ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1978

Seria: Mechanika z.65 Nr kol.569

Stanisław JURA, Tadeusz CHRÓSZCZ

Instytut Odlewnictwa
Politechnika Śląska

AUSTENITYCZNE STALIWO MANGANOWE O OBNIŻONEJ ZAWARTOŚCI MANGANU Z DODATKAMI CHROMU I MOLIBDENU

Streszczenie. W pracy przeprowadzono badania odporności na zużycie ścierne staliw manganowych o obniżonej zawartości manganu z dodatkami chromu i molibdenu. W wyniku ściśle wytestowanej obróbki cieplnej w zakresie 1273°K do 1393°K /1000 ÷ 1120°C/ oraz doboru poszczególnych składników stopowych, otrzymano nowy gatunek tworzywa o znacznie wyższej odporności na zużycie zwłaszcza ścierne względem standardowego staliwa Hadfielda.

Wstęp

Podwyższenie jakości maszyn i urządzeń stanowi jedną z najistotniejszych problematyk naukowo-badawczych i gospodarczych.

W dziedzinie staliw wysokomanganowych, których udział w produkcji staliwa stopowego w Polsce wynosi ok. 20% badania prowadzone były głównie w trzech podstawowych kierunkach:

- poznanie czynników wpływających na utwardzanie się tworzywa pod wpływem zgniotu w stanie stałym,
- wprowadzenie różnych pierwiastków stopowych mających decydujący wpływ na właściwości staliw, a mianowicie własności mechaniczne, temperaturę zalewania, obróbkę cieplną itp.
- podwyższenie odporności na ścieranie.

Znane są gatunki staliw wysokomanganowych z dodatkami molibdenu, chromu, antymonu, tytanu.

W ostatnich latach, w krajach o wysoko rozwiniętej technologii odlewniczej obserwuje się tendencję do obniżania zawartości manganu w staliwach wysokomanganowych celem osiągnięcia lepszej odporności na zużycie w warunkach ścierania. W USA opracowano i wdrożono przez firmę Climax Molybdenum Company staliwo zawierające 6% Mn oraz 1% Mo. Staliwo to stosowane jest głównie na wykładziny do młynów kulowych oraz w pracy o zbliżonych warunkach, gdzie dorównuje odpornością na ścieranie żeliwu typu Ni-Hard.

W niniejszym opracowaniu usiłowano przebadać wpływ chromu i molibdenu w staliwach manganowych o obniżonej zawartości manganu oraz obróbki cieplnej na właściwości mechaniczne i zużycie ścierne w warunkach, gdy nie jest wymagana wysoka plastyczność rzędu klasycznych staliw wysokomanganowych ale jednocześnie wyższa niż dla staliw martenzytycznych, a ponadto wymagana jest wyższa odporność na zużycie zwłaszcza w warunkach ścierania. Zastosowanie takiego tworzywa ma duże znaczenie praktyczne w energetyce, hutnictwie, przemyśle cementowym, w przemyśle eksploatacji złóż mineralnych itp.

Prowadzone badania staliw manganowych o obniżonej zawartości manganu są kontynuacją prowadzonych od lat w Instytucie Odlewnictwa Politechniki Śląskiej badań nad segregacją składników stopowych oraz podwyższeniem odporności na zużycie staliw manganowych.

Badania własne

Zasadniczym zadaniem wykonywanych badań było stwierdzenie oddziaływania chromu i molibdenu jako dodatków stopowych w staliwie manganowym o obniżonej zawartości manganu na odporność tych staliw na zużycie w warunkach ścierania.

Zadaniem było również określenie optymalnej obróbki cieplnej gwarantującej uzyskanie najkorzystniejszego połączenia własności mechanicznych /głównie udarności/ z dużą odpornością na ścieranie.

Wytopy staliw manganowych przeprowadzono w indukcyjnym piecu bezrdzeniowym o wyprawie zasadowej i pojemności 30 kg stosując metodę przetapiania. Zakres zmian poszczególnych składników stopowych w procentach wagowych był następujący: węgiel postanowiono utrzymywać podobnie, jak w standardowym staliwie Hadfielda, mangan 3 ÷ 7%, chrom 1,5 ÷ 3,5% oraz molibden 0,5 ÷ 1,0%.

Celem uzyskania możliwie maksymalnej eliminacji zanieczyszczeń tlenkowych, które szczególnie dla tych gatunków staliw mają decydujący wpływ na uzyskane własności mechaniczne i odporność na zużycie, postanowiono przeprowadzić odtlenianie w kilku etapach. Odtlenianie przeprowadzono żelazowapniokrzemem Fe-Ca-Si zawierającym 51% Si. Wstępne odtlenianie przeprowadzono po stopieniu złomu stalowego i surówki oraz ściągnięciu żużla przez wprowadzenie ok. 10% potrzebnej do odtlenienia ilości Fe-Ca-Si.

Po rozpuszczeniu żelazostopów i przegrzaniu kąpieli do 1873°K /1600°C/ przed spustem wprowadzono 50% całkowitej ilości Fe-Ca-Si. Pozostałą część Fe-Ca-Si oraz nieznaczne ilości Al wprowadzono do kadzi.

W pracy przeprowadzono 8 wytopów, których skład chemiczny podaje tabela 1. Metal zalewano do form skorupowych, z których otrzymano próbki w kształcie prętów o wymiarach 10 x 10 x 120 mm.

Tabela 1

Analiza chemiczna prób

Nr próby	Zawartość pierwiastków w % wagowych						
	C		Mn	P	S	Cr	Mo
1	1,03	0,63	4,25	0,08	0,008	2,06	1,06
2	0,91	0,72	4,44	0,08	0,015	2,03	1,03
3	0,92	1,01	2,53	0,042	0,021	2,37	0,97
4	0,64	1,05	4,41	0,042	0,021	2,01	0,53
5	0,71	0,68	3,35	0,040	0,015	1,24	0,53
6	1,19	0,81	4,67	0,059	0,025	2,21	1,05
7	0,93	0,56	6,05	0,054	0,014	2,29	1,06
8	1,09	0,63	5,48	0,048	0,012	3,14	0,98

Na podstawie danych literaturowych odnośnie zakresu temperatur z jakich należy przeprowadzić przesycanie dla staliw należących do tej grupy tworzyw postanowiono dokładnie wytestować optymalną temperaturę celem uzyskania najkorzystniejszej kombinacji własności mechanicznych, jak również odporności na ścieranie. W tym celu dla każdego z wytopów przeprowadzono przesycanie w wodzie co 40°K w zakresie 1273-1393°K /1000-1120°C/.

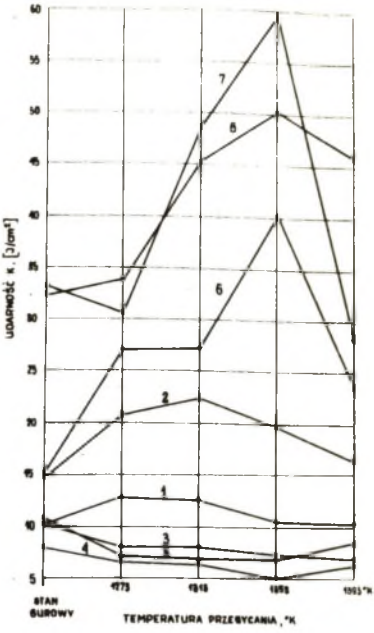
W ramach badań twardości stosowano metodę Vickersa HV50 zgodnie z normą PN-57/H-04360. Dla próbek z wytopów o strukturze austenitycznej sprawdzono utwardzanie się tworzywa pod wpływem 10% zgniotu.

Badania przeprowadzono tą samą metodą HV10. Wyniki badań twardości przedstawia tabela 2. Badania udarności przeprowadzono na młocie wahadłowym typu Charpy dysponującym energią 147,15 /J/ na próbkach znormalizowanych 10x10x55 mm bez karbu. Wyniki badań udarności obrazuje rys.1.

Ze względu na niższą spodziewaną udarność oraz mniejszą zdolność do utwardzenia przez zgniot w/w. staliw manganowych a równocześnie próbę oceny przydatności tych staliw w warunkach zużycia ściernego zdecydowano się wykorzystać w badaniach ścieralności zamiast próby bębnowej metodę Skoda-Savin zgodnie z normą PN-67/M-04306.

Stosowano następujące parametry:

- obciążenie krążka trącego P = 5 daN
- ilość obrotów krążka n = 3000 obr.
- chłodzenie 0,5% roztworem K_2CrO_4 w wodzie destylowanej.



Rys.1. Wpływ temperatury przesycania na udarność badanych prób

Tabela 2

Wyniki badań twardości x/

Nr próby	Stan badanych próbek				
	Stan lany	1273°C	1313°C	1353°K	1393°K
1	269	379	582	626	612
2	256	310	449	632	546
3	525	426	608	618	616
4	704	581	732	667	734
5	615	604	669	681	622
6	326	358	423	396	590
7	252	367	484	459	571
8	257	371	424	506	566

x/ każdy wynik jest rezultatem minimum 5 pomiarów z różnych próbek po każdej temp. przesycania.

Wskaźnik odporności na zużycie ścierne obliczono ze wzoru

$$R_t = \frac{1000}{V_L} \frac{1}{mm^3},$$

gdzie: R_t - wskaźnik odporności na zużycie ścierne $\frac{1}{mm^3}$,

V_L - objętość wytarcia w badanym materiale $10^{-3} mm^3$.

Wyniki badań zużycia ściernego zamieszczono na rys.2 i 3. Podejmując próbę porównania wskaźnika odporności na ścieranie dla austenitycznych staliw zawierających 6% Mn wykonano dodatkowo badania ścieralności staliwa Hadfielda o zawartości 12% Mn, 1,2% C i oznaczono je na rys.2 jako "H" w stanie surowym i "Hp" po przesycaniu. Po każdej próbie wykonywano zgłady z próbek surowych oraz po takiej temperaturze obróbki cieplnej, dla której uzyskano najkorzystniejsze połączenie własności mechanicznych i odporności na ścieranie.

Otrzymano w ten sposób w całkowitym przekroju prób różne struktury począwszy od struktury martenzytycznej, poprzez struktury pośrednie do austenitu z węglikami o różnym charakterze.

Na rys.7 i 8 obserwujemy struktury z próby nr 8 w stanie surowym i po przesycaniu w temperaturze 1353°K /1080°C/.

Analiza wyników

W przekroju badanych prób daje się zaobserwować dwie grupy tworzyw o różnych strukturach. Początkowe próby charakteryzują się strukturą martenzytyczno-austenityczną /rys.5,6,8/ z niewielką ilością perlitu oraz różnym udziałem martenzytu. Próby 6,7,8 natomiast wykazują dominującą lub całkowitą strukturę austenityczną.

Potwierdza to dane literaturowe, wg których trudno jest osiągnąć strukturę austenityczną przy zawartości manganu niższej od 6% oraz węgla poniżej 1% bez dodatków stopowych. Ponadto niekorzystny wpływ na stabilizację austenitu miał chrom, mniejszy zaś molibden.

W związku z tak ukształtowaną strukturą badanych staliw należy podkreślić stosunkowo wysoką uzyskaną twardość w pierwszych próbach /tabela 2/ w porównaniu z końcowymi próbaki 7 i 8, dla których zarówno w stanie surowym, jak i po obróbce obserwuje się niższe wartości.

Dzięki wprowadzonym dodatkom chromu i molibdenu twardość w stanie surowym dla prób 7 i 8 o strukturze austenitycznej mieści się w zakresie nieznacznie wyższym względem standardowego staliwa wysokomanganowego.

Na uwagę zasługuje jednakże wysoka uzyskana twardość po przesycaniu, która już przed utwardzeniem spowodowanym zgniotem zapewnia wyższą odporność na zużycie zwłaszcza ścierne.

Uzyskana w początkowych próbach /1-5/ o dominującej strukturze martenzytycznej niska udarność, schodząca nawet poniżej 10 /J/cm^2/, /rys.2/ pomimo bardzo wysokiej odporności na ścieranie nie gwarantuje szerszego zastosowania tej grupy staliw. Zdecydowały o tym nie tylko zbyt niska zawartość manganu ale również węgla oraz molibdenu.

Najkorzystniejsze wartości udarności dla staliw austenitycznych zawierających ok.6% Mn uzyskano przez przesycanie z temperatury 1353°K /1080°C/ /rys.1/.

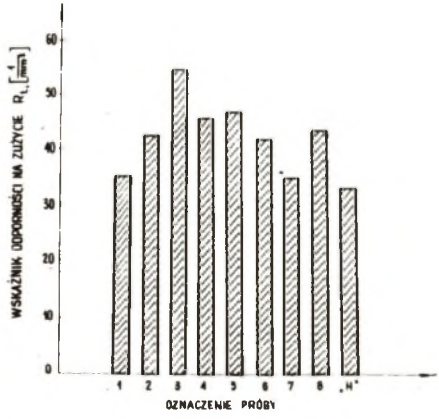
Podniesienie udziału chromu w 8 próbie z 2 do 3% względem próby 7 dały oczekiwany efekt w postaci nieznacznego obniżenia udarności do 50 /J/cm^2/ przy przesycaniu z temp. 1353°K /1080°C/, a równocześnie podwyższenia odporności na ścieranie. Wiązało się to ze zwiększeniem ilości bardziej trwałych, termodynamicznie związanych węglików typu /Fe,Cr/$_3$C + /Cr,Fe/$_7$C3.

Badania strukturalne uwidoczniły również korzystny wpływ molibdenu na postać węglików w staliwach zawierających 6% Mn.

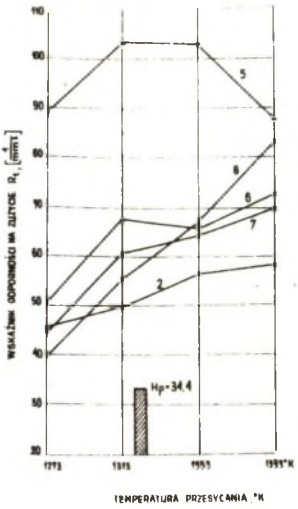
Po obróbce cieplnej brak węglików w postaci płytkowej lub tworzących coś w rodzaju ciągłego filmu otaczającego ziarna, natomiast obserwuje się węgliki o charakterze skoagulowanym /kulistym/ /rys.8/ nie tylko na granicach ziarn ale również wewnątrz ziarn.

W stanie surowym obserwuje się o około 30% zwiększoną odporność na zużycie ścierne staliw austenitycznych zawierających 6% Mn względem standardowego staliwa Hadfielda zawierającego 12% Mn, 1,2% C oznaczonego na rys.2 literą "H".

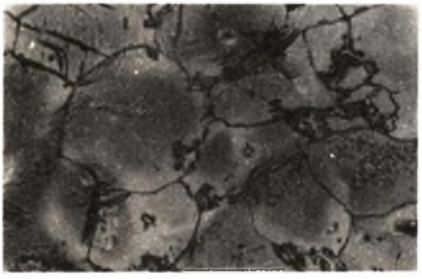
Podkreślić należy, że różnica jest prawie dwukrotna na korzyść staliwa typu 6-3-1 w stanie obrobionym cieplnie /rys.3/. Podobnie jak w przypadku staliw wysokomanganowych staliwa austenityczne zawierające 6% Mn mają możliwość dodatkowego utwardzenia dzięki zgniotowi, a 10% zgniot wykazał wzrost twardości do 640 HV10.



Rys.2. Odporność na ścieranie prób w stanie surowym

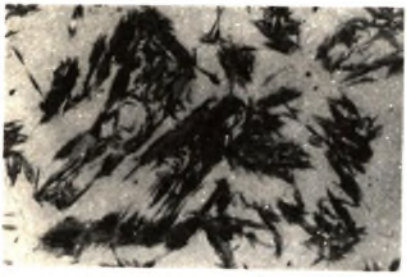


Rys.3.Odporność na ścieranie w zależności od temperatury przesycania

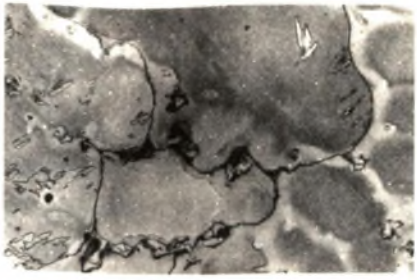


R ys.4.Struktura staliwa z próby 2 w stanie surowym. Austenit. Węgliki wewnątrz i na granicach ziarn, widoczny drobna ilość perlitu. Pow.500x, traw.Nital 13%

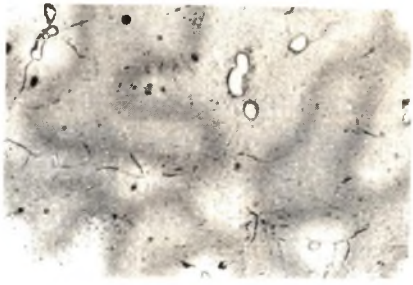
Rys.5.Struktura staliwa z próby 3 w stanie surowym. Austenit. Martenzyt gruboiglasty. Wtrącenia niemetaliczne Pow.500x, traw.Nital 3%



Rys.6.Struktura staliwa z próby 5 w stanie surowym. Austenit. Martenzyt gruboiglasty. Wtrącenia niemetaliczne. Pow.500x, traw.Nital 3%



Rys.7.Struktura staliwa z próby 8 w stanie surowym. Austenit. Węgliki wewnątrz i na granicach ziarn, perlit



Rys.8.Struktura staliwa z próby 8, po przesycaniu z temp.1353°K. Austenit na granicach i wewnątrz ziarn węgliki o charakterze skoagulowanym. Drobne wtrącenia niemetaliczne

Wnioski

1. Najkorzystniejsze własności mechaniczne i odporność na ścieranie wykazały staliwa austenityczne zawierające 6% manganu.
2. Staliwa o strukturze martenzystyczno-austenitycznej ze względu na słabe własności plastyczne nie spełniają wymagań w celu ich szerszego, praktycznego zastosowania.
3. Przesycanie staliw typu 6-3-1 powinno odbywać się z temperatur 1333-1373°K /1060-1100°C/.

4. Austenityczne staliwo typu 6-3-1 w stanie obrobionym cieplnie posiada około dwukrotnie wyższą odporność na ścieranie względem austenitycznego staliwa wysokomanganowego.
5. Staliwa austenityczne o obniżonej do 6% zawartości manganu z dodatkiem chromu i molibdenu wykazało możliwość utwardzania się pod wpływem zgniotu do 640 HV10 /10% zgniot/.
6. Korzystne oddziaływanie chromu i molibdenu przejawia się głównie w charakterze i rodzaju powstałych węglików.
7. Otrzymane własności plastyczne z wysoką odpornością na ścieranie dla staliwa typu 6-3-1 dają możliwość szerszego, praktycznego zastosowania tego tworzywa.

LITERATURA

1. Praca zbiorowa Instytutu Odlewnictwa Politechniki Śląskiej "Poszukiwanie składu chemicznego staliwa Mn-Cr-Mo o udarności pow. 2/kGm/cm^2/ i hartowności ok. 50 mm" NB-134/RMT3/76 zad.21-01-03, Gliwice 1976.
2. Jura S.: Staliwo wysokomanganowe modyfikowane antymonem". Zeszyt Naukowy Politechniki Śląskiej. Mechanika nr 42, Gliwice 1969.
3. Sakwa W., Jura S., Łabęcki M.: Mikrosegregacja składników stopowych w staliwie manganowym 11G12. Zeszyt Naukowy Politechniki Śląskiej, Mechanika nr 48, Gliwice 1973.
4. Chrószcz T.: Tendencje rozwoju austenitycznych staliw manganowych odpornych na ścieranie - Wybrane zagadnienia z odlewnictwa STOP, Gliwice 1978.
5. Marataray F.J., Norman T.E.: Contribution á l'étude de l'amelioration de la résitance á l'abrasion des aciers austenitiques au manganese. Revue de Métallurgie, Juin 1961.
6. Kniaginin G.: Staliwo austenityczne o niższej niż w staliwie Hadfielda zawartości manganu. Przegląd Odlewnictwa nr 1, 1966.
7. Kniaginin G.: Staliwo, Wydawnictwo "Śląsk", Katowice 1977.
8. Norman T.E.: Les materiaux résistant á l'abrasion. Situation presente et future. La Fonderie Belge 1969, nr 3, 85/91.
9. Prace własne Instytutu Odlewnictwa Politechniki Śląskiej.

AUSTENITIC MANGANESE CAST STEEL WITH REDUCED MANGANESE CONTENT AND ADDITIONS OF CHROMIUM AND MOLYBDENUM

S u m m a r y

Wear teste were carried out on manganese cast steels with reduced Mn contents and additions of chromium and molybdenum. As the result of carefully tested heat-treatment in the range between 1273 and 1393°K and selection of alloying additions a new material was produced with wear resistance much better than that of standard Hadfield cast steel.

АУСТЕНИТНАЯ МАРГАНЦЕВАЯ ЛИТАЯ СТАЛЬ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ МАРГАНЦА С ПРИБАВКАМИ ХРОМА И МОЛИБДЕНА

Р е з ю м е

В труде рассматриваются исследования износостойкости марганцевых литых сталей с пониженным содержанием марганца с прибавками хрома и молибдена. В результате тесного испытания термической обработки в диапазоне 1273°К до 1393°К (1000-1120°Ц) и подбора отдельных легирующих компонентов был получен новый тип материала, обладающий повышенной износостойкостью по сравнению со стандартной литой сталью Градфельда.