

Marian Dudyk, Bogdan Ficek, Przemysław Wasilewski

ODDZIAŁYWANIE PARAMETRÓW PROCESU TOPIENIA NA STAN MODYFIKOWANIA STRUKTURY SILUMINÓW

Wstęp

Dążność do uzyskiwania optymalnych właściwości mechanicznych i technologicznych siluminów narzuca konieczność stosowania odpowiednich metod ich modyfikacji dla uzyskania struktury najkorzystniejszej dla danego stopu.

Do niedawna stosowana metoda modyfikacji siluminów eutektycznych i podeutektycznych sodem, ze względu na szereg trudności technologicznych, została zastąpiona metodami trwałej modyfikacji.

W ostatnim czasie wprowadzona do przetwórstwa hutniczego w ZML "Kęty" trwała modyfikacja siluminów strontem wymaga opracowania dla odlewnictwa (szczególnie dla siluminów odlewanych do form piaskowych) najkorzystniejszych parametrów przygotowania ciekłego stopu, zapewniających otrzymanie odlewów o właściwościach zgodnie z PN.

Przebieg procesów topienia i modyfikacji odlewniczych stopów Al-Si ma decydujący wpływ na zmianę ich właściwości mechanicznych i technologicznych. Wielkość powstających zmian zależy od różnego wpływu parametrów przygotowania ciekłego metalu do odlewania.

W związku z tym zagadnieniem dla polepszenia jakości i efektywności wytwarzania odlewów ze stopów Al-Si postanowiono:

- określić najkorzystniejsze warunki w procesach topienia i modyfikacji strontem siluminów odlewanych do form piaskowych,
- podjąć próbę opracowania metody określania stanu zmodyfikowania siluminu pomiarem przewodności elektrycznej.

- podjąć próbę udowodnienia istnienia zależności między właściwościami mechanicznymi i przewodnością elektryczną.

Metodyka badań i wyniki

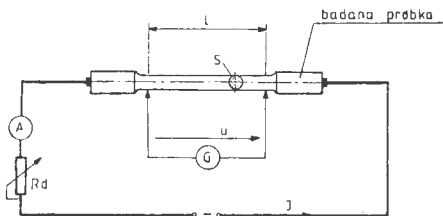
Badania wykonano dla stopów AK9, AK11 i AK64, modyfikowanych w gąskach handlowych nierafinowanych i rafinowanych Rafglinem. Dla wymienionych stopów określano wpływ

- temperatury zalewania od $680^{\circ} \pm 800^{\circ} \text{C}$,
- czasu przetrzymywania w stanie ciekłym od 10 min do 8 h,
- liczby przetopów od 1 do 7,
- procentowej zawartości modyfikatora Sr od $0,02 \pm 1\%$ na zmianę właściwości mechanicznych i przewodności elektrycznej.

Pomiary właściwości mechanicznych i przewodności elektrycznej wykonywano na próbkach odlanych zgodnie z PN 65/H-88002 i PN 69/H-04370.

Przed rozerwaniem i złamaniem próbek wykonano pomiary ich przewodności elektrycznej na skonstruowanym stanowisku.

Schemat obwodu elektrycznego tego stanowiska przedstawiono na rys. 1. Na rysunku tym badana próbka włączona jest w obwód prądu stałego o stałym natężeniu I . Na długości pomiarowej l próbka wykazuje spadek napięcia U , a tym samym zmianę przewodności elektrycznej, zależnej od stopnia zmodyfikowania struktury próbki. Wpływ struktury siluminów na zmianę ich przewodności i oporności sygnalizowane jest w literaturze [1, 3, 4, 5, 6].

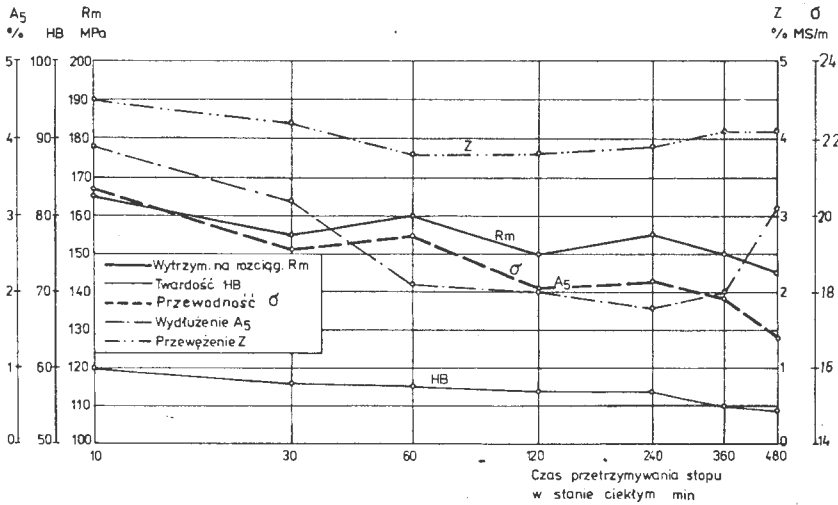


Rys. 1. Schemat obwodu stanowiska pomiarowego przewodności elektrycznej

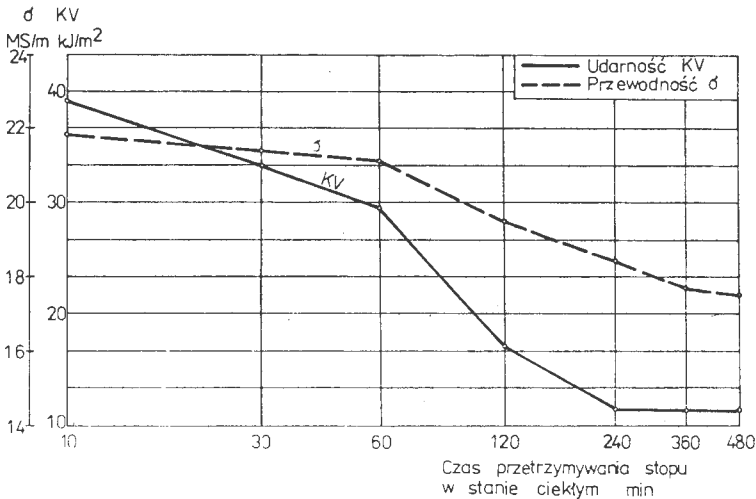
W literaturze [1, 3, 4, 5, 6].

Z otrzymanych wyników badań dotyczących wpływu temperatury zalewania ustalono, że do dalszych badań zastosowana będzie temperatura zalewania 740°C .

Wpływ czasu przetrzymywania w stanie ciekłym, przykładowo dla stopu AK11, na zmianę właściwości mechanicznych przedstawiono na rysunkach 2 i 3.

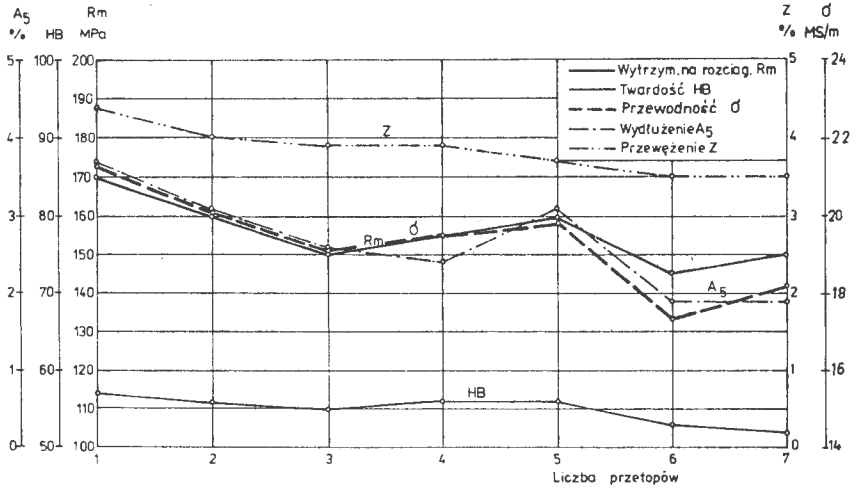


Rys. 2. Wpływ czasu przetrzymywania w stanie ciekłym stopu AK11 modyfikowanego Sr, nierafinowanego na zmianę właściwości mechanicznych i przewodności elektrycznej

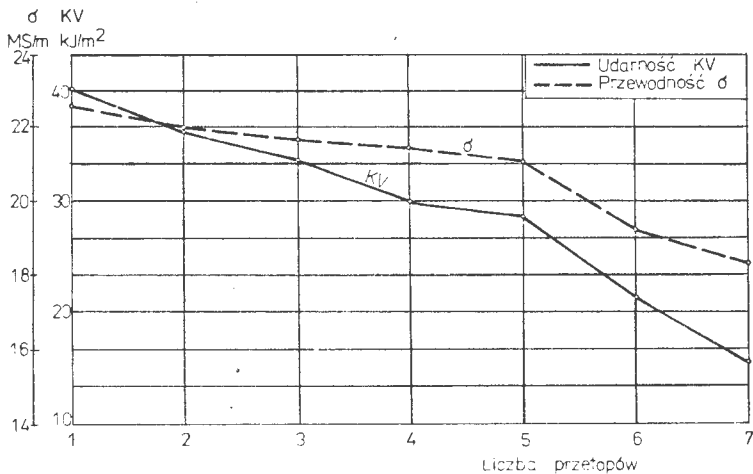


Rys. 3. Wpływ czasu przetrzymywania w stanie ciekłym stopu AK11 modyfikowanego Sr, nierafinowanego na zmianę udarności i przewodności elektrycznej

Podobnie jak dla czasu przetrzymywania liczba przetopów powoduje spadek właściwości mechanicznych i przewodności elektrycznej. Ilustrują to rysunki 4 i 5.

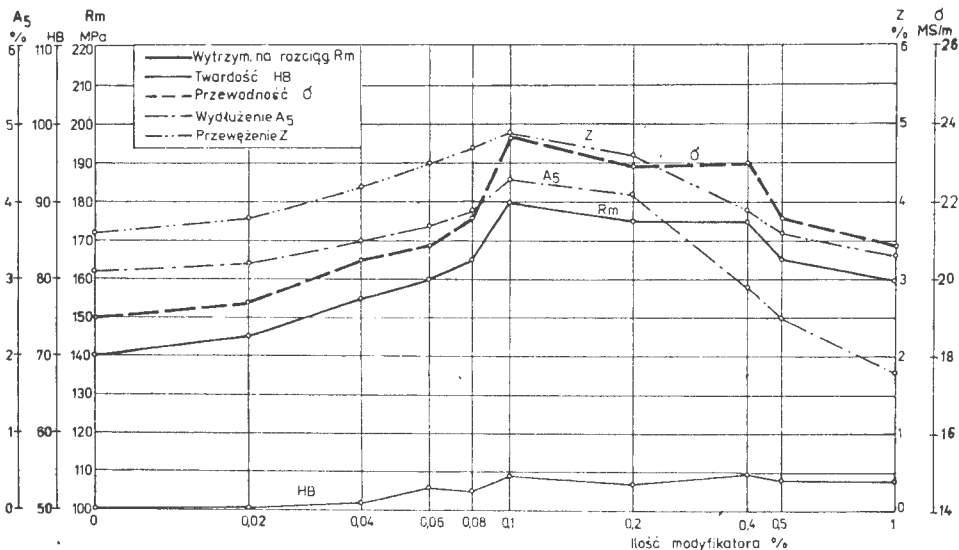


Rys. 4. Wpływ liczby przetopów stopu AK11 modyfikowanego Sr, nierafinowanego na zmianę właściwości mechanicznych i przewodności elektrycznej



Rys. 5. Wpływ liczby przetopów stopu AK11 modyfikowanego Sr, nierafinowanego na zmianę udarności i przewodności elektrycznej

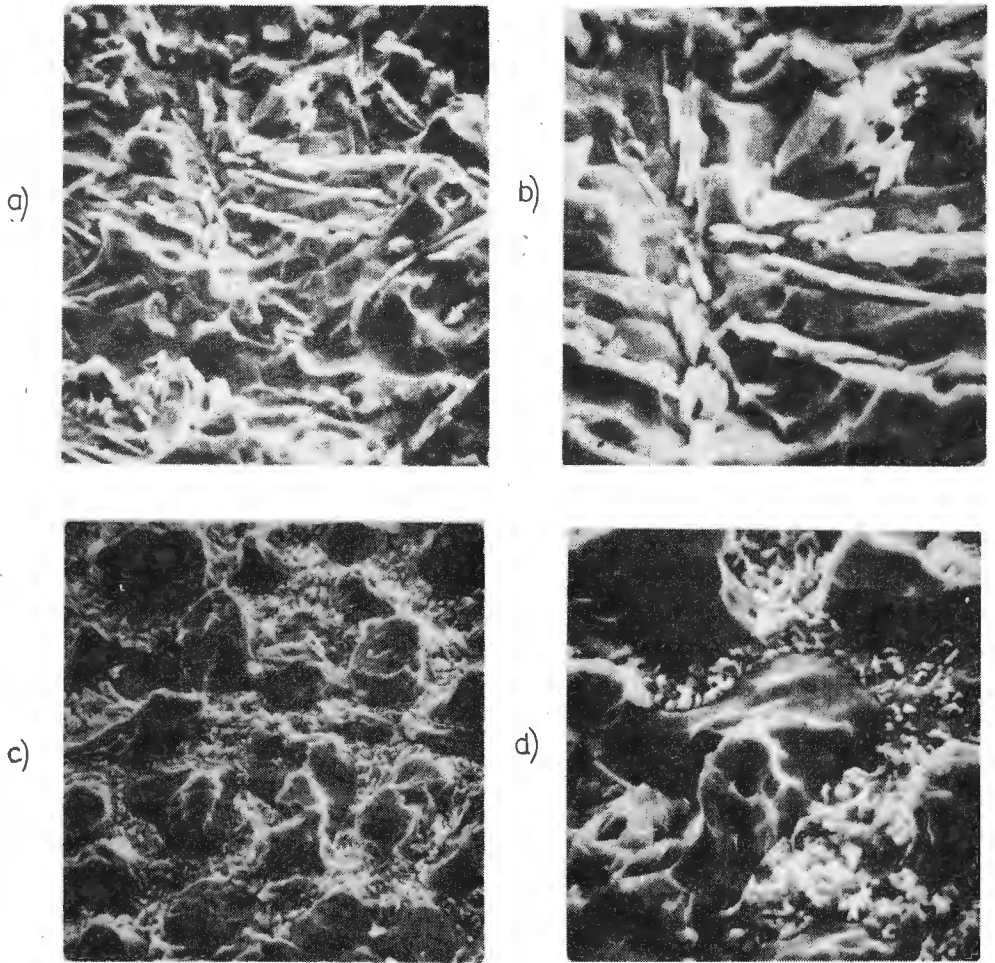
Dodatkowy wariant badań określający najkorzystniejszą zawartość modyfikatora Sr ze względu na właściwości mechaniczne przedstawia przykładowo dla stopu AK11 rys. 6.



Rys. 6. Wpływ modyfikacji różnymi dodatkami Sr na właściwości mechaniczne i przewodność elektryczną stopu AK11 rafinowanego Rafglinem 2

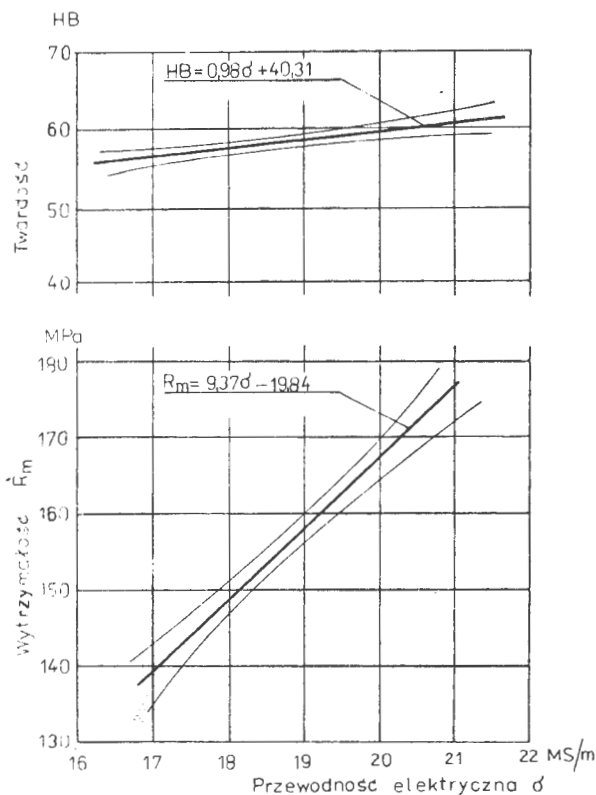
Mikrostruktury stopu AK9 niemodyfikowanego i prawidłowo zmodyfikowanego przedstawiają zdjęcia skaningowe po głębokim selektywnym trawieniu na rys. 7. Jak widać z rys. 7a i b stop niemodyfikowany posiada strukturę ziarnistą, na tle roztworu α występują płytkowe wydzielienia krzem. Po przeprowadzeniu modyfikacji (rys. 7d i e) krzem eutektyczny uległ znacznemu rozdrobnieniu i wydzielił się w przestrzeniach międzydendrytycznych.

Na podstawie ogólnych stwierdzeń przez autorów: J. Gobrechta [3], J. Klabana i A. Koznarovej [5], dotyczących wpływu modyfikacji stopów Al-Si na oporność i przewodność stopu, oraz na podstawie charakteru przebiegu krzywych dotyczących przewodności elektrycznej σ w badanych stopach AK9, AK11 i AK64, przedstawionych na rys. 2+6 – postanowiono podjąć próbę ustalenia zależności ilościowej między właściwościami mechanicznymi a przewodnością elektryczną siluminów.



Rys. 7. Mikrostruktury stopów AK9: a, b - niemodyfikowany, c, d - modyfikowany 0,04% Sr

Dla określenia tej zależności zastosowano analizę regresji $y = ax + b$. Obliczenia wykonano na komputerze i na ich podstawie stwierdzono, że istnieje zależność ilościowa między przewodnością elektryczną a właściwościami mechanicznymi, przedstawiona przykładowo dla stopu AK9 na rys. 8 i 9.



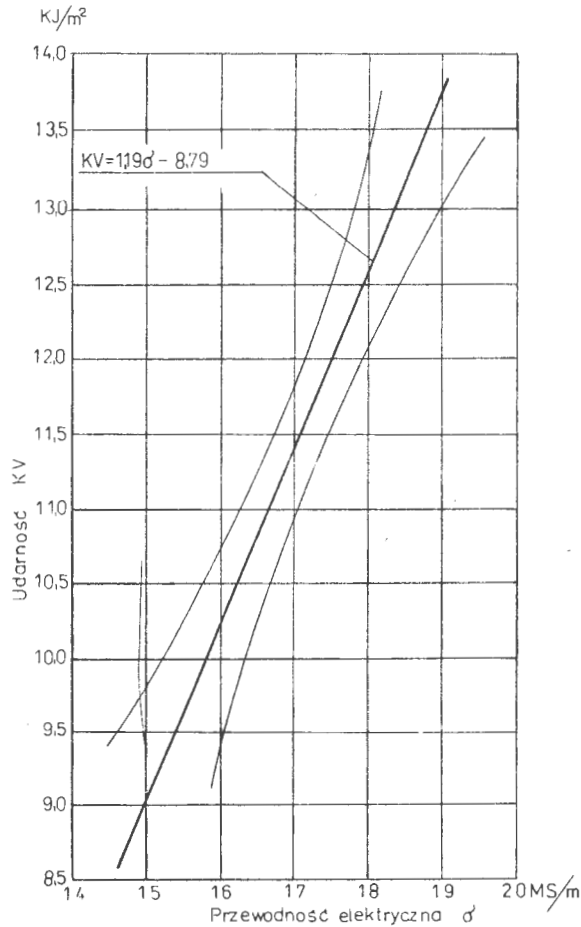
Rys. 8. Proste regresji i krzywe ufności dla $\alpha = 0,05$ stopu AK9 modyfikowanego Sr, nierafinowanego

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy otrzymanych wyników ustalono, że dla uzyskania najkorzystniejszych właściwości mechanicznych badanych stopów należy

- stosować temperaturę zalewania w przedziale $720 \pm 760^\circ\text{C}$,
- nie przetrzymywać ciekłego metalu w piecu powyżej 1 h,
- unikać stosowania we wsadzie złomu obiegowego po 3-krotnym jego przetopieniu.

Dla uzyskania właściwości mechanicznych siluminów odlewanych do form piaskowych zgodnie z wymaganiami PN należy do modyfikacji stosować dodatki



Rys. 9. Prosta regresji i krzywe ufnosci dla $\alpha = 0,05$ stopu AK9 modyfikowanego Sr, nierafinowanego

- $0,02 \pm 0,06\%$ Sr dla stopu AK9,
- $0,1 \pm 0,4\%$ Sr dla stopu AK11,
- około $0,02\%$ Sr dla stopu AK64.

Analiza wyników badań wykazała, że bardzo czułym wskaźnikiem stopnia zmodyfikowania siluminów jest udarność KV. Najwyższe wartości KV mają stopy AK9 modyfikowane dodatkiem $0,02 \pm 0,04\%$ Sr, a stopy AK11 dodatkiem $0,1 \pm 0,4\%$ Sr.

Modyfikacja strontem siluminów oddziałuje w dwóch kierunkach. Z jednej strony wpływa korzystnie na rozdrobnienie eutektyki $\alpha_{(Al)} - Si$,

uzyskanie struktury "uszlachetnionej" i wzrost właściwości mechanicznych. Natomiast z drugiej strony obniża szczelność stopu spowodowaną porowatością skurczową po modyfikacji strontem [2].

Na podstawie wykonanych obliczeń statystycznych wykazano słuszność przyjętej metody i przydatność skonstruowanego stanowiska do szybkiej jakościowej oceny stopnia zmodyfikowania struktury siluminów. Wysokie współczynniki korelacji r potwierdzają słuszność związku między przewodnością elektryczną σ a właściwościami mechanicznymi.

Prototypowe stanowisko do oceny stopnia zmodyfikowania siluminów w warunkach produkcyjnych jest chronione zgłoszeniem patentowym i jest wdrażane w dwóch zakładach odlewniczych do sterowania procesami topienia siluminów.

Wykonane badania dotyczące siluminów modyfikowanych strontem, a następnie rafinowane potwierdziły negatywne oddziaływanie rafinatorów zawierających chlor. Jednocześnie pozwoliły określić niekorzystny wpływ rafinacji Rafglinem na właściwości mechaniczne stopów modyfikowanych strontem.

Na podstawie analizy wyników badań można stwierdzić, że badane stopy przetapiane z gąsek handlowych i odlewane do form piaskowych wykazują niskie właściwości mechaniczne. Dla ich podwyższenia należałoby w przetwórstwie hutniczym przeprowadzać procesy dokładnej rafinacji, a do modyfikacji stosować proponowane w pracy procentowe dodatki strontu lub rafinację i modyfikację strontem przeprowadzać na stopach niemodyfikowanych w odlewniach.

Literatura

- [1] Z. Bonderek, E. Borg, M. Zając: Usprawnienie procesów i zwiększenie efektywności produkcji odlewów z metali nieżelaznych, ZPWO, Radom, ref. 11, Kraków 1980.
- [2] M. Dudyk, B. Ficek, P. Wasilewski: Sprawozdanie z II etapu pracy MR-20, Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej, Gliwice 1981; nie publikowane.

- [3] J. Gobrecht: *Giesserei*, 65, 7 (1978) 158.
- [4] K. Hšner: *Giesserei*, 65, 15/16 (1978) 409.
- [5] J. Klaban, A. Kožnarova: *Slevarenstvi*, 10 (1974) 413.
- [6] P. Rezníček, J. Sacha: *Slevarenstvi*, 1 (1981) 25.