

# Granulacja ciśnieniowa dekarbonatów dolomitowych do produkcji materiałów ogniotrwałych

Małgorzata NIESYT – Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków; Tomasz DZIK – Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków; Piotr WYSZOMIRSKI – Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2012, 66, 5, 418-427

## Wstęp

Dolomitowe materiały ogniotrwałe wzbudzają coraz większe zainteresowanie ze względu na wiele cennych właściwości. W ich skład wchodzi niemal wyłącznie fazy wysokoogniotrwałe, takie jak MgO i CaO (temperatura topnienia, odpowiednio: 2840°C i 2570°C). Materiały te odznaczają się też najbardziej zasadowym charakterem chemicznym spośród tworzyw ogniotrwałych powszechnego użytku. Konsekwencją jest zazwyczaj znaczna odporność w wysokich temperaturach na korozyjne oddziaływanie substancji o zasadowym charakterze chemicznym, np. niektórych żużli metalurgicznych. Produkcja dolomitowych materiałów ogniotrwałych jest szczególnie ważna w tych krajach, które dysponują licznymi złożami kopaliny dolomitowej i równocześnie są pozbawione zasobów magnezytów przydatnych do produkcji wysokojakościowych wyrobów ogniotrwałych. Do takich krajów należy m. in. Polska.

Kopaliny przydatne do produkcji dolomitowych materiałów ogniotrwałych wysokiej jakości muszą jednak odpowiadać wielu wymaganiom, z których najważniejsze to:

- odpowiedni skład chemiczny, tj. możliwie duża zawartość MgO i CaO, i mały udział  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  i  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- odpowiednia mikrostruktura charakteryzująca się stosunkowo małymi wymiarami kryształów fazy węglanowej, gradacyjnymi przejściami pomiędzy obszarami drobniej i grubiej krystalicznymi oraz nieznacznymi wymiarami ewentualnych skupień domieszek akcesorycznych
- optymalna tekstura odznaczająca się małą objętością porów o charakterze otwartym i zamkniętym oraz pęknięć
- duża jednorodność w odniesieniu do składu chemicznego, mikrostruktury i tekstury.

Polska jest krajem zasobnym w złoża dolomitów, które występują głównie na terenie trzech obszarów (region śląsko-krakowski, region świętokrzyski, region dolnośląski). Analiza przedstawiona w pracy Bąka i in. (2011) [1] wykazała jednak, że w Polsce występują głównie złoża dolomitów średniej i pośledniej jakości z punktu widzenia wymagań przemysłu materiałów ogniotrwałych. Jednym ze sposobów przeciwdziałania tym ograniczeniom jest dobór odpowiedniej technologii wytwarzania dolomitowych materiałów ogniotrwałych. Aktualnie są one produkowane jako:

- materiały o tzw. wiązaniu węglowym, otrzymywane poprzez częściowe skoksowanie spoiwa organicznego polimerowego
- materiały o wiązaniu ceramicznym, otrzymywane na drodze wysokotemperaturowego spiekania klinkieru dolomitowego.

W przypadku wszystkich rodzajów tworzyw dolomitowych podstawowym surowcem jest zwarty klinkier dolomitowy otrzymywany w wyniku termicznego rozkładu dolomitu i – następnie – wysokotemperaturowego spiekania tego półproduktu. W produkcji dolomitowych materiałów ogniotrwałych o wiązaniu ceramicznym stosowane są dwie podstawowe metody produkcji klinkieru dolomitowego. Pierwsza, określana jako metoda jednostopniowa, polega na spiekanu dolomitu

surowego w postaci bryłek w piecach szybowych lub obrotowych w wysokich temperaturach, dochodzących do 2000°C. Druga metoda – określana jako dwustopniowa – polega na wstępnej dekarbonatacji dolomitu, a następnie jego mieleniu i prasowaniu w formie brykietów oraz ich spiekanu. Przeprowadzone badania [2, 5] wykazały, że w przypadku niektórych dolomitów krajowych z regionu śląsko-krakowskiego, który tradycyjnie jest uznawany jako najbardziej zasobny w odmiany przydatne do produkcji materiałów ogniotrwałych, zastosowanie metody dwustopniowej daje lepsze wyniki w porównaniu z metodą jednostopniową. W tym drugim przypadku zostaje bowiem zminimalizowany negatywny wpływ takich cech surowca, jak: duża i zmienna porowatość oraz wyraźnie podwyższona i zróżnicowana zawartość tlenków żelaza. Do tego celu prowadzi m. in. odpowiednia granulacja ciśnieniowa dekarbonatów dolomitowych, której wyniki badań przedstawiono w dalszej części tej pracy. Duża zwartość tekstury klinkieru jest bowiem niezbędna zarówno ze względu na wymaganą możliwie największą odporność na hydratację, jak również odporność korozyjną wyrobów dolomitowych. Powszechnie wiadomo, że duża skłonność do hydratacji pod wpływem wilgoci atmosferycznej – wynikająca głównie z obecności wybitnie higroskopijnego, wolnego CaO [3], jest podstawową wadą wyrobów dolomitowych utrudniającą m. in. ich dłuższe magazynowanie. Dobre spiekanie klinkieru, a zatem uzyskanie zwartej tekstury, pozwala na znaczne zwiększenie odporności na hydratację, a tym samym uzyskanie dolomitowych materiałów ogniotrwałych wysokiej jakości.

## Metodyka badań

Analizę chemiczną surowych próbek dolomitów przeprowadzono stosując głównie rentgenowską analizę fluorescencyjną XRF w połączeniu z instrumentalną neutronową analizą aktywacyjną INAA.

Prasowanie próbek dekarbonatów dolomitu otrzymanych w 1000°C wykonano w matrycy zamkniętej z dwoma stemplami, z których górny był naciskany, a dolny stanowił stempel nieprzesuwany. Przed prasowaniem zdekarbonatyzowane próbki dolomitów poddano rozdrobieniu, a następnie przesianiu przez sito o rozmiarze oczka 0,1 mm. Tak przygotowany materiał o masie 3 g zasypywano do matrycy i formowano pastylki o średnicy 20 mm przy użyciu nacisków osiowych 20 MPa, 50 MPa i 200 MPa.

Do badań parametrów strukturalno-teksturalnych próbek dekarbonatu po ich spieczeniu w 1550°, 1600° i 1650°C stosowano analizator gęstości pozornej i porowatości GeoPyc typ 1360 oraz analizator gęstości rzeczywistej AccuPyc typ 1330 produkcji amerykańskiej firmy Micromeritics.

Odporność spieczonych próbek na hydratację analizowano w komorze klimatycznej typ LHL 113 firmy ESPEC. Badania te przeprowadzono w temperaturze 40°C i wilgotności względnej wynoszącej 70%.

Analizy SEM wykonano stosując skaningowy mikroskop elektro-nowy z działem z emisją polową (FEG – emiter Schottky'ego) typu

Nova Nano SEM 200 (producent FEJ EUROPE COMPANY). Zdolność rozdzielcza tego mikroskopu wynosi ok. 2 nm, próżnia – rzędu 60 Pa, zaś zakres możliwych do uzyskania powiększeń mieści się w przedziale 70-500 000x. Analizowaną próbkę przyklejono do mosiężnego cokołu i następnie – w celu uzyskania przewodnictwa elektrycznego materiału nieprzewodzącego – naporowano ją cienką warstwą węgla.

### Materiał próbkowy

Do badań przeznaczono próbki dolomitów triasowych ze złóż Brudzowice (próbka I 115), Ząbkowice Będzińskie (I 120) i Żelatowa (I 104) oraz dolomitu dewońskiego ze złoża Brudzowice (I 114) i dolomitu staropaleozoicznego z Odrzychowic (I 124). Skład chemiczny próbek podano w Tablicy 1.

Tablica 1

#### Analiza chemiczna badanych dolomitów

Nazwa złoże	Brudzowice	Brudzowice	Ząbkowice	Żelatowa	Odrzychowice
Symbol próbki	I 115	I 114	I 120	I 104	I 124
Strata prażenia, %	46,4	46	46,41	47,17	46,58
SiO <sub>2</sub> , %	0,18	0,15	1,07	0,12	0,23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	0,07	0,07	0,23	0,14	0,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	1,06	0,28	0,45	0,31	0,09
TiO <sub>2</sub> , %	<0,005	<0,005	0,009	<0,005	<0,005
CaO, %	30,59	30,7	30,08	30,44	30,76
MgO, %	20,02	20,95	20,76	22,00	21,88
MnO, %	0,12	0,04	0,05	0,03	0,04
K <sub>2</sub> O, %	0,01	0,01	0,04	0,02	0,02
Na <sub>2</sub> O, %	0,04	0,04	0,04	0,05	<0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02

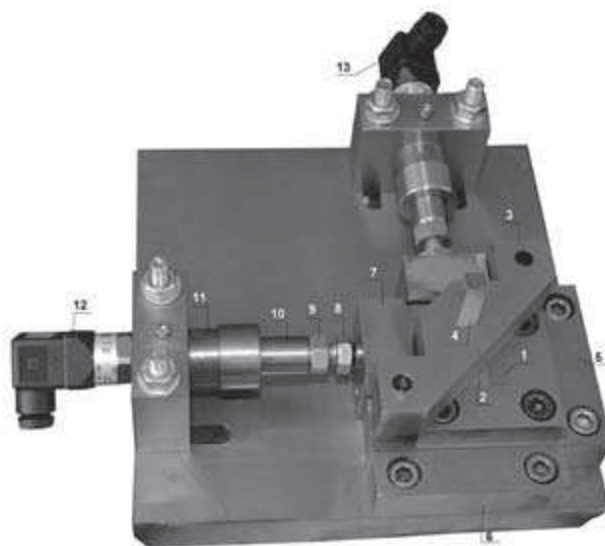
Kawałki tych surowców wielkości 1-2 cm poddano dekarbonatyzacji w piecu superkanthalowym w temperaturze 1000°C przez jedną godzinę. Pastylki o średnicy 2 cm zostały uformowane z dekarbonatu o masie ok. 3 g w matrycy zamkniętej stosując trzy różne ciśnienia prasowania (20 MPa, 50 MPa, 200 MPa) i – następnie – wypalone w temperaturach 1550°, 1600° i 1650°C. Bliższe informacje o warunkach formowania próbek zostały podane w rozdziale dotyczącym metodyki badań.

### Charakterystyki zagęszczania, praca właściwa i współczynnik nacisku bocznego

W procesie granulacji ciśnieniowej ośrodków ziarnistych podstawowe znaczenie ma poznanie zachowania się granulowanego materiału w wyniku oddziaływania nacisku normalnego. Działanie tego nacisku zmienia gęstość ośrodka powodując zmniejszenie jego porowatości. Następuje także zmiana właściwości ośrodka sypkiego na ośrodek stały, który wykazuje zmniejszoną porowatość, nabywa spójności, sprężystości i przyjmuje cechy *quasi* stałego ciała. Istotne jest zatem wykazanie, jak dany ośrodek ziarnisty reaguje na zagęszczanie pod działaniem sił zewnętrznych. Badania takie powinny pozwolić na wykonanie charakterystyki zagęszczania, pomiar współczynnika nacisku bocznego oraz określenie nakładu energii koniecznej do uzyskania założonej zmiany gęstości.

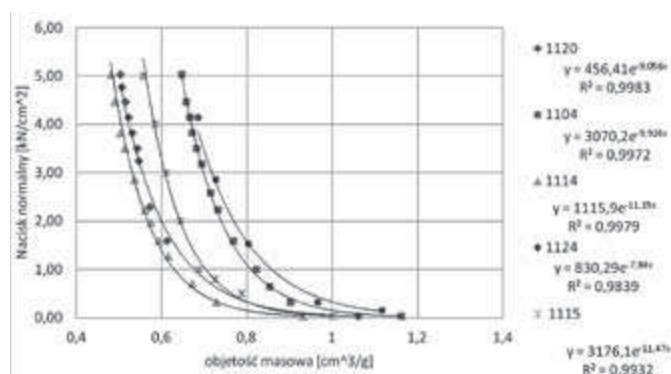
Na Rysunku 1 przedstawiono konstrukcję oryginalnego stanowiska do wyznaczania współczynnika nacisku bocznego. Stanowisko to składa się z elementów umożliwiających nacisk normalny (części 1, 2, 3, 4),

elementów (5, 6) zapewniających osiowość stempla (4), przesuwanych elementów matrycy (1, 2), układu podparcia (7, 8, 10, 11) oraz układu pomiarowego (12, 13). Śruba 7 i nakrętka 8 służą do wywarcia nacisku wstępnego na elementy ruchome matrycy (1, 2) i do jego regulacji.



Rys. 1. Stanowisko do wyznaczania charakterystyki zagęszczania i współczynnika nacisku bocznego  
1 – część matrycy ruchomej, 2 – część matrycy ruchomej, 3 – stabilizator; matryca wstępna, 4 – stempel, 5 – prowadnica prawa, 6 – prowadnica lewa, 7 – łożysko wzdluzne, 8 – śruba regulacyjna, 9 – nakrętka blokująca, 10 – tłok cylindra, 11 – cylinder, 12 – elektryczny przetwornik ciśnienia, 13 – elektroniczny przetwornik ciśnienia

Poddawany badaniom materiał umieszczany jest w prostokątnej komorze o rozmiarze 10 x 10 mm. Do otworu zasypywana jest próbka materiału o masie zapewniającej uzyskanie jej wysokości około 10 mm przy określonej wartości jednostkowego normalnego nacisku. Stanowisko pozwala na obciążanie próbek naciskiem w zakresie 5 do 400 N/mm<sup>2</sup> (5 400 MPa). Wywierany na materiał nacisk normalny powoduje pojawienie się nacisków bocznych. Nie wywołują one jednak przesunięcia elementów ruchomych matrycy (1, 2). Przesunięcie stempla jest rejestrowane z dokładnością do 0,01 mm. Siła nacisku stempla jest mierzona z dokładnością 2% przy nacisku 5 N/mm<sup>2</sup> (5 MPa) i 0,2% w górnym zakresie pomiarowym. Pomiar siły nacisku stempla i wysokości zagęszczanej próbki pozwala na sporządzenie charakterystyki zagęszczania w układzie: nacisk normalny [kN/cm<sup>2</sup>] – gęstość [g/cm<sup>3</sup>] oraz nacisk normalny [kN/cm<sup>2</sup>] – objętość masowa [cm<sup>3</sup>/g]. Na Rysunku 2 przedstawiono charakterystyki zagęszczania próbek dekarbonatu dolomitowego w układzie nacisk normalny [kN/cm<sup>2</sup>] – objętość masowa [cm<sup>3</sup>/g], pozwalający na obliczenie pracy właściwej.



Rys. 2. Charakterystyki zagęszczania próbek dekarbonatu dolomitu  
Stosowana numeracja próbek: 1115 – dekarbonat dolomitu triasowego z Brudzowic, 1114 – dekarbonat dolomitu dewońskiego z Brudzowic, 1120 – dekarbonat dolomitu triasowego z Ząbkowic Będzińskich, 1104 – dekarbonat dolomitu triasowego z Żelatowej, 1124 – dekarbonat dolomitu z Odrzychowic

Po wykonaniu charakterystyki zagęszczania ustalana jest funkcja opisująca zależność objętości masowej aglomeratu i nacisku normalnego, który jest konieczny do wywołania jej zmiany. Przeprowadzone badania wykazały, że funkcja wykładnicza w równaniu (1) w bardzo dobry sposób opisuje zależność nacisku normalnego w zależności od odwrotności uzyskiwanej pod jego działaniem gęstości aglomeratu.

$$p_n = a \cdot e^{b \cdot v} \quad (1)$$

gdzie:

a, b – współczynniki wyznaczone za pomocą równań regresji  
v – objętość masowa.

Praca jednostkowa zagęszczania [J/g], powodująca zmniejszenie objętości masowej i tym samym uzyskanie odpowiedniej gęstości, wyliczana jest jako całka oznaczona z równania (1) w granicach całkowania odpowiadających objętości początkowej  $v_p$  i końcowej  $v_k$  według zależności (2).

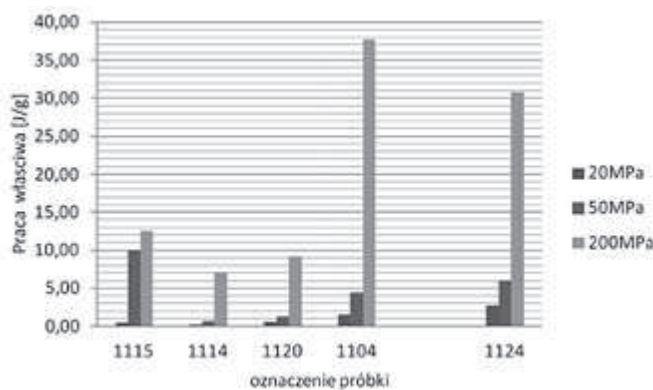
$$A = \int_{v_p}^{v_k} a e^{bv} d(v) + C \quad (2)$$

gdzie:  $v_p$  – objętość masowa początkowa;  $v_k$  – objętość masowa końcowa; C – stała całkowania.

Wartość stałej całkowania obliczono z warunków początkowych przyjmując, że z chwilą rozpoczęcia procesu granulacji, wartość pracy początkowej jest równa zero. Dla tak sformułowanego założenia stała C wyliczana była z równania (3).

$$C = (-) \frac{a}{b} e^{b v_p} \quad (3)$$

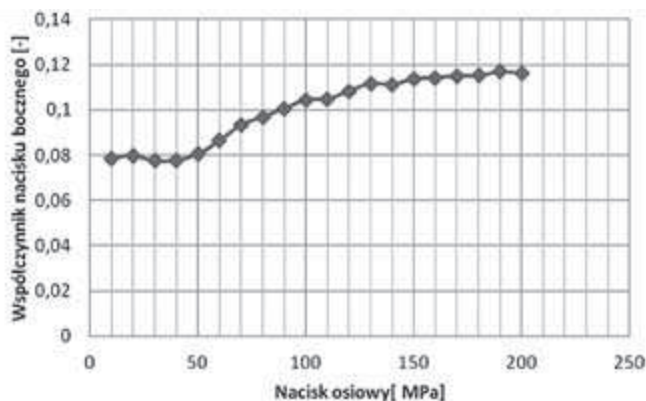
Na Rysunku 3 przedstawiono wyniki obliczeń pracy właściwej koniecznej do wywarcia nacisków jednostkowych 20, 50 i 200 MPa dla wybranych próbek dekarbonatu dolomitowego.



**Rys. 3. Praca właściwa granulowania ciśnieniowego niezbędna do otrzymania pastylek dekarbonatów dolomitowych**  
Stosowana numeracja próbek: 1115 – dekarbonat dolomitu triasowego z Brudzowic, 1114 – dekarbonat dolomitu dewońskiego z Brudzowic, 1120 – dekarbonat dolomitu triasowego z Żąbkowic Będzińskich, 1104 – dekarbonat dolomitu triasowego z Żelatowej, 1124 – dekarbonat dolomitu z Oldrzychowic

Wszystkie próbki wykazują niewielką wartość pracy jednostkowej dla nacisków 20 MPa. Dla wartości nacisku 50 MPa próbka 1115 wykazuje zdecydowanie wyższą wartość pracy właściwej w porównaniu do pozostałych. Największą wartość pracy właściwej przy nacisku 200 MPa wykazuje próbka 1104. Uwagę szczególną zwraca próbka 1115, która wykazuje niewielką różnicę pracy właściwej dla nacisków 50 i 200 MPa. Dla tej próbki wykonano badania współczynnika nacisku bocznego w celu poznania zachowania się jego struktury ziarnistej poddanej zagęszczaniu pod działaniem nacisków o wartości 5 do 200 MPa.

Na Rysunku 4 przedstawiono wyniki pomiaru współczynnika nacisku bocznego dla dekarbonatu dolomitu triasowego z Brudzowic (próbka 1115).



**Rys. 4. Zależność współczynnika nacisku bocznego od nacisku normalnego w procesie zagęszczania dekarbonatu dolomitu triasowego z Brudzowic (próbka 1115)**

Analizując dane przedstawione na Rysunku 4 można wyodrębnić trzy przedziały różnego zachowania się zagęszczanego materiału. Dla nacisku osiowego wynoszącego do 50 MPa występują stałe naciski boczne o niskiej wartości, co może świadczyć o przemieszczaniu się ziaren w wolnych przestrzeniach międzyziarnowych. Dla nacisków osiowych w zakresie 150-200 MPa obserwuje się ustabilizowane naciski boczne, co sugeruje postać sprężystego ciała stałego. Wreszcie, w zakresie pośrednich nacisków osiowych (50-130 MPa), granulata zachowuje się jak ciało stałe sprężysto-plastyczne. Takie własności zagęszczanego ośrodka zdecydowały o przyjęciu trzech poziomów nacisków jednostkowych użytych w procesie granulacji ciśnieniowej, tj. 20-50 i 200 MPa.

### Wpływ ciśnienia prasowania na odporność na hydratację spieczonych dekarbonatów dolomitowych

Uformowane pastylki zostały wypalone w 1550°, 1600° i 1650°C, stosując jednogodzinny czas przetrzymywania w maksymalnej temperaturze. Tak przygotowane próbki poddano badaniom ich odporności na hydratację w komorze klimatycznej. Wyniki przedstawiono na Rysunkach 5÷8 w układzie: względny przyrost masy (%) – czas (w dniach).

Przeprowadzone badania wykazały, że najbardziej odporne na hydratację są spieki dekarbonatu dolomitu triasowego z Brudzowic. Wiąże się to z podwyższoną zawartością  $Fe_2O_3$  w wyjściowym dolomicie, która wynosi w tym przypadku 1,06% (Tab. 1). W pozostałych badanych próbkach udział żelaza jest mniejszy i ich odporność na hydratację – gorsza. Obecność  $Fe_2O_3$ , pomimo polepszenia spiekalności próbki, jest jednak niepożądana ze względu na negatywny wpływ tego tlenku na ogniotrwałość wyrobów dolomitowych.

Na wykresach (Rys. 3÷8) obserwuje się wyraźny wpływ ciśnienia formowania na odporność na hydratację. Przyrost masy w przypadku próbek formowanych pod najmniejszym ciśnieniem (20 MPa) jest wyraźnie większy w porównaniu z pozostałymi pastylkami, niezależnie od temperatury ich spiekania. Z kolei próbki otrzymane pod ciśnieniem 200 MPa wykazały najmniejszą podatność na hydratację, co także zaobserwowano dla wszystkich trzech temperatur wypalania.

Te spostrzeżenia potwierdzają obserwacje przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego SEM (Rys. 9, 10). Próbka uformowana pod ciśnieniem 20 MPa charakteryzuje się większą niejednorodnością i podwyższoną porowatością w stosunku do zwartej próbki otrzymanej pod ciśnieniem 200 MPa. Wyniki te są zgodne z danymi uzyskanymi na podstawie badań strukturalno-teksturalnych

przedstawionych w Tabelcy 2. W miarę podnoszenia ciśnienia formowania obserwuje się systematyczny spadek porowatości spieków. Dla ciśnienia formowania wynoszącego 20 MPa wartość porowatości całkowitej przekracza 20%, podczas gdy podwyższenie tego ciśnienia do 50 MPa – a zwłaszcza 200 MPa – prowadzi do zdecydowanego obniżenia porowatości.

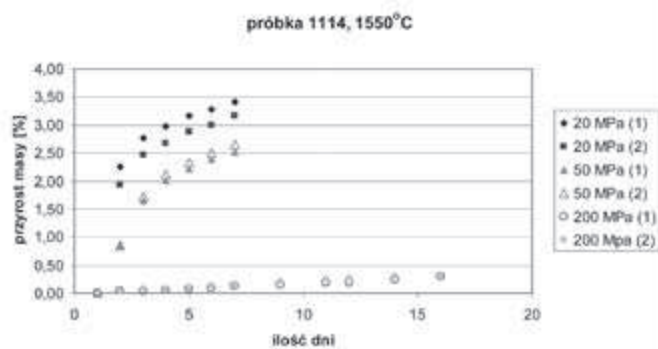
Wyznaczona gęstość rzeczywista rzędu 3,45 g/cm<sup>3</sup> stanowi wartość pośrednią pomiędzy gęstością czystego MgO (3,56 g/cm<sup>3</sup>) i CaO (3,30 g/cm<sup>3</sup>) [4]. Stanowi to odzwierciedlenie udziałów molowych tych dwóch faz w badanych spiekach, który wynosi 1:1.

Tabela 2

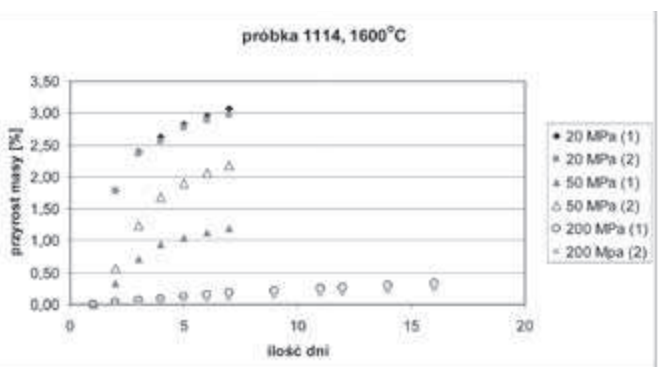
**Gęstość rzeczywista i pozorna oraz porowatość całkowita, otwarta i zamknięta dekarbonatu dolomitu triasowego z Brudzowic (próbka 1115) oraz produktów jego spiekania**

Parametr	Dekarbonat (1000°C)			1550°C			1600°C			1650°C		
	20 MPa	50 MPa	200 MPa	20 MPa	50 MPa	200 MPa	20 MPa	50 MPa	200 MPa	20 MPa	50 MPa	200 MPa
$d_{rzecz}$ , g/cm <sup>3</sup>	3,34	3,31	3,29	3,46	3,45	3,45	3,44	3,44	3,44	3,46	3,45	3,45
$d_{poz}$ , g/cm <sup>3</sup>	1,31	1,45	1,77	2,55	3,16	3,24	2,67	3,21	3,27	2,76	3,21	3,27
$P_{całk}$ , %	60,6	56,1	46,2	26,4	8,5	5,9	22,2	6,8	4,9	20,2	7,1	5,0
$P_{otw}$ , %	n.o.	n.o.	n.o.	25,6	3,3	3,1	22,1	2,1	0	19,5	2,0	2,6
$P_{zamk}$ , %	n.o.	n.o.	n.o.	0,8	5,2	2,8	0,1	4,7	4,9	0,7	5,1	2,4

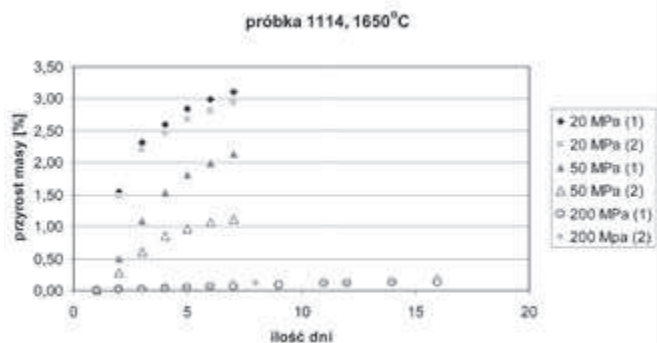
n.o. – nie oznaczono ze względu na hydratację tych próbek



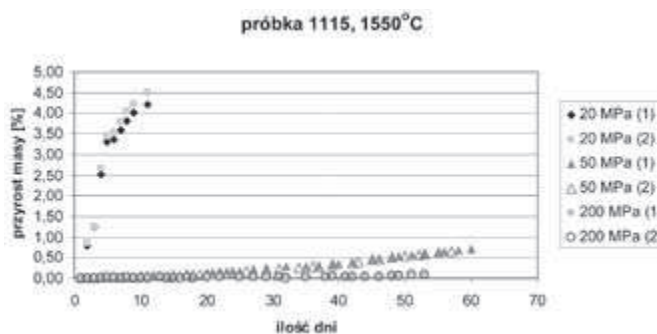
Rys. 5. Względny przysięga masy spieków dekarbonatu dolomitu dewońskiego z Brudzowic otrzymanych w 1550°C w zależności od czasu. Dla każdego ciśnienia pomiary przeprowadzono na dwóch próbkach



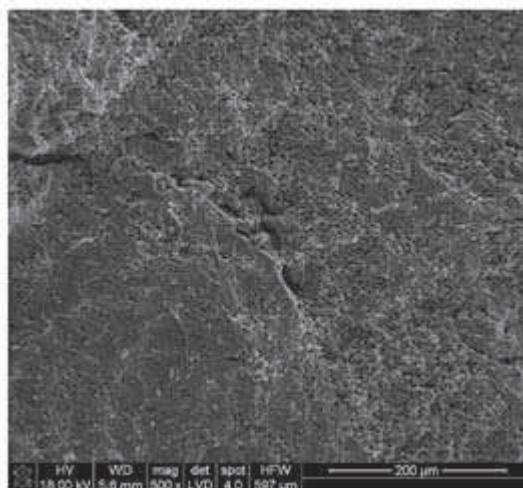
Rys. 6. Względny przysięga masy spieków dekarbonatu dolomitu dewońskiego z Brudzowic otrzymanych w 1600°C w zależności od czasu. Dla każdego ciśnienia pomiary przeprowadzono na dwóch próbkach



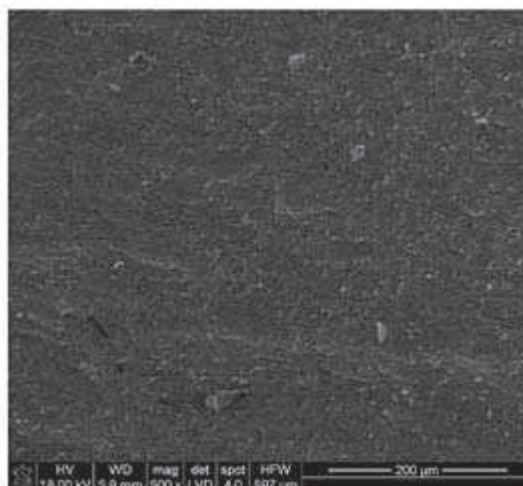
Rys. 7. Względny przysięga masy spieków dekarbonatu dolomitu dewońskiego z Brudzowic otrzymanych w 1650°C w zależności od czasu. Dla każdego ciśnienia pomiary przeprowadzono na dwóch próbkach



Rys. 8. Względny przysięga masy spieków dekarbonatu dolomitu triasowego z Brudzowic otrzymanych w 1550°C w zależności od czasu. Dla każdego ciśnienia pomiary przeprowadzono na dwóch próbkach



Rys. 9. Przekrój próbki dekarbonatu dolomitu triasowego z Brudzowic (próbka 1115) po jej zagęszczeniu pod ciśnieniem 20 MPa i spieczeniu w 1650°C. SEM



Rys. 10. Przekrój próbki dekarbonatu dolomitu triasowego z Brudzowic (próbka 1115) po jej zagęszczeniu pod ciśnieniem 200 MPa i spieczeniu w 1650°C. SEM

## Wnioski

Do zaformowania dekarbonatów dolomitu triasowego z Brudzowic pod ciśnieniami 50 MPa i 200 MPa niezbędne jest wniesienie pracy właściwej o wartości odpowiednio 10 i 13 J/g (Rys. 3). Próbkę tę po spieczeniu we wszystkich trzech temperaturach wykazały dobrą odporność na hydratację. Dotyczy to nie tylko pastylek uformowanych pod najwyższym ciśnieniem, tj. 200 MPa, ale też wyraźnie niższym (50 MPa) (Rys. 8).

W przypadku dekarbonatów dolomitu dewońskiego z Brudzowic formowanie pod ciśnieniami 20 i 50 MPa wymaga niewielkiego nakładu pracy właściwej ( $< 1$  J/g), a hydratacja tych próbek przebiega gwałtownie (Rys. 5÷7). Podwyższenie ciśnienia formowania do 200 MPa przyczyniło się do znacznej poprawy odporności na hydratację. Praca właściwa potrzebna w tym przypadku do zaformowania dekarbonatów wzrosła do 7 J/g.

Otrzymanie pastylek z dekarbonatów dolomitu z Żelatowej i z Ołdrzychowic pod ciśnieniem 200 MPa wymaga dużo większych nakładów pracy właściwej, odpowiednio 37,5 i 31 J/g. W przypadku próbek z Żelatowej podwyższenie ciśnienia formowania do 200 MPa spowodowało zmniejszenie ich podatności na zniszczenie w temperaturze 40°C pod wpływem wilgotności rzędu 70%. Hydratacja spieczonych próbek wykonanych z dolomitu Ołdrzychowice przebiega natomiast w gwałtowny sposób. Obserwuje się to nawet dla próbek uzyskanych w warunkach ciśnienia najwyższego formowania (200 MPa) i następnie spieczonych w 1650°C. Wykorzystanie tego wybitnie czystego dolomitu wymagać będzie zatem stosowania temperatur spiekania znacznie wyższych od 1650°C.

## Podziękowania

Praca została wykonana w ramach projektu badawczego nr N508 477638 (umowa AGH nr 18.18.160.915) finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Autorzy wyrażają podziękowania Pani Dr inż. Krystynie Wodnickiej za wykonanie pomiarów gęstości i porowatości badanych próbek.

## Literatura

1. Bąk B., Radwanek-Bąk B., Wyszomirski P.: *Aktualny przegląd krajowych złóż dolomitów w aspekcie wykorzystania w przemyśle materiałów ogniotrwałych*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi/Mineral Resources Management 2011, 27, 1, 21-47.
2. Goławski C., Kielski A., Pietrzykowska M., Wodnicka K.: *Przydatność dolomitu z Ząbkowic do produkcji materiałów ogniotrwałych*. Materiały Ceramiczne/Ceramic Materials 2011, 63, 1, 210-214.
3. Kashaninia F., Sarpoolaky H., Naghizadeh R., Bagheri A.R., Zamanipour M.: *Improving hydration resistance of magnesia-dolomite refractories by iron oxide addition*. Iranian Journal of Materials Science and Engineering 2011, 8, 4, 34-40.
4. Manecki A.: *Encyklopedia minerałów*. Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2004.
5. Wyszomirski P., Goławski C., Kielski A., Wodnicka K.: *Dolomit dewoński z Brudzowic i jego wstępna ocena jako surowca przemysłu materiałów ogniotrwałych*. Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, Kraków 2011, 81, 197-208.

Mgr inż. Małgorzata NIESYT – Studentka trzeciego roku studiów doktoranckich na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH. Dyplom magistra inżyniera uzyskała na kierunku technologia chemiczna w 2008 r. W 2007 r. przebywała na Uniwersytecie Jaume I w Castellon (Hiszpania) w ramach programu wymiany studentów ERASMUS. Po ukończeniu studiów odbyła dwie kolejne praktyki przemysłowe: w Empresas Titan SA (Meksyk) w 2008 r. oraz w Hellefoss SA w Hokksund (Norwegia) w 2010 r., a także staż uczelniany na Uniwersytecie Edynburskim w 2011 r. Obecnie realizuje badania przewidziane w jej pracy doktorskiej w ramach projektu badawczego pt. „Zmiany tekstury i mikrostruktury w procesie dekarbonatacji wybranych dolomitów”.

E-mail: malgorzata\_niesyt@o2.pl, tel.: (12) 617 22 36

Dr inż. Tomasz DZIK – Absolwent Wydziału Maszyn Górniczych i Hutniczych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (1974). Doktorat na Wydziale Maszyn Górniczych i Hutniczych (1984). Był wyróżniony za badania nagrodą Ministra Szkolnictwa Wyższego i Techniki. Obecnie pracuje w Katedrze Systemów Wytwarzania na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH. Zainteresowania naukowe: procesy mechaniczne w inżynierii wytwarzania w szczególności rozdrabnianie, aglomeracja, suszenie. Jest współautorem 2 książek i autorem rozdziałów w 4 monografiach, 37 artykułów w prasie naukowo technicznej i autorem lub współautorem 27 referatów i posterów na konferencjach krajowych i zagranicznych, twórcą 11 przyznanych patentów oraz 14 ekspertyz.

E-mail: tomdzik@imir.agh.edu.pl, tel.: (12) 617-31-20

Dr hab. inż. Piotr WYSZOMIRSKI – Absolwent Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Wieloletni pracownik Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska tej Uczelni, od 1996 r. – profesor nadzwyczajny na macierzystym Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki. Od 2002 r. profesor nadzwyczajny Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Tarnowie. Członek wielu stowarzyszeń naukowych. Wiceprezes (lata 1998-2002) i prezes Polskiego Towarzystwa Mineralogicznego (2002-2004) oraz wiceprezes Polskiego Towarzystwa Ceramicznego (2001-2008). Współautor książek „Surowce Ceramiczne” (1991) i „Surowce Mineralne i Chemiczne Przemysłu Ceramicznego” (2007), „Encyklopedii Surowców Mineralnych” (lata 1991-1994), podręcznika „Metodyka Badań Kopaliny Ilastych” (1996) oraz serii monograficznej „Surowce Mineralne Polski” (2004-2009) w części poświęconej surowcom skalnym. Łącznie autor i współautor ok. 250 publikacji naukowych z dziedziny nauki o surowcach mineralnych i ich geochemii.

E-mail: pwysz@agh.edu.pl, tel.: (12) 617-24-36

## GRAF-TECH

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju ogłasza konkurs w ramach Programu GRAF-TECH!

Program skierowany jest do konsorcjów naukowych (konsorcjum musi się składać z co najmniej jednej jednostki naukowej oraz co najmniej jednego przedsiębiorcy) oraz centrów naukowo-przemysłowych podejmujących działania badawcze i prace przygotowawcze do wdrożenia, mające na celu opracowanie innowacyjnych produktów na bazie grafenu.

Głównym celem Programu GRAF-TECH jest zwiększenie konkurencyjności polskiej gospodarki poprzez praktyczne wykorzystanie wyników badań nad grafenem ukierunkowanych na opracowanie i wdrożenie innowacyjnych rozwiązań opartych na wykorzystaniu tego materiału.

Nabór wniosków rozpocznie się 5 kwietnia a zakończy 4 czerwca 2012 r.

Informacje na temat Programu i konkursu publikowane są na stronie:

<http://www.ncbr.pl/programy-krajowe/graf-tech/>

Wszelkie pytania prosimy kierować na adres e-mail:

[graf-tech@ncbr.gov.pl](mailto:graf-tech@ncbr.gov.pl)