

Janina Marcinkowska, Jan Głowacki

Instytut Odlewnictwa

CHARAKTERYSTYKA ROZSZERZALNOŚCI LINIOWEJ STOPÓW NIKLOWO-CHROMOWYCH Z DODATKAMI BORU, KRZEMU I ŻELAZA

Streszczenie. Przedstawiono wyniki pomiarów dylatometrycznych oraz badań metalograficznych stopów Ni-Cr-Si-B. Badania prowadzono w celu stwierdzenia i określenia ich przydatności na powłoki przeciwścierne i nakładki do zbrojenia powierzchni odlewów metodą odlewniczą.

1. Wstęp

Stopy niklowo-chromowe z borem, borem i krzemem, ewentualnie z innymi dodatkami znalazły zastosowanie w metodzie metalizowania powierzchni metalicznych jako tworzywo na powłoki o bardzo wysokiej odporności na ścieranie [1,3]. Do tej grupy stopów zalicza się materiały, w których udziały głównych składników stopowych wynoszą: 8-20% Cr; 1-5% B; 1-5% Si, reszta Ni.

Metody metalizowania stopami Ni-Cr-B-Si wykorzystuje się przede wszystkim w procesach napawania oraz natryskiwania z kolejną obróbką cieplną [1,2,4].

Powłoki wykonane z omawianych stopów posiadają cenne własności użytkowe i stosowane są przede wszystkim do ochrony powierzchni, narażonych na intensywne procesy erozyjne.

Badania podjęto w związku z opracowaną technologią wykonywania przeciwściernych powłok ze stopów Ni-Cr-B-Si na żeliwie metodą odlewniczą [6], jak też z pracą nad zbrojeniem odlewów żeliwnych w procesie odlewania, nakładkami ze stopów Ni-Cr-B-Si [6]. Przemiany zachodzące w materiale powłoki czy też nakładki podczas nagrzewania i chłodzenia oraz rozszerzalność liniowa materiału są parametrami bardzo ważnymi, wpływającymi na jakość połączenia powłoki względnie nakładki z podłożem w procesie technologicznym. Warunkują one powstawanie naprężeń, będących przyczyną naruszenia szczelności nałożonych warstw metalicznych oraz powstawania pęknięć podczas ich eksploatacji. Celem pracy jest określenie współczynnika rozszerzalności liniowej oraz struktury stopów Ni-Cr-B-Si, stosowanych do metalizowania odlewów.

2.2. Warunki przeprowadzonych badań

Do badań zastosowano stopy niklowo-ohromowe z borem, krzemem i żelazem o składzie chemicznym podanym w tablicy 1.

Tablica 1

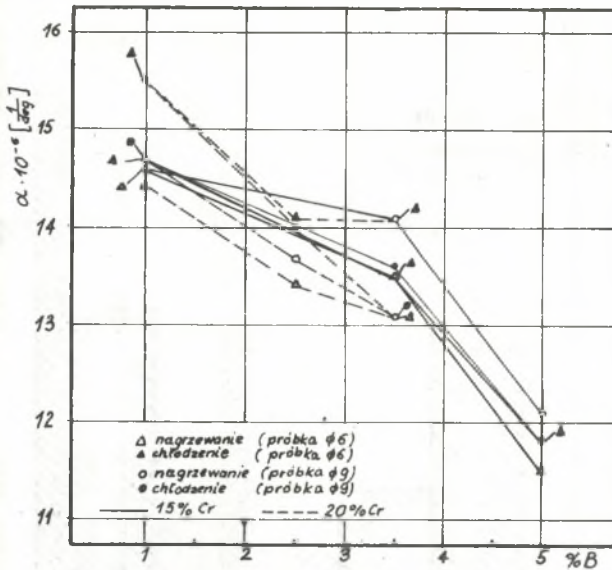
Skład chemiczny badanych stopów

Oznaczenie stopów	Zawartość pierwiastków (%)					
	C	B	Si	Cr	Fe	Ni
1	0,15	0,97	5,01	15,24	3,27	R E S Z T A
3	0,35	1,48	7,98	15,24	8,12	
4	0,32	2,72	5,95	14,75	4,01	
5	0,13	0,66	5,18	18,84	3,50	
6	0,12	1,40	5,58	20,64	3,05	
7	0,36	2,40	5,20	19,32	3,39	
9	0,24	1,90	5,63	14,94	11,78	
10	0,12	1,72	6,80	14,23	23,01	

Bor wprowadzono do wsadu w postaci zaprawy niklowo-borowej wytopionej w piecu próżniowym w atmosferze argonu. Badaniom poddano osiem stopów o stałej zawartości krzemu, różniących się udziałem boru i chromu. Do dwóch stopów wprowadzono żelazo w celu określenia możliwości zmniejszenia udziału niklu oraz oddziaływania tego pierwiastka na rozszerzalność liniową. Próbkę do badań dylatometrycznych o średnicy 6 i 9 mm i długości 30 mm za lewano do specjalnej kokilli.

Badania dylatometryczne przeprowadzono w zakresie temperatur 20–900°C na dylatometrze optycznym produkcji IMŻ typu IS4. Żądaną szybkość grzania i chłodzenia równą 150°C/h otrzymano przez nałożenie odpowiedniego programu. Pomiaru temperatury dokonywano przy pomocy termopary NiCr–Ni oraz kompensatora technicznego KT3. Próbkę w czasie do świadczenia pozostawiała w atmosferze powietrza. Wyniki pomiarów współczynnika rozszerzalności liniowej przedstawiono na rys. 1 i 2.

Badania metalograficzne przeprowadzono na zgładach trawionych alkoholowym roztworem FeCl₃ i HCl. Obserwacji struktury dokonano na mikroskopie Epityp 2. Według danych [4] stopy na osnowie niklu zawierające 8 – 20% Cr; 1,5 – 4,5% B i 1 – 4% Si winny posiadać strukturę wielofazową a mianowicie: roztworu stałego chromu i krzemu w niklu, borku chromu i borków niklu. Natomiast nie stwierdzono obecności krzemków, uważając że krzem rozpuszcza się w roztworze stałym i nie tworzy w tych stopach faz międzymetalicznych. Niektóre struktury stopów przedstawiono przykładowo na rys. 3–6. Badania metalograficzne uzupełniono bada-



Rys. 1. Zależność średniego współczynnika rozszerzalności liniowej $\alpha_{20-700} \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{deg}}$ od udziału składników w stopie

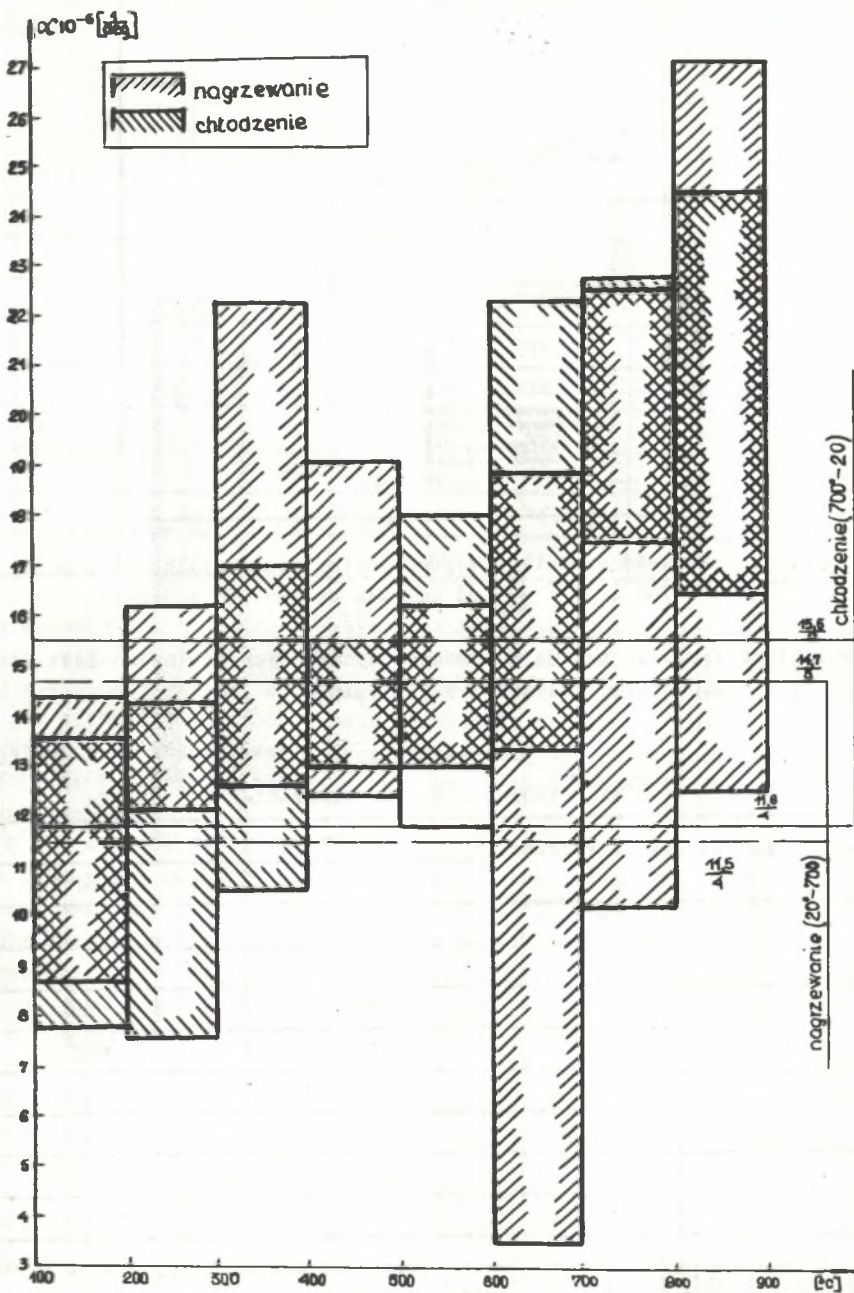
niami mikrotwardości metodą Hanemanna. Wyniki tych pomiarów zestawiono w tablicy 2 dla umownej przekątnej 5 i 10 μm .

Tablica 2

Mikrotwardość stopów Ni-Cr-Si-B

Oznaczenie stopu	Mikrotwardość HV	Mikrotwardość faz HV	
		faza A	faza B
1	HV 5	482	
	HV 10	437	
4	HV 5	1706	2020
	HV 10	1594	1890
6	HV 5	541	2225
	HV 10	473	1885
10 ^{x)}	HV 5	735	1631
	HV10	643	1546

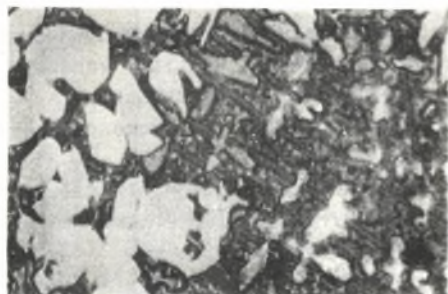
^{x)} W stopie oznaczonym nr 10 stwierdzono obecność trzeciej fazy o mikrotwardości 2967 HV₅ i 2760 HV₁₀.



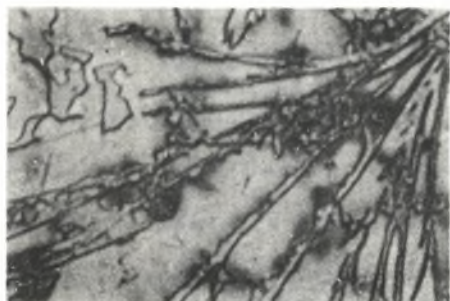
Rys. 2. Zakresy wartości rzeczywistego współczynnika rozszerzalności cieplnej stopów Ni-Cr-Si-B dla różnych przedziałów temperatur



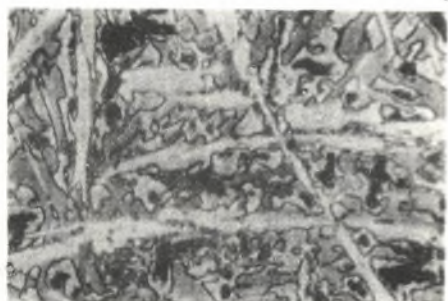
Rys. 3. Struktura stopu 1: Drobne wydzielenia faz międzymetalicznych w osnowie roztworu stałego, 500 x



Rys. 4. Struktura stopu 4: duże wydzielenia faz międzymetalicznych na tle ciemnej osnowy roztworu stałego, 500 x



Rys. 5. Struktura stopu 6: iglaste wydzielenia faz międzymetalicznych w osnowie roztworu stałego, 500 x



Rys. 6. Struktura stopu 10: wydzielenia faz międzymetalicznych w roztworze stałym, 500 x

Analiza wyników badań

Na podstawie przeprowadzonych badań metalograficznych, pomiarów mikro-twardości, jak też danych literaturowych [4] stwierdzono, że badane stopy posiadają strukturę roztworu stałego z wydzieleniami faz międzymetalicznych prawdopodobnie borków. Oczekiwać należy borków chromu i niklu o różnym procentowym udziale składników, jak również borków złożonych. Z miarę wzrostu udziału boru w stopie obserwuje się powiększenie wydzieleni fazy międzymetalicznej. Wzrost zawartości chromu w stopie powoduje podwyższenie mikrotwardości roztworu stałego, jak również wydzieleni faz międzymetalicznych.

Na podstawie własnych badań dylatometrycznych jak też uwzględniając badania dylatometryczne podobnych stopów [5] można wnioskować o braku przemian fazowych w badanych stopach. Należy się liczyć natomiast z procesem ujenorodnienia składu roztworu stałego, jak również z możliwością częściowego rozpuszczania faz międzymetalicznych w osnowie. W przypadku zbroje-

nia powierzchni odlewów żeliwnych nakładkami ze stopów Ni-Cr-B-Si (Fe) metodą zalewania w formie wskazane jest uprzednio odlane nakładki poddać wyżarzaniu ujenorodniającemu.

Na podstawie wyznaczonych wartości średniego współczynnika rozszerzalności liniowej 20 - 700 $\frac{1}{\text{deg}}$ dla różnych stopów stwierdzono, że wzrost udziału boru powoduje obniżenie współczynnika rozszerzalności liniowej (rys 1 i 2). Zmniejszenie zawartości niklu nie powoduje istotnych zmian w wartości współczynnika α .

Badane stopy posiadają rozszerzalność liniową zbliżoną do żeliwa szarego, co kwalifikuje je jako materiał na powłoki ochronne.

LITERATURA

1. Gerald R. - Welding and Metal Fabrication. 10, 1962, 398.
2. Appen A. - Żaroodporne powłoki nieorganiczne, WNT, Warszawa, 1970.
3. Jeremiejew W., Subotowski W., Leonowa L. - Awtomatizieskaja Swarka 10, 1969, 59.
4. Gładkij P., Pierepletoczikow E., Frumin J. - Awtomatizieskaja Swarka 9, 1968, 58.
5. Jeremiejew W., Wasiljew, Subotowski W., Pawłowa T., Dowżenko W. - Awtomatizieskaja Swarka 6, 1971, 70.
6. Sakwa W., Marcinkowska J. - Sprawozdanie z pracy badawczej, niepublikowane, Instytut Odlewnictwa Pol. Sl., Gliwice, 1972.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ НИКЛЕВОХРОМОВЫХ СПЛАВОВ С ДОБАВКАМИ БОРА, КРЕМНИЯ И ЖЕЛЕЗА

Р е з ю м е

В работе подано результаты дилатометрических измерений, а также исследования металлографических сплавов Ni-Cr-Si-B. Исследования проведено с целью установления и определения их пригодности на против абразивные покрытия и накладки по армированию поверхности отливок литейным методом.

CHARACTERISTICS OF THE LINEAR DILATABILITY OF NICKEL-CHROMIUM
ALLOYS WITH ADMIXTURES OF BORON SILICON AND IRON

S u m m a r y

The paper discusses the results of dilatometric measurements and metallographic investigations of alloys containing nickel, chromium, silicon and boron. These investigations have been undertaken in order to find out and to determine the adaptability of such alloys as abrasion-resisting coatings and cover plates for reinforcing the surface of castings by means of the casting method.