

19

ZESPOLONE Z GÓROTWOREM OBUDOWY WYROBISK PIONOWYCH

19.1 WSTĘP

Istotnym elementem wstępnego projektowania obudowy górniczej jest kształtowanie konstrukcji. Kształtowanie konstrukcji obudowy wyrobisk górniczych jest poszukiwaniem ustroju konstrukcyjnego, który spełnia:

1. kryteria wytrzymałościowe (stan graniczny nośności, stan graniczny użytkowania),
2. kryteria technologiczne (proste i bezpieczne wykonanie),
3. kryteria funkcjonalno-użytkowe,
4. kryterium trwałości.

Błędne ukształtowanie konstrukcji obudowy na etapie koncepcji nie pozwala lub prowadzi do projektowania konstrukcji źle ukształtowanej, w której:

- a) spełnienie kryterium wytrzymałościowego wymaga zużycia znacznej ilości materiałów,
- b) spełnienie kryterium technologicznego jest utrudnione (transport długich materiałów, powstawanie obwałów stropu przy ich prostym kształcie, potrzeba dodatkowego wzmocnienia itp.),
- c) występuje brak funkcjonalności utrudniający użytkowanie (np. zabudowa dodatkowych stojaków wzmocniających),
- d) występuje brak trwałości objawiający się np. nagłym zniszczeniem (pęknięcie konstrukcji).

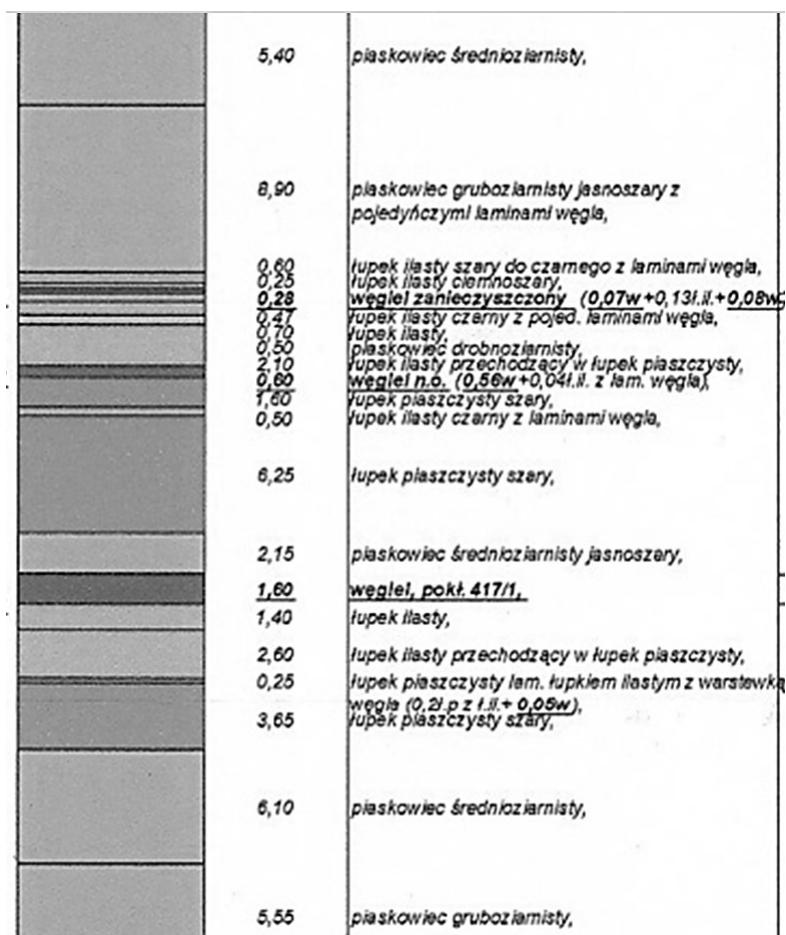
19.2 PROBLEMY TECHNICZNO-TECHNOLOGICZNE OBUDÓW WYROBISK PIONOWYCH

Analiza trudnych warunków geologiczno-górnich wykazuje, że budowa geologiczna górotworu na dużych głębokościach szybu często jest silnie zróżnicowana i składa się na nią:

- silne i zmienne uwarstwienie z licznymi pokładami węgla o bardzo niskich parametrach geotechnicznych (wytrzymałościowych),
- płynięcie warstw skalnych przy większych obciążeniach,
- gęsta podzielność i liczne spękania,
- duża sieć uskoków z dużą strefą spękań,

- nachylenie warstw skalnych prowadzące do nierównomiernych obciążeń,
- liczne warstwy wodonośne, dające duży sumaryczny dopływ do szybu,
- silna agresja wody wypływającej zza obudowy, powodująca niszczenie obudowy betonowej szybów, która z kolei wymaga częstych napraw mających na celu przywrócenie jej wytrzymałości poprzez pełną lub częściową jej wymianę lub uzupełnienie np. nośnymi pierścieniami stalowymi,
- występowanie wstrząsów i tąpnięć wytwarzających niekorzystne drgania górotworu i związanej z nim obudowy betonowej,
- oddziaływanie eksploatacji prowadzonej wokół rury szybowej przez wybieranie pokładów o znacznej miąższości, które mimo pozostawienia dużych filarów oddziałują na obudowę betonową szybów związaną z górotworem,
- silne obciążenia obudowy od strony wewnętrznej szybu, od dynamiki ruchu naczyń wydobywczych, obciążeń od rurociągów i występujących awarii (pęknięcia) wpływają na dodatkowe występowanie uszkodzeń,
- deformacje wyrobisk w rejonie podszybi z deformacją wlotów szybowych, które powodują dodatkowe oddziaływania zwiększonych koncentracji naprężeń.

Przykład silnie uwarstwowionego profilu geologicznego na dużej głębokości szybu przedstawiono na rys. 19.1.



Rys. 19.1 Przykład silnie uwarstwowionego profilu geologicznego szybu

Na podstawie własnego doświadczenia i rozeznania w zakresie występujących uszkodzeń w szybach górniczych należy stwierdzić, że ogólny stan obudów szybowych w warunkach geologiczno-górniczych polskich kopalń należy ocenić na dostateczny, pozwalający prowadzić ich użytkowanie, pod warunkiem przeprowadzenia szeregu napraw i uzupełnień, a niekiedy nawet znacznej wymiany obudowy na zagrożonych odcinkach szybów. Liczne publikacje [1, 2, 6, 7, 8, 9] wskazują na występowanie w szybach stanów zagrożeń, częściowej lub stałej utraty stateczności oraz potrzeby nowego podejścia [3, 4, 10].

Już w trakcie głębiania szybów w latach 70-tych i 80-tych stosowano często, mroźniową metodę głębiania w warstwach nadkładu, wykonując jednak obudowę ostateczną z cegły, betonitów i betonu lub tzw. obudowę rozdzielczą, w której przegroda hydroizolacyjna z folii często ulegała zniszczeniu w czasie betonowania i w większości szybów z niej zrezygnowano.

19.3 MANKAMENTY STOSOWANEJ TECHNOLOGII WYKONANIA WYROBISK PIONOWYCH

Podstawową technologią wykonywania wyrobisk pionowych jest tzw. metoda krótkich odcinków, [5] w której urobiony przodek o długości odcinka 2 do 4 m ma wykonywaną obudowę ostateczną z betonu najczęściej podawanym za odeskowanie stalowe (szalunek). Czoło przodka głębianego szybu jest urabiane w skałach zwiężłych materiałem wybuchowym na odcinku zabioru „z” (wysokość odeskowania), przy czym technologiczne odsłonięcie odcinka szybu jest większe i dochodzi do wielkości około 1,5 „z”. Uwzględniając czas wykonania obudowy ostatecznej szybu, często płaszczyna ociosu szybu jest odsłonięta w czasie do 2 dób, a w skrajnych przypadkach do 3 dób.

Duża głębokość głębianego szybu powoduje wystąpienie wokół niego naprężeń o wielkości przekraczającej wytrzymałości skały, co prowadzi do wystąpienia spękań górotworu, które wcześniej powstają wskutek urabiania skał przy pomocy MW.

Przy znacznej nominalnej średnicy szybu w wyłomie wynoszącej np. $D_n=9$ m, w skałach słabych mogą występować:

- zwiększone spękania skał,
- rozwarstwienia,
- odprężenia w postaci obrywania się skały z ociosu skalnego.

Sytuacje takie mogą mieć miejsce zarówno przy odsłoniętej caliźnie ociosu jak i za odeskowaniem (szalunkiem) przed lub w trakcie betonowania. Odcinek technologiczny szybu zasypany urobkiem jest wybierany po okresie czasu, w który bardzo często na jego dnie znajduje się woda wypływająca z górotworu jak i woda technologiczna, co dodatkowo wpływa niekorzystnie na parametry skał w masywie. Powstające wokół szybu strefy skał odprężonych mogą mieć wielkość od 1 do 3 m. W praktyce obserwuje się takie strefy przy podejmowaniu prac związanych ze zbiciem wyrobisk do szybu lub przy drażeniu nowych wyrobisk wykonywanych w kierunku od szybu.

Głębianie szybu na dużej głębokości jest szczególnie trudne, zarówno przy małej wytrzymałości skał jak również przy ich dużej podzielności oraz przy występowaniu

zaburzeń. Przy zachodzącym procesie odprężenia skał nie zawsze uzyskuje się właściwą grubość płaszczka obudowy betonowej. Istotną wadą odprężenia skał jest brak ich spójności i wytrzymałości dla nawiązania współpracy górotworu z obudową szybu.

19.4 ROZWIĄZANIE ZESPOLONEJ Z GÓROTWOREM OBUDOWY WYROBISK PIONOWYCH

Możliwością zmiany tak niekorzystnego systemu wykonania obudowy jest rozwiązanie, w którym w fazie głębiania, bezpośrednio po urobieniu i wybraniu urobku do dolnego poziomu betonowanego odcinka wykonuje się kotwienie skał na obwodzie z stosowaniem siatek stalowych, a w przypadku koniecznym betonu natryskowego.

W rozwiązaniu takim uzyskuje się wzmocnienie strefy górotworu wokół wyrobiska blokujące odprężanie skał. Górotwór dzięki kotwieniu zachowuje swoje naturalne parametry i przenosi obciążenia górotworu.

Zastosowanie siatek stalowych jak i betonu natryskowego wytwarza z ośrodkiem skalnym nośną powłokę przenoszącą obciążenia. Obudowę ostateczną w takich warunkach można wykonywać odcinkami w kierunku z dołu do góry w postaci ciągłego odcinka o długości od 10 do 50 m.

Wykonywanie obudowy wstępnej kotwiowej z siatkami lub kotwowej oraz z betonu natryskowego musi w rzeczywistych warunkach uwzględniać parametry geotechniczne skał górotworu tak, aby zapewnić wysokie bezpieczeństwo pracy załóg górniczych.

Przy budowie szybu, gdzie głębokości dochodzą do 1000 i więcej metrów na obwodzie szybu wytwarza się naprężenie obwodowe, które wartość maksymalna kształtuje się na poziomie:

$$\sigma_t = 2 \cdot k_k \cdot \gamma \cdot H / (m - 1)$$

gdzie:

k_k – współczynnik lokalnej koncentracji naprężeń,

γ – ciężar objętościowy skał,

H – głębokość,

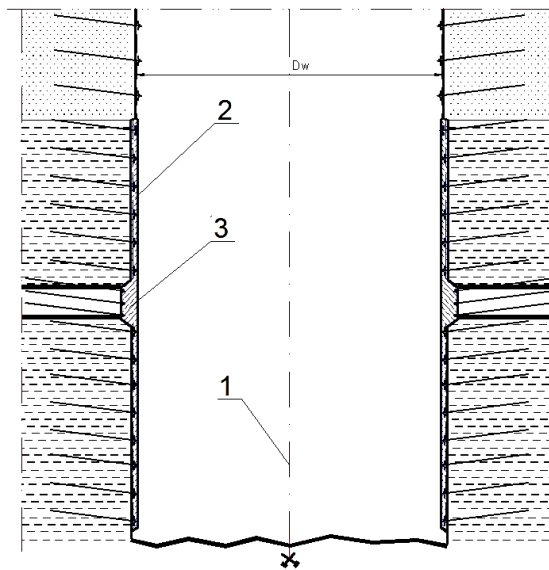
m – odwrotność liczby Poissona.

Przy znacznym przekroczeniu przez naprężenia obwodowe σ_t wytrzymałości skały na ściskanie R_c , wokół szybu wytwarza się strefa zniszczenia skał, której zabezpieczenie za pomocą kotwi i betonu natryskowego jest trudne do realizacji. W takich warunkach obudowa wyrobiska szybowego na odcinkach głębianego szybu powinna mieć pierścienie wzmacniające w strefach skał o niskiej wytrzymałości, gdzie naprężenia obwodowe są większe od wytrzymałości skały na ściskanie (zachodzi warunek $\sigma_t > R_c$).

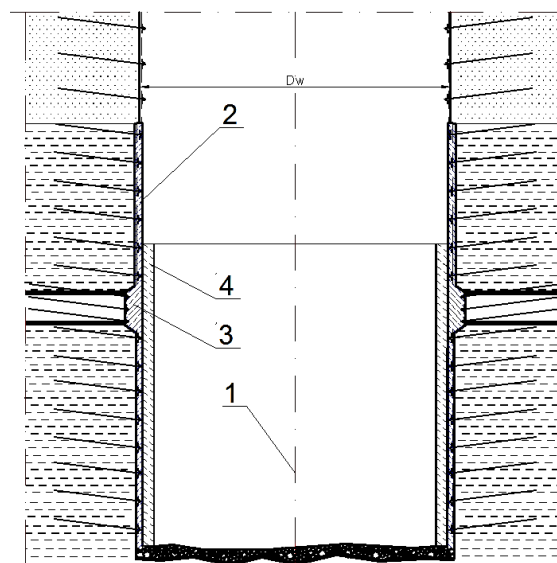
Nośność obudowy pierścieni wzmacniających zbliżona jest do nośności obudowy ostatecznej tak, aby pierścienie wzmacniające stanowiły elementy usztywniające obudowę wstępną szybu wykonaną z kotwi, siatek i betonu natryskowego, przy czym wewnętrzny obrys obudowy wstępnej szybu ma stały przekrój, a obrys zewnętrzny jest zmienny i w strefach pierścieni wzmacniających ma funkcje stóp szybowych.

Pierścienie wzmacniające budowę szybu mogą być wykonane z kotwi, siatek stalowych w kilku warstwach i betonu natryskowego w kilku warstwach na całym obwodzie z ukośnymi płaszczyznami łączącymi je z dolną i górną warstwą skalną lub jako konstrukcje żelbetowe lub zbrojone pierścieniami stalowymi.

Przykład rozwiązania obudowy szybu zespolonej z górotworem przedstawiono na rysunku 19.2 do 19.4 uwzględniając różne fazy i możliwe warianty. W schemacie technologicznym przedstawionym na rysunku 19.2 szyb głębiony jak w obudowie wstępnej kotwiowo-betonowej do samego dna z wykonaniem pierścienia wzmacniającego w skałach słabych np. węgla w pokładzie.

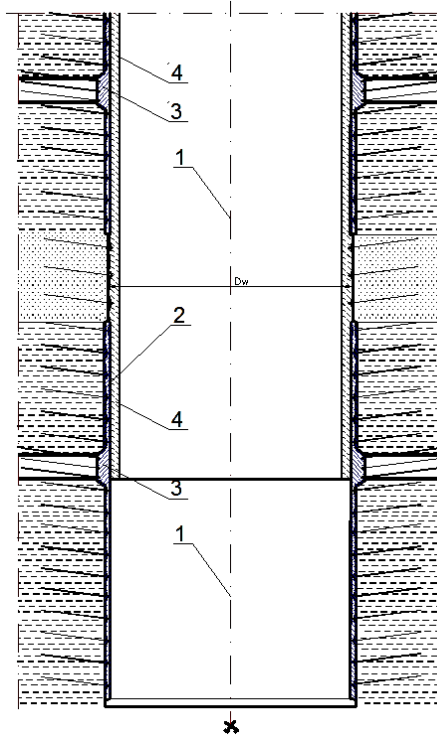


Rys. 19.2 Obudowa wstępna szybu wykonywana bezpośrednio w przodku



Rys. 19.3 Wykonywanie obudowy statecznej z dna szybu
1 – głębiony szyb, 2 – obudowa wstępna z kotwi i betonu natryskowego,
3 – pierścień wzmacniający, 4 – obudowa ostateczna

W schemacie technologicznym jak na rysunku 19.3 obudowę ostateczną szybu wykonuje się przy zatrzymanym przodku w kierunku z dołu do góry. W schemacie technologicznym jak na rysunku 19.4 obudowa ostateczna może być wykonywana równoległe z głębieniem szybu.



Rys. 19.4 Równoległe głębienie szybu w obudowie wstępnej i wykonanie obudowy ostatecznej
1 – głębiony szyb, 2 – obudowa wstępna z kotwi i betonu natryskowego,
3 – pierścień wzmacniający, 4 – obudowa ostateczna

Takie rozwiązanie obudowy wyrobisk szybowych jest nowatorskie i może znaleźć zastosowanie w szybach górniczych, w szybowych zbiornikach retencyjnych, w sztolniach i szybach ciśnieniowych w budownictwie inżynieryjnym.

W przedstawionym rozwiązaniu szyb posiada obudowę wstępną złożoną z warstw skalnych połączonych kotwiami, siatkami, betonem natryskowym oraz obudowę ostateczną np. betonową z nią zespoloną. Tym samym uzyskujemy nową jakość obudowy szybu w stosunku do dotychczas stosowanych rozwiązań, w których obudowa przylega do górotworu jedynie na zasadzie kontaktu i jest wykonywana po 2 do 4 dni, a wytrzymałość ostateczną uzyskuje po 28 dniach. W proponowanym rozwiązaniu górotwór poprzez kotwie jest wzmacniany prawie natychmiast po odsłonięciu które łączą skały nie dopuszczając do spękań i rozwarstwień.

W praktyce obudowa ostateczna szybu może być wykonywana o znacznie mniejszej grubości z materiałów o wysokich parametrach wytrzymałościowych.

Podstawową zaletą tej idei w stosunku do dotychczasowych rozwiązań jest fakt zastosowania na obwodzie szybu o pierścieni wzmacniających o wysokiej nośności, zbliżonej do wymaganej dla obudowy ostatecznej. Pierścienie zwiększają sztywność

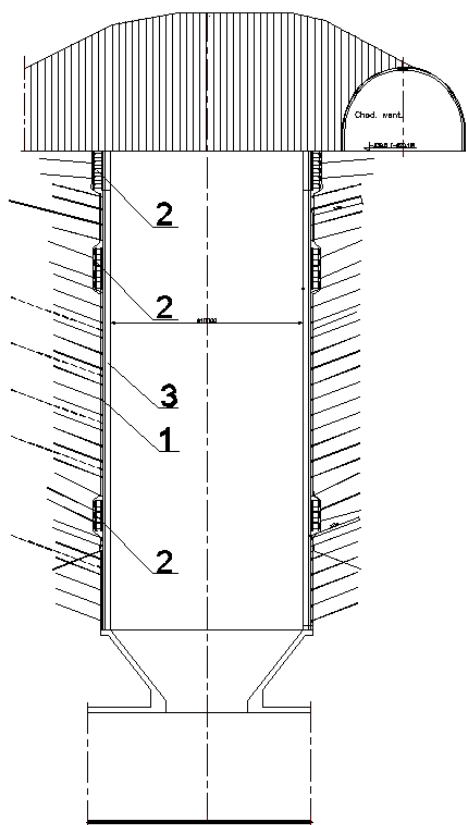
masywu skalnego wokół szybu oraz stateczność wyrobiska i bezpieczeństwo robót. W fazie głębenia szybu w obudowie wstępnej niezbędne jest prowadzenie pomiarów rozwarstwień skał w strefie kotwienia i za strefą kotwienia oraz przemieszczeń ociosów skalnych.

Wykonywanie obudowy wstępnej pozwala na wykonanie jednakowej grubości obudowy ostatecznej, na znacznej długości szybu bez szwów technologicznych (tzw. ślizg). Dodatkowo, zastosowanie materiałów o wysokich parametrach wytrzymałościowych, przy wysokim stopniu wodoodporności pozwala dokładne powiązani różnych pierścieni obudowy z pełną kontrolą na obwodzie.

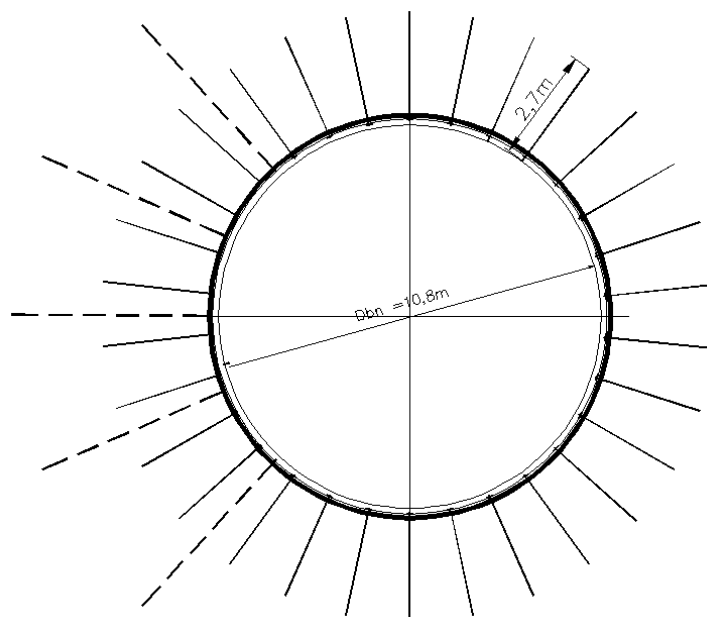
Wykonywanie obudowy ostatecznej kierunku z dołu do góry w warunkach górotworu zawodnionego umożliwia nakładanie warstw hydroizolacyjnych na obudowę wstępną w postaci foli i/lub impregnatów naturalnych przed wykonaniem obudowy ostatecznej monolitycznej lub prefabrykowanej.

19.5 PRZYKŁAD ROZWIĄZANIA OBUDOWY ZESPOLONEJ W SZYBOWYM ZBIORNIKU RETENCYJNYM

Rozwiązanie obudowy zespolonej zestawiono praktycznie przy realizacji szybowego zbiornika retencyjnego na głębokości 830 do 860 m. Ogólne rozwiązanie zbiornika o wewnętrznej średnicy ostatecznej 10m przedstawiono na rysunku 19.5, a w przekroju poprzecznym na rysunku 19.6.

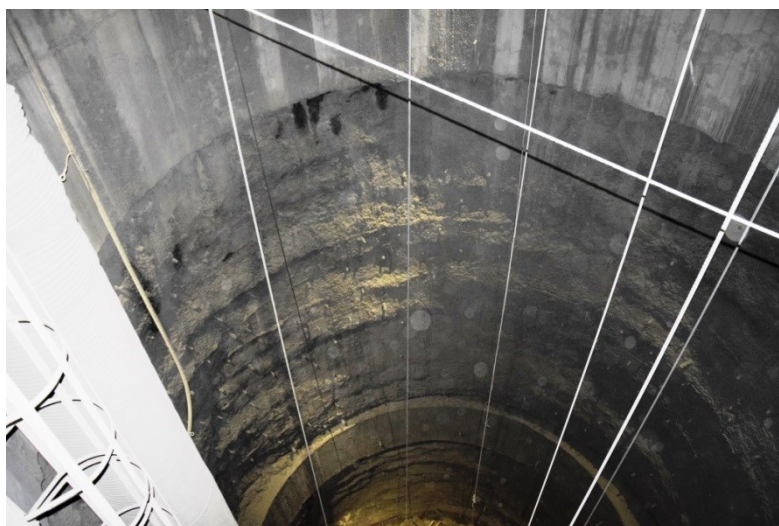


Rys. 19.5 Przykład rozwiązania obudowy zespolonej w szybowym zbiorniku retencyjnym
1 – obudowa wstępna kotwiwo-betonowa, 2 – pierścienie wzmacniające,
3 – obudowa ostateczna



Rys. 19.6. Przekrój poprzeczny przez zbiornik retencyjny

W warstwach pokładów węgla wykonano żelbetowe pierścienie wzmocniające. Kotwie budowano w rozstawie $0,8\text{ m} \times 1\text{ m}$ o długości $2,7\text{ m}$ z odchyleniem do góry (10° do 15°). Beton natryskowy o wytrzymałości końcowej 40 MPa wykonano metodą na mokro o grubości od 5 do 8 cm . Widok zbiornika wykonanego na całej długości około 30 m przedstawiono na rysunku 19.7.



Rys. 19.7 Widok wykonywanego zbiornika retencyjnego szybowego w obudowie wstępnej z pierścieniami wzmocniającymi

19.6 WNIOSKI KOŃCOWE

1. Istniejące warunki geologiczno-górnictwe wokół głębionych i pogłębianych szybów czy wykonywanych szybowych zbiorników retencyjnych na dużej głębokości są trudne ze względu na:

- a) występujące zaburzenia geologiczne,

- b) silne uwarstwienie i uławicenie,
- c) nachylenia warstw powodujące wystąpienie nierównomiernych obciążeń,
- d) wysokie pierwotne ciśnienia górotworu,
- e) nierównomierną eksploatację (ścieranie obudowy urobkiem),
- f) prowadzone roboty górnicze i inne czynniki.

2. Tradycyjne technologie wykonywania obudowy szybu w postaci płaszcza betonowego w odsłoniętym robotami strzałowymi ociosie nie zabezpiecza górotworu przed wystąpieniem spękań, rozwarstwień czy odspojeń, co przy wykonywaniu obudowy monolitycznej betonowej nie zapewnia jej zespolenia z górotworem i uzyskania korzystnej współpracy w przenoszeniu działających obciążeń. Niekorzystną cechą obudowy betonowej monolitycznej jest długi czas jej dojrzewania i twardnienia do momentu uzyskania wytrzymałości ostatecznej.

3. Uzyskanie wytrzymałej konstrukcji obudowy szybu w warunkach dużej głębokości wymaga zastosowania systemu obudowy powiązanej (zespolonej) z górotworem poprzez kotwienie i stworzenie wraz ze zbrojonym betonem natryskowym lub dodatkową konstrukcją stalową (odrzwiami) obudowy wstępnej pozwalające na:

- zmniejszenie odprężenia ociosu skalnego szybu,
- niedopuszczenie do zmniejszenia parametrów wytrzymałościowych górotworu,
- ograniczenie nierównomiernych obciążeń działających na obudowę ostateczną przy dużej zmienności warstw skalnych.

4. Rozwiązanie obudowy zespolonej z górotworem z wykonywaniem pierścieni wzmacniających w słabych warstwach górotworu na podstawie uzyskanych doświadczeń praktycznych jest korzystnym rozwiązaniem zapewniającym bezpieczeństwo i efektywne wykonanie obudowy ostatecznej szybu czy zbiornika retencyjnego

LITERATURA

1. M. Chmielewski, P. Głuch, W. Lekan, T. Sądej, Utrzymanie obudowy zbiorników retencyjnych na dużych głębokościach w warunkach LW Bogdanka. Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2012r
2. M. Chmielewski, W. Lekan, P. Głuch, Nowe rozwiązania obudowy głowic zbiorników retencyjnych w warunkach LW „Bogdanka” SA Budownictwo Górnicze i Tunelowe, nr 3/2012r
3. P. Czaja, J. Hydzik, Betony nowej generacji w budownictwie podziemnym. Obudowa szybu głębionego sztucznie zamrożonym górotworze-nowe podejście. Archiwum Górnictwa, Monografia, Numer 9, Kraków 2010,
4. P. Czaja, Beton wysokowartościowy w budownictwie podziemnym, Materiały Konferencyjne „Przemysł wydobywczy 2001”, Wydawnictwo Scriptum, Kraków,
5. P. Głuch, Z. Szczepaniak, Głębienie szybów. Politechnika Śląska, Skrypty uczelniane Nr 1365, Wydanie II, Gliwice 1987,
6. P. Głuch, Nowe rozwiązania technologii wlotów szybowych w trudnych warunkach geologiczno-górnicznych. Konferencja Naukowo-Techniczna Budownictwo Podziemne'98, Kraków 10-11 września 1998,

7. P. Głuch, W. Lekan, Nowe konstrukcje stalowych segmentów obudowy szybów, szybików i zbiorników retencyjnych w trudnych warunkach geologiczno-górnicznych, Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2013, Materiały Konferencyjne
8. P. Głuch, M. Lekan, Nowe rozwiązania konstrukcyjne wysokopodporowych obudów szybów głębionych w trudnych warunkach geologiczno-górnicznych Monografia pt. Nowe wyzwania i metody w projektowaniu głębienia szybów podstawą rozwoju górnictwa w Polsce. Gliwice 2013r
9. H. Kleta, Bezpieczeństwo szybu warunkowane dokładnością oceny parametrów wytrzymałościowych i nośności obudowy. Międzynarodowa Konferencja VII Szkoła Geomechaniki, Materiały Naukowe, Zeszyty Specjalne Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej, Gliwice-Ustroń 13-16 września 2005r,
10. H. Kleta, M. Jendryś, Wpływ parametrów wytrzymałościowych skał nadkładu na wielkość obciążenia obudowy szybu. Monografia pt. Nowe wyzwania i metody w projektowaniu głębienia szybów podstawą rozwoju górnictwa w Polsce. Gliwice 2013r

*Data przesłania artykułu do Redakcji: 02.2016
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 03.2016*

dr inż. Piotr Głuch
Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii
ul. Akademicka 2A, 44-100 Gliwice, Polska
e-mail: piotr.gluch@polsl.pl

mgr inż. Wojciech Lekan
LW „Bogdanka” S.A.
21-013 Puchaczów, Polska

ZESPOLONE Z GÓROTWOREM OBUDOWY WYROBISK PIONOWYCH

Streszczenie: Obudowy górnicze często są wykonywane na obrysie wyłomu wyrobiska z punktowym połączeniem z górotworem. W wyrobiskach pionowych stosowane technologie wykonywania obudowy z betonu monolitycznego przy urabianiu skał materiałem wybuchowym nie gwarantują uzyskania pełnego zespolenia z górotworem, który ulega spękanii i rozwarstwieniu przed wykonaniem obudowy ostatecznej. W artykule przedstawiono nowoczesne zastosowane praktycznie rozwiązania obudów wyrobisk pionowych zespolonych z górotworem pozwalające uzyskać wysokowydajny pod względem nośności system obudowy zespolonej z górotworem.

Słowa kluczowe: górnictwo, budownictwo górnicze, obudowa szybu

INTEGRATED WITH THE ROCK MASS VERTICAL SUPPORTS

Abstract: Mining supports are often made on the outline breach of the excavation in the point connection of the rock mass. In the vertical overage technologies used execution of monolithic concrete casing when mining rock explosive don't guarantee a full fusion of rock mass, which is fractured and stratification before the final casing. The article presents modern solutions applied practically covers the excavation of vertical units of the rock mass in order to obtain high performance in terms of system capacity of the housing complex of the rock mass.

Key words: mining, construction and mining, shaft support