ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1992
Seria: Górnictwo z. 205 Nr kol. 1179

Józef STRAŚ
Instytut Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Ochrony Powierzchni
Politechniki Śląskiej, Gliwice

WODOSZCZELNA OBUDOWA GÓRNICZA WYKONANA Z POWTARZALNYCH ELEMENTÓW ŁUKOWYCH

Streszczenie. W pracy podano wyniki badań laboratoryjnych i ich analizę w zakresie wodoszczelności obudów górniczych wykonanych z powtarzalnych elementów (tubingów) przy zastosowaniu uszczelek płaskich na całych powierzchniach kontaktowych poszczególnych elementów oraz uszczelek profilowanych umieszczonych w specjalnych rowkach. Uszczelki wykonano z ołowiu, polietylenu i masy bitumicznej.

WATERTIGHT MINE SUPPORT MADE OF REPRODUCIBLE ARCH ELEMENTS

Summary. In the paper are given the test results of the watertightness of mine suppotrs made of reproducible arch elements using sheet gaskets and profile gaskets. The gaskets were made of lead, polyethylene and bituminous mass.

ВОДОНЕПРОНИЦАЕМАЯ ГОРНАЯ КРЕПЬ ИЗ ПОВТОРЯЮЩИХСЯ АРОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Резюме. В работе представлены результаты лабораторных исследований и проведен их анализ в области водонепроницаемости крепей, сделанных из повторяющихся элементов тюбингов с использованием плоских прокладок на всей контактой поверхности отдельных элементов, а также профилированных прокладок, укладываемых в специальные канавки. Прокладки были выполнены из свинца, полиэтилена и битумной массы.

1. WSTĘP

W budownictwie górniczym często zachodzi potrzeba wykonania obudów odpowiednio wytrzymałych i wodoszczelnych. Szczególnie dotyczy to wyrobisk lokalizowanych w warunkach geotehnicznych określanych jako trudne. Pojęcie to wiąże się przede wszystkim ze wzrostem naprężeń pierwotnych w górotworze i stopniem wytężenia skał otaczających wyrobiska.

Oprócz trudności związanych z istniejącym stanem naprężenia nierzadko sprawę komplikują trudne warunki geologiczne i hydrogeologiczne.

Dotyczy to przede wszystkim głównych wyrobisk udostępniających, jakimi są szyby, które muszą być lokalizowane w skałach formacji: czwartorzędowych, trzeciorzędowych i starszych. Powoduje to zmianę warunków geologiczno-górniczych na odcinku kilkudziesięciu lub kilkuset metrów, stwarzając niekorzystne z wytrzymałościowego punktu widzenia warunki pracy obudowy tych wyrobisk.

W praktyce polskiego i światowego górnictwa w takich przypadkach stosuje się specjalne zabiegi profilaktyczne polegające na podwyższeniu wytrzymałości skał otaczających poprzez ich cementację lub mrożenie. Równolegle z wymienionymi zabiegami profilaktycznymi, w których napotyka się trudne warunki geologiczne i hydrogeologiczne, stosuje się obudowy o dużej wytrzymałości oraz pełnej wodoszczelności.

W przypadku stosowania mrożenia górotworu mamy do czynienia z dużymi różnicami temperatur nierzadko przekraczającymi $\Delta t = 30^{o}C$, które powodują zmiany liniowe wymiarów elementów obudowy sięgające rzędu 1,0 mm powodujące trwałe odkształtcenia uszczelek ołowianych i występowania lokalnych nieszczelności obudowy.

Dla zapewnienia wodoszczelności obudowy stosuje się również specjalne konstrukcje obudów, wykonywanych z elementów stalowych lub żeliwnych w postaci tubingów, lub też obudów wielowarstwowych wykonywanych z betonu czy żelbetonu przy uszczelnieniu cylindra obudowy jedną lub kilkoma warstwami amortyzacyjno-poślizgowymi. Skuteczność stosowania wymienionych obudów wodoszczelnych związana jest z warunkami samego szybu.

Nierzadko warunki techniczno-eksploatacyjne wymagają jednoczesnego stosowania w jednym szybie obydwu rodzajów obudowy (np. w przypadku konieczności wymiany uszkodzonego odcinka obudowy wielowarstwowej). W ostatnich latach w technice budownictwa szybowego stosuje się również obudowy wykorzystujące ideę obudowy tubingowej, tj. zabezpieczenie ociosów za pomocą powtarzalnych elementów łukowych, lecz elementy te wykonywane są z betonu lub pierścieni żelbetowych tzw. paneli. Ten typ konstrukcji obudowy znajduje zastosowanie

również w budownictwie tunelowym i hydrotechnicznym jako obudowa wstępna lub ostateczna. Wymogi stawiane obudowom tunelowym są często bardzo wysokie, warunki szczelności dla tego typu obudów wynoszą 0,2 l/m^2/dobę z tunelu bez wykropleń się wody.

We wszystkich zastosowaniach obudowy wodoszczelnej głównym problemem technicznym jest zapewnienie praktycznie pełnej wodoszczelności obudowy już w trakcie jej wykonania, bowiem późniejsze próby doszczelnienia stwarzają trudności natury technicznej oraz technologicznej i niekiedy nie dają pożądanych rezultatów.

Wodoszczelność obudów tubingowych uzyskiwana jest poprzez zastosowanie wkładek ołowianych, umieszczonych wzdłuż pionowych i poziomych płaszczyzn kontaktu między elementami i doszczelnionych przez rozklepanie lub kołowanie tych uszczelek w płaszczyznach połączeń elementów. Znane są również obudowy tubingowe lub segmentowe uszczelnione przez uszczelki opasujące elementy. Występuje wówczas kontakt uszczelki jednego elementu z uszczelką drugiego, co przy niekontrolowanym przesunięciu elementów prowadzi do utraty szczelności obudowy.

W celu usunięcia wymienionych niedogodności podjęto próbę opracowania obudowy górniczej tak uszczelnionej, aby skutecznie zabezpieczała przestrzeń wyrobiska górniczego przed dopływem wody z otaczającego górotworu.

W celu przeprowadzenia badań laboratoryjnych w tym zakresie opracowano stanowisko do badań szczelności połączeń łukowych elementów obudów górniczych, które pozwala na odwzorowanie stanu naprężenia i odkształcenia, jaki występuje w warunkach naturalnych.

Na podstawie przeprowadzonych badań przy uwzględnieniu kształtu uszczelki, sposobu jej ułożenia na tubingu, rodzaju materiału do wykonania uszczelnienia oraz technologii łączenia elementów obudowy opracowano nowe rozwiązanie konstrukcyjne uszczelniania powtarzalnych elementów łukowych dla wykonawstwa wodoszczelnej obudowy górniczej.

2. SKUTECZNOŚĆ STOSOWANIA OBUDOWY TUBINGOWEJ Z PŁASKĄ USZCZELKĄ OŁOWIANĄ

Obudowa tubingowa jest jedną z najlepszych, ale zarazem najdroższych obudów górniczych. Cechuje ją duża trwałość i wytrzymałość oraz odporność na działanie agresywnych wód podziemnych przy jej wysokiej wodoszczelności. Obudowa ta pomimo wielu zalet jest jednak bardzo wrażliwa na warunki jej zabudowy i późniejszej eksploatacji.

Rola tych warunków, szczególnie zaś warunków technicznych, jest w praktyce niedoceniania, w wyniku czego obudowa tubingowa nie zawsze jest wodoszczelna już w okresie jej montażu, a w czasie jej eksploatacji dochodzi nawet do jej uszkodzenia. Jak bowiem wynika z pracy [8], obudowa tubingowa podlega znacznym wpływom temperatury z uwagi na bardzo dobrą przewodność cieplną i wysoki współczynnik rozszerzalności liniowej. Można tutaj wyróżnić trzy okresy, w których dochodzi do powstania nieszczelności obudowy tubingowej:

- okres zabudowy (montażu),
- okres rozmrażania górotworu,
- okres eksploatacji wyrobiska.

Zasadnicze znaczenie dla szczelności obudowy tubingowej ma maksymalna temperatura w okresie wiązania betonu wypełniającego pustą przestrzeń między wyłomem a zewnętrznym płaszczem obudowy tubingowej, gdyż w tym czasie następuje największe wydłużenie tubingów i największe zmniejszenie grubości uszczelki ołowianej. Przykładowo, dla temperatury $t = +60^{o}C$, uszczelka zmniejsza swoją grubość o 1,01 mm. Na podstawie pomiarów temperatury aparaturą tensometryczną w szybach Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego oraz Rybnickiego Okręgu Węglowego stwierdzono, że obudowa betonowa osiąga w okresie wiązania temperaturę ok. $+60^{o}C$, a dodatnia temperatura obudowy utrzymuje się przez okres 2 - 3 miesięcy. Tak więc uszczelnienie obudowy tubingowej powinno być wykonane dopiero po jej ochłodzeniu, w okresie najniższych temperatur, a wówczas będzie ono najskuteczniejsze.

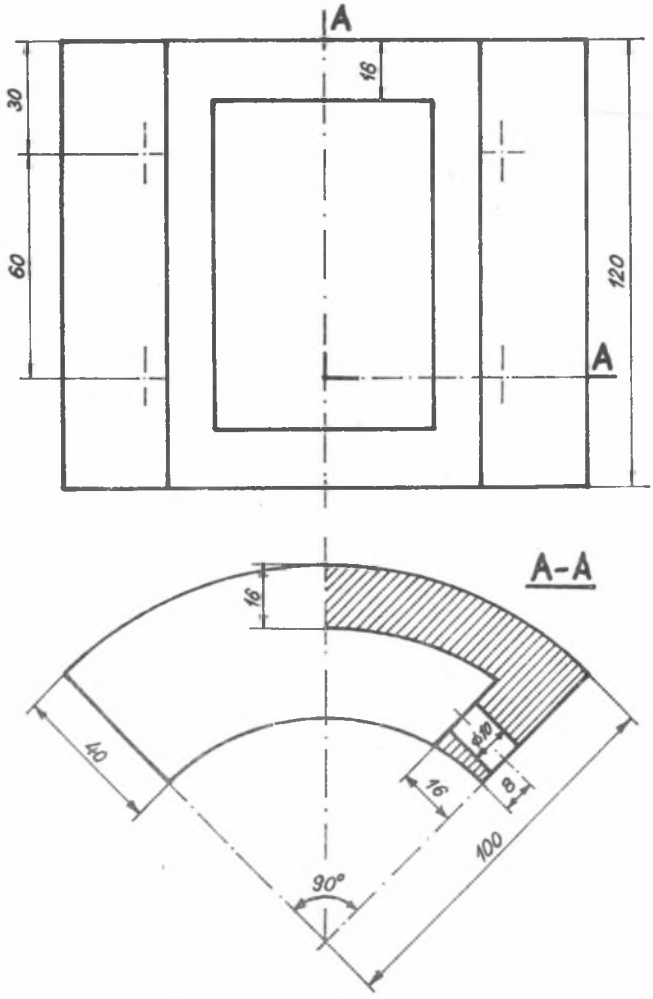
Kolejnym okresem, w którym może dojść do powstania nieszczelności obudowy tubingowej, jest okres rozmrażania górotworu, gdyż pojawiają się wówczas naprężenia rozciągające, które powodują tworzenie się poziomych szczelin i rozchodzenie się styków tubingów [8].

W czasie eksploatacji wyrobiska z obudową tubingową można również zauważyć powstawanie nieszczelności związane z wahaniami temperatury powietrza w poszczególnych porach roku [8]. Uwzględniając zmiany sezonowe temperatur rzędu $18^{o}C$ i wielkość współczynnika rozszerzalności liniowej żeliwa $\lambda = 9 \cdot 10^{-6}$ $1/^{o}C$, można obliczyć, że przy wysokości tubingów 1,5 m powstaje szczelina o wielkości 0,24 mm, co przy średnicy wewnętrznej obudowy 6,0 m odpowiada otworowi o średnicy 7,5 cm na każdym połączeniu pierścienia obudowy. Rozklepywanie naroży uszczelki poprawia sytuację tylko na jeden sezon, gdyż uszczelka ołowiana w ciągu roku ponownie ulegnie zgnieceniu.

3. NOWE ROZWIĄZANIE KONSTRUKCYJNE OBUDÓW WODOSZCZELNYCH Z POWTARZALNYCH ELEMENTÓW ŁUKOWYCH

Dla przeprowadzenia badań szczelności połączeń obudowy z powtarzalnych elementów łukowych w zależności od zastosowanego materiału uszczelniającego i kształtu samych uszczelek wykonano dwa rodzaje modeli segmentów obudowy:

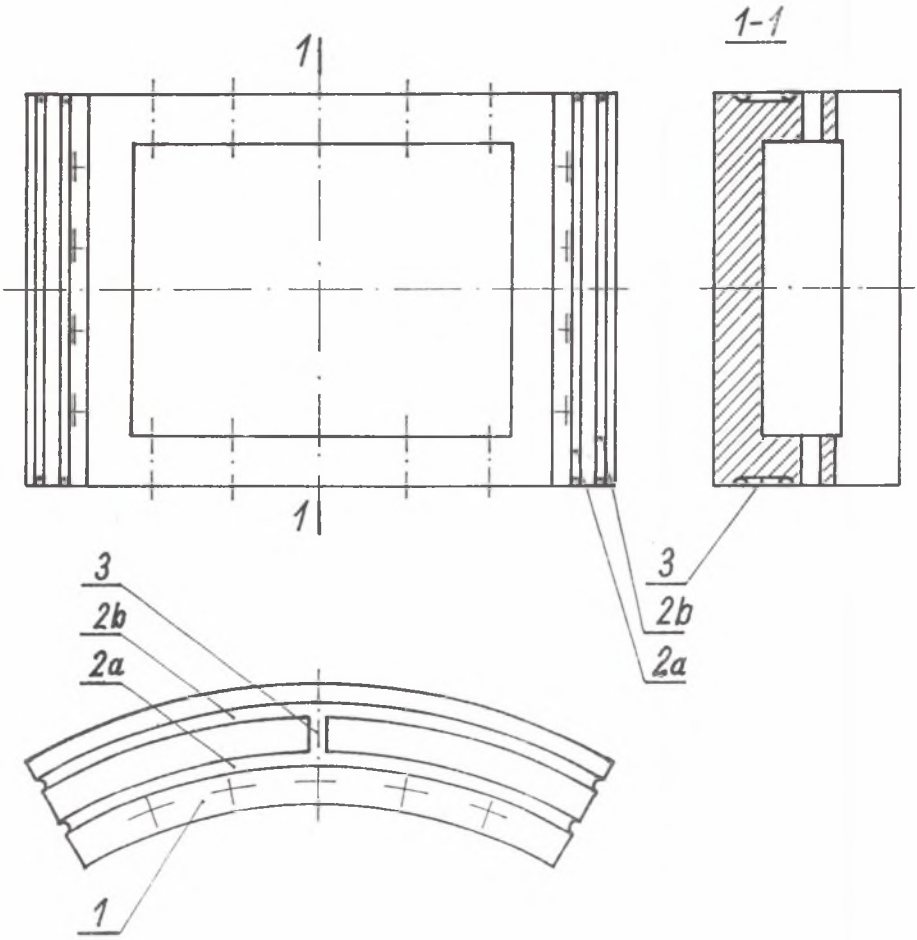
- model elementów łukowych z kołnierzami gładkimi,
- model elementów łukowych z rowkami w kołnierzach.



Rys. 1 Model elementu obudowy do badań z uszczelką płaską

Fig. 1 Model of an element of mine support for laboratory testing with a sheet gasket

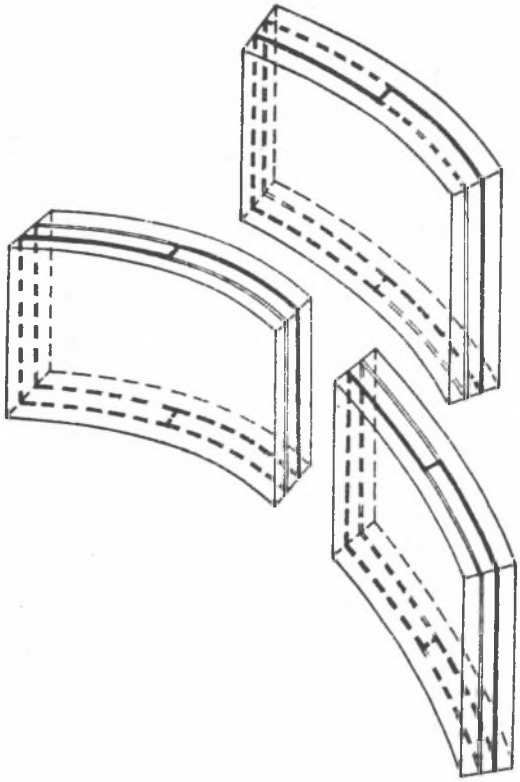
W pierwszych rozwiązanich modele segmentów obudowy z gładką powierzchnią kołnierzy (rys.1) przeznaczone są do badań szczelności połączeń uszczelnionych standardową, płaską uszczelką ołowianą o grubości około 3 mm i stanowią porównanie w stosunku do nowego proponowanego rozwiązania. Segmenty obudowy wykonano z żeliwa szarego, dokonując obróbki powierzchni zewnętrznych ich kołnierzy. Każdy pierścień obudowy montowano, wykorzystując cztery jednakowe elementy łukowe.



Rys.2 Model elementu obudowy do badań z uszczelką profilową: 1 - element łukowy, 2a - rowki wewnętrzne, 2b - rowki zewnętrzne, 3 - rowki pośrednie

Fig.2 Model of an element of mine support for laboratory testing with a profile gasket

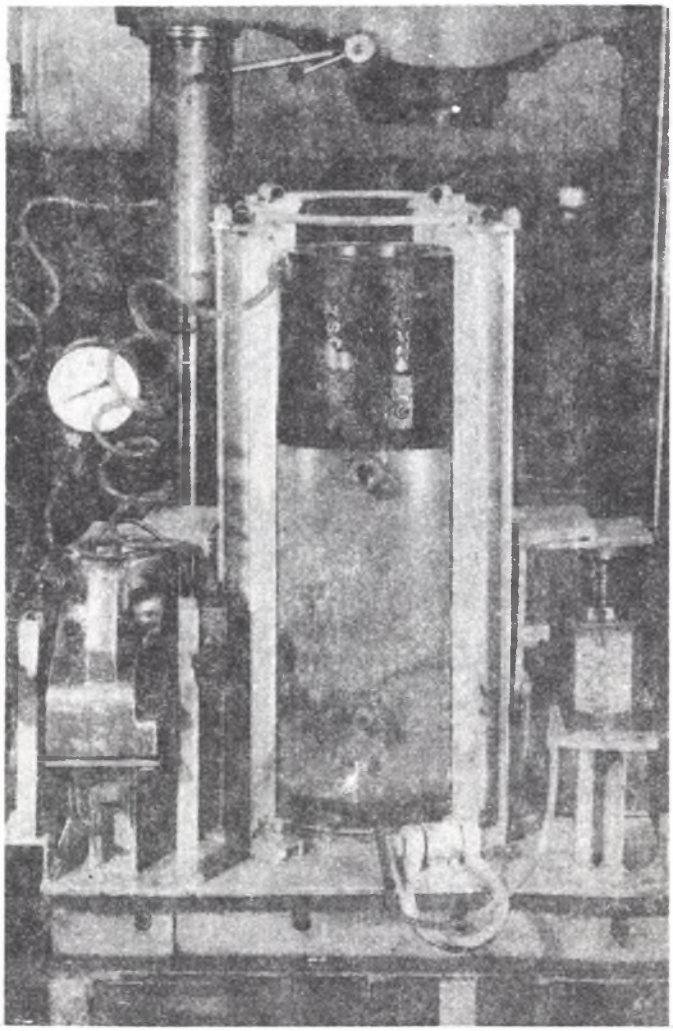
W drugim rozwiązaniu modele segmentów obudowy z rowkami wykonanymi w kołnierzach (rys.2) przeznaczono do badań szczelności połączeń przy zastosowaniu uszczelki profilowej. Obudowa według nowego rozwiązania wykonana jest z elementów łukowych łączonych w pierścienie przy zachowaniu współosiowości i przesunięciu w stosunku do pierścienia sąsiedniego o połowę długości łuku elementu. Charakteryzuje się ona tym, że na płaszczyznach kontaktowych każdego elementu są wykonane rowki wewnętrzne 2a, zewnętrzne 2b i pośrednie 3 (rys.2). Rowki 2a i 2b usytuowane są obok siebie w jednakowych odstępach od krawędzi elementu i stanowią dwa koła o wspólnym środku pokrywającym się z osią obudowy i połączone są rowkami pośrednimi 3 usytuowanymi w dwóch przeciwległych, korzystnie łukowych, płaszczyznach elementu, wzdłuż promienia łuku i połowie długości łuku.



Rys.3 Usytuowanie elementów obudowy w technologicznym zestawieniu (linią pogrubioną zaznaczono sposób ułożenia uszczelki w rowkach)

Fig.3. Elements of mine support in a technological setup (the thick line marks the layout of seal in grooves)

W rowkach tych umieszczona jest uszczelka bez końca (rys.3), która opasuje element przebiegając do połowy elementu w rowku wewnętrznym 2a, następnie poprzez rowek pośredni 3 w rowku zewnętrznym 2b i poprzez przeciwległy rowek pośredni 3 wraca do rowka wewnętrznego 2a.



Rys.4 Widok stanowiska badawczego z założonym odcinkiem obudowy

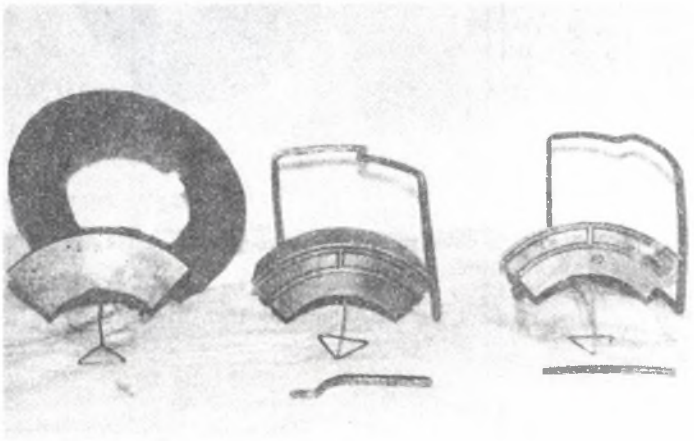
Fig.4 View of a test stand with a segment of mine support

Rozwiązanie takie daje skuteczne uszczelnienie, przy którym wszystkie połączenia uzyskują podwójny sposób zabezpieczeń przed wdarciem się wody do wyrobiska, a także powoduje dodatkowe uszczelnienie radialne elementów obudowy w miejscach kontaktujących się naroży.

Na przedstawione nowe rozwiązanie konstrukcyjne wodoszczelnej obudowy górniczej z powtarzalnych elementów łukowych uzyskano ochronę patentową PRL za nr 140402. Warszawa, 25.03.1988r.

4. METODYKA I SPOSÓB PROWADZENIA BADAŃ

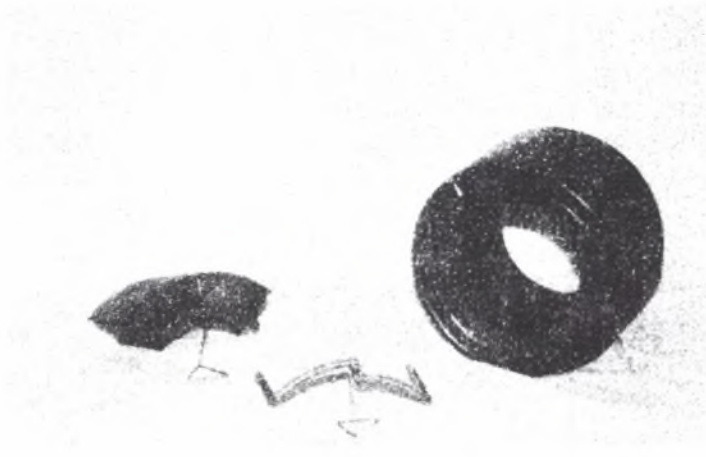
Badania laboratoryjne wykonano w stanowisku badawczym (rys.4), którego zasadniczą częścią jest komora trójosiowego ściskania. W komorze tej umieszcza się odcinek obudowy z dwóch pierścieni, z których każdy składa się z 4 segmentów. Dwa pełne pierścienie obudowy umożliwiają odwzorowanie układu obudowy, jakie ma miejsce w praktyce. Przy montażu pierścieni obudowy dokonywano przesunięcia poszczególnych elementów w pierścieniach sąsiednich o połowę długości ich łuku, zachowując jednocześnie ich współosiowość.



Rys.5 Żeliwo łukowe elementy obudowy wraz z uszczelkami
Fig.5 Cast iron arch elements of mine support with gaskets

Obciążenie badanego odcinka obudowy wywierane było dwoma odrębnymi układami:
- prasą hydrauliczną o zakresie 1 MN do wywołania obciążenia osiowego obudowy,
- hydraulicznym układem zasilania komory trójosiowego ściskania do ciśnienia 12 MPa w celu wywołania obciążenia bocznego.

Stanowisko badawcze (rys.4) wyposażono również w hydrauliczny układ podnoszenia i opuszczania cylindra komory w celu swobodnego i dokładnego ustawiania modelu obudowy na tłoku komory. Prasą hydrauliczną nadaje się wstępną wielkość obciążenia osiowego, po czym odrębną pompą tłoczy się ciecz do przestrzeni między zewnętrzną powierzchnią obudowy a wewnętrzną powierzchnią korpusu komory.



Rys.6 Pierścień obudowy z powtarzalnych łukowych elementów z rowkami na kołnierzach

Fig.6 Ring of a mine support of reproducible arch elements with grooves on flanges

Ciecz tłoczy się do momentu uzyskania żądanej wartości ciśnienia wewnątrz komory, którą to wielkość rejestruje zainstalowany manometr.

W celu dokonania oceny przydatności uszczelek oraz zaproponowanych rozwiązań konstrukcyjnych dla obudowy z powtarzalnych elementów łukowych dokonywano pomiaru ilości cieczy przenikającej przez uszczelnienia w stałych okresach czasowych po ustabilizowaniu się wpływu cieczy w zadanym układzie obciążenia. Spływająca do dolnej części tłoka ciecz odprowadzana była do

naczynia miarowego poprzez wykonany w tłoku otwór i założoną do niego końcówkę z rurki.

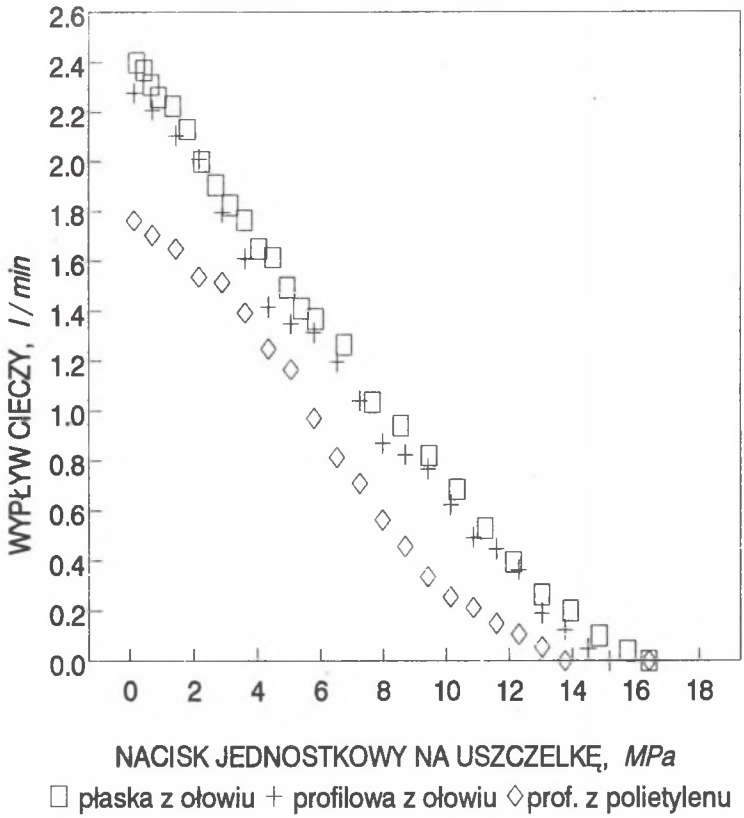
Badania laboratoryjne ukierunkowano na poszukiwanie ciśnienia cieczy, przy którym ilość przepływającej cieczy przez uszczelnienia będzie najmniejsza w zależności od wartości obciążenia osiowego obudowy oraz ciśnienia bocznego. W czasie trwania badań dążono do zachowania takiego stanu obciążenia, przy którym jednostkowe naciski na uszczelki zarówno w pionie, jak i w poziomie byłyby sobie równe lub bardzo do siebie zbliżone.

5. WYNIKI BADAŃ LABORATORYJNYCH W ZAKRESIE SZCZELNOŚCI POŁĄCZEŃ POWTARZALNYCH ELEMENTÓW ŁUKOWYCH

Wykonane badania laboratoryjne w zakresie szczelności obudowy z elementów łukowych dały możliwość porównania wpływu obciążenia osiowego i ciśnienia bocznego na ilość przepływającej cieczy przez badany odcinek obudowy. Opracowane konstrukcje uszczelnień przebadano w identyczny sposób w celu dokonania analizy porównawczej wyników badań.

Wyniki badań zestawiono w tablicach 1-4 oraz przedstawiono wykreślnie na rys.7, z których wynika, że zasadniczy wpływ na szczelność połączeń obudowy ma obciążenie osiowe w obudowie. Z porównania uszczelnień z ołowiu i polietylenu wynika, że uszczelki z polietylenu wymagają dla uzyskania pełnej szczelności nieco mniejszych obciążeń jednostkowych.

Na uwagę zasługuje fakt, że dla uzyskania pełnej wodoszczelności przy stosowaniu uszczelek z ołowiu wymagany był nacisk w osi obudowy zapewniający naprężenia rzędu 14,9 - 16,7 MPa. Wartości te w przeliczeniu do średnicy obudowy 5,0 m narzucają konieczność dociągu śrub łączących z siłą 1 MN każdą. Uzyskanie takich naciągów śrub jest niemożliwe, dlatego wskazane jest stosowanie w takich przypadkach pomostów z podnośnikami hydraulicznymi umożliwiającymi właściwy docisk zabudowywanego pierścienia obudowy do zabudowanej kolumny tubingów. Stosowanie uszczelek profilowych z ołowiu z uwagi na mniejszą ich powierzchnię kontaktową pomniejsza wielkość wymaganej siły docisku elementów, jednak nie w takim zakresie, by zapewnić pełną szczelność na poszczególnych złączach. Ponadto zaobserwowano, że przy odciążeniu obudowy uszczelki z ołowiu traciły szczelność i występowała duża trudność uzyskania powtórnej szczelności przy zwiększaniu obciążenia zarówno w pionie, jak i w poziomie. Natomiast uszczelnienia z polietylenu ze względu na większą sprężystość pozwalały na uzyskanie powtórnej pełnej szczelności obudowy, ale już przy większym ok. 10% obciążeniu niż poprzednio. Kolejnym



Rys.7 Ilość przepływającej cieczy przez uszczelnienia w zależności od nacisku jednostkowego na uszczelki

Fig.7 The quantity of liquid flowing through the sealings dependending on unit pressure on the gaskets

materiałem, z którego wykonano uszczelki, była masa bitumiczna, którą przebadano w dwóch wariantach, a mianowicie: stosując uszczelkę płaską na całej powierzchni kołnierzy elementów oraz uszczelkę profilową umieszczoną w rowkach na płaszczyznach kontaktowych elementów według rozwiązania jak na rys. 2 i 3. W badaniach tych z uwagi na dużą przyczepność uszczelki do żeliwa określano wielkość ciśnienia cieczy działającej na zewnętrzny płaszcz obudowy, przy którym nastąpiła utrata szczelności połączonych elementów obudowy. Dla płaskich uszczelek z masy bitumicznej obudowa tubingowa traciła szczelność

przy ciśnieniach zewnętrznych cieczy równych 5 MPa, natomiast dla uszczelek profilowych jak na rys.2 założonych w rowki wielkość ciśnienia cieczy wzrastała do 7 MPa (tabl. 4).

Tablica 1

Wyniki badań w zakresie szczelności obudowy górniczej wykonanej z powtarzalnych elementów łukowych przy zastosowaniu uszczelek płaskich z ołowiu

Lp.	Nacisk jednostkowy na uszczelkę [MPa]	Wypływ cieczy [l / min]		
		pomiar 1	pomiar 2	średnio
1	0.22	2.42	2.38	2.40
2	0.45	2.39	2.35	2.37
3	0.67	2.34	2.28	2.31
4	0.90	2.28	2.24	2.26
5	1.35	2.25	2.20	2.23
6	1.80	2.18	2.08	2.13
7	2.25	2.04	1.96	2.00
8	2.70	1.95	1.86	1.91
9	3.15	1.90	1.75	1.83
10	3.60	1.83	1.70	1.77
11	4.05	1.67	1.63	1.65
12	4.50	1.64	1.59	1.62
13	4.95	1.52	1.47	1.50
14	5.40	1.45	1.37	1.41
15	5.85	1.42	1.32	1.37
16	6.75	1.28	1.25	1.27
17	7.65	1.06	1.01	1.04
18	8.55	0.98	0.90	0.94
19	9.45	0.86	0.76	0.82
20	10.35	0.72	0.65	0.69
21	11.25	0.58	0.48	0.53
22	12.15	0.43	0.36	0.40
23	13.05	0.30	0.23	0.27
24	13.95	0.22	0.18	0.20
25	14.85	0.12	0.08	0.10
26	15.75	0.05	0.03	0.04
27	16.42	0.00	0.00	0.00

Mając na uwadze ujemne cechy uszczelek wykonanych z ołowiu oraz wyniki badań laboratoryjnych, należy stwierdzić, że ołów może być z powodzeniem zastąpiony tutaj innym materiałem wykonanym na bazie tworzyw sztucznych lub mas bitumicznych.

Tablica 2

Wyniki badań w zakresie szczelności obudowy górniczej wykonanej z powtarzalnych elementów łukowych przy zastosowaniu uszczelek profilowych z ołowiu

Lp.	Nacisk jednostkowy na uszczelkę [MPa]	Wypływ cieczy [l / min]			
		pomiar 1	pomiar 2	pomiar 3	średnio
1	0.14	2.33	2.28	2.22	2.28
2	0.72	2.30	2.18	2.14	2.21
3	1.45	2.17	2.11	2.03	2.10
4	2.17	2.08	2.00	1.95	2.01
5	2.90	1.84	1.80	1.75	1.80
6	3.62	1.65	1.61	1.57	1.61
7	4.35	1.45	1.42	1.38	1.42
8	5.07	1.40	1.35	1.30	1.35
9	5.80	1.36	1.32	1.26	1.31
10	6.52	1.25	1.19	1.15	1.20
11	7.25	1.10	1.04	0.98	1.04
12	7.97	0.90	0.86	0.85	0.87
13	8.70	0.88	0.82	0.77	0.82
14	9.42	0.83	0.78	0.69	0.77
15	10.15	0.70	0.62	0.55	0.62
16	10.87	0.54	0.50	0.44	0.49
17	11.60	0.49	0.45	0.40	0.45
18	12.32	0.43	0.36	0.30	0.36
19	13.05	0.21	0.20	0.16	0.19
20	13.77	0.15	0.12	0.10	0.12
21	14.50	0.07	0.05	0.03	0.05
22	15.18	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablica 3

Wyniki badań w zakresie szczelności obudowy górniczej wykonanej z powtarzalnych elementów łukowych przy zastosowaniu uszczelek profilowych z polietylenu

Lp.	Nacisk jednostkowy na uszczelkę [MPa]	Wypływ cieczy [l/min]			
		pomiar 1	pomiar 2	pomiar 3	średnio
1	0.14	1.82	1.75	1.72	1.76
2	0.72	1.76	1.70	1.65	1.70
3	1.45	1.68	1.65	1.62	1.65
4	2.17	1.57	1.54	1.50	1.54
5	2.90	1.61	1.48	1.45	1.51
6	3.62	1.44	1.38	1.36	1.39
7	4.35	1.30	1.25	1.20	1.25
8	5.07	1.22	1.16	1.12	1.17
9	5.80	1.05	0.96	0.90	0.97
10	6.52	0.88	0.82	0.74	0.81
11	7.25	0.77	0.70	0.66	0.71
12	7.97	0.59	0.56	0.54	0.56
13	8.70	0.49	0.46	0.42	0.46
14	9.42	0.37	0.34	0.30	0.34
15	10.15	0.29	0.26	0.22	0.26
16	10.87	0.25	0.21	0.18	0.21
17	11.60	0.18	0.15	0.12	0.15
18	12.32	0.13	0.11	0.08	0.11
19	13.05	0.09	0.05	0.03	0.06
20	13.58	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabliba 4

Uśrednione wyniki badań szczelności obudowy górniczej wykonanej z powtarzalnych elementów łukowych przy zastosowaniu uszczelek z masy bitumicznej

Lp.	Obciążenie pionowe odcinka obudowy [kN]	Naprężenia w uszczelkach poziomych [MPa]	Ciśnienia boczne cieczy [MPa]	Naprężenia w uszczelkach pionowych [MPa]	Średni wydatek wypływu cieczy [l/min]
dla płaskiej uszczelki					
1	200	9.00	1.00	2.10	0.00
2	200	9.00	2.00	4.20	0.00
3	200	9.00	3.00	6.30	0.00
4	200	9.00	4.00	8.40	0.00
5	200	9.00	5.00	10.50	0.07
6	200	9.00	7.00	14.70	0.65
dla profilowej uszczelki założonej w rowki					
1	100	14.50	1.00	2.34	0.00
2	100	14.50	2.00	4.68	0.00
3	100	14.50	3.00	7.02	0.00
4	100	14.50	4.00	9.36	0.00
5	100	14.50	5.00	11.70	0.00
6	100	14.50	6.00	14.04	0.00
7	100	14.50	7.00	16.38	0.08
8	100	14.50	8.00	18.72	0.27

6. WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania dołowe zachowania się obudowy z tubingów żeliwnych z uszczelkami z ołowiu [8] jak również wykonane badania laboratoryjne w tym zakresie wykazały małą skuteczność uszczelnień z ołowiu dla uzyskania pełnej wodoszczelności obudowy.

2. Z przeprowadzonych badań laboratoryjnych wynika, że zasadniczy wpływ na szczelność obudowy z elementów łukowych ma obciążenie pionowe (osiowe) w budowie, przy czym wzrost ciśnienia cieczy pociąga za sobą wzrost obciążenia osiowego dla otrzymania wodoszczelności połączeń poszczególnych elementów.

3. Wymagany nacisk jednostkowy dla uszczelnień z ołowiu do uzyskania pełnej szczelności wynosił ok. 16 MPa.

4. Z badań wynika również, że do otrzymania pełnej szczelności obudowy wymagana wielkość docisku elementów w pionie przy zastosowaniu uszczelek profilowych z polietylenu jest nieco mniejsza niż dla takich samych uszczelnień z ołowiu.

5. Zastosowana na uszczelki masa bitumiczna zapewniała szczelność badanego odcinka obudowy do ciśnienia bocznego cieczy 4 MPa dla uszczelek płaskich oraz 6 MPa dla uszczelek profilowych założonych w rowki.

6. Proponowane do stosowania uszczelnienia profilowe wymagają znacznie mniejszych nacisków dla wytworzenia odkształceń plastycznych w uszczelkach i uzyskania pełnej szczelności połączeń obudowy w porównaniu z uszczelkami płaskimi na kontakcie całej powierzchni kołnierzy poszczególnych elementów łukowych.

7. Przebadane nowe rozwiązanie konstrukcyjne obudowy górniczej z powtarzalnych elementów łukowych daje skuteczne uszczelnienie, przy którym wszystkie połączenia elementów uzyskują podwójny sposób zabezpieczenia przed wdarciem się wody do wyrobiska, a także daje dodatkowe uszczelnienie radialne elementów obudowy w miejscach kontaktujących się naroży.

LITERATURA

[1] *Calikowski R., Kumala J.:* Analiza zmiany temperatury w czasie głębienia szybu. Rudy i Metale Nieżelazne nr 2, 1968.

[2] *Czarnecki L., Grabiński C.:* Polietylen - własności, przetwórstwo, zastosowanie. Polimery 14, 1969.

[3] *Godziak J.*: Ustalenie technologii układania i pielęgnowania masy betonowej w górotworze zamrożonym. Maszynopis z Zakładu Badań i Doświadczeń Budownictwa Górniczego. Katowice 1967.

[4] *Irzyk M., Pogorzelski J., Kukliński E.*: Tworzywa sztuczne w budownictwie. Arkady. Warszawa 1968.

[5] *Jagues P.A.*: Stansted arrival. World Tunnelling. London. December 1989.

[6] *Karwacki J.*: Projektowanie obudowy wodoszczelnej głębokich szybów mrożonych w Europie Zachodniej i Ameryce Północnej. Przegląd Górniczy nr 6, 1966.

[7] *Małoszewski J.*: Nowoczesne technologie głębienia szybów i drążenia wyrobisk korytarzowych. Materiały z Konferencji z Kokotka k. Lublińca, 1978.

[8] *Posyłek E., Kopeć W.*: Wpływ warunków termicznych na zachowanie się i wodoszczelność obudowy tubingowej. Przegląd Górniczy nr 2, 1967.

[9] *Schweitzer R.*: Głębienie szybu Vernejoul w skałach wodonośnych: obudowa z betonu zbrojonego. Materiały z prac Państwowej Rady Górnictwa z. 16. Warszawa 1958.

[10] *Urung K.*: Współczesne rozwiązania stalowo-betonowych obudów szybowych. Projekty-Problemy nr 3, 1968.

[11] *Ward J.M.*: Mechaniczne własności polimerów jako tworzyw konstrukcyjnych. PWN, Warszawa 1975.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. **Kazimierz RUŁKA**

Wpłynęło do Redakcji w kwietniu 1992 r.