

Andrzej GONET, Stanisław STRYCZEK

Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

Iniekcja rurowiągowa i otworowa nowoczesnym sposobem zabezpieczania kopalń

Streszczenie

Obecnie coraz to więcej uwagi poświęca się zabezpieczeniu kopalń. W pracy przedstawiono oryginalne metody iniekcji rurowiągowej i otworowej mogące znaleźć szerokie zastosowanie w górnictwie, zwłaszcza solnym. Podano istotę każdego rozwiązania, zalety i wady wraz z praktycznymi przykładami w Kopalni Soli „Wieliczka”.

1. Wstęp

Każda działalność człowieka powinna być właściwie zabezpieczona. Stąd od wielu lat prowadzi się intensywne badania i podejmuje się różnorodne działania mające na celu poprawę bezpieczeństwa pracy. Zagadnienia te są szczególnie istotne w działalności górniczej, gdyż tam nigdy nie ma bardzo precyzyjnego rozpoznania warunków geologicznych, hydrogeologicznych i geomechanicznych. Jednym ze sposobów poprawy obecnego stanu bezpieczeństwa w kopalniach jest zastosowanie iniekcji rurowiągowej lub iniekcji otworowej, a często obu razem. Metody mogą być stosowane w każdej kopalni tak podczas ich normalnych działalności jak i podczas ich przekształcania w obiekty zabytkowe lub nawet w trakcie ich likwidacji.

2. Metoda iniekcji rurowiągowej

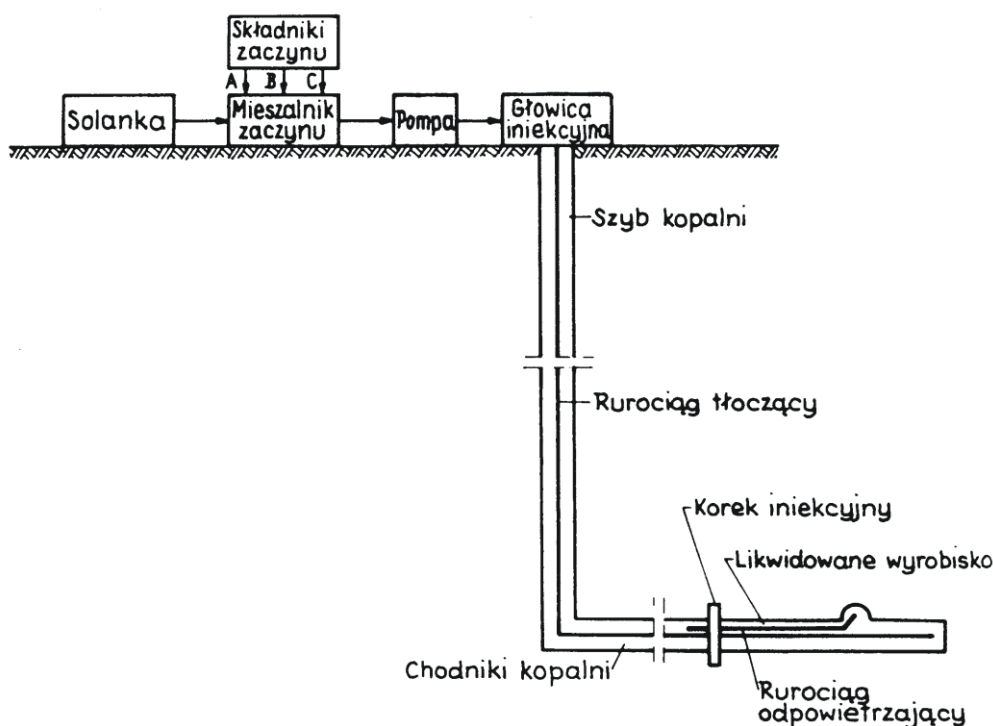
Trudności związane z:

- transportem materiałów w miejsce ich przeznaczenia,
- sporządzaniem zaczynu uszczelniającego w małych wymiarowo wyrobiskach górniczych,
- zatłaczaniem zaczynu pompami usytuowanymi w wyrobiskach górniczych,

po części przyczyniły się do opracowania i wdrożenia oryginalnej metody zwanej iniekcją rurowiągową [7, 10].

Po raz pierwszy metoda iniekcji rurowiągowej została wdrożona w Kopalni Soli „Wieliczka”. Było to związane z katastrofalnym zagrożeniem kopalni związanym z niekontrolowanym dopływem w 1992 roku do poprzeczni Mina, położonej na czwartym poziomie. Nad poprzeczną Mina znajduje się poprzeczni Poniatowski, poprzeczni Kunegunda i podłużni Dobudowa do szybu Regis. Wszystkie te wyrobiska weszły dość dawno temu w osłonę ilowogipsową złoża soli. Górotwór w ich bezpośrednim otoczeniu był częściowo odprężony, o czym mogły świadczyć znaczne zwilgocenia tych chodników. Lokalnie występowały też obwały.

Opracowana metoda iniekcji rurociągowej pozwala szczelnie wypełnić powstałe nieszczelności w stropie wyrobiska poprzez odpowiednie zabudowanie rurociągów tłocznych i odpowietrzających (rys. 2.1). Niezmiernie ważnym zagadnieniem w tym zakresie jest właściwe sterowanie zasuwami, które są zamontowane na każdym rurociągu oraz moment „przełączenia” rurociągu doprowadzającego zaczyn do likwidowanego rejonu z rurociągu tłoczego na rurociąg odpowietrzająco-tłoczny i w końcowej fazie na rurociąg odpowietrzający. Odprowadzenie powietrza z likwidowanego wyrobiska górniczego wraz z osiągnięciem zaplanowanego ciśnienia końcowego iniekcji przez określony czas gwarantuje szczelne wypełnienie wyrobiska w krótkim okresie czasu [2, 3, 5, 6].



Rys. 2.1 Schemat iniekcji rurociągowej
Fig. 2.1 Scheme of pipeline injection

W Kopalni Soli „Wieliczka” każda z wyżej wymienionych końcówek chodnika:

- znajdowała się w znacznym oddaleniu od szybu,
- występował brak torów, który ułatwiałby transport materiałów w rejon robót,
- miała niewielkie wymiary poprzeczne i brak było miejsca na większe zgromadzenie materiałów i sprzętu koniecznego do sporządzania i zatłaczania zaczynu w likwidowane wyrobisko górnicze.

Do zrealizowania tych zabiegów uszczelniających częściowo wykorzystano istniejące rurociągi w szybie Kinga, a brakujące końcówki wybudowano na powierzchni i w kopalni. Ważnym zagadnieniem tak z technologicznego jak i ekonomicznego punktu widzenia jest fakt,

żeby zbudowany rurociąg tłoczny był wielokrotnego użycia i na końcu prac był do odzyskania. Aby to uzyskać rurociąg tłoczny na koniec każdej pracy iniekcyjnej był płukany pełnonasyconą solanką.

W wyniku szybko podjętych działań projektowych i organizacyjnych w Kopalni Soli „Wieliczka” przygotowano korki iniekcyjne, zabudowano rurociągi i głowicę zatłaczającą oraz zgromadzono właściwe materiały wynikające z opracowanych receptur zaczynu uszczelniającego. Natomiast do jego sporządzania i zatłaczania zastosowano typowy sprzęt stosowany w wiertnictwie. Pojemniki na materiały do zaczynu, mieszalniki i agregaty cementacyjne udostępniły Przedsiębiorstwo Poszukiwania Nafty i Gazu w Krakowie oraz Przedsiębiorstwo Specjalistyczne „Hydrokop”. W pierwszej fazie prac zabezpieczających północną granicę złoża soli wypełniono końcówkę poprzeczni Poniatowski i Kunegunda wtlaczając odpowiednio 342 m³ i 450 m³ zaczynu. Po wybudowaniu tzw. „tunelu stalowego” w końcówce poprzeczni „Mina” za tę obudowę wtloczono ponad 250 m³ zaczynu.

Jeszcze gorsze warunki panowały w końcówce poprzeczni Badeni położonej na V poziomie poniżej poprzeczni Mina. Była ona w stanie zawałowym wraz z dochodzącymi do niej innymi wyrobiskami. Ze względów bezpieczeństwa nie można tam było wprowadzić górników do pracy. Z tego powodu opracowano inną metodę wypełnienia końcówki poprzeczni Badeni. Mianowicie z poprzeczni Mina wywiercono kilka otworów, przez które zatłaczano i odpowietrzano końcówkę poprzeczni Badeni. W pierwszej kolejności przez jeden z otworów podawano odpowiednio dobrany zaczyn uszczelniający, którego zadaniem było utworzenie tzw. korka uszczelniającego. Był on usytuowany w pewnej odległości od przodka. Odcinek poprzeczni zawarty pomiędzy korkiem uszczelniającym, a przodkiem był zaprojektowany do wypełnienia zaczynem uszczelniającym, który wtlaczano kolejno do poszczególnych otworów odpowietrzając chodnik innymi otworami. W momencie wypływu zaczynu uszczelniającego ostatnim otworem odpowietrzającym i po uzyskaniu założonego ciśnienia iniekcji uznano, że końcówka poprzeczni Badeni została szczelnie zlikwidowana. W ten sposób wtloczono ponad 330 m³ zaczynu. Ostatnim chodnikiem zlikwidowanym z zastosowaniem iniekcji rurociągowej w Kopalni Soli „Wieliczka” była poprzeczni Dobudowa do szybu Regis połączona bezpośrednio z poprzeczną Kunegunda. Kolejność prac wynikała z potencjalnego zagrożenia wynikającego z pozostawienia końcówki chodnika bez likwidacji oraz realnych możliwości wykonania zakresu prac [9].

3. Metoda iniekcji otworowej

Dla pełnego uszczelnienia górotworu przy północnej granicy złoża soli w rejonie poprzeczni Mina pozostało jeszcze wykonanie iniekcji otworowej obejmującej bezpośrednio otoczenie poszczególnych poprzeczni.

Iniekcja otworowa znajduje coraz to szersze zastosowanie w geotechnice i hydrotechnice. Głównie do wzmacniania i uszczelniania ośrodka gruntowego lub masywu skalnego. Ogólnie wyróżnia się [1, 6, 11]:

- iniekcję klasyczną,
- iniekcję ciśnieniową,
- iniekcję wysokociśnieniową z hydraulicznym urabianiem gruntu i skał (iniekcja ciśnieniowo-strumieniowa),
- iniekcja ciśnieniowa z mechanicznym urabianiem gruntów i skał górotworu (iniekcja ze zruszaniem gruntów).

Wybór jednej z metod iniekcji otworowej wynika przede wszystkim z rodzaju uszczelnianego ośrodka i jego parametrów fizycznych.

Przyjmując jako kryterium kolejność zatłaczania zaczynów uszczelniających w skały wyróżnia się:

- iniekcję strefami schodzącymi (zstępującymi – strefami w dół),
- iniekcję strefami wstępującymi – strefami z dołu do góry.

Efekty prac iniekcyjnych zależą w dużej mierze od:

- a). zastosowanej metody iniekcji,
- b). techniki i technologii procesu wtłaczania zaczynu uszczelniającego,
- c). parametrów technologicznych zaczynu uszczelniającego.

Projektowane parametry techniczne i technologiczne muszą uwzględniać właściwości fizyko – mechaniczne gruntów i skał oraz stosowanego zaczynu uszczelniającego.

Metoda iniekcji klasycznej polega na powolnym wtłaczaniu w luźne skały cieczy posiadających właściwości wiążąco-spajające oraz wzmacniające. W wyniku dobrze przeprowadzonych prac iniekcyjnych uzyskuje się nieprzepuszczalny związany monolit górotworu. Iniekcję klasyczną można stosować jedynie w przypadku górotworu praktycznie przepuszczalnego dla wody, tj. o współczynniku filtracji większym od 10^{-4} m/s. Zaczyny wprowadza się przez rury iniekcyjne z perforacją lub rury z otwartym końcem lub przez nieuzbrojone otwory. Po utwardzeniu się zaczynów, w górotworze powstają bryły ze związanych skał. Kształt tych brył zależy od uwarstwienia skał i warunków hydraulicznych.

Do wykonania uszczelnienia lub wzmocnienia górotworu metodą iniekcji otworowej potrzebny jest zestaw urządzeń złożony z [3, 11]:

- urządzeń do wiercenia otworów iniekcyjnych,
- urządzeń potrzebnych do uzbrojenia otworu iniekcyjnego,
- urządzeń do przygotowania zaczynu uszczelniającego,
- urządzeń do zatłaczania zaczynu uszczelniającego przez otwór iniekcyjny w górotwór,
- urządzeń kontrolno-pomiarowych przebiegu procesu iniekcji.

Urządzenia wiertnicze dobiera się w zależności od:

- warunków geologicznych górotworu, w którym będą prowadzone prace iniekcyjne,
- projektowanej metody i technologii prowadzenia prac,
- projektowanej głębokości i kierunku wiercenia otworów iniekcyjnych,
- lokalizacji prowadzenia prac.

W skład tych urządzeń do przygotowania oraz zatłaczania zaczynu powinny wchodzić:

- urządzenia do dozowania składników wchodzących w skład zaczynu uszczelniającego,
- mieszalniki zaczynu uszczelniającego,
- pompy do zatłaczania zaczynu uszczelniającego wraz z przewodami tłocznymi.

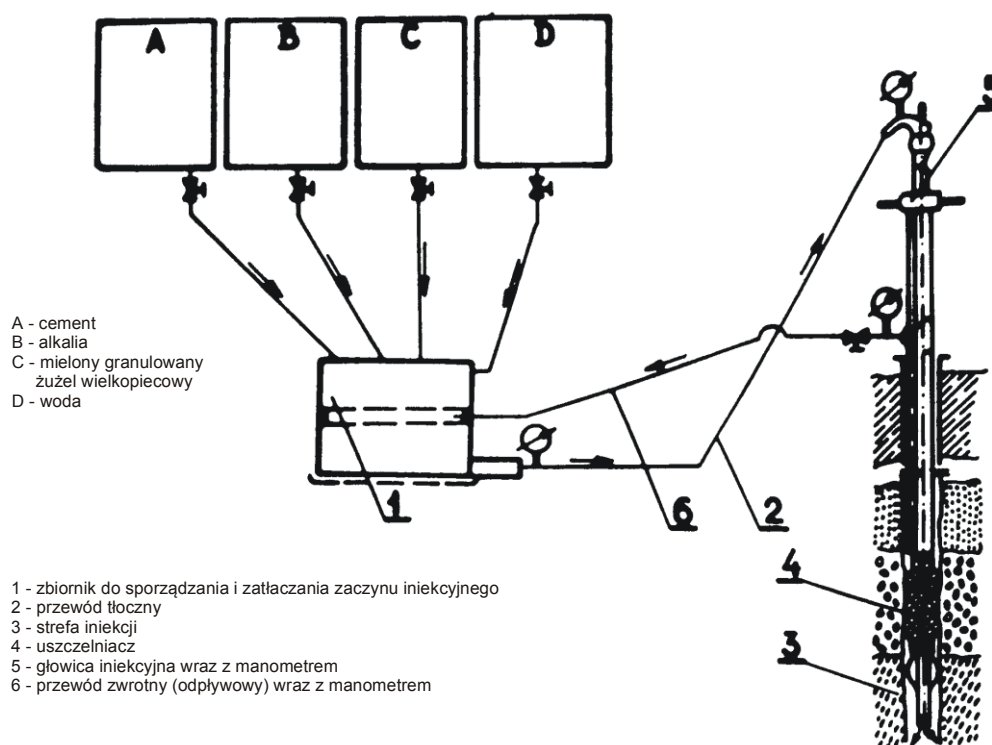
Urządzenie do dozowania składników zaczynu powinno umożliwiać dodawanie poszczególnych materiałów (sypkich lub płynnych) o ściśle wymaganej masie (objętości). Dokładność dozowania składników nie powinna być większa od 5%.

Mieszalniki zaczynu uszczelniającego mogą być typu mechanicznego, hydraulicznego lub pneumatycznego. Powinny się składać z dwóch niezależnych i szczelnych zbiorników o objętości zapewniających ciągłość prac iniekcyjnych przy założeniu maksymalnej chłonności górotworu dla danej receptury zaczynu. Konstrukcja i prędkość obrotowa części ruchomej mieszalnika zaczynu powinna być dobierana w zależności od właściwości reologicznych zaczynu uszczelniającego oraz od wymaganej dynamiki mieszania tak, aby zapewnić całkowitą homogenizację zaczynu uszczelniającego. Minimalna prędkość obrotowa dla mieszalnika mechanicznego nie powinna być mniejsza od 1 s^{-1} .

Zaleca się stosować specjalistyczne pompy przystosowane do prac iniekcyjnych. Elementy pompy pozostające w bezpośrednim kontakcie z zaczynem uszczelniającym powinny wykazywać odporność zarówno na działanie korozyjne jak i erozyjne.

W praktyce iniekcyjnej stosuje się następujące systemy tłoczenia, a mianowicie:

- tłoczenie zaczynu przy pomocy agregatu dozującego dwa lub więcej składniki przez niezależne kanały,
- tłoczenie poszczególnych składników zaczynu oddzielnymi pompami,
- tłoczenie jedną pompą wymieszanego wcześniej zaczynu uszczelniającego (rys. 3.1),
- tłoczenie grawitacyjne ze zbiornika zawierającego wymieszany zaczyn uszczelniający.



Rys. 3.1 Schemat układu zatłaczania zaczynu uszczelniającego jedną pompą iniekcyjną z możliwością regulacji strumienia objętości zaczynu zatłaczanego w strefę iniekcji

Fig. 3.1 Scheme of a system for the injection of a sealing slurry using an injection pipe with regulation of the volume of slurry injected into the injection zone

Do rejestracji przebiegu iniekcji powinna być używana aparatura kontrolno-pomiarowa dostosowana do wymagań wynikających z przyjętej techniki oraz technologii prac iniekcyjnych.

Do uszczelnienia górotworu w Kopalni Soli „Wieliczka” stosowana była iniekcja metodą zstępującą. Iniekcję metodą stref zstępujących w górotworze stosuje się, gdy skały górotworu są mało zwięzłe, w związku, z czym są trudności z utrzymaniem stabilności ściany otworu iniekcyjnego. Zaletą tej metody jest możliwość bezpiecznego kontynuowania wiercenia coraz to głębszych stref iniekcyjnych bez konieczności stosowania rur okładzinowych. Wadą jest

mały postęp prac związany z przestojami technologicznymi, wynikającymi z tzw. "stójki" potrzebnej na związanie zaczynu uszczelniającego i konieczność każdorazowego zwiercania korka uszczelniającego przed dalszym wierceniem następnej strefy [1, 3, 6, 8, 11].

4. Wnioski

1. Metoda iniekcji rurociągową powinna znaleźć zastosowanie do szczelnego wypełniania wyrobisk górniczych. Jej zaletą jest:
 - możliwość sporządzania zaczynu uszczelniającego na powierzchni terenu,
 - możliwość transportowania zaczynu na znaczne odległości i w trudno dostępne wyrobiska górnicze,
 - krótki przy ogólnie dostępnym sprzęcie czas sporządzania i zatłaczania nawet znacznych objętości zaczynu uszczelniającego,
 - szczelne wypełnienie każdej końcówki chodnika nawet znajdującej się w stanie zawałowym.
2. Iniekcja otworowa, która może być realizowana z powierzchni terenu i z wyrobisk górniczych znajduje zastosowanie do wzmocnienia, uszczelniania i stabilizacji górotworu. Jej efekty głównie zależą od:
 - zastosowanej metody iniekcji,
 - techniki i technologii procesu wtlaczania zaczynu uszczelniającego,
 - parametrów technologicznych zaczynu uszczelniającego.
3. Skuteczna odbudowa wewnętrznego filara ochronnego w Kopalni Soli „Wieliczka” może zostać osiągnięta przy równoczesnym zastosowaniu iniekcji rurociągową i otworową. Iniekcję rurociągową należy zastosować do zlikwidowania końcówek chodników położonych w wewnętrznym filarze ochronnym, a iniekcję otworową do uszczelnienia górotworu położonego w strefie ochronnej kopalni.

Praca wykonana w ramach badań statutowych 11.190.01

Literatura

- [1] Garlicki A., Gonet A., Stryczek S., Czekaj L. i inni: Studium możliwości likwidacji zagrożenia wodnego dla zabytkowej Kopalni Soli „Wieliczka” za pomocą bariery drenażowej lub ekranu izolującego.
- [2] Gonet A., Stryczek S. 1992: Opracowanie sposobu i wybór środków do likwidacji końcówek poprzeczni "Poniatowski" i "Kunegunda" w Kopalni Soli w Wieliczce.
- [3] Gonet A., Stryczek S. 1993: Projekt techniczno-technologiczny wzmocnienia górotworu w otoczeniu poprzeczni Mina pomiędzy tamą wodną a tamą T4. Kopalnia Soli w Wieliczce, Kraków.
- [4] Stryczek S, Gonet.: Zadawanie wypełniacza przez otwór SP-1. Kopalnia Soli w Wieliczce. Kraków.
- [5] Gonet A., Stryczek S. 1993: Opracowanie sposobu wypełnienia chodnika odstawczego z komory „Jezioro Piłsudskiego” wraz z ekranem przeciwfiltracyjnym we wschodniej części komory. Kraków.
- [6] Gonet A., Stryczek S., Pawlikowska J. 2000: Opracowanie sposobu likwidacji pustek za obudową szybu Kinga z wykorzystaniem zaczynów ilowo-cementowych.
- [7] Gonet A., Stryczek S., Suślik A., Łach W., Kwapin J., Bromowicz A. patent nr 170267 pt. : „Sposób wypełniania pustych przestrzeni górotworu”.
- [8] Gonet A., Stryczek S. 1993: Projekt likwidacji pochylni, szybika i otworu 1H/VI/80 pod komorą Z-32 wraz z doбором substancji wypełniającej. Kopalnia Soli w Wieliczce. Kraków.
- [9] Stryczek S., Gonet A. 1993: Dobór substancji wypełniająco-uszczelniającej do likwidacji poprzeczni „Badeni” na V poziomie Kopalni Soli „Wieliczka”. Kraków.

- [10] Stryczek S., Gonet A., Mazurek J. 1995: Projekt techniczny doszczelniania poprzeczni Kunegunda i Poniatowski oraz szczelnej likwidacji chodnika Dobudowa do szybu Regis wraz z występującym w jego czole wyciekami W II w-7. Kopalnia Soli w Wieliczce.
- [11] Stryczek S, Gonet A. 2000: Geoinżynieria, PAN Kraków.
- [12] Materiały archiwalne Kopalni Soli „Wieliczka”

Pipeline and hole injection - a new way of protecting mines

The protection of mines is a major concern nowadays. Original methods of pipeline and hole injection, applicable in mining, especially salt mining, have been presented in this paper. The solutions have been discussed at length with all their advantages and shortcomings. Practical examples in the Salt Mine Wieliczka follow.

Przekazano: 25 marca 2001