

Mirosław CHUDEK

Zenon SZCZEPANIAK

Jan URBAŃCZYK

KONSTRUKCJA I PODPORNOŚĆ PODWÓJNEJ STALOWEJ OBUDOWY ODRZWIOWEJ

Streszczenie. W pracy przedstawiono rozwiązania konstrukcyjne podwójnych stalowych obudów odrzwiowych, przewidzianych do stosowania w kapitalnych wyrobiskach górniczych narażonych na wzmożone oddziaływanie górotworu. Podano również wyniki badań laboratoryjnych nad podpornością wybranych konstrukcji tych obudów, w odniesieniu do podporności obudowy pojedynczej wykonanej z kształtownika o tym samym profilu, a także wyniki obserwacji zachowania się podwójnej stalowej obudowy odrzwiowej w warunkach dołowych.

1. WPROWADZENIE

Pierwotna struktura skał w otoczeniu korytarzowych wyrobisk udostępniających, lokalizowanych na dużych głębokościach, często ulega niszczeniu pod wpływem występujących w nich naprężeń. Przemieszczające się w kierunku wyrobiska skały wywierają na istniejącą w nim obudowę tzw. deformacyjne ciśnienie górotworu powodując nadmierne zaciskanie wyrobiska, co prowadzi do utraty jego zdolności komunikacyjnych i wentylacyjnych. Zjawisko to występuje coraz częściej, tym bardziej, że stosowane powszechnie w górnictwie krajowym obudowy stalowe podatne - ze względu na swoją niską podporność przy dość znacznej podatności (pomimo zwiększonego zagęszczenia) - nie są w stanie powstrzymać nadmiernej konwergencji wyrobiska. Niewystarczająca nośność stalowych obudów odrzwiowych dla warunków deformacyjnych ciśnień górotworu, oprócz innych mankamentów tego typu obudów jak:

- wadliwa praca złącz wpływająca na uzyskiwanie niskich podporności zsuwanych obudowy,
- brak dostatecznie silnego powiązania wzajemnego odrzwi, które tworzyłyby z obudowy konstrukcję przestrzenną zapewniającą jej właściwą pracę wzdłuż osi podłużnej wyrobiska,
- niedostateczne zabezpieczenie odrzwi istniejących obudów (w konstrukcjach otwartych) przed przemieszczeniem łuków ociosowych do środka wyrobiska.

stwarza konieczność poszukiwania takich konstrukcji obudów, które zapewniłyby całkowitą stateczność wyrobiska lub maksymalnie wydłużyły okres zachowania pełnej jego funkcjonalności do czasu pierwszej przebudowy.

W chwili obecnej wzrost nośności stalowych obudów odrzwiowych uzyskuje się głównie, poprzez stosowanie w ich konstrukcjach kształtowników o coraz wyższych ciężarach jednostkowych, co w połączeniu z brakiem odpowiednich urządzeń wspomagających powoduje, iż roboty związane z wykonawstwem takich obudów wymagają znacznego wysiłku fizycznego i są przez to bardzo niebezpieczne (ciężar pojedynczego łuku dla obudów z profilu V36 i V44 przekracza 100 kg). Dależe podnoszenie podporności odrzwi poprzez wzrost nośności kształtownika na drodze powiększenia jego masy jest również niewskazane ze względów ekonomicznych stąd też ww. przyczyny stanowią kolejną przesłankę przemawiającą za koniecznością poszukiwania nowych rozwiązań konstrukcyjnych stalowych obudów odrzwiowych przeznaczonych do stosowania w warunkach wzmożonych ciśnień od strony górotworu.

Podwójna stalowa obudowa odrzwiowa, konstrukcja której bazuje na aktualnie produkowanych w kraju profilach, charakteryzująca się dużą wytrzymałością na ciśnienie od strony otaczających ją skał oraz określoną i regulowaną podatnością stanowi próbę uzyskania takiej obudowy, która spełniałaby powyższe wymagania.

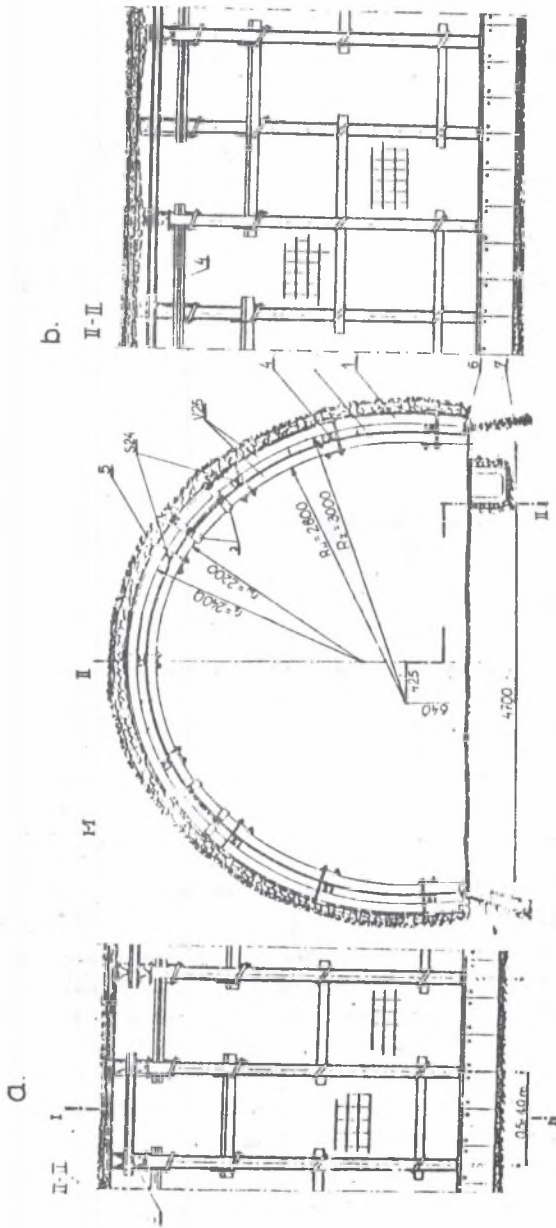
2. KONSTRUKCJA PODWÓJNEJ STALOWEJ OBUDOWY ODRZWIOWEJ

Konstrukcję podwójnej stalowej obudowy odrzwiowej opracowano uwzględniając następujące założenia:

- obudowa powinna posiadać wysoką podporność rzędu 0,6 MPa i podatność do 15 cm,
- przekrój poprzeczny obudowy w świetle nie mniejszy od 12 m²,
- kształt obudowy odpowiadający kształtowi obudowy odrzwiowej tP,
- możliwość uzyskiwania postępów miesięcznych, podczas drążenia wyrobiska, porównywalnych z postępami uzyskiwanymi przy wykonawstwie obudowy pojedynczej,
- użycie do wykonawstwa obudowy materiałów krajowych.

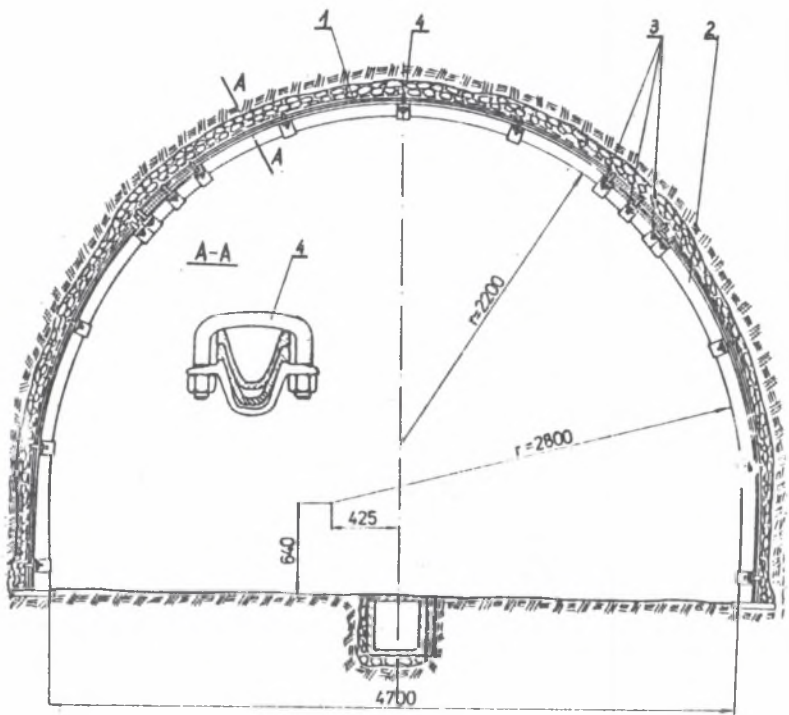
W celu maksymalnego wykorzystania parametrów wytrzymałościowych obudowy, jak również zapewnienia jak najlepszej jej współpracy z górotworem - biorąc pod uwagę możliwe kierunki maksymalnego ciśnienia występującego w otoczeniu wyrobiska - zaprojektowano następujące rozwiązania konstrukcyjne (rys. 1, 2, 3 i 4) podwójnej stalowej obudowy odrzwiowej:

- obudowa o kształcie łukowym otwartym (rys. 1, 2),
- obudowa o kształcie łukowym zamkniętym (rys. 3),
- obudowa o kształcie kołowym zamkniętym (rys. 4).



Rys. 1. Podwójna stalowa obudowa odrzwiowa o kształcie łukowym otwartym typu OPR
 e) rozwiązanie z odrzwiami zewnętrznymi i wewnętrznymi ustawionymi w jednej płaszczyźnie, b) rozwiązanie z odrzwiami zewnętrznymi i wewnętrznymi przesuniętymi względem siebie
 1 - łuk zewnętrzny, 2 - łuk wewnętrzny, 3 - strzemiona łączące obudowy, 4 - rozporny, 5 - strzemiona spinające, 6 - stopa podporowa

Fig. 1. Double steel - sets type OPR with open arches
 e) outside sets and inside sets putting in just the same plane, b) outside sets and inside sets putting in differente plains
 1 - outside sets, 2 - inside sets, 3 - lining connection, 4 - sprage, 5 - connection, 6 - spot footing



Rys. 2. Podwójna stalowa obudowa odrzwiowa o kształcie łukowym otwartym typu OPŁŁ

1 - podwójny łuk stropowy, 2 - podwójny łuk ociosowy, 3 - złącze obudowy, 4 - strzemiona spinające

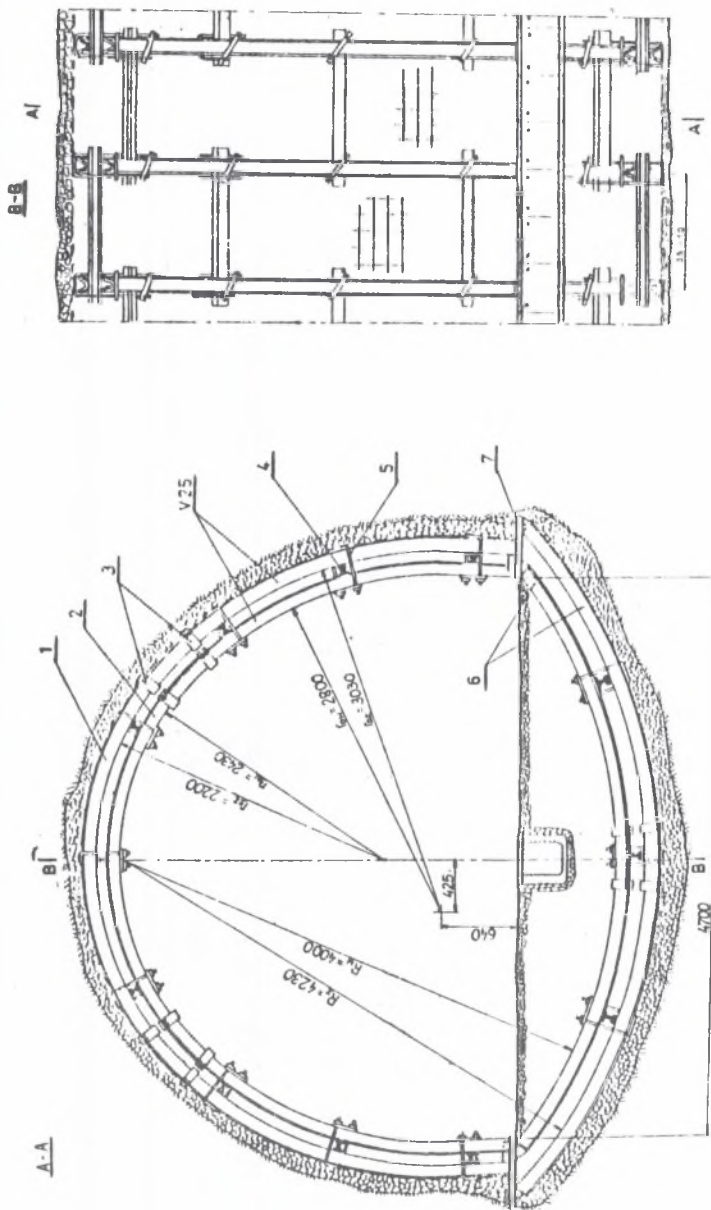
Fig. 2. Double steel - sets type OPŁŁ with open arches

1 - double roof-bar, 2 - double prop, 3 - lining connection, 4 - connection

Konstrukcję nośną podwójnej stalowej obudowy odrzwiowej (niezależnie od jej kształtu) stanowią odrzwa wewnętrzne i zewnętrzne połączone wzajemnie jarzmami - poprzez odpowiednie wkładki dystansowe zwane rozporemi radialnymi (rys. 1, 3 i 4). Rozpory te mogą być wykonane z kształtowników dwuteowych, zużytych szyn kolejowych lub innych profili o żądanej wysokości.

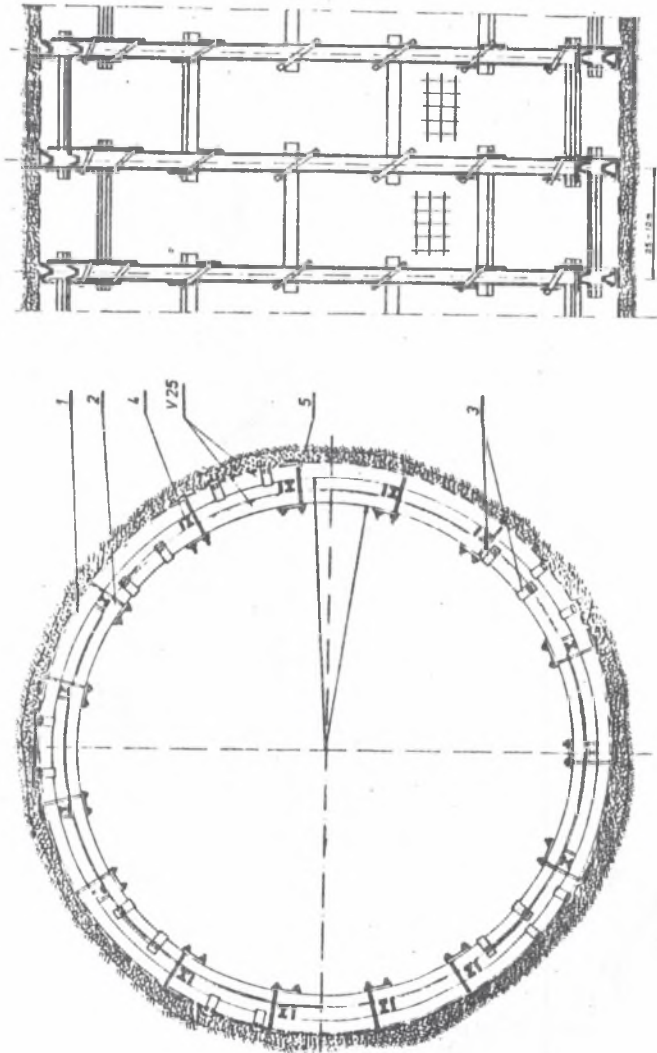
Połączenie i usztywnienie odrzwi obudowy wzdłuż osi wyrobiska osiąga się poprzez zastosowanie oddzielnych i niezależnych rozpór podłużnych lub rozpór podłużnych będących równocześnie rozporemi radialnymi (tzn. spełniającymi funkcję wkładek dystansowych).

Rozwiązanie konstrukcyjne, w którym rozpory podłużne spełniają równocześnie funkcję rozpór radialnych (wkładek dystansowych) jest korzystniejsze, gdyż zapewnia przestrzenną pracę obudowy - powodując przenoszenie obciążenia górotworu z odrzwi zewnętrznych na wewnętrzne, jak również na



Rys. 3. Podwójna stalowa obudowa odrzwiowa o kształcie łukowym zamkniętym typu ZDPPR
 1 - odrzwi zewnętrzne, 2 - odrzwi wewnętrzne, 3 - zamki obudowy, 4 - rozpory, 5 - jarzma, 6 - łuki spągowe, 7 - stopy podporowe

Fig. 3. Double close set type ZOPPR
 1 - outside sets, 2 - inside sets, 3 - shackles, 4 - sill pieces, 5 - shackle, 6 - sill pieces, 7 - spot footing



Rys. 4. Podwójna stalowa obudowa odrzwiowa o kształcie kołowym zamkniętym typu ZOKPPR.
 1 - odrzwi zewnętrzne, 2 - odrzwi wewnętrzne, 3 - zamki obwodowe, 4 - rozpory, 5 - jarzma.

Fig. 4. Double circular steel - sets type ZOKPPR

1 - outside sets, 2 - inside sets, 3 - lining connection, 4 - sprags, 5 - shackles

odrzwi sąsiednie. Najkorzystniejszym rozwiązaniem podwójnej stalowej obudowy odrzwiowej jest stosowanie typowych odrzwi obudowy ŁP oraz odpowiednie doginanie łuków odrzwi wewnętrznych lub zewnętrznych (promieniem większym lub mniejszym) - w zależności od wysokości zastosowanej rozpory radialnej.

W praktyce istnieje również możliwość stosowania typowych rozmiarów odrzwi obudowy stalowej od ŁPB do ŁP10, jednak wymaga to doboru rozpór radialnych o zmiennej wysokości lub specjalnego doginania łuków w celu umożliwienia skrócenia ich jarzmami.

Jednym z możliwych rozwiązań podwójnej stalowej obudowy odrzwiowej jest również konstrukcja w której nie stosuje się rozpór radialnych, lecz odrzwa zewnętrzne łączy się bezpośrednio z odrzwiami wewnętrznymi zakładając je "profil w profil" (rys. 2).

3. PORÓWNAWCZE BADANIA LABORATORYJNE STALOWYCH OBUDÓW ODRZWIOWYCH

Przed przystąpieniem do prowadzenia właściwych badań mających na celu porównanie charakterystyk pracy podwójnych stalowych obudów odrzwiowych z charakterystyką pracy obudowy pojedynczej, wykonano badania sondażowe odrzwi obudowy V25/8, jako konstrukcji podatnej i po jej usztywnieniu (poprzez zespawanie złącz obudowy). Celem badań wstępnych było określenie wielkości maksymalnych obciążeń przejmowanych przez obudowę i jej odkształceń. W wyniku tych badań stwierdzono bardzo dużą zmienność charakterystyki pracy obudowy V25/8 o konstrukcji podatnej, co praktycznie wykluczyło możliwość dokonania porównania pracy takich konstrukcji w wersji obudowy podwójnej i pojedynczej.

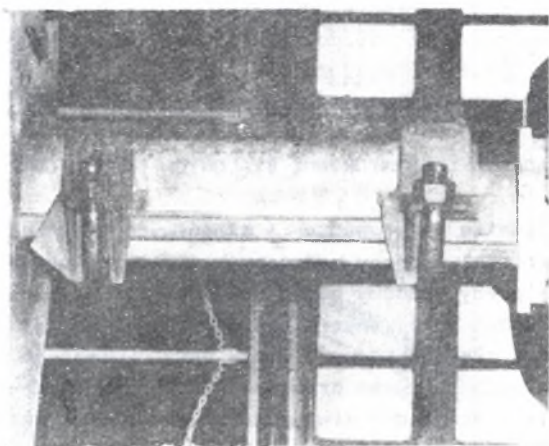
Przyczyny nierównomierności charakterystyki pracy obudowy upatrywano w niewłaściwej pracy jej złącz. W związku z powyższym podczas badań laboratoryjnych stalowych obudów odrzwiowych przeprowadzono badania różnych konstrukcji złącz obudów odrzwiowych pod kątem niezmienności charakterystyki ich pracy oraz porównanie pracy następujących obudów:

- podwójnej stalowej obudowy odrzwiowej o kształcie łukowym otwartym z rozpórmi radialnymi (symbol obudowy OPPR - rys. 1),
- podwójnej stalowej obudowy odrzwiowej o kształcie łukowym otwartym połączonej "łuk w łuk" (symbol obudowy OPŁŁ - rys. 2),
- pojedynczej stalowej obudowy odrzwiowej o kształcie łukowym otwartym.

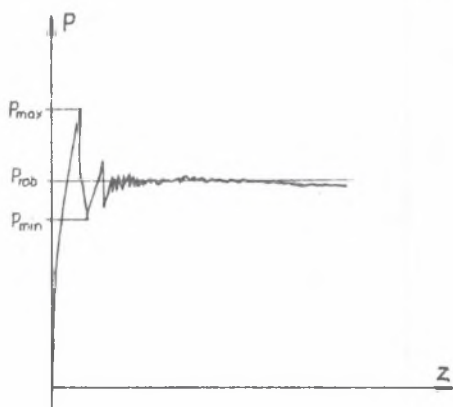
Obudowy poddane badaniom porównawczym wykonano z kształtownika V25, jako konstrukcje sztywne (usztywnione poprzez zespawanie ich złącz). Przyjęto wymiar odrzwi - w świetle obudowy - odpowiadający konstrukcji ŁPB. Rozpory radialne (wkładki dystansowe) w ilości 13 sztuk rozmieszczonych symetrycznie po obwodzie obudowy w konstrukcji o symbolu OPPR wykonano z szyn S24.

3.1. Badania nośności złączy do obudów wykonanych z profilu V25

Badania nośności złączy przeprowadzono na prostych odcinkach profilu V25 połączonych strzemionami typu K25, ZS25 i G405 stosując momenty dokręcenia śrub w strzemionach w wysokości 300 Nm, 350 Nm i 400 Nm. Odcinki profilu V25 o długości 550 mm połączone testowanym złączem poddano obciążeniu w maszynie wytrzymałościowej typu ERD, produkcji NRD, utrzymując intensywność wzajemnych przemieszczeń odcinków na poziomie 5 mm/min.



Rys. 5. Badane złącze typu ZS25 w maszynie wytrzymałościowej
Fig. 5. Lining connection type ZS25 in testing machine



Rys. 6. Wielkości charakterystyki pracy złącza obudowy rejestrowane podczas badań

Fig. 6. Operating characteristic of lining connections obtain in laboratory research

Z uwagi na maksymalną odległość między głowicami wykorzystywanej maszyny wytrzymałościowej wynoszącą 750 mm proste odcinki profilu V25 łączono z zakładką 400 mm.

Na rys. 5 pokazano widok badanego złącza w maszynie wytrzymałościowej, na rys. 6 - podstawowe wielkości charakterystyki pracy złącza obudowy rejestrowane podczas badań. Wyniki badań nośności ww. złącz zestawiono w tabelicy 1.

Tabela 1

Zestawienie wyników badań nośności złącz stalowych obudów odrzwiowych wykonanych z kształtownika o profilu V

Nr próby	Typ strzemi- miona/ Moment dokręcenia kNm	P_{\min} - P_{\max} kN	P_{prob} kN	U w a g i
1	2	3	4	5
1	K-25/300	105-220	215	Po stabilizacji podporności na poz. 215 kN w zakresie przemieszczenia 55-110 mm wystąpił gwałtowny spadek nośności do wartości 105 kN, a następnie ponowny jej wzrost
2	K-25/300	125-225	125	Po stabilizacji podporności na poz. 125 kN w zakresie przemieszczenia 40-80 mm nastąpił stopniowy wzrost nośności do maksymalnej zarejestrowanej wartości 225 kN
3	K-25/300	120-150	130	Po II dokręceniu stabilizacja podporności począwszy od przemieszczenia 30 mm w całym zakr. pomiarowym
4	ZS-25/300	100-290	-	W całym zakresie pomiarowym nie stwierdzono stabilizacji nośności złącza
5	ZS-25/300	100-140	125	Stabilizacja nośności po zsuwie 30 mm
6	ZS-25/300	130-260	-	W całym zakresie pomiarowym nie stwierdzono stabilizacji nośności złącza
7	G-405/300	45-155	-	W całym zakresie pomiarowym nie stwierdzono stabilizacji nośności złącza
8	G-405/300	50-255	230	Stabilizacja nośności złącza po przemieszczeniu 60 mm
9	G-405/300	25-82	65	Stabilizacja nośności złącza na poziomie 60-70 kN

cd. tablicy 1

1	2	3	4	5
10	G-405/300	50-155	80	Stabilizacja nośności złącza po przemieszczeniu 60 mm
11	K-25/350	90-400	380	Stabilizacja pracy złącza po zeuwie 85 mm
12	K-25/350	75-120	120	Stabilizacja pracy złącza po zeuwie 85 mm
13	K-25/350	70-285	285	Stabilizacja pracy złącza po zeuwie 120 mm
14	K-25/350	100-145	130	Bardzo powolny wzrost nośności. Można przyjąć pracę za stabilną po 1 zeuwie
15	K-25/350	120-400	-	Nie stwierdzono w zakresie przemieszczenia 150 mm stabilizacji nośności
16	K-25/350	100-275	-	Nie stwierdzono w zakresie przemieszczenia 150 mm stabilizacji nośności
17	ZS-25/350	145-210	-	Brak wyraźnej stabilizacji nośności
18	ZS-25/350	100-160	I-108 II-158	Stabilizacja pracy złącza przed i po dodatkowym dokręceniu śrub
19	ZS-25/350	135-210	I-135 II-200	Stabilizacja pracy złącza przed i po dodatkowym dokręceniu śrub
20	ZS-25/350	110-140	I-120 II-120	Brak wzrostu nośności złącza po I i II dokręceniu śrub
21	ZS-25/350	178-360	270	Stabilizacja nośności złącza po zeuwie ok. 110 mm
22	ZS-25/350	150-235	-	Brak wyraźnej stabilizacji podporności roboczej. Wahania w granicach 150-220 kN, amplituda 10 kN
23	G-405/350	80-140	120	Stabilizacja nośności złącza po zeuwie ok. 10 mm
24	G-405/350	80-165	110	Stabilizacja nośności złącza po II dokręceniu i zeuwie ok. 25 mm
25	G-405/350	100-380	-	Nie stwierdzono w złączu, po zeuwie 150 mm, stabilizacji nośności
26	K-25/400	75-195	190	Stabilizacja nośności złącza po zeuwie 110 mm
27	K-25/400	120-290	-	Brak stabilizacji nośności w całym zakresie pomiarowym
28	K-25/400	75-165	150	Stabilizacja nośności złącza po przemieszczeniu ok. 70 mm

cd. tablicy 1

1	2	3	4	5
29	ZS-25/400	165-330	315	Stabilizacja nośności złącza po przemieszczeniu 40 mm
30	ZS-25/400	160-245	255	Stabilizacja nośności złącza po przemieszczeniu 65 mm
31	ZS-25/400	160-195	170	Stabilizacja nośności złącza w zakresie przemieszczeń 0-70 mm na poziomie 170 kN, a następnie wzrost nośności do końca zakresu pomiarowego
32	G-405/400	60-220	-	Brak stabilizacji nośności w zakresie pomiarowym. Począwszy od przemieszczenia 40 mm powolny spadek nośności z amplitudą 8 kN
33	G-405/400	140-230	220	Stabilizacja nośności złącza po przemieszczeniu 40 mm
34	G-405/400	70-200	90	Stabilizacja nośności złącza po przemieszczeniu 20 mm

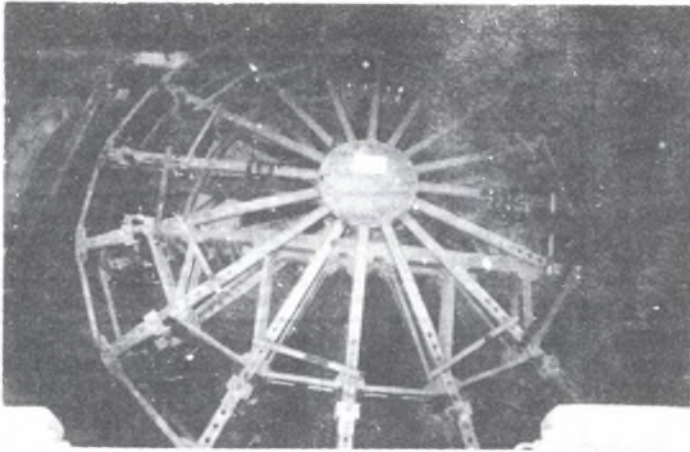
3.2. Badania laboratoryjne stalowych obudów odrzwiowych

W Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Wydziału Górniczego Politechniki Śląskiej przeprowadzone zostały porównawcze badania laboratoryjne podwójnych stalowych obudów odrzwiowych typu OPRR i OPŁ oraz pojedynczej stalowej obudowy odrzwiowej o kształcie łukowym otwartym V25/8. Ze względu na dużą nierównomierność pracy złącz, występującą niezależnie od typu strzemion zastosowanych podczas odpowiednich badań (pkt. 3.1), w celu umożliwienia porównania charakterystyk pracy badanych obudów podwójnych z charakterystyką pracy znormalizowanej obudowy pojedynczej V25/8, konstrukcje wszystkich ww. obudów usztywniono poprzez zespawanie ich złącz [3].

Badania laboratoryjne przeprowadzone zostały w stoisku Instytutu, konstrukcja stanowiska badawczego została dokładnie przedstawiona w pracy [4]. Na rys. 7 przedstawiono widok badanej obudowy V25/8 w stanowisku badawczym podczas jej obciążenia wspólnego.

Wszystkie badane konstrukcje obudów poddawane były obciążeniu czynnemu odpowiednio trzema, pięcioma i dziewięcioma (na całym obwodzie badanych odrzwi) siłownikami hydraulicznymi; przyjęte schematy obciążenia badanych konstrukcji obudów przedstawiono na rys. 8. Przed przystąpieniem do aktywnego obciążenia badanej obudowy wywierano na nią nacisk wspólny (wszystkimi dziewięcioma siłownikami) siłą 20 kN w celu wyeliminowania luzów między konstrukcją stanowiska a obudową.

W trakcie badań obudów prowadzono pomiary następujących wielkości:



Rys. 7. Obudowa V25/8 podczas obciążenia wstępnego w stanowisku badawczym
 Fig. 7. Steel - sets which are made of profile V25/8 during the preload load in testing machine

- sił akcyjnych i reakcyjnych w siłownikach hydraulicznych stoiska badawczego,
- odkształceń obudowy na kierunku jej przemieszczeń, pod siłownikami akcyjnymi i reakcyjnymi,
- odkształceń w przekrojach obudowy pod wypadkową działania obciążenia czynnego,
- przemieszczeń ramy oporowej stanowiska badawczego.

Wielkości obciążenia czynnego i reakcyjnego rejestrowano za pomocą manometrów typu TGL kl. I o zakresie pomiarowym 0-400 kg/cm². Pomiaru odkształceń obudowy pod siłownikami akcyjnymi i reakcyjnymi oraz pomiaru przemieszczeń ramy oporowej stanowiska badawczego dokonywano za pomocą zegarowych czujników przemieszczeń i przymiarów liniowych zaś pomiaru odkształceń w przekrojach obudowy pod wypadkową działania obciążenia czynnego - za pomocą tensometrów elektrooporowych.

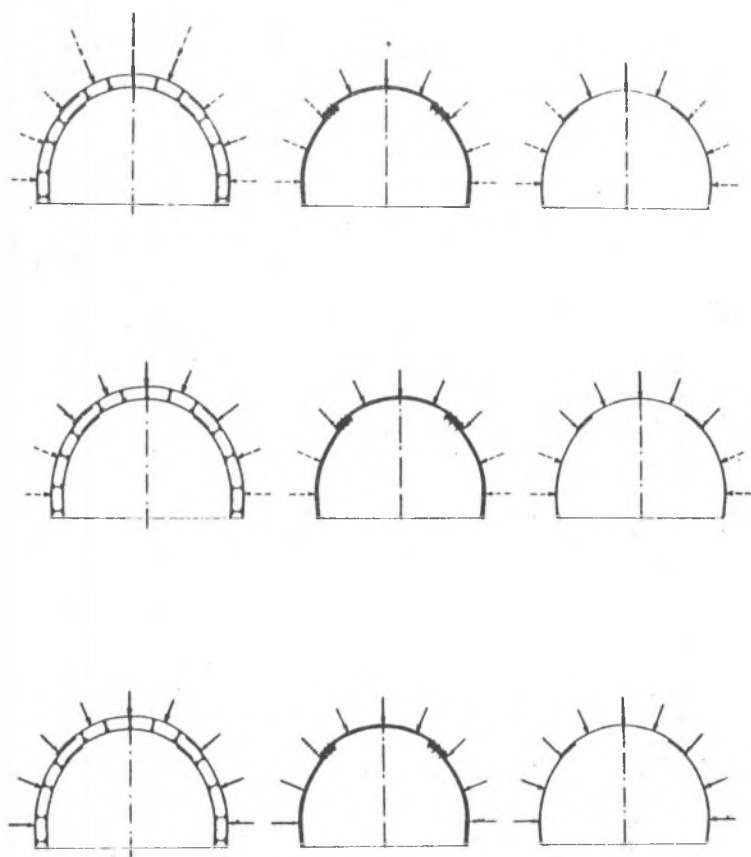
Odczytów wskazzeń zegarowych czujników przemieszczeń dokonywano każdorazowo po wzroście obciążenia w siłownikach akcyjnych o wielkość 50 kN.

Wyniki pomiarów odkształceń obudowy, przenieszonego przez nią obciążenia oraz zmiany w konstrukcji obudów zaobserwowane w trakcie badań zestawiono w tablicy 2.

Podwójna stalowa obudowa
odrzwiowa z rozporami
radialnymi

Podwójna stalowa
obudowa odrzwiowa
o konstrukcji
"profil do profilu"

Pojedyncza stalowa
obudowa odrzwiowa



Rys. 8. Schematy obciążenia badanych konstrukcji obudów odrzwiowych

—→ obciążenie czynne (akcyjne)

--→ obciążenie bierne (reakcyjne)

Fig. 8. Diagram of steel - sets loading in the laboratory research

—→ active load

--→ reactive load

Tablica 2

Zestawienie wyników badań laboratoryjnych podwójnych stalowych obudów odrzwiowych typu OPPr 1 Opłk oraz obudowy pojedynczej V25/8

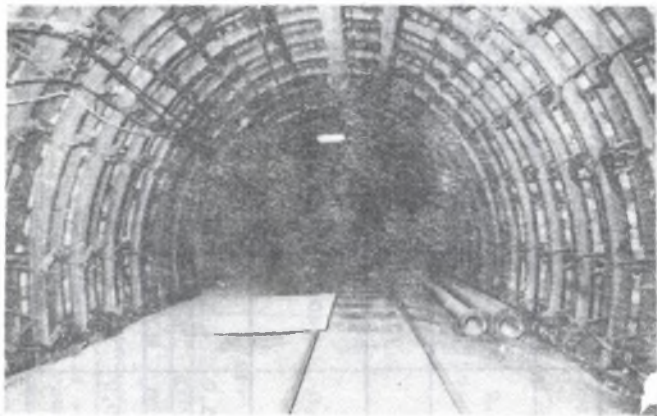
Lp.	Nr badania	Typ obudowy	Schemat obciążenia	Maksymalne obciążenie		Max. zarejestrowane na przemieszczenie		U w a g i
				czynne kN	bierne kN	pionowe 10^{-3} m	poziome 10^{-3} m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	OPPr	trzy silownikami następnie siłę skupioną	x) 885 xx) 520	1168	+45	-5	Zniszczenie obudowy przy obciążeniu siłą skupioną 520 kN nastąpiło w wyniku rozgięcia kształtownika x) przy obciążeniu 3 silownikami xx) przy obciążeniu siłą skupioną
2	2	OPPr	trzy silownikami	1320	1452	+61	-20	Przy obciążeniu 1320 kN nastąpiło ścięcie spawów, przemieszczenie strzemięcia oraz lekkie wyboczenie obudowy
3	6	OPPr	pięć silownikami	2000	x) 826	x) +38	x-5	x) Wartości obciążenia biernego i przemieszczeń zarejestrowane dla obciążenia czynnego 1750 kN. Wskutek wyboczenia pierścienia zewnętrznego nastąpiło zniszczenie badanej konstrukcji

cd. tablicy 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	5	OPPR	dziwięcioma siłownikami	2700	-	-47,5	+36,5	Znieszczenie badanej konstrukcji przez wyboczenie kształtownika obudowy
5	3	OPŁŁ	trzyrna siłownikami	1470	1360	+70	-5	Znieszczenia badanej konstrukcji przez wyboczenie kształtownika obudowy
6	7	OPŁŁ	pięciorna siłownikami	2500	x) 1060	x) +52,0	x) +5,0	Ścięcie spawu w zięczu obudowy x) Zarejestrowane wartości obciążenia biarnego odpowiadają obciążeniu czynnemu 1350 kN
7	9	OPŁŁ	dziwięciorna siłownikami	3450	-	-55,0	+40,0	Wyboczenie kształtownika obudowy
8	4	V25/B poje- dyncza	trzyrna siłownikami	735	780	+45,0	- 3,0	Wyboczenia kształtownika obudowy
9	8	V25/B poje- dyncza	pięciorna siłownikami	1200	590	+20,0	- 4,0	Wyboczenie kształtownika obudowy
10	10	V25/B poje- dyncza	dziwięciorna siłownikami	1700	-	-28,5	+30,0	Wyboczenie kształtownika obudowy

4. ZASTOSOWANIE PODWÓJNEJ STALOWEJ OBUDOWY ODRZWIOWEJ W WARUNKACH DOŁÓWYCH

Podwójną stalową obudowę odrzwiową o kształcie łukowym otwartym typu OPPR zastosowano eksperymentalnie w KWK Halemba (rys. 9) w przebudowywanym przekopie północnym na poziomie 525 m - w rejonie uskoku kłodnickiego - gdzie pierwotnie wykonana obudowa z odrzwi stalowych pojedynczych wielokrotnie ulegała zaciskaniu.



Rys. 9. Widok wyrobiska w podwójnej stalowej obudowie odrzwiowej
OPPR-8/S24

Fig. 9. Mine roadway in double steel - sets type OPPR-8/S24

Obudowa wykonana w odcinku przekopu północnego na poz. 525 m składa się z odrzwi wewnętrznych V25/8 i zewnętrznych, specjalnie doginanych. Między odrzwiami umieszczono (w jednakowych wzajemnych odległościach po obwodzie odrzwi) 13 sztuk rozpór radialnych sporządzonych z odcinków szyn S-24, z których 7 sztuk spełnia równocześnie rolę rozpór podłużnych. Odrzwia połączono skręcając je hakowymi strzemionami stalowymi (rys. 10) momentem 350 kNm.

Rozpory podłużne obejmują 3 kolejne odrzwia (rozstaw odrzwi wynosi 0,5 m), stanowiąc równocześnie ce drugą rozpórę radialną - począwszy od klucza obudowy.

Łuki ociosowe odrzwi obudowy posadowiono na stopach stalowych. Obudowa - od strony zewnętrznej - wyłożona jest okładzinami żelbetowymi, w stropie wyrobiska ażurowo na rąb, a w ociosach ażurowo na płasko.

W przekopie północnym na poz. 525 m zabudowano 18 sztuk odrzwi obudowy o wyżej opisanej konstrukcji (na 10 metrowym odcinku przekopu) - celem doświadczalnego ustalenia w warunkach in situ jej przydatności w zakresie możliwości przeciwstawienia się zaciskaniu wyrobiska, przy wywieraniu na nie deformacyjnego ciśnienia górotworu.



Rys. 10. Sposób połączenia odrzwi wewnętrznych z zewnętrznymi w obudowie OPPR-8/S24

Fig. 10. Connection of outside and inside sets in the steel - sets type OPPR-8/S24

4.1. Technologia przebudowy wyrobiska w podwójnej stalowej obudowie odrzwiowej

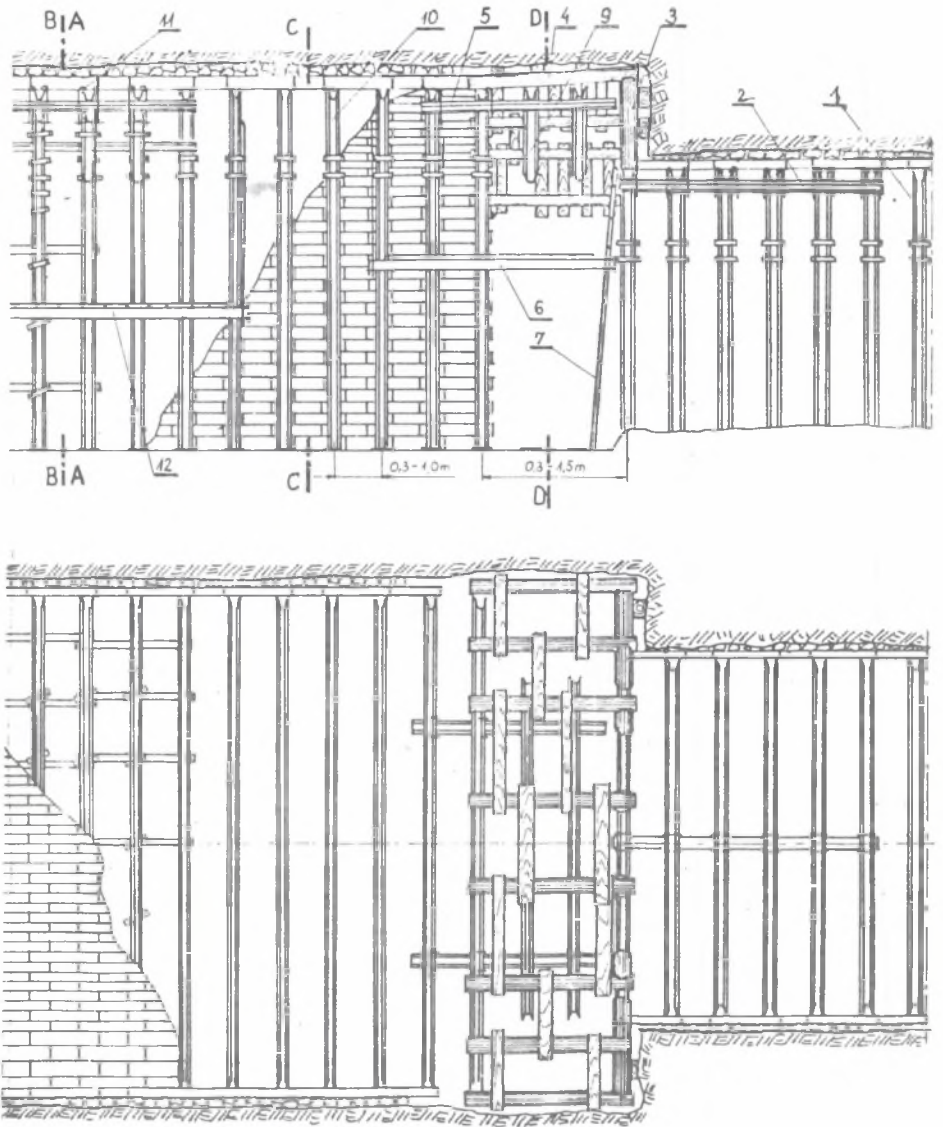
Przed przystąpieniem do przebudowy zabezpieczono istniejącą w wyrobisku obudowę przed czołem przodku podciągami z szyny S-24 o długości 6 m przymocowanymi do wszystkich odrzwi za pomocą strzemion (rys. 11).

W miejscach, w których występowały luzy między obudową a podciągami, założono kliny drewniane. Po takim zabezpieczeniu obudowy przystąpiono do usuwania podsadzki z za zdeformowanej obudowy i do jej wyrabowania. Skałę urabiano ręcznie. Wyłom po wykonaniu obrywki zabezpieczono obudowę tymczasową składającą się ze stojaków drewnianych \varnothing 8-15 cm, opartych o zdeformowane odrzwia oraz stropnic z bali drewnianych podpartych z jednej strony na stojakach, a z drugiej na obudowie wstępnej.

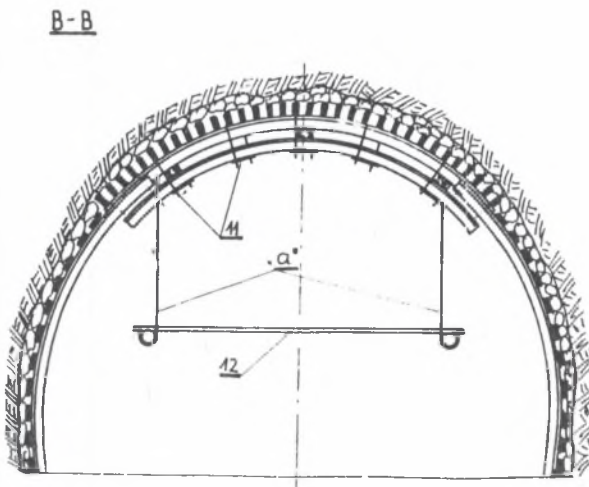
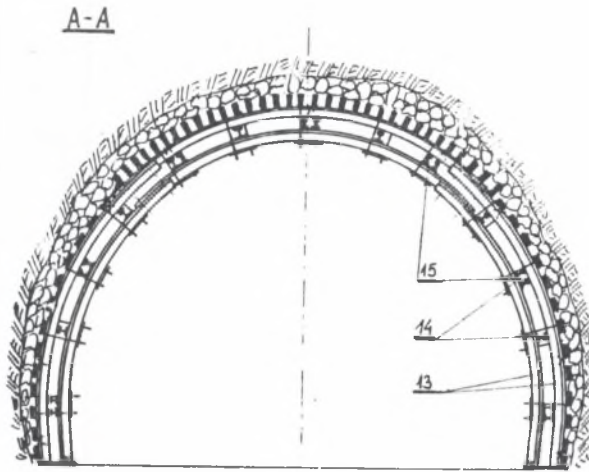
Zabezpieczenie wyłomu rozpoczynano od zabudowania stropnic w kluczu obudowy i przesuwanie się w kierunku ociosów. Odległość między stropnicami nie przekraczała 0,7-1,0 m. Na zabudowanych w ten sposób stropnicach układano połowice (króciaki) we wzajemnej odległości ok. 0,2-0,4 m, (w zależności od warunków stropowych). Zabiór dostosowany do występujących w wyrobisku warunków geologicznych nie przekraczał 1,0 m.

Obudowę wstępną stanowiły odrzwia zewnętrzne podwójnej stalowej obudowy odrzwiowej wraz z okładzinami i podsadzką (rys. 11).

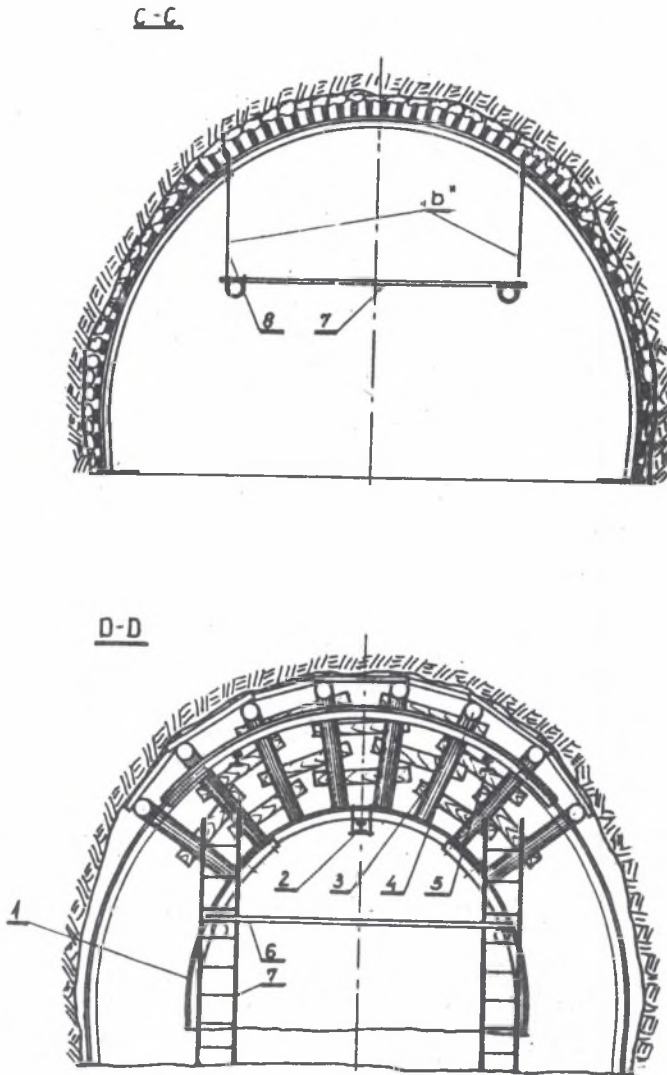
Obudowę wstępną wykonano po zabezpieczeniu wyłomu wyrobiska obudowę tymczasową zawieszając w pierwszej kolejności na 4 hakach, dwa podciągi z szyn S-24. Podciągi były usztywnione w miejscach zawieszenia klinami



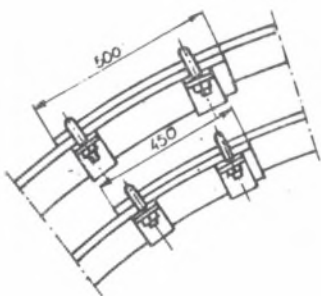
Rys. 11a



Rys. 11b



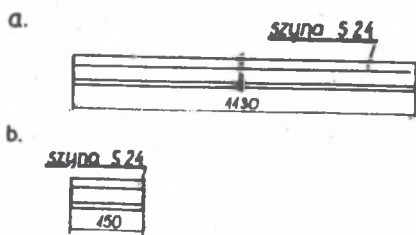
Rys. 11c



Hak podciągawly



Rozpor:



Uwaga:

rozpor:

a. 130 szt

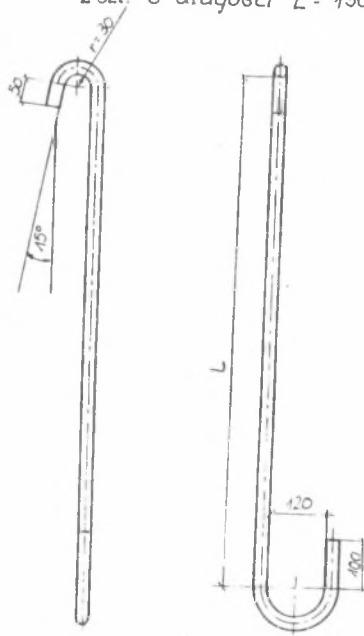
b. 350 szt.

Rys. 11d

Haki pomostowe

Uwaga:

6 szt.:

4 szt. o długości $L = 1800 \text{ mm}$ " a "2 szt. o długości $L = 1300 \text{ mm}$ " b "

Rys. 11. Technologia przebudowy wyrobiska w podwójnej stalowej obudowie odrzwiowej

1 - odrzwia obudowy pojedynczej, 2 - podciąg stalowy, 3 - stojak drewniany, 4 - stropnica drewniana, 5 - podciąg stalowy, 6 - pomost roboczy, 7 - drabina, 8 - haki pomostu roboczego, 9 - stropnica stalowa odrzwi wewnętrznych, 10 - odrzwia zewnętrzne, 11 - haki podciągowe, 12 - pomost roboczy, 13 - odrzwia podwójne, 14 - rozpory radialne, 15 - rozpory podłużne

Fig. 11. Reconstruction of mine roadway in double steel - sets

1 - single steel - sets, 2 - steel horsehead, 3 - pit prop, 4 - roof - timber, 5 - steel horsehead, 6 - working platform, 7 - ladder, 8 - hooks of working platform, 9 - steel roof - bar of inside steel - sets, 10 - outside steel - sets, 11 - hooks, 12 - working platform, 13 - double steel - sets, 14 - radial sprag, 15 - stull piece

drewnianymi. Wzajemna odległość podciągów wynosiła 1,5-2 m. Następnie po wybraniu urobku, na podciągach zawieszano stropnicę i dokręcano do niej łuki ociosowe (stojaki), sprawdzano kierunek oraz niwelację ustawionych łuków i dokonywano ewentualnych ich przesunięć. Po wykonaniu tych czynności przystępowano do wykładki ociosów i stropu, równocześnie wykonując podsadzkę ze skały łonnej oraz zakładano rozpory. Odrzwia obudowy wstępnej stawiano we wzajemnych odstępach, co 0,5 m umieszczając łuki ociosowe na stalowych stopach podporowych.

W miarę zakładania okładzin żelbetowych w stropie i wykonywania podszkiki usuwano stropnice drewniane i połowice stanowiące tymczasowe zabezpieczenie stropu.

W najwyższym punkcie stropu nie wykonano podszkiki na ostatnim pierścieniu, na odcinku 0,5 m od czoła przodku, w celu niedopuszczenia do wypadania materiału podszkikowego do wyrobiska.

Wykonanie obudowy ostatecznej polegało na dokręceniu pierścienia wewnętrznego z równoczesnym założeniem rozpór podłużnych i radialnych.

Przed przystąpieniem do założenia drzwi wewnętrznych obudowy na stropnicy drzwi zewnętrznych zawieszono strzemiona hakowe w odpowiednich wzajemnych odległościach. W strzemiona wsuwano stropnicę drzwi wewnętrznych, zakładano rozpory radialne i całość wstępnie dokręcano momentem ok. 100 Nm. Następnie na stopach podporowych ustawiano łuki ociosowe (stojaki) i skręcano ze stropnicą. Pozostałe rozpory radialne i podłużne zakładano pomiędzy pierścienie zewnętrzne i wewnętrzne rozpoczynając od zamków w kierunku spęgu wyrobiska, dokręcając je jednocześnie momentem wstępnym ok. 100 Nm. Po założeniu rozpór dokręcano wszystkie strzemiona momentem 350 Nm.

Obudowę ostateczną wykonywano najpóźniej po upływie dwóch dni od momentu zabudowy drzwi obudowy wstępnej.

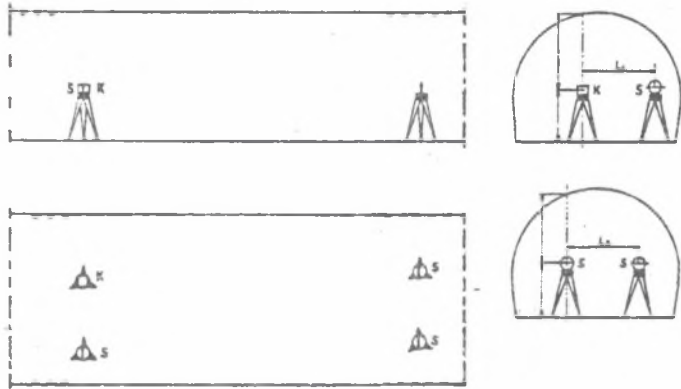
4.2. Badania i obserwacje dołowe podwójnej stalowej obudowy drzwiowej

Systematyczne pomiary deformacji podwójnej stalowej obudowy drzwiowej zabudowanej w przekopie północnym na poz. 525 m, w KWK Halemba prowadzono w okresie od czerwca 1984 r. do końca października 1985 r. z zastosowaniem metody fotogrametrycznej.

Do pomiarów wytypowano 6 drzwi a mianowicie drzwi obudowy podwójnej nr 4, 9, 16 oraz drzwi obudowy pojedynczej w odległościach 10 m i 3 m przed odcinkiem wyrobiska w obudowie podwójnej oraz na 3 metrze za obudowę podwójną (rys. 13).

Zdjęcia fotogrametryczne wykonywano na błonach typu FOG produkcji firmy ORWO aparatem fotograficznym Pentacon SIX TL (nazywanym dalej kamerą) z matówką - siatkówką. Kamerę orientowano w przestrzeni wyrobiska na punkty zastabilizowane na główce szyny i na obudowie (rys. 12).

Kamerę z jednej strony odcinka badawczego mocowano na statywie geodezyjnym ustawionym pomiędzy pionowo zastabilizowanymi bazami. Z drugiej strony odcinka badawczego ustawiano łatę geodezyjną między pionowo zastabilizowanymi punktami. Zdjęcia fotogrametryczne wykonywano z jednej i drugiej strony odcinka badawczego, kierując każdorazowo kamerę na łatę geodezyjną. Na wybranych drzwiach naklejono po 15 znaków obserwacyjnych we wzajemnych odległościach nie przekraczających 0,2 m, co gwarantowało uzyskanie wystarczającej dokładności pomiaru.



Rys. 12. Schemat prowadzenia pomiarów daformacji podwójnej stalowej obudowy odrzwiowej metodą fotogrametryczną

S - sygnał geodezyjny, k - kamera fotogrametryczna, h_1, h_3 - wysokość wyrobiska od główki szyny, h_2, h_4 - wysokość wyrobiska od stropnicy, L_1, L_2 - odległość między statywami

Fig. 12. Photogrammetry measurement of double steel - sets deformation
S - geodetic signal, k - film camera, h_1, h_3 - headroom from rail head, h_2, h_4 - headroom from roof - bar, L_1, L_2 - stands working distance

Pod wpływem daformacji wyrobiska następowało również przemieszczanie zaustabilizowanych punktów. Zjawisko to uniemożliwiało prowadzenie pomiarów bezwzględnych odkształceń badanej obudowy.

Wykorzystując możliwości precyzyjnego określenia współrzędnych znaków obserwacyjnych daformację obudowy przedstawiłono, jako zmianę wielkości powierzchni przekroju poprzecznego wyrobiska w świetle obudowy (wielokąta utworzonego przez znaki obserwacyjne) w czasie, zgodnie z zależnością:

$$P = P_0 - P_t$$

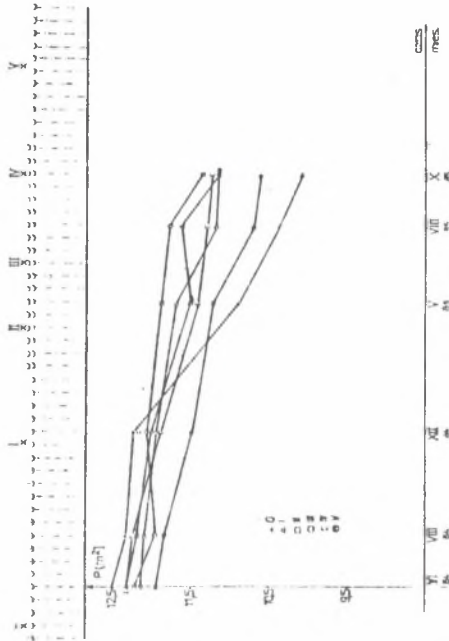
gdzie:

P_0 - powierzchnia przekroju poprzecznego wyrobiska w świetle obudowy w pomiarze zerowym,

P_t - powierzchnie przekroju poprzecznego wyrobiska w świetle obudowy w wyniku jej daformacji po czasie t .

Analizy wyników badań fotogrametrycznych dokonano korzystając ze specjalnie opracowanego, w tym celu programu na EMC.

Wyniki pomiarów deformacji podwójnej stalowej obudowy odrzwiowej zabudowanej w odcinku przekopu północnego na poziomie 525 m w KWK Halemba przedstawiono na rys. 13.



Rys. 13. Wykres zmian wielkości przekroju poprzecznego odcinka przekopu północnego na poz. 525 m KWK Halemba w podwójnej stalowej obudowie odrzwiowej

Fig. 13. Cross - section changes of north mine roadway on the level 525 m in Halemba coal - mine

5. OCENA CELOWOŚCI PRAKTYCZNEGO STOSOWANIA PODWÓJNEJ STALOWEJ OBUDOWY ODRZWIOWEJ

Podwójne stalowe obudowy odrzwiowe przedstawione powyżej charakteryzują się wysokimi parametrami techniczno-wytrzymałościowymi stwarzającymi możliwość skutecznego zastosowania takich konstrukcji w wyrobiskach zagrożonych występowaniem deformacyjnych ciśnień górotworu.

Jak wykazały przeprowadzone badania (tablica 2) podporność podwójnej stalowej obudowy odrzwiowej jest prawie dwukrotnie wyższa od podporności obudowy z odrzwi pojedynczych, wykonanych z kształtownika o tym samym profilu. Zaletą podwójnej stalowej obudowy odrzwiowej z rozporami radialnowzdłużnymi wynikającą z istoty jej konstrukcji jest usztywnienie poszczególnych odrzwi wzdłuż osi wyrobiska, zapewniające korzystną, przestrzenną pracę obudowy.

Odrzwiowy typ obudowy pozwalając na stosowanie dotychczasowych rozwiązań w zakresie wykonawstwa wyrobisk podziemnych stwarza możliwość wykorzystywania tzw. technologicznej podatności wyrobiska poprzez wykonanie najpierw obudowy wstępnej z odrzwi pojedynczych (zewnętrznych) a następnie - w pewnej odległości ze czołem przodku - zabudowanie odrzwi wewnętrznych obudowy ostatecznej z wzajemnym ich powiązaniem rozporami.

Konstrukcja obudów podwójnych umożliwia dostosowanie ich kształtu do przejmowania znacznych ciśnień górotworu z każdego kierunku.

W związku z tym, że podwójna stalowa obudowa odrzwiowa o konstrukcji z rozporami radialnymi - przy wszystkich swych zaletach - wymaga wykonania zwiększonego wyłomu wyrobiska, a równocześnie posiada podporność porównywalną z podpornością obudowy podwójnej o konstrukcji "łuk w łuk" (nie wymagającej, przy jej zastosowaniu, zwiększania wyłomu wyrobiska lub tylko zwiększenia nieznacznego) bardzo celowym byłoby przeprowadzenie odpowiednich badań na podstawie których można byłoby dokładnie opracować wytyczne praktycznego stosowania obudowy podwójnej "łuk w łuk", pod warunkiem zapewnienia dostatecznej nośności jej złącz.

Konstrukcja obudowy podwójnej z rozporami radialnymi pozwala na samodzielną pracę złącz tak odrzwi zewnętrznych, jak i wewnętrznych. Natomiast w obudowie podwójnej "łuk w łuk" każde złącze spina z sobą odrzwia zewnętrzne i wewnętrzne, a praca ich nie jest od siebie niezależna. W tej sytuacji o podporności obudowy podwójnej "łuk w łuk" decyduje w dużej mierze nośność złącza, która przy obecnej ich konstrukcji najczęściej nie zapewnia uzyskania optymalnej charakterystyki pracy obudowy. Stąd w pełni uzasadnione jest prowadzenie dalszych badań nad podpornością obudowy podwójnej "łuk w łuk" z uwzględnieniem odpowiedniej konstrukcji złącz zezwalających na pełne wykorzystanie zwiększonej wytrzymałości odrzwi.

Podwójną stalową obudowę odrzwiową o konstrukcji z rozporami radialnymi zaleca się stosować w przypadku konieczności wzmocnienia istniejącej w wyrobisku obudowy pojedynczej wówczas, gdy zachodzi możliwość zmniejszenia przekroju poprzecznego wyrobiska - z uwagi na małą wymaganą tolerancję pasowania odrzwi zewnętrznych i wewnętrznych.

LITERATURA

- [1] Głuch P., Pryczek T., Szczepaniak Z.: Koncepcja poprawy podporności odrzwiowych obudów stalowych. Wiadomości Górnicze 1983/5.
- [2] Mateja J.: Nośność obudowy łukowej. Budownictwo Węglowe. Projekty-Problemy 1982/6.
- [3] Pryczek T.: Podporność wzmocnionych konstrukcji górniczych odrzwiowych obudów stalowych. Gliwice 1988 - praca doktorska, niepublikowana.

- [4] Szczepaniak Z., Urbańczyk J., Pyrczek T.: Badanie i wdrażanie ramowej obudowy stalowej wyrobisk kapitalnych narażonych na deformacyjne ciśnienie górotworu. Prace Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni. Gliwice 1985. Opracowanie końcowe.

КОНСТРУКЦИЯ И НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ДВОЙНОЙ СТАЛЬНОЙ АРОЧНОЙ КРЕПИ

Р е з ю м е

В статье представлены конструкции двойных стальных арочных крепей предусмотренных к применению в капитальных горных выработках подвергну- тых усиленному горному давлению. Кроме того в работе представлены резуль- таты лабораторных исследований несущей способности некоторых конструкции этих крепей в сравнении с несущей способностью обыкновенной крепи изгото- вленной из такого же профиля.

В заключении представлены результаты исследований произведённых в гор- ных выработках.

CONSTRUCTION AND THE LOAD - BEARING CAPACITY OF DOUBLE STEEL SETS FOR MINE ROADWAYS

S u m m a r y

In this paper there are presented construction solutions of double steel sets which can be applied in roadways in the conditions of high rock pressure. There are also presented the results of laboratory research on the load - bearing capacity of these steel sets selected constructions in relation to load - bearing capacity of single steel set which are made of steel section of the same profile and the results of observations double steel set behaviour in mine roadways.