

Piotr GŁUCH
Politechnika Śląska, Gliwice

NOWY TYPOSZEREG ODRZWI OBUDÓW STALOWYCH DLA ODGAŁĘZIEN I ROZWIDLEŃ O ZMNIJSZONEJ WYSOKOŚCI

Streszczenie. W artykule przedstawiono rozwiązanie nowego typoszeregu obudów stalowych odrzwiowych przeznaczonego do projektowania obudów odgałęzień, rozwidleń oraz wyrobisk komorowych. Opracowana konstrukcja w stosunku do dotychczas istniejących ma korzystny kształt oraz zmniejszoną wysokość pozwalającą wykorzystywać w dobrych i średnich warunkach geologiczno - górniczych.

NEW SERIES OF TYPES LOW STEEL SUPPORT FOR BRENCH AND FORK MINING ROADWAY

Summary. The article contains new series of types low steel support for brench and fork mining roadway and for mining chambers. The new construction with good shape and low high my be used in variety geological and mining conditions.

1. Wstęp

W praktyce górniczej rozwiązania obudów wyrobisk korytarzowych w miejscach połączeń wyrobisk korytarzowych należy uznać za rozwiązania specjalne, których nie można wykonać w oparciu o standardowe rozwiązania obudów stosowane w wyrobiskach korytarzowych.

Rozwiązaniom technicznym obudów połączeń wyrobisk korytarzowych obok wysokich wymagań technicznych oraz wymagań w zakresie zapewnienia bezpiecznych warunków wykonania i użytkowania stawia się również wysokie wymagania ekonomiczne, które mają na celu zmniejszenie kosztów wykonania.

Rozwiązania obudów skrzyżowań wyrobisk korytarzowych w postaci odgałęzień i rozwidleń po przeprowadzeniu optymalizacji ich konstrukcji opracowano jako typoszereg odrzwi obudowy podporowej o zmniejszonej wysokości przy zachowaniu korzystnego rozwiązania konstrukcyjnego w zakresie kształtu łuków, ich gabarytów, sposobu podziału i połączenia łuków w jedno odrzwia.

Konstrukcja typoszeregu obudów stalowych odrzwiowych może być stosowana do wykonywania :

- odgałęzień wyrobisk korytarzowych,
- rozwidleń wyrobisk korytarzowych,
- komorach i innych wyrobiskach specjalnych,
- poszerzeniach wyrobisk na krótkich odcinkach.

2. Założenia dla rozwiązania konstrukcji obudowy typoszeregu

Skrzyżowania wyrobisk korytarzowych (odgałęzienia i rozwidlenia) zostały zaprojektowane w obudowach odrzwiowych łukowych stalowych, których gabaryty są dostosowane do zmieniającej się szerokości wyrobiska.

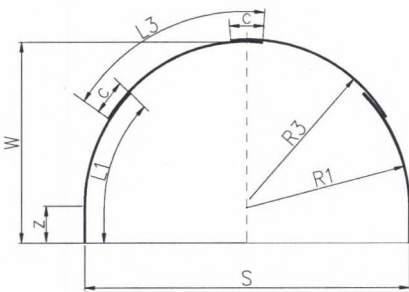
Projekty obudowy oparto na stosowanych dotychczas rozwiązaniach obudów podporowych podatnych przy zachowaniu następujących zasad:

- długość zakładki łuku na połączeniu $c_{\min} = 600$ mm,
- maksymalna długość pojedynczego łuku dla największych gabarytów odrzwi obudowy do 6,0m po obwodzie łuku,
- odrzwia obudowy w przedziale szerokości od 5,7m do 7,4m są zaprojektowane jako czteroelementowe,
- odrzwia obudowy w przedziale szerokości od 7,6m do 10,8m są zaprojektowane jako pięcioelementowe,
- zaprojektowano promienie łuków stropowych i ociosowych o jednakowych wielkościach zapewniając tym samym dobre przyleganie łuków na połączeniach,
- każde połączenie jest skręcane za pomocą strzemion dopuszczonych do łączenia kształtowników V29, V32 lub V36,
- stopniowanie szerokości łuków zaprojektowano co 200 mm, a stopniowanie na wysokości zaprojektowano co 100 mm. Rozwiązanie takie pozwala uzyskać liniowe położenie

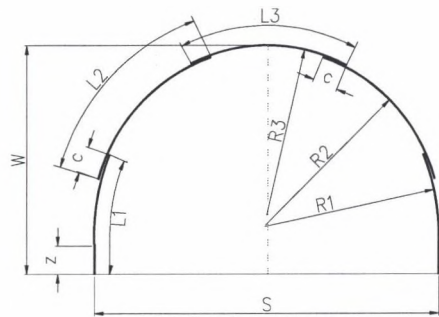
odrzwi obudowy odgałęzienia, zwłaszcza w stropie wyrobiska, a tym samym prostą możliwość jego wzmocnienia za pomocą podciągów.

3. Gabaryty odrzwi i rozwiązanie połączenia obudowy odgałęzienia z chodnikami wylotowymi

Schemat rozwiązania odrzwi obudowy 4-elementowej wraz z oznaczeniami przedstawia rys. 1, a niektóre dane techniczne tych odrzwi od numeru I do IX podano w tabl. 1.



Rys. 1. Schemat rozwiązania odrzwi obudowy 4-elementowej
Fig. 1. Diagram support frame with 4 section



Rys. 2. Schemat rozwiązania odrzwi obudowy 5-elementowej
Fig. 2. Diagram support frame with 5 section

Tablica 1

Typoszereg odrzwi obudowy dla odgałęzień i rozwidleń wyrobisk korytarzowych
Odrzvia od nr I do IX

Oznaczenie	Gabaryty				Łuki ociosowe		Łuki stropowe	
	S	W	c	Z	L1	R1	L3	R3
	mm				mm		mm	
I	5700	3800	600	750	3613	3200	2859	2800
II	6000	3800	600	750	3696	3050	2853	3050
III	6200	3800	600	650	3747	3150	2851	3150
IV	6400	3800	600	550	3801	3250	2849	3250
V	6600	3800	600	450	3859	3350	2847	3350
VI	6800	3800	600	350	3920	3450	2846	3450
VII	7000	3900	600	350	4075	3550	2845	3550
VIII	7200	4000	600	350	4235	3650	2843	3650
IX	7400	4100	600	350	3885	3750	3350	3750

Schemat rozwiązania odrzwi obudowy 5-elementowej wraz z oznaczeniami przedstawia rys.2, a dane techniczne tych odrzwi od numeru X do XXVI podano w tabl. 2.

W tablicy 1 i 2 zastosowane symbole oznaczają:

S - szerokość odrzwi w świetle obudowy w mm,

W - wysokość odrzwi obudowy w świetle obudowy w mm,

C - długość zakładki łuków (dla wszystkich złączy $c = 600\text{mm}$),

Z - długość prostki łuku ociosowego w mm,

L1, L2 L3 - długości łuków mierzone w osi spodka kształtownika V29, V32 lub V36,

R1, R2 R3 - promienie łuków mierzone na wewnętrznej krzywiznie.

Tablica 2

Typoszerzeg odrzwi obudowy dla odgałęzień i rozwidleń wyrobisk korytarzowych
Odrzwia od nr X do XXVI

Oznaczenie	Gabaryty				Łuki ociosowe		Łuki stropowe			
	S	W	c	z	L1	R1	L2	R2	L3	R3
	w mm				w mm				w mm	
X	7600	4200	600	350	3334	3850	2438	3850	3857	3850
XI	7800	4300	600	350	3456	3950	2436	3950	3856	3950
XII	8000	4400	600	350	3612	4050	2435	4050	3855	4050
XIII	8200	4500	600	350	3770	4150	2434	4150	3854	4150
XIV	8400	4600	600	350	3926	4250	2433	4250	3852	4250
XV	8600	4700	600	350	4083	4350	2432	4350	3851	4350
XVI	8800	4800	600	350	4240	4450	2431	4450	3850	4450
XVII	9000	4900	600	350	3798	4550	3039	4550	3849	4550
XVIII	9200	5000	600	350	3955	4650	3038	4650	3848	4650
XIX	9400	5100	600	350	4112	4750	3037	4750	3847	4750
XX	9600	5200	600	350	4269	4850	3036	4850	3846	4850
XXI	9800	5300	600	350	4426	4950	3035	4950	3845	4950
XXII	10000	5400	600	350	4550	5050	3034	5050	3844	5050
XXIII	10200	5500	600	350	4141	5150	3641	5150	3845	5150
XXIV	10400	5600	600	350	4298	5250	3640	5250	3842	5250
XXV	10600	5700	600	350	4455	5350	3639	5350	3841	5350
XXVI	10800	5800	600	350	4612	5450	3638	5450	3840	5450

4. Zasady projektowania połączenia wyrobisk chodnikowych

Projektowanie odgałęzienia lub rozwidlenia wymaga opracowania dokumentacji zawierającej:

- zaprojektowania gabarytów wyrobisk,

- obliczenia obciążenia,
- obliczenia rozstawu odrzwi obudowy,
- rozmieszczenia odrzwi obudowy na długości odgałęzienia z wyznaczeniem sekcji o równym rozstawie na jego długości,
- zaprojektowania ściany czołowej połączenia wyrobisk,
- zaprojektowania obudowy chodników wylotowych z wyrobiska głównego,
- stabilizacji obudowy na długości wyrobiska.

Podporność odrzwi obudowy określa się na podstawie obliczeń numerycznych obudowy z uwzględnieniem powiązania jej poprzez wykładkę z górotworem. Przyrównanie do siebie wartości naprężeń maksymalnych σ_{\max} z naprężeniami na granicy wytrzymałości materiału R_m z uwzględnieniem wzmocnienia pozwala określić podporność odrzwi obudowy ze względu na nośność kształtownika [2] za pomocą wzoru:

$$P_{\max} = 0,1 * \frac{R_a(m+n)}{\sigma_{\max} \cdot \gamma_a} [MN/m], \quad (1)$$

gdzie:

R_e - granica plastyczności materiału,

R_a - wytrzymałość obliczeniowa materiału obudowy,

γ_a - współczynnik materiałowy,

m - współczynnik kształtu (dla przekroju korytkowego $m = 1,4$),

n - współczynnik materiałowy :

$$n = \frac{R_m - R_e}{R_e}, \quad (2)$$

R_m - granica wytrzymałości materiału.

Podporność roboczą dla odrzwi o konstrukcji podatnej określono za pomocą wzoru:

$$P_{rob} = \frac{P_{\max k}}{s_b}, \quad (3)$$

gdzie: s_b - współczynnik bezpieczeństwa.

Współczynnik bezpieczeństwa dla projektowanych odrzwi obudowy musi uwzględniać:

- możliwość pracy obudowy jako konstrukcji podatnej,
- możliwe wyboczenie elementów i odrzwi obudowy z ich płaszczyzny pracy,
- inne lokalne nierównomierności obciążenia.

Na podstawie doświadczeń z badań laboratoryjnych, obserwacji praktycznych dołowych wartość współczynnika bezpieczeństwa uzależniono od szerokości odrzwi obudowy za pomocą wzoru:

$$s_b = 1 + 0,093 \cdot S, \quad (4)$$

gdzie: S - szerokość odrzwi obudowy w świetle, w m, (przy czym $S \geq 5,4$ m).

Przykładowo dla wartości :

$$S = 5,4\text{m}, \quad s_b = 1,5$$

$$S = 10,8\text{m}, \quad s_b = 2,0$$

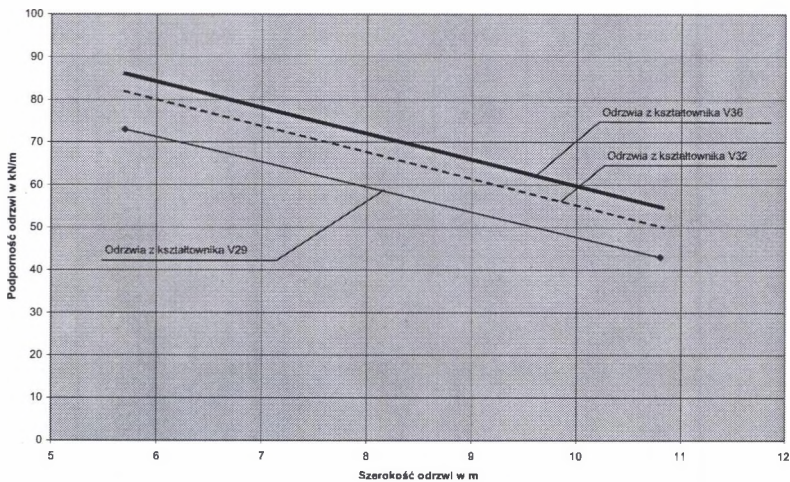
Dla opracowanego typoszeregu odrzwi obudowy ich podpomości robocze przy wykładce kamiennej za odrzwiami obudowy dla kształtowników V29, V32 i V36 przedstawiono na rys. 3.

Odrzwia obudowy na długości wyrobiska muszą być powiązane rozporami dwustronnego działania, tj. wieloelementowymi o wysokim współczynniku stabilizacji w rozstawie co 1,2m. Elementy rozpór muszą być skrócone do kształtownika obudowy.

Rozstaw odrzwi obudowy należy określić z zależności:

$$d = \frac{P_{rob}}{q} \quad (5)$$

gdzie: q - obciążenie całkowite od strony górotworu działające na obudowę w sposób równomierny na jej szerokości, w MPa lub w kN/m^2 (rys. 4).



Rys. 3. Wykres podporności roboczej odrzwi typoszeregu niskiego
Fig. 3. Diagram of the calculated bearing capacity of support frame

Uwzględniając, że odgałęzienia i rozwidlenia należą do, grupy wyrobisk długotrwałych, należy mieć na uwadze konieczność korekcji obliczeniowego rozstawu odrzwi obudowy, tak aby ich wielkości nie były większe od rozstawów standardowych.

Generalnie rozstawy odrzwi dla poszczególnych szerokości na projektowanych odgałęzieniach i rozwidleniach nie powinny przekraczać:

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| - dla $S = 5,7$ do $7,4\text{m}$ | - rozstaw $d = 1 - 0,6\text{m}$, |
| - dla $S = 6,6$ do $8,8\text{m}$ | - rozstaw $d = 0,9 - 0,5\text{m}$, |
| - dla $S = 8,0$ do $10,0\text{m}$ | - rozstaw $d = 0,8 - 0,4\text{m}$, |
| - dla $S = 9,2$ do $10,8\text{m}$ | - rozstaw $d = 0,6 - 0,3\text{m}$. |

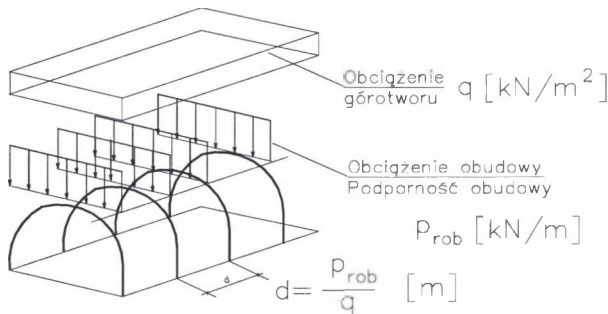


Fig.4. Schemat działającego obciążenia q od strony górotworu i podpórki odrzwi obudowy p_{rob}
Fig.4. Load applied to the support (from the rock) p_{rob}

Obciążenie powierzchniowe od strony górotworu jest przenoszone na równomierne obciążenie na szerokości odrzwi obudowy. W modelu tym nie można sprowadzić obciążenia do siły skupionej działającej na obudowę wyrobiska.

5. Dobór rozstawu odrzwi obudowy

Dobór rozstawu odrzwi dokonuje się przy określeniu w pierwszej kolejności obciążenia działającego na obudowę, przy wykorzystaniu do obliczeń modelu Cymbariewiczza, w którym dochodzi do odprężenia ociosów pod kątem φ_{oc} oraz do wystąpienia strefy odprężonej w stropie o wysokości h_{sn} . Schemat strefy odprężonej przedstawia rys.5, a prezentowany model obciążenia ma charakter obciążeń statycznych nie związanych z deformacją skały i niszczeniem jej struktury wokół wyrobiska. Zasięg odprężenia ociosów na wysokości

wyłomu wyrobiska W_w określa się z wytrzymałości skał ociosowych pomniejszonej o współczynnik k_{oc} wzorem:

$$\Delta S = W_w \cdot \text{ctg} \varphi_{oc} \quad (6)$$

$$\varphi_{oc} = 45^\circ + \varphi/2 \quad (7)$$

$$\varphi = \arctg(0,1 \cdot R_{oc} \cdot k_{oc}), \quad (8)$$

gdzie:

ΔS - szerokość odprężenia ociosu na wysokości stropu,

W_w - wysokość wyrobiska w wyłomie $W_w = W + 2\Delta h_w$,

φ_{oc} - kąt odłamu skał ociosowych,

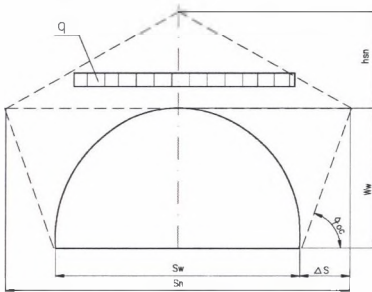
φ - kąt tarcia wewnętrznego skał ociosowych,

R_{oc} - średnia wytrzymałość skał ociosowych w MPa,

k_{oc} - współczynnik zmniejszenia wytrzymałości skał ociosowych, $k_{oc} = 0,8-0,5$,

W - wysokość wyrobiska w świetle,

Δh_w - grubość kształtownika i wykładki za obudową w stropie wyrobiska,



$$\Delta h_w = 0,25 - 0,3 \text{ m}$$

Rys. 5. Model obciążenia statycznego wg Cymbariewicza

Fig. 5. Static load model (theory of Cymbariewicza)

Całkowitą szerokość strefy odprężonej na wysokości stropu wyrobiska określa wzór:

$$S_n = S_w + 2\Delta S, \quad (9)$$

gdzie:

S_w - szerokość w wyłomie obudowy, $S_w = S + 2\Delta h_s$,

Δh_s - grubość kształtownika i wykładki na wysokości ociosu, $\Delta h_s = (0,2 \div 0,3 \text{ m})$,

S - szerokość obudowy w świetle.

Wysokość strefy odprężonej o kształcie jak na rys.5 jest funkcją szerokości S_n i średnią wytrzymałością skał stropowych R_{cst} w przedziale grubości od 0 do 3m określona wzorem:

$$h_{sn} = \frac{5 \cdot S_n}{k_o \cdot R_{cst}}, \quad (10)$$

gdzie:

R_{cst} - średnia wytrzymałość skał stropowych o miąższości od 0-3m nad wyrobiskiem,

k_o - współczynnik wytrzymałości skał stropowych.

Współczynnik wytrzymałości skał stropowych k_o określa się w sposób indywidualny w zależności od:

- rodzaju skał i stopnia ich uwarstwienia,
- czasu istnienia wyrobiska i spadku wytrzymałości skały czy długotrwałego oddziaływania wilgoci na parametry skały,
- wpływu zawodnienia i stanu skały przy nasiąknięciu wodą,
- głębokości założenia wyrobiska i wpływu stanu naprężenia na niszczenie skał wokół wyrobiska,
- oddziaływania innych czynników, jak np. blokowego niszczenia się mocnych skał stropowych (blokowe łamanie piaskowców na dużej głębokości).

Przyjmuje się, że odrzwi obudowy są obciążone równomiernie na całej szerokości, a wielkość obciążenia traktowanego jako obliczeniowe określa się wzorem:

$$q = k_n \cdot \gamma \cdot h_{sn} \quad [\text{kN/m}^2],$$

gdzie:

γ - średni ciężar skał stropowych (najczęściej $\gamma=25\text{kN/m}^3$,

k_n - współczynnik koncentracji naprężeń od krawędzi, dodatkowych wyrobisk, nachylenie warstw, zaburzenia geologiczne itp.

Rozstaw odrzwi obudowy określa się wzorem:

$$d = \frac{P_{rob}}{q}$$

Uwzględniając, że szerokość odgałęzienia zmienia się na jego długości, obliczenia najkorzystniej jest przeprowadzić programem komputerowym w tablicy dla zmiennych szerokości odgałęzienia.

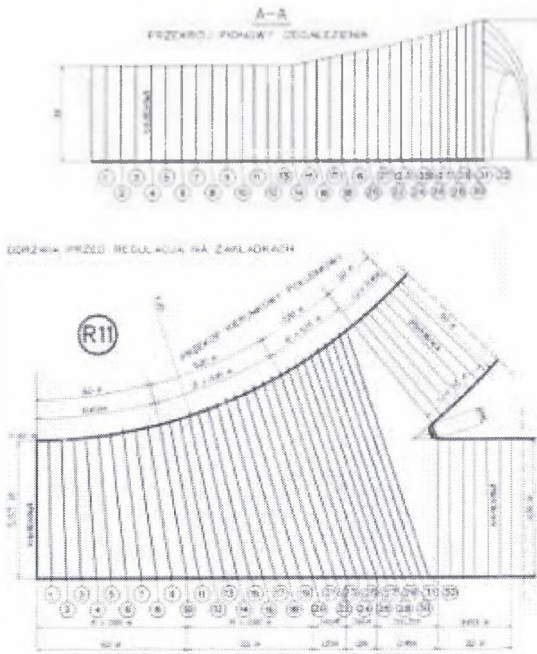
Ostateczny rozstaw odrzwi powinien być projektowany ze względu na:

- stateczności obudowy,
- bezpieczeństwo wykonania obudowy i całej konstrukcji odgałęzienia lub rozwidlenia.

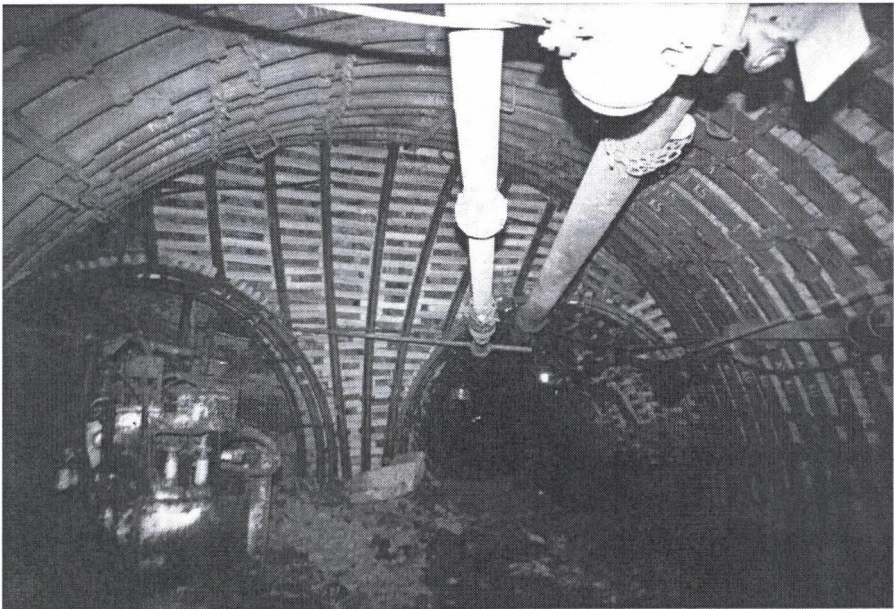
Praktycznie uzyskuje się kilka możliwych sekcji rozstawów odrzwi obudowy, z których optymalnie wykorzystuje się 3 do 5 sztuk. Przykład rozstawu odrzwi na długości odgałęzienia przedstawiono na rys. 6, a widok odgałęzienia w fazie realizacji przedstawiono na rys. 7, a wykonanego na rys.8.

6. Wnioski końcowe

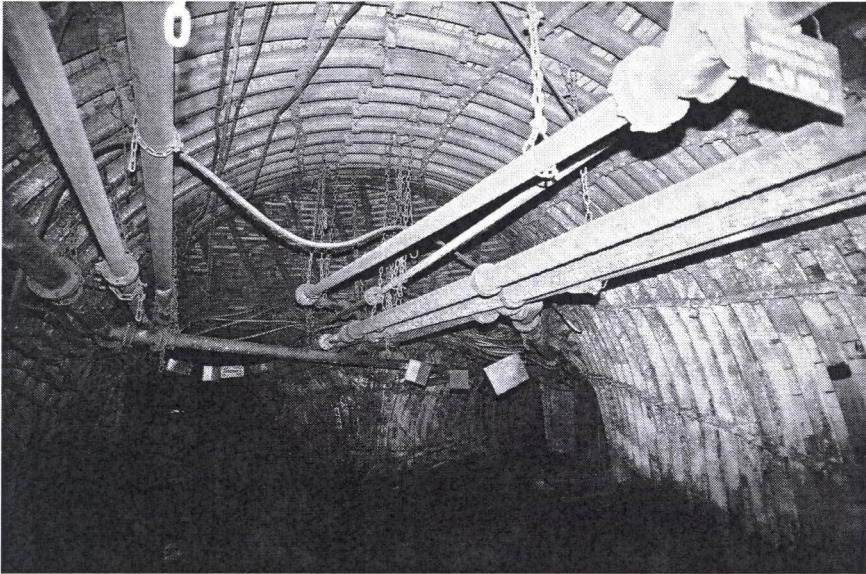
1. Typoszereg odrzwi obudów wielkogabarytowych dla odgałęzień i rozwidleń wyrobisk korytarzowych jest opracowany na bazie kształtowników V29, V32 i V36 przy zachowaniu gabarytów pozwalających uzyskać korzystny kształt przy znacznie zmniejszonej wysokości w stosunku do istniejących rozwiązań. Zastosowanie określonego kształtownika dla odrzwi obudowy pozwala dokonać optymalnego doboru obudowy do istniejących warunków geologiczno-górnictwowych.
2. Projekt obudowy odgałęzienia czy rozwidlenia powinien uwzględniać:
 - projektowane gabaryty wyrobisk,
 - obliczenia obciążenia,
 - obliczenia rozstawu odrzwi obudowy,
 - rozmieszczenia odrzwi obudowy na długości odgałęzienia
 - z wyznaczeniem sekcji o równym rozstawie na jego długości,
 - projekt ściany czołowej połączenia wyrobisk,
 - projekt obudowy chodników wylotowych z wyrobisk,
 - rozwiązanie sposobu stabilizacji obudowy na długości wyrobiska.
3. Dotychczasowe zastosowanie typoszeregu odrzwi obudowy o zmniejszonej wysokości w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej i w kopalniach byłej Rybnickiej Spółki Węglowej pozwala stwierdzić, że nowy typoszereg obudowy odgałęzień i rozwidleń zapewnia wymaganą stateczność zaprojektowanych w nim wyrobisk.



Rys.6. Przykład rozwiązania konstrukcji odgałęzienia w obudowie z typoszeregu niskiego
Fig.6. Example of support construction for branch mining roadway in low series of types steel support



Rys.7. Widok odgałęzienia w fazie wykonywania odrzwi z typoszeregu niskiego w KWK „Marcel”
Fig.7. View of the branch mining roadway in low series of types steel support



Rys.8. Widok odgałęzienia wykonywanego w odrzwiach z typoszeregu niskiego w KWK „Borynia”
 Fig.8. View of the branch mining roadway in low series of types steel support

LITERTURA

1. Chudek M., Głuch P., Szczepaniak Z.: Drażenie wyrobisk korytarzowych. Skrypt Politechniki Śląskiej, Gliwice 1985.
2. Chudek M., Głuch P., Szczepaniak Z.: Projektowanie i wykonywanie wyrobisk komorowych. Skrypt Politechniki Śląskiej, Gliwice 1986.
3. Głuch P., Dragon T.: Typoszereg odrzwi obudów wielkogabarytowych dla odgałęzień i rozwidleń wyrobisk korytarzowych stosowanych w kopalniach węgla kamiennego, Gliwice 2001, praca niepublikowana.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Kazimierz Rułka

Abstract

Construction of new series of types low steel support may be used for branch and fork mining roadway and for mining chambers.

The new construction with good shape and low height may be used in variety geological and mining conditions. Arches were designed with steel shape V29, V32 and V36.