

Mirosław CHUDEK

Kazimierz PODGÓRSKI

Józef STRAŚ

Instytut Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni
Politechniki Śląskiej

BADANIA WODOSZCZELNOŚCI POŁĄCZEŃ TUBINGÓW ŻELIWNYCH PRZY ZASTOSOWANIU USZCZELNIEŃ Z TWORZYW SZTUCZNYCH

Streszczenie. W pracy podano nowe rozwiązanie konstrukcyjne uszczelnień obudowy tubingowej. Przedstawiono stanowisko do badania wodoszczelności połączeń tubingów w zakresie ciśnienia do 10 MPa oraz zestawiono wyniki badań i dokonano oceny przydatności proponowanych rozwiązań.

1. Wstęp

W przypadku występowania trudnych warunków hydrogeologicznych w górotworze stosuje się przy głębianiu szybów specjalne metody ich głębiania oraz zabezpiecza się wyłom obudową tubingową. Skuteczność stosowania obudowy tubingowej determinowana jest między innymi rodzajem i jakością stosowanych uszczelnień pomiędzy poszczególnymi tubingami. Jak wykazują doświadczenia praktyczne stosowane w chwili obecnej sposoby uszczelniania obudowy tubingowej, polegające na umieszczeniu pomiędzy tubingami uszczelnień ołowianych w formie wkładek o grubości ok. 3 mm nie zapewniają dostatecznej szczelności kolumnie tubingów. Powodem tego stanu rzeczy są odkształcenia plastyczne uszczelki spowodowane naprężeniami ścisłującymi, wywołane przede wszystkim masą tubingów oraz zmianą ich wymiarów liniowych na skutek różnicy temperatur, jakie występują przy stosowaniu metody głębiania szybu z zamrażaniem górotworu.

Mając na względzie niedoskonałość stosowanego uszczelniania tubingów w postaci wkładek ołowianych podjęto problem opracowania innego typu uszczelniania obudowy tubingowej, biorąc pod uwagę konstrukcję, kształt uszczelki, sposób jej ułożenia na tubingu oraz rodzaj materiału do wykonania uszczelnienia.

Opracowane rozwiązania konstrukcyjne przebadano w warunkach laboratoryjnych w celu określenia stopnia szczelności kolumny tubingów w zależności od rodzaju zastosowanego uszczelnienia oraz wielkości obciążenia zewnętrznego działającego na obudowę tubingową.

2. Konstrukcje uszczelnień obudowy tubingowej

Dotychczasowym sposobem uszczelniania tubingów jest stosowanie uszczeltek ołowianych grubości ok. 3 mm na całych płaskich płaszczyznach kontaktowych tubingów. Sposób ten wymaga zużycia dużych ilości ołowiu i nie daje zadowalających wyników, a ponadto jest bardzo pracochłonny.

Na podstawie przeprowadzonych badań własności wytrzymałościowych i reologicznych tworzyw sztucznych dokonano wyboru najodpowiedniejszego rodzaju tworzywa spełniającego wymogi stawiane uszczelnieniom tubingów.

Pod uwagę wzięto przede wszystkim następujące własności:

- parametry peizania,
- wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie,
- odporność na działanie wód agresywnych,
- starzenie się tworzywa,
- oddziaływanie tworzywa i jego składników na możliwość spajania czasowego w atmosferze wodnej i spajania w stosunku do żeliwa.

Najbardziej odpowiednimi tworzywami okazały się: polietylen i kopolimer etylenowo-propylenowy.

Dla opracowania konstrukcji uszczelnień obudowy tubingowej dokonano teoretycznych rozważań odnośnie do technologii łączenia tubingów w praktyce.

Przeprowadzone wstępne badania współpracy uszczeltek z tubingami wykazały, że technologicznie najprostszymi będą uszczelki o przekroju kwadratowym względnie okrągłym (rys. 1).

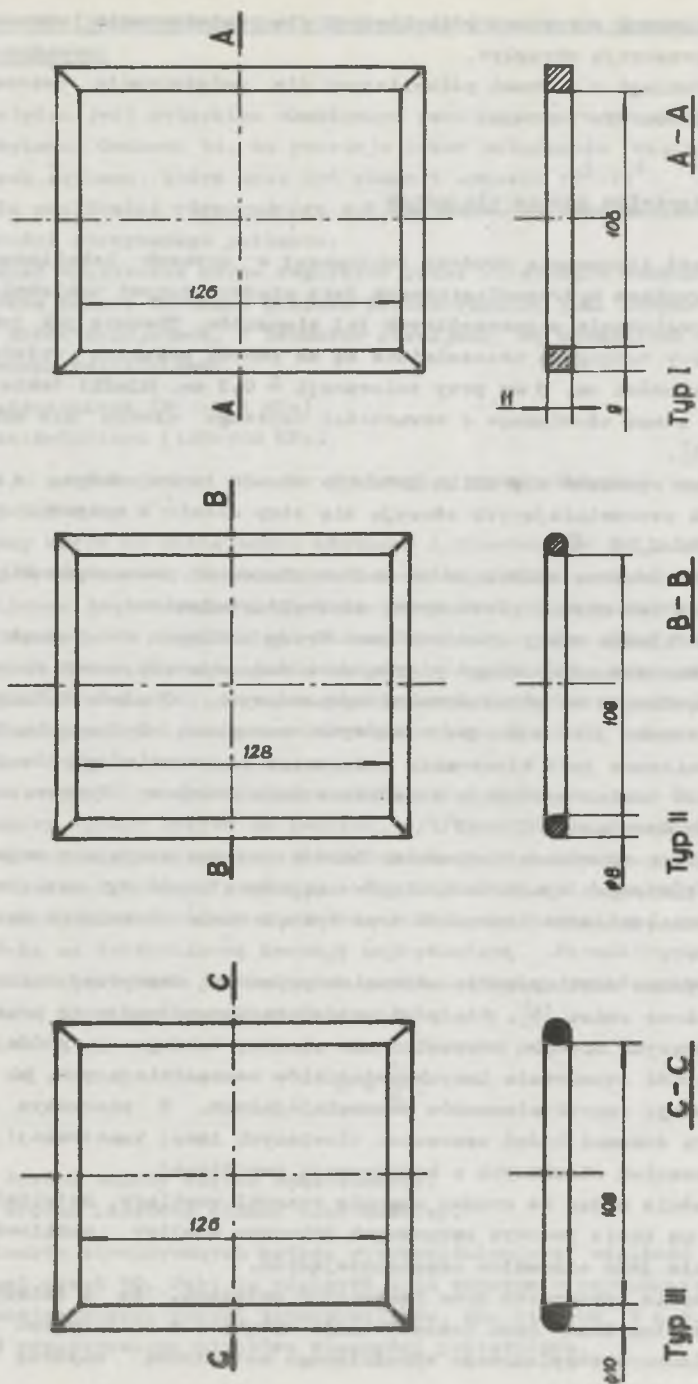
Po dokonaniu analizy parametrów wytrzymałościowych i reologicznych tworzyw sztucznych stwierdzono, że kierunkiem ulepszonej uszczelnień mogą być uszczelki na bazie polietylenu i polipropylenu przy zastosowaniu odpowiednich dodatków zwiększających przyczepność uszczelki do tubinga w procesie obciążenia.

Wstępne badania tworzyw sztucznych jako materiałów do uszczelnień były prowadzone w warunkach reologicznych, w celu stwierdzenia wpływu czasu i stopnia obciążenia na zachowanie się badanego materiału. Dotychczasowy sposób łączenia tubingów w kolumnę polega na przesunięciu ich o połowę długości po obwodzie w sąsiednich pierścieniach montażowych. Aby zapewnić możliwie pełną szczelność każdego z tubingów, zastosowano uszczelki bez połączeń o przekroju poprzecznym: prostokątnym, okrągłym i rurowym.

W każdym tubingu odlanym z żeliwa sferoidalnego dokonano obróbki płaszczyzn łączenia oraz wykonano rowek o odpowiednim profilu dla umieszczenia uszczelki z tworzywa sztucznego.

W efekcie otrzymano trzy rodzaje zestawów obudowy tubingowej:

- typ I - tubingi z rowkami prostokątnymi dla umieszczenia uszczeltek przekroju prostokątnym,



Rys. 1. Rozwiązania konstrukcyjne uszczeliek z tworzywa

- typ II - tubingi z rowkami półkolistymi dla umieszczenia uszczelek o przekroju okrągłym,
- typ III - tubingi z rowkami półkolistymi dla umieszczenia uszczelek o przekroju rurowym.

3. Dobór materiałów uszczelniających

Skuteczność stosowania obudowy tubingowej w szybach lokalizowanych w trudnych warunkach hydrogeologicznych jest między innymi uzależniona od sposobu uszczelniania poszczególnych jej elementów. Obecnie jak już wspomniano obudowy tubingowe uszczelniane są za pomocą płaskich wkładek ołowianych o grubości ok. 3 mm przy tolerancji $\pm 0,2$ mm. Wkładki takie są wykonywane ze stopu ołowianego o zawartości czystego ołowiu nie mniejszej niż 99,6% [1].

W praktyce wytwarza się kilka gatunków ołowiu technicznego, z których do podkładek uszczelniających stosuje się stop ołowiu i antymonu o zawartości Sb 0,06-0,8% [6].

Uszczelki ołowiane zakładane są wzdłuż pionowych płaszczyzn międzyelementowych jak też między płaszczyzny międzypierścieniowe.

Brzegi podkładek winny wystawać poza brzeg tubingu do wewnątrz szybu 3-4 mm. Po zamontowaniu całego pierścienia dokonuje się rozklepywania uszczelek ołowianych na płaszczyznach łączeniowych. Obudowa tubingowa zazwyczaj stosowana jest w bardzo trudnych warunkach hydrogeologicznych, kiedy to konieczne jest stosowanie sztucznego zamrażania górotworu. Stąd też w szybach takich występują stosunkowo duże różnice temperatur mierząco przekraczające $\Delta T = 30^{\circ}$.

Przy takich różnicach temperatur bardzo istotne stają się zmiany temperaturowe liniowych wymiarów tubingów sięgające rzędu 0,5 mm i powodujące trwałe odkształcenia uszczelek oraz występowanie lokalnych nieszczelności obudowy.

Systematyczne rozklepywanie uszczelek poprawia zawsze szczelności na krótki okres czasu [9]. Stąd też za celowe uznano podjęcie prac badawczych dotyczących sposobu uszczelniania obudowy tubingowej, poddając analizie możliwość stosowania innych materiałów uszczelniających, jak też innej konstrukcji samych elementów uszczelniających. W pierwszym rzędzie postanowiono dokonać badań uszczelek ołowianych innej konstrukcji, a mianowicie uszczelek ołowianych o konstrukcji profilowej.

Równocześnie mając na uwadze obecnie szeroki wachlarz materiałów produkowanych na bazie tworzyw sztucznych dokonano analizy możliwości ich wykorzystania jako elementów uszczelniających.

Na podstawie wykonanych prac badawczych ustalono, że w dalszych pracach przedmiotem badań będą uszczelnienia wykonane z polietylenu i kopolimeru etylenowo-propylenowego wypełnionego metaliczną miedzią frakcji 33μ .

4. Własności fizykomechaniczne wytypowanych tworzyw do uszczelnień obudowy tubingowej

Polietylen jest związkem chemicznym powstającym w procesie polimeryzacji etylenu. Oznacza to, że powstaje przez połączenie wielkiej liczby cząsteczek etylenu, która może być różna i wynosić 10^5 - 10^6 . Stwarza to olbrzymie możliwości różnorodnego ich łączenia, co oczywiście ma wpływ na własności otrzymanego polimeru.

Wielkość cząsteczek można regulować przez stosowanie różnych metod produkcji oraz zmianę warunków procesu polimeryzacji, jak: temperatura, ciśnienie, dobór inicjatora. W technice rozwijane są zasadniczo dwie metody otrzymywania polietylenu:

- niskociśnieniowa (0,1-0,5 MPa),
- wysokociśnieniowa (120-300 MPa).

W kraju produkuje się obecnie polietylen wysokociśnieniowy małej gęstości 0,915-0,940 Mg m⁻³.

Istotny wpływ na właściwości użytkowe i przetwórcze polietylenu mają: gęstość, średnia masa cząsteczkowa i rozkład ciężaru cząsteczkowego. Gęstość polimeru jest odzwierciedleniem uporządkowania struktury, a więc pośrednio zawartości rozgałęzień. Im bardziej polietylen jest rozgałęziony, tym stopień uporządkowania jest mniejszy. Od gęstości w znacznym stopniu zależą właściwości, jak: granica plastyczności przy rozciąganiu, nominalny moduł sprężystości, temperatura topnienia, odporność chemiczna, przepuszczalność gazów.

Drugim czynnikiem określającym właściwości polimeru jest średni ciężar cząsteczkowy, który wpływa na lepkość, wytrzymałość na rozciąganie, środowiskową korozję naprężeniową i wydłużenie przy zerwaniu. Istnieje możliwość, że dwie partie nie różniące się lepkością ani gęstością, różnią się łatwością przetwarzania i właściwościami użytkowymi np. udarnością i odpornością na środowiskową korozję naprężeniową. Parametrem rozstrzygającym o właściwościach jest wówczas rozkład ciężaru cząsteczkowego.

Parametr ten określany jest zależnością:

$$U = \frac{M_w}{M_n}$$

gdzie:

M_w - średni wagowy ciężar cząsteczkowy,

M_n - średni liczbowy ciężar cząsteczkowy.

Dla polimerów otrzymywanych metodą wysokociśnieniową wielkość parametru "U" wynosi nawet 50. Jest to wielkość dość znaczna w porównaniu do rozkładu cząsteczkowego innych termoplastyków, dla których $U \leq 3$. W tablicach 1-3 przedstawiono niektóre własności polietylenu.

Tablica 1

Wpływ temperatury na własności mechaniczne polietylenu przy statycznym rozciąganiu

Temp. pomiarów T [°K]	Naprężenie zrywające σ_r			Wydłużenie względne przy zerwaniu ϵ_r		
	wartość średnia [MPa]	odchylenie standardowe [MPa]	współcz. zmienności [%]	wartość średnia [MPa]	odchylenie standardowe [MPa]	współcz. zmienności [%]
233	37,5	2,700	7,2	45	8,9	18
253	33,3	3,100	9,3	48	6,9	14
273	29,9	0,980	3,3	55	3,6	6,5
293	21,3	0,470	2,2	65	5,4 (7,5)	8,3 (12)
313	17,1	1,180	6,9	61	6,6	11
333	13,5	0,365	2,7	59	1,7	2,9
353	9,5	0,210	2,2	46	3,0	6,6

Tablica 2

Wpływ temperatury na własności mechaniczne polietylenu przy statycznym zginaniu

Temp. pomiarów T [°K]	Naprężenia przy określonej strzałce ugięcia σ_{gr}			Moduł sprężystości przy zginaniu E_g		
	wartość średnia [MPa]	odchylenie standardowe [MPa]	współcz. zmienności [%]	wartość średnia [MPa]	odchylenie standardowe [MPa]	współcz. zmienności [%]
233	37,4	0,840	2,2	1630	112,79	6,9
253	24,4	0,800	3,3	1200	44,85	3,7
273	11,3	0,600	5,3	500	35,37	7,1
293	5,3	0,070	1,3	180	3,05	1,7
313	3,6	0,150	4,2	120	3,86	3,2
333	2,7	0,130	4,8	86	5,12	5,9
353	2,0	0,050	2,5	65	1,58	2,4

5. Sposób wykonania uszczelek do badań modelowych wodoszczelności tubin-gów

Przedstawiona konstrukcja uszczelki może być wykonana poprzez proces wtrysku lub poprzez wytłoczenie profilu, jego cięcie, klejenie, zgrzewanie lub termiczne formowanie naroża.

Zdecydowano się, mając na uwadze rzeczywiste wielkości i warunki montażu, na technologię wytłoczenia i kształtowania termicznego naroża. W celu zrealizowania procesu wytłoczenia należało wykonać głowicę formującą,

Tablica 3

Wpływ starzenia polietylenu na zmianę charakterystyk mechanicznych

Rodzaj starzenia	Czas starzenia w tygodniach	Zachowanie wartości początkowej [%]							Twardość Shore'a
		naprężenia kryjące σ_r	wydłużenie względne ϵ_r	granica plastyczności $\sigma_{0,2}$	wydłużenie na granicy plastyczności $\epsilon_{0,2}$	moduł sprężystości podłużnej E_r	uderzalność wg Charpygo bez karbu A_k	uderzalność wg Charpygo z karbem A_{k1}	
Starzenie naturalne PN-71/C- -89037	24	77,6	107,6	nie wykazuje	nie wykazuje	79,4	próbki nie pękają	próbki nie pękają	103,7
	48	70,0	80,0			78,9			98,1
	72	67,1	76,9			88,1			98,1
Starzenie sztuczne PN-71/C- -89038	3	73,1	104,6	nie wykazuje	nie wykazuje	74,1	próbki nie pękają	próbki nie pękają	100,0
	6	75,1	106,1			66,2			96,2
	12	88,1	66,1			89,2			101,8

Tablica 4

Wyniki badań własności kopolimeru etylenowo-propylenowego
wypełnionego miedzią

Nazwa własności	Jednostka	Wielkość
Gęstość	Mgm^{-3}	0,904
Doraźna wytrzymałość na ściskanie R_c	MPa	38,5-60
Doraźna wytrzymałość na rozrywanie R_r	MPa	30-38
Twardość		D 80-85 Sh
Wytrw. na uderz, wg Izoda 24°C	MPa/cm	0,6-0,9
Odporność na temperaturę	$^\circ\text{C}$	120-140
Absorpcja wody 24 h, 3 mm		0,005
Moduł elastyczności	MPa	1300-1600
Moduł przy ścisnaniu	MPa	10500-2500

grzejniki do głowicy, termoparę do pomiaru i regulacji temperatury. Pierwsze próby wtlaczania wykazały konieczność korekcji wymiarów ustnika głowicy, jak również zainstalowanie w ciągu technologicznym kalibratora i urządzenia odciążającego. Dalsze próby wytłaczania polegały na ustaleniu temperatur i szybkości odbierania w zależności od obrotów ślimaka. W wyniku prób ustalono następujące temperatury na poszczególnych strefach:

- strefa I 150°C ,
- strefa II 180°C ,
- strefa III 205°C ,
- strefa IV 190°C .



Rys. 2. Matryca do zgrzewania termicznego uszczelnień

Prędkość wytłaczania wynosiła 4 m/min.

Otrzymany pręt o przekroju prostokątnym pocięto na odpowiednie odcinki i poddano kształtowaniu termicznemu. Wymagało to wykonania przyrządu (formy) umożliwiającego plastyczne formowanie (rys. 2). Proces termicznego kształtowania polegał na równomiernym ogrzaniu profilu w miejscu formowania do temperatury uplastycznienia, formowania w przyrządzie i następnie szybkiemu schłodzeniu.

W podobny sposób postępowano przy wykonawstwie uszczeltek o przekroju okrągłym i rurowym (rys. 3).



Rys. 3. Uszczelki tubingów

6. Badania szczelności modeli tubingów żeliwnych

W warunkach naturalnych tubingowa obudowa szybu poddawana jest obciążeniom trójosiowym. W kierunku osi szybu oddziałuje obciążenie wywołane ciężarem obudowy, natomiast w kierunku radialnym na obudowę działa hydrostatyczne ciśnienie wody.

Taki też warunek obciążenia obudowy tubingowej został przyjęty w badaniach modelowych.

W badaniach laboratoryjnych kierowano się również zasadą zachowania pełnego połączenia elementów tubingów. Z warunku tego wynika, że dla zbadania pionowych oraz poziomych połączeń między tubingami, konieczne jest przebadanie odcinka obudowy tubingowej wykonanego z co najmniej dwóch pełnych kręgów obudowy tubingowej (rys. 4).

Uwzględniając powyższe warunki zaprojektowano i wykonano w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej stanowisko badawcze pozwalające na obojętne trójosiowe modelu dwu pierścieni tubingów, przy czym obciążenie radialne może być wywołane niezależnie od obciążenia osiowego. Pozwala to na modelowanie głębokości zabudowy tubingów jak również długości odcinka obudowy wywołującej obciążenie badanej sekcji. Przyjętym warunkiem granicznym było maksymalne ciśnienie hydrostatyczne wody wynoszące 10 MPa, co odpowiada głębokości 1000 m.

Tak więc stan obciążeniowo-naprężeniowy modelowany był w skali 1:1, natomiast geometryczna skala modelowania wynosiła 1:50.

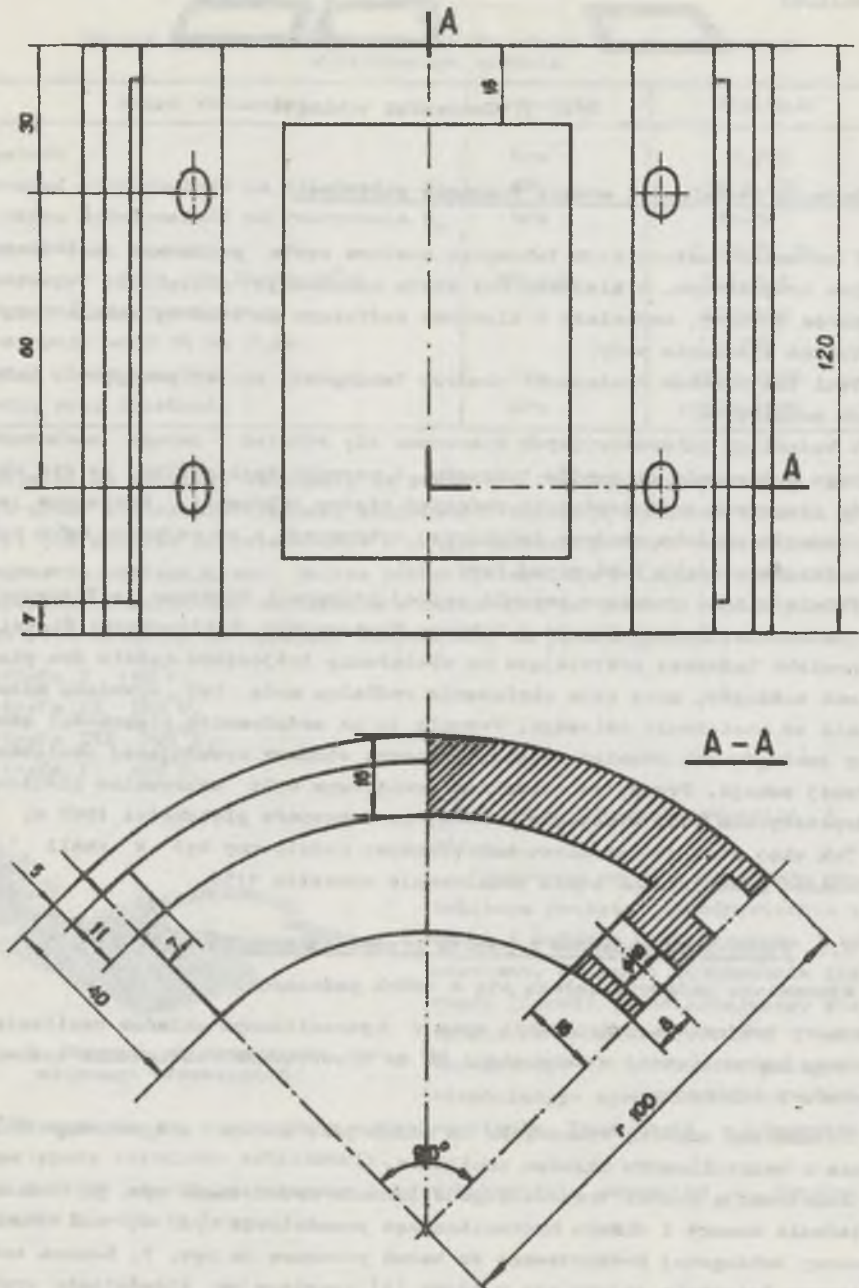
6.1. Stanowisko badawcze i sposób prowadzenia badań

Stanowisko badawcze składa się z dwóch podzespołów:

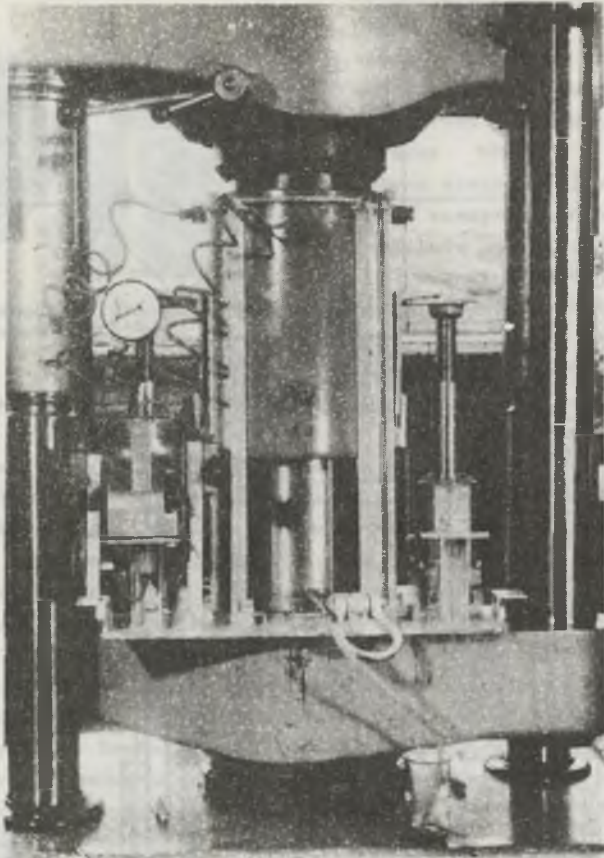
- komory trójosiowego ściskania wraz z hydraulicznym układem zasilania,
- prasy hydraulicznej w zakresie 1 MN do wywoływania obciążenia osiowego obudowy tubingowej.

Zasadniczą częścią stanowiska do badań jest komora trójosiowego ściskania z hydraulicznym układem zasilania.

Konstrukcję komory trójosiowego ściskania przedstawia rys. 5, schemat działania komory i układu hydraulicznego przedstawia rys. 6, zaś sekcje obudowy tubingowej przygotowane do badań pokazano na rys. 7. Komora trójosiowego ściskania składa się z tłoka (2) opartego na pierścieniu wyrównawczym (18), który znajduje się na płycie podstawy (13). Tłok poprzez pierścienie pośredniczące i uszczelniające posiada ruchome połączenie z kor-



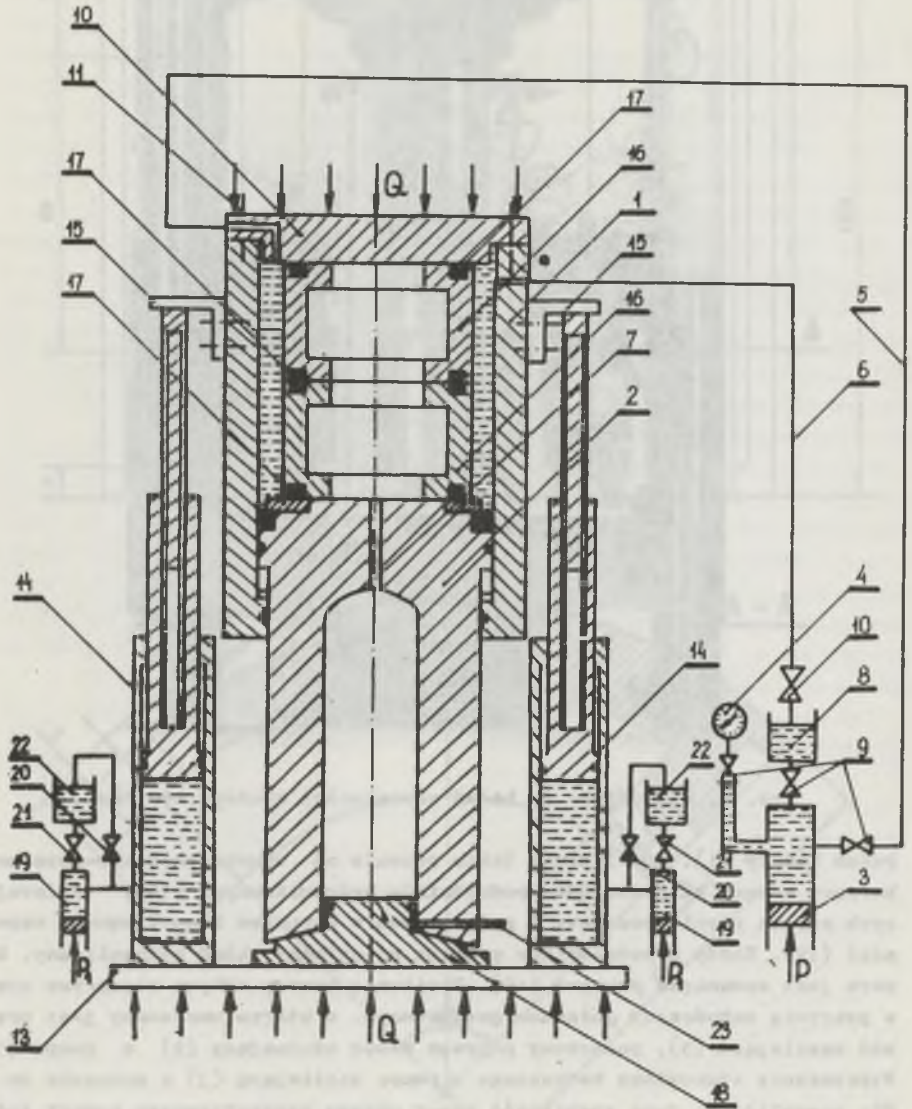
Rys. 4. Tubing heliczny do badania sztywności obudowy tubingowej o prostokątnym kształcie rowka



Rys. 5. Stanowisko do badań szczelności obudowy tubingowej

puszem komory (1). Rozwiązanie takie pozwala na opuszczanie i podnoszenie korpusu komory za pomocą dwu podnośników hydraulicznych (14), opierających się na płycie podstawy i połączonych z korpusem komory poprzez wsporniki (15). Każdy z podnośników posiada niezależny układ hydrauliczny. Komora jest zamknięta pokrywą (10). Zasilanie komory odbywa się przez otwór w pokrywie zakończony gniazdem gwintowanym, w którym umocowany jest przewód zasilający (5), połączony poprzez zawór odcinający (9) z pompą (3). Wyposażenie stanowiska badawczego w pompę zasilającą (3) o zakresie do 20 MPa pozwoliło na dużą stabilność pracy układu hydraulicznego komory trójosiowego ściskania w trakcie badań.

Otwór odpowietrzający komorę umieszczono w górnej części korpusu komory, poprzez który odprowadza się nadmiar oleju przewodem (6) przez zawór



Rys. 6. Schemat konstrukcji i zasilania stanowiska badawczego



Rys. 7. Sekcje obudowy tubingowej przygotowane do badań

takie pozwala na szybkie określenie ilości wypływu na dowolnym etapie badań.

Przygotowanie stanowiska do badań ma następujący przebieg. Sekcje tubingów po zamontowaniu w pierścieniu ustawia się względem siebie na kołkach montażowych przy przesunięciu pierścieni o połowę tubingów po obwodzie zachowując współosiowość pierścieni. Tak przygotowany odcinek obudowy tubingowej umieszcza się na tłoku komory trójosiowego ściskania. Do swobodnego i dokładnego ustawienia modelu obudowy na tłoku służą podnośniki hydrauliczne (14), za pomocą których można podnosić i opuszczać korpus komory. Zamknięcie komory trójosiowego ściskania uzyskuje się przez podniesienie w górne położenie korpusu komory i nałożenie pokrywy oraz jej połączenie z korpusem. Zwalniając podnośniki hydrauliczne (14) powoduje się oparcie pokrywy komory na modelu obudowy. Po umieszczeniu komory trójosiowego ściskania na płycie prasy hydraulicznej przystępuje się do właściwych badań. Prasą hydrauliczną nadaje się potrzebne i stałe obciążenie osiowe, a po otwarciu zaworów odcinających przewody (5) i (6) przystępuje się do tłoczenia cieczy pompą (3) do przestrzeni między ścianką modelu obudowy a pobocznica komory.

W momencie przelewania się cieczy przewodem systemowym (6) zamyka się na nim zawór odcinający. Ciecz tłoczy się do momentu uzyskania żądanej wartości ciśnienia wewnątrz komory, które odczytuje się na manometrze. Czas pomiaru przepływu cieczy jest dla wszystkich badań stały - w celu porównania efektywności uszczelnień. Moment ten jest początkiem pomiaru objętości cieczy przenikającej przez uszczelnienia.

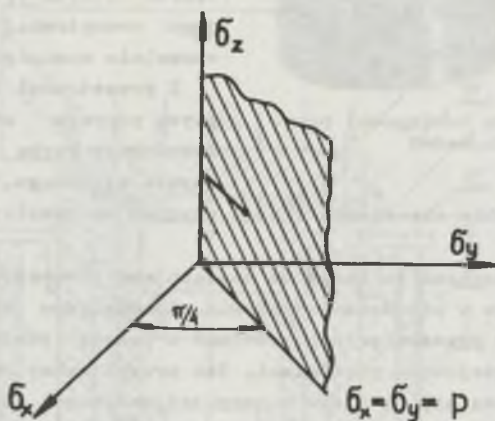
Po zakończeniu badań następuje rozparcie podnośnika (14) i rozłączenie pokrywy z korpusem komory. Ciecz wypływa z komory przez otwór w tłoku i dalej rurką (23) do naczynia. Opuszczając korpus komory uzyskuje się dostęp do modelu obudowy.

odcinający (9) do zbiornika pompy (8). Ciśnienie hydrostatyczne w komorze mierzone manometrem (4). Ciecz przenikająca przez uszczelnienia do wnętrza obudowy tubingowej spływa otworem (7) w tłoku do jego wewnętrznej przestrzeni szczelnie zamkniętej.

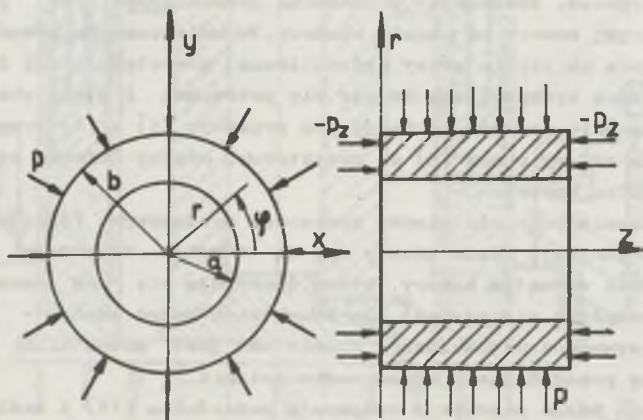
Z przestrzeni tej ciecz wypływa poprzez otwór poziomy zakończony rurką (23) do naczynia miarowego. Rozwiązanie

6.2. Sposób obciążenia modelu tubingów i ich połączeń

Zamodelowana obudowa tubingowa obciążana była w jednej płaszczyźnie przestrzeni naprężeń σ_x , σ_y i σ_z . Stosowana droga obciążenia obudowy została zaznaczona na rys. 8.



Rys. 8. Płaszczyzna możliwych dróg obciążenia sekcji tubingów z zaznaczeniem stosowanej drogi obciążenia



Rys. 9. Schemat obciążenia sekcji modelu obudowy tubingowej

Dla schematu obciążenia sekcji modelu obudowy tubingowej jak na rys. 9 można ująć stan naprężeń następującymi zależnościami:

$$\sigma_r = \frac{b^2}{b^2 - a^2} p \left(1 - \frac{a^2}{r^2}\right)$$

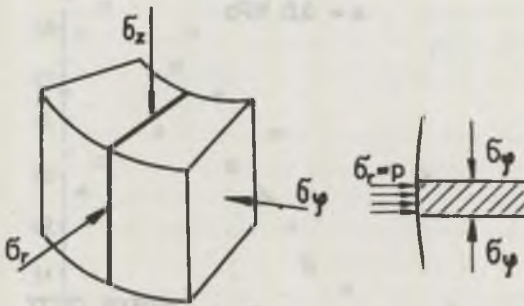
$$\sigma_\varphi = \frac{b^2}{b^2 - a^2} p \left(1 + \frac{a^2}{r^2}\right)$$

$$\sigma_z = p_z - \varphi (\sigma_r + \sigma_\varphi),$$

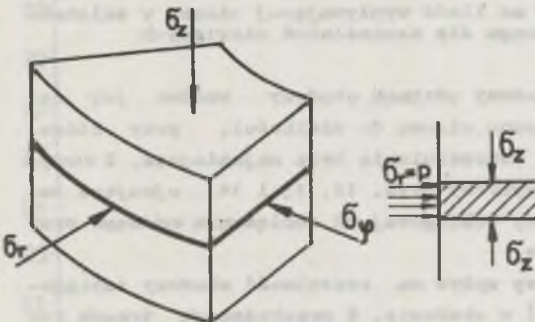
przy czym

$$\sigma_r = 0 \quad \text{oraz} \quad \tau_{r\varphi} = 0 \quad \text{dla} \quad r = a$$

$$\sigma_r = -p \quad \text{oraz} \quad \tau_{r\varphi} = 0 \quad \text{dla} \quad r = b$$



Rys. 10. Schemat obciążenia pionowego uszczelki



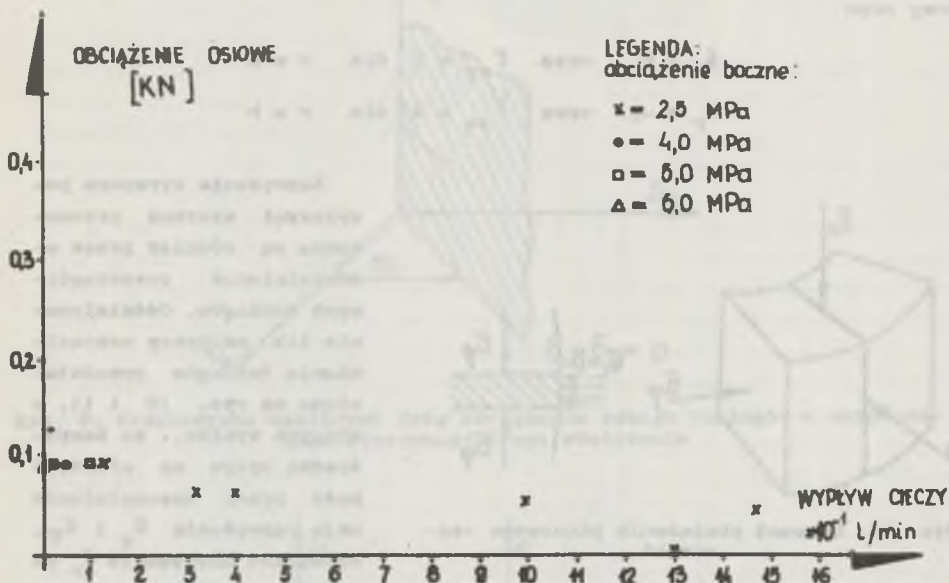
Rys. 11. Schemat obciążenia poziomego uszczelki

naprężenia σ_x , czyli obciążenia osiowego obudowy tubingowej.

Naprężenia wyrażone powyższymi wzorami przenieszone są również przez uszczelnienia poszczególnych tubingów. Oddziaływanie ich na pracę uszczelnienia tubingów przedstawiono na rys. 10 i 11, z których wynika, że bezpośredni wpływ na efektywność pracy uszczelnienia mają naprężenia σ_z i σ_φ . Natomiast naprężenie σ_r na granicy $r = b$ wynoszące wartość ciśnienia wody wywołuje przepływ radialny przez uszczelkę tubinga. Mając na uwadze charakter oddziaływania poszczególnych naprężeń na obudowę tubingową i jej połączenia, badania laboratoryjne ukierunkowano na poszukiwanie doświadczalne wartości ciśnienia cieczy p (ciśnienia przesiąkania) w zależności od wartości na-

7. Wyniki badań uszczelnień obudowy tubingowej

Opracowane uszczelnienia wykonane z ołowiu, polietylenu i kopolimeru etylenowo-propylenowego, przebadano w identyczny sposób w celu dokonania porównania wyników badań. Każde badanie było przeprowadzone przy ciśnieniu bocznym cieczy do 10 MPa. Tok badań polegał na zmontowaniu dwóch pierścieni obudowy, które umieszczone były w komorze trójosiowego ściskania.

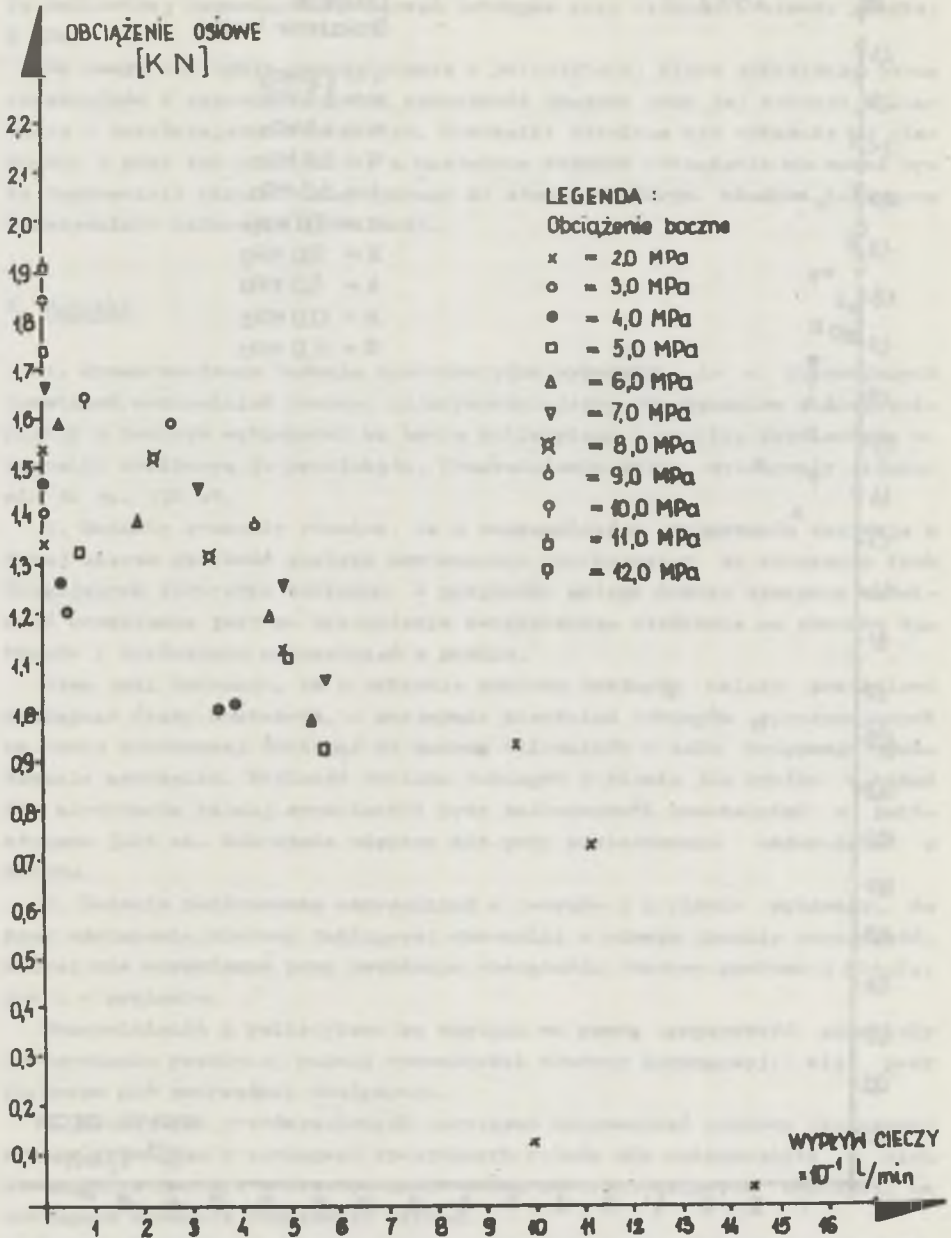


Rys. 12. Wpływ ciśnienia bocznego na ilość wypływającej cieczy w zależności od obciążenia osiowego dla uszczelnień ołowianych

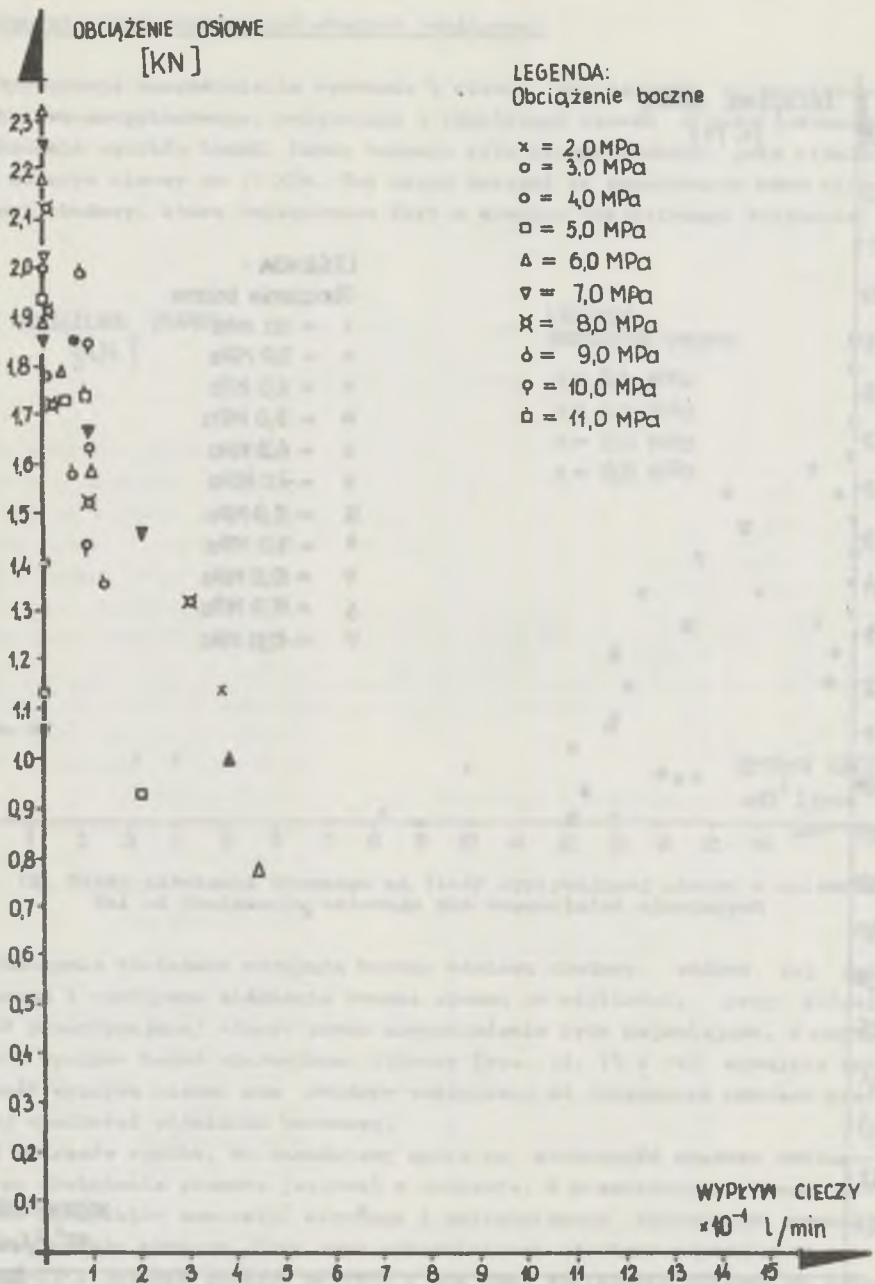
Następnie obciążano wstępnie badany odcinek obudowy wzdłuż jej osi pionowej i wywierano ciśnienie boczne cieczą do wielkości, przy której ilość przepływającej cieczy przez uszczelnienie była najmniejsza. Z otrzymanych wyników badań sporządzono wykresy (rys. 12, 13 i 14) ujmujące zależność przepływu cieczy z obudowy tubingowej od obciążenia osiowego przy danej wielkości ciśnienia bocznego.

Z wykresów wynika, że zasadniczy wpływ na szczelność obudowy tubingowej ma obciążenie pionowe (osiowe) w obudowie. Z przebadanych trzech rodzajów materiałów uszczelnienia ołowiane i polietylenowe zapewniały szczelność całkowitą obudowy. Przy tym uszczelnienia ołowiane zapewniały szczelność przy ciśnieniu bocznym powyżej 7 MPa oraz obciążeniu osiowym od 0,85 do 0,64 kN.

Uszczelnienia wykonane z polietylenu zapewniały szczelność całkowitą przy obciążeniach osiowych nie mniejszych niż 1,66 kN, a więc około 2-kro-



Rys. 13. Wpływ obciążenia bocznego na ilość wypływającej cieczy w zależności od obciążenia osiowego dla uszczelnień z polietylenu



Rys. 14. Wpływ ciśnienia bocznego na ilość wypływającej cieczy w zależności od obciążenia osiowego dla uszczelnień z kopolimeru etylenowo-propylenowego

tnie większych niż dla uszczelnienia z ołowiu. Natomiast uszczelki wykonane z kopolimeru etylenowo-propylenowego z dodatkiem miedzi nie zapewniły całkowitej szczelności połączeń tubingów przy ciśnieniu cieczy powyżej 6 MPa.

Na uwagę zasługuje uszczelnienie z polietylenu, które wykazywało pewną sprężystość i zapewniało pełną szczelność obudowy przy jej wtórnym obciążeniu i wcześniejszym odciążeniu. Uszczelki ołowiane nie wykazały tej własności i przy ich odciążeniu, a następnie wtórnym obciążeniu nie można było doprowadzić układu obciążającego do stanu, w którym obudowa tubingowa wykazywałaby całkowitą szczelność.

8. Wnioski

1. Przeprowadzone badania laboratoryjne wykazały, że z przebadanych rozwiązań uszczelnień obudowy najkorzystniejszym rozwiązaniem są uszczelnienia z tworzyw sztucznych na bazie polietylenu o profilu poprzecznym uszczelki zbliżonym do prostokąta. Uszczelnienia takie wytrzymały ciśnienie do ok. 130 at.

2. Badania wykazały również, że o szczególności połączenia decyduje w dużej mierze wielkość docisku montażowego wynikającego ze skręcania śrub ściągających kołnierze tubingów. W przypadku małego docisku wymagana szczelność uzyskiwana jest po wystąpieniu zwiększonego ciśnienia na obudowę tubingów i ściśnięciu uszczelnień w płanie.

Stan taki wskazuje, że w zakresie montażu tubingów należy prawidłowo dociągnąć śruby montażowe, a następnie pierścień tubingów spoczywających na ramie montażowej docisnąć za pomocą siłowników w celu wstępnego sprasowania uszczelki. Wielkość docisku tubingów w pionie jak wynika z badań dla otrzymania pełnej szczelności przy zastosowaniu uszczelnień z polietylenu jest ok. 2-krotnie większa niż przy zastosowaniu uszczelnień z ołowiu.

3. Badania porównawcze uszczelnień z tworzyw i z ołowiu wykazały, że przy odciążeniu obudowy tubingowej uszczelki z ołowiu traciły szczelność, której nie uzyskiwano przy powtórnym obciążeniu obudowy zarówno w pionie, jak i w poziomie.

Uszczelnienia z polietylenu ze względu na pewną sprężystość pozwalały na uzyskanie powtórnej pełnej szczelności obudowy tubingowej, ale przy większym niż poprzednio obciążeniu.

4. Stosowanie przedstawionych rozwiązań uszczelnień obudowy tubingowej wymaga wykonania w tubingach specjalnych rowków dla umieszczenia w nich uszczelki z tworzyw oraz stosowanie osłon zabezpieczających uszczelki na tubingach w czasie transportu szybem.

Istnieje również potrzeba dokładnego montażu tubingów, tak by uszczelki nie traciły ze sobą kontaktu w wyniku przesunięcia, co spowodowałoby nieszczelność obudowy.

LITERATURA

- [1] Andreizew A.N.: Tiubingowoje krepnienije wiertikalnych szacht. Ugle-tachizdat, Moskwa 1950.
- [2] Ceresa R.J.: Kopolimery blokowe i szczepione. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 1969.
- [3] Chudek M.: Obudowa kamienna, metalowa i mieszana. Wyd. Śląsk. Katowice 1968.
- [4] Czarnecki L., Grabiński C.: Polietylen - własności, przetwórstwo, zastosowanie. Polimery 14, 1969.
- [5] Irzyk M., Pogorzelski J., Kukliński E.: Tworzywa sztuczne w budownictwie. Wyd. Arkady, Warszawa 1968.
- [6] Janiczek S.: Materiałoznawstwo dla górników. Skrypt Politechniki Śląskiej nr 1064, Gliwice 1982.
- [7] Ward J.M.: Mechaniczne własności polimerów jako tworzyw konstrukcyjnych. PWN, Warszawa 1975.
- [8] Walewski J.: Zasady projektowania kopalń. Wykonywanie szybów i szybków. Wyd. Śląsk, Katowice 1965.
- [9] Posyłek E., Kopeć W.: Wpływ warunków termicznych na zachowanie się i wodoszczelność obudowy tubingowej. Przegląd Górniczy, 1969 nr 2.
- [10] Surowiak W., Chudziński S.: Tworzywa sztuczne w budowie maszyn. Wyd. Naukowo-techniczne, Warszawa 1981.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Stanisław TAKUSKI

Wpłynęło do Redakcji w lipcu 1983 r.

ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ЧУГУННЫХ ТУБИНГОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УПРОСТНЕННИЙ ИЗ ПЛАСТМАСС

Р е з ю м е

В работе дано новое конструкционное решение для уплотнения тубингового крепления. Представлен стенд для исследования герметичности соединений тубингов в пределе давления до 10 МПа а также сопоставлены результаты исследований - проведено оценку пригодности предлагаемых решений.

INVESTIGATIONS ON THE WATERTIGHTNESS OF THE JOINTS OF CAST-IRON TUBBINGS IN THE CASE OF APPLYING GASKETS MADE OF PLASTICS

S u m m a r y

A new structural solution of sealings for tubbings has been suggested. The paper presents a test stand for testing the watertightness of tubing joints at a pressure up to 10 MPa, as well as the test results and an evaluation of the usability of the suggested solutions.