

HUTNICTWO METALI NIEŻELAZNYCH	N O R M A B R A N Ż O W A	BN-84
	Stopy oporowe na oporniki Pomiar siły termoelektrycznej w odniesieniu do miedzi	0890-02/04
		Grupa katalogowa 0359

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są metody pomiaru siły termoelektrycznej stopów oporowych w odniesieniu do miedzi.

1.2. Zakres stosowania normy. Norma dotyczy metod badania drutów i taśm ze stopów oporowych przeznaczonych do wytwarzania oporników pomiarowych i oporników stanowiących elementy różnego rodzaju aparatów elektrycznych.

Dopuszcza się stosowanie normy również do badania innych metali i stopów. W tym celu podano termoelektryczny szereg napięciowy niektórych metali i stopów (załącznik 3).

2. OKREŚLENIA I ZALEŻNOŚCI PODSTAWOWE

2.1. ogniwo termoelektryczne — zespół dwóch różnych metali w postaci drutów lub taśm połączonych ze sobą w ten sposób, że tworzą obwód, w którym powstaje siła termoelektryczna (*STE*), zależna od różnicy temperatur pomiędzy spoiną pomiarową a spoinami odniesienia.

2.2. termoelektroda — każdy z dwóch metali w postaci drutów lub taśm tworzących ogniwo termoelektryczne nazywamy termoelektrodą.

2.3. spoina pomiarowa — połączenie końców dwóch różnych metali umieszczane w ośrodku o temperaturze T_1 .

2.4. spoina odniesienia — połączenie pozostałych końców termoelektrod z przewodami łączącymi, mająca w czasie pomiaru stałą temperaturę T_0 różną od T_1 .

2.5. siła termoelektryczna Q — siła elektromotoryczna jaka powstaje w obwodzie elektrycznym mającym ogniwo termoelektryczne, gdy różnica temperatur pomiędzy spoiną pomiarową a spoinami odniesienia wynosi 1°C . W zakresie temperatur od 0°C do 100°C można przyjąć, że siła termoelektryczna jest wielkością stałą. Wyraża się ją za pomocą zależności wg wzoru

$$Q = \frac{E}{T_1 - T_0} = \text{const} \quad (1)$$

w którym:

E — siła elektromotoryczna występująca pomiędzy wolnymi końcami termoelektrod, μV ,

T_1 — temperatura spoiny pomiarowej, $^\circ\text{C}$,

T_0 — temperatura spoin odniesienia, $^\circ\text{C}$.

3. PRÓBKKI DO BADAŃ

3.1. Postać i stan próbek. Próbki na termoelektrody powinny mieć postać drutów, taśm lub wąskich pasków wyciętych z blach. Próbki powinny być proste bez załamania, łuski i zadziorów w stanie rekrytalizowanym (*r*). Oznaczenie — wg PN-71/H-01706.

Termoelektrody odniesienia należy wykonywać z miedzi w gatunku MIE wg PN-77/H-82120.

3.2. Wymiary próbek. Próbki powinny mieć następujące wymiary:

a) druty: średnica nominalna $d \leq 2$ mm,

b) taśmy i paski: grubość $a \leq 1$ mm, szerokość $b \leq 5$ mm.

Długość próbek nie może być mniejsza niż 750 mm.

W przypadku gdy badane materiały mają wymiary większe niż podane w poz. a) lub b) należy pobrać próbki i doprowadzić je przez przeróbkę plastyczną do wymaganych wymiarów.

4. APARATURA

4.1. Aparatura do pomiaru temperatury. Temperaturę należy mierzyć za pomocą skalowanego termometru cieczowego, termometru termoelektrycznego lub termometru termistorowego albo innego miernika umożliwiającego prowadzenie pomiarów z dokładnością wyższą niż $\pm 1^\circ\text{C}$.

4.2. Aparatura do pomiaru siły termoelektrycznej. W pomiarach siły termoelektrycznej należy stosować mierniki wychyłowe o czułości $0,1 \mu\text{V}/\text{dz.}$, kompensatory techniczne złożone z oddzielnych przyrządów pomiarowych oraz kompensatory laboratoryjne umożliwiające wykonywanie pomiarów z dokładnością wyższą niż $\pm 5\%$.

Zgłoszona przez Instytut Metali Nieżelaznych
Ustanowiona przez Dyrektora Instytutu Metali Nieżelaznych dnia 28 grudnia 1984 r.
jako norma obowiązująca od dnia 1 stycznia 1986 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 9/1985 poz. 17)

4.3. Źródła temperatur. W pomiarach należy stosować dwa źródła temperatur. Każdą grupę spoin (pomiarową, odniesienia) umieszcza się wówczas w oddzielnym źródle. Można stosować termostaty olejowe jak również naczynia szklane wypełnione olejem i umieszczone w blokach miedzianych, kąpiele piaskowe oraz inne rozwiązania pod warunkiem, że ich pojemność cieplna jest dostatecznie duża, aby szybkość obniżania temperatury po wyłączeniu grzania nie była większa niż $0,2^{\circ}\text{C}/\text{min}$.

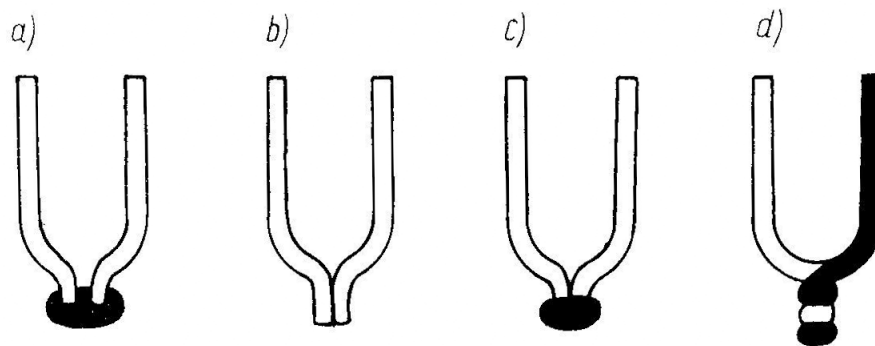
Należy stosować urządzenia, w których istnieje możliwość mieszania kąpieli oraz automatycznego regulowania jej temperatury.

Do stabilizacji temperatury spoin odniesienia należy stosować naczynia Dewara (termosy) wyposażone w mieszadło oraz uchwyty do zamocowania końców termoelektrod.

5. PRZEPROWADZENIE BADAŃ

5.1. Czynności przygotowawcze i warunki pomiaru

5.1.1. Przygotowanie ogniw termoelektrycznych. Końce termoelektrod przed połączeniem należy oczyścić ze smarów i nalotów za pomocą papieru ściernego lub pilnika. Przy prostowaniu termoelektrod należy uważać, aby nie spowodować naprężeń mechanicznych. Spoiny pomiarowe wykonuje się przez lutowanie, zgrzewanie, spawanie lub skręcanie zgodnie z rys. 1.



BN-84/0890-02/04-1

Rys. 1 Sposoby łączenia termoelektrod

a) lutowanie, b) zgrzewanie, c) spawanie, d) skręcanie

W przypadku stopów grupy manganin nie zaleca się stosować lutowania cyną.

5.1.2. Przewody łączące. Na połączenia końców termoelektrod z przyrządem pomiarowym należy stosować drut miedziany w gatunku M1E wg PN-77/H-82120 o maksymalnej średnicy 2 mm w izolacji z tworzywa sztucznego.

5.1.3. Temperatura pomiaru. Pomiaru należy prowadzić w zakresie temperatur od 20 do 100°C , w zależności od przewidywanej temperatury pracy badanego materiału.

Różnica temperatur pomiędzy spoiną pomiarową a spoinami odniesienia nie może być mniejsza niż 20°C . W uzgodnionych pomiędzy wytwórcą a zamawiającym przypadkach dopuszcza się wykonywanie pomiarów w zmienionym zakresie temperatur zarówno niższych jak i wyższych od podanego.

5.1.4. Temperatura spoin odniesienia. Spoiny odniesienia powinny znajdować się w ośrodku o temperaturze 0°C .

5.1.5. Dokładność pomiaru temperatury. Pomiar temperatury w pobliżu każdej ze spoin należy wykonywać z dokładnością wyższą niż $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

5.1.6. Dokładność pomiaru siły termoelektrycznej. Pomiar siły termoelektrycznej należy wykonywać z dokładnością wyższą niż $\pm 5\%$.

5.1.7. Warunki pomiaru. W celu stworzenia optymalnych warunków pomiaru należy stosować następujące zasady:

a) kąpiele otaczające spoiny powinny być mieszane w celu szybkiego i dokładnego wyrównania temperatur.

b) głębokość zanurzenia każdego złącza w kąpiele nie powinna być mniejsza niż 50 mm i powinna być jednakowa dla wszystkich złącz.

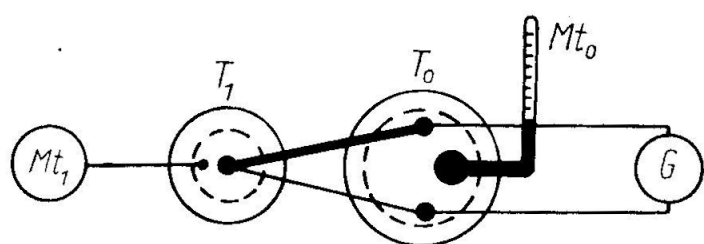
c) stosowana długość i średnica przewodów doprowadzających do spoin odniesienia nie powinna powodować spadków napięcia, wpływających na wyniki pomiarów.

d) podczas pomiarów należy wyeliminować nagrzewanie spoin i przewodów doprowadzających, wywołane przepływem prądu.

5.1.8. Zabezpieczenie przed pasożytniczymi siłami termoelektrycznymi. We wszystkich metodach zalecanych do stosowania zgodnie z niniejszą normą mogą wystąpić szkodliwe pasożytnicze siły termoelektryczne. Najprostszym sprawdzianem występowania tych sił jest umieszczenie spoiny pomiarowej termoożniwa oraz spoin odniesienia w tej samej kąpiele olejowej i stwierdzenie, czy układ pomiarowy nie wykazuje widocznych sił termoelektrycznych. W przypadku stwierdzenia, że siły takie występują należy dokładnie sprawdzić elementy układu pomiarowego i ich połączenia.

5.2. Metody i wykonanie pomiarów

5.2.1. Metoda z zastosowaniem miernika wychyłkowego. W metodzie tej siły termoelektryczne są mierzone za pomocą mikrowoltomierza o odpowiednio dużym oporze wewnętrznym. Schemat układu pomiarowego przedstawiono na rys. 2.



BN-84/0890-02/04-2

Rys. 2 Schemat układu do pomiaru sił termoelektrycznych za pomocą miernika magnetoelektrycznego

Mt_0 , Mt_1 — mierniki temperatury; T_1 , T_0 — termostaty; G — mikro-woltomierz napięcia stałego (galwanometr magnetoelektryczny)

Przy uwzględnieniu oporu elektrycznego ogniwa termoelektrycznego i przewodów łączących R_0 oraz oporu wewnętrznego miernika R_w siła termoelektryczna ogniwa będzie wynosiła

$$E = \left(\frac{R_0}{R_w} + 1 \right) E_n \quad \mu V \quad (2)$$

gdzie:

- R_w — opór wewnętrzny mikrowoltomierza, Ω ,
- R_0 — opór termoelementu + przewody łączące, Ω ,
- E_n — napięcie wskazywane przez miernik.

W metodzie tej opór wewnętrzny przyrządu musi być dobrany w zależności od oporu wewnętrznego ogniwa termoelektrycznego oraz przewodów łączących w celu wyeliminowania zbędnych wahań lub pełzania.

5.2.2. Metoda z zastosowaniem kompensatora technicznego. Pomiar sił termoelektrycznych wykonywany jest za pomocą technicznego kompensatora prądu stałego z pomocniczym źródłem napięcia, opornikiem regulacyjnym, amperomierzem i galwanometrem prądu stałego o dużym oporze wewnętrznym. Schemat układu pomiarowego przedstawiono na rys. 3.

Pomiar wykonywany jest w ten sposób, że za pomocą opornika regulacyjnego R_r zmienia się prąd pomocniczy I_p aż do osiągnięcia kompensacji, a więc aż do chwili, w której galwanometr wykaże brak prądu ($I_G = 0$). Wtedy siła termoelektryczna mierzonego ogniwa termoelektrycznego wynosi

$$E = I_p \cdot R_N \quad \mu V \quad (3)$$

gdzie:

I_p — natężenie prądu pomocniczego, μA ,

R_N — opór normalny, Ω .

Układ wymaga zastosowania galwanometru o odpowiednio dużym oporze wewnętrznym z takich samych względów jak w 5.2.1.

5.2.3. Metoda z zastosowaniem kompensatora laboratoryjnego. Pomiar za pomocą kompensatora laboratoryjnego polega na porównaniu mierzonej siły termoelektrycznej ze znaną siłą termoelektryczną ogniwa normalnego. Schemat układu przedstawiono na rys. 4.

Pomiar polega na porównaniu napięcia ogniwa pomocniczego z napięciem termoelektrycznego ogniwa badanego. Metodę tę cechuje bardzo duża dokładność oraz czułość.

Przykład praktyczny tego rodzaju układu podano w załączniku 2.

5.2.4. Ustalenia biegunowości. Biegunowość dodatnia (znak +) w ogniwie termoelektrycznym złożonym z termoelektrody miedzianej występuje wtedy, gdy prąd w termoelektrodzie z metalu lub stopu przepływa w kierunku od spoiny o wyższej temperaturze (pomiarowej) do spoiny o niższej temperaturze (odniesienia). Przepływ prądu w kierunku przeciwnym wywołuje biegunowość o znaku (-). Biegunowość ustala się odczytując na zaciskach przyrządu używanego do pomiaru siły termoelektrycznej znaku (+ lub -) odpowiadającego przynależnej termoelektrodzie.

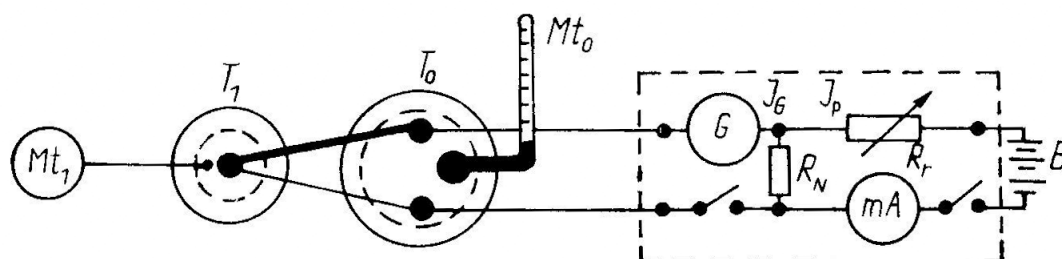
5.3. Obliczanie wyników pomiaru

5.3.1. Obliczanie wartości siły termoelektrycznej Q . Wartości sił termoelektrycznych oblicza się zgodnie ze wzorem (1) wg 2.6. Otrzymane wyniki należy notować w protokole pomiarów wg załącznika 1.

5.3.2. Obliczanie średniej wartości siły termoelektrycznej. Średnią wartość siły termoelektrycznej oblicza się jako średnią arytmetyczną trzech lub więcej wartości sił termoelektrycznych podanych w rubryce 8 protokołu badania (załącznik 1).

Obliczenia prowadzi się na podstawie zależności wg wzoru

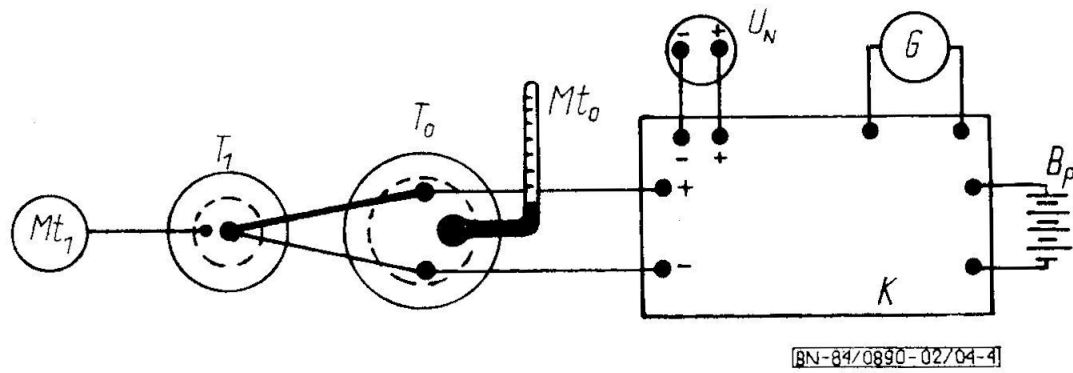
$$Q_{sr} = \frac{1}{n} \left[\frac{E_1}{T_1} + \frac{E_2}{T_2} + \frac{E_3}{T_3} + \dots + \frac{E_n}{T_n} \right] \quad (4)$$



BN-84/0890-02/04-3

Rys. 3 Schemat układu do pomiaru sił termoelektrycznych za pomocą kompensatora technicznego

Mt_0 , Mt_1 — mierniki temperatury; T_1 , T_0 — termostaty; G — galwanometr; R_N — opór normalny; R_r — opornik regulacyjny; mA — miliamperomierz; B — bateria akumulatorów



Rys. 4 Schemat układu do pomiaru sił termoelektrycznych za pomocą kompensatora laboratoryjnego
 Mt_0 , Mt_1 — mierniki temperatury; T_1 , T_0 — termostaty; K — kompensator; U_N — ogniwo normalne; G — galwanometr; B_p — ogniwo pomoc-
 nicze

6. PROTOKÓŁ BADAŃ

Protokół badań obejmuje następujące dane:

- oznaczanie gatunku badanego metalu lub stopu,
- numer próbki,
- wymiary geometryczne próbek — średnica, grubość, szerokość i długość,
- sposób pomiaru temperatury spoin,
- metody i typ urządzenia do pomiaru siły termoelektrycznej,

- temperaturę spoin odniesienia, °C,
- wyniki pomiaru temperatury spoiny pomiarowej, °C,
- wyniki pomiaru sił termoelektrycznych, μV ,
- wyniki obliczenia sił termoelektrycznych, $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$,
- obliczoną średnią wartość siły termoelektrycznej, $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$,
- biegunowość badanego metalu lub stopu oporowego. Wzór zalecanego protokołu badań podano w załączniku 1.

K O N I E C

Informacje dodatkowe

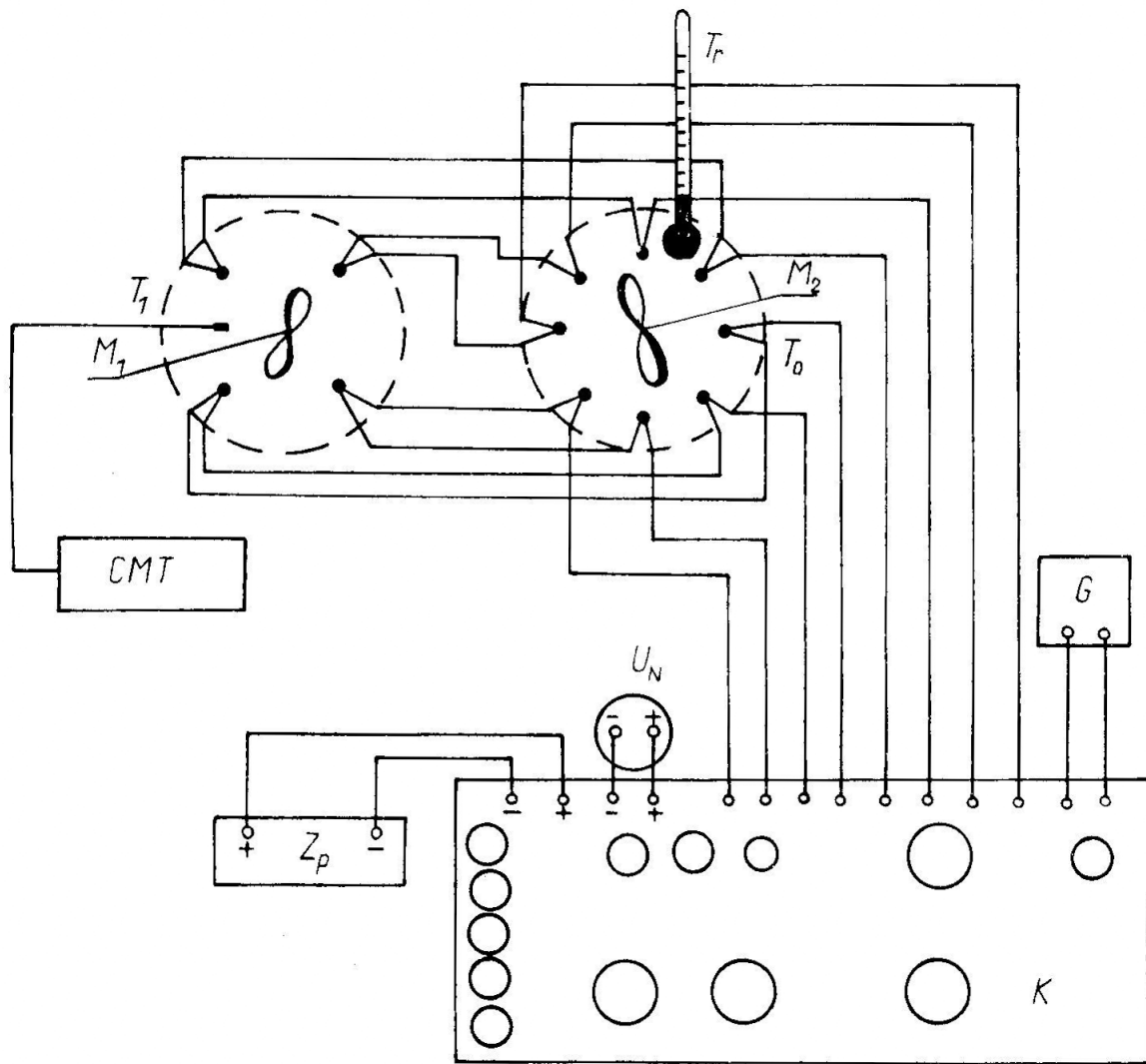
ZAŁĄCZNIK 1

PROTOKÓŁ BADANIA SIŁY TERMOELEKTRYCZNEJ STOPU OPOROWEGO

1. Materiał		2. Wytóp nr/próbka nr	
3. Wymiary geometryczne		średnica \varnothing = mm grubość a = mm szerokość b = mm długość l = mm	
4. Pomiar temperatury spoin wykonano: a — spoina pomiarowa: b — spoina odniesienia:			
5. Pomiar siły termoelektrycznej: a — metoda: b — przyrząd:			
6. Temperatura spoin odniesienia			
7. Wyniki pomiaru temperatury spoiny pomiarowej*) , °C T_1 = T_2 = T_3 = =		8. Wyniki pomiaru siły termoelektrycznej, μV E_1 = E_2 = E_3 = =	
9. Wyniki obliczenia sił termoelektrycznych, $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ Q_1 = Q_2 = Q_3 = =			
10. Średnia wartość siły termoelektrycznej: Q_s $Q_s = \frac{1}{n} \left[\frac{E_1}{T_1} + \frac{E_2}{T_2} + \frac{E_3}{T_3} + \dots + \frac{E_n}{T_n} \right] = \dots \mu\text{V}/^\circ\text{C}$			
11. Biegunowość spoiny w odniesieniu do miedzi			

*) Temperatury spoiny pomiarowej mogą być wybierane dowolnie w zakresie od 20°C do 100°C.

PRAKTYCZNY UKŁAD POMIAROWY



BN-84/0890-02/04-Z2

Schemat blokowy praktycznego układu do pomiaru siły termoelektrycznej stopów oporowych
 T_1, T_0 — termometry cieczowe, T — termometr rtęciowy $\pm 1^\circ\text{C}$, K — kompensator $\pm 0,1 \mu\text{V}/\text{dz}$., CMT — cyfrowy miernik temperatury $\pm 0,1^\circ\text{C}$,
 G — galwanometr z przełącznikiem oporów szeregowych $10^7, 10^5, 10^3$ i 0 , U_N — ogniwo normalne — $1,01870 \text{ V}$, Z_p — źródło napięcia pomocniczego, M_1, M_2 — mieszadła w termostatach cieczowych

TERMOELEKTRYCZNY SZEREG NAPIĘCIOWY NIEKTÓRYCH METALI I STOPÓW W ODNIESIENIU DO PLATYNY I MIEDZI

Metal lub stop	Siła termoelektryczna w odniesieniu do	
	Pt $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	Cu $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Bi	-70	-80
Kopel	-40	-47,5
Konstantan	-34	-41
ISA-nikiel	-26	-33
Co	-16	-23
Ni	-15	-22
Alumel	-12,9	-20
PtRh10	-6,4	-14
Pd	-3,0	-10
Pt	0	-7,5
Miedź A	+1,1	-6,4
Al	+4,0	-3,5
Pb	+4,0	-3,5
Sn	+4,5	-3,0
Manganin	+6,0	-1,5

Metal lub stop	Siła termoelektryczna w odniesieniu do	
	Pt $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	Cu $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Ir	+6,5	-1,0
Rh	+6,5	-1,0
Zn	+7,0	-0,5
Ag	+7,0	-0,5
Au	+7,0	-0,5
Cu	+7,5	0
W	+8,0	+0,5
ISA-Ohm	+8,5	+1,0
Cd	+9,0	+1,5
Mo	+12	+4,5
Fe	+18	+10,5
Chromel	+28	+20,5
Sb	+47	+39,5
Si	+45	+44
Te	+50	+49

Spoina pomiarowa ma temperaturę 100°C, a spoina odniesienia 0°C.

Podane w zestawieniu wartości liczbowe są wartościami orientacyjnymi uzyskiwanymi dla przeciętnych metali lub stopów.

Zestawienie opracowano na podstawie literatury.

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Instytut Metali Nieżelaznych, Gliwice.

2. Normy związane
 PN-71/H-01706 Metale nieżelazne. Postacie i stany obróbki cieplnej i umocnienia. Nazwy i określenia
 PN-77/H-82120 Miedź. Gatunki

3. Normy zagraniczne
 USA ASTM B 77-33 (1975) Thermoelectric power of Electrical Resistance Alloys Test of

4. Autorzy projektu normy — mgr inż. Zbigniew Gdula, mgr inż. Leszek Siarzewski — Instytut Metali Nieżelaznych, Gliwice.