dr inż. Kazimierz ORECKI, dr inż. Andrzej MACIOSOWSKI, mgr inż. Piotr RÓŻAŃSKI
Instytut Metalurgii Żelaza w Gliwicach

MODYFIKACJA WTRĄCEŃ NIEMETALICZNYCH I JEJ WPŁYW NA SKRAWALNOŚĆ STALI AUTOMATOWEJ

1. Wstęp

Rozwój przemysłu maszynowego i motoryzacyjnego stwarza zapotrzebowanie na nowe gatunki stali, które przy zachowaniu wymaganych własności mechanicznych charakteryzują się skrawalnością umożliwiającą wykorzystanie coraz to wyższych parametrów maszyn przeznaczonych do obróbki wiórowej.

Polepszenie własności skrawalnych stali uzyskuje się głównie przez wytworzenie w niej wtrąceń niemetalicznych o odpowiednich składach fazowych dla poszczególnych grup stali i stosowanej obróbki wiórowej.

W wielu krajach prowadzone są intensywne i wszechstronne badania nad otrzymaniem nowych gatunków o polepszonej skrawalności poprzez stosowanie do ich wytwarzania dodatków stopowych i związków chemicznych dotychczas nie stosowanych w stalowniotwie do tych celów.

Wyniki tych badań - z reguły objęte zastrzeżeniami patentowymi - wdrażane do przemysłu umożliwiły rozszerzenie asortymentu gatunków stali o polepszonej skrawalności, której produkcja znacznie wzrosła. Przykładowo w Japonii w latach 1965 - 1975 produkcja stali dobrze skrawalnych wzrosła 5-krotnie, a w okresie od 1958 do 1973, aż 90-krotnie [1].

W Polsce zagadnieniu zabezpieczenia przemysłu w stale automatowe i konstrukcyjne dobrze skrawalne dotychczas poświęcano mało uwagi i asortyment produkowanych u nas tego typu stali jest bardzo ubogi [2, 3]. Przyczyną tego zjawiska było bardzo ograniczone rozeznanie konstruktorów i technologów o możliwościach produkcji stali o polepszonej skrawalności przez krajowe hutnictwo, łatwość importu głównie z II obszaru płatniczego oraz przestarzały park maszynowy. Obecnie w wyniku unowocześnienia parku maszynowego przy jednoczesnym ograniczeniu importu stali oraz wdrażania w przedsiębiorstwach zasad reformy gospodarczej nastąpił wyraźny wzrost zainteresowania przemysłu możliwościami produkcji w kraju stali o polepszonej skrawalności. W związku z tym w IMŻ podjęto pracę badawczą, celem której jest opracowanie technologii wytwarzania nowych gatunków stali au-

tomatowych i konstrukcyjnych o polepszonej skrawalności, które mogłyby zastąpić dotychczas importowane stale z dodatkiem ołowiu.

2. Czynniki metalurgiczne wpływające na skrawalność stali

Z danych literaturowych dotyczących badań nad poprawą skrawalności stali [4 - 10] wynika, że ta ważna charakterystyka zależy od całego szeregu czynników metalurgicznych do których poza składem chemicznym należy zaliczyć: ilość i skład fazowy tlenkowych i tlenkowo-siarczkowych wtrąceń niemetalicznych, zawartości tlenu i siarki w stali oraz strukturę stali.

Stal o polepszonej skrawalności nie powinna zawierać prostych tlenków o wysokiej temperaturze topienia /np. Al_2O_3, SiO_2, Cr_2O_2 i in./, które działają ścierająco na narzędzia skrawające. Należy więc dążyć do uzyskania bezpostaciowych tlenków zespolonych o niskich temperaturach topienia. Tego typu tlenki w czasie skrawania stali osadzają się na powierzchni narzędzia skrawającego tworząc powłokę ochronną, zapobiegającą nadmiernemu ścieraniu się ostrzy.

Tworząca się na narzędziach skrawających powłoka nie jest trwała i górna jej warstwa musi być stale odnawiana, dlatego też jest niezbędna odpowiednio duża ilość wtrąceń równomiernie rozłożonych w stali. Gdy na skutek zmiany warunków skrawania temperatura na styku narzędzie - materiał skrawany wzrasta, to powłoka ochronna topi się i jest usuwana ze strefy skrawania. Na jej miejsce tworzy się nowa warstwa złożona z innych wtrąceń, posiadających wyższą temperaturę mięknięcia. W przypadku, gdy takie wtrącenia nie występują w stali, wówczas powłoka ochronna całkowicie zanika i następuje intensywne zużycie ostrza.

Stwierdzono również, że powłoka ochronna tworzy się na narzędziach z węglików spiekanych /zawierających TiC/; nie zaobserwowano natomiast powłok na narzędziach ze stali szybkotnącej. Przyczyną tego prawdopodobnie jest fakt, że warunki do powstawania powłoki tlenkowej uzyskuje się w tym przypadku, gdy temperatura powierzchni narzędzia wynosi około 800°C /tzn. przy prędkości skrawania powyżej 130 m/min/, a stal szybkotnąca traci swe własności skrawane już przy temperaturze 600°C.

Na obniżenie temperatury topnienia wtrąceń tlenkowych dodatnio wpływa siarka. W związku z tym zawartość siarki w stalach konstrukcyjnych o polepszonej skrawalności utrzymuje się w granicach od 0,035 do 0,080 %.

Wpływ struktury stali na poprawę skrawalności nie został w dostatecznym stopniu wyjaśniony, szczególnie dotyczy to ilości perlitu i kształtu cementu. Stwierdzono jednak, że stal o jednorodnej strukturze charakteryzuje się lepszą skrawalnością. Celem wytworzenia odpowiedniego rodzaju tlenkowych wtrąceń niemetalicznych w stali obecnie stosuje się metodę tzw. specjalnego odtleniania stali. Metoda ta polega na dodawaniu do stali w czasie spustu lub wdmuchiwania do kadzi po spuście wapniokrzemu w ilości od 2 do 4 kg/t stali.

W przypadku stali automatowych stosuje się również dodatek boru. Jednak ostatnio stwierdzono, że dodatek wapnia do stali nie jest ani koniecznym, ani dostatecznym warunkiem polepszenia skrawalności. Zawartość glinu powyżej 0,011 % w stali odtlenianej wapniem powoduje obniżenie skrawalności do poziomu zwykłej stali, co związane jest najprawdopodobniej z przesunięciem się składu fazowego powstających wtrąceń w kierunku wyższych temperatur topnienia. Obecność w stali szkodliwych wtrąceń tlenkowych powodujących nadmierne ścieranie narzędzi skrawających jest nieunikniona i ściśle związana z procesem wytwarzania stali. Źródłem ich pochodzenia są:

- złom wsadowy zawsze zanieczyszczony tlenkami Si, Al, Cr i innymi pochodzącymi z procesu wytapiania stali,
- dodatki stopowe zawierające z reguły pewne ilości krzemu i glinu, które zwiększają zawartość tlenków tych metali, a w przypadku dodawania żelazo-chromu również Cr_2O_3,
- produkty odtleniania stali za pomocą Si, Mn lub Al,
- wyłożenie rynny spustowej, kadzi i kanałów syfonowych, które ulegają erozji w czasie spustu i odlewania stali.

Poza tym w procesie skrawania następuje utlenianie rozpuszczonego w stali glinu i powstający Al_2O_3 również szkodliwie na narzędzia skrawające. Analizując zjawiska zachodzące w procesie wytapiania stali i jej skrawania nasuwają się następujące spostrzeżenia.

a/ Celem zmniejszenia szkodliwego wpływu na trwałość narzędzi skrawających wtrąceń tlenkowych występujących w stali wytwarzanej sposobem tradycyjnym, należy je przekształcić w takie związki kompleksowe /z innymi tlenkami nie występującymi normalnie w stali/, które charakteryzowałyby się odpowiednio niskimi temperaturami topnienia, bezpostaciową

strukturą i małą twardością.

b/ Poprzez analogię do stali z dodatkami ołowiu, zawierających praktycznie od 0,15 do 0,35 % tego składnika o temperaturze topnienia 327°C, wydaje się, że zwiększenie w stali zawartości kompleksowych wtrąceń tlenkowych o cechach podanych wyżej powinno dodatnio wpłynąć na jej własności skrawalne, bez obniżenia własności mechanicznych i zdolności do obróbki cieplnej.

c/ Tlenek glinu powstający w procesie skrawania z utlenienia rozpuszczonego w stali glinu w obecności tlenków o niskiej temperaturze topnienia powinien łączyć się z nimi w kompleks złożony, tracąc swój szkodliwy wpływ na narzędzie skrawające.

W oparciu o przeprowadzoną analizę różnych fazowych układów tlenkowych autorzy wytypowali pierwiastki, których tlenki wchodząc w reakcję z tlenkami znajdującymi się w stali, tworzą tlenkowe związki kompelksowe o niskich temperaturach topnienia. Do takich pierwiastków należą sód, potas, lit, bor, których tlenki w połączeniu z SiO_2, Al_2O_3, MnO i Cr_2O_3 tworzą związki kompleksowe o szerokim zakresie temperatur topnienia /od 670 do 1700 K/ w zależności od zawartości poszczególnych składników w danym związku.

3. Materiał badań

3.1. Dobór dodatków modyfikujących

Do badań wpływu dodatku sodu, litu, wapnia i boru na poprawę skrawalności stali w pierwszym etapie pracy wytypowano niskowęglową wysokosiarkową stal automatową w gat. A10X. Ten gatunek stali stosuje się do masowej produkcji mniej odpowiedzialnych części maszyn. Skrawalność stali A10X jest znacznie gorsza od stali importowanej o tym samym składzie chemicznym z dodatkiem ołowiu /9,5 Mn Pb28 wg DIN/. Podwyższenie wskaźnika skrawalności tej stali do wartości zbliżonych do stali 9,5MnPb28, powinno przynieść bardzo wysokie efekty gospodarcze narodowej, z uwagi na to, że jej zużycie wynosi około 50 tys. Mg/rok. W charakterze dodatków dostarczających tlenki Na, Li, Ca i B zastosowano związki tych metali w postaci siarczynu sodowego, siarczynu litowego, kolemanitu i stopu CaSi. Ustalono wykonanie wytopów w 5 następujących wersjach:

1. bez dodatków modyfikujących - wytop bazowy

2. z dodatkiem $Na_2SO_3 + Li_2SO_3 + B_2O_3$

3. z dodatkiem $Na_2SO_3 + Li_2SO_3$

4. z dodatkiem $Na_2SO_3 + B_2O_3$

5. z dodatkiem $Na_2SO_3 + CaSi + B_2O_3$

Ilości dodawanych składników modyfikujących obliczono tak, aby były w stanie związać nie tylko znajdujące się w ciekłej stali tlenki krzemu, manganu, glinu, chromu, ale również tlenki powstające w procesie skrawania z utlenienia składników stali.

3.2. Wykonanie wytopów

Wytopy wykonano w 100 kg piecu indukcyjnym wysokiej częstotliwości o wyłożeniu zasadowym. Jako wsad stosowano żelazo armco. Po roztopieniu wsadu dodawano do kąpieli rudę żelaza i po upływie 10 minut żelazomanganu oraz mączkę elektrodową w ilościach zapewniających otrzymanie założonego składu chemicznego dla danego gatunku stali. W czasie spustu na strumień stali dodawano składniki uzupełniające skład chemiczny i modyfikatory. Stal odlewano z góry do wlewnic nadstawkowych o pojemności 50 kg. Składy chemiczne wykonanych wytopów podano w tablicy 1.

3.3. Przygotowanie próbek do badań

Wlewki laboratoryjne o masie 50 kg przekuto na pręty o średnicy 45 mm, z których odcięto prostopadłe do długości prętów płytki o grubości 25 mm do badań skrawalności i metalograficznych. Płytki przeznaczone do badań metalograficznych rozcinano wzdłuż osi prętów. Badania wykonano na zgładach wykonanych w powierzchni wzdłużnego rozcięcia płytek, obejmujących połowę grubości.

Badania jakościowe rozkładu i charakteru wtrąceń niemetalicznych, ilościowe zawartości i dyspersji wtrąceń oraz ich składu chemicznego /metodą mikroanalizy rentgenowskiej/ wykonano na zgładach nietrawionych. Mikrostrukturę badano na tych samych zgładach po wytrawieniu ich nitalem.

4. Metodyka badań

4.1. Próba skrawalności

Badania skrawalności wykonano w Instytucie Obróbki Skrawaniem w

Tablica 1. Składy chemiczne badanych wytopów

Lp	Numer próbki	% skład chemiczny										
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Al	B	Cu	Ca
1	A94	0,098	0,90	0,008	0,050	0,276	0,054	0,012	0,008	-	0,11	-
2	A33	0,087	1,12	0,012	0,014	0,340	0,035	0,060	0,003	-	0,15	-
3	A31	0,070	0,83	0,004	0,014	0,240	0,027	0,063	0,003	0,0053	0,13	-
4	A41	0,084	0,75	0,005	0,016	0,269	0,056	0,057	0,002	0,0065	0,14	-
5	A54	0,096	1,05	0,008	0,060	0,292	0,048	0,062	0,006	0,0014	0,10	0,002

w Krakowie metodą J. Dagnella /15, 16/.[x/] Badania przeprowadzono przy zachowaniu następujących warunków skrawania: wiertło płytkowe o szerokości 5 mm ze stali SW7M, chłodzone powietrzem o ciśnieniu 0,1 MPa, długość pomiarowego l_0 = 1,0 mm, obciążenie 221 N, prędkość skrawania 11,2 m/min.

4.2. Badania metaloznawcze

Badania metaloznawcze miały na celu poszukiwanie strukturalnych czynników zależnych od zastosowanej technologii obróbki ciekłej stali, a stanowiących przyczyny zróżnicowanej skrawalności badanych wytopów. Program badań obejmował:

- mikroskopowe jakościowe badania rozkładu, zawartości i rodzaju wtrąceń,
- mikroanalizę rentgenowską składu chemicznego wtrąceń,
- pomiary ilości, wielkości i zawartości wtrąceń metodami metalografii ilościowej,
- badania mikrostruktury i twardości stali.

Jakościową ocenę stanu wtrąceń niemetalicznych przeprowadzono na zgładach niestrawionych, wykorzystując mikroskop metalograficzny Neophot 2. Mikrofotografie wykonano przy powiększeniach 100 i 500 razy.

Skład chemiczny typowych wtrąceń niemetalicznych badano za pomocą mikroanalizatora rentgenowskiego firmy ARL. Oprócz mikrofotografii obrazu elektronowego wtrąceń wykonano zdjęcia rozkładu następujących pierwiastków: Fe, Mn, Ca, Al, S. Ponieważ metoda mikroanalizy rentgenowskiej nie pozwala na ujawnienie rozkładu pierwiastków lekkich, podjęto próbę określenia rozkładu litu metodą autoradiograficzną.

Ilościowe badania zawartości wtrąceń niemetalicznych wykonano za pomocą ilościowego mikroskopu analizującego Quantimet 720. Dla każdej próbki przebadano 200 pól widzenia przy powiększeniu 550 razy. Daje to liczność mierzonych wtrąceń, przekraczającą dla jednego pomiaru /próbki/ 2000 obiektów. Pomiary wykonywano w cyklu automatycznym, tzn. poprzez odpowiednie zaprogramowanie minikomputera [3], który równocześnie steruje przebie-

---

x/ Szczegółowy opis tej metody podany jest w referacie A. Bułata "Określenie wskaźników skrawalności metodą wiercenia ze stałą siłą posuwową" zamieszczonym w niniejszych materiałach.

giem pomiarów, gromadzi ich wyniki i przelicza je w wybrane parametry stereologiczne, charakteryzujące strukturę.

Na podstawie pomiarów liczby wtrąceń pola powierzchni i długości cząstek w analizowanych polach widzenia obliczano:

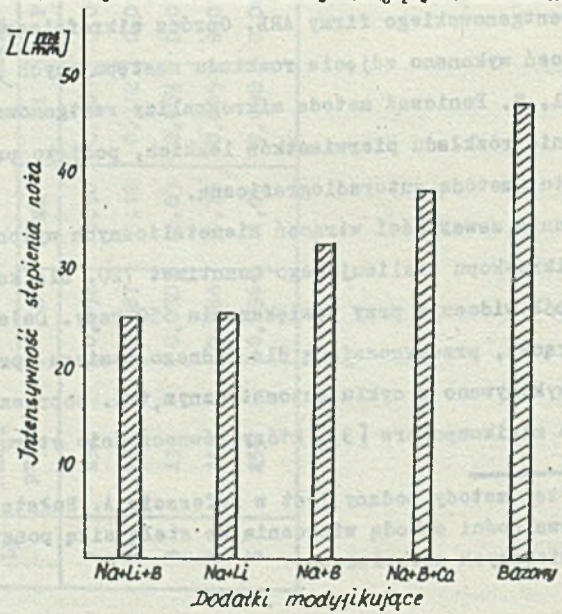
- liczbę cząstek na 1/mm^2 zgładu,
- powierzchnię względną zajętą przez wtrącenie,
- średnią powierzchnię cząstek,
- średnią długość cząstek w kierunku walcowania /średnia długość/,
- rozkład średniej długości i odchylenie standardowe.

Badania mikrostruktury i pomiary twardości wykonano na zgładach wykorzystywanych wcześniej w analizie metalograficznej wtrąceń niemetalicznych. Zgłady do badań wytrawiono nitalem, obserwacje i mikrofotografie wykonano za pomocą mikroskopu Neophot 2. Twardość mierzono metodą Brinella /kulka ø 2,5 mm, obciążenie 1,84 kN/.

5. Wyniki badań i ich omówienie

5.1. Pomiary skrawalności i metalograficzne badanie wtrąceń

Wyniki porównawczych badań skrawalności stali A10X z wytopów różniących się zastosowanymi dodatkami modyfikującymi zestawiono na rys. 1.



Rys. 1. Wpływ dodatków modyfikujących na skrawalność stali w gat. A10X

Z rysunku wynika, że dodatki modyfikujące wyraźnie poprawiają skrawalność stali w porównaniu z wytopem niemodyfikowanym, przy czym wielkość zmiany skrawalności jest zróżnicowana dla różnych dodatków modyfikujących. Najlepszą skrawalność uzyskano dla wytopu modyfikowano za pomocą Na + Li+ + B oraz za pomocą Na + Li. Nieco gorszą skrawalność wykazały wytopy modyfikowane za pomocą Na + B i Na + B + Ca.

Wyniki jakościowej analizy morfologii i rozkładu wtrąceń niemetalicznych w próbkach z wszystkich badanych wytopów, których skrawalność zobrazowano na rys. 1, zilustrowano na rys. 2 - 6. Z przedstawionych mikrofotografii wynika, że w próbkach modyfikowanych o dobrej skrawalności wtrącenia są drobne, rozłożone równomiernie, a ich wydłużenie jest niewielkie /rys. 2a,3,4/. W próbce modyfikowanej Na + Ca + B o najgorszej skrawalności /rys.5/ oraz w próbce z niemodyfikowanego wytopu porównawczego /rys.6/ wtrącenia są stosunkowo duże, nierównomiernie rozłożone i silnie wydłużone.

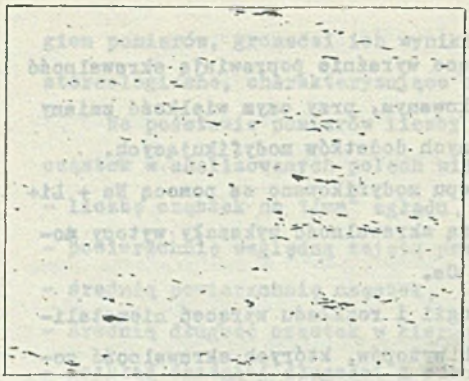
W wytopach modyfikowanych, oprócz wydłużonych siarczków i okrągłych tlenków, obserwowano występowanie wtrąceń złożonych tlenkosiarczków /rys. 2b/. Ponadto sporadycznie występowały w nich wydłużone bardzo duże krzemiany plastyczne /rys.3 , 4/.

Mikroanaliza rentgeneowska rozkładu poszczególnych pierwiastków modyfikujących /Na, Ca/ oraz badania rentgenograficzne rozkładu Li wykazały, że pierwiastki te skupiają się we wtrąceniach tlenkowych.

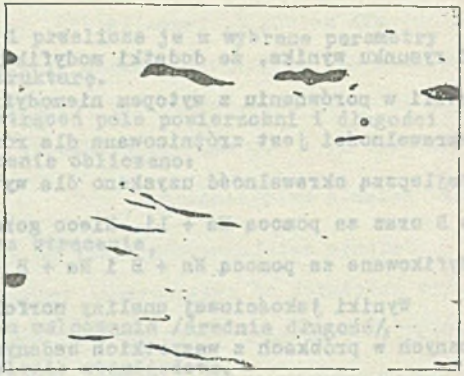
Wyniki metalograficznych badań ilościowych wtrąceń niemetalicznych zestawiono w tablicy 2. Z porównania wyników przedstawionych w tabl. 2 widać, że nie występuje prosta zależność między wskaźnikami charakteryzującymi wtrącenia niemetaliczne, a skrawalnością /rys.1/.

Na przykład, dwa wytopy o zbliżonej skrawalności /Na + Li + B i Na + Li/ wykazują znaczne różnice w gęstości rozłożenia wtrąceń /liczbie na mm^2/ i ich wielkości. Jednakże rozrzut długości w obu wytopach jest stosunkowo mały /rozstęp i odchylenie standardowe/.

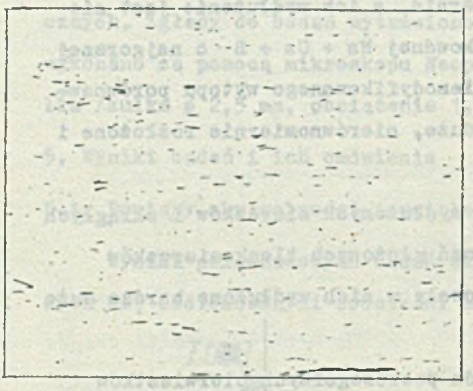
Wytopy obrabiane Na + B oraz Na + B + Ca o wyraźnie gorszej skrawalności, charakteryzują się znacznie większym rozrzutem wielkości wtrąceń. W wytopie odniesienia A10X, wykonanym bez dodatków modyfikujących, przy zbliżonej do pozostałych wytopów sumarycznej zawartości wtrąceń /udziale



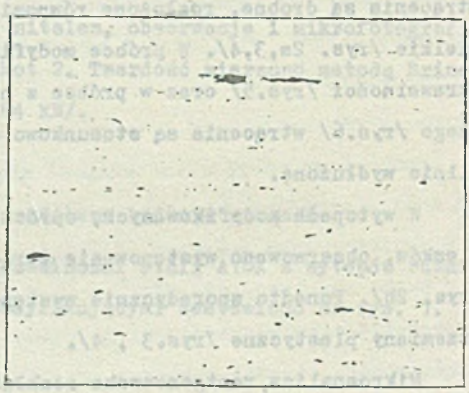
Rys.2.a. Wtrącenia w próbce Na+Li+B pow.100x



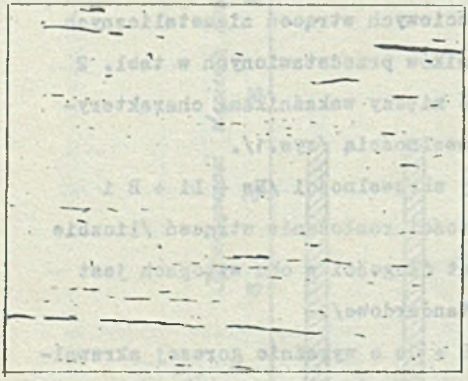
Rys.2.b. Wtrącenia w próbce Na+Li+B pow.500x



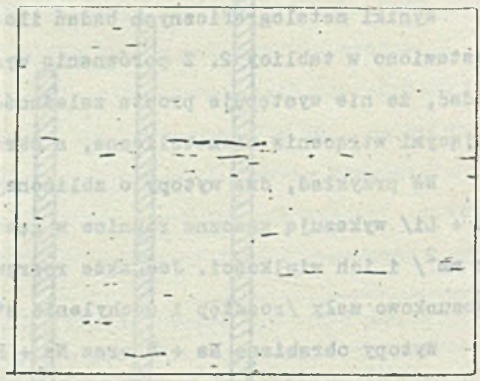
Rys.3. Wtrącenia w próbce Na+Li pow.100x



Rys.4. Wtrącenia w próbce Na+B pow.100x



Rys.5. Wtrącenia w próbce Na+B+Ca pow.100x



Rys.6. Wtrącenia w próbce porównawczej A10X niemodyfikowanej

Tablica 2. Wyniki pomiarów za pomocą ilościowego mikroskopu analizującego zanieczyszczenia wtrąceniami niemetalicznymi.

Oznaczenie wytopu	Liczba cząstek na 1 mm^2 zgładu	Udział powierzchniowy wtrąceń %	Średnia powierzchnia cząstek μm^2	Średnia długość cząstek μm	Rozstęp wyników pomiarów długości μm	Odchylenie standardowe dla pomiarów długości μm
Na + Li + B	943	0,85	9,0	6,74	55,43	6,84
Na + Li	680	1,16	17,10	9,91	80,27	9,59
Na + B	715	0,82	11,42	6,09	176,18	7,05
Na + B + Ca	706	1,00	14,18	7,79	140,67	12,52
A10X	388	0,82	21,01	10,68	188,14	15,66

powierzchniowym/, liczba cząstek na mm^2 zgładu jest wyraźnie mniejsza, a cząsteczki są znacznie większe. Rozrzut wielkości cząstek w tym wytopie znacznie przekracza rozrzuty w czterech pozostałych.

5.2. Rentgenograficzna analiza wtrąceń tlenkowych oraz określenie zakresu temperatur ich topnienia

Badania wykonano na wyizolowanym ze stali osadzie tlenkowym otrzymanym metodą bromowo-octanową. Rentgenowska analiza fazowa izolatów wykazała brak faz krystalicznych. Pomiary zakresu temperatur topnienia fazy tlenkowej wykonano metodą termicznej analizy różnicowej /DTA/ w derywatografie typu: Paulig, Erdey. Z otrzymywanych wykresów DTP wynika, że zakresy temperatur topnienia izolatów tlenkowych mieszczą się w granicach od 990 do 1670 K.

5.3. Badania mikrostruktury i pomiaru twardości

Mikrostrukturę i twardość wytopów modyfikowanych różnymi dodatkami przebadano celem wykluczenia ewentualnego wpływu stanu struktury na skrawalność w badanej populacji próbek.

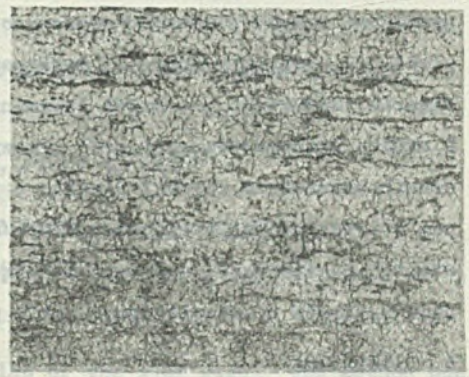
Stwierdzono, że nieznaczne różnice struktury /głównie wielkości ziar na ferrytu/ nie mogły wpłynąć na skrawalność w sposób porównywalny z wpływem wtrąceń. Przykład mikrofotografii struktury wytopu o najlepszej skrawalności /modyfikowanego Na + Li + B/ przedstawiono na rys. 7, wytopu o pośredniej skrawalności /modyfikowanego Na + B/ na rys. 8, a wytopu odniesienia /niemodyfikowanego/ na rys. 9.

Twardości średnie dla próbek z pięciu badanych wytopów mieściły się w zakresie od 115 - 125 HB. Różnice między próbkami są zatem niewielkie.

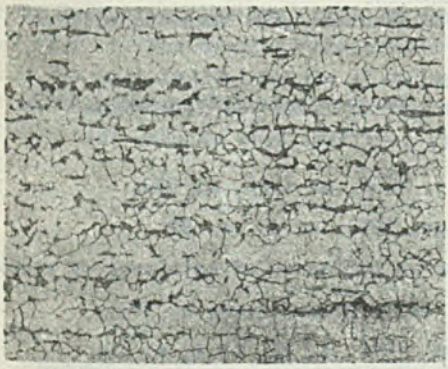
6. Wnioski

1. Wprowadzenie do stali A10X dodatków modyfikujących /Na, Li, B/ powoduje znaczną poprawę skrawalności, w porównaniu z niemodyfikowanym materiałem porównawczym.
2. Najlepsze wyniki skrawalności uzyskano dla wytopów modyfikowanych za pomocą dodatków Na + Li + B oraz Na + Li.
3. Bezpośrednim czynnikiem metalurgicznym poprawiającym skrawalność po modyfikowaniu jest zmiana charakteru i morfologii wtrąceń niemetalicznych.

Rys.7. Mikrostruktura próbek z wytopu o najlepszej skrawalności, modyfikowanego Na+Li+B, pow.100x



Rys.8. Mikrostruktura próbek z wytopu o pośredniej skrawalności, modyfikowanego Na+B, pow.100x



Rys.9. Mikrostruktura próbek z wytopu porównawczego, niemodyfikowanego, pow.100x

4. Wtrącenia tlenkowe w wytopach modyfikowanych nie zawierają szkodliwych z punktu widzenia skrawalności składników krystalicznych, a temperatura ich topnienia mieści się w korzystnym zakresie od 670 do 1670 K.
5. Spośród wytopów modyfikowanych najlepszą skrawalność wykazują te, w których wtrącenia niemetaliczne są rozłożone równomiernie, a rozrzut ich wielkości jest mały.

Wyniki badań laboratoryjnych zostały potwierdzone w warunkach przemysłowych. Wytopy stali A10X z dodatkami Ni, Li i B wykonane w 70t piecach martenowskich Huty im. F. Dzierżyńskiego, po odwalcowaniu na pręty i ciągnieniu przekazano do FUG "Georyt", gdzie wykonywano z nich elementy hydrauliki siłowej metodą obróbki wiórowej na automatach tokarskich. Przy wykonywaniu tych elementów stosowano następującą obróbkę: wiercenie, pogłębianie, toczenie kopiowe, wytaczanie otworu, toczenie kształtowe, obcinanie. Stosowane prędkości skrawania wynosiły od 10 do 160 m/min. W wyniku przeprowadzonych prób przemysłowych stwierdzono, że przy zwiększeniu parametrów obróbki średnio o 10 % w stosunku do stali A10X znacznie zwiększyła się trwałość ostrzy /szczególnie w narzędziach typu: wiertło-pogłębiacz/, uzyskano lepszą jakość powierzchni i dobrą powtarzalność wymiarów w automatycznym cyklu pracy.

6. Literatura

1. Kakin.: Ojo kikaj kohaku, 1974, t. 15, nr 8, s. 67.
2. J. Haas, K. Orecki.: Analiza zagadnienia jakości stali automatowych na podstawie przeprowadzonych badań oraz kierunki prac normalizacyjnych w tym zakresie - referat IMŻ, 1969.
3. K. Orecki, J. Krywult, E. Zgłobicki.: Sprawozdanie IMŻ nr 1931, 1978, niepublikowane.
4. K.G. Lewis.: Iron and Coal Tr.Rev. 1, 1966, nr 4606, s. 538.
5. T. Araki, S. Jamato.: Tetsu to Hagane, 1971, nr 13, s. 52.
6. D.C. Hilty.: International Symposium on influence of metalurgy on machinability of steel, September 26-28, 1977, Tokyo-Japan, s. 167.
7. T. Ito, T. Takahasi.: Kikaj gidzjuou, 1974, t. 22, nr 2, s. 69.
8. W. König.: Industrie - Anzeiger 26/1964, 43/1965, 51/1965.
9. T. Araki.: Sajki hakkaj sjuken, 1978, t.2, nr 16, s. 14.

10. K. Takasaka, T. Akasawa.: Tetsu to hagane 1979, t. 56, nr II, s. 337.
11. T. Sada, M. Hirato.: Sejmicu Kikaj,t. 37, 1971, nr 5, s. 323.
12. K. Orecki, M. Zięba, A. Maciosowski.: Sprawozdanie IMŻ, nr 2261,1981, niepublikowane.
13. T. Akasawa, K. Kuroiwa.: Sejmicu Kikaj, 1976, t. 42, nr 2, s. 94.
14. W. Koch, E. Büoher i in.: Arch. Eisenhüttenw. 1970, t. 41, s. 273, nr 2.
15. J. Dagnell.: Machinability ranking by a constant feed froce method- - C.J.R.P. General Assemly, Great - Britain, 1968.
16. J. Dagnell.: Określenie skrawalności metodą stałego obciążenia. Skrypt Y.V.F., 1968, Ci Göteborg, tłumaczenie z języka szwedzkiego I.O.S.
17. A. Maciosowski.: Sprawozdanie IMŻ nr 2764, niepublikowane.

Kazimierz ORECKI, Andrzej MACIOSOWSKI, Piotr RÓŻAŃSKI

MODYFICATION OF NON-METALLIC INCLUSIONE AND ITS INFLUENCE ON THE FREE-CUTTING STEEL MACHINABILITY

Summary

To improve the machining properties of the A10X steel the method has been elaborated for the modification of non-metallic inclusione by the heat treatment of the steel using the Li, Na and B containing salts: X test laboratory heats have been carried out according to the method. The investigations were made of machinability, phase composition and guantity of non-metallic inclusione as well as of the steel microstructure. It has been found that the alloying causes the distinct machining properties improvement dependent on the type of additives employed. The laboratory test results were confirmed by the industrial ones.