



Jerzy STASICA*, Zbigniew RAK*, Zbigniew BURTAN**

Nowoczesne technologie napraw i wzmocnień obudowy szybów górniczych

Streszczenie: W artykule przedstawione zostały nowoczesne metody naprawy i wzmocnienia obudowy szybów górniczych. Naprawy obudowy szybów górniczych niejednokrotnie wiążą się z koniecznością dokonania dodatkowego wzmocnienia ich obudowy w miejscach występujących uszkodzeń. Zaprezentowane technologie oparte są na technikach kotwienia, iniekcji, torkretowania oraz wzmocniania obudowy szybów górniczych z wykorzystaniem np. pierścieni oporowych (krążyn). Artykuł obok prezentacji poszczególnych technologii, zawiera wiele aspektów praktycznych, dotyczących doboru optymalnych urządzeń, np. pomp do zatłaczania spoiwa, instalowania kotwi iniekcyjnych, torkretu oraz materiałów niezbędnych do wykonania zaproponowanych robót, np. kotwi, spoiw, klejów, które w sposób decydujący wpływają na skuteczność i efektywność wykonywanych robót naprawczych i wzmocniających oraz obniżają koszty ich wykonania. Dla uproszczenia, a tym samym obniżenia kosztów zaproponowanych wzmocnień i konsolidacji górotworu, w artykule zaproponowano technologię łączącą jednocześnie realizowane techniki iniekcji i kotwienia górotworu z użyciem tych samych spoiw mineralno-cementowych oraz tych samych urządzeń do ich zatłaczania. Autorzy przedstawili również zalety stosowania spoiw mineralno-cementowych, kotwi iniekcyjnych oraz przedstawili technologię iniekcji wzmocniająco-uszczelniającej górotworu w otoczeniu zniszczonego odcinka szybu.

Słowa kluczowe: górnictwo, obudowa szybowa, naprawa obudowy, uszkodzenia obudowy

Modern technologies of repair and reinforcement of mining shaft linings

Abstract: In the article modern methods of repair and reconstruction of mining shaft linings were presented. Repair and reconstruction of mining shaft linings often require additional reinforcement of the support in areas where damage occurs. The presented technologies are based on techniques of bolting, injecting, spraying with concrete and reinforcing of mining shaft linings using, for example, stopper ring (arch centre), as well as on the latest experiences of authors obtained during the design and monitoring of meaningful solutions in the mining and geological conditions of hard coal mines. Aside from the presentation of the various technologies, the article contains many practical aspects for selecting the optimal equipment and materials necessary for the proposed solutions, such as rock bolts, binders and adhesives, which significantly affect on the effectiveness and efficiency

* Dr inż., ** Dr hab. inż., AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków; e-mail: stasica@agh.edu.pl

of the repair and strengthening works and reduce the cost of their execution. To simplify and thus reduce the cost of proposed rock mass reinforcement and consolidation, in the article a technology that simultaneously combines the techniques of rock injection and rock bolting with applying the same mineral cement binders was proposed. The advantages of using mineral-cement adhesives, injection bolts were also presented by authors. Furthermore a detailed injection strengthening-sealing technology of rock mass in surrounded by a destroyed section of shaft was presented.

Keywords: mining, shaft lining, repair of shaft lining, damages of support

Wprowadzenie

Proces starzenia materiału obudowy szybów górniczych przyspieszany jest często działaniem dodatkowych czynników zewnętrznych, np. wpływem agresywnych wód wyciekających zza obudowy oraz zmianami temperaturowymi, powodującymi między innymi przemarzanie obudowy w górnym odcinku szybu. Na stan obudowy wpływają również ciśnienie górotworu, drgania związane z ruchem maszyn wyciągowych oraz eksploatacja górnicza prowadzona w pobliżu filarów szybowych albo w samych filarach. Z powodu tych uszkodzeń coraz częściej wykonywane są naprawy obmurza szybów oraz wyrobisk przyszybowych a czasem zdarzają się również sytuacje awaryjne, wymagające podjęcia niezwłocznych działań interwencyjnych (Jendryś i in. 2017).

Technologie napraw i wzmocnień obudów szybów górniczych powinny zostać poprzeczone specjalistycznymi badaniami oraz oceną stanu technicznego ich obudowy (Stasica 2017). Takie działania pomagają w podejmowaniu racjonalnych decyzji, dotyczących wyboru optymalnej technologii wzmocnienia obudowy uszkodzonego odcinka szybu. Wybrane technologie powinny charakteryzować się odpowiednią skutecznością, trwałością, prostotą wykonania, powinny być również tanie w wykonaniu oraz nie utrudniać funkcjonowania wyrobiska zgodnie z przeznaczeniem.

Dla uproszczenia robót naprawczych, a tym samym obniżenia kosztów zaprojektowanych wzmocnień obudowy i konsolidacji górotworu, w artykule zaproponowano (oprócz tradycyjnych rozwiązań), technologię łączącą jednocześnie realizowane techniki iniekcji i kotwienia górotworu, z użyciem tych samych spoiw mineralno-cementowych oraz urządzeń do ich zatłaczania. Ze względu na nieprzewidywalność oraz zmienność warunków geologiczno-górnicych w rejonie projektowanych robót, wskazano potrzebę wdrażania systemu monitorowania realizowanych prac naprawczych a także potrzebę dokonywania poprawek w przyjętej technologii, np. zmiany długości i liczby kotwi, otworów iniekcyjnych, ilości stosowanego spoiwa. Wiadomo, że tego typu poprawki są trudne do przyjęcia na etapie wykonywania robót, chociażby z uwagi na wiążącą umowę wykonawcy robót ze zleceniodawcą, czy też przyjęte wcześniej koszty, ale bardzo trudno na etapie projektowania określić, np. dokładną ilość otworów iniekcyjnych czy też ilość spoiwa niezbędną do przeprowadzenia iniekcji, należy ten fakt poważnie wziąć pod uwagę w przypadku planowania takiej inwestycji.

1. Naprawa obudowy oraz prace zabezpieczające

Wymiana zniszczonego odcinka obudowy murowej szybu lub jej uzupełnienie w miejscach występujących ubytków (rys. 1 i 2), jest najstarszą a zarazem najprostszą technologią naprawy obmurza. W miejscach, w których ubytki obudowy szybu i jej skorodowanie sięgają na głębokość większą niż 12 cm (kryterium stopnia korozji obmurza, zgodnie z normami: PN-G-04210:1996 i PN-G-04211:1996), naprawę obudowy najczęściej przeprowadza się poprzez jej wymianę (z dołu do góry), polegającą na wykuciu starej obudowy do tzw. twardego (min. na głębokość 25 cm) i jej ponownym zamurowaniu. Tego typu ubytki powstają najczęściej w wyniku długiego okresu użytkowania szybu, tj. starzenia się obudowy, jej korozji, złej jakości materiału lub z przyczyn technologicznych, np. niezlikwidowane podkucia technologiczne po starych dźwigarach. Ubytki te, zwykle poza uzupełnieniem, nie wzmagają dodatkowego wzmocnienia obudowy.



Rys. 1. Ubytki obudowy murowej

Fig. 1. Losses of brick lining



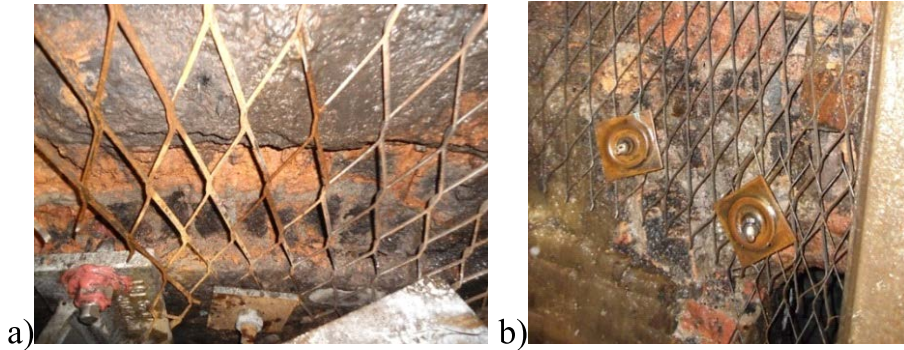
Rys. 2. Podkucie technologiczne po starym dźwigarze

Fig. 2. Technological preparing after old girder

Miejsca, w których ubytki obudowy szybu lub jej skorodowanie sięgają na głębokość mniejszą niż 12 cm (powierzchowne złuszczenia lub odspojenia obmurza), najczęściej zabezpiecza się tylko z wykorzystaniem, np. stalowej siatki przykotwionej do obudowy szybu. Na rysunku 3a i 3b, przedstawiono opisany sposób zabezpieczenia obmurza.

Do zamocowania siatki zabezpieczającej stosowane są kotwy klinowe np. typu M1 lub W1, między innymi produkcji firmy Minova Arnall Sp. z o.o, o długości max 2/3 grubości obudowy (rys. 4). Głównym elementem mocującym kotwę w otworze, jest jej rozparcie o ścianki otworu z wykorzystaniem klina rozpierającego, ale dodatkowo kotew utwierdza się z wykorzystaniem zaprawy cementowej lub polimerowej w postaci ładunków klejowych. Zastosowanie zaprawy powoduje dodatkowe uszczelnienie otworu i zabezpieczenie kotwi przed korozją.

W przypadku rozległych powierzchniowo głębokich ubytków obudowy, zabezpieczenie wykonuje się podobnie, tj. z wykorzystaniem przykotwionej siatki stalowej, ale poprzez dodatkowe okładziny wykonane z blach stalowych lub prostek V (rys. 5). Poprawnym roz-



Rys. 3. a i b. Zabezpieczenie obudowy z wykorzystaniem przykotwionej siatki stalowej

Fig. 3. a and b. Shaft lining protection with application bolted steel mesh



Rys. 4. Kotew klinowa typu W1 (mat. Minova Arnall Sp. z o.o.)

Fig. 4. W1 wedge bolt

wiązaniem jest nie tylko przykotwienie siatki, ale również wypełnienie kawerny zaprawą cementową lub jej zamurowanie. Takie rozwiązanie przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 5. Kawerna zabezpieczona przykotwioną siatką stalową z okładzinami

Fig. 5. Cavern secured by bolted steel mesh

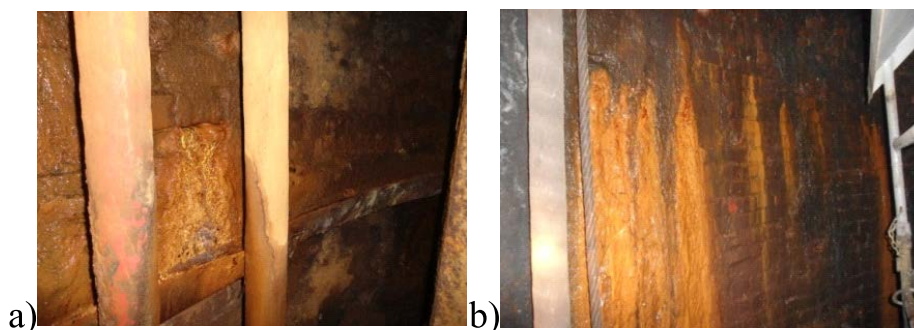


Rys. 6. Kawerna zamurowana i zabezpieczona przykotwioną siatką

Fig. 6. Cavern bricked up and secured by means of bolted mesh

2. Naprawy i wzmocnienia obudowy szybu w miejscach występowania wycieków wody z za obudowy oraz w rejonach warstw wodonośnych

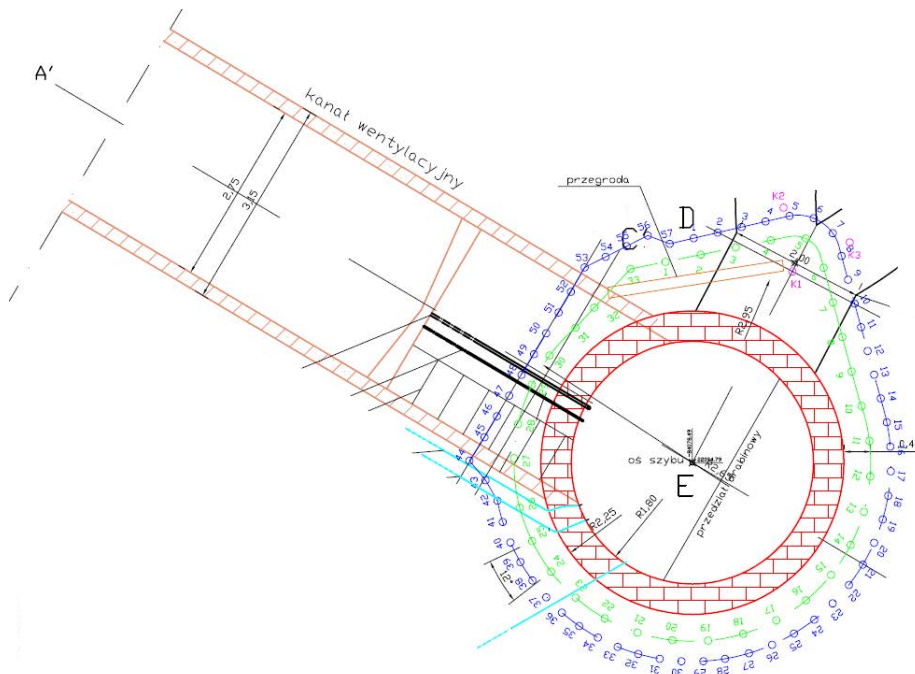
Przykładowe wycieki i sączenia wody z za obudowy szybu przedstawiono odpowiednio na rysunkach 7a i 7b. Pojedyncze wycieki najczęściej ujmowane są w rynienki okapowe połączone z rurociągami odwadniającymi (rys. 7a). Taki zabieg ogranicza spływanie wody po obudowie szybu, ograniczając tym samym jej agresywne oddziaływanie w stosunku do obudowy szybu i jego wyposażenia (konstrukcji stalowych). Przy intensywnych wyciekach, uszczelnienie otworów może spowodować spiętrzenie wody za obudową szybu i wytworzyć ciśnienie hydrostatyczne, które może uszkodzić jego obudowę (Jendryś i in. 2017).



Rys. 7. a i b. Przykładowe wycieki i sączenia wody z za obudowy szybu

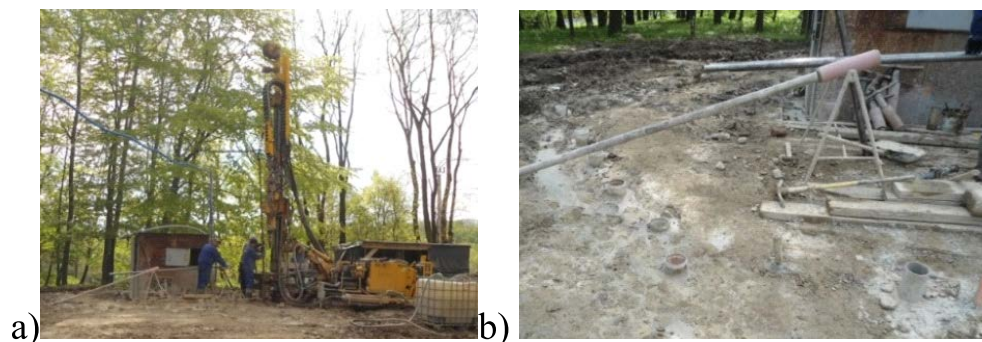
Fig. 7. a and b. Examples of leaks and filtering of water behind of shaft lining

W przypadku, gdy mamy do czynienia z serią drobnych, niewielkich sączeń wody z za obudowy szybu, skuteczną metodą ich ograniczenia i uszczelnienia obudowy może okazać się iniekcja górotworu w otoczeniu rury szybowej. Wielkość dopływów naturalnych wód do wyrobisk kopalnianych maleje wraz z głębokością eksploatacji. Najwięcej dopływów wód do szybów obserwujemy w górnym odcinku rury szybowej, w takich przypadkach prace iniekcyjne mogą być niejednokrotnie prowadzone z powierzchni terenu, z wykorzystaniem otworów wiertniczych – iniekcyjnych (Walczak i Chochół 2016) (rys. 8 i 9). Celem takich prac jest ograniczenie dopływu wód do obudowy szybu poprzez wykonanie przesłony filtracyjnej składającej się np. z kolumn *jet-grouting* oraz uszczelnienie i wzmocnienie górotworu z zastosowaniem iniekcji klasycznej. Iniekcja górotworu systemem *jet-grouting* (wysokociśnieniowa 25–35 MPa), obejmuje zewnętrzny pierścień otworów o średnicy \varnothing 93 mm i długości 22 m (kolor niebieski) (rys. 8). Iniekcja klasyczna (niskociśnieniowa 0,06–0,17 MPa), obejmuje wewnętrzny pierścień otworów o średnicy \varnothing 93 mm i długości 17 m (kolor zielony).



Rys. 8. Projekt robót iniekcyjnych w otoczeniu rury szybowej (Walczak i Chochół 2016)

Fig. 8. Project of injection works surrounded by shaft pipe



Rys. 9. a i b. Widok robót iniekcyjnych prowadzonych z powierzchni w otoczeniu szybu

Fig. 9. a and b. A view of injection works carried out from the surface around the shaft

Jak już wcześniej wspomniano, ciśnienie hydrostatyczne wody, która może spiętrzyć się za obudową szybu, może stanowić poważne zagrożenie dla obudowy, powodując nawet utratę jej stateczności. Poniższy przykład dotyczy wzmocnienia obudowy betonowej szybu w rejonie głównego poziomu wodonośnego, z wykorzystaniem pierścieni stalowych (rys. 10 i 11). Wykonawcą i projektantem robót była firma KOPEX Przedsiębiorstwo Budowy

Szybów SA. Prace zabezpieczające wykonano w szybie zaadoptowanym na pompownie głębinową, w rejonie głównego poziomu wodonośnego dostarczającego wodę do szybu. Pierścienie wzmacniające, wykonane z ceowników, były stabilizowane pionowymi wspornikami i rozpierane do obudowy szybu za pomocą specjalnych siłowników hydraulicznych (rys. 11). Konstrukcja zaproponowanego wzmocnienia była samonośna i nie wymagała, np. przykotwienia do obudowy szybu, co mogło spowodować jej osłabienie i nieszczelność w rejonie poziomu wodonośnego.



Rys. 10. Widok pierścieni wzmacniających obudowę szybu

Fig. 10. The view of the rings reinforcing the shaft lining

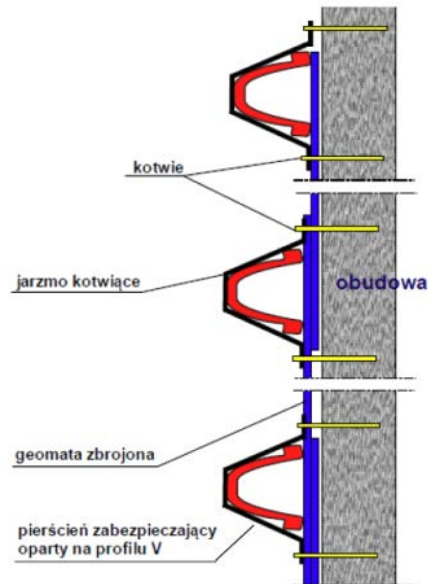


Rys. 11. Widok siłowników hydraulicznych rozpierających pierścienie

Fig. 11. The view of hydraulic cylinders spreading the rings

Na odcinku tego wzmocnienia obudowa szybu była szczelna, w dobrym stanie technicznym i nie wymagała dodatkowego zabezpieczenia, np. siatką lub geomatą. W przypadku, gdy mamy do czynienia z wyciekami wody z za obudowy szybu, jak chociażby w rejonach poziomów wodonośnych, można zastosować metodę wzmocnienia obudowy z wykorzystaniem pierścieni stalowych wraz z geomatą zbrojoną siatką (Jendryś i in. 2017) (rys. 12). Rozwiązanie to można zastosować w przypadku konieczności wzmocnienia obudowy szypowej, z równoczesnym zabezpieczeniem przed wynoszeniem części stałych mineralnych z za obudowy (przez wypływającą wodę) i utrzymaniem braku wodoszczelności obudowy. Geomata działa jak sito, przepuszcza wodę, ale zatrzymuje części stałe mineralne wynoszone przez nią z za obudowy szybu. Dzięki tej metodzie nie powstają pustki za obudową a woda dopływająca do szybu (ujmowana w rynienki okapowe) nie spiętrza się, nie powodując wzrostu ciśnienia hydrostatycznego mogącego obciążyć i zniszczyć obudowę szybu.

Jeżeli decydujemy się na całkowite uszczelnienie zawodnionego odcinka szybu, konieczne jest w tym przypadku dodatkowe wzmocnienie obudowy w taki sposób, aby ewentualnie powstałe ciśnienie hydrostatyczne wody za jego obudową nie doprowadziło do jego zniszczenia. Do rozwiązania tego problemu może być zastosowana koncepcja wzmocnienia obudowy szybu z wykorzystaniem (wzmocnionych konstrukcyjnie) pierścieni stalowych, tworzących szczelny ekran w postaci stalowego płaszcza (Jendryś i in. 2017). Rozwiązanie to, stosowane głównie dla nowo budowanych szybów, przedstawiono na rysunku 13.



Rys. 12. Wzmocnienie obudowy szybu pierścieniami stalowymi wraz z geomatą zbrojoną (Jendryś i in. 2017)

Fig. 12. Reinforcement of the shaft lining by means of steel rings with reinforced geotext

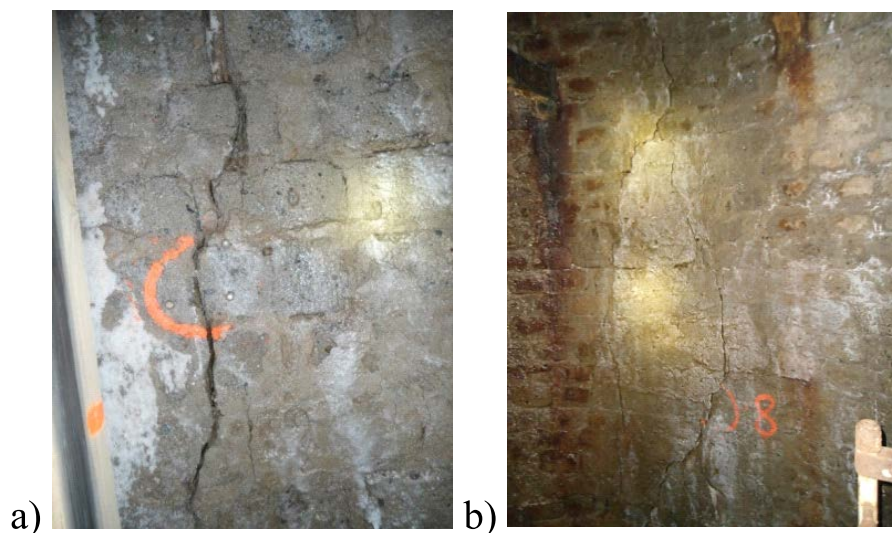


Rys. 13. Widok segmentu pierścienia stalowego (Jendryś i in. 2017)

Fig. 13. A view of the steel ring segment

3. Naprawy i wzmocnienia obudowy szybu w miejscach występowania intensywnych spękań obudowy

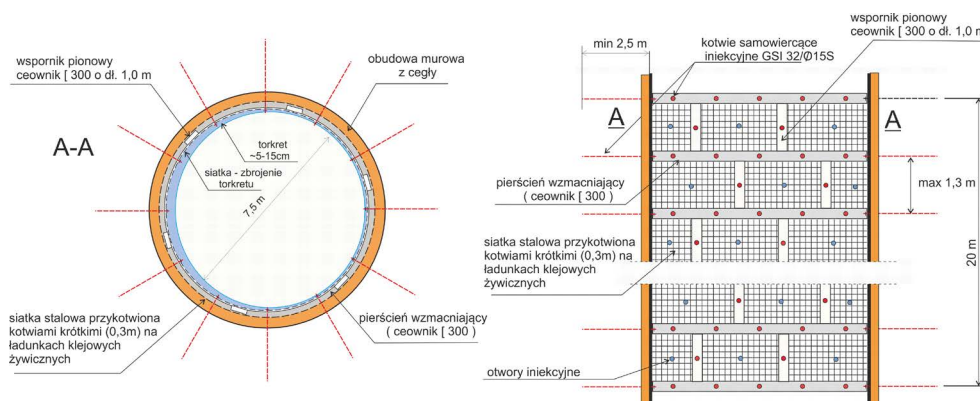
Przykładowe uszkodzenia obudowy murowej, wykonanej z kostki betonowej (betonitów), przedstawiono na rysunkach 14a i 14b. Szczególne niebezpieczne są pęknięcia rozgałęziające się oraz zataczające zamknięte koła lub elipsy. Grożą one niebezpiecznym, niekontrolowanym odspojeniem obmurza i jego przemieszczeniem do wnętrza szybu.



Rys. 14. a i b. Uszkodzenia obudowy murowej w formie pęknięć

Fig. 14. a and b. Damages of brick lining in form of fractures

Przy tego rodzaju uszkodzeniach obudowy często stosuje się (opisane wcześniej) stalowe pierścienie wzmacniające, wykonane z profili V lub z ceowników, z jednoczesną (jeżeli zachodzi taka potrzeba) wymianą lub uzupełnieniem części zniszczonego obmurza. Dodatkowo, w polach pomiędzy pierścieniami, stosuje się siatki zabezpieczające przed ewentualnym odspojeniem części obmurza. Zabiegiem uzupełniającym może być stosowana niskociśnieniowa iniekcja górotworu otaczającego rurę szybową. Takie rozwiązanie przedstawiono na rysunku 15.



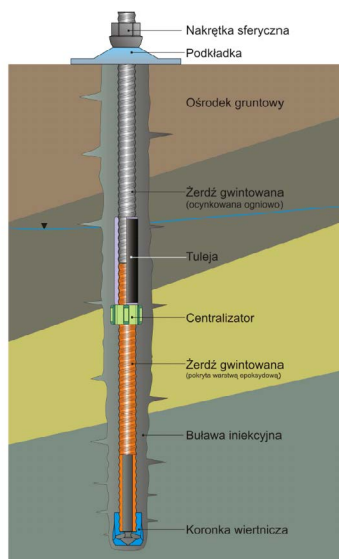
Rys. 15. Wzmocnienie obudowy szybu w rejonie intensywnych spękań i odspojen obudowy

Fig. 15. Reinforcement of the shaft lining in the area of intense fractures and losses of the lining

W tym przypadku wzmocnienia obudowy szybu dokonano poprzez montaż stalowych pierścieni, połączonych pionowymi wspornikami stalowymi i przykotwionymi kotwami iniekcyjnymi typu GSI, wraz siatką okładzinową oraz z dodatkową iniekcją wzmacniająco-uszczelniającą górotworu otaczającego. Całość konstrukcji zaplanowano zabezpieczyć antykorozyjne z wykorzystaniem betonu natryskowego (torkretu). Ze względu na zapewnienie minimalnych odstępów ruchowych pomiędzy konstrukcją obudowy i naczyniami wyciągowymi, grubość torkretu była zróżnicowana na obwodzie szybu.

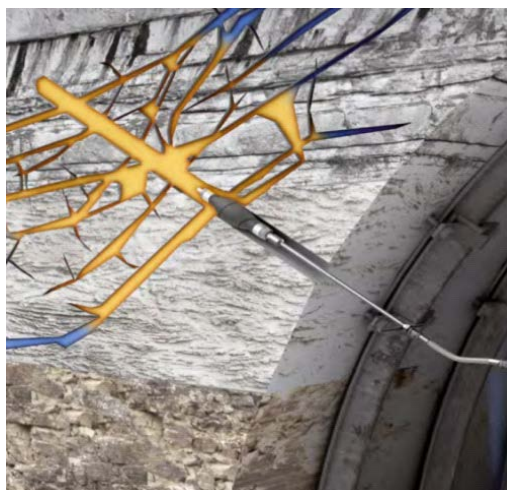
Najważniejsze elementy technologii proponowanego wzmocnienia to:

- Wzmocnienia dwudziestometrowego odcinka obudowy szybu dokonano z wykorzystaniem pierścieni wzmacniających, wykonanych z ceownika [300].
- Z przyczyn technologicznych każdy z pierścieni składał się z mniejszych odcinków o długościach ułatwiających ich montaż w danym miejscu, przewidziano zastosowanie 6–9 segmentów pierścienia, każdy z nich przykotwiony do obudowy i górotworu min. dwoma kotwami iniekcyjnymi.
- Do przykotwienia pierścieni wykorzystano wklejane kotwy iniekcyjne typu GSI-32/Ø15S, o długości 2,5 m (rys. 16).
- Do instalacji kotew iniekcyjnych zaproponowano spoiwa mineralno-cementowe, które nie ulegają spienianiu (nie zwiększają swojej objętości po zaaplikowaniu do górotworu), typu: ADIBET-W60 firmy ADIBUD lub alternatywnie Verpensin firmy Schaum Chemie Mikołów.
- Przykotwienie pierścieni kotwami iniekcyjnymi uwidacznia często potrzebę dodatkowego wykonania iniekcji wzmacniająco-uszczelniającej górotworu w otoczeniu zniszczonego odcinka szybu (rys. 17).



Rys. 16. Kotew iniekcyjna typu GSI (mat. GONAR-Systems International)

Fig. 16. GSI injection bolt



Rys. 17. Iniekcja górotworu (mat. DSI Schaum Chemie)

Fig. 17. Rock mass injection

Zalety technologii kotwienia połączonego z jednoczesną iniekcją górotworu:

- Zaproponowana technologia kotwienia z jednoczesną iniekcją górotworu dodatkowo uszczelnia spękany górotwór i jednocześnie wzmacnia go.
- Zwiększenie spójności i ciągłości górotworu ma na celu przejście w koniecznym zakresie obciążeń, mogących niekorzystnie oddziaływać na obudowę i elementy konstrukcyjne wzmacnianego odcinka szybu.

3.1. Spoiwa i urządzenia wykorzystane do wzmacniająco-uszczelniającej iniekcji górotworu

Wśród polimerów syntetycznych, które znalazły zastosowanie w górnictwie przy wzmacnianiu iniekcyjnym górotworu, można wyróżnić:

- żywice formaldehydowe,
- żywice mocznikowo-formaldehydowe,
- żywice fenolowo-formaldehydowe,
- żywice organiczno-mineralne (silikatowe),
- żywice poliuretanowe.

Poszczególne środki wykazują zróżnicowane fizyko-chemiczne parametry reakcji oraz właściwości mechaniczne, co definiuje możliwe obszary ich zastosowania. Oddzielną grupę stanowią spoiwa mineralno-cementowe. W stosunku do iniekcyjnych środków chemicznych, spoiwa mineralno-cementowe wykazują trzy zasadnicze zalety, które odgrywają bardzo istotną rolę, tj. posiadają większy zakres penetracji ośrodka skalnego, prostsze procedury wtlaczania oraz zdecydowanie niższą cenę. Na uwagę zasługuje spoiwo mineralno-cementowe o nazwie handlowej ADIBET-W60B, produkowanego przez Przedsiębiorstwo Wielobranżowe ADIBUD. Parametry wytrzymałościowe tego spoiwa przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1. Parametry wytrzymałościowe spoiwa ADIBET-W60B (dla w/s=0,25/1)

TABLE 1. Strength characteristics of binder ADIBET-W60B (for w/b = 0,25/1)

Wytrzymałość na ścislenie Rc [MPa]		
5 h	12 h	24 h
10	20	30
Wytrzymałość na zginanie Rg [MPa]		
5 h	12 h	24 h
3	4	5

Spoiwo to z powodzeniem było stosowane już w polskich kopalniach węgla kamiennego. Przykłady zastosowania tego spoiwa w górnictwie podziemnym są wszechstronne, w szczególności spoiwo to wykorzystywane jest do:

- iniekcyjnego sklejanie górotworu,
- wklejania kotew,
- wykonywania pasów izolacyjno-podpornościowych,

- wykonywania tam izolacyjnych,
- wypełniania pustych przestrzeni poza obudową wyrobisk,
- powiązania obudowy z górotworem,
- torkretowania wyrobisk górniczych,
- do wykładki mechanicznej.

Jak widać jest to uniwersalne spoiwo, mogące mieć zastosowanie do wszystkich proponowanych technologii kotwienia, iniekcji i torkretowania.

W celu uzyskania właściwej konsystencji spoiwa, która zapewnia efektywne jego zastosowanie, spoiwo powinno być przerabiane z użyciem agregatu mieszająco-pompującego, umożliwiającego utrzymanie kontrolowanego stałego współczynnika wodno-spoiwowego (w/s). Producent spoiwa zaleca zastosowanie agregatu mieszająco-pompującego typu PuMa lub PuMa M, gdyż są to urządzenia pozwalające na ciągłe mieszanie oraz podawanie spoiw dobrze homogenizowanych o stałym współczynnikiem w/s. Przykład takiego urządzenia przedstawiono na rysunku 18.



Rys. 18. Agregat pompująco-mieszający typu PuMa M (mat. P.W. ADIBUT 2017)

Fig. 18. PuMa M pumping-mixing unit

3.2. Zasady prowadzenia iniekcji wzmacniająco-uszczelniającej górotworu w otoczeniu zniszczonego odcinka szybu

Iniekcja wzmacniająco-uszczelniająca górotworu w otoczeniu zniszczonego odcinka szybu powinna być wykonywana z dużą ostrożnością, aby nie spowodować wtórnego zniszczenia górotworu i obudowy szybu. Ciśnienie oraz ilość wtlaczanego spoiwa należy dostosować do możliwości wchłaniania górotworu, gdyż zbyt wysokie ciśnienie lub zbyt duża ilość kleju mogą powodować wtórne zeszcelinowanie skał i zniszczenie obudowy szybu. Z tego względu, w czasie tłoczenia należy kontrolować wartość ciśnienia iniekcji, zachowanie się górotworu i obudowy szybu.

Do wykonania iniekcji wzmacniająco-uszczelniającej górotworu niejednokrotnie można użyć tego samego spoiwa mineralno-cementowego, co do osadzania kotwi iniekcyjnych, np. wspomniane spoiwo ADIBET-W60B.

W przypadku rozwiązania technologicznego przedstawionego na rysunku 15, iniekcję zaplanowano od wywiercenia min. trzech otworów (jeden iniekcyjny oraz dwa otwory od-

prężająco-odpowietrzające). W proponowanej technologii długość otworów iniekcyjnych była dłuższa o około 30 cm od grubości obudowy szybu, czyli wynosiła około 0,8 m. Po zatłoczeniu pierwszego otworu, można przystąpić do klejenia następnego, jednak wcześniej należy wywiercić kolejny otwór, jako odpowietrzający w stosunku do otworu tłoczego.

Wtlaczanie spoiwa należy zakończyć:

- po wtlczeniu zadanej ilości kleju do otworu, lub
- po widocznym wypływie kleju z ociosu (np. poprzez fugi), lub
- po osiągnięciu maksymalnego założonego ciśnienia wtlczania max 5 MPa, lub
- do czasu wypływu iniektu z otworu sąsiedniego (odprężająco-odpowietrzającego), lub
- gdy zostanie stwierdzone odprężenie górotworu.

Podsumowanie

Z uwagi na długi okres użytkowania szybów, wpływ niekorzystnych warunków geologicznych, górniczych oraz technicznych coraz częściej obserwuje się lokalne uszkodzenia i zniszczenia obudowy szybów, mogące doprowadzić do ich unieruchomienia lub całkowitego zniszczenia. Dlatego na bieżąco należy kontrolować stan obudowy szybów górniczych, a w razie potrzeby wykonać natychmiastowe i odpowiednie działania naprawcze lub wzmacniające. Podjęcie w odpowiednim czasie proponowanych technik naprawczych oraz wzmacniających, przyczyni się obniżenia kosztów eksploatacji wielu szybów i do dalszego bezpiecznego ich funkcjonowania zgodnie z przeznaczeniem. Najbardziej skuteczne a zarazem najbardziej skomplikowane i najdroższe sposoby naprawy oraz wzmocnienia obudowy szybowej to te, w których stosuje się pierścienie wzmacniające różnej konstrukcji, połączone z technikami kotwienia i ewentualnej iniekcji górotworu za obudową. Takie rozwiązania realizowane były w wielu kopalniach węgla kamiennego i przyniosły zadawalające efekty.

Artykuł przygotowany w ramach pracy statutowej AGH Akademii Górniczo-Hutniczej nr 11.11.100.005.

Literatura

- Bobek i in. 2016 – Bobek, R., Śledź, T., Twardokęs, J., Ratajczak, A. i Głuch, P. 2016. Problemy stateczności obudowy szybów w świetle doświadczeń KWK Knurów–Szczygłowice. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* nr 94, s. 41–52.
- DSI Schaum Chemie Sp. z o.o. 2017. *Materiały reklamowe*: [Online] Dostępne w: <https://www.dsi-schaumchemie.pl/uploads/media/dsi-schaum-chemie-rozwizania-dla-gornictwa-tunelarstwa-i-ochrony-srodowiska-pl.pdf> [Dostęp: 10.07.2017].
- GONAR – Systems International Sp. z o.o. 2017. *Materiały reklamowe*: [Online] Dostępne w: http://www.gsi-gonar.com.pl/pdf/Guide_PL.pdf [Dostęp: 17.07.2017].
- Jendryś i in. 2017 – Jendryś, M., Kleta, H. i Wojtusiak, A. 2017. Wzmocnienie obudowy betonowej szybu jako realna możliwość ograniczenia zagrożenia wodnego. *Budownictwo Górnicze i Tunelowe* nr 1, s. 16–19.
- Minova Arnall Sp. z o.o. 2017. *Materiały reklamowe*: [Online] Dostępne w: <http://www.arnall.com.pl/kotwie-szybowe-typu-m1-w1-w22> [Dostęp: 17.07.2017].
- Przedsiębiorstwo Wielobranżowe „ADIBUD” – Piotr Ślosorz 2017. *Materiały reklamowe* niepublikowane.

- PN-G-04210:1996: Szyby górnicze. Obudowa. Wymagania i badania.
- PN-G-04211:1996: Szyby górnicze. Obudowa betonowa. Kryteria oceny i metody badań.
- Stasica, J. 2017. Nowoczesne metody badań i oceny stanu technicznego obudów szybów górniczych. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* nr 101, s. 85–100.
- Stasica, J. i Rak, Z. 2016. Badanie stanu obudowy szybów górniczych – studium przypadku. *Przegląd Górniczy* nr 72(12), s. 84–92.
- Walczak, P. i Chochół, K. 2016. Projekt techniczny wraz z technologią uszczelniania szybu Wilson na odcinku od powierzchni terenu do stropu utworów czapy ilowo-gipsowej. *Firma TOLOS, materiały kopalniane niepublikowane Kopalni Soli w Wieliczce.*