

Marcin Kremieniewski

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

Stanisław Stryczek

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu

Łukasz Kotwica

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki

Zmiany w mikrostrukturze płaszczu cementowego w zależności od warunków hydratacji zaczynu

W niniejszej publikacji zaprezentowano wpływ temperatury oraz ciśnienia hydratacji zaczynu uszczelniającego na mikrostrukturę stwardniałego zaczynu. Próbkę poddane badaniom zostały sporządzone według receptur umożliwiających zastosowanie na złożach o podwyższonym ryzyku wystąpienia migracji gazu. W celu doszczelnienia mikrostruktury matrycy cementowej oraz wyeliminowania migracji gazu wykorzystano dodatki mikrocementu polimeru.

Słowa kluczowe: mikrostruktura, warunki hydratacji, płaszcz cementowy, migracja gazu.

Changes in the microstructure of cement sheath depending on the hydration conditions of the slurry

The paper presents the effects of temperature and hydration pressure on the microstructure of the hardened slurry. Tested samples were prepared from recipes enabling application for deposits with an increased risk of gas migration. In order to seal the microstructure of the cement matrix and eliminate gas migration microcement polymer additives were used.

Key words: microstructure, hydration conditions, cement sheath, gas migration.

Wprowadzenie

Głównym celem zabiegu cementowania jest uszczelnienie przestrzeni pierścieniowej (skała–rura okładzinowa) warstwą stwardniałego zaczynu, który jest nieprzepuszczalny dla gazu. Stosowane do wypełniania przestrzeni pierścieniowej zaczyny cementowe charakteryzują się tym, że w trakcie hydratacji występuje żelowanie zaczynu i w tym momencie w otworze następuje zmniejszanie się ciśnienia hydrostatycznego słupa zaczynu. W fazie przejściowej powstaje porowata mikrostruktura stwardniałego zaczynu, co może być przyczyną występowania mikroprzepływów gazowych [8]. Jedną z metod poprawy właściwości stwardniałych zaczynów cementowych jest zastosowanie dodatków i domieszek do

świeżych zaczynów w celu doszczelnienia tworzącej się mikrostruktury płaszczu cementowego. W związku z tym niezmiernie ważny jest odpowiedni, zarówno ilościowy, jak i jakościowy, dobór właściwych środków. Selekcja ta uzależniona jest od warunków geologiczno-technicznych cementowanego otworu wiertniczego, co jednocześnie wpływa na warunki hydratacji zaczynu cementowego.

W celu określenia mikrostruktury utworzonego płaszczu cementowego stosuje się różnego rodzaju metody badawcze, tj.: porozymetrię rtęciową, mikrotomografię rentgenowską i mikroskopię skaningową. Badania mikrostruktury pozwalają na określenie wpływu stosowanych dodatków i domieszek, co

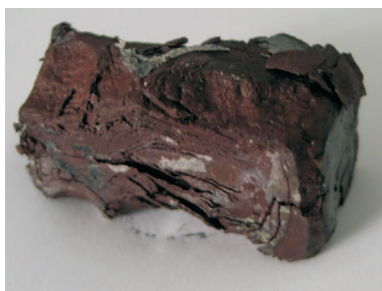
przekłada się na odpowiedni ich dobór w kolejnych modyfikacjach receptur, a w efekcie – otrzymanie niskooporowego, nieprzepuszczalnego dla gazu, stwardniałego zaczynu.

W Laboratorium Zaczynów Uszczelniających Zakładu Technologii Wiercenia INiG – PIB prowadzi się badania mające na celu opracowanie oraz modyfikację zaczynów uszczelniających. Badania struktury porowej stwardniałych

zaczynów cementowych wykonano w INiG – PIB za pomocą mikrotomografii rentgenowskiej, natomiast badania mikrostruktury przy użyciu mikroskopu skaningowego przeprowadzone zostały w AGH. Powyższy cykl badawczy umożliwia weryfikację słuszności stosowanych dodatków i domieszek oraz pozwala na ocenę wpływu warunków hydratacji na kształtującą się mikrostrukturę płaszcza cementowego.

Badanie mikrostruktury stwardniałych zaczynów cementowych

Migracja gazu przez stwardniały zaczyn należy do bardzo niepożądanych zjawisk mających miejsce w przestrzeni pierścieniowej otworu wiertniczego. Przepływy gazu mogą występować na skutek starzenia się kamienia cementowego (fotografia 1), powstających w jego strukturze mikrospekkań (fotografia 2) oraz skurczu kamienia cementowego (fotografia 3).



Fot. 1. Korozja kamienia cementowego [8]



Fot. 2. Mikrospekkania kamienia cementowego



Fot. 3. Skurcz cementu [5]

W celu zweryfikowania mikrostruktury stwardniałych zaczynów stosuje się badanie porowatości przy pomocy porozymetrii rtęciowej. Umożliwia to poznanie ilości wolnych przestrzeni w badanej próbce, aczkolwiek rzeczywista ich wielkość oraz rozkład nie będą znane. W związku z tym próbki mogą być dodatkowo poddane badaniu mikrostruktury

porowej za pomocą mikrotomografii rentgenowskiej. Jest to jedna z nowocześniejszych metod badawczych. Umożliwia prześwietlenie badanej próbki za pomocą promieni rentgenowskich. W efekcie metoda ta umożliwia trójwymiarowe przedstawienie pustych przestrzeni w badanej próbce. Ponadto uzyskuje się informacje dotyczące:

- porowatości,
- liczby i jakości niepołączonych obiektów,
- współczynnika krętości,
- wpływu powyższych cech na przepuszczalność kamienia cementowego [5, 6].

Badania laboratoryjne

Wstępne badania laboratoryjne zaczynów cementowych przeprowadzone zostały w Laboratorium Zaczynów Uszczelniających Zakładu Technologii Wiercenia INiG – PIB zgodnie z normami: *Cementy i zaczyny cementowe do cementowania w otworach wiertniczych*; PN-EN 10426-2 *Przemysł naftowy i gazowniczy. Cementy i materiały do cementowania otworów. Część 2: Badania cementów wiertniczych oraz API SPEC 10 Specification for materials and testing for well cements*. Natomiast badania mikrostruktury stwardniałych zaczynów cementowych wykonano przy współpracy INiG – PIB i AGH. Badania przestrzeni porowych przeprowadzono przy użyciu mikrotomografii rentgenowskiej, za pomocą mikrotomografu

rentgenowskiego Benchtop 160Xi CT (fotografia 4), natomiast badania mikrostruktury przełamów próbek – za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego Nova Nano SEM 200 (fotografia 5).

Badania mikrostruktury za pomocą mikrotomografii rentgenowskiej umożliwiają pomiar porowatości próbek oraz ich trójwymiarową wizualizację (występujące pęknięcia i szczeliny). Badanie struktury porowej z wykorzystaniem mikrotomografu polega na trój etapowym utworzeniu obrazu przestrzennego 3D. Etapem pierwszym jest rejestracja projekcji, polegająca na emisji wiązki promieniowania X za pomocą lampy rentgenowskiej prześwietlającej badaną próbkę.



Fot. 4. Mikrotomograf rentgenowski Benchtop 160CT (INiG – PIB)

W trakcie pomiaru badana próbka wykonuje obrót o 360° . W wyniku przeprowadzonej rejestracji projekcji uzyskuje się obraz cieni. W drugim etapie następuje rekonstrukcja pozwalająca na otrzymanie obrazów poprzez przejście od projekcji do obrazu przestrzennego próbki, co z kolei pozwala na wgląd w wewnętrzną strukturę stwardniałego zaczynu. W trzecim etapie następuje przetwarzanie obrazu. Podczas procesu binaryzacji wydzielone zostają woksele obrazu przedstawiające przestrzeń porową kamienia cementowego. Na podstawie obliczeń wykonuje się analizę powierzchni porowej. Struktura porowa jest podzielona ze względu na objętość występujących pustych przestrzeni. Analizowane są połączenia w trzech prostopadłych względem siebie kierunkach X, Y i Z, a następnie wyliczany jest współczynnik krętości [1, 2, 10].

W celu jeszcze dokładniejszego opisanie mikrostruktury stwardniałych zaczynów oraz uzupełnienia o nich informacji stosuje się obserwację mikrostruktury przy użyciu metody elektronowej mikroskopii skaningowej (SEM). Dodatkowo wykonuje się analizę składu pierwiastkowego za pomocą sondy EDX, umożliwiającej bezpośrednią obserwację składu chemicznego stwardniałego zaczynu w mikroobszarach. Badanie mikrostruktury przelamów stwardniałych zaczynów polega na przyklejeniu próbek do stolików mikroskopowych za pomocą srebrnego lakieru przewodzącego oraz pokryciu ich powierzchni węglową warstwą przewodzącą. Analizę wykonuje się przy użyciu detektora niskiej próżni, przy prężności pary wodnej wynoszącej 60 Pa. Obserwacje przeprowadza się w systemie detekcji elektronów wtórnych (SE) [4, 7].

Celem badań była analiza mikrostruktury stwardniałych zaczynów, powstałych ze składów mających przeciwdziałać zjawisku migracji gazu. Aby uzyskać maksymalne doszczelnienie matrycy kamienia cementowego, użyto dodatku mikrocementu w ilości 20% w stosunku do masy cementu. Zaczyny sporządzono na wodzie wodociągowej. Poddawano je modyfikacjom w celu osiągnięcia odpowiednich



Fot. 5. Elektronowy mikroskop skaningowy Nova Nano SEM 200 (AGH) [3]

właściwości reologicznych oraz parametrów strukturalnych. Składy zaczynów były dobierane tak, aby sprostać wymaganiom narzuconym przez warunki otworowe, a jednocześnie – aby móc je porównać w zróżnicowanych warunkach hydratacji (temperatury oraz ciśnienia podczas procesu hydratacji kamienia cementowego).

Z zaczynów sporządzone zostały próbki kamieni cementowych, które poddano procesowi hydratacji przez okres 28 dni, w temperaturze 25°C , 40°C , 60°C i 80°C , przy ciśnieniu odpowiednio: 3 MPa, 15 MPa, 35 MPa i 42 MPa. Po upływie tego czasu przeprowadzono badania mikrostruktury stwardniałych zaczynów cementowych.

W celu wykonania badań mikrostruktury stwardniałych zaczynów wytypowano cztery składy zawierające dodatek 20% mikrocementu, dla każdej z temperatur utwardzania, tj. 25°C , 40°C , 60°C oraz 80°C .

Na podstawie prowadzonych w INiG – PIB badań oraz dostępnych danych [5] stwierdzono, że stwardniałe zaczyny mające przeciwdziałać migracji gazu powinny charakteryzować się następującymi parametrami:

- współczynnikiem porowatości mikrotomograficznej nieprzekraczającym 25%,
- jak najmniejszą ilością porów przyporządkowanych do wysokich klas (IV, V, VI),
- dużą ilością porów zakwalifikowanych do niskich klas (I, II, III),
- stosunkowo jednolitym szkieletem próbki przedstawionym w wizualizacji 3D,
- stosunkowo małą ilością porów w wizualizacji struktury porów 3D [5].

Tablica 1 prezentuje receptury zaczynów, natomiast w tablicy 2 przedstawiono podstawowe parametry świeżych zaczynów cementowych. Wyniki badań stwardniałych zaczynów, uzyskane z pomiarów za pomocą mikrotomografu Benchtop 160CT, zestawiono w tablicy 3.

Tablica 1. Składy zaczynów z dodatkiem mikrocementu w ilości 20,0% bwoc¹

SKŁAD	Temp. 25°C	Temp. 40°C	Temp. 60°C	Temp. 80°C
	R 1	R 2	R 3	R 4
Woda wodociągowa	w/c = 0,52	w/c = 0,52	w/c = 0,45	w/c = 0,50
Dodatek odpieniający	1,0%	1,0%	0,5%	0,5%
Dodatek upłynniający	0,3%	0,1%	0,2%	0,25%
Dodatek antyfiltracyjny	0,1%	0,25%	0,3%	0,25%
Lateks	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%
Stabilizator lateksu	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
Dodatek przyspieszający czas gęstnienia	4,0%	1,5%	-	-
Mikrocement	20,0%	20,0%	20,0	20,0
Cement Cem I 32,5 R	100,0%	100,0%	CEM G 100,0%	CEM G 100,0%
Dodatek spęczniający	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%

Oznaczenia: w/c – współczynnik wodno-cementowy.
¹bwoc – w stosunku do masy cementu.

Badane próbki stwardniałych zaczynów wykazywały niskie wartości porowatości mikrotomograficznej w zakresie od 5,3% do 9,8%. Zauważalne jest obniżanie się wartości współczynnika porowatości wraz ze wzrostem temperatury i ciśnienia hydratacji. Potwierdzeniem powyższego jest wizualizacja struktury porowej 3D (fotografie 6–9), na której widoczne jest zmniejszenie liczby występujących porów (oznaczonych kolorem zielonym). Dodatkowo w wizualizacji klas objętościowych (fotografie 10–13) oraz na

Tablica 2. Parametry zaczynów z dodatkiem mikrocementu w ilości 20,0% bwoc

Parametr	R 1	R 2	R 3	R 4
Gęstość [g/cm ³]	1,75	1,79	1,84	1,83
Rozlewność [mm]	270	290	310	300
Filtracja [cm ³ /30 min]	23,0	24	10,0	5,2
Lepkość plastyczna [mPa · s]	64,5	70,5	72,0	70,0
Granica płynięcia [Pa] ¹	6,18	3,6	2,4	3,1
Wytrzymałość strukturalna [Pa]	11,5	5,3	3,8	4,8
Odstój wody [%]	0,0	0,0	0,0	0,0
Czas gęstnienia [h:min]	30 Bc	2:13	2:31	4:35
	100 Bc	2:40	2:55	5:05

¹Granica płynięcia obliczona za pomocą metody dwupunktowej PN-EN ISO 104026-2, s. 67.

Tablica 3. Zestawienie wyników badań kamieni cementowych po 28 dniach hydratacji

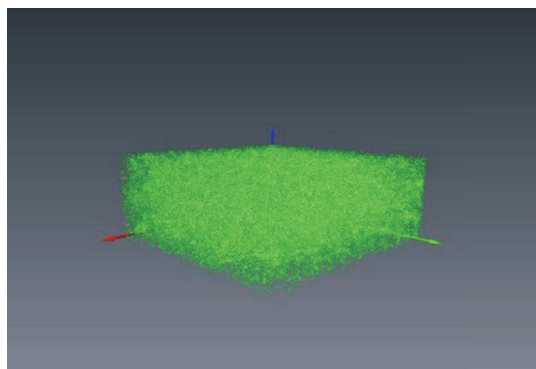
Temperatura/ ciśnienie utwardz. próbki	Nr próbki	Ilość podgrup w klasie						Współczynnik porowatości mikrotomograficznej K_p [%]
		2,10 ² –2,10 ³ [μm ³]	2,10 ³ –2,10 ⁴ [μm ³]	2,10 ⁴ –2,10 ⁵ [μm ³]	2,10 ⁵ –2,10 ⁶ [μm ³]	2,10 ⁶ –2,10 ⁷ [μm ³]	>2,10 ⁷ [μm ³]	
		I	II	III	IV	V	VI	
20°C/3 MPa	R 1	32 605	51 868	4 812	277	7	1	9,8
40°C/15 MPa	R 2	9 874	78 508	8 327	415	12	1	7,6
60°C/35 MPa	R 3	8 495	63 588	5 825	390	16	1	7,4
80°C/42 MPa	R 4	55 334	95 510	7 869	198	12	0	5,3

1. Niepewność mierzonych wielkości fizycznych zawartych w tablicy 3 oszacowano według klasy dokładności urządzenia pomiarowego Benchtop 160CT na poziomie 0,0001%.

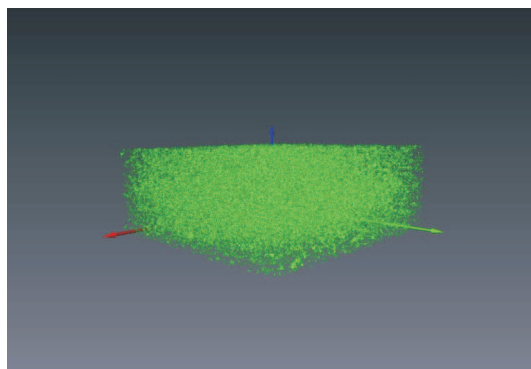
2. Temperatura, ciśnienie ±0,1%.

wykresach klasyfikacji procentowej udziału klas (rysunki 1–4) zauważalne jest zmniejszanie się ilości dużych przestrzeni (kolor fioletowy) na rzecz zwiększającej się ilości przestrzeni najmniejszych (kolory: żółty, niebieski, czerwony). Takie

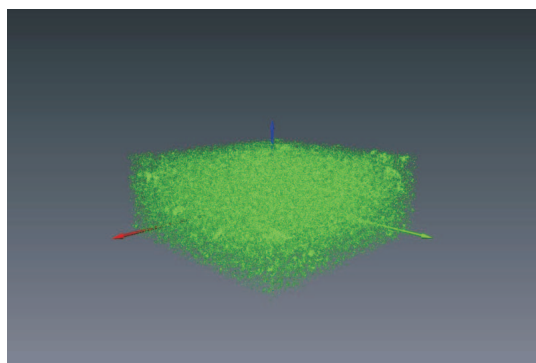
zachowanie próbki spowodowane jest coraz mocniejszym „upakowaniem” ziaren cementu oraz pozostałych dodatków i domieszek pod wpływem przyłożonego ciśnienia podczas hydratacji kamieni cementowych.



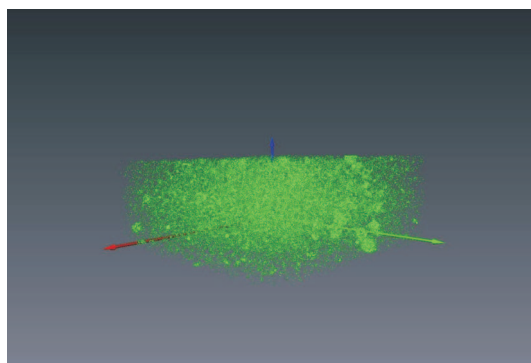
Fot. 6. Zawartość porów w próbce R 1
(Ciśn. 3 MPa/Temp. 25°C)



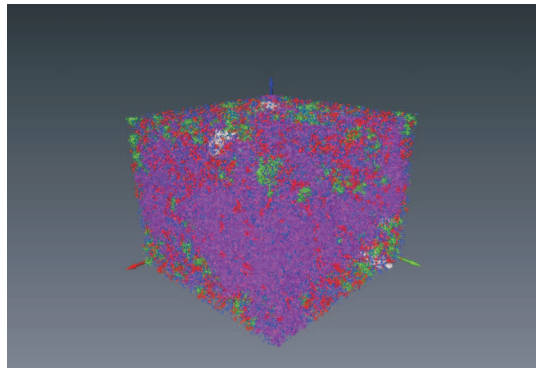
Fot. 7. Zawartość porów w próbce R 2
(Ciśn. 15 MPa/Temp. 40°C)



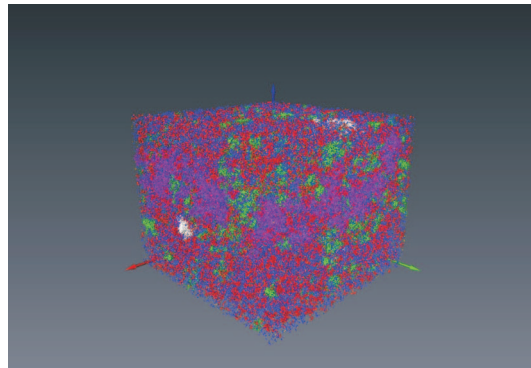
Fot. 8. Zawartość porów w próbce R 3
(Ciśn. 35 MPa/Temp. 60°C)



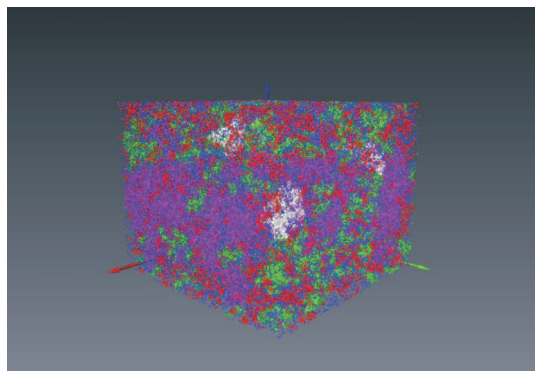
Fot. 9. Zawartość porów w próbce R 4
(Ciśn. 42 MPa/Temp. 80°C)



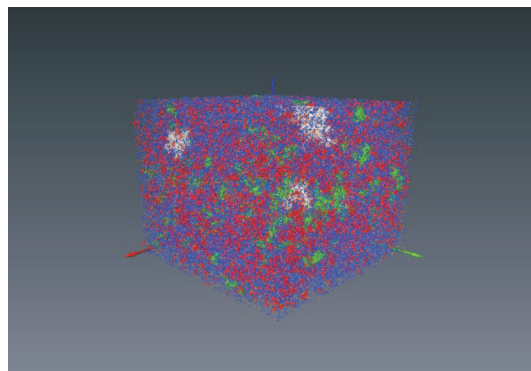
Fot. 10. Wizualizacja udziału klas objętościowych porów w próbce R 1 (Ciśn. 3 MPa/Temp. 25°C)



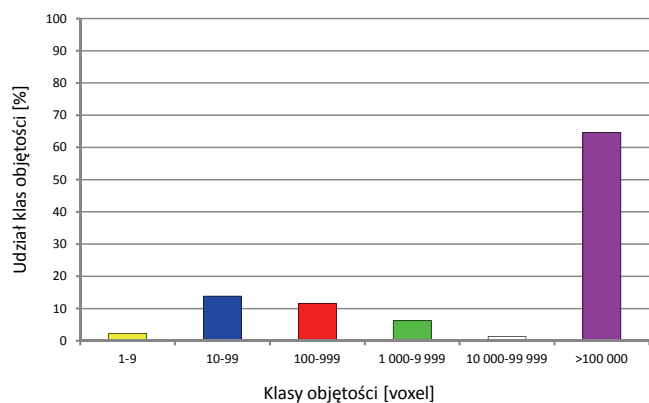
Fot. 11. Wizualizacja udziału klas objętościowych porów w próbce R 2 (Ciśn. 15 MPa/Temp. 40°C)



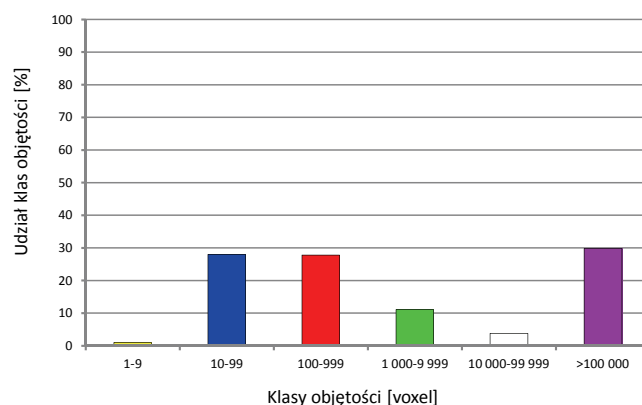
Fot. 12. Wizualizacja udziału klas objętościowych porów w próbce R 3 (Ciśn. 35 MPa/Temp. 60°C)



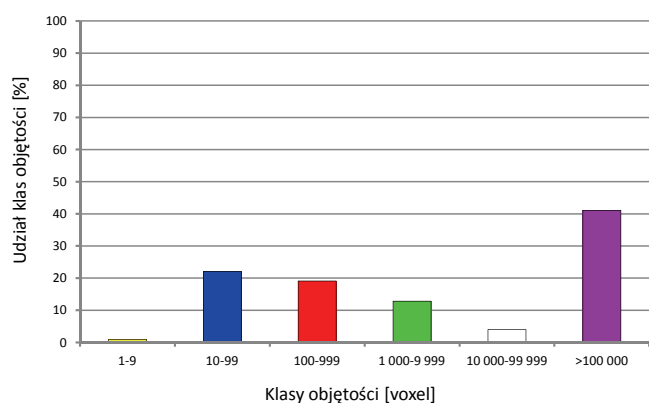
Fot. 13. Wizualizacja udziału klas objętościowych porów w próbce R 4 (Ciśn. 42 MPa/Temp. 80°C)



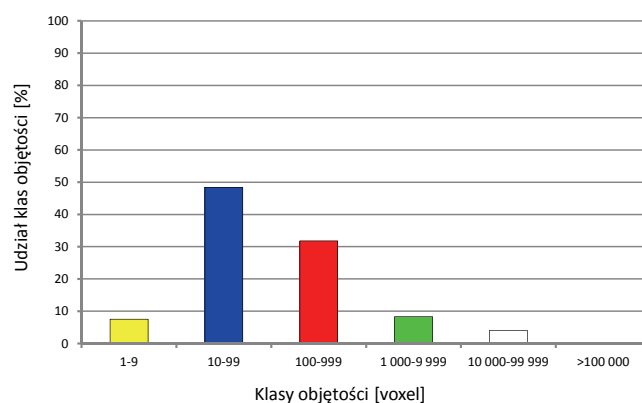
Rys. 1. Klasyfikacja procentowa udziału klas objętościowych porów – próbka R 1 (Ciśn. 3 MPa/Temp. 25°C)



Rys. 2. Klasyfikacja procentowa udziału klas objętościowych porów – próbka R 2 (Ciśn. 15 MPa/Temp. 40°C)



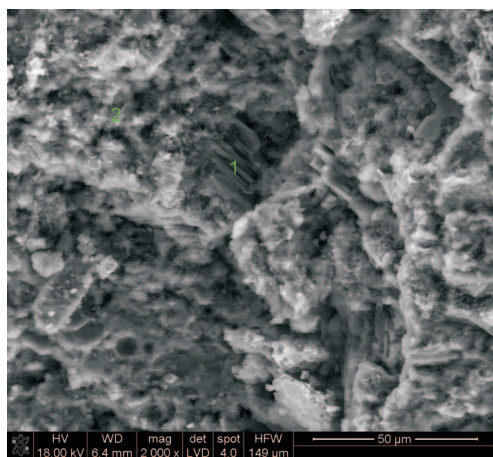
Rys. 3. Klasyfikacja procentowa udziału klas objętościowych porów – próbka R 3 (Ciśn. 35 MPa/Temp. 60°C)



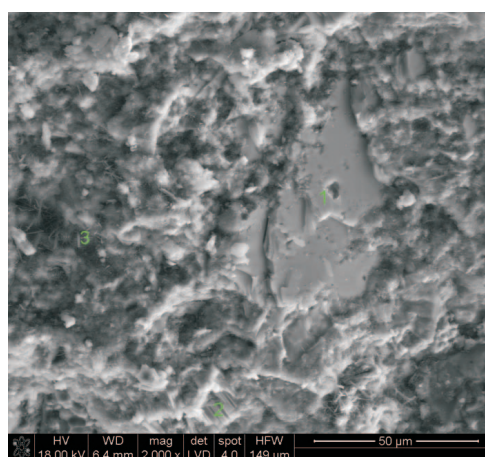
Rys. 4. Klasyfikacja procentowa udziału klas objętościowych porów – próbka R 4 (Ciśn. 42 MPa/Temp. 80°C)

Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań stwierdzono, że próbki hydratyzyjące w temperaturze od 25°C do 40°C i przy ciśnieniu 3 MPa do 15 MPa wykazują strukturę o niejednorodnej powierzchni przelamu oraz dużej ilości pozostałości po ziarnach. Natomiast próbki hydratyzyjące w warunkach: temperatura 60÷80°C, ciśnienie 35÷42 MPa posiadają powierzchnię bardziej równomierną o mniejszej ilości pustych przestrzeni. Struktura stwardniałych zaczynów

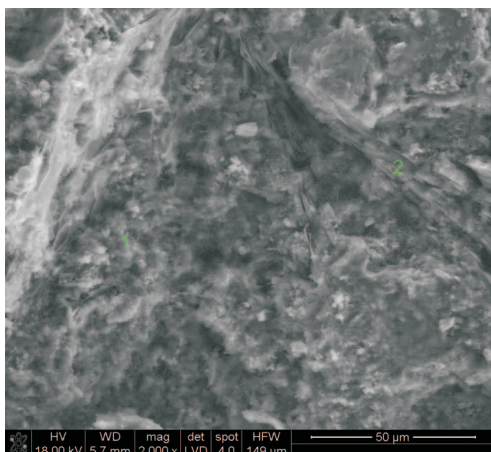
hydratyzyjących w temperaturach od 60°C do 80°C wykazuje znacznie mniej zwartą fazę CSH niż próbek hydratyzyjących w temperaturach 25÷40°C. Pod wpływem wzrostu ciśnienia i temperatury hydratacji w badanych próbkach widoczne jest przechodzenie fazy CSH z włóknistej w żelową. Powyższe zachowanie próbek potwierdza zmniejszanie porowatości mikrotomograficznej i tworzenie bardziej zwartej struktury wraz ze wzrostem ciśnienia i temperatury hydratacji próbki.



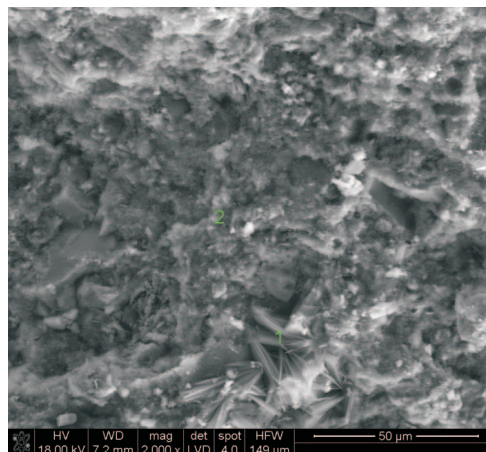
Fot. 14. Mikrostruktura przelamu próbki R 1 po 28 dniach hydratacji (Ciśn. 3 MPa/Temp. 25°C)



Fot. 15. Mikrostruktura przelamu próbki R 2 po 28 dniach hydratacji (Ciśn. 15 MPa/Temp. 40°C)



Fot. 16. Mikrostruktura przełamu próbki R 3 po 28 dniach hydratacji (Ciśn. 35 MPa/Temp. 60°C)



Fot. 17. Mikrostruktura przełamu próbki R 4 po 28 dniach hydratacji (Ciśn. 42 MPa/Temp. 80°C)

Badane próbki stwardniałych zaczynów uzyskanych z zaproponowanych receptur wykazują tendencję doszczelniania mikrostruktury matrycy pod wpływem wzrostu ciśnienia i temperatury hydratacji. Pozytywnym aspektem takiego

zachowania próbek jest zwiększona odporność na procesy migracji gazu oraz na przeciwdziałanie niszczeniu stwardniałego zaczynu pod wpływem samoistnego doszczelniania się jego mikrostruktury.

Podsumowanie

1. Stwardniałe zaczyny cementowe o określonej przestrzeni porowej, powstałe według receptur przeznaczonych do uszczelniania złóż gazowych, wykazują obniżenie współczynnika porowatości mikrotomograficznej pod wpływem wzrostu ciśnienia i temperatury deponowania próbek.
2. Zagęszczenie się mikrostruktury stwardniałego zaczynu związane jest ze zmniejszaniem się współczynnika porowatości mikrotomograficznej pod wpływem ciśnienia utwardzania próbki, co skutkuje obniżeniem przepuszczalności próbek.
3. Na podstawie doświadczeń uzyskanych w INiG – PIB stwierdzono, iż:
 - współczynnik porowatości mikrotomograficznej kamienia cementowego nie powinien przekraczać 25,0 [%],
4. Receptury zaczynów powinny być badane dla konkretnych warunków otworowych, a powstałe z nich stwardniałe zaczyny należy poddać analizie struktury przestrzeni porowej.
5. Wytypowane podczas badań składy i powstałe z nich stwardniałe zaczyny spełniały wymagania dla zaczynów przeciwdziałających migracji gazu i mogą być stosowane w otworach gazowych.
 - stwardniały zaczyn cementowy powinien charakteryzować się występowaniem małej ilości porów przyporządkowanych do wysokich klas (IV, V, VI), a ilość porów zakwalifikowanych do niskich klas (I, II, III) powinna być jak największa,
 - wymagane jest, aby stwardniały zaczyn posiadał możliwie jednolity szkielet próbki oraz miał jak najmniejszą ilość porów w wizualizacji struktury porów 3D.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2014, nr 12, s. 918–925

Artykuł nadesłano do Redakcji 7.10.2014 r. Zatwierdzono do druku 25.10.2014 r.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Badania przestrzeni porowej stwardniałych zaczynów cementowych przeciwdziałających migracji gazu za pomocą mikrotomografii rentgenowskiej* – praca INiG – PIB; nr zlecenia: 71/KW/2012; Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH nr 11.11.190.555 zadanie 2, 2000/2014; Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH nr 11.11.160.415/2014.

Literatura

- [1] Archie G. E.: *The electrical Resistivity Log as an Aid in Determining Some Reservoir Characteristics*. Transactions of American Institute of Mining and Metallurgical Engineers 1942, vol. 146.
- [2] Dohnalik M., Zalewska J.: *Korelacja wyników laboratoryjnych uzyskanych metoda rentgenowskiej mikrotomografii, jądrowego rezonansu magnetycznego i porozymetrii rtęciowej*. Nafta-Gaz 2013, nr 10, s. 735–743.
- [3] <http://kcimo.pl/pl/laboratorium/Laboratorium-Mikroskopii-Skaningowej-i-Mikroanalizy> (dostęp: 15.04.2014 r.).

- [4] Kaczmarczyk J., Dohnalik M., Zalewska J., Cnudde V.: *The interpretation of X-ray Computed Microtomography images of rocks as an application of volume image processing and analysis*. 18th International Conference on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision'2010 (WSCG 2010), 1–4 luty 2010, Pilzno, WSCG2010 Communication Papers Proceedings, pp. 23–30.
- [5] Kremieniewski M.: *Badania przestrzeni porowej stwardniałych zaczynów cementowych przeciwdziałających migracji gazu za pomocą mikrotomografii rentgenowskiej*. Praca niepubl., Kraków 2012.
- [6] Kremieniewski M.: *Wpływ warunków hydratacji na strukturę przestrzenną kamieni cementowych*. Nafta-Gaz 2013, nr 1, s. 51–56.
- [7] Lu S., Landis E. N., Keane D. T.: *X-ray microtomographic studies of pore structure and permeability in Portland cement concrete*. Materials and Structures 2006, 39, pp. 611–620.
- [8] Nelson B.: *Cementowanie otworów wiertniczych*. Schlumberger Educational Service, Houston, Texas 1990.
- [9] Rzepka M.: *Badanie odporności korozyjnej kamieni cementowych w warunkach działania plynów złożowych o zróżnicowanym składzie chemicznym*. Praca niepubl., Kraków 2011.
- [10] Zalewska J., Poszytek A., Dohnalik M.: *Wizualizacja i analiza przestrzeni porowej piaskowców czerwonego spagowca metoda rentgenowskiej mikrotomografii komputerowej (micro-CT)*. Prace INiG 2009, nr 161, s. 1–83.



Mgr inż. Marcin KREMIEŃIEWSKI
Asystent w Zakładzie Technologii Wiercenia,
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25A
31-503 Kraków
E-mail: kremieniewski@inig.pl



Prof. dr hab. inż. Stanisław STRYCZEK
Profesor zwyczajny.
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława
Staszica. Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu
al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków
E-mail: strzyczek@agh.edu.pl



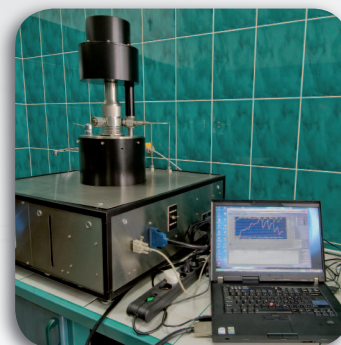
Dr inż. Łukasz KOTWICA
Adiunkt. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Sta-
nisława Staszica w Krakowie. Wydział Inżynierii
Materiałowej i Ceramiki. Katedra Technologii
Materiałów Budowlanych.
al. Mickiewicza 30. 30-059 Kraków
E-mail: lkotwica@agh.edu.pl

OFERTA

ZAKŁAD TECHNOLOGII WIERCENIA

Zakres działania:

- opracowywanie składów i technologii sporządzania płuczek wiertniczych, cieczy do dowiercania, opróbowania i rekonstrukcji odwiertów, zaczynów cementowych i mieszanin wiążących dla różnych warunków geologiczno-technicznych wiercenia;
- kompleksowe badania i ocena nowych rodzajów środków chemicznych, materiałów płuczkowych i wiążących, przeznaczonych do sporządzania i regulowania właściwości płuczek wiertniczych i zaczynów cementowych;
- pomiary parametrów technologicznych cieczy wiertniczych i kamienia cementowego w warunkach normalnej i wysokiej temperatury oraz ciśnienia;
- badania wpływu płuczek wiertniczych na przewiercane skały;
- dobór płuczek wiertniczych, zaczynów cementowych, cieczy buforowych w celu poprawy skuteczności cementowania otworów wiertniczych;
- badania serwisowe dla bieżących zabiegów cementowania;
- specjalistyczne badania laboratoryjne dotyczące oznaczania: współczynnika tarcia cieczy wiertniczych i napięcia powierzchniowego na granicy faz, czystości i temperatury krystalizacji solanek, typu emulsji, sedimentacji fazy stałej, efektywności wynoszenia zwiercin w otworach kierunkowych i poziomych oraz wyplukiwania osadów ilowych ze skał przed zabiegiem cementowania, odporności na migrację gazu w wiążącym zaczynie cementowym w warunkach otworopodobnych, wczesnej wytrzymałości na ściskanie kamienia cementowego, odporności korozyjnej kamienia cementowego w różnym środowisku złożowym, porowatości oraz przepuszczalności dla gazu kamienia cementowego i skał, zawartości związków chemicznych w cieczach wiertniczych, stopnia toksyczności środków chemicznych i cieczy wiertniczych przy użyciu bakterii bioindykatorów;
- badania właściwości fizyczno-mechanicznych skał pod kątem ich zwiercalności.



Kierownik: dr inż. Małgorzata Uliasz
Adres: ul. Armii Krajowej 3, 38-400 Krosno
Telefon: 13 436-89-41 w. 5219
Faks: 13 436-79-71
E-mail: malgorzata.uliasz@inig.pl

