

STRUKTURA I WŁAŚCIWOŚCI SPIEKÓW NA OSNOWIE FAZ MIĘDZYMETALICZNYCH UKŁADU Ni-Fe-Al

F. BINCZYK¹, S. J. SKRZYPEK², A. SMOLIŃSKI³

^{1,3} Katedra Technologii Stopów Metali i Kompozytów Politechnika Śląska,
ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice

²Zakład Metaloznawstwa i Metalurgii Proszków, Akademia Górniczo Hutnicza,
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wyniki badań mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych i fizycznych elementów spiekanych z proszków samorozpadowych układu Ni-Fe-Al zawierających fazy międzymetaliczne. Proszki modyfikowano dodatkami proszków Fe, Cu, Ni, Co i Cr. Stwierdzono korzystny wpływ dodatków proszków Cu i Cr na właściwości spieków, a szczególności niską porowatość i dobrą odporność na ścieranie.

Key words: intermetallics, self-decomposition powders, hardness, density, porosity

1. WPROWADZENIE

W ostatnich latach obserwuje się duże zainteresowanie stopami, których głównymi składnikami są fazy międzymetaliczne, jako nowymi materiałami do pracy w podwyższonej temperaturze [1,2]. Pozytywną cechą stopów na bazie faz międzymetalicznych np. Ni-Al i Fe-Al, jest zachowanie wytrzymałości i plastyczności oraz dobrej odporności na ścieranie w podwyższonej temperaturze. Ze względu na wysoką temperaturę topnienia oraz na silną tendencję do utleniania (np. fazy z układu Ti-Al) topienie i odlewanie wyrobów na osnowie faz międzymetalicznych jest utrudnione. Dla ich otrzymania stosuje się często drogą technologię metalurgii próżniowej lub technologię prasowania i spiekania z proszków elementarnych oraz prostą i tanią technologię wytwarzania proszków na osnowie faz międzymetalicznych

¹ prof. dr hab. inż., binczyk@polsl.katowice.pl

² dr hab. inż., adiunkt

³ dr inż., adiunkt

bazującą na samoistnym rozpadzie niektórych stopów układu Fe-Al-X (gdzie X: Ni, Ti, Cr itp.) [3÷5]. W pracy przedstawiono wyniki badań właściwości mechanicznych i fizycznych spieków opartych na proszkach samorozpadowych zawierających fazy międzymetaliczne układu Ni-Fe-Al modyfikowanych dodatkami proszków Fe, Ni, Cu, Cr i Co. Przygotowane w ten sposób kompozycje proszkowe poddano spiekaniu w wysokotemperaturowej prasie Degussa.

2. PRZEPROWADZENIE BADAŃ

Do spiekania próbek wykorzystano bazowy proszek, który po rozpadzie stopu Ni-Fe-Al-C, zawierał: Al-37,8%, Si-0,18%, Mn-0,12%, Ni-34,5%, Cr-0,09%, reszta Fe. W wyniku modyfikowania proszków bazowych innymi pierwiastkami stopowymi uzyskano mieszaniny proszkowe, które po spiekaniu w wysokotemperaturowej prasie, dały wyroby o szerokim zakresie składu fazowego. Uzyskane wyroby poddano badaniom mikrostruktury, twardości, gęstości i porowatości. Użyto następujących proszków modyfikujących: proszek Fe, (Huygen's firm)- typu 100024, proszek Cr o ziarnistości 40-63 μm , proszek Cu o ziarnistości 40-80 μm , proszek Co o ziarnistości 40-63 μm oraz proszek Ni o ziarnistości 40 80 μm . W celu określenia wpływu w/w dodatków na właściwości spiekanych wyrobów przyjęto plan eksperymentu ułamkowego, wymagającego przeprowadzenia jedynie 8 doświadczeń.

Tabela 1. Plan eksperymentu ułamkowego
Table 1. Statistical plan of experiment

Doświadczenie	Czynnik zmienny				
	% Fe	% Cu	% Co	% Cr	% Ni
Poziom podstawowy	15	5	4	4	5
Przedział zmian	5	5	4	4	5
Poziom niższy	10	0	0	0	0
Poziom wyższy	20	10	8	8	10
1.1	-	-	-	-	-
1.2	-	+	-	+	-
1.3	-	+	+	-	+
1.4	-	-	+	+	+
1.5	+	+	-	-	+
1.6	+	-	-	+	+
1.7	+	-	+	-	-
1.8	+	+	+	+	-

Zgodnie z planem eksperymentu przygotowano mieszaniny proszkowe, których skład przedstawia tabela 2. Mając na uwadze wyniki badań sypkości i gęstości oraz składu ziarnowego do badań wytypowano proszki samorozpadowe Ni-Fe-Al. o frakcji od 80 do 125 μm .

Tabela 2. Składy spiekanych mieszanek proszkowych
Table 2. Mixture ratio of sintered powders

Nr Próbk	Skład mieszaniny proszkowej
1.1	72 g PS* + 8g Fe
1.2	57,5g PS + 8g Fe + 8g Cu + 6,5 g Cr
1.3	49,5g PS + 8g Fe + 8 g Cu + 6,5g Co +8g Ni
1.4	51g PS + 8g Fe + 6,5g Co + 6,5g Cr + 8g Ni
1.5	48g PS + 16g Fe + 8g Cu +8g Ni
1.6	49,5g PS + 16g Fe + 6,5g Cr + 8g Ni
1.7	57,5g PS + 16g Fe + 6,5g Co
1.8	43g PS + 16g Fe + 8g Cu + 6,5g Co + 6,5g Cr

Po odważeniu określonych proporcji proszków w celu ujednorodnienia poddano je dodatkowemu mieleniu (przez około 20 minut) w młynku kulowym planetarnym firmy Fritsch. Do spiekania użyto matrycy grafitowej o średnicy stempla 25 mm. Spiekanie przeprowadzono w wysokotemperaturowej prasie próżniowej firmy Degussa typu VSP 15/220. Zastosowano maksymalne ciśnienie prasowania (dla danego typu grafitu) ~15 MPa. Spiekanie prowadzono w próżni rzędu $2 \cdot 10^{-2}$

3. WYNIKI BADAŃ

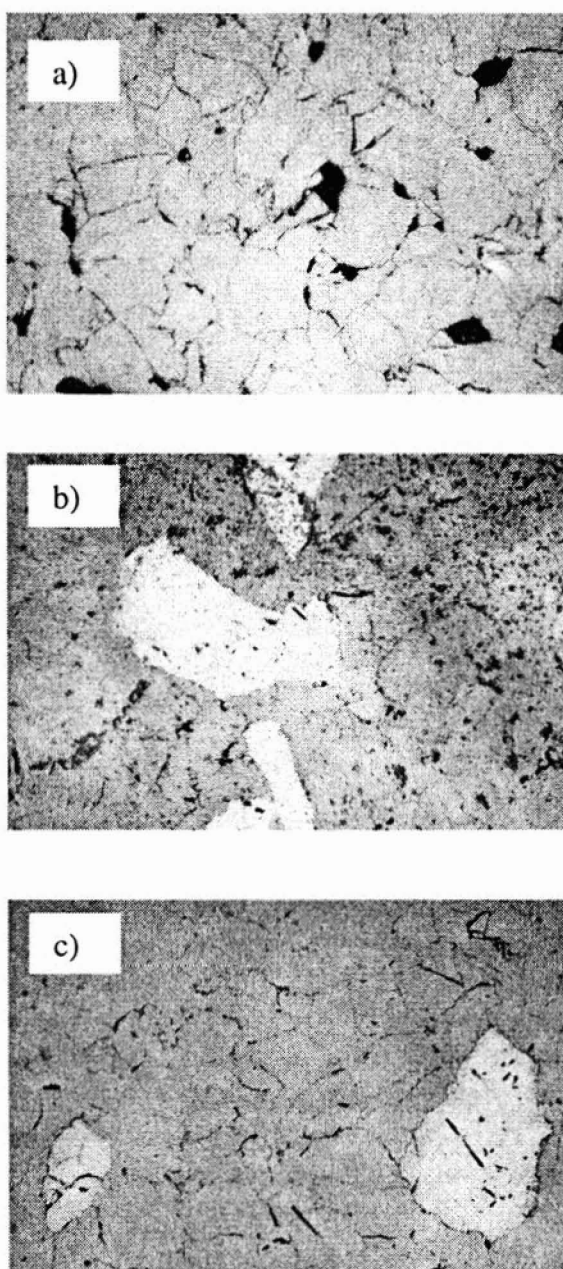
Spieki po wyjęciu z matrycy oczyszczano na szlifierce metalograficznej. Z pomiarów średnicy i wysokości obliczono objętość spieku, a następnie po zważeniu na wadze analitycznej obliczono gęstość spieku. Z kolei obliczono porowatość spieków, uwzględniając gęstość teoretyczną oraz dokonano pomiarów twardości. Pomiar twardości elementów spiekanych przeprowadzono na twardościomierzu typu Brinella, przy użyciu kulki o średnicy 2.5 mm i obciążeniu węgelnika 1840 N.

Wyniki pomiarów i obliczeń tych właściwości przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wyniki pomiarów gęstości, porowatości i twardości spieków
Table 3. . Results of density, porosity and hardness measurement

Lp.	Osnowa	ρ_{rz} g/cm ³	ρ_t g/cm ³	P %	Twardość HB
1.1	Ni-Fe-Al	5,68	6,56	15,5	327
1.2		6,35	6,75	6,3	428
1.3		6,84	7,13	4,2	470
1.4		6,43	6,92	7,6	371
1.5		6,96	7,16	2,9	490
1.6		6,53	6,84	4,8	465
1.7		6,28	6,71	6,9	376
1.8		6,77	7,14	6,9	435

Jak wynika z tabeli 3 największą porowatość wykazuje spiek nr 1.1 (bez dodatków), a najmniejszą spieki nr 1.3 i nr 1.5, zawierające w mieszaninie wyjściowej modyfikujące dodatki proszków miedzi i niklu. Spieki te mają również największą twardość. Mikrostrukturę tych spieków przedstawiono na rys. 1.



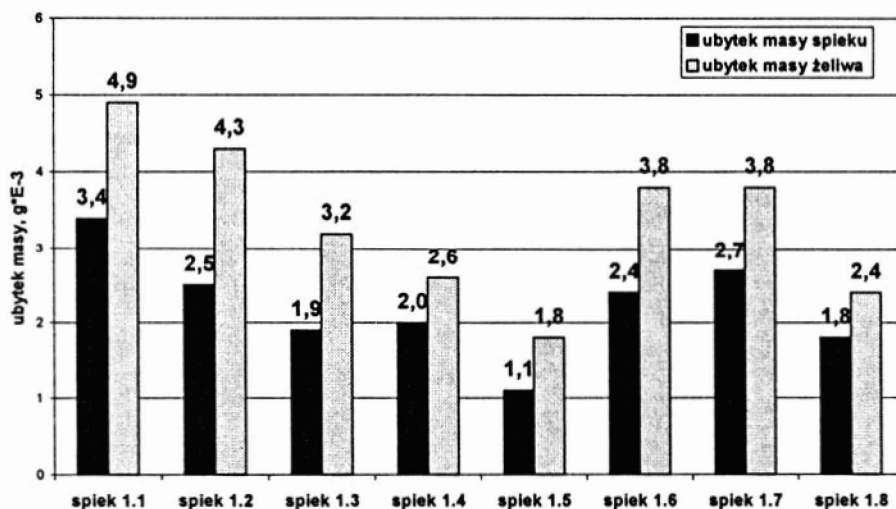
Rys. 1. Mikrostruktura spieków na osnowie PS Fe-Al (pow.100x): a) spiek nr 1.1, b) spiek nr1. 3, c) spiek nr 1.5

Fig.1. Microstructure of Fe-Al sinters (magnification 100x): a) sinter 1.1, b) sinter 1.3, c) sinter 1.5

Badania odporności na ścieranie przeprowadzono na testerze trybologicznym T-01M pracującym w systemie trzpień-tarcza. Tester umożliwia określenie zużycia elementów pozostających względem siebie w ruchu obrotowym, wyznaczenie współczynnika tarcia oraz temperatury w pobliżu powierzchni tarcia. Pomiary można prowadzić przy różnych obciążeniach od 10 do 50N oraz przy prędkości tarczy od 0,1 do 1,0 m/s. Próbkę do badań w kształcie trzpienia o średnicy 6mm i wysokości 10mm wycięto metodą elektroiskrową ze spieków o średnicy 25mm (opis wykonania spieków w p.4.1). Przeciwpróbki w kształcie tarczy o średnicy 38mm i grubości 4mm wykonano z żeliwa sferoidalnego, stosowanego na walce hutnicze o składzie: 3,36% C, 0,65% Mn, 1,29% Si, 0,25% Cr, 1,86% Ni, 0,58% Mo, 0,19% Cu, 0,043% Mg, 0,016% S i 0,08% P.

Przyjęto następujące warunki pomiarów: obciążenie próbki 24,53 N, co daje nacisk 0,87 Mpa, prędkość obwodowa 0,6 m/s, droga tarcia 1000 m.

Uzyskane wyniki pomiarów zużycia badanych spieków i przeciwpróbki z żeliwa sferoidalnego przedstawiono na rys.2.



Rys. 2. Porównanie ubytku masy spieku na osnowie Ni-Fe-Al) i przeciwpróbki
Fig. 2. Comparison of weight loss of sintered Fe-Al and the anti-samples

4. PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, iż najkorzystniejsze właściwości wykazują spieki na osnowie faz międzymetalicznych układu Ni-Fe-Al., które modyfikowano pierwiastkami stopowymi, a zwłaszcza proszkami niklu i miedzi. Są to spieki nr 1.3 i nr 1.5. Spieki te wykazują największą gęstość rzeczywistą w stosunku do gęstości teoretycznej, a więc najmniejszą porowatość. Również odporność na ścieranie

tych spieków jest najwyższa. Zdecydowanie największe zużycie wykazują spieki nr 1 wykonane z proszków niemodyfikowanych oraz spiek nr 7 zawierający dodatek proszku kobaltu. Można, więc powiedzieć, że kobalt niekorzystnie wpływa na strukturę i właściwości spiekanych elementów. Potwierdzeniem tego są prezentowane wyniki twardości i porowatości (tabela 3).

Podziękowanie:

Niniejsza praca została sfinansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych w ramach projektu PBZ-KBN-041/T08/2001

LITERATURA

1. Shenhua S., Ting Dong X.: Distribution of boron in NiAl, *Journal of Materials Science Letters*, 10 (1991), p. 798-800.
2. Cottrell A.H.: Boron and carbon in nickel, iron and NiAl, *Materials Science and Technology*, July (1991), vol. 7, p. 585-586.
3. Binczyk F.: Czynniki kształtujące strukturę wysokoalumiiniowych stopów układu Fe-Al-C i analiza zjawisk destrukcyjnych prowadzących do ich samorzutnego rozpadu, *Zeszyty Naukowe Pol. Śl., Hutnictwo nr40*, Gliwice, 1991.
4. Gierek A, Binczyk F, i inni: Samorozpadowe proszki metalowe – technologia otrzymywania, własności i zastosowanie, *Inżynieria Materiałowa nr2*, 1989.
5. Binczyk F., Skrzypek S.J.: The intermetallic powders of Ni-Al., Cu-Al and Cr-Al. sinters obtained by the self-desintegration method. *Powder Technology*, 120, 2001, p.159-163

MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF SINTERS BASED ON SELF-DECOMPOSITION INTERMETALLIC Ni-Fe-Al POWDERS

ABSTRACT

Powders containing intermetallic compounds were obtained by self-decomposition of Ni-Fe-Al-C alloy cast with Fe, Cu, Ni, Co and Cr, additives. These powders were sintered in Degauss type vacuum press. Sinters were investigated to reveal microstructure, physical and mechanical properties. The most interesting property was examined with T-01M tester i.e. abrasive wear and friction of couple with counterpart of iron cast.

Recenzował prof. Edward Guzik