

Marcin Rzepka

*Instytut Nafty i Gazu, Oddział Krosno*

## Zaczyny cementowe o wysokiej elastyczności kamienia cementowego

### Wprowadzenie

Ostatnio coraz częściej firmy naftowe w naszym kraju zaczynają interesować się nowymi rodzajami zaczynów uszczelniających, jakimi są cementy elastyczne.

Elastyczność w przypadku cementów wiertniczych jest definiowana jako zdolność do przejmowania przez stwardniałe cementy takiego kształtu, by zapełniały one przestrzeń pierścieniową poza orurowaniem w odwiercie, bez skutków długookresowego skurczu i wynikającej z niego migracji płynów złożowych. Problemy takie mogą pojawić się wówczas, gdy w stwardniałej powłoce cementowej wystąpią spękania skurczowe i mikropierścienie, przy czym cementowana powłoka zostaje odspojona od rury okładzinowej lub formacji skalnej. Izolacja strefowa jest zatem kluczową właściwością wymaganą od stwardniałej powłoki cementowej w przestrzeni pierścieniowej.

Kiedy dobiera się odpowiedni skład zaczynu cementowego, mający zapewnić przedzielenie stref przez cały okres „życia” odwiertu, podstawowymi parametrami, które muszą być brane pod uwagę są powiązane ze sobą parametry mechaniczne rur okładzinowych, cementu i formacji skalnej. Przy projektowaniu składu zaczynu kluczową właściwością jest elastyczność, gdyż pozwala ona by stwardniały zaczyn mógł wytrzymać takie zabiegi zachodzące w odwiercie jak: próby ciśnieniowe, roboty perforacyjne, operacje intensyfikujące wydobywanie, eksploatację oraz wtłaczanie i wytlaczanie gazu (w przypadku

PMG). Wysoka elastyczność stwardniałego zaczynu może zapobiec pękaniu i skurczowi – co jest konieczne dla wyeliminowania zjawiska migracji gazów i wnikanía płynów złożowych, które mogą zniszczyć powłokę cementową.

Do głównych plastycznych mieszanek cementowych stosowanych na świecie można zaliczyć [1, 2, 3, 4]:

- elastyczne zaczyny cementowe o zaprojektowanym rozkładzie ziaren, zawierające odpowiednie wypełniacze stałe (rozdrobione gumy, włókna metalowe lub polimerowe),
- zaczyny lateksowe o dużej plastyczności,
- mieszanki pęczniące, zawierające dodatek wywołujący dodatnie zmiany objętościowe w czasie wiązania,
- mieszanki na bazie płuczki wiertniczej z udziałem wypełniaczy, takich jak: mielony granulowany żużel wielkopiecowy, popiół lotny i inne,
- mieszanki cementowe na bazie kompozycji cementu glinowego i cementu fosforanowego.

Plastyczne mieszanki cementowe (tzw. „cementy elastyczne”) mogą zawierać włókna albo rozdrobnioną gumę i być jednocześnie „wzmacniane” – np. przez dodanie lateksu oraz środka wywołującego pęcznienie. Elastyczne cementy mogą być zastosowane zarówno w przypadku konwencjonalnych kolumn rur okładzinowych lub kolumn rur traconych, jak i w otworach przeznaczonych dla potrzeb podziemnych magazynów gazu.

### Elastyczne mieszanki zaczynu cementowego stosowane na świecie

Elastyczne zaczyny cementowe mają odpowiednio dobrany rozkład wielkości ziaren, w których puste miejsca przestrzenne są uszczelniane odpowiednimi, stałymi wy-

pełniaczami. Daje to większy objętościowy współczynnik upakowania cząsteczek cementu – niezależnie od gęstości zawiesiny (cząsteczki z różnych frakcji zostały wybrane

tak, by zapewnić ich bardziej szczelne, wspólne upakowania). Takie zaczyny zawierają zatem więcej substancji stałych i mniej cieczy niż konwencjonalne receptury cementów wiertniczych – co zwiększa ich wytrzymałość na rozciąganie i zginanie, zmniejsza porowatość i przepuszczalność oraz zwiększa odporność na wstrząsy.

Wypełniaczami mogą być zmielone cząsteczki gumy o małej gęstości (około  $1,2 \text{ g/cm}^3$ ), o wielkości ziaren w zakresie  $40\div 60$  oczek na cal. Guma ta może być stosowana do cementów klasy A, B, C, G i H, mieszanin cementu portlandzkiego z gipsem (w niskich temperaturach) lub mieszanin cementu z krzemionką – w postaci mączki (dla wyższych temperatur). Zmielone gumy będą się dopasowywały do pustych przestrzeni w stwardniałym zaczynie cementowym o ściśle ustalonym rozkładzie ziaren (literatura podaje ich zakres jako  $250\div 400 \mu\text{m}$ ). Mieszanka cementowa może być wzmocniona przez dodanie do cementu włókien polipropylenowych o długości  $5\div 15$  mm. Ich użycie jest korzystne ze względu na zmniejszenie wytrzymałości cementu na ściskanie, spowodowane użyciem gumy. Elastyczne mieszanki cementowe są na naszym rynku bardzo drogie, natomiast za granicą stosują je m.in. firmy Schlumberger, Halliburton oraz BJ Services.

Cementy lateksowe są mieszaninami lateksu i cementu. Podczas twardnienia zaczynu cementowego cząsteczki lateksu zajmują przestrzenie porów – w ten sposób zmniejszając skłonność do skurczu i występowania innych przyczyn mikrospekkań. Lateksy składają się z polimerów emulsyjnych, zwykle dostarczanych jako mleczne zawiesiny bardzo małych cząstek kulistych (o średnicy około  $200\div 500 \text{ nm}$ ), które mogą zatykać niewielkie pory w matrycy cementowej. Zawiesiny o dużej zawartości (ok. 20%) lateksu KBS (kauczuku butadienowo-styrenowego) powodują zwiększenie plastyczności stwardniałych powłok cementowych w uszczelnianych odwiertach.

Najważniejsze zalety cementów lateksowych w porównaniu z cementami klasycznymi to:

- wyższa elastyczność,
- wyższa wytrzymałość na zginanie i rozciąganie,
- większa odporność na pęknięcie i przyczepność do skały,

- mniejsza przepuszczalność i porowatość,
- mniejszy skurcz,
- ograniczenie migracji gazu i zmniejszona filtracja zaczynu,
- korzystne właściwości reologiczne,
- krótki czas pomiędzy początkiem i końcem gęstnienia zaczynu (pomiędzy uzyskaniem konsystencji 30 i 100 Bc).

Zastosowanie cementów elastycznych przy uszczelnianiu otworu wiertniczego jest korzystne z uwagi na szereg czynników sprzyjających powstawaniu naprężeń, które mogą spowodować uszkodzenia płaszcza cementowego. Czynniki te zestawiono w tablicy 1 [1].

Tablica 1.

Proces	Czynnik sprzyjający
Hydratacja cementu	Skurcz
Próba ciśnieniowa	Ciśnienie
Wykańczanie odwiertu	Ciśnienie i temperatura
Szczelinowanie hydrauliczne	Ciśnienie i temperatura
Otrzymywanie węglowodorów	Ciśnienie i temperatura
Wtłaczanie cieczy	Temperatura
Ruch górotworu	Obciążenie
Roboty perforacyjne	Fala uderzeniowa
Późniejsze wiercenie	Fala uderzeniowa

Zabezpieczenie otworu wiertniczego przed szeregiem ww. czynników może być uzyskane poprzez zastosowanie w zabiegu uszczelniania rur cementu elastycznego.

W materiałach firmy Halliburton [2] można znaleźć informacje na temat cementu elastycznego Elasticem. Oferowany przez tę firmę gotowy produkt może posiadać gęstość od ok.  $0,9$  do  $2,6 \text{ g/cm}^3$  oraz odpowiednio niską reologię i filtrację (ok.  $15\div 100 \text{ cm}^3/30$  minut). Kamień cementowy po związaniu nie wykazuje skurczu i posiada wytrzymałość na ściskanie rzędu  $500\div 5000 \text{ psi}$  ( $3,5\div 35 \text{ MPa}$ ). Szybkie narastanie statycznej wytrzymałości strukturalnej pozwala zminimalizować ryzyko dopływu gazu do przestrzeni pierścieniowej. Moduł Younga elastycznego kamienia cementowego wynosi od  $2\cdot 10^6 \text{ psi}$  do  $0,2\cdot 10^6 \text{ psi}$  ( $13,7\div 1,37 \text{ GPa}$ ).

### Stosowane w kraju zaczyny cementowe do uszczelniania rur w podziemnych magazynach gazu

Specyficzna praca podziemnego magazynu gazu, która polega na cyklicznym zatłaczaniu (latem) i pobieraniu (zimą) medium gazowego ze złoża, wymaga użycia specjalnego rodzaju zaczynu cementowego, zapewniającego właściwe uszczelnienie przestrzeni pierścieniowej. Zaczyn taki, najogólniej rzecz biorąc, powinien być nieprzepusz-

czalny dla gazu, posiadać dodatkowo zmiany objętościowe oraz tzw. właściwości elastyczne.

W ostatnich latach zabiegi cementowania wykonywane na PMG Wierzchowice przez firmę Schlumberger prowadzone były przy użyciu cementu elastycznego FlexSTONE, na 20-proc. solance NaCl z dodatkami środków przeciw-

piennych – obniżających filtrację, opóźniających czas wiązania cementu i wywołujących pęcznienie (cena 1 m<sup>3</sup> takiego środka jest kilkukrotnie wyższa od ceny standardowego zaczynu cementowego stosowanego przez polskie serwisy cementacyjne). Temperatura dynamiczna podczas prowadzenia prac cementacyjnych na PMG Wierzchowice wynosi około 40°C, a ciśnienie – ok. 20 MPa.

W kawernowym PMG Mogilno podczas cementowania otworów używane były zaczyny cementowe o pełnym zasoleniu (wodą zarobową była solanka NaCl o gęstości

1,2 g/cm<sup>3</sup>), z dodatkami przeciwpieennymi, antyfiltracyjnymi, upłynniającymi i wywołującymi pęcznienie oraz z dodatkiem 8÷10% gipsu modelowego. Podczas cementowania otworów używano cementu klasy G HSR (z cementowni Rejowiec). W ostatnich otworach (Mogilno Z-17 i Z-16) do receptur dodawano również mikrocement. Temperatura dynamiczna podczas prowadzenia prac cementacyjnych na PMG Mogilno wynosiła (w zależności od otworu) około 30÷45°C, a ciśnienie na dnie otworu wiertniczego – ok. 15÷20 MPa.

### Właściwości elastyczne materiałów

Właściwości elastyczne ciał stałych można scharakteryzować m.in. przez takie parametry jak moduł Younga i współczynnik Poissona.

Moduł Younga ( $E$ ) – inaczej moduł odkształcalności liniowej albo moduł sprężystości podłużnej – to wielkość określająca sprężystość materiału. Wyraża ona zależność względnego odkształcenia liniowego  $\varepsilon$  danego materiału od naprężenia  $\sigma$ , jakie w nim występuje w zakresie odkształceń sprężystych.

Jednostką modułu Younga jest Pascal, czyli N/m<sup>2</sup>.

$$E = \sigma/\varepsilon$$

Tablica 2. Przykładowe wartości modułu Younga dla materiałów

Materiał	Moduł Younga ( $E$ ) [GPa]
Guma	0,01÷0,10
Ołów	16
Beton	ok. 27
Miedź	100÷115
Diamant (C)	1050÷1200

Współczynnik Poissona ( $\nu$ ) jest stosunkiem odkształcenia poprzecznego do odkształcenia podłużnego, przy osiowym stanie naprężenia. Współczynnik Poissona jest wielkością bezwymiarową i nie określa sprężystości materiału, a jedynie sposób w jaki się on odkształca.

Jeżeli w przypadku materiału izotropowego w rozpatrywanym punkcie ciała wyróżnimy kierunek  $m$  i jeżeli w tym punkcie jedynie naprężenie  $\sigma_m \neq 0$  (zaś pozostałe składowe naprężenia są równe zero), to współczynnik Poissona:

$$\nu = \varepsilon_n/\varepsilon_m$$

gdzie:

$\varepsilon$  – odkształcenie,

$n$  – dowolny kierunek prostopadły do  $m$ .

Tablica 3. Przykładowe wartości współczynnika Poissona dla materiałów

Materiał	Współczynnik Poissona
Guma	~ 0,50
Miedź	0,33
Beton	0,20
Szkoło	0,18÷0,3
Korek	~ 0,00

Na podstawie badań opublikowanych w „Pracy IGNiG nr 90” pod redakcją M. Ciechanowskiej, zatytułowanej „Wpływ dodatków do zaczynów cementowych na ocenę skuteczności cementowania rur okładzinowych” (Kraków 1997), pokazano przykładowy wynik – uzyskany dla zaczynu na bazie cementu Rejowiec-35 z dodatkami, o współczynniku w/c = 0,55, zarobianego 3-proc. roztworem KCl, który zawierał:

- 0,2% dodatku odpieniającego,
- 2,0% przyspieszacza wiązania,
- 0,2% plastyfikatora,
- 0,2% dodatku spęczniającego.

Parametry tego roztworu (w temperaturze badania 35°C) zamieszczono w tablicy 4.

Jak widać, moduł Younga „czystego” (nieelastycznego) kamienia cementowego badanego w INiG wyniósł ok. 16 GPa, a współczynnik Poissona – 0,23.

Elastyczne kamienie cementowe, które opracowano w INiG w 2010 roku i opisano w dalszej części artykułu, cechują się wyraźnie mniejszymi (niż zaczyny „czyste”) wartościami modułu Younga oraz wyższymi wartościami współczynnika Poissona, co powinno zagwarantować ich przydatność do uszczelniania rur okładzinowych podczas zabiegów cementacyjnych wykonywanych na PMG.

Tablica 4. Parametry kamienia cementowego

Prędkość przechodzenia fali		Gęstość		Współczynnik porowatości $K_p$ [%]	Moduł Younga $E_d$ [GPa]	Współczynnik Poissona $\nu_d$
podłużnej $V_p$ [m/s]	poprzecznej $V_s$ [m/s]	właściwa $\gamma_w$ [kg/m <sup>3</sup> ]	objętościowa $\gamma_o$ [kg/m <sup>3</sup> ]			
3449	2043	2210,4	1535,2	30,54	15,8	0,23

### Badania laboratoryjne zaczynów cementowych

W badaniach laboratoryjnych do sporządzania zaczynów cementowych wykorzystano następujące materiały:

- cement plastyczny (CEMPLAST) – opracowany w INiG (mieszanina cementu, granulatu i włókna polipropylenowego),
- mikrocement – cement portlandzki mielony w młynie strumieniowym (zawartość  $C_3A$  w klinkierze ok. 10÷11%, powierzchnia właściwa ok. 1200 m<sup>2</sup>/kg),
- gips modelowy,
- dodatki regulujące parametry zaczynu cementowego:
  - lateks (środek zapobiegający migracji gazu),
  - stabilizator lateksu,
  - upłynniające,
  - regulujące wiązanie,
  - zmniejszające filtrację,
  - wywołujące pęcznienie,
  - odpiniające.

Badania laboratoryjne mające na celu opracowanie składów zaczynów cementowych do warunków wysokich temperatur i ciśnień złożowych były wykonywane w Zakładzie Technologii Wiercenia INiG Oddział Krosno zgodnie z normami: PN-EN 10426-2 *Przemysł naftowy i gazowniczy – Cementy i materiały do cementowania otworów – część 2: Badania cementów wiertniczych*, PN-85/G-02320 *Cementy i zaczyny cementowe do cementowania w otworach wiertniczych* oraz API SPEC 10 *Specification for materials and testing for well cements*. W Laboratorium Geofizycznych Parametrów Skał i Płynów Złożowych INiG w Krakowie wykonano oznaczanie modułu Younga i współczynnika Poissona.

Zaczyny zarabiano wodą zasoloną chlorkiem sodu (przy pełnym nasyceniu oraz w ilości 20% bwow), a tak-

że wodą wodociągową. Środek odpiniający dodawano do wody zarobowej. Upłynnierz również dodawano do wody zarobowej, a w razie potrzeby – także do zaczynu cementowego. Do niektórych receptur wprowadzano lateks. Pozostałe środki, tzn. regulujące filtrację oraz czasy gęstnienia i wiązania, dodawano w kolejności przedstawionej w tablicach 5 a-c, zamieszczonych w dalszej części tej pracy. Gips dodawano na końcu procesu mieszania zaczynu cementowego (po wprowadzeniu wszystkich składników oraz suchego cementu plastycznego).

Po sporządzeniu zaczynu cementowego wykonywano badania parametrów reologicznych oraz określano gęstość i rozlewność. Regulowanie reologii zaczynów cementowych realizowano przy zastosowaniu upłynniaczy. Mierzono odstój wody oraz czas gęstnienia zaczynu (oznaczano wartości 30 Bc i 100 Bc). Po przeanalizowaniu wyników, do badań filtracji i parametrów kamienia cementowego wytypowano wybrane receptury. Dla kamienia cementowego wykonywano oznaczenia: wytrzymałości na ściskanie, przyczepności do rur stalowych oraz przepuszczalności dla gazu, a także oznaczono wartości modułu Younga i współczynnika Poissona.

Podczas opracowywania receptur kierowano się wymaganiami jakie powinien spełniać elastyczny zaczyn cementowy, aby w podziemnych magazynach gazu zapewnić sprawne wykonanie zabiegu cementowania i skuteczne uszczelnienie rur okładzinowych. Zwracano więc uwagę głównie na to, by stwardniały kamień cementowy posiadał dobre właściwości elastyczne, a zaczyn nie miał zbyt dużych lepkości, posiadał dobrą przetłaczalność, wiązał przed upływem 24 godzin oraz posiadał zerowy odstój wody.

### Receptury zaczynów cementowych proponowane do zastosowania przemysłowego

Na podstawie przeprowadzonych w INiG w Krośnie badań laboratoryjnych wytypowano ramowe składy zaczynów cementowych, proponowane do zastosowania w warunkach przemysłowych do uszczelniania rur w podziemnych magazynach gazu.

W tablicach 5a, 5b i 5c oraz na rysunkach 1 i 2 zamieszczono składy, a także wyniki badań elastycznych zaczynów cementowych (cem I – cem VI). Były one zarabiane:

- na solance o pełnym nasyceniu (gdzie ciężar solanki

wynosił  $1,2 \text{ g/cm}^3$  – dla warunków zbliżonych do panujących na PMG Mogilno),

- na 20-proc. solance NaCl (dla warunków zbliżonych do panujących na PMG Wierzchowice),
- na wodzie wodociągowej (zaczyny cementowo-lateksowe).

Zaczyny te mogą być zaproponowane do użycia w warunkach otworowych, jednak należy zaznaczyć, iż konkretny zaczyn należy dobierać ściśle do danych warunków geologiczno-złożowych panujących w otworze, w zależności od temperatury dynamicznej oraz występującego gradientu ciśnienia złożowego i szczelinowania.

#### Ramowe składy elastycznych zaczynów cementowych proponowanych do zastosowania w przemyśle krajowym

Tablica 5a. Zaczyn proponowany na obszar wysadu solnego (pełne zasolenie NaCl), np. obszar KPMG Mogilno

Ramowy skład zaczynu [%] temp. 40°C, ciśn. 22 MPa	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$P_w$ i $K_w$ [h]	$W_{S_{28}}$ [MPa]	$E_d$ [GPa]	$\nu$ [-]
Solanka o gęstości $1,2 \text{ g/cm}^3$ , w/c = 0,6 Odpieniacz – ok. 0,5% Upłynniacz – ok. 0,3% Środek zmniejszający filtrację – ok. 1% Mikrocement – ok. 5% CEMPLAST – 100% Gips modelowy – ok. 8% Środek na pęcznienie – ok. 0,3%	1850	$P_w$ : ponad 6 h $K_w$ : poniżej 22 h	15,5	8,2	0,37

Tablica 5b. Zaczyn zarabiany na 20-proc. solance NaCl, np. obszar PMG Wierzchowice

Ramowy skład zaczynu [%] temp. 60°C, ciśn. 25 MPa	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$P_w$ i $K_w$ [h]	$W_{S_{28}}$ [MPa]	$E_d$ [GPa]	$\nu$ [-]
Woda, w/c = 0,55 Odpieniacz – ok. 1% Upłynniacz – ok. 0,3% Środek zmniejszający filtrację I – ok. 0,5% Środek zmniejszający filtrację II – ok. 0,3% NaCl – 20% bwow Mikrocement – ok. 15% CEMPLAST – 100% Środek na pęcznienie – ok. 0,3%	1870	$P_w$ : ponad 6 h $K_w$ : poniżej 22 h	19,3	9,8	0,32

Tablica 5c. Zaczyn zarabiany na wodzie wodociągowej

Ramowy skład zaczynu [%] temp. 40°C, ciśn. 22 MPa	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$P_w$ i $K_w$ [h]	$W_{S_{28}}$ [MPa]	$E_d$ [GPa]	$\nu$ [-]
Woda, w/c = 0,52 Odpieniacz – ok. 1% Upłynniacz – ok. 0,2% Środek zmniejszający filtrację – ok. 0,2% Stabilizator lateksu – 2% Lateks – 10% Mikrocement – ok. 20% CEMPLAST – 100% Środek na pęcznienie – ok. 0,3%	1730	$P_w$ : ponad 6 h $K_w$ : poniżej 22 h	15,2	9,7	0,35

Oznaczenia:

$\rho$  – gęstość zaczynu cementowego,

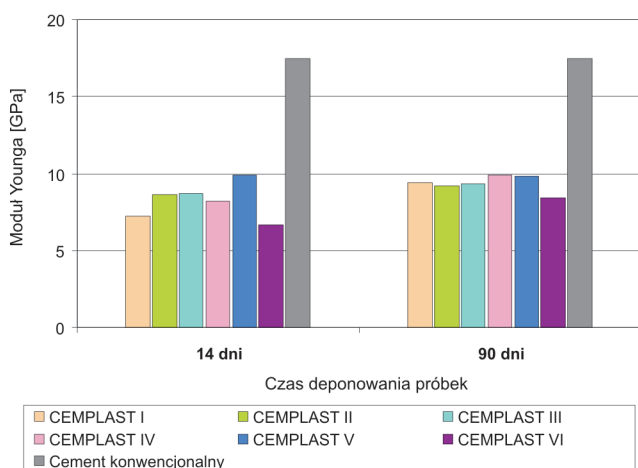
$P_w$  i  $K_w$  – początek i koniec wiązania zaczynu,

$W_{S_{28}}$  – wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach,

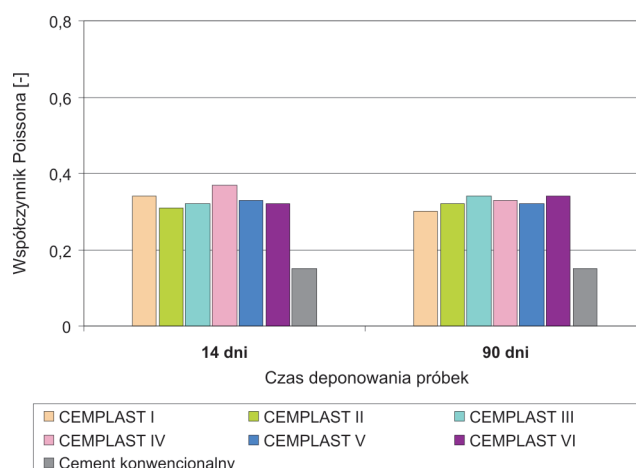
$E_d$  – moduł Younga,

$\nu$  – współczynnik Poissona.





Rys. 1. Moduły Younga próbek kamieni cementowych



Rys. 2. Współczynnik Poissona próbek kamieni cementowych

### Podsumowanie

1. W ramach niniejszej pracy w Instytucie Nafty i Gazu opracowano receptury elastycznych zaczynów uszczelniających na bazie cementu CEMPLAST, dla temperatury dynamicznej ok. 40÷60°C i ciśnien ok. 20÷25 MPa. Zaczyny te zarabiane były solanką NaCl o pełnym nasyceniu (ciężar 1,2 g/cm<sup>3</sup>), a także 20-proc. solanką NaCl i wodą wodociągową.
2. Parametry technologiczne opracowanych elastycznych zaczynów cementowych można z powodzeniem regulować dodatkami powszechnie stosowanymi w krajowym wiertnictwie.
3. Po dobraniu odpowiednich środków upłynniających, opracowane zaczyny cementowe charakteryzują się dobrymi parametrami reologicznymi (plastyfikatory dodawano w zależności od potrzeb, w ilości ok. 0,3%).
4. Czasy gęstnienia opracowanych zaczynów cementowych wynoszą ok. 3÷5 godzin.
5. Filtracje zaczynów wynoszą ok. 40÷60 cm<sup>3</sup>/30 min., a opracowane zaczyny posiadają zerowy odstój wody.
6. Parametry sprężyste kamieni cementowych powstałych z opracowanych zaczynów są zbliżone do parametrów jakie uzyskano dla receptur pochodzących z zachodnich firm naftowych.
7. Moduły Younga opracowanych stwardniałych zaczynów cementowych wynoszą ok. 8÷9 GPa, a współczynniki Poissona – ok. 0,32÷0,37. W porównaniu z „cementem tradycyjnym” (dla którego moduł Younga wynosi ok. 15 GPa) można zatem mówić o zwiększonej elastyczności opracowanych receptur.
8. Kamienie cementowe powstałe po związaniu opracowanych zaczynów są nieprzepuszczalne dla gazu (0,00 mD) i cechują się dobrymi parametrami mechanicznymi – po 28 dniach hydratacji ich wytrzymałość na ściskanie osiąga wartość ok. 15÷20 MPa, a po takim samym okresie przyczepność kamienia cementowego do rur stalowych wynosi ok. 5÷8 MPa).
9. Opracowane receptury zaczynów mogą znaleźć zastosowanie w procesie cementowania kolumn rur okładzinowych w warunkach panujących na podziemnych magazynach gazu, na głębokościach od kilkuset do ok. 2000 metrów.
10. Receptury zaczynów z dodatkiem cementu plastycznego są przedmiotem zgłoszenia patentowego Nr P. 391133.

Artykuł nadesłano do Redakcji 4.11.2010 r. Przyjęto do druku 13.01.2011 r.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Józef Raczkowski

### Literatura

- [1] Bensted J.: *Oilwell Cements. Part. 3 Ductile Oilwell Cement Compositions for Better Long Term Durability*. Cement-Wapno-Beton nr 1, 2005.
- [2] ElastiCem – Resilient Slurry Systems. Materiały firmy Halliburton, USA 2008.
- [3] <http://www.halliburton.com/>

- [4] <http://www.slb.com/>
- [5] Kątna Z., Rzepka M. i in.: *Opracowanie receptur zaczynu cementowego dla otworu Mogilno Z-15*. Praca naukowo-badawcza wykonana na zlecenie firmy INVESTGAS S.A. w Warszawie, Kraków 2009.
- [6] Nalepa J.: *Problemy związane z cementowaniem głębokich otworów wiertniczych*. Sympozjum Naukowo-Techniczne, Cementy w budownictwie, robotach wiertniczych i inżynierskich oraz hydrotechnice, Piła-Płotki 2001.
- [7] Nelson E.B.: *Well Cementing*. Schlumberger Educational Service, Houston, Texas, USA 1990.



Dr inż. Marcin RZEPKA – absolwent AGH w Krakowie. Pracownik Instytutu Nafty i Gazu Oddział w Krośnie. Zajmuje się zagadnieniami związanymi z doбором i opracowaniem składów zaczynów cementowych o zróżnicowanych właściwościach technologicznych dla różnorodnych warunków złożowych oraz badaniami testującymi parametry świeżych i stwardniałych zaczynów cementowych.



# EXPO-GAS 2011

VI Targi Techniki Gazowniczej

13-14.04.2011, Kielce

**TargiKielce**

EXHIBITION & CONGRESS CENTRE

- atrakcyjny program
- konferencje i seminaria

- liczni przedstawiciele branży

Patronat Medialny:

gigawatt

energia

NOWOCZESNE  
TECHNOLOGIE

**Ri**  
RYNEK INSTALACYJNY

Foto: Piotr Mierzwa

ORGANIZATORZY:



[www.igg.pl](http://www.igg.pl)

**TargiKielce**  
EXHIBITION & CONGRESS CENTRE

[www.expo-gas.pl](http://www.expo-gas.pl)

Targi Kielce S.A., 25-672 Kielce, ul. Zakładowa 1

Dyrektor Produktu - Anna Prędoła

tel. 41 365 12 31, fax 41 345 62 61, tel. kom. 606 447 412, e-mail: [predota.a@targikielce.pl](mailto:predota.a@targikielce.pl)