

NOWE ZASTOSOWANIA MIGMATYTÓW Z DOLNEGO ŚLĄSKA - WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI

THE NEW APPLICATION OF THE MIGMATITES ROCK FROM LOWER SILESIA - SELECTED PROPERTIES

Tomasz Marciniśzyn - Instytut Fizyki, Politechnika Wroclawska

Poszukiwanie nowych zastosowań materiałów skalnych wymaga zwrócenia szczególnej uwagi na badania podstawowe. Obecny opis właściwości surowców skalnych oparty jest głównie na pomiarach wytrzymałości, czy ścieralności. Nowe zastosowania wymagają także innego typu badań. W tej kwestii zaproponowano badania termiczne (przewodność cieplna, rozszerzalność termiczna, szybkość wnikania fali termicznej) wsparte badaniem nasiąkliwości wodnej. Badania zostały przeprowadzone w celu wskazania nowych praktycznych zastosowań migmatytu, który jest wykorzystywany głównie jako kruszywo (kamienie drogowe i budowlane). Otrzymane wyniki pomiarów wskazują, że migmatyt może być zastosowany jako materiał konstrukcyjny, gdyż charakteryzuje się dobrymi właściwościami termicznymi jak i wizualnymi. W badaniach wyznaczono wartość współczynnika przewodności cieplnej $\lambda M = 3,73 [W/Km]$, rozszerzalności termicznej $\alpha M = 5,2 \cdot 10^{-6} [K^{-1}]$ oraz nasiąkliwości wodnej, który nie przekracza 0,4%.

Słowa kluczowe: migmatyt, współczynnik przewodności ciepłej migmatytu

The searching of the new applications of rock materials requires to pay careful attention on basic research. The current characterization of properties of the rock materials is mainly based on measurements of strength, and also abrasion. The new possibilities of applications involve to perform other types of research. In this subject, the study of thermal properties (thermal conductivity, thermal expansion, thermal wave penetration) were carried out, as well as the water absorption measurements. The studies were done in order to identify the new practical applications of migmatite, which is mainly used as aggregate (in road or building construction). The obtained results indicate that migmatite can be used as a construction material, because of its good thermal and visual properties. The studies determined the coefficient of thermal conductivity $\lambda M = 3.73 [W/Km]$ and thermal expansion $\alpha M = 5.2 \cdot 10^{-6} [K^{-1}]$, and water absorption, which does not exceed 0.4%.

Key words: migmatite, thermal conductivity coefficient of migmatite

Wstęp

Migmatyt występuje wśród skał metamorficznych na terenie Dolnego Śląska (okolice Kłodzka i Sobótki) oraz w Górach Sowich, Orlickich jak również w Górach Bystrzyckich. Największe pokłady złóż migmatytu występują na obszarze Brodziszowa (50°64'N, 16°78'E) leżącego pomiędzy Ząbkowicami Śląskimi a Dzierżoniowem.

Migmatyty powstały w wyniku skrajnie silnego metamorfizmu (ultrametamorfizmu), w bardzo wysokiej temperaturze ($T > 650^\circ C$). Temu zjawisku towarzyszy również częściowe topnienie skał i wydzielanie stopu krzemianowego, zwanego migmą. Struktury migmatytów są niezwykle urozmaicone, często warstwowe i fałdowe. Głównym składnikiem chemicznym migmatytu jest kwarc stanowiący około 50% [1]. Próbkę migmatytu przygotowane do badań pochodziły z kopalni G.A.M. Kluczowa Sp. z o.o.

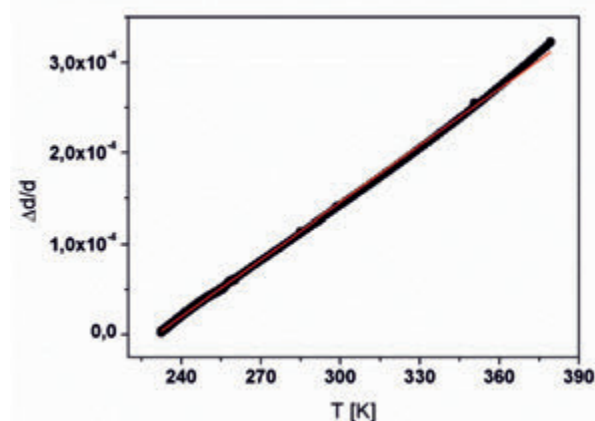
Przygotowanie eksperymentu i wyniki

Pomiary rozszerzalności termicznej

Do pomiarów deformacji termicznej użyto precyzyjnego dylatometru kwarcowego [2]. Zasada działania dylatometru opiera się na pomiarze zmian pojemności kondensatora powietrznego, wywołanych deformacją termiczną badanej próbki. Do badań przygotowano próbkę migmatytu o wymiarach $5 \times 5 \times 5 [mm]$. Pomiar przeprowadzono w procesie grzania w zakresie temperatur 230 [K] - 390 [K] z szybkością zmian 0,5 [K/min].

Na rysunku 1 przedstawiono zależności deformacji liniowej od temperatury dla migmatytu. Obliczona wartość współczynnika rozszerzalności cieplnej migmatytu wyniosła $\alpha M = 5,2 \cdot 10^{-6} [K^{-1}]$. W celu porównania wartości współczynników rozszerzalności termicznej migmatytu z innymi materiałami skalnymi oraz izolującymi sporządzono tabelę 1. Wartość współczynnika

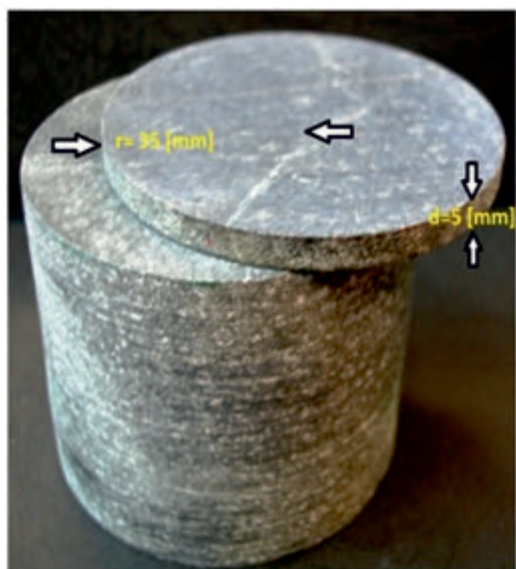
rozszerzalności cieplnej migmatytu jest zbliżona do wartości bazaltu natomiast jest mniejsza od granitu.



Rys. 1. Zależność deformacji liniowej od temperatury dla migmatytu
Fig. 1. Thermal deformation versus temperature for the migmatite

Pomiary współczynnika przewodności cieplnej

Na rysunku 2 przedstawiono próbkę migmatytu przygotowaną do pomiarów przewodności cieplnej, wyciętą z odwiertu walcowego. Przewodnictwo cieplne migmatytu wyznaczono na podstawie przepływu ciepła przez badaną próbkę, usytuowaną pomiędzy grzejnikiem a odbiornikiem ciepła wykonanym z miedzi. Dokładny opis układu pomiarowego i zasada pomiaru przedstawiono w pracy [3].



Rys. 2. Zdjęcie próbki migmatytu przygotowanej do pomiarów przewodności cieplnej

Fig. 2. The photo of the migmatite sample prepared for the thermal conductivity coefficient experiment.

Tab. 2. Współczynniki przewodności cieplnej wybranych materiałów
Tab. 2. Thermal conductivity coefficients for selected materials

Materiał	Gęstość [kg/m³]	λ [W/Km]
Migmatyt	2900	3.73
Marmur, Granit	2800	3.7
Piaskowiec	2400	2.2
Bazalt	2900	1.16 ÷ 1.76
Beton zwykły z kruszywa kamiennego	2400	1.7
Beton z kruszywa wapiennego	1200	0.5
Styropian	10	0.037 ÷ 0.045

Zakładając, że strumień ciepła jest prostopadły do powierzchni próbki współczynnik przewodności cieplnej opisujemy:

$$\lambda = \frac{m \cdot c \cdot n \cdot d_1 (r + 2d)}{2 \cdot \pi \cdot r_1^2 \cdot \Delta T (r + 2d)} \quad (1)$$

gdzie:

m - masa odbiornika 0,654 [kg],

c - ciepło właściwe miedzi 385 [J/Km],

r - promień odbiornika 35 [mm],

d - grubość odbiornika 19,65 [mm],

d_1 - grubość próbki 5 [mm],

r_1 - promień próbki 35 [mm],

n - szybkość stygnięcia odbiornika ciepła.

Z otrzymanych danych pomiarowych oraz wykorzystując równanie (1), wyliczono współczynnik przewodności cieplnej migmatytu: $\lambda_m = 3,73$ [W/Km]. Otrzymaną wartość współczynnika przewodności cieplnej porównano z wartościami odpowiadającymi innym materiałom skalnym oraz izolującym. Powyższe dane przedstawiono w tabeli 2. Należy zwrócić uwagę, iż migmatyt charakteryzuje się wartością współczynnika przewodności cieplnej zbliżoną do marmuru czy granitu.

Tab. 1. Wartości współczynników rozszerzalności liniowej wybranych materiałów skalnych.

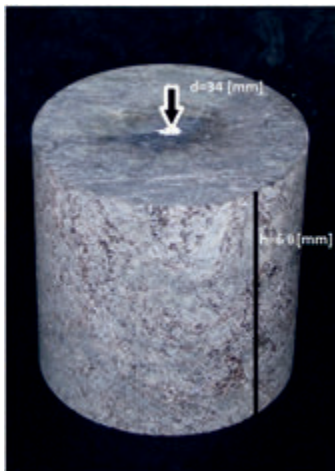
Tab. 1. Thermal expansion coefficients of rocks materials.

Materiał	$\alpha \cdot 10^{-6}$ [K⁻¹]
Migmatyt	5.2
Marmur biały	2.0
Bazalt, Kaolin	5.3
Granit	7.9

Pomiary szybkości wnikania fali termicznej

Pomiary szybkości wnikania fali termicznej zostały przeprowadzone na próbce o kształcie walca. Promień próbki wynosi $r = 35$ [mm], a wysokość $h = 60$ [mm] (rys. 3). Wewnątrz próbki nawiercono otwór o głębokości 34 [mm], mierząc od powierzchni górnej i umieszczono w nim termoparę. Pomiar polega na rejestrowaniu różnicy temperatur pomiędzy grzejnikiem utrzymywanym w stałej temperaturze (353 [K]), a wewnętrznym otworem próbki. Szybkość wnikania fali termicznej obliczono jako pochodną temperatury próbki po czasie.

Na rys. 4 przedstawiono temperaturę próbki migmatytu dla procesu grzania i swobodnego chłodzenia (temperatura otoczenia $T = 297$ [K]). Szybkość wnikania fali termicznej dla liniowej części (rys. 4) oszacowano na 1,9 [K/min], natomiast szybkość stygnięcia próbki migmatytu określono jako -0,8 [K/min] (dla pierwszych 20 minut chłodzenia).



Rys. 3. Zdjęcie próbki migmatytu przygotowanej do pomiarów szybkości wnikania fali termicznej

Fig. 3. The photo of the migmatite sample prepared to the measurements of penetration rate of the heat wave

Pomiary nasiąkliwości wodnej

Badania nasiąkliwości wodnej przeprowadzono na próbce w postaci prostopadłościanu o wymiarach $60 \times 30 \times 15$ [mm]. Badaną próbkę wygrzano w 400 [K], aby usunąć zaabsorbowaną wodę, a następnie zważono na wadze z dokładnością do 0,1 [mg]. Następnie próbkę umieszczono w kuwecie, ustawiając ją dłuższym bokiem na dnie. Kuwetę zalano wodą destylowaną do połowy wysokości próbki, a następnie pozostawiono w takiej formie przez dwie godziny. Kolejny etap polega na dodaniu porcji wody, tak aby zachować minimum 10 [mm] odległości lusta wody nad górną powierzchnią próbki [4]. Czas pomiaru (utrzymania próbek w wodzie) ustalono na 24h (W_{c24}) oraz 48h (W_{c48}). Po wyciągnięciu próbek przetarto je wilgotną ściereczką, aby usunąć nadmiar wody ze wszystkich powierzchni próbki (do wycierania próbek nie stosuje się suchych ściereczek, gdyż oprócz usuwania nadmiaru wody z powierzchni pochłaniają one wodę z przypowierzchniowej warstwy badanej próbki). Zależność nasiąkliwości wodnej opisano za pomocą równania:

$$W_c = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 \quad (2)$$

gdzie:

W_c - nasiąkliwość wodna w procentach wagowych,

m_1 - masa próbki suchej (wygrzanej) w [g],

m_2 - masa próbki nasyconej wodą w [g].

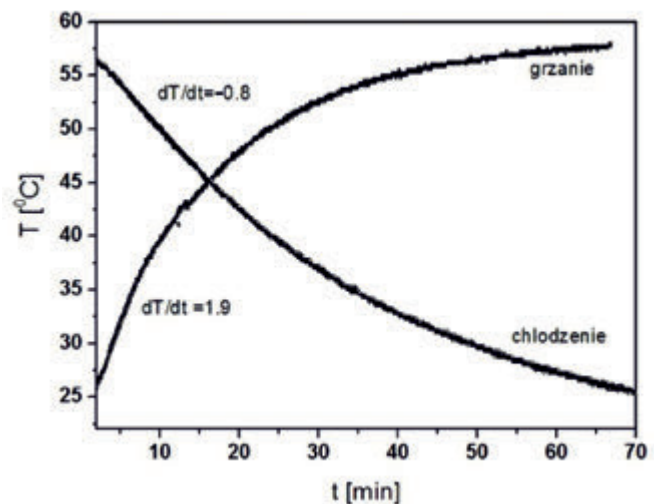
Obliczone wartości nasiąkliwości wodnej po 24h i 48h wyrażone w procentach wagowych wyniosły odpowiednio:

$$W_{Mc24} = 0,34$$

$$W_{Mc48} = 0,36$$

Materiały murowe, jak cegła pełna i dziurawka, powinny charakteryzować się nasiąkliwością w granicach od 6% do 20%. Nasiąkliwość materiałów elewacyjnych, takich jak cegła licówka i dachówka, nie powinna przekroczyć 16% [4]. Natomiast, płyty elewacyjne, do produkcji których stosuje się gliny kamionkowe posiadają nasiąkliwość w granicach 7%-10 %.

Obserwowane wartości nasiąkliwości wodnej migmatytu ($W < 0,4\%$) świadczą o tym, iż w materiale nie ma istotnych porów. Materiał ten powinien być dobrym materiałem izolującym, chroniącym przed trudnymi warunkami atmosferycznymi.



Rys. 4. Temperatura wnętrza próbki migmatytu dla procesu grzania i swobodnego chłodzenia w funkcji czasu

Fig. 4. The inside temperature for heating and cooling as a function of time for the migmatite

Wnioski

Migmatyt nie wykazuje istotnych zmian w zakresie temperatur 230 [K] - 390 [K], dlatego może być wykorzystywany wszędzie tam, gdzie wymaga się stałych właściwości fizycznych. Mała wartość współczynnika rozszerzalności liniowej badanego materiału ($\alpha_M = 5,2 \cdot 10^{-6} [K^{-1}]$) oraz wartość przewodności cieplnej ($\lambda_M = 3,73 [W/Km]$), jak również nasiąkliwość wodna nieprzekraczająca 0,4% powoduje, iż na podstawie przeprowadzonych badań migmatyt może konkurować z powszechnie stosowanymi materiałami skalnymi, takimi jak granit czy marmur. Wyniki pomiarów wskazują przydatność migmatytu jako surowca na płytki do ogrzewania podłogowego, bądź obłożeń elewacyjnych oraz do budowy dachów typu Norweskiego. Po wypolerowaniu migmatyt staje się również atrakcyjny wizualnie (rys. 5) i może być wykorzystany także jako kamień ozdobny np. do urozmaicania ogrodów. Ponadto badany materiał nie posiada skaz, spękań, pęknięć, które stanowią przeszkodą w obróbce materiału.



Rys. 5. Zdjęcie próbki migmatytu

Fig. 5. The photo of the migmatite

Praca współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Literatura

- [1] Lubas M., Wyszomirski P., *Niekonwencjonalne wykorzystanie amfibolitów dolnośląskich*. Materiały Ceramiczne T. 61 nr 1 31-35, 2009
- [2] Dziedzic J., Poprawski R., Bronowska W., *Acta Physica Polonica*, A 63, 45, 1983
- [3] Marciniszyn T., *The study of the thermal conductivity of quartzite and amphibolites*, Interdyscyplinarność badań naukowych 2012, oficyna wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 2012
- [4] Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych: Tworzywa ceramiczne I, Politechnika [online] http://zspaw.ps.pl/lab_pliki/Ceram_I.pdf ostatnia aktualizacja: 10 maj 2012

INSTYTUT GÓRNICTWA ODKRYWKOWEGO „Poltegor-Institut” i Zakładowe Koło SITG
 AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA, Katedra Geologii Żyłowej i Górniczej WGGIOŚ
 PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY - PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

zapraszają do wzięcia udziału w

XIV SEMINARIUM

z cyklu

**Metodyka rozpoznawania i dokumentowania złóż kopalin oraz
 geologicznej obsługi kopaliń**

na temat:

DOKUMENTOWANIE I OCHRONA ŻŁÓŻ KOPALIN

Pod honorowym patronatem Podsekretarza Stanu
 Głównego Geologa Kraju
 Piotra Woźniaka

**Urszulin k. Lublina
 22 – 24 maja 2013 r.**

<http://www.igo.wroc.pl>