

Andrzej Gonet*, Stanisław Stryczek*, Krzysztof Brudnik**

TECHNOLOGIA LIKWIDACJI OTWORÓW PODSADZKOWYCH W KOPALNIACH SOLI***

1. WPROWADZENIE

W kopalniach wykonuje się otwory wiertnicze dla przeprowadzenia różnorodnych operacji technologicznych np. mrożenia górotworu w celu wybudowania szybu czy możliwości lepszej wentylacji wyrobisk górniczych. Jedną z istotnych grup stanowią otwory podsadzkowe, przez które łatwo i szybko można podać z powierzchni terenu materiał do określonej komory lub chodnika w kopalni. Najczęściej przesyła się piasek do podsadzania wyeksploatowanych wyrobisk górniczych, ale także coraz częściej wykorzystuje się je do lokowania określonych odpadów pod ziemią. Po wypełnieniu takich pustek otwory te powinny być w krótkim czasie zlikwidowane [5], aby nie stwarzały zagrożenia dla kopalni. Szczególnie jest to ważne w kopalniach soli, dla których woda stanowi poważne zagrożenie.

2. OTWORY PODSADZKOWE W KOPALNI SOLI „WIELICZKA” S.A.

Na przestrzeni wielu lat działalności górniczej Kopalni Soli „Wieliczka” S.A. wywiercono wiele otworów podsadzkowych, które nie zawsze po spełnieniu swych funkcji były likwidowane. Przy dokładnej analizie wycieków w kopalni okazało się, że niektóre z nich stanowią drogi dopływu do wyrobisk górniczych. Jest to głównie związane z niską jakością uszczelnienia przestrzeni pierścieniowej otworów, osłabieniem, a nawet przetarciem kolumn rur okładzinowych w wyniku niekorzystnego oddziaływania podawanego przez nie piasku z solanką.

* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

** Kopalnia Soli „Wieliczka” S.A.

*** Praca wykonana w ramach badań statutowych nr 11.11.190.01

Po szczegółowej analizie wszystkich otworów podsadzkowych i warunków hydrogeologicznych podjęto decyzję o szybkiej likwidacji 28 otworów podsadzkowych [3]. Z tego względu, iż wiele otworów wywiercono kilkadziesiąt lat temu, ich stan na powierzchni terenu był różny. Dlatego pierwszą czynnością była dokładna ich inwentaryzacja na powierzchni i określenie ich stanu technicznego. Z drugiej strony należało przeanalizować ich wyloty w wyrobiskach górniczych sięgając do materiałów archiwalnych, a tam gdzie było możliwe do przeprowadzenia wizji lokalnej. Ponadto autorzy analizowali możliwość pozostawienia końcówek otworów podsadzkowych do dalszego wykorzystania jako otwory międzypoziomowe. Na inną trudność natrafiono przy otworach podsadzkowych TP-10, TP-15, TP-19 i TP-23, których wyloty położone są nad szybikami międzypoziomowymi i dostęp do nich jest znacznie utrudniony. Znaczna liczba otworów podsadzkowych była stosowana do wypełniania komór i po ich podsadzeniu nie ma do nich dostępu. Dotyczy to 16 otworów spośród ww. 28 otworów przeznaczonych do pilnej likwidacji. Kolejną grupę otworów stanowią tzw. otwory popiołowe, które zostały zlikwidowane w 1987 roku i obecnie wymagają doszczelnienia. Pierwszym otworem zlikwidowanym w tej grupie był otwór TP-17 [4], który potwierdził celowość tych działań, gdyż po wykonanych w nim pracach ustał przez niego dopływ wody do komory Labzeltern, do której jest dostęp z wyrobisk podziemnych. Ponadto część otworu TP-17 zostanie wykorzystana jako otwór międzypoziomowy.

Zupełnie inna sytuacja na dole kopalni wystąpiła przy otworze TP-24, którego wylot usytuowany był w stropie komory Sanguszko na IV poziomie. Po jej podsadzeniu piaskiem, zlikwidowano do niej dostęp.

3. TECHNOLOGIA LIKWIDACJI OTWORU PODSADZKOWEGO TP-24

Otwór TP-24 odwiercono w 1977 roku do głębokości 145,0 m [3]. Posiadał następującą konstrukcję:

- rury okładzinowe ϕ 1020/1000 mm w głębokości 0,0÷12,0 m,
- rury okładzinowe ϕ 620/600 mm w głębokości 0,0÷86,0 m,
- rury okładzinowe ϕ 20" w głębokości 0,0÷145,0 m.

Wszystkie ww. kolumny rur zostały zacemntowane na całej długości do powierzchni terenu.

Likwidację otworu przeprowadzono od 07.12.2007 r. do 09.01.2008 r., a wykonawcą było Śląskie Towarzystwo Wiertnicze „DALBIS” Sp. z o.o. z Radzionkowa.

Po wykonaniu wszystkich prac przygotowawczych na powierzchni terenu zapuszczono do otworu przewód wiertniczy w celu stwierdzenia jego drożności i głębokości zalegania piasku w komorze Sanguszko. Okazało się, że do otworu należało najpierw wsypać piasek w celu utworzenia korka w otworze. Po przeprowadzeniu tej operacji utworzył się korek piaskowy do głębokości 139,0 m. W dalszej kolejności można było przystąpić do szczelnego wypełnienia kolumny rur okładzinowych otworu zaczynem cementowym. Ze względów technologicznych zaczyn był sporządzony na pełnonasyconej solance i podawany do otworu porcjami o objętościach 1,5 m³, 1,7 m³ i 13,0 m³. Zatlaczanie przeprowadzo-

no przez przewód wiertniczy zapuszczony do głębokości odpowiadającej stropowi korka piaskowego lub utworzonego korka cementowego. Po pierwszym etapie zatłaczania zaczynu stwierdzono strop korka na głębokości 54,2 m [1], a więc powyżej strefy złożowej kopalni. Dlatego w drugim etapie likwidacji otworu zastosowano wodę słodką jako ciecz robową dla zaczynu uszczelniającego sporządzonego z cementu CEM III/B 32,5R [2]. Po wtłoczeniu 10 m^3 zaczynu do otworu stwierdzono strop korka na głębokości 2,5 m i przystąpiono do doszczelnienia górotworu wokół otworu. Zaprojektowano wykonanie otworowego ekranu [7] składającego się po 4 otwory w każdym rzędzie. Pierwszy ekran był usytuowany na okręgu o środku w osi likwidowanego otworu o średnicy 1,5 m, a drugi ekran na okręgu o średnicy 1,7 m. W końcowym okręgu sąsiednie otwory były przesunięte o 90° , a w sąsiednim okręgu przesunięte o 45° . Oznacza to, że w każdym okręgu wywiercono po 4 otwory oznaczone W-1, W-2, W-3 i W-4 dla okręgu wewnętrznego i Z-1, Z-2, Z-3 i Z-4 dla okręgu zewnętrznego. W każdym otworze wciskano rury wstępne o średnicy zewnętrznej 114 mm do głębokości 3,5 m, a następnie wiercono świdrem spiralnym o średnicy 95 mm do głębokości 12,0 m. Ta wielkość wynikała z budowy geologicznej kopalni i panujących warunków hydrogeologicznych. Dla osiągnięcia założonego celu przyjęto 4 strefy iniekcyjne o długości po 3,0 m każda. Iniekcje zalecano realizować metodą wstępującą tzn. z dołu do góry z zastosowaniem pakera i z wyróżnieniem otworów pierwszej i drugiej kolejności wykonania. Zaczyn sporządzono z cementu CEM III/B 32,5R na wodzie słodkiej o różnych współczynnikach wodno-cementowych. O końcu zatłaczania zaczynu w daną strefę decydowało utrzymanie przez 30 minut na głowicy otworu ciśnień:

0,15 MPa – dla pierwszej strefy iniekcji, licząc od spodu otworu;

0,12 MPa – dla drugiej strefy iniekcji, licząc od spodu otworu;

0,08 MPa – dla trzeciej strefy iniekcji, licząc od spodu otworu, lub wtłoczenie $0,4 \text{ m}^3$ zaczynu w przeliczeniu na każdy metr długości iniekowanej strefy otworu.

Bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na efektywność metod iniekcji otworowej jest kolejność wykonywania prac. Dlatego w pierwszej kolejności były realizowane prace w otworach zlokalizowanych na okręgu o mniejszej średnicy, a później na okręgu większym. Dodatkowo najpierw zalecono wykonanie prac w otworach usytuowanych po przeciwnych stronach otworu podsadzkowego, a później w dwóch pozostałych otworach na danym okręgu. Otrzymane wyniki prac iniekcyjnych w poszczególnych otworach podano w tabeli 1 [1].

O efektywności doszczelnienia danej strefy iniekcyjnej decyduje także zastosowanie pakierów umożliwiających odizolowanie określonej strefy górotworu i utrzymanie ciśnienia wtłaczania zaczynu. Ogólnie rozróżnia się pakery rozprężane mechanicznie, hydraulicznie i pneumatycznie [6]. Przy likwidacji otworu podsadzkowego TP-24 był stosowany paker typu CSP firmy Comdrill [6], która produkuje szeroką gamę pakierów o średnicach od 24 do 340 mm (rys. 1).

Użyty paker CSP72/160 charakteryzował się długością uszczelki 1,0 m i całkowitą długością 1,65 m. Do jego rozparcia należało wywrzeć odpowiednie ciśnienie, aby uzyskać określoną średnicę w otworze i doszczelnienie do górotworu. Dokładne parametry przedstawiono na rysunku 2 [6].

Tabela 1

Zestawienie objętości zaczynów zatłoczonych do otworów uszczelniających wokół otworu TP-24

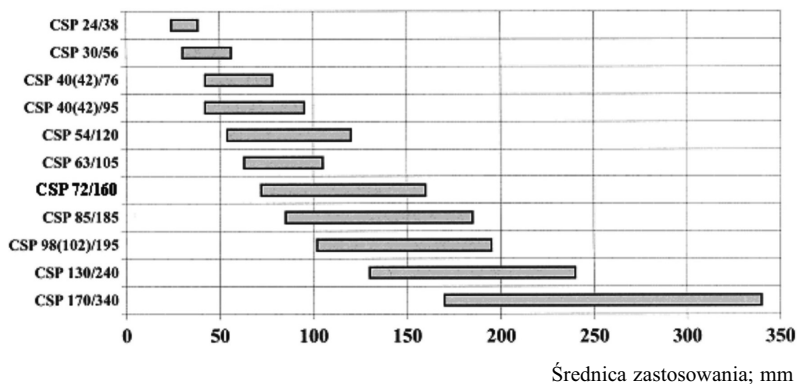
Głęb. [m]	Nr strefy	Litołogia	Nr otworu							
			W-1	W-2	W-3	W-4	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4
		glebia	objętość zatłoczona w litrach							
1	IV	gliny piasiste, szarozółte (czwartorzęd)	30	30	30	30	30	30	30	30
2										
3										
4	III	gliny piasiste, szarozółte (czwartorzęd)	40	50	50	50	50	50	50	40
5										
6										
7	II	ilny pstry z rumoszem p-ca (utwory fiiszowe)	60	60	wypelnienie strefy zaczynem podczas zatłaczania otworu W-1	150	50	100	200	200
8										
9										
10	I	ilny pstry z rumoszem p-ca (utwory fiiszowe)	120	140	wypelnienie strefy zaczynem podczas zatłaczania otworu W-1	250	300	150	200	220
11										
12										
Sumarycznie zatłoczono			250	280	80	480	430	330	480	490
Łącznie zatłoczono			otwory W - 1.090 litrów zaczynu				otwory Z - 1.730 litrów zaczynu			
Ogółem zatłoczono			2.820 litrów zaczynu							
Gęstość zaczynów			1,68 g/cm ³				1,76 g/cm ³			
Uzyskane ciśnienie zatłaczania			Strefa I		Strefa II		Strefa III		Strefa IV	
			0,15 MPa		0,12 MPa		0,08 MPa		bez ciśnienia	

Kolejnym etapem prac była przypowierzchniowa likwidacja otworu TP-24 obejmująca:

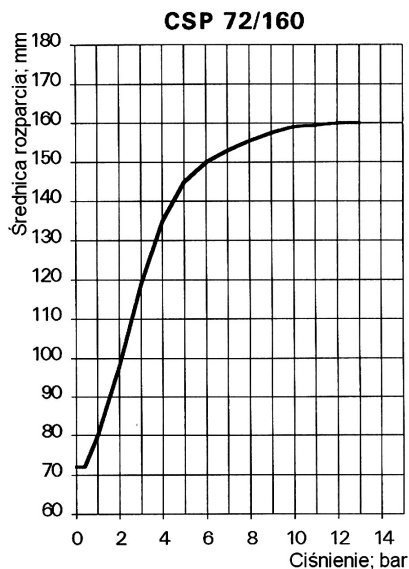
- wykonanie wykopu wokół niego na głębokości 2,5 m i obcięcie rur o średnicy 620/600 mm i 20" na wysokości rzędnej 260,0 m n.p.m. tj. 1,5 m poniżej odtwarzanej powierzchni terenu,

- dopełnienie zaczynem cementowym przestrzeni pierścieniowych i otworu,
- zadeklowanie blachą o grubości 10 mm kolumn rur okładzinowych,
- wykonanie nad otworem płytki betonowej o wymiarach 1,2×1,2×0,2 m,
- zasypianie wykopu nad zlikwidowanym otworem,
- przeprowadzenie rekultywacji terenu działki i przekazanie jej właścicielowi.

W wyniku opracowanej i wdrożonej technologii likwidacji otworów podsadzkowych zmniejszyła się ich liczba otworów podsadzkowych w Kopalni Soli „Wieliczka”, a tym samym i zagrożenie wodne.



Rys. 1. Parametry pakierów typu CSP



Rys. 2. Zależność średnicy rozparcia pakera CSP72/160 od ciśnienia

4. WNIOSKI

- 1) Otwory podsadzkowe bezpośrednio po spełnieniu swych funkcji powinny być skutecznie likwidowane, gdyż w przeciwnym przypadku pogarsza się ich stan techniczny i stanowią one potencjalne drogi dopływu wody do kopalni, co jest szczególnie groźne dla kopalni soli.
- 2) Likwidacja starych otworów podsadzkowych w kopalniach soli wymaga ich wypełnienia pod ciśnieniem właściwie dobranym zaczynem uszczelniającym oraz efektywnego doszczelnienia otaczającego je górotwór.
- 3) Ze względu na brak dostępu do wylotu otworu TP-24 w kopalni konieczne było etapowe jego likwidowanie, na które złożyło się wykonanie korka z piasku, trzech korków z zaczynu cementowego sporządzonego na pełnonasyconej solance i jednego korka uszczelniającego sporządzonego na wodzie słodkiej.
- 4) Dla uszczelnienia bezpośredniego otoczenia otworu TP-24 zaprojektowano dwurzędowy ekran przeciwfiltracyjny składający się z ośmiu otworów wywierconych do izolacyjnej otuliny iłowo-gipsowej chroniącej złożę soli.
- 5) Otwory doszczelniające różniły się odległościami od osi otworu podsadzkowego, kolejnością wykonania prac iniekcyjnych, parametrami technologicznymi zaczynu uszczelniającego i ciśnieniami zatłaczania zaczynu w poszczególne strefy iniekcyjne.
- 6) Zrealizowane prace uszczelniające metodą wstępującą z zastosowaniem pakera samorozprężnego typu CSP72/160 potwierdziły swą skuteczność i przyczyniły się do ograniczenia zagrożenia wodnego kopalni, a zarazem do poprawy środowiska poprzez rekultywowanie powierzchni terenu i przekazanie nieruchomości właścicielowi.

LITERATURA

- [1] Brudnik K., Liber M.: *Protokół likwidacji otworu podsadzkowego nr TP-24*. Wieliczka, 2008 (materiały niepublikowane KSW)
- [2] Cement, kruszywa, beton w ofercie Grupy Górażdże, Chorula 2007
- [3] Gonet A., Stryczek S., Winid B.: *Projekt techniczny likwidacji otworów podsadzkowych odwierconych z powierzchni do wyrobisk Kopalni Soli „Wieliczka”*, FWNiG. Kraków, 2007 (materiały niepublikowane)
- [4] Gonet A., Stryczek S., Brudnik K.: *Ograniczenie migracji wód powierzchniowych i czwartorzędowych wokół otworu podsadzkowego TP-17 w Kopalni Soli „Wieliczka”*. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Kraków, WWNiG 2007
- [5] Gonet A., Stryczek S., Knez D., Śliwa T., Pawlikowska J.: *Ocena metod i sposobów likwidacji odwiertów poszukiwawczych i rozpoznawczych (negatywnych lub ze względów ekonomicznych nie eksploatowanych) z opracowaniem zaleceń do dotychczas stosowanych procedur likwidacji*. Kraków, 2006 (materiały niepublikowane)
- [6] Packer, Schlaucharmaturen, Manschettenrohre, Pumpen, Meßgeräte. Materiały firmy Comdrill GmbH, Usterseisheim 2001
- [7] Stryczek S., Gonet A.: *Geoinżynieria*. Kraków, PAN 2000