

Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich

Leszek A. Dobrzański, Anna D. Dobrzańska-Danikiewicz
Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska,
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, Polska
Adres korespondencyjny e-mail:
leszek.dobrzanski@polsl.pl; anna.dobrzanska-danikiewicz@polsl.pl

Streszczenie

Cel: *Celem niniejszej książki, która jest monografią naukową, jest prezentacja analizy stanu wiedzy, obejmującego ogólne trendy rozwojowe i najbardziej perspektywiczne obszary współczesnych technologii obróbki, decydujących o kształtowaniu struktury i własności warstw powierzchniowych materiałów inżynierskich, a wśród nich także wykazujących strukturę nanometryczną, w oparciu o pelen przegląd krajowego i światowego piśmiennictwa dotyczącego tematu oraz wyniki obszernych prac własnych. W książce zaprezentowano także ogólny pogląd dotyczący obecnego stanu tychże technologii oraz metodykę badań własnych wykonanych w ramach e-foresightu technologicznego inżynierii powierzchni materiałów, podjętych w celu prognozowania trendów jej rozwoju. W książce przedstawiono awangardowe i supernowoczesne, specjalistyczne technologie obróbki powierzchni obecnie wdrażane do praktyki przemysłowej, lub nawet będące w fazie badań laboratoryjnych albo w fazie aplikacji w skali półtechnicznej wraz z tradycyjnymi metodami inżynierii powierzchni. Szeroko opisano także wybrane technologie krytyczne inżynierii powierzchni materiałów, rozumiane jako priorytetowe technologie o najlepszych perspektywach rozwojowych i/lub kluczowym znaczeniu w przemyśle w założonym horyzoncie czasowym najbliższych 20 lat.*

Projekt/metodologia/podejście: *U podstaw podejścia do wyboru tematyki tej książki stoi przeświadczenie, że poprawa własności użytkowych wielu produktów związana jest bardzo często z odpowiednim ukształtowaniem struktury i własności warstw powierzchniowych materiałów inżynierskich i biomedycznych, wobec czego zaprezentowano wyłącznie technologie obróbki powierzchni służące temu celowi. Ma to szczególne znaczenie w czasie, gdy są wyraźne oczekiwania dostarczania materiałów inżynierskich na żądanie, w których nie masa, ani cena, są głównymi deskryptorami materiałów, lecz ich struktura i wynikające z niej wysokie własności w warunkach eksploatacji wytworzonych z nich produktów. Bardzo często, to właśnie powierzchnia, warstwy wierzchnie lub powłoki, są nośnikami tych żądanych własności materiałów inżynierskich, a te właśnie własności decydują o ich wartości handlowej.*

Osiągnięcia: *Osiągnięcia niniejszej książki dotyczą działań stanowiących podstawę prac własnych dotyczących metodologii zintegrowanego komputerowo wspomaganego prognozowania rozwoju inżynierii powierzchni. W książce opisano priorytetowe technologie kształtowania struktury i własności warstw powierzchniowych produktów i ich elementów wytworzonych z materiałów inżynierskich o najlepszych perspektywach rozwojowych i/lub kluczowym znaczeniu w przemyśle, które uprzednio poddano badaniom własnym w celu oceny ich wartości według zobiektywizowanych kryteriów na tle mikro- i makrooczenia oraz utworzenia kilku alternatywnych możliwych scenariuszy ich rozwoju, służących polepszeniu własności użytkowych, trwałości i niezawodności produktów*

oraz wyłonieniu najbardziej efektywnych i koniecznych do upowszechnienia w przemyśle technologii, które pod względem nowoczesności i relacji „jakość-cena” najbardziej nadają się do efektywnej implementacji w przemyśle, uszeregowanych w najbardziej awangardowych obszarach tematycznych.

Ograniczenia badań/zastosowań: Do ograniczeń niniejszej książki należy umieszczenie w niej opisu dobrze znanych technologii, tradycyjnie i od lat stosowanych w przemyśle, oprócz przedstawienia awangardowych i supernowoczesnych, specjalistycznych technologii inżynierii powierzchni. Wyniki badań wykonanych metodą e-foresightu oraz scenariusze rozwoju krytycznych technologii obróbki powierzchni zaprezentowano w tej książce jedynie przykładowo, gdyż stanowią one treść innych publikacji własnych.

Praktyczne zastosowania: Praktyczne zastosowania niniejszej książki są wyznaczone przez krąg odbiorców i sposób rozpowszechnienia książki oraz zakres prezentowanych treści i metodologii prognozowania rozwoju technologicznego i aplikacji opracowanych rozwiązań technologicznych w praktyce przemysłowej. Książka jest przeznaczona zarówno dla studentów, jak i dla pracowników naukowych, ale także dla inżynierów i menadżerów pracujących w przemyśle, gdzie w najbliższym czasie do pracy trafią obecni studenci. Książkę bezpłatnie udostępniono w Internecie, w czasopiśmie typu „Open Access”, aby zaprezentowana w niej wiedza mogła stać się przydatna w średnich i małych przedsiębiorstwach, w celu rozwoju gospodarki opartej na wiedzy i innowacji. Dla rozszerzenia celów e-foresightu na sferę aplikacji i implementacji wiedzy o wyselekcjonowanych technologiach kształtowania struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich i generalnie technologii procesów materiałowych oraz przetwórstwa materiałów inżynierskich opracowano ponadto i zaprezentowano w książce koncepcję centrum e-transferu technologii.

Oryginalność/wartość: Oryginalność niniejszej książki polega na prezentacji bardzo obszernej wiedzy na temat technologii obróbki powierzchni materiałów inżynierskich i biomedycznych, zawierającej również wyniki bardzo wielu badań własnych wykonanych w tym zakresie w ostatnich latach, co stanowi solidny fundament dla podjęcia badań e-foresightowych i kreowanych innowacyjnych działań w zakresie e-transferu najnowocześniejszych i najbardziej perspektywicznych technologii obróbki powierzchni. Synergiczne oddziaływanie obu koncepcji e-foresightu oraz wywodzącej się z tej koncepcji metody e-transferu technologii i wiedzy umożliwiającej praktyczną implementację wykonanych badań materiałoznawczo-heurystycznych, tworzy pełny i zintegrowany system predykcji rozwoju technologii kształtowania struktury i własności powierzchni oraz aplikacji wyników tych badań w szerokim środowisku menadżerów i inżynierów zatrudnionych w jednostkach przemysłowych.

Słowa kluczowe: Materiałoznawstwo; Inżynieria powierzchni; Warstwy wierzchnie; Powłoki; Obróbka cieplno-chemiczna; Nanoszenie powłok z fazy gazowej; Osadzanie powłok z fazy ciekłej i stałej; Laserowa obróbka powierzchni; Metody spawalnicze obróbki powierzchni; Warstwy odlewnicze i infiltracyjne; Warstwy formowane metodami metalurgii proszków; Warstwy ceramiczne; Nanostrukturalne pokrycia i warstwy wierzchnie; Metody litograficzne i nanolitograficzne; Obróbka powierzchni materiałów fotowoltaicznych; Obróbka powierzchni implantów i biomateriałów; Obróbka powierzchni materiałów stomatologicznych; Materiały polimerowe obrabiane powierzchniowo; Pokrycia polimerowe; Zużycie trybologiczne; Korozja metali i stopów; Mechanizmy zużycia nietrybologicznego; Zużycie i niszczenie narzędzi; E-foresight; E-transfer technologii;

Cytowania tej monografii powinny być podane w następujący sposób:

L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, *Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich*, Open Access Library, Volume 5, 2011, str. 1-480.

Engineering materials surface treatment

Leszek A. Dobrzański, Anna D. Dobrzańska-Danikiewicz
Mechanical Engineering Faculty, Silesian University of Technology,
Konarskiego St. 18a, 44-100 Gliwice, Poland
Corresponding e-mail address:
leszek.dobrzanski@polsl.pl; anna.dobrzanska-danikiewicz@polsl.pl

Abstract

Purpose: *The purpose of this book, being a scientific monograph, is to present an analysis of the state of the art encompassing the general development trends and the most prospective areas of the contemporary treatment technologies crucial for engineering materials surface layers structure and properties formation, including such exhibiting a nanometric structure, based on the full review of the domestic and global literature devoted to this area as well as the results of extensive own works. The book also presents a general view concerning the current state of the art of such technologies and a methodology of the own research undertaken as part of technology e-foresight of materials surface engineering pursued in order to anticipate its development trends. The book presents avant-garde and ultramodern, specialist surface treatment technologies being currently implemented in the industrial practise or even those in the phase of laboratory research or in the phase of application at a semi-technical scale together with the traditional surface engineering methods. The selected critical technologies of materials surface engineering understood as the priority technologies with the best development prospects and/or of key significance for industry over the assumed time horizon of the nearest 20 years are also extensively discussed.*

Project/methodology/approach: *A belief that the improvement of functional properties of many products is very often related to the appropriate formation of engineering and biomedical materials surface layers structure and properties has been fundamental for choosing the subject matter of this book. For this reason, the surface treatment technologies serving this purpose are discussed only. It is especially important in the times when clear expectations exist for delivering engineering materials on demand with not their mass or price being the key determinants of such materials but their structure and the resulting high properties in operating conditions of the products produced of them. In many cases the surface, surface layers or coatings are the carriers of the demanded properties of engineering materials, and such properties are decisive for their market value.*

Findings: *The achievements of this book concern the actions representing a basis of own work relating to the methodology of integrated computer aided prediction of surface engineering development. The book describes the priority technologies for the formation of surface layers structure and properties of products and their parts produced of engineering materials with the best development prospects and/or of key significance for industry. The materials, in prior, were subjected to own research to evaluate their properties according to objectivised criteria against the micro- and macroenvironment and to create several alternative, feasible development scenarios. The purpose of such scenarios is to improve the functional properties, durability and reliability of products and*

to select the most effective technologies that must be popularised in the technology industry which – in terms of their modernity and price-to-quality ratio – are most suitable for effective implementation in industry. They are grouped according to the most avant-garde thematic areas.

Research limitations/implications: The limitations of the book lie in the fact that, apart from avant-garde and ultramodern, specialist surface engineering technologies, also well-known technologies used traditionally for years in industry are presented herein. The results of the research performed with the e-foresight method and the development scenarios of the critical surface treatment technologies are discussed in the book only by way of an example as they are described in other own publications.

Practical implications: The practical applications of the book are determined by the circle of recipients and the manner of disseminating the book and by the scope of contents presented as well as the methodology of the technological development prediction and application of the established technological solutions in the industrial practise. The book is intended for students as well as for scientific workers, but also engineers and managers working in industry where the current students will soon work. The book is available for free in the web in an Open Access-type journal so that the knowledge presented in the book can become useful for small- and medium-sized enterprises to develop a knowledge- and innovation-based economy. A concept of the technology e-transfer centre was also elaborated and presented in the book in order to broaden the objectives of e-foresight to include the domain of application and implementation of knowledge on the selected technologies of engineering materials surface layers structure and properties and in general materials processes technologies and engineering materials processing.

Originality/value: The originality of the book consists in the fact that it provides very comprehensive knowledge on engineering and biomedical materials surface treatment technologies, including also the outcomes of extensive own research in this field in the recent years. This lays a solid groundwork for undertaking e-foresight research and innovative actions related to the e-transfer of the most modern and most prospective surface treatment technologies. The synergic influence of the both concepts of e-foresight and of the method of e-transfer of technology and knowledge deriving from the concept enabling the practical implementation of the materials science and heuristic research performed, sets up a comprehensive and integrated system of prediction of surface structure and properties formation technologies and of applying the results of such research in a wide environment of managers and engineers employed in industrial entities.

Keywords: Materials science; Surface engineering; Surface layers; Coatings; Thermochemical treatment; Physical Vapour Deposition (PVD); Coatings deposition from the liquid and solid phase; Laser surface treatment; Welding surface treatment methods; Cast and infiltration layers; Layers formed with powder metallurgy methods; Ceramic layers; Nanostructural surface coatings and layers; Lithography and nanolithography methods; Surface treatment of photovoltaic materials; Surface treatment of implants and biomaterials; Surface treatment of dental materials; Surface treated polymer materials; Polymer coatings; Tribological wear; Corrosion of metals and alloys; Mechanisms of non-tribological wear; Wear and destruction of tools; E-foresight; Technology e-transfer;

Reference to this paper should be given in the following way:

L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, *Engineering materials surface treatment*, Open Access Library, Volume 5, 2011, pp. 1-480 (in Polish).

**„Czytanie jest dla umysłu tym,
czym ćwiczenie dla ciała”**

Sir Richard Steele (1672-1729)

Słowo wstępne

Od kilku lat jest realizowany przez Zespół Pracowników Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych Politechniki Śląskiej w Gliwicach Projekt INFONANO pt. „Otwarcie i rozwój studiów inżynierskich i doktoranckich w zakresie nanotechnologii i nauki o materiałach” w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki. Celem ogólnym tego Projektu jest wzmocnienie roli Politechniki Śląskiej w rozwoju konkurencyjnej gospodarki opartej na wiedzy i innowacjach oraz rozszerzenie jej oferty edukacyjnej i podnoszenie jakości kształcenia na unikatowych studiach technicznych oraz doktoranckich, w celu lepszej adaptacji jej absolwentów do potrzeb rynku pracy oraz konkurencyjnych i innowacyjnych przedsiębiorstw. Jedną z form realizacji tego celu jest przygotowywanie pomocy dydaktycznych, w tym książek naukowych i podręczników. Mottem niniejszej pracy stały się słowa autora pomysłu regularnego publikowania dobrze napisanych artykułów, w miejsce dotychczas przekazywanych najświeższych informacji, Sir Richarda Steele’a, opublikowane w 1710 roku w „Tatlerze”, który był poprzednikiem założonego również przez niego i do dziś wydawanego „Guardiana”. Niniejszą książkę przygotowano z myślą o studentach i pracownikach naukowych.

U podstaw wyboru tematyki tej książki stoi przeświadczenie, że poprawa własności użytkowych wielu produktów związana jest bardzo często z odpowiednim kształtowaniem struktury i własności warstw powierzchniowych materiałów inżynierskich i biomedycznych. Zaprezentowano wiele współczesnych metod obróbki powierzchni, które ograniczono wyłącznie do tych, które decydują o kształtowaniu struktury i własności warstw powierzchniowych materiałów inżynierskich, a wśród nich także tych które wykazują strukturę nanometryczną. Wykorzystano wielokrotnie wyniki prac własnych wykonanych w Zakładzie Technologii Procesów Materiałowych, Zarządzania i Techniki Komputerowych w Materiałoznawstwie Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

Przekazując niniejszą książkę do rąk Czytelników pozostajemy w głębokim przeświadczeniu, że zgodnie z założeniami Projektu, przyczyni się ona do podniesienia poziomu wiedzy, dotyczącej inżynierii powierzchni, jako ważnego działu współczesnej inżynierii materiałowej i wytwarzania, wśród studentów i pracowników naukowych. Ma to szczególne znaczenie w czasie, gdy wyraźnie mówi się o konieczności dostarczania materiałów inżynierskich na żądanie. Należy przez to rozumieć, że nie masa, ani cena, są głównymi deskryptorami materiałów, lecz ich struktura i wynikające z niej wysokie własności w warunkach eksploatacji, wytworzonych z nich produktów. Bardzo często, to właśnie powierzchnia, warstwy wierzchnie lub powłoki, są nośnikami tych żądanych własności materiałów inżynierskich, za które klienci są gotowi zapłacić spore pieniądze. Trzeba zatem umieć spełnić takie żądania. Stąd przeświadczenie, że ta książka jest potrzebna, zarówno studentom, jak i pracownikom naukowym, ale także inżynierom i menadżerom pracującym w przemyśle, bo przecież za moment, tam właśnie trafią nasi absolwenci. Im bardziej ta wiedza stanie się przydatna w średnich, a nawet małych przedsiębiorstwach, im więcej osób tam pracujących będzie jej poszukiwało, tym lepiej będzie to świadczyło o gospodarce Kraju, opartej na wiedzy i innowacjach. Dlatego też zdecydowaliśmy tę książkę opracować bez honorarium autorskiego i bezpłatnie udostępnić ją w Internecie, w czasopiśmie typu „Open Access”.

Za inspirację do zainteresowania się przez nas niektórymi wybranymi zagadnieniami inżynierii powierzchni oraz współpracę przy wspólnej realizacji licznych badań naukowych, których wyniki choćby w części zacytowano w niniejszej książce, szczególne podziękowania składamy doktorom: Barbarze Dołęzkiej, Justynie Domagale-Dubiel, Aleksandrze Drygale, Ewie Jondzie, Annie Kloc-Ptasznej, Małgorzacie Musztyfadze, Mirosławie Pawlycie, Magdalenie Polok-Rubiniec, Ludwinie Żukowskiej, Krzysztofowi Adamaszewi, Mirosławowi Bonkowi, Klaudiuszowi Gołombkowi, Eugeniuszowi Hajduczkowi, Krzysztofowi Labiszowi, Krzysztofowi Lukaszewiczowi, Grzegorzowi Matuli, Januszowi Mazurkiewiczowi, Szymonowi Malarze, Jarosławowi Mikule, Danielowi Pakule, Markowi Piecowi, Adamowi Polokowi, Marianowi Przybyłowi, Marcinowi Staszukowi, Tomaszowi Tańskiemu, Jackowi Trzascie i Bogusławowi Ziębowiczowi oraz magistrom Adamowi Jagielle, Dariuszowi Łukowcowi i Markowi Szindlerowi. Za pomoc w wykreśleniu rysunków dziękujemy serdecznie doktorowi Jarosławowi Koniecznemu oraz doktorantom: Iwonie Czaji, Marzenie Giedroć, Justynie Hajduczek, Magdalenie Kałużnej, Magdalenie Macek, Agnieszce Mucha, Barbarze Nieradce,

Małgorzacie Ondruli, Magdalenie Szindler, Magdalenie Tkaczyk, Weronice Wolany, Marciniowi Basińskiemu, Dawidowi Cichockiemu, Tomaszowi Gawłowi, Andrzejowi Hudeckiemu, Arkadiuszowi Jabłońskiemu, Łukaszowi Krzemińskiemu, Dariuszowi Łukowcowi, Pawłowi Nuckowskiemu, Wojciechowi Pakiele i Markowi Szindlerowi. Szczególne podziękowania kierujemy do doktora Eugeniusza Hajduczka za pieczołowitą, bezinteresowną i nieocenioną pomoc w dokonaniu redakcji całej książki. Profesorom Jerzemu Nowackiemu, Zbigniewowi Rdzawskiemu oraz Marianowi Żenkiewiczowi dziękujemy serdecznie za cenne uwagi, wsparcie i akceptację książki do druku. Ponadto serdecznie dziękujemy wszystkim Współpracownikom, którzy przyczynili się do wydania tej książki, gdyż Ich pomoc i wsparcie miały duże znaczenie dla przygotowania jej w prezentowanej formie.

Autorzy

Gliwice w październiku 2011 roku

