawęglanej, w temperaturze 950°C i w początkowej fazie procesu, nawet 250 g/m²h, co powoduje mniejsze zużycie gazu. Czas realizacji procesu zależy od współczynnika dyfuzji węgla w austenicie, stężenia węgla i dodatków stopowych. Podwyższeniu twardości i polepszeniu własności mechanicznych nawęglonych warstw służy następująca po zasadniczym procesie obróbka cieplna, polegająca na hartowaniu i niskim odpuszczaniu.</p>																												
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>850</td> <td>1050</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>-</td> <td>$2 \cdot 10^2$</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>V</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>$2 \cdot 10^3$</td> <td>$6 \cdot 10^3$</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td>gazy reaktywne:</td> <td colspan="2">mieszanina węglowodorów</td> </tr> </tbody> </table> <p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p> <p>obniżone ciśnienie; obróbka cieplna po zasadniczym procesie nawęglania</p> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Czyszczenie, mycie, odfłuszczenie.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Hermetyczne piece z aktywną atmosferą gazową.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Brak.</p>					Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	850	1050	Ciśnienie	Pa	-	$2 \cdot 10^2$	Warunki prądowo-napięciowe	V	-	-	Czas	s	$2 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne:	mieszanina węglowodorów	
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																									
Temperatura	°C	850	1050																									
Ciśnienie	Pa	-	$2 \cdot 10^2$																									
Warunki prądowo-napięciowe	V	-	-																									
Czas	s	$2 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$																									
Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne:	mieszanina węglowodorów																										
		<p>a) Schemat układu umożliwiającego realizację procesów nawęglania plazmowego. Układ składa się z: grzejnika grafitowego, termoelementu, tarczy grzejnej, wentylatora, DC zasilania, pompy rotacyjnej, wylotu, i wentylatorów dla gazów: Ar, H₂, CH₄. N₂ (gaz chłodzący) jest również dostarczany.</p> <p>b) Schemat procesu nawęglania pod obniżonym ciśnieniem. Wykazuje sekwencję: grzanie, wygrzewanie, nawęglanie (900°C), hartowanie/chłodzenie. Legenda: nawęglanie (C₂H₂/C₂H₄/C₂H₆/C₂H₆), dyfuzja N₂.</p>																										
<p>Schemat układu umożliwiającego realizację procesów nawęglania plazmowego (a) i schemat procesu nawęglania pod obniżonym ciśnieniem (b).</p>																												

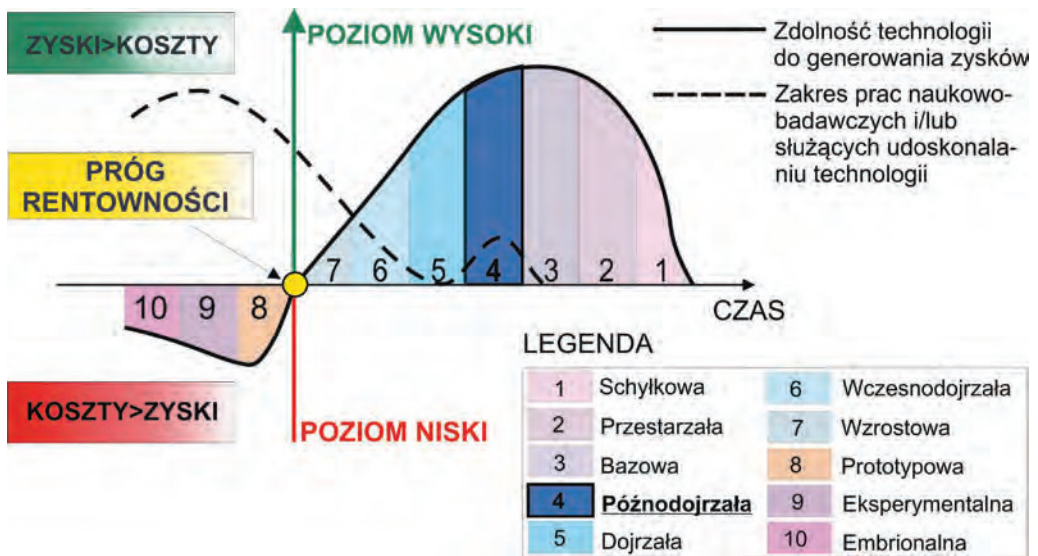
Symbol obszaru tematycznego: **M4**

Symbol grupy technologii: **G_{M4}**

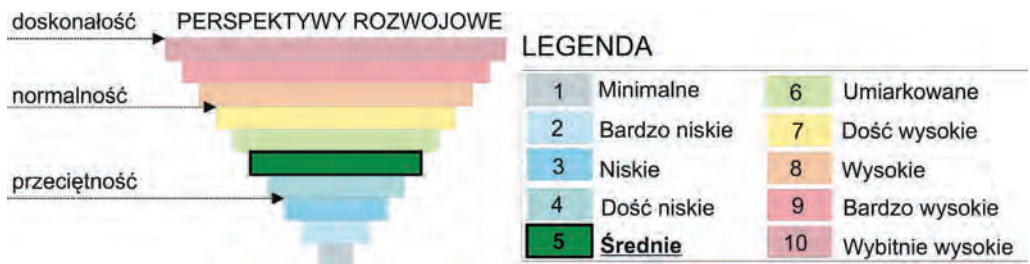
Numer katalogowy: **M4-07**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Aluminiowanie**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Aluminizing**



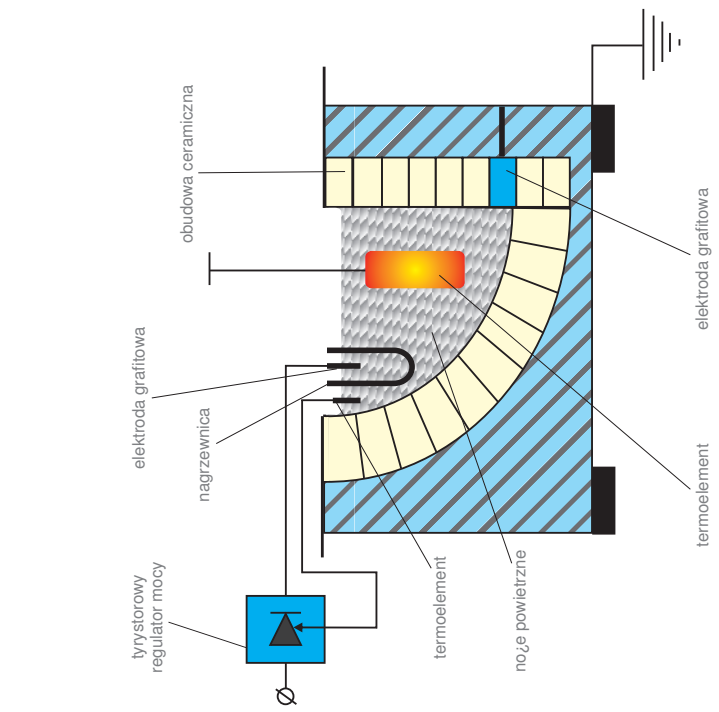
Rysunek 4.92. Aktualna faza cyklu życia aluminiowania



Rysunek 4.93. Perspektywy rozwojowe aluminiowania

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Aluminiowanie	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie ciepłno-chemiczne	M4-07/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
Aluminiowanie, realizowane w wysokiej temperaturze, polega na pokrywaniu materiału warstwą Al, głównie w celu polepszenia jego żaroodporności i/lub odporności na korozję. Współcześnie aluminiowanie może być realizowane kilkoma alternatywnymi metodami. Metody proszkowe polegają na zaspypywaniu materiału proszkami i wyżarzaniu w piecu w atmosferze ochronnej argonu. Metody zanurzeniowe wymagają zanurzenia pokrywanego metalu w kąpiel z roztopionego metalu powłokowego. Metody gazowe polegają na wyżarzaniu materiału umieszczonego nad proszkiem lub granulami zawierającymi Al w piecu retortowym. Metoda aluminiowania gazowego umożliwia utworzenie dwustronnej warstwy wierzchniej, której strefa zewnętrzna powstaje w wyniku zarodkowania i krystalizacji Al, a wewnętrzna w efekcie procesów dyfuzyjnych. Metoda zawiesinowa polega na nanoszeniu organicznej lub nieorganicznej zawiesziny zawierającej proszek Al na powierzchnię metalu, suszeniu i wyżarzaniu w piecu retortowym.			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
X	jednowarstwowa	X wielofazowa	
	wielowarstwowa	X gradientowa	
	multiwarstwowa (>100 warstw)	hybrydowa	
X	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	
Szczególne własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
X	mechaniczne	magnetyczne	X trybologiczne
X	chemiczne	X dyfuzyjne	X termiczne
	elektryczne	hydromechaniczne	X antykorozyjne
			inne (wpisać jakie)
Zalety			
Wady			
Żaroodporność; odporność na korozję w środowiskach roztworów wodnych, gazach spalinowych i w płynnej sierce; zastosowanie w procesach regeneracji i remontów zużytych elementów.			
Wysoki koszt zakupu i eksploatacji urządzeń; niektóre metody są szkodliwe dla środowiska; kruchość otrzymanych warstw.			
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań			
Metoda chemicznego osadzania z fazy gazowej w przemyśle lotniczym (pokrywanie łopatek turbin); metoda zanurzeniowa w przemyśle okrętowym; metoda zawiesinowa w procesach regeneracji i remontów zużytych elementów; modyfikacja powłok aluminiokowych innymi pierwiastkami: Zr, Hf, Pd, Pt, Si.			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Chromowanie; cynowanie; cynkowanie; tytanowanie; krzemenowanie.			
Rekomendowane źródła literaturowe			
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		
2	J.R. Sobiecki, J. Ewertowski, T. Babul, T. Wierzczoń, Properties of alumina coatings produced by gas-detonation method, Surface and Coatings Technology 180-181 (2004) 556-560.		
3	R. Moła, K. Przybyłowicz, Badania długotrwałego wygrzewania drutu oporowego ze stali 0H2315 aluminiowanego dyfuzyjnie, III Szkoła Letnia Inżynierii Powierzchni, Kielce – Ameliówka, 2004, 101-107.		
Wpływ aplikacji technologii na przewidziane i oczekiwane własności materiału			
Oporność na oddziaływanie wysokiej temperatury			
Oporność na korozję			
Oporność na zmęczenie			
Oporność na erozję			
Możliwość poddania recyklingowi			
Ciągłość			
Przewodnictwo cieplne			
Brak kruchości			
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia			
Koroza równomierna			
Koroza lokalna i wżerowa			
Koroza selektywna			
Zużycie ciepłe			
Koroza naprężeniowa i zmęczenia			
Zużycie dyfuzyjne			
Zmęczenie cieplne			
Ablacja			
Sekcje przemyśłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			
C 25			
M 72			
C 28			
M 71			
C 29			
C 33			
F 42			
C 19			
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii			
Sztuczne sieci neuronowe			
Systemy ekspertowe			
Modelowanie matematyczne			
Algorytmy genetyczne			
Logika rozmyta			
Aktualna faza cyklu życia technologii			
Perspektywy rozwoju			

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Aluminiowanie		Nr katalogowy																												
		Obszar tematyczny	Technologie ciepłno-chemiczne		M4-07/2010-12																												
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Proces aluminiowania, niezależnie od zastosowanej metody, zachodzi w wysokiej temperaturze. W metodzie proszkowej elementy są umieszczane w retortie w mieszaninie: obojętnego wypełniacza (Al_2O_3), stopu Al i halogenkowego aktywatora. W temperaturze 700-1050°C w retortie umieszczonej w piecu aktywator chemiczny tworzy gaz nośny umożliwiając osadzenie się Al na powierzchni materiału w ciągu kilku/kilkunastu godzin. Aluminiowanie zanurzeniowe, polegające na nanoszeniu czystego Al lub stopu Al z 8-11% Si, wykonuje się w kąpieliach wieloskładnikowych (55% Al, 1,6% Si i reszta Zn) na ciągłych liniach roboczych, a następnie stosuje się kilkugodzinne wyżarzanie (temp. 900-1050°C) w celu zmniejszenia kruchości i zwiększenia grubości warstwy dyfuzyjnej. Aluminiowanie gazowe prowadzone jest w piecu retortowym (temp. 900-1050°C) przez 2 h w ochronnej atmosferze Ar lub H_2. Chemiczne osadzenie z fazy gazowej odbywa się w retortie, do której doprowadzana jest atmosfera gazowa wytwarzana w oddzielnym reaktorze zewnętrzny. Wyraża się dwa typy realizowanych procesów: niskoaktywny (temp. >1000°C) – warstwa na stopach niklu powstaje w wyniku dyfuzji Ni do powierzchni podłoża i wysokoaktywny (temp. <950°C) – kontrolowany przez dyfuzję Al w głąb materiału podłoża. Metoda zawieszinowa polega na kilkukrotnym zanurzeniu materiału w zawieszinie proszków, suszeniu w temperaturze 80°C przez 24 h i wyżarzaniu dyfuzyjnym przez 2 h w piecu retortowym w atmosferze wodoru.</p>																																	
<p>Opis fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>700</td> <td>1050</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td></td> <td colspan="2">atmosferyczne</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>10^3</td> <td>10^4</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td colspan="3">gazy ochronne lub kąpieli wieloskładnikowa</td> </tr> <tr> <td>Specyficzne warunki realizacji procesu</td> <td colspan="3">proces wysokotemperaturowy</td> </tr> </tbody> </table>						Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	700	1050	Ciśnienie		atmosferyczne		Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	10^3	10^4	Środowisko/atmosfera	gazy ochronne lub kąpieli wieloskładnikowa			Specyficzne warunki realizacji procesu	proces wysokotemperaturowy		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																														
Temperatura	°C	700	1050																														
Ciśnienie		atmosferyczne																															
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																														
Czas	s	10^3	10^4																														
Środowisko/atmosfera	gazy ochronne lub kąpieli wieloskładnikowa																																
Specyficzne warunki realizacji procesu	proces wysokotemperaturowy																																
<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Czyszczenie, mycie, odfuszczenie; czasem stosuje się także mechaniczne uaktywnienie powierzchni (piaskowanie, kulowanie, srurowanie, roikowanie lub szcrotkowanie).</p>																																	
<p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Piece retortowe; oddzielny reaktor zewnętrzny wytwarzający atmosferę gazową (metoda CVD); ciągłe linie robocze (metoda zanurzeniowa).</p>																																	
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Ceramiczna obudowa pieca wytrzymała na wysokotemperaturowe procesy obróbcze.</p>																																	
					<p>Schemat pieca do nakładania powłok aluminiowych metodą zanurzeniową beztopnikową</p>																												



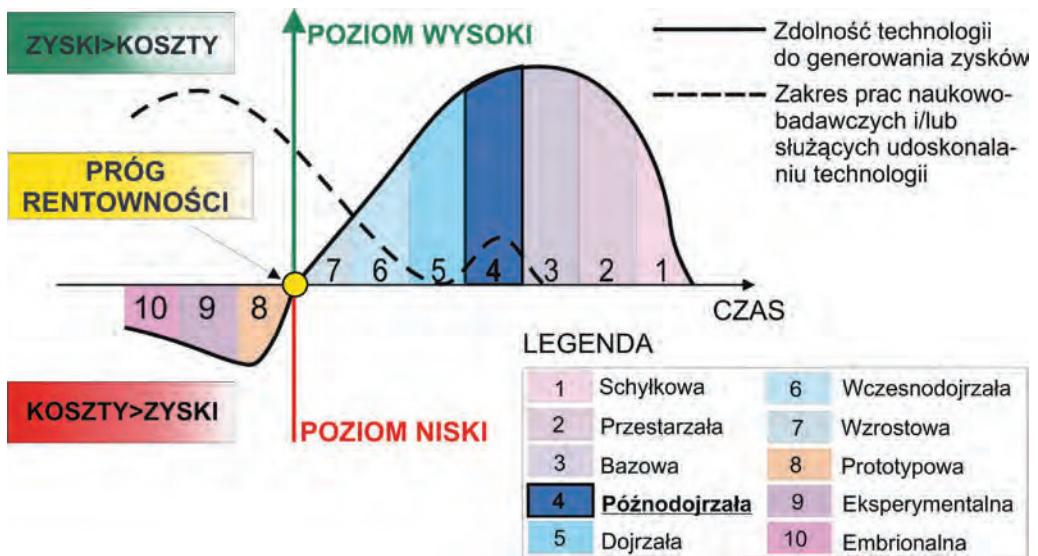
Symbol obszaru tematycznego: **M4**

Symbol grupy technologii: **H_{M4}**

Numer katalogowy: **M4-08**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Borowanie**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Boriding**



Rysunek 4.94. Aktualna faza cyklu życia borowania



Rysunek 4.95. Perspektywy rozwojowe borowania

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Borowanie		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny | Technologie cieplno-chemiczne		Obszar tematyczny | Technologie cieplno-chemiczne		M4-08/2010-12	
Kiedy? Interwały czasowe		DZIŚ 2010-12		2030	
Dlaczego?	Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze	Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	Zrównoważony rozwój
		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji	
Co?	Strategia dla technologii	Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu		
	Oddziaływanie otoczenia	Wartość technologii	Strategia oszczędności		
Produkt	Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji	Podłoża	Narzędzia górnice/wiertnicze; elementy robocze maszyn drogowych i maszyn specjalnych, w tym gasienice; oprzyrządowanie odlewnicze; części pomp		
	Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża	Polepszone własności materiału	Własności		
Technologia	Faza cyklu życia	Typ produkcji	Własności		
	Forma organizacji produkcji	Nowoczesność parku maszynowego	Własności		
Jak?	Automatyzacja i robotyzacja	Jakość i niezawodność	Własności		
	Proekologiczność		Własności		
Gdzie?	Rodzaj organizacji	Reprezentowane gałęzie przemysłu	Własności		
			Własności		
Kto?	Wymagania kapitałowe	Wartość produkcji w firmie	Własności		
	Wartość produkcji w firmie	Wartość produkcji w kraju	Własności		
Ile?			Własności		
			Własności		
LEGENDA: → Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwuierunkowe przepływy danych i/lub zasobów					

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Borowanie	Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego		Technologie cieplno-chemiczne		M4-08/2010-12
Obszar tematyczny				Poziom
<p>Borowanie, należąca do najbardziej klasycznych metod obróbki cieplno-chemicznej stali, polega na dyfuzyjnym nasyceniu warstwy powierzchniowej stali w bor w temperaturze 900-1000°C przez kilka do kilkunastu godzin. Bor zaadsorbowany na powierzchni dyfunduje w głąb stali, tworząc warstwę boroków o budowie iglastej i grubości ok. 0.03-0,15 mm, zależnej od temperatury, metody borowania oraz składu chemicznego stali. W wyniku procesów obróbek na powierzchni stali tworzy się zwykle dwustrefowa warstwa boroków, tj. zewnętrzna strefa FeB o znacznym udziale porów, oraz granicząca z podłożem strefa Fe₂B. Bezpośrednio pod warstwą boroków znajduje się strefa dyfuzyjna o obniżonej twardości (w stalach z dodatkiem Si), a pod nią występuje twardszy rdzeń. Warstwy naborowane cechuje duża twardość o maksymalnej wartości 2400 HV osiąganą przez warstwę zewnętrzną FeB.</p>		<p>Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału</p> <p>Twardość</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Dość niski (4)</p> <p>Niski (3)</p>		
<p>Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża</p>		<p>Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia</p> <p>Zużycie ścieme</p> <p>Zużycie ciepłe</p> <p>Zużycie abrazyjne</p> <p>Koroza lokalna i wżerowa</p> <p>Spalling</p> <p>Zużycie adhezyjne</p> <p>Zużycie dyfuzyjne</p> <p>Zmęczenie ciepłe</p> <p>Sekcje przemyślu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii</p> <p>C25</p> <p>C30</p> <p>C28</p> <p>C22</p> <p>C29</p> <p>M71</p> <p>C19</p> <p>C23</p>		
<p>X jednowarstwowa</p> <p>X wielofazowa</p> <p>X gradientowa</p> <p>X kompozytowa</p> <p>X hybrydowa</p> <p>X przemiany fazowe powierzchni</p> <p>X zmiana składu chemicznego powierzchni podłoża</p> <p>Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów</p>		<p>amorficzna</p> <p>nanokryształiczna</p> <p>hybrydowa</p> <p>procesy fizyczne na powierzchni podłoża</p>		
<p>X mechaniczne</p> <p>X chemiczne</p> <p>elektryczne</p>		<p>X trybologiczne</p> <p>X termiczne</p> <p>X antykorozyjne</p> <p>akustyczne</p> <p>inne (wpisać jakie)</p>		
<p>Zalety</p> <p>Niski koszt wytwarzania; nieskompilowany proces technologiczny; dostępność urządzeń do realizacji procesu.</p>		<p>Wady</p> <p>Niszczenie tygli przez sole i konieczność oczyszczania elementów z resztek soli; silna toksyczność, wybuchowość i działanie korozyjne atmosfer borujących; ograniczona jakość produktu.</p>		
<p>Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań</p> <p>Poszukiwanie nowych zastosowań dla produktów wytwarzanych metodami nowocześniejszymi: plazmowo, laserowo i w ziołu fluidalnym; tradycyjne zastosowania produktów wytwarzanych dyfuzyjnie i elektrolitycznie, m.in: narzędzi górnictwych, pojazdów specjalnych, narzędzi do obróbki plastycznej, elementów grzewczych.</p>		<p>C22</p> <p>C29</p> <p>M71</p> <p>C19</p> <p>C23</p>		
<p>Technologie zastępcze/alternatywne</p> <p>W ograniczonym zakresie nawęglanie, krzemowanie.</p>		<p>Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii</p> <p>Sztuczne sieci neuronowe</p> <p>Systemy ekspertowe</p> <p>Modelowanie matematyczne</p> <p>Algorytm genetyczne</p> <p>Logika rozmyta</p>		
<p>Rekomendowane źródła literaturowe</p> <p>1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.</p> <p>2 A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, et al., Evaluation of selected steel thermochemical treatment technology using foresight methods, JAMME 46/2 (2011) 115-146.</p> <p>3 Z. Przyłeki, A. Pertek, Badania zarodkowania i kinetyki wzrostu warstw boroków żelaza na żelazie armco (...), Materiały II Międzynarodowej Konferencji Węgliki-Azotki-Borki, Poznań – Kołobrzeg, 1981, 115-130.</p>		<p>Poziom</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Sredni (5)</p> <p>Sredni (5)</p> <p>Pożnodziurzała (4)</p> <p>Niskie (3)</p>		

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Borowanie Technologie cieplno-chemiczne	Nr katalogowy M4-08/2010-12																												
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Borowanie odbywa się najczęściej w proszkach lub pastach. Składnikami proszków do borowania są węgiel boru B_2C_3 lub amorficzny bor, wypełniacz – zwykle tlenek aluminium – i aktywatory, do których należą chlorek amonowy NH_4Cl, fluorok sodu NaF i fluoroboran potasu KBF_4. Proces borowania uiatwiają pasty, szczególnie przydatne podczas obróbki miejscowej. W skład pasty do borowania może wchodzić np. 55% węgla boru i 45% krolitu, związanych szkłem wodnym lub klejami organicznymi. Borowanie kapilowe jest wykonywane w roztopionym czerboranie sodu z dodatkiem węgla boru i chlorku sodu. Borowanie gazowe odbywa się w atmosferze stanowiącej mieszaninę dwuborowodoru B_2H_6 lub tróchlorku boru BCl_3 z gazem nośnym, którym jest wodór, argon lub azot. Nie znalazło ono szerszego zastosowania ze względu na toksyczność, wybuchowość i korozyjne działanie atmosfer borujących. Borowanie może zachodzić również z użyciem plazmy lub lasera i w złoju fluidalnym. Stal naborowana jest poddawana obróbce cieplnej polegającej na hartowaniu i niskim odpuszczaniu. Elementy z niektórych stali stopowych można hartować bezpośrednio z temperatury borowania. Borowanie powoduje zwiększenie twardości, wzrost odporności na ścieranie i poprawę własności antykorozyjnych, lecz przyczynia się do zmniejszenia odporności na zmęczenie cieplne stali.</p>																															
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1" data-bbox="623 423 856 864"> <tr> <td>Standardowy zakres parametru procesu</td> <td>jednostka</td> <td>od</td> <td>do</td> </tr> <tr> <td>Temperatura</td> <td>$^{\circ}C$</td> <td>900</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>$4 \cdot 10^2$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>A/m^2</td> <td>$< 10^{-4}$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>10^3</td> <td>$4 \cdot 10^3$</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td></td> <td>proszki, pasty, kapele lub gaz reaktywny</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Specyficzne warunki realizacji procesu</td> <td></td> <td>obróbka cieplna naborowanej stali obejmująca hartowanie i odpuszczanie</td> <td></td> </tr> </table> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Powierzchnie przedmiotów przeznaczonych do borowania powinny być obrabione mechanicznie na gotowo, ponieważ po borowaniu narzędzia i elementy można poddawać jedynie polerowaniu.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Szczelne piece o działaniu okresowym; skrzynie do borowania proskowego; laser do borowania laserowego.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Brak.</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	$^{\circ}C$	900	1000	Ciśnienie	Pa	$4 \cdot 10^2$		Warunki prądowo-napięciowe	A/m^2	$< 10^{-4}$		Czas	s	10^3	$4 \cdot 10^3$	Środowisko/atmosfera		proszki, pasty, kapele lub gaz reaktywny		Specyficzne warunki realizacji procesu		obróbka cieplna naborowanej stali obejmująca hartowanie i odpuszczanie	
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																												
Temperatura	$^{\circ}C$	900	1000																												
Ciśnienie	Pa	$4 \cdot 10^2$																													
Warunki prądowo-napięciowe	A/m^2	$< 10^{-4}$																													
Czas	s	10^3	$4 \cdot 10^3$																												
Środowisko/atmosfera		proszki, pasty, kapele lub gaz reaktywny																													
Specyficzne warunki realizacji procesu		obróbka cieplna naborowanej stali obejmująca hartowanie i odpuszczanie																													
<p>Charakterystyka zmian składu chemicznego i twardości w warstwie dyfuzyjnej po naborowaniu w zależności od odległości od naborowanej powierzchni</p>																															

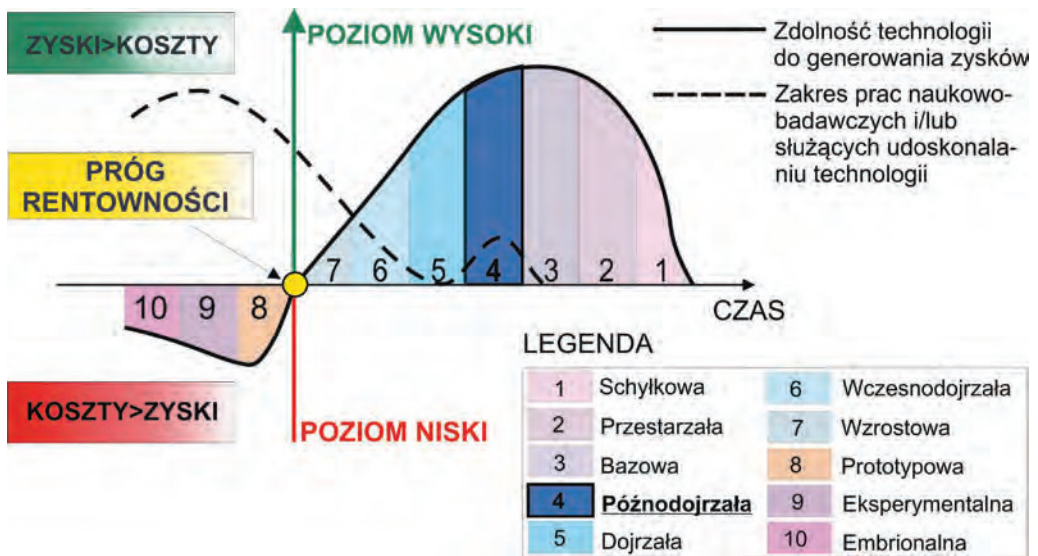
Symbol obszaru tematycznego: **M4**

Symbol grupy technologii: **I_{M4}**

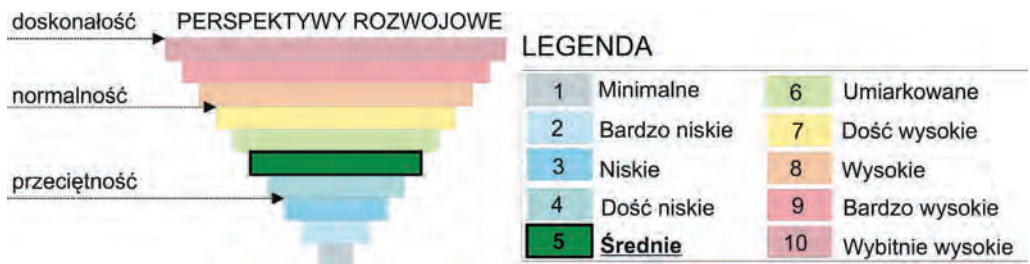
Numer katalogowy: **M4-09**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Pasywowanie**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Passivation**



Rysunek 4.96. Aktualna faza cyklu życia pasywowania



Rysunek 4.97. Perspektywy rozwojowe pasywowania

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Pasywowanie	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	<i>Technologie ciepłno-chemiczne</i>	M4-09/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
<p>Pasywacja polega na przejściu aktywnej chemicznie powierzchni materiału w stan pasywny, tj. nieaktywny bądź o mniejszej aktywności chemicznej lub elektrochemicznej, w wyniku powstania, na skutek reakcji chemicznych materiału z otoczeniem (np. powietrzem, wodą, innymi gazami i cieczami), cienkich warstw powierzchniowych powodujących, że materiał staje się całkowicie odporny na dalsze reakcje ze środowiskiem. Powstaje zatem szczerbna bariera ochronna przeciwko korozji od -1 dorzędzowej – gazowej lub elektrochemicznej. Zwykle zjawiska pasywacji polegają na spontanicznym tworzeniu twardych i nietaktywnych chemicznie warstw lub cienkich powłok tlenków lub azotków o grubości kilku nm, przylegających do powierzchni materiału. Pasywacji łatwo ulegają: Cr, Ni, Al, Mo, Si, stale stopowe odporne na korozję, stop Ni z Cu (70% Ni, 30% Cu). Zjawisko pasywacji może zachodzić naturalnie lub stanowić przedmiot celowych działań inżynierskich służących kształtowaniu struktury i własności warstw powierzchniowych materiałów.</p>			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
X	jednowarstwowa	wielofazowa	amorficzna
	wielowarstwowa	gradientowa	nanokryształczna
	multiwarstwowa (>100 warstw)	kompozytowa	hybrydowa
	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X	zmiana składu chemicznego procesy fizyczne na powierzchni podłoża
Szczególne własności/powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
	mechaniczne	magnetyczne	optyczne
	X	chemiczne	termiczne
	elektryczne	dyfuzyjne	X
		hydromechaniczne	akustyczne
			inne
Zalety			
			Wady
			Wytworzenie podkładowych i dekoracyjnych powłok
			Ścisła kontrola doboru składu chemicznego i stężenia rozтворów kwasów; narażenie cienkiej warstwy pasywnych powierzchni na uszkodzenia mechaniczne; bezkosztowa pasywacja naturalna.
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań			
			Zastępowanie tradycyjnej pasywacją żółtej bazującej na Cr(VI) bardziej ekonomiczną (niższa temperatura procesu) i ekologiczną (ograniczona emisja substancji szkodliwych do środowiska) pasywacją błękitną bazującą na Cr(III); wytwarzanie warstw podkładowych i dekoracyjnych; zastosowania w biolizynierii.
Technologie zastępcze/alternatywne			
			Fosforanowanie; nawęglanie; azotowanie.
Rekomendowane źródła literatury			
	1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.	
	2	K. Labisz, L.A. Dobrzański, J. Konieczny, Anodization of cast aluminium alloys produced by different casting methods, Archives of Foundry Engineering 8/513 (2008) 45-50.	
	3	M. Ojagi Ilkchi, H. Yoozbashizadeh, M. Sadegh Safarizadeh, The effect of additives on anode passivation in electrorefining of copper, Chemical Engineering and Processing 46 (2007) 757-763.	
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			
			Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału
			Oporność na korozję
			Bardzo wysoki (9)
			Wysoki (8)
			Oporność na ścieranie
			Dość wysoki (7)
			Biokompatybilność
			Dość wysoki (7)
			Oporność na zużycie przez tarcie
			Dość wysoki (7)
			Niższy koszt wytwarzania
			Umiarkowany (6)
			Energooszczędność
			Umiarkowany (6)
			Możliwość poddania recyklingowi
			Umiarkowany (6)
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia			
			Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia
			Korozja równomierna
			Bardzo wysoki (9)
			Korozja lokalna i wżerowa
			Bardzo wysoki (9)
			Korozja naprężeniowa i zmęczenia
			Bardzo wysoki (9)
			Korozja międzykryształczna
			Dość wysoki (7)
			Korozja selektywna
			Dość wysoki (7)
			Scuffing
			Dość wysoki (7)
			Zużycie adhezyjne
			Umiarkowany (6)
			Fretting
			Sredni (5)
Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			
			Poziom
			Wysoki (8)
			Wysoki (8)
			Wysoki (8)
			C20
			Dość wysoki (7)
			C30
			Dość wysoki (7)
			C28
			Dość wysoki (7)
			Mi71
			Dość wysoki (7)
			C27
			Umiarkowany (6)
			C31
			Sredni (5)
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii			
			Poziom
			Sztuczne sieci neuronowe
			Dość wysoki (7)
			Systemy ekspertowe
			Umiarkowany (6)
			Modelowanie matematyczne
			Umiarkowany (6)
			Logika rozmyta
			Sredni (5)
			Analiza fraktalna
			Sredni (5)
			Aktualna faza cyklu życia technologii
			Pożądajrała (4)
			Perspektywy rozwoju
			Srednie (5)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Obszar tematyczny	Pasywowanie	Technologie ciepłno-chemiczne	Nr katalogowy																										
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>W celu zapewnienia oczekiwanej skuteczności pasywacji należy odpowiednio przygotować materiał, który ma być poddany temu procesowi. Do najczęściej stosowanych metod obróbki wstępnej należy czyszczenie, usuwanie tlenkowej zgorzeliny i/lub wytrawianie. Czyszczenie polega na usunięciu znajdujących się na powierzchni materiału zanieczyszczeń organicznych, cieczy chłodząco-smarujących, olejów i smarów, które mogłyby stanowić przeszkodę we właściwym tworzeniu się warstwy pasywnej. Usuwanie warstwy zgorzeliny tlenkowej, powstającej np. na powierzchni stali nierdzewnej, zazwyczaj obejmuje: mechaniczne odspojenie zgorzeliny walcowniczej, usunięcie jej z powierzchni i trawienie znajdującej się bezpośrednio pod nią warstwy metalu. Wytrawianie polegające na usuwaniu cienkiej warstwy wierzchniej materiału z użyciem mieszaniny kwasu azotowego i fluorowodorowego odbywa się zanurzeniowo, natryskowo (wielkogabarytowe obiekty niemożliwe do transportu), elektrochemicznie lub przy użyciu pasty/zeli. Rodzaj związku chemicznego użytego w procesie właściwej pasywacji istotnie zależy od materiału poddawanego temu procesowi. Do pasywowania stali, najczęściej w praktyce poddawanych temu procesowi, stosuje się roztwory kwasu: azotowego, fosforowego lub cytrynowego. Poddane pasywacji warstwy powierzchniowe mogą być dodatkowo zabezpieczone poprzez naniesienie powłok, np. malarskich.</p>	<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>W celu zapewnienia oczekiwanej skuteczności pasywacji należy odpowiednio przygotować materiał, który ma być poddany temu procesowi. Do najczęściej stosowanych metod obróbki wstępnej należy czyszczenie, usuwanie tlenkowej zgorzeliny i/lub wytrawianie. Czyszczenie polega na usunięciu znajdujących się na powierzchni materiału zanieczyszczeń organicznych, cieczy chłodząco-smarujących, olejów i smarów, które mogłyby stanowić przeszkodę we właściwym tworzeniu się warstwy pasywnej. Usuwanie warstwy zgorzeliny tlenkowej, powstającej np. na powierzchni stali nierdzewnej, zazwyczaj obejmuje: mechaniczne odspojenie zgorzeliny walcowniczej, usunięcie jej z powierzchni i trawienie znajdującej się bezpośrednio pod nią warstwy metalu. Wytrawianie polegające na usuwaniu cienkiej warstwy wierzchniej materiału z użyciem mieszaniny kwasu azotowego i fluorowodorowego odbywa się zanurzeniowo, natryskowo (wielkogabarytowe obiekty niemożliwe do transportu), elektrochemicznie lub przy użyciu pasty/zeli. Rodzaj związku chemicznego użytego w procesie właściwej pasywacji istotnie zależy od materiału poddawanego temu procesowi. Do pasywowania stali, najczęściej w praktyce poddawanych temu procesowi, stosuje się roztwory kwasu: azotowego, fosforowego lub cytrynowego. Poddane pasywacji warstwy powierzchniowe mogą być dodatkowo zabezpieczone poprzez naniesienie powłok, np. malarskich.</p>	<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>W celu zapewnienia oczekiwanej skuteczności pasywacji należy odpowiednio przygotować materiał, który ma być poddany temu procesowi. Do najczęściej stosowanych metod obróbki wstępnej należy czyszczenie, usuwanie tlenkowej zgorzeliny i/lub wytrawianie. Czyszczenie polega na usunięciu znajdujących się na powierzchni materiału zanieczyszczeń organicznych, cieczy chłodząco-smarujących, olejów i smarów, które mogłyby stanowić przeszkodę we właściwym tworzeniu się warstwy pasywnej. Usuwanie warstwy zgorzeliny tlenkowej, powstającej np. na powierzchni stali nierdzewnej, zazwyczaj obejmuje: mechaniczne odspojenie zgorzeliny walcowniczej, usunięcie jej z powierzchni i trawienie znajdującej się bezpośrednio pod nią warstwy metalu. Wytrawianie polegające na usuwaniu cienkiej warstwy wierzchniej materiału z użyciem mieszaniny kwasu azotowego i fluorowodorowego odbywa się zanurzeniowo, natryskowo (wielkogabarytowe obiekty niemożliwe do transportu), elektrochemicznie lub przy użyciu pasty/zeli. Rodzaj związku chemicznego użytego w procesie właściwej pasywacji istotnie zależy od materiału poddawanego temu procesowi. Do pasywowania stali, najczęściej w praktyce poddawanych temu procesowi, stosuje się roztwory kwasu: azotowego, fosforowego lub cytrynowego. Poddane pasywacji warstwy powierzchniowe mogą być dodatkowo zabezpieczone poprzez naniesienie powłok, np. malarskich.</p>	<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>W celu zapewnienia oczekiwanej skuteczności pasywacji należy odpowiednio przygotować materiał, który ma być poddany temu procesowi. Do najczęściej stosowanych metod obróbki wstępnej należy czyszczenie, usuwanie tlenkowej zgorzeliny i/lub wytrawianie. Czyszczenie polega na usunięciu znajdujących się na powierzchni materiału zanieczyszczeń organicznych, cieczy chłodząco-smarujących, olejów i smarów, które mogłyby stanowić przeszkodę we właściwym tworzeniu się warstwy pasywnej. Usuwanie warstwy zgorzeliny tlenkowej, powstającej np. na powierzchni stali nierdzewnej, zazwyczaj obejmuje: mechaniczne odspojenie zgorzeliny walcowniczej, usunięcie jej z powierzchni i trawienie znajdującej się bezpośrednio pod nią warstwy metalu. Wytrawianie polegające na usuwaniu cienkiej warstwy wierzchniej materiału z użyciem mieszaniny kwasu azotowego i fluorowodorowego odbywa się zanurzeniowo, natryskowo (wielkogabarytowe obiekty niemożliwe do transportu), elektrochemicznie lub przy użyciu pasty/zeli. Rodzaj związku chemicznego użytego w procesie właściwej pasywacji istotnie zależy od materiału poddawanego temu procesowi. Do pasywowania stali, najczęściej w praktyce poddawanych temu procesowi, stosuje się roztwory kwasu: azotowego, fosforowego lub cytrynowego. Poddane pasywacji warstwy powierzchniowe mogą być dodatkowo zabezpieczone poprzez naniesienie powłok, np. malarskich.</p>	<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>W celu zapewnienia oczekiwanej skuteczności pasywacji należy odpowiednio przygotować materiał, który ma być poddany temu procesowi. Do najczęściej stosowanych metod obróbki wstępnej należy czyszczenie, usuwanie tlenkowej zgorzeliny i/lub wytrawianie. Czyszczenie polega na usunięciu znajdujących się na powierzchni materiału zanieczyszczeń organicznych, cieczy chłodząco-smarujących, olejów i smarów, które mogłyby stanowić przeszkodę we właściwym tworzeniu się warstwy pasywnej. Usuwanie warstwy zgorzeliny tlenkowej, powstającej np. na powierzchni stali nierdzewnej, zazwyczaj obejmuje: mechaniczne odspojenie zgorzeliny walcowniczej, usunięcie jej z powierzchni i trawienie znajdującej się bezpośrednio pod nią warstwy metalu. Wytrawianie polegające na usuwaniu cienkiej warstwy wierzchniej materiału z użyciem mieszaniny kwasu azotowego i fluorowodorowego odbywa się zanurzeniowo, natryskowo (wielkogabarytowe obiekty niemożliwe do transportu), elektrochemicznie lub przy użyciu pasty/zeli. Rodzaj związku chemicznego użytego w procesie właściwej pasywacji istotnie zależy od materiału poddawanego temu procesowi. Do pasywowania stali, najczęściej w praktyce poddawanych temu procesowi, stosuje się roztwory kwasu: azotowego, fosforowego lub cytrynowego. Poddane pasywacji warstwy powierzchniowe mogą być dodatkowo zabezpieczone poprzez naniesienie powłok, np. malarskich.</p>	<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>W celu zapewnienia oczekiwanej skuteczności pasywacji należy odpowiednio przygotować materiał, który ma być poddany temu procesowi. Do najczęściej stosowanych metod obróbki wstępnej należy czyszczenie, usuwanie tlenkowej zgorzeliny i/lub wytrawianie. Czyszczenie polega na usunięciu znajdujących się na powierzchni materiału zanieczyszczeń organicznych, cieczy chłodząco-smarujących, olejów i smarów, które mogłyby stanowić przeszkodę we właściwym tworzeniu się warstwy pasywnej. Usuwanie warstwy zgorzeliny tlenkowej, powstającej np. na powierzchni stali nierdzewnej, zazwyczaj obejmuje: mechaniczne odspojenie zgorzeliny walcowniczej, usunięcie jej z powierzchni i trawienie znajdującej się bezpośrednio pod nią warstwy metalu. Wytrawianie polegające na usuwaniu cienkiej warstwy wierzchniej materiału z użyciem mieszaniny kwasu azotowego i fluorowodorowego odbywa się zanurzeniowo, natryskowo (wielkogabarytowe obiekty niemożliwe do transportu), elektrochemicznie lub przy użyciu pasty/zeli. Rodzaj związku chemicznego użytego w procesie właściwej pasywacji istotnie zależy od materiału poddawanego temu procesowi. Do pasywowania stali, najczęściej w praktyce poddawanych temu procesowi, stosuje się roztwory kwasu: azotowego, fosforowego lub cytrynowego. Poddane pasywacji warstwy powierzchniowe mogą być dodatkowo zabezpieczone poprzez naniesienie powłok, np. malarskich.</p>																										
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>	<table border="1"> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>20</td> <td>100</td> </tr> </table>	Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	20	100	<table border="1"> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td colspan="3">atmosferyczne</td> </tr> </table>	Ciśnienie	atmosferyczne			<table border="1"> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td colspan="3">-</td> </tr> </table>	Warunki prądowo-napięciowe	-			<table border="1"> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>20</td> <td>$2 \cdot 10^3$</td> </tr> </table>	Czas	s	20	$2 \cdot 10^3$	<p>Srodowisko/atmosfera: kąpięle w roztworach kwasów</p>	<p>Specyficzne warunki realizacji procesu: możliwość poddania materiału poddanego pasywacji dalszej obróbce, np. malowaniu</p>	<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p>	<p>Czyszczenie, usuwanie tlenkowej zgorzeliny i/lub wytrawianie.</p>	<p>Typ/rodzaj urządzenia: Wanny i inne pojemniki odporne na działanie kwasów, np. porcelanowe.</p>	<p>Specyficzne oprzyrządowanie: Brak.</p>	<p>Przykładowy proces pasywowania stali nierdzewnej. Stal chromowa pokryta cienką warstwą tlenku chromu</p>
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																												
Temperatura	°C	20	100																												
Ciśnienie	atmosferyczne																														
Warunki prądowo-napięciowe	-																														
Czas	s	20	$2 \cdot 10^3$																												

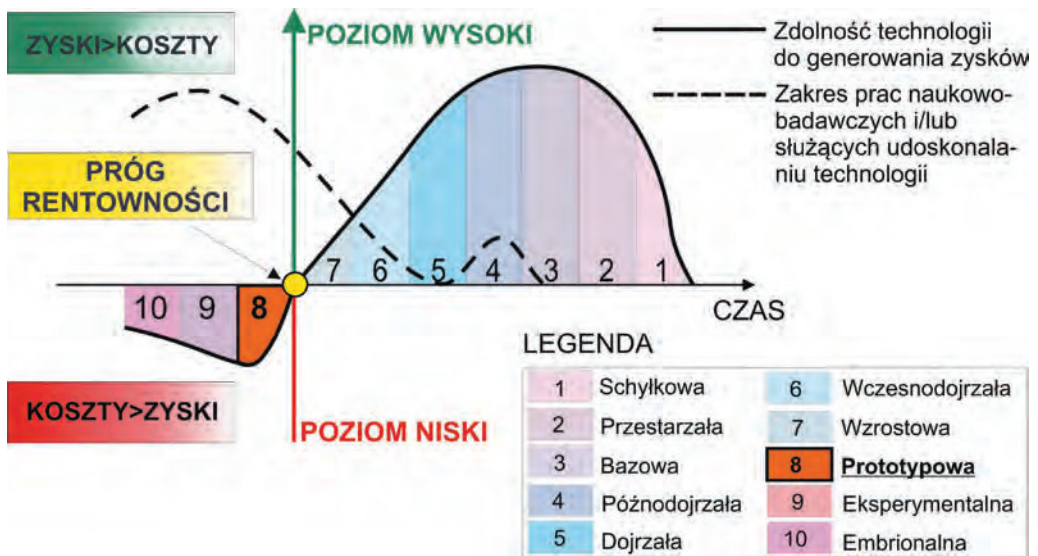
Symbol obszaru tematycznego: **M4**

Symbol grupy technologii: **J_{M4}**

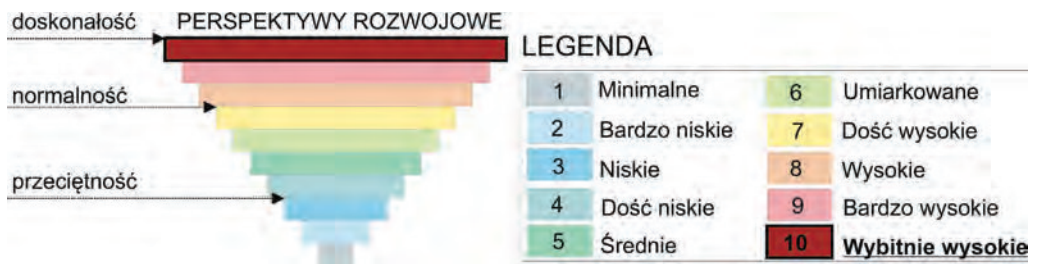
Numer katalogowy: **M4-10**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Technologie hybrydowe**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Hybrid technologies**

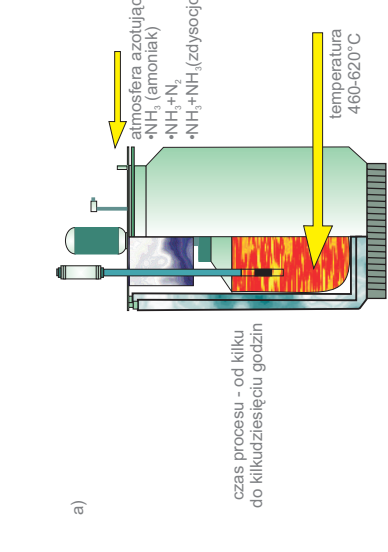


Rysunek 4.98. Aktualna faza cyklu życia technologii hybrydowych



Rysunek 4.99. Perspektywy rozwojowe technologii hybrydowych

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Technologie hybrydowe		Nr katalogowy	
Istota zjawiska fizykochemicznego		Obszar tematyczny	Technologie ciepłno-chemiczne		M4-10/2010-12	
Technologie hybrydowe, tzw. duplex lub multiplex, łączą w sobie przynajmniej dwie różne metody obróbki osadzanie powłok z fazy gazowej (PVD) poprzedzone azotowaniem i chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej (CVD) poprzedzone nawęglaniem. Warstwa dyfuzyjna powstała w procesach obróbki ciepłno-chemicznej cechuje się zwykle podwyższoną twardością oraz odpornością na ścieranie, zużycie i korozję, natomiast podlega ona zmniejszeniu ciepłnemu i mechanicznemu oraz zużyciu adhezyjnemu. Ponadto w warunkach eksploatacyjnych ma miejsce utlenianie warstwy wierzchniej i niewielka deformacja plastyczna podłoża. Dodatkowe naniesienie na obrabioną już ciepłno-chemicznie, powierzchniową powłok PVD lub CVD powoduje zwiększenie odporności na zmęczenie, odporności na zużycie przez tarcie, a w przypadku materiałów narzędziowych – lepszą separację materiału obrabianego od materiału narzędzia.					Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału	
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża					Poziom	
X	jednowarstwowa	X	wielofazowa	X	amorficzna	Bardzo wysoka (9)
X	wielowarstwowa	X	gradientowa	X	nanokryształczna	Bardzo wysoka (9)
X	multiwarstwowa (>100 warstw)	X	kompozytowa	X	hybrydowa	Bardzo wysoka (9)
X	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	X	procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Bardzo wysoki (9)
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów						Bardzo wysoki (9)
X	mechaniczne	X	magnetyczne	X	trybologiczne	Bardzo wysoki (9)
X	chemiczne	X	dyfuzyjne	X	termiczne	Wysoki (8)
	elektryczne		hydromechaniczne	X	akustyczne	Wysoki (8)
Zalety						
Możliwość uzyskania kombinacji własności materiałów nieosiągalnej innymi metodami						
Wady						
Sektory przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii						
	M 72					Wytłoczenie wysoki (10)
	C 28					Wysoki (8)
	C 25					Wysoki (8)
	C 29					Wysoki (8)
	C 30					Dość wysoki (7)
	M 71					Umiarkowany (6)
	C 20					Dość niski (4)
	C 33					Dość niski (4)
Technologie zastępcze/alternatywne						
Brak.						
Rekomendowane źródła literatury						
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.					Wysoki (8)
2	M. Polok-Rubiniak, K. Łukaszowicz, L.A. Dobrzański, Comparison of nanostructure and duplex PVD coatings deposited onto hot work tool steel substrate, JAMME 41 (2010) 187-194.					Dość wysoki (7)
3	C. Sanderowski, M. Bietuk, M. Kot, R. Major, Badania struktury i właściwości powłok hybrydowych typu NiAl/FeAl i NiCr/FeAl osadzanych metodą PAPVD-Arc, Inżynieria Materiałowa 29/6 (2008) 719-723.					Umiarkowany (6)
						Średni (5)
						Prototypowa (8)
						Wytłoczenie wysokie (10)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Technologie hybrydowe	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Technologie cieplno-chemiczne	M4-10/2010-12
Opis przebiegu procesu technologicznego			
<p>Technologie hybrydowe, z udziałem metod obróbki cieplno-chemicznej, na obecnym etapie rozwoju (prototypowa faza cyklu życia technologii) stanowią połączenie dwóch odrębnych procesów technologicznych następujących po sobie w trybie szeregowym. Pierwszy z nich polega na zmianie składu chemicznego i struktury warstwy powierzchniowej stopu, a co za tym idzie zmianie własności obrabianych elementów, w wyniku zmian temperatury i chemicznego oddziaływania ośrodka. Ma miejsce zatem zamierzona dyfuzyjna zmiana składu chemicznego warstwy powierzchniowej elementów metalowych w celu uzyskania ich odpowiednich własności użytkowych. Uzyskane metodami cieplno-chemicznymi warstwy dyfuzyjne w warunkach eksploatacji podlegają jednak zmniejszeniu cieplnemu i mechanicznemu, zużyciu adhezyjnemu oraz utlenianiu, co jest przyczynkiem do poszukiwania sposobów dalszego ulepszenia własności obrabianych już cieplno-chemicznie elementów, poprzez nanoszenie powłok PVD/CVD. O ile procesy PVD mają miejsce w bezpiecznym zakresie temperatury 150-500°C, o tyle metoda CVD jest wysokotemperaturowa, zatem obróbce tej mogą być poddane tylko nieliczne materiały bez groźby utraty własności nabytych uprzednio w procesach obróbki cieplno-chemicznej. Procesy składowe technologii hybrydowych przebiegają standardowo.</p>			
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego			
Standardowy zakres parametru procesu			
Temperatura	°C	150	do 10 ³
Ciśnienie	Pa	10 ⁻⁴	10 ⁵
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-
Czas	-	3·10 ³	5·10 ⁵
Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne;	próżnia	
Specyficzne warunki realizacji procesu			
długi czas i złożoność wieloetapowej obróbki			
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Czyszczenie, mycie, odtłuszczenie i/lub mechaniczne uaktywnienie powierzchni; obróbka cieplna przed azotowaniem.			
Typ/rodzaj urządzenia			
Piec retortowy, urządzenia do fizycznego lub chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Możliwe specjalistyczne oprzyrządowanie konieczne do realizacji operacji szczegółowych.			
			Przykładowe technologie hybrydowe. Azotowanie gazowe (a) i następujące po nim fizyczne osadzanie powłok z fazy gazowej (b)

4.5. Perspektywy rozwojowe technologii polimerowych warstw wierzchnich

W niniejszym podrozdziale zamieszczono wyniki prac własnych, z których część – w postaci Kart Informacyjnych Technologii (KIT) – sporządzono we współpracy z Gabrielem Wróblem i Małgorzatą Szymiczek. Wymagania dotyczące jakości powierzchni stanowią jeden z istotnych czynników doboru procesów technologicznych dotyczących elementów konstrukcyjnych. Zagadnienia te obejmują m.in. gładkość lub teksturę i chropowatość powierzchni, kształtowanie w kolorze oraz włączanie pokryć. Może to dotyczyć także przezroczystości powierzchni, refleksyjności lub absorpcyjności promieniowania świetlnego, ciepła lub fal dźwiękowych przez nią oraz zdolności wchłaniania lub nie cieczy lub powietrza, odporności na zużycie oraz adhezji i możliwości naśladowania innych materiałów, np. skóry lub szkła. Niejednokrotnie te pożądane własności materiałów można uzyskać nanosząc, z użyciem różnych technologii, na powierzchnię obrabianego materiału pokrycia polimerowe, wśród których można wyróżnić zarówno termoplasty, duroplasty, jak i elastomery. Uzyskanie prawidłowych własności materiału podłoża jest uwarunkowane odpowiednim przygotowaniem powierzchni, w celu zapewnienia fizykochemicznych warunków przyczepności, bardzo często wyłącznie adhezji między powierzchnią materiału a nanoszonymi na nią polimerowymi pokryciami.

Analiza wyników badań heurystycznych, przeprowadzonych drogą elektronicznej ankietyzacji ekspertów [3] wskazuje, że wśród technologii polimerowych warstw wierzchnich najlepszą pozycję strategiczną, ocenioną na 9 punktów, w dziesięciostopniowej uniwersalnej skali stanów względnych, mają następujące technologie: nanoszenie powłok z nanonapełniaczami G_{M5}^s (8,3; 8,6) i powłok gradientowych F_{M5}^s (8,6; 8,1), w odniesieniu do których zalecane jest zastosowanie strategii dębu wiosną, polegającej na dążeniu do sukcesu poprzez rozwijanie i umacnianie bardzo dobrze rokujących technologii znajdujących się w przyjaznym otoczeniu, niosącym wiele sposobności. Wysoką (8 punktów) pozycją w rankingu charakteryzują się również osadzanie elektroforetyczne D_{M5}^s (6,6; 8,7) i nanoszenie fluidyzacyjno-elektrostatyczne E_{M5}^s (6,6; 8,3), które umieszczono w polu kosodrzewiny wiosną, a zalecana dla nich strategia zakłada konieczność uatrakcyjniania, unowocześniania, komputeryzowania i automatyzowania tych dojrzałych technologii, a także ich intensywnego promowania

w sprzyjającym otoczeniu. Strategię dębu latem, polegającą na wykorzystywaniu atrakcyjności i potencjału technologii w trudnych warunkach otoczenia, niosącego zarówno liczne trudności, jak i sposobności, a także dopasowaniu produktu do oczekiwań klienta, zaleca się stosować w przypadku bardzo obiecujących młodych technologii: nanoszenia powłok biokompatybilnych J_{M5}^s (8,5; 7,3) (faza embrionalna), a także nanoszenia powłok z pamięcią kształtu H_{M5}^s (8,6; 7,3) i samowykształcalnych na powierzchni polimerów I_{M5}^s (8,7; 6,9), które znajdują się aktualnie w prototypowej fazie cyklu życia. Aktualną pozycję strategiczną tych technologii, które będą zapewne intensywnie rozwijane w przyszłości, oceniono na 7 punktów, ze względu na towarzyszące im burzliwe otoczenie. Siedem punktów przyznano także metodzie malowania proszkowego C_{M5}^s (7,1; 4,5) usytuowanej w polu kosodrzewiny jesienią, w którym znalazł się również oceniony na 6 punktów natrysk hydrodynamiczny B_{M5}^s (5,7; 4,2). Strategia kosodrzewiny jesienią zaleca czerpanie zysków z realizacji produkcji w stabilnym przewidywalnym otoczeniu, z wykorzystaniem sprawdzonych, dobrze poznanych technologii, które należy unowocześniać i intensywnie promować w celu wzmocnienia ich ograniczonej atrakcyjności. Najłabsze perspektywy rozwojowe (4 punkty), spośród wszystkich poddanych badaniom technologii polimerowych warstw wierzchnich, mają tradycyjne techniki malarskie i nanoszenie zanurzeniowe A_{M5}^s (5,8; 1,2), w odniesieniu do którego należy zastosować strategię kosodrzewiny zimą, zasadzającą się na podjęciu walki z piętrzącymi się trudnościami płynącymi z otoczenia, w której orężem jest duży potencjał tradycyjnych, tanich technologii o prostym sposobie aplikacji.

Zestawienia statystyczne, sporządzone na podstawie wyników badań eksperckich [3], posłużyły do określenia ścieżek rozwoju strategicznego technologii polimerowych warstw wierzchnich. Tendencję wzrostową wykazują technologie nanoszenia następujących powłok: gradientowych F_{M5} (100%), z nanonapełniaczami G_{M5} (100%), z pamięcią kształtu H_{M5} (100%), samowykształcalnych I_{M5} (90%) i biokompatybilnych J_{M5} (90%). Znaczenie pozostałych technologii, analizowanych w ramach tego obszaru tematycznego, w ciągu najbliższych 20 lat będzie utrzymywać się na dotychczasowym poziomie, przy czym najłabszą pozycję strategiczną w przyszłości będą miały tradycyjne techniki malarskie i nanoszenie zanurzeniowe A_{M5} (60%).

Symbol pola badawczego: **M**

Symbol obszaru tematycznego: **M5**

Prezentowane podejście: **Procesowe**

Obszar tematyczny: **Technologie polimerowych warstw wierzchnich**

Wykaz technologii krytycznych wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M5:

A_{M5} Tradycyjne techniki malarskie i nanoszenie zanurzeniowe

B_{M5} Natrysk hydrodynamiczny

C_{M5} Malowanie proszkowe

D_{M5} Osadzanie elektroforetyczne

E_{M5} Nanoszenie fluidyzacyjno-elektrostatyczne

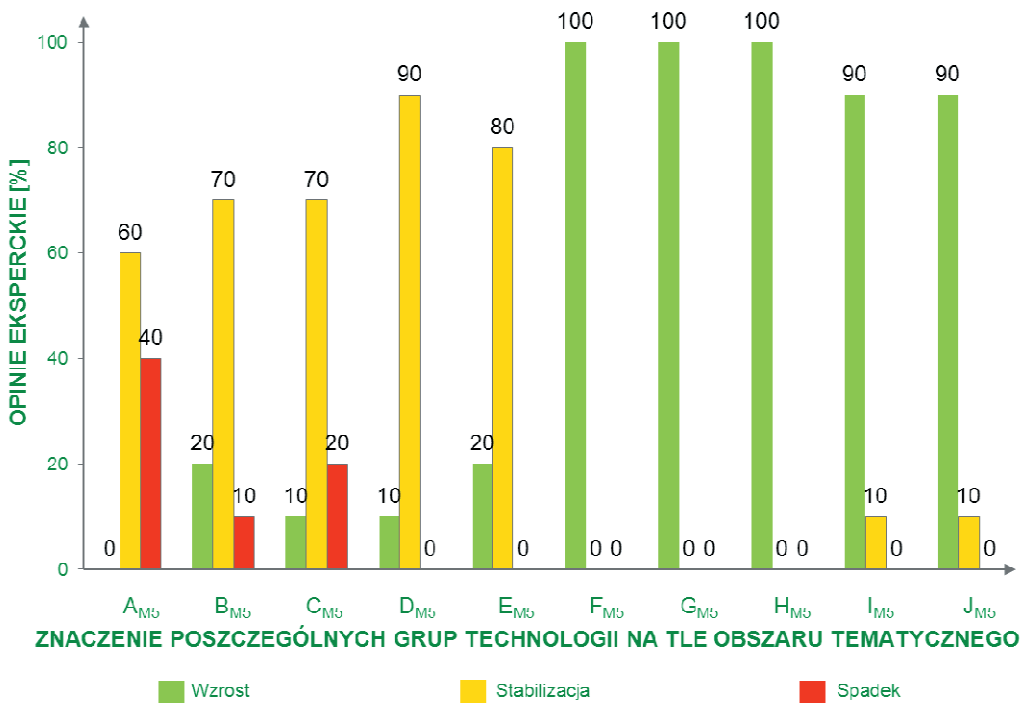
F_{M5} Nanoszenie powłok gradientowych

G_{M5} Nanoszenie powłok z nanonapełniaczami

H_{M5} Nanoszenie powłok z pamięcią kształtu

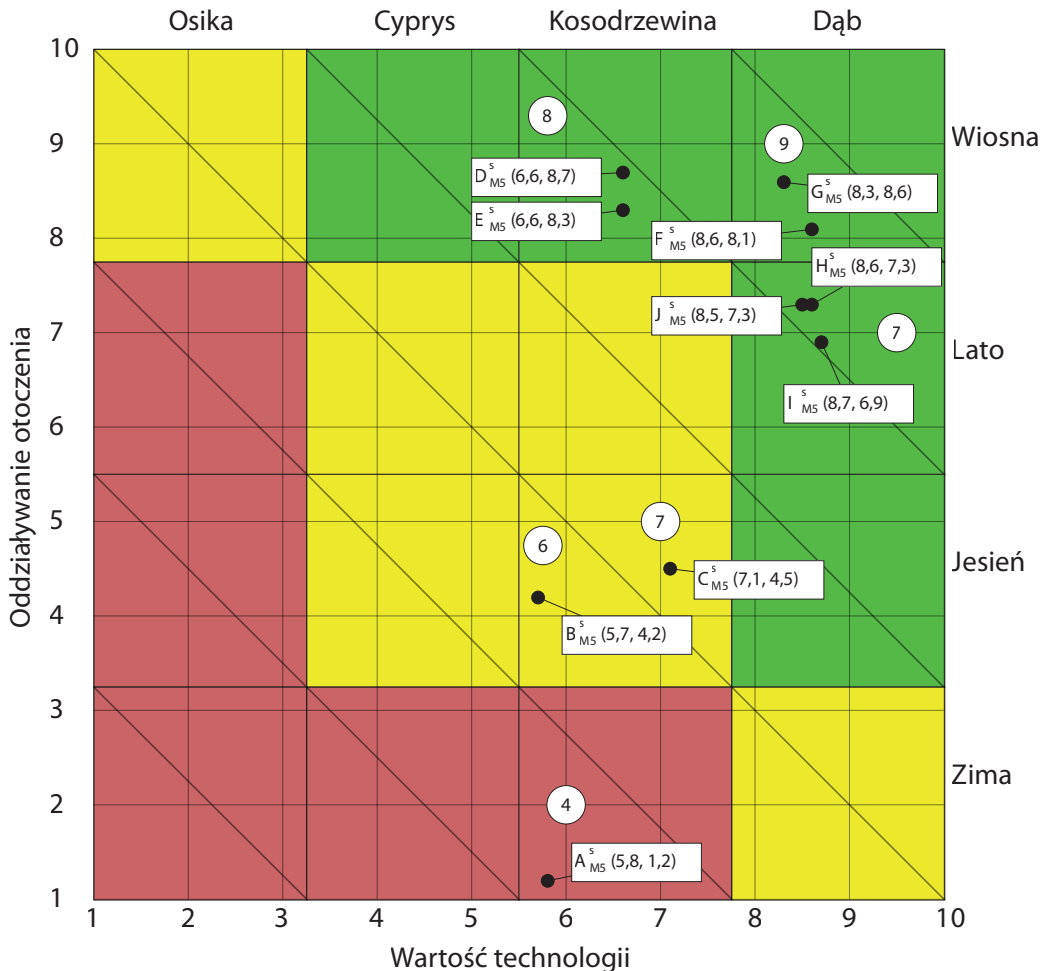
I_{M5} Nanoszenie powłok samowykształcalnych na powierzchni polimerów

J_{M5} Nanoszenie powłok biokompatybilnych



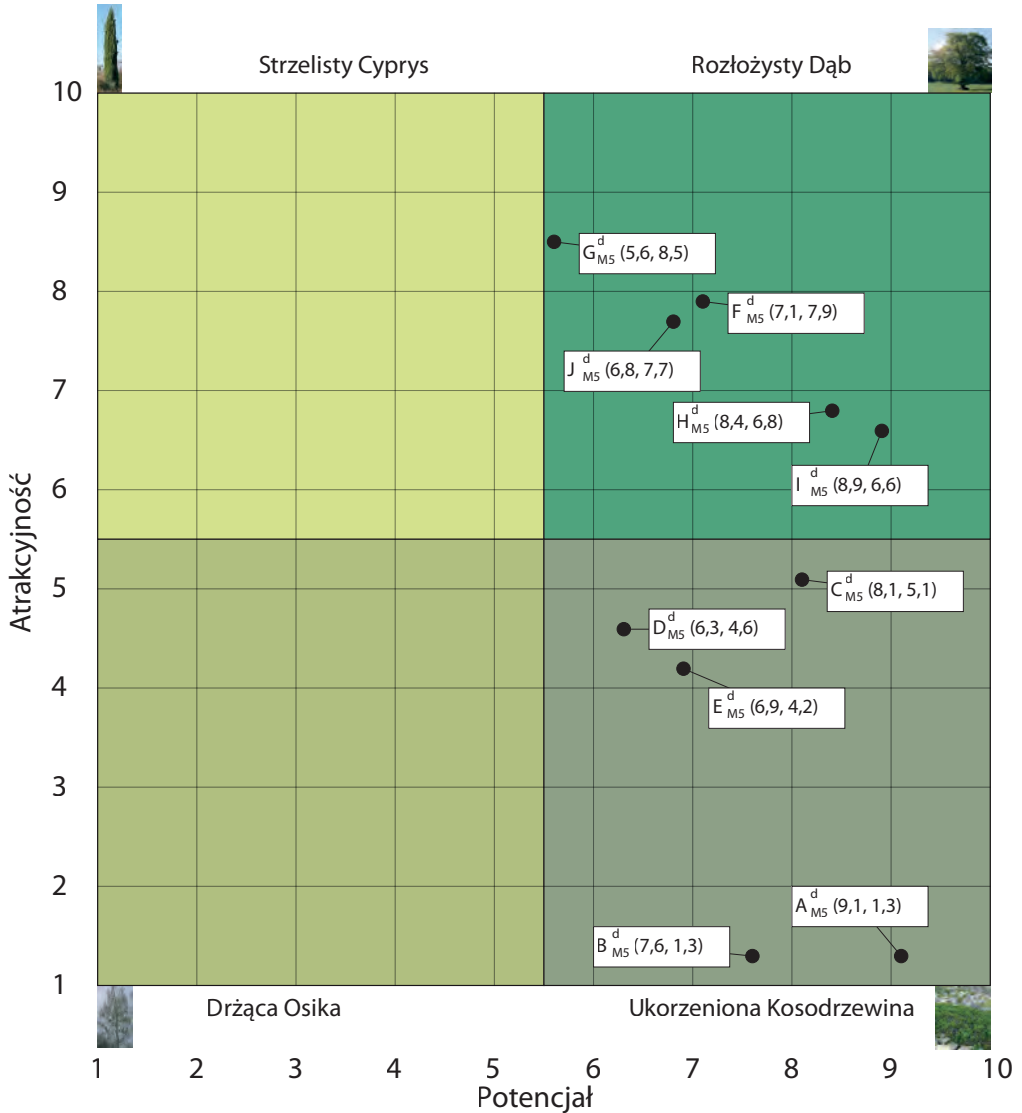
Rysunek 4.100. Prognozowane trendy zmian znaczenia poszczególnych grup technologii krytycznych na tle obszaru tematycznego M5: Technologie polimerowych warstw wierzchnich

MACIERZ M5-S



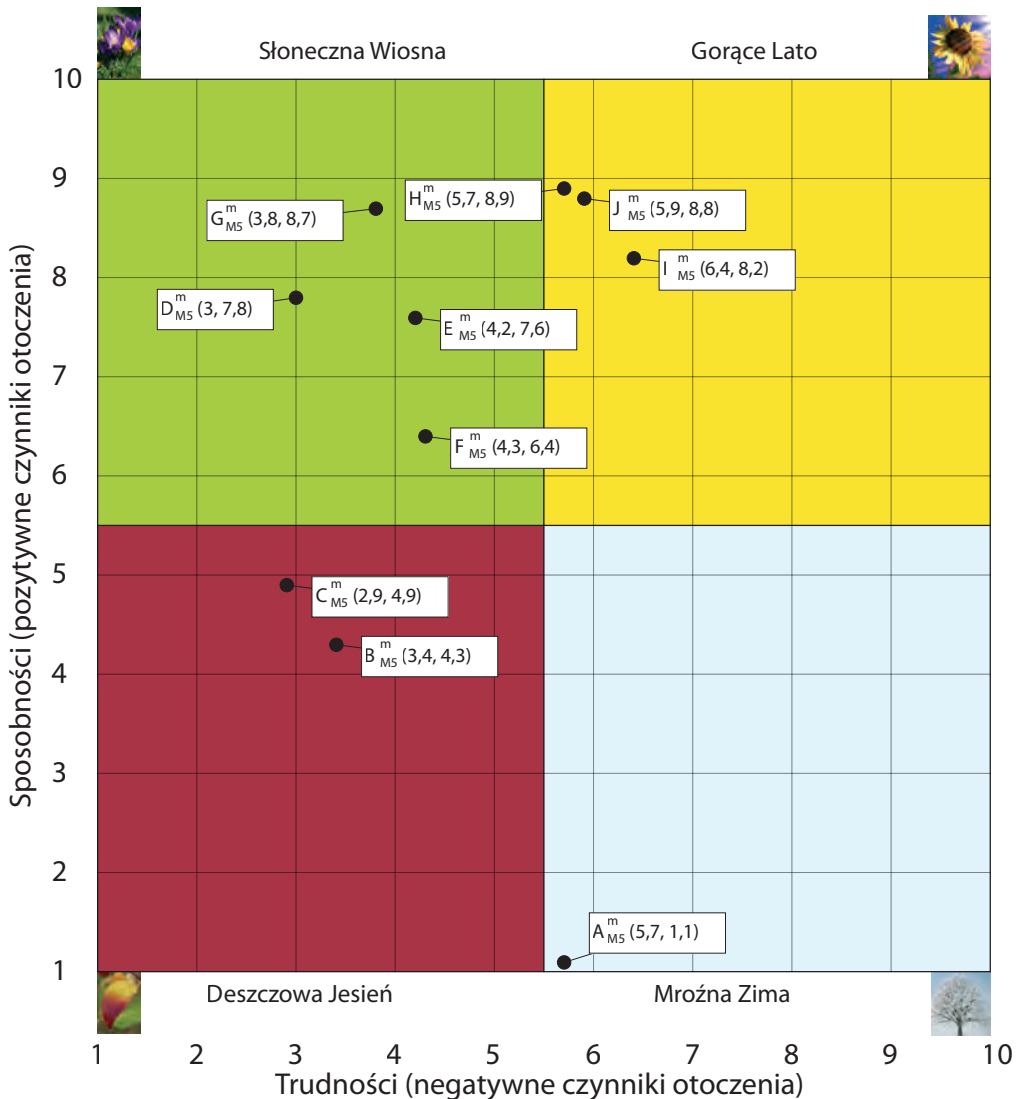
Rysunek 4.101. Macierz strategii dla technologii prezentująca wyrażone ilościowo perspektywy rozwojowe poszczególnych grup technologii krytycznych technologii polimerowych warstw wierzchnich A_{M5} - J_{M5} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M5 i wskazująca strategie rekomendowane do zastosowania w odniesieniu do tych grup technologii

MACIERZ M5-D



Rysunek 4.102. Macierz dendrologiczna prezentująca potencjał i atrakcyjność poszczególnych grup krytycznych technologii polimerowych warstw wierzchnich A_{M5} - J_{M5} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M5

MACIERZ M5-M



Rysunek 4.103. Macierz meteorologiczna prezentująca intensywność oddziaływania pozytywnych i negatywnych czynników otoczenia na grupy krytycznych technologii polimerowych warstw wierzchnich A_{M5}^m - J_{M5}^m wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M5

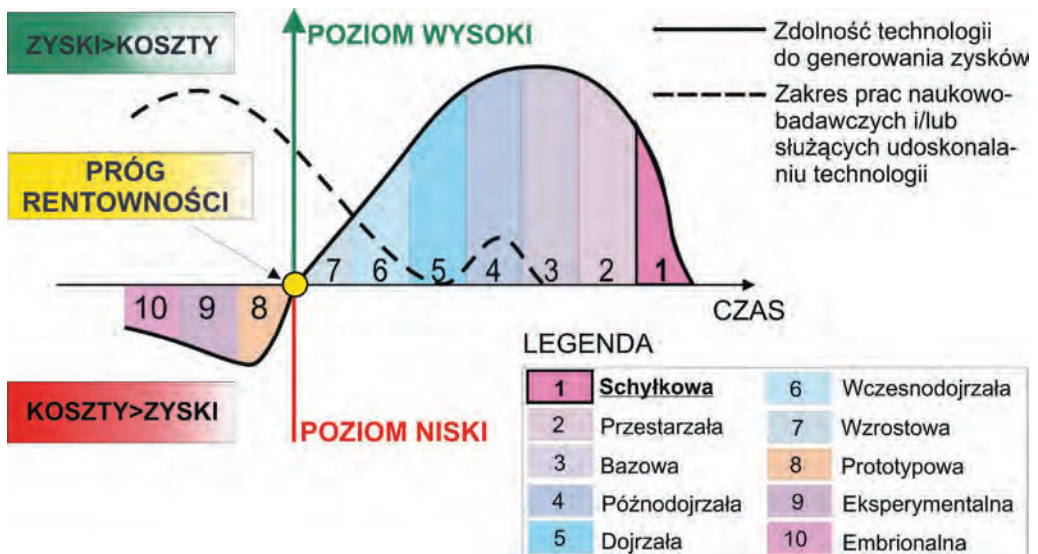
Symbol obszaru tematycznego: **M5**

Symbol grupy technologii: **A_{M5}**

Numer katalogowy: **M5-01**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Tradycyjne techniki malarskie i nanoszenie zanurzeniowe**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Traditional painting techniques and immersion deposition**



Rysunek 4.104. Aktualna faza cyklu życia tradycyjnych technik malarskich i nanoszenia zanurzeniowego

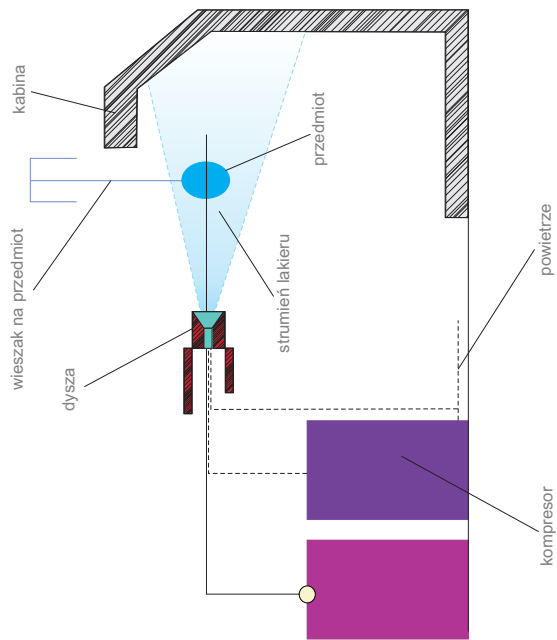


Rysunek 4.105. Perspektywy rozwojowe tradycyjnych technik malarskich i nanoszenia zanurzeniowego

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Tradycyjne techniki malarskie i nanoszenie zanurzeniowe		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie polimerowych warstw wierzchnich		M5-01/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Interywały czasowe		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	
Dlaczego?		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami i Nauki i Przemysłu	
Strategia dla technologii		Mroźna zima		Strategia koszykowej zimą; Opiierać się trudnościom. Opiierać się trudnościom płynącym z obłożenia oddziaływanie otoczenia	
Wartości technologii		Ukorzeniona koszykowina		Starając się równocześnie w miarę możliwości wzmocnić atrakcyjność technologii o dużym potencjale.	
Produkt		Karuserie samochodowe, pokrycia i elementy konstrukcyjne okrętów; elementy konstrukcyjne; części maszyn, urządzeń i narzędzi; meble, aparatura chemiczna i petrochemiczna, metalowe i drewniane artykuły gospodarstwa domowego			
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Niska (3)		Bardzo niska (2)	
Podłoże		Stale; metale; stopy metali; drewno; ceramika		Minimalna (1)	
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		Antykorozyjne, antyzużytkowe i dekoracyjne powłoki (w tym wielowarstwowe) akrylowe, celulozowe, kazeinowe, klejowe, krzemianowe, lateksowe, wapienne, polimerowe dostosowane do podłoża i warunków ekspozycji; powłoki nowo opracowywane i hybrydowe (TIO/polimer)			
Polepszone własności materiału		Odporność na korozję lokalną, wżerową, naprężeniową i równomierną; odporność na erozję, ścieranie i spalling; ochrona przed szkodliwym działaniem warunków atmosferycznych; poprawa estetyki produktu			
Aparatura naukowo-badawcza		Maszyny wytrzymałościowe; aparat Dynisat; młot Charpy'ego; twarłosciomierze ze skalą Shore'a; aparat Schoppera; aparat Grasselli; aparat Tabera; noż do badań przyczepności; grubościomierze, w tym: radioizotopowe i ultradźwiękowe; tester zużycia adhezyjnego			
Technologia		Tradycyjne techniki malarskie i nanoszenie zanurzeniowe			
Faza cyklu życia		Przestarzała (2)		Przestarzała (1)	
Typ produkcji		Jednostkowa; mało-, średnio- i wielkoseryjna		Jednostkowa; wielkoseryjna i masowa	
Forma organizacji produkcji		Niepotokowa w gniazdach i na linii; potokowa asynchroniczna i synchroniczna		Niepotokowa na linii i w gniazdach; potokowa z przymusowym taktiem i automatyzowana	
Nowoczesność parku maszynowego		Niska (3)		Bardzo niska (2)	
Automatyzacja i robotyzacja		Niska (3)		Dość niska (4)	
Jakość i niezawodność		Minimalna (1)		Bardzo niska (2)	
Proekologiczność		Mikro-, małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; PP; J. Sp. SP		Minimalna (1)	
Rodzaj organizacji		Mikro-, małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; PP		Mikro-, małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; PP	
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Motoryzacyjny; budowy maszyn, okrętów; budowlany; narzędziowy; meblarski; chemiczny; petrochemiczny; drzewny; artykułów gospodarstwa domowego			
Kto?		Minimalny (1)		Minimalny (1)	
Ile?		Bardzo niskie (2)		Minimalny (1)	
Wymagania kapitałowe		Niskie (3)		Bardzo niskie (2)	
Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność		Dość niska (8)		Niska (3)	
Wartość produkcji w kraju		Wysoka (8)		Umiarkowana (6)	

LEGENDA: ↔ Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe ↔ Dwuierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Tradycyjne techniki malarskie i nanoszenie zanurzeniowe	Nr katalogowy
Obszar tematyczny	Technologie polimerowych warstw wierzchnich		M5-01/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
Tradycyjne techniki malarskie i nanoszenie zanurzeniowe polegają na tężeniu, płynnej warstwy lakieru na powierzchni wyrobu. Proces ten może zachodzić w trojaki sposób w zależności od użytego lakieru. Lakierzy jednoskładnikowe tężą poprzez odparowanie rozpuszczalnika oraz utlenianie substancji blonotwórczej. Lakier dwuskładnikowy tężą w skutek reakcji chemicznej między dwoma lub więcej składnikami lakieru. Schnięcie przez odparowanie rozpuszczalnika (suszenie fizyczne) – najprostszy rodzaj schnięcia. Proces trwa krócej w wyższej temperaturze. Na podobnej zasadzie działają lakierzy dyspersyjne, z tą różnicą, że następuje odparowanie substancji rozpraszającej, zwykłe wody, a cząstki rozpraszane łączą się w powłokę. W przypadku lakierów jednoskładnikowych, pod wpływem rozpuszczalnika lakier ponownie rozpuszcza się. Proces łączenia powłoki z podłożem zachodzi za pomocą dwóch zjawisk: adhezji mechanicznej lub adhezji właściwej. Pierwszy proces przebiega przy aplikacji powłoki na szorstką powierzchnię wyrobu.			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
X jednobarstwowa	wielofazowa	amorficzna	
X wielowarstwowa	gradientowa	nanokryształczna	Dość wysoki (7)
	multibarstwowa (>100 warstw)	X kompozytowa	Dość wysoki (7)
	przemiany fazowe powierzchni podłoża	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	Sredni (5)
		procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Sredni (5)
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
X mechaniczne	magnetyczne	X optyczne	Dość niski (4)
X chemiczne	dyfuzyjne	termiczne	Dość niski (4)
	hydromechaniczne	akustyczne	Niski (3)
		inne	
Zalety			
Różne obszary zastosowań metody w zależności od użytych lakierów; prostota technologii, a zarazem możliwość automatyzacji czynności podstawowych; nisko budżetowa metoda aplikacji powłok.	Wady		
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań			
Szerokie spektrum zastosowań różnych powłok (w tym nowo opracowywanych i hybrydowych - TiO ₂ /polimer) dostosowanych do podłoża i war. eksploatacji w przemyśle motoryzacyjnym, maszynowym, okrętowym, meblarskim, petrochemii i budownictwie. Najlepsze perspektywy: natrysk pneumatyczny i hydrodynamiczny.			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Najbardziej konkurencyjną metodą stosowaną w przemyśle jest malowanie proszkowe. Wśród metod alternatywnych można wymienić natrysk hydrodynamiczny czy nanoszenie fluidyzacyjne.			
Rekomendowane źródła literatury			
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		Umiarowany (6)
2	Z. Zinowicz, Powłoki organiczne w technice antykorozyjnej, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2003.		Umiarowany (6)
3	J. Barcik, M. Kupka, A. Wala, Technologia metali, Tom 2. System i techniki wytwarzania, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, 2000.		Umiarowany (6)
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			
Niższy koszt wytwarzania			
Energoszczędność			
Odporność na korozję			
Niezwilzalność			
Podatność na łączenie			
Możliwość poddania recyklingowi			
Odporność na promieniowanie			
Porowatość			
Dość niski (4)			
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia			
Korozja lokalna i wżerowa			
Korozja równomierna			
Erozja			
Korozja selektywna			
Korozja międzykryształczna			
Zużycie ściernie			
Korozja naprężeniowa i zmęczenia			
Starzenie polimerowych warstw wierzchnich			
Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			
C.25			
C.30			
C.31			
F.41			
C.15			
C.16			
C.22			
C.26			
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego, w odniesieniu do technologii			
Modelowanie wieloskalowe			
Systemy ekspertowe			
Dynamika molekularna			
Modelowanie matematyczne			
Metody Monte Carlo			
Aktualna faza cyklu życia technologii			
Perspektywy rozwoju			
Umiarowany (6)			
Umiarowany (6)			
Sredni (5)			
Dość niski (4)			
Szybkowa (1)			
Dość niskie (4)			

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Tradycyjne techniki malarskie i nanoszenie zanurzeniowe Technologie polimerowych warstw wierzchnich	Nr katalogowy M5-01/2010-12
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>W przemyśle stosowane są systemy lakiernicze, często nazywane systemami powłokowymi. System taki składa się z kilku odmiennych powłok lakierów organicznych. Każda ze składowych warstw ma inne zadania i odmiennie są własności stosowanych lakierów. Najczęściej spotyka się systemy trójwarstwowe o układzie: warstwa podkładowa, międzywarstwa, warstwa powierzchniowa. W pierwszym etapie procesu następuje oczyszczenie powierzchni zazwyczaj mechaniczno-chemiczne lub zjonizowanym powietrzem. W następnym kroku następuje aplikacja warstwy podkładowej. Warstwa ta musi wyschnąć dlatego w instalacjach przemysłowych wyrób umieszcza się w piecu, a następnie chłodzi. Warstwy lakieru bazowego (tzw. międzywarstwy) nakłada się, a następnie suszy w temperaturze otoczenia przed nałożeniem kolejnej warstwy bazowej. Po nałożeniu wszystkich warstw lakieru bazowego, ponownie suszy się przedmiot w piecu. Po ochłodzeniu do temperatury otoczenia może być aplikowana warstwa powierzchniowa – zazwyczaj z bezbarwnego lakieru. Proces kończą operacje suszenia w temperaturze otoczenia, potem w piecu i kolejno ochładzanie do temperatury otoczenia. Synergia wszystkich warstw obecnych w systemie zapewnia odporność na efekty starzenia i korozji materiału bazowego. Gdy konieczna jest ochrona przed niszczącym wpływem środowiska pracy, stosowane lakiery są napełniane różnymi dodatkami.</p>			
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do
Temperatura	°C	20	24
Ciśnienie	Pa	1,5·10 ⁵	4·10 ⁵
Warunki prądowo-napięciowe	V Hz	230 50	380 60
Czas	zależny od materiału powłokowego		
Środowisko/atmosfera	proces przebiega w środowisku o ograniczonej wilgotności		
Specyficzne warunki realizacji procesu	zazwyczaj lakierowanie wymaga szczelnych kabln		
Metod(a)/y wstępnego przygotowania materiału podłoża	Procesy malarskie zazwyczaj poprzedzone są chemicznym bądź/i mechanicznym czyszczeniem powierzchni. W przypadku niekompatybilnego z lakierem podłoża wprowadza się dodatkową warstwę umożliwiającą połączenie adhezyjne, tzw. primer.		
Typ/rodzaj urządzenia	W przypadku metod zanurzeniowych: wanny na środki powłokotwórcze, urządzenia zanużające wyrób. Przy natrysku pneumatycznym: tzw. pistolety lakiernicze i kompresory.		
Specyficzne oprzyrządowanie	Walki malarskie, pędzle itp.		
			
Schemat procesu nanoszenia lakieru z użyciem tradycyjnych technik malarskich			

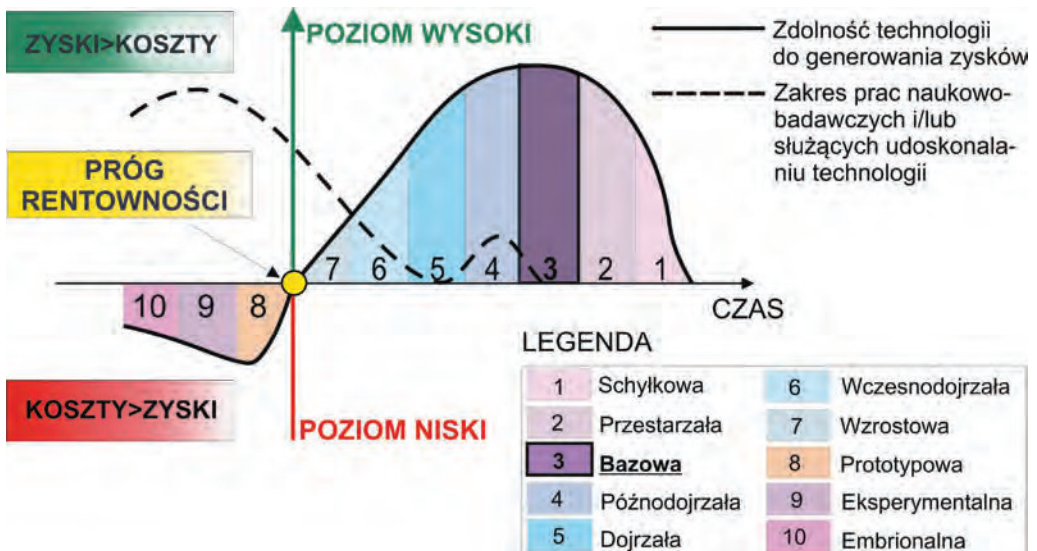
Symbol obszaru tematycznego: **M5**

Symbol grupy technologii: **B_{M5}**

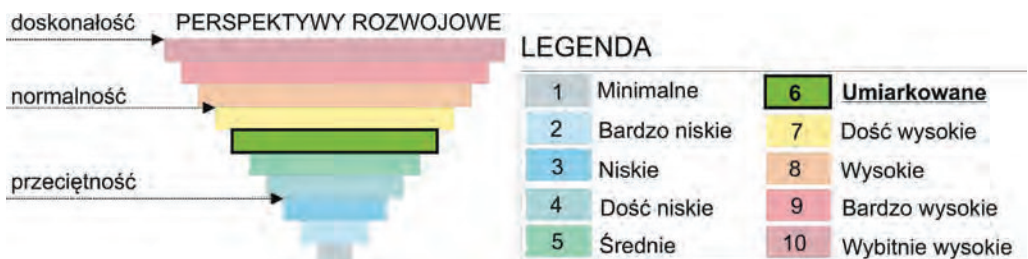
Numer katalogowy: **M5-02**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Natrysk hydrodynamiczny**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Hydrodynamic spray**



Rysunek 4.106. Aktualna faza cyklu życia natrysku hydrodynamicznego

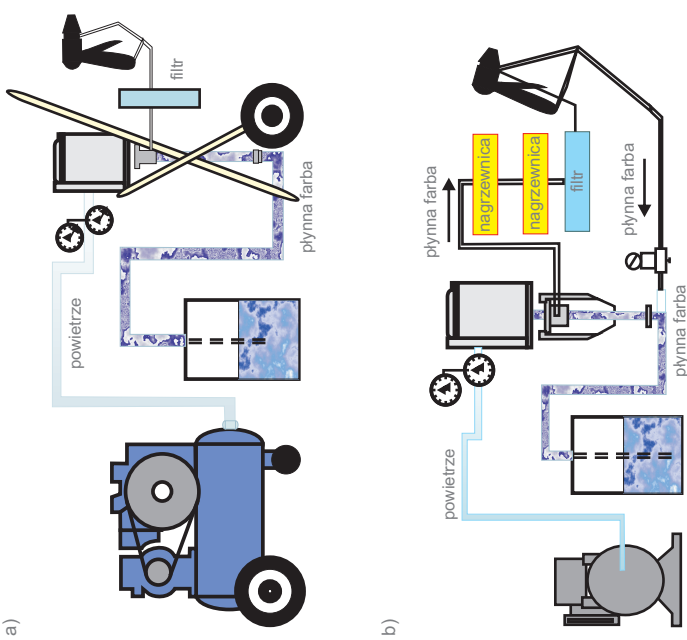


Rysunek 4.107. Perspektywy rozwojowe natrysku hydrodynamicznego

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Natrysk hydrodynamiczny		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie polimerowych warstw wierzchnich		M5-02/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Interywały czasowe		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii		Zrównoważony rozwój	
Dlaczego?		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	
Strategia dla technologii		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami i Nauki i Przemysłu	
Oddziaływanie otoczenia		Strategia koszykowa		Wykorzystanie sposobności i unikanie trudności	
Wartości technologii		Słoneczna wiślna		Wykorzystanie sposobności i unikanie trudności	
Produkt		Ukorzeniona koszykowa		Wykorzystanie sposobności i unikanie trudności	
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Karuserie samochodowe, pokrycia i elementy konstrukcyjne okrętów; elementy konstrukcyjne okrętów; w tym budowlane; części maszyn, urządzenia i narzędzi; zbiorniki; systemy, wymienniki ciepła; labor kolejowy		Wykorzystanie sposobności i unikanie trudności	
Podłoże		Średnia (5)		Dość niska (4)	
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		Stale; metale; drewno; ceramika; szkło; tynk; beton; materiały konstrukcyjne metalowe i niemetalowe		Dość niska (4)	
Polepszone własności materiału		Antykorozyjne, antyzużytkowe i dekoracyjne powłoki (w tym wielowarstwowe) akrylowe, celulozowe, kazeinowe, klejowe, krzemianowe, lateksowe, wapienne, polimerowe dostosowane do podłoża i warunków ekspozycji		Dość niska (4)	
Aparatura naukowo-badawcza		Odporność na korozję; odporność na erozję; zużycie ścierne i ciepłe, spalling, promieniowanie, ochrona przed szkodliwym działaniem warunków atmosferycznych; poprawa estetyki produktu		Dość niska (4)	
Technologia		Spektrometr odbiwoy; chromatograf; maszyny wytrzymałościowe; aparat Dynsiat; młot Charpy'ego; twarłosciomierze ze skalą Shore'a; aparat Schoppera; aparat Grasselli; aparat Tabera; nóż do badań przyczepności; grubościomierze, w tym: radioizotopowe i ultradźwiękowe; tester zużycia adhezyjnego		Dość niska (4)	
Faza cyklu życia		Natrysk hydrodynamiczny		Dość niska (4)	
Typ produkcji		Bazowa (3)		Bazowa (3)	
Forma organizacji produkcji		Wielko- i średnioseryjna		Wielko-, średnio- i małoseryjna	
Nowoczesność parku maszynowego		Półkłowa synchroniczna i zautomatyzowana; niepotokowa w gniazdach		Półkłowa zautomatyzowana, synchroniczna i asynchro.; niepotokowa na linii i w gniazdach	
Automatyzacja i robotyzacja		Średnia (5)		Dość niska (4)	
Jakość i niezawodność		Umiarowana (6)		Średnia (5)	
Proekologiczność		Umiarowana (6)		Dość niska (4)	
Rodzaj organizacji		Dość niska (4)		Niska (3)	
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Mikro-, małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; PP; J. Sp. SP		Dość niska (4)	
Poziom edukacji personelu		Motoryzacyjny; budowy maszyn, okrętów; budowlany; narzędziowy; drzewny; transportowy; ciepłowniczy		Mikro-, małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; PP	
Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej		Niski (3)		Niski (3)	
Wymagania kapitałowe		Niskie (3)		Bardzo niskie (2)	
Wartość produkcji w firmie		Dość niskie (4)		Dość niskie (4)	
Wartość opłacalność		Umiarowana (6)		Średnia (5)	
Wartość produkcji w kraju		Wysoka (8)		Umiarowana (6)	

LEGENDA: ↔ Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe ↔ Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Natrysk hydrodynamiczny	Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego		Obszar tematyczny	Technologie polimerowych warstw wierzchnich	M5-02/2010-12
<p>W procesie natrysku hydrodynamicznego farba jest sprężana do bardzo wysokiego ciśnienia przy pomocy pompy, na przykład membranowej. Pompa membranowa zasysa materiał natryskowy i podaje go pod ciśnieniem do dyszy zamontowanej w pistolicie. Przy wysokim ciśnieniu następuje rozpylenie materiału i możliwość jego natrysku na malowany detal. Tak wysokie ciśnienie pozwala na bardzo duże rozdrobnienie cząstek farby. Strumień farby pędzący z dużą prędkością z dyszy, rozbija się w kontakcie z powietrzem na bardzo małe cząstki i pokrywa równomiernie przedmiot. Korzyści jakie przynosi ta metoda to dobre rozpylenie, znaczne zmniejszenie rozproszenia materiału w czasie natrysku i bardzo dobra jakość powłok: duża gładkość i brak efektu pęcherzenia. Kolejne zalety to duża szybkość pracy oraz prosta i wygodna obsługa. W tym systemie rozpylanie odbywa się bez udziału powietrza (ang. airless – wolny od powietrza).</p>		<p>Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału Nizszy koszt wytwarzania Energooszczędność Odporność na korozję Odporność na promieniowanie Podatność na łączenie Odporność na ścieranie Możliwość poddania recyklingowi Twardość</p>		<p>Poziom Dość wysoki (7) Umiarkowany (6) Średni (5) Średni (5) Średni (5) Dość niski (4) Dość niski (4) Dość niski (4)</p>
<p>Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża</p>		<p>Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia</p>		<p>Poziom</p>
<p>X jednowarstwowa wielofazowa</p>		<p>amorficzna</p>		
<p>wielowarstwowa gradientowa</p>		<p>nanokryształczna</p>		<p>Dość wysoki (7)</p>
<p>multiwarstwowa (>100 warstw) X kompozytowa</p>		<p>hybrydowa</p>		<p>Dość wysoki (7)</p>
<p>przemiany fazowe powierzchni podłoża</p>		<p>zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża</p>		<p>Średni (5)</p>
<p>Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów</p>		<p>powierzchni podłoża</p>		<p>Średni (5)</p>
<p>mechaniczne</p>		<p>X optyczne X trybologiczne</p>		<p>Średni (5/4)</p>
<p>chemiczne</p>		<p>termiczne X antykorozyjne</p>		<p>Dość niski (4)</p>
<p>elektryczne</p>		<p>akustyczne inne</p>		<p>Dość niski (4)</p>
<p>Zalety</p>		<p>Wady</p>		<p>Poziom</p>
<p>Wysoka wydajność; oszczędność materiału malarskiego; znacznie większa grubość powłoki w porównaniu z natryskiem pneumatycznym oraz mniejsze zapływanie i stężenie par rozpuszczalników.</p>		<p>Wysokie koszty urządzenia; konieczność opanowania tej techniki; malowania i praca z wysokimi ciśnieniami, wymagająca wykwalifikowanej załogi.</p>		<p>Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii</p>
<p>Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań</p>		<p>Nanoszenie emalii, lakierów, emulsji, bejc, farb akrylowych na elementy konstrukcyjne, elementy maszyn i urządzeń, blachy samochodowe, zbiorniki, systemy, wymienniki ciepła. Szerokie perspektywy: natrysk hydrodynamiczny w osłonie powietrza (zalety połączonej metody hydrodynamicznej i pneumatycznej).</p>		<p>C25 C29 C30 C31 F42 C26 F41 C32</p>
<p>Technologie zastępcze/alternatywne</p>		<p>Najbardziej konkurencyjną metodą stosowaną w przemyśle jest malowanie proszkowe. Wśród metod alternatywnych można wymienić natrysk pneumatyczny czy napylanie płomieniowe.</p>		<p>Bardzo wysoki (8) Wysoki (8) Wysoki (8) Dość wysoki (7) Umiarkowany (6) Umiarkowany (6) Umiarkowany (6) Średni (5)</p>
<p>Rekomendowane źródła literatury</p>		<p>Aplicacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii</p>		<p>Poziom</p>
<p>1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.</p>		<p>Modelowanie wieloskalowe</p>		<p>Dość wysoki (7)</p>
<p>2 S. Tkaczyk (red.), Powłoki ochronne, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1997.</p>		<p>Systemy ekspertowe</p>		<p>Umiarkowany (6)</p>
<p>3 R.H. Fernando, L.-L. Xing, J.E. Glass, Rheology parameters controlling spray atomization and roll misting behavior of waterborne coatings, Progress in Organic Coatings 40 (2000) 35-38.</p>		<p>Dynamika molekularna</p>		<p>Umiarkowany (6)</p>
		<p>Metody Monte Carlo</p>		<p>Średni (5)</p>
		<p>Automaty komórkowe</p>		<p>Dość niski (4)</p>
		<p>Aktualna faza cyklu życia technologii</p>		<p>Bazowa (3)</p>
		<p>Perspektywy rozwoju</p>		<p>Umiarkowane (6)</p>

<p>KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII</p>	<p>Nazwa technologii Obszar tematyczny</p>	<p>Natrysk hydrodynamiczny Technologie polimerowych warstw wierzchnich</p>	<p>Nr katalogowy M5-02/2010-12</p>																												
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>W procesie nanoszenia powłok natryskiem hydrodynamicznym wyróżnia się kilka etapów. Pierwszym jest przygotowanie powierzchni poprzez jej odtłuszczenie i usunięcie cząstek niezwiązanych z podłożem. W kolejnym etapie dochodzi do właściwego natrysku hydrodynamicznego. W ostatnich czasach najpopularniejsze są lekkie, przenośne agregaty natryskowe wysokociśnieniowe napędzane silnikiem elektrycznym. Napęd przenoszony jest na wałek napędowy przy pomocy kół i paska zębatego. Wałek napędowy porusza tłok pompy farby. Przy posuwisto-zwrotnych ruchach tłoka otwierają lub zamykają się zawory: ssący i wylotowy umożliwiając pompowanie farby. Materiał natryskowy uzyskuje w wężu wysokociśnieniowym odpowiednio duże ciśnienie i jest wystryskiwany przez dyszę pistoletu na malowany obiekt. Regulatorem ciśnienia można sterować ilością farby oraz ciśnieniem natrysku w dyszy pistoletu. Tak wysokie ciśnienie pozwala na bardzo duże rozdrobnienie cząstek farby. Strumień farby pędzący z dużą prędkością z dyszy, rozбивa się w kontakcie z powietrzem na bardzo małe cząstki i pokrywa równomiernie przedmiot. W kolejnym etapie następuje odprowadzenie rozpuszczalnika i teżenie powłoki. Ze względu na zwiększoną gęstość używanych w tym procesie lakierów, a zarazem mniejszą ilość stosowanych rozpuszczalników, czas do użytkowania jest w porównaniu z tradycyjnym natryskiem krótki.</p>																															
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1" data-bbox="630 282 856 846"> <tr> <td>Standardowy zakres parametru procesu</td> <td>jednostka</td> <td>od</td> <td>do</td> </tr> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>20</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>$6 \cdot 10^6$</td> <td>$3,5 \cdot 10^7$</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>V Hz</td> <td>230 50</td> <td>400 60</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td></td> <td colspan="2">zależny od malowanej powierzchni</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td></td> <td colspan="2">proces przebiega środowisku o ograniczonej wilgotności</td> </tr> <tr> <td>Specyficzne warunki realizacji procesu</td> <td></td> <td colspan="2">zazwyczaj lakierowanie wymaga szczelnych кабин</td> </tr> </table> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża Procesy malarskie natryskowe zazwyczaj poprzedzone są chemicznym bądź/i mechanicznym czyszczeniem powierzchni.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia Specjalistyczny agregat z wbudowaną pompą wysokociśnieniową i aplikatorem przystosowanym do wysokiego ciśnienia lakieru.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie Dysze; aplikatory; agregaty.</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	20	24	Ciśnienie	Pa	$6 \cdot 10^6$	$3,5 \cdot 10^7$	Warunki prądowo-napięciowe	V Hz	230 50	400 60	Czas		zależny od malowanej powierzchni		Środowisko/atmosfera		proces przebiega środowisku o ograniczonej wilgotności		Specyficzne warunki realizacji procesu		zazwyczaj lakierowanie wymaga szczelnych кабин	
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																												
Temperatura	°C	20	24																												
Ciśnienie	Pa	$6 \cdot 10^6$	$3,5 \cdot 10^7$																												
Warunki prądowo-napięciowe	V Hz	230 50	400 60																												
Czas		zależny od malowanej powierzchni																													
Środowisko/atmosfera		proces przebiega środowisku o ograniczonej wilgotności																													
Specyficzne warunki realizacji procesu		zazwyczaj lakierowanie wymaga szczelnych кабин																													
 <p>a) b)</p>																															
<p>Schemat układów służących nanoszeniu powłok natryskiem hydrodynamicznym: atomizacja hydrauliczna (a), atomizacja z ogrzewaniem (b)</p>																															

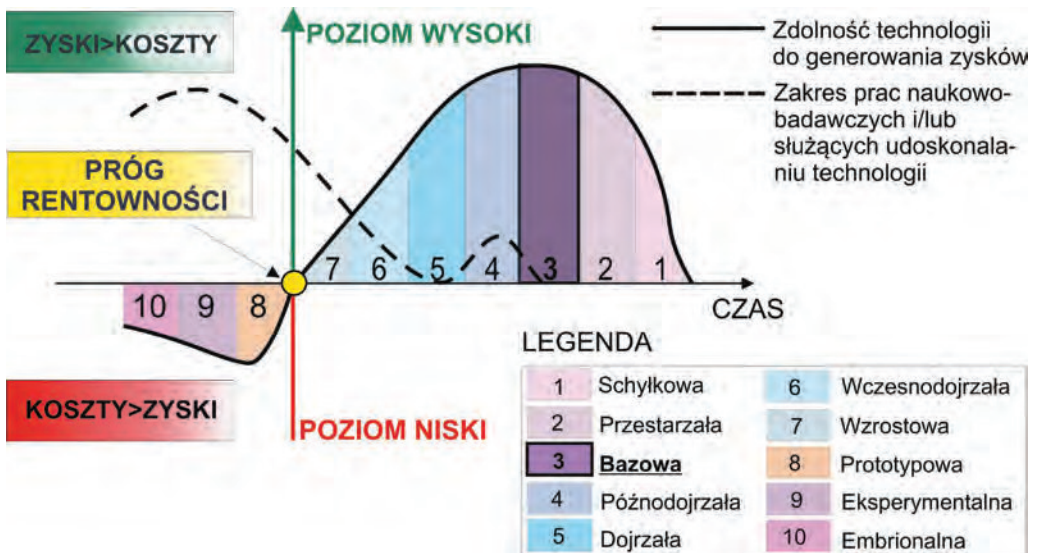
Symbol obszaru tematycznego: **M5**

Symbol grupy technologii: **C_{M5}**

Numer katalogowy: **M5-03**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Malowanie proszkowe**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Powder painting**



Rysunek 4.108. Aktualna faza cyklu życia malowania proszkowego



Rysunek 4.109. Perspektywy rozwojowe malowania proszkowego

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Malowanie proszkowe		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie polimerowych warstw wierzchnich		M5-03/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2020	
Dlaczego?		DZIŚ 2010-12		2030	
Interywały czasowe					
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Zrównoważony rozwój	
		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji	
Strategia dla technologii		Strategia koszykowa	Strategia koszykowa	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	
Oddziaływanie otoczenia		Słoneczna wiolna	Słoneczna wiolna	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	
Wartości technologii		Ukorzeniona koszykowa	Ukorzeniona koszykowa	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	
Produkt		Karoserie samochodowe; elementy konstrukcyjne, w tym budowlane; części maszyn, urządzeń i narzędzi; armatura sanitarna; kaloryfery; ogrodzenia; aparatura chemiczna; obudowy metalowe i ze stopów metali	Karoserie samochodowe; elementy konstrukcyjne, w tym budowlane; części maszyn, urządzeń i narzędzi; armatura sanitarna; kaloryfery; ogrodzenia; aparatura chemiczna; obudowy metalowe i ze stopów metali	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Średnia (5)	Średnia (5)	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Podłoże		Stale; metale; stopy metali; stalowe; ceramika; podłoże modyfikowane adhezyjnie	Stale; metale; stopy metali; stalowe; ceramika; podłoże modyfikowane adhezyjnie	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		Ochronne i dekoracyjne powłoki termoutwardzalne, w tym: epoksydowe, poliestrowe, poliuretanowe i silikonowe	Ochronne i dekoracyjne powłoki termoutwardzalne, w tym: epoksydowe, poliestrowe, poliuretanowe i silikonowe	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Polepszone własności materiału		Oporność na korozję; odporność na erozję; zużycie ścierne, spalling; ochrona przed szkodliwym działaniem warunków atmosferycznych; poprawa estetyki produktu	Oporność na korozję; odporność na erozję; zużycie ścierne, spalling; ochrona przed szkodliwym działaniem warunków atmosferycznych; poprawa estetyki produktu	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Aparatura naukowo-badawcza		Spektrometr odbiowy; maszyny wyrzynalocowe; aparat Dynstat; miot Charpy'ego; twardościomierze ze skalą Shore'a; aparat Schoppera; aparat Grasselli; aparat Tabera; nóż do badań przyryceni: grubościomierze, w tym: radioizotopowe i ultradźwiękowe; tester zużycia adhezyjnego	Spektrometr odbiowy; maszyny wyrzynalocowe; aparat Dynstat; miot Charpy'ego; twardościomierze ze skalą Shore'a; aparat Schoppera; aparat Grasselli; aparat Tabera; nóż do badań przyryceni: grubościomierze, w tym: radioizotopowe i ultradźwiękowe; tester zużycia adhezyjnego	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Technologia		Malowanie proszkowe	Malowanie proszkowe	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Faza cyklu życia		Bazowa (3)	Bazowa (3)	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Typ produkcji		Mało- i wielkoseryjna	Wielko- i małoseryjna	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Forma organizacji produkcji		Polokowa synchronizacja, z przym. taktem i zautomatyzowaną; niepotokowa na linii i w gniazdach	Polokowa synchronizacja, z przym. taktem i zautomatyzowaną; niepotokowa na linii i w gniazdach	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Nowoczesność parku maszynowego		Dość niska (4)	Dość niska (4)	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Automatyzacja i robotyzacja		Umiarowana (6)	Umiarowana (6)	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Jakość i niezawodność		Umiarowana (6)	Średnia (5)	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Proekologiczność		Dość niska (4)	Dość niska (4)	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Rodzaj organizacji		Mikro-, małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; PP; J. Sp. SP	Mikro-, małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; PP	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Motoryzacyjny; budowy maszyn, budowlany; narzędziowy; drzewny; transportowy; ciepłowniczy	Motoryzacyjny; budowy maszyn, budowlany; narzędziowy; drzewny; transportowy; ciepłowniczy	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Poziom edukacji personelu		Niski (3)	Niski (3)	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej		Niskie (3)	Niskie (3)	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Wymagania kapitałowe		Dość niskie (4)	Dość niskie (4)	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność		Dość wysoka (7)	Średnia (5)	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Wartość produkcji w kraju		Bardzo wysoka (9)	Wysoka (8)	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	

LEGENDA: ---> Związki przyczynowo-skutkowe ---> Powiązania kapitałowe ---> Korelacje czasowe ---> Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Malowanie proszkowe		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie polimerowych warstw wierzchnich				M5-03/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego						Poziom
Malowanie proszkowe jest to proces polegający na nakładaniu naelektryzowanych cząstek farby proszkowej na powierzchnię przewodzącą prąd elektryczny, np. metalu. Elektryzowanie ziaren proszku zachodzi pod wpływem łączonego oddziaływania kilku różnych procesów, takich jak: kontakt ziaren z materiałem głowicy aplikatora i otaczającego powietrza, na skutek przewodzenia elektrycznego, na skutek polaryzacji ziaren oraz przez adsorpcję jonów, drogą dyfuzji i bombardowania jonami. Osadzona warstwa proszku utrzymuje się na powierzchni malowanego detalu dzięki sile elektrostatycznej. Napylona warstwa proszku zatrzymuje częściowo uzyskany ładunek elektryczny, nawet po zlikwidowaniu pola elektrostatycznego, dzięki czemu może utrzymywać się na przedmiocie nawet przez kilka godzin. Następnie pomalowane elementy są nagrywane, w rezultacie czego farba proszkowa ulega stopieniu i polimeryzacji. Uzyskana powłoka lakierowa jest odporna na korozję, chemikalia, wysoką temperaturę i uszkodzenia mechaniczne.						Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża						Niższy koszt wytwarzania
X jednobarstwowa	wielofazowa			amorficzna		Odporność na korozję
X wielobarstwowa	gradientowa			nanokrystaliczna		Odporność na erozję
X multiwarstwowa (>100 warstw)	X kompozytowa			hybrydowa		Energooszczędność
X przemiany fazowe powierzchni podłoża	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża			procesy fizyczne na powierzchni podłoża		Odporność na ścieranie
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów						Odporność na promieniowanie
X mechaniczne	X magnetyczne	X optyczne	X trybologiczne			Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury
X chemiczne	dyfuzyjne	termiczne	X antykorozyjne			Odporność na promieniowanie
X elektryczne	hydromechaniczne	akustyczne	inne			Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia
Zalety		Wady				Poziom
Brak emisji rozpuszczalników i rozcieńczalników do środowiska; możliwość odzysku nieosadzonego proszku; otrzymywane powłoki znakomicie maskują niedokładności obróbki mechanicznej podłoża.		Duże zapalenie; ograniczenia co do wielkości przedmiotu wynikające głównie z wielkości pieca; możliwość zastosowania tylko do przedmiotów przewodzących prąd elektryczny.				Wysoki (8)
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań						Wysoki (8)
Nanoszenie na szeroką skalę przemysłową farb epoksydowych, poliestrowych, epoksydowo-poliestrowych, poliuretanowych i silikonowych w celach ochronnych i dekoracyjnych. Kluczowe techniki malowania proszkowego to natrysk elektrostatyczny (metoda napięciowa) i elektrokinetyczny (metoda tryboelektryzacji).						Dość wysoki (7)
Technologie zastępcze/alternatywne						Umiarkowany (6)
Najbardziej konkurencyjną metodą są tradycyjne techniki malarskie w szczególności metody natryskowe. Wśród metod alternatywnych można wymienić natrysk hydrodynamiczny czy napylanie płomieniowe.						Umiarkowany (6)
Rekomendowane źródła literatury						Sredni (5)
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.						Sredni (5)
2 P. Woźniak, W. Chodkowski, Nakładanie powłok ochronnych, Materiały Budowlane 8 (1999) 86-88.						Sredni (5)
3 C.A. Harper, Handbook of Plastics, Elastomers and Composites, McGraw-Hill, New York, 1992.						Poziom
						Dość wysoki (7)
						Umiarkowany (6)
						Umiarkowany (6)
						Sredni (5)
						Dość wysokie (7)

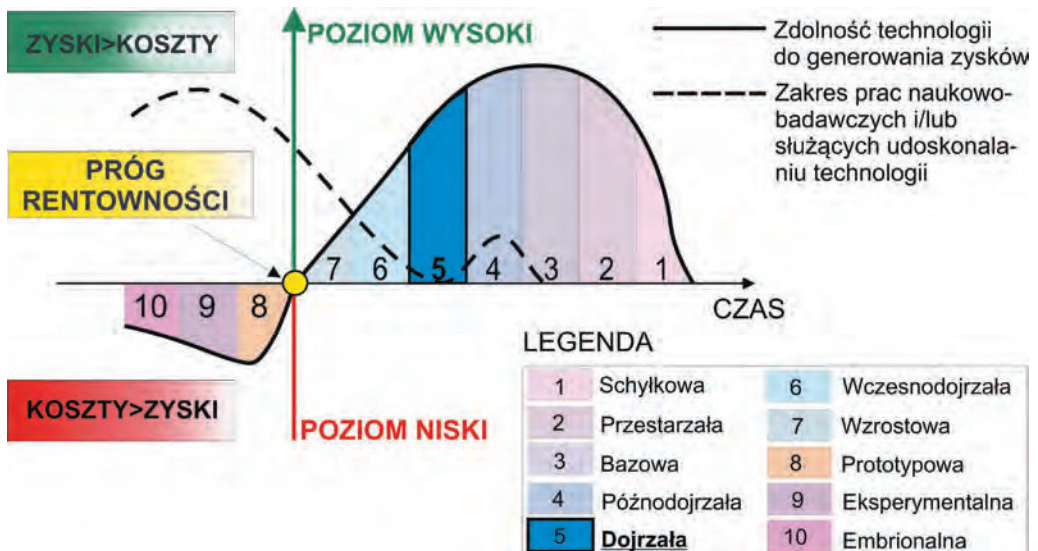
KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Obszar tematyczny	Malowanie proszkowe Technologie polimerowych warstw wierzchnich	Nr katalogowy																				
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>W procesie otrzymania powłoki w procesie malowania proszkowego (zwanego także napyłaniem elektrostatycznym) można wyodrębnić główne etapy: przygotowanie przedmiotu do nałożenia powłoki, ładowanie elektryczne proszku tworzywa, lot nalożonych cząstek proszku, osadzanie nalożonych cząstek proszku na powierzchni przedmiotu, spiekanie napylonej warstwy. Wstępną obróbkę należy rozpocząć od dokładnego oczyszczenia elementu. Proces wstępnej obróbki pozwala również poprawić wiązanie się powłoki z farbą. Zastosowanie proszku polega na nałożeniu farby proszkowej na powierzchnię metalu. Najczęściej stosowanym sposobem nakładania farby proszkowej jest natrysk elektrostatyczny – przy użyciu specjalnego pistoletu. Pistolet dodaje proszkowi dodatkowy ładunek, który następnie rozpylany jest w kierunku uzziemionego obiektu w sposób mechaniczny, bądź przy sprężonym powietrzu. Istnieje wiele rodzajów dysz, które rozpylają proszek, użycie zależy od rodzaju elementu, który jest obrabiany. Proszek z dodatkiem ładunkiem przylega do powierzchni metalu. Utwardzanie odbywa się w wysokiej temperaturze. Dokładny czas jest zależny od producenta farby proszkowej. Utwardzanie odbywa się przy zastosowaniu pieców konwekcyjnych, bądź na podczerwi. Poza metodą ogrzewania istnieje metoda utwardzania promieniowaniem UV.</p>	<p>Standardowy zakres parametru procesu</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>140</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>Cięnienie</td> <td>Pa</td> <td>$1,5 \cdot 10^5$</td> <td>$4 \cdot 10^5$</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>V</td> <td>$3 \cdot 10^4$</td> <td>$15 \cdot 10^4$</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>300</td> <td>600</td> </tr> </tbody> </table>	Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	140	200	Cięnienie	Pa	$1,5 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	Warunki prądowo-napięciowe	V	$3 \cdot 10^4$	$15 \cdot 10^4$	Czas	s	300	600	<p>Srodowisko/atmosfera</p> <p>proces przebiega środowisku o ograniczonej wilgotności</p>	<p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p> <p>zazwyczaj lakierowanie proszkowe wymaga zastosowania szczelnych i uziemionych kabin</p> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Procesy malarskie zazwyczaj poprzedzone są chemicznym bądź/i mechanicznym czyszczeniem powierzchni. W przypadku nieprzewodzącego podłoża wprowadza się dodatkową warstwę umożliwiająca powierzchniowy przepływ ładunków elektrycznych.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Aplikatory wysokonapięciowe lub tryboelektryzacji.</p>	<p>M5-03/2010-12</p>
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																					
Temperatura	°C	140	200																					
Cięnienie	Pa	$1,5 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$																					
Warunki prądowo-napięciowe	V	$3 \cdot 10^4$	$15 \cdot 10^4$																					
Czas	s	300	600																					
<p>Schemat procesu malowania proszkowego</p>				<p>Schemat procesu malowania proszkowego</p>																				
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Kompresory; piece; kabiny natryskowe.</p>																								

Symbol obszaru tematycznego: **M5**

Symbol grupy technologii: **D_{M5}**

Numer katalogowy: **M5-04**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Osadzanie elektroforetyczne**
Nazwa grupy technologii (ang.): **Electrophoretic deposition (EPD)**



Rysunek 4.110. Aktualna faza cyklu życia osadzania elektroforetycznego



Rysunek 4.111. Perspektywy rozwojowe osadzania elektroforetycznego

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Osadzanie elektroforetyczne Obszar tematyczny | Technologie polimerowych warstw wierzchnich		Nr katalogowy
Kiedy?	Interwały czasowe	DZIŚ 2010-12	2020	2030
Dlaczego?	<p>Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze</p> <p>Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych</p> <p>Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń</p> <p>Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego</p> <p>Strategia koszykowy jesień: Czerpać korzyści poki się da, umacniając atrakcyjność technologii. Czerpać zyski z realizacji produkcji w stabilnym przewidywalnym otoczeniu z wykorzystaniem solidnej technologii, którą należy unowocześnić i intensywnie promować dla wzmocnienia jej atrakcyjności.</p> <p>Ukorzeniona koszykowa</p> <p>Karoserie samochoadowe, elementy konstrukcyjne i pokrycia samolotów (powłoki podkładowe pod lakier właściwy), narzędzia; elementy o skomplikowanej powierzchni</p>	<p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu</p>	<p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>	M5-04/2010-12
Co?	<p>Produkt</p> <p>Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji</p> <p>Podłoża</p> <p>Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/porosów na powierzchni podłoża</p> <p>Polepszone własności materiału</p> <p>Aparatura naukowo-badawcza</p>	<p>Średnia (5)</p> <p>Stale, metale i ich stopy; polimery</p> <p>Zale liofobowe i liofilowe; żywice epoksydowo-aminowe, epoksydowo-fenolowe, poliurolanowe jako pokrycia właściwe i podkładowe</p> <p>Odporność na korozję; odporność na erozję, zużycie ścierne i cieplne, fretting</p> <p>Mikroskop sił atomowych (AFM); spektrometr odbiciowy; maszyni wytrzymałościowe; aparat Dynsiat; miot Charpy'ego; twarodościomierz ze skalą Shore'a; aparat Schoppera; aparat Grasselli; aparat Tabera; noż do badań przyczepności; grubościomierz; w tym: radioizotopowe i ultradźwiękowe; tester zużycia adhezyjnego</p>	<p>Średnia (5)</p> <p>Średnia (5)</p>	
Jak?	<p>Technologia</p> <p>Faza cyklu życia</p> <p>Typ produkcji</p> <p>Forma organizacji produkcji</p> <p>Nowoczesność parku maszynowego</p> <p>Automatyzacja i robotyzacja</p> <p>Jakość i niezawodność</p> <p>Proekologiczność</p>	<p>Późnodojrzała (4)</p> <p>Wielko-, średnio- i małoseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach i na linii; potokowa asynchroniczna</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Dość wysokie i małe przedsiębiorstwa</p> <p>PP</p>	<p>Późnodojrzała (4)</p> <p>Wielko-, średnio- i małoseryjna</p> <p>Połokowa synchroniczna z przym. taktem i zautomatyzowana; niepotokowa na linii</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Dość wysokie, małe i mikroprzedsiębiorstwa; PP</p>	
Gdzie?	<p>Rodzaj organizacji</p> <p>Reprezentowane gęstości przemysłu</p>	<p>Dość wysokie i małe przedsiębiorstwa</p> <p>PP</p>	<p>Dość wysokie, małe i mikroprzedsiębiorstwa; PP</p>	
Kto?	<p>Poziom edukacji personelu</p> <p>Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej</p>	<p>Średni (5)</p> <p>Dość niskie (4)</p>	<p>Dość niski (4)</p> <p>Dość niskie (4)</p>	
Ile?	<p>Wymagania kapitałowe</p> <p>Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność</p> <p>Wartość produkcji w kraju</p>	<p>Średnie (5)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Dość wysoka (7)</p>	<p>Średnie (5)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarowana (6)</p>	
LEGENDA:				
<p>Związki przyczynowo-skutkowe →</p> <p>Powiązania kapitałowe →</p> <p>Korelacje czasowe ⇄</p>				

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Osadzenie elektroforetyczne		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie polimerowych warstw wierzchnich				M5-04/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego						Poziom
Nanoszenie powłok za pomocą osadzania elektroforetycznego polega na rozdzielaniu mieszaniny substancji chemicznych pod wpływem pola elektrycznego, czyli osadzeniu pod napięciem powłoki malarskiej na przedmiocie zanurzonym w barwie wodoroziścielnej. Przedmiot malowany zanurzony jest w koloidalnym roztworze farby i podłączony jest do odpowiedniej elektrody. Stosowane są dwa systemy elektroosadzania farby: anodoforetyczne, gdzie przedmiot malowany jest anodą (barwa alkaliczna – pH 7-8), kataroforetyczne, gdzie przedmiot jest katodą (barwa kwaśna – pH 5,5-5,9). W czasie malowania równocześnie z elektroforezą zachodzą również procesy elektrolizy i elektroosmozy. Malowanie elektroforetyczne najczęściej jest stosowane jako warstwa podkładowa charakteryzująca się wysoką odpornością na czynniki atmosferyczne lub powłoka jednowarstwowa o grubości 15-35 µm. Ze względu na duże koszty inwestycyjne stosowana jest do produkcji wielkoseryjnej.		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału				Umiearkowany (6)
		Specjalne własności elektryczne				Umiearkowany (6)
		Odporność na korozję				Umiearkowany (6)
		Odporność na erozję				Umiearkowany (6)
		Odporność na ścieranie				Umiearkowany (6)
		Twardość				Umiearkowany (6)
		Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury				Średni (5)
		Brak kruchości				Średni (5)
		Odporność na promieniowanie				Średni (5)
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża		Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia				Poziom
X	jednowarstwowa	wielofazowa		amorficzna		
	wielowarstwowa	X	gradientowa	nanokryształiczna	Korozja lokalna i wżerowa	Dość wysoki (7)
	multiwarstwowa (>100 warstw)	X	kompozytowa	hybrydowa	Erozja	Umiearkowany (6)
	przemiany fazowe powierzchni podłoża		zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	X	Zużycie ciepłe	Umiearkowany (6)
					Zużycie ścierne	Umiearkowany (6)
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów		Fretting				Umiearkowany (6)
	mechaniczne	magnetyczne	optyczne	trybologiczne	Starzenie polimerowych warstw wierzchnich	Umiearkowany (6)
X	chemiczne	dyfuzyjne	termiczne	X	Korozja naprężeniowa i zmęczenia	Umiearkowany (6)
	elektryczne	hydromechaniczne	akustyczne	inne	Korozja równomierna	Umiearkowany (6)
Zalety		Wady				Poziom
	Wielimowanie	stosowania	rozpuszczalników	Jedną z wad tej metody nanoszenia powłoki są straty wynikające ze splukiwania nadmiaru lakieru;		
	organicznych; równomierne rozłożenie powłoki; możliwość kontrolowania grubości powłoki; krótki czas pokrywania; wysoka odporność mechaniczna.			metoda elektroforetyczna wymaga stosowania specjalistycznej i kosztownej instalacji.	C25	Wysoki (8)
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań						Umiearkowany (6)
	Nanoszenie zoli (liofobowych, liofilowych) i żywic (epoksydowo-aminowych, epoksydowo-fenolowych, poliuretanowych). Nanoszenie powłok lakierniczych i podkładowych (karoserie samochodów, pokrycia samolotów, konstrukcje metalowe). Osadzanie w procesie katarofrezy (odporność antykorozyjna 700-1000 h).					Średni (5)
Technologie zastępcze/alternatywne						Średni (5)
	Najbardziej konkurencyjną metodą stosowaną w przemyśle jest malowanie proszkowe. Wśród metod alternatywnych można wymienić natrysk pneumatyczny czy napylanie płomieniowe.					Średni (5)
Rekomendowane źródła literatury		Aplicacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii				Poziom
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.	Dynamika molekularna				Dość wysoki (7)
2	L.A. Dobrzański, Materiały inżynierskie i projektowanie materiałowe. Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo, Wydanie II zmienione i uzupełnione, WNT, Warszawa, 2006.	Modelowanie wieloskalowe				Dość wysoki (7)
3	X. Su, A. Wu, P. Vilarinho, Titanium tellurite thick films prepared by electrophoretic deposition and their dielectric properties, Scripta Materialia 61 (2009) 536-539.	Metody Monte Carlo				Umiearkowany (6)
		Analiza fraktalna				Średni (5)
		Systemy ekspertowe				Średni (5)
		Aktualna faza cyklu życia technologii				Dojrzała (5)
		Perspektywy rozwoju				Wysokie (8)

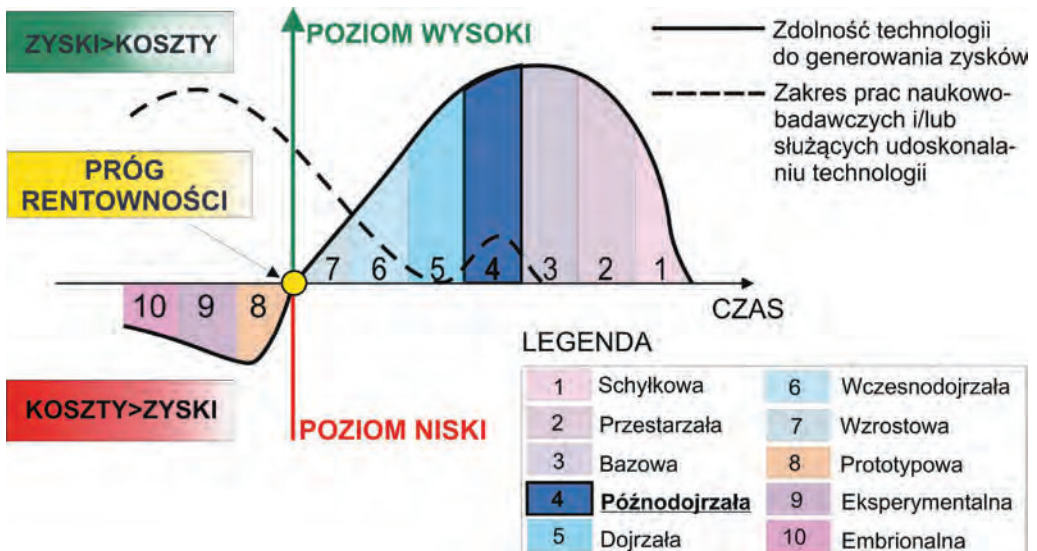
<p>KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII</p>	<p>Nazwa technologii Obszar tematyczny</p>	<p>Osadzenie elektroforetyczne Technologie polimerowych warstw wierzchnich</p>	<p>Nr katalogowy</p>																												
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Przebieg malowania elektroforetycznego polega na: zanurzeniu przedmiotów przeznaczonych do malowania w wannie, w kąpieli koloidalnej farby wodorozdzielczalnej o zawartości części stałych (dla anaforyzy 10-12%, dla katoforezy 17-20%) na czas: dla anaforyzy 2-2,5 min, a dla katoforezy ok. 3 min. Elektroosadzanie odbywa się przy udziale prądu stałego o stabilizowanym napięciu. Farba w wannie jest w ciągłym ruchu zapobiegającym jej sedymentacji. W wyniku przepływu prądu, pod dobranym dla określonej farby napięciem, cząstki stałe farby wędrują po liniach pola elektrycznego do powierzchni przedmiotu, osadzając się, do czasu, aż warstwa osadzona uzyska oporność ograniczającą dalsze elektroosadzanie. Ograniczenie to jest regulowane napięciem prądu, przy czym wielkość napięcia w funkcji czasu elektroosadzania reguluje grubość powłoki. Konieczna jest zawsze indywidualna analiza zastosowania właściwej elektroforezy i przygotowania powierzchni, wg wymagań odporności dla określonych wyrobów. Przy malowaniu anaforycznym stosuje się napięcie rzędu ok. 150-200 V, wymagane do naładowania cząstek stałych farby w roztworze alkalicznym pH ok. 8,5-9. To niezbyt wysokie napięcie wpływa na to, że elektroosadzona farba „wczesniej” tworzy warstwę izolacyjną. W malowaniu katoforetycznym roztwór jest kwaśny pH 5,8-6,5. Stosuje się tu wyższe napięcie prądu 230-270 V.</p>	<p>Standardowy zakres parametru procesu</p> <table border="1"> <tr> <td>Temperatura</td> <td>jednostka</td> <td>od</td> <td>do</td> </tr> <tr> <td></td> <td>°C</td> <td>20</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td></td> <td colspan="2">atmosferyczne</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>V</td> <td>150</td> <td>270</td> </tr> <tr> <td></td> <td>s</td> <td>120</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td colspan="3">średowisko ciekłe o pH zależnym od metody</td> </tr> <tr> <td>Specyficzne warunki realizacji procesu</td> <td colspan="3">proces realizowany w zbiornikach</td> </tr> </table> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Konieczne jest dobre odfuszczenie przedmiotów oraz przygotowanie chemiczne powierzchni, najbardziej popularne: fosforanowanie żelazowe lub fosforanowanie cynkowe i to w kombinacjach z elektroforezą anodową lub elektroforezą katodową.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Urządzenie ma charakter układu elektrycznego, gdzie przedmiot malowany jest anodą lub katodą zanurzoną w elektrolicie, którym jest farba.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Wanny; ultrafiolety.</p>	Temperatura	jednostka	od	do		°C	20	24	Ciśnienie		atmosferyczne		Warunki prądowo-napięciowe	V	150	270		s	120	180	Środowisko/atmosfera	średowisko ciekłe o pH zależnym od metody			Specyficzne warunki realizacji procesu	proces realizowany w zbiornikach				<p>M5-04/2010-12</p>
Temperatura	jednostka	od	do																												
	°C	20	24																												
Ciśnienie		atmosferyczne																													
Warunki prądowo-napięciowe	V	150	270																												
	s	120	180																												
Środowisko/atmosfera	średowisko ciekłe o pH zależnym od metody																														
Specyficzne warunki realizacji procesu	proces realizowany w zbiornikach																														
<p>Schemat procesu osadzania elektroforetycznego</p>																															

Symbol obszaru tematycznego: **M5**

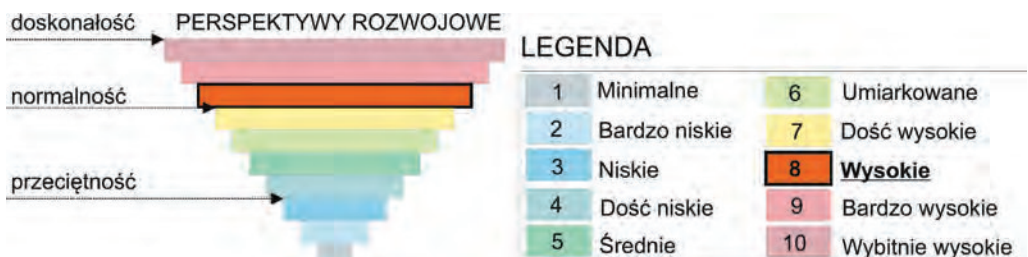
Symbol grupy technologii: **E_{M5}**

Numer katalogowy: **M5-05**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Nanoszenie fluidyzacyjno-elektrostatyczne**
Nazwa grupy technologii (ang.): **Electrostatic fluidised bed deposition**



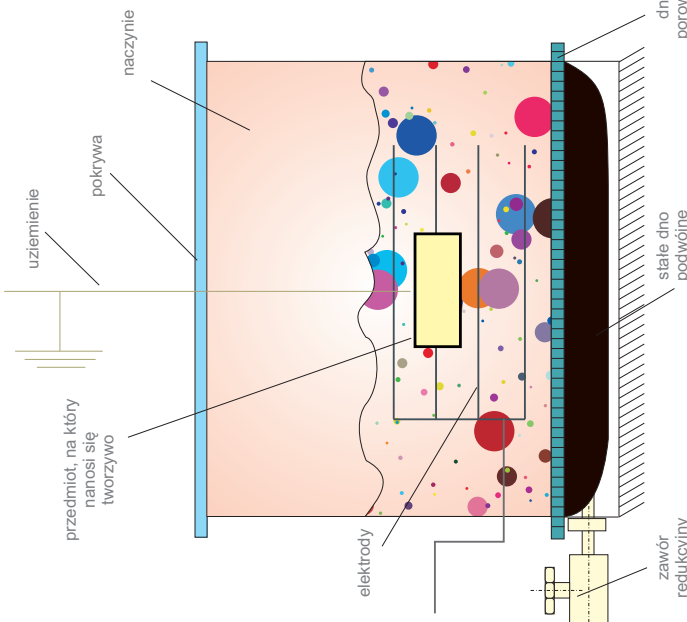
Rysunek 4.112. Aktualna faza cyklu życia nanoszenia fluidyzacyjno-elektrostatycznego



Rysunek 4.113. Perspektywy rozwojowe nanoszenia fluidyzacyjno-elektrostatycznego

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Nanoszenie fluidyzacyjno-elektrostatyczne		Nr katalogowy		
Obszar tematyczny		Technologie polimerowych warstw wierzchnich		M5-05/2010-12		
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030		
Dlaczego?		<p>Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych</p> <p>Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń</p> <p>Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego</p> <p>Strategia kosmopolitny jesienią. Czerpać korzyści póki się da, umacniając atrakcyjność technologii. Czerpać zyski z realizacji produkcji w stabilnym przewidywalnym obciążeniu z wykorzystaniem solidnej technologii, którą należy unowocześniać i intensywnie promować dla wzmożenia jej atrakcyjności.</p>	<p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu</p>	<p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>		
Co?		<p>Elementy konstrukcyjne, w tym budowlane; karoserie samochodów; narzędzia; aparatura chemiczna; sprzęt i inne artykuły gospodarstwa domowego; labor kolejowy; elementy okrągów</p> <p>Umiarowana (6) Średnia (5)</p> <p>Stale, metale i ich stopy; materiały konstrukcyjne.</p> <p>Warstwy polistylenowe; polipropylenowe; poliamidowe i PVC o małym napięciu powierzchniowym</p> <p>Odporność na korozję; wytrzymałość mechaniczna i cieplna; specjalne własności elektryczne; termoplastyczność; poprawa estetyki produktu</p> <p>Skaningowy mikroskop elektronowy (SEM); spektrometr; maszyny wytrzymałościowe; aparat Dynstat; miot Charpy'ego; twarościomierze ze skłania Shore'a; aparat Schoppera; aparat Grasselli; aparat Tabera; noż do badań przyczepności; grubościomierze, w tym: radiolozopowe i ultradźwiękowe; tester zużycia adhezyjnego</p>	<p>Nanoszenie fluidyzacyjno-elektrostatyczne</p> <p>Dojrzała (5) Dojrzała (5)</p> <p>Średnio- i małoseryjna Wielko-, średnio- i małoseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach; potokowa asynchroniczna Potokowa synchrono-, asynchro- i zautomatyzowana; niepotokowa w gniazdach i na linii</p> <p>Średnia (5) Średnia (5)</p> <p>Dość wysoka (7) Umiarowana (6)</p> <p>Umiarowana (6) Średnia (5)</p> <p>Małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; OW; Sp. JV; PP Małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; OW; Sp. JV; PP</p> <p>Motoryzacyjny; chemiczny; budowy maszyn; narzędziowy; budowlany; transportowy; stoczniowy</p>	<p>Dość niski (4) Dość niski (4)</p> <p>Dość niskie (4) Dość niskie (4)</p> <p>Średnie (5) Dość niskie (4)</p> <p>Średnia (5) Średnia (5)</p> <p>Umiarowana (6) Umiarowana (6)</p>		
Technologia		<p>Faza cyklu życia Dojrzała (5)</p> <p>Typ produkcji Wielko-, średnio- i małoseryjna</p> <p>Forma organizacji produkcji Niepotokowa w gniazdach i na linii; potokowa asynchroniczna Potokowa synchrono-, asynchro- i zautomatyzowana; niepotokowa w gniazdach i na linii</p> <p>Nowoczesność parku maszynowego Średnia (5)</p> <p>Automatyzacja i robotyzacja Średnia (5)</p> <p>Jakość i niezawodność Umiarowana (6)</p> <p>Proekologiczność Średnia (5)</p>	<p>Dojrzała (5) Dojrzała (5)</p> <p>Wielko-, średnio- i małoseryjna Wielko-, średnio- i małoseryjna</p> <p>Potokowa synchrono-, asynchro- i zautomatyzowana; niepotokowa w gniazdach i na linii Potokowa synchrono-, asynchro- i zautomatyzowana; niepotokowa w gniazdach i na linii</p> <p>Bardzo niska (2) Umiarowana (6)</p> <p>Średnia (5) Średnia (5)</p> <p>Średnia (5) Średnia (5)</p> <p>Małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; OW; Sp. JV; PP Małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; OW; Sp. JV; PP</p>	<p>Dość niski (4) Dość niski (4)</p> <p>Dość niskie (4) Dość niskie (4)</p> <p>Średnie (5) Dość niskie (4)</p> <p>Średnia (5) Średnia (5)</p> <p>Umiarowana (6) Umiarowana (6)</p>		
Gdzie?		<p>Rodzaj organizacji Małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; OW; Sp. JV; PP</p> <p>Reprezentowane gałęzie przemysłu Motoryzacyjny; chemiczny; budowy maszyn; narzędziowy; budowlany; transportowy; stoczniowy</p>	<p>Dość niski (4) Dość niski (4)</p> <p>Dość niskie (4) Dość niskie (4)</p> <p>Średnie (5) Dość niskie (4)</p> <p>Średnia (5) Średnia (5)</p> <p>Umiarowana (6) Umiarowana (6)</p>			
Kto?		<p>Poziom edukacji personelu Dość niski (4)</p> <p>Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej Dość niskie (4)</p>	<p>Dość niski (4) Dość niski (4)</p> <p>Dość niskie (4) Dość niskie (4)</p> <p>Średnie (5) Dość niskie (4)</p> <p>Średnia (5) Średnia (5)</p> <p>Umiarowana (6) Umiarowana (6)</p>			
Ile?		<p>Wymagania kapitałowe Średnie (5)</p> <p>Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność Średnia (5)</p> <p>Wartość produkcji w kraju Umiarowana (6)</p>	<p>Dość niski (4) Dość niski (4)</p> <p>Dość niskie (4) Dość niskie (4)</p> <p>Średnie (5) Dość niskie (4)</p> <p>Średnia (5) Średnia (5)</p> <p>Umiarowana (6) Umiarowana (6)</p>			
LEGENDA: --->>> Związki przyczynowo-skutkowe --->>> Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe <---> Korelacje czasowe <---> Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów						

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Nanoszenie fluidyzacyjno-elektrostatyczne		Nr katalogowy		
Obszar tematyczny		Technologie polimerowych warstw wierzchnich				M5-05/2010-12	
Istota zjawiska fizykochemicznego		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału				Poziom	
Nanoszenie fluidyzacyjno-elektrostatyczne przeprowadza się w zasadniczej części za pomocą fluidyzatora elektrostatycznego, zawierającego pojemnik wykonany z materiału nieprzewodzącego prądu elektrycznego, w którym za pomocą elektrod umieszczonych w złożu fluidalnym następuje elektryzowanie cząstek tworzywa. Fluidyzacyjne nanoszenie powłoki z tworzywa polega na wytworzeniu zawiesiny sproszkowanego tworzywa w strumieniu gazu płynącego do góry złoża fluidalnego. W czasie przebywania przedmiotu w złożu, cząstki tworzywa stykają się z nagrzanym przedmiotem i stapiają, tworząc powłokę. Cząstki unoszą się w strumieniu gazu i dzięki ładunkowi elektrycznemu są przyciągane przez przedmiot zamurzony w złożu i uzieniony. Osadzona warstwa proszku utrzymuje się na powierzchni malowanego detalu dzięki sile elektrostatycznej. Następnie pomalowane elementy są nagrzewane w rezultacie czego farba proszkowa ulega stopieniu i polimeryzacji.		Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia				Poziom	
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża		Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia				Poziom	
X	jednowarstwowa	wielofazowa		amorficzna			
	wielowarstwowa	gradientowa		nanokryształczna		Dość wysoki (7)	
	multiwarstwowa (>100 warstw)	X	kompozytowa	hybrydowa		Dość wysoki (7)	
	przemiany fazowe powierzchni podłoża		zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	procesy fizyczne na powierzchni podłoża		Dość wysoki (7)	
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów		Korozyjność				Dość wysoki (7)	
X	mechaniczne		magnetyczne	X	trybologiczne	Umiarkowany (6)	
X	chemiczne		dyfuzyjne	termiczne	X	antykorozyjne	Umiarkowany (6)
X	elektryczne		hydromechaniczne	akustyczne	inne	Sredni (5)	
Zalety		Wady				Poziom	
Efektywne nanoszenie powłok z tworzyw o małym napięciu powierzchniowym; wyeliminowanie nagrzewania przedmiotu przed wprowadzeniem do fluidyzatora; niewystępowanie strat proszku.		Nadmierne u kierunkowanie cząstek powodujące tworzenie się grubszych powłok na powierzchni przedmiotu zwróconej ku elektrodzie; trudności w uzyskaniu równomiernego pola elektrycznego.				Umiarkowany (6)	
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań		Nanoszenie warstw o małym napięciu powierzchniowym: polietylenowych, polipropylenowych, poliamidowych i PVC związka z elementami metalowe, w tym konstrukcyjne. Metoda będąca odmianą nanoszenia zanurzeniowego i elektrostatycznego. Perspektywy rozwoju technik z elektrostatycznym ładowaniem farb proszkowych.				Umiarkowany (6)	
Technologie zastępcze/alternatywne		Najbardziej porównywalną technologią jest metoda fluidyzacyjnego nanoszenia powłok, bądź metoda zanurzeniowego nanoszenia powłok.				Dość niski (4)	
Rekomendowane źródła literatury		Metody Monte Carlo				Dość niski (4)	
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		Dynamika molekularna				Niski (3)	
2 L.A. Dobrzański, Niemetalowe materiały inżynierskie, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2008.		Automaty komórkowe				Niski (3)	
3 R.N. Kostoff, R.G. Koytcheff, C.G.Y. Laut, The growth of nanotechnology literature, Nanotechnology Perceptions 2/3 (2006) 229-248.		Analiza fraktalna				Niski (3)	
		Aktualna faza cyklu życia technologii				Poziom	
		Perspektywy rozwoju				Poziom	
		Metody Monte Carlo				Wysoki (8)	
		Modelowanie wieloskalowe				Dość wysoki (7)	
		Automaty komórkowe				Umiarkowany (6)	
		Analiza fraktalna				Sredni (5)	
		Aktualna faza cyklu życia technologii				Późnodojrzała (5)	
		Perspektywy rozwoju				Wysokie (8)	

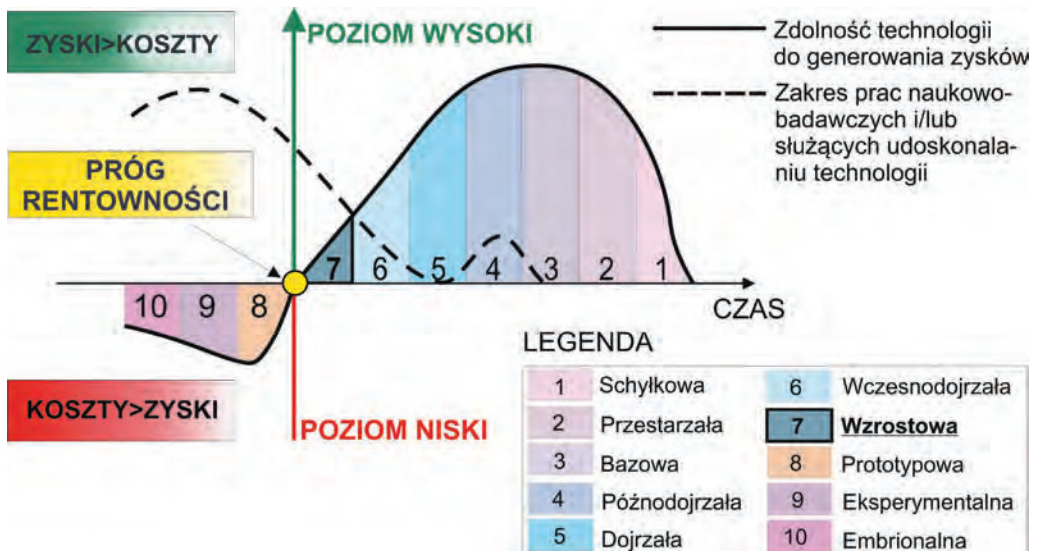
KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Nanoszenie fluidyzacyjno-elektrostatyczne		Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Technologie polimerowych warstw wierzchnich		M5-05/2010-12
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>W procesie otrzymania powłoki metodą nanoszenia fluidyzacyjno-elektrostatycznego można wyodrębnić główne etapy: przygotowanie przedmiotu do nałożenia powłoki, wytworzenie złoza fluidalnego, ładowanie elektryczne proszku tworzywa, osadzanie natadowanych cząstek proszku fluidu na powierzchni przedmiotu, spiekanie napylonej warstwy proszku. Wstępną obróbkę należy rozpocząć od dokładnego oczyszczenia elementu. Proces wstępnej obróbki pozwala nie tylko na oczyszczenie materiału, ale również i poprawia wiązanie się powłoki z farbą. Fluidyzator składa się z pojemnika, w którym znajduje się stosunkowo nieduża ilość tworzywa w postaci proszku z ziarnami o rozmiarach od 50 do 250 µm, poprzez dno doprowadza się do pojemnika pod małym ciśnieniem gaz. Jako gaz fluidyzujący stosuje się najczęściej powietrze, w niektórych jednak przypadkach nanoszenia powłok z tworzyw stosunkowo łatwo ulegających utlenianiu można używać azotu lub dwutlenku węgla. Fluid proszku tworzywa ulega kontaktowi z elektrodami i ulega naelektryzowaniu. Proszek z dodatkami ładunkiem przyciąra do powierzchni metalu. Utwardzanie odbywa się w wysokiej temperaturze. Dokładny czas jest zależny od producenta farby proszkowej – niektóre farby potrzebują więcej czasu na utwardzenie, inne mniej. Utwardzanie odbywa się przy zastosowaniu pieców konwekcyjnych, bądź na podczerwiach. Poza metodą ogrzewania istnieje metoda utwardzania promieniowaniem UV.</p>				
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>				
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	
Temperatura	°C	140	200	
Ciśnienie	Pa	1·10 ⁵	6·10 ⁵	
Warunki prądowo-napięciowe	V	3·10 ⁴	15·10 ⁴	
Czas	s	300	600	
Środowisko/atmosfera	proces przebiega środowisku o ograniczonej wilgotności			
Specyficzne warunki realizacji procesu	proces przebiega w zamkniętym fluidyzatorze			
<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p>				
<p>Nanoszenie poprzedzone jest chemicznym bądź/ mechanicznym czyszczeniem powierzchni. W przypadku nieprzewodzącego podłoża możliwe jest wprowadzenie dodatkowej warstwy umożliwiającej powierzchniowy przepływ ładunków elektrycznych.</p>				
<p>Typ/ rodzaj urządzenia</p>				
<p>Fluidyzator elektrostatyczny.</p>				
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p>				
<p>Piec.</p>				
 <p>Schemat przedstawia proces nanoszenia powłoki metodą fluidyzacyjno-elektrostatyczną. W górnej części znajduje się zbiornik z proszkiem, wyposażony w elektrody i zawór redukcyjny. Proszek jest fluidyzowany przez dno porowate i statyczne dno podwójne. Powłoka jest nanoszona na przedmiot, który znajduje się w naczyniu. Wykazuje również uzziemienie i pokrywa.</p>				<p>Schemat procesu otrzymywania powłoki metodą nanoszenia fluidyzacyjno-elektrostatycznego</p>

Symbol obszaru tematycznego: **M5**

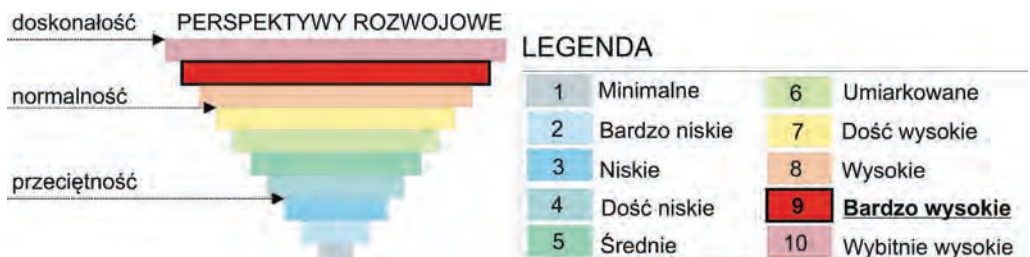
Symbol grupy technologii: **F_{M5}**

Numer katalogowy: **M5-06**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Nanoszenie powłok gradientowych**
Nazwa grupy technologii (ang.): **Graded coatings deposition**




Rysunek 4.114. Aktualna faza cyklu życia nanoszenia powłok gradientowych



Rysunek 4.115. Perspektywy rozwojowe nanoszenia powłok gradientowych

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Nanoszenie powłok gradientowych		Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego		Obszar tematyczny	Technologie polimerowych warstw wierzchnich		M5-06/2010-12
Powłoki gradientowe charakteryzują się zmiennymi własnościami na przekroju powłoki. Materiały z których wytwarza się tego typu powłoki, to zazwyczaj kompozytowe materiały polimerowe. Gradient własności uzyskuje się poprzez odpowiednie rozłożenie cząstek fazy rozproszonej. Takie materiały mogą nie zawierać regularnie uformowanych ostrych granic ziaren lub powierzchni międzyfazowych pomiędzy różnorodnymi obszarami, jak to ma miejsce w przypadku konwencjonalnych materiałów kompozytowych. Wymienione cechy powłoki, że materiały gradientowe są zdolne do redukcji koncentracji naprężeń cieplnych i mechanicznych w wielu produktach. Między składnikami materiału kompozytowego może dochodzić do procesów chemicznych, dyfuzyjnych, rozpuszczania, mieszania lub tworzenia nowej fazy. Połączenie odmiennych materiałów osnowy polimerowej i fazy rozproszonej pozwala na stworzenie materiału kompozytowego o szerokim zakresie własności użytkowych.			Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału		Poziom
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			Odporność na erozję		Bardzo wysoki (9)
jednowarstwowa		X wielofazowa	Twardość		Bardzo wysoki (9)
X wielowarstwowa		X gradientowa	Specjalne własności elektryczne		Dość wysoki (7)
multiwarstwowa (>100 warstw)		X kompozytowa	Odporność na korozję		Dość wysoki (7)
przemiany fazowe powierzchni podłoża		zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury		Dość wysoki (7)
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			Odporność na promieniowanie		Dość wysoki (7)
X mechaniczne		X magnetyczne	Odporność na ścieranie		Dość wysoki (7)
X chemiczne		X optyczne	Specjalne własności magnetyczne		Dość wysoki (7)
X elektryczne		X termiczne	Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia		Poziom
		X akustyczne	Erozja		Wysoki (8)
Zalety		Wady	Starzenie polimerowych warstw wierzchnich		Wysoki (8)
Zaletą utworzenia powłoki gradientowej są zmienne własności użytkowe. Możliwy jest niejako zaprogramowany wzrost/spadek odporności powłoki wraz z zużyciem np. ściernym powłoki.			Zużycie cieplne		Wysoki (8)
			Zużycie dyfuzyjne		Dość wysoki (7)
			Scuffing		Dość wysoki (7)
			Fretting		Dość wysoki (7)
			Spalling		Dość wysoki (7)
			Zużycie dyfuzyjne		Średni (5)
Sektory przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			Poziom		Poziom
M 72			Wysoki (8)		Wysoki (8)
C 25			Średni (5)		Średni (5)
F 43			Dość niski (4)		Dość niski (4)
C 26			Dość niski (4)		Dość niski (4)
C 28			Niski (3)		Niski (3)
C 29			Niski (3)		Niski (3)
M 71			Niski (3)		Niski (3)
C 20			Niski (3)		Niski (3)
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego, w odniesieniu do technologii			Poziom		Poziom
Modelowanie wieloskalowe			Dość wysoki (7)		Dość wysoki (7)
Dynamika molekularna			Dość wysoki (7)		Dość wysoki (7)
Metody Monte Carlo			Dość wysoki (7)		Dość wysoki (7)
Modelowanie matematyczne			Umiarkowany (6)		Umiaarkowany (6)
Sztuczne sieci neuronowe			Umiaarkowany (6)		Umiaarkowany (6)
Aktualna faza cyklu życia technologii			Wzrostowa (7)		Wzrostowa (7)
Perspektywy rozwoju			Bardzo wysokie (9)		Bardzo wysokie (9)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Nanoszenie powłok gradientowych Technologie polimerowych warstw wierzchnich	Nr katalogowy M5-06/2010-12
Opis przebiegu procesu technologicznego			
<p>Nanoszenie powłok gradientowych można wykonać klasycznymi metodami nanoszenia powłok polimerowych, ale mogą być wykonane już w procesie wytwarzania gotowego produktu. Proces wytwarzania gradientu zachodzi, gdy zostaną spełnione warunki: 1) Istnienie układu kompozytowego (lub stopu polimerów), gdzie osnowa polimerowa jest ciekła; 2) występowanie odpowiednich sił umożliwiających selektywne ukierunkowanie co najmniej jednej fazy do powierzchni lub ku dołowi aplikowanej warstwy. Materiał polimerowy może tworzyć gradient samodzielnie podczas procesu powstawania powłoki lub też pod wpływem zmiany warunków cieplnych, dopiero wówczas, gdy powłokę ogrzewa się powyżej temperatury topnienia materiału polimerowego. Gradient fazy rozproszonej uzyskuje się przy ciekłej osnowie polimerowej. Powodują go co najmniej dwa rodzaje sił działających z zewnątrz lub wewnątrz układu. Siłami zewnętrznymi mogą być kontrolowane siły elektryczne, magnetyczne, siła odśrodkowa oraz niekontrolowana siła grawitacji. Stosowanie tych sił wymaga szczególnych warunków, natomiast pod działaniem siły grawitacji powłoka zyskuje gradient własności, gdy mieszanina materiału polimerowego i napelniacza (fazy rozproszonej) zostaje. Gradient zależy w tym wypadku od różnicy w ciężarze właściwym i szybkości przejścia polimeru w stan szklisty.</p>			
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego			
Standardowy zakres parametru procesu	Temperatura	Ciśnienie	Czas
jeden	zależna od materiału polimerowego	zależna od przyjętej technologii	zależny od materiału polimerowego
do	zależna od materiału polimerowego	zależna od przyjętej technologii	zależny od materiału polimerowego
Specyficzne warunki realizacji procesu			
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Wszystkie znane metody czyszczenia i aktywacji powierzchni polimerowych, z przewagą metod chemicznych i mechanicznych.			
Typ/rodzaj urządzenia			
Zależny od przyjętej technologii tworzenia powłoki: wirówki, generatory sił elektrycznych, magnetycznych itp.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Zależne od przyjętej technologii tworzenia powłoki.			
 <p>Etapy powstawania powłok gradientowych tworzących się pod wpływem sił grawitacji</p>			

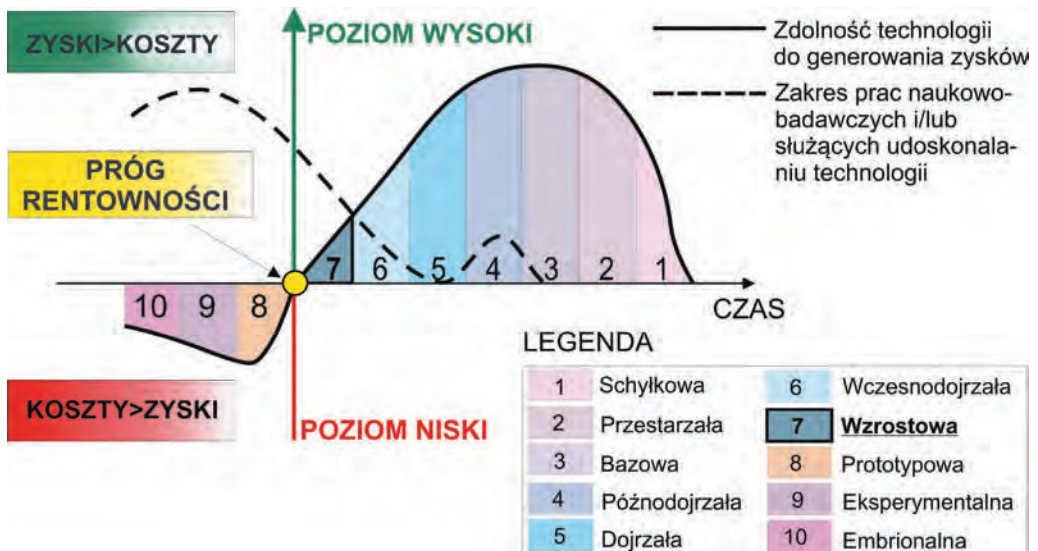
Symbol obszaru tematycznego: **M5**

Symbol grupy technologii: **G_{M5}**

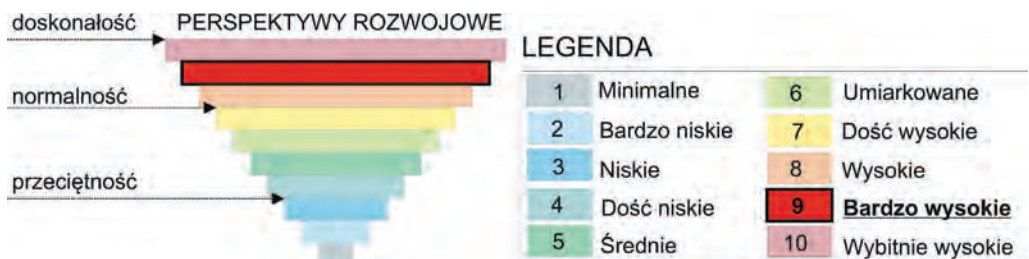
Numer katalogowy: **M5-07**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Nanoszenie powłok z nanonapełniaczami**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Deposition of coatings with nanofillers**



Rysunek 4.116. Aktualna faza cyklu życia nanoszenia powłok z nanonapełniaczami



Rysunek 4.117. Perspektywy rozwojowe nanoszenia powłok z nanonapełniaczami

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Nanoszenie powłok z nanonapełniaczami		Nr katalogowy	
Kiedy? Interwały czasowe		Obszar tematyczny | Technologie polimerowych warstw wierzchnich		M5-07/2010-12	
Dlaczego?		DZIŚ 2010-12		2030	
Persepektywy ogólnospołeczne i gospodarcze	Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej		
	Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Zrównoważony rozwój		
	Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji		
	Strategia dla technologii	Strategia cyfryzacji	Wykorzystanie potencjału technologii. Badać, doskonalić, doinwestować atrakcyjną technologię, wykorzystującą dobrą koniunkturę na rynku.		
	Oddziaływanie otoczenia	Wzmacnianie i			
	Wartości technologii				
Produkt					
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji	Elementy maszyn; konstrukcje metalowe i polimerowe; narzędzia; urządzenia medyczne; karoserie samochodów i pokrycia samolotów; sprzęt sportowy i wojskowy; elementy elektro- i magnetoreologiczne, piezoelektryczne, elektroprowadzące, z pamięcią kształtu; farby/lynki samoczyszczące; implanty				
Podłoże	Umiarowana (6) Wysoka (8)		Dość wysoka (7)		
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża	Stale; metale; stopy metali; polimery; drewno; ceramika				
Polepszone własności materiału	Nanoproszki ferromagnetyczne; karboksylowane; szczipione i reaktywne nanorurki funkcjonalizowane; superwytrzymałe włókna poliestrowe, często o specjalnych własnościach elektrycznych, magnetycznych i optycznych; odporne na zarysowania				
Aparatura naukowo-badawcza	Odporność na korozję; wytrzymałość magnetyczna i cieplna; biokompatybilność; specjalne własności elektryczne, magnetyczne i optyczne; odporność na zarysowania; poprawa estetyki produktu				
	Mikroskopy; sił atomowych (AFM) i skan. elektronowy (SEM); spektrometr ramanowy i alipsometr spektralny (dla monitorowania syntezy innowacyjnych materiałów); maszynny wytrzymałościowy; aparat Dnystat; miot Char'y'ego; twardościomierz ze skł. Shore'a; aparat Schoppera; aparat Grasselli; aparat Tabera; nóż do badań przyczepności; grubościomierz, w tym: radiolozopowe i ultradźwiękowe; teslomiernik; tester zużycia adhezyjnego				
Technologia	Nanoszenie powłok z nanonapełniaczami				
Faza cyklu życia	Prototypowa (8) Wzrostowa (7)		Wczesnodojrzała (6)		
Typ produkcji	Jednostkowa i małoseryjna		Mało-, średnio- i wielkoseryjna		
Forma organizacji produkcji	Niepotokowa i małoseryjna		Półokowa synchroniczna, asynchroniczna i zautomatyzowana		
Nowoczesność parku maszynowego	Dość wysoka (7)		Dość wysoka (7)		
Automatyzacja i robotyzacja	Umiarowana (6)		Dość wysoka (7)		
Jakość i niezawodność	Średnia (5)		Dość wysoka (7)		
Proekologiczność	Umiarowana (6)		Dość wysoka (7)		
	Uczelnie; duże przedsiębiorstwa; INB; OW; TP		INB; Uczelnie; duże i średnie przedsiębiorstwa; Sp. JV; OW; TP		
Rodzaj organizacji	Reprezentowane gałęzie przemysłu		Maszynowy; budowlany; narzędziowy; medyczny; motoryzacyjny; lotniczy; sportowy; militarny; elektryczny; mikro- i optoelektryczny		
Kto?	Dość wysoki (7)		Wysoki (8)		
	Dość wysoki (7)		Dość wysokie (7)		
Ile?	Dość wysokie (7)		Wysokie (8)		
	Średnia (5)		Dość wysoka (7)		
	Średnia (5)		Średnia (5)		

LEGENDA: ↔ Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe ↔ Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Nanoszenie powłok z nanonapełniaczami	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie polimerowych warstw wierzchnich	M5-07/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			Poziom
Zjawiska fizyczno-chemiczne powodujące poprawę własności powłok polimerowych z nanonapełniaczami są analogiczne jak w przypadku tradycyjnych kompozytów polimerowych. Taka powłoka zyskuje swe własności dzięki współpracy nanonapełniacza i polimerowej osnowy. Własności te są wypadkową własności obu komponentów, a także zależą od oddziaływań adhezyjnych między nimi. Zjawisko znaczących zmian własności, przy niskim stężeniu nanododatku (3-5%), tłumaczy się dużym rozmiarem powierzchni cząstki nanonapełniacza, a także lepszym obudowaniem łańcuchami polimerowymi niż w przypadku tradycyjnych napełniaczy. Użytkiwane znacznie lepsze własności nanokompozytów uzależnione są przede wszystkim od: kształtu i rozmiaru cząstek nanododatku, powierzchni właściwej, stopnia rozmięcia powierzchni, energii powierzchniowej oraz od sposobu przestrzennego rozmieszczenia nanocząstek w matrycy polimerowej.		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału Specjalne własności elektryczne Twardość Odporność na korozję Odporność na erozję Odporność na promieniowanie Odporność na ścieranie Biokompatybilność Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury	Wysoki (8) Dość wysoki (7) Dość wysoki (7) Dość wysoki (7) Dość wysoki (7) Dość wysoki (7) Dość wysoki (7) Dość wysoki (7)
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			Poziom
X	jednowarstwowa	X	Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia
	wielowarstwowa	X	Zużycie ciepłe
	gradientowa		Kawitacja
	multiwarstwowa (>100 warstw)	X	Fretting
	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X	Zużycie abrazyjne
	zmiana składu chemicznego powierzchni podłoża		Zużycie adhezyjne
	Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów		Zużycie dyfuzyjne
X	mechaniczne	X	Zużycie ścieme
X	chemiczne	X	Erozja
X	elektryczne	X	Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii
	magnetyczne	X	M 72
	dyfuzyjne	X	C 25
	hydromechaniczne	X	C 28
	akustyczne	X	C 26
	Wady	X	C 27
		X	C 20
		X	C 22
		X	Poziom
Zalety	Podstawową zaletą jest uzyskanie dużej poprawy własności przy niewielkim udziale nanonapełniacza. Poprawa własności mechanicznych, antypalnych, cieplnych, specyficzne własności optyczne.	Podstawową wadą nanonapełniaczy jest ich cena. Trudności z uzyskaniem poprawnej nanostruktury gdyż istnieją problemy techniczne z rozdzieleniem aglomeratów nanokompozytów.	Wysoki (8) Dość niski (4) Niski (3) Niski (3) Bardzo niski (2) Bardzo niski (2) Bardzo niski (2) Bardzo niski (2)
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań			Poziom
Wytw. nanoproszków ferromagnetycznych oraz karboksylowanych, szczepionych i reaktywnych nanorurek funkcjonalizowanych, superwytrzymałych włókien poliestrowych, często o specjalnych własnościach elektrycznych i magnetycznych z użyciem technik natryskiwania, osadzania elektrofotoretycznego i zol-żel.			Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego, w odniesieniu do technologii
Technologie zastępcze/alternatywne			Metody Monte Carlo
Polimerowe powłoki kompozytowe , powłoki samowyskztalcane, powłoki gradientowe, tradycyjne powłoki malarskie i elektrostacyjne.			Modelowanie wieloskalowe
Rekomendowane źródła literaturowe			Dynamika molekularna
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.			Systemy ekspertowe
2 L. Piecyk, Nanokompozyty termoplastyczne, Tworzywa Sztuczne i Chemia z (2006) 20-25.			Sztuczne sieci neuronowe
3 J.H. Lee, G. Khang, J.W. Lee, H.B. Lee, Interaction of different types of cells on polymer surface with wettability gradient, Journal of Colloid and Interface Science 205 (1998) 323-330.			Aktualna faza cyklu życia technologii
			Perspektywy rozwoju
			Bardzo wysokie (9)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Nanoszenie powłok z nanonapełniaczami Technologie polimerowych warstw wierzchnich	Nr katalogowy M5-07/2010-12
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p>			
<p>Proces przebiegu nanoszenia powłok z nanonapełniaczami jest identyczny jak w przypadku standardowych lakierów i farb. Ze względu na zastosowanie zazwyczaj niewielkiej ilości nanonapełniacza materiały powłokowe mogą być aplikowane tradycyjnymi metodami nakładania powłok polimerowych. Przykładem mogą być farby z udziałem nanocząstek dwutlenku tytanu, tzw. farby samoczyszczące się, aplikowane poprzez klasyczne malowanie. Metoda ta wymaga oczyszczenia powierzchni materiału powlekanego. Następne etapy zależą od metody nakładania powłok. Farby ciekłe mogą być aplikowane natryskiem hydrodynamicznym, pneumatycznym, wałkiem, pędzlem lub przez zanurzenie. Większość producentów zaleca dłuższe, niż w przypadku tradycyjnych farb, mieszanie farby przed użytkowaniem. Nanokompozytowe farby proszkowe nie są tak rozpowszechnione jak farby ciekłe, ale badania w tym zakresie trwają. Powłoki z nanonapełniaczami o grubości rzędu 3-30 µm są średnio dziesięć razy cieńsze niż tradycyjne. Do modyfikacji składu powłok polimerowych wystarcza 0,5-5% (udziału masowego) nanonapełniacza, natomiast w tradycyjnych powłokach, do osiągnięcia podobnych własności barierowych (szelności), udział nanonapełniacza stanowi 20-30%. Powłoki z nanonapełniaczami wykazują lepsze własności wytrzymałościowe i ochronne w porównaniu układami nienapełnionymi.</p>			
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do
Temperatura	°C	20	24
Ciśnienie		zależne od przyjętej techniki aplikacji	
Warunki prądowo-napięciowe		zależne od przyjętej techniki aplikacji	
Czas		zależny od wielkości przedmiotu	
Środowisko/atmosfera		proces przebiega środowisku o ograniczonej wilgotności	
Specyficzne warunki realizacji procesu		zawymagają lakierowanie wymaga szczelnych кабин	
<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p>			
<p>Procesy malarskie zazwyczaj poprzedzone są chemicznym bądź/i mechanicznym czyszczeniem powierzchni. W przypadku niekompatybilnego z lakierem podłoża wprowadza się dodatkową warstwę umożliwiająca połączenie adhezyjne (tzw. primer, podkład).</p>			
<p>Typ/rodzaj urządzenia</p>			
<p>Urządzenie zależne od sposobu aplikacji powłoki.</p>			
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p>			
<p>Oprzyrządowanie zależne od sposobu aplikacji powłoki.</p>			
			<p>Schemat przebiegu procesu otrzymania nanokompozytu metodą rozprowadzalnikiem</p>

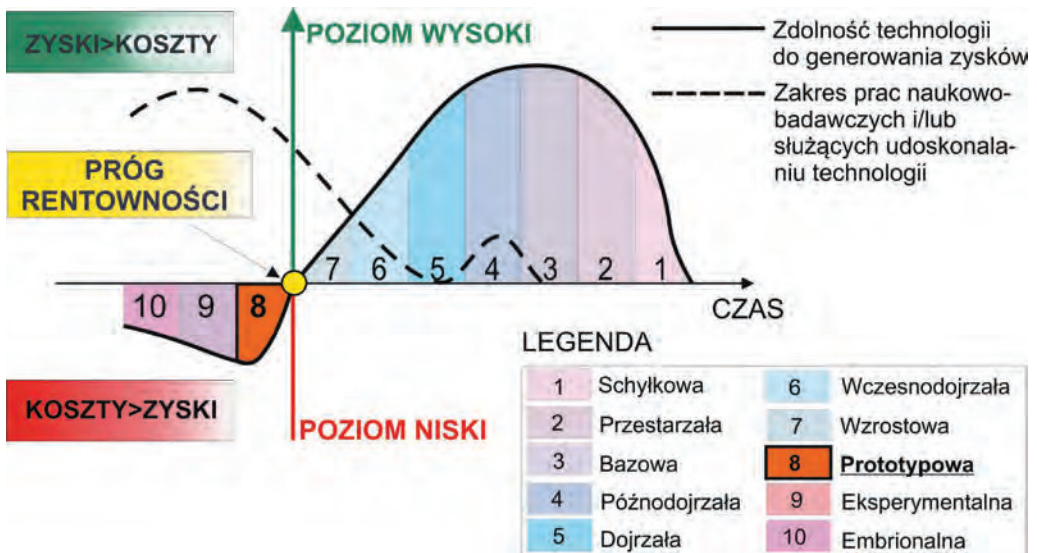
Symbol obszaru tematycznego: **M5**

Symbol grupy technologii: **H_{M5}**

Numer katalogowy: **M5-08**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Nanoszenie powłok z pamięcią kształtu**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Shape-memory coatings deposition**



Rysunek 4.118. Aktualna faza cyklu życia nanoszenia powłok z pamięcią kształtu



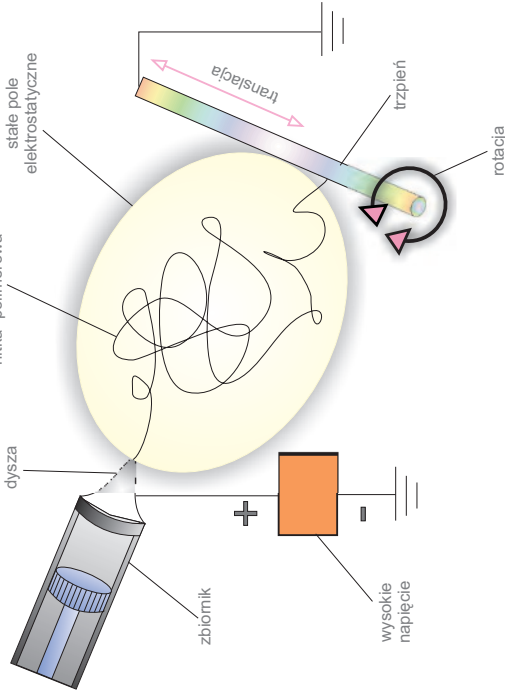
Rysunek 4.119. Perspektywy rozwojowe nanoszenia powłok z pamięcią kształtu

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Nanoszenie powłok z pamięcią kształtu		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie polimerowych warstw wierzchnich		M5-08/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Intervaly czasowe		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Zrównoważony rozwój	
Dlaczego?		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu	
Strategia dla technologii		Deszczowa jesień		Strategia cyfryzacji jesienia: Umocnić pozycję i potencjał technologii. Maksymalnie wykorzystywać stabilne, przewidywalne otoczenie dla realizacji produkcji z użyciem atrakcyjnej technologii, wzmacniając równocześnie jej potencjał.	
Oddziaływanie otoczenia		Strzelisty cyprys		Strategia cyfryzacji jesienia: Umocnić pozycję i potencjał technologii. Maksymalnie wykorzystywać stabilne, przewidywalne otoczenie dla realizacji produkcji z użyciem atrakcyjnej technologii, wzmacniając równocześnie jej potencjał.	
Wartość technologii		Strategia cyfryzacji jesienia: Umocnić pozycję i potencjał technologii. Maksymalnie wykorzystywać stabilne, przewidywalne otoczenie dla realizacji produkcji z użyciem atrakcyjnej technologii, wzmacniając równocześnie jej potencjał.		Strategia cyfryzacji jesienia: Umocnić pozycję i potencjał technologii. Maksymalnie wykorzystywać stabilne, przewidywalne otoczenie dla realizacji produkcji z użyciem atrakcyjnej technologii, wzmacniając równocześnie jej potencjał.	
Produkt		Wykłady rurociągów, aparatura medyczna; narzędzia; izolacja kabli; standy; łączniki; inne elementy elektryczne; elementy samochodów, okrętów, samolotów i rakiet; inteligentne szwy chirurgiczne; opakowania		Wykłady rurociągów, aparatura medyczna; narzędzia; izolacja kabli; standy; łączniki; inne elementy elektryczne; elementy samochodów, okrętów, samolotów i rakiet; inteligentne szwy chirurgiczne; opakowania	
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Umiaarkowana (6)		Umiaarkowana (6)	
Podłoże		Stale; metale; stopy metali; polimery; szkliwo; beton; powierzchnie elastyczne i gumowe		Stale; metale; stopy metali; polimery; szkliwo; beton; powierzchnie elastyczne i gumowe	
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		Nanoszenie powłok antykorozyjnych, izolacyjnych, fluorocelastomerowych opartych na połączeniu elastomeru i teflonu, odpornych na działanie związków chemicznych i wibracje, wytrzymałych udarowo		Nanoszenie powłok antykorozyjnych, izolacyjnych, fluorocelastomerowych opartych na połączeniu elastomeru i teflonu, odpornych na działanie związków chemicznych i wibracje, wytrzymałych udarowo	
Polepszone własności materiału		Odporność na korozję; niezwiżlialność; pamięć nadanych cech; odporność chemiczna; odporność na wibracje, wytrzymałość udarowa; odporność na zarysowania		Odporność na korozję; niezwiżlialność; pamięć nadanych cech; odporność chemiczna; odporność na wibracje, wytrzymałość udarowa; odporność na zarysowania	
Aparatura naukowo-badawcza		Mikroskop sił atomowych (AFM) i skaningowy elektronowy (SEM); spektrometr; chromatograf; maszyny wytrzymałościowe; aparat Dynstat; mtot Charpy'ego; twardościomierze ze skalą Shore'a; aparat Schoppera; aparat Grasselli; aparat Tabera; nóż do badań przyczepności; grubościomierze, w tym: radioizotopowe i ultradźwiękowe; testomierz; tester zużycia adhezyjnego		Mikroskop sił atomowych (AFM) i skaningowy elektronowy (SEM); spektrometr; chromatograf; maszyny wytrzymałościowe; aparat Dynstat; mtot Charpy'ego; twardościomierze ze skalą Shore'a; aparat Schoppera; aparat Grasselli; aparat Tabera; nóż do badań przyczepności; grubościomierze, w tym: radioizotopowe i ultradźwiękowe; testomierz; tester zużycia adhezyjnego	
Technologia		Nanoszenie powłok z pamięcią kształtu		Nanoszenie powłok z pamięcią kształtu	
Faza cyklu życia		Wzrostowa (7)		Wzrostowa (7)	
Typ produkcji		Jednostkowa i małoseryjna		Jednostkowa i małoseryjna	
Forma organizacji produkcji		Niepotokowa w gniazdach i na linii		Niepotokowa w gniazdach i na linii; potokowa asynchroniczna	
Nowoczesność parku maszynowego		Dość wysoka (7)		Dość wysoka (7)	
Automatyzacja i robotyzacja		Umiaarkowana (6)		Umiaarkowana (6)	
Jakość i niezawodność		Średnia (5)		Średnia (5)	
Proekologiczność		Wysoka (8)		Dość wysoka (7)	
Rodzaj organizacji		Uczelnie; INB; OW; TP; duże przedsiębiorstwa		INB; uczelnie; duże przedsiębiorstwa; Sp. JV; OW; TP	
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Budowlany (obiekty inżynierii wodnej); medyczny; narzędziowy; elektryczny; lotniczy; obronny; motoryzacyjny; lotniczy; militarny; opakowaniowy		Budowlany (obiekty inżynierii wodnej); medyczny; narzędziowy; elektryczny; lotniczy; obronny; motoryzacyjny; lotniczy; militarny; opakowaniowy	
Poziom edukacji personelu		Wysoki (8)		Dość wysoki (7)	
Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej		Wysokie (8)		Wysokie (8)	
Wymagania kapitałowe		Umiaarkowane (6)		Dość wysokie (7)	
Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność		Umiaarkowana (6)		Umiaarkowana (6)	
Wartość produkcji w kraju		Niska (3)		Dość niska (4)	

LEGENDA: ---> Związki przyczynowo-skutkowe ---> Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe ---> Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Powłoki z pamięcią kształtu	Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego		Obszar tematyczny	Technologie polimerowych warstw wierzchnich	M5-08/2010-12
<p>Najbardziej rozpowszechnioną metodą wytwarzania powłok z pamięcią kształtu jest wykorzystanie wytaczanych foli termokurczliwych. Folie z materiałów polimerowych rozciąga się jednoosowo, tzw. orientacja jednoosowa lub dwuosowa, tzw. orientacja dwuosowa. Rozciąganie odbywa się w podwyższonej temperaturze, poniżej temperatury mięknienia. Na skutek rozciągania zostaje zaburzona pierwotna struktura uprzywilejowanego ułożenia łańcuchów polimerowych wynikająca z procesów przetworstwa. Najczęściej procesem tym jest proces wytłaczania. Dostarczenie energii do takiego materiału polimerowego umożliwia powrót łańcuchów polimerowych do pierwotnego ułożenia. Folie orientowane, po podgrzaniu, obkurczają się w kierunku orientacji. Własność ta wykorzystywana jest do tworzenia powłok. Szczególnie często wykorzystywane są folie reżawowe do tworzenia zewnętrznych lub wewnętrznych powłok na rurach.</p>			<p>Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału</p> <p>Pamięć pierwotnie nadanych cech</p> <p>Biokompatybilność</p> <p>Ultraczyść</p> <p>Biodegradowalność</p> <p>Specjalne własności optyczne</p> <p>Brak kruchości</p> <p>Samoodnawialność</p> <p>Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury</p> <p>Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia</p>	<p>Poziom</p> <p>Bardzo wysoki (9)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Średni (5)</p> <p>Średni (5)</p> <p>Średni (5)</p> <p>Poziom</p>
<p>Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża</p> <p>X jednowarstwowa wielofazowa</p> <p>X wielowarstwowa X gradientowa</p> <p>X amorficzna nanokrystaliczna</p> <p>multivarstwowa (>100 warstw) X kompozytowa X hybrydowa</p> <p>przemiany fazowe powierzchni zmiany składu chemicznego procesy fizyczne na powierzchni podłoża</p> <p>Szczególnie własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów</p>			<p>Zużycie odkształceniowe</p> <p>Zużycie ciepłe</p> <p>Starzenie polimerowych warstw wierzchnich</p> <p>Koroza równomierna</p> <p>Koroza lokalna i wżerowa</p> <p>Zużycie abrazyjne</p> <p>Zużycie adhezyjne</p> <p>Kawitacja</p> <p>Sekcje przemyślu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii</p>	<p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Niski (3)</p> <p>Niski (3)</p> <p>Niski (3)</p> <p>Poziom</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Niski (3)</p> <p>Niski (3)</p> <p>Bardzo niski (2)</p> <p>Bardzo niski (2)</p> <p>Minimalny (1)</p> <p>Minimalny (1)</p> <p>Minimalny (1)</p> <p>Poziom</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarkowany (6)</p> <p>Prototypowa (8)</p> <p>Dość wysokie (7)</p>
<p>Zalety</p> <p>Łatwość aplikacji powłoki, powłoka obtacza przedmiot i zastęga na produkcie oddając jego kształt – stąd brak konieczności specjalnych procesów przygotowawczych powierzchni</p> <p>Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań</p> <p>Nanoszenie powłok antykorozyjnych, izolacyjnych, fluoroplastomerowych, odpornych na działanie związków chemicznych i wibracje, wytrzymałych udarowo, głównie jako wykładziny rurociągów, izolacja kabli, elementy samochodów, okrętów, samolotów i raket, inteligentne biokompatybilne i biodegradowalne szwy chirurgiczne.</p> <p>Technologie zastępcze/alternatywne</p> <p>Wytłaczanie materiałów polimerowych bezpośrednio na przedmioty, tzw. wytłaczanie powlekające. Nanoszenie fluidyzacyjne powłok.</p> <p>Rekomendowane źródła literaturowe</p> <p>1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.</p> <p>2 M. Zenkiewicz, Adheza i modyfikowanie warstwy wierzchniej tworzyw wielocząsteczkowych, WNT, Warszawa, 2000.</p> <p>3 Leng Jinsong, Lan Xin, Liu Yanju, Du Shanyi, Shape-memory polymers and their composites: Stimulus methods and applications, Progress in Materials Science 56/7 (2011) 1077-1135.</p>			<p>Wady</p> <p>Skomplikowana metoda wytworzenia materiału powłokowego wymagająca zastosowania linii technologicznej wytłaczania oraz orientacji łańcuchów polimerowych</p>	

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Powłoki z pamięcią kształtu	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Technologie polimerowych warstw wierzchnich	M5-08/2010-12
Opis przebiegu procesu technologicznego			
<p>Polimerowe powłoki z pamięcią kształtu wytwarzane są w procesie wytłaczania z tworzyw termoplastycznych. Podczas przepływu cząstek polimerowych przez układ uplastyczniający oraz głowicę, następuje uporządkowanie łańcuchów polimeru w kierunku przepływu. Folie z materiałów polimerowych rozciąga się, intensyfikując te zjawisko (w podwyższonej temperaturze, poniżej temperatury mięknięcia). Podczas jednostopniowego rozdmuchiwania rury tworzywo jest orientowane dwuosiowo, jednak procesowi rozciągania ulega tylko opuszczające głowicę tworzywo. Występuje tu orientacja molekularna, jednak zmiany są nieduże w porównaniu ze zwiększeniem tych własności w przypadku folii uzyskanych w procesie wytłaczania z dwustopniowym rozdmuchiwaniem. Innym przykładem są linie do wytwarzania folii z zastosowaniem głowicy szczelinowej. Kalendra, a także z użyciem łańcuchów obiegowych z zaciskami do orientacji bocznej folii. Po orientacji ochładza się folię do temperatury pokojowej. Popularne polimerowe powłoki z pamięcią kształtu aplikuje się następująco: na oczyszczony z luźnych cząstek przedmiot nakładany jest rękaw z folii orientowanej. Po ułożeniu rękawa ogrzewa się go najczściej strumieniem gorącego powietrza. Rękaw się kurczy, oddając kształt przedmiotowi. Po obciążeniu folii na przedmiocie proces się przerywa i pozwala się ostygnąć materiałowi powłoki.</p>			
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do
Temperatura	zależne od materiału powłokowego		
Ciśnienie	zależne od materiału powłokowego		
Warunki prądowo-napięciowe	V	Hz	240 50 400 60
Czas	zależne od materiału powłokowego		
Środowisko/atmosfera	aplikacja z użyciem gorącego powietrza		
Specyficzne warunki realizacji procesu	przy samej aplikacji powłoki – konieczność dostarczenia energii cieplnej		
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Metoda nie wymaga specjalnie przygotowania podłoża. Przy zastąpieniu na przedmiocie o skomplikowanym kształcie – oddaje jego kształt, tworząc sztywną skorupę nie przytwierdzoną do podłoża.			
Typ/rodzaj urządzenia			
Do wytworzenia materiałów powłokowych konieczna jest linia wytłaczarska z linią orientacji.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Powłokę aplikuje się poprzez jej ogrzanie – najczęściej dmuchawą gorącego powietrza.			
Przykładowy schemat procesu nanoszenia powłok z pamięcią kształtu			



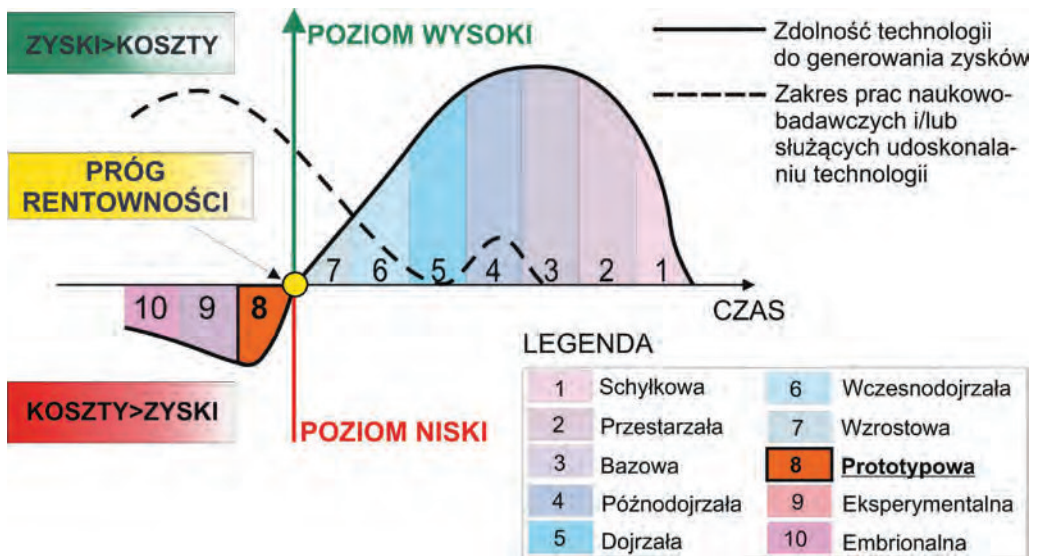
Symbol obszaru tematycznego: **M5**

Symbol grupy technologii: **I_{M5}**

Numer katalogowy: **M5-09**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Nanoszenie powłok samowykształcalnych na powierzchni polimerów**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Deposition of coatings self-stratifying on polymer surface layers**



Rysunek 4.120. Aktualna faza cyklu życia nanoszenia powłok samowykształcalnych na powierzchni polimerów



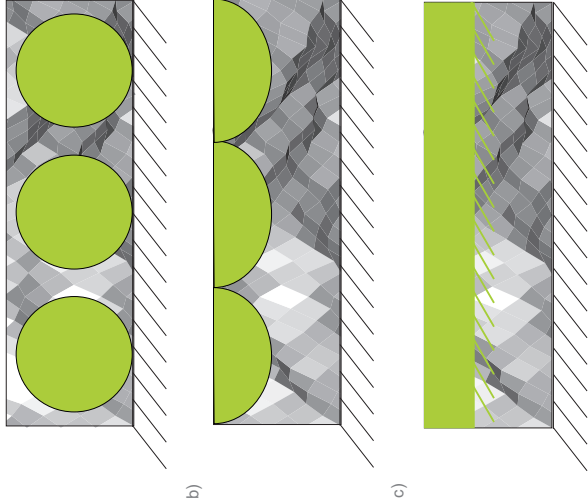
Rysunek 4.121. Perspektywy rozwojowe nanoszenia powłok samowykształcalnych na powierzchni polimerów

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Nanoszenie powłok samowykształcalnych na powierzchni polimerów	Nr katalogowy
Kiedy?		Obszar tematyczny		M5-09/2010-12
Dlaczego?		Technologie polimerowych warstw wierzchnich		
	Interwały czasowe	DZIŚ 2010-12	2020	2030
	Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze	Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej
		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Zrównoważony rozwój
		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji
	Strategia dla technologii	Strategia cyfryzacji przewidywane otoczenie	Strategia cyfryzacji przewidywane otoczenie	Strategia cyfryzacji przewidywane otoczenie
	Oddziaływanie otoczenia	Deszczowa jesień	Deszczowa jesień	Deszczowa jesień
	Wartości technologii	Strzelisty cyprys	Strzelisty cyprys	Strzelisty cyprys
	Produkt	Konstrukcyjne elementy polimerowe; narzędzia; implanty, części aparatury chemicznej, medycznej i samolotów, pianki strukturalne; amortyzatory; sprzęt i odzież sportowa	Konstrukcyjne elementy polimerowe; narzędzia; implanty, części aparatury chemicznej, medycznej i samolotów, pianki strukturalne; amortyzatory; sprzęt i odzież sportowa	Konstrukcyjne elementy polimerowe; narzędzia; implanty, części aparatury chemicznej, medycznej i samolotów, pianki strukturalne; amortyzatory; sprzęt i odzież sportowa
	Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji	Umiarkowana (6)	Umiarkowana (6)	Dość wysoka (7)
	Podłoże	Polimery	Polimery	Polimery
	Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża	Powłoki polietylenowe i polipropylenowe o własnościach antykorozyjnych, izolacyjnych, odpornych na działanie związków chemicznych i wibracje, wytrzymałych udarowo, o specjalnych własnościach optycznych (np. częściowo fluorescencyjne)	Powłoki polietylenowe i polipropylenowe o własnościach antykorozyjnych, izolacyjnych, odpornych na działanie związków chemicznych i wibracje, wytrzymałych udarowo, o specjalnych własnościach optycznych (np. częściowo fluorescencyjne)	Powłoki polietylenowe i polipropylenowe o własnościach antykorozyjnych, izolacyjnych, odpornych na działanie związków chemicznych i wibracje, wytrzymałych udarowo, o specjalnych własnościach optycznych (np. częściowo fluorescencyjne)
	Polepszone własności materiału	Biokompatybilność i biodegradowalność; samoodnawialność; pamięć pierwotnie nadanych cech; specjalne własności optyczne; niezwiązłość	Biokompatybilność i biodegradowalność; samoodnawialność; pamięć pierwotnie nadanych cech; specjalne własności optyczne; niezwiązłość	Biokompatybilność i biodegradowalność; samoodnawialność; pamięć pierwotnie nadanych cech; specjalne własności optyczne; niezwiązłość
	Aparatura naukowo-badawcza	Mikroskopy; sił atomowych (AFM) i skaningowy elektronowy (SEM); rentgenowski spektroskop fotoelektronowy (XPS); maszynny wytrzymałościowiec; aparat Dynalstat; młot Charpy'ego; twardościomierze ze skalą Shore'a; aparat Schoppera; aparat Grasselli; aparat Tabera; nóż do badań przyczepności; grubościomierze; w tym: radioizotopowe i ultradźwiękowe; testomierz; tester zużycia adhezyjnego	Mikroskopy; sił atomowych (AFM) i skaningowy elektronowy (SEM); rentgenowski spektroskop fotoelektronowy (XPS); maszynny wytrzymałościowiec; aparat Dynalstat; młot Charpy'ego; twardościomierze ze skalą Shore'a; aparat Schoppera; aparat Grasselli; aparat Tabera; nóż do badań przyczepności; grubościomierze; w tym: radioizotopowe i ultradźwiękowe; testomierz; tester zużycia adhezyjnego	Mikroskopy; sił atomowych (AFM) i skaningowy elektronowy (SEM); rentgenowski spektroskop fotoelektronowy (XPS); maszynny wytrzymałościowiec; aparat Dynalstat; młot Charpy'ego; twardościomierze ze skalą Shore'a; aparat Schoppera; aparat Grasselli; aparat Tabera; nóż do badań przyczepności; grubościomierze; w tym: radioizotopowe i ultradźwiękowe; testomierz; tester zużycia adhezyjnego
	Technologia	Nanoszenie powłok samowykształcalnych na powierzchni polimerów	Nanoszenie powłok samowykształcalnych na powierzchni polimerów	Nanoszenie powłok samowykształcalnych na powierzchni polimerów
	Faza cyklu życia	Eksperymentalna (9)	Eksperymentalna (9)	Eksperymentalna (9)
	Typ produkcji	Jednoskopowa	Jednoskopowa i małoseryjna	Mało-, średnio- i wielkoseryjna
	Forma organizacji produkcji i przedmiotowych	Niepotokowa w gniazdach technologicznych	Niepotokowa w gniazdach na linii	Niepotokowa na linii i w gniazdach automatyzowana
	Nowoczesność parku maszynowego	Umiarkowana (6)	Dość wysoka (7)	Dość wysoka (7)
	Automatyzacja i robotyzacja	Średnia (5)	Umiarkowana (6)	Umiarkowana (6)
	Jakość i niezawodność	Dość niska (4)	Średnia (5)	Umiarkowana (6)
	Proekologiczność	Dość wysoka (7)	Dość wysoka (7)	Dość wysoka (7)
	Rodzaj organizacji	Uczelnie; INB; OW; TP; duże przedsiębiorstwa	Uczelnie; INB; TP; O.W; duże przedsiębiorstwa; Sp. JV	Uczelnie; INB; TP; OW; duże przedsiębiorstwa; Sp. JV
	Reprezentowane gałęzie przemysłu	Budowlany; narzędziowy; medyczny; chemiczny; lotniczy; sportowy	Budowlany; narzędziowy; medyczny; chemiczny; lotniczy; sportowy	Budowlany; narzędziowy; medyczny; chemiczny; lotniczy; sportowy
	Poziom edukacji personelu	Wysoki (8)	Wysoki (8)	Wysoki (8)
	Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej	Bardzo wysokie (9)	Bardzo wysokie (9)	Bardzo wysokie (9)
	Wymagania kapitałowe	Dość wysokie (7)	Dość wysokie (7)	Umiarkowane (6)
	Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność	Dość niska (4)	Dość niska (4)	Średnia (5)
	Wartość produkcji w kraju	Bardzo niska (2)	Bardzo niska (2)	Niska (3)

LEGENDA: → Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwuierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Nanoszenie powłok samowysztaltalnych na powierzchni polimerów		Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Technologie polimerowych warstw wierzchnich		M5-09/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego				
Zagadnienie powłok samowysztaltalnych przede wszystkim dotyczy mieszanin polimerów (zww. blend, stopów polimerowych, compoundów), przy czym podstawowym warunkiem jest zastosowanie niekompatybilnych polimerów w mieszaninie. W takim układzie jest możliwe wydzielenie jednego polimeru na podłożu stanowiącym drugi materiał polimerowy. Takiego typu powłokę można wytworzyć na kilka sposobów: poprzez sedimentację niekompatybilnych polimerów, poprzez wykorzystanie różnic w wartości kąta zwilżania, poprzez różnicę w koagulacji, wykorzystanie efektu naprężenia powierzchniowego czy poprzez mechanizm wykorzystujący zdolność do koncentracji jednego z polimerów. Przedstawiona powyżej koncepcja wykorzystywana jest do wytwarzania powłok wielowarstwowych na podłożach z różnych materiałów. Nanoszenie płynnych samorozwarstwiających powłok, które po aplikacji tworzą układ dwóch spójnych warstw, zapewnia powstanie podkładu i warstwy wierzchniej w jednej operacji.				
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża				
	jednowarstwowa	X	wielofazowa amorficzna	Poziom
X	wielowarstwowa	X	gradientowa nanokrystaliczna	Dość wysoki (7)
	multiwarstwowa (>100 warstw)		kompozytowa hybrydowa	Dość wysoki (7)
	przemiany fazowe powierzchni podłoża		zmiana składu chemicznego procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Umiarkowany (6)
Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów				
X	mechaniczne		magnetyczne optyczne	Sredni (5)
X	chemiczne	X	dyfuzyjne termiczne	Sredni (5)
	elektryczne		hydromechaniczne akustyczne	Sredni (5)
Zalety				
Powstanie w jednej operacji warstwy podkładowej i warstwy wierzchniej. Wiązania między warstwami powłoki samowysztaltalnej powinny być silniejsze niż między warstwami zwykłej farby.		Wady		
Technologia wiąże eksperymentalna. W metodzie pojawia się problem skupisk pigmentu zarówno w warstwie „podłoża” jak i „powłoki”, który nie został w pełni rozwiązany i wymaga dalszych badań.				
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe/lub obszary zastosowań				
Nanoszenie powłok polietylenowych i polipropylenowych na elementy konstrukcyjne polimerowe, narzędzia, implanty, części aparatury chemicznej, medycznej i samochodów. Zastosowanie jako pianki strukturalne i elementy amortyzujące. Biokompatybilne i biodegradowalne. Prognozowany rozwój wtryskiwania pulsacyjnego.				
Technologie zastępcze/alternatywne				
Techniki malarskie; plomieniowe nanoszenie powłok; malowanie proszkowe; nanoszenie fluidyzacyjne lub fluidyzacyjno-elektrostatyczne.				
Rekomendowane źródła literatury				
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.			
2	H.J. Saechtling, Tworzywa sztuczne. Poradnik, WNT, Warszawa, 2000.			
3	E. Langer, H. Kuczyńska, E. Kamińska-Tarnawska, J. Łukaszczyk, Self-stratifying coatings containing barrier and active anticorrosive pigments, Progress in Organic Coatings 71 (2011) 162-166.			
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału				
Biokompatybilność				Dość wysoki (7)
Samoodnawialność				Dość wysoki (7)
Biodegradowalność				Umiarkowany (6)
Specjalne własności optyczne				Umiarkowany (6)
Brak kruchości				Umiarkowany (6)
Niezwilżalność				Umiarkowany (6)
Ultraczystość				Umiarkowany (6)
Pamięć pierwotnie nadanych cech				Sredni (5)
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia				
Koroza naprężeniowa i zmęczenia				Umiarkowany (6)
Koroza lokalna i wżerowa				Sredni (5)
Zużycie odkształceniowe				Sredni (5)
Eroza				Sredni (5)
Starzenie polimerowych warstw wierzchnich				Sredni (5)
Spalling				Sredni (5)
Zużycie adhezyjne				Sredni (5)
Ablacja				Sredni (5)
Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii				
M 72				Wysoki (8)
C 20				Niski (3)
C 22				Niski (3)
C 23				Bardzo niski (2)
C 32				Bardzo niski (2)
C 13				Minimalny (1)
C 26				Minimalny (1)
C 27				Minimalny (1)
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii				
Dynamika molekularna				Dość wysoki (7)
Modelowanie wieloskalowe				Dość wysoki (7)
Metody Monte Carlo				Dość wysoki (7)
Algorytmy genetyczne				Umiarkowany (6)
Modelowanie matematyczne				Umiarkowany (6)
Aktualna faza cyklu życia technologii				Prototypowa (8)
Perspektywy rozwoju				Dość wysokie (7)

<p>KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII</p>	<p>Nazwa technologii Obszar tematyczny</p>	<p>Nanoszenie powłok samowykształcalnych na powierzchni polimerów Technologie polimerowych warstw wierzchnich</p>	<p>Nr katalogowy M5-09/2010-12</p>
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p>			
<p>Rozwarstwianie, czyli podział układu lakierowego na warstwę górną i dolną, różni się od separacji fazowej i można go określić jako strukturalną przemianę już istniejących rozseparowanych faz. Proces ten zachodzi, gdy zostaną spełnione dwa warunki: – istnienie ciekłego heterofazowego układu polimerowego, zwłaszcza fazowo rozdzielonego roztworu mieszaniny niekompatybilnych polimerów, – występowanie odpowiednich sił napędzających i umożliwiających selektywne ukierunkowanie co najmniej jednej fazy do powierzchni, lub ku dolowi aplikowanej warstwy. Materiał polimerowy może tworzyć warstwę: – samoistnie, podczas powstawania powłoki; – pod wpływem zmiany warunków cieplnych, gdy powłokę ogrzewa się powyżej temperatury topnienia obydwu polimerów. Rozwarstwianie nalożonej ciekłej heterofazowej substancji powodują co najmniej dwa rodzaje sił działających z zewnątrz lub wewnątrz układu. Siłami zewnętrznymi mogą być kontrolowane siły elektryczne, magnetyczne, siła odśrodkowa oraz niekontrolowana siła grawitacji. Stosowanie ich wymaga szczególnych warunków, natomiast pod działaniem siły grawitacji rozwarstwieniu ulega każda mieszanina dwóch niekompatybilnych polimerów o różnej gęstości, nalożonych na powierzchnie poziome, znajdujących się w temperaturze wyższej od ich temperatury topnienia materiałów polimerowych heterofazowej mieszanki.</p>			
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>			
<p>Standardowy zakres parametru procesu</p>	<p>jednostka</p>	<p>od</p>	<p>do</p>
<p>Temperatura</p>	<p>powyżej temperatury topnienia polimeru</p>		
<p>Ciśnienie</p>	<p>zależne od materiału powłokowego</p>		
<p>Warunki prądowo-napięciowe</p>	<p>zależne od materiału powłokowego</p>		
<p>Czas</p>	<p>zależne od materiału powłokowego</p>		
<p>Środowisko/atmosfera</p>	<p>typowe dla procesów malarskich – atmosfera o ograniczonej wilgotności</p>		
<p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p>	<p>zależnie od techniki wykształcenia warstw</p>		
<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p>	<p>Wszystkie znane metody czyszczenia i taktacji powierzchni polimerowych.</p>		
<p>Typ/rodzaj urządzenia</p>			
<p>Zależny od metody wytwarzania powłoki: aplikatory lakiernicze; generatory sił magnetycznych; wirówki; wtryskarki.</p>			
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p>			
<p>Zależne od metody wytwarzania powłoki np. przy wtryskiwaniu – dysze wspomagane hydraulicznie w celu wytworzenia pulsacji.</p>			
<p>Etapy powstawania powłoki samowykształcalnej</p>			



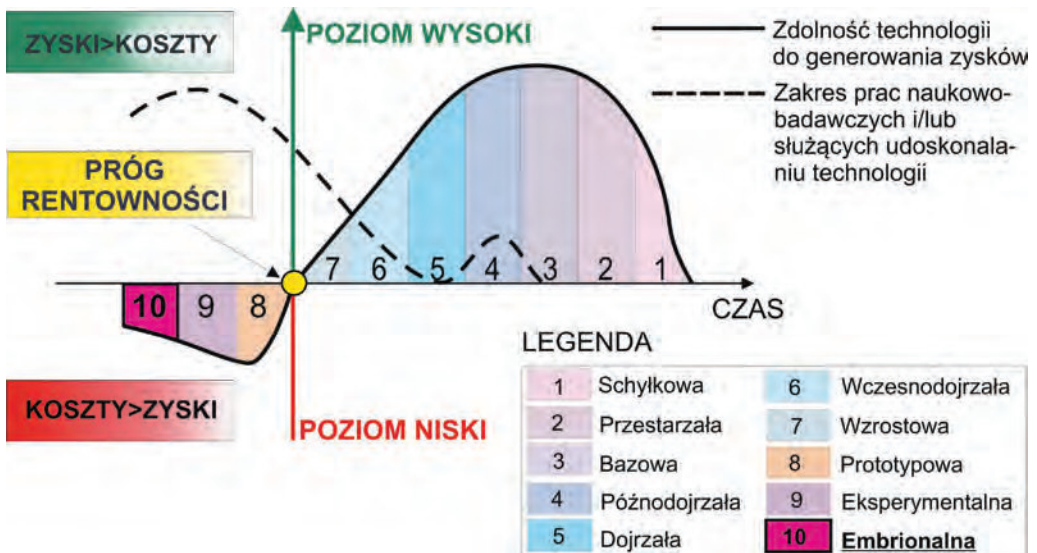
Symbol obszaru tematycznego: **M5**

Symbol grupy technologii: **J_{M5}**

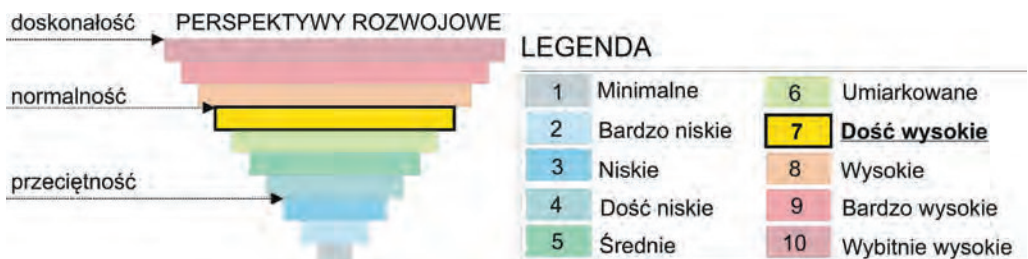
Numer katalogowy: **M5-10**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Nanoszenie powłok biokompatybilnych**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Biocompatible coatings deposition**



Rysunek 4.122. Aktualna faza cyklu życia nanoszenia powłok biokompatybilnych



Rysunek 4.123. Perspektywy rozwojowe nanoszenia powłok biokompatybilnych

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Nanoszenie powłok biokompatybilnych		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie polimerowych warstw wierzchnich		M5-10/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Intervaly czasowe		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Zrównoważony rozwój	
Dlaczego?		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu	
Strategia dla technologii		Strategia cyfryzacji		Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji	
Oddziaływanie otoczenia		Wzmacnianie i doinwestować atrakcyjną technologię, wykorzystującą dobrą koniunkturę na rynku.		Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	
Wartości technologii		Strzelisty cyprys		Wysoka (8)	
Produkt		Aparatura medyczna; konstrukcje polimerowe, drewniane i metalowe; kapsułki tzw. uwalnianie leków; implanty i wszczepy; elementy elektroniczne		Bardzo wysoka (9)	
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Dość wysoka (7)		Wysoka (8)	
Podłoże		Metale i ich stopy; polimery; szkliwo		Bardzo wysoka (9)	
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		Powłoki z polimerów, metali i ich stopów, ceramiki, materiałów węglowych, biokompozytów i komórek ludzkich o wyjątkowej biokompatybilności		Bardzo wysoka (9)	
Polepszone własności materiału		Biokompatybilność i biodegradowalność; ultraczyść; termoplastyczność; odnawialność, samoregeneracja		Bardzo wysoka (9)	
Aparatura naukowo-badawcza		Mikroskopy; elektrony transmisyjny (TEM), sił atomowych (AFM) oraz skaningowy elektrony (SEM); spektroskop; mas jonów wórnych (SIMS) i elektronów Augera; dyfraktometr rentgenowski (XRD); diagnostyka in vitro; spektrometr ramanowski i elipsometr spektralny (dla monitorowania syntezy innowacyjnych materiałów); grubościomierze; tester zużycia adhezyjnego		Bardzo wysoka (9)	
Technologia		Nanoszenie powłok biokompatybilnych		Jednostkowa; mało- i średnioseryjna	
Faza cyklu życia		Prototypowa (8)		Wielko- i średnioseryjna	
Typ produkcji		Jednostkowa		Wielko- i średnioseryjna	
Forma organizacji produkcji		Niepotokowa w gniazdach przedmiotowych i technologicznych		Niepotokowa w gniazdach i na linii	
Nowoczesność parku maszynowego		Wysoka (8)		Bardzo wysoka (9)	
Automatyzacja i robotyzacja		Średnia (5)		Umiarowana (6)	
Jakość i niezawodność		Dość wysoka (7)		Dość wysoka (7)	
Proekologiczność		Bardzo wysoka (9)		Bardzo wysoka (9)	
Rodzaj organizacji		Uczelnie; INB; TP; OW; duże przedsiębiorstwa; SP, JV		Uczelnie; INB; TP; OW; duże i średnie przedsiębiorstwa; SP, JV	
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Medyczny; budowlany; farmaceutyczny; elektryczny		Uczelnie; INB; TP; OW; duże i średnie przedsiębiorstwa; SP, JV	
Poziom edukacji personelu		Wysokie (8)		Wysokie (8)	
Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej		Wysokie (10)		Wysokie (10)	
Wymagania kapitałowe		Wysokie (8)		Wysokie (8)	
Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność		Umiarowana (6)		Umiarowana (6)	
Wartość produkcji w kraju		Niska (3)		Dość niska (3)	

LEGENDA: → Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwuierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Nanoszenie powłok biokompatybilnych	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Technologie polimerowych warstw wierzchnich	M5-10/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			Poziom
Powłoki biokompatybilne. W przypadku, gdy wymagany jest produkt do bezpośredniego kontaktu z krwią lub tkankami pod uwagę brane następujące właściwości – głównie biouzgodność z krwią, a zwłaszcza antytrombogenicność. Trombogenicność powierzchni biomateriału, która styka się z krwią, uzależniona jest przede wszystkim od zdolności do uruchomienia czynnika aktywacji mechanizmu osoczonego krzepnięcia przez odsłonięty kolagen. Innymi słowami materiał stykający się z krwią nie mogą powodować jej krzepnięcia, może to prowadzić do powstania zakrzepów żylnych, a w konsekwencji do śmierci pacjenta. Tworzywa polimerowe do kontaktu z krwią można podzielić na dwie główne grupy: biomateriały konstrukcyjne, które nie indukują procesu krzepnięcia krwi oraz biomateriały antytrombogeniczne, które nie są polimerami konstrukcyjnymi, lecz stanowią powłoki osadzone na podłożu biopolimerów konstrukcyjnych. Zapobiegają tworzeniu się zakrzepów poprzez wytworzenie inhibitorów kaskadowych procesu krzepnięcia krwi.		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane właściwości materiału Biokompatybilność Wybitnie wysoki (10) Wysoki (8) Ultraczyistość Odporność na ścieranie Odporność na erozję Odporność zmechanowania Brak kruchości Porowatość Twardość	
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			Poziom
X	jednowarstwowa	wielofazowa	Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia
	wielowarstwowa	gradientowa	Zużycie abrazyjne
	multiwarstwowa (>100 warstw)	kompozytowa	Spalling
	przemiany fazowe powierzchni podłoża	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	Fretting
	Specyficzne właściwości powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów		Zużycie ściernie
	mechaniczne	magnetyczne	Zużycie adhezyjne
	chemiczne	dyfuzyjne	Zużycie oparte o efekt Rebindera
	elektryczne	hydromechaniczne	Zużycie odkształceniowe
	Zalety	Wady	Scuffing
	Możliwość stosowania materiałów o ograniczonej biouzgodności poprzez pokrycie ich powłoką biokompatybilną i w ten sposób uzyskanie zgodności z organizmem żywym.	Duże wymagania co do czystości i jakości procesu.	Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii
	Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań		M 72
	Wytwarzanie powłok z polimerów, metali i ich stopów, ceramiki, materiałów węglowych, biokompozytów i komórek ludzkich o wyjątkowej biokompatybilności. Rozwój polimerizacji in situ zapoczątkowanej samoorganizowaniem się monowarstw (SAM) i przyłączenia polimerów biouzgodnych w reakcji z hydrożelami w obecności UV.		C 22
	Technologie zastępcze/alternatywne		C 13
	Wytwarzanie produktów monolitycznych z materiałów biouzgodnych.		C 15
	Rekomendowane źródła literatury		C 14
	1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		C 20
	2 J. Marciniak, Biomateriały, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2002.		C 28
	3 H.T. Swee, Engineering Materials for Biomedical Applications, World Scientific, 2004.		C 32
			Minimalny (1)
			Minimalny (1)
			Poziom
			Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego, w odniesieniu do technologii
			Modelowanie wieloskalowe
			Wysoki (8)
			Dość wysoki (7)
			Dość wysoki (7)
			Umiarkowany (6)
			Umiarkowany (6)
			Umiarkowany (6)
			Embrionalna (10)
			Dość wysokie (7)

<p>KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII</p>	<p>Nazwa technologii Obszar tematyczny</p>	<p>Nanoszenie powłok biokompatybilnych Technologie polimerowych warstw wierzchnich</p>	<p>Nr katalogowy M5-10/2010-12</p>
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p>			
<p>Najbardziej rozpowszechnionym w przemyśle medycznym materiałem biokompatybilnym jest polichlorek winylu (PVC). Znajduje zastosowanie jako materiał powłokowy specyficznych elementów (które nie mogły być wykonane PVC), mających kontakt z krwią. Powłoki z PVC mogą być nanoszone metodą zanurzeniową lub napyłaniem pneumatycznym. Inną metodą aplikacji biogodnych powłok jest wytworzenie monowarstw polimerowych metodą samoporzadkujących się warstw (ang. self assembly monolayers – SAM). SAM to dokładnie supra-molekularne, samozasociowane warstwy cząsteczek przywiązanych do stałego podłoża, za pośrednictwem wiązania chemicznego (chemisorpcja) pomogliu podłożem a odpowiednią, kompatybilną grupą funkcyjną cząsteczki monowarstwy. Metoda ta jest wykorzystywana do zapoczątkowania polimerizacji in situ na powierzchni produktu. Technika ta wymaga obecności reaktywnej powierzchni, do której cząsteczka może się wiązać. W wielu przypadkach reaktywność chemiczna powierzchni może być niewystarczająca. Nowy trend aplikacji powłok polimerowych bazuje na procesach fotochemicznych, zachodzących w polimerach zawierających grupę benzoftenonową. Za pomocą zachodzących pod wpływem światła UV procesów, wytwarzana jest monowarstwa polimeru, którą mogą być pokrywane podłoża biologiczne bądź materiały polimerowe do zastosowań medycznych.</p>			
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do
Temperatura	zależne od procesu i materiału		
Ciśnienie	zależne od procesu i materiału		
Warunki prądowo-napięciowe	zależne od procesu i materiału		
Czas	zależne od procesu i materiału		
Środowisko/atmosfera	środowisko antybakteryjne		
Specyficzne warunki realizacji procesu	wymagane środowisko aplikacji powłok		
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża	Zazwyczaj: specyficzna aktywacja chemiczna podłoża. Wymagana wysoka czystość podłoża.		
Typ/rodzaj urządzenia	Reaktory polimerizacji.		
Specyficzne oprzyrządowanie	Szklto laboratoryjne.		
<p>Przykładowy schemat nanoszenia powłok biokompatybilnych. Osadzanie biokompatybilnego materiału polimerowego z użyciem hydrożeli i z udziałem promieniowania ultrafioletowego</p>			

4.6. Perspektywy rozwojowe technologii nanostrukturalnych warstw wierzchnich

W niniejszym podrozdziale zamieszczono wyniki prac własnych, z których część – w postaci Kart Informacyjnych Technologii (KIT) – sporządzono we współpracy z Mirosławą Pawlytą i Bogusławem Ziębowiczem. Powłoki o strukturze nanokrystalicznej, zwiększonej odporności korozyjnej, wysokiej twardości i odporności na ścieranie, otrzymywane w wyniku osadzania cząstek lub atomów stanowią jedną z czterech grup materiałów nanostrukturalnych, obejmujących ponadto materiały masywne, materiały otrzymywane przez generowanie dużej liczby defektów struktury krystalicznej oraz materiały otrzymywane jako izolowane cząstki nanometryczne. Nanotechnologia, obejmująca procesy projektowania, badania, wytwarzania oraz zastosowania struktur, urządzeń oraz układów, poprzez kontrolę ich kształtu i rozmiaru w skali atomowej lub cząsteczkowej, wykazując co najmniej jeden wymiar o skali nanometrycznej, tj. 10^{-9} m, najczęściej 0,1-100 nm, obejmuje swym zasięgiem między innymi osiągnięcia fizyki, biologii i chemii. Nanotechnologia jest bardzo dynamicznie rozwijającą się dziedziną nauki, a ze względu na kluczowy wpływ na globalny poziom cywilizacyjny jej dalszy rozwój jest nieunikniony.

Analiza heurystyczna, przeprowadzona w odniesieniu do technologii krytycznych inżynierii powierzchni materiałów sklasyfikowanych jako technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich [3], wykazała, że wybitnie wysoką pozycję strategiczną (10 punktów) mają technologie: fizycznego osadzania z fazy gazowej nanometrycznych warstw powierzchniowych z użyciem wiązki jonowej (IBAD) E_{M6}^s (9,4; 9,1) i z użyciem wiązki elektronów (EB-PVD) D_{M6}^s (9,2; 8,6). W odniesieniu do tych wyjątkowo obiecujących technologii, które otrzymały maksymalną możliwą ocenę, należy zastosować strategię dębu wiosną, sprowadzającą się do ich rozwijania, umacniania i implementowania na szeroką skalę przemysłową, a ich przyszły sukces jest stuprocentowy. Bardzo wysoko (9 punktów) została oceniona obróbka powierzchniowa nanomateriałów J_{M6}^s (4,4; 9,0), a także osadzanie pojedynczych warstw atomowych (ALD) F_{M6}^s (4,9; 8,8). Pozycję strategiczną nakładania na warstwach wierzchnich powłok zawierających nanomateriały I_{M6}^s (4,7; 8,4) i elektronolitografii (EBL) B_{M6}^s (4,3; 8,0) oceniono natomiast wysoko (8 punktów). Grupy technologii J_{M6} , F_{M6} , I_{M6} znajdujące się w prototypowej fazie rozwoju, jak również wczesnodojrzała grupa B_{M6} , wymagają zastosowania strategii

cyprysa wiosną, która wskazuje konieczność prowadzenia dalszych prac naukowo-badawczych w celu doskonalenia i wzmacniania potencjału tych obiecujących młodych technologii, należy ponadto wykorzystywać liczne sposobności pojawiające się w bliższym i dalszym otoczeniu. Strategia dębu jesienią właściwa dla solidnych i atrakcyjnych technologii znajdujących się w neutralnym otoczeniu, zapewniająca przyszły sukces poprzez poszukiwanie nowych rynków, nowych grup klientów i nowych obszarów zastosowań, powinna być zastosowana dla chemicznego osadzania nanometrycznych warstw wierzchnich z fazy gazowej (CVD) C_{M6}^s (9,1; 5,1), które aktualnie weszło w późnodojrzałą fazę cyklu życia. Dość wysoką pozycję strategiczną (7 punktów) posiada reaktywne trawienie jonowe (RIE) A_{M6}^s (6,9; 4,3), a umiarkowaną (6 punktów) otrzymywanie nanometrycznych warstw powierzchniowych metodą zol-żel H_{M6}^s (6,9; 3,9), które znalazły się w polu kosodrzewiny jesienią, zatem producentom stosującym te technologie zaleca się bieżące czerpanie zysków, połączone z procesami uatrakcyjniania i promowania sprawdzonych dobrych technologii znajdujących się w neutralnym otoczeniu. Najślabszą pozycję, wśród poddanych analizie technologii nanostrukturalnych warstw wierzchnich, zajęło ich elektroosadzanie G_{M6}^s (6,4; 2,6) o średnich perspektywach rozwojowych (5 punktów). Przedsiębiorstwom stosującym tę najmniej obiecującą późnodojrzałą grupę technologii przyjdzie zatem w przyszłości opierać się licznym trudnościom płynącym z otoczenia, a antidotum na te problemy mogą stać się działania zmierzające do wzmocnienia atrakcyjności tej grupy technologii.

Sporządzone na podstawie wyników badań ankietowych zestawienia statyczne [3], wykorzystano do określenia prognozowanych trendów rozwojowych poszczególnych grup technologii nanostrukturalnych warstw wierzchnich. Wyniki analiz wskazują, że w ciągu najbliższych 20 lat należy się spodziewać wzrostu znaczenia fizycznego osadzania z fazy gazowej nanometrycznych warstw powierzchniowych z użyciem wiązki elektronów (EB-PVD) E_{M6} (80%) i z użyciem wiązki jonowej (IBAD) D_{M6} (60%), osadzania pojedynczych warstw atomowych (ALD) F_{M6} (80%), elektronolitografii (EBL) B_{M6} (70%), nakładania na warstwach wierzchnich powłok zawierających nanomateriały I_{M6} (70%), a także obróbki powierzchniowej nanomateriałów J_{M6} (60%). Spadek znaczenia będzie towarzyszył elektroosadzaniu nanometrycznych warstw powierzchniowych G_{M6} (50%), a znaczenie pozostałych technologii, na tle innych analizowanych, pozostanie najpewniej bez zmian.

Symbol pola badawczego: **M**

Symbol obszaru tematycznego: **M6**

Prezentowane podejście: **Procesowe**

Obszar tematyczny: **Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich**

Wykaz technologii krytycznych wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M6:

A_{M6} Reaktywne trawienie jonowe (RIE)

B_{M6} Elektronolitografia (EBL)

C_{M6} Chemiczne osadzanie nanometrycznych warstw wierzchnich z fazy gazowej (CVD)

D_{M6} Fizyczne osadzanie nanometrycznych warstw wierzchnich z wykorzystaniem wiązki jonowej (IBAD)

E_{M6} Fizyczne procesy osadzania próżniowego nanometrycznych warstw powierzchniowych z wykorzystaniem wiązki elektronów (EB-PVD)

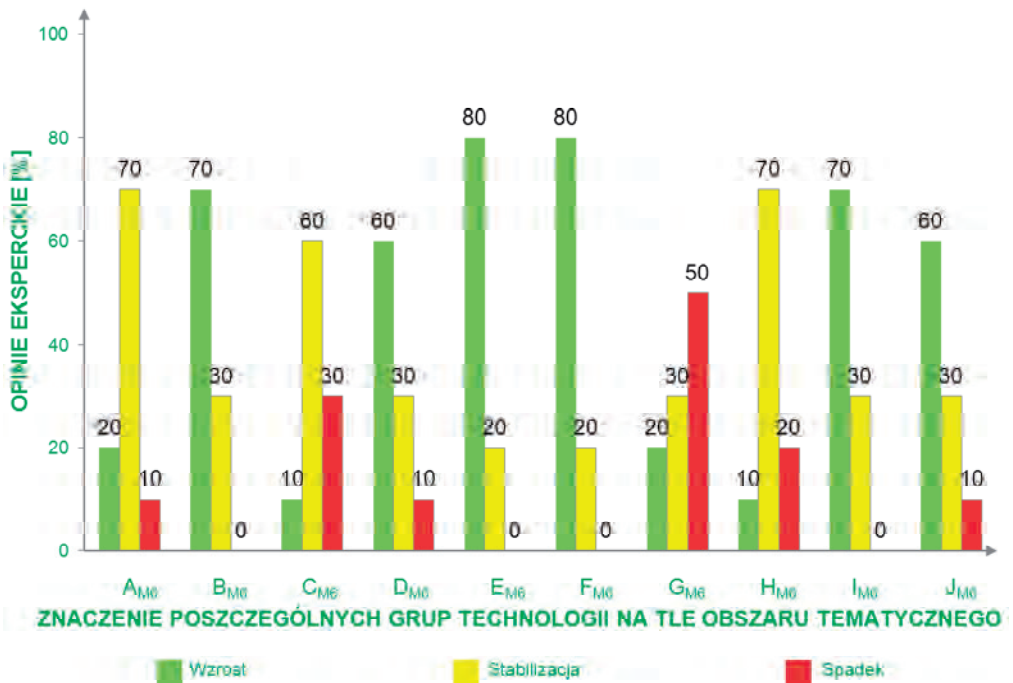
F_{M6} Osadzanie pojedynczych warstw atomowych (ALD)

G_{M6} Elektroosadzanie nanometrycznych warstw wierzchnich

H_{M6} Metoda zol-żel otrzymywania nanometrycznych warstw wierzchnich

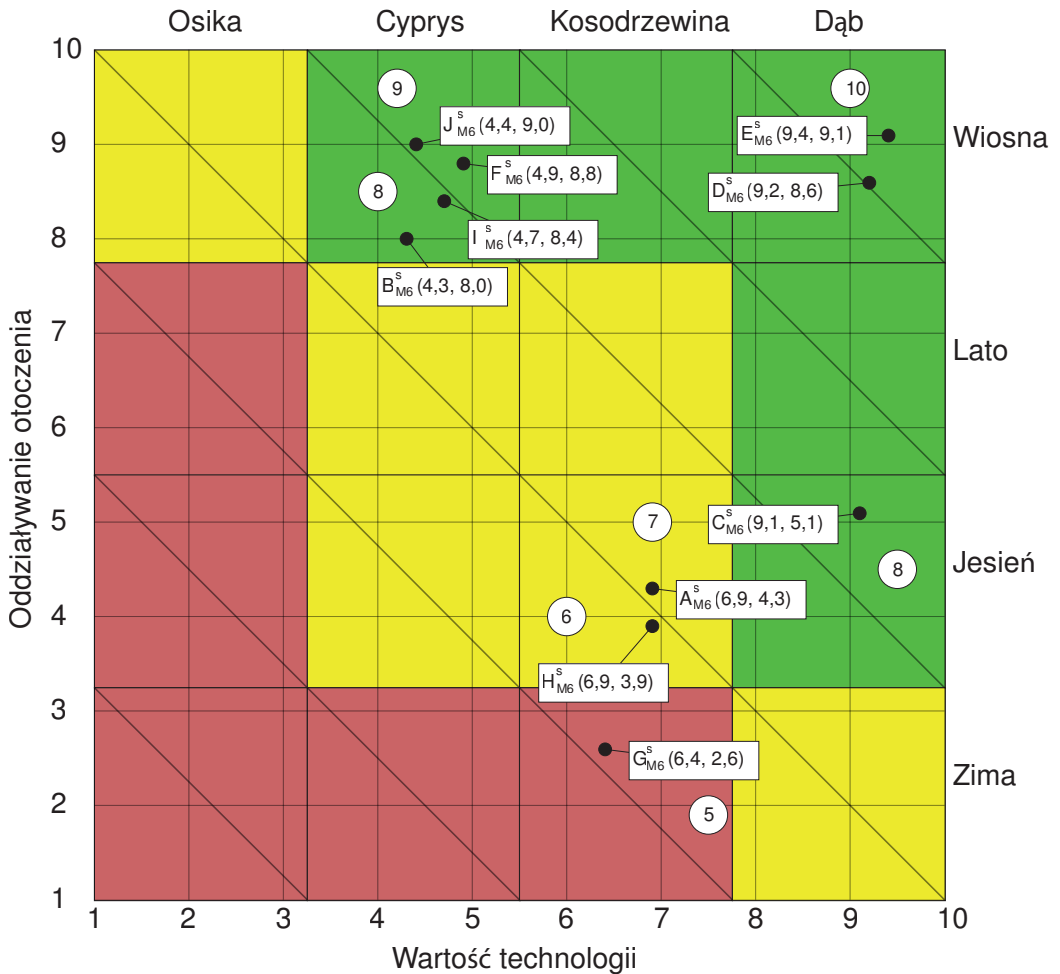
I_{M6} Nakładanie na warstwy wierzchnie powłok zawierających nanomateriały

J_{M6} Obróbka powierzchniowa nanomateriałów



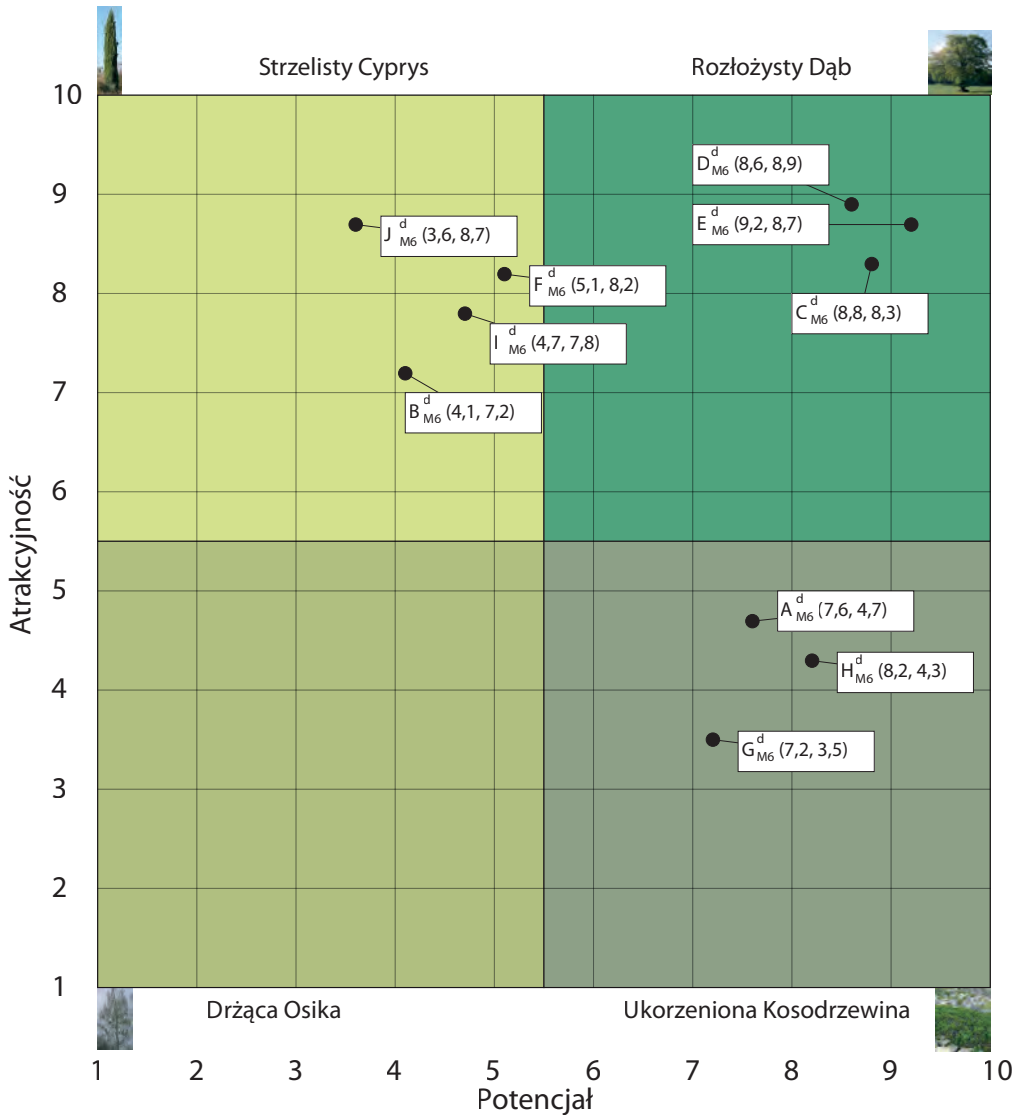
Rysunek 4.124. Prognozowane trendy zmian znaczenia poszczególnych grup technologii krytycznych na tle obszaru tematycznego M6: Technologie nanometrycznych warstw wierzchnich

MACIERZ M6-S



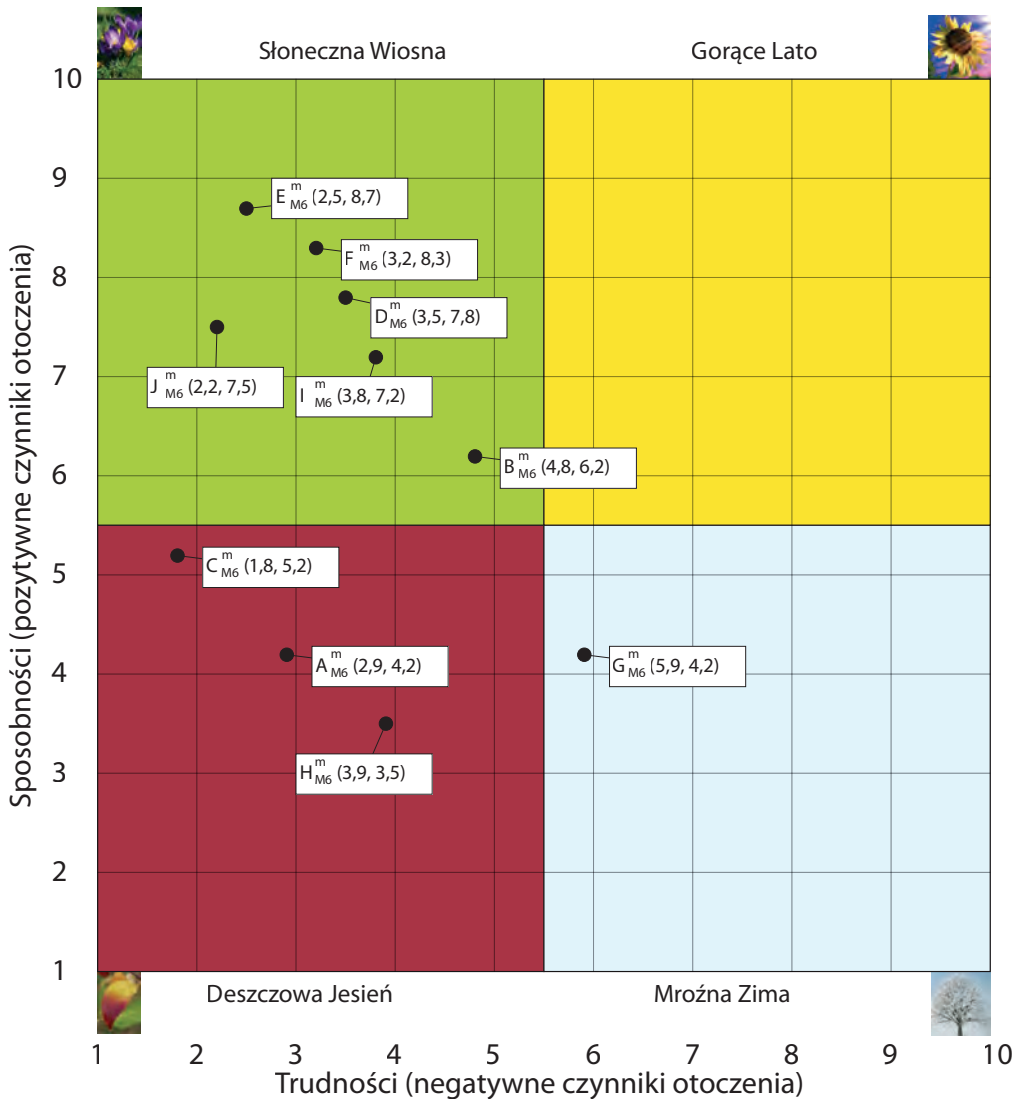
Rysunek 4.125. Macierz strategii dla technologii prezentująca wyrażone ilościowo perspektywy rozwojowe poszczególnych grup technologii krytycznych technologii nanometrycznych warstw wierzchnich A_{M6} - J_{M6} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M6 i wskazująca strategie rekomendowane do zastosowania w odniesieniu do tych grup technologii

MACIERZ M6-D



Rysunek 4.126. Macierz dendrologiczna prezentująca potencjał i atrakcyjność poszczególnych grup krytycznych technologii nanometrycznych warstw wierzchnich A_{M6} - J_{M6} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M6

MACIERZ M6-M



Rysunek 4.127. Macierz meteorologiczna prezentująca intensywność oddziaływania pozytywnych i negatywnych czynników otoczenia na grupy krytycznych technologii nanometrycznych warstw wierzchnich A_{M6} - J_{M6} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M6

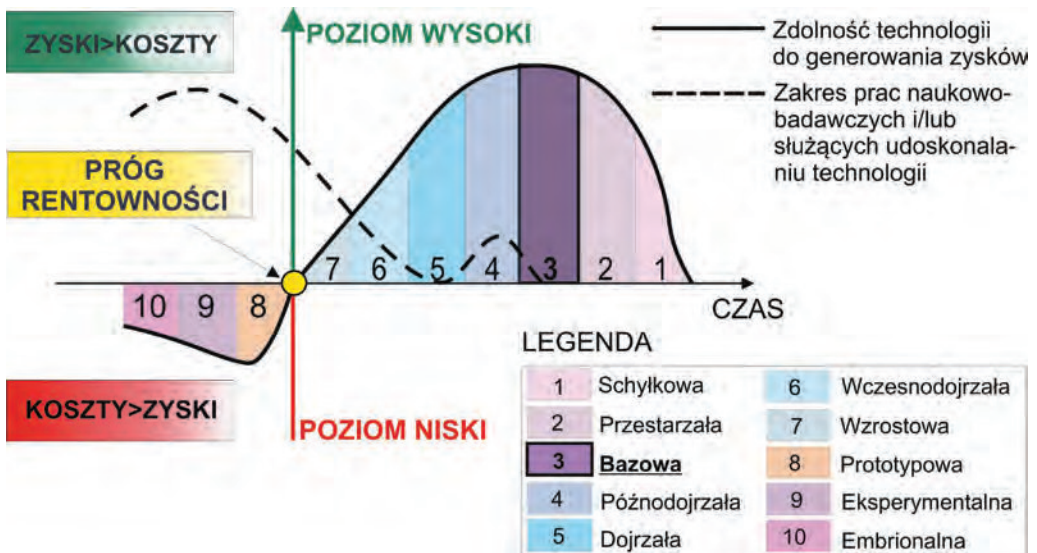
Symbol obszaru tematycznego: **M6**

Symbol grupy technologii: **A_{M6}**

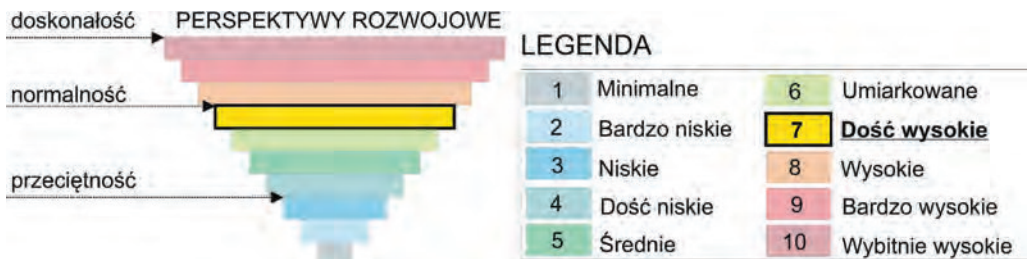
Numer katalogowy: **M6-01**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Reaktywne trawienie jonowe**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Reactive Ion Etching (RIE)**



Rysunek 4.128. Aktualna faza cyklu życia reaktywnego trawienia jonowego

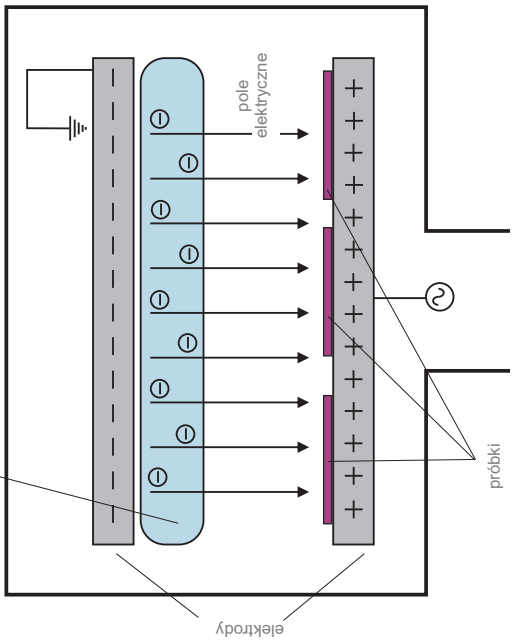


Rysunek 4.129. Perspektywy rozwojowe reaktywnego trawienia jonowego

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Reaktywne trawienie jonowe (RIE)		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich		M6-01-2010/12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Interywały czasowe		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	
Dlaczego?		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu	
Strategia dla technologii		Dlaczego? Oddziaływanie otoczenia		Strategia koszykowej jesieni: Czerpać korzyści umacniając atrakcyjność technologii. Czerpać zyski z realizacji produkcji w słabym przewidywalnym otoczeniu z wykorzystaniem solidnej technologii, którą należy unowocześnić i intensywnie promować dla wzmocnienia jej atrakcyjności.	
Wartości technologii		Ukorzeniona koszykowa		Strategia koszykowej jesieni: Czerpać korzyści umacniając atrakcyjność technologii. Czerpać zyski z realizacji produkcji w słabym przewidywalnym otoczeniu z wykorzystaniem solidnej technologii, którą należy unowocześnić i intensywnie promować dla wzmocnienia jej atrakcyjności.	
Produkt		Poprzedowniki: układy scalone; wielkopowierzchniowe elementy solarnych wymienników ciepła; kondensatory; płytki, igły, żyroskopy; sensory np.: chemiczne, biologiczne; elementy o bardzo nietypowych kształtach		Poprzedowniki: układy scalone; wielkopowierzchniowe elementy solarnych wymienników ciepła; kondensatory; płytki, igły, żyroskopy; sensory np.: chemiczne, biologiczne; elementy o bardzo nietypowych kształtach	
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Średnia (5)		Średnia (5)	
Podłoże		Krzem, dwutlenek krzemu, azotek krzemu, metale II-IV (GaAs, InP), metale z grupy II-VI (HgCdTe, ZnS), polimery (np. PMMA)		Krzem, dwutlenek krzemu, azotek krzemu, metale z grupy II-V (GaAs, InP), metale z grupy II-VI (HgCdTe, ZnS), polimery (np. PMMA)	
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		Zmiana topografii powierzchni w skali nanometrycznej; możliwość uzyskania nietypowych mikro- i nanostruktur na powierzchni materiału wskutek fizykochemicznych zjawisk		Zmiana topografii powierzchni w skali nanometrycznej; możliwość uzyskania nietypowych mikro- i nanostruktur na powierzchni materiału wskutek fizykochemicznych zjawisk	
Polepszone własności materiału		Polepszone własności elektryczne, magnetyczne, optyczne		Polepszone własności elektryczne, magnetyczne, optyczne	
Aparatura naukowo-badawcza		Mikroskopy, skaningowy elektronowy (SEM), skaningowy mikroskop tunelowy (STM), transmisyjny elektronowy (TEM), sił atomowych (AFM), jonowy (FIB); spektrometry; ramanowski, wstępnego rozpraszania jonów (RBS), Mossbauera, fourierowski (FTIR); elipsometr spektralny; magnetometr		Mikroskopy, skaningowy elektronowy (SEM), skaningowy mikroskop tunelowy (STM), transmisyjny elektronowy (TEM), sił atomowych (AFM), jonowy (FIB); spektrometry; ramanowski, wstępnego rozpraszania jonów (RBS), Mossbauera, fourierowski (FTIR); elipsometr spektralny; magnetometr	
Technologia		Reaktywne trawienie jonowe (RIE)		Reaktywne trawienie jonowe (RIE)	
Faza cyklu życia		Bazowa (3)		Bazowa (3)	
Typ produkcji		Mało- i średnioseryjna		Średnio- i małoseryjna	
Forma organizacji produkcji		Niepotokowa w gniazdach i na linii		Niepotokowa na linii i w gniazdach	
Nowoczesność parku maszynowego		Dość niska (4)		Dość niska (4)	
Automatyzacja i robotyzacja		Umiarowana (6)		Umiarowana (6)	
Jakość i niezawodność		Umiarowana (6)		Umiarowana (6)	
Proekologiczność		Umiarowana (6)		Umiarowana (6)	
Rodzaj organizacji		INB; OW; male i średnie przedsiębiorstwa		Mikro-, male, średnie i duże przedsiębiorstwa	
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Elektroniczny, optyczny; optoelektroniczny		Elektroniczny, optyczny; optoelektroniczny	
Poziom edukacji personelu		Dość niski (4)		Niski (3)	
Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej		Dość niskie (4)		Dość niskie (4)	
Wymagania kapitałowe		Średnie (5)		Średnie (5)	
Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność		Dość niska (4)		Średnia (5)	
Wartość produkcji w kraju		Niska (3)		Średnia (5)	

LEGENDA: ↔ Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe ↔ Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Reaktywne trawienie jonowe (RIE)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich	M6-01/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
Reaktywne trawienie jonowe jest technologią umożliwiającą przygotowanie i strukturyzację powierzchni techniką trawienia suchego. Wytwarzanie nanostrukturalnego wzoru na podłożu odbywa się metodą usuwania materiału z powierzchni za pomocą wiązki jonów. W procesie trawienia jonowego główną rolę odgrywają procesy fizyczne polegające na wybiciu atomów lub cząsteczek trawionego materiału przez wysokoenergetyczne jony oraz w mniejszym stopniu procesy chemiczne (polegające na reakcji wolnych rodników z materiałem trawionym, wytworzeniu lotnych produktów tej reakcji i odpomowaniu ich z reaktora). Poza formowaniem wzorów nanostrukturalnych technologia może być zastosowana do czyszczenia materiału, zdejmowania fotorezystów oraz masek z trawionych powierzchni. Technologia reaktywnego trawienia jonowego charakteryzuje się większą anizotropią oraz mniejszą selektywnością i szybkością niż w przypadku mechanizmu plazmowego.			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
jednowarstwowa	wielofazowa	amorficzna	Poziom
wielowarstwowa	gradientowa	nanokryształczna	Minimalny (1)
multiwarstwowa (>100 warstw)	kompozytowa	hybrydowa	Minimalny (1)
przemiany fazowe powierzchni podłoża	X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	X procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Minimalny (1)
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
mechaniczne	X magnetyczne	X optyczne	Minimalny (1)
chemiczne	dyfuzyjne	termiczne	Nie dotyczy
X elektryczne	hydromechaniczne	akustyczne	Nie dotyczy
Zalety	Wady		Poziom
Możliwość usunięcia dużej ilości materiału; proces trawienia anizotropowy i selektywny; uzyskiwane profile formowanych struktur nie zależą od krystalografii podłoża.	Skomplikowana aparatura; konieczność stosowania bezolejowego systemu pompowego, odpornego na działanie chemicznie aktywnych gazów.		Dość wysoki (7)
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary tematyczne			
Wytwarzanie półprzewodników i układów scalonych; mikropatterning dla fotowoltaiki; wytwarzanie wielkopowierzchniowych elementów solarnych wymienników ciepła i fotoglini wielkopowierzchniowych; elementy o bardzo nietypowych kształtach; głębokie reaktywne trawienie jonowe (DRIE).			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Trawienie mokre; suche trawienie plazmowe (PE); foto litografia; litografia rentgenowska; litografia elektronowa; laserowe trawienie chemiczne (LACE).			
Rekomendowane źródła literatury			
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.			
2 G. Sun, T. Gao, X. Zhao, H. Zhang, Fabrication of micro/hano dual-scale structures by improved deep reactive ion etching, Journal of Micromechanics and Microengineering 20 (2010) 1-9.			
3 M.D. Henry, M.J. Shearm, B.Chhim, A. Scherer, Ga+ beam lithography for nanoscale silicon reactive ion etching, Nanotechnology 21 (2010) 1-8.			
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			
Specjalne własności elektryczne			
Dość wysoki (7)			
Specjalne własności optyczne			
Dość wysoki (7)			
Specjalne własności magnetyczne			
Dość wysoki (7)			
Gładkość powierzchni			
Umiarkowany (6)			
Niższy koszt wytwarzania			
Średni (5)			
Energoooszczędność			
Niski (3)			
Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury			
Niski (3)			
Podatność na łączenie			
Niski (3)			
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia			
Poziom			
Zmęczenia cieplne			
Minimalny (1)			
Korozyja lokalna i wzerowa			
Minimalny (1)			
Korozyja równomierna			
Minimalny (1)			
Korozyja selektywna			
Minimalny (1)			
Starzenie polimerowych warstw wierzchnich			
Nie dotyczy			
Zużycie dyfuzyjne			
Nie dotyczy			
Zużycie ściernie			
Nie dotyczy			
Erozja			
Nie dotyczy			
Sektje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			
Poziom			
C 26			
Dość wysoki (7)			
M 72			
Dość wysoki (7)			
C 27			
Średni (5)			
C 25			
Niski (3)			
C 18			
Bardzo niski (2)			
C 23			
Bardzo niski (2)			
C 33			
Bardzo niski (2)			
F 43			
Bardzo niski (2)			
Poziom			
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego, w odniesieniu do technologii			
Metody Monte Carlo			
Uniarkowany (6)			
Modelowanie matematyczne			
Uniarkowany (6)			
Algorytmy genetyczne			
Średni (5)			
Sztuczne sieci neuronowe			
Średni (5)			
Systemy ekspertowe			
Średni (5)			
Aktualna faza cyklu życia technologii			
Bazowa (3)			
Perspektywy rozwojowe			
Dość wysokie (7)			

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Reaktywne trawienie jonowe (RIE)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich	
Opis przebiegu procesu technologicznego			
<p>Reaktywne trawienie jonowe jest technologią umożliwiającą przygotowanie i strukturyzację powierzchni techniką trawienia suchego. Wytwarzanie nanostrukturalnego wzoru na podłożu odbywa się metodą usuwania materiału z powierzchni za pomocą wiązki jonów. W procesie trawienia jonowego główną rolę odgrywają procesy fizyczne (polegające na wybiciu atomów lub cząsteczek trawionego materiału przez wysokoenergetyczne jony) oraz w mniejszym stopniu procesy chemiczne (polegające na reakcji wolnych rodników z materiałem trawionym, wytworzeniu lotnych produktów tej reakcji i odpompowaniu ich z reaktora). Poza formowaniem wzorów nanostrukturalnych technologia może być zastosowana do czyszczenia materiału, zdejmowania fotorezystów oraz masek z trawionych powierzchni. Proces technologiczny obejmuje:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ umieszczenie wstępnie przygotowanej próbki w komorze reakcyjnej, ▪ kontrolę warunków próżniowych w reaktorze, ▪ dobór rodzaju oraz ustalenie ciśnienia i przepływu gazu roboczego, ▪ ustalenie temperatury podłoża, ▪ ustalenie wielkości powierzchni/wzoru trawionego podłoża, ▪ kontrolę przebiegu procesu trawienia. 			
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do
Temperatura	°C	200	500
Ciśnienie	Pa	10^{-1}	10
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-
Czas	s	60	$6 \cdot 10^4$
Środowisko/atmosfera	typowe gazy reakcyjne: CF_4 , O_2 , Ar, CH_4 , H_2 , SF_6		
Specyficzne warunki realizacji procesu	wysoka energia jonów, niesymetryczna powierzchnia elektrod		
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Oczyszczenie powierzchni próbki (zanurzenie w HF i plazmowe trawienie np. w $\text{CHF}_3 + \text{O}_2$).			
Typ/prodzaj urządzenia			
Cylindryczna komora reakcyjna; źródło plazmy; układ próżniowy; system pomiaru i kontroli ciśnienia; elektrody; linie gazowe.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Okienko wzornikowe umożliwiające obserwację; układ próżniowy odporny na gazy korozyjne; automatyczny system pomiaru i kontroli ciśnienia.			
			Ogólny schemat przebiegu procesu reaktywnego trawienia jonowego (RIE)

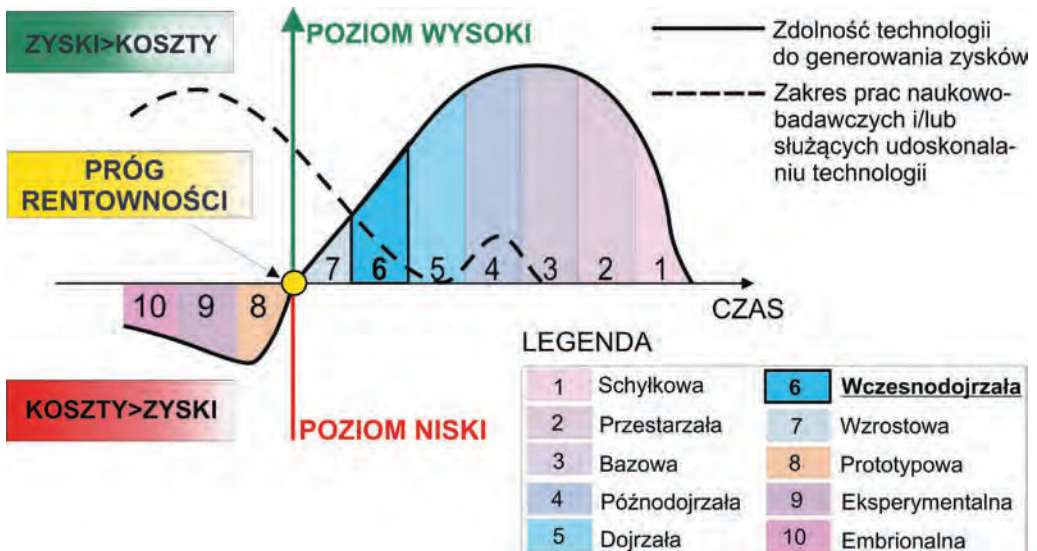
Symbol obszaru tematycznego: **M6**

Symbol grupy technologii: **B_{M6}**

Numer katalogowy: **M6-02**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Elektronolitografia**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Electron Beam Lithography (EBL)**



Rysunek 4.130. Aktualna faza cyklu życia elektronolitografii

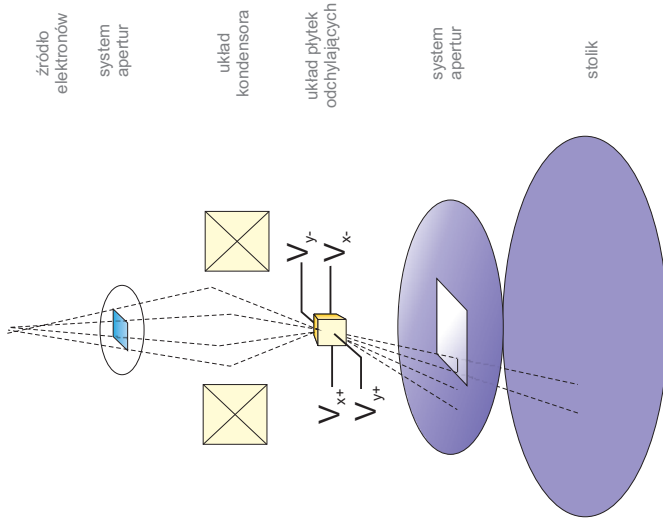


Rysunek 4.131. Perspektywy rozwojowe elektronolitografii

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Elektronolitografia (EBL)			Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich			M6-02-2010/12	
Kiedy?	Interwały czasowe	DZIŚ 2010-12		2020	2030	
Dlaczego?	Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze	Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	Zrównoważony rozwój	
		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami i Nauki i Przemysłu	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji	
	Strategia dla technologii Oddziaływanie otoczenia Wartość technologii	Strategia cyprysa wiosną: Wykorzystać sposobności umożliwiając potencjał technologii. Badać, doskonalić, słoneczna wiosna wzmacniać i doinwestować atrakcyjną technologię wykorzystującą dobrą koniunkturę na rynku.				
Co?	Produkt	Układy scalone; końcówki odczytujące dane np. dla dysków twardych; kryształy fotoniczne; kanały dla nanoptyków; ogniva fotowoltaiczne (ścieżki); nanometryczne markery np. dla mikroskopii fluorescencyjnej; zabezpieczeń, sensorów biochemicznych; dwuwymiarowe chiralne struktury; prototypy struktur w nanoskali	Dość wysoka (7)	Dość wysoka (7)	Dość wysoka (7)	
		Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji	Metale, półprzewodniki, tlenki, krzem, krzemionka, \$TiO_2\$, polimery (np. polistyren)			
Co?	Podłoża	Zmodyfikowana powierzchnia materiału w skali nanometrycznej, możliwość uzyskania nietypowych, złożonych wzorów oraz nanometrycznych ścieżek (wykorzystywanych jako elektrody) na danym podłożu				
		Podłoża	Polepszone własności magnetyczne, optyczne, elektryczne; zwiększenie wydajności ogniw fotowoltaicznych, dzięki maksymalnemu zmniejszeniu ścieżek			
Jak?	Technologia	Mikroskopy; skaningowy elektronowy (SEM), skaningowy mikroskop tunelowy (STM), transmisyjny elektronowy (TEM), sił atomowych (AFM), jonowy (FIB); spektrometry; ramanowski, wstępnego rozpraszania jonów (RBS), Mossbauera, fourierowski (FTIR); elipsometr spektralny; magnetometr				
		Faza cyklu życia	Elektronolitografia (EBL)			
Gdzie?	Typ produkcji	Wczesnodojrzała (6)	Dojrzała (5)	Późnodojrzała (4)		
		Forma organizacji produkcji	Małoseryjna	Mało- i średnioseryjna	Mało- i średnioseryjna	
Kto?	Nowoczesność parku maszynowego	Niepotokowa w gniazdach	Niepotokowa w gniazdach i na linii	Niepotokowa na linii i w gniazdach		
		Automatyzacja i robotyzacja	Umiarowana (6)	Umiarowana (6)	Umiarowana (6)	
Ile?	Jakość i niezawodność	Dość wysoka (7)	Dość wysoka (7)	Dość wysoka (7)	Dość wysoka (7)	
	Proekologiczność	Dość wysoka (7)	Wysoka (8)	Wysoka (8)	Wysoka (8)	
Kto?	Rodzaj organizacji	Umiarowana (6)	Umiarowana (6)	Umiarowana (6)	Umiarowana (6)	
	Reprezentowane gałęzie przemysłu	INB; OW; Uczelninie; średnie przedsiębiorstwa	INB; OW; Uczelninie; małe i średnie przedsiębiorstwa	INB; OW; Uczelninie; małe i średnie przedsiębiorstwa	INB; OW; Uczelninie, małe, średnie i duże przedsiębiorstwa	
Ile?	Wymagania kapitałowe	Magnetyczny, precyzyjny, energetyczny; optoelektroniczny				
	Wartość produkcji w firmie	Średni (5)	Średni (5)	Średni (5)	Średni (5)	
Ile?	Wartość produkcji w kraju	Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej	Umiarowane (6)	Umiarowane (6)	Umiarowane (6)	
		Wymagania kapitałowe	Umiarowane (6)	Umiarowane (6)	Umiarowane (6)	
Ile?	Wartość produkcji w firmie	Umiarowana (6)	Umiarowana (6)	Umiarowana (6)	Umiarowana (6)	
	Wartość produkcji w kraju	Dość niska (4)	Średnia (5)	Średnia (5)	Średnia (5)	
LEGENDA:						
Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów						

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Elektronolitografia (EBL)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich	M6-02/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			Poziom
W elektronlitografii do wykonania maski wykorzystuje się oddziaływanie wiązki elektronów z powierzchnią obrabianego materiału. Odzwierciedlenie wzoru jest uzyskiwane poprzez ukierunkowywanie wiązki na wyznaczone obszary za pomocą pola elektrycznego lub magnetycznego. Płytki umieszczane są na stolikach, których położenie kontrolowane jest z dokładnością do ułamków nanometrów za pomocą interferometrów laserowych. Obszar i głębokość oddziaływania zależy od energii elektronów. Wysokeoenergetyczne elektrony ulegają rozpraszaniu elastycznemu (rozpraszanie Rutherforda) oraz nieelastycznemu, któremu towarzyszy emisja elektronów wtórnych, emisja elektronów Augera, rentgenowskiego promieniowania charakterystycznego, katodoluminescencja i wzbudzenie fononowe. Wynikiem wymienionych procesów są uszkodzenia materiału oraz przemiany chemiczne. Wykorzystanie elektronów o energii 10–50 keV pozwala uzyskać rozdzielczość rzędu 0,1 nm.		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału Specjalne własności elektryczne Specjalne własności optyczne Ultra czystość Rozdzielczość i jakość wymiarowa struktur Gładkość powierzchni Dość wysoki (7) Dość wysoki (7) Umiaarkowany (6) Umiaarkowany (6) Niższy koszt wytwarzania	Wysoki (8) Wysoki (8) Dość wysoki (7) Dość wysoki (7) Umiaarkowany (6) Umiaarkowany (6)
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			Poziom
jednowarstwowa		wielofazowa	Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia
wielowarstwowa		gradientowa	Zużycie dyfuzyjne
multiwarstwowa (>100 warstw)		kompozytowa	Zużycie oparte o efekt Rebindera
przemiany fazowe powierzchni podłoża		zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	Korozyja równomierna
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			Zużycie ściernie
X mechaniczne	X magnetyczne	X optyczne	Fretting
X chemiczne	dyfuzyjne	termiczne	Zużycie dyfuzyjne
X elektryczne	hydromechaniczne	akustyczne	Zużycie ściernie
Zalety		Wady	Erozja
Wysoka rozdzielczość; możliwość produkcji wzorców i układów prototypowych.		Sektory przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii	
		C 26	Wysoki (8)
		M 72	Wysoki (8)
		C 27	Sredni (5)
		C 18	Sredni (5)
		C 23	Bardzo niski (2)
		C 29	Bardzo niski (2)
		C 19	Minimalny (1)
		C 22	Minimalny (1)
Technologie zastępcze/alternatywne Fotolitografia i rentgenolitografia.		Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii	
Rekomendowane źródła literaturowe		Modelowanie matematyczne	
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		Dynamika molekularna	
2 Z.J. Zhou, Handbook of Microscopy for Nanotechnology, Kluwer Academic Publishers, 2005.		Systemy ekspertowe	
3 C. Vieu, et al., Electron beam lithography: resolution limits and applications, Applied Surface Science, 164/1-4 (2000) 111-117.		Algorytmy genetyczne	
		Modelowanie wieloskalowe	
		Aktualna faza cyklu życia technologii	
		Perspektywy rozwoju	
		Wysokie (8)	

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Elektronolitografia (EBL)		Nr katalogowy																													
Obszar tematyczny		Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich				M6-02/2010-12																												
Opis przebiegu procesu technologicznego		<p>Elektronolitografia może być stosowana do tworzenia maski wykorzystywanej w następnych procesach litograficznych lub bezpośrednio do modyfikacji powierzchni obrabianego materiału. Wspólnie, ze względu na zdolność do precyzyjnego tworzenia wzorów o nanometrycznych rozmiarach podstawowym jest pierwsze z wymienionych zastosowań. Podstawowym elementem systemu do elektronolitografii jest źródło elektronów, które powinno charakteryzować się wysoką jasnością, dobrą stabilnością, małym przekrojem wiązki i długim czasem pracy. Wykorzystuje się emitory termiczne (katoda wolframowa lub kryształ LaB_6) oraz polowe. Wiązka emitowana przez źródło przechodzi przez system apertur, układ kondensora, układ płytek odchyłających, drugi system apertur, a następnie trafia na powierzchnię obrabianego materiału. Kolejne etapy procesu technologicznego obejmują: umocowanie próbki w uchwyicie wraz z wozem i puszką Faradaya, umieszczenie uchwyty w komorze reakcyjnej; odpompiowanie komory reakcyjnej, ustawienie parametrów wiązki elektronowej; pomiar natężenia wiązki elektronowej, wybór właściwego obszaru na powierzchni próbki, wytrawienie wzoru na powierzchni, wyłączenie wiązki elektronowej zapowietrzanie komory i wyjęcie próbki, płukanie w wywoływaczu przez 70 sekund, płukanie w alkoholu izopropylowym, suszenie w strumieniu azotu, a następnie w powietrzu.</p>																																
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>10^{-7}</td> <td>10^{-3}</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>60</td> <td>$6 \cdot 10^4$</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td colspan="3">wysoka próżnia</td> </tr> <tr> <td>Specyficzne warunki realizacji procesu</td> <td colspan="3">brak</td> </tr> </tbody> </table>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	-	-	-	Ciśnienie	Pa	10^{-7}	10^{-3}	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	60	$6 \cdot 10^4$	Środowisko/atmosfera	wysoka próżnia			Specyficzne warunki realizacji procesu	brak			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																															
Temperatura	-	-	-																															
Ciśnienie	Pa	10^{-7}	10^{-3}																															
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																															
Czas	s	60	$6 \cdot 10^4$																															
Środowisko/atmosfera	wysoka próżnia																																	
Specyficzne warunki realizacji procesu	brak																																	
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża		Czyszczenie ultradźwiękowe w alkoholu izopropylowym przez 5-10 minut; wygrzewanie w temperaturze 180°C przez 90 sekund.																																
Typ/rodzaj urządzania		Komora reakcyjna wyposażona źródło elektronów; system apertur; układ kondensora; układ płytek odchyłających; stolik.																																
Specyficzne oprzyrządowanie		Pikoamperometr; stanowisko do wstępnego czyszczenia podłoża; stanowisko do płukania i suszenia próbki.																																
Schemat układu umożliwiającego realizację procesu elektronolitografii (EBL)																																		



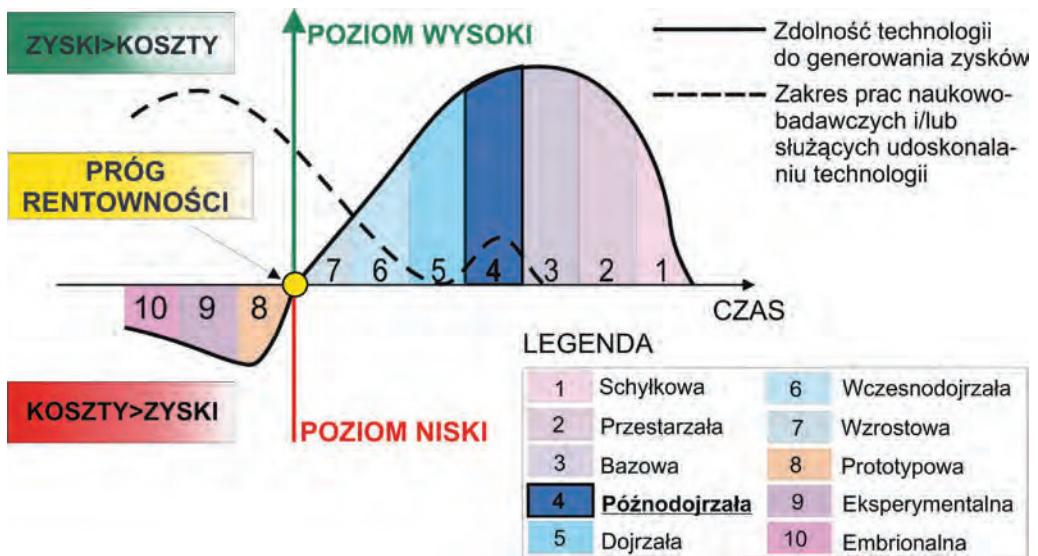
Symbol obszaru tematycznego: **M6**

Symbol grupy technologii: **C_{M6}**

Numer katalogowy: **M6-03**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Chemiczne osadzanie nanometrycznych warstw wierzchnich z fazy gazowej**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Chemical Vapour Deposition (CVD) of nanometric surface layers**



Rysunek 4.132. Aktualna faza cyklu życia chemicznego osadzania warstw nanometrycznych z fazy gazowej

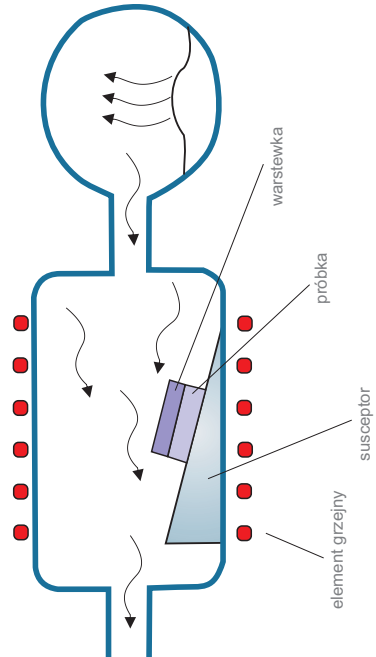


Rysunek 4.133. Perspektywy rozwojowe chemicznego osadzania warstw nanometrycznych z fazy gazowej

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Chemiczne osadzanie nanometrycznych warstw wierzchnich z fazy gazowej (CVD)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich		M6-03-2010/12
Kiedy?		Interwały czasowe		2030
Dlaczego?		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej
		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Zrównoważony rozwój
		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami i Nauki i Przemysłu	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji
		Strategia dla technologii Oddziaływanie otoczenia Wadomości technologii	Strategia debaty i jej realizacji z atrakcyjną stabilną technologią na przewidywalnym rynku, poszukując nowych zakresów zastosowań technologii. Odnośc sukcesy i możliwości do wywarzania tą technologią.	
Co?		Produkt	Detektory optyczne; lasery; ogniwa fotowoltaiczne; ostrza narzędzi skrawających i tnących	
		Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		
		Podłoże	Wysoka (8) Wysoka (8)	Wysoka (8)
		Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża	Stale szybkochnące; węglaki splekane (w tym WC-Co); metale; cermetale; stopy żelaza, niklu i kobaltu; krzem	
		Polepszone własności materiału	Warstwy nad- (ZrO ₂ , Al ₂ O ₃ , HfO ₂) i półprzewodnikowe (TiO ₂ na bazie SiO ₂ , YSZ i amorficzny azotek krzemu SiN _x H); powłoki azotkowe (TiN, TaN, WN, AlN), iolenkowe i węglkowe, antyadhezyjne (TiS, WS, MoS ₂), diamentopodobne węglowe (DLC) i z diamentu (NCD); nanowarstwy czystych metali (Pt, Ru, W)	
		Aparatura naukowo-badawcza	Wysoka twardość, odporność na erozję, korozję, zwiększenie odporności na zużycie mechaniczne; walory dekoracyjne	
			Mikroskopy; skaningowy mikroskop tunelowy (STM), transmisyjny elektronowy (TEM), sił atomowych (AFM), jonowy (FIB); spektrometry; ramanowski, wstecznego rozpraszania jonów (RBS), Mossbauera, fourierowski (FTIR); elipsometr spektralny; stanowisko do pomiarów własności elektrycznych, tester odbicia światła	
Technologia			Chemiczne osadzanie nanometrycznych warstw wierzchnich z fazy gazowej (CVD)	
Jak?		Faza cyklu życia	Późnodojrzała (4) Późnodojrzała (4)	Bazowa (3)
		Typ produkcji	Mało- i średnioseryjna	Średnio- i wielkoseryjna
		Forma organizacji produkcji	Niepotokowa na linii i w gniazdach	Półkowa zsynchroniczna i asynchroniczna
		Nowoczesność parku maszynowego	Umiarowana (6)	Dość wysoka (7)
		Automatyzacja i robotyzacja	Umiarowana (6)	Dość wysoka (7)
		Jakość i niezawodność	Dość wysoka (7)	Umiarowana (6)
		Proekologiczność	Dość niska (4)	Dość niska (4)
Gdzie?		Rodzaj organizacji	INB; OW; średnie i duże przedsiębiorstwa	Średnie i duże przedsiębiorstwa; Sp. JV; J. Sp. SP; PP
		Reprezentowane gałęzie przemysłu	Mikroelektroniczny; optoelektroniczny; narzędziowy; energetyczny	
Kto?		Poziom edukacji personelu	Średni (5)	Średnie (5)
		Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej	Średnie (5)	Średnie (5)
Ile?		Wymagania kapitałowe	Dość wysokie (7)	Dość wysokie (7)
		Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność	Wysoka (8)	Dość wysoka (7)
		Wartość produkcji w kraju	Dość wysoka (7)	Bardzo wysoka (9)

LEGENDA: → Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwu kierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Chemiczne osadzanie nanometrycznych warstw wierzchnich z fazy gazowej (CVD)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny	Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich		M6-03/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
Proces chemicznego osadzenia nanometrycznych warstw wierzchnich z fazy gazowej (CVD) polega na wytworzeniu na gorącym podłożu powłoki produktów dysocjacji i/lub reakcji chemicznych zachodzących w gazie, aktywowanych przy pomocy ciepła, światła lub plazmy. Proces osadzania obejmuje homogeniczne reakcje zachodzące w fazie gazowej (otrzymywanie nanoprośzków) i/lub heterogeniczne reakcje chemiczne zachodzące na lub w pobliżu ogrzewanej powierzchni (otrzymywanie warstw). Osadzanie warstw uwarunkowane jest zajęciem reakcji chemicznych w środowisku gazowym, które dostarczają reaktywne cząstki tworzące warstwę wierzchnią. Następnym etapem jest dyfuzja tych cząstek do powierzchni materiału podłoża, chemisorpcja (adsorpcja) i desorpcja tych cząstek na podłożu obrabianego materiału oraz towarzyszące procesy dyfuzji (migracji), przemiany fazowe, dysocjacja czy reakcje chemiczne zachodzące na powierzchni ciała stałego.			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
X	jednowarstwowa	X wielofazowa	X amorficzna
X	wielowarstwowa	X gradientowa	X nanokryształczna
X	multiwarstwowa (>100 warstw)	kompozytowa	X hybrydowa
X	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	X procesy fizyczne na powierzchni podłoża
Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
X	mechaniczne	X magnetyczne	X optyczne
X	chemiczne	X dyfuzyjne	X termiczne
X	elektryczne	hydromechaniczne	X akustyczne
Zalety			
Dobra przyczepność; jednorodność chemiczna warstw; możliwość nanoszenia na podłoża o skomplikowanym kształcie; możliwość kontroli wielkości i orientacji ziaren w warstwie.			
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary tematyczne			
Wytwarzanie półproduktów mikroelektronicznych i optycznych; materiałów biomedycznych pokrytych powłokami diamentopodobnymi (DLC); nanorurek, odpornych na zużycie i korozję narzędzi do obróbki skrawaniem i obróbki plastycznej oraz elementów maszyn.			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Fizyczne procesy osadzania próżniowego nanometrycznych warstw powierzchniowych; osadzanie pojedynczych warstw atomowych (ALD).			
Rekomendowane źródła literatury			
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		
2	A. Ismach, C. Druzgalski, S. Penwell, A. Schwartzberg, M. Zheng, A. Javey, J. Bokor, Y. Zhang, Direct chemical vapor deposition of graphene on dielectric surfaces, Nano Lett. 10 (2010) 1542-1548.		
3	K.L. Choy, in: H.S. Nalwa (ed.), Handbook of nanostructured materials and nanotechnology, Vol. 1: synthesis and processing, Academic Press; San Diego, 2000, 533.		
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			
Poziom			
Bardzo wysoki (9)			
Bardzo wysoki (9)			
Bardzo wysoki (9)			
Wysoki (8)			
Wysoki (8)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia			
Poziom			
Bardzo wysoki (9)			
Bardzo wysoki (9)			
Wysoki (8)			
Wysoki (8)			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Umiarowany (6)			
Umiarowany (6)			
Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			
C 26			Dość wysoki (7)
M 72			Dość wysoki (7)
C 25			Dość niski (4)
C 27			Dość niski (4)
C 29			Dość niski (4)
C 18			Niski (3)
C 23			Niski (3)
C 30			Niski (3)
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii			
Modelowanie matematyczne			Umiarowany (6)
Sztuczne sieci neuronowe			Umiarowany (6)
Dynamika molekularna			Umiarowany (6)
Algorytmy genetyczne			Umiarowany (6)
Metody Monte Carlo			Umiarowany (6)
Aktualna faza cyklu życia technologii			Późno dojrziała (4)
Perspektywy rozwojowe			Wysokie (8)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Obszar tematyczny	Chemiczne osadzanie nanometrycznych warstw wierzchnich z fazy gazowej (CVD)	Nr katalogowy																								
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>W przypadku konwencjonalnego procesu CVD aktywowanego termicznie jako prekursor wykorzystuje się substancje nieorganiczne. Do inicjacji procesu osadzania wykorzystywana jest energia termiczna, natomiast proces zachodzi pod ciśnieniem atmosferycznym, obniżonym lub w warunkach wysokiej próżni. Wymagana jest relatywnie wysoka temperatura, której wartość zależy od typu zastosowanego prekursora. W trakcie procesu CVD można wskazać główne etapy:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ transport substratów do komory, ■ transport substratów ze strumienia gazu do podłoża, ■ adsorpcja substratów na podłożu, ■ procesy powierzchniowe, ■ desorpcja produktów ubocznych reakcji, ■ usunięcie produktów reakcji z komory reakcyjnej. <p>Opracowano szereg modyfikacji metody CVD, wspomagających realizację procesu osadzania oraz umożliwiających przeprowadzanie procesu w niższej temperaturze, która w przypadku osadzania nanometrycznych warstw powierzchniowych wynosi ok. 450°C.</p>	<p>Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich</p>  <p>warstewka probka susceptor element grzejny</p>	<p>Nr katalogowy M6-03/2010-12</p>	<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>W przypadku konwencjonalnego procesu CVD aktywowanego termicznie jako prekursor wykorzystuje się substancje nieorganiczne. Do inicjacji procesu osadzania wykorzystywana jest energia termiczna, natomiast proces zachodzi pod ciśnieniem atmosferycznym, obniżonym lub w warunkach wysokiej próżni. Wymagana jest relatywnie wysoka temperatura, której wartość zależy od typu zastosowanego prekursora. W trakcie procesu CVD można wskazać główne etapy:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ transport substratów do komory, ■ transport substratów ze strumienia gazu do podłoża, ■ adsorpcja substratów na podłożu, ■ procesy powierzchniowe, ■ desorpcja produktów ubocznych reakcji, ■ usunięcie produktów reakcji z komory reakcyjnej. <p>Opracowano szereg modyfikacji metody CVD, wspomagających realizację procesu osadzania oraz umożliwiających przeprowadzanie procesu w niższej temperaturze, która w przypadku osadzania nanometrycznych warstw powierzchniowych wynosi ok. 450°C.</p>	<p>Schemat przebiegu procesu chemicznego osadzania nanometrycznych warstw wierzchnich z fazy gazowej</p>																								
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>450</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>10^{-1}</td> <td>10^5</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>60</td> <td>$6 \cdot 10^3$</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td>halogenki metali, amoniak, metan, wodór lub azot</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	450	1000	Ciśnienie	Pa	10^{-1}	10^5	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	60	$6 \cdot 10^3$	Środowisko/atmosfera	halogenki metali, amoniak, metan, wodór lub azot			<p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p> <p>niska temperatura procesu wymagana w przypadku osadzania cienkich warstw</p>	<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Oczyszczanie powierzchni; płukanie w roztworze HF; polerowanie chemiczne; trawienie jonowe.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>System otwarty lub (rzadziej) zamknięty zawierający: układ dozowania prekursorów, komora reakcyjna z układem grzejnym, układ umożliwiający usuwanie gazów po zakończeniu procesu.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>System oczyszczania/osuszania gazów dostarczanych do komory, neutralizator gazów wylotowych, układ próżniowy.</p>	
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																									
Temperatura	°C	450	1000																									
Ciśnienie	Pa	10^{-1}	10^5																									
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																									
Czas	s	60	$6 \cdot 10^3$																									
Środowisko/atmosfera	halogenki metali, amoniak, metan, wodór lub azot																											

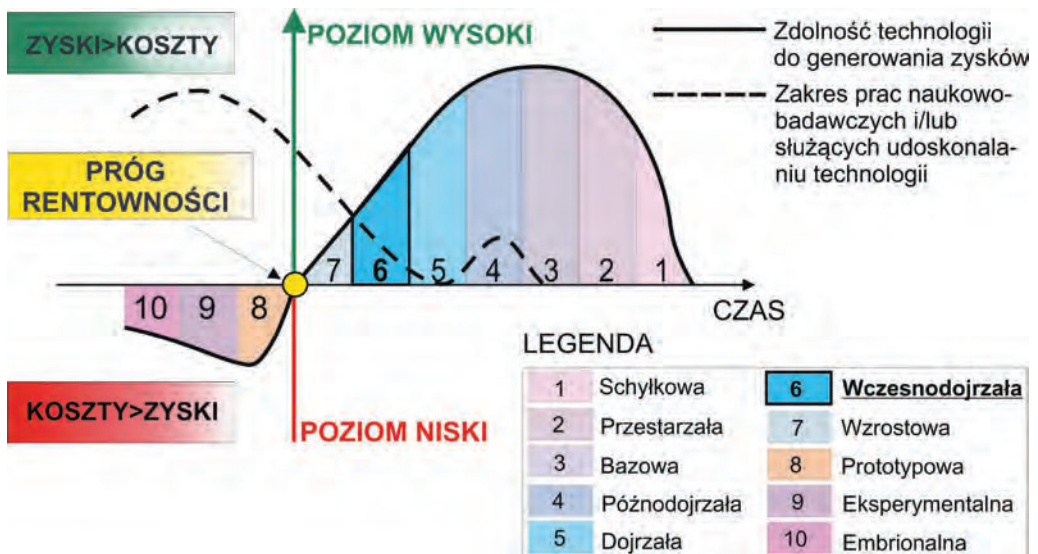
Symbol obszaru tematycznego: **M6**

Symbol grupy technologii: **D_{M6}**

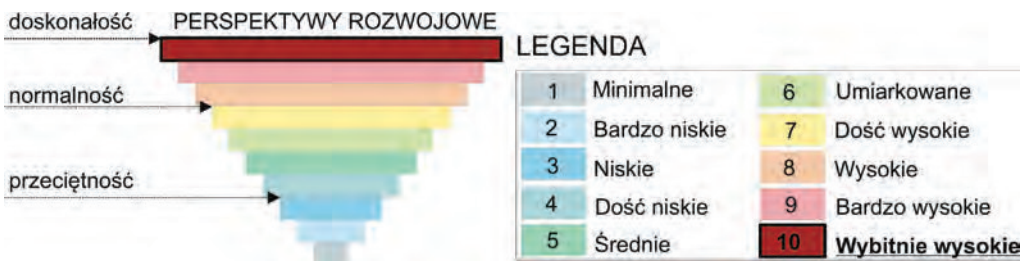
Numer katalogowy: **M6-04**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Fizyczne osadzanie nanometrycznych warstw wierzchnich z wykorzystaniem wiązki jonowej**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Ion Beam Assisted Deposition (IBAD) of nanometric surface layers**



Rysunek 4.134. Aktualna faza cyklu życia fizycznego osadzania nanometrycznych warstw wierzchnich z wykorzystaniem wiązki jonowej



Rysunek 4.135. Perspektywy rozwojowe fizycznego osadzania nanometrycznych warstw wierzchnich z wykorzystaniem wiązki jonowej

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Fizyczne osadzanie nanometrycznych WW z wykorzystaniem wiązki jonowej (IBAD) | Nr katalogowy		
Obszar tematyczny		Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich		
Kiedy? Interwały czasowe		2020 2030		
Dlaczego?	<p>Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych</p> <p>Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń</p> <p>Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego</p> <p>Strategia debaty wiodącej</p> <p>Słoneczna wiosna</p> <p>Rozbójczy dąb</p>	<p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu</p> <p>Strategia debaty wiodącej, umacnianie, implementować atrakcyjną technologię o dużym potencjale w praktyce przemysłowej w celu odniesienia spektakularnego sukcesu.</p>	<p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>	
Co?	<p>Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji</p> <p>Podłoże</p> <p>Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża</p> <p>Polepszone własności materiału</p> <p>Aparatura naukowo-badawcza</p>	<p>Wysoka (8)</p> <p>Stale, w tym: stałe narzędziowe, łożyskowe, nierdzewne; węgliki; ceramika inżynierska (np. Al₂O₃); szkło</p> <p>Powłoki jedno-, wielo- lub multwarstwowe, uzyskiwane wskutek fizycznych zjawisk na powierzchni materiału z Ag, SiO₂, Al₂O₃, TiN, TiC, CrN, powłoki typu CrN, stopy Zn; powłoki optyczne, np.: ZnO, MgF, trójwarstwowe powłoki antykorozyjne (np. Cr/Mo/N)</p> <p>Zwiększenie odporności na ścieranie i twardości; polepszenie własności trybologicznych, antykorozyjnych, optycznych, magnetycznych, elektrycznych; biokompatybilność</p> <p>Mikroskopy: skaningowy elektronowy (SEM), skaningowy tunelowy (STM), transmisyjny elektronowy (TEM), sił atomowych (AFM), jonowy (FIB); dyfraktometr rentgenowski (XRD); mikroanalizator rentgenowski; spektrometry: optyczny, ramanowski, wstępnego rozpraszania jonów (RBS), Messbauera, fourierowski (FTIR); elipsometr; spektrometry: seratch tester; komora korozyjna; tester odbicia światła; magnetometr; nanowarstwowościemierz</p>	<p>Dość wysoka (7)</p> <p>z Ag, SiO₂, Al₂O₃, TiN, TiC, CrN, powłoki typu</p> <p>optycznych, magnetycznych, elektrycznych;</p>	
Jak?	<p>Faza cyklu życia</p> <p>Typ produkcji</p> <p>Forma organizacji produkcji</p> <p>Nowoczesność parku maszynowego</p> <p>Automatyzacja i robotyzacja</p> <p>Jakość i niezawodność</p> <p>Proekologiczność</p>	<p>Wczesnodojrzała (6)</p> <p>Mało- i średnioseryjna</p> <p>Niepotokowa na linii i w gniazdach</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Średnia (5)</p>	<p>Dojrzała (5)</p> <p>Średnio- i małoseryjna</p> <p>Potokowa synchroniczna i asynchroniczna</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarkowana (6)</p>	<p>Późnodojrzała (4)</p> <p>Wielko- i średnioseryjna</p> <p>Potokowa, w tym potokowa zautomatyzowana</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarkowana (6)</p>
Gdzie?	<p>Rodzaj organizacji</p> <p>Reprezentowane gałęzie przemysłu</p>	<p>Uczelnie; INB; OW; średnie i duże przedsiębiorstwa</p> <p>Narzędziowy; gospodarstwa domowego; budowlany; medyczny (implantologia)</p>	<p>Średnie i duże przedsiębiorstwa; Sp. JV</p> <p>J. Sp. SP; PP</p>	<p>Średnie i duże przedsiębiorstwa; Sp. JV;</p>
Kto?	<p>Poziom edukacji personelu</p> <p>Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej</p>	<p>Średni (5)</p> <p>Umiarkowane (6)</p>	<p>Średni (5)</p> <p>Średnie (5)</p>	<p>Średni (5)</p> <p>Średnie (5)</p>
Ile?	<p>Wymagania kapitałowe</p> <p>Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność</p> <p>Wartość produkcji w kraju</p>	<p>Dość wysokie (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p>	<p>Dość wysokie (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Wysoka (8)</p>	<p>Dość wysokie (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Bardzo wysoka (9)</p>

LEGENDA: ↔ Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe ↔ Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Fizyczne osadzanie nanometrycznych WW z wykorzystaniem wiązki jonowej (IBAD)	Nr katalogowy
Obszar tematyczny	Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich		M6-04/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego	Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału		Poziom
Istota metody jest osadzanie na podłożu powłoki powstaje ze strumienia zjonizowanej plazmy kierowanej elektrycznie na stosunkowo zimne podłoże, przy jednoczesnym bombardowaniu powierzchni strumieniem jonów. Proces zachodzi w komorze reakcyjnej, w warunkach obniżonego ciśnienia. Strumień zjonizowanej plazmy uzyskiwany jest dzięki podgrzaniu materiału tarczy, stanowiącego anodę, w wyniku oddziaływania strumienia elektronów lub jonów. Efektem tego oddziaływania jest odparowanie materiału podłoża i przejście atomów/cząstek materiału tarczy do fazy gazowej, które następnie osadzają się w postaci cienkiej warstwy na powierzchni podłoża. Jednocześnie dodatkową rolę jonów umożliwia bombardowanie powierzchni podłoża strumieniem wysokoenergetycznych jonów (o energii 100-2000 eV). Wspomaganie procesu osadzania plazmowego dodatkową implantacją jonów umożliwia zagęszczenie osadzonego materiału, zmniejszenie porowatości. Obserwuje się ujednorodnienie i dodatkowe rozdrobnienie struktury.	Odporność na ścieranie Odporność na korozję Twardość Odporność na działanie wysokiej temperatury Specjalne własności optyczne Specjalne własności elektryczne Specjalne własności magnetyczne Biokompatybilność		
Rodzaj możliwych powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża	X wielowarstwowa X wielowarstwowa X gradientowa X kompozytowa X przemiany fazowe powierzchni podłoża	X amorficzna X nanokryształczna hybrydowa procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Poziom Bardzo wysoki (9) Bardzo wysoki (9) Wysoki (8) Wysoki (8) Wysoki (8)
Szczegółowe własności powłoki/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajścia procesów	X mechaniczne X chemiczne X elektryczne	X optyczne X termiczne X akustyczne X trybologiczne X antykorozyjne X inne	Wysoki (8) Dość wysoki (7) Dość wysoki (7)
Zalety	Możliwość uzyskiwania powłok gradientowych, bez naprężeń; dobra adhezja; szeroki zakres materiałów, które mogą być pokrywane; możliwość kontroli grubości i struktury osadzanych powłok.	Wady Wpływ szeregu czynników na jednorodność uzyskiwanych powłok; trudność pokrywania powierzchni o złożonym kształcie.	Wysoki (8) Umiaarkowany (6) Umiaarkowany (6) Dość niski (4) Dość niski (4) Dość niski (4) Niski (3)
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary tematyczne	Metalizacja w elektronice i mikroelektronice; nanoszenie twardych powłok (w tym gradientowych) na narzędzia oraz powłok antyrefleksyjnych i fotochromowych na wielkoformatowych taflach szklanych w budownictwie; implanty. Metody: katodowe odparowanie lukowe i reaktywne natryskiwanie magnetrone.	Aplicacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii	Poziom
Technologie zastępcze/alternatywne	Chemiczne osadzanie z fazy gazowej; fizyczne procesy osadzania próżniowego nanometrycznych warstw powierzchniowych; osadzanie pojedynczych warstw atomowych.	Aplicacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii	Poziom
Rekomendowane źródła literaturowe	1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011. 2 J.-M. Choi, H.-E. Kim, I.-S. Lee, Ion-beam-assisted deposition (IBAD) of hydroxyapatite coating layer on Ti-based metal substrate, Biomaterials 21 (2000) 469-473. 3 R. Gärtner, et al., High- γ YBCO coated conductors based on IBAD-TiN using stainless steel substrates. Applied Superconductivity 21/3 (2011) 2920-2923.	Alгоритмы генетична Динамика молекуларна Сштучне сиеци неуронове Методы Монте Карло Системы експертное Актуална фаза циклу зыця технологий Перспективы развојове	Umiaarkowany (6) Umiaarkowany (6) Umiaarkowany (6) Umiaarkowany (6) Wczesnodorząła (6) Wybitnie wysokie (10)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Fizyczne osadzanie nanometrycznych warstw z wykorzystaniem wiązki jonowej (IBAD)	Nr katalogowy M6-04/2010-12
	Obszar tematyczny	Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich	
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Proces osadzania próżniowego nanometrycznych warstw powierzchniowych z wykorzystaniem wiązki jonowej obejmuje:</p> <ul style="list-style-type: none"> przygotowanie podłoża, umieszczenie podłoża we właściwym miejscu komory reakcyjnej, przyłożenie ujemnego napięcia do próbki podłoża, uruchomienie źródła elektronów/jonów ustalenie warunków umożliwiających uzyskanie par nanoszonego materiału, uruchomienie dodatkowego źródła jonów, ustalenie optymalnych warunków implantacji jonów, transport par na materiał podłoża, kondensacja par nanoszonego materiału, jednoczesna implantacja jonów i wzrost powłoki. <p>W celu zapewnienia bardziej jednolitej powłoki próbka podłoża jest obracana w trakcie procesu. Pełna kontrola parametrów procesu osadzania (formowania nanostruktur) umożliwia wykorzystanie symulacji komputerowych do optymalnego doboru rodzaju i energii jonów oraz kąta, pod którym powinna być bombardowana tarcza.</p>			
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do
Temperatura	°C	10	300
Ciśnienie	Pa	10^{-4}	10^{-1}
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-
Czas	s	60	$6 \cdot 10^3$
Środowisko/atmosfera	czyste, próżnia		
Specyficzne warunki realizacji procesu	brak		
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Czyszczenie przy pomocy ultradźwięków; przytwierdzenie do holdera; umieszczenie w określonym miejscu komory reakcyjnej; wstępne wygrzewanie podłoża.			
Typ/rodzaj urządzenia			
Komora reakcyjna wyposażona system dział elektronowych/jonowych; holder z materiałem podłoża; tarcze materiałów osadzanych; przesłony.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Układ chłodzenia; układ próżniowy.			
<p>Schemat przebiegu procesu fizycznego osadzania nanometrycznych warstw wierzchnich z wykorzystaniem wiązki jonowej (IBAD)</p>			

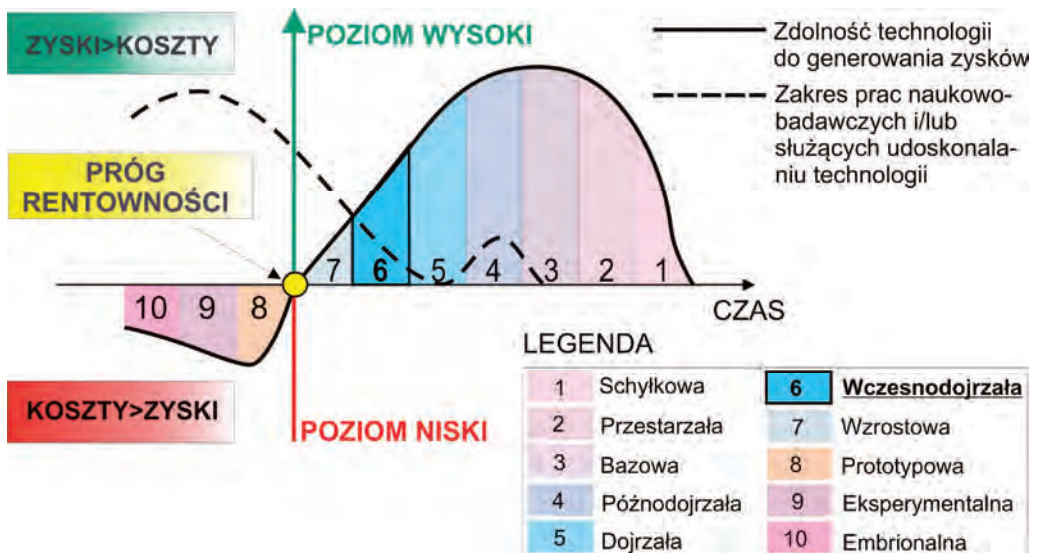
Symbol obszaru tematycznego: **M6**

Symbol grupy technologii: **E_{M6}**

Numer katalogowy: **M6-05**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Fizyczne procesy osadzania próżniowego nanometrycznych warstw powierzchniowych z wykorzystaniem wiązki elektronów (EB-PVD)**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Electron Beam Physical Vapour Deposition (EB-PVD) of nanometric surface layers**



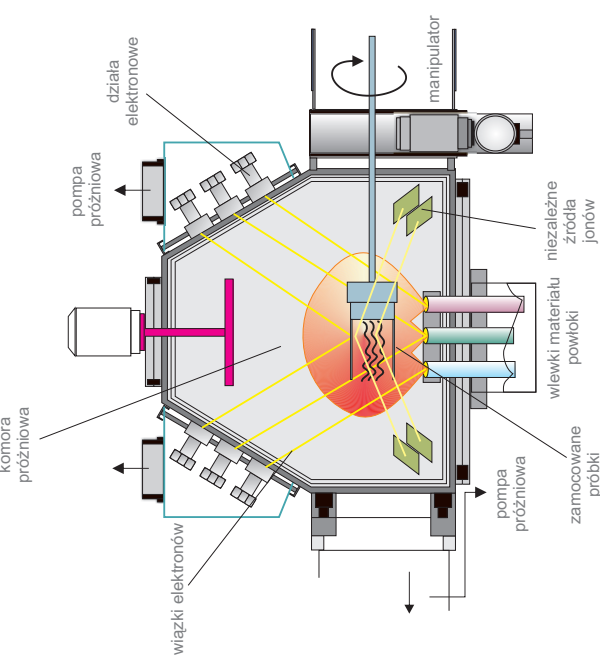
Rysunek 4.136. Aktualna faza cyklu życia fizycznych procesów osadzania próżniowego nanometrycznych warstw powierzchniowych z wykorzystaniem wiązki elektronów



Rysunek 4.137. Perspektywy rozwojowe fizycznych procesów osadzania próżniowego nanometrycznych warstw powierzchniowych z wykorzystaniem wiązki elektronów

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Fizyczne procesy osadzania (...) z wykorzystaniem wiązki elektronów (EB-PVD)		Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich		M6-05-2010/12
Kiedy?		DZIŚ 2010-12	2020	2030
Interywały czasowe				
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej
Dlaczego?		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Zrównoważony rozwój
Strategia dla technologii Oddziaływanie otoczenia Wartości technologii		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami i Nauki i Przemysłu	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji
Produkt		Słoneczna wiosna	Strategia dębu wiosną	Implementować atrakcyjną technologię o dużym potencjale w praktyce przemysłowej w celu odniesienia spektakularnego sukcesu.
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Narzędzia tnące i skrawające; frezy; noże okarskie; przeciągacze, pogłębiacze, wiertła; elementy silników lotniczych, w tym elementy kompresora, wirniki; turbiny, termiczne powłoki barierowe; półprzewodniki; fotokatalizatory		
Podłoże		Umiarkowana (6)	Dość wysoka (7)	Dość wysoka (7)
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		Stopy żelaza (w tym stale szybkołukne); węgliki spiekane; krzem		
Polepszone własności materiału		Monowarstwy; powłoki wieloskładnikowe, wielofazowe, gradientowe; kompozytowe na bazie azotków, węglików, tlenków, borków metali przejściowych i/lub ich kombinacji; powłoki ochronno-dekoracyjne; powłoki regeneracyjne; powłoki optyczne		
Aparatura naukowo-badawcza		Twardość; polepszone własności mechaniczne; odporność na ścieranie, korozję i erozję; specjalne własności elektryczne		
Technologia		Mikroskopy; skaningowy elektronowy (SEM), skaningowy tunelowy (STM), transmisyjny elektronowy (TEM), sił atomowych (AFM), jonowy (FIB); dyfraktometr rentgenowski (XRD); mikroanalizator rentgenowski; spektrometry, np. GDOES; nanowartościomierz; spektrometry; sroczach tester; trybomeir; stanowiska do pomiarów odporności na korozję i erozję		
Faza cyklu życia		Wczesnodojrzała (6)	Dojrzała (5)	Późnodojrzała (4)
Typ produkcji		Mało- i średnioseryjna	Średnio- i małoseryjna	Średnio- i wielkoseryjna
Forma organizacji produkcji		Niepotokowa w gniazdach	Niepotokowa na linii i potokowa	Potokowa, w tym potokowa zautomatyzowana
Nowoczesność parku maszynowego		Dość wysoka (7)	Dość wysoka (7)	Umiarkowana (6)
Automatyzacja i robotyzacja		Dość wysoka (7)	Wysoka (8)	Wysoka (8)
Jakość i niezawodność		Umiarkowana (6)	Dość wysoka (7)	Dość wysoka (7)
Proekologiczność		Umiarkowana (6)	Umiarkowana (6)	Umiarkowana (6)
Rodzaj organizacji		Uczelnie; INB; OW; średnie i duże przedsiębiorstwa	Średnie i duże przedsiębiorstwa; Sp. JV	Średnie i duże przedsiębiorstwa; Sp. JV; J. Sp. SP; PP
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Elektroniczny; optoelektroniczny; narzędziowy; motoryzacyjny; lotniczy; energetyczny		
Kto?		Dość wysoki (7)	Dość wysoki (7)	Umiarkowany (6)
Ile?		Dość wysokie (7)	Dość wysokie (7)	Umiarkowane (6)
Wymagania kapitałowe		Dość wysokie (7)	Dość wysokie (7)	Dość wysokie (7)
Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność		Umiarkowana (6)	Dość wysoka (7)	Dość wysoka (7)
Wartość produkcji w kraju		Umiarkowana (6)	Dość wysoka (7)	Wysoka (8)

LEGENDA: → Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

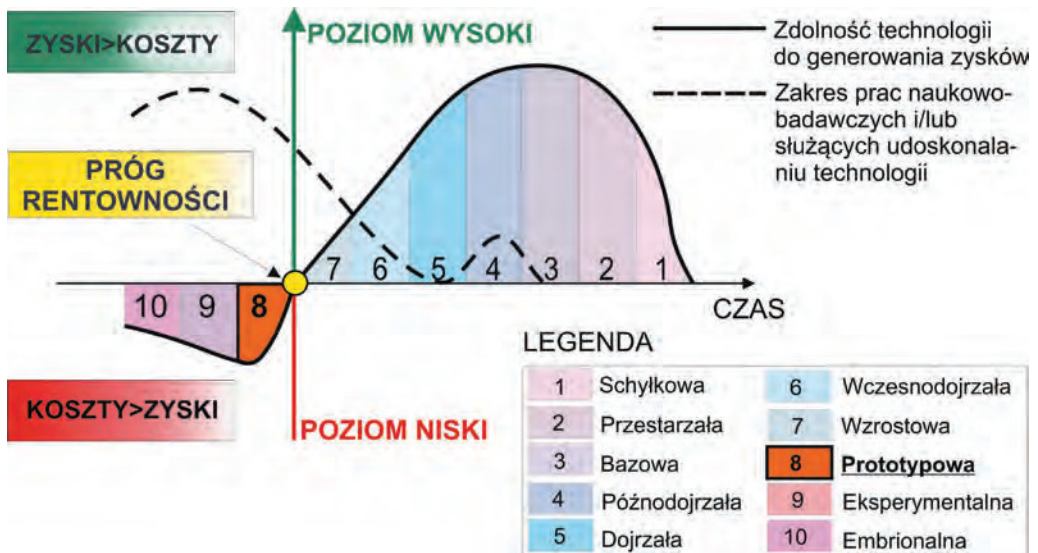
<p>KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII</p>	<p>Nazwa technologii Obszar tematyczny</p>	<p>Fizyczne procesy osadzania próżniowego nanometrycznych warstw powierzchniowych (PVD) z wykorzystaniem wiązek elektronów (EB-PVD) Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich</p>	<p>Nr katalogowy M6-05/2010-12</p>																												
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Etapy procesu fizycznego osadzania próżniowego nanometrycznych warstw powierzchniowych (PVD) wykorzystaniem wiązek elektronów (EB-PVD) obejmują kolejno:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ przygotowanie podłoża, ■ umieszczenie podłoża we właściwym miejscu komory reakcyjnej, ■ przyłożenie ujemnego napięcia do próbki podłoża, ■ uruchomienie źródła wiązek elektronów o odpowiedniej energii, ■ nakierowanie wiązek elektronowej na materiał tarczy, ■ ustalenie warunków umożliwiających uzyskanie par nanoszonego materiału, i wzrost powłoki. <p>W celu zapewnienia bardziej jednolitej powłoki próbka podłoża jest obracana w trakcie procesu oraz wykonuje się skanowanie wiązek elektronowej po powierzchni w obszarze, gdzie zachodzi topnienie materiału. Jakość uzyskiwanych powłok silnie zależy od jedno-rodności warunków panujących wewnątrz reaktora, dlatego pełna kontrola parametrów procesu odgrywa znaczną rolę. Parametry pracy mogą być ustalone z wykorzystaniem symulacji komputerowych.</p>																															
 <p>Schemat ogólny procesu osadzania próżniowego nanometrycznych warstw wierzchnich z wykorzystaniem wiązek elektronów (EB-PVD)</p>																															
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1" data-bbox="642 882 856 1614"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>10</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>10^{-2}</td> <td>10^{-2}</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>A</td> <td>$2 \cdot 10^4$</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td></td> <td>KV</td> <td>1</td> <td>$2,5 \cdot 10^4$</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>60</td> <td>$6 \cdot 10^3$</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td colspan="3">czyste, próżnia</td> </tr> </tbody> </table> <p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p> <p>-</p> <p>Metod(a)y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Zczyszczenie przy pomocy ultradźwięków; przytwierdzenie do uchwyty; umieszczenie w określonym miejscu komory reakcyjnej; wstępne wygrzewanie podłoża.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Komora reakcyjna wyposażona w system dział elektronowych; manipulator; uchwyt z materiałem podłoża; tarcze materiałów osadzanych; kilka niezależnych źródeł jonów.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Układ chłodzenia; układ próżniowy.</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	10	500	Ciśnienie	Pa	10^{-2}	10^{-2}	Warunki prądowo-napięciowe	A	$2 \cdot 10^4$	10		KV	1	$2,5 \cdot 10^4$	Czas	s	60	$6 \cdot 10^3$	Środowisko/atmosfera	czyste, próżnia		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																												
Temperatura	°C	10	500																												
Ciśnienie	Pa	10^{-2}	10^{-2}																												
Warunki prądowo-napięciowe	A	$2 \cdot 10^4$	10																												
	KV	1	$2,5 \cdot 10^4$																												
Czas	s	60	$6 \cdot 10^3$																												
Środowisko/atmosfera	czyste, próżnia																														

Symbol obszaru tematycznego: **M6**

Symbol grupy technologii: **F_{M6}**

Numer katalogowy: **M6-06**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Osadzanie pojedynczych warstw atomowych**
Nazwa grupy technologii (ang.): **Atomic Layer Deposition (ALD)**



Rysunek 4.138. Aktualna faza cyklu życia osadzania pojedynczych warstw atomowych

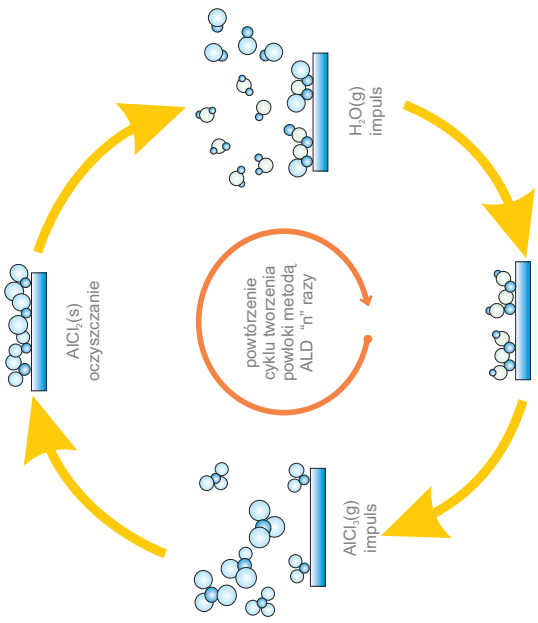


Rysunek 4.139. Perspektywy rozwojowe osadzania pojedynczych warstw atomowych

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Osadzanie pojedynczych warstw atomowych (ALD)		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich		M6-06-2010/12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Interywały czasowe		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	
Dlaczego?		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami i Nauki i Przemysłu	
Strategia dla technologii		Strategia cyprysa wiodna		Strategia cyprysa wiodna: Wykorzystać sposobności umacniając potencjał technologii. Badać, doskonalić, oddziaływanie otoczenia	
Wartość technologii		Strzelisty cyprys		doimwestować atrakcyjną technologię wykorzystującą dobrą koniunkturę na rynku.	
Produkt		Zintegrowane mikroukłady elektromechaniczne (MEMS); pamięci masowe; mikroprocesory; sensory; baterie słoneczne; elektroluminescencyjne wyświetlacze lunoformowe; zolatory dla mikroelektroniki; elementy optoelektroniczne; produkty o własnościach antystatycznych, antyrefleksyjnych		Średnia (5) Średnia (5)	
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Podłoże		Szklko (np. sodowo-wapniowe); ceramika; krzem; słopy żelaza, w tym stal nierdzewna	
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		Polepszone własności materiału		Warstwy ZnS:Mn, Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ /TiO ₂ , Ta ₂ O ₅ ; powłoki z przezroczystych tlenków przewodzących (TCO); powłoki jedno-, wielo- lub multwarstwowe, o strukturze wielofazowej lub gradientowej	
Aparatura naukowo-badawcza		Technologia		Specjalne własności elektryczne, magnetyczne, optyczne; własności antystatyczne	
Faza cyklu życia		Typ produkcji		Mikroskopy; skaningowy elektronowy (SEM), skaningowy tunelowy (STM), transmisyjny elektronowy (TEM), sił atomowych (AFM), jonowy (FIB); dyfraktometr rentgenowski (XRD); mikroanalizator rentgenowski; spektrometr; magnetometr; tester odbicia światła	
Forma organizacji produkcji		Nowoczesność parku maszynowego		Osadzanie pojedynczych warstw atomowych (ALD)	
Automatyzacja i robotyzacja		Jakość i niezawodność		Prototypowa (8) Wzrostowa (7)	
Proekologiczność		Rodzaj organizacji		Jednosłkowa Jednosłkowa i małoseryjna	
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Reprezentowane kadry naukowo-badawczej		Niepotokowa w gniazdach technologicznych lub przedmiotowych Niepotokowa w gniazdach i na lini	
Poziom edukacji personelu		Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej		Bardzo wysoka (9) Bardzo wysoka (9)	
Wymagania kapitałowe		Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność		Dość wysoka (7) Dość wysoka (7)	
Wartość produkcji w kraju		Wartość produkcji w kraju		Średnia (5) Umiarowana (6)	
Niska (3) Wysoka (8)		Uczelnie; INB; TP; CTT		Uczelnie; INB; OW; TP; CTT; male i średnie przedsiębiorstwa	
Elektroniczny, optoelektroniczny, energetyczny, prezyjny, budowlany		Bardzo wysoki (9) Bardzo wysoki (9)		Bardzo wysoki (9) Bardzo wysoki (9)	
Bardzo wysoki (9) Wysokie (8)		Bardzo wysoki (9) Wysokie (8)		Wysokie (8) Wysokie (8)	
Bardzo wysokie (9) Dość wysoka (7)		Dość wysoka (7) Dość wysoka (7)		Dość wysokie (7) Umiarowana (6)	
Niska (3) Niska (4)		Dość niska (4) Średnia (5)		Średnia (5) Średnia (5)	

LEGENDA: ---> Związki przyczynowo-skutkowe ->->-> Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe <-> Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Osadzenie pojedynczych warstw atomowych (ALD)	Nr katalogowy	
Istota związku fizykochemicznego		Obszar tematyczny	Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich	M6-06/2010-12	
Istotą metody jest ograniczenie wzrostu warstw do pojedynczej warstwy atomowej w jednym cyklu procesu. Gazy uwalniające są sekwencyjnie i impulsowo tak, że warstwa na podłożu nanoszona jest w postaci monowarstw atomowych, tworząc warstwę o jednorodnej i ściśle określonej grubości. O związaniu atomów z podłożem decydują dwa podstawowe mechanizmy: chemisorpcja na powierzchni i reakcje chemiczne przy powierzchni. Dostosowanie warunków dosiadczalnych procesu zapewnia stabilny wzrost kolejnych warstw, jednakowy w każdym cyklu osadzania. Pomędzy kolejnymi cyklami osadzania komora reaktora jest przepłukiwana gazem obojętnym. Dzięki temu, że możliwe jest uzyskanie różnych struktur wielowarstwowych metoda ALD stała się atrakcyjna dla mikroelektroniki, dając szansę produkcji układów scalonych przyszłej generacji. ALD znalazła także ważne zastosowanie w innych obszarach, głównie katalizatorów, nanotechnologii i materiałów optoelektronicznych.			Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału Energoozczędność Specjalne własności elektryczne Ultraczystość Niezwilżalność Specjalne własności optyczne Specjalne własności magnetyczne Biokompatybilność Niższy koszt wytwarzania Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkiem zużycia Koroza lokalna i wizerowa Zużycie abrazyjne Zużycie ściernie Koroza równomierna Koroza selektywna Fretting Pitting Erozja Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii	Poziom Bardzo wysoki (9) Bardzo wysoki (9) Wysoki (8) Wysoki (8) Wysoki (8) Wysoki (8) Dość wysoki (7) Poziom Średni (5) Średni (5) Dość niski (4) Dość niski (4) Niski (3) Niski (3) Niski (3) Poziom Bardzo wysoki (9) Dość wysoki (7) Średni (5) Niski (3) Bardzo niski (2) Minimalny (1) Minimalny (1) Minimalny (1) Poziom Wysoki (8) Dość wysoki (7) Umiarowany (6) Umiarowany (6) Systemy ekspertowe Aktualna faza cyklu życia technologii Perspektywy rozwojowe	
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża					
X	jednowarstwowa	X	wielofazowa	X	amorficzna
X	wielowarstwowa	X	gradientowa	X	nanokrystaliczna
X	multiwarstwowa (>100 warstw)	X	kompozytowa		hybrydowa
X	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża		procesy fizyczne na powierzchni podłoża
Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów					
X	mechaniczne	X	magnetyczne	X	optyczne
X	chemiczne	X	dyfuzyjne	X	termiczne
X	elektryczne		hydromechaniczne	X	akustyczne
					inne
Zalety		Wady			
Możliwość otrzymania cienkich warstw i struktur wielowarstwowych; pokrywania ścian wąskich wgłębień, niska temperatura procesów, łatwy sposób procesu domieszkowania.		Niska efektywność i szybkość procesu osadzania; skomplikowany charakter reakcji chemicznych zachodzących na powierzchni; trudności związane z kontrolą procesu.			
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary tematyczne					
Produkty mikro- i optoelektroniczne, w tym: zintegrowane mikroukłady elektromechaniczne (MEMS), pamięć masowe, mikroprocesory, układy sensorowe; osadzanie warstw barierowych (pasywacyjnych); baterie słoneczne; sensory biologiczne; nanorurki i powłoki na grafenie.					
Technologie zaścępcze/alternatywne					
Chemiczne osadzanie nanometrycznych warstw powierzchniowych z fazy gazowej; fizyczne procesy osadzania różnicowe z wykorzystaniem wiązki jonowej lub wiązki elektronów.					
Rekomendowane źródła literatury					
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.					
2 Technology Backgrounder: Atomic Layer Deposition, Published by IC Knowledge LLC, Georgetown, MA, 2004.					
3 M. Leskeä, M. Kemel, K. Kukki, V. Pore, E. Santala, M. Ritala, J. Lu, Exploitation of atomic layer deposition for nanostructured materials, Materials Science and Engineering C 27 (2007) 5-8, 1504-1508.					

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Osadzenie pojedynczych warstw atomowych (ALD) Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich	Nr katalogowy M6-06/2010-12																				
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Przed rozpoczęciem procesu powierzchnia jest oczyszczana i wygrzewana.</p> <p>Wzrost warstwy w procesie ALD następuje w wyniku czterech powtarzających się kroków:</p> <ul style="list-style-type: none"> ekspozycji na działanie pierwszego prekursora, przeplukiwania powierzchni i usunięcia cząstek prekursora, które nie wzięły udziału w reakcji oraz powstających produktów reakcji, ekspozycji na działanie drugiego prekursora, przeplukiwania powierzchni i usunięcia cząstek prekursora, które nie wzięły udziału w reakcji oraz powstających produktów reakcji. <p>Każdy cykl powoduje wzrost grubości warstwy o ściśle określoną wartość. Liczba cykli zależy od oczekiwanej grubości warstwy. Czas trwania pojedynczego cyklu wynosi od 0,5 do kilku sekund, kiedy osadzana jest warstwa o grubości od 0,01 do 0,3 nm. Poza temperaturą, własnościami prekursorów i materiału podłoża, większość parametrów takich jak ciśnienie, warunki napięciowo-prądowe itp. nie wpływa istotnie na grubość i jednorodność osadzanych warstw, dzięki czemu możliwe jest uzyskiwanie konforemnych warstw na dużych powierzchniach.</p>																							
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1" data-bbox="611 882 863 1614"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>50</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td>Pa</td> <td>10</td> <td>$5 \cdot 10^2$</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>60</td> <td>$6 \cdot 10^4$</td> </tr> </tbody> </table> <p>Srodowisko/atmosfera: warunki próżniowe</p> <p>Specyficzne warunki realizacji procesu: obecność reaktywnych i niebezpiecznych gazów</p> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Dokładne oczyszczenie powierzchni; trawienie jonowe; wygrzewanie w celu desorpcji wody; węglowodorów i innych zanieczyszczeń z powierzchni podłoża.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Dozowniki prekursorów wyposażone w szybkie zawory; komora reakcyjna; system pomp próżniowych.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Specjalistyczne oprzyrządowanie do pomiaru grubości osadzanych warstw.</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	50	500	Ciśnienie	Pa	10	$5 \cdot 10^2$	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	60	$6 \cdot 10^4$
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																				
Temperatura	°C	50	500																				
Ciśnienie	Pa	10	$5 \cdot 10^2$																				
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																				
Czas	s	60	$6 \cdot 10^4$																				
 <p>The diagram illustrates the Atomic Layer Deposition (ALD) cycle. It shows a substrate with a growing layer of Al₂O₃(s). The cycle consists of four steps: 1. Exposure to AlCl₃(g) impulsion, forming a monolayer of AlCl₃(s). 2. Purging with H₂O(g) impulsion, removing the AlCl₃(s) and leaving a surface of Al-OH groups. 3. Exposure to H₂O(g) impulsion, forming a monolayer of Al₂O₃(s). 4. Purging with AlCl₃(g) impulsion, removing the Al₂O₃(s) and leaving a surface of Al-OH groups. The cycle repeats 'n' times to form a film of Al₂O₃(s). A central note states: 'powtórzenie cyklu tworzenia powłoki metodą ALD - n razy'.</p>			Proces osadzania pojedynczych warstw atomowych (ALD) o grubości ok. 0,1 nm																				

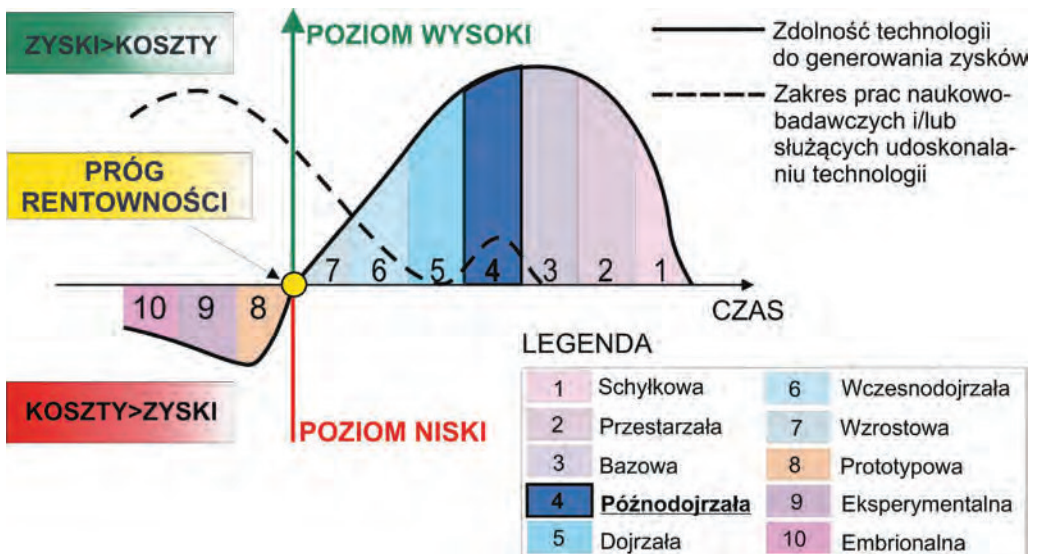
Symbol obszaru tematycznego: **M6**

Symbol grupy technologii: **G_{M6}**

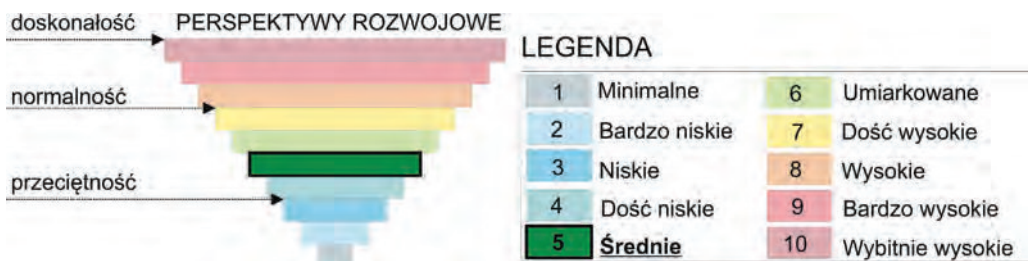
Numer katalogowy: **M6-07**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Elektroosadzanie nanometrycznych warstw wierzchnich**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Electrodeposition of nanometric surface layers**



Rysunek 4.140. Aktualna faza cyklu życia elektroosadzania nanometrycznych warstw wierzchnich



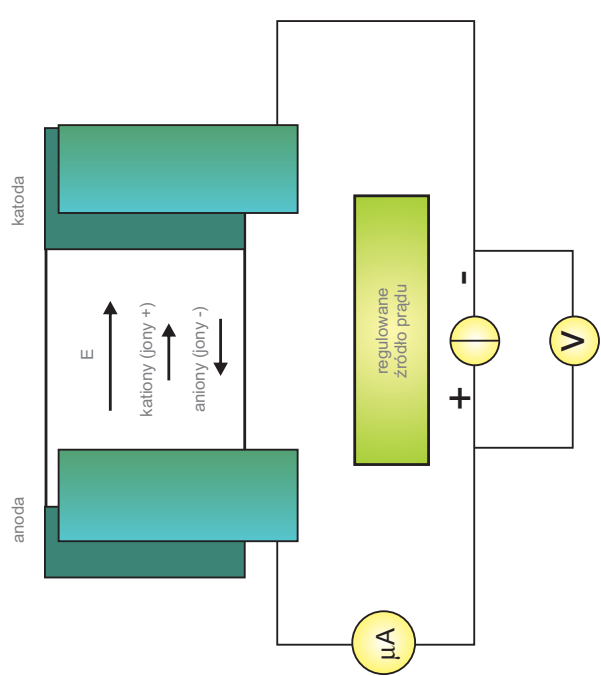
Rysunek 4.141. Perspektywy rozwojowe elektroosadzania nanometrycznych warstw wierzchnich

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Elektroosadzanie nanometrycznych warstw powierzchniowych		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich		M6-07-2010/12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Dlaczego?		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Zrównoważony rozwój	
		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji	
		Mroźna zima			
		Ukorzeniona kosodrzewina			
		Strategia kosodrzewiny zimą: Opiierać się trudnościom. Opiierać się trudnościom płynącym z otoczenia starając się równocześnie w miarę możliwości wzmocnić atrakcyjność technologii o dużym potencjale.			
Produkt		Nanodruki magnetyczne; styki; tranzystory; układy scalone; membrany jonoselektywne; implanty; elementy komory silnika; łożyska; tuleje cylindryczne; części silników samolotowych, w tym: części przekładni i turbin; osprzęt złączonowy, w tym śruby, nakrętki; obwody drukowane; płytki drukowane do zastosowań w telekomunikacji; mikromechanizmy; mikroreaktory; sensory; ogniwa fotowoltaiczne		Dość niska (4) Dość niska (4)	
Co?		Podłoże		Dość niska (4)	
		Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/porosów na powierzchni podłoża		Dość niska (4)	
		Polepszone własności materiału		Dość niska (4)	
		Aparatura naukowo-badawcza		Dość niska (4)	
Technologia		Elektroosadzanie nanometrycznych warstw powierzchniowych		Dość niska (4)	
Faza cyklu życia		Późnodrożala (4)		Dość niska (4)	
Typ produkcji		Mało- i średnioseryjna		Dość niska (4)	
Forma organizacji produkcji		Niepotokowa w gniazdach i na linii		Dość niska (4)	
Nowoczesność parku maszynowego		Dość niska (4)		Dość niska (4)	
Automatyzacja i robotyzacja		Dość niska (4)		Dość niska (4)	
Jakość i niezawodność		Średnia (5)		Dość niska (4)	
Proekologiczność		Średnia (5)		Średnia (5)	
Gdzie?		Uczelnie; INB; OW; małe i średnie przedsiębiorstwa		Małe i średnie przedsiębiorstwa	
Rodzaj organizacji		Elektroniczny; optyczny; motoryzacyjny; lotniczy; maszynowy; medyczny (implantologia); telekomunikacyjny; wydobywczy; energetyczny		Małe i średnie przedsiębiorstwa	
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Elektroniczny; optyczny; motoryzacyjny; lotniczy; maszynowy; medyczny (implantologia); telekomunikacyjny; wydobywczy; energetyczny		Małe i średnie przedsiębiorstwa	
Kto?		Umiaarkowane (6)		Umiaarkowany (6)	
		Średnie (5)		Średnie (5)	
Ile?		Dość niskie (4)		Dość niskie (4)	
		Umiaarkowana (6)		Dość niska (4)	
		Umiaarkowana (6)		Średnia (5)	
		Umiaarkowana (6)		Średnia (5)	

LEGENDA: → Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwuierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Elektroosadzanie nanometrycznych warstw powierzchniowych	Nr katalogowy
Obszar tematyczny	Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich		M6-07/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
Metoda elektroosadzania umożliwia wytworzenie warstw metali lub stopów trwałe złączonych z podłożem. Mechanizm elektroosadzania bazuje na zjawisku elektrolizy, podczas której ładunki elektryczne przemieszczają się do elektrod zanurzonych w ciekłym przewodniku jonowym po podłączeniu zewnętrznego źródła prądu. Zasada elektrochemicznego osadzania polega na prowadzeniu reakcji elektrochemicznej redukcji jonów metalu z roztworu wodnego do celu uzyskania warstw metalowej na powierzchni katody. Ze względu na nanometryczny rozmiar ziaren w powłokach osadzanych w procesie elektroosadzania, ich własności są odmiennie i często lepsze w porównaniu z konwencjonalnymi gruboziarnistymi powłokami polikrystalicznymi. Różnice dotyczą cech morfologicznych, przewodnictwa elektrycznego, wytrzymałości i twardości, oraz innych, takich jak poprawa ciągliwości, zmniejszenie gęstości, zmniejszenie modułu sprężystości, wzrost współczynnika rozszerzalności cieplnej, poprawa własności magnetycznych.			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej/lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
X jednowarstwowa	wielofazowa	X amorficzna	Poziom
X wielowarstwowa	X gradientowa	X nanokrystaliczna	Barczo wysoki (9)
	X kompozytowa	X hybrydowa	Barczo wysoki (9)
przemiany fazowe powierzchni podłoża	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	X procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Barczo wysoki (9)
Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
X mechaniczne	X magnetyczne	X optyczne	Wysoki (8)
X chemiczne	dyfuzyjne	termiczne	Dość wysoki (7)
X elektryczne	hydromechaniczne	X antykorozyjne	Umiarkowany (6)
		inne	
Zalety			
Szybkość; niskie koszty; brak porowatości; wysoka czystość; łatwość kontroli składu osadzanych stopów; możliwość pokrywania elementów o złożonych kształtach; przemysłowe zastosowania.		Wady	
Koneczność stosowania szkodliwych reagentów.			
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary tematyczne			
Otrzymywanie cienkich (mikro- lub nanometrycznych) warstw gradientowych; warstw amorficznych lub powłok kompozytowych (np. Ni-B) o własnościach antykorozyjnych, trybologicznych, magnetycznych i/lub optycznych; nanodruły magnetyczne; membrany jonoselektywne; implanty; ogniwa fotowoltaiczne.			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Chemiczne osadzanie nanometrycznych warstw powierzchniowych z fazy gazowej; fizyczne procesy osadzania próżniowego nanometrycznych warstw powierzchniowych.			
Rekomendowane źródła literaturowe			
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.			
2 L.A. Dobrzański, M. Pawłtwa, A. Krztoń, B. Liszka, K. Labisz. Synthesis and characterization of carbon nanotubes decorated with platinum nanoparticles, JAMME 39 (2010) 184-189.			
3 I. Gurrappa, L. Binder, Electrodeposition of nanostructured coatings and their characterization — a review, Science and Technology of Advanced Materials 9/4 (2008) 1-11.			
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			
Odporność na korozję			Barczo wysoki (9)
Odporność na ścieranie			Barczo wysoki (9)
Specjalne własności magnetyczne			Barczo wysoki (9)
Niższy koszt wytwarzania			Wysoki (8)
Specjalne własności elektryczne			Wysoki (8)
Specjalne własności optyczne			Wysoki (8)
Biokompatybilność			Wysoki (8)
Gładkość powierzchni			Wysoki (8)
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia			Poziom
Koroza równomierna			Barczo wysoki (9)
Koroza lokalna i wżerowa			Barczo wysoki (9)
Zużycie ścieme			Barczo wysoki (9)
Koroza międzykryształiczna			Wysoki (8)
Koroza selektywna			Wysoki (8)
Koroza naprężeniowa i zmęczeniowa			Wysoki (8)
Fretting			Dość wysoki (7)
Erozja			Umiarkowany (6)
Sektje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii. Symbole PKD			Poziom
M 72			Barczo wysoki (9)
C 26			Dość wysoki (7)
C 27			Umiarkowany (6)
C 25			Sredni (5)
C 18			Dość niski (4)
C 13			Niski (3)
C 23			Barczo niski (2)
C 30			Barczo niski (2)
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii			Poziom
Dynamika molekularna			Umiarkowany (6)
Automaty komórkowe			Umiarkowany (6)
Analiza Fraktalna			Umiarkowany (6)
Systemy ekspertowe			Umiarkowany (6)
Metody Monte Carlo			Umiarkowany (6)
Aktualna faza cyklu życia technologii			Późnodzjrzała (4)
Perspektywy rozwoju			Srednie (5)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Elektroosadzanie nanometrycznych warstw powierzchniowych	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich	M6-07/2010-12
Opis przebiegu procesu technologicznego			
<p>Reakcje elektrochemiczne osadzania przeprowadza się w wannach wypełnionych odpowiednim elektrolitem zawierającym sole wydzielanego metalu. Stosowane kąpiele stanowią zwykle złożoną kompozycję soli podstawowych, oraz zazwyczaj pewnych substancji dodatkowych wpływających na jakość i właściwości otrzymywanych powłok. O jakości procesu osadzania decyduje prawidłowe stężenie składników roztworu oraz zachowanie właściwych parametrów prądowych – napięcia, gęstości prądu, temperatury, cyrkulacji roztworu. Dzięki temu, że w technologii elektroosadzania można sterować dużą liczbą parametrów, w szerokim zakresie możliwe jest modyfikowanie składu, grubości i struktury krystalicznej osadzanych metali i stopów. Kolejne etapy procesu:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ wstępne przygotowanie podłoża, ■ ustalenie właściwej temperatury i szybkości mieszania roztworu, ■ umieszczenie próbki podłoża w roztworze i przyłączenie do anody, ■ ustalenie odpowiedniej wartości napięcia i przeprowadzenie procesu osadzania, ■ wyptakanie próbki. <p>Sekwencyjnie, szybka zmiana parametrów prądowych (pulse electrodeposition) umożliwila osadzenie naprzemiennych warstw nanostrukturalnych.</p>			
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego			
Standardowy zakres parametru procesu		jednostka	od
Temperatura		°C	20
Ciśnienie		-	75
Warunki prądowo-napięciowe		V | A/m ²	10 ⁻¹ | 1 | 3 | 3·10 ³
Czas		s	6 | 6·10 ³
Środowisko/atmosfera		wodne	
Specyficzne warunki realizacji procesu		kontrola odczynu pH	
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Płukanie próbki; usuwanie warstw tlenkowych poprzez zanurzenie na 1 minutę w odpo-wiednim dla danego podłoża roztworze; elektropolowanie.			
Typ/rodzaj urządzenia			
Elektroizolizer; elektrody (anoda, katoda, elektrody dodatkowe); zasilacz prądu stałego; mieszadło.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Miernik elektrochemiczny monitorujący napięcie, temperaturę, natężenie prądu oraz przewodnictwo w funkcji czasu.			
Schemat ogólny przebiegu procesu elektroosadzania			



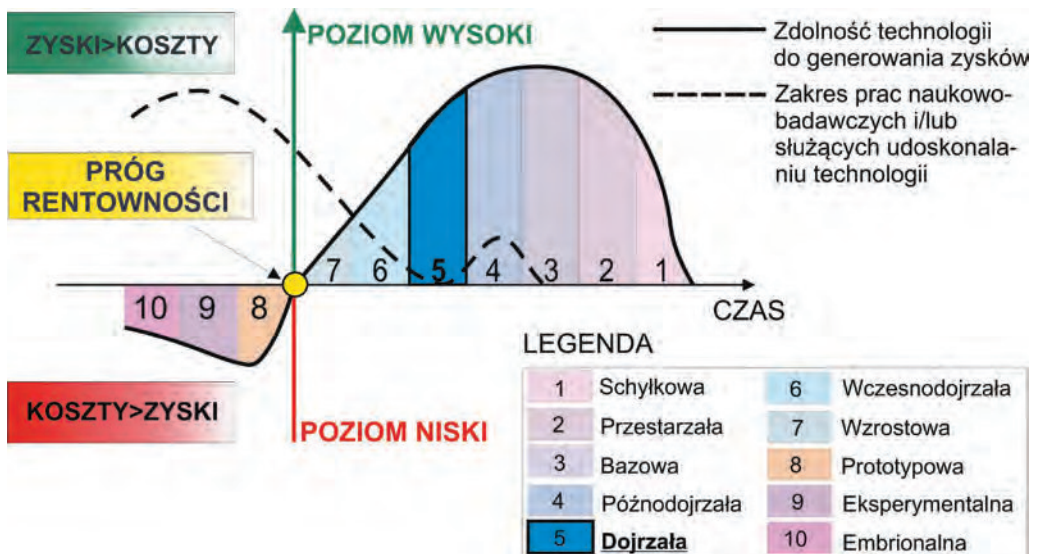
Symbol obszaru tematycznego: **M6**

Symbol grupy technologii: **H_{M6}**

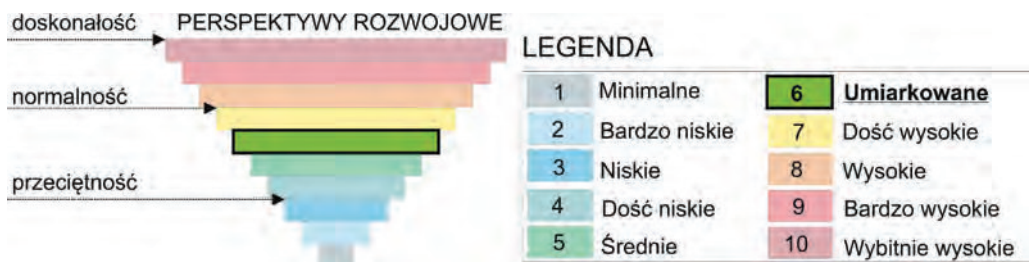
Numer katalogowy: **M6-08**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Metoda zol-żel otrzymywania nanometrycznych warstw wierzchnich**

Nazwa grupy technologii (ang.): **The sol-gel method of nanometric surface layers obtaining**



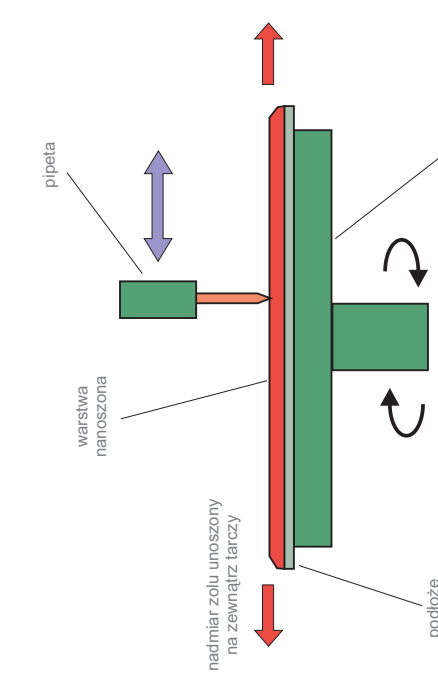
Rysunek 4.142. Aktualna faza cyklu życia metody zol-żel otrzymywania nanometrycznych warstw wierzchnich



Rysunek 4.143. Perspektywy rozwojowe elektroosadzania nanometrycznych warstw wierzchnich

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Technologia zół-żel otrzymywania nanometrycznych warstw powierzchniowych	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich		M6-08-2010/12
Kiedy?		Interwały czasowe		2030
Dlaczego?		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej
		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Zrównoważony rozwój
		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji
Strategia dla technologii		Strategia kosopolitarny jesienią: Czerpać korzyści umacniając atrakcyjność technologii. Czerpać zyski z realizacji Oddziaływanie otoczenia z wykorzystaniem solidnej technologii, którą należy unowocześnić i intensywnie promować dla wzmocnienia jej atrakcyjności.		
Wartość technologii		Deszczowa jesień		
Produkt		Ukorzeniona kosodrzewina		
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Układy półprzewodnikowe: lasery; filtry; baterie i akumulatory; inhibitory korozji metali; ogniwia fotowoltaiczne; wyroby tekstylne; sensory chemiczne; powłoki katalityczne; implanty i wszczepy medyczne; membrany o kontrolowanej porowatości; produkty o powłokach: antystatycznych, antyrefleksyjnych, luminescencyjnych		
Podłoże		Dość wysoka (7) Umiaarkowana (6) Średnia (5)		
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		Ceramika narzędziowa; węgliki splekane; szkło; melale; w tym tytan i jego stopy; stале, w tym medyczne stosowane na implanty; polimery		
Polepszone własności materiału		Powłoki jedno- lub wieloskładnikowe, wielofazowe, kompozytowe bądź hybrydowe na bazie ceramiki tlenkowej (np. SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃), nienlepkowej (azotki, węgliki, węglikoazotki, np. NBC, TaC, ZrC); powłoki wapińno-fosforanowe, w szczególności hydroksypapatytwе; warstwy ochronne, dekoracyjne		
Aparatura naukowo-badawcza		Twardość; własności mechaniczne i chemiczne, optyczne, polyczne, termiczne; biokompatybilność; bakterioobojność; grzybobójność; poprawa adhezji żywych komórek; zdolności katalityczne; zdolność pochłaniania energii słonecznej		
Technologia		Mikroskopy: skaningowy elektrony (SEM), skaningowy tunelowy (STM), transmisyjny elektrony (TEM), sił atomowych (AFM), jonowy (FIB); dyfraktometr rentgenowski (XRD); mikroanalizator rentgenowski; spektrometr, np. GDOES; stanowiska do pomiarów odporności na korozję i erozję; potencjostat; nanolwardosłomierz; nanoindentor; scratch tester; trybometr		
Faza cyklu życia		Technologia zół-żel otrzymywania nanometrycznych warstw powierzchniowych		
Typ produkcji		Dojrzała (5) Dojrzała (5) Poźnodojrzała (4)		
Forma organizacji produkcji		Mało- i średnioseryjna Mało- i średnioseryjna Mało- i średnioseryjna		
Nowoczesność parku maszynowego		Niepotokowa w gniazdach technologicznych lub przedmiotowych Niepotokowa w gniazdach i na liniach Niepotokowa w gniazdach i na liniach		
Automatyzacja i robotyzacja		Dość niska (4) Dość niska (4) Średnia (5)		
Jakość i niezawodność		Dość niski (4) Dość niski (4) Dość niski (4)		
Proekologiczność		Dość niska (4) Dość niska (4) Dość niska (4)		
Rodzaj organizacji		INB; OW; mało i średnie przedsiębiorstwa OW; mało i średnie przedsiębiorstwa		
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Energetyczny, optoelektroniczny, budowlany, włókienniczy, medyczny, farmakologiczny, chemiczny, elektroniczny, opakowaniowy		
Poziom edukacji personelu		Dość niski (4) Dość niski (4) Dość niski (4)		
Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej		Dość niskie (4) Dość niskie (4) Dość niskie (4)		
Wymagania kapitałowe		Średnie (5) Dość niskie (4) Dość niskie (4)		
Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność		Średnia (5) Średnia (5) Średnia (5)		
Wartość produkcji w kraju		Umiaarkowana (6) Średnia (5) Średnia (5)		
LEGENDA:		Związki przyczynowo-skutkowe Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe Dwuierunkowe przepływy danych i/lub zasobów		

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Technologia zol-żel otrzymywania nanometrycznych warstw powierzchniowych	Nr katalogowy
Obszar tematyczny	Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich		M6-08/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
Technologia zol-żel jest metodą syntezy chemicznej, której istotą jest utworzenie, zazwyczaj na drodze hydrolyzy, zolu soli danego związku, który poddawany jest następnie ogrzewaniu, w celu zamiany zolu w żel a następnie suszeniu w podwyższonej temperaturze, w wyniku czego otrzymuje się proszki (np. tlenków) o rozmiarach nanometrycznych. Technologia polegająca na przejściu zolu w żel umożliwia modyfikację struktury na poziomie molekularnym. Metody zol-żel powszechnie wykorzystywane są do otrzymywania tlenków metali przejściowych (np. TiO ₂ , ZnO), aerozoli krzemionokowych, a także niektórych nanomateriałów. Nakładanie powłok metodą zol-żel może odbywać się przy pomocy techniki: zanurzeniowej, wirowania, ciągłego nanoszenia zanurzeniowego, natryskiwania.			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
X	jednowarstwowa	X	wielofazowa
X	wielowarstwowa	X	gradientowa
	multiwarstwowa (>100 warstw)	X	kompozytowa
	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża
Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
X	mechaniczne	X	magnetyczne
X	chemiczne	X	dyfuzyjne
X	elektryczne	X	hydromechaniczne
		X	trybologiczne
		X	termiczne
		X	antykorozyjne
			inne
Zalety			
Dokonała adhezja do podłoża; możliwość domieszkowania z udziałem szerokiej gamy pierwiastków; duża powierzchnia właściwa.			
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary tematyczne			
Filtry; ogniwa fotowoltaiczne; czujniki obecności substancji chemicznych; powłoki katalityczne; membrany o kontrolowanej porowatości; ceramika specjalna (SiO ₂ , ZnO); biomateriały (implanty, wszczepy medyczne); wyrobry tekstylne; materiały inteligentne; układy półprzewodnikowe.			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Chemiczne osadzenie nanometrycznych warstw powierzchniowych z fazy gazowej; fizyczne procesy osadzania próżniowego nanometrycznych warstw powierzchniowych; osadzanie pojedynczych warstw ALD.			
Rekomendowane źródła literatury			
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.			
2 A. Biedunkiewicz, Charakterystyka powłok TiC wytworzonych techniką zol-żel na ceramice tlenkowej, Inżynieria Materiałowa 23/5 (2002), 364-367.			
3 J.J. Livage, Sol-gel process, Current Opinion in Solid State and Materials Science 2 (1997) 132-138.			
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			
Zdolności katalityczne			
Własności mechaniczne			
Specjalne własności optyczne			
Specjalne własności elektryczne			
Zdolność pochłaniania energii słonecznej i ciepłej			
Biokompatybilność			
Niższy koszt wytwarzania			
Niezmiatalność			
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia			
Koroza lokalna i wżerowa			
Koroza selektywna			
Zużycie dyfuzyjne			
Fretting			
Koroza równomierna			
Zużycie ściernie			
Erozja			
Ablacja			
Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			
M 72			
C 26			
C 27			
C 29			
C 30			
C 13			
C 20			
C 25			
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii			
Logika rozmyta			
Algorytmy genetyczne			
Dynamika molekularna			
Systemy ekspertowe			
Sztuczne sieci neuronowe			
Aktualna faza cyklu życia technologii			
Perspektywy rozwoju			
Dość wysoki (7)			
Umiarkowany (6)			
Umiarkowany (6)			
Umiarkowany (6)			
Umiarkowany (6)			
Dojrzała (5)			
Umiarkowane(6)			

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Technologia zol-żel otrzymywania nanometrycznych warstw powierzchniowych	Nr katalogowy																												
	Obszar tematyczny	Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich	M6-08/2010-12																												
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Proces obejmuje: otrzymanie zolu, nanoszenie na powierzchnię cienkiej warstwy, przemiany zolu w żel oraz kalcynacji bądź suszenia w podwyższonej temperaturze. Roztwory stabilnych zoli odpowiednio do osadzenia warstw mogą być otrzymywane w wyniku zastosowania roztworów koloidalnych otrzymanych w wodzie lub w rozpuszczalnikach niewodnych przy wykorzystaniu substancji amorficznych w postaci cząstek koloidalnych lub metodami hydrolytycznej polikondensacji alkoholanów metali i alkoksylianów. Przykładowy proces nanoszenia nanometrycznej warstwy zolu obejmuje: umieszczenie materiału podłoża na obrótowej tarczy (mocowanie mechanicznie, warstwą samoprzylepną, poprzez wytworzenie podciśnienia), wylanie (pipeta lub inny dozownik) porcji substancji powlekającej, rozcieńczonej szybko parującym rozpuszczalnikiem, na środek powlekaanej powierzchni, szybki ruch obrótowej tarczy wraz z powlekaną próbką, co powoduje pokrycie całej powierzchni substancją powlekającą, usunięcie mechaniczne lub rozpuszczenie kroplami rozpuszczalnika podawanymi na obwód obracającej się próbki nadmiaru substancji powlekającej, kontynuowanie wirowania do całkowitego odparowania rozpuszczalnika lub do momentu, gdy za sprawą wzrostu lepkości warstwa powlekająca przestaje płynąć, przeniesienie próbki do miejsca dalszego suszenia.</p>																															
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1" data-bbox="207 878 1071 1615"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>20</td> <td>1400</td> </tr> <tr> <td>Cisnienie</td> <td></td> <td colspan="2">atmosferyczne</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>60</td> <td>6·10⁴</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td></td> <td colspan="2">brak lub kąpiele zanurzeniowe</td> </tr> <tr> <td>Specyficzne warunki realizacji procesu</td> <td></td> <td colspan="2">wypalanie należy przeprowadzać w temperaturze do 600°C</td> </tr> </tbody> </table> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>W zależności od materiału podłoża – bez przygotowania; oczyszczenie powierzchni; wstępna modyfikacja własności chemicznych.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Spin coater. zabezpieczenie przed osiadaniami zanieczyszczeń z powietrza; w przypadku stosowania niebezpiecznych rozpuszczalników proces prowadzony w atmosferze azotu.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Urządzenia kontrolujące prędkość i przyspieszenie tarczy; układy kontroli temperatury; elementy ułatwiające usuwanie nadmiaru substancji gromadzącej się na brzegach próbki.</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	20	1400	Cisnienie		atmosferyczne		Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	60	6·10 ⁴	Środowisko/atmosfera		brak lub kąpiele zanurzeniowe		Specyficzne warunki realizacji procesu		wypalanie należy przeprowadzać w temperaturze do 600°C	
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																												
Temperatura	°C	20	1400																												
Cisnienie		atmosferyczne																													
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																												
Czas	s	60	6·10 ⁴																												
Środowisko/atmosfera		brak lub kąpiele zanurzeniowe																													
Specyficzne warunki realizacji procesu		wypalanie należy przeprowadzać w temperaturze do 600°C																													
																															
<p>Schemat układu umożliwiającego otrzymywanie nanometrycznych warstw wierzchnich z wykorzystaniem technologii zol-żel</p>																															

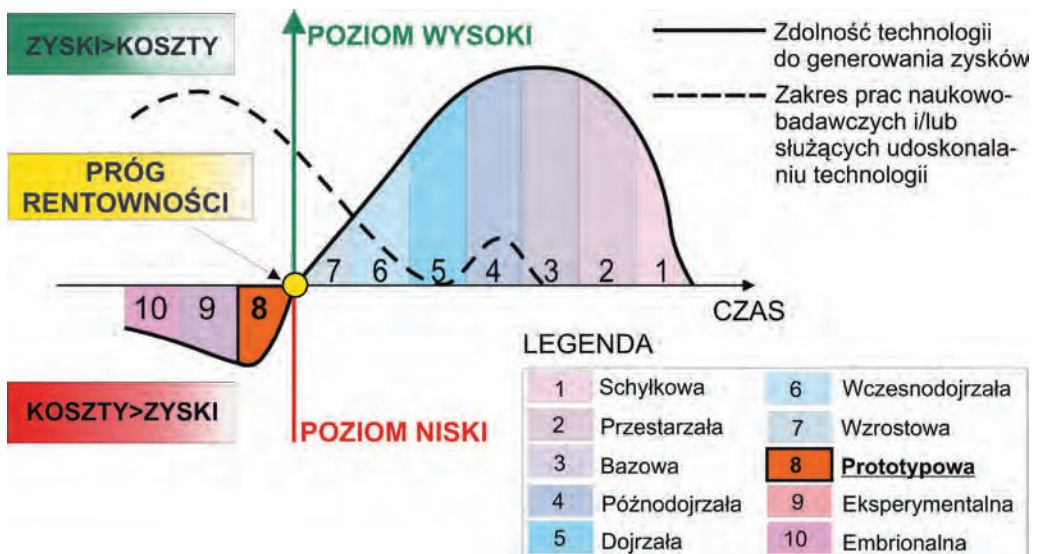
Symbol obszaru tematycznego: **M6**

Symbol grupy technologii: **I_{M6}**

Numer katalogowy: **M6-09**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Nakładanie na warstwy wierzchnie powłok zawierających nanomateriały**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Deposition of coatings with nanomaterials on surface layers**



Rysunek 4.144. Aktualna faza cyklu życia nakładania na warstwy wierzchnie powłok zawierających nanomateriały

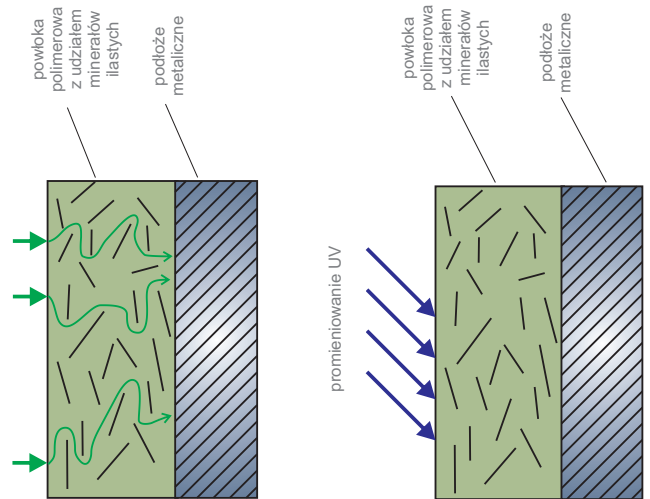


Rysunek 4.145. Perspektywy rozwojowe nakładania na warstwy wierzchnie powłok zawierających nanomateriały

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Nakładanie na warstwach wierzchnich powłok zawierających nanomateriały	Nr katalogowy
Obszar tematyczny		Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich		M6-09-2010/12
Kiedy?		Interwały czasowe		2030
Dlaczego?		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej
		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Zrównoważony rozwój
		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji
		Strategia dla technologii Oddziaływanie otoczenia Wartość technologii	Strategia cyprysa wiodną: Wykorzystać sposobności umacniając potencjał technologii. Badać, doskonalić, wzmacniać i doinwestować atrakcyjną technologię wykorzystującą dobrą koniunkturę na rynku.	
Co?		Produkt	Produkty pokryte powierzchniowymi warstwami antykorozyjnymi, przeciwdrożdżycowymi, samoczyszczącymi, antibakteryjnymi; nośniki pamięci; sensory; ognia fotowoltaiczne; narzędzia; elementy maszyn; tekstylia; sprzęt RTV i AGD	
		Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji	Średnia (5) Umiarowana (6) Umiarowana (6)	
		Podłoże	Metale i ich stopy, w tym stopy metali lekkich, stале medyczne; ceramika inżynierska, szkło; polimery; krzem	
		Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża	Powłoki metalowe, ceramiczne, kompozytowe, polimerowe z nanonapełniaczami, w tym w postaci nanorurek, płytek (np. montmorylonitu), nanocząstek (np. krzemionki), form „kwiatopodobnych”	
		Polepszone własności materiału	Twardość; własności trybologiczne i antykorozyjne; wytrzymałość mechaniczna; odporność na działanie światła; chemoodporność; odporność na kruszenie	
		Aparatura naukowo-badawcza	Mikroskopy, skaningowy elektronowy (SEM), skaningowy tunelowy (STM), transmisyjny elektronowy (TEM), sił atomowych (AFM), jonowy (FIB); dyfraktoметр рентгеновский (XRD); mikroanalizator rentgenowski; spektrometry; ramanowski, wstęznego rozpraszania jonów (RBS), Mossbauera, fourierowski (FTIR); elipsometr spektralny; stanowiska do pomiarów odporności na korozję i erozję; nanotwardościomierz; nanointender; scratch tester; trybometr	
Technologia		Nakładanie na warstwach wierzchnich powłok zawierających nanomateriały		
		Faza cyklu życia	Prototypowa (8) Wzrostowa (7) Wzrostowa (7)	
		Typ produkcji	Jednostkowa Mało- i średnioseryjna Mało-, średnio- i wielkoseryjna	
		Forma organizacji produkcji	Niepotokowa w gniazdach Niepotokowa w gniazdach i na linii	
		Nowoczesność parku maszynowego	Dość niski (4) Dość niski (4)	
		Automatyzacja i robotyzacja	Średnia (5) Średnia (5)	
		Jakość i niezawodność	Średnia (5) Średnia (5)	
		Proekologiczność	Umiarowana (6) Umiarowana (6) Dość wysoka (7)	
Gdzie?		Rodzaj organizacji	Uczelnie; INB; TP; CTT; OW Uczelnie; INB; TP; CTT; OW; male i średnie przedsiębiorstwa	
		Reprezentowane gałęzie przemysłu	Budowa maszyn; elektryczny; optyczny; energetyczny; włókienniczy; budowlany; narzędziowy; optoelektryczny	
Kto?		Umiarowany (6) Średni (5) Średni (5)		
		Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej	Umiarowane (6) Umiarowane (6)	
		Wymagania kapitałowe	Dość niskie (4) Dość niskie (4)	
		Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność	Dość niska (4) Dość niska (4)	
		Wartość produkcji w kraju	Umiarowana (6) Dość wysoka (7)	

LEGENDA: ↔ Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe ↔ Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Nakładanie na warstwach wierzchnich powłok zawierających nanomateriały	Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego	Obszar tematyczny	Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich	M6-09/2010-12
<p>Grubość nanoszonej powłoki może być dowolna (większa niż 100 nm), istotne jest, aby co najmniej jeden ze składników powłoki był nanomateriałem. W omawianym obszarze największą rolę odgrywają powłoki nanokompozytowe (zawierające dodatki nanomateriałów, w szczególności nanokompozyty zawierające minerały ilaste) oraz powłoki nanokryształiczne. Chemiczne i mechaniczne aspekty warunków przetwarzania wymagane do osiągnięcia zamierzonej dyspersji powłok kompozytowych zawierających cząstki o rozmiarach nanometrycznych są zazwyczaj znacznie bardziej skomplikowane niż w tradycyjnych metodach formowania kompozytów. Głównym wyzwaniem w trakcie syntezy powłok nanokryształicznych jest zachowanie wielkości kryształitów i zapobieganie ich rozrostowi. Cechy nanostrukturalne powłoki decydują o wzroście twardości i wytrzymałości, przyczyniając się do poprawy odporności na zużycie nanoszonych warstw wierzchnich.</p>			
<p>Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża</p>			
X jednowarstwowa	X wielofazowa	X amorficzna	Poziom
X wielowarstwowa	X gradientowa	X nanokryształiczna	Wysoki (8)
X multivarsztwowa (>100 warstw)	X kompozytowa	X hybrydowa	Wysoki (8)
X przemiany fazowe powierzchni podłoża	X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	X procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Wysoki (8)
<p>Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów</p>			
X mechaniczne	X magnetyczne	X optyczne	Dość wysoki (7)
X chemiczne	X dyfuzyjne	X termiczne	Umiarakowany (6)
X elektryczne	X hydromechaniczne	X akustyczne	Sredni (5)
<p>Zalety</p>			
Możliwość uzyskania nowych własności powłok wynikających z rozmiaru dodawanych cząstek, np. przezroczystość w zakresie światła widzialnego, odporność chemiczna, na działanie promieniowania.		Wady	Sredni (5)
<p>Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary tematyczne</p>			
Twarde powłoki antykorozyjne i przeciwzużyciowe; powierzchnie samoczyszczące się i antybakteryjne; nośniki pamięci i inne elementy elektroniczne; sensory; ogniva fotowoltaiczne; materiały stosowane w biomedycynie i biotechnologii genetycznej; narzędzia i elementy maszyn; tekstylia; sprzęt RTV i AGD.		Koszty materiałów, wpływ na środowisko; zaawansowane metody charakteryzowania stosowanych materiałów.	Wysoki (8)
<p>Technologie zastępcze/alternatywne</p>			
Tradycyjne techniki malarskie i nanoszenie zanurzeniowe; obróbka powierzchniowa nanomateriałów; pokrywanie powłokami natryskwanymi ciepłynie.			Wysoki (8)
<p>Rekomendowane źródła literaturowe</p>			
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.			Dość wysoki (7)
2 J. He, J.M. Schoenung, Nanostructured coatings, Materials Science and Engineering A 336/1-2 (2002) 274-319.			Sredni (5)
3 R.H. Fernando, L.P. Sung (eds.), Nanotechnology Applications in Coatings, Nanocomposite and Nanostructured Coatings: Recent Advancements, Oxford University Press, 2009, 2-21.			Sredni (5)
			Prototypowa (8)
			Wysokie (8)
<p>Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału</p>			
Twardość			Wysoki (8)
Niezwiżalność			Wysoki (8)
Odporność na korozję			Wysoki (8)
Odporność na działanie związków chemicznych			Wysoki (8)
Specjalne własności magnetyczne			Wysoki (8)
Specjalne własności elektryczne			Wysoki (8)
Zdolności adsorpcyjne i absorpcyjne			Wysoki (8)
Biokompatybilność			Wysoki (8)
<p>Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia</p>			
Korozja lokalna i wżerowa			Wysoki (8)
Korozja selektywna			Wysoki (8)
Korozja równomierna			Wysoki (8)
Zużycie ściernie			Wysoki (8)
Korozja międzykryształiczna			Dość wysoki (7)
Zużycie dyfuzyjne			Umiarakowany (6)
Fretting			Sredni (5)
Korozja naprężeniowa i zmęczenia			Sredni (5)
<p>Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii</p>			
M72			Wysoki (8)
C 26			Wysoki (8)
C 25			Dość wysoki (7)
C 18			Sredni (5)
C 27			Sredni (5)
C 29			Sredni (5)
C 13			Dość niski (4)
C 14			Dość niski (4)
<p>Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii</p>			
Systemy ekspertowe			Dość wysoki (7)
Metody Monte Carlo			Sredni (5)
Dynamika molekularna			Sredni (5)
Algorytmy genetyczne			Sredni (5)
Analiza fraktalna			Sredni (5)
Aktualna faza cyklu życia technologii			Prototypowa (8)
Perspektywy rozwoju			Wysokie (8)

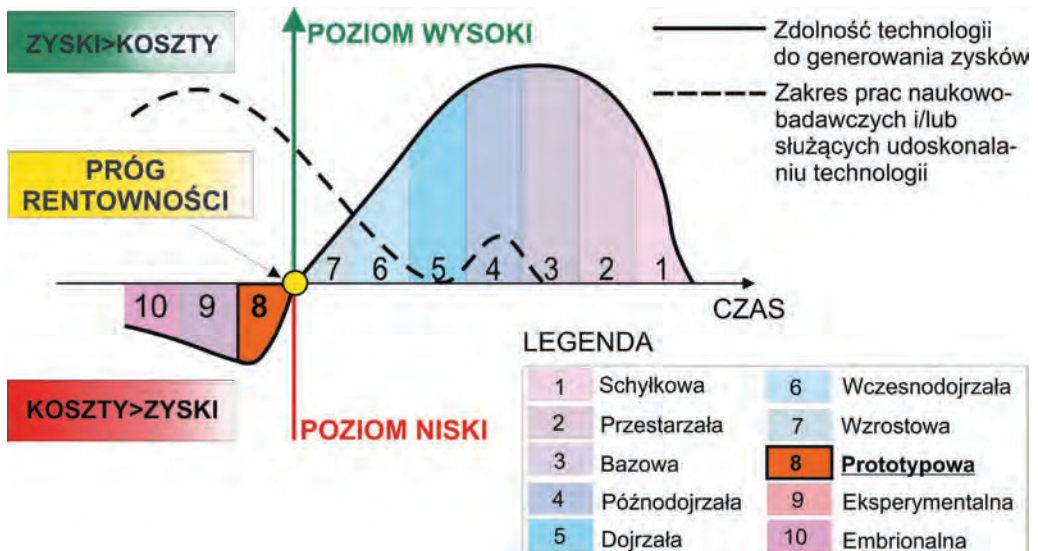
KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Nakładanie na warstwach wierzchnich powłok zawierających nanomateriały	Nr katalogowy																								
	Obszar tematyczny	Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich	M6-09/2010-12																								
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Procesy technologiczne nakładania na warstwach wierzchnich powłok zawierających nanomateriały są odmienne w zależności od przeznaczenia nanoszonej warstwy, jej grubości, struktury oraz własności fizycznych i chemicznych. Przykładem technologii, która znalazła komercyjnie zastosowanie ze względu na dostępność i niską cenę zastosowanego nanomateriału oraz poprawę własności – mniejszą palność, lepsze własności barierowe i korozyjne, jest nakładanie powłok polimerowych z udziałem minerałów ilastych. Przygotowanie nanokompozytów polimerowych z udziałem minerałów ilastych polega na rozwarstwieniu i losowym, równomiernym rozमieszaniu płytek minerału w polimerze (luszczanie) lub umieszczeniu pomiędzy cząsteczkami polimeru płytek minerału (wtrącenie). Kolejne etapy procesu obejmują: polimeryzację interkalacyjną in situ (sposób stosowany w przypadku żywic epoksydowych, nienasyconych poliestrów, ewentualnie prepolimerów do polimidów, żywic akrylowych); dodanie glinkokrzemianu do ciekłego monomeru lub prepolimeru i mieszanie w temperaturze pokojowej lub podwyższonej, w tym etapie następuje pęcznienie glinkokrzemianu w wyniku interkalacji monomeru pomiędzy jego warstwy; indukowanie reakcji polimeryzacji (dodanie odpowiedniego inicjatora lub katalizatora); nakładanie i utwardzanie powłoki.</p>																											
																											
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1" data-bbox="630 873 856 1614"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Ciężnienie</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Specyficzne – zależne od przeznaczenia nanoszonej warstwy, jej grubości, struktury oraz własności fizycznych i chemicznych.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Specyficzne – zależne od przeznaczenia nanoszonej warstwy, jej grubości, struktury oraz własności fizycznych i chemicznych.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Możliwe, w zależności od zastosowanej konkretnej metody osadzania powłok.</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	-	-	-	Ciężnienie	-	-	-	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	-	-	-	Środowisko/atmosfera	-	-	-
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																								
Temperatura	-	-	-																								
Ciężnienie	-	-	-																								
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																								
Czas	-	-	-																								
Środowisko/atmosfera	-	-	-																								
<p>Powłoki zawierające nanomateriały naniesione na powierzchnię metalicznego podłoża</p>																											

Symbol obszaru tematycznego: **M6**

Symbol grupy technologii: **J_{M6}**

Numer katalogowy: **M6-10**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Obróbka powierzchniowa nanomateriałów**
Nazwa grupy technologii (ang.): **Surface treatment of nanomaterials**



Rysunek 4.146. Aktualna faza cyklu życia obróbki powierzchniowej nanomateriałów

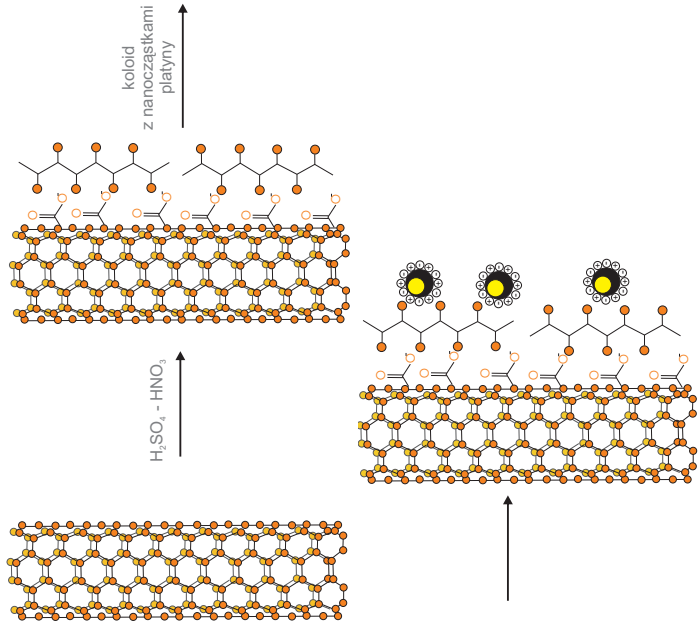


Rysunek 4.147. Perspektywy rozwojowe obróbki powierzchniowej nanomateriałów

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Obróbka powierzchniowa nanomateriałów		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich		M6-10-2010/12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Intervaly czasowe		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Zrównoważony rozwój	
Dlaczego?		Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii		Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji	
Strategia dla technologii		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu	
Oddziaływanie otoczenia		Strategia cyprysa		Strategia cyprysa wiodą: Wykorzystać sposoby umożliwiające potencjał technologii. Badać, doskonalić, wzmacniać i doinwestować atrakcyjną technologię wykorzystującą dobrą koniunkturę na rynku.	
Wartość technologii		Słoneczna wiosna		Strzelisty cyprys	
Produkt		Nanostukturalne materiały kompozytowe (np. nanorurki dekorowane nanocząstkami metali szlachetnych); sensory np. chemiczne, biochemiczne; urządzenia medyczne służące obrazowaniu i oznaczaniu komórek macierzystych człowieka, wykrywaniu nowotworów, wykrywaniu kwasów nukleinowych, oznaczaniu bakterii; nośniki leków, katalizatory		Średnia (5) Umiarowana (6) Dość wysoka (7)	
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Nanorurki węglowe, metaliczne i nieorganiczne, w tym halozytowe (HNT); grafen; fulereny, nanorurki, nanopręty			
Podłoże		Pokrycia w postaci: nanocząstek, nanostruktur organicznych i nieorganicznych, klastrow, biomolekul (w tym DNA, protein, enzymów), polimerów, z zastosowaniem funkcjonalizacji kowalencyjnej lub niekowalencyjnej			
Co?		Zwiększona rozpuszczalność np. w wodzie; polepszenie własności elektrycznych, optycznych, magnetycznych; biokompatybilność			
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/porosów na powierzchni podłoża		Mikroskopy, skaningowy mikroskop tunelowy (STM), skaningowy mikroskop elektronowy (TEM), sił atomowych (AFM), jonowy (FIB); dyfraktometr rentgenowski (XRD); spektrometry: ramanowski, wstępnego rozpraszania jonów (RBS), Mossbauera, fourierowski (FTIR); elipsometr spektralny			
Polepszone własności materiału		Obróbka powierzchniowa nanomateriałów			
Aparatura naukowo-badawcza		Prototypowa (8) Jednosłkowa Niepotokowa w gniazdach technologicznych lub przedmiotowych		Wzrostowa (7) Malo- i średnioseryjna Niepotokowa w gniazdach i na lini	
Technologia		Średnia (5) Średnia (5) Średnia (5) Umiarowana (6) Umiarowana (6)		Umiarowana (6) Dość niska (4) Umiarowana (6) Umiarowana (6)	
Faza cyklu życia		Umiarowana (6) Uczeń: INB; TP; CTT; OW		TP; CTT; OW; mate i średnie przedsiębiorstwa; Sp. JV	
Typ produkcji		Medyczny, elektroniczny optoelektroniczny; wydobywczy; chemiczny			
Forma organizacji produkcji		Umiarowany (6) Dość wysokie (7)		Umiarowany (6) Dość wysokie (7)	
Nowoczesność parku maszynowego		Dość niskie (4) Niska (3) Niska (3)		Dość niskie (4) Dość niska (4) Dość niska (4) Średnia (5)	
Automatyzacja i robotyzacja		Wymagania kapitałowe			
Jakość i niezawodność		Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność			
Proekologiczność		Wartość produkcji w kraju			
Rodzaj organizacji		LEGENDA: ---> Związki przyoczynowo-skutkowe> Powiązania kapitałowe> Korelacje czasowe <--->			
Reprezentowane gałęzie przemysłu					
Kto?					
Ile?					

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Obszar tematyczny	Obrobka powierzchniowa nanomateriałów	Nr katalogowy
Istota zjawiska fizykochemicznego		Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich			M6-10/2010-12
<p>Obróbka powierzchniowa nanomateriałów dotyczy dopasowania ich rozmiaru do oczekiwanego zakresu wielkości oraz rozwiniecie ich powierzchni właściwej. Modyfikacja powierzchni nanomateriałów ma na celu dodatkowe przetworzenie nanostruktur, umożliwiając poprawę ich własności fizycznych, chemicznych, optycznych, elektrycznych i/lub geometrycznych. Technologia ta stwarza możliwość budowania większych, również trójwymiarowych, hierarchicznych struktur oraz łączenia z innymi materiałami, w sposób kontrolowany i powtarzalny. W większości przypadków pierwszym etapem takich procesów jest odpowiednie przygotowanie powierzchni nanomateriałów, tak aby możliwe było połączenie wielu składników, wśród których mogą występować zarówno nanomateriały jak i materiały lite.</p>		<p>Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału</p> <p>Zdolności katalityczne</p> <p>Zdolności adsorpcyjne i absorpcyjne</p> <p>Specjalne własności elektryczne</p> <p>Własności mechaniczne</p> <p>Odporność na korozję</p> <p>Biokompatybilność</p> <p>Niezwilżalność</p> <p>Specjalne własności optyczne</p> <p>Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia</p>			<p>Poziom</p> <p>Barczo wysoki (9)</p> <p>Barczo wysoki (9)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Poziom</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Dość wysoki (7)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Poziom</p> <p>Barczo wysoki (9)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Sredni (5)</p> <p>Sredni (5)</p> <p>Sredni (5)</p> <p>Dość niski (4)</p> <p>Niski (3)</p> <p>Poziom</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Umiarowany (6)</p> <p>Prototypowa (8)</p> <p>Barczo wysoki (9)</p>
<p>Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża</p>		<p>wielofazowa amorficzna</p> <p>gradientowa nanokryształczna</p> <p>multwarstwowa (>100 warstw) kompozytowa hybrydowa</p> <p>przemiany fazowe powierzchni X zmiana składu chemicznego procesy fizyczne na powierzchni podłoża</p> <p>powierzchni podłoża</p> <p>Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów</p>			
<p>X mechaniczne X magnetyczne X optyczne trybologiczne</p> <p>X chemiczne dyfuzyjne X termiczne X antykorozyjne</p> <p>X elektryczne hydromechaniczne X akustyczne X inne</p>		<p>Wady</p> <p>Możliwość uzyskania całkowite nowych własności; Niewyjaśniony mechanizm zjawisk fizycznych w skali nano; konieczność zapewnienia wysokiej czystości (materiałów, procesu produkcji); trudności związane z zwiększeniem skali produkcji;</p>			
<p>Zalety</p> <p>Możliwość uzyskania całkowite nowych własności; wysoki stopień wykorzystania użytych surowców; miniaturyzacja produktów; precyzja procesu obróbki (rozdzielczość nanometryczna, architektura 3D).</p>		<p>Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary tematyczne</p> <p>Sensory; katalizatory, produkty dla energetyki, elektroniki, optoelektroniki, mechatroniki; twarde powłoki odporne na korozję do zastosowań w przemyśle lotniczym i motoryzacyjnym; materiały do zastosowań w biomedycynie i biotechnologii genetycznej; powierzchnie antybakteryjne.</p>			
<p>Technologie zastępcze/alternatywne</p> <p>Mechaniczna synteza; wysokoenergetyczne rozdrabnianie; samoorganizacja molekularna.</p>		<p>Aplicacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii</p> <p>Algorytm genetyczne</p> <p>Systemy ekspertowe</p> <p>Sztuczne sieci neuronowe</p> <p>Analiza fraktalna</p> <p>Dynamika molekularna</p> <p>Aktualna faza cyklu życia technologii</p> <p>Perspektywy rozwojowe</p>			
<p>Rekomendowane źródła literaturowe</p>		<p>1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.</p> <p>2 L.A. Dobrzański, M. Pawlyta, A. Krztoń, B. Liszka, C.W. Tai, W. Kwaśny, Synthesis and characterization of carbon nanotubes decorated with gold nanoparticles, Acta Physica Polonica A 118 (2010) 483-486.</p> <p>3 M.S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, P. Avouris, Carbon Nanotubes: Synthesis, Structure, Properties and Applications, Springer, 2001.</p>			

<p>KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII</p>	<p>Nazwa technologii Obszar tematyczny</p>	<p>Obróbka powierzchniowa nanomateriałów Technologie nanostrukturalnych warstw wierzchnich</p>	<p>Nr katalogowy</p>	<p>M6-10/2010-12</p>
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Przebieg procesu technologicznego obróbki powierzchniowej nanomateriałów zależy od wielu czynników, wśród których największą rolę odgrywa rodzaj stosowanego nanomateriału, oczekiwane końcowe parametry geometryczne oraz oczekiwane własności fizyczne i chemiczne. Przykładem może być modyfikacja powierzchni nanorurek węglowych poprzez pokrycie nanokrystalami platyny, przez co zwiększa się ich czułość na zmiany przewodnictwa elektrycznego wywołane obecnością określonych substancji chemicznych, co pozwala je wykorzystywać jako element aktywny sensorów gazu. Nanorurki węglowe mają własności hydrofobowe i bez uprzedniego przygotowania przyłączenie do ich struktury dodatkowego elementu jest utrudnione. Proces funkcjonalizacji nanorurek węglowych polega na wprowadzeniu do ich struktury dodatkowych defektów, gdzie takie przyłączenie może nastąpić. Odbywa się w rozwarze $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$ (stosunek objętościowy 1:3) w temperaturze pokojowej przez 12 h. Następnie nanorurki węglowe są umieszczane w 30% roztworze H_2O_2 (30%) o temperaturze pokojowej, również przez 12 h. Po intensywnym mieszananiu (1/2 h) przy użyciu ultradźwięków w glikolu etylowym dodawana jest niewielka ilość cytrynianu sodu. Otrzymany materiał jest ogrzewany w kąpeli olejowej w temperaturze 150°C przez 8 h, trzykrotnie płukany i suszony w temperaturze 70°C.</p>				
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>				
<p>Standardowy zakres parametru procesu</p>	<p>jednostka</p>	<p>od</p>	<p>do</p>	
<p>Temperatura</p>	-	-	-	
<p>Cisnienie</p>	-	-	-	
<p>Warunki prądowo-napięciowe</p>	-	-	-	
<p>Czas</p>	-	-	-	
<p>Środowisko/atmosfera</p>	-	-	-	
<p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p>	-	-	-	
<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału, podłoża</p>				
<p>Specyficzne – zależne od rodzaju stosowanego nanomateriału, oczekiwanych końcowych parametrów geometrycznych oraz oczekiwanych własności fizycznych i chemicznych.</p>				
<p>Typ/rodzaj urządzenia</p>				
<p>Specyficzne – zależne od przeznaczenia nanoszonej warstwy, jej grubości, struktury oraz własności fizycznych i chemicznych.</p>				
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p>				
<p>Możliwe, w zależności od zastosowanej konkretnej metody obróbki powierzchniowej nanomateriałów.</p>				
<p>Przykładowy schemat obróbki powierzchniowej nanomateriałów. Przebieg procesu osadzania nanokrystalów platyny na powierzchni nanorurek węglowych</p>				



4.7. Perspektywy rozwojowe innych technologii inżynierii powierzchni

W niniejszym podrozdziale zamieszczono wyniki prac własnych, z których część – w postaci Kart Informacyjnych Technologii (KIT) – sporządzono we współpracy z Klaudiuszem Gołombkiem. Wykonane badania dotyczyły innych technologii krytycznych inżynierii powierzchni, które wytypowano w toku badań eksperckich wykonanych z użyciem metody e-Delphix.

Na podstawie wyników wykonanych badań heurystycznych wskazują [3], stwierdzono że najlepsze perspektywy rozwoju strategicznego spośród technologii, które zakwalifikowano jako inne technologie inżynierii powierzchni w obszarze $M7$, określone jako wybitnie wysokie (10 punktów), ma pokrywanie powłokami natryskiwanymi cieplnie B_{M7}^s (9,1; 8,7), Technologie te umieszczono w najlepszej szesnastce macierzy strategii dla technologii, stąd należy się spodziewać ich dalszego rozwoju i licznych aplikacji w praktyce przemysłowej, który to postęp powinien być wspomagany rozwijaniem i umacnianiem tych sprawdzonych rozwiązań w sprzyjających warunkach otoczenia. Strategia cyprysa wiosną, polegająca na umacnianiu potencjału atrakcyjnej technologii poprzez dalsze prace naukowo-badawcze zmierzające do jej doskonalenia, z równoczesnym wykorzystaniem sposobności płynących z otoczenia, powinna zostać zastosowana w przypadku metod pokrywania ceramiką lub cermetami E_{M7}^s (5,0; 8,9), których pozycję strategiczną oceniono bardzo wysoko (9 punktów), i metod wytwarzania powierzchniowych warstw odlewniczych i infiltracyjnych F_{M7}^s (4,4; 8,5) ocenionych wysoko (8 punktów). Dobrą pozycję strategiczną (8 punktów) ma także pokrywanie powłokami galwanicznymi A_{M7}^s (7,0; 8,3), które znalazło się w polu kosodrzewiny wiosną, co wymaga podjęcia działań służących uatrakcyjnianiu, unowocześnianiu, automatyzowaniu i komputeryzowaniu tej dojrzałej technologii, którym to procesom sprzyja przyjazne otoczenie, jak również pokrywanie powłokami formowanymi niskociśnieniowo z proszków i spiekanie C_{M7}^s (8,9; 5,0), w odniesieniu do którego zaleca się zastosowanie strategii dębu jesienią. Strategia ta, właściwa dla technologii atrakcyjnych z dużym potencjałem, znajdujących się w neutralnym otoczeniu, należy do dobrze rokujących i wymaga podjęcia działań służących rozszerzeniu rynków, grup klientów i obszarów zastosowań. Strategia kosodrzewiny jesienią, adekwatna do późno-dojrzałych technologii: napawania powłok G_{M7}^s (6,8; 4,6) o dość wysokich (7 punktów)

perspektywach rozwojowych oraz pokrywania powłokami metalizowanymi zanurzeniowo D_{M7}^s (6,7; 4,0) i platerowania I_{M7}^s (6,3; 3,9) o perspektywach umiarkowanych (6 punktów), zaleca producentom czerpanie bieżących zysków (*dojenie krowy*) przy równoczesnym umacnianiu atrakcyjności technologii, w celu wydłużenia okresu *prosperity* na kolejne długie lata. Pozycja strategiczna utwardzania detonacyjnego J_{M7}^s (3,5; 6,8) jest średnia (5 punktów), a zalecana dla niego strategia cyprysa latem zakłada konieczność wzmacniania potencjału tej atrakcyjnej eksperymentalnej grupy technologii, znajdującej się w burzliwym otoczeniu. Konieczne jest w tym przypadku wykonanie analizy specyficznych i systematycznych czynników ryzyka płynących z otoczenia i, w zależności od jej wyniku, podjęcie stosownych działań obejmujących intensywne wzmacnianie potencjału technologii w toku prac naukowo-badawczych, służących jej udoskonaleniu, lub przeciwnie rezygnacja ze stosowania tej grupy technologii, gdy trudności płynące z otoczenia są nie do przewyciężenia, zatem może mieć miejsce zarówno optymistyczny, jak i pesymistyczny niespodziankowy scenariusz przyszłych wydarzeń. Tradycyjne metody mechanicznej obróbki powierzchniowej obejmującej nagniatanie i kulkowanie H_{M7}^s (5,7; 1,6) oceniono, w analizowanym obszarze tematycznym, najniższej (4 punkty). Uznano je za schyłkowe, stąd znalazły się w polu kosodrzewiny zimą, któremu odpowiada źle rokująca strategia, zakładająca, że należy opierać się piętrzącym się trudnościami płynącym z otoczenia, starając się przy tym maksymalnie wykorzystać potencjał dobrze poznanej grupy technologii i podejmować, w miarę możliwości, aktywność służącą wzmocnieniu jej atrakcyjności.

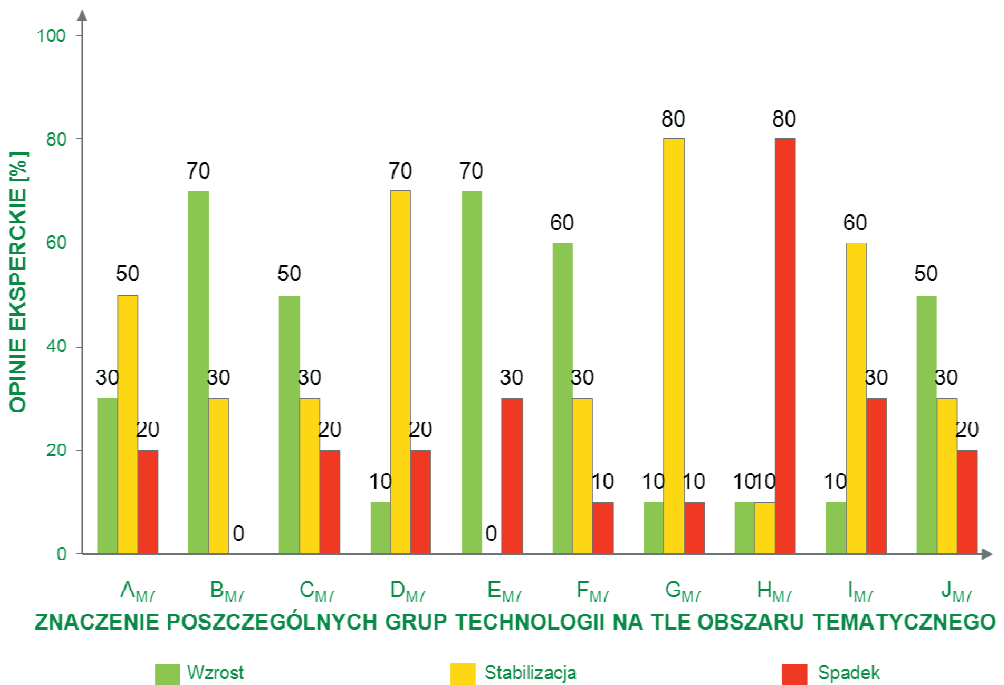
Wygenerowane na podstawie wyników badań heurystycznych [3] zestawienia statystyczne, posłużyły do określenia przyszłych trendów rozwojowych technologii zakwalifikowanych do obszaru tematycznego: Inne technologie inżynierii powierzchni. W ciągu najbliższych 20 lat tendencją wzrostową będą charakteryzować się następujące grupy technologii krytycznych: pokrywanie powłokami natryskiwanyymi cieplnie B_{M7} (70%), pokrywanie ceramiką lub cermetami E_{M7} (70%), wytwarzanie powierzchniowych warstw odlewniczych i infiltracyjnych F_{M7} (90%), pokrywanie powłokami formowanymi niskociśnieniowo z proszków i spiekanie C_{M7} (50%) oraz utwardzanie detonacyjne B_{M7} (50%). Wyniki wskazują jednoznacznie na spodziewany spadek znaczenia nagniatania i kulkowania H_{M7} (80%), natomiast pozostałym technologiom z tego obszaru będzie towarzyszył trend ustabilizowany na dotychczasowym poziomie.

Symbol pola badawczego: **M**
Symbol obszaru tematycznego: **M7**

Prezentowane podejście: Procesowe
Obszar tematyczny: Inne technologie inżynierii powierzchni

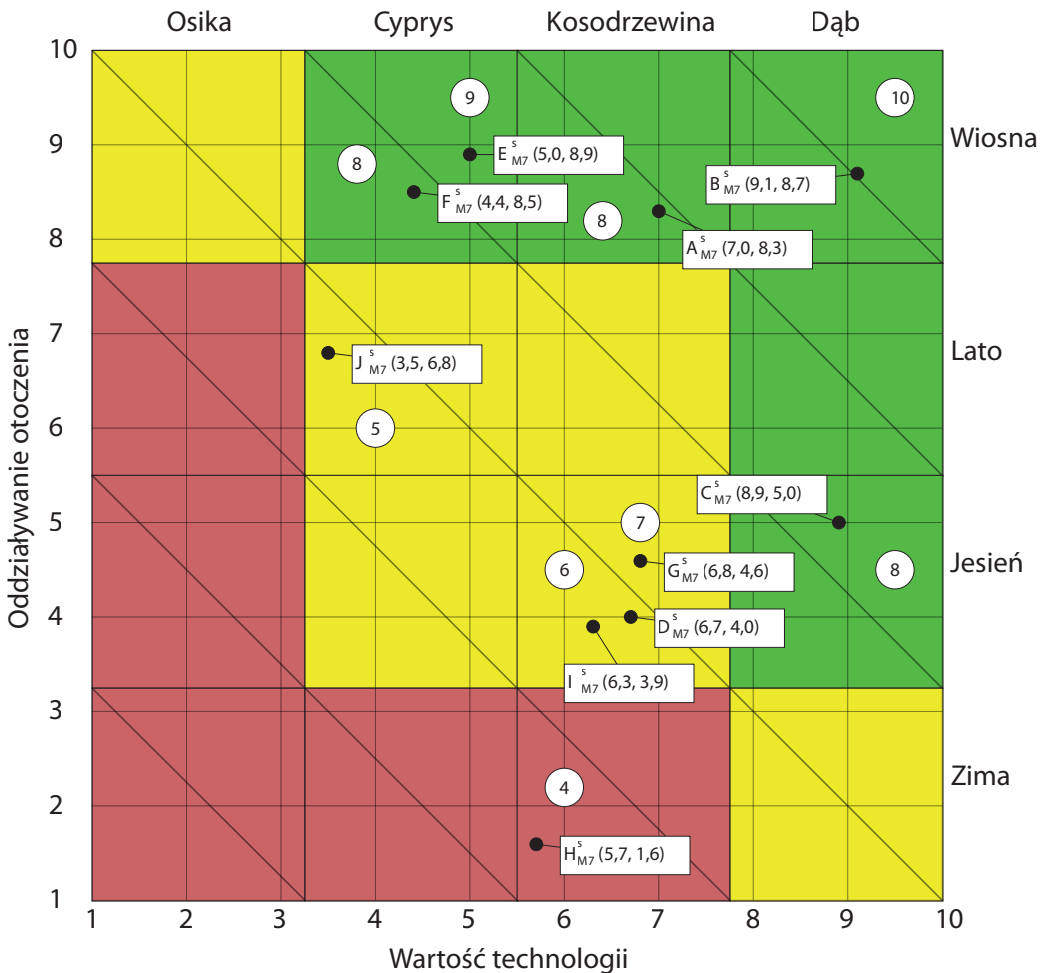
Wykaz technologii krytycznych wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M7:

- A_{M7} Pokrywanie powłokami galwanicznymi
- B_{M7} Pokrywanie powłokami natrykiwanymi ciepłnie
- C_{M7} Pokrywanie powłokami formowanymi niskociśnieniowo z proszków i spiekanymi
- D_{M7} Pokrywanie powłokami metalizowanymi zanurzeniowo
- E_{M7} Pokrywanie ceramiką/cermetami
- F_{M7} Wytwarzanie powierzchniowych warstw odlewniczych i infiltracyjnych
- G_{M7} Napawanie powłok
- H_{M7} Nagniatanie, kulkowanie
- I_{M7} Platerowanie
- J_{M7} Utwardzanie detonacyjne



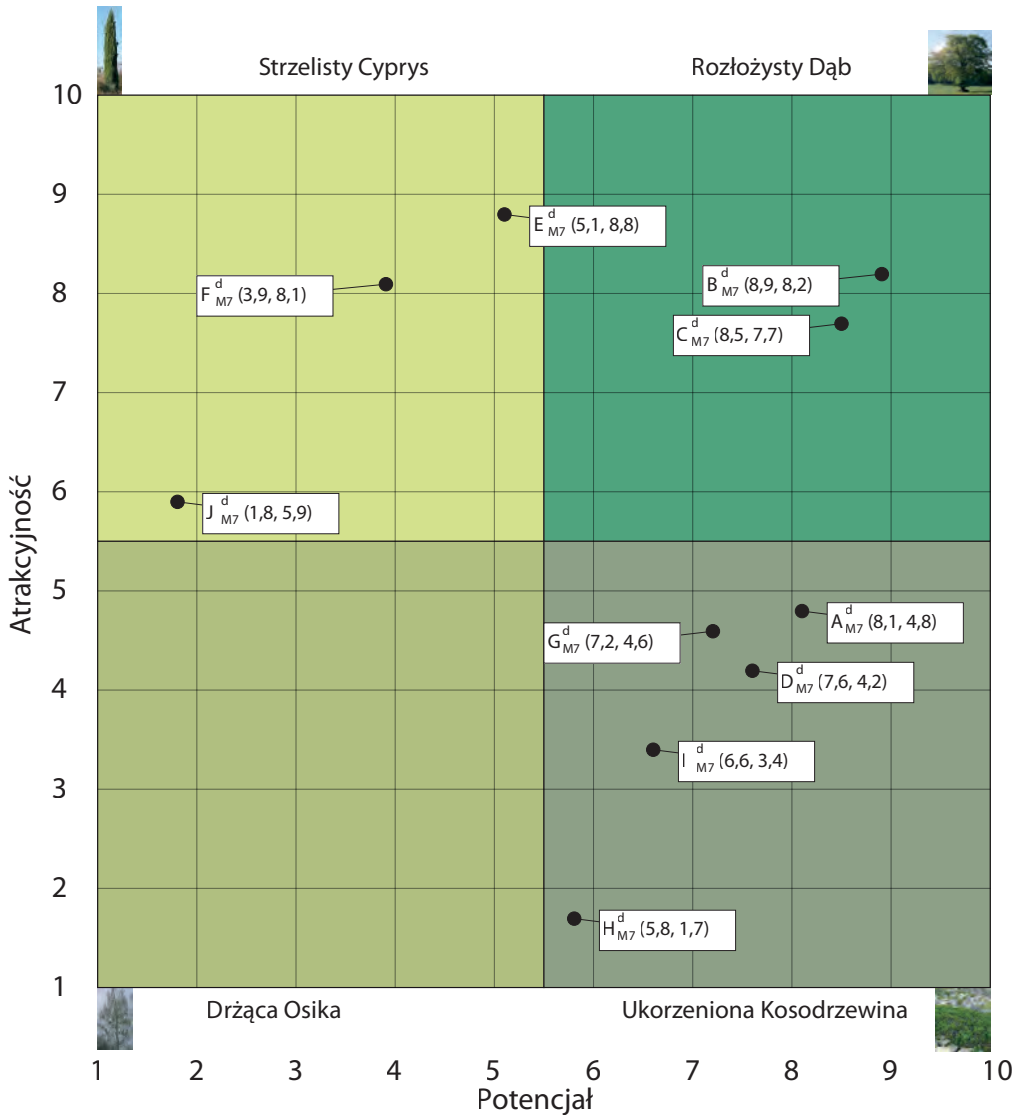
Rysunek 4.148. Prognozowane trendy zmian znaczenia poszczególnych grup technologii krytycznych na tle obszaru tematycznego M7: Inne technologie inżynierii powierzchni

MACIERZ M7-S



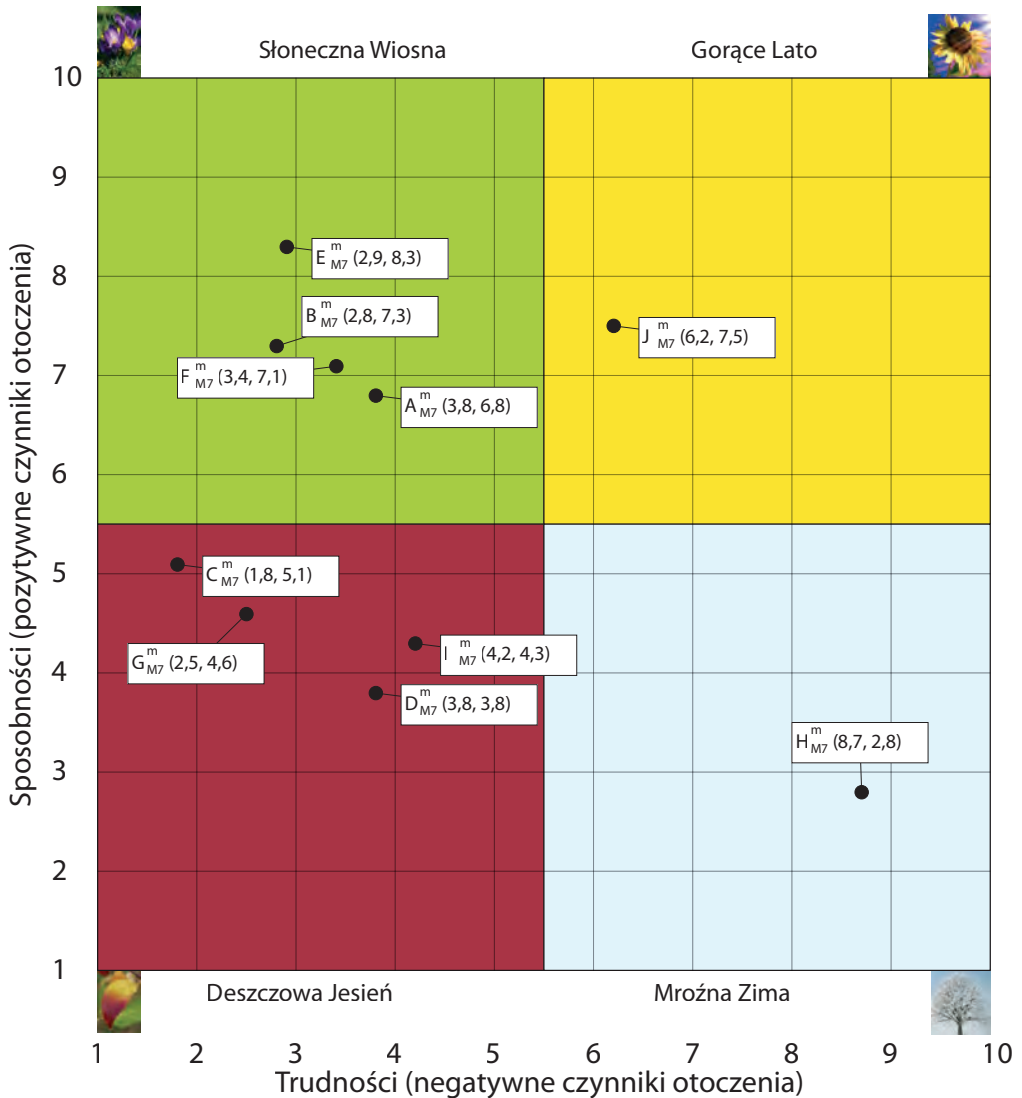
Rysunek 4.149. Macierz strategii dla technologii prezentująca wyrażone ilościowo perspektywy rozwojowe poszczególnych grup innych krytycznych technologii inżynierii powierzchni A_{M7} - J_{M7} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M7 i wskazująca strategie rekomendowane do zastosowania w odniesieniu do tych grup technologii

MACIERZ M7-D



Rysunek 4.150. Macierz dendrologiczna prezentująca potencjał i atrakcyjność poszczególnych grup innych krytycznych technologii inżynierii powierzchni A_{M7} - J_{M7} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M7

MACIERZ M7-M



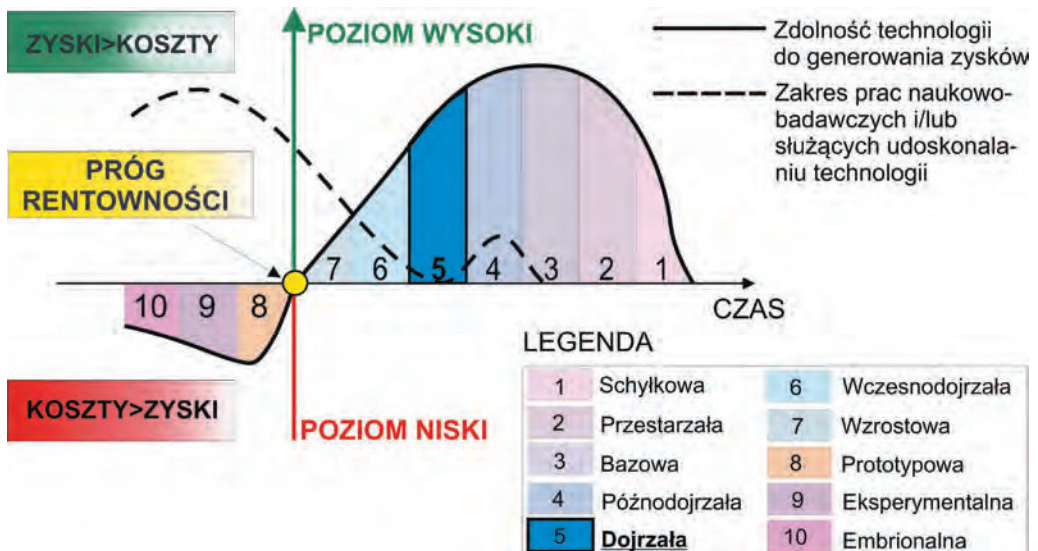
Rysunek 4.151. Macierz meteorologiczna prezentująca intensywność oddziaływania pozytywnych i negatywnych czynników otoczenia na grupy innych krytycznych technologii inżynierii powierzchni A_{M7} - J_{M7} wytypowanych w ramach obszaru tematycznego M7

Symbol obszaru tematycznego: **M7**

Symbol grupy technologii: **A_{M7}**

Numer katalogowy: **M7-01**

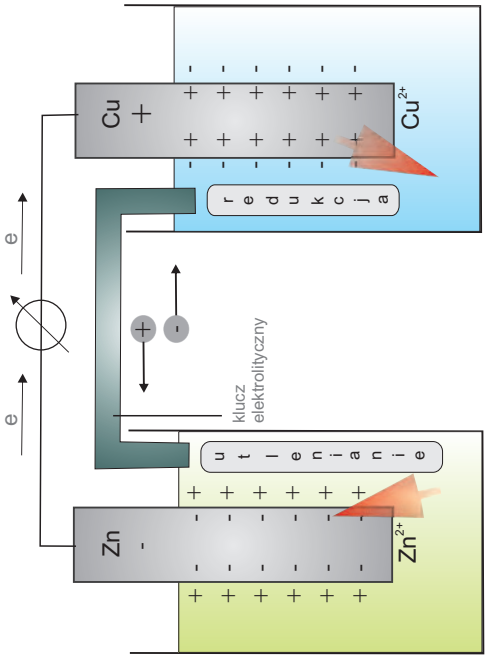
Nazwa grupy technologii (pl.): **Pokrywanie powłokami galwanicznymi**
Nazwa grupy technologii (ang.): **Galvanic coatings deposition**



Rysunek 4.152. Aktualna faza cyklu życia pokrywania powłokami galwanicznymi



Rysunek 4.153. Perspektywy rozwojowe pokrywania powłokami galwanicznymi

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Pokrywanie powłokami galwanicznymi Inne technologie inżynierii powierzchni	Nr katalogowy M7-01/2010-12																								
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Etapy procesu nakładania powłok galwanicznych obejmują przygotowanie powierzchni, operacje pomocnicze oraz nakładanie powłok. W ramach przygotowania powierzchni koniecznie jest: czyszczenie mechaniczne, odtluszczenie, trawienie, dotrawianie. Dotrawianie jest zabiegiem wykonywanym bezpośrednio przed nałożeniem powłoki galwanicznej i ma ono na celu usunięcie z powierzchni metalu cienkiej warstwy tlenków, która mogła powstać pomiędzy poszczególnymi etapami obróbki wstępnej. Operacje pomocnicze obejmują płukanie i suszenie. Płukanie przeprowadza się pomiędzy poszczególnymi operacjami wstępnymi, czyli: odtluszczeniem, trawieniem, dotrawianiem, w celu uniknięcia przenoszenia na przedmiotach i uchwytych składników poszczególnych kąpeli i jednej wanny do drugiej. Stosuje się je również po nałożeniu powłoki w celu usunięcia z przedmiotów i uchwytych resztek kąpeli galwanicznej. Suszenie przeprowadza się po nałożeniu powłoki na przedmiot i ostatecznym jej opłukaniu. Zapobiega ono powstawaniu plam i smug a poza tym usuwa ze szczelin i zagłębień wodę, która może być przyczyną późniejszej korozji. Nakładanie powłok obejmuje tworzenie się zarodków krystalizacji i ich wzrost. Procesy te przebiegają z określoną szybkością i zależą od warunków elektrolizy, tj. temperatury, gęstości prądu i mieszania oraz od rodzaju nakładanego metalu, rodzaju elektrolitu i jego stężenia.</p>																											
 <p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1" data-bbox="630 882 819 1614"> <tr> <td>Standardowy zakres parametru procesu</td> <td>jednostka</td> <td>od</td> <td>do</td> </tr> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>20</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td></td> <td colspan="2">atmosferyczne</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td></td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>4·10³</td> <td>4·10⁴</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td>ciężcy</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Specyficzne warunki realizacji procesu: kąpiele zanurzeniowe w ciekłym przewodniku jonowym</p> <p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża: Oczyszczenie mechaniczne; odtluszczenie; trawienie oraz dotrawianie; płukanie.</p> <p>Typ/rodzaj urządzenia: Stacjonarne; specjalistyczne lub niskospecjalistyczne.</p> <p>Specyficzne oprzyrządowanie: Wanny kąpielowe; układy zasilania i sterowania; systemy oczyszczania i odzysku; suszarki i wirówki; układy grzejne.</p>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	20	90	Ciśnienie		atmosferyczne		Warunki prądowo-napięciowe		-	-	Czas	s	4·10 ³	4·10 ⁴	Środowisko/atmosfera	ciężcy		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																								
Temperatura	°C	20	90																								
Ciśnienie		atmosferyczne																									
Warunki prądowo-napięciowe		-	-																								
Czas	s	4·10 ³	4·10 ⁴																								
Środowisko/atmosfera	ciężcy																										
Schemat ogólny przebiegu procesu pokrywania powłokami galwanicznymi																											

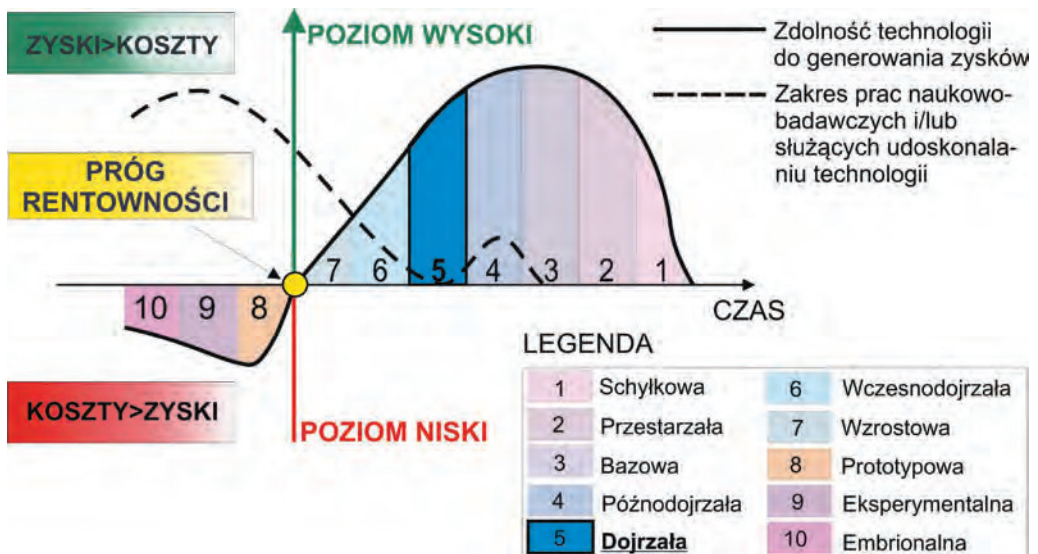
Symbol obszaru tematycznego: **M7**

Symbol grupy technologii: **B_{M7}**

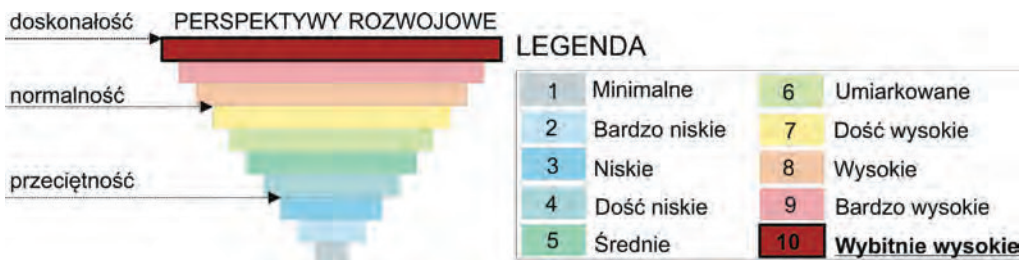
Numer katalogowy: **M7-02**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Pokrywanie powłokami natryskiwanyymi cieplnie**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Thermal sprayed coatings deposition**



Rysunek 4.154. Aktualna faza cyklu życia pokrywania powłokami natryskiwanyymi cieplnie



Rysunek 4.155. Perspektywy rozwojowe pokrywania powłokami natryskiwanyymi cieplnie

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Pokrywanie powłokami natryskiwanyymi ciepłnie	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Inne technologie inżynierii powierzchni	M7-02/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
<p>Nakładanie powłoki ochronnej na powierzchnię różnych przedmiotów metodą natryskiwania ciepłego polega na tym, że roztopiony materiał powłokowy pod działaniem strumienia sprężonego gazu (zwykle powietrza) zostaje rozpylony na bardzo drobne cząstki, które padając w stanie plastycznym na odpowiednio przygotowaną powierzchnię ulegają spłaszczeniu, zakleszczają się w nierównościach podłoża i nakładając się jedna na drugą tworzą powłokę natryskowaną. Natryskiwanie ciepłnie wykonuje się za pomocą specjalnych aparatów zwanych pistoletami do natryskiwania ciepłnego. Źródłem ciepła powodującego roztopienie materiału powłokowego jest w nowoczesnych pistoletach płomień gazowo-tlenowy lub energia elektryczna (łuk elektryczny albo prąd wielkiej częstotliwości).</p>			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
X	jednowarstwowa	X	wielofazowa amorficzna
X	wielowarstwowa		gradientowa
	multiwarstwowa (>100 warstw)	X	kompozytowa
	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża
Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
X	mechaniczne	X	magnetyczne optyczne
X	chemiczne	X	termiczne
	elektryczne	X	akustyczne
		X	inne
Zalety			
Możliwość automatyzacji i robotyzacji procesu; natryskiwanie dowolnych miejsc konstrukcji; regulacja grubości powłoki; niski koszt; wielokrotne natryskiwanie tym samym lub różnymi rodzajami materiału.		Wady	
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary tematyczne		Porowatość powłoki; niewielka adhezja powłoki do podłoża; możliwe zmiany struktury metalu natryskiwane go prowadzące do obniżenia wytrzymałości mechanicznej; straty materiału nakładanego.	
Natrskiwanie nadzwyczajowe z użyciem paliwa tlenowego (HVOF); natryskiwanie plazmowe, zwłaszcza plazmowe pod bardzo niskim ciśnieniem (VLPPS) do wytwarzania cienkich, jednorodnych warstw, eksperymentalne natryskiwanie laserowe (kontrola nagrzewania podłoża i optymalne wydatkowanie energii ciepłnej).			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Zimne natryskiwanie (CS); metody hybrydowe: natryskiwanie plazmowe z łukowym topieniem materiału do-datkowego, przetwarzanie laserem YAG dużej mocy z topieniem łukowym/plazmowym.			
Rekomendowane źródła literaturowe			
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.			
2 A. Klimpel, L.A. Dobrzański, A. Lisiecki, D. Janicki, The study of properties of Ni-W ₂ C and Co-W ₂ C powders thermal sprayed deposits, JMPT 164-165 (2005) 1068-1073.			
3 T. Burakowski, T. Wierzbior, Inżynieria powierzchni metali, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1995.			
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			Poziom
Odporność na korozję			Wysoki (8)
Niższy koszt wytwarzania			Dość wysoki (7)
Odporność na erozję			Dość wysoki (7)
Odporność na działanie związków chemicznych			Dość wysoki (7)
Odporność na ścieranie			Umiarkowany (6)
Przewodnictwo cieplne			Sredni (5)
Energoooszczędność			Sredni (5)
Twardość			Sredni (5)
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia			Poziom
Korozja naprężeniowa i zmęczenia			Wysoki (8)
Spalling			Dość wysoki (7)
Korozja selektywna			Dość wysoki (7)
Korozja międzykryształiczna			Umiarkowany (6)
Zmęczenie cieplne			Sredni (5)
Fretting			Sredni (5)
Kawitacja			Sredni (5)
Pitting			Sredni (5)
Sektę przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			Poziom
C 25			Wysoki (8)
C 29			Dość wysoki (7)
C 30			Sredni (5)
C 31			Dość niski (4)
C 33			Dość niski (4)
F 41			Dość niski (4)
F 42			Dość niski (4)
C 28			Niski (3)
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii			Poziom
Modelowanie matematyczne			Wysoki (8)
Systemy ekspertowe			Dość wysoki (7)
Analiza Fraktalna			Umiarkowany (6)
Dynamika molekularna			Umiarkowany (6)
Szuczne sieci neuronowe			Umiarkowany (6)
Aktualna faza cyklu życia technologii			Dojrzała (5)
Perspektywy rozwojowe			Wybitnie wysokie (10)

<p>KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII</p>	<p>Nazwa technologii Obszar tematyczny</p>	<p>Pokrywanie powłokami natryskiwanyymi ciepłnie Inne technologie inżynierii powierzchni</p>	<p>Nr katalogowy M7-02/2010-12</p>																												
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Topiony materiał powłokowy w pistolecie metalizacyjnym jest intensywnie omywany przez strumień sprężonego powietrza, który przenosi następnie rozpylone cząstki na pokrywaną powierzchnię. Dlatego też w procesie natryskiwania ciepłnego następuje zmiana składu chemicznego użytego materiału powłokowego, który ulega częściowemu utlenieniu. Utlenianie metalu przebiega w czasie całego procesu natryskiwania.</p> <p>Rozpylone cząstki metalu mają najczęściej kształt kulisty. Powierzchnia ich pokryta jest warstwą tlenków. Oprócz takich cząstek w strumieniu znajdują się również cząstki składające się z samych tlenków. W momencie uderzenia o podłoże kulista cząstka ulega rozpiaszczeniu, a zewnętrzna warstwa tlenków pęka. Powłoka natryskowa, tworząca się z poszczególnych cząstek czystego metalu otoczonego błonką tlenkową, jest w rezultacie mieszaniną połączonych ze sobą odrębnych cząstek metalowych poprzedzielanych w nieregularny sposób tlenkami i porami, powstającymi wskutek niecałkowitego wypełnienia wszystkich nierówności padającymi cząstkami. Proces tworzenia się powłoki natryskowej przedstawiony jest na rysunku.</p>																															
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td>$3 \cdot 10^3$</td> <td>$2 \cdot 10^4$</td> </tr> <tr> <td>Ciężnienie</td> <td>Pa</td> <td>10^2</td> <td>10^5</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>$2 \cdot 10^2$</td> <td>$2 \cdot 10^3$</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td colspan="3">sprężony gaz, łuk elektryczny, płomień laser lub plazma</td> </tr> <tr> <td>Specyficzne warunki realizacji procesu</td> <td colspan="3">wydajność: 0,2-8 g/s</td> </tr> </tbody> </table>				Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura	°C	$3 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$	Ciężnienie	Pa	10^2	10^5	Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	$2 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^3$	Środowisko/atmosfera	sprężony gaz, łuk elektryczny, płomień laser lub plazma			Specyficzne warunki realizacji procesu	wydajność: 0,2-8 g/s		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																												
Temperatura	°C	$3 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$																												
Ciężnienie	Pa	10^2	10^5																												
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																												
Czas	s	$2 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^3$																												
Środowisko/atmosfera	sprężony gaz, łuk elektryczny, płomień laser lub plazma																														
Specyficzne warunki realizacji procesu	wydajność: 0,2-8 g/s																														
<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Odtłuszczenie (wypalanie lub mycie w rozpuszczalnikach); ▪ Usunięcie tlenków/zwiększenie chropowatości (piaskowanie, skórowanie, śrutowanie, gwintowanie, rowkowanie oraz nakładanie warstw spajających). <p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Stacjonarne lub mobilne; specjalistyczne lub niskospecjalistyczne.</p>																															
<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Pistolet; jednostka kontroli procesu; system chłodzenia; podajnik.</p>																															
			<p>Schemat układu umożliwiającego realizację procesu natryskiwania ciepłnego z dużymi prędkościami z użyciem paliwa tlenowego (HVOF)</p>																												

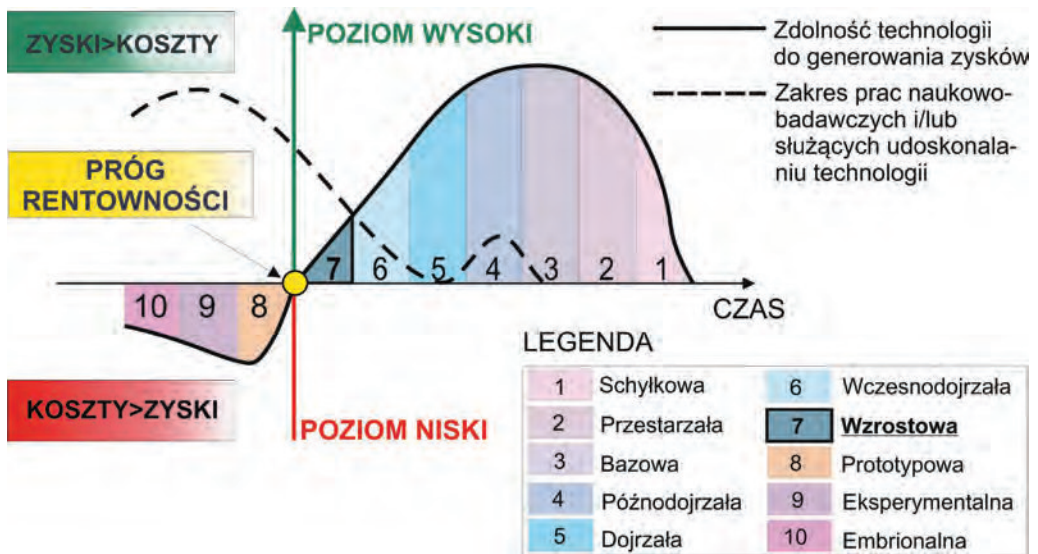
Symbol obszaru tematycznego: **M7**

Symbol grupy technologii: **C_{M7}**

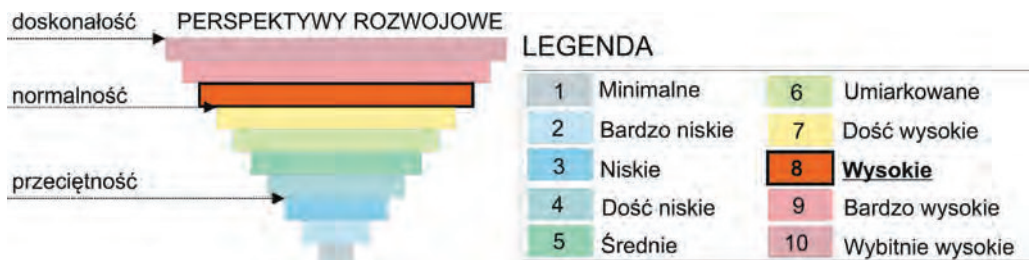
Numer katalogowy: **M7-03**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Pokrywanie powłokami formowanymi niskociśnieniowo z proszków i spiekanymi**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Deposition of coatings formed in low pressure from powders and sintering**



Rysunek 4.156. Aktualna faza cyklu życia pokrywania powłokami formowanymi niskociśnieniowo z proszków i spiekanymi

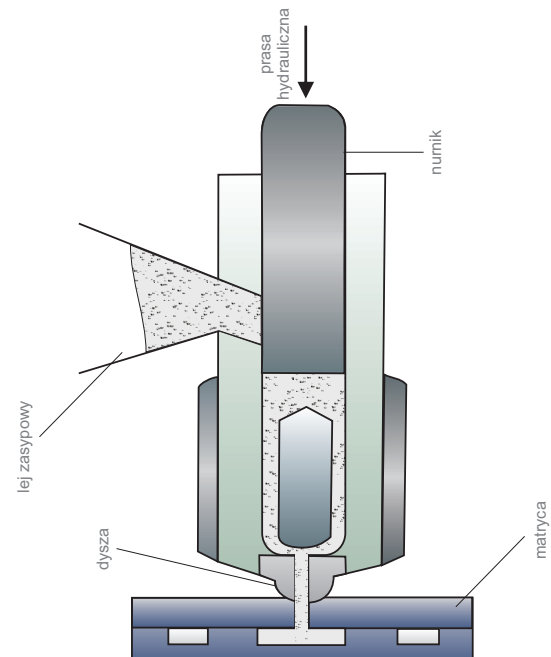


Rysunek 4.157. Perspektywy rozwojowe pokrywania powłokami formowanymi niskociśnieniowo z proszków i spiekanymi

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Pokrywanie powłokami formowanymi niskociśnieniowo z proszków i spiekanie	Nr katalogowy
Kiedy?		Obszar tematyczny	Inne technologie inżynierii powierzchni	M7-03/2010-12
Dlaczego?		Interywały czasowe	DZIŚ 2010-12	2030
	Interywały czasowe			
	Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze	Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej
		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Zrównoważony rozwój
		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji
	Strategia dla technologii	Strategia debiutu	Strategia debiutu	
	Oddziaływanie otoczenia	Deszczowa jesień	Odność sukcesy z atrakcyjną siłą technologii na przewidywalnym rynku, poszukując nowych rynków, grup klientów i produktów możliwych do wytworzenia tą technologią.	
	Wartości technologii	Rozłożysty dąb		
	Produkt	Narzędzia i elementy maszyn pracujące w warunkach zużycia ściernego; łożyska ślizgowe, koła zębate, łopatkę turbin; elementy konstrukcyjne obiektów inżynierii lądowej i wodnej oraz pojazdów; ognia palnikowe; obudowy sprzętu AGD; narzędzia medyczne		
	Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji	Średnia (5)	Średnia (5)	Umiarkowana (6)
	Podłoże	Metale i ich stopy; ceramika inżynierska; cermetale		
	Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża	Powłoki przeciwiwzrostowe, antyradiacyjne, dekoracyjne, odporne na korozję, w tym wysokotemperaturową i elektrochemiczną, utworzone w wyniku formowania i niskociśnieniowego spiekania proszków metalicznych i/lub ceramicznych z użyciem lepszą żywicą, parafina z PP, lakier, szkło wodne)		
	Polepszone własności materiału	Odporność na działanie wysokiej temperatury, oddziaływanie agresywnych związków chemicznych; własności antykorozyjne i trybologiczne; dobre własności mechaniczne; gładkość powierzchni; biokompatybilność		
	Aparatura naukowo-badawcza	Mikroskopy: świetlne i skaningowe (SEM, STM, TEM, CLSM); dyfraktoometr rentgenowski (XRD); (mikro)włosciomierz Vickersa lub Rockwella; komora korozyjna; tybomierz; potencjostat; profilometr; kalorymierz; grubościomierz; testery; zużycia erozyjnego i przewodnictwa cieplnego; maszyna wytrzymałościowa		
	Technologia	Pokrywanie powłokami formowanymi niskociśnieniowo z proszków i spiekanie		
	Faza cyklu życia	Wzrostowa (7)	Wzrostowa (7)	Wczesnodojrzała (6)
	Typ produkcji	Wielko- i średnioseryjna	Wielko- i średnioseryjna	Masowa, wielko- i średnioseryjna
	Forma organizacji produkcji	Niepotokowa w gniazdach; potokowa, w tym zautomatyzowana	Niepotokowa w gniazdach i na linii; potokowa, zautomatyzowana	Potokowa zautomatyzowana
	Nowoczesność parku maszynowego	Dość wysoka (7)	Dość wysoka (7)	Dość wysoka (7)
	Automatyzacja i robotyzacja	Umiarkowana (6)	Dość wysoka (7)	Wysoka (8)
	Jakość i niezawodność	Dość wysoka (7)	Dość wysoka (7)	Wysoka (8)
	Proekologiczność	Dość niska (4)	Średnia (5)	Średnia (5)
	Rodzaj organizacji	INB; TP; OW; CTT; małe średnie przedsiębiorstwa; Sp. JV	INB; TP; OW; CTT; małe średnie przedsiębiorstwa; Sp. JV	CTT; OW; małe, średnie i duże przedsiębiorstwa; SP; JV; PP
	Reprezentowane gałęzie przemysłu	Motoryzacyjny; maszynowy; narzędziowy; lotniczy; budowlany; stomatologiczny; medyczny; gospodarstwa domowego		
	Kto?	Wysoki (8)	Dość wysoki (7)	Dość wysoki (7)
		Bardzo wysokie (9)	Wysokie (8)	Dość wysokie (7)
	Ile?	Wysokie (8)	Dość wysokie (7)	Umiarkowane (6)
	Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność	Umiarkowana (6)	Dość wysoka (7)	Dość wysoka (7)
	Wartość produkcji w kraju	Umiarkowana (6)	Wysoka (8)	Wysoka (8)

LEGENDA: → Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe → Dwuierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Pokrywanie powłokami formowanymi niskociśnieniowo z proszków i spiekanie	Nr katalogowy
Obszar tematyczny	Inne technologie inżynierii powierzchni		M7-03/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału	Poziom
Technika formowania niskociśnieniowego i spiekania proszków, umożliwiająca wytwarzanie materiałów o relatywnie ciągłym rdzeniu i odpornej na zużycie ściernie powierzchni. Metodę tę literatura określa również jako formowanie beziśnieniowe. Bezpośrednio po formowaniu proszku na powierzchni podłoża otrzymujemy powłokę w postaci gęstwy polimerowo-proszkowej, której lepsze polimeryzacje, stygnie lub odparowuje z niego rozpuszczalnik. Po operacji formowania otrzymujemy materiał z wyraźną granicą rozdzielenia pomiędzy podłożem i powłoką, którą stanowi kompozyt lepiszczko-proszek. Po operacji spiekania wyraża granica pomiędzy powłoką i podłożem zanika w wyniku silnej dyfuzji. Stąd obszar powłoki można traktować jako warstwę wierzchnią. O gradientowym lub jednorodnym charakterze struktury warstwy wierzchniej decyduje sposób nakładania gęstwy polimerowo-proszkowej na wcześniej przygotowane powierzchni podłoża.	Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury	Wysoki (8)	
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża	X wielofazowa amorficzna	Niższy koszt wytwarzania	Wysoki (8)
X jednowarstwowa	X gradientowa nanokrystaliczna	Odporność na ścieranie	Wysoki (8)
X multiwarstwowa (>100 warstw)	X kompozytowa hybrydowa	Odporność na korozję	Dość wysoki (7)
przemiany fazowe powierzchni podłoża	X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	Własności mechaniczne	Dość wysoki (7)
Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów	X mechaniczne magnetyczne optyczne X trybologiczne	Biokompatybilność	Dość wysoki (7)
X chemiczne	X dyfuzyjne X termiczne X antykorozyjne	Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia	Poziom
X elektryczne	X hydromechaniczne X akustyczne X inne	Scuffing	Wysoki (8)
Zalety	Wady	Zużycie abrazyjne	Wysoki (8)
Możliwość nanoszenia na skomplikowanych obiektach; niewielkie zużycie energii; ograniczona ilość odpadów; możliwość otrzymania obiektów „na gotowo”; niski koszt urządzeń; biokompatybilność.	Kosztowne czyste i wysokojakościowe proszki; skądinąd wpływ nanoproszków na zdrowie człowieka; konieczność nagrzewania całej objętości pokrywanego elementu.	Zmęczenie cieplne	Wysoki (8)
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary tematyczne		Korozja lokalna i wierzowa	Wysoki (8)
Wytwarzanie powłok antykorozyjnych, przeciwdziałających i dekoracyjnych na potrzeby przemysłu motoryzacyjnego, maszynowego, narzędziowego, lotniczego, stomatologicznego i na obudowy sprzętu AGD.		Korozja naprężeniowa i zmęczeniowa	Wysoki (8)
Technologie zastępcze/alternatywne		Korozja równomierna	Wysoki (8)
Technologie hybrydowe.		Zużycie ściernie	Dość wysoki (7)
Rekomendowane źródła literatury		Zużycie cieplne	Dość wysoki (7)
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii	Poziom
2 G. Matula, Gradientowe warstwy powierzchniowe z węglakami narzędziowymi formowane niskociśnieniowo i spiekane, Open Access Library 7 (13) (2012) 1-144.		C 29	Wysoki (8)
3 L.A. Dobrzański, G. Matula, A. Várez, B. Leventfeld, J.M. Torralba, Fabrication methods and heat treatment conditions effect on tribological properties of high speed steels, JMPT 157-158 (2004) 324-330.		C 25	Dość wysoki (7)
		C 28	Dość wysoki (7)
		C 32	Dość wysoki (7)
		F 43	Średni (5)
		M 72	Średni (5)
		C 30	Niski (3)
		F 42	Niski (3)
		Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii	Poziom
		Sztuczne sieci neuronowe	Wysoki (8)
		Systemy ekspertowe	Wysoki (8)
		Dynamika molekularna	Umiarkowany (6)
		Automaty komórkowe	Średni (5)
		Metody Monte Carlo	Średni (5)
		Aktualna faza cyklu życia technologii	Wzrostowa (7)
		Perspektywy rozwojowe	Wysokie (8)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Obszar tematyczny	Pokrywanie powłokami formowanymi niskociśnieniowo z proszków i spiekanie Inne technologie inżynierii powierzchni	Nr katalogowy M7-03/2010-12
Opis przebiegu procesu technologicznego			
<p>Główne etapy formowania niskociśnieniowego i spiekania proszków:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ wytworzenie proszku metalu lub mieszaniny proszku metalu i niemetalu, ■ przygotowanie proszku, ■ formowanie kształtki, ■ degradacja lepiszcza, ■ spiekanie kształtek, ■ nakładanie powłok, ■ spiekanie, ■ obróbka wykończająca. <p>Pokrywanie powłokami formowanymi niskociśnieniowo z proszków i spiekanie stosowane jest do nakładania przeciwzuzyciowych powłok na materiały inżynierskie, w tym głównie na materiały narzędziowe oraz inne elementy pracujące w warunkach zużycia ściernego. Grubość powłoki można w łatwy sposób regulować stosując jedno- lub kilkakrotnie nakładanie warstwy gęstwy proszek-lepiszcze na przygotowaną powierzchnię podłoża. Ponadto powierzchnia podłoża nie wymaga dokładnego szlifowania i polerowania jak w przypadku innych metod.</p>			
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do
Temperatura	°C	10 ³	2 · 10 ³
Ciśnienie		atmosferyczne	
Warunki prądowo-napięciowe		-	-
Czas	s	4 · 10 ⁴	2 · 10 ⁵
Środowisko/atmosfera		gazy reaktywne i robocze	
Specyficzne warunki realizacji procesu		długi czas realizacji procesu	
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Podłoże wytwarzane jest wraz z warstwą wierzchnią.			
Typ/rodzaj urządzenia			
Stacjonarne; specjalistyczne.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Urządzenia do wytwarzania, przygotowania proszków i ich spiekania.			
			Schemat układu umożliwiającego realizację procesu polegającego na pokrywaniu powłokami formowanymi niskociśnieniowo z proszków i spiekanu

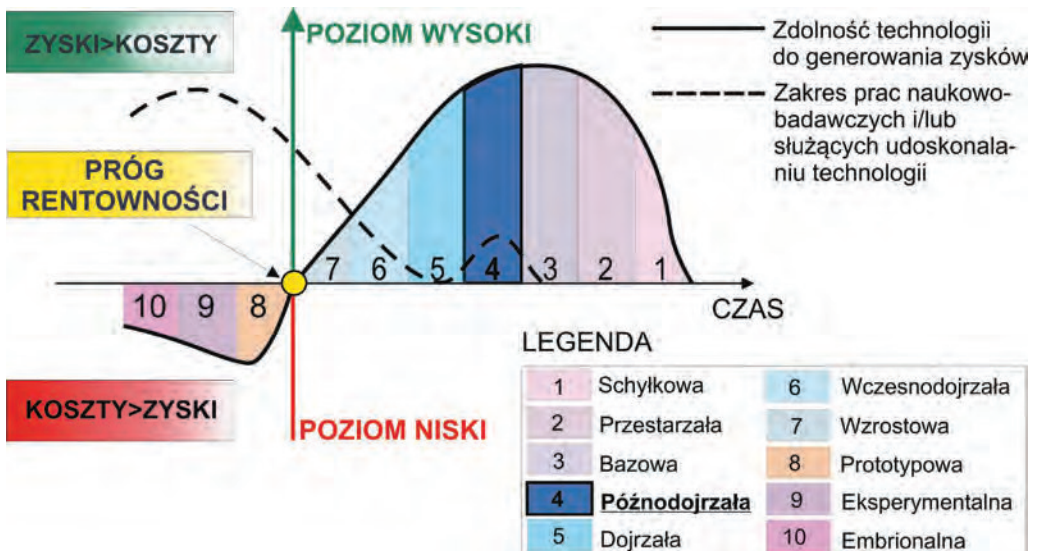
Symbol obszaru tematycznego: **M7**

Symbol grupy technologii: **D_{M7}**

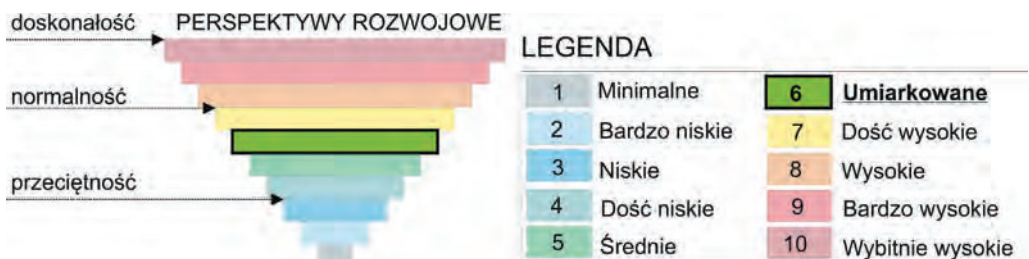
Numer katalogowy: **M7-04**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Pokrywanie powłokami metalizowanymi zanurzeniowo**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Immersion metallised coatings deposition**

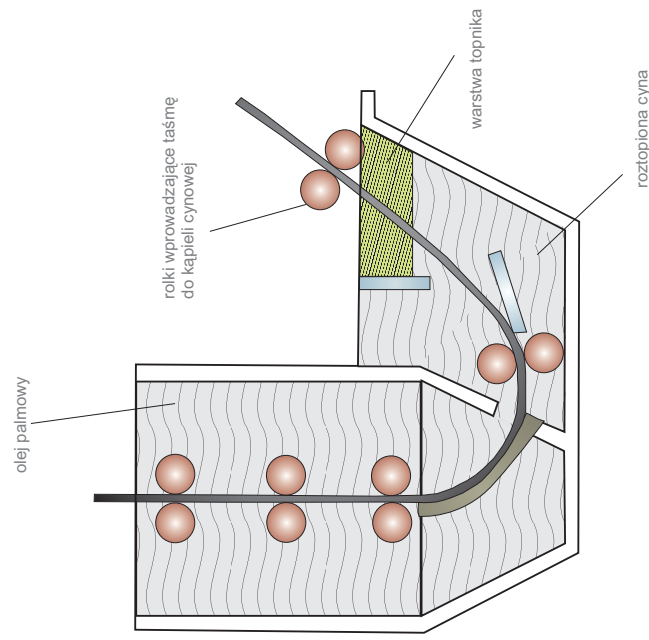


Rysunek 4.158. Aktualna faza cyklu życia pokrywania powłokami metalizowanymi zanurzeniowo



Rysunek 4.159. Perspektywy rozwojowe pokrywania powłokami metalizowanymi zanurzeniowo

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Pokrywanie powłokami metalizowanymi zanurzeniowo	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Inne technologie inżynierii powierzchni	
Istota zjawiska fizykochemicznego			
Powłoki metalowe nakładane metodą zanurzeniową są skuteczną i ekonomiczną ochroną, m.in. żelaza i jego stopów przed korozją elektrochemiczną, a w wypadku niektórych rodzajów powłok także przed korozją chemiczną. Nanoszenie powłok polega na zanurzeniu pokrywającego metalu w kąpeli z roztopionego metalu powłokowego, dlatego nakładany metal musi mieć stosunkowo niską temperaturę topnienia, a metal pokrywany nie może tracić swych właściwości fizycznych w tej temperaturze. Warunki te spełniają: cyna, ołów, cynk i aluminium. Zależnie od rodzaju nakładanego metalu wyróżnia się: cynowanie, ołowianowanie, cynkowanie i aluminowanie. Najbardziej rozpowszechnioną technologią metalizacji zanurzeniowej jest cynkowanie. Nowsze technologie wykorzystują roztopione wieloskładnikowe stopy metali w procesie cynkowania bądź aluminowania, co daje znacznie większą trwałość korozyjną powłok.			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
X	jednowarstwowa	X	wielofazowa
X	muliwarstwowa	X	gradientowa
	X	X	amorficzna
	X	X	nanokryształiczna
	X	X	hybrydowa
	X	X	procesy fizyczne na powierzchni podłoża
	X	X	zmiana składu chemicznego powierzchni podłoża
Szczególne własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
X	mechaniczne	X	magnetyczne
X	chemiczne	X	termiczne
X	elektryczne	X	akustyczne
		X	inne
Zalety			
	Możliwość regulowania grubości powłoki; duża równomierność otrzymanych powłok; małe straty osadzanego metalu.	Wady	Ograniczenia w nanoszeniu powłok; konieczność utylizacji agresywnych dla środowiska naturalnego odpadów poprodukcyjnych; stosowanie toksycznych środków chemicznych.
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary tematyczne			
	Cynkowanie i aluminowanie w kąpielach wieloskładnikowych w celu uzyskania lepszych własności antykorozyjnych, karoseria i części samochodowe, elementy konstrukcji budowlanych, ściany zewnętrzne budynków i dachy, półwyroby hutnicze (blachy, rury), sworznie, wkręty, przedmioty codziennego użytku.		
Technologie zastępcze/alternatywne			
	Technologie hybrydowe; galwanizacja zanurzeniowa.		
Rekomendowane źródła literatury			
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		Systemy ekspertowe
2	L.A. Dobrzański, Materiały inżynierskie i projektowanie materiałowe. Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo, Wydanie II zmienione i uzupełnione, WNT, Warszawa, 2006.		Modelowanie matematyczne
3	S. Socha, Sposób ołowianowania wyrobów stalowych o dużej powierzchni, Opis patentowy Nr 129 727, 1982.		Analiza fraktalna
			Algorytm genetyczne
			Modelowanie wieloskalowe
			Aktualna faza cyklu życia technologii
			Perspektywy rozwoju
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			
	Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału		Poziom
	Odporność na korozję		Wysoki (8)
	Własności mechaniczne		Wysoki (8)
	Odporność na działanie związków chemicznych		Dość wysoki (7)
	Odporność na erozję		Dość wysoki (7)
	Odporność na tarcie		Dość wysoki (7)
	Niższy koszt wytwarzania		Dość wysoki (7)
	Biokompatybilność		Dość wysoki (7)
	Przewodnictwo cieplne		Umiearkowany (6)
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia			
	Korozyja lokalna i wżerowa		Wysoki (8)
	Korozyja międzykryształiczna		Wysoki (8)
	Abiacja		Wysoki (8)
	Korozyja selektywna		Dość wysoki (7)
	Scuffing		Dość wysoki (7)
	Korozyja równomierna		Dość wysoki (7)
	Erozja		Dość wysoki (7)
	Korozyja naprężeniowa i zmęczenia		Dość wysoki (7)
Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			
	C29		Wysoki (8)
	C25		Dość wysoki (7)
	C28		Dość wysoki (7)
	C32		Dość wysoki (7)
	F43		Średni (5)
	C30		Niski (3)
	F42		Niski (3)
	G 45		Niski (3)
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii			
	Systemy ekspertowe		Wysoki (8)
	Modelowanie matematyczne		Umiearkowany (6)
	Analiza fraktalna		Umiearkowany (6)
	Algorytm genetyczne		Umiearkowany (6)
	Modelowanie wieloskalowe		Umiearkowany (6)
	Aktualna faza cyklu życia technologii		Pożądajala (4)
	Perspektywy rozwoju		Umiearkowane (6)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Pokrywanie powłokami metalizowanymi zanurzeniowo	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Inne technologie inżynierii powierzchni	M7-04/2010-12
Opis przebiegu procesu technologicznego			
Proces pokrywania zanurzeniowego składa się z kilku operacji:			
<ul style="list-style-type: none"> ■ obróbki wstępnej, ■ topnikowania, ■ nakładania powłoki, ■ obróbki końcowej. 			
<p>Obróbka wstępna obejmuje usuwanie zanieczyszczeń, odtłuszczenie, trawienie i płukanie pokrywanych przedmiotów. Topnikowanie polega na zanurzeniu pokrywanych przedmiotów w roztworze odpowiednich związków chemicznych lub ich mieszanin. Topnik oczyszcza powierzchnię pokrywanego metalu z pozostałości tlenków, zapobiega jej utlenieniu przed wprowadzeniem do stopionej kąpieli. Topniki ułatwiają zwielenie pokrywanych powierzchni przez ciekły metal oraz wspomagają reakcję między powierzchnią stali a roztopionym nakładanym metalem. Nakładanie powłoki metalowej uzyskuje się przez zanurzenie lub przeciąganie półwyrobów przez stopiony metal. Obróbka końcowa sprowadza się do wyrównania grubości nakładanej powłoki, wygładzenia jej oraz poprawy właściwości i wyglądu. Poprawę własności niektórych powłok uzyskuje się drogą obróbki cieplnej.</p>			
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do
Temperatura	°C	400	800
Ciśnienie		atmosferyczne	
Warunki prądowo-napięciowe		-	-
Czas	s	4·10 ³	4·10 ⁴
Środowisko/atmosfera	ciecz		
Specyficzne warunki realizacji procesu	kapiące zanurzeniowe w ciekłym metalu		
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Oczyszczenie mechaniczne; odtłuszczenie; trawienie; płukanie.			
Typ/frodzaj urządzenia			
Stacjonarne; niskospecjalistyczne.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Wanny kapielowe; układy zasilania i sterowania; systemy oczyszczania i odzysku; suszarki i wirówki; układy grzejne.			
			Przykładowy schemat przebiegu procesu pokrywania powłokami metalicznymi zanurzeniowo – cynowanie zanurzeniowe

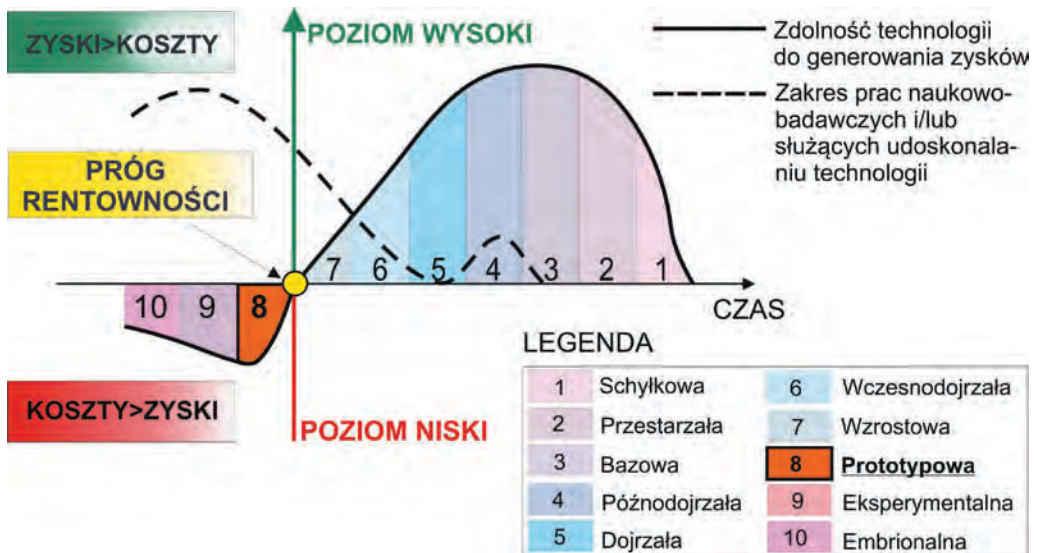
Symbol obszaru tematycznego: **M7**

Symbol grupy technologii: **E_{M7}**

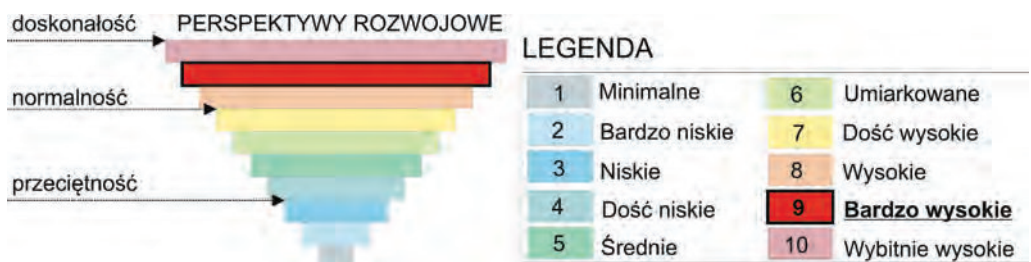
Numer katalogowy: **M7-05**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Pokrywanie ceramiką/cermetami**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Ceramics/cermetals deposition**



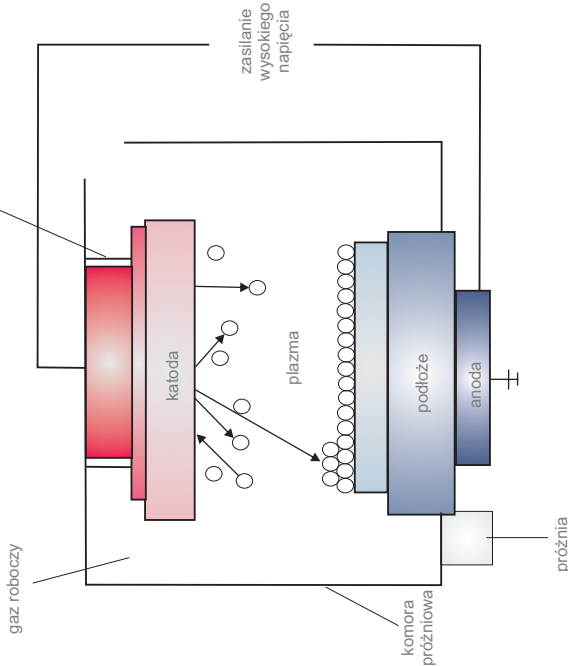
Rysunek 4.160. Aktualna faza cyklu życia pokrywania ceramiką/cermetami



Rysunek 4.161. Perspektywy rozwojowe pokrywania ceramiką/cermetami

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii / Pokrywanie ceramiką/cermetami		Nr katalogowy		
Kiedy? Interwały czasowe		Obszar tematyczny / Inne technologie inżynierii powierzchni		M7-05/2010-12		
		DZIŚ 2010-12		2030		
Dlaczego?	<p>Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze</p> <p>Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych</p> <p>Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń</p> <p>Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego</p> <p>Strategia dla technologii Oddziaływanie otoczenia Wartość technologii</p> <p>Strategia cyprysa wiosna: Oddziaływanie otoczenia Wartość technologii</p>	<p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu</p> <p>Strategia cyprysa wiosna: Wykorzystać sposobności umacniając potencjał technologii. Badać, doskonalić, doinwestować atrakcyjną technologię wykorzystującą dobrą koniunkturę na rynku.</p>	<p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>			
Co?	<p>Produkt</p> <p>Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji</p> <p>Podłoże</p> <p>Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża</p> <p>Polepszone własności materiału</p> <p>Aparatura naukowo-badawcza</p>	<p>Średnia (5)</p> <p>Metale, słopy metali, ceramika, polimery</p> <p>Supertwarde powłoki ceramiczne i/lub cermetyczne</p>	<p>Średnia (5)</p>	<p>Średnia (5)</p>	<p>Osza narzędzi skrawających; elementy konstrukcyjne; części maszyn pracujące w wysokich temperaturach; ognia fotowoltaiczne; światłowodowy; nadprzewodniki; sensory; elementy elektroniczne i optoelektroniczne; narzędzia medyczne; elementy urządzeń medycznych</p>	
Jak?	<p>Technologia</p> <p>Faza cyklu życia</p> <p>Typ produkcji</p> <p>Forma organizacji produkcji</p> <p>Nowoczesność parku maszynowego</p> <p>Automatyzacja i robotyzacja</p> <p>Jakość i niezawodność</p> <p>Proekologiczność</p>	<p>Prototypowa (8)</p> <p>Jednoskopowa i małoseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach przedmiotowych i technologicznych</p> <p>Bardzo wysoka (9)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Średnia (5)</p>	<p>Prototypowa (8)</p> <p>Mało- i średnioseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach i na linii</p> <p>Bardzo wysoka (9)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Średnia (5)</p>	<p>Wzrostowa (7)</p> <p>Mało-, średnio i wielkoseryjna</p> <p>Niepotokowa na linii; potokowa</p> <p>Bardzo wysoka (9)</p> <p>Wysoka (8)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarowana (6)</p>	<p>Wytworzenie, przy zachowaniu ciągłego rdzenia, supertwardej powłoki stanowiącej barierę ciepłą i zapewniającej odporność na ścieranie, korozję i erozję; zapewnienie specjalnych własności elektrycznych, optycznych, zwiłzalności powierzchni, dobrej adhezji i/lub biokompatybilności</p> <p>Mikroskopy: świetlne i skaningowe (SEM, STM, TEM, CLSM), sił atomowych (AFM), jonowy (FIB); dyfraktometr rentgenowski (XRD); (mikro)tworodność Vickersa lub Rockwella; komora korozyjna; tybometer; potencjostat; profilometr; grubościomierz; testery: zużycia erozyjnego; maszynowa wytrzymałościowa; scratch tester; aparatura do oceny modułu sprężystości w funkcji temperatury</p>	
Gdzie?	<p>Rodzaj organizacji</p> <p>Reprezentowane gałęzie przemysłu</p>	<p>Uczelnie; INB; OW</p>	<p>Uczelnie; INB; OW; TP; CTT; male i średnie przedsiębiorstwa</p>	<p>INB; OW; male, średnie i duże przedsiębiorstwa</p>	<p>elektryczny; energetyczny; telekomunikacyjny; elektroniczny; optoelektroniczny; medyczny; precyzyjny</p>	
Kto?	<p>Poziom edukacji personelu</p> <p>Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej</p>	<p>Bardzo wysoki (9)</p> <p>Wysokie (8)</p>	<p>Bardzo wysoki (9)</p> <p>Bardzo wysokie (9)</p>	<p>Bardzo wysoki (9)</p> <p>Wysokie (8)</p>	<p>Bardzo wysoki (9)</p> <p>Wysokie (8)</p>	
Ile?	<p>Wymagania kapitałowe</p> <p>Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność</p> <p>Wartość produkcji w kraju</p>	<p>Dość wysokie (7)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Dość niska (4)</p>	<p>Dość wysokie (7)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Umiarowana (6)</p>	<p>Dość wysokie (7)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Dość wysoka (7)</p>	<p>Dość wysokie (7)</p> <p>Umiarowana (6)</p> <p>Dość wysoka (7)</p>	
LEGENDA:						
<p>---> Związki przyczynowo-skutkowe</p> <p>-----> Powiązania kapitałowe</p> <p>.....> Korelacje czasowe</p> <p>↔ Dwuierunkowe przepląty danych i/lub zasobów</p>						

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Pokrywanie ceramiką/cermetami	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Inne technologie inżynierii powierzchni	M7-05/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			Poziom
<p>Pokrywanie ceramiką i/lub cermetami, które są rodzajem kompozytu złożonego z drobnych cząstek krystalicznych (węglików, azotków, węglikoazotków, tlenków, boroków) równomiernie rozmieszczonych w osnowie metali lub ich stopów, stanowiących fazę wiążącą, służy uzyskaniu na powierzchni materiału, zachowującego relatywnie dużą ciągliwość i wytrzymałość na zginanie, superwardziej warstwy o dużej odporności na ścieranie, odporności na korozję i/lub stanowiącej barierę cieplną. Powłoki ceramiczne i cermetowe w zależności od ich składu chemicznego mogą wykazywać także specjalne własności elektryczne, specjalne własności optyczne, regulować zwilżalność powierzchni, polepszać adhezję i/lub wykazywać wysoką biokompatybilność. Istota zjawiska fizykochemicznych procesu nanoszenia powłok ceramicznych i/lub cermetowych jest uzależniona od konkretnej technologii wybranej z szerokiego możliwościowego spektrum.</p>		<p>Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału</p> <p>Odporność na ścieranie</p> <p>Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury</p> <p>Odporność na korozję</p> <p>Twardość</p> <p>Odporność na erozję</p> <p>Specjalne własności optyczne</p> <p>Specjalne własności elektryczne</p> <p>Biokompatybilność</p>	<p>Wysoki (10)</p> <p>Wysoki (10)</p> <p>Wysoki (10)</p> <p>Bardzo wysoki (9)</p> <p>Bardzo wysoki (9)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p> <p>Wysoki (8)</p>
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni.podłoża			Poziom
X jednowarstwowa	X wielofazowa	X amorficzna	
X wielowarstwowa	X gradientowa	X nanokrystaliczna	Wysoki (10)
X multiwarstwowa (>100 warstw)	X kompozytowa	X hybrydowa	Wysoki (10)
X przemiany fazowe powierzchni podłoża	X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	X procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Wysoki (10)
Szczegółne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			Bardzo wysoki (9)
X mechaniczne	X magnetyczne	X optyczne	Wysoki (8)
X chemiczne	X dyfuzyjne	X termiczne	Wysoki (8)
X elektryczne	hydrromechaniczne	X akustyczne	Wysoki (8)
		inne	Wysoki (8)
Zalety	Wady		Dość wysoki (7)
Możliwość zapewnienia produktowi superwardziej zewnętrznej ochrony przed zużyciem ściernym, korozją i wysoką temperaturą przy zachowaniu ciągłego rdzenia; specjalne własności powłok.	Kruchość naniesionej powłoki i jej mała odporność na zginanie.		Poziom
Naibardziej perspektywiczne technologie szczerółowe i/lub obszary tematyczne			
Metody fizycznego i chemicznego osadzania powłok ceramicznych/cermetowych z fazy gazowej (PVD/CVD), natryskiwanie cieplne: plazmowe i nadźwiękowe z użyciem paliwa tlenowego (HVOF), superwardziej powłoki odporne na ścieranie, korozję, żaroodporne i/lub stanowiące barierę termiczną.			Dość wysoki (7)
Technologie zastępcze/alternatywne			Umiarkowany (6)
Aluminiowanie; technologie hybrydowe.			Umiarkowany (6)
Rekomendowane źródła literaturowe			Sredni (5)
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.			Dość niski (4)
2 R. Pampuch, Współczesne materiały ceramiczne, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków, 2005.			Dość niski (4)
3 J. Lis, R. Pampuch, Spiekanie, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków, 2000.			Dość niski (4)
			Poziom
			Dość wysoki (7)
			Umiarkowany (6)
			Umiarkowany (6)
			Sredni (5)
			Prototypowa (8)
			Bardzo wysokie (9)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii <i>Pokrywanie ceramiką/cermetami</i>	Nr katalogowy M7-05/2010-12
Obszar tematyczny <i>Inne technologie inżynierii powierzchni</i>		
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>W zależności od materiału podłoża (metale, stopy metali, ceramika, polimery) i oczekiwanych własności użytkowych powłoki, którymi najczęściej są odporność na ścieranie, odporność na korozję lub bariera termiczna, stosowane są różne technologie pokrywania materiału ceramiką i/lub cermetami. Do najczęściej stosowanych metod należy fizyczne osadzanie z fazy gazowej (PVD) obejmujące następujące etapy: uzyskiwanie par nanoszonego materiału w wyniku odparowania metalu lub związku stopionego oporowo, indukcyjnie, elektronowo lub laserowo; sublimacja metalu lub związku; rozpylanie katodowe lub anodowe metalu lub związku; transport par (neutralnych lub zjonizowanych) na podłożu; kondensacja par nanoszonego materiału na podłożu i wzrost powłoki. Zakres zastosowań chemicznego osadzania powłok ceramicznych i/lub cermetalowych z fazy gazowej (CVD) ogranicza się do nanoszenia warstw na płytki z węglików spiekanych i spiekanych materiałów ceramicznych, które nie tracą swych własności podczas wysokotemperaturowego procesu. Często stosowane jest także natryskiwanie cieplne, najczęściej plazmowe, w tym plazmowe pod bardzo niskim ciśnieniem (VLPPS) pozwalające uzyskać cienkie, jednorodne warstwy oraz naddźwiękowe z użyciem paliwa tlenowego (HVOF). Inne stosowane metody to: napawanie cieplne, metalurgia proszków, formowanie niskociśnieniowe ze spiekaniem i metoda żol-żel.</p>		
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od do
Temperatura	°C	1000 24·10 ³
Ciśnienie	zależne od technologii	
Warunki prądowo-napięciowe	-	-
Czas	s	200 10 ⁵
Środowisko/atmosfera	zależna od technologii	
Specyficzne warunki realizacji procesu	zależna od technologii	
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża		
Zależne od technologii.		
Typ/rodzaj urządzenia		
Stacjonarne lub mobilne; specjalistyczne lub niskospecjalistyczne.		
Specyficzne oprzyrządowanie		
Zależne od technologii.		
		<p>Schemat przykładowej technologii umożliwiającej pokrywanie ceramiką i cermetami – fizyczne osadzanie powłok z fazy gazowej (PVD)</p>

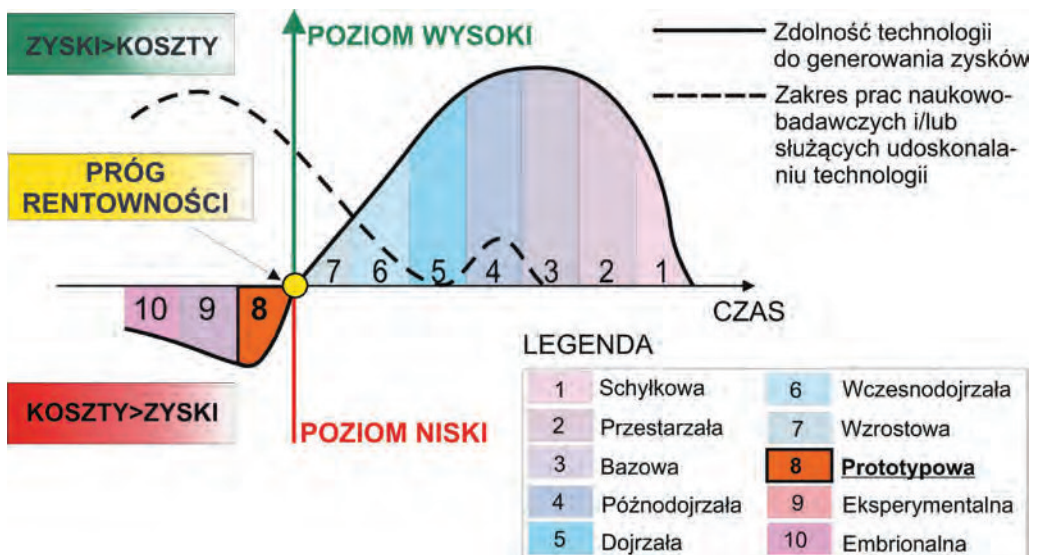
Symbol obszaru tematycznego: **M7**

Symbol grupy technologii: **F_{M7}**

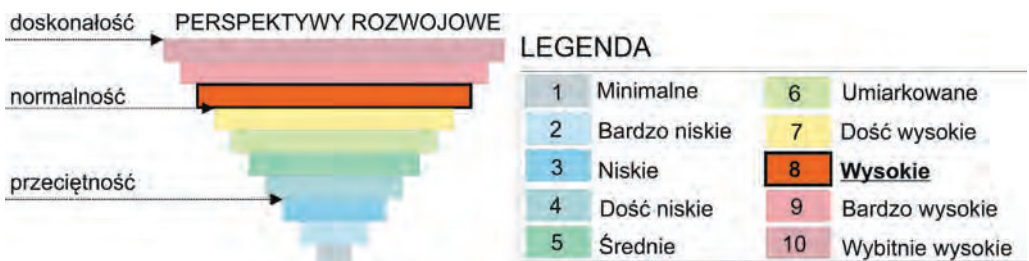
Numer katalogowy: **M7-06**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Wytwarzanie powierzchniowych warstw odlewniczych i infiltracyjnych**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Casting and infiltration surface layers manufacturing**



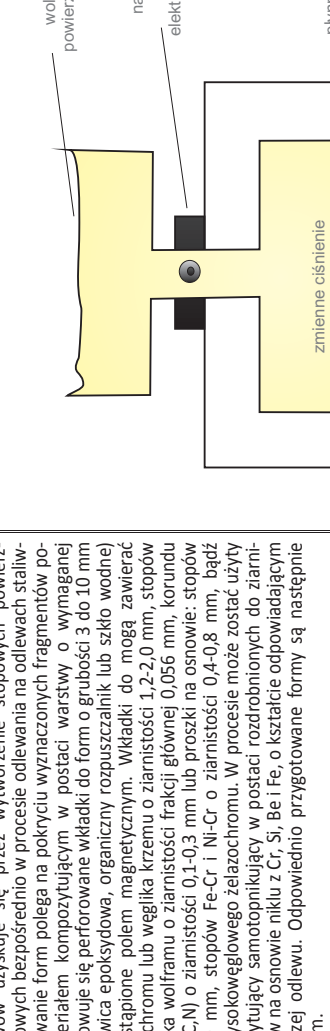
Rysunek 4.162. Aktualna faza cyklu życia wytwarzania powierzchniowych warstw odlewniczych i infiltracyjnych



Rysunek 4.163. Perspektywy rozwojowe wytwarzania powierzchniowych warstw odlewniczych i infiltracyjnych

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Wytwarzanie powierzchniowych warstw odlewniczych i infiltracyjnych		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Inne technologie inżynierii powierzchni		M7-06/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Dlaczego?		<p>Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych</p> <p>Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń</p> <p>Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego</p> <p>Strategia cyprysa wiosna; Strategia cyprysa wzmocnić i odnowić</p>	<p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu</p>	<p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>	
Co?		<p>Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji</p> <p>Podłoże</p> <p>Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża</p> <p>Polepszone własności materiału</p> <p>Aparatura naukowo-badawcza</p>	<p>Dość niska (4)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Powstałe w wyniku zakrzepnięcia odlewu stalowego lub żelaznego w formie odlewniczej</p> <p>Powłoki powstałe poprzez zalanie ciekłym metalem form wyłożonych perforowanymi wkładkami zawierającymi stopów Ni z dodatkiem Ti(C,N), o osnowie stopów Fe-Cr, Ni-Cr z dodatkiem lepszca (np. Zytvicy) lub opcjonalnie samotopniującym materiałem kompozytującym</p> <p>Poprawa odporności na ścieranie, własności mechanicznych, przy zachowaniu dobrej ciągliwości odlewów pracujących w warunkach suchego ścierania przy współpracy par metal-metal i metal-materiał mineralny, np. z węglem kamiennym, brunatnym, cementem, klinkierem, piaskiem; odporność na korozję</p> <p>Mikroskopy: świetlne i skaningowe (SEM, STM, CLSM); dyfraktoometr rentgenowski (XRD); twardościomierz Brinella; komora korozyjna; trybometr; profilometr; grubościomierz; scratch tester; maszyna wytrzymałościowa</p>	<p>Dość niska (4)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Średnia (5)</p>	
Technologia		<p>Faza cyklu życia</p> <p>Typ produkcji</p> <p>Forma organizacji produkcji</p> <p>Nowoczesność parku maszynowego</p> <p>Automatyzacja i robotyzacja</p> <p>Jakość i niezawodność</p> <p>Proekologiczność</p>	<p>Wytwarzanie powierzchniowych warstw odlewniczych i infiltracyjnych</p> <p>Prototypowa (8)</p> <p>Jednoskopowa i małoseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach przedmiotowych i technologicznych</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Niska (3)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Uczelnie; INB; OW</p> <p>Wyrobymy; rolniczy; budowy maszyn</p>	<p>Wzrostowa (7)</p> <p>Malo- i średnioseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach i na linii</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Uczelnie; INB; OW; TP; CTT; male i średnie przedsiębiorstwa</p>	<p>Wzrostowa (7)</p> <p>Malo- i średnioseryjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach i na linii</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>INB, OW; male, średnie i duże przedsiębiorstwa</p>
Gdzie?		<p>Rodzaj organizacji</p> <p>Reprezentowane gałęzie przemysłu</p>	<p>Uczelnie; INB; OW</p> <p>Wyrobymy; rolniczy; budowy maszyn</p>	<p>Uczelnie; INB; OW; TP; CTT; male i średnie przedsiębiorstwa</p>	<p>INB, OW; male, średnie i duże przedsiębiorstwa</p>
Kto?		<p>Poziom edukacji personelu</p> <p>Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej</p>	<p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysokie (7)</p>	<p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysokie (7)</p>	<p>Dość wysoki (7)</p> <p>Dość wysokie (7)</p>
Ile?		<p>Wymagania kapitałowe</p> <p>Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność</p> <p>Wartość produkcji w kraju</p>	<p>Dość wysokie (7)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Dość niska (4)</p>	<p>Dość wysokie (7)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Średnia (5)</p>	<p>Dość wysokie (7)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Umiarkowana (6)</p>
LEGENDA: ↔ Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe → Korelacje czasowe ↔ Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów					

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Wytwarzanie powierzchniowych warstw odlewanych i infiltracyjnych		Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Inne technologie inżynierii powierzchni		M7-06/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego				
Wytwarzanie kompozytowych powierzchniowych warstw stopowych metodami odlewniczymi i infiltracyjnymi polega na zalewaniu ciekłym metalem odlewu stalowego lub żeliwnego umieszczonego w opo- wiednio przygotowanych formach. Umieszczenie materiału kompozytującego w formie następuje różnymi metodami, np. przez uformowanie warstwy tego materiału bezpośrednio we wnęce formy lub przez równo- udziału masowego składnika stopowego na jednostkę powierzchni formy. Spoiwo wchodzące w skład mie- szaniny aktywującej wiąże ze sobą ziarna materiału kompozytującego oraz z powierzchnią formy lub rdze- nia. Możliwe jest również wyleminowanie spoiwa i utworzenie warstwy z użyciem pola magnetycznego. Trwałe umocowanie we wnęce formy specjalnie uprzednio przygotowanych kształtek z materiału kompo- zytującego może polegać na wzajemnym dopasowaniu wymiarów, szpilkowaniu lub przyklejaniu.				
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża				
X	jednowarstwowa	X	wielofazowa	
X	wielowarstwowa	X	gradientowa	
X	multiwarstwowa (>100 warstw)	X	kompozytowa	
X	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	
Szczególne własności powłok/warstw wierzchniej/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów				
X	mechaniczne	X	magnetyczne	X
X	chemiczne	X	dyfuzyjne	X
X	elektryczne	X	hydromechaniczne	X
Zalety				
Możliwość uzyskania wysokich własności w żąda- nych miejscach produktu; niski koszt inwestycji; różnorodność otrzymywanych warstw; możliwości lokalnego wzmacniania powierzchni materiałów.				
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary tematyczne				
Poprawa odporności na ścieranie, własności mechanicznych, przy zachowaniu dobrej ciągliwości odlewów pracujących w warunkach suchego ścierania przy współpracy par metal-metal i metal-materiał mineralny, np. z węglem kamiennym, brunatnym, materiałami budowlanymi, w tym cementem, klinkierem, piaskiem.				
Technologie zastępcze/alternatywne				
Technologie hybrydowe; metalurgia proszków.				
Rekomendowane źródła literatury				
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.			
2	L.A. Dobrzański, M. Kremzer, A.J. Nowak, A. Nagel, Aluminium matrix composites fabricated by infiltra- tion method, Archives of Material Science and Engineering 36/1 (2009) 5-11.			
3	J. Kubiński, Odlewane powłoki ochronne Al-Cu na stalowie żarowytrzymałym, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin, 1996.			
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału				
Odporność na suche ścieranie				
Własności mechaniczne				
Odporność na korozję				
Niższy koszt wytwarzania				
Twardość				
Ciągłość				
Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury				
Odporność na działanie związków chemicznych				
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia				
Zużycie ściernie				
Zużycie adhezyjne				
Korozja lokalna i wzorowa				
Spalling				
Korozja równomierna				
Pitting				
Korozja selektywna				
Erozja				
Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii				
C28				
C29				
C32				
M72				
C25				
C30				
F43				
C18				
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii				
Dynamika molekularna				
Systemy ekspertowe				
Modelowanie matematyczne				
Sztuczne sieci neuronowe				
Modelowanie wieloskalowe				
Aktualna faza cyklu życia technologii				
Perspektywy rozwoju				
Dość wysoki (7)				
Dość wysoki (7)				
Umiaarkowany (6)				
Umiaarkowany (6)				
Umiaarkowany (6)				
Prototypowa (8)				
Wysokie (8)				

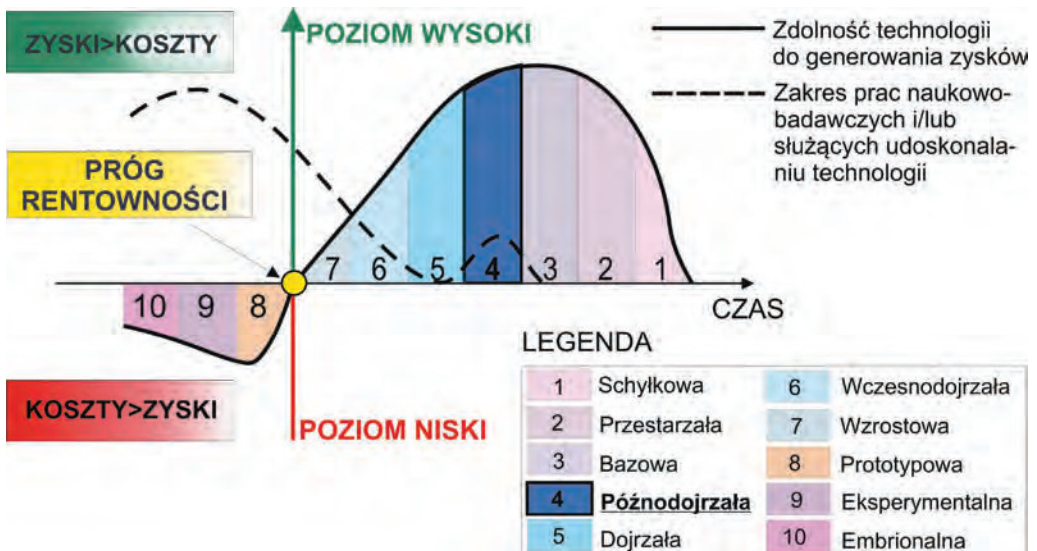
KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Wytwarzanie powierzchniowych warstw odlewanych i infiltracyjnych	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Inne technologie inżynierii powierzchni	M7-06/2010-12
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p>			
<p>Wymagane własności odlewów uzyskuje się przez wytworzenie stopowych powierzchniowych warstw kompozytowych bezpośrednio w procesie odlewania na odlewach stalowych lub żeliwnych. Przygotowanie form polega na pokryciu wyznaczonych fragmentów powierzchni wewnętrznej formy materiałem kompozytującym w postaci warstwy o wymaganej grubości. W tym celu przygotowuje się perforowane wkładki do form o grubości 3 do 10 mm ze spoiwem organicznym (żywica epoksydowa, organiczny rozpuszczalnik lub szkło wodne) lub spoiwo może zostać zastąpione polem magnetycznym. Wkładki do mogą zawierać następujące proszki: węgla chromu lub węgla krzemu o ziarnistości 1,2-2,0 mm, stopów Ni z dodatkiem Ti(C,N), węgla wolframu o ziarnistości frakcji głównej 0,056 mm, korundu o ziarnistości 1,2-2,5 mm, Ti(C,N) o ziarnistości 0,1-0,3 mm lub proszki na osnowie: stopów Fe-Cr-C o ziarnistości 0,8-1,0 mm, stopów Fe-Cr i Ni-Cr o ziarnistości 0,4-0,8 mm, bądź rozdrobnionego (<0,3 mm) wysokowęglowego żelazochromu. W procesie może zostać użyty opcjonalnie materiał kompozytowy samotopniący w postaci rozdrobnionych do ziarnistości poniżej 0,42 mm stopów na osnowie niklu z Cr, Si, Be i Fe, o kształcie odpowiadającym geometrii powierzchni roboczej odlewu. Odpowiednio przygotowane formy są następnie zalewane staliwem lub żeliwem.</p>			
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>			
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do
Temperatura	°C	100	1800
Ciśnienie	Pa	10 ⁵	1,8·10 ⁸
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-
Czas	s	4·10 ³	4·10 ⁴
Środowisko/atmosfera	gazy reaktywne/robocze		
Specyficzne warunki realizacji procesu	infiltracja ciekłym materiałem		
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Oczyszczenie mechaniczne/chemiczne/odtłuszczenie; płukanie.			
Typ/rodzaj urządzenia			
Stacjonarne; specjalistyczne.			
Specyficzne oprzyrządowanie			
Formy; podajniki; piece grzewcze; systemy kontroli procesu; układy gazów roboczych.			
			Schemat ogólny procesu wytwarzania powierzchniowych warstw infiltracyjnych

Symbol obszaru tematycznego: **M7**

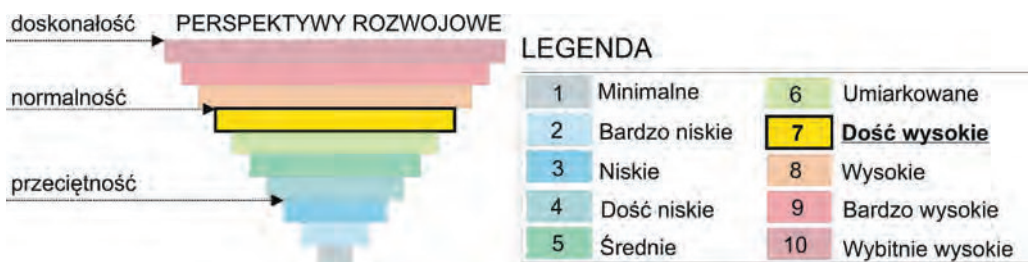
Symbol grupy technologii: **G_{M7}**

Numer katalogowy: **M7-07**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Napawanie powłok**
Nazwa grupy technologii (ang.): **Coatings cladding**



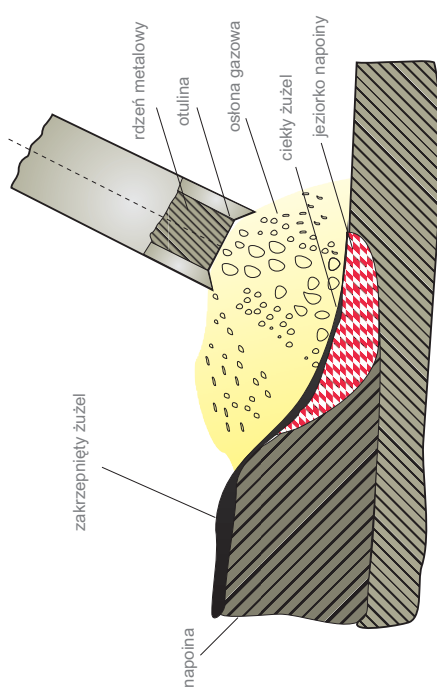
Rysunek 4.164. Aktualna faza cyklu życia napawania powłok



Rysunek 4.165. Perspektywy rozwojowe napawania powłok

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Napawanie powłok	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Inne technologie inżynierii powierzchni	M7-07/2010-12
	Istota zjawiska fizykochemicznego		Poziom
	<p>Napawanie jest procesem spawalniczym, w którym stopiwo nanoszone jest na powierzchnię materiału rodzimego przy jednoczesnym nadtopieniu podłoża, w celu nadania przedmiotowi wymaganych wymiarów albo wytworzenia na nim warstwy powierzchniowej o specjalnych właściwościach, np. odporności na zużycie, uderzenia lub korozję. Napawanie jest stosowane w procesie produkcyjnym nowych produktów (napawanie technologiczne) lub w naprawach, aby przywrócić elementom maszyn lub urządzeń przydatność do eksploatacji (napawanie regeneracyjne). Wyróżnia się napawanie łukowe, płomieniowe i plazmowe. Materiałem powłoki napawane mogą być metale i stopy, ceramika, ceramika oraz polimery. Główne znaczenie mają jednak stale niskostopowe, stale wysokostopowe odporne na korozję, wysokowęglowe stopy żelaza, stopy na bazie niklu, kobaltu, stopy miedzi i aluminium, czyste metale – cynk, aluminium, tytan, nikiel i cyrkon.</p>		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału Odporność na ścieranie Własności mechaniczne Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury Odporność na korozję Twardość Niższy koszt wytwarzania Możliwość poddania recyklingowi Odporność na działanie związków chemicznych
	Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża		Poziom
	X jednowarstwowa wielofazowa	amorficzna	
	X wielowarstwowa gradientowa	nanokryształczna	Bardzo wysoki (9)
	X multiwarstwowa (>100 warstw) kompozytowa	hybrydowa	Bardzo wysoki (9)
	X przemiany fazowe powierzchni podłoża	procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Wysoki (8)
	Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów		Dość wysoki (7)
	X mechaniczne magnetyczne	optyczne	Dość wysoki (7)
	X chemiczne dyfuzyjne	X termiczne	Umiarowany (6)
	X elektryczne hydromechaniczne	X akustyczne	Umiarowany (6)
	Zalety		Poziom
	Duża jednorodność strukturalna i metalurgiczna; Możliwość przegrzania podłoża; ograniczenia w prostota procesu; łatwa kontrola parametrów procesu; dostępność i rozpowszechnienie; możliwość automatyzacji i robotyzacji procesu.		Dość wysoki (7)
	Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary tematyczne		Umiarowany (6)
	Zastosowanie w przemyśle narzędziowym, maszynowym, lotniczym, energetycznym, militarnym, wydobywczym do wytwarzania części urządzeń i maszyn, w tym specjalnego przeznaczenia oraz czopów, łożysk, łopatek turbin, wałów korbowych, narzędzi wiertniczych, wirników, pomp i ceramicznych wyłóżek ogniowatych.		Umiarowany (6)
	Technologie zastępcze/alternatywne		Średni (5)
	Stopowanie laserowe; natryskiwanie cieplne.		Niski (3)
	Rekomendowane źródła literaturowe		Niski (3)
	1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		Bardzo niski (2)
	2 A. Klimpel, Napawanie i natryskiwanie cieplne, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.		Poziom
	3 M. Blicharski, Inżynieria powierzchni, WNT, Warszawa, 2009.		Wysoki (8)
			Umiarowany (6)
			Umiarowany (6)
			Umiarowany (6)
			Późnodojrzała (4)
			Dość wysoki (7)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Napawanie powłok	Nr katalogowy M7-07/2010-12
Inne technologie inżynierii powierzchni		
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Proces napawania obejmuje następujące etapy: przygotowanie powierzchni do napawania, wstępne podgrzanie, napawanie warstwy podkładowej, napawanie warstwy wierzchniej, dodatkowa obróbka końcowa, np. cieplna.</p> <p>W strukturze napoiiny można wyróżnić materiał podłoża, napoiinę oraz strefę wpływu ciepła (SWC). Napoiina po procesie napawania ma strukturę dendrytyczną, a układ głównych osi dendrytów odzwierciedla kierunek odpływu ciepła podczas krystalizacji materiału dodatkowego. Napoiina charakteryzuje się niejednorodnością wywołaną warunkami procesu krzepnięcia, objawiającą się mikrosegregacją dendrytyczną, której stropień jest zależny od szybkości chłodzenia. Szczególnie silna niejednorodność występuje w pobliżu linii wtopienia wskutek braku dokładnego wymieszania roztopionego materiału rodzimego. Na granicy wtopienia stropień udziału materiału rodzimego jest większy niż w spoinie, zwłaszcza gdy są znaczne różnice między składem chemicznym materiału rodzimego a materiałem dodatkowym. Ponadto, zależnie od metody spawania szerokość strefy przyległej do linii wtopienia, w której występują znaczne różnice składu, może wynosić od 0,2 do 0,5 mm.</p>		
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od do
Temperatura	°C	100 24·10 ³
Ciśnienie	atmosferyczne	
Warunki prądowo-napięciowe	-	-
Czas	s	2·10 ² - 2·10 ³
Środowisko/atmosfera	sprężony gaz, plazma lub łuk elektryczny zależnie od odmiany metody	
Specyficzne warunki realizacji procesu	wydajność: 0,2-14 g/s	
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża		
Oczyszczenie mechaniczne powierzchni; odfuszczenie; wstępne podgrzanie.		
Typ/rodzaj urządzenia		
Stacjonarne lub mobilne; specjalistyczne lub niskospecjalistyczne.		
Specyficzne oprzyrządowanie		
Głowica robocza; jednostka kontroli procesu; system chłodzenia; podajnik.		
		Przykładowy schemat przebiegu procesu napawania powłok – napawanie łukowe elektrodą otuloną

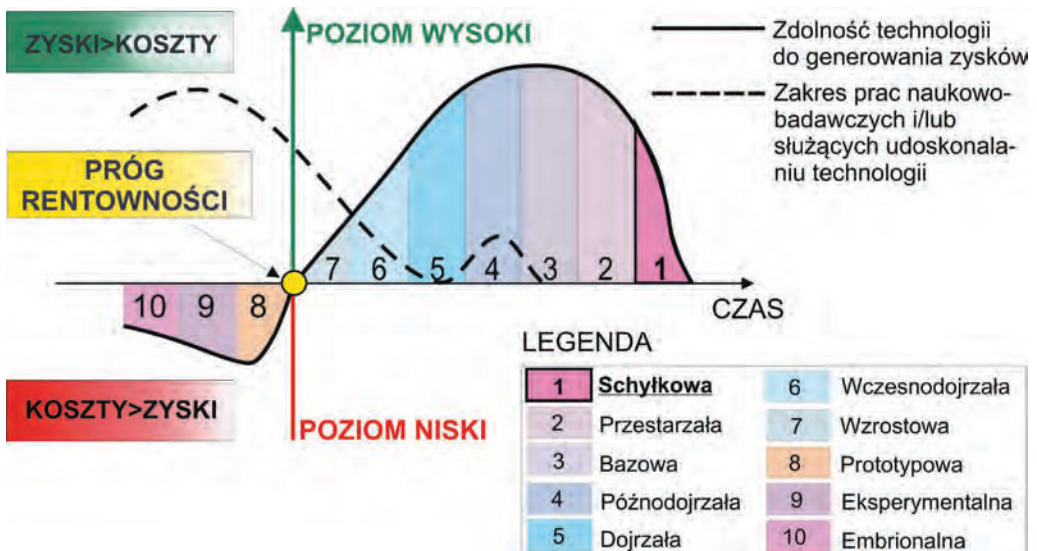


Symbol obszaru tematycznego: **M7**

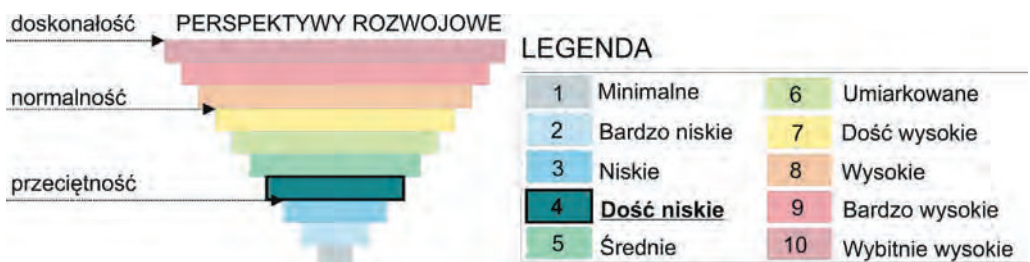
Symbol grupy technologii: **H_{M7}**

Numer katalogowy: **M7-08**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Nagiatanie, kulkowanie**
Nazwa grupy technologii (ang.): **Burnishing, ball burnishing**



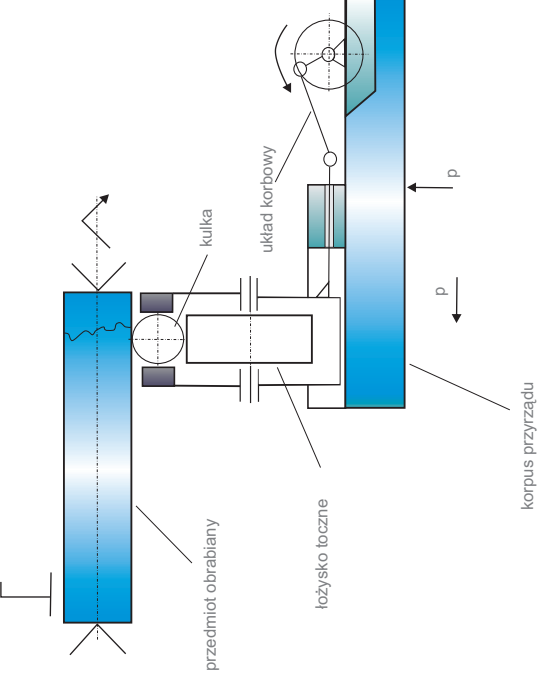
Rysunek 4.166. Aktualna faza cyklu życia nagiatania, kulkowania



Rysunek 4.167. Perspektywy rozwojowe nagiatania, kulkowania

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii | Nagniatanie, kulkowanie		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Inne technologie inżynierii powierzchni		M7-08/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030	
Dlaczego?		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu		Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej Zrównoważony rozwój Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji	
Co?		Strategia dla technologii Oddziaływanie otoczenia Wartość technologii Mirowna zima Ukorzeniona kosodrzewina Strategie kosodrzewiny zimą; Opiierać się trudnościom. Opiierać się trudnościom płynącym z otoczenia starając się równocześnie w miarę możliwości wzmocnić atrakcyjność technologii o dużym potencjale.		Części maszyn i urządzeń; elementy środków transportu i pojazdów specjalnych; części maszyn okrętowych i samolotów; wały korbowe; korbowody; osie; łopalki turbin Umiarkowana (6) Średnia (5) Dość niska (4)	
Technologia		Nagniatanie, kulkowanie Schyłkowa (1) Schyłkowa (1) Mało- i średniosensyjna Mało- i średniosensyjna Niepotokowa w gniazdach technologicznych lub przedmiotowych Niepotokowa w gniazdach technologicznych lub przedmiotowych Bardzo niska (2) Bardzo niska (2) Dość niska (4) Niska (3) Dość niska (4) Niska (3) Wysoka (8) Wysoka (8)		Schyłkowa (1) Mało- i średniosensyjna Niepotokowa w gniazdach technologicznych lub przedmiotowych Minimalna (1) Niska (3) Bardzo niska (2) Wysoka (8)	
Jak?		Faza cyklu życia Typ produkcji Forma organizacji produkcji Nowoczesność parku maszynowego Automatyzacja i robotyzacja Jakość i niezawodność Proekologiczność		Mikro-, małe i średnie przedsiębiorstwa Mikro-, małe i średnie przedsiębiorstwa Maszynowy; budowy maszyn; transportowy; lotniczy; zbrojeniowy	
Gdzie?		Reprezentowane gałęzie przemysłu Poziom edukacji personelu Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej		Mikro-, małe i średnie przedsiębiorstwa Minimalny (1) Minimalne (1)	
Kto?		Wymagania kapitałowe Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność Wartość produkcji w kraju		Bardzo niskie (2) Bardzo niska (2) Niska (3)	
Ile?		Powiązania kapitałowe Związki przyczynowo-skutkowe Korelacje czasowe		Minimalny (1) Minimalne (1) Bardzo niskie (2) Minimalna (1) Bardzo niska (2)	

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Nagniatanie, kulkowanie	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Inne technologie inżynierii powierzchni	M7-08/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			
Nagniatanie jest bezwzrostową obróbką plastyczną na zimno służącą zmianie charakterystyki fizycznej i geometrycznej warstwy powierzchniowej obrabianego materiału. Proces polega na miejscowym odkształceniu plastycznym warstwy powierzchniowej, które powstaje w wyniku oddziaływania na obrabianą powierzchnię narzędziem mającym elementy toczone w postaci kulek, rolek lub krążków. Kulkowanie, zwane także śrutowaniem, jest dynamiczną powierzchniową obróbką plastyczną na zimno, polegającą na mechanicznym oddziaływaniu na obrabianą powierzchnię strumieniem śrutu, tj. stalowymi, polimerowymi lub ceramicznymi kulkami, które są wyrzucane za pomocą sprężonego powietrza, wirnika albo w wyniku działania fali uderzeniowej. Poszczególne kulki uderzając w powierzchnię materiału powodują mikroskopijne wgłębienia lub wgłębienia jego powierzchni, co przyczynia się do powstania naprężeń ścisających i skutkuje umocnieniem powierzchni materiału.			
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			
X	jednowarstwowa	wielofazowa	amorficzna
	wielowarstwowa	gradientowa	nanokrystaliczna
	multiwarstwowa (>100 warstw)	kompozytowa	hybrydowa
	przemiany fazowe powierzchni podłoża	zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	X procesy fizyczne na powierzchni podłoża
Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów			
X	mechaniczne	magnetyczne	optyczne
	chemiczne	dyfuzyjne	termiczne
	elektryczne	hydromechaniczne	akustyczne
			X trybologiczne
			X antykorozyjne
			X inne
Zalety			
Bezodpadowa obróbka; gładkość powierzchni; Ograniczenie zastosowania do materiałów, których możliwość nadawania produktom skomplikowanych kształtów; duża wydajność procesu; brak obróbki cieplnej; niskie koszty wytwarzania; recykling.			
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary tematyczne			
Nagniatanie z użyciem narzędzi z własnym napędem i śrutowanie ultradźwiękowe (USSP); części maszyn i urządzeń, elementy środków transportu i pojazdów specjalnych, części maszyn okrętowych i samolotów, wały korbowe, korbowody.			
Technologie zastępcze/alternatywne			
Obróbka skrawaniem (szlifowanie, rozwiercanie, gładzenie i docieranie); w niektórych przypadkach obróbka cieplna lub cieplno-chemiczna.			
Rekomendowane źródła literaturowe			
1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.			
2 W. Przybyłski, Współczesne problemy w technologii obróbki przez nagniatanie, tom 2, Wydawnictwa Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2008.			
3 K. Tubielewicz, A. Zaborski, Przebieg procesu zużywania nagniatanych warstw wierzchnich, Tribologia: tarcie, zużycie, smarowanie 4 (2008) 165-174.			
Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału			
Wytężalność zmęczenia			
Własności mechaniczne			
Energoszczędność			
Możliwość poddania recyklingowi			
Odporność na korozję			
Odporność na ścieranie			
Odporność na erozję			
Niższy koszt wytwarzania			
Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkiem zużycia			
Zużycie odtłaczniowe			
Korozja naprężeniowa i zmęczenia			
Fretting			
Scuffing			
Kawitacja			
Zużycie wodorowe			
Erozja			
Zmęczenie cieplne			
Sektory przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			
C 28			
C 29			
C 33			
C 25			
C 30			
F 42			
C 32			
G 45			
Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii			
Systemy ekspertowe			
Modelowanie matematyczne			
Sztuczne sieci neuronowe			
Dynamika molekularna			
Metody Monte Carlo			
Aktualna faza cyklu życia technologii			
Perspektywy rozwoju			
Dość wysoki (7)			
Dość wysoki (7)			
Umiarkowany (6)			
Umiarkowany (6)			
Umiarkowany (6)			
Schyłkowa (1)			
Dość niskie (4)			

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Obszar tematyczny	Nr katalogowy																											
<p>Nagniatanie, kulkowanie</p> <p><i>Inne technologie inżynierii powierzchni</i></p>	M7-08/2010-12	<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Proces nagniatania, będącego obróbką wykańczającą umacniającą, gładkościową, wymiarową i/lub dekoracyjną, jest zwykle realizowany z użyciem nagniataków lub głowic nagniatających. Nagniatak cechuje się prostą budową i jest wyposazony w jeden element nagniatający – kulkę lub krążek, który nie wykonuje ruchu obrotowego. Głowica nagniatająca posiada natomiast wiele elementów nagniatających (kulki, krążków lub rolek), umożliwiających wykonywanie procesów zarówno statycznych, jak i dynamicznych służących nagniataniu naporowemu lub odśrodkowemu. Nagniatanie może być również wykonywane z użyciem urządzeń nagniatających sprzężonych z maszynami obróbkowymi lub mających swój własny napęd. Strumień strutu w procesie kulkowania może być wyrzucany za pomocą sprężonego powietrza, z użyciem wirnika albo w wyniku działania fali uderzeniowej. O efektywności procesu decyduje energia kinetyczna ziaren strutu, czyli intensywność jego oddziaływania na obrabianą powierzchnię, rodzaj materiału podłoża i materiału, z którego wykonano kulki, a także stan początkowy obrabianej powierzchni. W wyniku kulkowania tuż pod powierzchnią materiału tworzą się korzystne naprężenia ściskające, wpływające przede wszystkim na polepszenie własności mechanicznych materiału i wzrost wytrzymałości zmęczeniowej. Kulkowanie może także służyć oczyszczaniu i regeneracji powierzchni materiału.</p>																												
<p>Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Standardowy zakres parametru procesu</th> <th>jednostka</th> <th>od</th> <th>do</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ciśnienie</td> <td></td> <td colspan="2">pokojowa atmosferyczne</td> </tr> <tr> <td>Warunki prądowo-napięciowe</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Czas</td> <td>s</td> <td>2·10³</td> <td>4·10⁴</td> </tr> <tr> <td>Środowisko/atmosfera</td> <td>-</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do	Temperatura				Ciśnienie		pokojowa atmosferyczne		Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-	Czas	s	2·10 ³	4·10 ⁴	Środowisko/atmosfera	-			<p>Specyficzne warunki realizacji procesu</p> <p>nacisk elementem tocznym lub bombardowanie powierzchni kulkami z dużą prędkością</p>	<p>Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża</p> <p>Oczyszczenie mechaniczne powierzchni; odfuszczenie.</p>	<p>Typ/rodzaj urządzenia</p> <p>Stacjonarne lub mobilne; specjalistyczne lub sprzężone z uniwersalnymi maszynami obróbkowymi.</p>	<p>Specyficzne oprzyrządowanie</p> <p>Turbiny wyrzutowe, nagniataki i głowice nagniatające; jednostki kontroli procesu; systemy zasilania; podajniki.</p>	<p>Przykładowy schemat procesu kulkowania – kulkowanie oscylacyjne</p>
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do																											
Temperatura																														
Ciśnienie		pokojowa atmosferyczne																												
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-																											
Czas	s	2·10 ³	4·10 ⁴																											
Środowisko/atmosfera	-																													

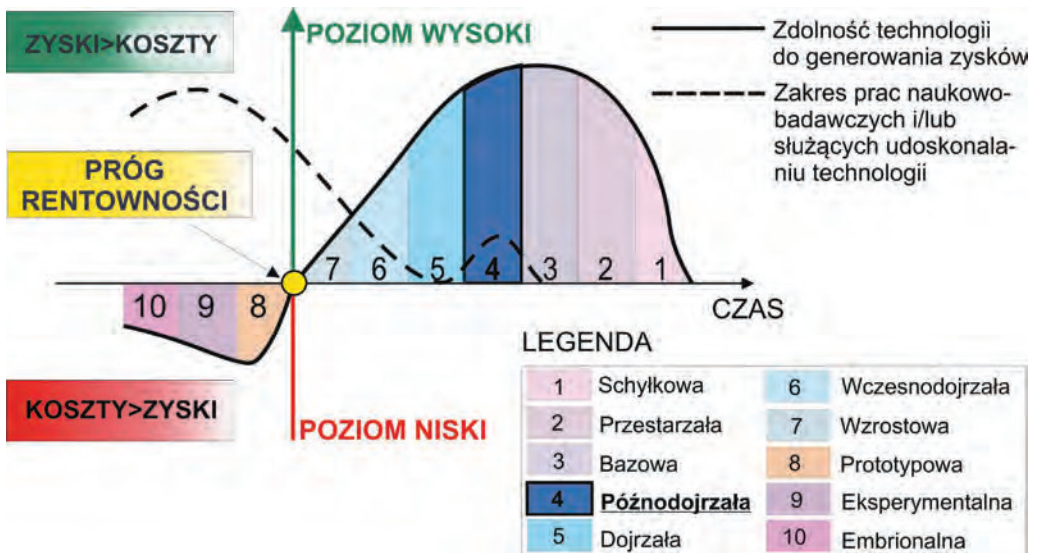
Symbol obszaru tematycznego: **M7**

Symbol grupy technologii: **I_{M7}**

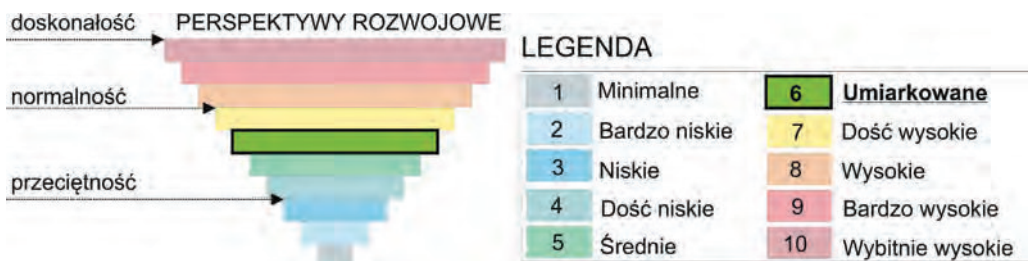
Numer katalogowy: **M7-09**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Platerowanie**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Plating**



Rysunek 4.168. Aktualna faza cyklu życia platerowania

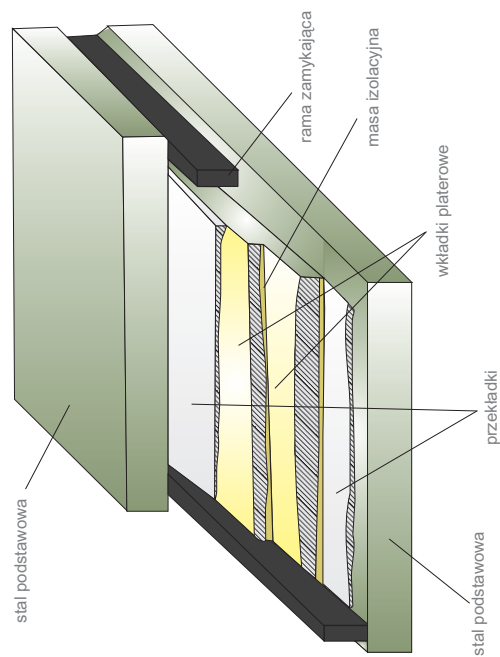


Rysunek 4.169. Perspektywy rozwojowe platerowania

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii / Platowanie		Nr katalogowy	
Kiedy?	Interwały czasowe	Obszar tematyczny / Inne technologie inżynierii powierzchni	2020	2030	M7-09/2010-12
Dlaczego?	<p>Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych</p> <p>Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń</p> <p>Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego</p> <p>Strategia kosmopolitny jesień: Czerpać korzyści umacniając atrakcyjność technologii. Czerpać zyski z realizacji produkcji w stabilnym przewidywalnym otoczeniu z wykorzystaniem solidnej technologii, którą należy unowocześniać i intensywnie promować dla wzmocnienia jej atrakcyjności.</p> <p>Deszczowa jesień</p> <p>Ukorzeniona kosmopolitna</p>	<p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu</p>	<p>Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej</p> <p>Zrównoważony rozwój</p> <p>Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji</p>		
Co?	<p>Produkt</p> <p>Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji</p> <p>Podłoże</p> <p>Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/prosów na powierzchni podłoża</p> <p>Polepszone własności materiału</p> <p>Aparatura naukowo-badawcza</p>	<p>Blachy, w tym bimetalowe; cienkie taśmy stalowe; kształtowniki walcowane; odkwalki, odlewy; ściany sitowych wymienników ciepła; elementy aparatury chemicznej; wyroby artystyczne, zdobnicze i użytkowe</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Stale; staliwa</p> <p>Powłoki są wykonywane z następujących materiałów: metali nieżelaznych (Cu, Al, Ni, Ti) i ich stopów; stali nierdzewnej, kwasoodpornej</p> <p>Zapewnienie własności dekoracyjnych, mechanicznych i odporności na następujące mechanizmy zużycia: korozję selektywną, równomierną, lokalną i wzerową, scuffing, fretting, zużycie abrazyjne i kawitację</p> <p>Mikroskopy: świetlne i skaningowe (SEM, STM, TEM, CLSM); dyfraktoметр rentgenowski (XRD); (mikro)władociomierz Vickersa lub Rockwella; komora korozyjna; profilometr; maszyna wyrzynałociowa</p>	<p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p>	<p>Dość wysoka (7)</p>	
Jak?	<p>Technologia</p> <p>Faza cyklu życia</p> <p>Typ produkcji</p> <p>Forma organizacji produkcji</p> <p>Nowoczesność parku maszynowego</p> <p>Automatyzacja i robotyzacja</p> <p>Jakość i niezawodność</p> <p>Proekologiczność</p>	<p>Płatowanie</p> <p>Późnodojrzała (4)</p> <p>Mało- i średniosensyjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach i na linii</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Mikro-, małe i średnie lub duże przedsiębiorstwa</p> <p>Motoryzacyjny; spożywczy; elektrotechniczny; chemiczny; gospodarstwa domowego</p> <p>Średni (5)</p> <p>Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej</p> <p>Dość niskie (4)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Średnia (5)</p>	<p>Późnodojrzała (4)</p> <p>Mało- i średniosensyjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach i na linii</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Niska (3)</p> <p>Umiarkowana (6)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Mikro-, małe i średnie lub duże przedsiębiorstwa</p>	<p>Późnodojrzała (4)</p> <p>Mało- i średniosensyjna</p> <p>Niepotokowa w gniazdach i na linii</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Niska (3)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Dość wysoka (7)</p> <p>Mikro-, małe i średnie lub duże przedsiębiorstwa</p>	
Gdzie?	<p>Rodzaj organizacji</p> <p>Reprezentowane gałęzie przemysłu</p>	<p>Mikro-, małe i średnie lub duże przedsiębiorstwa</p> <p>Motoryzacyjny; spożywczy; elektrotechniczny; chemiczny; gospodarstwa domowego</p>	<p>Mikro-, małe i średnie lub duże przedsiębiorstwa</p>	<p>Mikro-, małe i średnie lub duże przedsiębiorstwa</p>	
Kto?	<p>Poziom edukacji personelu</p> <p>Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej</p>	<p>Dość niski (4)</p> <p>Niskie (3)</p>	<p>Dość niski (4)</p> <p>Niskie (3)</p>	<p>Dość niski (4)</p> <p>Niskie (3)</p>	
Ile?	<p>Wymagania kapitałowe</p> <p>Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność</p> <p>Wartość produkcji w kraju</p>	<p>Dość niskie (4)</p> <p>Średnia (5)</p> <p>Średnia (5)</p>	<p>Dość niskie (4)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Dość niska (4)</p>	<p>Dość niskie (4)</p> <p>Dość niska (4)</p> <p>Niska (3)</p>	

LEGENDA: ↔ Związki przyczynowo-skutkowe → Powiązania kapitałowe Korelacje czasowe ↔ Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Platerowanie	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Inne technologie inżynierii powierzchni	M7-09/2010-12
Istota zjawiska fizykochemicznego			Poziom
Platerowanie jest procesem nakładania na powierzchnię metalu powłoki w postaci warstwy lub większej liczby warstw innych metali, który może być realizowany na gorąco lub na zimno. W obu wariantach w wyniku platerowania ulega zmianie struktura warstwy powierzchniowej metalu. Platerowanie w wysokiej temperaturze wpływa na rekrytalizację faz i rozrost ziarn, natomiast platerowanie na zimno powoduje powstanie licznych defektów sieci krystalicznej w wyniku zgniotu. Połączenie uzyskane pomiędzy materiałem podłoża a nanoszonymi warstwami ma charakter trwały, tzn. nie jest możliwe ich mechaniczne rozdzielanie, co jest konsekwencją oddziaływania różnych czynników zależnych od zastosowanej metody. Do najczęściej stosowanych metod platerowania należą: walcowanie na gorąco i na zimno, zgrzewanie detonacyjne, lutowanie próżniowe, metody odlewnicze i metalurgia proszków. Produkty poddane platerowaniu są zwane platerami, zwłaszcza gdy powłoki zostały naniesione w celach dekoracyjnych.		Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału Odporność na korozję Własności mechaniczne Własności dekoracyjne Niższy koszt wytwarzania Odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury Odporność na erozję Możliwość poddania recyklingowi Ciągliwość Umiaarkowany (6) Umiaarkowany (6)	Barczo wysoki (9) Barczo wysoki (9) Wysoki (8) Wysoki (8) Dość wysoki (7) Dość wysoki (7) Umiaarkowany (6) Umiaarkowany (6)
Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża			Poziom
X	jednowarstwowa	wielofazowa	Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia
X	wielowarstwowa	gradientowa	Koroza selektywna
X	multiwarstwowa (>100 warstw)	kompozytowa	Koroza równomierna
	przemiany fazowe powierzchni podłoża	X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	Koroza lokalna i wżerowa
	Szczególne własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów		Scuffing
X	mechaniczne	magnetyczne	Fretting
X	chemiczne	dyfuzyjne	Zużycie abrazyjne
X	elektryczne	hydrauliczne	Kawitacja
	Zalety	Wady	Koroza naprężeniowa i zmęzeniowa
	Niskie koszty wytwarzania; szeroki zakres grubości powłoki; szeroki zakres łączonych gatunków materiałów metalicznych; dobre własności mechaniczne i technologiczne połączeń; własności dekoracyjne.	Konieczność utylizacji; niebezpiecznych dla środowiska naturalnego odpadów poprodukcyjnych; dość wysoka pracochłonność; ograniczenia w zastosowaniu (tylko metale).	Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary tematyczne			C32
Platerowanie poprzez walcowanie na gorąco, obiecujące eksperymenty dotyczące platerowania detonacyjnego; blachy na potrzeby przemysłu motoryzacyjnego, spożywczo-technicznego, chemicznego, w tym bimetalowe; kształtowniki walcowane, odkuwki, odlewy; wyroby artystyczne, zdobnicze i użytkowe.			C25
Technologie zastępcze/alternatywne			C28
Metalurgia proszków; utwardzanie detonacyjne; metalizowanie dyluzyjne.			C27
Rekomendowane źródła literatury			C29
1	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		C30
2	L.A. Dobrzański. Kształtowanie struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich i biomedycznych, OCSO, Gliwice, 2009.		F 43
3	W. Napadtek, et al., Platerowanie wybuchowe jako metoda łączenia stali trudno spawalnych, Inżynieria Materiałowa 21/6 2000, 357-360.		C20
			Poziom
			Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii
			Systemy ekspertowe
			Modelowanie matematyczne
			Algorytmy genetyczne
			Dynamika molekularna
			Sztuczne sieci neuronowe
			Aktualna faza cyklu życia technologii
			Perspektywy rozwojowe
			Umiaarkowane (6)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii Platerowanie	Nr katalogowy M7-09/2010-12
Obszar tematyczny Inne technologie inżynierii powierzchni		
<p>Opis przebiegu procesu technologicznego</p> <p>Proces platerowania polega na trwałym połączeniu metalu podłoża z warstwą (lub warstwami) innego metalu (metalami) może przebiegać z wykorzystaniem różnych rozwiązań technologicznych. Walcowanie na gorąco jedno- lub dwustronne jest stosowane najczęściej do pokrywania blach z niskowęglowej stali konstrukcyjnej lub stali niskostopowej stalą nierdzewną lub metalami nieżelaznymi. W procesie tym warstwy zasadnicze często oddziela się przekładkami z innych metali w celu zapobieżenia tworzeniu się w strefie spoina kruchych faz międzymetalicznych lub niskotopliwych eutektyk, ponadto metale zabezpiecza się przed utlenianiem. Po zasadniczym platerowaniu przeprowadza się wyżarzanie rekrystalizujące, w celu usunięcia umocnienia w wyniku zgięciu i przywrócenia odpowiedniej ciągliwości. Walcowaniu na zimno poddawane są cienkie taśmy stalowe platerowane Cu, jej stopami lub Al. Platerowanie detonacyjne jest stosowane do łączenia stali niestopowej z Al z użyciem przekładki z czystej miedzi dla wzmocnienia wytrzymałości spoiny. Inne stosowane metody to: lutowanie próżniowe; metody odlewnicze umożliwiający nanoszenie grubych warstw (ponad 10% grubości produktu) i tworzenie w ten sposób bimetalu, np. na potrzeby elektrotechniki, oraz metoda metalurgii proszków, pozwalająca m.in. na nanoszenie porowatych warstw brązu na taśmy stalowe, będąca alternatywą do metod odlewniczych.</p>		
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego		
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od do
Temperatura	°C	20 1100
Ciśnienie	Pa	10 ⁵ 10 ¹⁰
Warunki prądowo-napięciowe	-	-
Czas	s	4·10 ² 10 ⁵
Środowisko/atmosfera	zależne od technologii	
Specyficzne warunki realizacji procesu	zależne od technologii	
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża		
Oczyszczenie mechaniczne/chemiczne powierzchni; odtłuszczenie; nagrzewanie; trawienie.		
Typ/rodzaj urządzenia		
Stacjonarne lub mobilne; specjalistyczne lub niskospecjalistyczne.		
Specyficzne oprzyrządowanie		
Zależne od technologii.		
		
Przekrój elementu poddanego platerowaniu, obrazujący poszczególnie warstwy naniesione na powierzchnię stali		

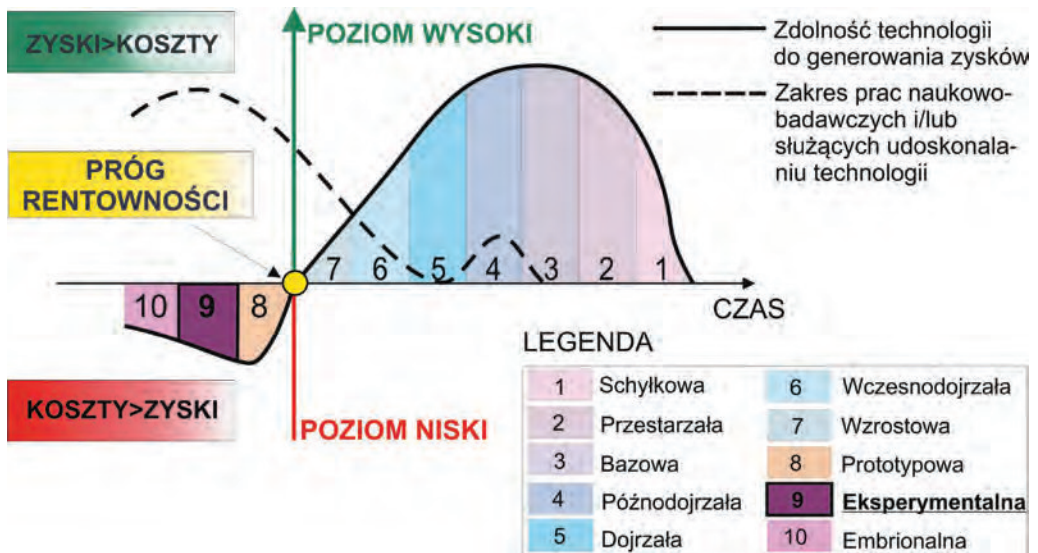
Symbol obszaru tematycznego: **M7**

Symbol grupy technologii: **J_{M7}**

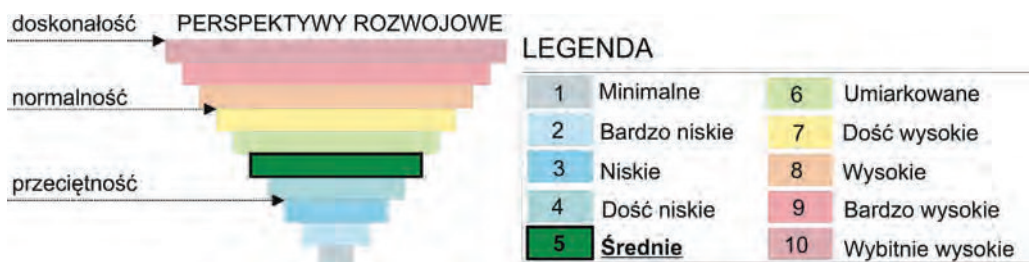
Numer katalogowy: **M7-10**

Nazwa grupy technologii (pl.): **Utwardzanie detonacyjne**

Nazwa grupy technologii (ang.): **Detonation spraying**



Rysunek 4.170. Aktualna faza cyklu życia utwardzania detonacyjnego



Rysunek 4.171. Perspektywy rozwojowe utwardzania detonacyjnego

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii		Utwardzanie detonacyjne		Nr katalogowy	
Obszar tematyczny		Inne technologie inżynierii powierzchni		2020		M7-10/2010-12	
Kiedy?		DZIŚ 2010-12		2030			
Interywały czasowe		Tworzenie Księgi Technologii Krytycznych		Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii		Statystycznie wysoki poziom technologii implementowanych w praktyce przemysłowej	
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń		Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności		Zrównoważony rozwój	
Dlaczego?		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego		Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedsiębiorcami Nauki i Przemysłu		Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji	
Strategia dla technologii		Gorące lato		Strategia cyprysa iatem: Wzmocnić potencjał atrakcyjnej technologii w ryzykownych warunkach otoczenia, ocenić ryzyko i w zależności od wyniku agresywnie zaważyć o klienta lub powoli wycofywać technologię.			
Oddziaływanie otoczenia		Strzelisty cyprys					
Wartości technologii		Narzędzia wiertnicze; zęby koparek; narzędzia rolnicze; koła zębate; elementy samolotów; części maszyn ściernego					
Produkt		Bardzo niski (2)		Niski (3)		Niski (3)	
Jakość produktu na tle zagranicznej konkurencji		Metale i ich stopy, w tym: stopy żelaza z węglem, stopy metali lekkich; polimery, tekstylia					
Podłoże		Powłoka o małej porowatości i dużej przyczepności do podłoża powstała w wyniku uderzenia z dużą energią kinetyczną mieszaniny cząstek proszku (metalicznego, ceramicznego lub cermetalicznego) i dynamicznych gazów w materiał podłoża					
Rodzaj powłok/warstw wierzchnich/procesów na powierzchni podłoża		Zapewnienie wysokiej twardości, odporności na zużycie ścierne, bardzo dobre własności mechaniczne, odporność zmęczeniowa; własności termooizolacyjne i antykorozyjne					
Polepszone własności materiału		Mikroskopy: świetlne i skaningowe (SEM, STM, CLSM); dyfraktoметр rentgenowski (XRD); (mikro)władociomierz Vickersa lub Rockwella; komora korozyjna; profilometr; maszyna wytrzymałościowa; sorach tester; grubościomierz					
Aparatura naukowo-badawcza		Utwardzanie detonacyjne					
Technologia		Eksperymentalna (9)		Eksperymentalna (9)		Eksperymentalna (9)	
Faza cyklu życia		Jednosklowa		Jednosklowa i małoseryjna		Jednosklowa i małoseryjna	
Typ produkcji		Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych		Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych		Niepotokowa w gniazdach technologicznych i przedmiotowych	
Forma organizacji produkcji		Dość wysoka (7)		Dość wysoka (7)		Dość wysoka (7)	
Nowoczesność parku maszynowego		Bardzo niska (2)		Dość niska (4)		Średnia (5)	
Automatyzacja i robotyzacja		Bardzo niska (2)		Dość niska (4)		Umiarowana (6)	
Jakość i niezawodność		Dość wysoka (7)		Wysoka (8)		Wysoka (8)	
Proekologiczność		Uczelnie; INB; OW		Uczelnie; INB; OW; TP; CTT; male i średnie przedsiębiorstwa		INB, OW; male i średnie przedsiębiorstwa	
Rodzaj organizacji		Reprezentowane gałęzie przemysłu		Maszynowy; jądrowy; tekstylny; papierniczy; maszyn wókienniczych i górniczych; lotniczy; rakietowy			
Gdzie?		Dość wysoki (7)		Dość wysoki (7)		Umiarowany (6)	
Kto?		Dość wysokie (7)		Umiarowane (6)		Umiarowane (6)	
Ile?		Średnie (5)		Średnie (5)		Średnie (5)	
Wymagania kapitałowe		Bardzo niska (2)		Niska (3)		Dość niska (4)	
Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność		Bardzo niska (2)		Niska (3)		Dość niska (4)	
Wartość produkcji w kraju							

LEGENDA: \dashrightarrow Związki przyczynowo-skutkowe \dashrightarrow Powiązania kapitałowe \dashrightarrow Korelacje czasowe \dashrightarrow Dwuierunkowe przepływy danych i/lub zasobów

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Utworzenie detonacyjne	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Inne technologie inżynierii powierzchni	M7-10/2010-12
	Istota zjawiska fizykochemicznego		
	Utworzenie detonacyjne jest metodą umacniania metalu przez falę uderzeniową, powstającą w wyniku gwałtownego odprowadzenia materiału pod działaniem energii czynnika zewnętrznego, tj. strumienia elektronów lub fotonów, bądź detonacji materiału wybuchowego. Wyróżnia się zatem utwardzanie: elektronowe, laserowe i wybuchowe. Detonacyjne nanoszenie powłok (DGS) na podłoże metalowe jest jednym z możliwych wariantów technologicznych utwardzania detonacyjnego. Istotą tej metody stanowi wykorzystanie energii wybuchowego spalania mieszaniny gazowej do nagrzania i nadania cząstkom sproszkowanego materiału powłok niezbędnej energii kinetycznej. Lekko zmiekkzone cząstki proszku są detonacyjnie nanoszone na powierzchnię podłoża i w zetknięciu z nią odkształcają się, powodując jej zgniot i umocnienie. Otrzymane warstwy mają strukturę amorficzno-drobnokrystaliczną, tzn. w amorficznej osnowie znajdują się drobne krystaliczne obszary przesyconych rozmiarów stałych i trudno topliwych faz.		
	Rodzaj możliwej powłoki/warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża		
	X jednowarstwowa wielofazowa	X amorficzna	
	X multiwarstwowa gradientowa	X nanokrystaliczna	Wybitnie wysoki (10)
	X powłoki warstwowe (>100 warstw) kompozytowa	hybrydowa	Barczo wysoki (9)
	X przemiany fazowe powierzchni podłoża	X zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża	Barczo wysoki (9)
	Szczegółowe własności powłok/warstw wierzchnich/powierzchni podłoża w wyniku zajęcia procesów		
	X mechaniczne magnetyczne	optyczne	Barczo wysoki (9)
	X chemiczne dyfuzyjne	termiczne	Wysoki (8)
	elekttryczne hydromechaniczne	akustyczne	Wysoki (8)
	Zalety		
	Wady		
	Zastosowanie do różnego rodzaju materiałów podłoża; krótki czas procesu; niska temperatura powierzchni (do 100°C); powłoki bardzo trwałe, odporne na ścieranie, temperaturę i korozję.	Konieczność zabezpieczenia przed skutkiem detonacji; stosunkowo wysokie koszty wytwarzania.	Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii
	Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe /lub obszary tematyczne		
	Zastosowania w ciężkim przemyśle maszynowym, jądrowym, tekstylnym, papirniczym, maszyn włókienniczych i górniczym, lotniczym i rakietowym; detonacyjnie nanoszenie powłok na różne materiały: metale, stopy żelaza z węglem, stopy metali lekkich, stopy tytanu, polimery, tekstylia.		C 28
	Technologie zastępcze/alternatywne		M 72
	Platerowanie wybuchowe; aluminiumowanie; metalurgia proszków.		C 25
	Rekomendowane źródła literaturowe		C 29
	1 L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich, Open Access Library, Vol. 5, 2011.		C 30
	2 Z. Bojar, et al, Powłoki otrzymywane metodą detonacyjną, w zbiorze: Z. Bojar, W. Przetakiewicz (red.), Materiały metalowe z udziałem faz międzymetalicznych, BEL Studio Sp. z o.o., Warszawa, 2006, 278-303.		C 32
	3 E. Kadyrov, V. Kadyrov, Gas dynamical parameters of detonation powder spraying, Journal of Thermal Spray Technology 4/3 (1995) 280-286.		F 41
			C 33
			Barczo niski (2)
			Wysoki (8)
			Wysoki (8)
			Umiaarkowany (6)
			Sredni (5)
			Niski (3)
			Niski (3)
			Barczo niski (2)
			Wysoki (8)
			Umiaarkowany (6)
			Umiaarkowany (6)
			Sredni (5)
			Eksperymentalna (9)
			Srednie (5)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Utwardzanie detonacyjne		Nr katalogowy
		Obszar tematyczny	Inne technologie inżynierii powierzchni		M7-10/2010-12
Opis przebiegu procesu technologicznego		<p>Niezależnie od rozwiązania konstrukcyjnego stosowanego urządzenia detonacyjnego, w procesie technologicznym nanoszenia powłok wyróżnia się następujące etapy cyklu roboczego: wprowadzanie mieszaniny wybuchowej do komory detonacyjnej jednostronnie zamkniętej; jednoczesne podawanie proszku materiału powłoki i gazu neutralizującego, zapobiegającego samozapłonowi; inicjacja zapłonu i detonacja wybuchowej mieszaniny gazowej oraz utworzenie fali uderzeniowej rozprzestrzeniającej cząsteczki proszku; uformowanie się za czolem fali detonacyjnej strumienia metalizującego przemieszczającego się z falą detonacyjną w kierunku otwartego wylotu lufy, ze zwiększeniem prędkości i temperatury; formowanie powłoki w wyniku uderzenia z dużą energią kinetyczną mieszaniny cząsteczek proszku i dynamicznych gazów w materiał podłoża; płukanie azotem lufy po każdym cyklu roboczym. W wyniku wielokrotnych powtórzeń cyklu roboczego z częstotliwością wynikającą z typu mieszaniny wybuchowej i materiału proszkowego, powstaje powłoka o małej porowatości i bardzo dobrej przyczepności do podłoża. Strukturę powłoki stanowią kolejne warstwy o silnej anizotropii, ze sąsiedzonymi, zorientowanymi równoległe ziarnami o wysokiej kohezji i małej porowatości. Temperatura podłoża nie przekracza zazwyczaj 100°C, a dodatkowe chłodzenie umożliwia utrzymywanie podłoża w temperaturze pokojowej.</p>			
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego					
Standardowy zakres parametru procesu	jednostka	od	do		
Temperatura	°C	2·10 ³	10 ⁴		
Cisnienie	Pa	10 ⁷	10 ¹⁰		
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-		
Czas	s	3	40		
Środowisko/atmosfera	strumień elektronów, strumień fotonów lub detonacja materiału wybuchowego				
Specyficzne warunki realizacji procesu	fala uderzeniowa; utrzymująca się niska temperatura podłoża				
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża					
Obróbka mechaniczna; oczyszczenie mechaniczne/chemiczne powierzchni; odłuszczenie; trawienie.					
Typ/rodzaj urządzenia					
Stacjonarne lub mobilne; specjalistyczne lub niskospecjalistyczne.					
Specyficzne oprzyrządowanie					
Stanowisko wstępnego przygotowania.					
					Utwardzanie detonacyjne: proces utwardzania (a), budowa warstwy powierzchniowej po utwardzeniu (b)

