24/2

Archives of Foundry,
Year 2001, Volume 1, № 1 (2/2)
Archiwum Odlewnictwa,
Rok 2001, Rocznik 1, Nr 1 (2/2)
PAN – Katowice PL ISSN 1642-5308

TWARDOŚĆ, UDARNOŚĆ I ZUŻYCIE EROZYJNE STALIWA CHROMOWEGO

J. KILARSKI[1], A. STUDNICKI[2], S. JURA[3]
Katedra Odlewnictwa, Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechniki Śląskiej
ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono badania wpływu zawartości węgla, chromu, niklu, manganu i molibdenu na twardość, udarność i zużycie erozyjne staliwa chromowego.

Key words: chromium cast steel,

1. WSTĘP

Przedstawicielem staliw stosowanych na odlewy charakteryzujące się dobrą odpornością na zużycie ścierne ze szczególnym uwzględnieniem wykładzin młynów cementowych są stopy zawierające 6 i 12 %Cr. Ich skład chemiczny został oparty na stalach narzędziowych przerabianych plastycznie pracujących na zimno. Budowa strukturalna wobec tego składa się z osnowy zależnej od obróbki cieplnej i pewnej ilości fazy węglikowej, zależnej głównie od ilości węgla. W warunkach przemysłowych odlewy wykonane z tych stopów poddaje się hartowaniu w powietrzu i odpuszczaniu. W wyniku hartowania pojawia się w strukturze austenit szczątkowy. Austenit ten jest z reguły niestabilny co oznacza, że może się przekształcać samorzutnie w martenzyt. Przekształcenie takie powoduje zwiększenie objętości w następstwie czego pojawiają się naprężenia i w efekcie zmniejszenie odporności na pękanie odlewów. Stąd nie ustają badania nad doborem składu chemicznego i obróbki cieplnej, aby zachować możliwie najwyższą twardość przy jednocześnie dobrej odporności na uderzenia.

[1] *dr inż., sekrmt3@polsl.gliwice.pl*
[2] *dr inż., ajstud@polsl.gliwice.pl*
[3] *prof.dr hab.inż., sekrmt3@polsl.gliwice.pl*

2. PRZEBIEG BADAŃ I WYNIKI

W ramach badań przeprowadzono 10 wytopów staliwa zawierającego ok.6 i ok. 9% chromu o zmiennej zawartości węgla od ok.0,7 do 1,6% oraz z dodatkami manganu do 3,2%, niklu do 2,68% i molibdenu do 1,2%. Wytopy prowadzono w piecu elektrycznym indukcyjnym o pojemności 20kg. Ciekłe staliwo przegrzewano do ok.1600°C, przelewano do dobrze wygrzanej kadzi i zalewano próbki do form skorupowych. Dla części próbek przeprowadzono obróbkę cieplną polegającą na hartowaniu w powietrzu z temp.950°C i odpuszczaniu w temp. 300°C.

Na próbkach po odlaniu i po obróbce cieplnej przeprowadzono następujące badania:

- pomiary twardości metodę Vickers′a przy obciążeniu 50 kg,
- badania udarności na próbkach o wymiarach 10x10x 55 bez karbu za pomocą młota wahadłowego typu Charpy o max. zasobie energii 2,5 kGm,
- badania zużycia ściernego za pomocą strumienia piasku o prędkości ok. 60 m/s, przy 7 różnych kątach padania strumienia od 15-75°.

Składy chemiczne i wyniki badań zestawiono w tabeli 1.

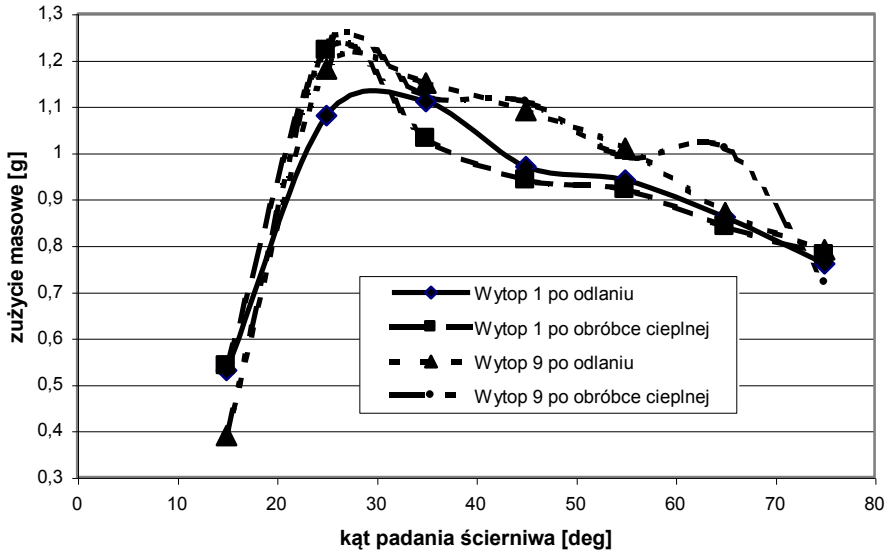
Tabela 1. Skład chemiczny i wyniki badań staliwa chromowego
Table 1. Chemical composition and mechanical testing of chromium cast steel

Nr wytopu	Skład chemiczny [% wag.]					W stanie po odlaniu		Po obróbce cieplnej	
	C	**Mn**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**HV_O**	**K_O**	**K_C**	**HV_C**
1	0,71	0,72	5,68	0,11	0,13	580	8,5	10,2	841
2	0,72	0,71	5,76	1,09	0,22	620	9,0	12,1	715
3	1,26	0,61	6,12	0,08	1,26	550	7,0	9,5	730
4	1,37	3,21	5,88	0,96	1,25	350	9,0	12,5	520
5	1,61	0,61	6,43	0,06	0,08	570	6,5	7,5	620
6	1,54	2,02	6,11	1,36	0,34	333	8,5	9,7	510
7	0,71	0,41	9,52	0,21	1,18	651	8,0	10,5	690
8	0,65	0,21	9,31	1,91	1,15	665	9,0	12,5	580
9	1,15	0,81	9,51	0,22	1,02	674	7,0	10,5	680
10	1,15	0,51	9,32	2,12	1,04	652	9,0	9,5	570

3. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Skład chemiczny zamieszczony w tabeli 1 został tak pomyślany, aby reprezentował różne struktury możliwe do uzyskania w stanie po odlaniu. Stopy o zawartości węgla ok.0,7% są przedstawicielami typowych staliw okołoeutektoidalnych, natomiast pozostałe zawierające powyżej 1%C są nadeutektoidalnymi w strukturze których pojawia się niewielka ilość eutektyki [3]. Z kolei podwyższona zawartość niklu i manganu w niektórych staliwach umożliwiła otrzymanie osnowy z przewagą austenitu. Pozostałe staliwa posiadały osnowę perlityczną lub perlityczno-ausenityczną.

Po tych strukturach spodziewano się wyraźnych różnic co do właściwości, jednak uzyskane wyniki odbiegały od oczekiwań. W stanie po odlaniu staliwa zawierające wyższą zawartość chromu charakteryzują się zbliżonymi do siebie wynikami pomiarów twardości i udarności, podczas gdy staliwa o niższej zawartości chromu posiadają te wyniki bardziej zróżnicowane. Zauważa się w nich duży spadek twardości przy obecności w staliwie podwyższonej zawartości Mn i Ni.
Zastosowana obróbka cieplna generalnie podwyższa twardość i jednocześnie obniża udarność badanych staliw, chociaż nie zawsze w jednakowym stopniu.
Odmiennie oddziaływają dodatki Mn lub Ni, a więc wraz ze wzrostem tych pierwiastków obniża się twardość, a wzrasta udarność. Powodem prawdopodobnie jest występowanie w strukturze po odlaniu osnowy z przewagą austenitu, a po obróbce cieplnej austenitu szczątkowego. Przeprowadzone badania ścieralności wykazują dla wszystkich staliw bez względu na skład chemiczny i obróbkę cieplną bardzo podobny przebieg i wielkość zużycia (rys.1). Największe zużycie występuje w zakresie małych kątów, po czym wraz ze wzrostem kąta wielkość zużycia zmniejsza się.



Rys. 1. Wykres zużycia ściernego dla staliwa z wytopu 1 i 9.
Fig. 1. Diagram erosion wear of chromium cast steel 1 and 9.

4. STATYSTYCZNA ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

W analizie statystycznej poszukiwano zależności pomiędzy składem chemicznym, a wynikami badań. Nie dopatrzono się wystarczającej korelacji pomiędzy składem chemicznym a ścieralnością. W konsekwencji przedstawiono tylko część równań na podstawie, których sporządzono odpowiednie wykresy rys. 2-5. Wyniki analizy statystycznej jak można zauważyć potwierdzają wcześniejsze rozważania tzn. pierwiastki austenitotwórcze obniżają twardość i zwiększają udarność.
Uzyskane równania przedstawiają się następująco:

4.1 Wpływ składu chemicznego na twardość i udarność po odlaniu

$$HV1 = 595 - 84{,}1 \cdot (C + Mn) + 19{,}3 \cdot Cr \qquad (1)$$

o parametrach statystycznych:

- wartość średnia HVśr = 564,5
- odchylenie standardowe dHV = 48,1
- współczynnik korelacji R = 0,94
- test Fischera F = 26,7
- test wiarygodności W = 6,72

$$K1 = 11{,}9 - 3{,}1 \cdot C + 0{,}76\,(Mn + Ni + Mo) \qquad (2)$$

o parametrach statystycznych:
K1śr = 10,4; dK1 = 0,82 R = 0,88; F = 12,8; W = 3,62

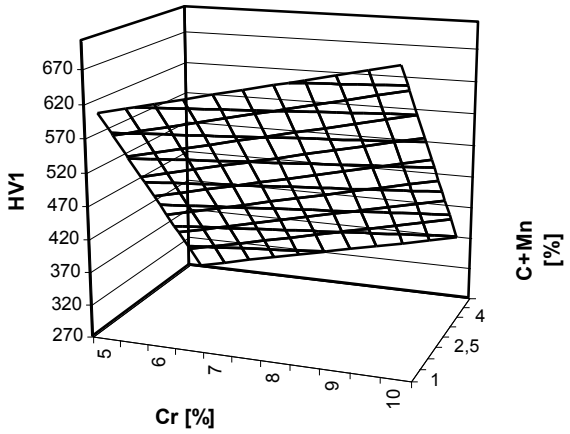
4.2 Wpływ pierwiastków stopowych na twardość i udarność po obróbce cieplnej

$$HV2 = 958 - 180 \cdot C - 73\,(Ni + \cdot Mo) \qquad (3)$$

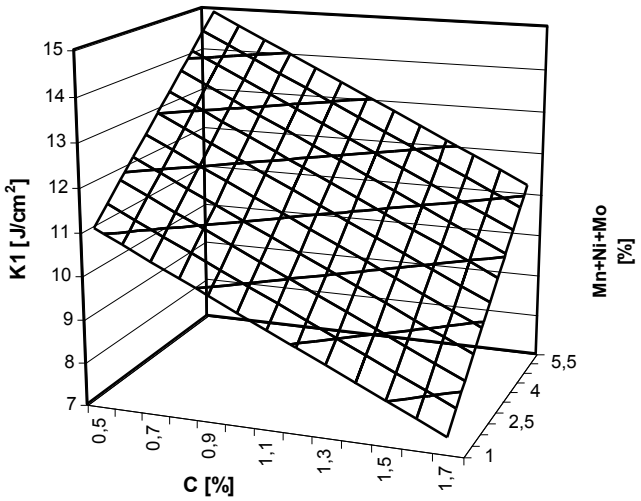
o parametrach statystycznych:
HVśr = 645,5 dHV = 54,5 R = 0,88 F = 13 W = 3,68

$$K2 = 10{,}3 - 1{,}8 \cdot (C + 0{,}1Cr) + 0{,}63 \cdot (Mn + Ni) \qquad (4)$$

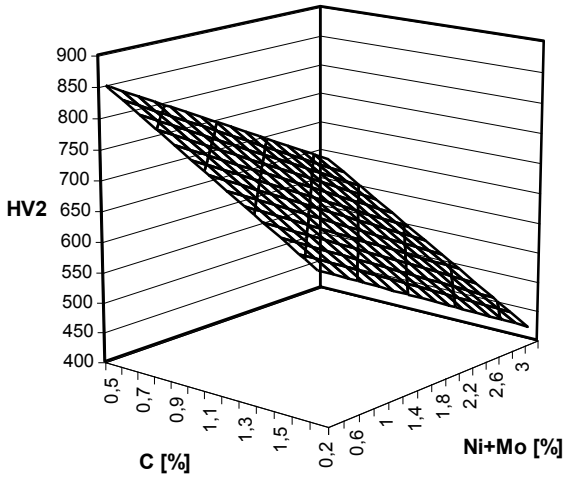
o parametrach statystycznych:
K2śr = 8,2; dK2 = 0,4; R = 0,93; F = 23; W = 5,9



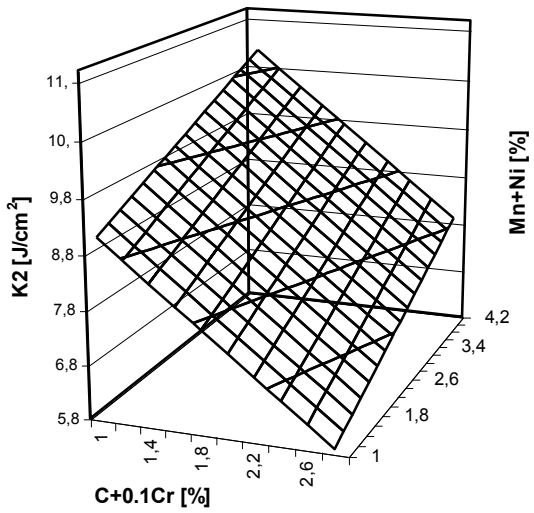
Rys.2. Zależność twardości w stanie po odlaniu od składu chemicznego wg wzoru (1)
Fig.2. Correlation between hardness and chemical composition by formula (1)



Rys.3. Zależność udarności po odlaniu od składu chemicznego wg wzoru (2)
Fig 3. Correlation between impact strength and chemical composition by formula (2)



Rys.4. Zależność twardości po obróbce cieplnej wg wzoru (3)
Fig.4.Correlation between hardness and chemical composition by formula (3)



Rys.5. Zależność udarności po obróbce cieplnej wg wzoru (4)
Fig.5. Correlation of impact strength as chemical composition by formula (4)

5. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania przedstawiają wprawdzie różnice we własnościach poszczególnych staliw, ale nie typują w sposób jednoznaczny materiału przeznaczonego na wykładziny młynów. Obróbką cieplną i dodatkami stopowymi takimi jak Mn i Ni można zmieniać właściwości mechaniczne badanych staliw chromowych.
W związku z podobnym przebiegiem zużycia erozyjnego dla wszystkich badanych staliw, o wyborze stopu na wykładziny młynów powinna decydować najwyższa udarność, którą to właściwość posiadają staliwa zawierające poniżej 1%C i zwiększony dodatek niklu lub manganu.

LITERATURA

[1] Sakwa W., Jura S., Sakwa J. : Odporne na ścieranie stopy żelaza. Wyd. ZG STOP, Kraków 1980.
[2] Grzelak E.: Maszyny i urządzenia do przeróbki mechanicznej surowców mineralnych.
[3] Kilarski J., Studnicki A., Jura S.: Zastosowanie metody ATD do jakościowej oceny staliwa chromowego przeznaczonego na wykładziny młynów cementowych.. Krzepnięcie Metali i Stopów. PAN- Katowice, nr 44, 2000.

HARDNESS, IMPACT STRENGTH AND EROSION WEAR OF CHROMIUM CAST STEEL

SUMMARY

In the paper presents influence percentage C, Cr, Mn and Mo on hardness, impact strength and erosion wear of chromium cast steel.

Recenzował Prof. Józef Gawroński