



MODYFIKACJA STALIWA NISKOSTOPOWEGO Cr-Mn-Si-Ni-Mo
BOREM, TYTANEM i MZR

Sebastian Sobula¹, Grzegorz Tęcza², Oswald Krasa³, Wojciech Wajda⁴

¹⁻²AGH w Krakowie, Wydział Odlewnictwa, ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków, Polska

³HSW Odlewnia Sp. z o.o., ul. Kwiatkowskiego 1, Stalowa Wola, Polska

⁴Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN, ul Reymonta 25, 30-059 Krakow, Polska
¹sobula@agh.edu.pl (corresponding author)

Słowa kluczowe: Modyfikacja staliwa, staliwo niskostopowe, właściwości mechaniczne staliwa, obróbka cieplna staliwa;

1. Wprowadzenie

Staliwo niskostopowe jest cennym tworzywem ze względu na połączenie wysokich właściwości wytrzymałościowych z dobrą plastycznością a także optymalny ze względów konstrukcyjnych stosunek R_e/R_m wynoszący powyżej 0,7. Parametr ten może być zwiększony między innymi poprzez obróbkę pozapiecową lub modyfikację stali [1-6]. Najbardziej popularnymi modyfikatorami stosowanymi w produkcji odlewów ze staliwa są: tytan, wanad, niob, wapń a także bor i metale ziem rzadkich (MZR). Pierwiastki te wprowadza się w postaci żelazostopów a MZR w postaci miszmetal. Wywierają one następujący wpływ na właściwości staliwa [8, 9]:

- zmniejszają wielkość ziarna – wszystkie,
- zwiększają hartowność – B, MZR,
- modyfikują wtrącenia niemetaliczne – MZR, Ca.

W artykule omówiono wyniki modyfikacji mikrostruktury staliwa L20HGSNM o zawartości: 0,19÷0,23%C; 0,75÷0,86%Si; 0,93÷1,02%Mn; 0,60÷0,65%Cr; 1,02÷1,10%Ni i 0,13÷0,16%Mo. Modyfikację przeprowadzono przy pomocy żelazoboru, żelazotytanu i miszmetal.

2. Badania

W celu oceny skuteczności modyfikacji staliwa L20HGSNM wykonano 4 wypyty w warunkach HSW Odlewnia Sp. z o.o. Wypyty prowadzono w elektrycznym piecu łukowym o pojemności 4Mg i wyłożeniu zasadowym. W czasie spustu stal odtleniano glinem a następnie wprowadzano dodatek modyfikujący w postaci żelazostopów (FeB15, FeTi70, miszmetal). Skład chemiczny wytopionej stali zestawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Skład chemiczny otrzymanych wytopów

Ozn.	% masowy								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Inne
W-0	0,19	0,80	0,93	0,014	0,013	0,60	1,04	0,13	0,024Al
W-1-Ti	0,22	0,86	1,00	0,018	0,008	0,66	1,02	0,15	0,047Ti
W-2-B	0,23	0,79	1,02	0,017	0,006	0,66	1,03	0,16	0,002B
W-3-MM	0,21	0,75	1,00	0,018	0,007	0,65	1,10	0,15	0,05Ti, MZR

Próbki do badań wytrzymałościowych i metalograficznych wycinano z wlewków próbnych typu Y przylanych do odlewów. Obróbkę cieplną prowadzono na wałkach o średnicy 12mm, które hartowano w 8% roztworze wodnym Polihartenolu HI a następnie odpuszczano. Badania wytrzymałościowe przeprowadzono przy pomocy maszyny wytrzymałościowej Instron 6025 firmy Zwick-Roell zgodnie z normą EN ISO 6892-1/2009.

3. Wyniki badań

W artykule przedstawiono mikrostrukturę badanego staliwa przed modyfikacją a także po modyfikacji przy pomocy wybranych żelazostopów. Mikrostruktura w stanie lanym składała się z perlitu i wydzieleń ferrytu w formie siatki na granicach ziaren we wszystkich badanych staliwach. Dodatkowo w strukturze staliwa modyfikowanego żelazotytanem i żelazoborem obserwowano wydzielenia ferrytu wewnątrz ziaren perlitu.

Proces modyfikacji istotnie wpłynął na właściwości mechaniczne badanego gatunku staliwa. Otrzymane wyniki badań wskazują, że największą wytrzymałość na rozciąganie i granicę plastyczności uzyskano dla staliwa modyfikowanego żelazoborem (W-2-B). Jednak po odpuszczaniu wysokim (powyżej 600°C) zaobserwowano skokowe obniżenie wytrzymałości. Z kolei, w staliwie modyfikowanym miszmetalem (W-3-MM) po przekroczeniu tej temperatury nie obserwowano takiego zjawiska. Z badań wynika, że lepszy stosunek R_e/R_m wynoszący $0,89 \div 0,94$, ma staliwo modyfikowane borem i tytanem, a w przypadku staliwa modyfikowanego miszmetalem ten parametr jest mniejszy i wynosi $0,84 \div 0,88$. Wykazano, że dla próbek odpuszczanych w zakresie temperatury $450 \div 600^\circ\text{C}$ najlepsze wydłużenie uzyskano dla staliwa modyfikowanego borem i żelazotytanem. Z kolei staliwo modyfikowane miszmetalem wykazało największe wydłużenie po przekroczeniu temperatury odpuszczania 600°C .

4. Wnioski

1. Wprowadzenie do staliwa L20HGSMN żelazotytanu i żelazoboru zwiększa ilość ferrytu w mikrostrukturze w stanie lanym.
2. Podwyższenie temperatury odpuszczania powyżej 600°C powoduje skokowe zmniejszenie wytrzymałości staliwa modyfikowanego żelazoborem.
3. Modyfikacja badanego staliwa miszmetalem wpływa korzystniej na właściwości mechaniczne uzyskiwane po wysokim odpuszczaniu niż modyfikacja żelazoborem.

Podziękowania

Pracę wykonano w ramach badań statutowych 11.11.170.318, zad. nr 5 (2013).

Literatura

1. Głownia J., Odlewy ze stali stopowej zastosowanie. Wyd. Fotobit, Kraków 2002
2. B. Kalandyk, H. Matysiak, J. Głownia, Microstructure strength relationship in microalloyed cast steels, Review of Advanced Materials Science, 2004 vol. 8 s. 44–48
3. Głownia J., Kalandyk B., Effect of precipitation strengthening in low alloyed Mn-Ni cast steels, Journal of Materials Processing Technology, 2008 vol. 207 s. 147–153
4. B. Kalandyk, J. Głownia, Influence of {V} and {Mo} and heat treatment of constructional Mn-Ni cast steels acquirement of yield strength above 850MPa, Archives of Foundry, 2003 vol. 3 nr 8 s. 69–74
5. Bartocha D. i inni, Effect of tempering temperature on the properties of low-alloy cast steel. Archives of Foundry Engineering, Vol. 11 , Issue 3/2011, pp.272-276 (in Polish)
6. B. Kalandyk, Z. Sierant, S. Sobula, Optymalizacja mikrostruktury, granicy plastyczności i udarności staliwa węglowego dodatkiem wanadu. Przegląd Odlewnictwa 3/2009, 108-113,
7. Blicharski M., Inżynieria materiałowa - stal. Wyd. WNT, Warszawa, 2004.
8. Kniagin G.: Staliwo metalurgia i odlewnictwo, Wyd. Śląsk, Katowice 1977
9. Blicharski M.: Inżynieria materiałowa - stal. WNT, Warszawa, 2004