

HUTNICTWO METALI NIEŻELAZNYCH	NORMA BRANŻOWA	BN-75 0803-16
	Materiały magnetycznie miękkie Pomiar stratności metodą watomierzową w zakresie częstotliwości 50÷10000 Hz	
		Grupa katalogowa III 59

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy jest metoda wyznaczania stratności w materiałach magnetycznie miękkich w postaci magnetowodów pierścieniowych prostokątnych i składanych z różnego rodzaju kształtek.

1.2. Zakres stosowania normy. Norma obowiązuje w zakresie stratności magnetycznie miękkich przetwarzalnych plastycznie stopów niklu, kobaltu, krzemu i aluminium z żelazem, które ujęto w odnosnych normach przedmiotowych.

1.3. Określenia

1.3.1. Indukcja magnetyczna B_m - wg PN-72/T-01019. W przypadku magnetowodów wymienionych w 1.1, badanych w postaci próbek o dwóch uzwojeniach, jest to wielkość wyznaczana w teslach ze wzoru

$$B_m = \frac{E_{sr}}{4 z_2 f S} \tag{1}$$

w którym:

- E_{sr} - średnia wartość siły elektromagnetycznej wyindukowanej w uzwojeniu pomiarowym, V,
- z_2 - liczba zwojów uzwojenia pomiarowego,
- f - częstotliwość, Hz,
- S - powierzchnia przekroju poprzecznego próbki, m^2 .

1.3.2. Straty całkowite P_c - wg PN-72/T-01019. W przypadku metody watomierzowej jest to wielkość wyznaczana w watach ze wzoru

$$P_c = \frac{z_1}{z_2} P_w - P_R \tag{2}$$

w którym:

- P_w - wartość wskazywana przez watomierz przy określonej wartości amplitudy indukcji magnetycznej B_m i częstotliwości pomiaru f , W,
- z_1 - liczba zwojów uzwojenia magnesującego,
- z_2 - liczba zwojów uzwojenia pomiarowego,
- P_R - straty mocy w przyrządach pomiarowych, W.

1.3.3. Stratność właściwa p_c - wielkość wyznaczana w watach na kilogram ze wzoru

$$p_c = \frac{P_c}{m} \tag{3}$$

w którym:

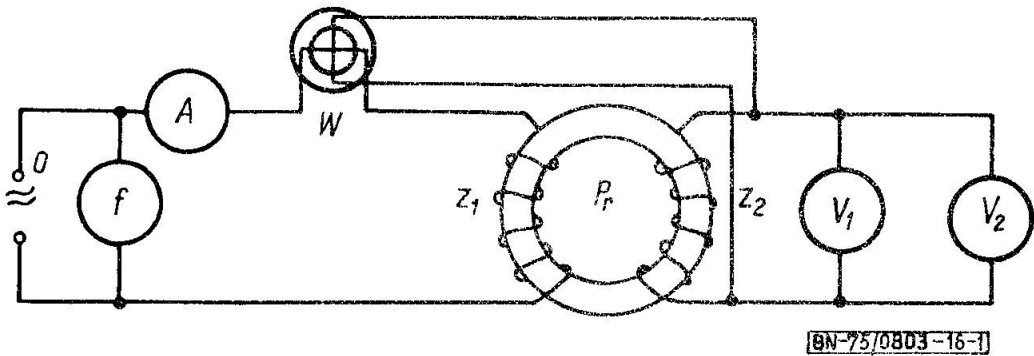
- P_c - straty całkowite, W,
- m - masa próbki, kg.

2. METODA POMIARU

2.1. Zasada pomiaru. Pomiar polega na zastosowaniu do określenia wartości stratności watomierza, którego tor prądowy włączony jest w szereg z obwodem magnesującym próbki, a tor napięciowy na uzwojenie pomiarowe. Wskazania watomierza są miarą strat w danej próbce. Wartość amplitud indukcji magnetycznej określa się za pomocą woltomierza wartości średnich.

2.2. Układ pomiarowy

2.2.1. Schemat układu pomiarowego. Układ pomiarowy tworzy zespół przyrządów połączonych w jedną całość zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 1.



Rys. 1. Schemat układu do pomiaru stratności:

P_r - próbka, z_1 - uzwojenie magnesujące, z_2 - uzwojenie pomiarowe, O - generator częstotliwości akustycznej, f - częstotściomierz, A - amperomierz wartości skutecznych, W - watomierz, V_1 - woltomierz wartości skutecznych, V_2 - woltomierz wartości średnich

Zgłoszona przez Instytut Metali Nieżelaznych

Ustanowiona przez Generalnego Dyrektora Zjednoczenia Górniczo-Hutniczego Metali Nieżelaznych METALE dnia 19 marca 1975 r. jako norma obowiązująca w zakresie czynności określonych normą od dnia 1 stycznia 1976 r. (Dz. Norm. i Miar nr 19/1975 poz. 68)

2.2.2. Elementy układu pomiarowego. W układzie pomiarowym należy stosować następujące przyrządy:

a) Watomierz o czułości $0,5 \cdot 10^{-6}$ W, współczynniku mocy od 0,4 do 0,5, klasie dokładności nie niższej niż 2,5 przystosowany do pomiaru w paśmie częstotliwości od 50 do 10000 Hz.

Zaleca się stosowanie watomierzy o elektrodynamicznym lub elektrostatycznym ustroju pomiarowym wyposażone we wzmacniacze pomiarowe.

Wymagania dotyczące czułości, współczynnika mocy, klasy dokładności oraz pasma częstotliwości odnoszą się do całego zestawu łącznie.

b) Wielozakresowy amperomierz do pomiaru wartości skutecznych o najniższym zakresie 0,1 mA i klasie co najmniej 1.

c) Woltomierz wielozakresowy do pomiaru wartości średnich przebiegu sinusoidalnego o najniższym zakresie 10 mV i klasie co najmniej 1.

d) Woltomierz wielozakresowy do pomiaru wartości skutecznych o najniższym zakresie 10 mV i klasie co najmniej 1.

e) Częstościomierz pozwalający na pomiar z błędem nie większym od 1% w zakresie częstotliwości od 30 do 10000 Hz.

f) Generator zasilający o mocy co najmniej 250 VA, regulowanym napięciu wyjściowym do 250 V, zawartości harmonicznym nie przekraczającej 5% oraz oporności wewnętrznej nie większej niż 0,1Ω.

2.3. Przygotowanie próbek

2.3.1. Kształt, wymiary geometryczne i uzważanie próbek. Stratność należy mierzyć stosując próbki pierścieniowe zwijane z taśm lub składane z kształtek pierścieniowych. Zwoje taśm lub poszczególne kształtki należy izolować między sobą w celu zmniejszenia skrośnych prądów wirowych. Zaleca się stosowanie próbek pierścieniowych o następujących wymiarach geometrycznych:

$$d_z = 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}; \quad d_w = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}; \quad h = 10^{-2} \text{ m}$$

gdzie:

d_z - średnica zewnętrzna, m,

d_w - średnica wewnętrzna, m,

h - wysokość próbki, m.

Próbki pierścieniowe z materiałów szczególnie podatliwych (np. stopy o dużej zawartości niklu) na naprężenia mechaniczne należy umieszczać w pojemnikach zabezpieczających. Na pojemniki należy nakładać w pierwszej kolejności uzwojenie pomiarowe, a następnie magnesujące. Uzwojenia muszą być dobrze odizolowane od siebie za pomocą ceratki izolacyjnej. W przypadku próbek o wymiarach geometrycznych zalecanych wyżej oraz wykonanych z permalloyu P50, uzwojenie magnesujące z_1 powinno mieć 50 zwojów nawiniętych drutem DNEJ o średnicy 0,6 mm, a uzwojenie pomiarowe z_2 100 zwojów nawiniętych drutem DNEJ o średnicy 0,2 mm. Gdy pomiarowi poddawane są próbki z innych materiałów, konieczne jest wprowadzenie korekty w liczbie zwojów poszczególnych uzwojeń zależnie od uzyskiwanego kształtu krzywej indukcji $B = f(t)$.

W wyjątkowych przypadkach pomiary stratności można prowadzić na próbkach składanych z pasków lub kształtek stosowanych do budowy różnego rodzaju transformatorów małej mocy. Pomiary te można wykonywać tylko jako porównawcze ze względu na nadmierne błędy spowodowane szczelinami poprzecznymi i wzdłużnymi powstającymi w magnetowodzie oraz związany z tym nierównomierny rozkład indukcji w przekrojach. Poszczególne paski lub kształtki należy również odizolować od siebie w celu zmniejszenia do minimum prądów wirowych. Uzwojenia magnesujące i pomiarowe należy w tym przypadku nawijać na karkasach specjalnie dobranych dla każdego typu kształtek lub magnetowodu.

2.3.2. Obróbka cieplna próbek. Do badań stosować należy próbki obrobione cieplnie. Obróbka cieplna próbki powinna odpowiadać obróbce cieplnej wyrobu. Rodzaj obróbki cieplnej poszczególnych gatunków materiałów określają normy przedmiotowe lub warunki techniczne wytwórcy.

2.3.3. Wyznaczanie długości średniej drogi magnetycznej l_{sr} próbek. Długość średniej drogi magnetycznej z wystarczającą dokładnością wyznacza się z następujących zależności:

a) Próbki w postaci magnetowodów toroidalnych, których stosunek średnicy zewnętrznej nie przekracza 1,3

$$\frac{d_z}{d_w} \leq 1,3 \quad (4)$$

$$l_{sr} = \frac{(d_z + d_w) \pi}{2}$$

b) Próbki w postaci magnetowodów toroidalnych, gdy wymagana jest szczególnie duża dokładność lub gdy stosunek średnicy zewnętrznej do wewnętrznej zawarty jest w granicach

$$1,3 \leq \frac{d_z}{d_w} \leq 1,6$$

$$l_{sr} = \frac{(d_z - d_w) \pi}{\ln \frac{d_z}{d_w}} \quad (5)$$

Długość średniej drogi magnetycznej w próbkach pierścieniowych o wymiarach zalecanych w p. 2.3.1 obliczona wg wzoru (4) wynosi 0,1258 m, natomiast wg wzoru (5) wynosi 0,1240 m.

c) Próbki w postaci ramy kwadratowej złożonej z pasków o jednakowej szerokości

$$l_{sr} = 4(l_p - a_p) + \pi a_p \quad (6)$$

gdzie:

l_p - długość paska, m,

a_p - szerokość paska, m.

d) Próbki w postaci ramy prostokątnej złożonej z pasków o jednakowej szerokości

$$l_{sr} = 2(l_a + l_b - 2a_p) + \pi a_p \quad (7)$$

gdzie:

l_a - długość paska dłuższego, m,

l_b - długość paska krótszego, m,

a_p - szerokość paska, m.

e) Magnetowody innego kształtu: długość średniej drogi magnetycznej oblicza się dla każdego typu magnetowodu oddzielnie z poszczególnych wymiarów geometrycznych kształtek.

2.3.4. Wyznaczanie powierzchni przekroju poprzecznego próbki

a) Powierzchnia przekroju poprzecznego próbek pierścieniowych i ramowych. Powierzchnię S wyznacza się w metrach kwadratowych ze wzoru

$$S = \frac{m}{l_{\text{śrg}} \cdot \rho} \quad (8)$$

w którym:

m - masa próbki, kg,

$l_{\text{śrg}}$ - średnia długość magnetowodu, m, obliczana ze wzorów

$$l_{\text{śrg}} = \frac{\pi(d_z + d_w)}{2} \quad \text{lub} \quad l_{\text{śrg}} = 2(l_a + l_b)$$

ρ - gęstość masy materiału, kg/m^3 .

W przypadku magnetowodów składanych z kształtek pierścieniowych wyciętych z taśm o grubościach powyżej 0,2 mm dopuszcza się wyznaczanie powierzchni przekroju poprzecznego przez pomiar wymiarów geometrycznych pojedynczych pierścieni.

b) Powierzchnia przekroju poprzecznego kolumny roboczej magnetowodów składanych z kształtek.

W przypadku magnetowodów składanych z kształtek transformatorowych powierzchnię przekroju poprzecznego kolumny roboczej S wyznacza się w metrach kwadratowych ze wzoru

$$S = \frac{m \cdot e}{S_k \cdot \rho} \quad (9)$$

w którym:

m - masa próbki, kg,

S_k - powierzchnia kształtki, m^2 ,

e - szerokość kolumny roboczej magnetowodu, m,

ρ - gęstość masy materiału, kg/m^3 .

Powierzchnię kształtki S_k oblicza się w metrach kwadratowych ze wzoru

$$S_k = ab - 2S_o \quad (10)$$

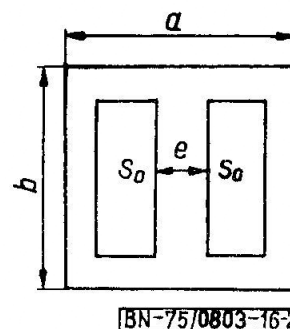
w którym:

a - szerokość kształtki, m,

b - długość kształtki, m,

S_o - powierzchnia okna, m^2 .

Wielkości służące do wyznaczenia powierzchni przekroju poprzecznego kolumny roboczej magnetowodu przedstawiono na rys. 2.



BN-75/0603-16-2

Rys. 2. Kształtka z zaznaczonymi wielkościami potrzebnymi do obliczenia przekroju poprzecznego kolumny roboczej magnetowodu

3. PRZEBIEG POMIARU

3.1. Określenie wartości napięcia w uzwojeniu pomiarowym. Wartość średnia napięcia w uzwojeniu pomiarowym $U_{\text{śr}}$, która odpowiada wybranej maksymalnej wartości indukcji w materiale oblicza się w woltach ze wzoru

$$U_{\text{śr}} \cong E_{\text{śr}} = 4z_2 f S B_m \quad (11)$$

w którym:

$E_{\text{śr}}$ - wartość średnia siły elektromotorycznej w uzwojeniu pomiarowym, V,

z_2 - liczba zwojów uzwojenia pomiarowego,

f - częstotliwość, Hz,

S - powierzchnia przekroju poprzecznego próbki, m^2 ,

B_m - wartość maksymalna indukcji magnetycznej w próbce, T.

Przy praktycznie sinusoidalnym przebiegu napięcia w uzwojeniu pomiarowym $U_{\text{śr}} = \frac{U}{1,11}$. Z tego względu wzór (11) można wyrazić w sposób następujący

$$U = 4,44 z_2 f S B_m \quad (12)$$

w którym:

U - wartość skuteczna napięcia w uzwojeniu pomiarowym, V,

- pozostałe oznaczenia jak we wzorze (11).

3.2. Określenie wartości stratności właściwej p_c

Stratność właściwą oblicza się w watach na kilogram ze wzoru

$$p_c = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{p_w}{m} - \frac{U^2(R_{V_1} \cdot R_{V_2} + R_{V_1} \cdot R_w + R_{V_2} \cdot R_w)}{m R_{V_1} \cdot R_{V_2} \cdot R_w} \quad (13)$$

w którym:

z_1 - liczba zwojów uzwojenia magnesującego,

z_2 - liczba zwojów uzwojenia pomiarowego,

p_w - wskazanie watomierza, W,

m - masa próbki, kg,

U - wartość skuteczna napięcia w uzwojeniu pomiarowym, V,

R_{V_1} - oporność wewnętrzna woltomierza V_1 , Ω ,

R_{V_2} - oporność wewnętrzna woltomierza V_2 , Ω ,

R_w - oporność wewnętrzna cewki napięciowej watomierza, Ω ,

3.3. Określenie liczby zwojów uzwojeń próbki

a) Uzwojenie magnesujące. Liczbę zwojów uzwojenia magnesującego z_1 oblicza się ze wzoru

$$z_1 = \frac{l_{sr}}{\sqrt{2} \cdot I} \cdot H_m \quad (14)$$

w którym:

l_{sr} - długość średniej drogi magnetycznej, m,

I - wartość skuteczna natężenia prądu magnesującego, A,

H_m - wartość maksymalna natężenia pola magnesującego, A/m.

Wartości I i H_m zakłada się na podstawie dopuszczalnej wartości gęstości prądu w uzwojeniu magnesującym oraz o wybraną wartość indukcji magnetycznej.

b) Uzwojenie pomiarowe. Liczbę zwojów uzwojenia pomiarowego z_2 oblicza się z wzoru

$$z_2 = \frac{E_{sr}}{4fSB_m} \quad (15)$$

w którym:

E_{sr} - średnia wartość siły elektromotorycznej wyindukowanej w uzwojeniu pomiarowym, V,

f - częstotliwość, Hz,

S - powierzchnia przekroju poprzecznego próbki, m²,

B_m - wartość maksymalna indukcji magnetycznej, T.

Wartości E_{sr} i B_m zakłada się w oparciu o czułość woltomierza stosowanego do pomiaru U_{sr} oraz o wybraną wartość indukcji magnetycznej. Uzyskane w wyniku obliczeń liczby zwojów należy zaokrąglić do pełnych dziesiątek co znacznie ułatwia obliczenia.

3.4. Wykonanie pomiaru

3.4.1. Warunki pomiaru. Pomiary stratności należy prowadzić przy praktycznie sinusoidalnym przebiegu indukcji. Współczynnik kształtu napięcia w uzwojeniu pomiarowym nie może przekraczać więcej niż o 1% wartości 1,11 (1,12) charakteryzującej przebieg idealny. Gęstość prądu przepływającego

przez uzwojenie magnesujące nie może przekraczać wartości, przy której występuje dostrzegalne nagrzewanie drutu nawojowego powodujące wzrost temperatury mierzonego magnetowodu. Zwykle gęstość prądu nie powinna przekraczać $2 \cdot 10^6$ A/m². Badania należy prowadzić w pomieszczeniach zamkniętych o temperaturze $20 \pm 2^\circ\text{C}$ i wilgotności względnej otaczającego powietrza nie przekraczającej 80%.

3.4.2. Przebieg pomiaru. Pomiar rozpoczyna się od wyboru wartości indukcji i częstotliwości, przy których ma być mierzona stratność. Następnie za pomocą wzorów podanych w 2.3.3; 2.3.4 i 3.3 należy obliczyć powierzchnię przekroju poprzecznego próbki oraz liczby zwojów uzwojenia magnesującego i pomiarowego. Na podstawie uzyskanych danych należy ze wzoru (11) lub (12) obliczyć wartość napięcia jakie powinien wskazać woltomierz włączony na uzwojenia pomiarowe. Regulując napięcie źródła zasilania układu pomiarowego należy tak dobrać prąd magnesujący, aby uzyskać w uzwojeniu pomiarowym napięcie obliczone ze wzoru (11) odpowiadające wybranej wartości indukcji magnetycznej. Po nastawieniu napięcia należy odczytać wskazanie woltomierza i sprawdzić wskazanie częstotliciemierza. Odczytane wartości należy zanotować w zalecany wzorze zapisu wyników podany w załączniku.

3.4.3. Wyznaczanie przebiegu charakterystyk $p_c = F(B_m)$. W celu wyznaczania przebiegu krzywej $p_c = F(B_m)$ cykl pomiarowy opisany w 3.4.2 powtarza się zwiększając natężenie pola magnesującego do następnej ustalonej uprzednio wartości i odczytując wskazanie woltomierza. Cykl powyższy powtarza się tyle razy ile punktów na krzywej $p_c = F(B_m)$ postanowiono wyznaczyć. Zwykle pomiar wykonuje się w pięciu lub ośmiu punktach. Następnie zwiększa się częstotliwość napięcia zasilającego i powtarza opisany wyżej cykl pomiarowy. Po kilkakrotnym zwiększeniu częstotliwości uzyskuje się rodzinę charakterystyk: $p_c = F(B_m)$ dla $f = \text{var}$.

Wartości częstotliwości oraz wartości indukcji magnetycznych, przy których prowadzi się pomiary ustala się pomiędzy wytwórcą materiałów i ich odbiorcą.

K O N I E C

Załącznik

Informacje dodatkowe

Nr próbki.....			Nr zlecenia.....			Data pomiaru.....		
Rodzaj materiału			Obróbka cieplna					
Gęstość $\rho = \text{kg/m}^3$			Długość średniej drogi magnetycznej l_{sr}					
Masa próbki $m = \text{kg}$			Powierzchnia przekroju poprzecznego próbki $S = \text{m}^2$					
Liczba zwojów uzwojenia magnesującego $z_1 =$								
Liczba zwojów uzwojenia pomiarowego $z_2 =$								
Indukcja magnetyczna B_m	Napięcie indukowane		Straty w magnetowodzie przy częstotliwości					
	U	U_{sr}	$f_1(H_z)$		$f_2(H_z)$		$f_3(H_z)$	
T	V	V	W	W/kg	W	W/kg	W	W/kg

4. Autorzy projektu normy - mgr.inż. Leszek Siarzewski - Instytut Metali Nieżelaznych, Gliwice, mgr Teresa Piszczek - Instytut Metali Nieżelaznych, Gliwice.