

Zbigniew Byrski, Marian Dudyk, Przemysław Wasilewski

WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE I PRZEWODNOŚĆ ELEKTRYCZNA  
JAKO MIARA STOPNIA ZMODYFIKOWANIA STOPU AK7  
ODLEWANEGO DO FORM PIASKOWYCH

1. Wstęp

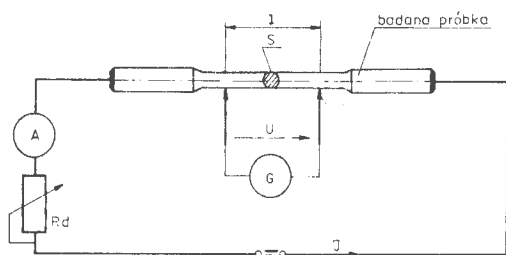
Dotychczasowe badania dotyczące modyfikacji siluminów podeutektycznych i eutektycznych za pomocą strontu oraz wpływem tej modyfikacji na właściwości mechaniczne i technologiczne badanych stopów, pozwoliły na optymalny dobór parametrów topienia dla odlewów kokilowych. Przeprowadzone badania ograniczyły się w większości przypadków prawie wyłącznie do odlewania w kokilach.

Od kilku lat prowadzone są badania [3-10] dotyczące stopów Al-Si modyfikowanych strontem odlewanych do form piaskowych. W badaniach tych stwierdzono, że na efekt modyfikacji ma wpływ wiele czynników charakteryzujących stan stopu bezpośrednio przed odlaniem, np. temperatura odlewania, czas przetrzymywania ciekłego metalu, liczba przetopów, zawartość strontu.

Zagadnienie dotyczące modyfikacji stopów Al-Si, a szczególnie stopów odlewanych do form piaskowych nie jest jeszcze wystarczająco poznane. W związku z tym w laboratorium odlewnictwa Instytutu Technologiczno-Samochodowego Filii Politechniki Łódzkiej w Bielsku-Białej postanowiono wykonać odpowiednie badania.

2. Metodyka badań i wyniki

Badania przeprowadzono dla uzyskania informacji dotyczących wpływu: temperatury zalewania, czasu przetrzymywania metalu w stanie cie-



Rys. 1. Schemat obwodu elektrycznego stanowiska pomiarowego przewodności elektrycznej

luminów polega na tym, że przez próbkę badanego stopu przepuszcza się prąd stały, o stałej wartości natężenia  $I$ , a stopień modyfikacji stopu jako spadek napięcia  $U$  na badanej próbce mierzony jest za pomocą sondy miernikiem napięcia.

Schemat stanowiska do pomiaru przewodności elektrycznej przedstawiono na rys. 1.

Podstawową zależność do określania przewodności elektrycznej właściwej w zastosowanym stanowisku badawczym przedstawia równanie

$$\sigma = \frac{I \cdot l}{b \cdot C_v \cdot S} \quad \left( \frac{MS}{m} \right),$$

gdzie

$\sigma$  - przewodność elektryczna właściwa  $\left( \frac{MS}{m} \right)$ ,

$l$  - długość odcinka pomiarowego (m),

$b$  - liczba elementarnych działek odczytana na galwanometrze,

$C_v$  - wartość napięcia przypadająca na działkę elementarną -  
 $\left( \frac{V}{\text{działka elementarna}} \right)$ ,

$S$  - pole przekroju próbki ( $m^2$ ),

$I$  - natężenie prądu (A).

Przewodność elektryczną badano na próbkach wytrzymałościowych i udarnościowych, które wykorzystano następnie do wyznaczenia właściwości mechanicznych. Pomiary właściwości mechanicznych  $R_m$ ,  $A_5$ ,  $Z$  i HB wykonano zgodnie z PN-65/11-88002, udarność KV według PN-65/11-04370 na próbkach ISO-Charpy V.

kłym, liczby przetopów, ilości modyfikatora i rafinacji na zmiany właściwości mechanicznych stopu AK7 modyfikowanego Sr, odlewanych do form piaskowych.

Do badań zastosowano metodę pomiaru przewodności elektrycznej [7]. Istota sposobu badania stopnia modyfikacji si-

Stopy przeznaczone do badań topiono w piecu elektrycznym oporowym o pojemności 30 kg stopu Al-Si. Rafinację stopu przeprowadzono za pomocą rafinatora Rafglin 2, a modyfikację strontem za pomocą zaprawy AlSiSr9.

Na podstawie otrzymanych wyników z pomiaru właściwości mechanicznych i przewodności elektrycznej wykonano obliczenia statystyczne dla określenia

- współczynnika korelacji  $r$ , pozwalającego stwierdzić, czy istnieje związek między przewodnością elektryczną i właściwościami mechanicznymi,

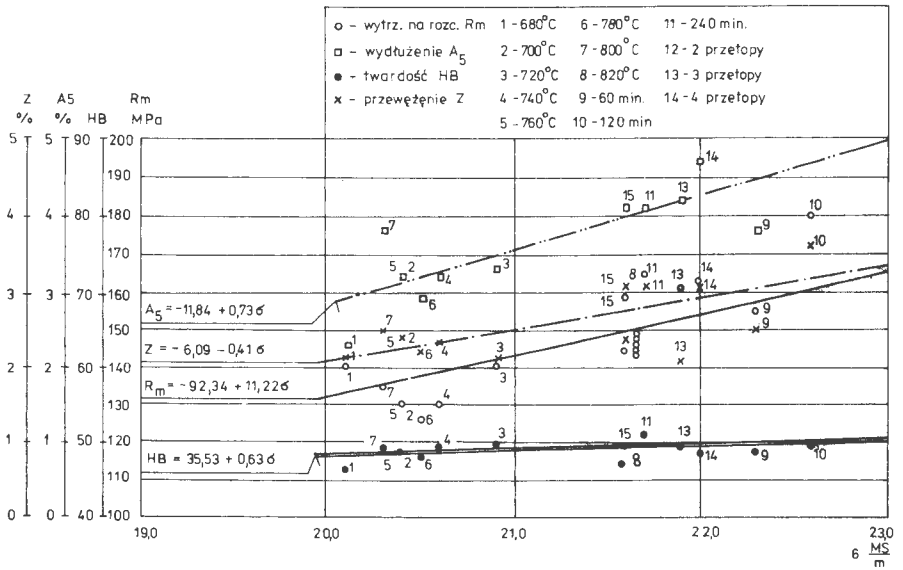
- prostych regresji i poziomu prawdopodobieństwa.

Wyniki obliczonych współczynników korelacji  $r$  i poziomu prawdopodobieństwa  $\alpha$  zamieszczono w tab. 1.

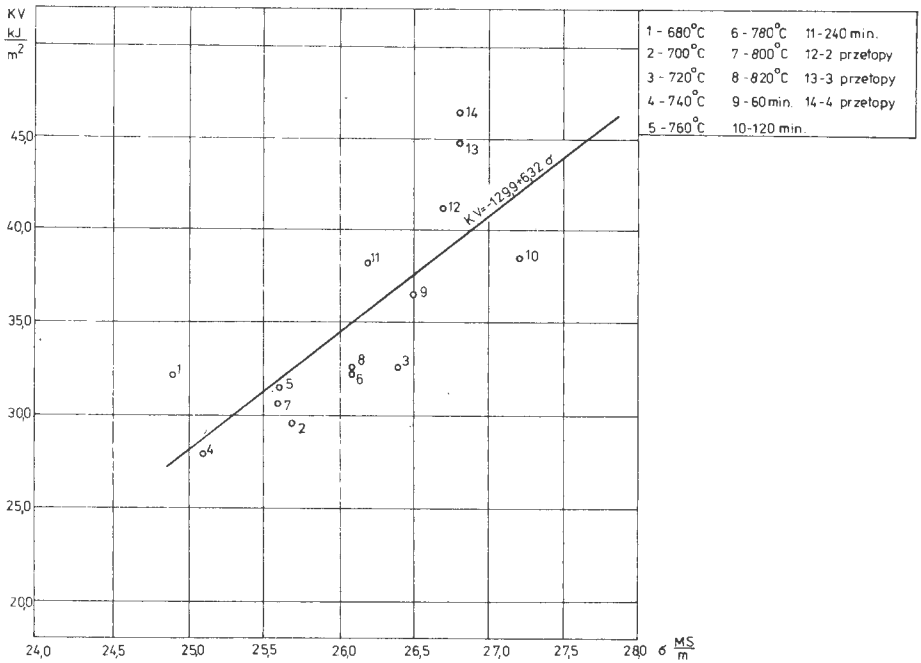
Tabela 1. Współczynniki korelacji między właściwościami mechanicznymi i przewodnością elektryczną

Współczynnik korelacji i poziom prawdopodobieństwa	$R_m=f(\sigma)$	$A_5=f(\sigma)$	HB=f( $\sigma$ )	KV=f( $\sigma$ )	Z=f( $\sigma$ )
AK7 modyfikowany w gąskach handlowych i nierafinowany					
$r$	0,53	0,75	0,51	0,72	0,78
$\alpha$	0,05	0,01	0,1	0,01	0,001
AK7 modyfikowany w gąskach handlowych i rafinowany					
$r$	0,6	0,54	0,02	0,61	0,51
$\alpha$	0,05	0,05	-	0,05	0,1
AK7 modyfikowany różnymi dodatkami % Sr i rafinowany					
$r$	0,71	0,65	0,73	0,65	0,77
$\alpha$	0,05	0,05	0,02	0,05	0,01

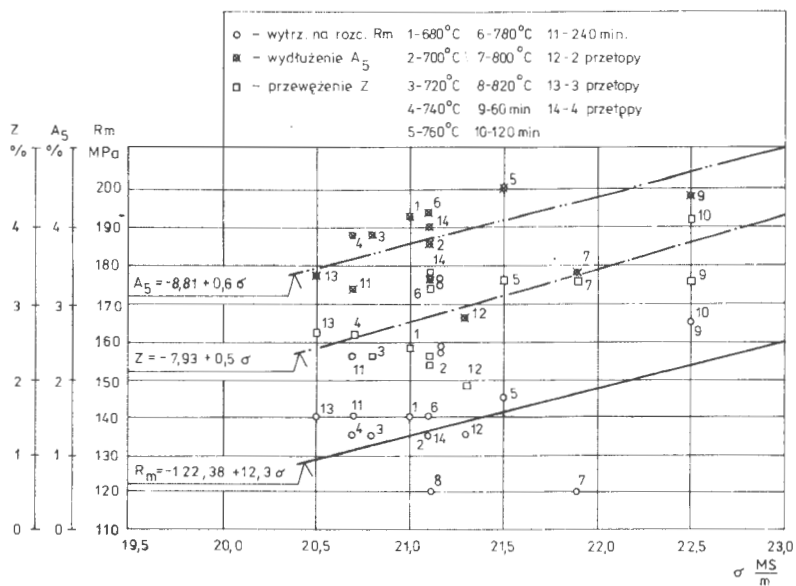
Na rys. 2 i 3 przedstawiono zależności między przewodnością elektryczną i właściwościami mechanicznymi  $R_m$ ,  $A_5$ , HB, Z i KV dla stopów modyfikowanych w gąskach handlowych i nierafinowanych. Natomiast na rysunkach 4 i 5 przedstawiono zależności między przewodnością



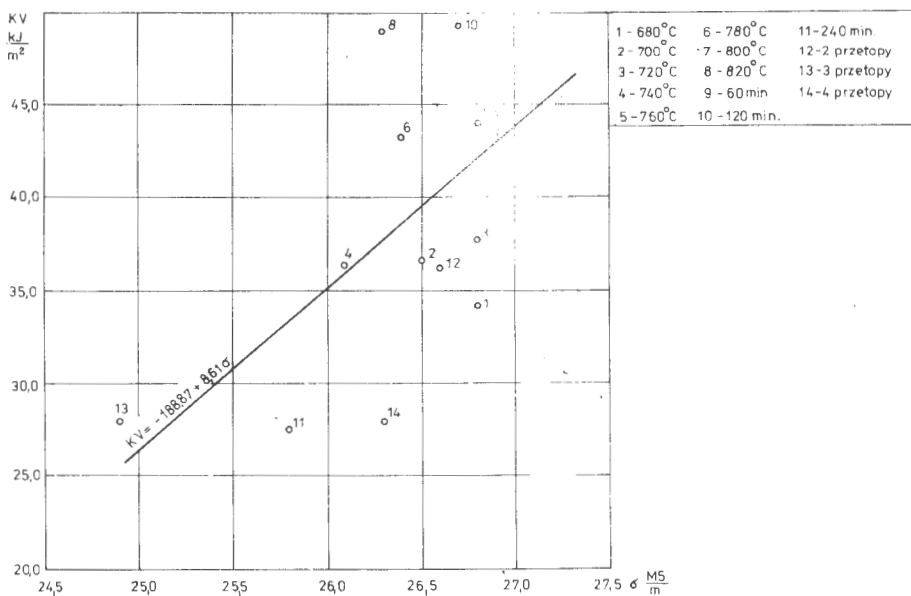
Rys. 2. Proste korelacji właściwości mechanicznych i przewodności elektrycznej stopu AK7 modyfikowanego strontem, nierafinowanego



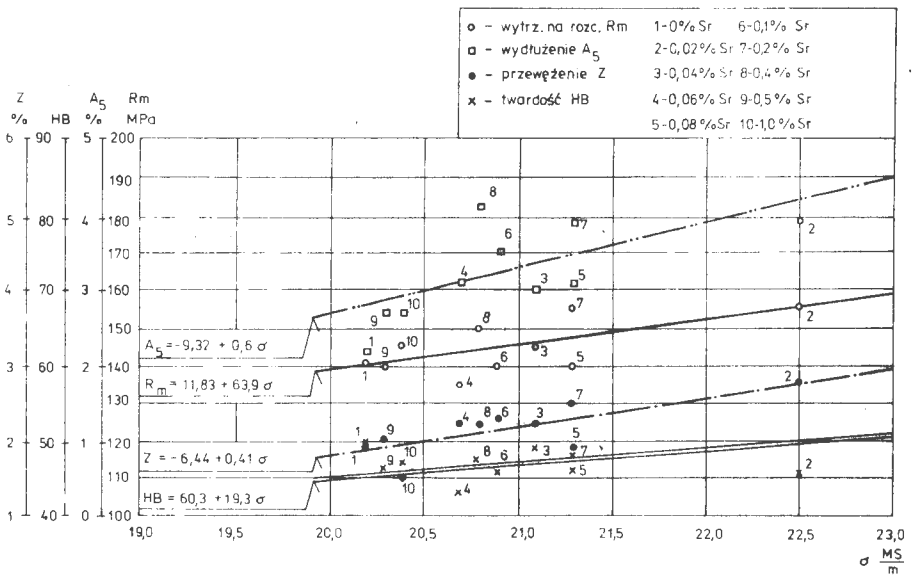
Rys. 3. Proste korelacji udarności i przewodności elektrycznej stopu AK7 modyfikowanego strontem, nierafinowanego



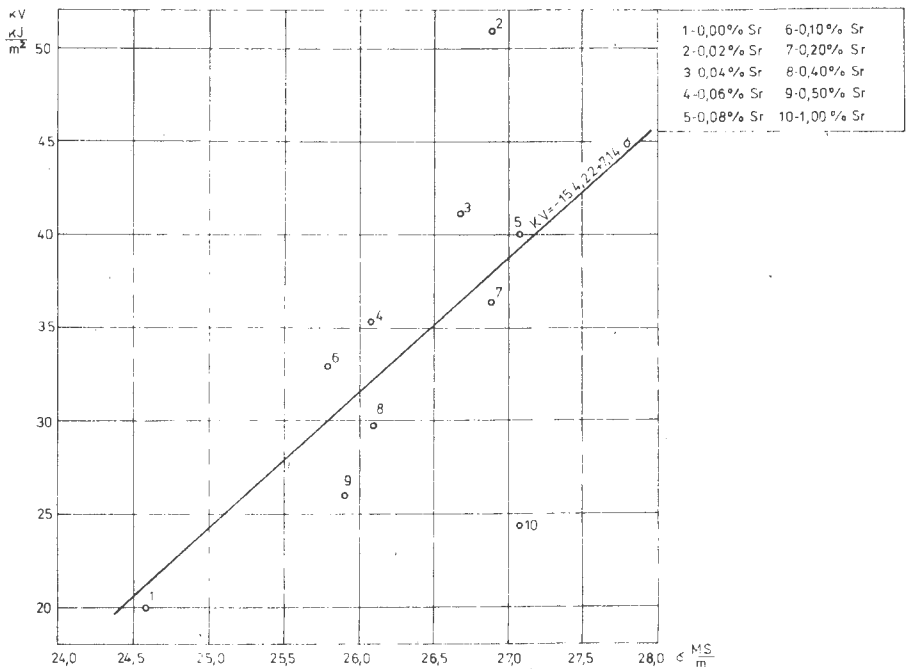
Rys. 4. Proste korelacji właściwości mechanicznych i przewodności elektrycznej stopu AK7 modyfikowanego strontem i rafinowanego



Rys. 5. Prosta korelacji udarności i przewodności elektrycznej stopu AK7 modyfikowanego strontem i rafinowanego



Rys. 6. Proste korelacji właściwości mechanicznych i przewodności elektrycznej stopu AK7 modyfikowanego różnymi dodatkami strontu



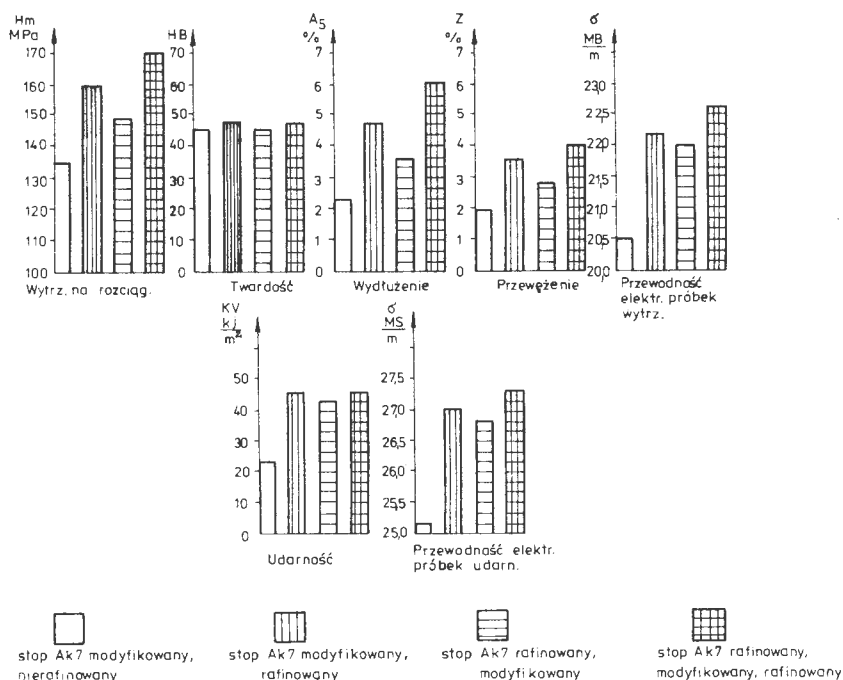
Rys. 7. Prosta korelacji uderności i przewodności elektrycznej stopu AK7 modyfikowanego różnymi dodatkami strontu

elektryczną i właściwościami mechanicznymi dla stopów AK7 modyfikowanych strontem w gąskach handlowych i rafinowanych Rafglinem 2.

Następny etap badań wykonano dla stopów AK7 przetapianych z gąsek handlowych modyfikowanych różnymi dodatkami strontu w warunkach laboratoryjnych. W badaniach tych starano się określić wpływ stopnia zmodyfikowania stopu na właściwości mechaniczne ze względu na różną zawartość modyfikatora Sr.

Stront wprowadzono do ciekłego metalu (o temp.  $760^{\circ}\text{C}$ ) po uprzedniej rafinacji Rafglinem 2 i po czasie 10 min przetrzymania ciekłego metalu zalewano formy piaskowe próbek do badań. Otrzymane wyniki z badań ilustrują rys. 6 i 7.

Na podstawie otrzymanych wyników (rys. 6 i 7) ustalono, że najkorzystniejsze właściwości mechaniczne i najwyższą przewodność elektryczną ma stop AK7 modyfikowany dodatkiem 0,02% Sr. Na podstawie tego stwierdzenia w dalszej części badań określono wpływ rafinacji Rafglinem 2



Rys. 8. Wpływ rafinacji na zmianę właściwości mechanicznych i przewodności elektrycznej stopu AK7 modyfikowanego dodatkiem 0,02% Sr

na właściwości mechaniczne i przewodność elektryczną stopu AK7 modyfikowanego laboratoryjnie dodatkiem 0,02% Sr. Wyniki z przeprowadzonych badań przedstawia rys. 8.

### 3. Podsumowanie

Zastosowanie do oceny stopnia zmodyfikowania stopów Al-Si metody pomiaru przewodności elektrycznej w pełni potwierdziło jej przydatność. Zaletą tej metody jest szybki pomiar stopnia zmodyfikowania struktury stopu (około 5 min), możliwość wykorzystania badanych próbek do dalszych pomiarów właściwości mechanicznych.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że wzrost przewodności elektrycznej stopów związany jest ze wzrostem właściwości mechanicznych, otrzymany przez odpowiedni stopień zmodyfikowania struktury.

Analiza statystyczna wyników badań pozwoliła ustalić zależności między przewodnością elektryczną i właściwościami mechanicznymi  $R_m$ ,  $A_5$ , HB, Z i Kv dla stopów modyfikowanych strontem, rafinowanych i nierafinowanych.

Ocena stopnia zmodyfikowania stopów AK7 modyfikowanych Sr, na podstawie prostych korelacji (rys. 3, 5 i 7) wskazuje, że dla uzyskania wytrzymałości  $R_m = 160$  MPa, zgodnie z PN, stopy powinny wykazywać przewodność elektryczną

$$- \sigma > 22,5 \left( \frac{MS}{m} \right), \text{ nierafinowane,}$$

$$- \sigma > 23,0 \left( \frac{MS}{m} \right), \text{ rafinowane dla parametrów pomiaru } l = 10 \text{ A} \\ \text{ i } l = 63 \text{ mm.}$$

Analizując wpływ modyfikacji stopów AK7 (z gąsek handlowych) różnymi dodatkami strontu, można stwierdzić, że najkorzystniejsze właściwości mechaniczne uzyskano dla dodatku 0,02% Sr (rys. 7 i 8).

Wpływ rafinacji Rafglinem 2 stopów przetapianych z gąsek handlowych i modyfikowanych laboratoryjnie dodatkiem 0,02% Sr (rys. 9) powoduje wzrost właściwości mechanicznych badanych stopów. Otrzymane wyniki wskazują na wielokierunkowe oddziaływanie rafinatora:



- odgazowanie i usunięcie zanieczyszczeń,
- usuwanie modyfikatora Sr z ciekłego metalu z równoczesnym wprowadzeniem Na z rozpadu soli Rafglinu 2 [1, 2, 10].

## Literatura

- [ 1 ] C. Adamski, S. Rządkosz, M. Kucharski, H. Postolek: Przegl. Odlew., 10/11 (1980), 323.
- [ 2 ] C. Adamski, Z. Bonderek, T. Piwowarczyk: Nauka i technika w odlewnictwie metali nieżelaznych, MKO Kraków 1973; ref. 5.
- [ 3 ] Z. Bonderek, E. Borg, M. Zając: Uruchomienie produkcji anty-importowych odlewów ze stopów aluminium-krzem, ZPWO, Radom, Kraków 1980; ref. 11.
- [ 4 ] P. Darami, M. Ghafelehbashi: Brit. Foundrym 72, 1 (1979), 4.
- [ 5 ] M. Dudyk, P. Wasilewski, B. Ficek: Wpływ czasu przetrzymywania ciekłego metalu, liczby przetopów i rodzaju rafinatora na właściwości mechaniczne, stopu AK9 modyfik. strontem odlewanego do form piaskowych, STOP, RAFAMET, Gliwice 1980; ref. 6.
- [ 6 ] M. Dudyk, P. Wasilewski: Zeszyt Nauk. Pol. Łódzkiej "Mechanika", zesz. 59, Łódź 1981, s. 63.
- [ 7 ] M. Dudyk, B. Ficek, P. Wasilewski: Badanie wpływu procesu topienia i stygnięcia na zmiany struktury i właściwości mechaniczne oraz szczelność stopu AK9, Sprawozd. pracy badawczej MR-20, 1981; Instytut Odl. Pol. Śl., Gliwice, nie publikowane.
- [ 8 ] F. Fommei: Alluminio, 46, 3 (1977), 121.
- [ 9 ] Z. Poniewierski, B. Korc: Krzepnięcie metali i stopów, zesz. 3, Gliwice 1980, s. 165.
- [ 10 ] Z. Poniewierski: Aspekty praktyczne wykorzystania metod trwałej modyfikacji siluminów w produkcji odlewniczej. ZPWO, Radom, Kraków 1980; ref. 3.
- [ 11 ] W. Volk: Statystyka stosowana dla inżynierów, WNT, Warszawa 1973.