

Małgorzata Grądzka-Dahlke¹, Jan R. Dąbrowski², Bogdan Dąbrowski³
 Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny, ul. Wiejska 45c, 15-351 Białystok

OTRZYMYWANIE KOMPOZYTU NA BAZIE ŻELAZA Z DODATKIEM PIROFOSFORANU WAPNIA

Jednym z kierunków rozwoju materiałów tarciovych jest otrzymywanie kompozytów z miękkimi dodatkami smarowymi. Pirofosforan wapnia zaliczany jest do grupy tzw. „białych smarów stałych”.

Przedstawiono wyniki badań nad możliwością otrzymywania materiałów kompozytowych na bazie proszku żelaza z 2, 5, 10 i 15% udziałem objętościowym $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$. Próbkę wykonano metodą metalurgii proszków przez prasowanie na zimno ($p = 600$ MPa) i spiekanie w temperaturze 1150°C . Badano gęstość, strukturę i mikrotwardość spiekanych wyprasek. Wyniki wskazują na duży wpływ pirofosforanu wapnia na zagęszczalność materiału (rys. 1). Największą gęstość uzyskano dla kompozytu z 5% objętościowym udziałem modyfikatora. Wraz ze wzrostem gęstości rośnie również mikrotwardość materiału (rys. 2). Największą wartość mikrotwardości zaobserwowano dla próbek z 5% dodatkiem $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$. Na rysunku 3 przedstawiono mikrostruktury otrzymanych materiałów. Strukturę kompozytu stanowi osnowa metaliczna i cząstki pirofosforanu wapnia. Analiza map rozkładu pierwiastków potwierdza obecność dwóch odrębnych faz (rys. 4). Taka heterogeniczna struktura kompozytu z twardą osnową i wydzieleniami miękkiej fazy jest charakterystyczna dla materiałów łożyskowych. Można więc oczekiwać, że otrzymany materiał będzie wykazywał korzystne właściwości tarciove.

Aktualnie prowadzone są badania w zakresie oceny charakterystyk tribologicznych uzyskanych kompozytów z dodatkiem pirofosforanu wapnia.

Słowa kluczowe: metalurgia proszków, kompozyty tarciove, pirofosforan wapnia

PRODUCTION OF IRON BASED COMPOSITE WITH ADDITION OF CALCIUMPYROPHOSPHATE

One of development directions of tribological materials is to obtain the composite with soft additions. Calciumpyrophosphate is reckoned among the group of „white solid lubricants”. In this work the results of investigations receiving of composite materials based on iron ASC 100 with contents of 2, 5, 10 and 15 vol.% $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ additions have been presented. Samples were produced by the powder metallurgy method, including cold pressing ($p = 600$ MPa) and sintering process under argon atmosphere at the temperature 1150°C . One examined density, structure and microhardness of sintered compacts. From the compactibility data appeared (Fig. 1), that higher density of samples received in case of material with 5 vol.% addition. Together with height of density microhardness of sintered materials increased. The maximum value of microhardness was observed in samples with 5 vol.% $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (Fig. 2). Microstructures of obtained materials are presented in Figure 3. The structure consisted of $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ particles distributed in metallic matrix. The analysis of elements distribution maps authenticated the appearance of two separated phases (Fig. 4). This kind of heterogeneous structure with the hard matrix and particles of solid lubricant is characteristic of the bearing metals. Therefore the obtained composite should be a good antifriction material. There are investigated the tribological properties of produced composites.

Key words: powder metallurgy, tribological composites, Calciumpyrophosphat

WPROWADZENIE

Współczesnym materiałom konstrukcyjnym stawiane są różnorodne, często trudne do pogodzenia wymagania. Dlatego od wielu lat obserwuje się niesłabnące zainteresowanie nowymi materiałami kompozytowymi. Jednym z obszarów zastosowań kompozytów są elementy maszyn pracujące w warunkach skojarzeń tribologicznych, gdzie wymagana jest dobra odporność na ścieranie i zużycie, dobra przewodność cieplna, odporność termiczna i atrakcyjna cena [1]. Wybór zbrojenia o określonych właściwościach fizycznych pozwala kształtować cechy użytkowe kompozytu. Trudno jest jednak uzyskać materiał cierny, który charakteryzowałby się np. dużą odpornością na ścieranie, a jednocześnie

zapewnił niską wartość współczynnika tarcia i nie powodował zwiększenia zużycia materiału przeciwpróbki w węzle tarciovym. Poszukiwania optymalnego rozwiązania materiału eksploatacyjnego o korzystnych właściwościach tribologicznych zmiernają w trzech kierunkach:

- wykorzystanie kompozytów o osnowie metalicznej zbrojonych cząstkami o dużej twardości i odporności na ścieranie (np. Al_2O_3 , SiC, SiO_2 lub cząstkami faz międzymetalicznych) [2-4];
- wprowadzenie do kompozytu cząstek smarów stałych (np. grafit, mika, heksagonalny BN, polimery) w celu

¹ dr inż., ² prof. dr hab. inż., ³ mgr inż.

zmniejszenia oporów ruchu, poprawy odporności na zatarcie [5, 6];

- uzyskanie porowatej struktury, zapewniającej samo-smarowność [7].

Celem niniejszej pracy były badania nad procesem kształtowania materiałów kompozytowych na bazie proszków żelaza z dodatkiem pirofosforanu wapnia ($\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$). Pirofosforan wapnia jest klasyfikowany do grupy tzw. białych smarów, często o budowie heksagonalnej, o bardzo korzystnych właściwościach tribologicznych [8]. Te doniesienia literaturowe wpłynęły na wybór pirofosforanu wapnia jako dodatku tribologicznego - napelnacza proszkowego w kompozytach na bazie żelaza.

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

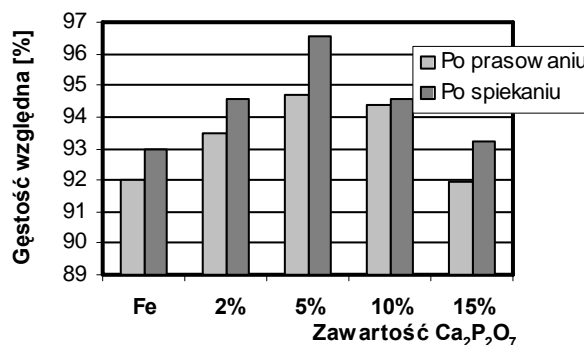
Materiały do badań wykonano metodą metalurgii proszków. Użyto proszków żelaza ASC 100.29 (produkcji Höögönas, Szwecja) o ziarnistości $20\div 200\ \mu\text{m}$ oraz proszku pirofosforanu wapnia (produkcji AEE - Atlantic Equipment Engineers, Micron Metals, INC, USA) o wielkości ziarn poniżej $5\ \mu\text{m}$. Kompozycje proszków z 2, 5, 10 i 15% objętościowym dodatkami $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ przygotowano poprzez mieszanie na sucho w młynie kulowo-odśrodkowym Pulverisette 6 (czas 20 min). Przygotowane mieszaniny proszków poddano prasowaniu jednostronnemu na prasie hydraulicznej PVE 63T przy naciskach 600 MPa. Następnie wypraski spiekano w temperaturze 1150°C w atmosferze argonu ($\tau = 1\ \text{godz.}$).

Badano wpływ dodatków na zagęszczalność i strukturę uzyskanych materiałów. Gęstość względną materiałów kompozytowych określano metodą wagową. Obserwacje mikrostruktury i analizę składu chemicznego przeprowadzono na elektronowym mikroskopie skaningowym HITACHI S-3000N z przystawką EDS COMPAQ. Mikrotwardość oceniano metodą Vickersa przy użyciu głowicy Hannemana na mikroskopie Neophot 10.

STRUKTURA I WŁAŚCIWOŚCI KOMPOZYTÓW

Zastosowane parametry procesu technologicznego pozwoliły na uzyskanie dobrych jakościowo, trwałych spieków. Wyniki badań gęstości próbek po prasowaniu i spiekaniu przedstawiono na rysunku 1. Z uzyskanych danych wynika, że dodatek pirofosforanu wapnia korzystnie wpływa na zagęszczenie spieków. Otrzymano materiały o gęstości względnej ok. $92\div 96,5\%$, przy czym wartości gęstości względnej spieków kompozytowych z $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ są większe w stosunku do materiału odniesienia, tj. spieku z czystego proszku żelaza. Największą zagęszczalność (ok. $96,5\%$ gęstości teoretycznej)

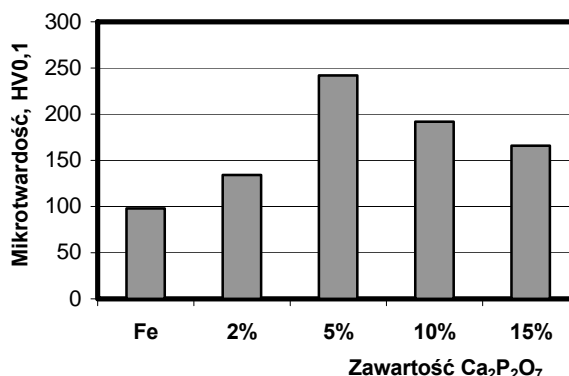
uzyskano dla kompozytu zawierającego 5% dodatek modyfikatora.



Rys. 1. Zależność gęstości wyprasek od zawartości pirofosforanu wapnia po prasowaniu ($p = 600\ \text{MPa}$) i spiekaniu w argonie ($t_s = 1150^\circ\text{C}$, $\tau = 1\ \text{godz.}$)

Fig. 1. Relation between density of samples after compaction ($p = 600\ \text{MPa}$) and sintering in argon atmosphere ($t_s = 1150^\circ\text{C}$, $\tau = 1\ \text{h}$) with their $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ contents

Analogiczne zależności uzyskano podczas pomiarów mikrotwardości badanych materiałów (rys. 2). Wyniki badań mikrotwardości wszystkich kompozytów były większe niż dla spieku z czystego żelaza. Największą mikrotwardość wykazały kompozyty z 5% udziałem pirofosforanu wapnia.

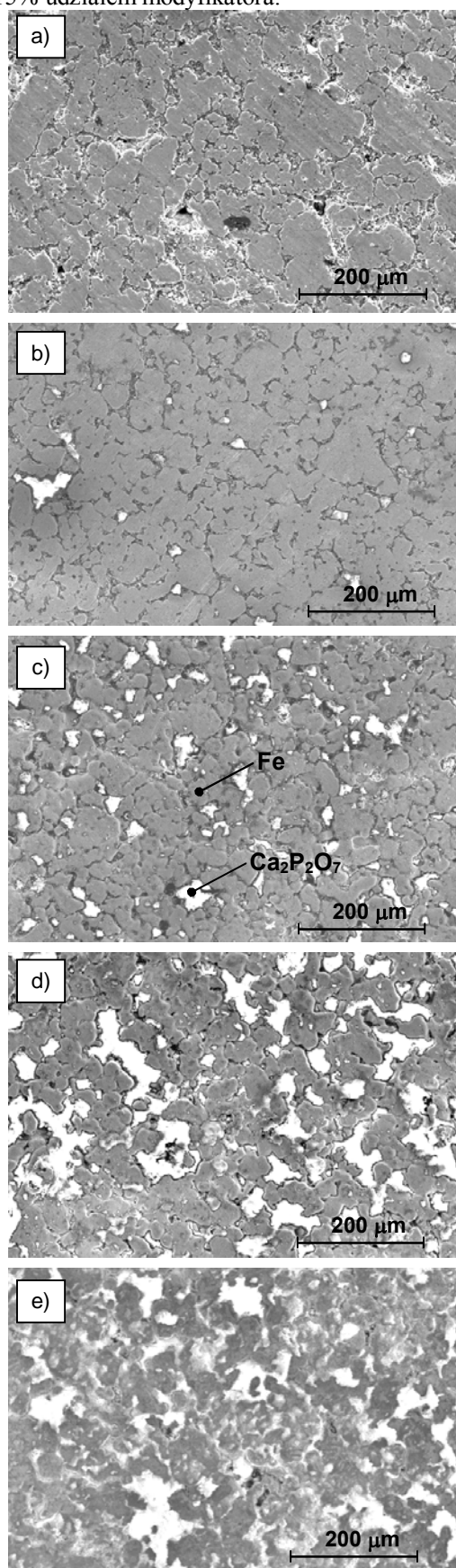


Rys. 2. Wpływ dodatku pirofosforanu wapnia na mikrotwardość spieków z proszków żelaza

Fig. 2. The influence of $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ addition on microhardness of iron based composite

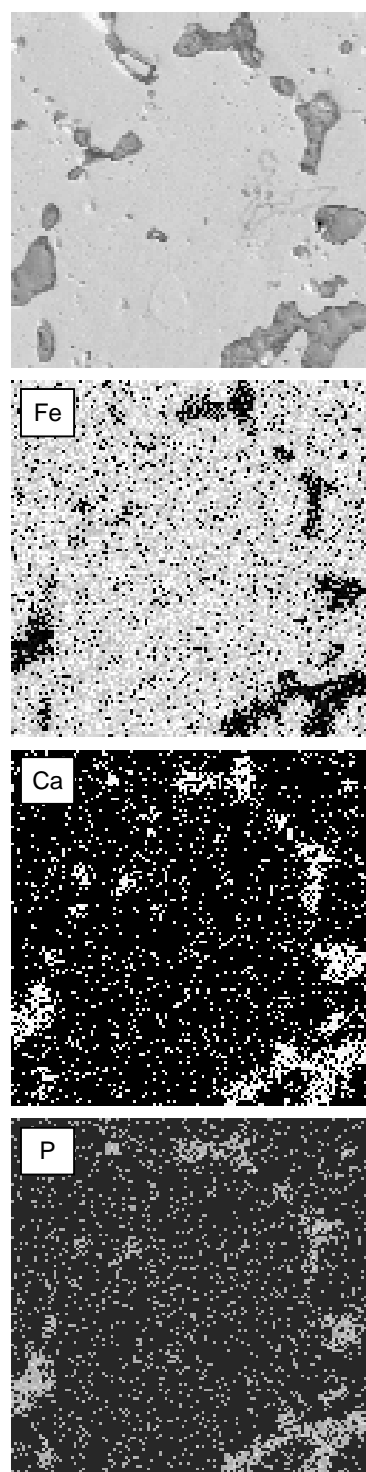
Na rysunku 3 przedstawiono struktury próbek kompozytowych po spiekaniu. Z obserwacji mikrostruktur widać, że cząstki $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ wypełniają pory spieku i są stosunkowo równomiernie rozmieszczone w metalicznej osnowie. Wraz ze zwiększaniem procentowej zawartości modyfikatora rośnie wielkość skupisk cząstek. Granice ziarn modyfikatora i osnowy metalicznej są wyraźnie zarysowane. Nie zaobserwowano rozpuszczania pirofosforanu wapnia w żelazie. Fakt ten potwierdza również analiza map rozkładu pierwiastków na powierzchni zglądu. Na rysunku 4 pokazano przykładowy rozkład zawartości głównych pierwiastków (żelaza, wapnia i

fosforu) na powierzchni zglądu poprzecznego kompozytu z 15% udziałem modyfikatora.



Rys. 3. Mikrostruktura kompozytów na bazie proszku żelaza z dodatkiem pirofosforanu wapnia: a) spiek niemodyfikowany, b) 2% $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$, c) 5%, d) 10%, e) 15%, SEM, pow. 200x

Fig. 3. Microstructure of iron base composites with addition of $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$: a) nonmodified sintered iron, b) 2%, c) 5%, d) 10%, e) 15%, SEM, 200x



Rys. 4. Mapy rozkładu pierwiastków na powierzchni kompozytu na bazie żelaza ASC o zawartości 15% $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$, SEM, pow. 400x

Fig. 4. Maps of the iron, calcium and phosphorus surface distribution in composite base on iron ASC with 15% $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$, SEM, 400x

Taka heterogeniczna struktura kompozytu z twardą osnową i wydzieleniami miękkiej fazy jest charakterystyczna dla materiałów łożyskowych. Można więc oczekiwać, że otrzymany materiał będzie wykazywał korzystne właściwości tarcowe. Aktualnie prowadzone są

badania w zakresie oceny charakterystyk tribologicznych uzyskanych kompozytów z dodatkiem pirofosforanu wapnia.

Niniejszą pracę wykonano w ramach projektu badawczego finansowanego przez Komitet Badań Naukowych, nr PBZ-082/T08/2002.

LITERATURA

- [1] Sobczak J., Kompozyty metalowe, Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa 2001.
- [2] Myalski J., Kompozyty cierne z osnową aluminiową o niskim współczynniku tarcia, Kompozyty (Composites) 2002, 2, 191-194.
- [3] Wieczorek J., Dolata-Grosz A., Dynia M., Ślężona J., Właściwości tribologiczne kompozytowych materiałów o osnowie stopu aluminium AK12 zbrojonych cząstkami ceramicznymi, Kompozyty (Composites) 2001, 1, 2, 207-210.
- [4] Clemens H., Kestler H., Processing and applications of intermetallic gamma-Ti-Al-based alloys, Advanced Engineering Materials 2000, 9, 551-570.
- [5] Sliney H.A., Solid lubricant materials for high temperatures - a review, Tribology Int. 1982, 15, 302-315.
- [6] Grądzka-Dahlke M., Dąbrowski J.R., Ocena wpływu wybranych dodatków modyfikujących na właściwości tribologiczne kompozytu na bazie żelaza, Inżynieria Biomateriałów 2003, 6, 30-33, 40-43.
- [7] Grądzka-Dahlke M., Dąbrowski J.R., The forming of tribological properties of materials for endoprostheses, Proc. 20th Danubia-Adria Symposium on Experimental Methods in Solid Mechanics, Scientific Society of Mechanical Engineering, Budapest 2003, 116-117.
- [8] Gierzyńska-Dolna M., Adamus J., Motyl M., Nowe smary technologiczne do tłoczenia blach, Materiały Konferencji na 75-lecie Politechniki Poznańskiej, Błażejkowo 18-19 marca 1994, 72-74.

Recenzent
Janusz Braszczyński