ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1981

Seria: HUTNICTWO z. 23 Nr kol. 702

Adam GIEREK
Politechnika Śląska

Aniela MARCIAK
Politechnika Śląska

Roman WUSATOWSKI
Instytut Metalurgii Żelaza w Gliwicach

WPŁYW MODYFIKOWANIA NA STRUKTURĘ PIERWOTNĄ STALI SZYBKOTNĄCEJ SW 7 M

Streszczenie: Zbadano wpływ modyfikowania Ca, B, Bi miszmetalem oraz kombinacjami tych substancji na strukturę pierwotną stali szybkotnącej SW7M. Modyfikowanie powoduje zmniejszenie bloków osnowy stali oraz zmianę postaci węglików w eutektyce i jej rozmieszczenia na przekroju i długości wlewka. Najkorzystniej oddziaływa Ca, powodujący rozdrobnienie węglików i równomierne rozmieszczenie eutektyki. Podobnie oddziałują mieszaniny Ca + B oraz Ca + Bi. Miszmetal sprzyja równoczesnemu rozmieszczeniu eutektyki, natomiast B- wystąpieniu eutektyki grubopłytkowej z węglikami o postaci iglastej.

1. WSTĘP

Podstawowym zagadnieniem podczas produkcji stali szybkotnących jest otrzymanie wlewka o drobnoziarnistej strukturze pierwotnej charakteryzującej się minimalną segregacją węglików i niewielką ilością wtrąceń niemetalicznych. Rozdrobnienie struktury pierwotnej wlewka poprawia bowiem własności plastyczne stali, zwłaszcza podczas pierwszych zabiegów przeróbki plastycznej na gorąco.
Rozdrobnienie węglików sprzyja ponadto szybszemu ich rozpuszczeniu w roztworze stałym podczas austenityzowania oraz zachowaniu drobnoziarnistej osnowy nawet po stosunkowo długich czasach austenityzowania w wysokich temperaturach. Poprawia to trwałość ostrza narzędzi, które mimo lokalnego nagrzania wskutek tarcia do temperatur intensywnej dyfuzji zachowuje względną stabilność właściwości użytkowych podczas pracy.

Korzystne zmiany struktury podczas krzepnięcia uzyskuje się stosując modyfikatory [1-9] wprowadzane bądź to na strugę ciekłej stali podczas spustu z pieca do kadzi, bądź też do samej kadzi. Coraz częściej modyfikator wprowadzany jest bezpośrednio do formy odlewniczej, a w przypadku stalowni do leja zestawu wlewowego lub wprost do wlewnicy. Skuteczność mo-

dyfikacji zależy w istotny sposób od ilości, wielkości i rodzaju stosowanego modyfikatora oraz od temperatury modyfikowanego metalu.

Rozmaite gatunki stali szybkotnącej próbowano modyfikować wprowadzając Zr, Nb, Ti, B, Si, Na, Mg i inne (modyfikowanie pierwszego rodzaju) [1, 4, 6]. Pierwsze cztery z nich są pierwiastkami węglikotwórczymi. Pozostałe wykazują natomiast silne powinowactwo z tlenem i wchodzą z nim w związki odbierając go kąpieli. Jako modyfikatory stosowane są coraz częściej pierwiastki powierzchniowo aktywne [4, 6] (modyfikacja II rodzaju), które adsorbowane na powierzchniach międzyfazowych stwarzają swego rodzaju bariery przeciwdziałające rozrostowi ziarn. Spośród tych pierwiastków szczególnie interesujące wyniki uzyskano w przypadku wapnia, boru, pierwiastków ziem rzadkich i bizmutu [1, 7].

Jak dotąd nie ma zgodnych poglądów tłumaczących proces modyfikacji stali szybkotnących [5, 6], zaś próby stworzenia ogólnej teorii modyfikacji nie dały dotąd wyników przydatnych w praktyce. Największą trudność stanowi brak powtarzalności wyników prób modyfikacji.

2. BADANIA WŁASNE

2.1. Materiał do badań

Badania przeprowadzono na stali szybkotnącej SW7M wytopionej w hucie "Baildon" w piecu elektrycznym łukowym firmy ASEA o pojemności 9 Mg. Wsad stanowił złom ze stali SW7M, żelazostopy oraz aluminium. Płynną stal odlano we wlewki o masie ok. 300 kg, które po zakrzepnięciu ponownie przetopiono w piecu elektrycznym wprowadzając żelazostopy, po czym kąpiel odtleniono aluminium i podgrzano do temperatury spustu, tj. 1600 do 1610°C, mierzonej termoparą zanurzeniową. W czasie spustu na strumień płynnego metalu o temperaturze 1530 do 1520°C wprowadzano modyfikatory w postaci:

- wapnia metalicznego w kawałkach o wielkości 20 do 60 mm;
- bizmutu metalicznego w granulkach o średnicy 2 do 8 mm;
- żelazo-boru o stężeniu 21,09% B w kawałkach o wielkości 5 do 20 mm oraz
- miszmetalu w postaci prętów o średnicy 50 do 10 mm.

Wykonano 23 wytopy o różnym stężeniu modyfikatorów (tabl. 1), z których odlano z góry po dwa wlewki o masie ok. 140 kg, próbę o masie ok. 7 kg dla określenia składu chemicznego wytopu oraz po 1 lub 2 pręty o średnicy 50 mm i długości 100 mm przeznaczone do badań struktury pierwotnej stali. Skład chemiczny badanych wytopów zawiera tablica 2.

Tablica 1

Ilość modyfikatorów wprowadzonych do badanych wytopów stali SW7M

Lp. wytopu	Mikrododatek modyfikacyjny nazwa	udział %	Lp. wytopu	Mikrododatek modyfikacyjny nazwa	udział %
1	Ca	0,3	13	Ca B	0,5 0,005
2	Ca	0,4	14	miszmetal	0,05
3	Ca	0,5	15	"	0,01
4	Ca	0,6	16	"	0,3
5	B	0,004	17	B Bi	0,003 0,001
6	B	0,003	18	B Bi	0,003 0,002
7	B	0,005	19	B Bi	0,003 0,003
8	Ca B	0,3 0,001	20	Ca Bi	0,5 0,001
9	Ca B	0,3 0,003	21	Ca Bi	0,5 0,002
10	Ca B	0,3 0,005	22	Ca Bi	0,5 0,003
11	Ca B	0,5 0,001	23	wg dotychczasowej technologii	
12	Ca B	0,5 0,003			

Tablica 2

Skład chemiczny wytopów próbnych stali SW7M

Nr wytopu	Zawartość składników w %									
	C	Mn	Si	P	S	Cr	W	V	Mo	Ni
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,88	0,30	0,19	0,024	0,019	4,03	6,83	1,80	5,16	0,2
2	0,86	0,29	0,24	0,022	0,020	4,12	6,70	1,79	6,06	0,2
3	0,88	0,40	0,31	0,024	0,024	3,92	6,62	1,72	5,03	0,2
4	0,88	0,31	0,30	0,021	0,010	4,00	6,80	1,86	5,18	0,2
5	0,89	0,28	0,23	0,023	0,024	4,10	7,00	1,90	4,08	0,2
6	0,86	0,28	0,28	0,023	0,021	4,17	6,60	1,84	5,07	0,2
7	0,86	0,35	0,28	0,023	0,024	4,12	6,85	1,76	4,98	0,2
8	0,85	0,31	0,27	0,022	0,019	4,12	6,53	1,85	5,18	0,2
9	0,80	0,31	0,26	0,027	0,024	4,08	7,00	1,88	5,02	0,2
10	0,90	0,27	0,30	0,027	0,021	4,04	6,56	1,80	5,04	0,2
11	0,86	0,33	0,24	0,024	0,022	3,96	6,52	1,81	5,16	0,2
12	0,88	0,31	0,31	0,022	0,020	4,07	6,72	1,84	4,92	0,2
13	0,88	0,30	0,30	0,025	0,023	4,10	6,83	1,84	4,98	0,2
14	0,87	0,27	0,26	0,025	0,023	4,05	6,85	1,84	5,01	0,2
15	0,86	0,27	0,28	0,023	0,024	4,05	6,95	1,88	5,02	0,2
16	0,85	0,27	0,25	0,028	0,018	4,14	6,62	1,84	5,06	0,2

cd. tablicy 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17	0,88	0,32	0,27	0,019	0,019	3,81	7,00	1,87	4,50	0,2
18	0,87	0,32	0,30	0,018	0,018	3,86	7,00	1,83	4,79	0,2
19	0,89	0,25	0,40	0,019	0,020	3,81	6,90	1,80	4,52	0,2
20	0,89	0,26	0,40	0,019	0,016	3,98	6,97	1,91	4,57	0,2
21	0,90	0,27	0,36	0,026	0,022	4,18	7,02	1,81	5,03	0,2
22	0,87	0,25	0,35	0,022	0,019	4,00	7,00	1,82	4,73	0,2
23	0,89	0,36	0,20	0,020	0,025	4,03	7,00	1,88	4,97	0,2

2.2. Przebieg badań

W celu określenia wpływu modyfikowania na strukturę pierwotną stali, tj. rozkład pierwiastków stopowych i modyfikatorów, rodzaj, ilość, rozmieszczenie i morfologię faz węglikowych i wtrąceń niemetalicznych, a także na budowę osnowy przeprowadzono badania niejednorodności składu chemicznego metodami spektralnej analizy chemicznej, mikrosondowej i radiografii izotopowej, rentgenowską analizę fazową, pomiary wielkości bloków i zniekształceń sieciowych oraz badania metalograficzne jakościowe i ilościowe.

Badania mikroniejednorodności składu chemicznego przeprowadzono na próbkach o średnicy 40 mm i długości 30 mm przy użyciu spektrometru sekwencyjnego f-my ARL model 33000. W toku jednego cyklu analitycznego oznaczono stężenie C, Mn, Si, P, S, Cr, W, Ni, V, Mo i Cu. Obliczono średnią zawartość procentową składnika, odchylenie standardowe, istotność różnicy w odchyleniach standardowych (wariancji) pomiędzy wynikami uzyskanymi dla próbek modyfikowanych i niemodyfikowanych w oparciu o test Snedecora F oraz wyznaczono stosunki odchylenia standardowego S dla wszystkich pierwiastków w stali niemodyfikowanej do Sm - dla tych pierwiastków w stali modyfikowanej. Stosunek S/Sm przyjęto jako miarę oddziaływania modyfikatora na jednorodność rozkładu danego pierwiastka w stali.

Analizy jakościową i ilościową rozkładu pierwiastków w mikroobszarach przeprowadzono na przekrojach wzdłużnych i poprzecznych próbek o średnicy 50 mm przy użyciu mikroanalizatora rentgenowskiego JXA50A f-my JEOL. Analizy jakościowej dokonano na podstawie liniowego i powierzchniowego rozkładu promieniowania badanego pierwiastka, natomiast analizy ilościowej - na podstawie zliczeń promieniowania charakterystycznego analizowanego pierwiastka w próbce i spektralnie czystym wzorcu. W obliczeniach uwzględniono poprawki na liczbę atomową i adsorbcję.

Rozkład atomów boru w strukturze stali zbadano metodą autoradiograficzną w próbkach pochodzących z wytopów 7, 10 i 18. Natomiast zastosowanie spektralnej analizy laserowej do analizy rozkładu Ca, B, Bi oraz pierwiastków ziem rzadkich nie dało pozytywnych wyników.

Skład fazowy stali w stanie lanym ustalono na podstawie rentgenowskiej analizy fazowej próbek litych oraz izolatów wyekstrahowanych elektroli-

tycznie z próbek w 10% roztworze HCl w alkoholu metylowym. Badania przeprowadzono na dyfraktometrze f-my Rigaku - Denki przy zastosowaniu odfiltrowanego promieniowania Co K_α. Izolaty poddano także półilościowej analizie spektralnej na spektrometrze rentgenowskim TUR M61 z lampą wolframową i kryształem analizującym LiF.

Rentgenograficzne badania bloków i zniekształceń sieciowych osnowy stali przeprowadzono na aparacie Rigaku - Denki wyznaczając szerokości połówkowe linii dyfrakcyjnych (110) i (220) fazy α próbek oraz wzorca ze stali o zbliżonym składzie chemicznym, wyżarzonego w 700°C. Srednią wielkość bloków wyznaczono z zależności:

$$\bar{D} = \frac{\lambda}{m_{(110)} \cos\Theta_{(110)}}, \qquad (1)$$

natomiast średnie zniekształcanie sieci ze wzoru

$$\frac{\overline{\Delta a}}{a} = \frac{n_{(220)}}{4 \operatorname{tg}\Theta_{(220)}} \qquad (2)$$

gdzie: λ - długość fali stosowanego promieniowania rentgenowskiego; $m_{(110)}$ - poszerzenie linii dyfrakcyjnej (110) fazy α spowodowane małą wielkością bloków; $n_{(220)}$ - poszerzenie linii dyfrakcyjnej (220) fazy α spowodowane zniekształceniem sieci; $\Theta_{(110)}$ i $\Theta_{(220)}$ - braggowskie kąty odbłysku od linii (110) i (220) fazy α.

Obserwacji struktury stali dokonano na przekrojach poprzecznych próbek o średnicy 50 mm analizując wielkość ziarn oraz segregację węglików wzdłuż promienia próbki przy powierzchniach od 100 do 2000 razy. Zgłady trawiono konwencjonalnie oraz elektrolitycznie w wodnym roztworze octanu ołowiowego CH_3COO_2Pb. Ta ostatnia metoda trawienia selektywnego pozwala na identyfikację poszczególnych faz stali, wskutek różnego ich zabarwienia.

Ilościowej oceny udziału faz węglikowych oraz wielkości ziarn dokonano przy zastosowaniu komputerowego analizatora obrazu typu Quantimet 720. Analizy dokonano na przekrojach poprzecznych próbek w dwóch równoległych liniach biegnących od krawędzi do środka próbki. Wyniki badań opracowano w oparciu o model statystyczny o postaci:

$$Z = a_o + a_1 Ca + a_2 B + a_3 Bi + a_4 M_m + \xi, \qquad (3)$$

gdzie:

- Z - zmienna (udział procentowy fazy węglikowej, średnia cięciwa ziarna);
- a_o - składniki wolne;
- a_1, a_2, a_3 i a_4 - współczynniki określające wpływ odpowiednich parametrów zmiennych na kształtowanie się zmiennej wynikowej;

ξ - składniki losowe ujmujące wpływ czynników przypadkowych i innych nie ujętych w zależności (3).

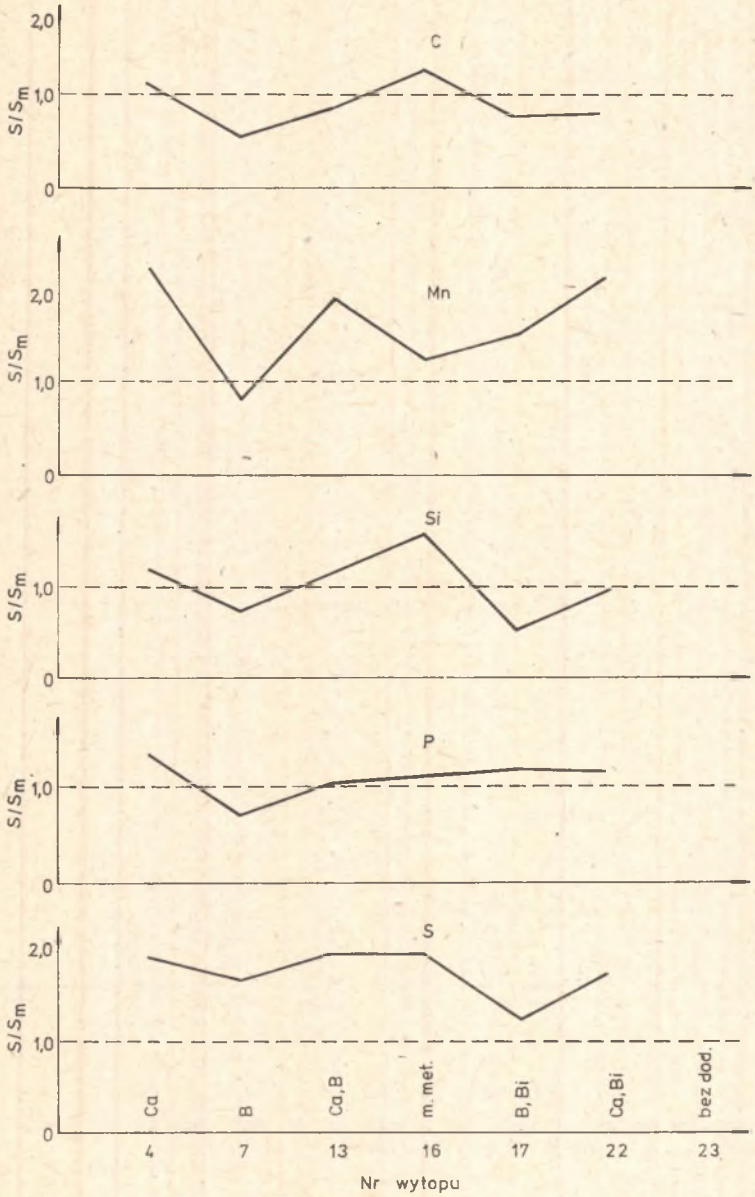
Dla przyjętego modelu obliczono współczynniki korelacji cząstkowych i współczynnik korelacji wielokrotnej.

3. WYNIKI BADAŃ

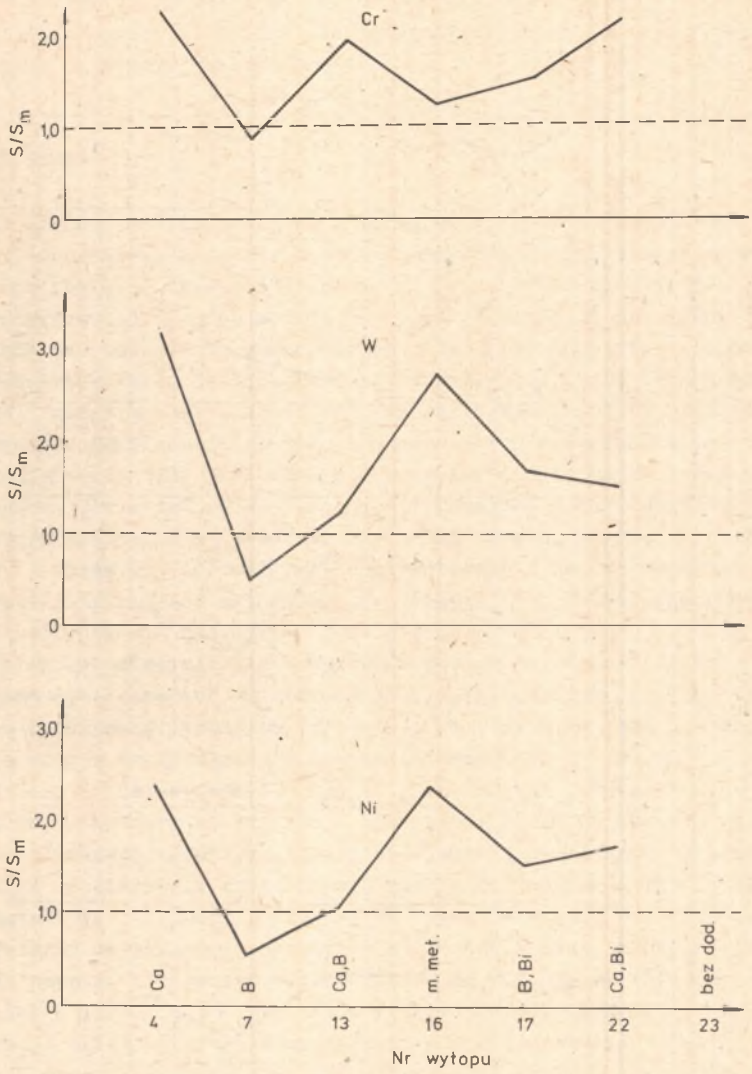
Przeprowadzone badania wykazały, że wprowadzone do ciekłego metalu modyfikatory oddziaływają na jednorodność rozkładu pierwiastków stopowych w stosunku do rozkładu tych pierwiastków w stali niemodyfikowanej. Intensywność oddziaływania badanych modyfikatorów przedstawiono na rys. 1 do 3 za pomocą stosunku odchylenia standardowego S dla pierwiastków stopowych w stali niemodyfikowanej do odchylenia standardowego S_m dla tych pierwiastków w stali modyfikowanej. Jeśli S/S_m ma wartość większą od jedności, to oddziaływanie modyfikatora na jednorodność danego pierwiastka jest dodatnia. Natomiast gdy S/S_m jest mniejszy od jedności, to oddziaływanie jest niekorzystne. Jak widać na przytoczonych rysunkach wprowadzane do stali modyfikatory nie wpływają istotnie na rozkład węgla, krzemu i fosforu (rys. 1), podczas gdy bor oddziaływa niekorzystnie na jednorodność rozkładu wolframu i molibdenu, natomiast bor, bizmut i wapń oraz miszmetal - na jednorodność rozkładu molibdenu (rys. 2 i 3).

Modyfikatory zmieniają także wydatnie postać eutektyki. Stal niemodyfikowana wykazuje charakterystyczną eutektykę "pierzastą" rozmieszczoną w obszarach międzydendrytycznych (rys. 4a), przy czym na krawędziach próbek występują ziarna drobniejsze, otoczone delikatniejszą siatką eutektyki niż w rdzeniu. Dodatek wapnia w ilości 0,5% sprzyja wystąpieniu bardziej równomiernej struktury na przekroju próbek, z licznymi obszarami wybitnie drobnopłytkowej eutektyki pierzastej (rys. 4b). Większe ilości tego pierwiastka oddziaływują mniej korzystnie na postać węglików i rozmieszczenie eutektyki. Drobnopłytkową postać węglików w eutektyce i równomierny jej rozkład na przekroju próbek wykazuje także stal modyfikowana jednocześnie wapniem i bizmutem w ilości 0,5% Ca + 0,01B Bi (rys. 4c) oraz miszmetalem w ilości 0,3% (rys. 4d). Większe ilości bizmutu i miszmetalu oddziaływają mniej korzystnie na strukturę stali w stanie lanym. Duży wpływ na postać i wielkość węglików w eutektyce wywiera bor. Niezależnie od ilości tego pierwiastka w badanym zakresie stężeń węgliki wchodzące w skład eutektyki przyjmują postać iglastą o zmiennej wielkości (rys. 4e). Podobnie oddziaływa ten pierwiastek wprowadzony do stali wraz z wapniem lub bizmutem, z tym że iglasta postać węglików w eutektyce występuje przede wszystkim w pobliżu krawędzi próbek (rys. 4f), podczas gdy w ich rdzeniu zachowana zostaje "pierzasta" postać eutektyki.

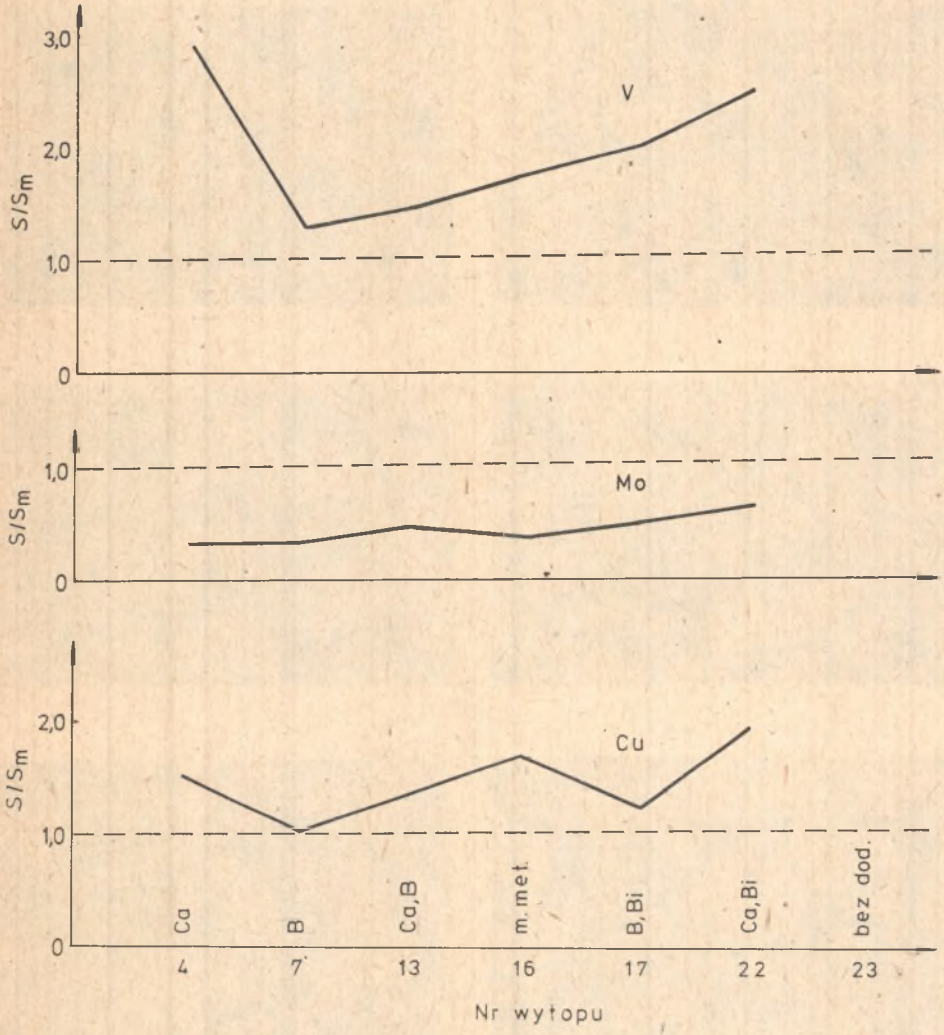
Skład chemiczny mikroobszarów badanych próbek ze stali niemodyfikowanej (wytop nr 23), jak i modyfikowanej mieszaniną wapnia i boru (wytop nr 10)



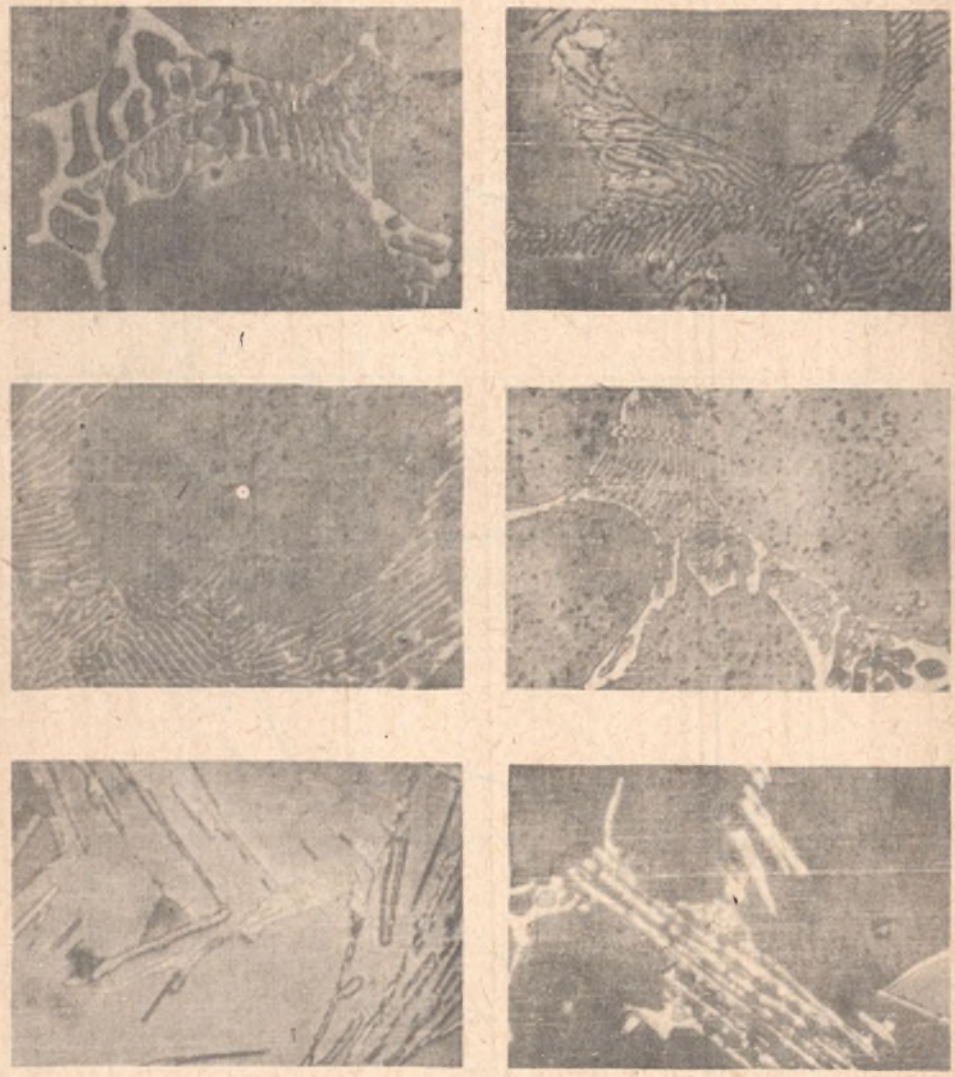
Rys. 1. Wpływ modyfikatorów na jednorodność rozkładu C, Mn, Si P i S w stali SW7M



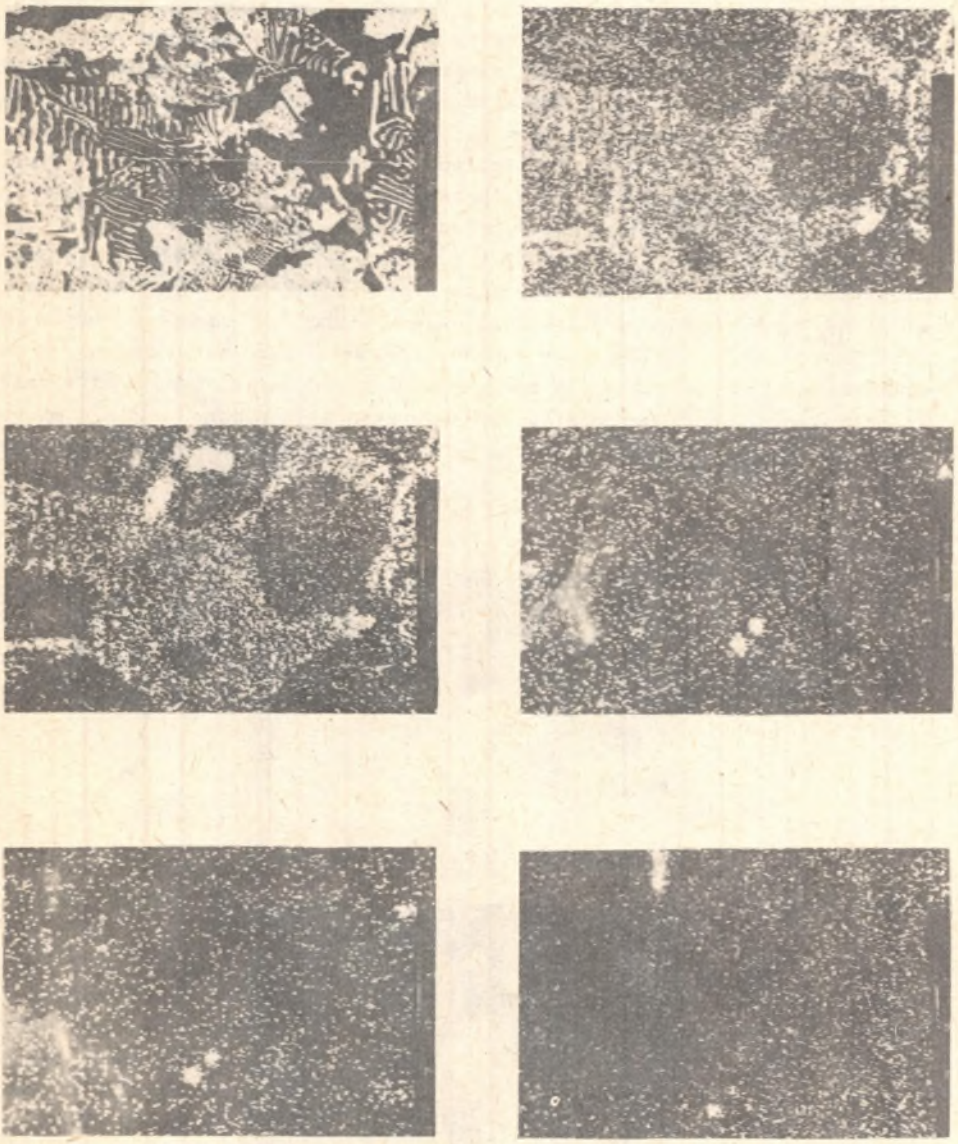
Rys. 2. Wpływ modyfikatorów na jednorodność rozkładu Cr, W i Ni w stali SW7M



Rys. 3. Wpływ modyfikatorów na jednorodność rozkładu V, Mo i Cu w stali SW7M



Rys. 4. Struktura stali SW7M w stanie lanym, 2000x:
a - stal niemodyfikowana (wytop 23); b - stal modyfikowana wapniem (wytop 3); c - stal modyfikowana wapniem i bizmutem (wytop 20); d - stal modyfikowana miszmetalem (wytop 16); e - stal modyfikowana borem (wytop 7); f - stal modyfikowana borem i bizmutem (wytop 19)



Rys. 5. Rozkład powierzchniowy składników w stali modyfikowanej wapniem 1000x, (wytop 3)

a - obraz kompozycyjny + LINE S; b - Mo; c - V; d - Mn; e - S; f - Ca

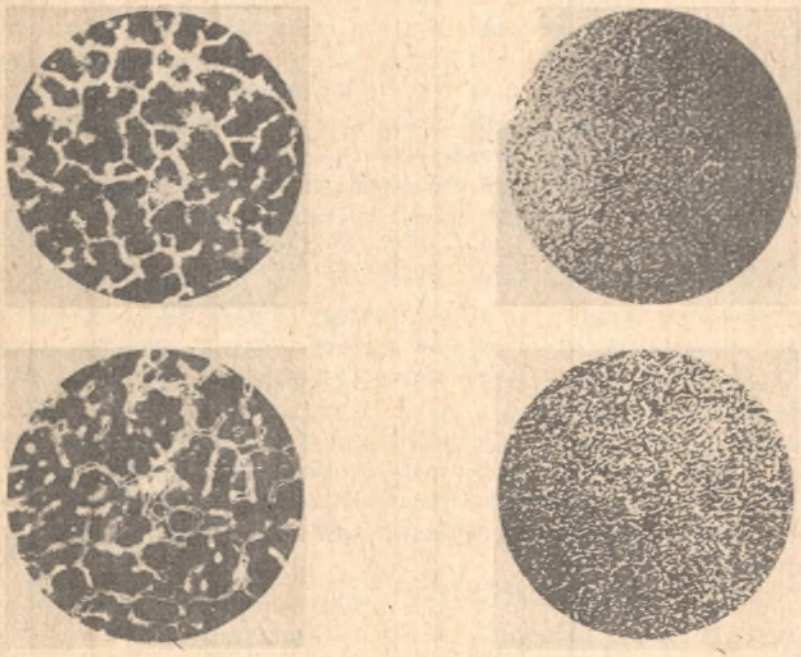
oraz czystym wapniem (wytop nr 3) odpowiada w przybliżeniu danym ilościowym podanym w pracy [13]. Analiza rozkładu powierzchniowego, jak i analiza liniowa wykazały nierównomierny rozkład C, W, Mo, V i Cr na przekrojach próbek. Najbardziej równomierny rozkład wykazuje chrom, natomiast najbardziej nierównomiernie rozmieszczony jest wanad, szczególnie w pobliżu krawędzi próbek. Eutektyka w tych miejscach próbki wykazuje większe stężenie W, Mo i V w porównaniu z rdzeniem. Ponadto w badanych mikroobszarach ujawniono liczne wtrącenia tlenków glinu, nie występujące w stali modyfikowanej wapniem. Przykładowo rozkład powierzchniowy pierwiastków w stali modyfikowanej wapniem (watop nr 3) przedstawiono na rys. 5. Zgodnie z przewidywaniem prawie jednakowe rozmieszczenie w eutektyce i osnowie stali wykazują W, Mo, Cr i V (rys. 5b i c), przy czym w miejscach występowania węglików wanadu zaznacza się silne stężenie tego pierwiastka(rys.5c). Skupienia atomów wapnia występują głównie w siarczkach manganu (rys. 5d do f) oraz w otoczeniu węglików wanadu (rys. 6a i b), rozmieszczonych w osnowie stali lub na zwężonych rozgałęzieniach eutektyki w postaci wydzieleń ziarnistych. Podobne rozmieszczenie wapnia stwierdzono w stali modyfikowanej wapniem i bizmutem (wytop nr 20), z tym że zwiększone stężenie

Rys. 6. Rozkład liniowy V i Ca w stali modyfikowanej wapniem i borem, 1000x (wytop 10)

a - obraz kompozycyjny + LINE V; b - obraz kompozycyjny + LINE Ca

Ca ujawniono lokalnie także w miejscach, gdzie nie występowały wtrącenia siarczków.

Bor rozmieszczony jest przede wszystkim na granicach ziarn. Największe stężenie tego pierwiastka ujawniono w miejscach styku trzech lub kilku ziarn, tj. w miejscach występowania dużych kolonii eutektyki. Przy tym w stali modyfikowanej czystym borem (wytop nr 7) rozkład tego pierwiatka wzdłuż granic ziarn jest bardziej równomierny niż w wytopie stali modyfikowanej jednocześnie borem i wapniem - wytop nr 10 (rys. 7).



Rys. 7. Rozkład boru na przekroju poprzecznym próbek 15x:
a - mikrostruktura i b - autoradiogram stali z watopu 7; c - mikrostruktura i d - autoradiogram stali z wytopu 10

Rentgenowska analiza strukturalna izolatów wykazała, że w stalach modyfikowanych występują podobnie jak w stali niemodyfikowanej te same rodzaje węglików, tj. M_6C, M_2C i MC. Zmienia się natomiast wielkość bloków osnowy. O ile w stali niemodyfikowanej bloki mają wielkość rzędu 1000Å, to w stali modyfikowanej borem, wapniem, wapniem i borem oraz wapniem i bizmutem osiągają one wielkość od ok. 320 do 380Å. Średnie zniekształcenia sieciowe wszystkich badanych próbek zawierają się w granicach 3,5 do 5,5%, przy czym nie stwierdzono szczególnego związku pomiędzy wielkością znie-

kształceń sieciowych, a rodzajem danego pierwiastka aktywnego lub ich kombinacją.

Metalograficzne badania ilościowe przy zastosowaniu komputerowego analizatora obrazu typu Quantimet 720 nie ujawniły korelacji pomiędzy procentową zawartością wydzieleń węglików oraz wielkością ziarn osnowy, a odległością od krawędzi próbek ze wszystkich badanych stali. W przyjętym modelu równania regresji wg [15]: $Z = 5,703 - 1653Ca + 90,037B + 79,018Bi - 14,005M \pm \xi$, dla którego odchylenie standardowe od linii regresji wynosi 0,608. Z przeprowadzonej analizy wynika, że wpływ bizmutu i wapnia jest nieistotny, na co wskazują bardzo małe współczynniki korelacji cząstkowej wynoszące 0,014 i 0,057 odpowiednio dla Bi oraz Ca; można natomiast rozpatrywać wpływ wapnia oraz boru, dla których współczynniki korelacji cząstkowej wynoszą odpowiednio 0,54 i 0,41. W badanym zakresie ilości wprowadzanych do stali modyfikatorów ujemna wartość współczynnika korelacji w równaniu regresji wskazuje, że zawartość procentowa węglików w stali modyfikowanej wapniem zmniejsza się w stosunku do stali niemodyfikowanej. Natomiast w przypadku modyfikacji borem dodatnia wartość współczynnika korelacji w równaniu regresji świadczy o zwiększeniu się procentowej zawartości węglików w stali. Zaniżona zawartość węglików w stali modyfikowanej wapniem wynika prawdopodobnie ze zbyt małej ich wielkości, mniejszej od zdolności rozdzielczej urządzenia badawczego. Dla pozostałych wytopów (tabl. 1) uzyskano zbyt małe współczynniki korelacji cząstkowej, przez co nie były one rozpatrywane.

O niezależności oddziaływania na strukturę stali w stanie lanym tak wapnia, jak i boru świadczy mała wartość korelacji cząstkowej pomiędzy tymi pierwiastkami, liczona wg [15]. Wynosi ona zaledwie 0,10. Wynika stąd, że można bez ryzyka kompensacji wzajemnej modyfikować stal równocześnie obu tymi pierwiastkami.

WNIOSKI

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że wprowadzone do płynnego metalu modyfikatory wpływają w znacznej mierze na jednorodność chemiczną i strukturalną stali szybkotnącej SW7M na przekroju i długości wlewka. Modyfikacja stali wapniem, wapniem i bizmutem oraz bizmutem i borem wpływa korzystnie na jednorodność rozmieszczenia molibdenu. Przeciwnie oddziaływa bor, prawdopodobnie wskutek nierównomiernego rozkładu tego pierwiastka, głównie na granicach ziarn i styku kilku ziarn oraz w miejscach dużych skupień eutektyki.

Wprowadzenie modyfikatorów nie zmienia składu fazowego stali, lecz wydatnie zmniejsza wielkość bloków osnowy oraz postać i rozmieszczenie węglików w eutektyce. Poszczególne mikrododatki lub ich kombinacje oddziaływają następująco:

- wapń, wapń z borem oraz wapń z bizmutem sprzyjają wystąpieniu drobnopłytkowych węglików w eutektyce pierzastej i równomiernemu jej rozmieszczeniu w objętości wlewka;
- miszmetal przyczynia się do równomiernego rozmieszczenia eutektyki drobnopłytkowej w osnowie stali;
- bor powoduje tworzenie eutektyki grubopłytkowej z węglikami pierwotnymi o postaci iglastej i dyskowej.

Badane modyfikatory nie zmieniają składu fazowego i udziału objętościowego węglików w stosunku do stali niemodyfikowanej.

LITERATURA

[1] A. Marciak, B. Szafraniec, J. Lipowczan: Sprawozdanie nr 1141 IMŚ 05.1.7 (01.04.03) HP, Gliwice 1974 (niepublikowane).

[2] T. Malkiewicz, A. Mazur, I. Krawiarz: Zeszyty AGH, nr 51, Kraków 1973, s. 218.

[3] I.T. Berry: Climax Molibdenus GMBH, wyd. Diseldorf 1970.

[4] M.P. Braun i współautorzy: Modyficirawannaja bystro recuszczaja stal. Maszgiz, Moskwa 1955.

[5] K. Lassota: Sprawozdanie IMŻ B-1657, Gliwice 1967 (niepublikowane).

[6] A. Marciak: Sprawozdanie IMŻ, nr 1144, Gliwice 1974 (niepublikowane).

[7] A. Marciak: Sprawozdanie IMŻ nr 1542 Gliwice 1976 (niepublikowane).

[8] A. Marciak: Sprawozdanie IMŻ nr 1731, Gliwice 1977 (niepublikowane).

[9] I.T. Berry: Ind Heat. t 38, nr 3 ICI Americas Inc., Pittsburg 1971, s. 452, s. 460.

[10] K. Narita: Testo to Hagane, nr 13, JSW, Tokyo, Japan 1974, s. 1962.

[11] T. Nishimura: Journal of the Japan Institute of Metals, t. 32, Sendai, Japan 1968, s. 708.

[12] H. Morotzawa: Journal of Electron Microscopy, t. 22, nr 1, Elservier Scientifie Publisching Company, 1973, s. 599.

[13] K. Bungardt, E. Haberling: DEW-Techn. Berichte, t. 12, nr 2 Krefeld, RFN 1972.

[14] Z. Bojarski: Mikroanalizator rentgenowski. Metoda analizy chemicznej w mikroobszarach. Wyd. Śląsk, Katowice 1971.

[15] N.R. Droper, H. Smith: Analiza regresji stosowanej, PWN, Warszawa 1974.

[16] W.I. Archarow i współautorzy: Dokłady Akademii Nauk, ZSRR, Moskwa 1975, t. 22, nr 5, s. 1079.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ НА ПЕРВИЧНУЮ СТРУКТУРУ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ SW7M

Р е з ю м е

Исследовано влияние модифицирования Ca, B, Bi мишталем, а также комбинациями этих веществ на первичную структуру быстрорежущей стали SW7M. Модифицирование вызывает уменьшение блоков основы стали, а также изменение видов карбидов в эутектике и ее расположения на сечении и длине слитка. Самое эффективное влияние оказывает Ca, вызывающий измельчение карбидов и равномерное размещение эутектики. Подобным образом влияют смеси Ca - B, а также Ca - Bi. Мишметаль способствует одновременному распределению эутектики, зато B - появлению крупнопластинчатой эутектики с карбидами игольчатого вида.

S u m m a r y

It this the influence of modifiers on structure of the 6-5-2 high-speed steel has been determined. There was estabilished, that such modifiers as calcium and calcium + boron blend have the advantageous influence on carbides distribution in the eutectic mixture.

The most valuable, respeatable results were obtained after modification of the steel by means of 0,5% Ca causing the granulation of carbides and uniformly distribution eutectic mixture.

Much the same influence on its have the mixture Ca + B and Ca + Bi.

Miszmetal is conductive to uniformly distribute eutectic mixture, howerer B to exist eutecitc with the slim carbides.