

LABORATORYJNE BADANIE PRÓBEK GEOLOGICZNYCH	N O R M A B R A N Ż O W A	BN-89
	Skąły zwięzłe	8704-19
	Oznaczanie współczynnika gazoprzepuszczalności	Grupa katalogowa 0109

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy jest oznaczanie współczynnika gazoprzepuszczalności skał zwięzłych metodą gazową.

1.2. Określenia

1.2.1. gazoprzepuszczalność — zdolność przepuszczania gazu przez ośrodek porowaty przy spadku ciśnienia.

1.2.2. Pozostałe określenia — wg tabl. 1.

Tablica 1

Wielkość	Symbol	Jednostka	Definicja
1	2	3	4
Współczynnik gazoprzepuszczalności	k	m^2	wielkość gazoprzepuszczalności próbki o powierzchni $1 m^2$ i grubości $1 m$, przez którą w ciągu $1 s$ przy temperaturze $0^\circ C$ i ciśnieniu $1,013 \cdot 10^5 Pa$ przepływa $1 m^3$ gazu o lepkości $1 Pa \cdot s$, przy różnicy ciśnień $1 Pa$
Objęściowe natężenie przepływu	$Q = \frac{V}{t}$	m^3/s	objętość gazu V przenikającego przez próbkę w jednostce czasu t , w określonych warunkach ciśnienia i temperatury
Dynamiczna lepkość gazu	η	$Pa \cdot s$	dynamiczny współczynnik lepkości gazu zdefiniowany przez prawo Newtona, wyznaczony w określonych warunkach ciśnienia i temperatury
Objęściowy współczynnik rozszerzalności cieplnej gazu	α_v	$^\circ C^{-1}$	wielkość wyrażająca stosunek względnej zmiany objętości gazu w przypadku izobarycznego podwyższania jego temperatury do jednostkowego przyrostu temperatury
Ciśnienie	p p_a	Pa	ciśnienie gazu przed próbką ciśnienie gazu za próbką (ciśnienie atmosferyczne)
Powierzchnia czynna	S	m^2	powierzchnia przekroju próbki prostopadła do kierunku przepływu gazu przenikającego przez próbkę
Wysokość	h	m	wysokość próbki mierzona w kierunku przepływu gazu
Temperatura	T	$^\circ C$	temperatura gazu
$10^{-12} m^2 = \mu m^2 = 10 \text{ (darcy)}$			

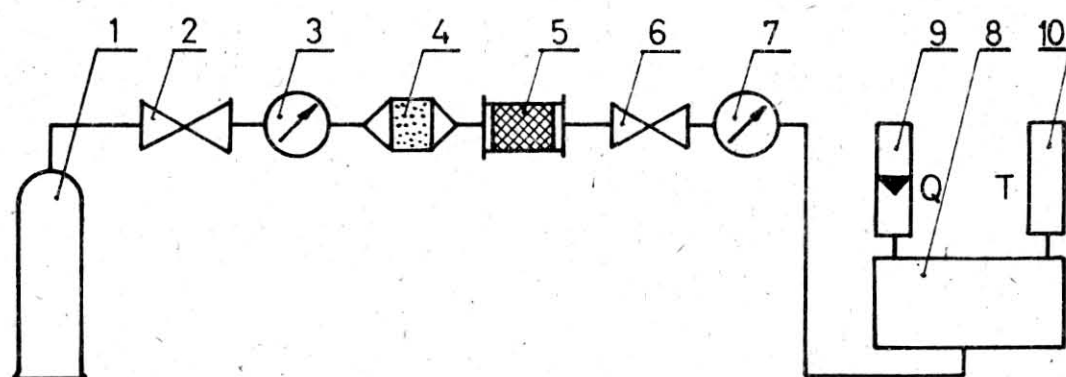
Zgłoszona przez Zakłady Badawcze i Projektowe Miedzi CUPRUM
Ustanowiona przez Dyrektora Zakładów Badawczych i Projektowych Miedzi CUPRUM dnia 26 stycznia 1989 r.
jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1989 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 3/1989, poz. 6)

2. METODA OZNACZANIA

2.1. Zasada metody polega na określeniu objętościowego natężenia przepływu i spadku ciśnienia gazu przenikającego przez próbkę o znanych wymiarach, w warunkach przepływu laminarnego, w pokojowej temperaturze.

2.2. Aparatura i przyrządy

2.2.1. Aparatura — wg schematu przedstawionego na rys. 1.

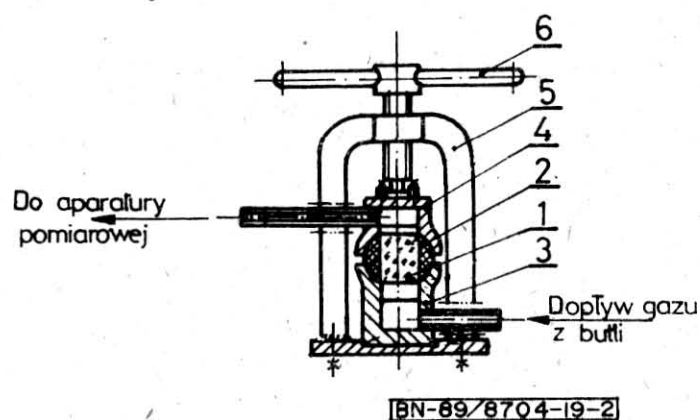


Rys. 1.

BN-89/8704-19-1

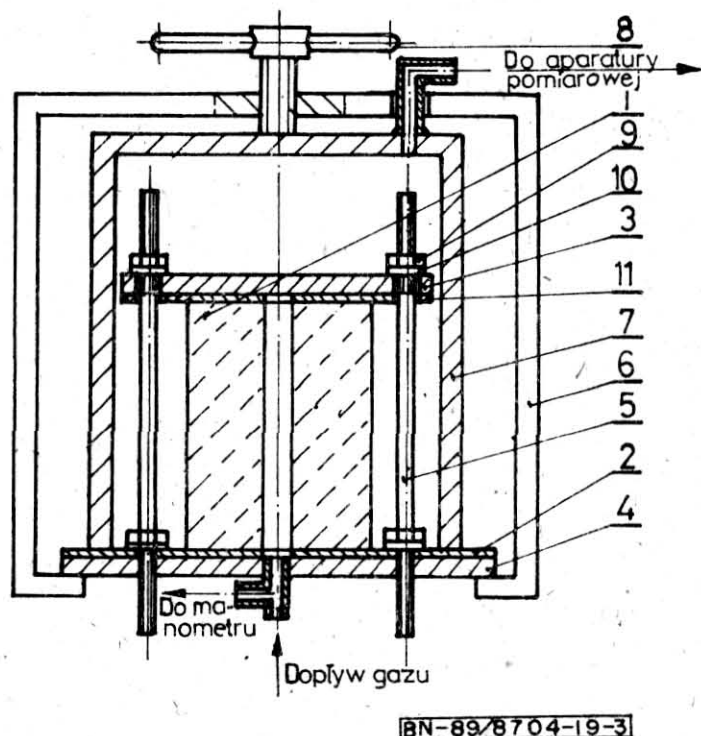
1 — zbiornik sprężonego gazu, 2 — zawór wstępny, 3 — manometr wstępny, 4 — filtr, 5 — osuszacz gazu zawierający substancję typu CaCl_2 , silikażelu, P_2O_5 , 6 — zawór dokładnej regulacji doprowadzenia gazu, 7 — manometr do pomiaru z dokładnością do 1%, 8 — uchwyt do mocowania próbki, 9 — rotametr do pomiaru z dokładnością do 1%, 10 — termometr do pomiaru z dokładnością do $0,5^\circ\text{C}$.

Uchwyty do mocowania próbek przedstawiono schematycznie na rys. 2 i 3.



Rys. 2. Uchwyt do badania gazoprzepuszczalności próbek o kształcie walca lub prostopadłościanu

1 — próbka, 2 — uszczelka gumowa, 3 — kadłub dolny, 4 — kadłub górny, 5 — jarzmo, 6 — śruba



Rys. 3. Uchwyt do badania gazoprzepuszczalności próbek o kształcie tulei lub pierścienia

1 — próbka, 2 — krążek gumowy, 3 — płyta dociskowa, 4 — podstawa, 5 — śruba, 6 — obejmka, 7 — kłoz, 8 — śruba dociskowa, 9 — nakrętka, 10 — podkładka, 11 — podkładka gumowa

2.2.2. Przyrządy. Podstawowe przyrządy wchodzą w skład aparatury (rys. 1).

Do określania wymiarów próbek należy stosować przyrządy pomiarowe o dokładności co najmniej $0,1\text{ mm}$.

Do określania temperatury gazu należy stosować termometr o dokładności $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

Do określania ciśnienia atmosferycznego należy stosować barometr o dokładności co najmniej 1 kPa .

Typ i zakres stosowanego rotametu (przepływomierza) uzależniony jest od wielkości gazoprzepuszczalności badanych próbek.

2.3. Dobór i przygotowanie aparatury. Aparaturę i rodzaj uchwytu do mocowania próbek należy dobierać w zależności od wymiarów, kształtu i wielkości gazoprzepuszczalności próbek.

Próbka do badań powinna być zamocowana tak, aby jej powierzchnie filtracji były całkowicie odkryte. Pozostałe powierzchnie próbki powinny być dokładnie uszczelnione podkładkami (uszczelkami) gumowymi, a gdy nie jest to możliwe — mieszaniną złożoną z 60% parafiny i 40% kałafonii, piceiną lub plasteliną.

Dopuszcza się stosowanie innego rodzaju uchwytu, pod warunkiem spełnienia ww. wymagań.

Połączenia elementów aparatury powinny być szczelne.

Sprawdzenie szczelności aparatury należy przeprowadzić pod ciśnieniem dwukrotnie większym od maksymalnego ciśnienia stosowanego do badań danej serii próbek.

Dopuszcza się sprawdzenie szczelności aparatury przez zamontowanie w uchwycie próbki wykonanej z materiału nieprzepuszczalnego (np. metalu) i przyłożenie maksymalnego ciśnienia roboczego.

W celu ograniczenia niepożądanych spadków ciśnienia wszystkie przewody połączeniowe powinny być jak najkrótsze i wykonane ze szkła, metalu lub gumy.

2.4. Dobór gazu. Zaleca się stosowanie powietrza. Gaz doprowadzany do próbki powinien być suchy i wolny od zanieczyszczeń.

Przy pomiarze temperatury gazu należy uwzględnić efekt spadku jego temperatury podczas procesu rozprężania.

2.5. Pobieranie próbek pierwotnych — wg BN-75/8704-06.

2.6. Przygotowanie próbek laboratoryjnych. Z pobranej próbki pierwotnej należy przygotować foremne

próbki laboratoryjne o kształcie i wymiarach dostosowanych do rodzaju użytego uchwytu. Próbki te należy wyciąć tak, aby ich osie podłużne były równoległe lub prostopadłe do kierunku głównych elementów strukturalnych skały. Powierzchnie próbek podlegające uszczelnieniu należy ośzlifować. Tak przygotowane próbki oczyścić z pyłu powstałego przy szlifowaniu za pomocą wody i szczotki (przy szlifowaniu na sucho oczyścić tylko szczotką lub sprężonym powietrzem) i wysuszyć w temperaturze $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ do stałej masy. Po ochłodzeniu próbki ponownie oczyścić szczotką i przechowywać w suchym pomieszczeniu w temperaturze pokojowej. Próbka do badań nie powinna mieć wad powierzchniowych widocznych nie uzbrojonym okiem, tj. rys, pęknięć, wykruszeń lub rozwarstwień mogących wpłynąć na wynik oznaczania. Każda z płaszczyzn próbki powinna być prostopadła do jej osi z odchyłką nie większą niż 0,5 mm. Wysokość próbki i wymiary niezbędne do obliczenia jej powierzchni czynnej S mierzy się z dokładnością do 0,1 mm. Wielkość powierzchni czynnej oblicza się z dokładnością do 0,1 cm² — wg tabl. 2.

Tablica 2

Wielkość	Symbol	Jednostka	Kształt próbki	Obliczanie wielkości wg wzoru
Powierzchnia czynna	S	m ²	sześcian	$S = a^2$
			prostopadłościan	$S = ab$
			walec	$S = \frac{\pi d^2}{4}$
			tuleja (pierścień) ¹⁾	$S = \pi H \frac{d_1 - d_2}{\ln \frac{d_1}{d_2}}$

a, b — długość boku czynnego próbki, m; d, d_1, d_2 — średnica, średnica zewnętrzna i średnica wewnętrzna próbki, m; H — wysokość próbki o kształcie tulei (pierścienia).

¹⁾ Dla próbek o kształcie tulei (pierścienia) wysokość próbki h mierzona w kierunku przepływu gazu wynosi $h = \frac{d_1 - d_2}{2}$.

2.7. Wykonanie oznaczania. Mierzoną próbkę umieścić w uchwycie metalowym i zašrubować (rys. 2, 3). Powierzchnie próbki, przez które przepływa gaz powinny być całkowicie odkryte, pozostałe — dokładnie uszczelnione. Uchwyt do próbek oraz rodzaj uszczelki dobrać w zależności od kształtu i wymiarów próbki. Po sprawdzeniu szczelności urządzenia należy do układu stopniowo doprowadzać gaz. Jeżeli stosuje się aparaturę wg rys. 1, należy zamknąć zawór 6 i otworzyć zawór 2. Ustalić ciśnienie wg wskazań manometru 3. Otworzyć zawór dokładnej regulacji 6 tak, aby ustalić ciśnienie p wg wskazań manometru 7 w orientacyjnych zakresach: 100 ÷ 150 kPa, 150 ÷ 200 kPa, 200 ÷ 250 kPa. Po ustaleniu się ciśnienia odczytać objętościowe natężenie przepływu Q wg wskazań rotametu 9. Pomiar

przeprowadzić trzykrotnie dla pozostałych wartości ciśnień zawartych w zalecanych powyżej zakresach. Odczytać wartość ciśnienia atmosferycznego p_a i temperatury gazu T . Obliczyć iloraz $\frac{Q}{p^2 - p_a^2}$ dla każdego z trzech zadanych ciśnień i wyznaczyć średnią arytmetyczną tej wielkości. Punkty pomiarowe naniesione na wykres w układzie współrzędnych $(p^2 - p_a^2, \frac{Q}{p^2 - p_a^2})$ powinny się układać wzdłuż linii prostej (warunek laminarności przepływu gazu). **2.8. Obliczanie wyników.** Wartość współczynnika gazoprzepuszczalności skały k obliczyć w μm^2 wg wzoru
$$k = 10^{-12} \frac{2\eta h p_a}{S(1 + \alpha_v T)} \cdot \frac{Q}{(p^2 - p_a^2)}$$
 w którym 10^{-12} — współczynnik przeliczeniowy m² na μm^2 . Do wzoru należy wstawić średnią arytmetyczną trzech pomiarów wielkości $\frac{Q}{p^2 - p_a^2}$

Tablica 3	
Temperatura powietrza, °C	Dynamiczna lepkość powietrza, 10 ⁻⁶ Pa · s
16	17,88
18	17,98
20	18,08
22	18,18
24	18,28

2.9. Dopuszczalna różnica między wynikami oznaczeń. Obliczone dla tej samej próbki wyniki oznaczeń nie powinny różnić się między sobą o więcej niż 5% wartości średniej arytmetycznej. Przy większych odchyleniach należy powtórnie sprawdzić szczelność aparatury i powtórzyć pomiary. **2.10. Wynik końcowy oznaczania.** Za wynik końcowy oznaczania należy przyjąć średnią arytmetyczną oznaczeń wykonanych na co najmniej 3 próbkach. Wynik

powinien być wyrażony w mikrometrach kwadratowych z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

2.11. Protokół oznaczania powinien zawierać co najmniej następujące dane:

a) charakterystykę górniczo-geologiczną próbki,

b) numer próbki laboratoryjnej,

c) wyniki poszczególnych oznaczeń,

d) końcowy wynik oznaczania,

e) datę wykonania oznaczania,

f) podpis osoby wykonującej oznaczanie.

K O N I E C

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Zakłady Badawcze i Projektowe Miedzi CUPRUM, Wrocław.

2. Normy związane

BN-75/8704-06 Skały zwięzłe. Pobieranie i przygotowanie próbek

3. Autor projektu normy — mgr inż. Leszek Krawczyk — Zakłady Badawcze i Projektowe Miedzi CUPRUM.