

**Zeszyty Naukowe***Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią
Polskiej Akademii Nauk*

rok 2017, nr 101, s. 85–100

Jerzy STASICA*

Nowoczesne metody badań i oceny stanu technicznego obudów szybów górniczych

Streszczenie: Szyby górnicze stanowią podstawowe znaczenie dla prawidłowego i bezpiecznego funkcjonowania kopalń podziemnych. W związku z tym ich obudowie stawia się wysokie wymagania, które okresowo weryfikowane są odpowiednimi badaniami oraz oceną jej stanu według obowiązujących norm i przepisów. Te z kolei obligują rzeczoznawców do stosowania coraz bardziej zaawansowanych metod pomiarowych, pozwalających w sposób precyzyjny określić rodzaj i wielkość uszkodzeń obudowy szybowej, co ma zasadniczy wpływ na ocenę jej stateczności. W artykule zostały przedstawione nowoczesne, a zarazem optymalne i kompleksowe metody badań obudowy szybów górniczych. Artykuł oprócz prezentacji metod badawczych, zawiera wiele wskazówek praktycznych, wpływających na poprawność wykonywanych badań, a tym samym na adekwatność wyników. W szczególności zostały omówione badania obudowy szybów metodami nieniszczącymi i niszczącymi, ocena makroskopowa obudowy oraz badania laboratoryjne próbek obudowy pobranych z obmurza szybu. Szczególną uwagę zwrócono również na nowoczesne badania deformacji obudowy, z wykorzystaniem skaningu laserowego w technologii 3D oraz metodę grawimetryczną, do określenia stanu górotworu za obudową szybu. Opisane metody badawcze stanowią podstawowy sposób sprawdzania stanu technicznego obudowy szybów górniczych, na podstawie których można stwierdzić, czy szyby mogą bezpiecznie funkcjonować, czy też ich obudowa wymaga naprawy. Prezentowane doświadczenia oparte są na wynikach badań wykonanych przez autora w wielu kopalniach węgla kamiennego podczas badań obudowy kilkudziesięciu szybów górniczych.

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

Modern methods of testing and evaluation of the technical state of mining shafts lining

Abstract: Mining shafts provide the main signification for the proper and safe functioning of underground mines. In connection with this, their support is subjected to high requirements which are periodically verified by appropriate research and an assessment of its state according to applicable standards and regulations. Existing mining regulations oblige experts to use increasingly advanced measurement methods in order to accurately determine the

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

type and extent of shaft lining damage, which has a major impact on the assessment of its stability. In this article, modern and at the same time optimal and comprehensive testing methods of mining shaft support were presented. In addition the article, next to the presentation of testing methods, contains many practical suggestions that influence to the correctness of the performed researches and thus the adequacy of the results. In particular, in the article the research of shaft lining by non-destructive and destructive methods, the macroscopic assessment of the support and laboratory tests of support samples taken from the brickwork of shaft were discussed. Particular attention has also been paid to modern deformation tests of the lining using 3D laser scanning and a gravimetric method to determine the rock mass behind the shaft. These test methods provide a means of checking the technical state condition of the mining shafts, which can be used to determine whether the shafts can operate safely or if their lining requires repair. The presented experiments are based on the results of research carried out by the author in many hard coal mines, while investigating the support of dozens of mining shafts.

Keywords: mining, shaft lining, research of support, damage of support

Wprowadzenie

Szyby pełnią rolę głównych wyrobisk komunikacyjnych i wentylacyjnych kopalń podziemnych, umożliwiając zjazd i wyjazd załogi, wydobywanie na powierzchnię kopalni użytecznych oraz transport materiałów, maszyn i urządzeń. Są to praktycznie jedyne wyrobiska, które łączą część dołową kopalni z jej powierzchnią. Dlatego ich obudowie stawia się wysokie wymagania, które okresowo weryfikowane są badaniami i oceną jej stanu według obowiązujących norm i przepisów. Ze względu na to, że szyb jest drogą transportową, po której z dużą prędkością przemieszczają się naczynia wyciągowe z ludźmi, materiałem lub urobkiem istotne jest, aby stan techniczny obudowy szybu oraz jego wyposażenia nie budził zastrzeżeń.

Obudowę szybów kontrolują najczęściej służby kopalniane w ustalonych przepisami okresach oraz podczas codziennych rewizji szybu, natomiast co pięć lat gruntowne badania przeprowadza rzeczoznawca ds. ruchu zakładu górniczego. Zdarza się, że w trakcie eksploatacji obudowa ulega lokalnym uszkodzeniom, jak np. deformacje, odspojenia obmurza, pęknięcia, szczeliny, wówczas konieczne jest przeprowadzenie dodatkowych badań specjalistycznych, na podstawie których podejmuje się decyzję, co do dalszego bezpiecznego funkcjonowania szybu lub podejmuje ewentualne działania naprawcze (Stasica i Rak 2016). Przykładowe uszkodzenia obudowy szybu przedstawiono na rysunkach 1 i 2.



Rys. 1. Spękania obudowy murowej z bentonitów
Fig. 1. Fractures of bentonite brick lining



Rys. 2. Powierzchniowe zruszczenia obudowy murowej z cegiel
Fig. 2. Surface scaling of brick lining

Fig. 2. Surface scaling of brick lining

Istnieje wiele norm i przepisów dotyczących projektowania, kontroli oraz badań obudowy szybów górniczych. Badania wytrzymałościowe obudowy szybowej wykonuje się metodami nieniszczącymi oraz niszczącymi, zgodnie z normami (PN-G-04210:1996 i PN-G-04211:1996).

Zakres badań normowych obudowy szybów, wykonywanych przez rzeczoznawcę, powinien obejmować:

- ocenę wizualną (makroskopową) aktualnego stanu obudowy szybowej,
- badania wytrzymałościowe obudowy metodami nieniszczącymi i niszczącymi,
- ocenę agresywności wód złożowych wobec materiału obudowy szybu,
- obliczenia obciążeń obudowy i stateczności szybu,
- ocenę kryteriów normowych stanu technicznego obudowy szybu, tj.: kryterium jednorodności obmurza, kryterium stopnia korozji obmurza, kryterium szczelności obudowy oraz kryterium nośności obudowy,
- wnioski końcowe i zalecenia dotyczące ewentualnych napraw i dalszego funkcjonowania szybu.

Badania obudowy szybowej powinny zostać poprzedzone gruntowną analizą charakterystyki techniczno-eksploatacyjnej szybu, jego wyposażenia oraz warunków geologiczno-górnictwowych, hydrogeologicznych panujących w otoczeniu szybu.

1. Utrudnienia związane z wykonaniem badań obudowy szybów górniczych

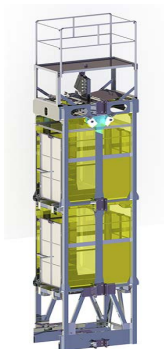
Konstrukcja obudowy szybów, rodzaje materiałów użytych do jej wykonania, jak również jej stan techniczny, znacząco wpływają na sposób i sprawność prowadzenia badań. Obudowy szybów, pojedyncze tzw. jednowarstwowe, dwu- lub wielowarstwowe, którym towarzyszą dodatkowe warstwy wyrównawcze i hydroizolacyjne, wykonuje się najczęściej z betonu, cegły, betonitów lub z rzadziej z drewna. W rejonach warstw wodonośnych, kurzawek, stosuje się dodatkowe wzmocnienia obudowy w postaci tubingów żeliwnych lub paneli żelbetowych.

Indywidualnie dla każdego szybu dobiera się lokalizację punktów pomiarowych oraz ich liczbę w zależności od stanu obudowy, zbrojenia i wyposażenia szybu. Lokalizacje punktów pomiarowych ustala się podczas badań makroskopowych (wizji lokalnej w szybie), uwzględniając przy tym zbiór informacji kopalnianych. Zazwyczaj badania prowadzi się wzdłuż czterech linii pomiarowych (rozieszczonych na całym obwodzie szybu), przemierzenie na całej długości szybu – co kilka lub kilkanaście metrów lub dźwigarów.

Z uwagi na różne funkcje szybów, ich wyposażenie, kształt i wielkość przekroju poprzecznego, dostęp do ich obudowy jest często utrudniony, czasem wręcz niemożliwy – a to podstawowy warunek prawidłowego wykonania badań. Największe utrudnienia badań obudowy występują w szybach wentylacyjnych, które często nie są wyposażone w żadne urządzenia wyciągowe, a nawet w przedziały drabinowe.

Warunki panujące w szybach, jak np. zawilgocenie, zanieczyszczenie obmurza oraz powietrza, jego prędkość i temperatura dodatkowo utrudniają ocenę wizualną (makroskopową) i wykonanie badań obudowy. Brak przejrzystości powietrza komplikują rozpoznanie miejsc, w których powstały nowe pęknięcia, szczeliny, wycieki czy ubytki obudowy.

Przeważnie w każdym szybie wyposażonym w czynny wyciąg szybowy wykonane jest zbrojenie szybu – czyli konstrukcja nośna np. pomosty, dźwigary oraz prowadnicza dla urządzeń wyciągowych, np. prowadniki stalowe, drewniane lub liny prowadnicze. Integralną częścią zbrojenia szybu jest również tzw. wyposażenie szybu, w skład którego wchodzi między innymi: klatki, skipy, kubły wyciągowe, przedział drabinowy. Wyposażenie szybu znacząco ułatwia dostęp do obmurza szybu w celu wykonania badań jego obudowy. W takiej sytuacji badania obudowy wykonuje się najczęściej z głowicy klatek znajdujących się najbliżej obmurza, na których zamontowane są specjalne pomosty robocze, zabezpieczone barierkami i daszkami (rys. 3 i 4).



Rys. 3. Klatka z podestem roboczym
(<http://www.se-mi.cz>)

Fig. 3. Cage with working platform



Rys. 4. Sposób pobierania próby rdzeniowej z podestu roboczego

Fig. 4. A way of taking of core sample from working platform

W przypadku, gdy szyb nie posiada urządzeń wyciągowych, badania prowadzi się z przedziału drabinowego, a gdy szyb nie posiada żadnego wyposażenia, wówczas zespoły badawcze korzystają z usług firm zewnętrznych, jak np. Centralna Stacja Ratownictwa Górniczego (CSRG) SA oraz KOPEX Przedsiębiorstwo Budowy Szybów SA, które posiadają mobilne urządzenia wyciągowe (rys. 5a i 5b).



a)



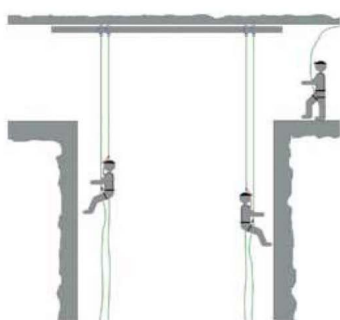
b)

Rys. 5. a i b. Mobilne urządzenia wyciągowe (KOPEX PBSz SA oraz CSRG SA)

Fig. 5. a and b. Mobile hoisting equipment (KOPEX PBSz S.A. and CSRG SA)

Wykonywanie badań obudowy z kapsuły ratowniczej lub z kubła wyciągowego nie jest zbyt wygodne, dodatkowo bardzo niebezpieczne i uciążliwe, ponieważ nie zawsze kapsuła lub kubel wyciągowy mogą być prowadzone blisko badanego obmurza.

Zdarza się, że szyb, który nie posiada zbrojenia, dodatkowo zabudowany jest budynkiem szybowym, który uniemożliwia dojazd mobilnym urządzeniom wyciągowym. Wówczas badania obudowy szybowej prowadzi się metodą alpinizmu przemysłowego (rys. 6), z wykorzystaniem liny zjazdowej (roboczej) i liny zabezpieczającej (Bock. i in. 2016). Należy tutaj podkreślić, jak bardzo pracochłonne i niebezpieczne są to badania, jak dużo zależy od determinacji, zaangażowania i fachowości zespołu badawczego.



Rys. 6. Uproszczony schemat badań metodą „alpinistyczną” (Bock. i in. 2016)

Fig. 6. Simplified scheme of researches for the “alpinist” method

W szybach niezbrojonych, dla oceny stanu ich obudowy, może być przydatna nowoczesna technologia pomiarów geodezyjnych w postaci skaningu laserowego w technologii 2D lub 3D (rys. 7 i 8).



Rys. 7. Widok skanera laserowego 3D (Lipecki 2010)

Fig. 7. A view of the 3D laser scanner



Rys. 8. Skaner laserowy 2D przygotowany do pracy w zbiorniku retencyjnym (Bock i in. 2016)

Fig. 8. 2D laser scanner prepared for the work in a storage bunker

Skanowanie laserowe pozwala wyznaczyć w sposób metryczny współrzędne przestrzenne (x,y,z) każdego punktu pomiarowego, z dokładnością około 1–2 mm (Lipecki 2010). Ta cecha stanowi o sile i nowatorstwie tej technologii. Powstająca podczas skanowania chmura punktów pomiarowych umożliwia odzwierciedlenie w sposób cyfrowy przestrzeni podlegającej skaningowi. Z uwagi na bardzo dużą gęstość skanu obraz przypomina zdjęcie cyfrowe. Uzyskane przekroje oraz pola powierzchni pozwalają obliczyć z zadawalającą dokładnością objętości ubytków obudowy (Bock i in. 2016). System skanowania pozwala w ten sposób mierzyć kopalniane szyby taniej, szybciej i bezpieczniej.

2. Badania obudowy szybów górniczych w warunkach *in situ*

Jak już wcześniej wspomniano, w ramach badań normowych obudowy szybowej w warunkach *in situ*, przeprowadza się następujące badania:

- **Ocenę wizualną (makroskopową) obudowy.** Na jej podstawie określa się bazę pomiarową i metody badawcze. W trakcie oceny makroskopowej dokonywana jest inwentaryzacja starych uszkodzeń obudowy i szukanie nowych. W trakcie badań wykonuje się również dokumentację fotograficzną.
- **Badania wytrzymałościowe obudowy metodami nieniszczącymi**, tzw. badania sklerometryczne i/lub ultradźwiękowe obudowy szybu.
- **Badania obudowy metodami niszczącymi.** Badania polegają na pobieraniu próbek materiału obudowy (tzw. próbek rdzeniowych) do badań laboratoryjnych. Badania laboratoryjne obejmują najczęściej badania wytrzymałościowe obudowy oraz jej korozji, a w szczególnych przypadkach także mikrostruktury, składu fazowego oraz porowatości materiału obudowy.

2.1. Ocena makroskopowa obudowy szybowej

Wizualna ocena stanu technicznego obudowy szybu oraz inwentaryzacja jej uszkodzeń są podstawowym elementem procesu diagnostycznego. Prowadzona jest ona z pomostów wiszących, z przedziałów drabinowych, rusztowań, specjalnych urządzeń rewizyjnych oraz z głowicy klatki (rozdział 1). W efekcie uzyskuje się ogólny pogląd na stan techniczny obudowy szybu i jego wyposażenia. Ocenie poddawana jest nie tylko obudowa, ale również elementy zbrojenia szybu, np. stan poszczególnych dźwigarów, ich zamocowania, elementów rozpierających i stabilizujących obudowę oraz rurociągów. Stan szybu dokumentowany jest za pomocą notatek, szkiców, fotografii, ewentualnie materiału video. Przykładowe fragmenty uszkodzonego obmurza przedstawiono na rysunkach 9–12.

Obserwacje uszkodzeń szczególnie utrudniają zanieczyszczenia obudowy, głównie w postaci osadu z pyłu węglowego, kamiennego lub soli (rys. 13 i 14).

Szczególną kontrolą i obserwacją należy objąć wycieki wody zza obudowy szybu, które świadczą o nieszczelności obudowy oraz ewentualnych jej uszkodzeniach. Przykładowe uszkodzenia obudowy w miejscach wycieków pokazano na rysunkach 15–18. Ciśnienie hy-



Rys. 9. Ubytki pojedynczych cegieł oraz zaprawy
 Fig. 9. Losses of single bricks and mortar

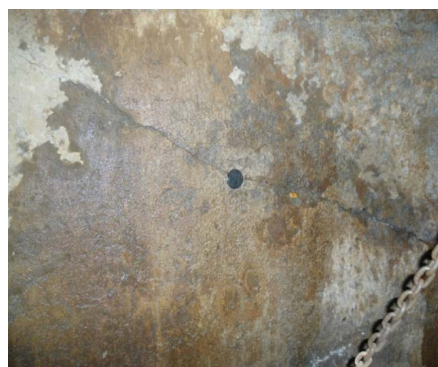


Rys. 10. Przykładowe głębokie ubytki obudowy
 murowej

Fig. 10. Sample deep losses of the support



Rys. 11. Korozja obudowy murowej
 Fig. 11. Corrosion of the brick lining



Rys. 12. Pęknięcie obudowy betonowej

Fig. 12. Fracture of support



Rys. 13. Zanieczyszczenie obudowy pyłem węglowym
 Fig. 13. Contamination of support through the coal
 dust



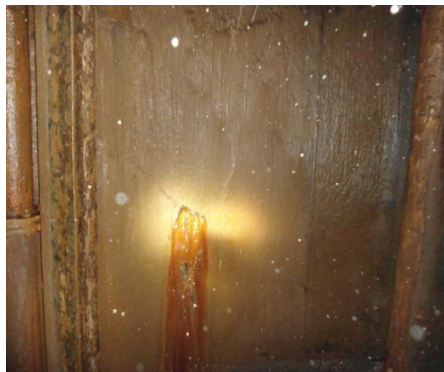
Rys. 14. Zanieczyszczenie obudowy osadem solnym
 Fig. 14. Contamination of support through the
 salt sediment

drostatyczne wody spiętrzającej się za obudową szybu może również stanowić poważne zagrożenie dla obudowy, powodując nawet utratę jej stateczności.



Rys. 15. Wycieki i sączenia wody zza obudowy

Fig. 15. Leakages and filtering of water behind the shaft lining



Rys. 16. Wyciek w miejscu pęknięcia budowy

Fig. 16. Leakage at the site of the support fracture



Rys. 17. Wyciek z nieszczelnej spoiny

Fig. 17. Leakage from the leaky weld



Rys. 18. Wyciek na połączeniu technologicznym

Fig. 18. Leakage on a technological connection

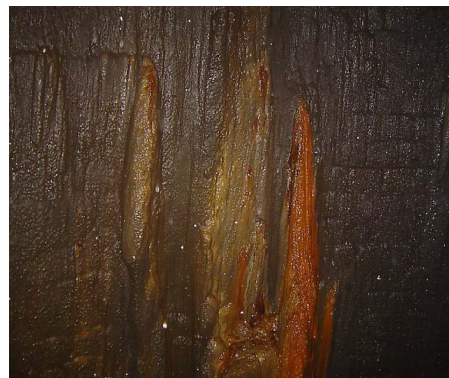
Wycieki, które wynoszą materiał skalny zza obudowy szybu są szczególnie niebezpieczne (rys. 19 i 20), niektóre z nich, w początkowej fazie rozwoju są trudne do zauważenia (rys. 19). Wynoszenie materiału skalnego stanowi źródło powstawania pustek za obudową szybu. Zjawisko to może powodować dodatkowe obciążenie obudowy związane ruchem odpajającego się górotworu w kierunku powstałej pustki.

Należy zwrócić uwagę również na fakt, iż wody kopalniane to specyficzny rodzaj wód, bardzo zróżnicowanych pod względem składu chemicznego i mineralizacji. Stanowi je mieszanina wód z dopływów naturalnych, z rurociągów przeciwpożarowych i z przodków eksploatacyjnych. Wielkość dopływów naturalnych wód do wyrobisk kopalnianych maleje wraz z głębokością eksploatacji, jednak towarzyszy temu znaczny wzrost ich mineralizacji. Bardzo ważna jest w tym przypadku ocena agresywności wód kopalniach, która powoduje niszczenie skał, materiału obudowy szybów oraz konstrukcji stalowych.



Rys. 19. Lekkie sączenie wody zza obudowy szybu

Fig. 19. Light filtration of water behind the shaft lining



Rys. 20. Widoczne narosty materiału skalnego wyniesionego zza obudowy szybu

Fig. 20. Visible accretions of rock material outcropping behind the shaft lining

Chemizm wód pozwala wyróżnić różne rodzaje agresywności, takie jak: ługująca, węglanowa, magnezowa, siarczanowa, amonowa, kwasowa i korozja chlorkowa. Dlatego bardzo ważne jest pobranie próbek wody z badanego szybu i poddanie ich badaniom laboratoryjnym pod kątem określenia jej składu chemicznego i oceny agresywności w stosunku do materiału obudowy i konstrukcji stalowych wyposażenia szybowego.

2.2. *Badania wytrzymałościowe obudowy metodą nieniszczącą – sklerometryczną*

W metodzie sklerometrycznej wykorzystywana jest zależność między powierzchnią twardością betonu a jego wytrzymałością na ściskanie. Najczęściej badania wykonuje się za pomocą młotków Schmidta (rys. 21), zgodnie z zaleceniami zawartymi w instrukcji (ITB:210) oraz w normie (PN-74/B-06262).

Młotek Schmidta jest przyrządem umożliwiającym ocenę powierzchniowej twardości materiału obudowy na podstawie tzw. liczby odbicia, którą odczytuje się na skali młotka lub na wyświetlaczu (młotek w wersji cyfrowej). Na podstawie liczby odbicia określa się parametry wytrzymałościowe obudowy. Powierzchnia obudowy przeznaczona do badań powinna być równa (najlepiej przeszlifowana) i oczyszczona z osadu (rys. 22). Badań nie należy przeprowadzać w miejscach, gdzie obudowa jest spękana, skorodowana i wykazuje znaczne zawilgocenie.

2.3. *Badania wytrzymałościowe obudowy metodą nieniszczącą – ultradźwiękową*

Najczęściej badania wykonuje się za pomocą betonoskopów ultradźwiękowych (rys. 23), zgodnie z zaleceniami zawartymi w instrukcji (ITB:209) oraz w normie (PN-74/B-06261).



Rys. 21. Cyfrowy młotek Schmidta typu DIGI (firma Proceq)

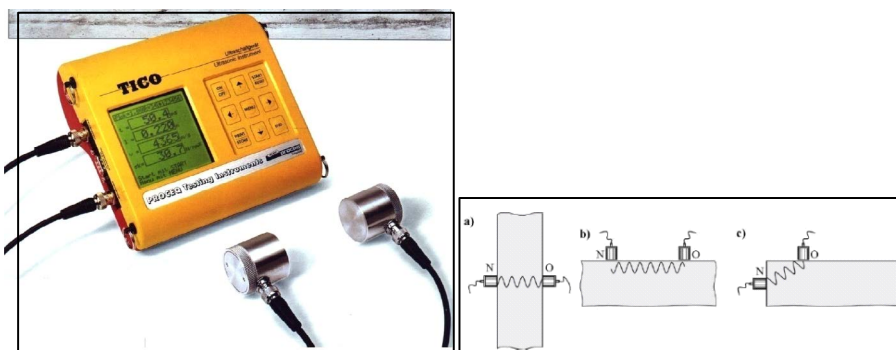
Fig. 21. Digital Schmidt hammer (made by Proceq)



Rys. 22. Powierzchnia obudowy przygotowana do badań sklerometrycznych

Fig. 22. Surface of support prepared for sclerometric testing

Metoda ta oparta jest na zależnościach pomiędzy własnościami akustycznymi i mechanicznymi badanych materiałów. W trakcie próby mierzony jest czas przejścia fali ultradźwiękowej pomiędzy sondami, znajdującymi się w określonej odległości od siebie (rys. 23). Na podstawie pomiarów obliczana jest prędkość rozchodzenia się fali w badanym ośrodku, co pozwala wnioskować o jego parametrach wytrzymałościowych.



Rys. 23. Betonoskop ultradźwiękowy TICO (firma Proceq)

Fig. 23. Ultrasonic concrete test instrument-scope TICO (made by Proceq)

Oprócz opisanych powyżej nieniszczących metod oceny parametrów wytrzymałościowych obudowy szybowej (sklerometrycznej i ultradźwiękowej), należy wspomnieć o metodach rzadziej stosowanych w naszym kraju. Należą do nich metoda *pull-off* i metoda *pull-out*. Ta druga pozwala określić wytrzymałość betonu na ściskanie na podstawie pomiaru wartości siły wymaganej do wyrywania specjalnej kotwy umieszczonej w betonie (Bock i in. 2016). Natomiast badanie metodą *pull-off* polega na określeniu rzeczywistej wytrzymałości betonu na rozciąganie przy niewielkim uszkodzeniu warstwy betonu (metoda półniszcząca),

i na tej podstawie jego klasy. Badanie wykonuje się tak zwanym testerem *pull-off* (Bock 2006). Urządzenie to do badania stanu oburza szybowego metodą *pull-off* jest niezbędne do oceny poprawności wykonywanych jego napraw. W szczególności dotyczy to napraw prowadzonych z użyciem betonu natryskowego. Oprócz sprawdzenia przyczepności warstw betonu, metoda ta pozwala także na określenie wytrzymałości na rozciąganie (Bock 2006).

2.4. Badania wytrzymałościowe obudowy metodą niszczącą (próby rdzeniowe)

Próbki do badań laboratoryjnych pobiera się w sposób nienaruszający nośności obudowy, z odwiertów wykonanych bezpośrednio w konstrukcji obudowy (rys. 24), lub wycina się z wykutych cegieł lub brył betonu. Próby pobiera się na głębokość maksymalnie 2/3 grubości obudowy. Metody laboratoryjnych badań wytrzymałościowych, z wykorzystaniem pras hydraulicznych, są ogólnie znane, zostały one np. szeroko opisane np. w pracy (Bock 2006). Próbki materiału obudowy poddaje się również ocenie wizualnej. Przedstawione poniżej przykładowe próbki cegieł (rys. 25), świadczą o zmiennej wytrzymałości materiału obudowy. Ocena jakości materiału obudowy może być również weryfikowana na podstawie wyglądu ścianek otworów wiertniczych (rys. 26a i b), jak również na podstawie wielkości oporów koronki wiertniczej podczas próby rdzeniowej.



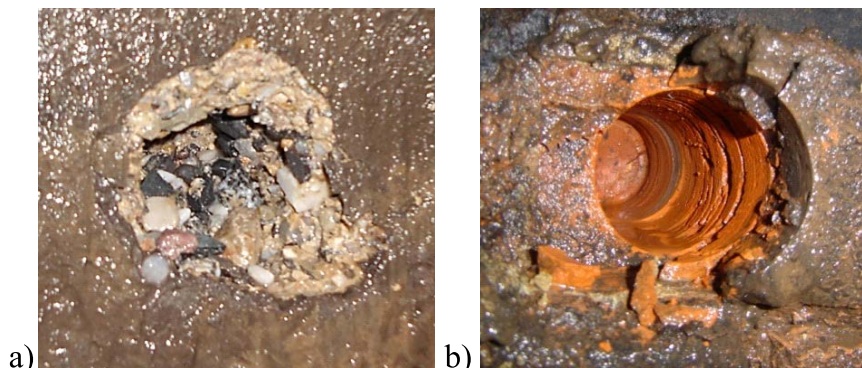
Rys. 24. Pobieranie próbki materiału obudowy szybowej

Fig. 24. Sampling of the drill core from shaft lining



Rys. 25. Widok próbek pobranych z obudowy murowej szybu

Fig. 25. A view of samples taken from the brick lining



Rys. 26. a i b. Widok otworów po pobraniu próbek rdzeniowych (w obudowie betonowej stwierdzono brak dostatecznej ilości spoiwa, a w obudowie murowej rdzeń uległ degradacji)

Fig. 26. a and b. A view of the holes after collecting core samples (there was insufficient amount of binder in the concrete lining and the core was split into pieces in the brick lining)

3. Badania grubości obudowy, pustek za obudową oraz szczelinowatości górotworu

Pomiar grubości obudowy, pustek za obudową oraz szczelinowatości górotworu wykonuje się kilkoma metodami, do najważniejszych z nich należą:

- **metoda inwazyjna:** np. penetracja otworów badawczych z wykorzystaniem kamery video, tzw. badania endoskopowe,
- **metoda nieinwazyjna:** np. pionowe profilowanie grawimetryczne PPGR.

W metodzie inwazyjnej do penetracji otworów badawczych wykorzystuje się kamerę video zbudowaną w szczelnej głowicy (rys. 27), którą wprowadza się do otworów badawczych za pomocą specjalnych zapychaków. Kamera za pomocą kabla sygnałowego połączona jest z videorejestratorem, który umożliwia podgląd ścianek otworów i zapis obrazu. Dzięki tej metodzie można z bardzo dużą dokładnością określić wszelkie nieciągłości górotworu znajdującego się za obudową szybową. Pomiar rozwarcia szczelin może być wykonany z dokładnością do 0,1 mm (Stasica i Rak 2012). Otwory badawcze wykonuje się zazwyczaj w zauważonych wcześniej (np. podczas oceny makroskopowej), miejscach deformacji lub spękań obudowy (rys. 28).

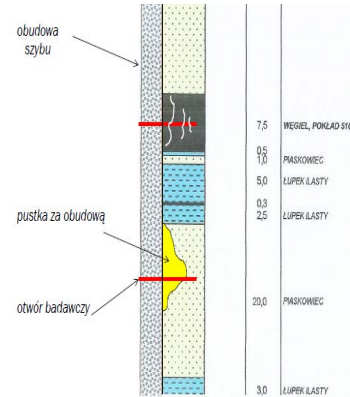
Z kolei pionowe profilowanie grawimetryczne PPGR jest to bezinwazyjna metoda badania stanu górotworu w otoczeniu szybu z wykorzystaniem grawimetru. Dzięki niej wykrywa się pustki, wymycia, rozluźnienia materiału skalnego za obudową szybu.

Źródłem poznania tych form jest pomierzony w szybie rozkład w pionie anomalii siły ciężkości Bouguera (rys. 29). Stanowi on podstawę do przeprowadzenia obliczeń gęstości skał występujących za obudową szybu oraz do interpretacji stanu górotworu (Madej 2015).



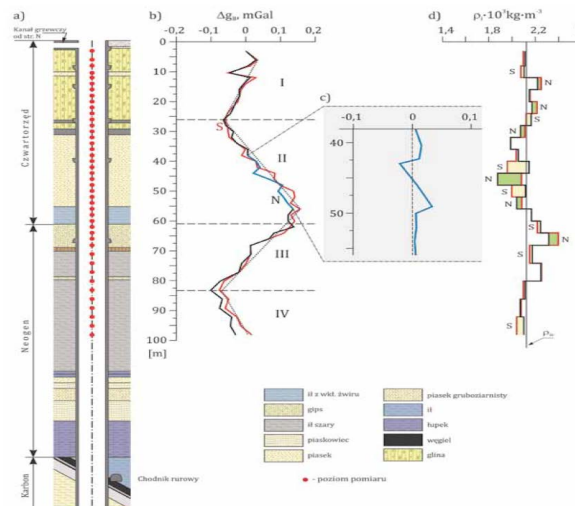
Rys. 27. Ogólny widok kamery introskopowej

Fig. 27. General view of the introscope camera



Rys. 28. Lokalizacja otworów badawczych

Fig. 28. Location of the research holes



Rys. 29. Przykładowe wyniki profilowania PPGR (Madej 2015)

Fig. 29. Sample results of vertical gravity profiling PPGR

4. Ocena stateczności obudowy szybowej

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań kopalnianych oraz laboratoryjnych, oblicza się wielkość obciążeń na obudowę szybu. Obliczeń dokonuje się według programu uwzględniającego wymogi norm (PN-G-05016:1997; PN-G-05015:1997).

W obliczeniach bierze się pod uwagę wydzielone warstwy skalne, zalegające na różnych głębokościach w otoczeniu szybu, charakteryzujące się zróżnicowanymi właściwościami fizykomechanicznymi, grubością, ciężarem objętościowym, charakterystyczną głębokością

krytyczną i graniczną, zależną między innymi od wytrzymałości (R_c) danej warstwy skalnej oraz zasięgu obciążeń hydrostatycznych.

Następnie określa się stateczność szybu na podstawie obliczeń uwzględniających wymogi normy (PN-G-05016:1997). Teoretycznie wymaganą grubość obudowy d_o oblicza się według normy (PN-G-05015:1997), dla aktualnych określonych badaniami parametrów wytrzymałościowych obudowy. Otrzymane wartości d_o porównuje się z grubościami rzeczywistymi obudowy istniejącej d_k (tzw. grubości konstrukcyjnej – pomniejszonej o stwierdzony badaniami zasięg korozji i ubytków obudowy). Przyjmuje się, że obudowa jest stateczna, jeżeli jest spełniony warunek: $d_o \leq d_k$.

Na zakończenie sprawdza się, czy kryteria normowe zostały spełnione i podejmuje decyzję, co do dalszego bezpiecznego funkcjonowania szybu.

Podsumowanie

W latach pięćdziesiątych minionego stulecia zgłębiono najwięcej szybów w całej historii polskiego górnictwa. Szyby te obecnie liczą ponad 50 lat i więcej. Proces starzenia materiału ich obudowy często przyspieszany jest działaniem agresywnych wód kopalnianych oraz zmianami temperaturowymi. 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 tego powodu coraz częściej obserwuje się lokalne uszkodzenia obudowy szybów, mogące doprowadzić do utraty ich stateczności (Bobek i in. 2016). Dlatego obudowa szybów górniczych, pełniących tak ważną rolę w procesie wydobywczym i prawidłowym funkcjonowaniu kopalni, powinna być na bieżąco kontrolowana i poddawana okresowym badaniom specjalistycznym, na podstawie których podejmuje się decyzję co do dalszego bezpiecznego funkcjonowania szybu.

W artykule przedstawiono przegląd nowoczesnych i kompleksowych badań obudowy szybów górniczych oraz zwrócono uwagę na utrudnienia, pracochłonność i niebezpieczeństwo związane z wykonaniem tego rodzaju badań.

Podjęcie proponowanych kompleksowych czynności w zakresie kontrolno-obszaryjnym-pomiarowym, z całą pewnością przyczyni się do dalszego, bezpiecznego funkcjonowania szybów górniczych lub do podjęcia odpowiednio wcześniej działań naprawczych zapobiegających utracie ich stateczności.

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–Szczygłowie. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk* nr 94, s. 41–52.
- Bock, S. 2006. Metody badań wytrzymałościowych obudowy szybów kopalnianych. *Prace naukowe Głównego Instytutu Górnictwa (GIG) – Kwartalnik Górnictwo i Środowisko* nr 3, s. 23–41.

- Bock i in. 2016 – Bock, S., Rotkegel, M. i Szymała, J. 2016. Podziemne retencyjne zbiorniki węgla. Typowe uszkodzenia i metody oceny stanu technicznego. *Przegląd Górniczy* nr 3, s. 39–51.
- Instrukcja ITB nr 209; Instytut techniki budowlanej; Warszawa 1977.
- Instrukcja ITB nr 210; Instytut techniki budowlanej; Warszawa 1977.
- Lipecki, T. 2010. Skaning laserowy w pomiarach geometrii i deformacji obiektów oraz urządzeń górniczych. *Przegląd Górniczy* nr 7–8, s. 25–31.
- Madej, J. 2015. Badania grawimetryczne w wybranych szybach górniczych na terenie GZW. *Przegląd Górniczy* nr 2, s. 35–42.
- PN-74/B-06261: Nieniszczące badania konstrukcji betonu. Metoda ultradźwiękowa badania wytrzymałości betonu na ściskanie.
- PN-74/B-06262: Nieniszczące badania konstrukcji betonu. Metoda sklerometryczna badania wytrzymałości betonu na ściskanie za pomocą młotka Schmidta typu N.
- PN-G-04210:1996: Szyby górnicze. Obudowa. Wymagania i badania.
- PN-G-04211:1996: Szyby górnicze. Obudowa betonowa. Kryteria oceny i metody badań.
- PN-G-05015:1997: Szyby górnicze. Obudowa. Zasady projektowania.
- PN-G-05016:1997: Szyby górnicze. Obudowa. Obciążenia.
- Stasica, J. i Rak, Z. 2012. Kamera introskopowa do badania struktury skał w otoczeniu otworu wiertniczego. *Akademia Górniczo-Hutnicza (AGH), Journal of Mining and Geoengineering* nr 36(3), s. 325–330.
- Stasica, J. i Rak, Z. 2016. Badanie stanu obudowy szybów górniczych – studium przypadku. *Przegląd Górniczy* nr 72(12), s. 84–92.

