1. Wprowadzenie

Metalurgia proszków należy do stabilnie rozwijających się światowych gałęzi przemysłu [l].

Jednak warunkiem dalszego jej rozwoju jest opracowanie nowych, wysokowydajnych procesów wytwórczych i technologii, pozwalających na otrzymywania części z proszków spiekanych o dużej gęstości, wysokich dokładnościach wykonania i kontrolowanych własnościach mechanicznych i eksploatacyjnych. Pomimo standaryzacji niektórych operacji metalurgii proszków takich jak mieszanie, prasowanie, spiekanie, kalibrowanie, cykl technologiczny obejmuje również przygotowanie właściwej struktury materiału proszkowego dla procesu: dwukrotne prasowanie – dwukrotne spiekanie i obróbka cieplna, a także operacje kontrolno-pomiarowe i inne. Duże znaczenie ma dobór odpowiednich parametrów procesu dogęszczania, który może być wykonany w kilku zabiegach. Zatem cykl technologiczny w znacznym stopniu wpływa na wartość wskaźników ekonomicznych kompleksowych procesów wytwarzania, stosowanych w metalurgii proszków zwłaszcza w produkcji masowej.

Wprowadzenie systemów jakości i ogólnoświatowych norm zrewolucjonizowało wszelką produkcję, nie tylko metalurgię proszków (MP). Koncerny samochodowe stały się największą branżą domagającą się bardziej niezawodnych części.

Do roku 2009 znaczny wzrost produkcji proszków w USA spowodowany był zapotrzebowaniem przemysłu samochodowego na części dokładne, wykonane z materiałów proszkowych. Stosowane w przemyśle samochodowym części z materiałów proszkowych wykonywane są zarówno technologią tradycyjną, jak i nowymi technologiami, np. z zastosowaniem dokuwania. Ciągle rośnie ich ilość w silnikach, skrzyniach przekładniowych, układach hamulcowych i filtrach powietrza.

Typowy amerykański samochód wyprodukowany w 1997 roku posiada średnio 14 kg części wykonanych z materiałów proszkowych, w porównaniu do 12,3 kg w roku 1994; 10,6 kg w roku 1991 i 7,0 kg w roku 1977 [2, 3].

Obecnie typowy amerykański samochód zawiera 19 kg wyrobów z proszków. Oczekuje się, że ta liczba istotnie wzrośnie wraz z przejściem na nowe modele samochodów z silnikami 6-cylindrowymi.

Po raz pierwszy korbowód wyprodukowany technologią kucia półfabrykatu wykonanego z proszku metalu zastosowała firma „Ford Motor Co" w 1987 roku, w silniku o pojemności 1,9 dm^3 w samochodach osobowych marki „Escort" i „Lynex". Obecnie kute z półfabrykatów

proszkowych korbowody stosuje się w takich silnikach tej firmy jak: V-4 (1,9 dm^3 i 2,5 dm^3); V-6 (2,5 dm^3); V-2 i V-4 (4,6 dm^3). Od roku 1994 badania wytrzymałościowe korbowodów prowadzone są dla samochodów ciężarowych w silnikach V-6 (3,0 i 4,6 dm^3) i 4,8 (5,4 dm^3). Masa obecnie stosowanych części wykonanych z materiałów proszkowych w silnikach V-8 równa jest 7 kg [4].

W firmie „General Motors" stosuje się kute korbowody z proszków w silnikach typu V-8 (4,6 dm^3 i 5,7 dm^3) w modelu z 1995 roku. Masa stosowanych w tym silniku części z proszków wynosi 5,46 kg. Firma „Chrysler" stosuje kute korbowody wykonane z proszków stali z dodatkiem 2% miedzi, w nowych silnikach V-4 (2 dm^3 i 2,4 dm^3); masa stosowanych części z proszków w tym silniku wynosi 2,8 kg [2, 5].

W 2005 roku światowa produkcja proszków metali wyniosła 930 000 ton, w tym w Ameryce Północnej – 377 700, w Europie – 175 000, w Japonii – nieco więcej niż 130 000 ton. Rynki Europy Zachodniej, Azji i Ameryki Południowej systematycznie powiększają produkcję proszków metali i spieków. Jednocześnie rynek wytwarzania elementów ze spieków w USA, wynoszący zwykle około połowę rynku światowego, nadal się zmniejsza. Główną przyczyną zmniejszenia się sprzedaży proszku w USA jest spadek ogólnej produkcji samochodów, podstawowego odbiorcy wyrobów z proszków spiekanych.

Przemysł samochodowy w Ameryce Południowej najbardziej rozwinięty jest w Brazylii (7 firm samochodowych) i Argentynie (3 firmy). Również w tych krajach jest najwięcej zakładów produkujących wyroby z proszków metali. Z około 20 zakładów produkujących wyroby z proszków metali tradycyjną technologią, 8 znajduje się w Brazylii i 4 w Argentynie; 3 firmy produkują części konstrukcyjne, jedna łożyska. Oprócz tego, niektóre zakłady brazylijskie produkują części z węglików wolframu i stopów ciężkich na bazie wolframu [2, 6]. Niewielkie ilości wyrobów z proszków produkowane są w Paragwaju, Wenezueli i Boliwii. Jednak brak jest dokładnych danych o stanie produkcji w tych krajach.

W Europie Zachodniej z roku na rok zwiększa się produkcja części z materiałów proszkowych, zwłaszcza części dokładnych, odpowiedzialnych i mocno obciążonych [7]. Rozwój metalurgii proszków następuje w kierunku rozwoju takich technologii, które dają gwarancję otrzymania odpowiednich własności strukturalnych i wytrzymałościowych gotowego wyrobu.

Ameryka Północna dominowała na światowym rynku części samochodowych wykonanych ze spieków. Jednak ich główny odbiorca – „wielka trójka" amerykańskiego przemysłu samochodowego (kompanie „Ford", „General Motors" i „Chrysler") w ostatnich latach ustąpił

pierwszeństwa japońskim kompaniom samochodowym. Minione lata to również wzrastająca konkurencja ze strony rozwijającego się przemysłu Indii i Chin. W związku z powstałą sytuacją północnoamerykańska Międzynarodowa Federacja Metalurgii Proszków (MPIF) wezwała swoich członków przy współpracy z partnerami – odbiorcami wyrobów metalurgii proszków w przemyśle samochodowym – do poszukiwania innych rynków zbytu. Ze swojej strony MPIF dąży do rozszerzania innych, odmiennych od przemysłu samochodowego, dziedzin stosowania produkcji proszkowej. Począwszy od roku 2006 MPIF przyznaje corocznie nagrody według sektorów rynku, spośród których obok samochodowego są takie jak medycyna, sprzęt rolniczy i inne [8]. Jeszcze jednym przedsięwzięciem, stymulującym rozwój technologii MP sprzyjającym rozszerzeniu obszarów zastosowania wyrobów proszkowych, stało się otwarcie specjalnej, sponsorowanej przez MPIF strony internetowej pod nazwą „Pick PM™" dla inżynierów, konstruktorów i technologów, jak również dla wszystkich zainteresowanych otrzymywaniem szerokiej informacji dotyczącej metalurgii proszków.

Stosunkowo dobrze rozwija się metalurgia proszków w Europie pomimo tego, że w ostatnich latach istnieje również szereg czynników, hamujących wzrost wielkości produkcji proszkowej. Wśród nich – presja wywierana przez przemysł samochodowy z jego konkurencyjnym otoczeniem na wszystkich swoich dostawców, do których zalicza się również metalurgię proszków; stały wzrost cen materiałów surowcowych w sposób naturalny odbija się również na cenie wyrobów proszkowych, a także wzrost cen ropy naftowej.

Szerokie możliwości wykorzystania wyrobów proszkowych rysują się w związku ze wzrastającym ich zastosowaniem w konstrukcji samochodów przekładni sześciostopniowych i napędu na cztery koła. Europejscy producenci dążą do utrzymywania niskich cen na od niedawna zdobytym rynku części proszkowych dla silników wysokoprężnych i bezstopniowego zsynchronizowanego napędu zaworu. Ilość części produkowanych w Europie Zachodniej z materiałów proszkowych do niedawna była dwa razy mniejsza aniżeli w USA. Dla przykładu w samochodzie osobowym produkcji niemieckiej znajduje się około 6 kg części z materiałów proszkowych, w japońskim około 8 kg, w amerykańskim obecnie około 19 kg. Powód – zupełnie inne podejście w Europie Zachodniej i USA do zastosowania w przemyśle samochodowym części wykonanych z materiałów proszkowych zamiast tradycyjnych – metalowych. W Stanach Zjednoczonych wdrożenie nowych wyrobów z odpowiednimi charakterystykami następuje w przemyśle przy jednakowej ich cenie, w porównaniu do ceny wyrobu metalowego. Metalurgia proszków postrzegana jest nadal jako proces seryjnej produkcji względnie tanich

części metodą prostego prasowania i spiekania w średnich temperaturach. W Europie Zachodniej, wpływ na decyzję o zastąpieniu części metalowych częściami wykonanymi z proszków, ma przede wszystkim informacja, czy proponowane wyroby posiadają odpowiednią charakterystykę własności mechanicznych, a mianowicie: wysoką gęstość, wytrzymałość równą wytrzymałości wyrobów otrzymywanych technologią walcowania czy odlewania, odpowiednią plastyczność itp. Podwyższenie własności mechanicznych otrzymuje się m.in. poprzez wprowadzenie dodatków stopowych, zwiększenie ilości węgla, zastosowanie obróbki plastycznej i obróbki cieplnej. Jest to główna przyczyna mniejszego popytu w Europie Zachodniej na wyroby z proszków metali.

We Włoszech w odróżnieniu od innych krajów Europy Zachodniej części wykonane z proszków metali są w znacznym stopniu stosowane w przemyśle maszynowym, a szczególnie do produkcji elektronarzędzi. Wśród państw skandynawskich, metalurgia proszków najbardziej rozwinięta jest w Szwecji. Razem ze swoimi filiami, firmy szwedzkie w 50% zaspokajają światowy popyt na proszki żelaza, w 70% – na proszki stali i w 40% na węgliki spiekane. Szwedzka firma Höganas AB jest największym w świecie producentem i dostawcą proszków żelaza [9]. Firma ta ciągle udoskonala swoje technologie, zarówno w dziedzinie produkcji nowych gatunków proszków, jak również nowych procesów produkcyjnych wyrobów z proszków. Przykładem może być opatentowany w 1994 r. przez firmę Höganas AB proces Ancordense (technologia prasowania na ciepło), pozwalający w jednej operacji otrzymać tanie wyroby z proszków żelaza o wysokiej gęstości i dobrych własnościach zmęczeniowych.

W Europie aktywnym jest sektor produkcji wyrobów z węglików spiekanych, w którym to zaobserwowano wzrost wielkości produkcji.

Obecnie priorytetem jest opracowanie urządzeń do prasowania umożliwiających prasowanie wieloosiowe (ponad 12 osi) o nacisku rzędu 2000 ton, przy jednoczesnym zmniejszeniu zużycia energii. Obecnie cały rynek proszków Europy Zachodniej wykazuje tendencję wzrostową.

Do roku 1990 w byłym Związku Radzieckim produkcja części z materiałów proszkowych była bardzo zróżnicowana; jej wielkość oceniono na 72 000 ton [2]. Większość technologiczno-konstrukcyjnych rozwiązań była stosowana dla produkcji wojskowej. Wysiłek radzieckich specjalistów i uczonych skierowany był głównie w kierunku otrzymania odpowiednich charakterystyk wytrzymałościowych wyrobów, bez względu na koszty przedsięwzięcia i ostateczną cenę wyrobu. Taka polityka doprowadziła w latach 1991-1996 do ogromnego kryzysu metalurgii proszków w tym rejonie, co pociągnęło za sobą obniżenie

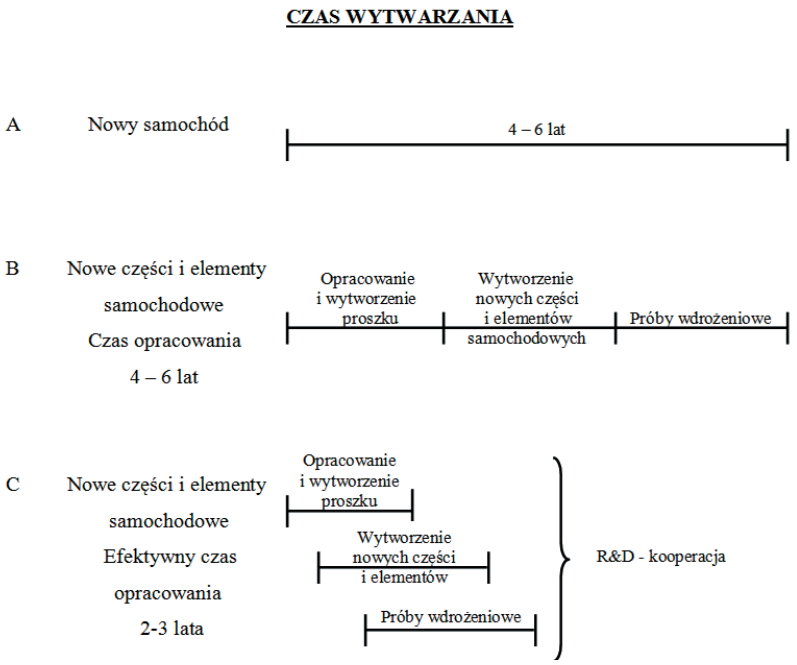
produkcji wyrobów z proszków o połowę w stosunku do roku 1990. Obecnie brak jest danych o tym rynku w Rosji.

Z krajów byłego Związku Radzieckiego najpomyślniej rozwija się rynek metalurgii proszków w Republice Białorusi [10], głównie dzięki Białoruskiemu Koncernowi „Metalurgia Proszków", jednak i jego produkcja znacznie zmniejszyła się w porównaniu z rokiem 1990. Rynki produkcji metalurgii proszków w Ameryce Północnej, Europie Zachodniej i Japonii są wystarczająco stabilne, i to powoduje dążenie tych krajów do zbudowania fabryk wyrobów proszkowych w innych regionach geograficznych o taniej sile roboczej, szczególnie w Chinach. Obecnie w tym kraju są rozmieszczone fabryki wyrobów proszkowych co najmniej 16 niechińskich kompanii. Na rozwój chińskiego rynku metalurgii proszków miał wpływ światowy Kongres Metalurgii proszków, który odbył się w 2007 roku w Szanghaju.

Jak i w wielu innych branżach, w metalurgii proszków w ostatnich latach zaktywizowały się procesy zjednoczeniowe i globalizacji. Przykładem tego rodzaju połączeń i wchłonięć jest nabycie przez kompanię „Tomkins pic" (Wielka Brytania) w 2003 roku przedsiębiorstwa „Stackpole Ltd" (Kanada); wchłonięcie przez kompanię „Sinterstahl" w 2004 roku produkcji proszkowo-metalurgicznej kompanii „Federal Mogul"; nabycie przez kompanię włoską „Miba" w 2005 roku słowackiego przedsiębiorstwa „Metalsint", a przez kompanię niemiecką „Ecka Granules" w 2006 roku angielskiego przedsiębiorstwa „BSA Metal Powders". Ważnym wydarzeniem ubiegłego okresu było połączenie europejskiej firmy „Sinterstahl" z „Mitsubishi Metals", w wyniku czego została utworzona druga co do wielkości kompania proszkowo-metalurgiczna PMG o łącznej wielkości sprzedaży 420 mln dolarów [11].

Proces łączenia się i nabywania przedsiębiorstw metalurgii proszków, który obecnie aktywnie przebiega na całym świecie, daje dodatkowe możliwości lokalizacji przedsiębiorstw metalurgii proszków w krajach o taniej sile roboczej, gdzie z reguły są skupieni również podstawowi użytkownicy ich produkcji – zakłady samochodowe, w Europie przebiega mniej intensywnie, niż w innych regionach. Ostatnio szczególne zainteresowanie wzbudza produkcja bardzo drobnych części dla zminiaturyzowanych wyrobów z wykorzystaniem tak zwanej metody micro MIM [12]. Pilotażowe wyroby przy wykorzystaniu tej metody opracowano w Instytucie Fraunhofera IFAM (Bremen, Niemcy). Koła zębate i wirniki z proszku stali nierdzewnej po spiekaniu osiągają gęstość 97% .

Bardzo ważnym czynnikiem stymulującym rozwój technologii jest współpraca przemysłu metalurgicznego z ośrodkami badawczo-rozwojowymi. Na rysunku 1 przedstawione są schematycznie korzyści ze współpracy B+R.



Rysunek 1. *Korzyści ze współpracy w B+R [13]*

Należy przypuszczać, że Europa utrzyma prowadzenie w rozwoju materiałów i procesów MP. Bardzo ważnym czynnikiem w jej rozwoju jest zastosowanie technologii „high tech" wykorzystującej dotychczasowe osiągnięcia inżynierii materiałowej.