

dr inż. Zdzisław MAJ
Instytut Technologii i Mechanizacji Odlewnictwa
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

WPEŁYW CHROMU I ALUMINIUM NA STRUKTURĘ I SKRAWALNOŚĆ ŻELIWA MODYFIKOWANEGO

1. Wstęp

Odlewy żeliwne przeznaczone dla przemysłu maszynowego w zdecydowanej większości wymagają obróbki skrawaniem.

Na podstawie literatury [1 - 4] skrawalność żeliwa zależy głównie od jego składu chemicznego, twardości i struktury, w mniejszym zaś stopniu od wytrzymałości na ściskanie lub własności ściernych, według innych prac [5,6] o skrawalności decyduje struktura.

W miarę zwiększania się współczynnika nasycenia eutektycznego S_g skrawalność żeliwa ulega poprawie. Jest to zasadniczą przyczyną obserwowanego na ogół pogarszania się skrawalności w miarę podwyższania się klasy żeliwa.

W zależności od struktury osnowy można żeliwo niestopowe uporządkować według pogorszającej się skrawalności następująco: żeliwo ferrytyczne, perlityczne, połowiczne i białe [5]. Bez względu na strukturę żeliwo o większych wymiarach ziarn eutektycznych jest łatwiej skrawalne ale odlewy uzyskują większą chropowatość powierzchni. Zwiększenie ilości i wielkości wydzieleni grafitu płatkowego pozwala na stosowanie znacznych prędkości skrawania, czyni jednak obrabianą powierzchnię szorstką, nawet przy stosowaniu małej prędkości i głębokości skrawania.

Według P. Mathona [7] występowanie w strukturze żeliwa grubopłatkowego grafitu sprzyja tworzeniu się wad powierzchni w czasie skrawania zwanych "otwartym siarnem". Wada ta występuje przy zbyt dużej sile skrawania i można ją wyeliminować przez zmniejszenie posuwu. Zmiana prędkości skrawania lub kształtu ostrza nie ma w tym przypadku istotnego znaczenia.

Czynnikiem, pogarszającym w istotnym stopniu skrawalność żeliwa, jest obecność w strukturze odlewów cementytu pierwotnego lub eutektycznego, występującego w najszybciej stygnących miejscach w przypadkach niewłaściwego dostosowania składu chemicznego do warunków stygnięcia odlewu w formie. Przy tym samym składzie chemicznym żeliwa jego strukturę w odlewie można regulować w odpowiednim zakresie przez zastosowanie zabiegu modyfikacji. Zabieg ten eliminuje ze struktury odlewów wydzielenia cementytu i poprawia

skrawalność [8,9] poprzez odpowiednie zmiany w charakterze wydzielań grafitu i osnowy metalowej.

2. Badania własne.

2.1. Warunki wytapiania żeliwa.

Żeliwo do badań wytapiano w układzie podwójnym: piec indukcyjny o pojemności tygla /kwarcowego/ 100 kg i piec indukcyjny o pojemności tygla /grafitowego/ 15 kg.

Po roztopieniu żeliwa w pierwszym piecu przetrzymywano je w temperaturze 1613 K /1340°C/ pod żużlem kwaśnym. Pod koniec wytopu, po naprowadzeniu żużla kwaśnego, do ciekłego żeliwa wprowadzono odpowiednie ilości elektrolitycznego aluminium. Natomiast w drugim piecu po dodaniu żelazochromu przegrzewano żeliwo do temperatury 1803 K /1530°C/, a następnie modyfikowano po obniżeniu jego temperatury do 1703 K /1430°C/.

Do zabiegu modyfikacji żeliwa stosowano żelazokrzem Si75T w ilości 0,4 % w stosunku do masy ciekłego żeliwa.

Próbki do określania struktury, wytrzymałości na rozciąganie i twardości wytaczano z odlewanych prętów ϕ 30 x 300 mm wg PN-76/H-83106.

Skład chemiczny żeliwa wyjściowego zawierał się w następujących przedziałach: 3,00 - 3,10 % C, 1,70 - 1,82 % Si, 0,42 - 0,49 % Mn, 0,065 % P, i 0,050 - 0,058 % S. Zawartość aluminium zmieniano w przedziale 0,05 - 0,85 % natomiast chromu 0,01 - 1,30 %.

Zabieg modyfikacji spowodował zwiększenie się zawartości krzemu średnio o 0,25 %.

2.2. Badania skrawalności.

Do badania oporów skrawania zastosowano metodę wiercenia, wprowadzoną przez J. Dagnella, która w warunkach przemysłowych jest najprostsza do realizacji [1,2]. Urządzenie do przeprowadzenia tej próby przedstawiono na rys.1 [1].

Wskaźnikiem skrawalności U jest czas potrzebny na przebycie przez narzędzie drogi określonej długości. Wzrost wartości wskaźnika U [s/mm] świadczy o obniżeniu skrawalności badanego materiału.

Jako parametry stałe przyjęto: nacisk wiertła 110N i prędkość kołową wynoszącą 33,5 rad/s. W metodzie tej stosowano wiertła typu NWKa

o średnicy 3 mm i 5 mm. Wiercenie otworu o średnicy 3 mm miało na celu wyeliminowanie zniotu badanego materiału powstałego wskutek nacisku wiertła o średnicy 5 mm. Do badań stosowano seryjnie produkowane wiertła ze stali HSS o kącie wierzchołkowym 118° . Do każdej próby wiercenia używano nowego wiertła pochodzącego z tej samej partii.

Do badań skrawalności stosowano próbki żeliwne $\phi 30 \times 20$ mm.

Wpływ chromu i aluminium na strukturę żeliwa modyfikowanego i niemodyfikowanego przedstawiono na rysunku 2. Z rysunku tego wynika, że niewielki dodatek chromu w żeliwie niemodyfikowanym zmniejsza ilość ferrytu w strukturze, który występuje wokół grafitu międzydendrytycznego rys.3. W miarę zwiększenia się zawartości chromu do 0,6 % /przy zawartości 0,06 % Al/ w strukturze żeliwa występuje perlit i grafit międzydendrytyczny. Dalsze zwiększenie zawartości chromu powoduje zmniejszenie ilości wydzieleni grafitu i zwiększenie się ilości cementu eutektycznego /rys.4/.

Badania za pomocą sondy elektronowej wykazały, że w wydzieleniach cementytu eutektycznego występuje zwiększona zawartość chromu i manganu w porównaniu do zawartości tych pierwiastków w perlicie. Wzrost zawartości aluminium w żeliwie zawierającym niewielką ilość chromu powoduje zwiększenie udziału ferrytu /rys.5/, a przy większych zawartościach chromu zmniejszenia ilości cementu eutektycznego.

Wydzielenia cementu eutektycznego w żeliwie o zawartości 0,85 % Al pojawiają się dopiero, gdy zawartość chromu wynosi 0,95 %.

Zabieg modyfikacji żeliwa spowodował utworzenie się grafitu płatkowego równomiernie rozłożonego /rys.6 i 7/.

Cementyt eutektyczny w żeliwie modyfikowanym zawierającym 0,06 % Al występuje w strukturze przy zawartości 0,80 % Cr. Natomiast zwiększenie ilości aluminium w żeliwie modyfikowanym /bez dodatku chromu/ powoduje zwiększenie ilości ferrytu wokół wydzieleni grafitu płatkowego /rys.9/.

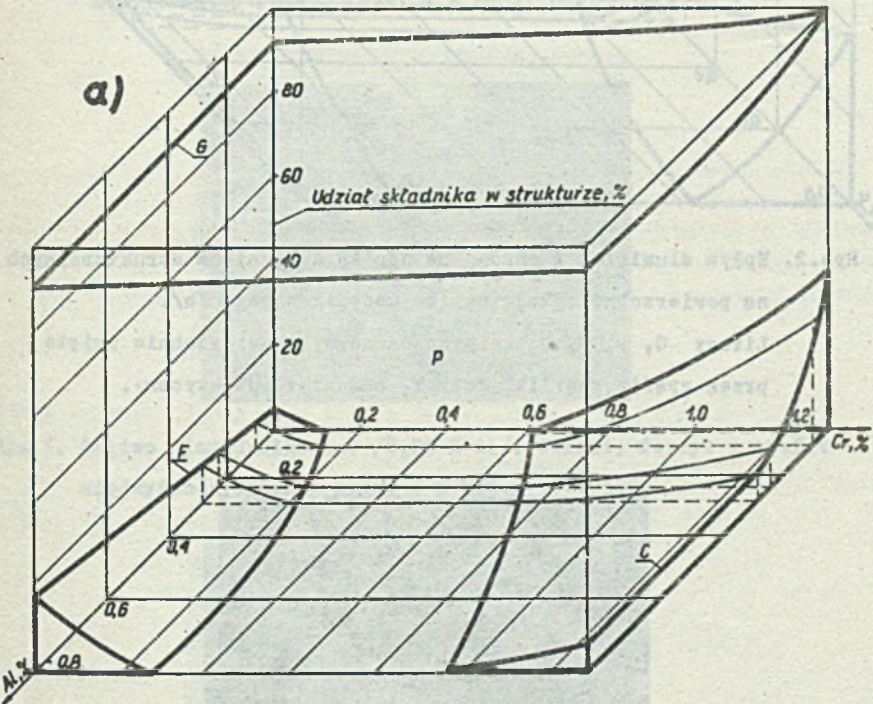
2.4. Analiza skrawalności i właściwości mechanicznych żeliwa.

Przedstawione na wykresach /rys.10/ przebiegi krzywych skrawalności w zależności od rosnącej zawartości chromu można podzielić na trzy części:

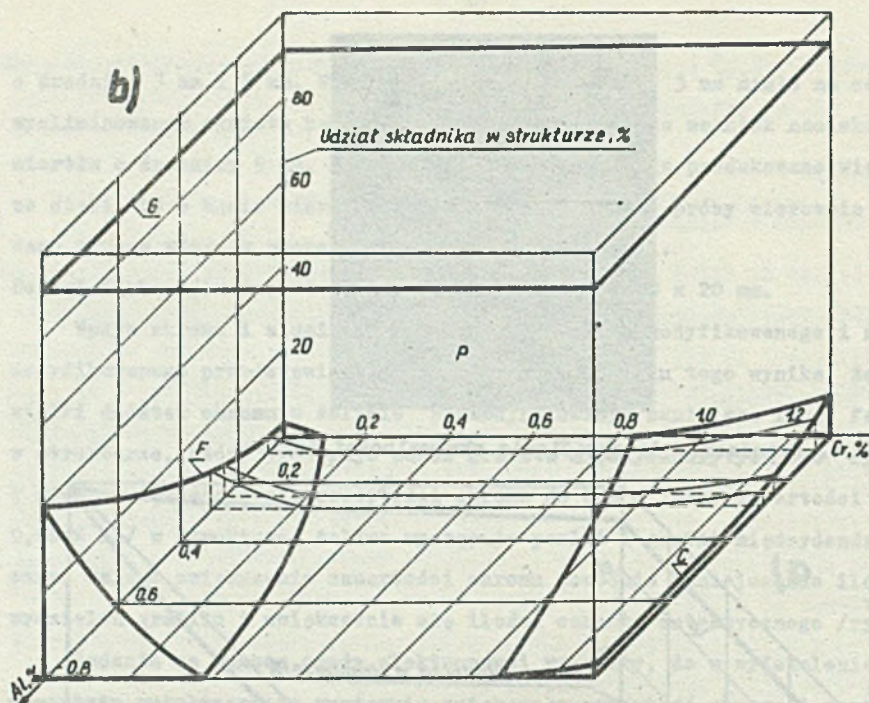
- W pierwszej części krzywej w miarę wzrostu zawartości chromu do 0,2 - 0,4 % następuje zmniejszenie się skrawalności żeliwa. Związane jest to



Rys.1. Urządzenie do określania skrawalności żeliwa.



Rys.2. Wpływ aluminium i chromu na udział składników strukturalnych na powierzchni szlaku żeliwa niemodyfikowanego /a/
Litery G, P, F, C kolejne oznaczają powierzchnię zajęte przez
grafit, perlit, ferryt, cementyt eutektyczny.



Rys.2. Wpływ aluminium i chromu na udział składników strukturalnych na powierzchni zglądu żeliwa modyfikowanego /b/.
Litery G, P, F, C kolejno oznaczają powierzchnie zajęte przez grafit, perlit, ferryt, cementyt eutektyczny.



Rys.3. Żeliwo niemodyfikowane /0,06 % Al/. Perlit, ferryt i grafit międzidendryczny. Traw. 4 % HNO_3 , pow. 500x.



Rys.4. Żeliwo niemodyfikowane /0,06 % Al i 1,26 % Cr/. Perlit i cementyt eutektyczny. Traw. 4 % HNO_3 , pow. 500x.



Rys.5. Żeliwo niemodyfikowane /0,85 % Al/. Perlit, ferryt i grafit międzidendrytyczny. Traw. 4 % HNO_3 , pow. 500x.



Rys.6. Żeliwo modyfikowane /0,06 % Al/. Perlit, grafit i ferryt. Traw. 4 % HNO_3 , pow. 500x.



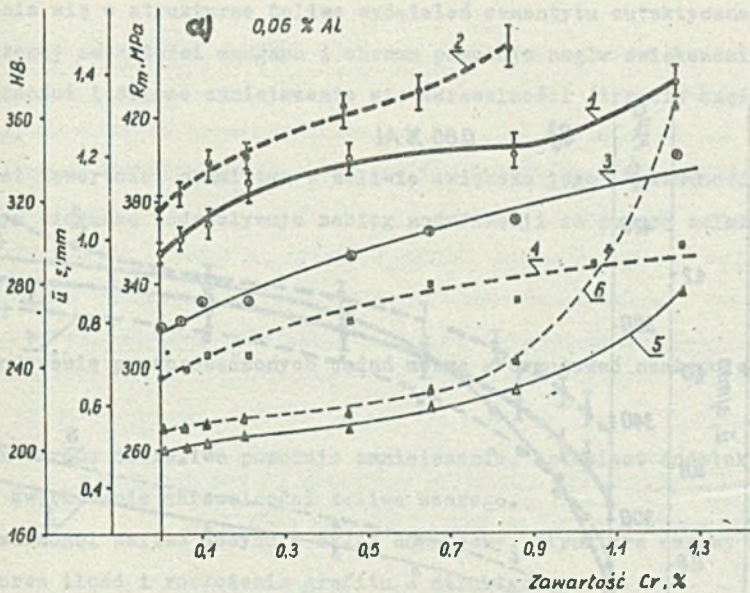
Rys.7. Żeliwo modyfikowane /0,21 % Al i 0,45 % Cr/. Perlit i grafit.
Traw. 4 % HNO_3 , pow. 500 x.



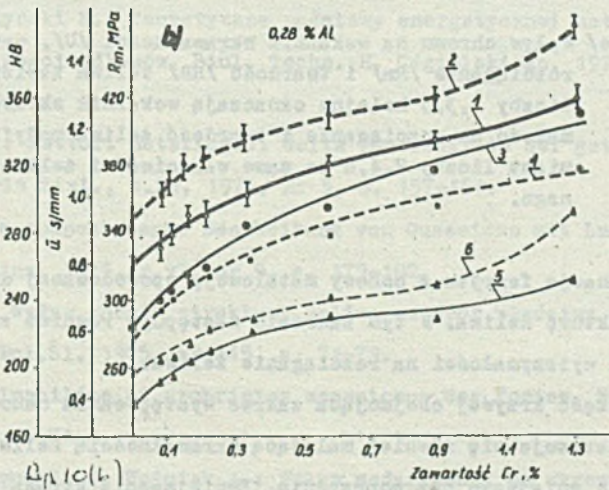
Rys.8. Żeliwo modyfikowane /0,06 % Al i 1,26 % Cr/. Perlit, grafit
i cementyt eutektyczny. Traw. 4 % HNO_3 , pow. 500x.



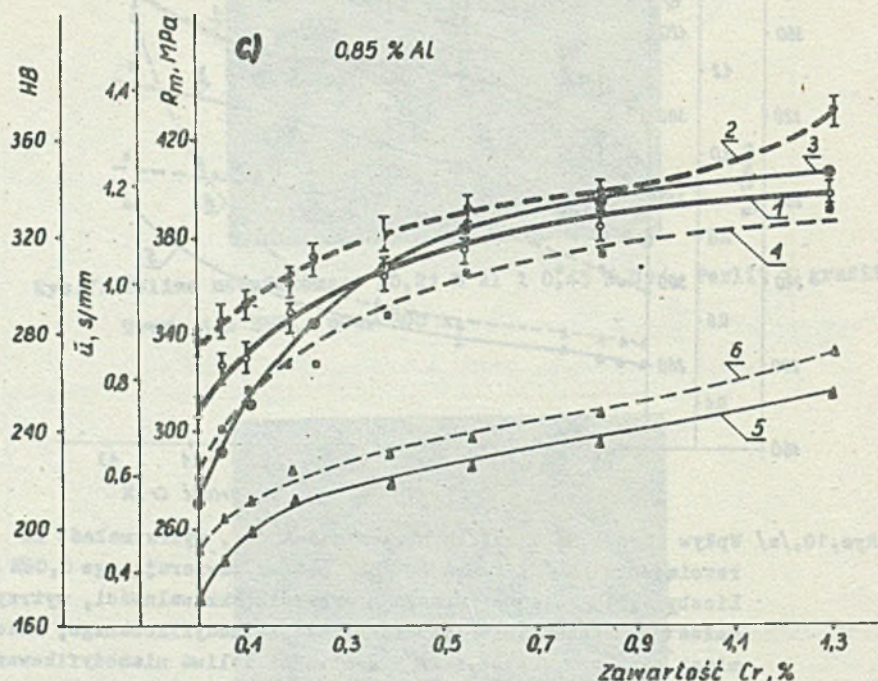
Rys.9. Żeliwo modyfikowane /0,85 % Al/. Perlit, grafit i ferryt.
Traw. 4 % HNO_3 , pow. 500x.



Rys. 10./a/ Wpływ chromu na wskaźnik skrawalności $[U]$, wytrzymałość na rozciąganie $[R_m]$ i twardość $[HB]$ żeliwa zawierającego 0,06% Al. Liczby 1,3,5 kolejno oznaczają wskaźnik skrawalności, wytrzymałość na rozciąganie i twardość żeliwa modyfikowanego, natomiast liczby 2,4,6 te same właściwości żeliwa niemodyfikowanego.



Rys. 10./b/ Wpływ chromu na wskaźnik skrawalności $[U]$, wytrzymałość na rozciąganie $[R_m]$ i twardość $[HB]$ żeliwa zawierającego 0,28% Al. Znaczenie liczb 1 - 6 jak wyżej.



Rys.10./o/ Wpływ chromu na wskaźnik skrawalności /U/, wytrzymałość na rozciąganie /Rm/ i twardość /HB/ żeliwa zawierającego 0,85%Al. Liczby 1,3,5 kolejno oznaczają wskaźnik skrawalności, wytrzymałość na rozciąganie i twardość żeliwa modyfikowanego, natomiast liczby 2,4,6 te same właściwości żeliwa niemodyfikowanego.

z eliminacją ferrytu z osnowy metalowej, spowodowanej działaniem chromu na strukturę żeliwa. W tym zakresie następuje również zwiększenie twardości i wytrzymałości na rozciąganie żeliwa.

- Druga część krzywej obejmująca zakres występowania osnowy perlitycznej, charakteryzuje się również malejącą skrawalnością żeliwa, ale w stopniu znacznie mniejszym niż poprzednio. Zmniejszenie skrawalności żeliwa spowodowane jest umocnieniem perlitu pod wpływem działania chromu. W zakresie tym następuje stopniowe zmniejszenie się ilości grafitu w strukturze. Właściwości mechaniczne żeliwa w tym zakresie zwiększają się,

- Pojawienie się w strukturze żeliwa wydzielen cementytu eutektycznego o podwyższonej zawartości manganu i chromu powoduje nagłe zwiększenie się twardości i dalsze zmniejszenie się skrawalności /trzecia część krzywej/.

Wzrost zawartości aluminium w żeliwie zwiększa jego skrawalność, w tym samym kierunku oddziałuje zabieg modyfikacji za pomocą żelazokrzemu Si75T.

3. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Dodatek chromu do żeliwa powoduje zmniejszenie, natomiast dodatek aluminium zwiększenie skrawalności żeliwa szarego.
2. O skrawalności żeliwa decyduje skład chemiczny, struktura osnowy metalowej oraz ilość i rozłożenie grafitu w strukturze.

Literatura

1. Kaczmarek J.: Podstawy obróbki wiórowej, ścierniej i erozyjnej. WNT, Warszawa 1970 r.
2. Letour A.: Skrawalność i metody jej określenia. Warszawa 1962, PWT.
3. Hess K., Maczyński K.: Teoretyczne podstawy energetycznej metody pomiaru skrawalności odlewów. Biul. Techn. H. Cegielskiego, 1973, nr 6/7, s. 89-96.
4. Margerie J.C.: Fattori metallurgici della lavorabilita dei getti di ghisa. Fonderia Stal., t.23, 1974, nr 5, s. 157-164.
5. Kämmer K.: Die spanebhebende Bearbeitung von Gusseisen mit Lamellengraphit. Jnd. Anz. 1975, r.97, nr 9. s. 179-182.
6. Sobczyk W.K.: Wpływ różnic struktury żeliwa na opór właściwy skrawania Zeszyt Nauk. Pol.Śl. 1975, nr 445, s. 71-79.
7. Mathon P.: Usinabilite et proprietes mecaniques des fontes. Fonderie 1969, nr 275, s. 71.
8. Maj. Z., Podrzucki C., Wojniak A.: Wpływ modyfikacji na skrawalność żeliwa przeznaczzonego na odlewy silnika wysokoprężnego. III Sympozium

- Naukowe z okazji Dnia Odlewnika 1977. Skrypt ITIMO AGH, Kraków 1977, s. 48-52.
9. Maj Z., Kowalik J.: Wpływ miedzi na właściwości mechaniczne i obrabialność odlewów precyzyjnych wykonanych z żeliwa modyfikowanego. Przegl. Odlewn. 1983, nr 1, s.17-19.
10. Bielat A.: Wpływ węgla, chromu i krzemu na wybrane właściwości odlewnicze i mechaniczne oraz skrawalność poddecktycznego żeliwa wysoko-chromowego. Rozprawa doktorska na Wydz. TIMO AGH, Kraków 1982.

Zdzisław MAJ

THE CHROMIUM AND ALUMINIUM INFLUENCE ON THE STRUCTURE
AND MACHINABILITY OF THE INOCULATED CAST IRON

Summary

Basing on the professional literature data the general influence of the plain cast iron structure on its machinability is presented. Using the Dagnell method the author has evaluated the machining properties of the cast iron with the addition of chromium and aluminium modified by ferrosilicon. It was found that the chromium addition decreases the grey cast iron machinability, whereas addition of aluminium increases them. One can say that the machining properties of cast iron depend on its chemical constitution, metallic matrix structure and the amount and distribution of the graphite in the matrix.