

WPLYW ALUMINIUM NA NIEKTÓRE WŁAŚCIWOŚCI I STRUKTURĘ STALIWA

J. KILARSKI¹, D. BARTOCHA²

Zakład Odlewnictwa
Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych
Politechniki Śląskiej w Gliwicach
ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu zawartości aluminium w granicach 6-22% na strukturę i podstawowe właściwości staliwa.

Keywords: FeAl alloys, intermetallic, aluminum cast steel.

1. WPROWADZENIE

Rozwój współczesnej techniki oraz potrzeba budowy niezawodnych urządzeń pracujących w wysokich temperaturach rzędu 1000-1200°C i narażonych na działanie środowiska agresywnego, wymusiły konieczność stosowania materiałów ogólnie nazwanych żaroodpornymi. Do materiałów tych zaliczamy znane i udoskonalane stale, staliwa i żeliwa żaroodporne, a także nowoczesne materiały, a mianowicie nadstopy i intermetaliki, których rozwój nastąpił po drugiej wojnie światowej. Spośród wymienionych materiałów szczególną uwagę zwrócono na intermetaliki głównie z układu Fe-Al ze względu na ich niski koszt wytwarzania, małą gęstość, odporność na utlenianie i zachowanie uporządkowanej struktury w całym zakresie temperatur.

Jednak intermetaliki w procesie krystalizacji charakteryzują się skłonnością do gruboziarnistości, czego konsekwencją jest znaczna kruchość. Niedostateczna plastyczność w temperaturach otoczenia i skłonność do kruchego pęknięcia powodują, że wcześniej wymienione cenne cechy intermetalików pozostają w sferze jedynie potencjalnych możliwości stąd szersze zastosowanie ich jest ograniczone. Ponadto

¹ dr inż., jerzy.kilarski@polsl.pl

² dr inż., dariusz.bartocha@polsl.pl

materiały te otrzymuje się przeważnie na drodze etapowego przetapiania wsadu w piecu próżniowym, co czyni je jeszcze bardziej niedostępnymi. Przedstawione problemy próbuje się rozwiązywać w różny sposób m.in. przez wprowadzanie dodatków stopowych, procesy modyfikacji, obróbkę cieplną itp. Samo już wprowadzenie dodatków stopowych czyni te stopy wieloskładnikowymi, więc coraz trudniej mówić o czystych układach Fe-Al, raczej należy rozważać te materiały jako pseudointermetale lub po prostu stopy żelaza z aluminium. Z grupy tej znane i wystarczająco opracowane są żeliwa aluminiowe, podczas gdy staliwa, w których aluminium jest podstawowym pierwiastkiem nie są ujęte żadną normą i nie znajdują zastosowania w praktyce. Stąd zamiarem autorów było poznanie struktury i podstawowych właściwości staliwa zawierającego 6-22% aluminium.

2. CEL, ZAKRES I PRZEBIEG BADAŃ

Celem pracy było określenie wpływu aluminium w zakresie 6-22% na podstawowe właściwości mechaniczne i strukturę staliwa.

Staliwo aluminiowe wytapiano w indukcyjnym piecu tyglowym o pojemności 25 kg. Jako wsad metalowy stosowano złom stalowy i czyste aluminium A199,99. Kapiel stalową przegrzewano do ok. 1600°C, a następnie szybko wprowadzano odpowiednią ilość aluminium. Po roztopieniu zalewano próbki do badań. Tak przeprowadzono 5 wytopów staliwa o zawartości: ok. 6, 8, 12, 16 i 22% Al oznaczając je w pracy odpowiednio: FeAl6, FeAl8, FeAl12, FeAl16 i FeAl22. Skład chemiczny poszczególnych wytopów przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Skład chemiczny staliwa aluminiowego
Table 1. Chemical composition of aluminum cast steel

Oznaczenie	Skład chemiczny [%]					
	C	Mn	Si	P	S	Al
FeAl6	0,35	0,29	0,19	0,012	0,022	6,52
FeAl8	0,09	0,22	0,36	0,018	0,038	8,84
FeAl12	0,39	0,36	0,44	0,017	0,023	11,37
FeAl16	0,48	0,42	0,29	0,019	0,017	16,61
FeAl22	0,49	0,30	0,44	0,014	0,021	22,33

3. WYNIKI BADAŃ

3.1. Badania twardości, wytrzymałości na rozciąganie i udarności

Badania twardości przeprowadzono metodą Vickersa, stosując obciążenie 50kg. Z kolei badania wytrzymałości na rozciąganie przeprowadzono na próbkach o średnicy szyjki 16mm stosując uniwersalną maszynę o max. sile 10 ton.

Pomiar udarności przeprowadzono za pomocą młota wahadłowego o max. zasobie energii 5 kGm na próbkach bez karbu o wymiarach 10x10x55mm. Wyniki badań zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki badań twardości (HV), wytrzymałości (Rm) i udarności
Table 2. Results of hardness (HV) and tensile strength (Rm) measurements

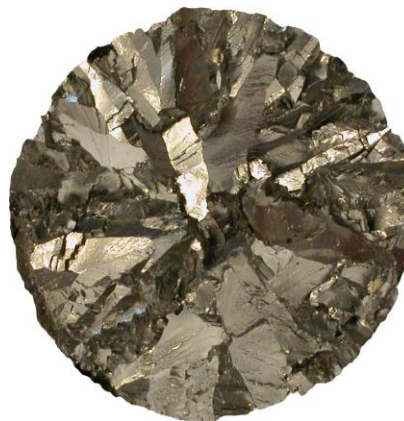
Oznaczenie Stopu	Badane własności		
	HV	Rm [MPa]	U [kGm/cm ²]
FeAl6	222	165	1,15
FeAl8	211	157	0,24
FeAl12	279	162	0,76
FeAl16	333	177	1,02
FeAl22	315	231	1,17

3.2. Badania metalograficzne makro- i mikroskopowe

Badania metalograficzne sprowadzały się do obserwacji makro- i mikrostruktury. Obserwacje makrostruktury dokonano na przełomach zerwanych próbek stosując powiększenie 3,5x, natomiast obserwacje mikrostruktury przeprowadzono na zglądach metalograficznych trawionych odczynnikami Mi15Fe stosując powiększenie 50x. Efekty obserwacji makrostruktury przedstawiają rysunki 1-5, natomiast mikrostrukturę przedstawiono na rysunkach 6-10.



Rys. 1. Przełom staliwa FeAl6
Fig. 1 Fracture of FeAl6 cast steel



Rys. 2. Przełom staliwa FeAl8
Fig. 2. Fracture of FeAl8 cast steel



Rys. 3. Przelom staliwa FeAl12
Fig. 3. Fracture of FeAl12 cast steel



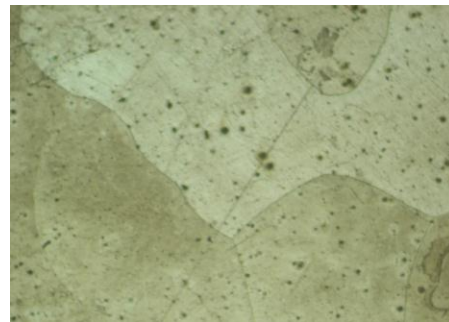
Rys. 4. Przelom staliwa FeAl16
Fig. 4. Fracture of FeAl16 cast steel



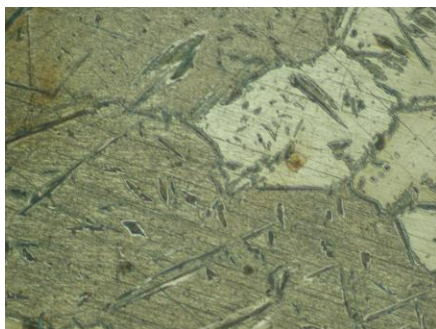
Rys. 5. Przelom staliwa FeAl22
Fig. 5. Fracture of FeAl22 cast steel



Rys. 6. Struktura staliwa FeAl6, ferryt + perlit, x50
Fig. 6. FeAl6 cast steel microstructure, ferrite + pearlite, mag. 50

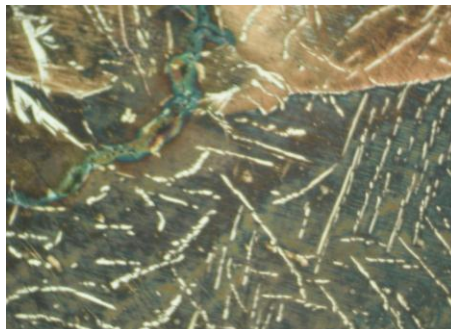


Rys. 7. Struktura staliwa FeAl8, ziarna ferrytu, x50
Fig. 7. FeAl8 cast steel microstructure, ferrite grains, mag. 50



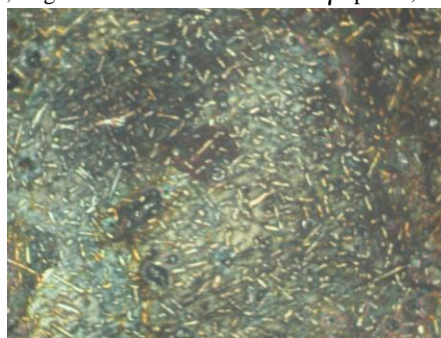
Rys. 8. Struktura staliwa FeAl12, ferryt + faza γ' , x50

Fig. 8. FeAl12 cast steel microstructure, ferrite + γ' phase, mag. 50



Rys. 9. Struktura staliwa FeAl16, ferryt + faza γ' , x50

Fig. 9. FeAl16 cast steel microstructure, ferrite + γ' phase, mag. 50



Rys. 10. Struktura staliwa FeAl22, ferryt + faza γ' , x50

Fig. 10. FeAl22 cast steel microstructure, ferrite + γ' phase, mag. 50

4. Dyskusja Wyników

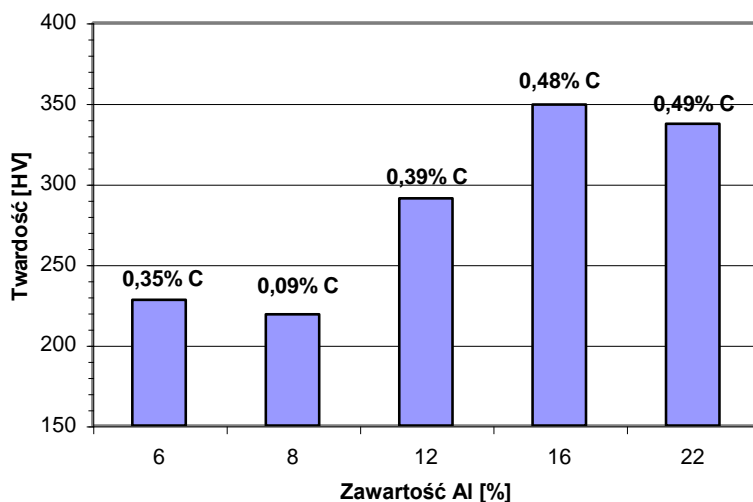
Jak wspomniano wcześniej materiał do badań stanowił złom stalowy i czyste aluminium. Taki wsad zapewniał otrzymanie staliwa aluminiowego z pewną ilością C, Si i Mn. Niestety analiza chemiczna wykazała większe niż się spodziewano różnice w zawartości tych pierwiastków szczególnie węgla, co niewątpliwie miało wpływ na strukturę i badane właściwości a także na interpretację wyników.

Obserwując makrostrukturę na przelomach potwierdzają się dane literaturowe, że prawie czyste stopy Fe-Al posiadają strukturę grubokrystaliczną, czego przykładem jest stop FeAl8 o zawartości 0,09%C. Natomiast większa zawartość węgla już w ilości 0,35-0,5% powoduje pojawienie się obszarów drobniejszej struktury, co jest dobrym znakiem dla podejmowania dalszych badań nad tą grupą stopów. Z kolei rozpatrując

mikrostrukturę należy podkreślić, że nie odbiega zasadniczo od danych literaturowych, głównym składnikiem struktury jest ferryt aluminiowy, przy czym najwięcej jest go w stopie FeAl8 o najmniejszej zawartości węgla. W stopach powyżej 8%Al oprócz ferrytu pojawia się faza γ w ilości proporcjonalnej do ilości aluminium i węgla, a poniżej 8%Al oprócz ferrytu występuje jeszcze perlit.

Rodzaj struktury zwykle przekłada się na właściwości mechaniczne, które można zinterpretować następująco:

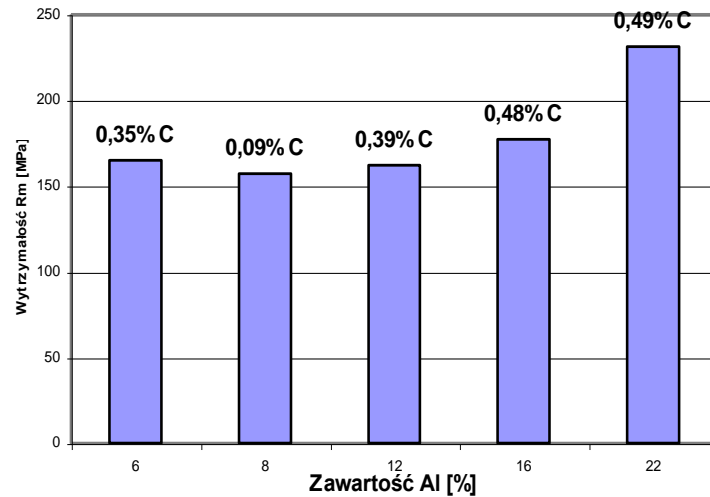
- twardość stopów zmienia się wraz ze zmianą zawartości aluminium oraz węgla (rys.11). Najmniejszą twardością charakteryzuje się stop FeAl8 (211HV) o małym stężeniu węgla wynoszącym 0,09%C, zaś największą twardość uzyskano dla FeAl16 (333HV) o zawartości 0,48%C.



Rys.11. Wykres zależności twardości od stężenia aluminium i węgla

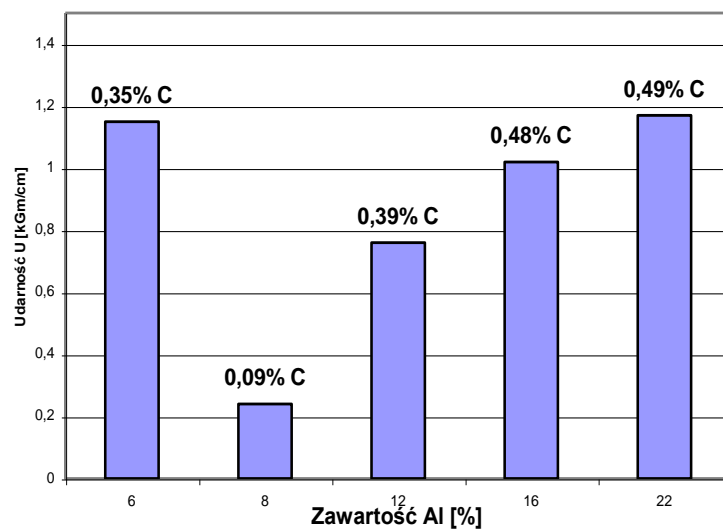
Fig. 11. Graph of hardness dependence on aluminum and carbon content

- wytrzymałość na rozciąganie nie jest wysoka mieści się w zakresie 150-230 MPa co porównywalne jest z grupą żeliw szarych. Różnice, jakie się pojawiły wynikają, jak się wydaje, nie tyle od ilości aluminium, ile od zawartości węgla (rys.12).



Rys. 12. Zależności wytrzymałości na rozciąganie od stężenia aluminium i węgla
Fig. 12. Graph of tensile strength dependence on aluminum and carbon content

Szczególnie zawartość węgla uwidoczniła się podczas badań udarności, czego przykładem są wyniki przedstawione na rysunku 13.



Rys. 13. Wykres zależności udarności od stężenia aluminium i węgla
Fig. 13. Graph of impact strength dependence on aluminum and carbon content

Zbyt niska zawartość węgla powoduje pojawienie się struktury gruboziarnistej, co przekłada się na niską wytrzymałość i jeszcze niższą udarność. Podwyższenie zawartości węgla poprawia strukturę i właściwości stąd wydaje się celowe podjęcie w tym kierunku dalszych badań.

LITERATURA

- [1] L. A. Dobrzański: *Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo*. Wydawnictwo Naukowo-Technologiczne, Warszawa 2002
- [2] B. Mikołowski: *Stopy żaroodporne i żarowytrzymałe: nadstopy*. Wydawnictwo AGH, Kraków 1997
- [3] J. Bystrzycki, R. A. Varin, Z. Bojar: *Postępy w badaniach stopów na bazie uporządkowanych faz międzymetalicznych z udziałem aluminium*. Inżynieria Materiałowa Nr 5/1996
- [4] W. Szkliniarz, T. Mikuszeński: *Wytwarzanie stopów na osnowie fazy międzymetalicznej FeAl metodami metalurgii próżniowej*. Inżynieria Materiałowa Nr 4-5/2003

ALUMINUM INFLUENCE ON SOME PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE OF CAST STEEL

STRESZCZENIE

Results of research into influence of aluminum content on basic properties and microstructure aluminum cast steel have been presented. Cast steel with aluminum content changing in range 6 – 22% have been researched.

Recenzował Prof. Jan Szajnar