

Józef Gawroński, Jerzy Sokołowski

Instytut Odlewnictwa

#### WPLYW TEMPERATURY POCZĄTKOWEJ FORMY ODLEWNICZEJ NA WŁASNOŚCI MAGNETYCZNE STOPU ALNICO-400

**Streszczenie.** Dla stopu Alnico-400 odlewanych do form grafitowych - pół trwałych, zbadano wpływ temperatury początkowej formy w zakresie od 25°C-800°C na własności magnesów odlanych i obrabionych termomagnetycznie.

Stwierdzono, że temperatura początkowa formy wywiera istotny wpływ na własności magnetyczne magnesów trwałych.

#### 1. Wstęp

Wymagania, które od szeregu lat były wysuwane przez przemysł stosujący magnesy trwałe, skłoniły odlewników do podjęcia prac mających na celu doskonalenie własności magnetycznych magnesów trwałych oraz unowocześnienia sposobów ich wytwarzania. W stosunku do przodujących państw w tej dziedzinie (ZSRR, Anglia i Holandia) istnieje w badaniach krajowych znaczne opóźnienie i stan niezaspokajania żądań odbiorców odnośnie wysokich parametrów magnesów trwałych odlewanych.

#### Badania własne

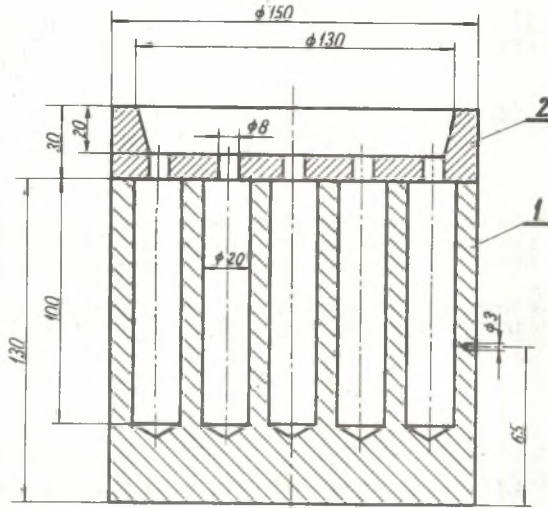
Celem badań jest wyjaśnienie wpływu temperatury początkowej formy grafitowej na własności magnetyczne stopu Alnico 400 w kolejnych stadiach procesu technologicznego. Postanowiono przebadać szeroki zakres temperatur początkowych formy  $t_{2p}$  od temperatury 25°C do 800°C. O wyborze grafitu, jako materiału na formę odlewniczą, zadecydowała konieczność podgrzewania form jak również szereg zalet grafitu, a mianowicie:

- bardzo duża odporność na nagłe zmiany temperatury,
- stosunkowo duża wytrzymałość mechaniczna,
- możliwość wielokrotnego użycia form,
- możliwość obróbki mechanicznej do szlifowania włócznie.

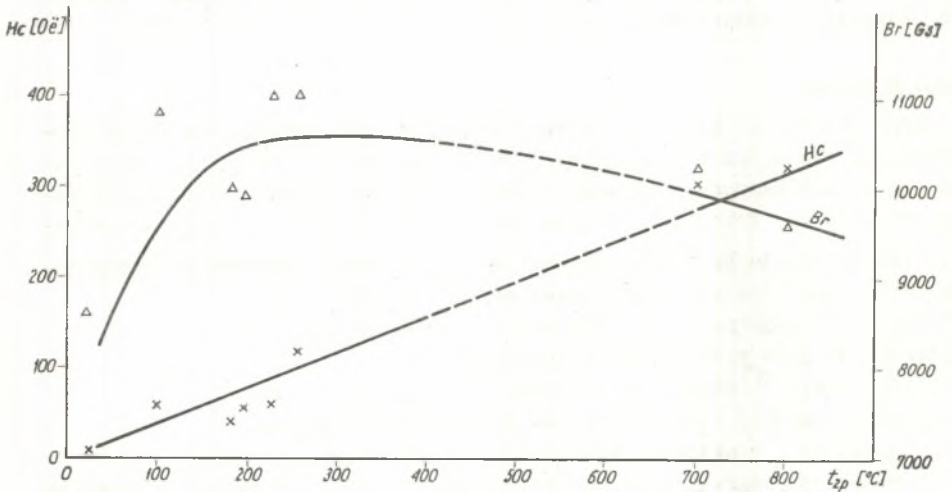
Formy wykonano z elektrod grafitowych  $\emptyset$  150 mm (rys. 1).

Po wstępnym podgrzaniu wnętrza formy pokrywana była pokryciem ochronnym o składzie: 20% talku, 3% szkła wodnego o module 2,8 i 77% wody. Stosowano jednakową grubość pokrycia ochronnego  $\delta_p \approx 0,2$  mm. Formy przed zalaniem metalem podgrzewano w piecu elektrycznym oporowym do temperatur: 100

180, 195, 225, 255, 700 i 800°C. Na rys. 1 pokazano kształt i wymiary form grafitowych oraz miejsce pomiaru temperatury formy.



Rys. 1. Forma grafitowa do odlewania magnezów  
1 - forma właściwa, 2 - zbiornik wlewowy



Rys. 2. Wpływ początkowej temperatury formy grafitowej na średnie własności magnetyczne stopu Alnico 400 po odlaniu

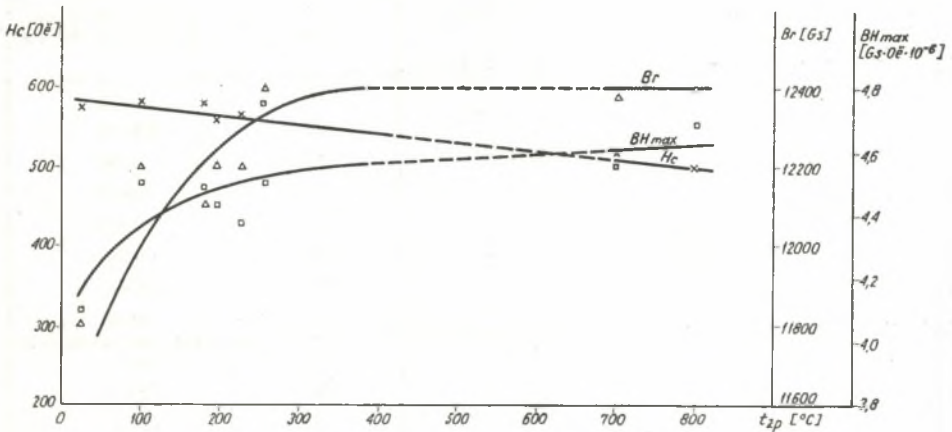
Temperaturę początkową form kontrolowano termometrem (do  $t_{2p} = 255^{\circ}\text{C}$ ) oraz termoparą Pt Rh 10-Pt przy wyższych temperaturach formy.

Topienie metalu prowadzono w piecu indukcyjnym średniej częstotliwości o pojemności tygla 50 kg. Podgrzane formy zalewano metalem o temperaturze  $1600^{\circ}\text{C}$  (temperatura zalewania stopu Alnico 400 do form piaskowych wynosi  $1550^{\circ}\text{C}$ ), czas wytrzymania odlewów w formie wynosił średnio 60 sec.

Ze środkowej części odlewów pobierano próbki  $\varnothing 20 \times 25 \text{ mm}$  do pomiarów magnetycznych i na zgłady metalograficzne. Skład chemiczny odlewów nie odbiegał od normy. Średnie własności magnetyczne z 80 próbek bezpośrednio po odlaniu przedstawia rys. 2.

Próbki poddano następnie obróbce termomagnetycznej nadając im optymalne własności magnetyczne ( $t_{\text{przes.}} \pm 950^{\circ}\text{C} - 10 \text{ min}$ ;  $t_{\text{odp.}} \pm 600^{\circ}\text{C} - 2 \text{ godz}$ )

Wyniki pomiarów własności magnetycznych po obróbce termomagnetycznej i odpuszczaniu pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Wpływ początkowej temperatury formy grafitowej na średnie własności magnetyczne stopu Alnico 400 po obróbce termomagnetycznej

#### Omówienie wyników badań

Przełomy próbek z form, o temperaturze początkowej  $t_{2p} = 25-225^{\circ}\text{C}$  po odlaniu, posiadały warstwę kryształów ułożonych prostopadle do powierzchni wnęki formy. Grubość warstwy dla próbek odlanych do form o  $t_{2p} = 25^{\circ}\text{C}$  wynosiła około 5 mm na stronę, a dla próbek o  $t_{2p} = 225^{\circ}\text{C}$  około  $0,8 \div 1,0 \text{ mm}$  na stronę odlewu.

Ze wzrostem  $t_{2p}$  maleje wielkość ziarn równoosiowych z około  $0,2 \text{ mm}^2$  dla  $t_{2p} = 25^\circ\text{C}$  do około  $0,01 \text{ mm}^2$  dla  $t_{2p} = 800^\circ\text{C}$ .

Wykonane zgłady metalograficzne po całkowitej obróbce termomagnetycznej trawiono odczynnikami o składzie chemicznym:  $5 \text{ g CuCl}_2$ ,  $40 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ ,  $5 \text{ cm}^3 \text{ HNO}_3$ ,  $50 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O}$  (3).

Magnesy ze stopu Alnico 400 odlewane do form grafitowych ogrzewanych posiadają różne własności magnetyczne, zależnie od temperatury początkowej formy.

Na podstawie badań własności magnetycznych po odlaniu należy stwierdzić, że optymalna temperatura formy, warunkująca uzyskanie wysokiej pozostałości magnetycznej wynosi  $220$  do  $280^\circ\text{C}$ , koercja gwałtownie rośnie ze wzrostem temperatury  $t_{2p}$  od  $10 \text{ Oe}$  przy  $t_{2p} = 25^\circ\text{C}$  do  $350 \text{ Oe}$  przy  $t_{2p} = 800^\circ\text{C}$  (tablica 2 i rys. 6).

Tablica 2

Własności magnetyczne stopu Alnico 400 odlewane do form grafitowych podgrzewanych

Lp.	Stan próbki	Temperatura formy $t_{2p}$ $^\circ\text{C}$	Koercja $H_c$ $\text{Oe}$	Pozostałość magnetyczna $B_r$ $\text{Gs}$
1	po odlaniu	25	10	8600
2		100	60	10800
3		180	40	1000
4		195	55	9900
5		225	60	11000
6		255	120	11000
7		700	305	10250
8		800	325	9600
1	po obróbce termomagnetycznej i odpuszczaniu	25	575	11840
2		100	580	12150
3		180	580	12145
4		195	560	12100
5		225	560	12060
6		255	575	12120
7		700	520	12200
8		800	500	12300

W praktyce przemysłowej "wrażliwość" stopu Alnico 400 na temperaturę początkową formy ważniejsza jest po całkowitej obróbce termomagnetycznej.

Optymalny zakres temperatury  $t_{2p}$  po całkowitej obróbce termomagnetycznej przesuwają się ku wyższym temperaturom (powyżej  $500^\circ\text{C}$ ).

Spadek koercji ze wzrostem  $t_{2p}$  od 25-500°C jest rzędu 50 Oe, zaś wzrost pozostałości magnetycznej wynosi 600 Gs. Wzrasta również  $BH_{max}$  z 4,2 do 4,6 GsOe $10^{-6}$ .

### Wnioski

1. Magnesy odlewane do form grafitowych z pokryciem ochronnym posiadają zwartą strukturę, bez pęcherzy i rzadzisz.
2. Gładkość powierzchni magnesu pozwala zrezygnować z drogiej obróbki szlifowaniem, a jeżeli wymagają tego względy konstrukcyjne należy stosować niewielkie naddatki na szlifowanie.
3. Zastosowanie form grafitowych w produkcji magnesów lanych stwarza możliwość zastąpienia drogich i deficytowych materiałów formierskich stosowanych na formy precyzyjne; formy po kilkunastokrotnym zalaniu nie wykazują zużycia wnętrza.
4. Własności magnetyczne stopu Alnico 400 zależą od temperatury początkowej formy; za optymalną należy uznać temperaturę  $t_{2p} = 500-800^{\circ}\text{C}$ .

### LITERATURA

1. J. Gawroński, J. Sokołowski - Materiały sprawozdawcze na zebranie Komitetu Hutnictwa PAN 1971, 1.
2. J. Gawroński, J. Sokołowski - ZN Pol. Śl. Mechanika 45, 1971, 29.
3. S. Szymura - Wiadomości hutnicze 2-3, 1970, 70.

### ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВА "ALNICO 400"

#### Резюме

Для сплава "Alnico 400" литого в полутвёрдые графитные формы проведены исследования целого ряда начальных температур формы (с 25°C - 800°C) и её влияния на свойства магнитов после литья и после термомагнитной обработки.

Установлено существенное влияние предела начальной температуры формы на магнитные свойства литых прочных магнитов.

THE INFLUENCE OF THE INITIAL TEMPERATURE  
OF THE MOULD UPON THE MAGNETIC PROPERTIES  
OF THE ALLOY ALNICO-400

S u m m a r y

For the alloy Alnico 400, cast into semi-stable graphite moulds, a series of initial temperatures of the mould (25 C to 800 C) has been investigated, as well as their influence upon the properties of magnets after casting and after thermo-magnetic treatment. The essential effect of the range of the initial temperature of a mould upon the magnetic properties of cast magnets has been found.