

prof. dr hab. inż. Volf Leszczyński^{*)}, dr inż. Hanna Wiśniewska-Weinert^{*)},
dr inż. Aleksandr Stojanov^{**)}, doc. dr inż. Jerzy Lisowski^{*)},
mgr inż. Łukasz Kędzia^{*)}, mgr inż. Justyna Ozwoniarek^{*)}

^{*)} Instytut Obróbki Plastycznej, Poznań,

^{**)} Państwowy Wschodnioukraiński Uniwersytet, Ługańsk, Ukraina

TECHNOLOGIA WYTWARZANIA CZĘŚCI DOKŁADNYCH Z PROSZKÓW SPIEKANYCH METALI

Streszczenie

W referacie przedstawiono opracowane przez Instytut Obróbki Plastycznej w Poznaniu nowe technologie wytwarzania części z proszków metali. Technologie te pozwalają na wytworzenie części o określonych własnościach mechanicznych, często o skomplikowanej geometrii kształtu oraz części przeznaczonych do pracy w trudnych warunkach eksploatacyjnych (przemysł lotniczy, przemysł samochodowy). Przedstawiono poszczególne etapy kształtowania oraz wpływ parametrów procesów technologicznych na własności wyrobu gotowego, z uwzględnieniem operacji dodatkowych, wpływających na własności trybologiczne materiału oraz własności eksploatacyjne. Artykuł zawiera między innymi przykłady części wytworzonych opisaną nową technologią opracowaną w Instytucie, które zostały przebadane w eksploatacji przemysłowej.

Słowa kluczowe: metalurgia proszków, technologia wytwarzania

1. Wstęp

W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny rozwój metalurgii proszków. Wynika to z faktu, że technologia metalurgii proszków odpowiada zapotrzebowaniu przemysłu motoryzacyjnego i lotniczego na innowacyjne technologie i nowe tworzywa konstrukcyjne.

Nowe technologie metalurgii proszków dają szerokie możliwości kształtowania wyrobów z proszków metali o określonych własnościach mechanicznych, fizycznych i eksploatacyjnych wyrobów. Dowolność w dobieraniu składników mieszanek proszkowych pozwala na komponowanie różnorodnej gamy materiałów. Istotną zaletą nowych technologii jest niewielkie jednostkowe zużycie energii przy produkcji seryjnej i masowej, prawie całkowite wykorzystanie materiału oraz możliwość minimalizacji kosztów wytwarzania [1, 2, 3, 6].

2. Prace badawcze i wdrożeniowe z zakresu metalurgii proszków w Instytucie Obróbki Plastycznej w Poznaniu

W roku 1998 w Instytucie Obróbki Plastycznej w Poznaniu podjęto prace z zakresu metalurgii proszków, w ramach międzynarodowego projektu EUREKA ROTOR EU 1806 pt. „Technologia i wyposażenie do rotacyjnego dokładnego kształtowania części z materiałów proszkowych”. Efektem wykonanych prac było opracowanie i wykonanie wielofunkcyjnej linii kołowej do produkcji części proszkowych o dużej dokładności przy względnie niskich kosztach wykonania. Technologia ta nagrodzona została w IV edycji Konkursu Polski Produkt Przyszłości w Kategorii „Technologia Przyszłości” oraz otrzymała wyróżnienie w kategorii „Wynalazek w dziedzinie produktu lub technologii” Nagrody Gospodarczej Województwa Wielkopolskiego 2003. Charakterystykę linii, wyniki badań i własności wytwarzanych wyrobów podano w literaturze [5].

Prace z zakresu materiałów proszkowych i technologii wytwarzania wyrobów z proszków spiekanych kontynuowane są w ramach własnych badań statutowych oraz w Projekcie TRIBO pt. Nanostrukturalne powłoki o podwyższonych własnościach trybologicznych, który realizowany jest w ramach 5PR w Programie GRO-WTH.

Doświadczenie Instytutu Obróbki Plastycznej w Poznaniu pozwala na projektowanie szerokiej gamy mieszanek proszkowych, z których otrzymuje się części o określonych własnościach mechanicznych, fizycznych i eksploatacyjnych. Produkowane są również wyroby głównie z mieszanek na bazie proszku ASTALOY Mo oraz DISTALOY AE, DISTALOY AB, DISTALOY SA, a także proszków stali 316L i 430L, odpornych na korozję.

Własności wyrobu końcowego ustalane są poprzez wybór odpowiedniej technologii wytwarzania, dobór parametrów poszczególnych procesów, składu chemicznego mieszanek proszkowych oraz, w razie potrzeby, mieszanek impregnacyjnych.

W niniejszym artykule przedstawiono i omówiono stosowane w Instytucie wybrane nowe technologie kształtowania wyrobów proszkowych.

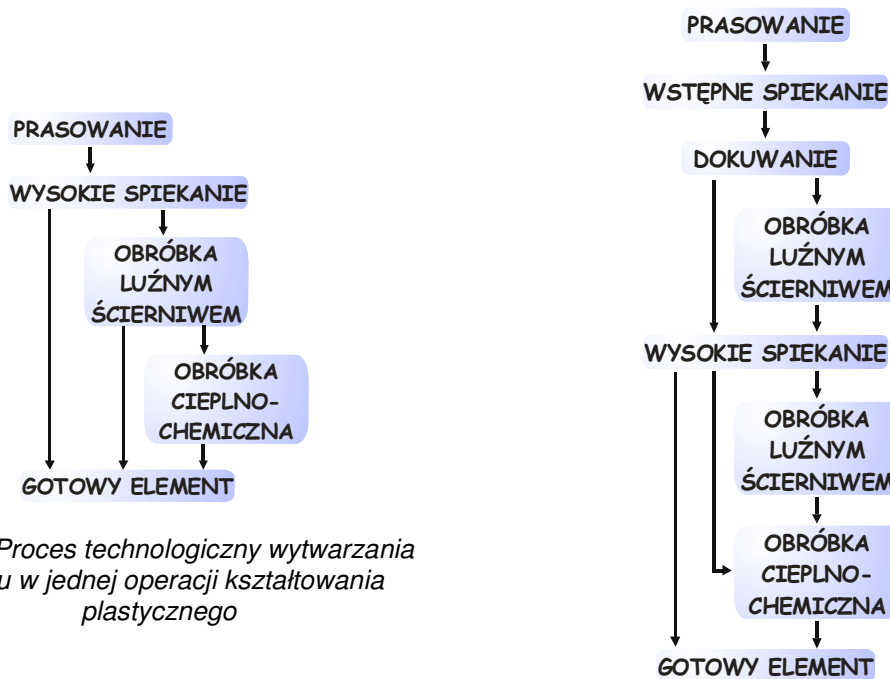
3. Technologie wytwarzania części z materiałów proszkowych

3.1. Procesy technologiczne kształtowania plastycznego części spiekanych

Proces wytwarzania części konstrukcyjnych z proszków spiekanych rozpoczyna się w momencie sprasowania proszku lub mieszanki proszków, w matrycy prostej lub częściej o skomplikowanym kształcie. Podstawowe procesy wytwórcze części konstrukcyjnych realizowane w Instytucie Obróbki Plastycznej w Poznaniu można podzielić na trzy grupy:

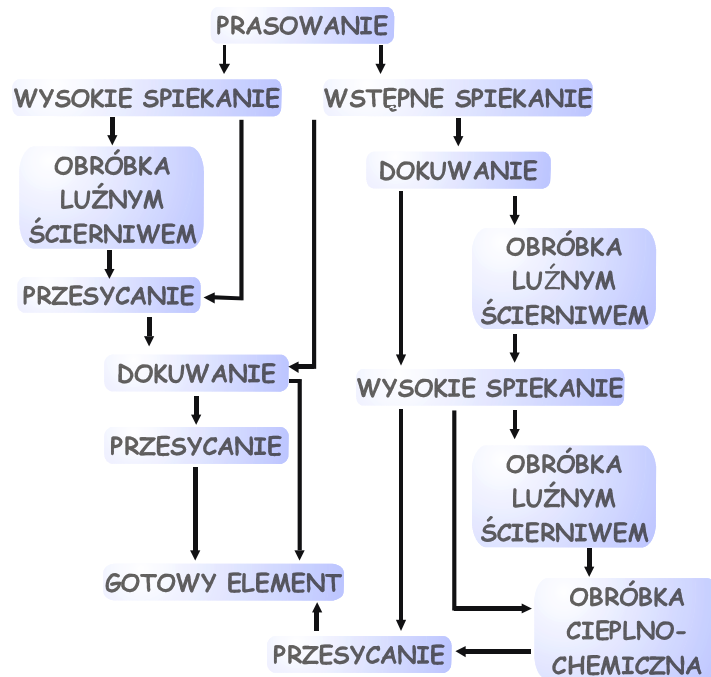
- 1 – Technologia wytwarzania spieku w jednej operacji kształtowania plastycznego
- 2 – Technologia wytwarzania spieku w dwu operacjach kształtowania plastycznego
- 3 – Technologia kształtowania plastycznego materiałów proszkowych z przesycaaniem mikro i makro nanocząsteczkami materiału w stanie porowatym.

Przebieg tych procesów technologicznych przedstawiono schematycznie na rysunkach 1, 2 i 3.



Rys. 1. Proces technologiczny wytwarzania spieku w jednej operacji kształtowania plastycznego

Rys. 2. Proces technologiczny wytwarzania spieku w dwóch operacjach kształtowania plastycznego



Rys. 3. Proces technologiczny kształtowania materiałów proszkowych z przesycaniem materiału porowatego mikro i makro nanocząsteczkami

3.2. Technologia wytwarzania części spiekanych w jednej operacji kształtowania plastycznego

W technologii wytwarzania spieku w jednej operacji kształtowania plastycznego (rys. 1) już w pierwszym etapie procesu, którym jest prasowanie, otrzymuje się ostateczny, często bardzo skomplikowany kształt wytworzonej części. W ten sposób wytwarza się części, od których nie wymaga się wysokiej gęstości, a czasami wymagana jest wręcz duża porowatość.

Metodą tą Instytut Obróbki Plastycznej w Poznaniu produkuje następujące detale: pouzdro, spacer blade, distanziale (rys. 4).

3.3. Technologie wytwarzania części spiekanych w dwóch operacjach kształtowania plastycznego

Na rys. 2 przedstawiono technologię wytwarzania części proszkowych w dwóch operacjach kształtowania plastycznego. Operacja dokuwania pozwala na uzyskanie skomplikowanego kształtu wyrobu z jednoczesnym podwyższeniem gęstości sprasowanych i wstępnie spieczonych kształtek. W tej operacji występują znaczne odkształcenia plastyczne, a stosowane ciśnienia porównywalne są z ciśnieniami przy pra-

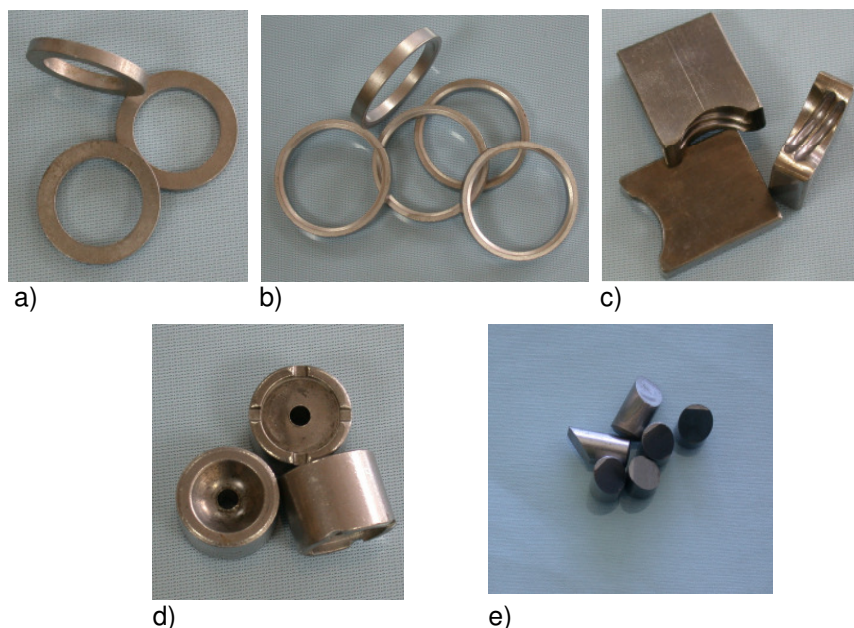
sowaniu proszku. Odkształcenie plastyczne, które występuje w procesie dokuwania, przyczynia się do znacznego podwyższenia twardości i wytrzymałości wytwarzanych części. Innowacyjność tej metody polega m.in. na połączeniu w jednym cyklu technologicznym operacji kalibrowania i dokuwania. Następną operacją po dokuwaniu jest operacja wysokiego spiekania, podczas której następuje dalszy wzrost gęstości. Technologia kształtowania w dwóch operacjach kształtowania plastycznego pozwala na uzyskanie końcowego wyrobu o gęstości do 98% gęstości materiału litego. Taką samą gęstość można uzyskać tylko w procesie kucia spieku na gorąco, jednak w takim procesie nie uzyskuje się tak dużej dokładności wykonania.

Ostateczne podwyższenie twardości następuje podczas obróbki cieplno-chemicznej. Uzyskiwane twardości zależne są od gęstości wyrobu i składu chemicznego użytej mieszanki oraz parametrów obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej. Technologia ta chroniona jest patentem europejskim [4].

Metodą tą produkuje się następujące części: ZKO-015, axial, narzędzie gnące, PZL-tłoczek 2 oraz kliny (rys. 5).



Rys. 4. Części wytwarzane w jednej operacji kształtowania plastycznego:
a) pouzdro, b) spacer blade, c) dystanziale



Rys. 5. Części wytwarzane technologią podwójnego kształtowania plastycznego:
a) pierścień ZKO-015, b) axial, c) narzędzie gnące, d) tłoczek 2, e) kliny

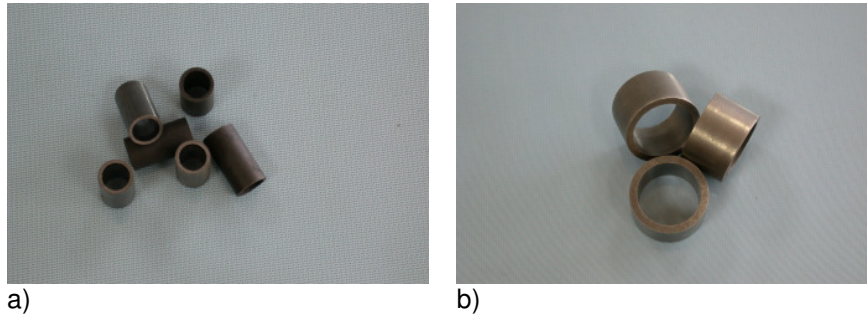
3.4. Technologia wytwarzania części spiekanych z przesycaniem materiału porowatego nanocząsteczkami

Technologia przesycania spieków mieszankami na bazie smarów stałych (rys. 3) stosowana jest dla tych części, od których wymaga się zarówno wysokich własności wytrzymałościowych, jak i trybologicznych. Odpowiedni dobór parametrów poszczególnych procesów technologicznych pozwala uzyskać części konstrukcyjne w szerokim zakresie gęstości, twardości, a także o niskim współczynniku tarcia. Technika przesycania materiałów proszkowych mikro- lub nanocząsteczkami otwiera nowy kierunek wykorzystania tych materiałów. Zabieg ten podwyższa własności trybologiczne pracujących części, co zwiększa ich odporność na zużycie ścierne. Technologia

ta daje często możliwość tańszego wytworzenia części oraz obniżenia kosztów eksploatacji, ponieważ nie wymagają one w czasie pracy smarowania, które często jest kłopotliwe. Trudności w doprowadzeniu smaru mogą wynikać z konstrukcji lub specyficznych warunków pracy np. pod wodą lub w próżni. Niewątpliwą zaletą wykorzystania technologii metalurgii proszków jest także możliwość wytworzenia dokładnych części o skomplikowanej geometrii kształtu.

Doskonałe własności części przesycanych nanocząsteczkami zostały potwierdzone przez testy eksploatacyjne wykonane w zakładzie CZRETEZY – Strakonice - Republika Czeska [4].

Metodą tą wytwarzane są: tuleja samo-smarna 10-B1DZ i tuleja 6746-10 (rys. 6).



Rys. 6. Części wytwarzane technologią kształtowania materiałów proszkowych z przesycaniem:
a) tuleja samosmarna 10-B1DZ, b) tuleja 6746-10

4. Wnioski

1. Gęstość w przypadku części z materiałów spiekanych ma decydujący wpływ na uzyskiwane własności fizyczne i mechaniczne wyrobu końcowego.
2. Parametry procesu technologicznego: temperatura, czas oraz atmosfera spiekania mają decydujący wpływ na następujące zjawiska:
 - jak szybko i efektywnie ziarna proszku w sprasowanej próbce ulegają trwałem połączeniu, od którego zależy koagulacja zamkniętych porów,
 - jak szybko nastąpi dyfuzja dodatków stopowych,
 - czy wystąpi utlenienie wrażliwych składników stopowych, i czy uda się zapobiec temu niekorzystnemu procesowi.
3. Zastosowanie procesów obróbki cieplno-chemicznej (nawęglanie, węgloazotowanie i azotonawęglanie) wpływa na podwyższenie własności mechanicznych wyrobów [5].
4. W przypadku zastosowania procesów obróbki cieplno-chemicznej należy bardzo starannie utrzymywać oraz kontrolować parametry tych procesów, ponieważ mają one istotny wpływ na stabilność wymiarową produkowanych części [6].
5. Utrzymanie stabilności wymiarów zależy od wszystkich operacji technologicznych, stopnia precyzji ich wykonania i przeprowadzanych kontroli międzyoperacyjnych.
6. Technologia przesycanie spieków mieszankami z nanocząstkami pozwala dodatkowo podwyższyć własności wy-

trzymałościowe i trybologiczne wyrobów z proszków spiekanych.

7. Przez odpowiedni dobór parametrów poszczególnych procesów technologicznych możemy w szerokim zakresie wpływać na osiągalną gęstość, twardość, a także zapewniać niski współczynnik tarcia wytwarzanych detali.

5. Podsumowanie

Obróbka plastyczna materiałów spiekanych z proszków metali i ich stopów oraz kompozytów na ich podstawie daje możliwości wytwarzania nowoczesnych dokładnych wyrobów o określonej strukturze i własnościach mechanicznych oraz użytkowych.

Własności wyrobów z proszków spiekanych ustalane są poprzez odpowiedni dobór składu chemicznego materiału spiekanego z proszków metali oraz przez ustalenie właściwych parametrów odkształcania oraz parametrów obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej, które istotnie wpływają na strukturę i własności wyrobów końcowych.

W pracy wykorzystano wyniki badań wykonanych m.in. w ramach tematu zawartego w protokole powykonawczym do umowy międzynarodowej o współpracy naukowej i naukowo-technicznej pomiędzy Rzeczypospolitą Polską a Ukrainą. Nr protokołu Dz KBN: 1246/R00/R02 oraz badań wykonanych w ramach działalności statutowej Instytutu Obróbki Plastycznej w Poznaniu.

Literatura

1. S. Szczepanik: „Przeróbka plastyczna materiałów spiekanych z proszków i kompozytów”. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne Kraków 2003.
2. Romański A., Motyka M., XXXI Szkoła Inżynierii Materiałowej Kraków-Krynica 7-10. X. 2003, s. 315-322.
3. H. Wiśniewska-Weinert, V. Leszczyński, A. Stojanov (i in.): „Doskonalenie wysokowydajnych technologii kształtowania metodami metalurgii proszków, obróbki plastycznej i obróbki cieplnej wyrobów z proszków metali o złożonych kształtach i polepszonych własnościach eksploatacyjnych, w tym także wyrobów dla przemysłu elektrycznego z magnetycznie miękkich materiałów proszkowych”. Praca niepublikowana wykonana w ramach badań własnych, 2003 r., s. 153, rys. 32, tab. 10, bibliogr. 355 poz.
4. H. Weinert, V. Leszczyński, E. Stepanenko, A. Stojanov, V. Kuczma: Europejski patent Nr 1246950 Method of obtaining shape elements.
5. H. Wiśniewska-Weinert, V. Leszczyński, A. Stojanov, J. Lisowski: „Dokładne kształtowanie części ze stopowych materiałów proszkowych na osnowie żelaza”. Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji Poznań 2002 r.
6. H. Wiśniewska-Weinert, V. Leszczyński, A. Stojanov (i in.): „Rozwój wysokowydajnych technologii obróbki plastycznej w zakresie wieloseryjnej produkcji części z materiałów proszkowych o złożonych kształtach i wysokiej dokładności”. Praca niepublikowana wykonana w ramach badań własnych, 2002 r., str. 40, rys. 15, tab. 8, bibliogr. 5 poz.

Pracę zrealizowano w ramach działalności statutowej finansowanej przez Komitet Badań Naukowych:

Praca NM 901 55 000 – Wysokowydajne technologie kształtowania metodami metalurgii proszków, obróbki plastycznej i obróbki cieplnej części o złożonych kształtach i dobrych własnościach eksploatacyjnych

THE TECHNOLOGY OF PRECISE PARTS FROM SINTERED POWDER OF METAL PRODUCTION

Abstract

In the paper have been presented the technologies of production some parts from sintered metal powder elaborated by the Metal Forming Institute from Poznań. These technologies give the possibilities of manufacturing some parts with proper mechanical properties, often with complicated shapes and for work in hard exploitation conditions (aircraft industry and automobile industry). There have been presented particular stages of forming components and influence of technological parameters on final components properties. The data about the additional operations influence on tribological and exploitation properties are presented. The paper contains some exploitation results of components, which have been manufactured by using developed technologies.

Key words: powder metallurgy, production technology