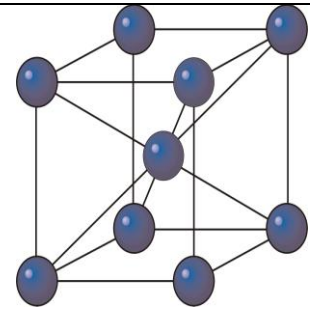


**KATEDRA FIZYKI**

**WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI  
I TECHNOLOGII MATERIAŁÓW  
POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA**



**PRACOWNIA  
FIZYKI CIAŁA STAŁEGO**



**ĆWICZENIE NR FCS - 10**

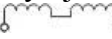
**BADANIE PROCESU UTWARDZANIA  
MAGNETYCZNEGO W STOPACH  
WYKAZUJĄCYCH ANIZOTROPIĘ  
KSZTAŁTU ZA POMOCĄ  
HISTEREZOGRAFU**

## **I. Zagadnienia do opracowania**

1. Makroskopowe właściwości magnetyczne stopów (pole koercji, pozostałość magnetyczna, iloczyn energii magnetycznej).
2. Procesy przemagnesowania układów cząstek jednodomenowych (zależność kształtu pętli histerezy i pola koercji od kąta pomiędzy osią makroskopowej anizotropii a kierunkiem pola koercji).
3. Wytwarzanie układów cząstek jednodomenowych w realnych stopach metali 3d.

## **II. Przebieg ćwiczenia**

1. Zmierzyć pętle histerezy dla próbek po różnych stadiach obróbki cieplnej
  - a) Nawinąć uzwojenie pomiarowe na badanej próbce - 5÷15 zwojów w zależności od przekroju badanej próbki, drutem  $\phi \sim 0,1$ .
  - b) Obliczyć stałą cewki pomiarowej  $k$ :
$$k = z \cdot S$$

$z$  – ilość zwojów;  $S$  – pole przekroju cewki pomiarowej.
  - c) Umieścić badaną próbkę w szczelinie jarzma (w centralnej części nabiegunnika), a następnie przy pomocy korby zacisnąć próbkę między nabiegunnikami jarzma.
  - d) Końce cewki pomiarowej nawiniętej na badanej próbce podłączyć do zacisków oznaczonych symbolem „B”, umieszczonych w kolumnie jarzma.
  - e) Sprawdzić czy cewka do pomiaru natężenia pola jest ustawiona prostopadle do osi jarzma – w tym celu należy opuścić cewkę pomiarową tak, aby swobodnie oparła się o dolny nabiegunnik, docisnąć ją do nabiegunnika, a następnie zablokować w uchwycie.
  - f) Przy pomocy śruby ustawić cewkę do pomiaru natężenia pola w środkowej części badanej próbki.
  - g) Połączyć jarzmo ze stojakiem pomiarowym przewodem zasilającym (gniazdo oznaczone ) z zaciskami cewek magnesujących) i przewodem sygnałowym (gniazdo oznaczone „SONDY” z gniazdem zamocowanym na jarzmie).
  - h) Połączyć zaciski wejściowe rejestratora XY z przewodami wyprowadzonymi z wyjść fluksomierzy zgodnie z umieszczonymi na nich oznaczeniami.
  - i) Załączyć filtry wejściowe w blokach sygnałowych X i Y rejestratora (przyciski F).
  - j) Połączyć przewód wychodzący z tyłu stojaka pomiarowego z gniazdem zdalnego sterowania rejestratora XY.
  - k) Podłączyć kabel zasilający stojak pomiarowy i rejestrator XY do sieci napięcia zmiennego 220 V, 50 Hz.
  - l) Wcisnąć przycisk „SIEĆ” umieszczony w kasecie fluksomierzy i wygrzewać bloki pomiarowe przez 30 minut, a następnie postępować zgodnie z instrukcją obsługi fluksomierza typu FE-1.
  - m) Załączyć rejestrator XY do sieci.
  - n) Załączyć do sieci stojak pomiarowy przełącznikiem „ZAŁ-WYŁ”.
  - o) Ustawić pisak rejestratora XY na środku arkusza.
  - p) Sprawdzić poprawność wyzerowania układów całkujących.
  - r) Wybrać zakresy pomiarowe fluksomierzy i ustawić przełączniki czułości w blokach sygnałowych X i Y rejestratora.
  - s) Wyzerować wskazania miernika cyfrowego przy podłączeniu go kolejno do obu bloków pomiarowych.

## Ćwiczenie FCS-10: Badanie procesu utwardzania magnetycznego w stopach wykazujących anizotropię kształtu

- t) Zwolnić przyciski „ZERO” we fluksomierzach i wcisnąć przycisk „Cykl automatyczny wstępny” w kasecie automatyki.
- u) Odczekać, aż zapali się lampka w przycisku „Cykl automatyczny pomiarowy”.
- v) Wyzerować wskazania fluksomierzy przez wciśnięcie przycisków „Zero” i ponownie sprawdzić narost napięcia wyjściowego na najczulszych zakresach pomiarowych.
- w) Wysunąć cewkę pomiarową do pomiaru natężenia pola poza obręb jarzma.
- x) Zwolnić przyciski „Zero” w obu fluksomierzach i wsunąć cewkę pomiarową w obręb jarzma.
- y) Nacisnąć przycisk „Cykl automatyczny pomiarowy”.

### 2. Skalowanie osi współrzędnych

Skalowanie osi współrzędnych ma na celu określenie stałej  $p=x/cm$ , gdzie  $x$  – wartość wielkości mierzonej dla obu osi współrzędnych. Należy je przeprowadzać po dobraniu współczynnika skali.


- a) Skalowanie osi H
  - Wcisnąć przycisk „X-Y” w fluksomierzu mierzącym natężenie pola i pokrętelem „FORMAT” ustawić na mierniku cyfrowym X jednostek (najwygodniej pełna liczba).
  - Obliczyć stałą  $p_H$  z zależności:

$$p_H = \frac{x}{l} \cdot \frac{z}{200} \quad \left[ \frac{A/m}{cm} \right]$$

$x$  – nastawiona liczba jednostek;

$l$  – przesunięcie pisaka rejestratora w osi X (cm);

$z$  – zakres fluksomierza, do którego odnosimy skalowanie (A/m)

**UWAGA!** Pokrętelem  można doprowadzić do tego, aby przesunięcie pisaka rejestratora przyjęło wartość dogodną do obliczania stałej p.

Przykład:

Nastawiona liczba jednostek	$x=100$
Przesunięcie pisaka	$l=10 \text{ cm}$
Zakres	$200 \times 10^3 \text{ A/m}$
Stała p	

$$p = \frac{100}{10} \cdot \frac{200 \cdot 10^3}{200} = 10 \frac{kA/m}{cm}$$

- b) Skalowanie osi B
  - Znając stałą cewki  $k$  dla założonej wartości indukcji B obliczyć wartość strumienia magnetycznego  $\phi$ :
$$\phi = k \cdot B$$
  - Wcisnąć przycisk „X-Y” w fluksomierzu mierzącym strumień magnetyczny i pokrętelem „FORMAT” ustawić na mierniku cyfrowym liczbę jednostek  $x$  odpowiadającą obliczonej wartości strumienia  $\phi$ .
  - Obliczyć stałą  $p_B$  z zależności:

$$p_B = \frac{x}{l \cdot k} \cdot \frac{z}{200} \quad [T/cm]$$

x – nastawiona liczba jednostek

k – stała cewki

l – przesunięcie pisaka rejestratora w osi Y (cm)

z – zakres fluksomierza, do którego odnosimy skalowanie

Przykład:

Stała cewki użytej do pomiaru  $k=10^{-2} \text{ m}^2$

Założona wartość indukcji  $B=1 \text{ T}$

Obliczona wartość strumienia  $\phi=1 \cdot 10^{-2} \text{ Vs}$

Liczba jednostek jaką trzeba nastawić  $x=100$

Uzyskane przesunięcie pisaka rejestratora  $l=5 \text{ cm}$

Dla zakresu  $20 \cdot 10^{-3} \text{ Vs}$  uzyskamy stałą:

$$p_B = \frac{100}{5 \text{ cm} \cdot 10^{-2}} \cdot \frac{20 \cdot 10^{-3}}{200} = 0,2 \text{ T/cm}$$

W przypadku gdy dla ustawionych czułości bloków sygnałowych X i Y rejestratora przesunięcie pisaka rejestratora jest większe od formatu arkusza, należy zmniejszyć wartość założonej indukcji i operację powtórzyć.

3. Zmierzyć pętle histerezy dla próbek wyciętych pod różnymi kątami w stosunku do osi anizotropii makroskopowej.
  - a) powtórzyć czynności z punktów 1 i 2.

### **III. Opracowanie wyników pomiarów**

1. Z otrzymanych pętli histerezy określić: pole koercji ( $H_C$ ), pozostałość magnetyczną ( $B_r$ ), iloczyn energii magnetycznej  $(BH)_{\max}$
2. Dla próbek mierzonych w punkcie II.1. sporządzić wykresy zależności  $H_C$ ,  $B_r$  i  $(BH)_{\max}$  od czasu obróbki cieplnej.
3. Dla próbek mierzonych w punkcie II.3. sporządzić wykres zależności  $H_C$  od kąta pomiędzy osią makroskopowej anizotropii a przyłożonym polem magnetycznym.
4. Określić sposób przemagnesowania materiału uzyskanego po całkowitej obróbce cieplnej w polu magnetycznym.

### **IV. Literatura**

1. A. Morrish „Fizyczne podstawy magnetyzmu” PWN Warszawa str. 310-331