

*Marian Michalek**

KONCEPCJA ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH ZABEZPIECZENIA WYROBISK PODSZYBIA ADAPTOWANEGO NA POTRZEBY PODZIEMNEGO ZBIORNIKA

1. Wstęp

Podstawowymi obiektami zakładu górniczego są szyby oraz usytuowane w ich pobliżu, na poziomach wydobywczych i pomocniczych, wyrobiska korytarzowe i komorowe. Ten zespół wyrobisk w pobliżu szybów słownictwo górnicze określa ogólnie mianem podszybi, których wielkość i kształt są uzależnione od funkcji szybów.

Szyby i podszybia kopalń węgla kamiennego są ogromnymi i kosztownymi budowlami podziemnymi, a ich udział w kosztach budowy podziemnej części kopalni sięga 60% [2]. W procesie restrukturyzacji przemysłu węglowego w Polsce pewna część tej infrastruktury musi zostać wyłączona z ruchu często z przyczyn czysto naturalnych, związanych z wyczerpywaniem się złóż węgla w danym rejonie.

W związku z powyższym część kopalń ulega bądź to częściowej, bądź całkowitej likwidacji, a ich szyby likwiduje się w praktyce nieodwołalnie poprzez zasypanie bądź rzadziej zatapianie. Taka metoda likwidacji jest uzasadniona zniwelowaniem zagrożenia dla innych wykorzystywanych nadal elementów systemu wyrobisk oraz nie generuje znaczących kosztów związanych z jego utrzymaniem.

Z natury rzeczy podstawowym przedmiotem działalności kopalni jest pozyskiwanie kopaliny użytecznej i sposób działania kadry kopalni nastawiony jest na maksymalizację zysku pochodzącego z podstawowej działalności. Można zaryzykować zatem stwierdzenie, że ponowne zagospodarowanie podziemnych budowli pogórnich powinno zostać powierzone inwestorom zewnętrznym, którzy mogliby się skupić na walorach obiektu, a nie na jego uciążliwości dla kopalni. Być może ten właśnie aspekt — wypracowanie ścieżki ponownej komercjalizacji obiektu z uwzględnieniem stanu prawnego i własnościowego

* Wydział Górnictwa i Geologii, Politechnika Śląska, Gliwice

obiekty, poparte wyspecjalizowanymi rozwiązaniami technicznymi dotyczącymi trwałości i bezpiecznego wydzielenia obiektu ze struktur nadal funkcjonującej kopalni stanowi klucz do sukcesu.

2. Warunki lokalizacyjne szybów i podszybi kopalni oraz ich likwidacja

Podstawowym czynnikiem wpływającym na sposób planowania w przypadku likwidacji kopalń lub ich części jest fakt obecności w GZW zasobów węgla wystarczających na pokrycie zapotrzebowania energetycznego Polski jeszcze przez następnych kilka dziesięcioleci. Nie jest zatem do wyobrażenia sytuacja występująca np. w zagłębiu Ostrawskim w Czechach, gdzie całe zagłębie zostało zamknięte w sposób jednorazowy, a jego skutki są neutralizowane po ustabilizowaniu się nowego stanu równowagi w górotworze. Zwraca się przy tym uwagę np. na wysoką emisję metanu z górotworu na terenie byłego zagłębia. Obliczono, że tylko ok. 5% tego gazu jest obecnie przechwytywanego i wykorzystywanego jako źródło energii [9]. Pozostały metan powoduje znaczące zagrożenie wybuchem pojawiając się w piwnicach, garażach i innych pomieszczeniach. Nie należy również zapominać o tym, że wypuszczany swobodnie do atmosfery metan jest gazem znacznie bardziej szkodliwym pod względem powodowania efektu cieplarnianego niż CO₂.

Dlatego pozytywne doświadczenia, tj. wykorzystanie budowli po górniczych do nowych celów, oraz uniknięcie zjawisk negatywnych związanych ze zmianami środowiskowymi jest nieodzownym warunkiem zrównoważonego rozwoju regionu.

Jak wspomniano we wstępie, istnieje pilna potrzeba opracowywania sposobów bezpiecznego wyłączenia szybów i podszybi z „układu naczyń połączonych” stanowiącego w praktyce obszar GZW.

Sposób działania specjalistów budownictwa podziemnego został ukształtowany przez teorię i praktykę obudowy wyrobisk górniczych, która opiera się na następujących założeniach:

- ograniczony horyzont czasowy istnienia budowli,
- zachowanie wymaganych kształtów powierzchni użytkowej wyrobisk dla spełnienia ich funkcji obsługi wydobycia węgla,
- dopuszczenie w pewnym zakresie będącej pod kontrolą podatności konstrukcyjnej obudów.

Tymczasem aby wykorzystać ponownie budowlę podziemną w sposób ekonomiczny, należy założyć jej długotrwałą bezpieczną użyteczność bez wykonywania kosztownych napraw.

A zatem sposób myślenia o charakterystyce technicznej obudowy musi się zbliżyć do sposobu myślenia budowlanego, stosowanego zarówno co do zasad, jak i metod ich realizacji do budownictwa lądowego.

Oznacza to, że budowle podziemne muszą być:

- stateczne,
- szczelne,
- sztywne (sprężyste).

Rewitalizowane szyby oraz podszybia kopalniane mogą być i są na świecie wykorzystywane do następujących celów:

- składowiska odpadów,
- magazyny gazów,
- magazyny ropy naftowej,
- studnie głębinowe,
- elektrownie szczytowo-pompowe,
- kinetyczne akumulatory energii *Flywheel*,
- magazyny sprężonego powietrza CAES,
- baza lokalizacji urządzeń technicznych, np. pompy ciepła,
- komory zbiorcze sieci odmetanowania górotworu.

3. Propozycja rozwiązania konstrukcyjnego trwałego zabezpieczenia wyrobisk podszybia

Zaproponowany sposób zabezpieczenia obudowy polega na podparciu istniejącej obudowy kamiennej przy pomocy galerii słupów żelbetowych o wysokiej nośności. Konstrukcja podparcia polega na wykonaniu stropowego i spągowego wieńca podporowo-rozporowego rozpartych żelbetowymi słupami.

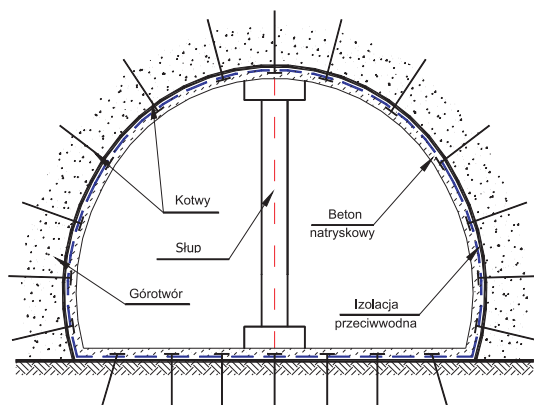
Przebieg i rozłożenie wieńców na stropie i spągu oraz wynikająca z tego siatka słupów podporowych muszą być dopasowane do:

- prognozowanego obciążenia stropu zabezpieczanego wyrobiska,
- wymagań ruchowych bądź lokalizacji urządzeń.

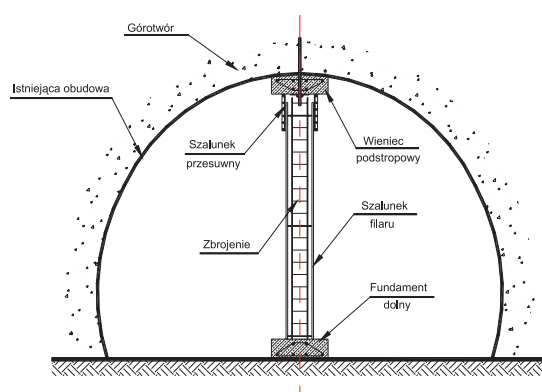
Podstawowe cele jakie muszą zostać osiągnięte to:

- prostota i nieskomplikowany sposób wykonania zabezpieczeń,
- duża wydajność i elastyczność stosowania systemu,
- możliwość otwarcia szerokiego frontu robót,
- uniwersalność w stosowaniu,
- łatwe dopasowanie do wysokości wyrobisk,
- możliwość prefabrykacji elementów zbrojeniowych na powierzchni kopalni,
- niski koszt wykonania.

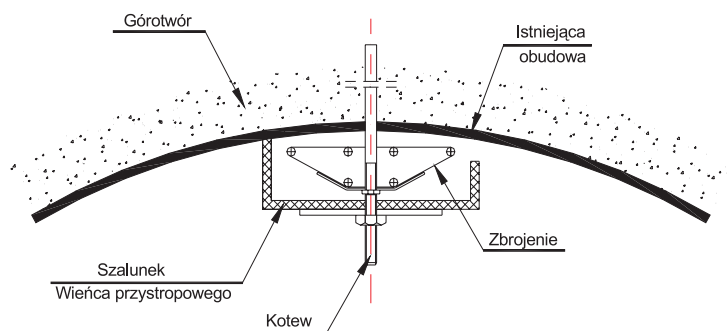
Wieniec spągowy jest wykonywany poprzez położenie na wyrównanym spągu prostokątnej formy bez dna wykonanej z blachy stalowej, włożenie prefabrykowanego zbrojenia i wypełnienie betonem konstrukcyjnym. Wykonanie jednego modułu wieńca podstropowego rozpoczyna się od zamontowania do stropu dwóch kotwi wklejanych z nagwintowaną częścią wystającą ze stropu. Na kotwi podwieszają się na stalowych uchwytych podtrzymujących prefabrykowany odcinek zbrojenia. Następnie na tych samych kotwiach podwieszany jest deskowanie dociskany do stropu poprzez przykręcenie nakrętki na kotwiach. Dodatkowo deskowanie ten może być podparty na środku za pomocą regulowanych stalowych stempli budowlanych. Deskowanie wyposażony jest w otwory do zatłaczania betonu konstrukcyjnego. Po związaniu betonu deskowanie wieńca jest demontowany poprzez odkręcenie nakrętek kotwicznych podtrzymujących deskowanie pod stropem. Wystający poniżej wieńca podstropowego końcówka kotwi stanowi bazę i wyznacza pion dla podporowego słupa żelbetowego (rys. 1–4).



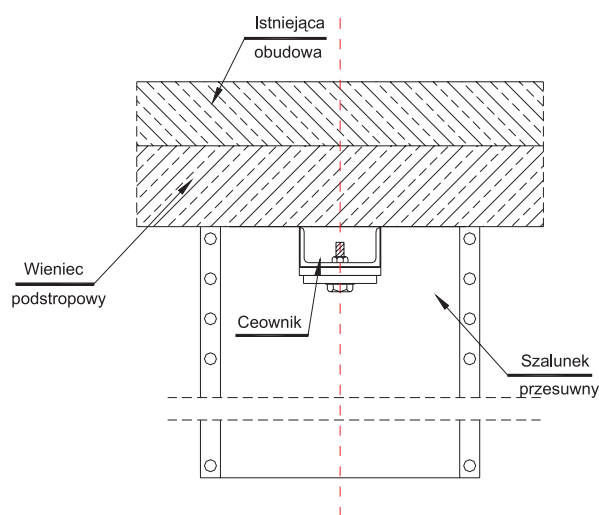
Rys. 1. Wygląd końcowy wyrobiska po wzmocnieniu za pomocą galerii słupów żelbetowych połączonych na stropie i spągu wieńcami podporowo-rozporowymi



Rys. 2. Zbrojenie słupa podporowego



Rys. 3. Sposób montażu zbrojenia oraz deskowania wieńca podstropowego

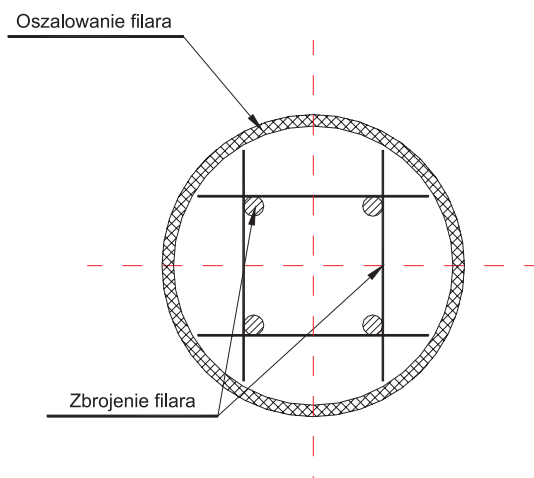


Rys. 4. Deskowanie przesuwne zwieńczenia słupa podporowego

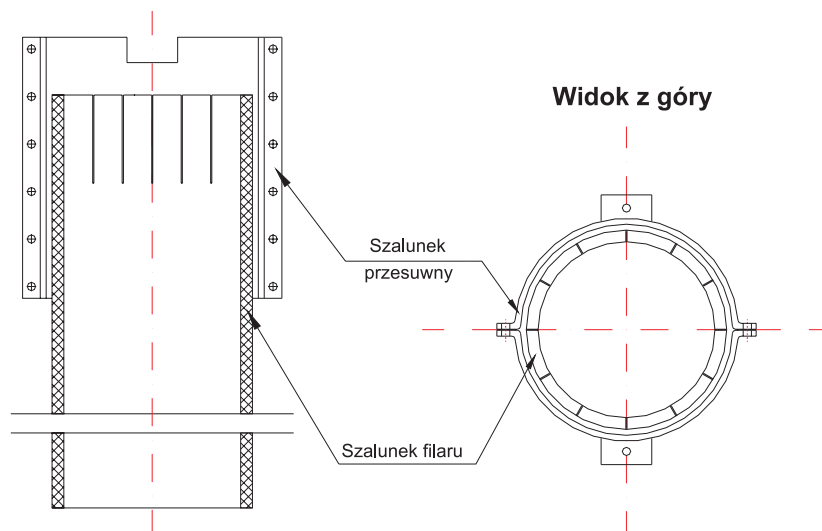
Konstrukcja słupa rozpoczyna się od wprowadzenia zbrojenia słupa do tuby szalunkowej kartonowej (odeszkowanie słupa rys. 5) i ustawieniu jej na wieńcu spągowym w osi pionowej wyznaczonej przez końcówkę kotwi [11]. Do wystającego ze stropu końcówki kotwi podwieszany jest ceownik montażowy z trzema otworami umożliwiającymi jego zamocowanie pod wieńcem podstropowym oraz podwieszenie szalunku zwieńczenia słupa podporowego (rys. 6), który stanowi rodzaj stalowej obejmy dzielonej składającej się z dwóch identycznych półokrągłych części połączonych ze sobą za pomocą śrub. Jedna z części posiada otwór do wtłoczenia mieszanki betonowej. Deskowanie jest podwieszane do ceowni-

ka montażowego i dociskany do wieńca za pomocą dwóch śrub łączących (rys. 4). Deskowanie jest dopasowane średnicą wewnętrzną do zewnętrznej średnicy tuby szalunkowej. Górna końcówka tuby szalunkowej posiada nacięcia wewnątrz szalunku, co umożliwia jego rozparcie pod wpływem ciężaru betonu i uszczelnienie połączenia tuby i szalunku (rys. 6).

Po wykonaniu i zamocowaniu odeskowania słupów należy ich wewnątrz wypełnić mieszanką betonową wtlaczaną pod ciśnieniem. Po związaniu betonu i rozpoczęciu twardnienia po ok. 24 godzinach należy zdjąć odeskowanie.

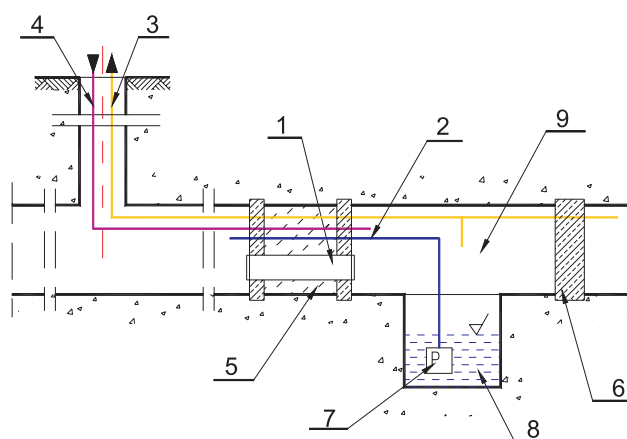


Rys. 5. Sposób rozmieszczenia zbrojenia w przekroju poprzecznym słupa podporowego



Rys. 6. Konstrukcja deskowania zwieńczenia słupa podporowego

Obudowę w ociosach oraz spąg wyrobiska należy również zabezpieczyć za pomocą obudowy kotwiowo-siatkowej i betonu natryskowego, co dodatkowo wzmocni całą obudowę i przyczyni się do lepszej współpracy z górotworem, jak również poprawi stateczność całego wyrobiska (rys. 1). Koniecznym i niezwykle istotnym zagadnieniem związanym ze skutecznym odizolowaniem adoptowanego do wykorzystania podszybia kopalni jest zastosowanie skutecznych i możliwych do ciągłego monitorowania szczelności tam odcinających. Do tego celu proponuje się zastosowanie tamy podwójnej z drenażem pośrednim (rys. 7).

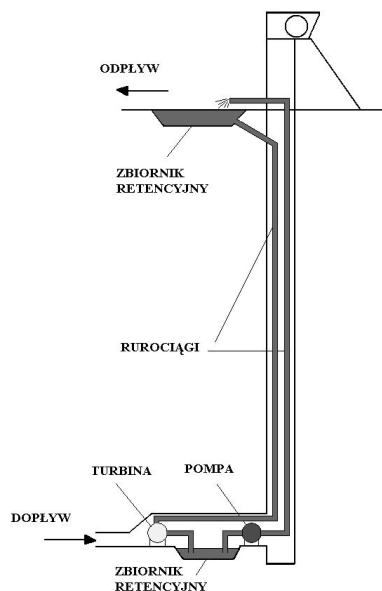


Rys. 7. Schemat tamy podwójnej z drenażem pośrednim: 1 — wąż szczelny, 2 — rura odwadniająca, 3 — rura systemu odmetanowania, 4 — rura do włączania CO₂ do przestrzeni drenażowej, 5 — tama nr 1, 6 — tama nr 2, 7 — pompa zatapialna, 8 — zbiornik, 9 — przestrzeń drenażowa

4. Przykładowe zastosowanie zbiornika podziemnego zabezpieczonego proponowaną obudową

Jednym ze znanych już propozycji rozwiązań, które pozwolą w sposób komercyjny wykorzystać potencjał szybu i zabezpieczonego podszybia, jest propozycja budowy lokalnej elektrowni szczytowo-pompowej [6] (rys. 8). Elektrownie takie czerpią swój dochód z handlu energią elektryczną kupowaną z sieci w okresach jej nadmiaru oraz sprzedaży w godzinach szczytu poboru mocy. Dodatkowym źródłem przychodu jest tzw. opłata za gotowość, czyli zdolność do podparcia krajowego systemu energetycznego w chwilach niedoboru mocy. Istnienie masowych akumulatorów energii elektrycznej jest nieodzownym elementem systemów energetycznych opartych na źródłach energii, których produktywności nie można skutecznie regulować w krótkim (godzinowym) czasie, a więc np. opartych na węglu bądź wspomaganych przez energię wiatrową.

W tym rozwiązaniu szyb oraz zbiornik dolny elektrowni, zlokalizowany na podszybiu, wraz ze zbiornikiem górnym na powierzchni, stanowią podstawowe elementy konstrukcyjne elektrowni szczytowo-pompowej.



Rys. 8. Schemat koncepcyjny elektrowni szczytowo-pompowej zbudowanej na bazie szybu i podszybia

5. Założenia techniczno-ekonomiczne przykładowej elektrowni szczytowo-pompowej wykonanej na bazie obiektu szyb – podszybie

Przyjęte założenia dobrane zostały na podstawie często spotykanych parametrów szybów likwidowanych (tab. 1 i 2) w GZW.

TABELA 1

Założenia techniczno-ekonomiczne [7, 8]

Parametr	Oznaczenie	Wartość
Kubatura zbiornika wodnego – dolnego	V, m^3	100 000,0
Czas pracy turbinowej elektrowni na dobę	T, s	14 400,0
Wysokość spadu netto	H, m	500
Sprawność sumaryczna hydrozespołu	$\eta, \%$	75
Wskaźnik sprawności hydrozespołu	η_1	7,5
Ilość dni pracy elektrowni	dni/rok	300
Koszty obsługi i utrzymania ruchu	%	25

TABELA 2

Zestawienie obliczonych parametrów proponowanej elektrowni

Parametr	Oznaczenie	Wartość
Moc elektryczna hydrozespołu	P , MW	26
Moc pompowania	P_p , MW	34,7
Przepływ turbiny	Q , m ³ /s	6,94
Ilość energii uzyskanej z pracy turbinowej w ciągu doby	E_t , MW/dobę	104
Ilość energii pobranej z pracy pompowej w ciągu doby	E_p , MW/dobę	138,7
Koszt zakupu energii	K_z , PLN/dobę	15 410,95
Przychód ze sprzedaży energii	K_s , PLN/dobę	19 246,24
Cena jednostkowa zakupu energii	C_z , PLN/MWh	111,11
Cena jednostkowa sprzedaży energii	C_s , PLN/MWh	185,06
Dobowa efektywność ekonomiczna pracy elektrowni:	C_d , PLN	3835,29
Roczna efektywność ekonomiczna pracy elektrowni:	C_r , PLN	862 940,25

6. Wnioski i uwagi końcowe

Uzyskanie efektu ekonomicznego na bazie rozwiązania technologicznego, a więc przydatności tego rozwiązania, nie jest prostą konsekwencją poziomu technologicznego opracowanej technologii. Jest to proces złożony i musi on uwzględniać wiele czynników o charakterze technicznym, organizacyjnym, prawnym, finansowym i mentalnym.

Proponowane rozwiązanie posiada następujące walory:

- jest rozwiązaniem prostym z technicznego punktu widzenia;
- nie wymaga angażowania specjalistycznego sprzętu;
- istnieje łatwość dopasowania wysokości słupów żelbetowych do wysokości i przekroju poprzecznego wyrobiska;
- roboty związane ze stawianiem galerii słupów podporowych można wykonywać małymi odcinkami niezależnymi od siebie, co umożliwia szerokie otwarcie frontu robót i skrócenie okresu realizacji inwestycji;
- zapewni możliwie niski poziom nakładów inwestycyjnych.

W wyniku przeprowadzonego doboru oraz wykonanej kalkulacji ekonomicznej proponowanej elektrowni szczytowo-pompowej na poziomie operacyjnym, tj. bez uwzględnienia kosztów inwestycyjnych, stwierdzono, że elektrownia może przynosić ok. 1 mln zł zysku netto na rok przy założeniu sprzedaży wytworzonej energii do sieci energetycznej.

Przeprowadzone kalkulacje nie uwzględniają prawdopodobnego wzrostu cen nośników energii w związku z wprowadzeniem obciążeń o charakterze podatkowym (Zielone Certyfikaty) na produkcję energii ze źródeł nieodnawialnych, co może w znaczący sposób poprawić ekonomikę przedsięwzięcia.

LITERATURA

- [1] *Rabsztyń J.*: Podstawowe elementy eksploatacji górniczej. Wydawnictwo „Śląsk” 1970
- [2] *Krawiecki Z., Wąsik J.*: Zasady projektowania kopalń. Cz. IV. Katowice, Śląskie Wydawnictwo Techniczne 1993
- [3] *Kostrz J., Pogoda W.*: Górnictwo. Cz. II, Wydawnictwo „Śląsk” 1970
- [4] Praca zbiorowa: Zasady likwidacji szybów i wyrobisk przyszybowych w kopalniach węgla kamiennego. GIG, 1997
- [5] *Matysik A.*: Odwadnianie kopalń podziemnych. Kraków, UWND AGH 2002
- [6] *Frolik A.*: Dynamika i kierunki zmian jakości wód podziemnych w obszarach likwidowanych kopalń w aspekcie ich wykorzystania gospodarczego. Materiały konferencyjne Szkoły Eksploatacji Podziemnej, PAN 2002
- [7] Strona internetowa: (<http://www.voith.pl>)
- [8] Strona internetowa: (<http://www.ckdblansko.cz>)
- [9] *Twardowski K.*: Wykorzystanie likwidowanych kopalń do tworzenia podziemnych magazynów gazów i wód termalnych. Materiały konferencyjne Szkoły Eksploatacji Podziemnej, PAN 2000
- [10] *Bielewicz T., Prus B., Hołysz J.*: Górnictwo. Katowice, Śląskie Wydawnictwo Techniczne 1993
- [11] Strona internetowa firmy Van Antwerpen Cartonage BV