ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1977

Seria: Hutnictwo z. 11 Nr kol. 518

Adolf MACIEJNY, Marek HETMAŃCZYK,
Kazimierz DUCKI

Instytut Inżynierii Materiałowej

CHARAKTERYSTYKA STRUKTURALNA STALI SZYBKOTNĄCYCH ASP 30 I ASP 60 OTRZYMANYCH METODĄ METALURGII PROSZKÓW

Streszczenie. W artykule scharakteryzowano strukturę stali szybkotnących ASP 30 i ASP 60 otrzymanych metodą ASEA-STORA. Stale te cechują się bardzo równomierną i jednorodną strukturą pozbawioną segregacji i pasmowości węglików. Określono udział wagowy węglików w strukturze oraz przeprowadzono identyfikację fazy węglikowej. Dokonano także oceny rozkładu składników stopowych w strukturze badanych stali przy użyciu metody mikroanalizy rentgenowskiej.

1. Wstęp

Stale ledeburytyczne, do których zaliczają się również stale szybkotnące, wykazują podczas krzepnięcia skłonność do makro- i mikrosegregacji. Niejednorodność struktury oraz gruboziarniste eutektyki utrudniają przeróbkę plastyczną na gorąco, zmniejszając uzysk stali. Segregacja i pasmowość węglików są główną przyczyną obniżenia własności użytkowych gotowych narzędzi. Trudności występujące podczas produkcji stali szybkotnących drogą konwencjonalną można uniknąć, stosując procesy metalurgii proszków. Spośród wielu istniejących metod najbardziej znany w Europie jest szwedzki proces ASEA-STORA [1, 2, 3]. Technologia ta zapewnia precyzyjne dotrzymanie składu chemicznego i uzyskanie równomiernej struktury. Stal szybkotnąca otrzymana metodą ASEA-STORA charakteryzuje się znaczną równomiernością i jednorodnością struktury. W strukturze nie występuje grubokrystaliczna eutektyka oraz segregacja pasmowa węglików. Węgliki są znacznie drobniejsze (1 ÷ 3) μm i równomierniej rozmieszczone w porównaniu ze stalą wytapianą konwencjonalnie.

Te dodatnie cechy struktury wpływają na poprawę własności technologicznych i eksploatacyjnych narzędzi ze stali szybkotnących otrzymanych metodą metalurgii proszków [4, 5, 6]. Celem bliższego poznania szczegółów mikrostruktury omawianych materiałów narzędziowych podjęto badania metalograficzne i mikroanalityczne dwóch gatunków stali szybkotnących otrzymanych w procesie ASEA-STORA.

2. Badania własne

Badania przeprowadzono na próbkach ze stali szybkotnących ASP 30 i ASP 60, których skład podano w tablicy I.

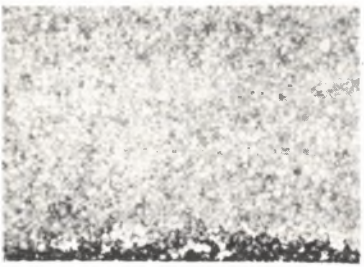
Tablica I

Skład chemiczny stali szybkotnących ASP 30 i ASP 60

Stal	Zawartość pierwiastków [%]							
	C	Mn	Si	Cr	W	Mo	V	Co
ASP 30	1,27	0,3	0,3	4,2	6,4	5,0	3,1	8,5
ASP 60	2,30	0,3	0,4	4,0	6,5	7,0	6,5	10,5

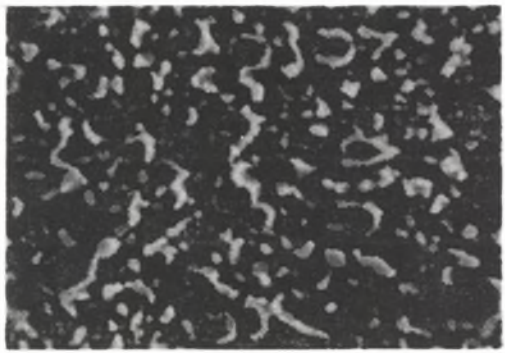
Stal ASP 30 dostarczona była w postaci krążka o średnicy 45 mm, zaś ASP 60 w postaci szlifowanego pręta o średnicy 7 mm. Twardość próbek ASP 30 wynosiła 250 HB, zaś ASP 60 - 320 HB. Obserwacje mikrostruktury przeprowadzono na mikroskopie świetlnym typu MeF-2 produkcji Reichert. Próbki trawiono w 5% roztworze kwasu azotowego w alkoholu etylowym. Struktura stali ASP 30 (rys. 1) oraz ASP 60 (rys. 2) składa się z bardzo równomiernie rozłożonych drobnych węglików w osnowie ferrytu stopowego. Węgliki posiadały zbliżoną wielkość i nie stwierdzono pasmowości w ich rozłożeniu. Strukturę stali obserwowano także przy większych powiększeniach wykorzystując do tego celu mikroskop skaningowy typu JSM-S1 produkcji JEOL. Próbki do badań

Rys. 1. Struktura stali szybkotnącej ASP 30 w stanie dostawy. Pow. 750x

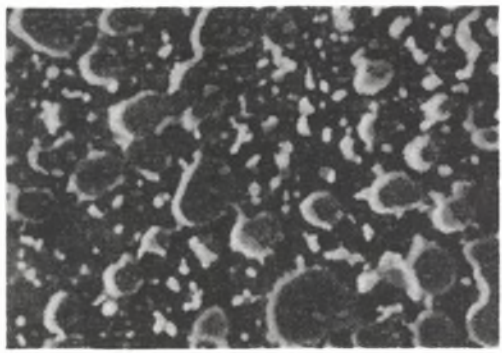


Rys. 2. Struktura stali szybkotnącej ASP 60 w stanie dostawy. Pow. 750x

trawiono w 10% roztworze nadsiarczanu amonu w wodzie destylowanej (Mi4Fe). Obserwacje przeprowadzono przy napięciu przyśpieszającym 10 kV i powiększeniach od 3000 do 6000x. Otrzymane zdjęcia (rys. 3 i 4) potwierdziły wyniki obserwacji uzyskane na mikroskopie świetlnym. Węgliki są równomiernie rozłożone, ale istnieje dość znaczne ich zróżnicowanie pod względem wielkości. W strukturze można wyróżnić węgliki większe o kształcie regularnym oraz węgliki bardzo drobne. Można zauważyć, że węgliki w stali

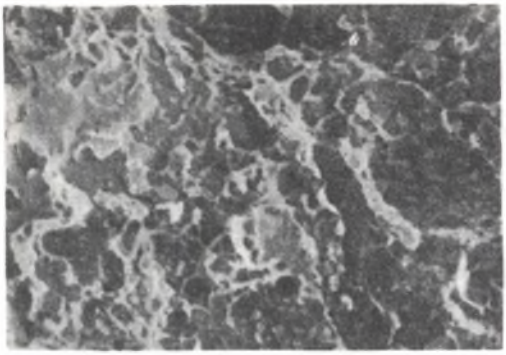


Rys. 3. Struktura stali szybkotnącej ASP 30 - obraz uzyskany za pomocą mikroskopu skaningowego. Pow. 5000x

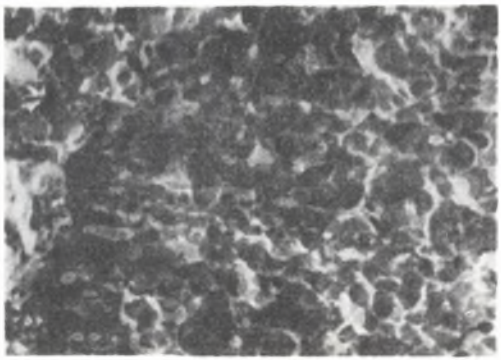


Rys. 4. Struktura stali szybkotnącej ASP 60 - obraz uzyskany za pomocą mikroskopu skaningowego. Pow. 6000x

ASP 30 (rys. 3) są mniej regularne pod względem kształtu niż w stali ASP 60 (rys. 4). Kształt zewnętrzny węglików uwidoczniły w sposób wyraźny obserwacje przełomów na mikroskopie skaningowym (rys. 5 i 6). W obu stalach węgliki posiadają kształt bardzo zbliżony do sferoidalnego. Również gęstość węglików w stali ASP 30 (rys. 5) jest mniejsza niż w stali ASP 60 (rys. 6), co uwidacznia się większymi obszarami elementarnych płaszczyzn łupliwości na przełomie. Potwierdzają to informacje zamieszczone we wcześniejszych pracach [7,8], zgodnie z którymi udział objętościowy węglików w stali ASP 30 wynosi około 32%, zaś w stali ASP 60 około 40%.



Rys. 5. Drobnoziarnisty przełom transkrystaliczny łupliwy stali ASP 30. Widoczne duże płaszczyzny rozdziału z drobnymi wydzieleniami węglików. Pow. 3000x



Rys. 6. Drobnoziarnisty przełom łupliwy stali ASP 60. W płaszczyznach rozdziału widoczne sferoidalne wydzielenia węglików oraz miejsca po wyekstrahowanych węglikach. Pow. 3000x

W celu identyfikacji węglików przeprowadzono rentgenowską analizę strukturalną. Fazę węglikową ekstrahowano elektrolitycznie w 5% roztworze kwasu solnego w wodzie destylowanej przy gęstości prądu 20 mA/cm^2. Proces ekstrakcji trwał średnio 20 godzin. Otrzymane izolaty po kilkakrotnym płukaniu wodą, a następnie alkoholem etylowym i odwirowaniu suszono w temperaturze około 60°C [9]. Udział wagowy wyekstrahowanej fazy węglikowej wynosił dla stali ASP 30 - 26,1%, a dla stali ASP 60 - 29,9%. Skład fazowy izolatów badano metodą rentgenowskiej jakościowej analizy fazowej na dyfraktometrze rentgenowskim JDX-7S produkcji JEOL, stosując filtrowane promienie CoK$_\alpha$ przy napięciu wzbudzenia 40 KV i natężeniu prądu 20 mA. Do

identyfikacji faz wykorzystano rentgenowskie diagramy wzorcowe wybrane z kartoteki ASTM. Wyniki identyfikacji fazowej izolatu stali ASP 30 przedstawiono w tablicy II, zaś stali ASP 60 w tablicy III. W obu stalach stwierdzono występowanie tych samych trzech typów węglików. Dominującym węglikiem, gdy chodzi o zawartość w strukturze, był węglik typu M_6C. Drugim co do ilości występującym węglikiem był węglik typu MC. Ponadto stwierdzono występowanie w niewielkiej ilości węglika typu $M_{23}C_6$.

Tablica II

Wyniki identyfikacji dyfraktogramu izolatu stali ASP 30

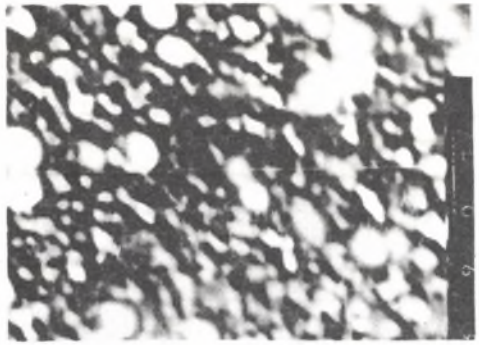
Numer piku	Kąt 2θ [°]	d mierzona [Å]	Faza	d wzorcowa [Å]	I intensywność wzgl. [%]	hkl
1	31,3	3,3157	M_6C	3,31	20	311
2	37,9	2,7544	M_6C	2,75	80	400
3	41,5	2,5246	M_6C	2,52	80	331
4	43,7	2,4033	MC	2,40	100	111
5	46,8	2,2522	M_6C	2,25	80	422
6	49,9	2,1204	M_6C	2,12	100	333
7	50,9	2,0815	MC	2,07	100	200
8	52,1	2,0368	$M_{23}C_6$	2,04	100	333
9	54,7	1,9469	M_6C	1,95	80	440
10	58,3	1,8363	M_6C	1,83	40	442
11	70,8	1,5441	M_6C	1,54	60	551
12	74,8	1,4726	MC	1,47	50	220
13	77,1	1,4352	M_6C	1,43	60	553
14	83,2	1,3472	M_6C	1,35	80	733
15	86,9	1,3006	M_6C	1,30	100	644
16	89,2	1,2739	M_6C	1,27	60	555
17	90,7	1,2573	MC	1,25	25	311
18	95,2	1,2112	M_6C	1,21	40	753
19	96,2	1,2017	MC	1,20	10	222
20	99,0	1,1763	M_6C	1,18	40	664
21	100,0	1,1676	$M_{23}C_6$	1,16	60	753
22	107,5	1,1091	M_6C	1,11	80	755

Tablica III

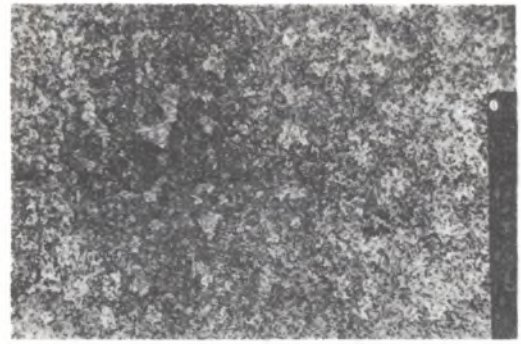
Wyniki identyfikacji dyfraktogramu izolatu stali ASP 60

Numer piku	Kąt 2θ [°]	d mierzona [Å]	Faza	d wzorcowa [Å]	I intensywność wzgl. [%]	hkl
1	31,4	3,3054	M_6C	3,31	20	311
2	38,0	2,7474	M_6C	2,75	80	400
3	41,5	2,5246	M_6C	2,53	80	331
4	43,7	2,4033	MC	2,40	100	111
5	46,9	2,2477	M_6C	2,25	80	422
6	48,7	2,1694	$M_{23}C_6$	2,16	60	422
7	49,9	2,1204	M_6C	2,12	100	333
8	50,8	2,0853	MC	2,07	100	200
9	52,0	2,0404	$M_{23}C_6$	2,04	100	333
10	54,7	1,9469	M_6C	1,95	80	440
11	58,3	1,8363	M_6C	1,84	40	442
12	70,9	1,5422	M_6C	1,54	60	551
13	74,6	1,4760	MC	1,47	50	220
14	77,1	1,4352	M_6C	1,43	60	553
15	83,2	1,3472	M_6C	1,35	80	733
16	87,0	1,2990	M_6C	1,30	100	644
17	89,3	1,2727	M_6C	1,27	60	555
18	90,6	1,2584	MC	1,25	25	311
19	95,9	1,2045	MC	1,20	10	222
20	107,6	1,1084	M_6C	1,11	80	755
21	111,5	1,0821	M_6C	1,08	80	862
22	114,0	1,0665	M_6C	1,07	80	773
23	117,8	1,0446	MC	1,04	5	400

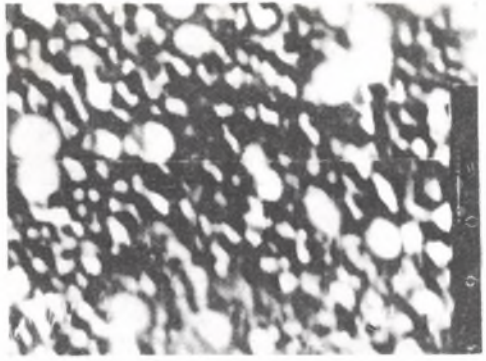
Badania jednorodności struktury i składu chemicznego przeprowadzono na mikroanalizatorze rentgenowskim JXA-50A produkcji firmy JEOL przy napięciu przyśpieszającym 20 KV i powiększeniach od 2000 do 5000x. Badano zmianę zawartości Co, Cr, W, Mo i V wzdłuż stałej linii cięcia przechodzącej przez osnowę i węgliki oraz rozkład powierzchniowy tych pierwiastków w analizowanym obszarze próbki [10]. Wyniki tych badań przedstawiono dla stali ASP 30 na rysunkach 7÷13, a dla stali ASP 60 na rysunkach 14÷21. Rozkład analizowanych pierwiastków w obu badanych stalach był zbliżony. Kobalt (rys. 7, 8, 14, 15) występuje głównie w ferrycie stopowym, a jego koncentracja w węglikach jest bardzo mała. W osnowie rozmieszczony jest bardzo równomiernie, szczególnie w stali ASP 60 (rys. 15). Chrom (rys. 9, 10, 16, 17) wykazuje dużą jednorodność rozłożenia w strukturze. Występuje głównie w osnowie oraz w mniejszym stopniu w węglikach o wydłużonym niere-



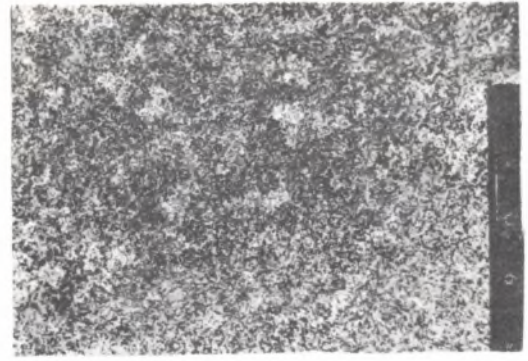
Rys. 7. Zmiana koncentracji kobaltu wzdłuż linii cięcia. Stal ASP 30, pow. 4000x



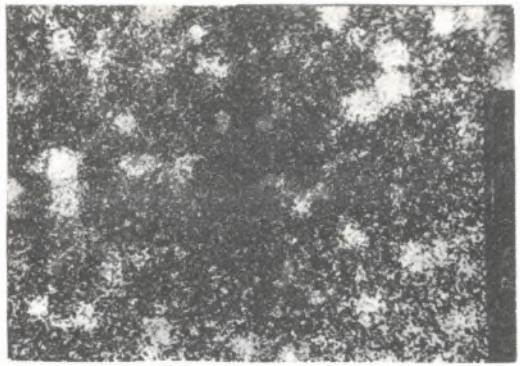
Rys. 8. Rozmieszczenie powierzchniowe kobaltu w analizowanym obszarze jak na rys. 7.Stal ASP 30 pow. 4000x



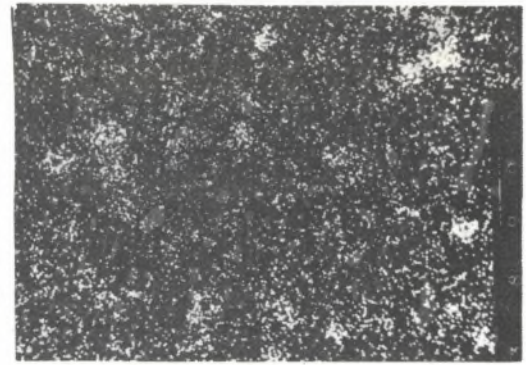
Rys. 9. Zmiana koncentracji chromu wzdłuż linii cięcia. Stal ASP 30, pow. 4000x



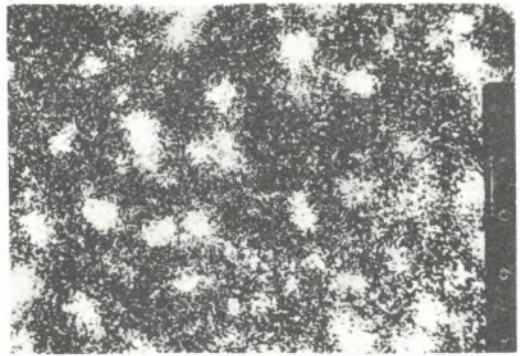
Rys. 10. Rozmieszczenie powierzchniowe chromu w analizowanym obszarze jak na rys.7. Stal ASP 30 pow. 4000x



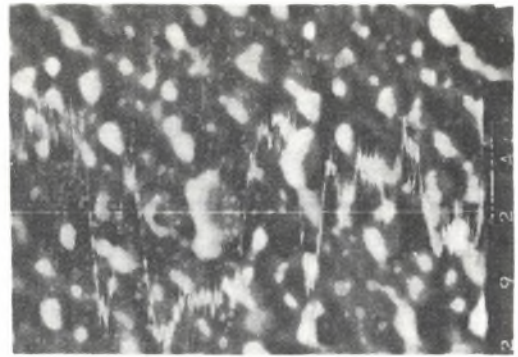
Rys. 11. Rozmieszczenie powierzchniowe wolframu w analizowanym obszarze jak na rys. 7. Stal ASP 30, pow. 4000x



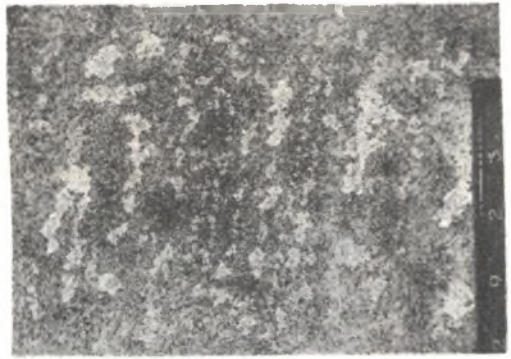
Rys. 12. Rozmieszczenie powierzchniowe molibdenu w analizowanym obszarze jak na rys. 7. Stal ASP 30, pow. 4000x



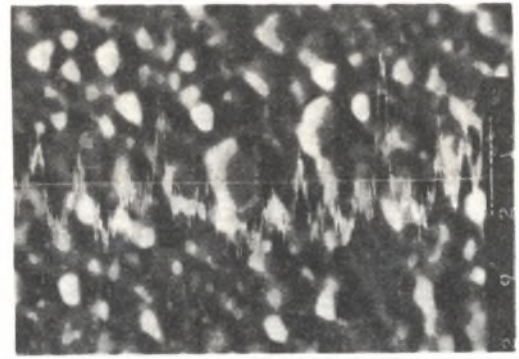
Rys. 13. Rozmieszczenie powierzchniowe wanadu w analizowanym obszarze jak na rys. 7. Stal ASP 30, pow. 4000x.



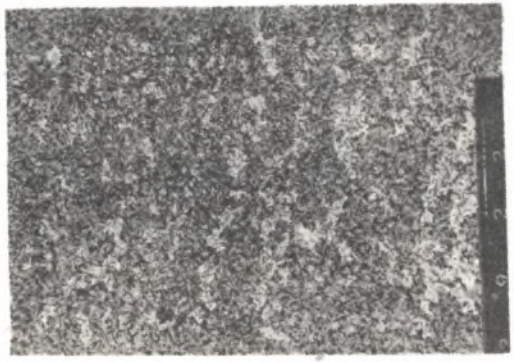
Rys. 14. Zmiana koncentracji kobaltu wzdłuż linii cięcia. Stal ASP 60, pow. 5000x



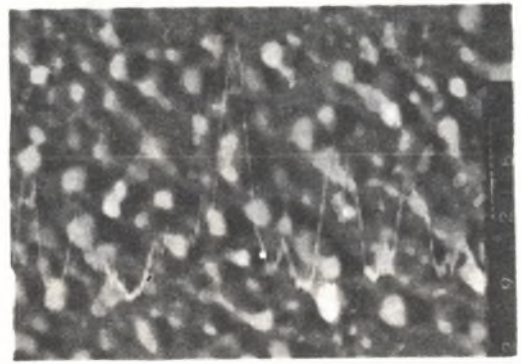
Rys. 15. Rozmieszczenie powierzchniowe kobaltu w analizowanym obszarze jak na rys. 14. Stal ASP 60, pow.5000x



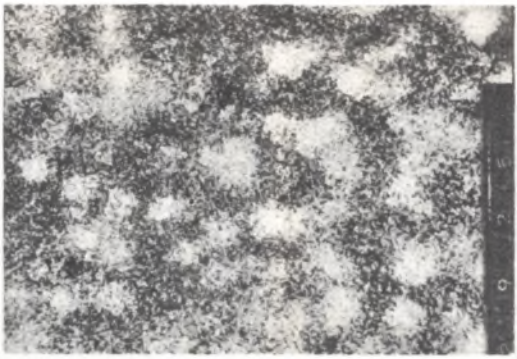
Rys. 16. Zmiana koncentracji chromu wzdłuż linii cięcia. Stal ASP 60, pow. 5000x



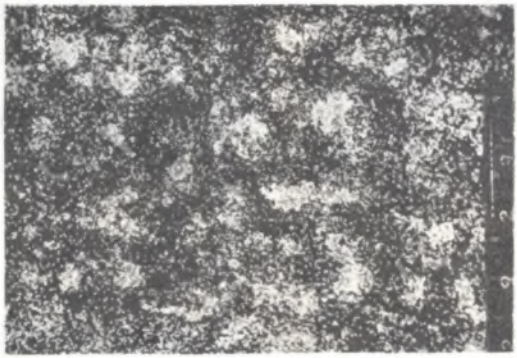
Rys. 17. Rozmieszczenie powierzchniowe chromu w analizowanym obszarze, jak na rys. 16.Stal ASP60, pow.5000x



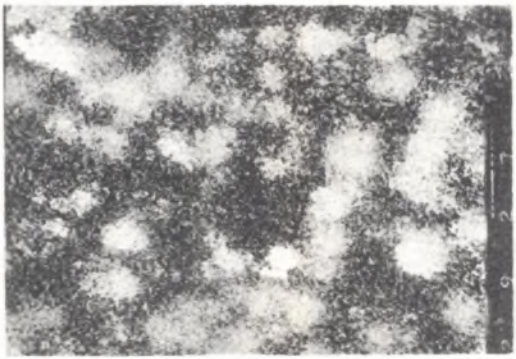
Rys. 18. Zmiana koncentracji wolframu wzdłuż linii cięcia. Stal ASP 60, pow. 4000x



Rys. 19. Rozmieszczenie powierzchniowe wolframu w analizowanym obszarze jak na rys. 18. Stal ASP 60, pow. 4000x



Rys. 20. Rozmieszczenie powierzchniowe molibdenu w analizowanym obszarze jak na rys. 18. Stal ASP 60, pow. 4000x



Rys. 21. Rozmieszczenie powierzchniowe wanadu w analizowanym obszarze jak na rys. 18. Stal ASP 60, pow. 4000x

gularnym kształcie przeważnie razem z molibdenem. Są to prawdopodobnie węgliki typu $M_{23}C_6$. Koncentracja chromu w osnowie jest szczególnie wysoka w miejscach graniczących z dużymi regularnymi węglikami (rys. 16). Rozmieszczenie wolframu w strukturze próbki (rys. 11, 18, 19) jest bardzo nierównomierne. Występuje przede wszystkim w dużych węglikach o regularnym kształcie (prawdopodobnie typu M_6C), a jego koncentracja w osnowie jest bardzo mała (rys. 19). W większości węglików występuje razem z molibdenem oraz w niektórych łącznie z molibdenem i wanadem. Molibden (rys. 12, 20) wykazuje rozkład bardzo zbliżony do wolframu. Występuje w tych samych węglikach co i wolfram, a jego koncentracja w osnowie jest minimalna. Rozmieszczenie wanadu (rys. 13, 21) w strukturze jest również bardzo nierównomierne i zbliżone do rozkładu wolframu i molibdenu. Koncentruje się prawie wyłącznie w węglikach, w których występuje razem z wolframem i molibdenem. Są to węgliki mniejszych rozmiarów o kształcie regularnym bardzo zbliżonym do sferoidalnego - prawdopodobnie typu MC.

3. Wnioski

Z przeprowadzonych badań wynikają następujące wnioski:

1. Stale szybkotnące otrzymane metodą ASEA-STORA charakteryzują się w stanie dostawy równomierną i jednorodną strukturą pozbawioną segregacji i pasmowości węglików. Węgliki są drobne, posiadają przybliżoną wielkość i mają kształt sferoidalny.

2. W skład fazy węglikowej w obu badanych stalach wchodzą trzy typy węglików. Podstawowym węglikiem jest węglik typu M_6C, a obok niego występują węgliki typu MC i $M_{23}C_6$. Udział wagowy fazy węglikowej określono w stali ASP 30 na 26,1%, a w stali ASP 60 na 29,9%.

3. Dużą równomierność w rozmieszczeniu w strukturze wykazują kobalt i chrom, które koncentrują się głównie w osnowie. Pierwiastki węglikotwórcze (wolfram, molibden, wanad) cechuje duża niejednorodność w powierzchniowym rozłożeniu, gdyż skoncentrowane są prawie wyłącznie w fazie węglikowej.

LITERATURA

[1] Stora - Producent Information, September 1972, s. 1÷8.
[2] Bryjak E.: Hutnik, nr 7÷8, 1972, s. 364÷376.
[3] Bryjak E.: "Wiadomości Hutnicze" nr 6, 1973, s. 185÷192.
[4] Spyra W., Lilienthal H.E.: "DEW Techn. Ber." tom 11, nr 3, 1971, s. 129÷133.
[5] Bryjak E.: "Wiadomości Hutnicze" nr 7÷8, 1973, s. 225÷229.
[6] Bryjak E.: Hutnik nr 4, 1975, s. 176÷184.

[7] Bryjak E., Rogowski J., Pląder T., Stolorz G.: Wiadomości Hutnicze nr 9, 1975, s. 289÷295.

[8] Bryjak E., Pląder T.: Wiadomości Hutnicze nr 10, 1975, s. 328÷333.

[9] Barcik R., Hetmańczyk M., Cwajna J.: Zeszyty Naukowe Pol.Śl. Hutnictwo nr 5, 1975, s. 175÷187.

[10] Bojarski Z.: Mikroanalizator rentgenowski, Wyd. "Śląsk" Katowice, 1971, s. 139÷148.

СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ АСП 30 И АСП 60 ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИИ

Р е з ю м е

В статье дана характеристика структуры быстрорежущих сталей АСП 30 и АСП 60 полученных методом Асэа - Стора. Эти стали отличаются очень равномерной и однородной структурой без сегрегации и полосовости карбидов. Определено весовое участие карбидов в структуре и проведено идентификацию карбидов. Совершено тоже оценку расположения легирующих элементов в структуре исследуемых сталей.

THE STRUCTURAL CHARACTERISTIC OF HIGH-SPEED STEELS ASP 30 AND ASP 60 PRODUCED BY A POWDER METALLURGY PROCESS

S u m m a r y

In this work the microstructure of two high - speed steels ASP 30 and ASP 60 obtained by use of ASEA-STORA process has been characterized. A characteristic feature of these steels is their uniform and homogeneous structure without any segregation of carbides. The weight contents of carbides in the microstructure has been determined with the simultaneous identification of carbide - phase. By use of X-ray microanalysis, the distribution of alloying elements in the microstructure of examined steels has been revealed.