

HUTNICTWO METALI NIEŻELAZNYCH	NORMA BRANŻOWA	BN-73
	Miedź	0803-13
	Pobieranie i przygotowanie próbek oraz pomiar oporności elektrycznej właściwej	Grupa katalogowa 0359

## 1. WSTĘP

**1.1. Przedmiot normy.** Przedmiotem normy jest sposób pobierania i przygotowania próbek oraz metoda pomiaru oporności elektrycznej właściwej miedzi.

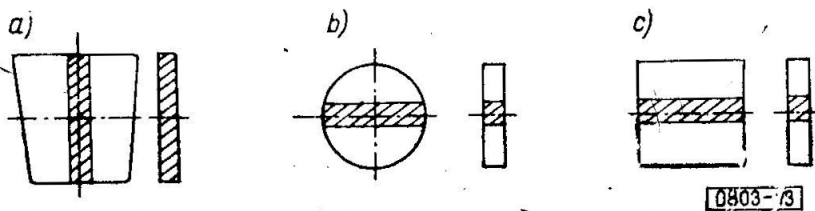
**1.2. Zakres stosowania normy.** Norma obowiązuje w zakresie pobierania i przygotowania próbek oraz pomiaru oporności elektrycznej właściwej półwyrobów i wyrobów z miedzi i miedzi stopowej w postaci katod wlewków, walcówki, prasówki, blach, taśm, prętów, drutów i kształtowników.

**1.3. Normy związane**  
 PN-72/H-04733 Wyznaczanie współczynników zmian oporu elektrycznego metali i stopów pod wpływem temperatury  
 PN-70/N-02120 Zasady zaokrąglania i zapisywania liczb

## 2. POBIERANIE I PRZYGOTOWANIE PRÓBEK

### 2.1. Pobieranie próbek

**2.1.1. Pobieranie próbek z wlewków.** Próbki z wlewków odlewanych do wlewnic poziomych, wlewków okrągłych lub prostokątnych odlewanych metodą półciąglą lub ciąglą należy pobierać zgodnie z rysunkiem.



Miejsce pobierania próbek do sprawdzenia oporności elektrycznej właściwej: a) z wycinków wlewków odlewanych do poziomych wlewnic, b) z wycinków wlewków okrągłych odlewanych metodą półciąglą lub ciąglą, c) z wycinków wlewków prostokątnych odlewanych metodą półciąglą lub ciąglą

Próbki pobrane z wycinków wlewków powinny mieć minimalne wymiary  $10 \times 10 \times 100$  mm.

Dopuszcza się próbki otrzymywane przez wyciskanie lub walcowanie wlewków lub ich części.

Liczbę próbek do sprawdzenia elektrycznej oporności właściwej powinny określać normy przedmiotowe.

**2.1.2. Pobieranie próbek z walcówki, prasówki, prętów, drutów i kształtowników.** Próbki pobiera się w ilości umożliwiającej, po zastosowaniu odpowiednich procesów przerobczych, uzyskanie drutu o średnicy 2 mm i długości około 5 m.

Po uzgodnieniu między wytwórcą a zamawiającym dopuszcza się pobieranie próbek z drutów o średnicach mniejszych od 2 mm oraz z gotowych półwyrobów i wyrobów.

Z wybranych sposobem losowym 2 kręgów lub odcinków z partii wyrobów, jeżeli normy przedmiotowe nie przewidują inaczej, należy pobrać po jednej próbce z końca i początku.

**2.1.3. Pobieranie próbek z blach i taśm.** Próbki pobiera się w ilości umożliwiającej po zastosowaniu odpowiednich procesów przerobczych uzyskanie drutu o średnicy 2 mm i długości około 5 m. W przypadkach gdy niemożliwe jest pobranie próbek, które można przerobić na drut o średnicy 2 mm, dopuszcza się stosowanie próbek płaskich. Próbki płaskie powinny mieć powierzchnię przekroju poprzecznego równą  $3 \text{ mm}^2$ .

W przypadku niemożności wykonania takich próbek należy z blach i taśm pobrać próbki i wykonać z nich druty o średnicach mniejszych niż 2 mm. Z wybranych sposobem losowym 2 kręgów lub odcinków z partii wyrobów, jeżeli normy przedmiotowe nie przewidują inaczej, należy pobrać po jednej próbce z końca i początku.

**2.2. Przygotowanie próbek.** Próbki pobrane z półwyrobów i wyrobów należy zależnie od początkowych wymiarów geometrycznych przerobić przez walcowanie na gorąco na pręt o średnicy

Instytut Metali Nieżelaznych  
 Ustanowiona przez Generalnego Dyrektora Zjednoczenia Górniczo-Hutniczego  
 Metali Nieżelaznych METALE dnia 12 czerwca 1973 r. jako norma obowiązująca  
 w zakresie czynności określonych normą od dnia 1 stycznia 1974 r.  
 (Dz. Norm. i Miar nr 31/1973 poz. 98)

od 6 do 8 mm. Następnie pręt należy wyżarzyć przez 20 min przy temperaturze  $700 \pm 25^\circ\text{C}$ . Po upływie czasu wyżarzania próbki należy studzić gwałtownie w wodzie i następnie trawić w roztworze kwasu siarkowego, aż do usunięcia warstwy tlenkowej. Wyżarzaniu należy poddać również próbki wyrobów nie wymagających uprzedniego przerabiania na gorąco. Po wyżarzeniu próbki należy przeciągnąć na zimno na drut o średnicy 2 mm. Szybkość przeciągania nie powinna przekraczać 60 m/min. W trakcie ciągnięcia należy stosować smarowanie. Przy ciągnięciu należy stosować następujący ciąg ciągadeł: 7,00; 6,00; 5,00; 4,30; 3,80; 3,20; 2,70; 2,30; 2,00 mm.

Średnica próbki nie powinna różnić się od średnicy nominalnej o więcej niż  $\pm 0,05$  mm. Powierzchnia przekroju poprzecznego próbek płaskich nie może różnić się od powierzchni odpowiadającej powierzchni drutu o średnicy 2 mm więcej niż  $\pm 0,5$  mm<sup>2</sup>. Natomiast powierzchnia przekroju poprzecznego zarówno próbki okrągłej jak i płaskiej na całej długości pomiarowej nie może wykazywać różnic większych niż 1%.

Otrzymane w ten sposób próbki należy oczyścić, odtłuścić i wyżarzyć. Wyżarzaniu należy poddać jedynie próbki proste o długości minimum 1,2 m. Wyżarzanie należy przeprowadzać w atmosferze gazu obojętnego (np. argonu lub czystego azotu) przez 1 h przy temperaturze  $500 \pm 5^\circ\text{C}$ . Do każdej próbki należy dołączyć przywieszkę zawierającą:

- a) gatunek miedzi,
- b) rodzaj próbki,
- c) numer partii,
- d) numer wytopu,
- e) numer próbki.

Do pomiaru dopuszcza się próbki o innych powierzchniach przekroju poprzecznego, w przypadku gdy przewidują to normy przedmiotowe lub po uzgodnieniu między wytwórcą a odbiorcą.

Przygotowanie próbek płaskich należy uzgodnić pomiędzy wytwórcą i odbiorcą.

**2.3. Pobieranie i przygotowanie próbek z katod.** Sposób pobierania i przygotowania próbek z katod należy uzgodnić pomiędzy wytwórcą i zamawiającym.

**2.4. Wymagania stawiane próbkom do pomiaru oporności elektrycznej właściwej.** Próbki do pomiaru oporności elektrycznej właściwej przygotowane wg 2.2 powinny być proste, o powierzchniach czystych, gładkich, bez pęknięć, rys, zardębiań oraz warstwy tlenkowej.

Prostowanie drutów oraz trawienie po wyżarzeniu jest niedopuszczalne.

### 3. BADANIA

**3.1. Ogólne warunki wykonania badań.** Badania powinny być wykonane w pomieszczeniach o stałej temperaturze i wilgotności względnej. Zalecana jest temperatura pomieszczenia  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  o wilgotności względnej nie przekraczającej 80%. Temperaturę mierzy się z dokładnością  $0,5^\circ\text{C}$ .

Gotowe próbki należy przez co najmniej 12 h przechowywać w pomieszczeniu, w którym wykonywane są pomiary oporności elektrycznej właściwej, tak aby nastąpiło wyrównanie temperatury próbek i otoczenia.

**3.2. Wyznaczanie powierzchni przekroju poprzecznego próbki.** Powierzchnię przekroju poprzecznego wyznacza się z masy, długości i gęstości badanego materiału z dokładnością do 0,2%. Masę próbki należy wyznaczać z dokładnością do 0,05%.

Długość pomiarowa próbki powinna być mierzona z dokładnością do 0,05%. W przypadku miedzi należy przyjąć stałą wartość gęstości, to jest  $8,93$  kg/dm<sup>3</sup>.

W przypadku miedzi stopowej oraz w przypadkach spornych, gęstość należy wyznaczyć z dokładnością do 0,1% przez zważenie próbki najpierw w powietrzu, a następnie w wodzie nie zawierającej powietrza. Woda powinna mieć temperaturę  $20 \pm 0,1^\circ\text{C}$ . Wskazane jest dodanie do wody odpowiedniego środka zwilżającego, jak np. drugorzędowego alkilosiarczanu w ilości nie więcej jednak niż 0,03%. Gęstość wody zmienia się wówczas tylko o około 0,01%. Gęstość materiału należy obliczać w kg/dm<sup>3</sup> z następującej zależności:

$$\gamma = \frac{m_p (\gamma_1 - \gamma_2)}{m_p - m_n} \quad (1)$$

w którym:

- $m_p$  — masa próbki w powietrzu, kg,
- $\gamma_1$  — gęstość wody przy temperaturze pomiaru, kg/dm<sup>3</sup> (wg tabl. 1),
- $\gamma_2$  —  $1,2 \cdot 10^{-3}$  kg/dm<sup>3</sup> — gęstość powietrza.
- $m_n$  — masa próbki w wodzie, kg.

W niektórych uzasadnionych przypadkach, po uzgodnieniu pomiędzy wytwórcą a użytkownikiem, dopuszcza się wyznaczanie powierzchni przekroju poprzecznego próbek na podstawie pomiaru średnic za pomocą mikrometru z dokładnością do 0,01 mm. Pomiar należy wówczas wykonywać w dwu prostopadłych do siebie kierunkach w trzech różnych miejscach na długości badanej próbki. Średnicę należy obliczać jako średnią arytmetyczną wykonanych pomiarów.

**3.3. Pomiar oporu elektrycznego.** Pomiar oporu elektrycznego należy wykonać z dokładnością nie mniejszą od 0,15%. W pomiarach należy stosować podwójny mostek Thomsona o czułości nie mniejszej niż  $1 \cdot 10^{-5} \Omega$ . Odległość elektrod napięciowych powinna wynosić 1 m. Wartość napięcia zasilana określa sumaryczna oporność obwodu prądowego układu pomiarowego. Pomiar oporu należy wykonywać przy takich gęstościach prądu, aby nie występowało nagrzewanie się próbki. Gęstość prądu nie może przekraczać  $2 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$ .

Każdy pomiar należy przeprowadzać przy dwóch kierunkach przepływu prądu, a wyniki obliczać jako średnią arytmetyczną. Opór zmierzony w innej temperaturze otoczenia niż  $20^\circ\text{C}$  należy skorygować przez uwzględnienie współczynnika zmian oporu elektrycznego z temperaturą. Do korekcji należy zastosować następującą zależność:

$$R_{20} = \frac{R_t}{1 + \alpha_0 (t - 20)} \quad (2)$$

w której:

$R_{20}$  — opór elektryczny przy temperaturze  $20^\circ\text{C}$ ,  $\Omega$ ,

$R_t$  — opór elektryczny przy temperaturze pomiaru  $t$ ,  $\Omega$ ,

$\alpha_0$  — współczynnik zmiany oporu elektrycznego pod wpływem temperatury,  $1/^\circ\text{C}$ ,

$t$  — temperatura, przy której prowadzono pomiar,  $^\circ\text{C}$ .

Współczynnik  $\alpha_0$  przyjmuje różne wartości w zależności od składu chemicznego próbki i stanu materiału.

W przypadku miedzi do korekty należy stosować współczynnik  $\alpha_0$  o wartości  $3,93 \cdot 10^{-3} 1/^\circ\text{C}$ . W przypadku miedzi stopowej lub pomiarów rozjemczych należy wyznaczyć wartości współczynnika  $\alpha_0$  wg PN-72/H-04733 w zakresie temperatur, w których prowadzi się pomiar.

W przypadku wykonywania pomiarów próbek o innych wymiarach geometrycznych po uzgodnieniu z zamawiającym i wytwórcą dopuszcza się wykonywanie pomiaru oporu elektrycznego innymi metodami, niż opisano w niniejszej normie, pod warunkiem dotrzymania wymagań w zakresie dokładności pomiaru.

**3.4. Obliczanie oporności elektrycznej właściwej.** Do obliczania oporności elektrycznej właściwej w  $\Omega \cdot \text{m}$  stosuje się zależność:

$$\rho_{20} = \frac{R_{20} S}{l} \quad (3)$$

w której:

$R_{20}$  — opór elektryczny próbki,  $\Omega$ ,

$S$  — powierzchnia przekroju poprzecznego próbki,  $\text{m}^2$ ,

$l$  — długość pomiarowa próbki, m.

**3.5. Wyniki badań.** Za wynik pomiaru oporności elektrycznej właściwej uważa się średnią arytmetyczną wyników pomiarów wykonanych na trzech próbkach, pochodzących z jednego odcinka próbki pobranej wg 2.1.1 lub 2.1.2 albo 2.1.3. Wartości liczbowe otrzymanych wyników należy interpretować zgodnie z PN-70/N-02120.

**3.6. Zalecana treść protokołu wykonanych pomiarów**

#### Charakterystyka materiału

1. Gatunek miedzi
2. Pochodzenie materiału
3. Numer partii

#### Charakterystyka próbek

1. Numer próbki
2. Średnica lub wymiary geometryczne próbki
3. Powierzchnia przekroju poprzecznego
4. Długość pomiarowa

#### Charakterystyka układu pomiarowego

1. Charakterystyka przyrządów układu pomiarowego
2. Czułość podstawowych przyrządów
3. Klasa dokładności
4. Temperatura pomiaru

#### Wyniki pomiaru

1. Wartość zmierzonej oporności elektrycznej właściwej
2. Wartość współczynnika korekcji oporności elektrycznej właściwej
3. Wartość wyliczonej oporności elektrycznej właściwej skorygowanej do temperatury  $20^\circ\text{C}$ .

KONIEC

### INFORMACJE DODATKOWE

**1. Obliczenie przewodności elektrycznej właściwej.** Przewodność elektryczną właściwą oblicza się w megasimensach na metr z zależności

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = \frac{l}{R_{20} S}$$

w której:

$\rho$  — oporność elektryczna właściwa,  $\Omega \cdot \text{m}$ ,

$l$  — długość pomiarowa próbki, m,

$R_{20}$  — opór elektryczny próbki przy temperaturze  $20^\circ\text{C}$ ,  $\Omega$ ,

$S$  — powierzchnia przekroju poprzecznego próbki,  $\text{m}^2$ .

**2. Zależność gęstości wody od temperatury.** Przy wyznaczaniu gęstości miedzi z pomiarów masy przy temperaturach w zakresie od 10 do 28°C należy skorygować gęstość wody. Zależność gęstości czystej, wolnej od powietrza wody, przy ciśnieniu jednej atmosfery od temperatury podano w tablicy.

Lp.	Temperatura	Gęstość
	°C	kg/dm <sup>3</sup>
1	2	3
1	10	0,9997
2	12	0,9995
3	14	0,9992
4	16	0,9989
5	18	0,9986
6	20	0,9982

cd. tablicy

1	2	3
7	22	0,9978
8	24	0,9973
9	26	0,9968
10	28	0,9962

### 3. Zalecenia międzynarodowe

RWPG CT 2191-80 Metally. Metod opredelenij udel'nogo elektricheskogo soprotivlenija i przewodnosti

IEC IEC 58 Methods of Measurement of Electrical Properties of Metallic Materials — Draft — April 1971

### 4. Odpowiedniki w normach zagranicznych

W. Brytania BS 3239:1960 Methods of Determination of Resistivity of Metallic Electrical Conductor Materials

USA ASTM B 193-78 Standard Test Method for Resistivity of Electrical Conductor Materials

5. Wydanie 2 — stan aktualny: wrzesień 1984 — uaktualniono p. 3 i 4 Informacji dodatkowych.