

42

ZASTOSOWANIE I KSZTAŁTOWANIE ROZWIĄZAŃ OBUDÓW ŁUKOWO-PROSTYCH W WARUNKACH DOŚWIADCZEŃ KWK „BORYNIA-ZOFIÓWKA-JASTRZĘBIE” RUCH „JAS-MOS”

42.1 WSTĘP

Obudowy podporowo-kotwiowe stanowią rozwiązanie w którym podporowa konstrukcja stalowa jest przykatwana do otaczającego górotworu z utwierdzeniem kotwi za strefą odprężoną. Kotwie stanowią dodatkowe punkty podparcia na których wspiera się konstrukcja i tym samym przenosi zwiększone obciążenie.

Obudowy podporowo-kotwiowe niesymetryczne zwane również obudowami łukowo-prostymi ze względu na swój kształt stanowią rozwiązanie często stosowane w kopalniach węgla kamiennego:

- w przecinkach zbrojeniowych tzw. rozruchowych,
- w przecinkach likwidacyjnych, w których następuje zakończenie biegu ściany,
- w chodnikach przyścianowych.

W Ruchu „Jas-Mos” eksploatacja prowadzona jest w trudnych warunkach geologiczno-górnicych do których można zaliczyć dużą głębokość – rzędu 900 m, licznie występujące strefy zaburzeń górotworu zwłaszcza w postaci uskoków, występowanie zagrożenia wstrząsami górotworu o dużej energii sejsmicznej, wieloletnia eksploatacja z licznymi strefami koncentracji naprężeń.

42.2 PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA OBUDÓW ŁUKOWO-PROSTYCH W WARUNKACH RUCHU „JAS-MOS”

Aktualnie zrealizowano kilka zastosowań obudów podporowo-kotwiowych łukowo-prostych w przecinkach ścianowych zbrojeniowych.

W tabeli 42.1 podano trzy przykłady zastosowania:

- przecinka zbrojeniowa ściany 42a-Z2 na głębokości ok. 750 m,
- przecinka zbrojeniowa ściany 22-C3 na głębokości ok. 900 m,
- przecinka zbrojeniowa ściany 23-C3 na głębokości ok. 900 m.

Charakterystyczne parametry projektowanych przecinek w obudowach podporowo-kotwionych podano w tabeli 42.1, a parametry techniczne obudowy w tabeli 42.2.

Tabela 42.1 Parametry przecinek ścianowych zbrojonych

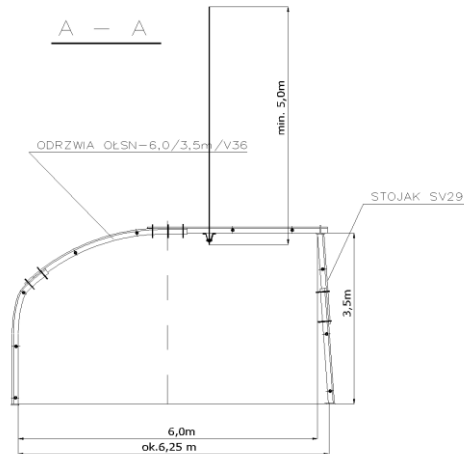
Lp	Parametry ogólne	Przecinka		
		Ściana 42a - Z2	Ściana 22 - C3	Ściana 23 - C3
1	Długość <i>m</i>	120 <i>m</i>	188 <i>m</i>	234 <i>m</i>
2	Głębokość <i>m</i>	750 <i>m</i>	900 <i>m</i>	900 <i>m</i>
3	Grubość pokładu <i>m</i>	4,0 - 4,5	1,3 - 2,0	1,2 - 1,7
4	Skały stropowe $R_{c\text{sr}}$ - wytrzymałość na ściskanie	łupki piaszczyste 2,9 <i>m</i> piaskowiec 30 <i>m</i> 40÷45 <i>MPa</i>	iłowiec, 4,0 <i>m</i> piaskowiec 30 <i>m</i> 30÷35 <i>MPa</i>	łupki piaszczyste 5,0 <i>m</i> piaskowiec 0÷ 50 <i>MPa</i>
5	Węgiel R_{cw}	Średnio 9,75 <i>MPa</i>	7÷12 <i>MPa</i>	5,4÷,8 <i>MPa</i>
6	Spąg R_{csp}	40,8 <i>MPa</i>	mułowiec 41,8 <i>MPa</i>	Łupek piaszczysty 40÷0 <i>MPa</i>
7	γ_{sr} stropowe	26,0 <i>kN/m³</i>	25,0 <i>kN/m³</i>	25,0 <i>kN/m³</i>
8	r (rozmakalność)	1	1	1
9	Zaburzenia	Brak zaburzeń	Wpływ niżej wybranego pokładu	Krawędzie pokładu, wybranie pokładu niżej leżącego
10	$S \times W$	6 x 3,5 <i>m</i>	7 x 2,5 <i>m</i>	6,4 x 3,2 <i>m</i>
11	$S_w \times W_w$	6,6 x 3,8 <i>m</i>	7,6 x 2,8 <i>m</i>	7,0 x 3,5 <i>m</i>
12	α_w^0 nachylenie wyrobiska	1-3°	0-5°	3-5°
13	Czas istnienia wyrobiska	6 miesięcy	6 miesięcy	do 2 lat
14	Technologia drążenia	Kombajn AM 50	Kombajn AM 50	Kombajn AM 50
15	Rodzaj obudowy	OŁSN-w 6,0/3,5/V36	ŁPro-B /7-7/6,9/V32	ŁPro-B /7-7/6,4/V32

Tabela 44.2 Parametry techniczne obudowy łukowo-prostej podporowo - kotwionej

Lp	Parametry ogólne	Przecinka		
		Ściana 42a - Z2	Ściana 22 - C3	Ściana 23 - C3
1	Wysokość strefy odprężonej h_{sn} obliczeniowa	1,47 <i>m</i>	2,12 <i>m</i>	2,88 <i>m</i>
2	Typ kotwi strunowej	IRC/320	IRC/320	IRC/320
3	Długość kotwi strunowej (analiza profilu)	5,0 <i>m</i>	5,0 <i>m</i>	5,0 <i>m</i>
4	Rozstaw kotwi strunowych	co 3,0 <i>m</i>	1 kotew między odrzwiami	1 kotew między odrzwiami
5	Rodzaj obudowy	OŁSN-w 6,0/3,5/V36	ŁPro-B/7- 7/6,9/V32	ŁPro-B/7- 7/6,4/V32
6	Kształtownik	V36	V32	V32
7	Stal	31Mn4+QT	HŁCORR	HŁCORR
8	Rozstaw odrzwi	1 <i>m</i>	1 <i>m</i>	0,8 <i>m</i>
9	Podciąg kotwiony do stropu	1 podciąg V29 ciągły	2 podciągi V29 ciągłe	3 podciągi V29 ciągłe

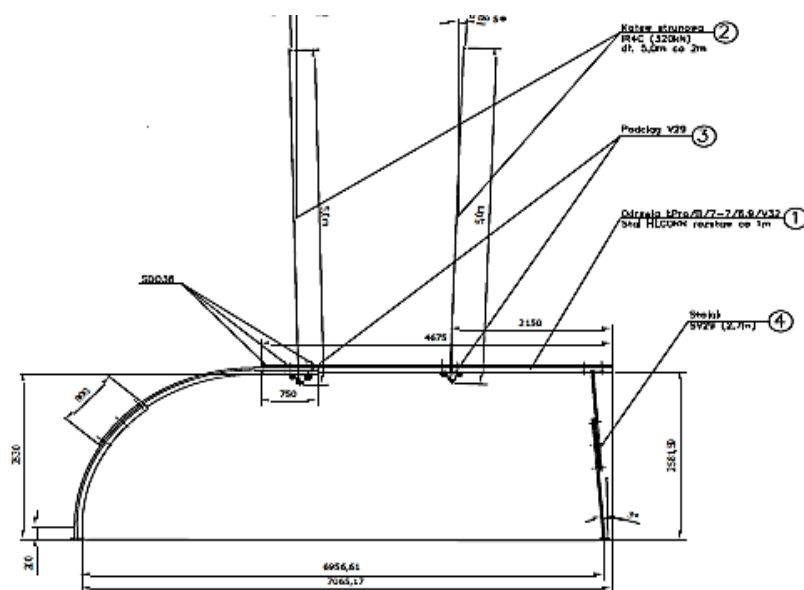
W rozwiązaniach do kotwienia stosowano kotwie strunowe typu IRC/320 o nośności minimum 320 *kN* i długości 5 *m*. Rozwiązania obudowy były zrealizowane w konstrukcjach z kształtownika V36 ze stali 31Mn4+QT o $R_e = \text{min } 520 \text{ MPa}$, $R_m \cong 600 \text{ MPa}$, i ze stali HŁCORR, (S480W) o $R_e = \text{min } 480 \text{ MPa}$, $R_m \cong 650 \text{ MPa}$.

Występujący w stropie zasadniczym przecinki ściany 42a-Z2 grubo uławicony piaskowiec pozwolił zaprojektować rozwiązanie obudowy, której schemat przedstawiono na rysunku 42.1. Obudowę na całej długości wzmocniono podciągami zespolonymi, a kotwie strunowe zabudowano w rozstawie co 3 m. Wykonana przecinka wykazywała pełną stateczność bez oznak zwiększonych obciążeń.



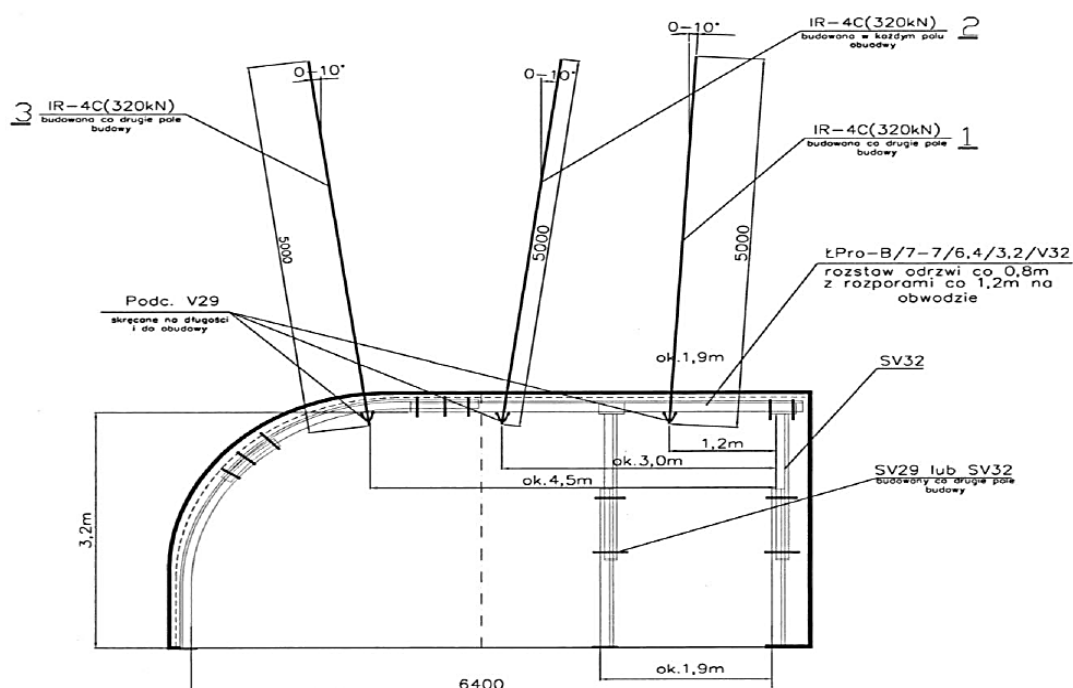
Rys. 42.1 Schemat odrzwi obudowy OŁSN - w 6,0/3,5 m /V36 dla rozcińki ściany 42a-Z2 w pokładzie 505/1-2, przekrój pionowy rozstaw odrzwi co 1,0 m

Przecinki ściany 22-C3 i ściany 23-C3 projektowano na głębokości ok. 900 m w pokładzie o grubości od 1,2 do 2,0 m którego eksploatację prowadzono strugiem. Rozwiązanie projektowe przecinki ściany 22-C3 zrealizowano według schematu przedstawionego na rysunku 42.2. Odrzvia obudowy w rozstawie co 1 m były wzmocniane odciągami zespolonymi z kształtownika V29 i kotwione kotwiami IR4C/320 o nośności 320 kN i długości 5,0 m w liczbie 1 kotew na pole obudowy (na odrzwia), co praktycznie oznacza konieczność zabudowy kotwi na każdym podciągu co 2,0 m.



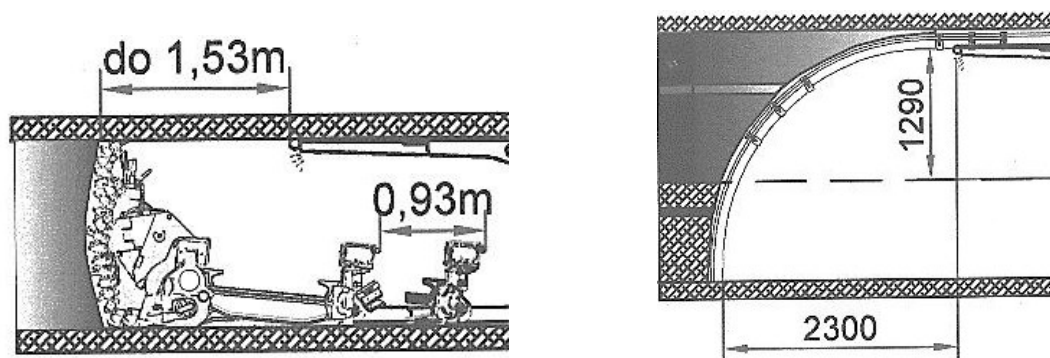
Rys. 42.2 Schemat odrzwi obudowy ŁPro/B /7-7/6,9/V32 dla rozcińki ściany 22-C3 w pokładzie 503/1-2, przekrój pionowy rozstaw odrzwi co 1,0 m

Przecinkę ściany 23-C3 projektowano pod wybranym pokładem stąd zastosowano wzmocnioną konstrukcję obudowy w rozstawie co 0,8 m oraz zabudowę trzech podciągów przy kotwieniu kotwiami IR4C/320 o długości 5 m, tak aby jedna kotew przypadała na 1 odrzwia (jedno pole obudowy) rys. 42.3. Prowadzony nadzór autorski oraz obserwacje wykazały, że przyjęte w projekcie założenia (głównie na podstawie doświadczenia) sprawdziły się i wykonana przecinka jest w pełni stateczna.

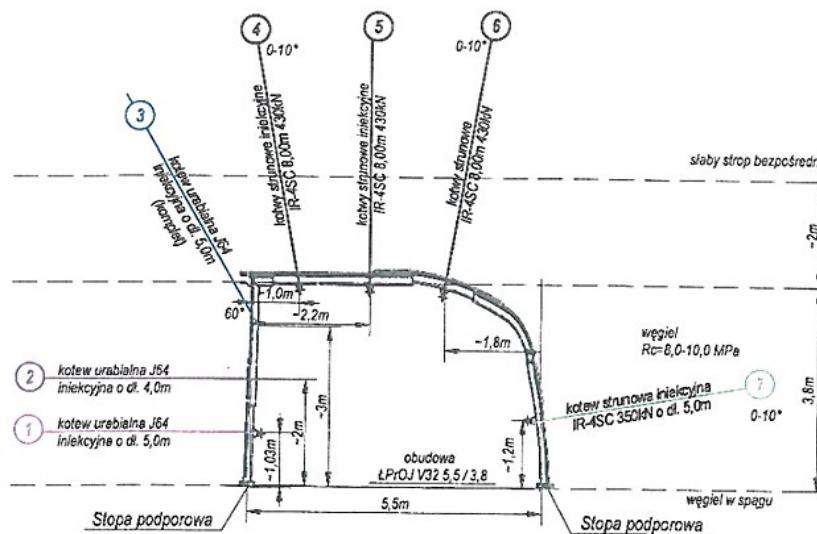


Rys. 42.3 Schemat odrzwia obudowy ŁPro-B/7-7/6,4/3,2/V32 dla rozcinki ściany 23-C3 w pokładzie 503/1-2, przekrój pionowy rozstaw odrzwia co 0,8 m

Dla poprawy bezpieczeństwa prowadzonych robót i przyspieszenia likwidacji ściany 22-C3 w pokł. 503/1-2 w KWK „Jas-Mos” wyposażonej w obudowę zmechanizowaną Glinik -09/23, przenośnik PF-4/1032 i strug GH 1600 wykonano kanał likwidacyjny przed frontem ściany. Ogólny widok wstępnej koncepcji wjazdu ścianą do przecinki wykonanej w obudowie łukowo-prostej przedstawiono na rysunku 42.4, a ostateczna wersję obudowy na rysunku 42.5.



Rys. 42.4 Wstępna koncepcja wjazdu ścianą do przecinki wykonanej w obudowie łukowo-prostej



Rys. 42.6 Schemat wzmocnienia obudowy ŁProj V32 5,5/3,8

Zastosowanie podziałki 1,0 m dla obudowy ŁProj, wymagało dodatkowego jej wzmocnienia, poprzez zabudowę podciągów stalowych wraz z ich przykotwieniem do górotworu kotwami stalowymi oraz wzmacniania ociosu węglowego klejami. Sposób wzmocnienia chodników w rejonie ściany 29, nie ograniczało postępu przodków. Przykotwienie stropnic obudowy chodnikowej chodników przyścianowych oraz rozcinki, prowadzono na bieżąco po każdej zabudowie stropnicy minimum jedną kotwą nr 4 lub 5 (rys. 44.6.) wraz z zabudową stropnic podporowo-kotwiowych L-1500. Wprowadzono również kotwienie ociosu kotwami urabialnymi J64 od strony stojaka SV aby zminimalizować wyciskanie ociosów. Pozostałe kotwienie obudowy chodnikowej prowadzono bezpośrednio za kombajnem w odległości 20-30 m. Sposób zabudowy skrzyżowania ściany 29 z chodnikiem podścianowym 29-C3 w obudowie ŁProj za zabudową sekcji obudowy zmechanizowanej w przekroju chodnika przedstawiono na rysunku 42.7 [4].



Rys. 42.7 Sposób zabudowy skrzyżowania ściany 29 z chodnika podścianowego 29-C3 w obudowie ŁProj V32 5,5/3,8

42.3 PROBLEMY ZAPEWNIENIA STATECZNOŚCI WYROBISK W OBUDOWACH ŁUKOWO-PROSTYCH

Rozwiązania wyrobisk łukowo-prostych należy do trudnych w konstruowaniu i technologii stosowania.

Problemami są między innymi:

- niesymetryczny kształt łukowo-prosty,
- niekorzystny kształt jednego z ociosów skalnych, który jak prosty jest trudny do utrzymania,
- słabe połączenie stojaka z poziomą stropnicą, które ma charakter przegubowy i tworzy konstrukcję o małej stateczności,
- konieczność dodatkowego wzmocnienia konstrukcji przez dodatkowe podparcie lub przykotwienie bezpośrednio przez otwory w stropnicy czy też poprzez podciąg łączące odrzwia w jedną konstrukcję przestrzenną.

Stosowanie obudów łukowo-prostych w warunkach kopalni „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Jas-Mos” w wielu wyrobiskach przedstawiono na rysunkach 42.8 do 42.19.

W warunkach zwiększonego obciążenia odrzwia wymagają wzmocnienia co prosto można przeprowadzić za pomocą stojaków podporowych.

Przykładowo po wykonaniu przecinki (a praktycznie w trakcie jej realizacji) wynikła potrzeba eksploatacji 505/11d pokładu niżej położonego w odległości ok. 50 m wybierany na grubość ok. 3 m. Przejście frontu ściany pod przecinką spowodowało konieczność na odcinku ok. 50 m wzmocnienie obudowy za pomocą stojaków podporowych stalowych typu SV oraz drewnianych z stopnicami drewnianymi.

Występujące objawy deformacji polegały na:

- wyciśnięciu spągu do ok. 1 m,
- zwiększonym ugięciu prostego odcinka obudowy podporowej,
- lokalnym przeciężeniu kotwi strunowych, który uległy zerwaniu lub zostały zniszczone tuleje.



Rys. 42.8 Widok odrzwia obudowy łukowo-prostej OŁSN - w 6,0/3,5 m /V36 w przecince dla ściany 42a - Z2



Rys. 42.9 Widok ociosu skalnego zabezpieczonego stojakami podporowymi SV29



Rys. 42.10. Widok odrzwi obudowy łukowo-prostej ŁPro/B/7-7/6,9/V32 dla rozcinki ściany 22-C3



Rys. 42.11. Widok wzmocnienia odrzwi i zwiększonego obciążenia na odcinku podebrania ścianą



Rys. 42.12. Widok odrzwi obudowy łukowo-prostej ŁPro/B/7-7/6,9/V32 dla rozcinki ściany 23-C3 z trzema podciągami na długości



Rys. 42.13. Widok pracy podciągu i kotwi strunowej wzmocniającej odrzwia



Rys. 42.14. Widok odrzwi obudowy łukowo-prostej ŁPro/B/7-7/5,9/2,4/V32 dla rozcinki likwidacyjnej ściany 22-C3



Rys. 42.15. Widok pracy podciągu i kotwi strunowej wzmocniającej odrzwia ŁPro/B/7-7/5,9/2,4/V32 ściany 22-C3



Rys. 42.16 Widok odrzwi obudowy łukowo-prostej ŁProj V32 5,5/3,8.V32



Rys. 42.17 Widok pracy podciągu i kotwi strunowej wzmacniającej odrzwia ŁPro/B/7-7/5,9/2,4/V32 ściany 29 z chodnika podścianowego 29-C3



Rys. 42.18 Pękanie połączenia prostki spawem ze stojakiem od działania obciążenia ociosowego.

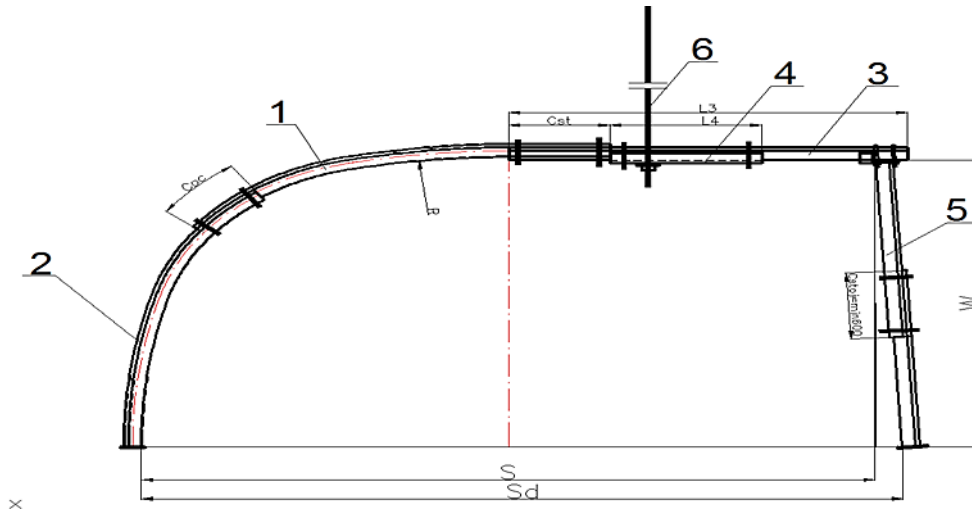


Rys. 42.19 Pękanie tulei kotwi strunowej zabudowanej w podciągu.

Doświadczenia praktyczne wykazują, że wykonanie obudowy łukowo-prostej z stosowaniem dodatkowego wzmocnienia za strefą kombajnu ze względu na niską nośność obudowy i możliwość jej szybkiego załamania, co praktycznie stwierdzono w prowadzonych robotach górniczych w pokładzie 510/1 na poziomie -600 [2].

42.4 POPRAWA NOŚNOŚCI ODRZWI OBUDOWY ŁUKOWO-ROSTYCH

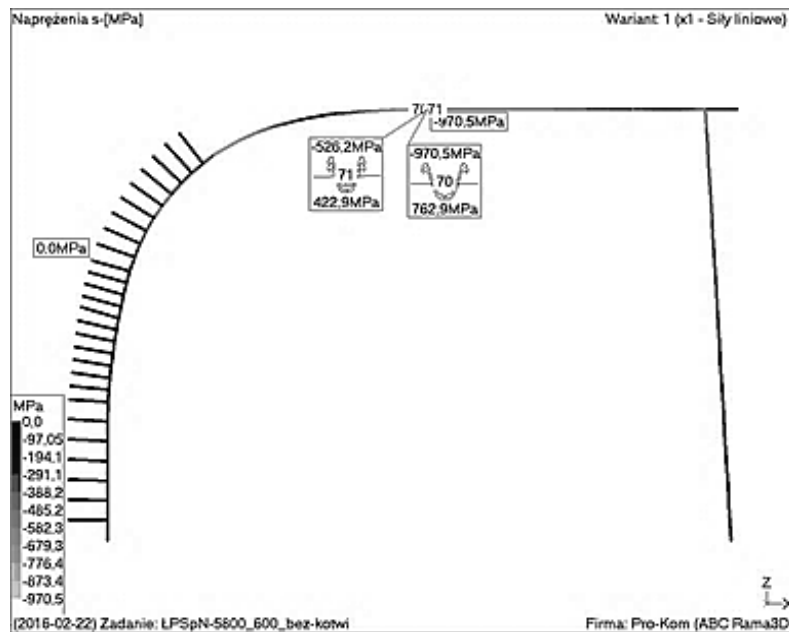
Dla poprawy nośności odrzwi obudowy łukowo-prostej istotnym elementem jest wykonanie dodatkowego podparcia bezpośrednio w przodku za pomocą kotwi osadzonej w otworze stropnicy. Wykonanie przykotwienia powoduje podparcie i stabilizację odrzwi. Zwiększenie nośności odrzwi można uzyskać przez właściwy kształt odrzwi, który powinien być łukowy co najmniej do osi oraz mieć wzmocniony kształtownik stropnicy kotwionej do stropu. Przykład rozwiązania odrzwi łukowo-prostej przedstawiono na rysunku 42.20.



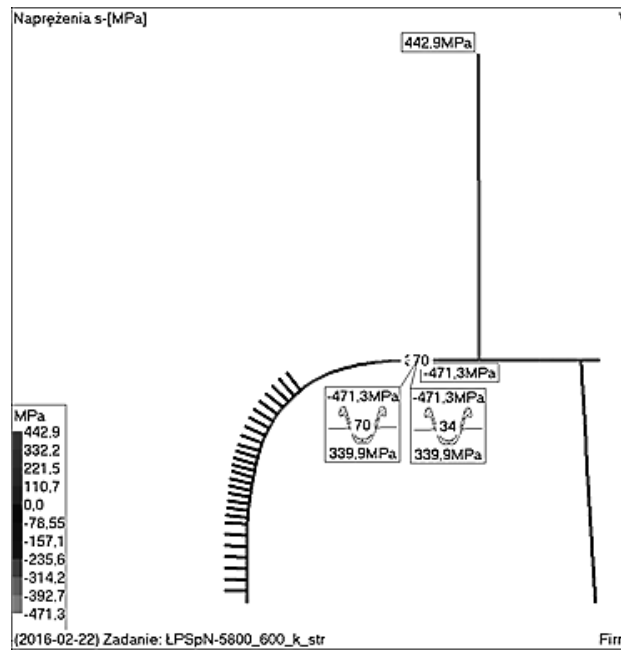
Rys. 42.20 Rozwiązanie odrzwi łukowo-prostej spłaszczonej ŁPSpN-V32/SxW
 1. Łuk stropnicowy, 2. Łuk ociosowy, 3. Stropnica prosta V32 z otworem lub bez otworu,
 4. Prostka wzmacniająca z otworem lub bez otworu,
 5. Stojak SOV32 z głowicą płaską i dwoma kabłąkami $\varnothing 24 \text{ mm}$ z blachą odchylającą,
 6. Kotew strunowa o nośności min 320 kN

Istotną cechą konstrukcyjną jest zastosowanie stojaka podporowego z odchyleniem w kierunku ociosu i połączenia dwoma kabłąkami zapewniającymi przegubową pracę połączenia stojaka ze stropnicą [2].

Przykładowe obliczenia stanu naprężeń w obuwie ŁPSpN-V32/5,8x3,8 o szerokości $5,8 \text{ m}$ i wysokości $3,8 \text{ m}$ dla rozwiązania bez przykotwienia przedstawia rys. 42.21 a z przykotwieniem rys. 42.22.



Rys. 42.21 Izoliny naprężeń w odrzwiach obudowy obudowy ŁPSpN-V32/5,8x3,8 bez przykotwienia



Rys. 42.22 Izolinie naprężeń w odrzwiach obudowy ŁPSPN-V32/5,8x3,8 z przykotwieniem

Obliczeniowa podporność odrzwi :

- bez przykotwienia wynosi:

$$p = \frac{0,1 \cdot 674}{970,5} = 0,0694 \text{ MN/m}$$

- z przykotwieniem wynosi:

$$p = \frac{0,1 \cdot 674}{471,3} = 0,143 \text{ MN/m}$$

Podporność z przykotwieniem dla ze stali S480W kształtownik jest około 2,06 razy większa.

42.5 WYMOGI W ZAKRESIE TECHNICZNO-TECHNOLOGICZNYCH UWARUNKOWAŃ STOSOWANIA OBUDÓW ŁUKOWO-PROSTYCH

Na podstawie stosowanych rozwiązań projektowych, obliczeń wytrzymałościowych oraz doświadczeń praktycznych, można sformułować następujące wymagania w zakresie techniczno-technologicznych uwarunkowań stosowania obudów łukowo-prostych takich jak:

- rozwiązanie wzmocnienia obudowy przez otwór wykonany w stropnicy prostej za pomocą kotwi strunowej,
- stosowanie do szerokości 5,8 m nominalnie jednej kotwi, a przy większej szerokości dwóch lub trzech kotwi strunowych,
- przegubowe połączenie końca prostej stropnicy (z odchyleniem o około 20 cm w stronę ociosu stojakiem podporowym).

42.6 WNIOSKI KOŃCOWE

1. Obudowy łukowo-proste stanowią rozwiązanie które ze względu na kształt znajduje zastosowanie do wykonywania przecinek zbrojeniowych, przecinek likwidacyjnych

oraz chodników przyścianowych. W każdym zastosowaniu uzyskuje się techniczne korzyści zwłaszcza w fazie wykorzystania.

2. Istotnym wymogiem konstrukcji obudowy łukowo-prostej jest przy jej wykonywaniu zastosowanie schematu statycznego z dodatkowym podparciem i stabilizacją kotwią osadzoną w stropie. Osadzenie kotwi powinno zostać zrealizowane tak, aby koniec kotwi znajdował się za strefą odprężoną
3. Stosowanie obudowy łukowo-prostej wymaga zabezpieczenia ociosu tak, aby zachować jego stabilność na prostym odcinku.
4. Doświadczenia praktyczne uzyskane z stosowania obudów łukowo-prostych w wyrobiskach w warunkach Ruchu „Jas-Mos” wykazały, że stanowią one korzystne rozwiązanie poprawiające jego efektywność dające możliwość zwiększenia wydajności oraz efektów ekonomicznych.

LITERATURA

1. M. Celmer, R. Skatuła, P. Głuch, Rozwiązanie techniczno-technologiczne kanału likwidacyjnego ściany 23-C3 wykonanego przed zbliżającym się frontem ściany. Seminarium pt. Reinforcement, sealing and anchoring of rock massif and building structures – Wysoka Szkoła Bańska. Ostrava 10-11. 02.2011r.
2. M. Celmer, M. Lubryka, R. Skatuła, P. Głuch, Doświadczenia ze stosowania obudów podporowo-kotwiowych niesymetrycznych w przecinkach zbrojeniowych i likwidacyjnych w kopalni „Jas-Mos,„ Konferencja naukowa pt. „Aktualne problemy zwalczania zagrożeń górniczych” 7-9 listopada 2012r. Brenna
3. P. Głuch, Projekt kotwienia wzmacniającego obudowę podporową w chodnikach przyścianowych ściany 2-Z2 w pokładzie 510/2łd, w warunkach geologiczno-górnicznych JSW S.A. KWK „JAS-MOS”
4. M. Polus, Projekt obudowy kotwiowo-podporowej chodnika podścianowego 29-C3 w pokładzie 510/1 „ANKRA”.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 03.2016
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 04.2016

mgr inż. Marek Celmer, mgr inż. Tomasz Chiliński, mgr inż. Zbigniew Czarnecki,
mgr inż. Waldemar Stachura, mgr inż. Artur Słomian
Jastrzębska Spółka Węglowa S.A.
e-mail: aslomian@jasmos.jsw.pl

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

ZASTOSOWANIE I KSZTAŁTOWANIE ROZWIĄZAŃ OBUDÓW ŁUKOWO-PROSTYCH W WARUNKACH DOŚWIADCZEŃ KWK „BORYNIA-ZOFIÓWKA-JASTRZĘBIE” RUCH „JAS-MOS”

Streszczenie: *Obudowy łukowo-proste stanowią rozwiązanie konstrukcji obudowy w której prosty odcinek konstrukcji w części stropnicowej podparty jest stojakiem podporowym z jednej strony ociosu, a z drugiej strony ociosu ma kształt łukowy. Rozwiązanie obudowy znajduje zastosowanie w przecinkach zbrojeniowych, w przecinkach likwidacyjnych oraz w chodnikach przyścianowych. W artykule na podstawie doświadczeń zostaną przedstawione zalety ruchowe obudów łukowo-prostych jak i problemy ich stosowania oraz rozwiązania pozwalające poprawić ich nośność. Sformułowano wymogi techniczno-technologiczne warunkujące ich stosowanie w wyrobiskach kopalń węgla kamiennego.*

Słowa kluczowe: *górnictwo, budownictwo podziemne, obudowa.*

THE USE AND FORMATION OF A SOLUTION OF LININGS STRAIGHT-ARCH SHAPED IN EXPERIENCES' CONDITION "JAS-MOS" MINE

Abstract: *The article discusses the use of a solution of linings straight-arch shaped where the straight section of construction is supported by stand supporting from the one side of side wall, from the other side of side wall is arch shaped. A solution of a support was used in liquidation duct, starting sidewalks and roadway. Based on experiences the article presents movement's advantages of arch-straight supports, the problems of their usefulness and solutions in order to improve their carrying capacity. The technical and technological requirements are condition in use of coal mines' excavation.*

Key words: *mining, underground construction, housing*