

**STRUKTURA I WŁAŚCIWOŚCI STALIWA FERMANAL**F. BINCZYK<sup>1</sup>, A. GIEREK<sup>2</sup><sup>1,2</sup>Katedra Technologii Stopów Metali i Kompozytów,  
Politechnika Śląska, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice**STRESZCZENIE**

W pracy przedstawiono podsumowanie wyników badań nad opracowaniem odlewniczego stopu żelaza na elementy maszyn i urządzeń, o obniżonej gęstości, właściwościach paramagnetycznych oraz dobrych właściwościach wytrzymałościowych i technologicznych. Przeznaczeniem tego stopu mogą być korpusy i elementy generatorów i silników elektrycznych. Warunki te spełnia austenityczne staliwo FERMANAL zawierające od 0,5 do 1,0% C, od 20 do 30% Mn oraz od 5 do 8% Al. Badania w tym kierunku zapoczątkowano w Katedrze Technologii Stopów Metali i Kompozytów już w latach od 1976 do 1990. Badania nad udoskonaleniem technologii otrzymywania i poprawy właściwości tego gatunku staliwa zostały wznowione i będą prowadzone od początku 2006 do 2008 roku, w ramach projektu zamawianego KBN.

*Key words, cast steel iron, microstructure, mechanical properties, density.*

**1.WSTĘP**

Konieczność oszczędnego gospodarowania surowcami i materiałami powoduje, że znaczna część prac badawczych poświęcona jest problemom obniżenia kosztów wytwarzania tworzyw konstrukcyjnych, przy jednoczesnym podwyższeniu ich własności wytrzymałościowych, co z kolei pozwala na obniżenie masy gotowych konstrukcji. Jednym z kierunków prowadzących do tego celu jest zastosowanie na elementy maszyn i urządzeń tworzyw o obniżonej gęstości, przy zachowaniu odpowiednio wysokich własności wytrzymałościowych. W tworzywach takich, często składniki dotąd deficytowe, zastępowane są składnikami o niskiej gęstości i bardziej

---

<sup>1</sup> Prof.dr hab. inż., [franciszek.binczyk@polsl.pl](mailto:franciszek.binczyk@polsl.pl)

<sup>2</sup> Prof. zw. dr hab. inż.

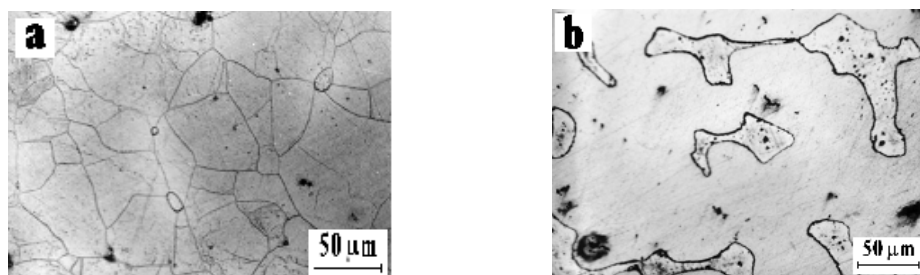
dostępny, jak np. aluminium i krzem. Często tworzywa te winny dodatkowo spełniać odpowiednie wymagania w zakresie podwyższonej odporności na korozję i żaroodporności. W latach 1977 do 1985r w Instytucie Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej w Katowicach prowadzono badania nad technologią otrzymywania bezniklowego austenicznego i austenitczno-ferrytycznego staliwa, w którym austenitotwórcze działanie Ni zastąpiono dodatkiem Mn, a obniżenie masy odlewów uzyskano poprzez wprowadzenie do staliwa Al, w ilości od 6 do 9% [1-3]. Niedocenionymi własnościami staliwa FERMANAL jest antyferromagnetyzm osnowy metalicznej oraz stała wartość opór w szerokim zakresie temperatury.

## 2. STRUKTURA STALIWA FERMANAL

Zasadniczymi składnikami strukturalnymi staliwa FERMANAL są austenit i ferryt, przy czym ich wzajemny udział zależy od zawartości Mn i Al. Strukturę całkowicie austenitczną w staliwie zawierającym 0,3% C uzyskuje się wówczas, gdy zawartość Mn i Al wynosi:

- około 15% Mn i poniżej 2,0% Al,
- około 20% Mn i poniżej 3,0% Al,
- około 25% Mn i poniżej 4,0% Al,
- około 30% Mn i poniżej 5,0% Al.

Każde, dalsze powiększenie zawartości węgla w staliwie o 0,1%, powoduje podwyższenie granicznej zawartości Al o 0,5%. I tak, w staliwie zawierającym 20% Mn i 0,9% C, struktura austenitczna zachowana jest do zawartości 6% Al. W strukturze staliwa zawierającego 20% Mn i ponad 8% Al obok ferrytu i austenitu dochodzi do wydzielenia dodatkowych faz, jak:  $FeMn_3$ ,  $(Fe, Mn)_3Al$  i  $(Fe, Mn)AlC$ , przy czym czynnikiem sprzyjającym wydzieleniu się tych faz jest obniżenie intensywności stygnięcia odlewów. Obecność tych faz ujemnie wpływa na własności plastyczne staliwa FERMANAL. Typowe struktury staliwa FERMANAL przedstawiono na rys 1.



Rys. 1. Mikrostruktura staliwa Fermanal: a) austenitczna (0,97% C, 20,45% Mn, 5,25% Al), b) austenitczno-ferrytyczna (0,88% C, 19,56% Mn, 7,25% Al)

Fig. 1. Microstructure of the FERMANAL cast steel: a) austenitic (0,97% C, 20,45% Mn, 5,25% Al), b) austenitic-ferritic (0,88% C, 19,56% Mn, 7,25% Al)

### 3. WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE

Staliwo FERMANAL o strukturze austenitycznej zawierające od 0,9 do 1,1% C, 19 do 21% Mn, 5,5 do 6% Al, poniżej 0,08% P, poniżej 0,03% S i od 0,35 do 0,45% V, poddane dwuetapowej modyfikacji, najpierw w piecu przy pomocy FeTi a następnie w kadzi przy pomocy FeSi, posiada w stanie po odlaniu wytrzymałość na rozciąganie od 700 do 750 MPa oraz udarność od 0,6 do 0,8 MJ/m<sup>2</sup>. Obecność ferrytu w strukturze (ponad 5%) powoduje obniżenie udarności staliwa, nawet do 0,3 MJ/m<sup>2</sup>. Niekorzystnie na własności plastyczne staliwa FERMANAL wpływają również inne oprócz Al dodatki ferrytotwórcze, takie jak: Si w ilości ponad 0,4% oraz Cr w ilości ponad 1,0%.

W celu poprawy własności mechanicznych próbki z wybranych wytopów poddano obróbce cieplnej. Przesycanie prowadzono w temperaturze od 900 do 1100°C w czasie 0,5 h (studzono w wodzie). Następnie próbki poddano starzeniu w temperaturze od 450 do 850°C, w czasie 3 h (studzenie w powietrzu). Po przesycaniu w 950°C i starzeniu w 650°C próbki uzyskały wytrzymałość na rozciąganie około 800 MPa i udarność 0,85 MJ/m<sup>2</sup>. W następnym etapie, badaniom poddano staliwo FERMANAL zawierające dodatek wanadu od 0,35 do 0,65%. Szczególnie korzystne wyniki uzyskano dla staliwa zawierającego: 0,92% C, 19,4% Mn, 5,44% Al, 0,06% S, 0,015% S i 0,45% V, wytopionego w piecu indukcyjnym. Najlepsze wyniki uzyskano dla temperatury przesycania 1050°C w czasie 0,5h oraz po starzenia w temperaturze 650°C w czasie 3 h (studzenie na powietrzu). Wytrzymałość na rozciąganie wynosiła 880 MPa, twardość od 180 do 230 HB, a udarność około 1,0 MJ/m<sup>2</sup>.

### 4. PODSUMOWANIE

Staliwo FERMANAL o strukturze austenitycznej zawierające od 0,9 do 1,0% C, od 19 do 21% Mn, od 5,5 do 6,0% Al, od 0,4 do 0,45% wanadu, poniżej 0,08% P i poniżej 0,03% S spełnia wymagania stawiane odlewom pracującym w warunkach obciążeń dynamicznych. W stanie po odlaniu staliwo posiada wytrzymałość na rozciąganie od 700 do 750 MPa i udarność od 0,6 do 0,8 MJ/m<sup>2</sup>. Staliwo FERMANAL posiada dobrą lejność, zbliżoną do lejności staliwa węglowego oraz nieco wyższy skurcz liniowy, od 2,2 do 2,4%. Wymaga to stosowania odpowiednio podatnych mas formierskich oraz określonych zmian w konstrukcji odlewów. Gęstość właściwa staliwa FERMANAL jest obniżona średnio o około 12%, w stosunku do gęstości staliwa węglowego.

Staliwo FERMANAL może być stosowane na odlewy elementów maszyn i urządzeń, zwłaszcza zaś dużych silników elektrycznych i generatorów prądowych; staliwo to, jako lżejsze, może znaleźć zastosowanie wszędzie tam, gdzie obniżenie masy dużych urządzeń transportowych zwiększa ich funkcjonalność, zmniejszając zarazem zużycie energii na jednostkę przenoszonej masy, np. koła jezdne pojazdów gaśnicowych.

Praca ma charakter podsumowania, zawiera wyniki badań wstępnych i stanowi podstawę do opracowania celu i zakresu badań w zadaniu badawczym PBZ/I.2/2005 "Beznikłowe, paramagnetyczne staliwo na odpowiedzialne odlewy" realizowanego w ramach projektu **PBZ-KBN-114/T08/2004**.

## LITERATURA

- [1] Binczyk F. i inni: „Wpływ składu chemicznego oraz modyfikacji na strukturę, własności mechaniczne staliwa FERMANAL”. Praca naukowo-badawcza, problem międzyresortowy I-22, Katowice 1979.
- [2] Gierek A., Binczyk F., Sabela M., Mendera E.: „Wpływ składu chemicznego na własności mechaniczne i odlewnicze oraz kształtowanie struktury pierwotnej staliwa FERMANAL. Materiały na urządzenia energetyczne, technologiczne pracujące w podwyższonych temperaturach.” Materiały konferencyjne , MR.I.22, Katowice 1980.
- [3] Binczyk F., Gierek A., Szymuszal J.: Beznikłowe austenityczne staliwo FERMANAL – technologia i właściwości, Inżynieria Materiałowa, nr 5, 1984.

## THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE FERMANAL CAST STEEL

### SUMMARY

In this work a basic characteristic of austenitic and paramagnetic FERMANAL steel has presented. The influence of chemical composition the microstructure and mechanical properties has been discussed. A density of the cast steel is 10-15% lower than the density of conventional cast steels. After the hot improvement it has Rm 750-800MPa and hardness 180-230HB.

Recenzował: Prof. Marek Hetmańczyk