



Roland BOBEK*, Tomasz ŚLEDŹ*, Jarosław TWARDOKĘS**,
Adam RATAJCZAK*, Piotr GŁUCH***

Problemy stateczności obudowy szybów w świetle doświadczeń KWK Knurów–Szczygłowice

Streszczenie: Szyby górnicze pełnią kluczową rolę w zapewnieniu ciągłości ruchu podziemnego zakładu górniczego (zapewnienie ciągłości wydobycia kopaliny użytecznej). Do najważniejszych zadań, jakie pełnią szyby górnicze należy zaliczyć doprowadzenie i odprowadzenie powietrza z wyrobisk podziemnych, wydobycie kopaliny na powierzchnię, dostarczenie szeroko pojętej energii do podziemnych wyrobisk górniczych oraz opuszczenie i wyciągnięcie materiałów i załogi. Obowiązujące przepisy górnicze obligują przedsiębiorców do prowadzenia monitoringu, badań i oceny stanu technicznego obudowy szybów górniczych przez stosownych rzeczoznawców ds. ruchu zakładu górniczego przy zastosowaniu coraz bardziej zaawansowanych technologii pomiarowych (skanowanie laserowe obudowy szybu, cyfrowa analiza obrazu obudowy szybu), które pozwalają w sposób precyzyjny określić rodzaj i wielkość uszkodzenia obudowy szybowej. Wszelkiego rodzaju awarie szybów, zarówno ich wyposażenia oraz ich obudowy prowadzą do ponoszenia znacznych kosztów związanych z przywróceniem funkcji użytkowej szybu w nawiązaniu do obowiązujących przepisów i norm górniczych. Z uwagi na długi czas istnienia i użytkowania szybów górniczych (sięgający czasami nawet ponad 100 lat), niejednokrotnie obserwuje się uszkodzenia obudowy szybowej mogące prowadzić do utraty jej stateczności, a nawet do zawalenia się samego szybu. W artykule przedstawiono doświadczenia kopalni Knurów–Szczygłowice w zakresie zapewnienia stateczności obudów użytkowanych szybów, obejmujące przedstawienie charakterystyki ich uszkodzeń oraz przedstawienie zakresu technologii prowadzonych napraw obudów szybowych i zastosowanych do tego celu materiałów.

Słowa kluczowe: górnictwo, obudowa szybowa, utrata stateczności, naprawa obudowy

Problems of shaft lining stability in the light of experience Knurów–Szczygłowice coal mine

Abstract: Mine shafts play a key role in ensuring the continuity of an underground mining plant's operation (the continuity of the extraction of useful minerals). The main roles of the mining shafts include the supply and carrying

* Mgr inż., JSW SA KWK Knurów–Szczygłowice, Knurów; e-mail: rbobek@jsw.pl, tsledz@jsw.pl, aratajczak@jsw.pl

** Mgr inż., JSW SA KWK Borynia–Zofiówka–Jastrzębie, Ruch Borynia; e-mail: jtwardokes@borynia.jsw.pl

*** Dr inż., Politechnika Śląska, Gliwice; e-mail: piotr-gluch@wp.pl

away of the air from underground workings, serving as a passage for the extracted material and the supply of all kinds of power to the underground workings. They also serve as the passageways for both the materials and the staff. The current mining provisions obligate companies to organize monitoring, tests and appraisals of the technical condition of the mining shafts' linings by authorized experts in mining plant operations. The increasingly advanced measurement technologies that are being applied in these measurements (laser scanning of the shaft lining, digital analysis of the image of the shaft structure), allow for a precise determination of the type and the dimensions of the damage of the shaft's lining. All kind of failures of the shafts, both their equipment and their lining, lead to significant costs in order to restore the function of the shaft in line with the applicable regulations and standards of mining. Due to the longtime of existence and operation of the mine shafts (sometimes reaching more than 100 years), damages of shaft linings which may lead to the loss of its stability, or even to the collapse of the shaft itself, are frequently observed. The article presents the experience of the Knurów–Szczygłowice coal mine in ensuring the stability of the shaft linings, including the characteristics of their damage and the presentation of the range of technologies used in shaft repairs as well as the materials used in such repairs.

Keywords: mining, shaft lining, loss of stability, repair of shaft lining

Wprowadzenie

Szyby górnicze są głównymi wyrobiskami udostępniającymi złoża kopalin użytecznych w kopalniach głębinowych – łączą powierzchnię terenu z infrastrukturą podziemną. Pełnią kluczowe role w zapewnieniu ciągłości cyklu produkcyjnego kopalni, począwszy od dostarczenia świeżego i odbioru zużytego powietrza, zapewnienia zjazdu i wyjazdu załogi, wydobywania kopaliny użytecznej na powierzchnię, dostarczenia energii, wody i podszadzki, opuszczenia i wyciągnięcia wszelkiego rodzaju materiałów, sprzętu i maszyn. Często szyby pełnią kilka funkcji jednocześnie łącząc przykładowo funkcję wentylacyjną z funkcją wydobywania kopaliny i jazdy ludzi.

Z uwagi na swoje kluczowe funkcje oraz czas istnienia szyby górnicze wymagają ciągłego monitoringu, badań oraz oceny stanu technicznego obudowy przez osoby wyższego dozoru ruchu górniczego oraz przez rzeczoznawców ds. ruchu zakładu górniczego. Zapisy Polskich Norm i stosownych przepisów górniczych określają zakres, kryteria i częstotliwość prowadzonych badań obudów szybowych.

Obecny rozwój techniki znacznie poszerza możliwości prowadzenia nieniszczących badań obudów szybowych poprzez zastosowanie cyfrowej analizy obrazu obudowy szybu określającej zachodzące w niej zmiany (Kleta i in. 2013). Kolejnym przykładem stosowania nowoczesnej techniki to wykorzystanie skanera laserowego pozwalającego na precyzyjne zwiarytowanie ubytków w obudowie szybu (Lipecki 2010; Tokarz 2015).

Zapewnienie stateczności szybów górniczych wymaga prowadzenia bieżących napraw uszkodzonych fragmentów obudowy szybu i wlotów szybowych. Nieprzystąpienie do naprawy uszkodzonej obudowy szybowej może prowadzić do katastrofy górniczej, czego przykładem jest zawalenie się szybu V w ówczesnej kopalni Szczygłowice w 2008 roku (Kleta 2013). Wychodząc naprzeciw zapobieżeniu tak drastycznym skutkom uszkodzeń obudowy szybowej, kopalnia Knurów–Szczygłowice na bieżąco prowadzi roboty naprawcze obudów szybów górniczych, jak również ich wlotów (Bobek i in. 2015; Ratajczak i in. 2015; Wardas i in. 2015; Bobek i in. 2016).

1. Przykłady utraty stateczności obudowy szybów w KWK Knurów–Szczygłowice

1.1. Szyb Paweł

Szyb Paweł pełni funkcję szybu zjazdowo-materiałowego-wdechowego w Ruchu Knurów kopalni Knurów–Szczygłowice. Pogłębianie szybu rozpoczęto w 1903 roku, a w 1906 roku głębenie szybu ukończono na głębokości 462,5 m. Aktualnie szyb charakteryzuje się głębokością 950 m i posiada przekrój kołowy o średnicy 5 m. Wloty podszybi wykonano na poziomach 250, 350, 450, 550, 650 i 850. Obudowę szybu stanowi obudowa tubingowa, murowa z cegły, a poniżej poziomu 650 obudowa murowa z betonitów.

W wyniku prowadzonej wieloletniej intensywnej eksploatacji pokładów węgla warstw rudzkich w 1986 roku nastąpiło osiadanie zrębu szybu, które wyniosło około 1 m, co doprowadziło do zmiżdżenia obudowy szybu na odcinku od głębokości 87,7 m do 89,9 m, po którym została pozioma bruzda o szerokości około 0,3 m na całym obwodzie szybu. Ponadto wystąpiły głębokie odspojenia obudowy murowej szybu na odcinku od głębokości 145 m do 157 m sięgające na $\frac{1}{4}$ cegły oraz spękania i zarysowania dochodzące do głębokości 177 m. Charakter deformacji i uszkodzeń szybu wskazywał na wystąpienie znacznych pionowych odkształceń w obudowie szybu (Kleta 2013).

Naprawa uszkodzeń obudowy szybu Paweł opierała się na wyburzeniu muru na spękanych odcinkach, wykonaniu nowej obudowy murowej z cegły o grubości od 1,5 m do 2,0 m i wzmocnieniu jej pierścieniami stalowymi. Wymianę obudowy murowej rozpoczęto najpierw w górnym odcinku jej uszkodzenia. Pierścienie stalowe o konstrukcji skrzynkowej dla wzmocnienia obudowy szybu zabudowano na głębokości od 87 m do 91,6 m, na głębokości około 110 m i na głębokości od 157 m do 170 m. Dla zabezpieczenia obudowy szybu przed skutkami wzrostu koncentracji naprężeń wykonano dwie dylatacje z bali dębowych 15 x 15 cm na głębokościach od 73,33 m do 73,87 m i od 130,08 m do 130,62 m, które wymieniono w 1996 roku. Ponadto w 1996 roku wykonano nowe dylatacje w obudowie szybu na głębokości około 100 m i 170 m (Kleta 2013). Aktualny widok wykonanych pierścieni stalowych przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Aktualny widok pierścieni stalowych w szybie Paweł

Fig. 1. Current view of the steel rings in the Paul shaft

Szybkie wykonanie przedstawionych prac naprawczych zapobiegło dalszemu procesowi propagacji zniszczeń obudowy szybu Paweł, co ostatecznie mogło skutkować całkowitą utratą jego funkcjonalności, a nawet jego zawaleniem.

1.2. Szyb V

Głębianie szybu V w ówczesnej kopalni Szczygłowice prowadzono w latach 1972–1973. Szyb zgłębiono wówczas do głębokości około 326 m. W latach 1975–1976 szyb pogłębiono do poziomu 632 m. Szyb był nieuzbrojony i pełnił wyłącznie funkcję wentylacyjną (wydechowy), a jego średnica wynosiła 6,0 m. Obudowę szybu tworzyła obudowa murowa z cegły, obudowa betonowa oraz obudowa dwuwarstwowa murowa i betonowa. W rejonie szybu V przebiegał fałd knurowski, a także prowadzono intensywną eksploatację górnictwem.

Pierwsze uszkodzenia obudowy szybu powstały w latach 1973–1983, które naprawiono w 1984 roku. Następne uszkodzenia w postaci złuszczeń powstały na odcinku 50–70 m w latach 1994–1995, które zostały skute i oczyszczone w 1995 roku. W 1997 roku stwierdzono wystąpienie wylomu w obudowie szybu o szerokości około 4,8 m na głębokości około 63 m, z którego występowało wyciskanie iltów do szybu. Dodatkowo w 1998 roku pojawiły się złuszczenia obudowy na głębokości około 71 m. Pomimo tak licznych uszkodzeń obudowy szybu V kopalnia nie przystąpiła do prac remontowych. W 2007 roku na głębokości około 62 m uszkodzenia obudowy w złączu technologicznym objęły cały obwód szybu. Ponadto stwierdzono powstanie wyrwy w obudowie szybu na głębokości około 68 m o szerokości około 8 m i wysokości około 1 m oraz pasa złuszczeń w złączu technologicznym na głębokości około 65 m. Z obu tych wyrw zza obudowy „wypelzały” ily odspajające się od ociosu. W rejonie tym występowały niewielkie wysączenia wody (Gryczmański i in. 2009; Kleta 2013).

W dniu 4.09.2008 roku około godziny 435 nastąpiło zawalenie się szybu V kopalni Szczygłowice. Widok zapadliska przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Widok zapadliska po szybie V

Fig. 2. The view of the sinkhole after the crash of the V shaft

Podstawową przyczyną zawalenia się szybu V był brak podjęcia prac naprawczych obudowy w miejscach opisanych uszkodzeń. Za pośrednie przyczyny można uznać prowadzenie eksploatacji w rejonie szybu V oraz niesolidnie prowadzone roboty górnicze w trakcie głębiania szybu, co sugerują zapisy w „Dzienniku głębiania szybu V” (Kleta 2013).

2. Przykłady naprawy obudowy szybów i wlotu w KWK Knurów–Szczygłowice

Kopalnia Knurów–Szczygłowice w świetle negatywnych doświadczeń w zakresie zapewnienia funkcjonalności użytkowanych szybów górniczych, na bieżąco prowadzi naprawy uszkodzonych fragmentów obudowy szybowej, jak również wlotów szybowych. Przykładami bieżących napraw są:

- naprawa uszkodzonego fragmentu obudowy w szybie Foch II,
- naprawa uszkodzonego wlotu podszybia szybu Aniołki,
- zabezpieczenie (wzmocnienie) wnęki technologicznej w szybie Aniołki,
- naprawa uszkodzonego fragmentu obudowy w szybie II.

2.1. Naprawa uszkodzonego fragmentu obudowy w szybie Foch II

Szyb Foch II jest szybem wdechowym w Ruchu Knurów kopalni Knurów–Szczygłowice i obecnie jest modernizowany, aby z funkcji szybu wydobywczego pełnił funkcję szybu materiałowo-zjazdowego, a dokładniej pełnił funkcję szybu do opuszczania materiałów „długich” i wielkogabarytowych. Szyb został zgłębiany do głębokości około 694 m w latach 1958–1962 i na całej swej głębokości posiada przekrój kołowy, a jego średnica wynosi 6,0 m. Szyb został wykonany w obudowie murowej z cegły i betonitów, w obudowie tubingowej oraz w obudowie betonowej. Obecnie szyb Foch II posiada dwustronny wlot na poziomie 650, który został zmodernizowany dla opuszczania materiałów „długich” i wielkogabarytowych.

W ramach kontroli szybu oraz prowadzonych prac związanych z demontażem zbrojenia i wyposażenia dla przewidywanej jego dalszej rekonstrukcji i zmiany funkcji użytkowania, stwierdzono występowanie lokalnych złuszczeń obudowy murowej na poziomie między dźwigarem 51 a dźwigarem 52. Złuszczenia występowały praktycznie na całym obwodzie, a ich głębokość dochodziła do około 20 cm, przy grubości obudowy wynoszącej około 74 cm. Część zniszczonej obudowy (złuszczonej cegły) została oberwana w trakcie prowadzonych w szybie prac (rys. 3).

Za główną przyczynę powstałych uszkodzeń w szybie uznano:

- duże nawodnienie obmurza szybu spływającą wodą – aktualny dopływ wody do szybu wynosi około 240 l/min,
- zmianę wytrzymałości cegły – osłabienie cegły długo nasączonej wodą.

Przed naprawą szybu podjęto niezwłoczne zabezpieczenie tymczasowe przed odspajaniem się muru obudowy. Wstępne zabezpieczenie obudowy szybu w miejscu spękań zaprojektowano przez wykonanie przykotwienia do obudowy szybu siatki stalowej zgrzewanej kotwiami wklejanymi o długości wklejenia 0,5 m z zabudową podłużnych ceowników



Rys. 3. Zluszczona obudowa szybu wykonana z cegły do głębokości dochodzącej do 20 cm (Bobek i in. 2015)

Fig. 3. Damaged brick wall to the depth of 20 cm (Bobek et al. 2015)

o długości 1,2 m, budowanych w rozstawie co około 1,5 m na obwodzie i kotwionych naprzemiennie do obudowy.

Naprawę oparto na dwóch wariantach:

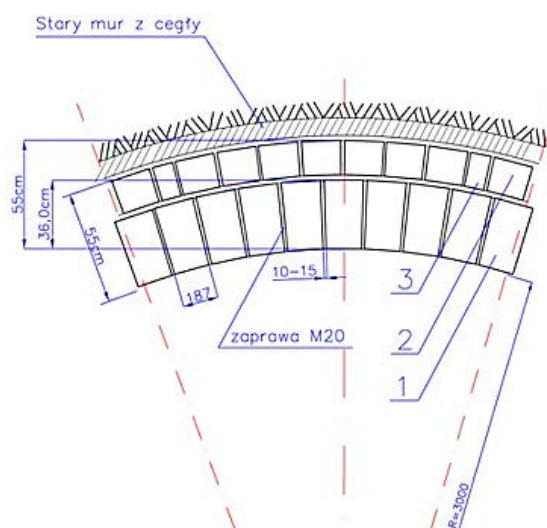
- wariant I – przemurowanie obmurza na grubość dwóch betonitów BS2 o grubości 73 cm klasy minimum 300 (C25/30) na zaprawie klasy M20,
- wariant II – przemurowanie obmurza na grubość półtorej betonitów z pogrubioną spoiną pionową z dwóch betonitów BS2 typu C i BS2 typu PP (połówkowy) klasy minimum 350 (C30/37) na zaprawie klasy M20.

Ostatecznie naprawę fragmentu obudowy szybu Foch II oparto na rozwiązaniu przedstawionym w wariantcie II, w którym grubość obliczeniowa muru wyniosła $d_{min} = 53,5$ cm, gdzie:

- 36 cm – grubość pierścienia wewnętrznego (od strony szybu) z betonitów o parametrach klasa C30/37 – betonity SB2 typu C wg normy PN-G-14002:1997,
- spoina między pierścieniami betonitów o grubości od 1 cm do 1,5 cm,
- 18 cm – grubość pierścienia zewnętrznego z betonitów o parametrach klasy betonu C30/37 – betonity SB2 typu PP wg normy PN-G-14002:1997.

Rozwiązanie prowadzonej naprawy przedstawia rysunek 4.

Na bazie istniejących norm, doświadczeń praktycznych oraz stanu technologii zmiana normy PN-G-05015:1997 – *Szyby górnicze. Obudowa. Zasady projektowania* w zakresie klas i wymiarów betonitów, marek zapraw i uzyskiwanych tym samym wytrzymałościom, przy dokładnym rozeznaniu warunków hydrogeologicznych i określeniu współczynnika bezpieczeństwa s na poziomie 1,7, pozwala racjonalnie zaprojektować grubość obudowy szybu zwłaszcza przy jej rekonstrukcji. Uwzględniając fakt, że istnieje konieczność naprawy z wymianą wielu fragmentów uszkodzonych obudów szybowych, zasadne jest wprowadzenie zmian w normie PN-G-05015:1997. Wprowadzenie zmian uwzględniających aktualny stan techniki, technologii oraz norm pozwala uzyskać zmniejszenie grubości naprawianego muru o wielkość 10 cm (Bobek i in. 2015).



Rys. 4. Rozwiązanie muru z betonitów BS2 w wariancie nr II o grubości 55 cm klasy 370 (beton klasy C30/37), marka zaprawy M20:

1 – betonit BS2-C-20,7x18,7x14-36, 2 – betonit BS2-PP-20,7x19,7x14-18, 3 – betonit BS2-PP-połówkowy o szerokości 10 cm – cięty piłą (Bobek i in. 2015)

Fig. 4. Wall made of concrete brick BS2, the second repair option, thickness 55 cm (concrete class – C30/37, mortar – M20:

1 – concrete brick BS2-C-20,7x18,7x14-36, 2 – concrete brick BS2-PP-20,7x19,7x14-18, 3 – concrete brick BS2-PP- ½ (Bobek et al. 2015)

2.2. Naprawa uszkodzonego wlotu podszybia szybu Aniolki

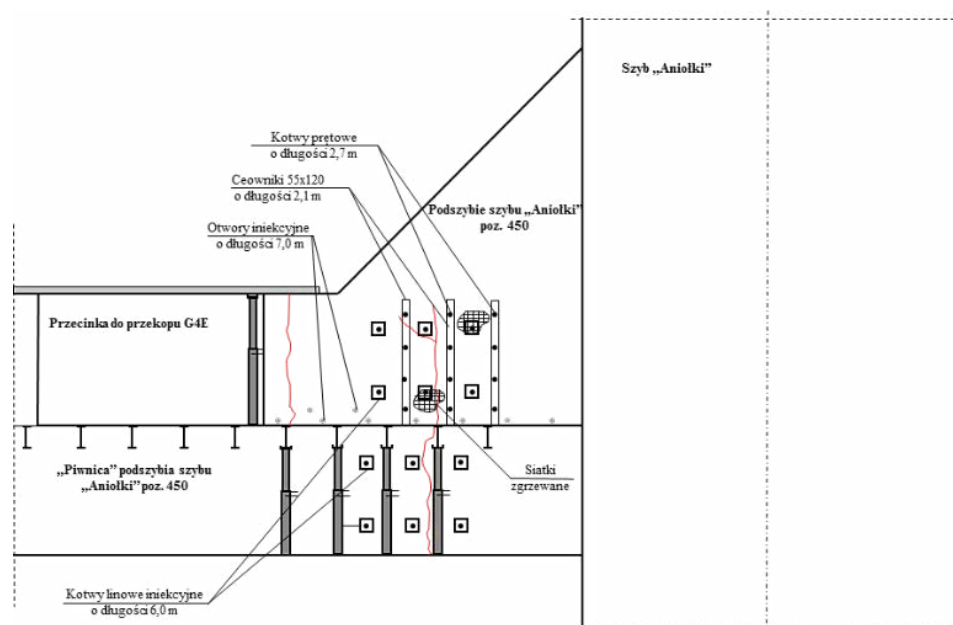
Szyb Aniolki jest w Ruchu Knurów szybem materiałowo-zjazdowo-podsadzkowym, a pod względem wentylacyjnym pełni funkcje szybu wydechowego. Jego drażnienie rozpoczęto w 1959 roku, a zakończono w 1961 roku. Szyb na całej swej długości wynoszącej 474 m posiada przekrój kołowy, a jego średnica wynosi 6,0 m. Szyb został wykonany w obudowie murowej z betonitów, natomiast wloty szybowe na poziomie 250, 350 i 450 wykonano w obudowie murowej z cegły.

W latach 1956–2013 w rejonie wyznaczonego filara ochronnego dla szybu Aniolki prowadzono eksploatację górnictwem pokładów węgla warstw orzeskich i rudzkich systemami ścianowymi z zawałem stropu. Głębokość eksploatacji zawierała się pomiędzy 230 a 850 m.

Pod koniec 2012 roku zaobserwowano wybrzuszenie obudowy podszybia na poziomie 450 oraz pęknięcia obudowy podszybia i „piwnicy przyszybowej” po stronie południowo-wschodniej w kierunku wspomnianej eksploatacji pokładów węgla. Monitoring tych uszkodzeń prowadzono poprzez zabudowę plomb, a następnie ich obserwację (Bobek i in. 2016).

Naprawę uszkodzonego wlotu podszybia szybu Aniolki na poziomie 450 zrealizowano poprzez wstępne wzmocnienie rejonu uszkodzeń obudowy kotwiami stalowymi (prętowymi) długości 2,7 m osadzonymi na ładunkach klejowych, a następnie poddanych iniekcji spoiwem mineralnym. Za jedną z przyczyn uszkodzeń obudowy wlotu, oprócz wpływów

eksploatacji górniczej, uznano wysoką koncentrację naprężeń wokół podszybia oraz pełzanie górotworu wokół podszybia zbudowanego z warstw łupka ilastego i cienkich wkładek węgla, dlatego też wzmocnienie spękaną strukturę górotworu wokół podszybia przeprowadzono przez jego iniekcję spoiwem mineralnym otworami długości 7,0 m wierconymi z podszybia oraz przecinki łączącej podszybie z przekopem G4E. Prace naprawcze zakończono na zabudowie kotwi linowych iniekcyjnych o długości 6,0 m osadzonych w górotworze poprzez obudowę wlotu podszybia oraz obudowę tzw. piwnicy przyszybowej dla urządzeń podszybia. Schemat zakresu prac naprawczych przedstawia rysunek 5.



Rys. 5. Schemat zakresu naprawy obudowy wlotu podszybia szybu Aniolki

Fig. 5. The scheme of lining repair of inlet to the Aniolki bottom shaft

Zastosowane rozwiązanie pozwoliło przy pomocy sił i środków własnych kopalni na realizację postawionych założeń projektowych naprawy uszkodzonego fragmentu obudowy wlotu podszybia i dalsze bezpieczne użytkowanie szybu „Aniolki” połączone z monitoringiem ewentualnych propagacji zmian w obudowie podszybia na bazie zabudowanych specjalnie w tym celu reperów pomiarowych.

2.3. Wzmocnienie wnętrza technologicznej w szybie Aniolki

Użytkowanie szybów górniczych wiąże się niejednokrotnie z ich pogłębianiem i likwidacją wlotów szybowych z uwagi na zmniejszanie liczby czynnych wyrobisk górniczych i ponoszonych kosztów. Często również w związku ze zmianą funkcji szybu istniejące wnętrza technologiczne dostępne wyłącznie z rury szybowej, kanały wentylacyjne bądź lunety szy-

bowe są likwidowane przez ich zamurowanie. Likwidacja może być oparta na wykonaniu muru z betonitów tworzącego obmurze szybowe lub z pozostawieniem wnęki o długości nieprzekraczającej 2,0 m wymaganej stosownymi przepisami górniczymi. Taki sposób likwidacji pozostawia niekontrolowany odcinek wyrobiska za wykonanym murem, który może zatracić swą stateczność i wpływać niekorzystnie na obudowę szybową w postaci dodatkowych naprężeń.

Przykładem niekorzystnych zmian w obudowie pozostawionych wyrobisk wykonanych z rury szybowej jest wnęka technologiczna wykonana z szybu „Aniołki”, wykorzystywana w trakcie jego drażenia jako przepompownia wody. Ociosy wnęki zabezpieczał mur z cegły, a strop tworzyły szyny kolejowe wsparte na murze z cegły, budowane w rozstawie pozwalającym wykonać wykładkę z cegieł. W nawiązaniu do czasu istnienia wnęki (ponad 50 lat) oraz dużej wilgotności powietrza (szyb pełni funkcję szybu wydechowego), w wyniku pojawiającego się zjawiska korozji nastąpiło znaczne ugięcie się szyn stanowiących strop wnęki oraz całkowite zniszczenie wykładki z cegieł, co ostatecznie skutkowało „wysypaniem się” warstwy gliny zza obudowy wnęki w bezpośrednim sąsiedztwie szybu (rys. 6).



Rys. 6. Widok ubytku warstwy gliny w stropie wnęki w bezpośrednim sąsiedztwie szybu

Fig. 6. The cavity in the clay layer in the roof of the niche localized at the immediate vicinity of the shaft

Podjęte natychmiastowe prace naprawcze polegały na wzmocnieniu wnęki przy pomocy podpór stalowych, zabezpieczenia stropu wnęki w miejscu braku wykładki z cegieł i wypełnienia ubytku za obudową przy pomocy piany chemicznej.

Przytoczony przykład powinien obrazować skalę problemu, jaki może napotkać kopalnia w wyniku niewłaściwej likwidacji wyrobiska wykonanego bezpośrednio z rury szybowej. Brak wzmocnienia bądź podsadzenia wyrobiska może skutkować wraz z upływem czasu utratą jego stateczności, a tym samym niekorzystnym i niebezpiecznym wpływem na obudowę szybu.

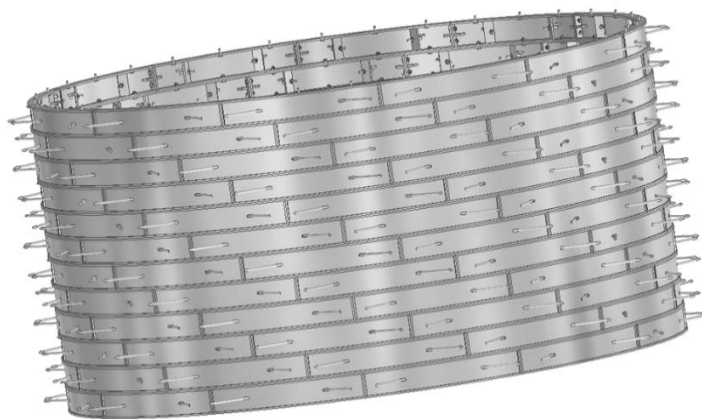
2.4. Naprawa uszkodzonego fragmentu obudowy w szybie II

Szyb II w KWK Knurów–Szczygłowice Ruch Szczygłowice pełni rolę szybu wydobywczego oraz pod względem wentylacyjnym jest wyrobiskiem wdechowym. Średnica szybu II

w świetle obudowy wynosi 7,2 m, natomiast głębokość całkowita szybu wynosi 721 m. W latach 1958–1960 szyb II został zgłębniony do głębokości 464,59 m przez Przedsiębiorstwo Budowy Szybów w Bytomiu, natomiast w latach 1982–1984 został pogłębniony do obecnej głębokości przez Przedsiębiorstwo Robót Górniczych w Gliwicach. Obudowę szybu tworzy mur z cegły i betonitów, obudowa betonowa oraz obudowa zespolona betonowo-betonitowa. Grubość obudowy wynosi od 0,36 do 1,3 m.

W trakcie prowadzonych kontroli makroskopowych obudowy szybowej stwierdzono z początkiem 2012 roku ubytki powierzchniowe obudowy murowej sięgające do około 6 cm na głębokości 23,0–25,0 m. W miejscu stwierdzonych uszkodzeń szyb posiada obudowę wykonaną z cegieł ceramicznych i betonitów o grubości około 0,70 m. Ubytki obserwowano w spoinach jak również w murze z cegły. Lokalnie zza obudowy obserwowano przesączenie się wody.

Z uwagi na możliwość utraty stateczności obudowy szybu II kopalnia przystąpiła do prac remontowych jego obudowy od głębokości 19,1 do 29,16 m. Prace naprawcze oparto na zastosowaniu segmentów stalowych wykonanych z blachy typu 10 HAV. Segmenty stalowe z blachy o grubości 20 mm były zamykane w pierścieniu stalowe. Na jeden pierścień stalowy przypadało 12 segmentów. Wysokość segmentu i pierścienia wynosiła 300 mm. Segmenty połączono śrubami M27, a pierścienie połączono między sobą śrubami w ilości 36 sztuk (po trzy śruby na segment). Połączenia pionowe segmentów oraz rozmieszczenie śrub wykonano w taki sposób, że segmenty w kolejnych pierścieniach mogły być przesunięte o co najmniej 10°. W rozwiązaniu zastosowano konstrukcję segmentów spawaną z blachy o grubości 20 mm o kształcie przekroju ceownika. Pierścienie z segmentów o promieniu krzywizny $r_{zw} = 3590$ mm zostały powiązane z obudową szybu spoiwem wiążącym podawanym od góry za każdy ułożony pierścień obudowy (Wardas i in. 2015). Rozwiązanie konstrukcji wzmocnienia przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Fragment odcinka pierścieni projektowanych do wzmocnienia obudowy (Wardas i in. 2015)

Fig. 7. The part of segment of shaft lining reinforcement by steel rings (Wardas et al. 2015)

Technologia naprawy w pierwszym etapie polegała na wzmocnieniu obudowy szybu przez przykotwienie do niej pierścieni stalowych. Pierścienie dodatkowo powiązano z obudową poprzez spoiwo podawane za segmenty. Segmenty montażowe przykotwione do obu-

dowy betonitowej szybu tworzyły po zabudowie i wypoziomowaniu pierścieni montażowy. Segmenty montażowe kotwiono ukośnie do obmurza szybu kotwiami $\text{Ø}22 - 500$ (M22), tak aby nie doszło do przerwania muru. Pierścienie połączono z istniejącą obudową spoiwem mineralnym. Kotwienie wykonywano sukcesywnie po związaniu spoiwa za pierścieniami wzmacniającymi (Wardas i in. 2015).

Zastosowane rozwiązanie pozwoliło w sposób bezpieczny i szybki zabezpieczyć obudowę szybu II przed możliwą utratą stateczności i zapewnić dalsze funkcjonowanie szybu.

Widok wykonanej naprawy przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Widok zabudowanych segmentów stalowych w szybie

Fig. 8. The view of steel segments installed in the shaft

Podsumowanie

Szyby górnicze z uwagi na swój kluczowy charakter dla zapewnienia ciągłości procesu technologicznego kopalni powinny być na bieżąco poddawane kontroli i specjalistycznym badaniom stanu technicznego ich obudowy. Stwierdzone uszkodzenia obudowy szybowej należy objąć szczegółową kontrolą i przystępować niezwłocznie do ich usunięcia (naprawy). Zaniechanie bieżących napraw obudów szybowych może w konsekwencji prowadzić do utraty ich stateczności, a ostatecznie do katastrofy górniczej (budowlanej).

Przedstawione doświadczenia kopalni obrazują problem bieżących napraw obudowy poszczególnych szybów przy zastosowaniu zaawansowanej technologii, jak również przy zastosowaniu prostych zabiegów iniekcyjnych i kotwienia. Prowadzenie bieżących napraw zapewnia znaczne ograniczenie kosztów w stosunku do poniesionych nakładów finansowych podczas usuwania awarii związanej z utratą stateczności obudowy szybowej i związaną z tym faktem ograniczoną funkcjonalnością szybu.

Likwidowanie wyrobisk powiązanych technologicznie z rurą szybową oraz likwidowanie wlotów szybowych powinno uwzględniać wzmocnienie obudowy tych wyrobisk dla

uniknięcia utraty ich stateczności bezpośrednio za zabudowaną tamą bądź nową obudową szybową, a tym samym niekorzystnym i niebezpiecznym wpływem na obudowę szybu.

Literatura

- Bobek i in. 2015 – Bobek, R., Śledź, T., Ratajczak, A., Lekan, W. i Głuch, P. 2015. Repair of Shaft Brick Lining within Clay-Stone Zone and Proposal of Alteration of the Polish Standard PN-G-14002:1997. *International Mining Forum 2015*, Cracow 23–27 February, s. 177–186.
- Bobek i in. 2016 – Bobek, R., Śledź, T., Twardokęs, J., Ratajczak, A., Mąka, B. i Głuch, P. 2016. Naprawa uszkodzonego wlotu szybu „Aniołki” na poziomie 450 w KWK „Knurów-Szczygłowice”. *Materiały Konferencyjne – XXV Szkoła Eksploatacji Podziemnej*, Kraków 22–26 luty, CD-ROM – Dobre praktyki udostępnienia złóż oraz techniki i technologii głębiania szybów.
- Gryczmański, M. i Kleta, H. 2009. Utrata stateczności obudowy szybu górniczego przyczyną katastrofy budowlanej. *Materiały Konferencyjne – XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna – Awarie Budowlane*, Szczecin-Międzyzdroje 26–29 maj, s. 235–242.
- Kleta i in. 2013 – Kleta, H., Bączek, A., Chudek, M., Cierpisz, S., Heyduk, A., Jendryś, M. i Joostberens, J. 2013. *Wizualizacja metody wspomaganie oceny stanu technicznego i bezpieczeństwa obudowy szybu z wykorzystaniem cyfrowej analizy obrazu*. Monografia, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Kleta, H. 2013: *Zasady oceny bezpieczeństwa szybów i ich odporność na oddziaływania górnicze*. Monografia, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Lipecki, T. 2010: Skaniny laserowy w pomiarach geometrii i deformacji obiektów oraz urządzeń górniczych. *Przegląd Górniczy* nr 7–8, s. 25–31.
- Ratajczak i in. 2015 – Ratajczak, A., Bobek, R., Śledź, T. i Głuch, P. 2015. Doświadczenia w ograniczaniu skutków wpływu eksploatacji na wyrobiska górnicze. *Przegląd Górniczy* nr 10, s. 59–67.
- Tokarz, A. 2015. Ocena stanu technicznego wyrobisk górniczych za pomocą skanera laserowego. *Ratownictwo Górnicze – Kwartalnik Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego*, nr 1, s. 21–27.
- Wardas i in. 2015 – Wardas, A., Lekan, W. i Głuch, P. 2015: Application of Steel Segments in the Reinforcement of Shaft Lining at a Section of Sandwater Area. *International Mining Forum 2015*, Cracow 23–27 February, s. 177–196.