

Marcin Kremieniewski

Instytut Nafty i Gazu, Oddział Krosno

Lekkie zaczyny cementowe do uszczelniania technicznych kolumn rur okładzinowych

Wprowadzenie

Zróżnicowane w otworze wiertniczym warunki, określone budową geologiczną przewierczanych warstw oraz głębokością otworu, wymuszają stosowanie charakterystycznych materiałów wypełniających, dających zaczyny o własnościach odpowiadających konkretnym warunkom cementowania.

Do zaczynów takich należą zaczyny o obniżonej gęstości, które stosuje się w przypadku:

- konieczności podniesienia cementu w przestrzeni porażkowej na dużą wysokość,
- podczas przewiercania profilu geologicznego, w którym występują skały chłonne,
- w trakcie wiercenia w profilu skał słabozwężnych oraz poziomach produktywnych o niskim ciśnieniu złożowym (wylimowanie ucieczek cementu w słabsze strefy).

Zaczyny o obniżonej gęstości otrzymuje się dzięki wprowadzeniu do mieszaniny lekkich dodatków mineralnych lub surowców odpadowych.

W technologii uszczelniania technicznej kolumny rur okładzinowych stosuje się zaczyny cementowe o obniżonej gęstości (poniżej $1,8 \text{ g/cm}^3$). W celu zmniejszenia gęstości wykorzystywane są różnego rodzaju wypełniacze. W przypadku zmniejszenia gęstości zaczynu cementowego obniża się ciśnienie hydrostatyczne w czasie cementowania, co zapobiega ucieczkom cementu w strefy chłonne.

Najczęściej stosowanymi dodatkami są wypełniacze zbudowane z cząsteczek o wiele lżejszych niż ziarna cementu; do dodatków takich można zaliczyć: perlit, sproszkowany węgiel, gilsonit i ceramiczną bądź szklaną mikrosferę.

Badania laboratoryjne

Badanie mające na celu opracowanie zaczynu cementowego o obniżonej gęstości do uszczelniania technicznych kolumn rur okładzinowych przeprowadzono w Laboratorium Zaczynów Uszczelniających Zakładu Technologii Wiercenia INiG Oddział Krosno, zgodnie z normami: PN-85/G-02320 „*Cementy i zaczyny cementowe do cementowania w otworach wiertniczych*”; PN-EN 01426-2 „*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*”.

Podczas opracowywania receptury zaczynu kierowano się wymaganiami, jakim powinien odpowiadać lekki zaczyn uszczelniający stosowany do uszczelniania technicznych

kolumn rur okładzinowych. W tym celu zaczyn poddano odciążeniu za pomocą mikrosfer – tak, aby uzyskać gęstość ok. $1,6 \text{ g/cm}^3$. Oprócz podstawowego parametru, którym jest gęstość, zwracano również uwagę na czas gęstnienia. W przypadku lekkiego zaczynu optymalne jest osiągnięcie początku czasu gęstnienia (30 Bc) po ok. 3 godzinach, natomiast końca czasu gęstnienia (100 Bc) – po ok. 5 godzinach. Zaczyn sporządzano na wodzie zarobowej o zasoleniu 20% oraz 10% – w przypadku zaczynów z dodatkiem lateksu. Zaczyn poddany był również modyfikacji pod kątem właściwości reologicznych, aby uzyskać wartości:

- lepkość plastyczną ok. $60\text{--}90 \text{ mPa} \cdot \text{s}$,
- granicę płynięcia 2–5 Pa,
- wytrzymałość strukturalną 2–10 Pa.

Zaczyny sporządzano według określonej w INiG receptury; podobnej do stosowanych przez serwisy cementacyjne. Wodą zarobową była woda wodociągowa. Sporządzając zaczyn zastosowano dodatek bentopolu, w celu wytworzenia w wodzie zarobowej zawiesiny. Dzięki temu podwyższona została wiskoza i wytrzymałość strukturalna, co wiąże się z możliwością utrzymywania fazy stałej (frakcje o różnych ciężarach utrzymują się w zaczynie). Materiałem wiążącym podczas badań był cement portlandzki CEM I 32,5 R oraz cement wiertniczy GHSR. Badanie czasu gęstnienia przeprowadzono w temperaturze 80°C oraz ciśnieniu 40 MPa, a czas dojścia do temperatury wynosił 120 minut.

Podczas badań wytypowano cztery składy, o zawartości: 5%, 10%, 15% oraz 20% mikrosfer, które odpowiadały wymaganiom lekkiego zaczynu do uszczelniania technicznych kolumn rur okładzinowych. Składy zaczynów przedstawiono w tabelicy 1, natomiast parametry wytypowanych zaczynów przedstawiono w tabelicy 2. Tablica 3 przedstawia parametry stwardniałego zaczynu cementowego. Czasy gęstnienia wytypowanych zaczynów zawierają się w przedziale od 3 godz. 30 minut do 5 godz. 30 minut (rysunek 1). Przebieg krzywych gęstnienia zaczynów miał poprawny charakter, co jest widoczne na rysunkach 2, 3, 4 i 5.

Tablica 1. Składy wytypowanych zaczynów z różnymi ilościami mikrosfery

Skład	Zaczyn 12	Zaczyn 10	Zaczyn 8	Zaczyn 14
Woda wodociągowa	w/c = 0,52	w/c = 0,58	w/c = 0,60	w/c = 0,63
Bentonit (bwow)	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Dodatek odpieniający	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Dodatek upłynniający	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Dodatek antyfiltracyjny	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Dodatek opóźniający czas gęstnienia	0,3%	0,35%	0,3%	0,35%
NaCl (bwow)	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%
Mikrosfery	5,0%	10,0%	15,0%	20,0%
Cement GHSR	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

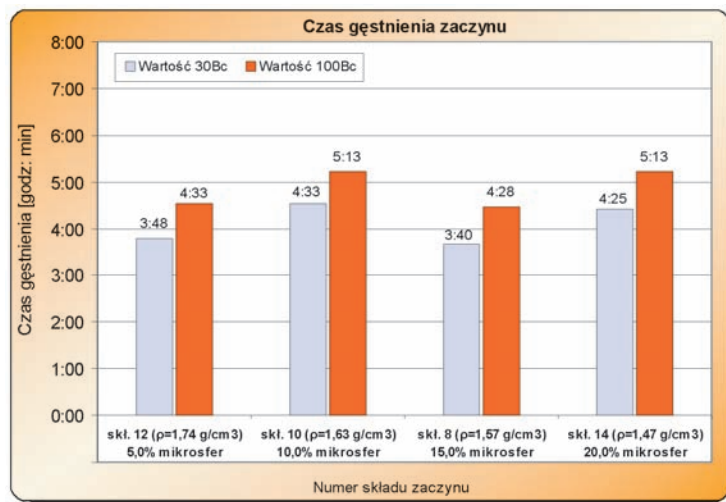
Tablica 2. Parametry wytypowanych zaczynów lekkich

Parametr	Zaczyn 12	Zaczyn 10	Zaczyn 8	Zaczyn 14	
Gęstość [g/cm ³]	1,74	1,63	1,57	1,47	
Rozlewność [mm]	270	280	270	270	
Filtracja [cm ³ /30 min]	21,0	24,0	22,0	26,0	
Lepkość plastyczna [mPa·s]	69	63	73,5	75,0	
Granica płynięcia [Pa]	5,28	2,4	4,08	5,28	
Wytrzymałość strukturalna [Pa]	9,12	3,84	4,8	2,88	
Odstój wody [%]	0,0	0,0	0,0	0,0	
Czas gęstnienia (<i>t</i> = 80°C, <i>p</i> = 40 MPa)	30 Bc	3–48	4–33	3–40	4–25
	100 Bc	4–33	5–13	4–28	5–13

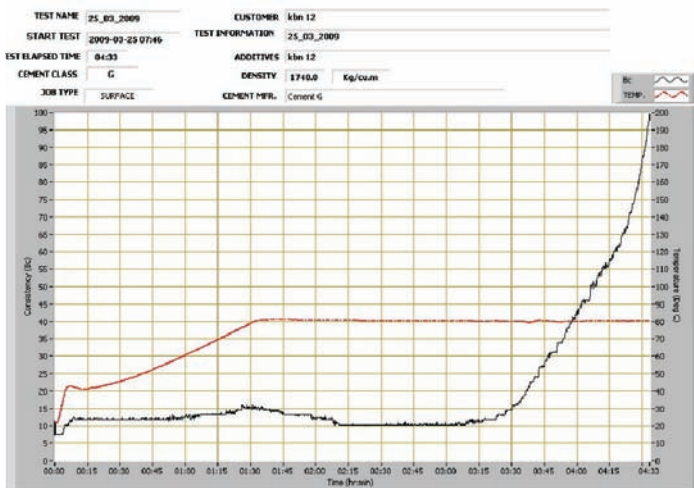
*czas dojścia do temp. – 120 minut

Tablica 3. Parametry kamienia cementowego poszczególnych zaczynów

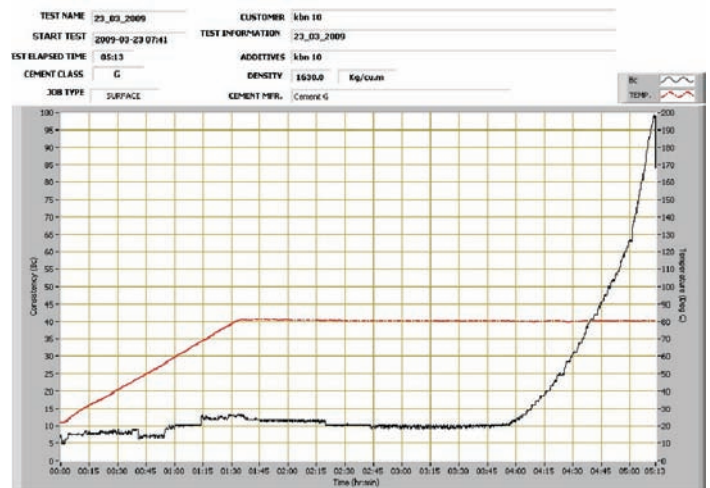
	80°C	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Przyczepność do rur [MPa]	Przepuszczalność dla gazu [mD]
Zaczyn 12	2 dni	2,9	4,0	0,0
	7 dni	3,1	4,8	0,0
	28 dni	4,8	5,5	0,0
Zaczyn 10	2 dni	3,3	3,6	0,0
	7 dni	3,5	5,3	0,0
	28 dni	3,9	5,4	0,0
Zaczyn 8	2 dni	3,1	1,8	0,0
	7 dni	3,6	4,2	0,0
	28 dni	4,3	5,0	0,0
Zaczyn 14	2 dni	2,4	3,4	0,0
	7 dni	3,0	3,6	0,0
	28 dni	3,3	3,8	0,0



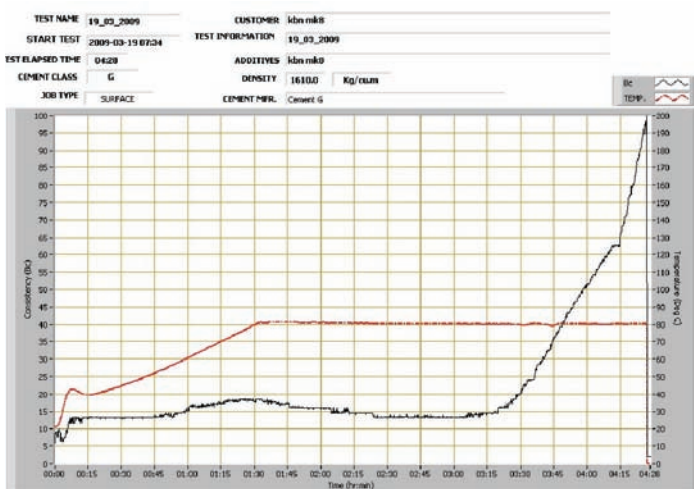
Rys. 1. Czasy gęstnienia wytypowanych zaczynów



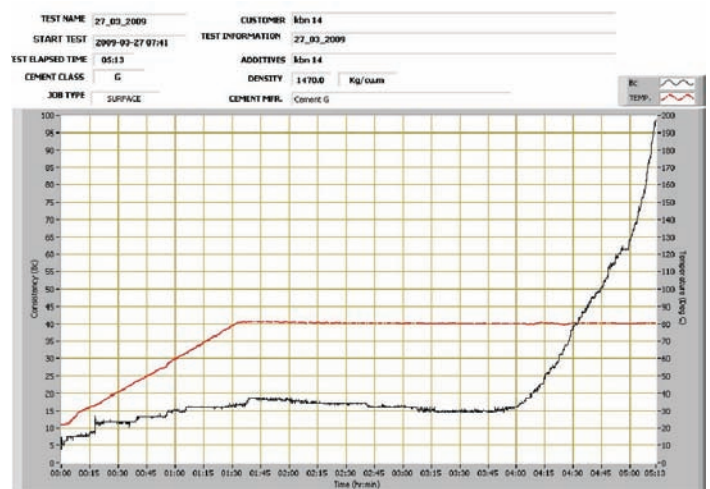
Rys. 2. Czas gęstnienia zaczynu (skład 12)



Rys. 3. Czas gęstnienia zaczynu (skład 10)



Rys. 4. Czas gęstnienia zaczynu (skład 8)



Rys. 5. Czas gęstnienia zaczynu (skład 14)

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań wybrano najlepsze zaczyny o obniżonej gęstości, w celu zastosowania ich do uszczelniania kolumn rur okładzinowych. Wytypowane zaczyny uszczelniające charakteryzują się następującymi parametrami:

- optymalnym czasem gęstnienia zaczynu cementowego: od 3 godz. 30 minut do 5 godz. 30 minut (rysunek 1),
- poprawnym przebiegiem gęstnienia zaczynu (rysunki 2, 3, 4 i 5),
- odpowiednimi gęstościami zaczynów lekkich:
 - 1,74 g/cm³ dodatek 5,0% mikrosfer,
 - 1,63 g/cm³ dodatek 10,0% mikrosfer,
 - 1,57 g/cm³ dodatek 15,0% mikrosfer,
 - 1,47 g/cm³ dodatek 20,0% mikrosfer,
- zerowym odstożem wody,
- filtracją zaczynu do 50 cm³/30 min,
- wartościami parametrów reologicznych dla lekkich zaczynów z dodatkiem mikrosfer w przedziale:
 - lepkość plastyczna ok. 60–90 mPa·s,
 - granica płynięcia 2–5 Pa,
 - wytrzymałość strukturalna 2–10 Pa,
- kamieniem cementowym o odpowiedniej wytrzyma-

łości na ściskanie (powyżej 2,0 MPa), przyczepnością do rur okładzinowych (powyżej 1,5 MPa) oraz brakiem przepuszczalności dla gazu.

Ponadto, parametry mechaniczne kamienia cementowego (wytrzymałość na ściskanie, przyczepność do rur) wzrastają wraz ze wzrostem czasu hydratacji w warunkach otworopodobnych ($t = 80^{\circ}\text{C}$, $p = 40 \text{ MPa}$) przez okres 28 dni. Wraz ze wzrostem udziału mikrosfer w zaczynie cementowym (5–20%) wytrzymałość mechaniczna kamienia cementowego nie zmienia się. Kamień cementowy w przypadku opracowanych składów zaczynów jest nieprzepuszczalny dla gazu.

Przedstawione w tabelicy 3 wartości wytrzymałości na ściskanie pozwalają na stwierdzenie, iż wraz ze wzrostem czasu hydratacji kamienia cementowego (w temp. 80°C i $p = 40 \text{ MPa}$, przez okres 28 dni) wzrasta wytrzymałość na ściskanie.

Uzyskane wyniki badań dla 4 wytypowanych składów; zarówno w przypadku parametrów zaczynów, jak i kamieni cementowych, pozwoliły na wytypowanie ich do zastosowania w warunkach przemysłowych do uszczelniania kolumn rur okładzinowych.

Artykuł nadesłano do Redakcji 30.11.2009 r. Przyjęto do druku 19.04.2010 r.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Józef Raczkowski

Literatura

- [1] Harms W.M., Lingenfelter J.T.: *Microspheres cut deisty of cement slurry*. Oil & Gas Journal, 1981.
- [2] Kurdowski W., Małolepszy J.: *Wpływ rodzaju cementu na trwałość betonu*. Cement, Wapno, Beton, nr 5, 1999.
- [3] Kurdowski W.: *Dodatki mineralne do cementu a trwałość betonu*. Cement, Wapno, Beton, nr 6, 1991.
- [4] Materiały z sympozjum *Cementy w budownictwie, robotach wiertniczo-inżynierskich oraz hydrotechnice*. Piła 25.05.2001.
- [5] Nelson E.B.: *Well Cementing*. Schlumberger Educational Service, Houston, Teksas, USA, 1990.
- [6] Praca zbiorowa: *Cementowanie otworów wiertniczych*. Warszawa 1993.
- [7] Raczkowski J. i in.: *Zaczyny do uszczelniania w otworach wiertniczych*. Skrypt AGH, nr 612, Kraków 1978.



Mgr inż. Marcin KREMIEŃEWSKI – absolwent Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Pracownik Instytutu Nafty i Gazu Oddział w Krośnie. Zajmuje się badaniami zaczynów cementowych stosowanych do uszczelniania rur okładzinowych w otworach wiertniczych.