

Stanisław STRYCZEK, Andrzej GONET

Akademia Górniczo – Hutnicza, Kraków

Dobór zaczynów do wzmocnienia górotworu solnego

Streszczenie

Uszczelnianie i wzmocnianie oraz szczelne wypełnianie pustek w górotworze solnym nasługuje wiele problemów natury technicznej i technologicznej. Duża rozpuszczalność i plastyczność skał górotworu solnego może być jedną z najważniejszych przyczyn występowania zagrożeń typu wodnego oraz zawałowego.

Dla zminimalizowania powyższych zagrożeń stosuje się różne metody geoinżynierskie, a zwłaszcza iniekcję otworową i rurociągową z wykorzystaniem zaczynów uszczelniających typu solankowego. W artykule przedstawiono kryteria doboru oraz przykładowe receptury solankowych zaczynów uszczelniających do prac iniekcyjnych w kopalniach soli.

1. Wstęp

Przy płytkiej eksploatacji podziemnej szczególnie, kiedy zwięzłe skały nadległe nad wyrobiskiem mają niewielką miąższość mogą wystąpić deformacje nieciągłe w postaci zapadłisk, szczelin i osuwisk. Eksploatacja na większych głębokościach prowadzi do tworzenia deformacji ciągłych w postaci niecek osiadania.

Skutki oddziaływania górniczej eksploatacji na powierzchnię terenu można podzielić na [1, 9, 13]:

- bezpośrednio, mogą one powstawać w wyrobisku, pustce eksploatacyjnej i ich sąsiedztwie. Ich przejawem są przemieszczenia, powodujące zaciskanie wyrobisk oraz powstawanie zawałów,
- pośrednio, powstające nad eksploatowanym złożem na powierzchni. Ich przejawem jest zmiana pierwotnego stanu naprężeń w górotworze, w efekcie, czego ulega on odkształceniom, niszczeniu i przemieszczaniu. Zjawiska te powodują:
 - deformację powierzchni,
 - zmianę stosunków wodnych (hydrogeologicznych) zarówno na powierzchni, jak i w górotworze,
 - zmianę właściwości fizyko – mechanicznych zarówno ośrodka gruntowego jak i górotworu,
- wtórne, związane zazwyczaj z aktywacją nie w pełni ujawnionych wpływów poprzedniej eksploatacji.

Wymienione zjawiska prowadzą do bezpośredniej degradacji środowiska często występującej z pewnym opóźnieniem.

Kopalnie soli, ze względu na:

- specyficzne właściwości fizyko-chemiczne oraz mechaniczne wydobywanej kopaliny,

- różnorodność skał w górotworze solnym (sól, łupki, ilowce, mułowce),
- sposób zalegania;

bardzo często borykają się z problemem różnego rodzaju zagrożeń, do których najczęściej można zaliczyć:

- zagrożenie wodne,
- zagrożenie zawałowe,
- niekontrolowane przemieszczenie się masywu skalnego.

W większości publikacji [1, 2, 9, 10, 11] analizujących możliwości profilaktyki oraz metod naprawczych związanych z zagrożeniami w kopalniach soli, podkreśla się, że do najbardziej efektywnych można zaliczyć:

- uszczelnianie, wzmocnianie i izolację górotworu metodami iniekcji otworowej z zastosowaniem odpowiednio dobranych zaczynów uszczelniających,
- trwałą izolację całego zagrożonego rejonu (np. przez otamowanie wycieku) oraz wypełnianie wolnych pustek w górotworze lub wyrobisku górniczym zaczynem uszczelniającym metodą iniekcji rurociągowej.

Podczas realizacji tych metod, należy zwracać szczególną uwagę na parametry technologiczne bądź to zaczynów uszczelniających bądź stosowanej podsadzki jako czynnika zmniejszającego w sposób istotny powyższe problemy.

2. Kryteria doboru zaczynów do uszczelniania górotworu solnego

Aby wzmocnienie i uszczelnienie górotworu solnego było skuteczne, stosowane zaczyny muszą charakteryzować się odpowiednio dobranymi parametrami technologicznymi oraz uwzględnić specyfikę górotworu solnego.

Górotwór solny w sposób bardzo znaczący wpływa na fizyczno-chemiczne właściwości świeżego oraz stwardniałego zaczynu uszczelniającego. W zależności od składu chemicznego górotworu solnego, (chlorki sodu, wapnia, magnezu) do prac uszczelniających należy stosować zaczyny sporządzane na podstawie solanki o pełnym nasyceniu solami, w których wykonuje się uszczelnianie i wzmocnianie górotworu. Zaczyny sporządzane na podstawie solanek nazywane są często w literaturze jako solankowe zaczyny uszczelniające [2, 3, 4, 5, 6, 7, 14].

Po raz pierwszy solankowe zaczyny zostały zastosowane w Stanach Zjednoczonych (1940 rok) podczas cementacji kolumn rur okładzinowych w wysadzie solnym w rejonie Gulf Coast. Obecnie są one rutynowo stosowane do prac uszczelniających i wzmocniających górotwór solny, a ich stosowaniu towarzyszy ogromny postęp technologiczny wynikający z konieczności modyfikacji cech fizyczno-chemicznych, a zwłaszcza pod kątem poprawy ich właściwości technologicznych, a przede wszystkim trwałości.

Solankowe zaczyny uszczelniające wpływają ponadto w sposób pozytywny na otaczającą skałę górotworu. W tym przypadku można wyróżnić następujące zalety technologiczne zaczynów solankowych:

- liczne rodzaje łupków i piaskowców ilastych nie stanowią dobrego ośrodka do wiązania z zaczynami uszczelniającymi z powodu ich skłonności do pęcznienia lub też kawernowania przy zetknięciu się z zaczynem sporządzanym na wodzie słodkiej; sporządzenie zaczynu na solance zapobiega tym negatywnym zjawiskom,
- przepuszczalność wielu rodzajów skał zmniejsza się w kontakcie z wodą słodką lub z filtratem z zaczynu sporządzanego na wodzie słodkiej; sporządzenie zaczynu na solance zapobiega lub redukuje spadek pierwotnej przepuszczalności.

Receptury oraz systemy technologiczne solankowych zaczynów uszczelniających należy dobierać tak, aby:

- w maksymalnie możliwy sposób wyeliminować niepożądany wpływ solanki jako cieczy zarobowej na parametry technologiczne zarówno świeżego jak i stwardniałego zaczynu uszczelniającego,
- zapewnić konsolidację skał górotworu oraz uzyskać jego stabilność, przy równoczesnym wyeliminowaniu deformacji i przemieszczania się skał,
- wyeliminować rozpuszczanie górotworu solnego przez zaczyn oraz jego filtrat,
- uzyskać dobrą przyczepność zarówno do skał ewaporatowych jak również do ilów i ilu-łupków pęczniejących.

Na wybór receptury solankowych zaczynów uszczelniających, a w konsekwencji na skuteczność wykonywanych prac w górotworze solnym mają wpływ następujące czynniki [1, 13, 14]:

1. Cel wykonywanych prac:
 - Uszczelnienie, wzmocnienie, stabilizacja lub izolacja,
 - trwałe lub przejściowe,
 - stopień odporności na ciśnienie geostatyczne.
2. Warunki geologiczne, hydrogeologiczne, geomechaniczne i fizyczne górotworu, w którym realizowane są prace.
3. Warunki techniczne i technologiczne prowadzonych prac:
 - sposób realizacji prac (iniekcja otworowa, rurociągowa z powierzchni, z wyrobisk górniczych),
 - wybór optymalnego ciśnienia oraz strumienia objętości zatłaczania zaczynu.
4. Fizyczno-chemiczne właściwości poszczególnych składników wchodzących w skład receptury zaczynu uszczelniającego.
5. Parametry technologiczne zarówno świeżego jak i stwardniałego zaczynu uszczelniającego, a zwłaszcza:
 - możliwość regulacji czasu wiązania i przetłaczalności w zależności od rodzaju zagrożenia, zakresu prac oraz stosowanej technologii,
 - odpowiednie właściwości reologiczne w odniesieniu do hydrodynamicznych parametrów górotworu,
 - możliwość wiązania w środowisku wód złożowych o silnym zmineralizowaniu,
 - wystarczająca dla warunków złożowych wytrzymałość mechaniczna oraz względna plastyczność o odpowiednio długim czasie,
 - odporność korozyjna na działanie wód agresywnych.
6. Koszt oraz dostęp do materiałów niezbędnych do wykonania założonego zakresu prac.
7. Możliwości techniczno – organizacyjne przedsiębiorstw realizujących pracę.
8. Czas trwania prac oraz przewidywany koszt.
9. Wpływ na środowisko naturalne.

Stwardniały zaczyn uszczelniający w trakcie eksploatacji jako medium uszczelniająco-wzmacniające górotwór, a szczególnie górotwór solny poddawany jest działaniu szeregu czynników destrukcyjnych, a głównie silnie zmineralizowanych wód złożowych i solanki o różnym stopniu nasycenia. Jeżeli jeszcze dodatkowo jako ciecz zarobową używa się solankę lub roztwory będące mieszaniną różnych soli, wówczas wzrasta dodatkowo zagrożenie trwałości stwardniałego zaczynu cementowego. Można wręcz mówić o ekstremalnych warunkach eksploatacji takich zaczynów uszczelniających. W takich wypadkach możemy mieć do czynienia ze wszystkimi rodzajami korozji chemicznej tj. korozji ekstrakcyjnej, tworzenia się soli rozpu-

szczalnych na drodze reakcji wymiany oraz tworzenia się wtórnych produktów hydratacji o zwiększonej objętości.

O trwałości stwardniałego zacinu uszczelniającego decyduje szereg parametrów, a szczególnie jego skład fazowy, tekstura i morfologia produktów hydratacji, a więc [1, 3, 4, 11]:

- wysoka trwałość i niska rozpuszczalność produktów hydratacji,
- niska porowatość ogólna i wysoka szczelność stwardniałego zacinu uszczelniającego.

3. Solankowe zacinny uszczelniające

W Zakładzie Wiertnictwa i Geoinżynierii Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu oraz w Zakładzie Materiałów Budowlanych Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH prowadzone są od wielu lat wspólne badania nad otrzymaniem i stosowaniem nowych niekonwencjonalnych zacinów związanych z uszczelnianiem i wzmacnianiem górotworu solnego [2, 6, 7, 8]. Badania zarówno o charakterze podstawowym jak i aplikacyjnym zaowocowały szeregiem rozwiązań o charakterze patentowym i znalazły szerokie zastosowanie do prac związanych z likwidacją nieciągłości fizycznych górotworu, a zwłaszcza w kopalniach soli.

Podczas realizacji badań laboratoryjnych dotyczących opracowywania receptur solankowych zacinów uszczelniających do prac w górotworze solnym, podstawowym celem było spełnienie następujących kryteriów:

1. Zgodności z otoczeniem. Skład chemiczny solanki powinien odpowiadać uszczelnianemu górotworowi solnemu zarówno pod względem chemicznym, jak i stopnia rozpuszczalności. Cieczą zarobową dla tego typu zacinów jest solanka o pełnym nasyceniu odpowiadającym temperaturze uszczelnianego górotworu.
2. Dobór składników wchodzących w skład receptur powinien eliminować niepożądany wpływ solanki jako cieczy zarobowej na parametry technologiczne zarówno świeżego jak i stwardniałego zacinu.
3. Odpowiednie parametry reologiczne do warunków złożowych uszczelnianego górotworu. Kryterium to związane jest z doбором modelu oraz parametrów reologicznych. Prawidłowo wyznaczone parametry reologiczne umożliwiają obliczenie oporów przepływu zacinu w systemie cyrkulacyjnym do miejsca lokowania zacinu. Znajomość oporów hydraulicznych pozwala na :
 - racjonalny dobór techniki i technologii uszczelniania i wzmacniania lub wypełniania pustek w górotworze,
 - określenie promienia zasięgu rozchodzenia się zacinu w górotworze w przypadku stosowania otworowej iniekcji ciśnieniowej.
4. Zapewnienie odpowiedniej mechanicznej wytrzymałości oraz długoletniej trwałości stwardniałych zacinów uszczelniających. Receptury stosowanych zacinów muszą być tak dobrane, by po związaniu tworzył ciało stałe o porównywalnych właściwościach mechanicznych z naturalnym górotworem. Zapewniając stabilność oraz konsolidację górotworu solnego eliminuje się przyczyny występowania dodatkowych przemieszczeń i deformacji w tym górotworze.
5. Uwzględnienia czynnika ekonomiczno – ekologicznego. Celem zminimalizowania kosztów związanych z ceną jednostkową solankowych zacinów uszczelniających, zastosowano do sporządzania tych zacinów tanie, a w niektórych przypadkach odpadowe materiały hydrauliczne – pucolanowe. Wykorzystanie tego typu surowców oraz poeksploatacyjnych słonych wód złożowych, w znacznym stopniu ograniczają koszty oraz zmniejszają niebezpieczeństwo degradacji środowiska naturalnego.

Do uszczelniania, wzmacniania oraz wypełniania pustek w górotworze solnym, z całej gamy opracowanych receptur solankowych zaczynów, najczęściej były stosowane [1, 3, 12, 14]:

- żużlowo – alkaliczne,
- na osnowie cementu portlandzkiego CEM - I 32,5 R z dodatkami hydrauliczno – pucolanowymi, a w tym :
 - mielonego granulowanego żużla wielkopiecowego,
 - popiołu lotnego.

Celem modyfikacji wybranych parametrów technologicznych świeżych i stwardniałych solankowych zaczynów stosowano również opcjonalnie i inne dodatki, takie jak:

- il bentonitowy,
- węglan sodu.

Dodatek ilitu bentonitowego miał na celu:

- zmniejszenie filtracji,
- wyeliminowanie odstoju oraz zwiększenie stabilności,
- dostosowanie parametrów wytrzymałościowych stwardniałych zaczynów do parametrów uszczelnianego górotworu,
- zmniejszenie przepuszczalności stwardniałych zaczynów.

Dodatek węglanu sodu w solankowych zaczynach miał za zadanie:

- przyspieszenie początku wiązania zaczynu oraz skrócenie jego końca wiązania,
- polepszenie właściwości reologicznych (upłynnienie zaczynu).

Bezpośrednie działanie, Na_2CO_3 jako upłynniacza polega na zaadsorbowaniu na powierzchniach cząstek cementu lub dodatku hydrauliczno-pucolanowego związku powierzchniowo-aktywnego rozpuszczonego uprzednio w wodzie zarobowej. Cement oraz pucolana są w ten sposób otoczone podwójną powłoką jonową. Wierzchnia warstwa hydrofilowa utrzymuje na powierzchni błonkę wody związaną bezpośrednio z powierzchnią siłami molekularnymi.

Zasadniczym efektem działania związku hydrofilowego jest dodatkowa peptyzacja skupisk cząstek cementu i ułatwienie dyspersji samych cząstek w wodnym środowisku oraz ich stabilizacja, tzn. zwiększenie ich odporności w stosunku do procesów koagulacyjnych w pierwszym okresie współdziałania cementu z wodą. Bańki powietrza, które dostają się pomiędzy ziarnka cementu w trakcie mieszania zaczynu, zostają na skutek odpychania się tych ziarn uwodnione w wyniku zaadsorbowania przez nie substancji powierzchniowo-aktywnej, tworzącej podwójną warstwę zjonizowaną.

Reasumując można stwierdzić, że oddziaływanie Na_2CO_3 jako upłynniacza polega na lepszym zdyspergowaniu ziarn cząstek materiału hydraulicznego w wodzie zarobowej. Ma to również wpływ na właściwości zaczynu i kamienia uszczelniającego. Zwiększenie dyspersji ziarn cementu zmniejsza sedymentację zaczynu, co w konsekwencji wpływa na zmniejszenie oddzielania się wody w czasie wiązania zaczynu. Uzyskuje się przez to w stwardniałym zaczynie uszczelniającym zmniejszenie ilości porów w wodzie błonkowej.

Aktywność pucolanowa stosowanych dodatków (mielony granulowany żużel wielkopiecowy, popioły lotne) polega na ich zdolności wiązania wapna w obecności wody, w zwykłych temperaturach i tworzenia uwodnionych faz o właściwościach hydraulicznych. Są to na ogół nierozpuszczalne w wodzie krzemiany wapniowe (faza C-S-H). Materiały pucolanowe zawierają na ogół zbyt małą ilość wapna do przeprowadzenia tzw. reakcji pucolanowej. Niezbędny jest w związku z tym dodatek $\text{Ca}(\text{OH})_2$ lub cementu, który odszczepia wodorotlenek wapniowy powstający w wyniku hydrolizy krzemianów wapniowych [4, 5, 9, 11].

Zastosowanie dodatków pucolanowych do cementu portlandzkiego CEM I 32,5 R przynosi istotne różnice w mikrostrukturze zaczynu. Uwodnione krzemiany wapniowe powstające

z udziałem pucolany są w przeciwieństwie do fazy C-S-H na bazie cementu portlandzkiego bez dodatków czy cementów z mniej aktywnymi dodatkami, produktem ściślej upakowanym, bardziej zwartym. Choć całkowita porowatość zacinu z dodatkiem pucolany nie odbiega na ogół od porowatości zacinu kontrolnego, to obserwuje się modyfikację struktury porów polegającą na zmniejszeniu udziału porów kapilarnych, wzroście udziału mikroporów (<2 nm) i nieciągłości systemu porów.

Dodatek pucolany pozwala na zwiększenie wytrzymałości stwardniałego zacinu w następstwie zmian w mikrostrukturze takich, jak:

- zmiana struktury porów,
- utworzenie jednorodnej, szczelnej strefy kontaktowej zacin-skała (grunt),
- modyfikacja morfologii podstawowego produktu hydratacji jakim jest faza C-S-H.

Zmiany składu fazowego oraz mikrostruktury stwardniałego zacinu zaobserwowane po wprowadzeniu pucolany bardzo efektywnie obniżają przepuszczalność i poprawiają odporność na działanie czynników korozyjnych oraz innych czynników decydujących o trwałości tego rodzaju materiałów. Korzystne działanie pucolanów można przedstawić w następujących punktach:

- szybkość dyfuzji cieczy i gazów w zacinie jest w znacznym stopniu zredukowana (dotyczy to np. jonów chlorkowych),
- na skutek spadku zawartości $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ograniczone bądź wyeliminowane zostają reakcje powstawania rozpuszczalnych soli wapnia w zetknięciu z wieloma środowiskami korozyjnymi,
- karbonizacja postępuje wolniej z uwagi na szczelną mikrostrukturę,
- w efekcie zaburzenia równowagi chemicznej powstawania ettringitu następuje wzrost odporności na korozję siarczanową (jest to podstawowa, ale nie jedyna przyczyna),
- zahamowanie penetracji cieczy, jak również specyficzna mikrostruktura i skład chemiczny produktu C-S-H utworzonego na bazie dodatku eliminują ryzyko destrukcji na skutek reakcji alkalia-skała (grunt).

Prowadzone od szeregu lat badania laboratoryjne, a następnie ich aplikacje pozwoliły na opracowanie szeregu receptur solankowych zacinów uszczelniających. Spośród wielu praktycznie stosowanych receptur do uszczelniania górotworu solnego w tabeli 3.1 przedstawiono tylko niektóre uwzględniające różne dodatki, a zwłaszcza typu hydrauliczno – pucolanowe. Wybrane parametry technologiczne świeżych solankowych zacinów uszczelniających zamieszczono w tabeli 3.2.

Opracowane receptury były stosowane w pracach geoinżynierskich związanych z likwidacją zagrożeń w kopalniach soli. W technologiach tych stosowano metody, zarówno iniekcji otworowej jak i też rurociągowej. Zasadniczym celem tych prac było przede wszystkim:

- wzmocnienie i uszczelnienie skał górotworu a zwłaszcza typu solnego,
- szczelne wypełnienie likwidowanych wyrobisk w kopalniach soli.

Tabela 3.1

Przykładowe receptury zacinów solankowych

Table 3.1

Exemplary recipes of saline slurries

| Receptura | Składniki receptury potrzebne do sporządzenia 1 m ³ solankowego zacinu | | | | | | Współczynnik wodnospoiwowy w/s | Obliczeniowa gęstość zacinu uszczelniającego kg/m ³ | Masa suchych składników potrzebnych do sporządzenia 1 m ³ zacinu kg |
|-----------|---|---------------------------------|---|---------------|----------------|---|--------------------------------|---|---|
| | solanka o pełnym nasyceniu | cement portlandzki CEM I 32,5 R | mielony granulowany żużel wielkopiecowy | popioły lotne | ił bentonitowy | węglan sodu Na ₂ CO ₃ | | | |
| | m ³ | kg | kg | kg | kg | kg | | | |
| 1 | 0,636 | 1050 | - | - | 57,26 | 9,54 | 0,684 | 1880 | 1117 |
| 2 | 0,713 | 819,6 | - | - | 42,76 | 17,82 | 0,972 | 1735 | 880,18 |
| 3 | 0,786 | 589,4 | - | - | 31,44 | 31,44 | 1,446 | 1595 | 652,31 |
| 4 | 0,834 | 416,9 | - | - | 50,03 | 33,35 | 2,000 | 1501 | 500,28 |
| 5 | 0,558 | 136,2 | 1192 | - | - | 34,06 | 0,500 | 2044 | 1362,0 |
| 6 | 0,639 | 116,9 | 974,4 | - | - | 23,39 | 0,700 | 1894 | 1115,0 |
| 7 | 0,713 | 260,9 | 608,7 | - | - | 17,39 | 1,000 | 1757 | 887,0 |
| 8 | 0,495 | 197,8 | - | 791,2 | - | - | 0,600 | 1582 | 989,0 |
| 9 | 0,507 | 304,4 | - | 690,0 | 20,3 | - | 0,600 | 1624 | 1000,0 |
| 10 | 0,531 | 531,3 | - | 510,1 | 21,3 | - | 0,600 | 1700 | 1100,0 |

Tabela 3.2

Parametry technologiczne solankowych zacinów uszczelniających określone laboratoryjnie w temperaturze 20 (±2°C) [293 K]

Table 3.2

Technological parameters of saline sealing slurries established in lab conditions at temperature 20 (±2°C) [293 K]

| Receptura | Rozlewność wg stożka AzNII mm | Lepkość względna wg kubka Forda nr 4 s | Odstój % | Lepkość plastyczna Pa · s | Granica płynięcia Pa | Lepkość pozorna przy 600 obr/min Pa · s | Czas wiązania | |
|-----------|----------------------------------|---|-------------|------------------------------|-------------------------|--|---------------|--------|
| | | | | | | | początek | koniec |
| 1 | 90 | - | 0,5 | 0,106 | 18,18 | 0,124 | 1,45 | 11,40 |
| 2 | 260 | 19,4 | 0,8 | 0,051 | 6,49 | 0,058 | 1,50 | 12,25 |
| 3 | 260 | 13,5 | 1,5 | 0,022 | 2,17 | 0,024 | 10,15 | 33,25 |
| 4 | powyżej 260 | 11,4 | 4,5 | 0,015 | 0,78 | 0,016 | 27,15 | 78,00 |
| 5 | 170 | 42,2 | 0,5 | 0,114 | 15,95 | 0,129 | 4,10 | 8,20 |
| 6 | 260 | 13,3 | 3,0 | 0,028 | 1,89 | 0,029 | 7,20 | 27,30 |
| 7 | powyżej 260 | 11,3 | 8,2 | 0,008 | 0,34 | 0,009 | 22,10 | 35,20 |
| 8 | powyżej 260 | 17,1 | 7,0 | 0,066 | 1,21 | 0,067 | 12,15 | 28,30 |
| 9 | powyżej 260 | 22,3 | 2,5 | 0,089 | 2,09 | 0,092 | 13,05 | 25,15 |
| 10 | 220 | 27,5 | 1,2 | 0,117 | 4,89 | 0,121 | 13,40 | 21,05 |

4. Podsumowanie

1. Górotwór solny w sposób bardzo istotny wpływa na parametry technologiczne zarówno świeżego jak i stwardniałego zaczynu uszczelniającego.
2. Do uszczelnienia i wzmocnienia górotworu solnego należy stosować zaczyny sporządzone na podstawie solanki o pełnym nasyceniu solami, w których wykonuje się prace geoinżynierskie.
3. Zastosowanie dodatków pucolanowych w solankowych zaczynach cementowych znacznie poprawia ich właściwości użytkowe i technologiczne.
4. Rodzaj stosowanego spoiwa hydraulicznego oraz dodatki pucolanowe oraz ich skład mineralny, a szczególnie zawartość glinianów wapniowych oraz innych dodatków mineralnych mają istotne znaczenie dla kształtowania parametrów technologicznych zarówno świeżych jak i stwardniałych zaczynów w warunkach oddziaływania czynników korozyjnych zawierających bardzo wysokie stężenie jonów Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} - związane z górotworem solnym.

Praca została zrealizowana w ramach badań własnych nr 10.10.190.187

Literatura

- [1] Brylicki W., Gonet A., Stryczek S., Małolepszy J., Czekaj L. i inni 1995: Studium mediów iniekcyjnych dla warunków wielickich (zadanie 5.2). Projekt badawczy zamawiany przez WUG finansowany przez KBN (nr. PBZ066-01). AGH. Kraków. (praca niepublikowana).
- [2] Gonet A., Stryczek S., Brudnik K. 1997: Sposób wzmacniania i/lub uszczelniania górotworu zwłaszcza osłabionej osłony złoża w kopalni soli. Opis patentowy PL 172470 B1 .
- [3] Gonet A., Brylicki W., Stryczek S. 1998: Badania laboratoryjne mediów uszczelniających złoża solne w Kopalni Soli Kłodawa. AGH. Kraków (praca niepublikowana).
- [4] Hliniak B. 2000: Rola faz glinianowych w zaczynach uszczelniających na przykładzie Kopalni Soli „Wieliczka”. Praca doktorska. Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu. AGH. Kraków.
- [5] Hliniak B., Stryczek S. 2000: Wpływ solanki na kształtowanie się parametrów technologicznych świeżych zaczynów uszczelniających. Zeszyty Naukowe AGH. Wiertnictwo, Nafta, Gaz. Nr17 Kraków.
- [6] Małolepszy J., Brylicki W., Stryczek S. i inni 1994: Środek do uszczelniania otworów wiertniczych i wykonywania ekranów przeciwnieprzepuszczalnych. Opis patentowy PL 162731 B1.
- [7] Stryczek S., Gonet A., Brylicki W. i inni 1997: Mieszanka do wypełniania i uszczelniania pustych przestrzeni górotworu. Opis Patentowy PL 171213 B1.
- [8] Stryczek S., Brylicki W., Gonet A., Małolepszy J. 1999: Środek do uszczelniania górotworu. Zgłoszenie Patentowe AGH nr 333553.
- [9] Stryczek S. 1997: Prognozowanie czasu wiązania solankowych zaczynów uszczelniających. Archiwum Górniczo-Geologiczne. Polska Akademia Nauk. Zeszyt 45. Nr 2 PWN. Kraków.
- [10] Stryczek S. 1998: Właściwości reologiczne solankowych zaczynów cementowo – bentonitowych. Technika Poszukiwań Geologicznych Geosynoptyka i Geotermia Nr 3 – 4.
- [11] Stryczek S., Hliniak B. 2000: Influence of Brine of Rheological Parameters of Sealing Slurries. Archives of Mining Sciences Volume 45, Issue 2. Kraków.
- [12] Stryczek S., Gonet A., Brylicki W. 2000: Pucolanowe zaczyny do prac geoinżynierskich. Zeszyty Naukowe. Wiertnictwo, Nafta, Gaz, Nr 17. AGH. Kraków.
- [13] Stryczek S., Gonet A. 2001: Solankowe zaczyny popiołowo - cementowe. Zeszyty naukowe AGH. Wiertnictwo, Nafta, Gaz. Nr 18. AGH. Kraków.
- [14] Stryczek S., Gonet A., Rychlicki S. i inni 1997: Opracowanie receptur solankowych zaczynów uszczelniających od otworów wiertniczych. AGH. Kraków (praca niepublikowana).

Selection of slurries for salt rock mass reinforcement

Sealing and reinforcement as well as tight filling of voids in a saline rock mass create numerous technical and technological problems. High solubility and plasticity of saline rock mass may be one of the causes of water or falling rock hazards.

To minimise these hazards a collection of various geoen지니어ing methods are applied, especially hole and pipeline injection with the use of sealing brine slurries. The selection criteria and exemplary recipes of saline sealing slurries for injection purposes have been presented in this paper.

Przekazano: 15 marca 2001

A. GONET, S. STRYCZEK – Dobór zacyznow do wzmacniania górotworu solnego
