

JERZY ANTONIAK, JAN ORLACZ

## WŁASNOŚCI MECHANICZNE I RUCHOWE WYKŁADZIN KÓŁ PĘDNYCH

Streszczenie: W artykule omówiono stosowane obecnie w polskich kopalniach typy wykładczyń kół pędnych Koepe. Rozpatrzono rodzaje i sposoby mocowania wykładczyń na kole oraz zachowanie się jej w czasie intensywnej eksploatacji. Podjęto próbę określenia trwałości typowych materiałów wykładczyń.

## 1. WSTĘP

W polskim przemyśle węglowym około 60% wyciągów szybowych to wyciągi jednolinowe z kołem pędym Koepe. Maszynę wyciągową umieszcza się na zrębie szybu a koła kierujące na wieży wyciągowej, najczęściej jedno nad drugim, niekiedy obok siebie. W nowszych rozwiązaniach maszynę umieszcza się w głowicy wieży, a pod nią koła odciskowe jeśli tego wymagają wymiary koła pędym i odstęp klatek. W Polsce pracuje się intensywnie nad wprowadzaniem do ruchu wyciągów wielolinowych, dla których zasadą jest umieszczanie maszyny wyciągowej w głowicy wieży. Związek między liną a żłobkiem wykładczyń koła pędym polega na tarcu między liną i wykładczyzną. Współczynnik tarcia zależy od różnych czynników, między innymi od materiału wykładczyń.

Wykres na rys.1 sporządzono na podstawie statystyki przeprowadzonej w polskim przemyśle węglowym w 1960 [6], którą objęto 183 urządzenia wyciągowe z kołem pędym pracujące zarówno na powierzchni jak i pod ziemią. Wykres obrazuje procentowy udział materiałów stosowanych na wykładczyń. Najpowszechniejsze zastosowanie znajduje u nas dotychczas skóra w 47% ogólnej ilości kół pędym, w dalszej kolejności idzie drewno 22%, guma łączona z innymi tworzywami 14,5%, skóra łączona z innymi tworzywami jak drewnem, becoritem, taśmą przenośnikową 14% i wreszcie inne tworzywa jak guma, ferrodo, becorit 2,5%.

## 2. WŁASNOŚCI MATERIAŁÓW STOSOWANYCH NA WYKŁADZINY

## S k ó r a

Wykładzinę ze skóry wykonuje się przeważnie z wkładek przedstawionych na rys.2. Na wykonanie wkładki używa się płytek ze skóry podeszwowej wołowej grubości 4 do 6 mm lub technicznej natłoczkowej garbunku roślinnego względnie chromowego. Proces technologiczny wykonania wkładki jest następujący. Z kruponu skóry wycina się żądany kształt płytek. Każda z płytek posiada z jednej strony liczko a z drugiej mizdrę. Te liczka, które mają być powleczone klejem drapie się szczotką tarczową.

Układanie płytek w jedną wkładkę musi odbywać się tak, aby strony zewnętrzne wkładki kończyły się liczkami. Do klejenia używany jest klej wodoodporny względnie skórny perełkowy. Po nałożeniu kleju, płytki w postaci jednej wkładki poddaje się ściśnięciu na prasie pod ciśnieniem do 150 atn. Wkładkę trzyma się pod prasą przeciętnie 30 minut, dalsze schnięcie jej w temperaturze pokojowej trwa 2 do 3 dni. Wybryzgi kleju czyści się na szlifierce. Miejsca klejone wkładki charakteryzują się zmniejszoną wytrzymałością na rozrywanie, która wynosi 150 do 200 kg/cm<sup>2</sup> i jest 30 do 40% mniejsza od wytrzymałości na rozrywanie samej skóry. Przychodzący surowiec z garbarń kontroluje się wyrywkowo według PN. Tablica I przedstawia parametry, którym musi odpowiadać skóra używana na wykładzinę kół pędnych. Wytrzymałość na rozciąganie oznaczono na maszynie typu Schoppera. Próbkę skóry pobrane z określo-

Tablica 1

Własności mechaniczne i skład chemiczny	Skóra podeszwowa	Skóra techniczna natłoczkowa garbunku	
		roślinnego	chromowego
Zawartość wilgoci przeciętnie %		14 do 16	
Zawartość tłuszczu %	do 2	do 8	do 8
Zawartość części wymywalnych %	do 18	do 6	-
Związek chromu Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	-	-	3,5 + 4,2
Wytrzymałość na rozerwanie kG/mm <sup>2</sup>	2 ÷ 2,5	2,5 ÷ 3,5	3,0 ÷ 4,0
Wydłużenie względne %	18 ÷ 30	40 ÷ 50	55 ÷ 80
Wytrzymałość na zginanie wielokrotne, ilość zgięć około		16000	
Moduł sprężystości podłużnej kG/cm <sup>2</sup> około		1300	

nego miejsca kruponu są kształtu i wymiarów podanych na rys.3. Rysunek 4 przedstawia wykresy sił zrywających w zależności od wydłużeń, otrzymane w czasie zrywania próbki skóry podszwowej, skóry natłoczkowej garbunku roślinnego i chromowego w Bielskich Zakładach Obiń Zgrzeblnych i Artykułów Skórzanych - Oddział C w Cieszynie.

Dużą zaletą skóry jest niezmiennosc elastyczności w szerokim zakresie temperatur od  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $+60^{\circ}\text{C}$ , co sprawia, że skóra w okresach poślizgów liny na kole nie staje się nadmiernie miękka i w okresie mrozów nie sztywnieje. Cena 1 kg skóry jako materiału w dużej części importowanego jest wysoka i wynosi około 300,- zł. Całkowity koszt wykładziny skórzanej dla koła o średnicy 7400 mm i wkładek jak na rys.2 wynosi 100.000,- zł.

## D r e w n o

Wykładzina drewniana wykonywana jest w postaci wkładek o promieniu wewnętrznym równym promieniowi płaszcza koła. Najpowszechniejsze zastosowanie znalazło drewno dębowe w z górą 60% kół pędnych o wykładzinie drewnianej, dalej bukowe 35%, resztę to jest 5% stanowią wykładziny z drewna topolowego, grabowego i modrzewiowego.

Dąb szypułkowy szerokosłoiasty jest materiałem o wysokich własnościach mechanicznych lecz trudnym w obróbce, ciężkim, dobrze łupliwym, odpornym na działanie czynników atmosferycznych lecz łatwo ścieralnym przez linę. Ścieranie to występuje w czasie ruchu względnego liny po wykładzinie na skutecznej części łuku opasania i jest potęgowane małą sprężystością drewna (moduł sprężystości drewna dębowego przy ściskaniu  $E = 100\ 000\ \text{kg/cm}^2$ ).

Buk posiada wprawdzie dobrą twardość i własności mechaniczne jak wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie i zginanie statyczne oraz uderzalność wyższą niż dąb, ale natomiast jest mniej odpornym na działanie czynników atmosferycznych, skłonnym do pękania, paczenia i o dużej kurczliwości. Tablica II podaje techniczne własności drewna stosowanego na wykładziny. Ze względu na anizotropową budowę drewna wkładki muszą być tak wykonane, aby kierunek sił promieniowych działających na rowek linowy był równoległy do włókien. W czasie współpracy wykładziny z mokrą liną następuje wzrost wilgotności drewna, do 30% i powyżej, który powoduje obniżenie własności wytrzymałościowych na ściskanie, zginanie statyczne, rozciąganie i nieznaczne podwyższenie odporności na ścieranie. Pęcznieniu drewna, przy wzroście wilgotności powyżej

Tablica 2

Techniczne własności drewna	Dąb	Buk	Topola	Grab
Ciężar właściwy drewna $\text{kg/m}^3$				
świeżo ściętego	1080	990	840	1080
powietrzno-suchego (15%)	710	730	450	830
całkowicie suchego (0%)	660	690	410	790
Całkowity skurcz drewna w % wymiarów drewna surowego				
wzdłuż włókien	0,4	0,3	0,3	0,5
promieniowy	4,0	5,8	5,2	6,8
styczny	7,8	11,8	8,3	11,5
objętościowy	12,6	17,6	14,3	19,7
Twardość Janki w $\text{kg/cm}^2$ przy wilgotności 15% równoległe do włókien	670	780	270	890
Wytrzymałość na ściskanie w $\text{kg/cm}^2$ przy wilgotności 15%				
równoległe do włókien	470	530	300	660
prostopadle do włókien	110	90	-	-
Wytrzymałość na rozciąganie w $\text{kg/cm}^2$ przy wilgotności 15%				
równoległe do włókien	900	1359	770	1070
prostopadle do włókien	40	70	-	-
Wytrzymałość na zginanie statyczne w $\text{kg/cm}^2$ przy wilgotności 15% prostopadle do włókien	930	1050	550	1070
Udarność $\text{kgm/cm}^2$ przy wilgotności 15%	0,75	0,80	0,50	0,80
Moduł sprężystości przy ścisaniu $\text{kg/cm}^2$				
wzdłuż włókien	140000	-	-	-
w poprzek włókien, w kierunku promieniowym	129000	-	-	-
stycznym	91000	-	-	-

15% towarzyszą duże naciski na boczne kliny i płaszcz koła, wynoszące np. dla wykładziny wykonanej z drewna bukowego w kierunku stycznym do włókien  $20 \text{ kg/cm}^2$  i w kierunku promieniowym do  $13 \text{ kg/cm}^2$ . Ukryte wady budowy drewna jak zakorki, zabitki, skręt włókien, sęki i zdolność do pękania, do-

datkowo obniżają przydatność drewna jako materiału na wykładziny kół pędnych.

### G u m a z w k ł a d k a m i t e k s t y l n y m i

Wykładzinę gumowo-tekstylną wykonuje się z nowych lub ewentualnie starych lecz nie zbutwiałych taśm przenośnikowych. Produkcja poszczególnych wkładek jest następująca: z taśmy zdziera się dwustronne bieżniki i boczne ochrony gumowe, z pozostałych przekładek bawełnianych przegrodzonych cienkimi warstewkami gumy wycina się żądany kształt poprzeczny wkładki, mniejszy od ostatecznego o 2 do 3 mm. Płytkę tak wykonaną, kończącą się po stronach zewnętrznych tkaniną bawełnianą, smaruje się klejem gumowym dwukrotnie i między dwie płytki wkleja się jedną płytkę z gumy FU-06 o grubości 1 mm i wymiarach odpowiadających formie.

Forma ze względu na skurcz stygnącej gumy posiada wymiary o 2% większe od ostatecznych. Na wkładkę tak wykonaną nakłada się ze stron czołowych płytki gumowe o grubości 2 mm i całość wulkanizuje się w temperaturze około 145°C i prasuje pod ciśnieniem do 100 atn. W czasie wulkanizacji szczeliny powstałe z różnic wymiarowych przekładek bawełnianych i formy, wypełniają się wylewami gumy. Drugim sposobem wykonywania wykładziny gumowo-tekstylnej stosowanym przez kopalnie jest wycinanie w taśmie przenośnikowej żadanego przekroju płytki. Płytki ułożone jedna za drugą tworzą wykładzinę na kole. Grubość płytki jest tutaj równa grubości taśmy przenośnikowej i wynosi np. dla pięcioprzekładekowej taśmy około 15 mm. Tkanina przekładek w taśmie jest krzyżowa, bawełniana BT-38 o wytrzymałości na rozrywanie w osnowie 60 + 70 kG/cm, w wątku 30 + 35 kG/cm, siła sklejenia między przekładkami 3 + 5 kG/cm. Gumę stosuje się przeważnie FU-06 względnie BT, zwykłą lub olejoodporną o danych zawartych w tablicy III. Wykładzina gumowo-tekstylna jest wrażliwa na działanie temperatur. I tak w temperaturach obniżonych do -10°C i niżej,

Tablica 3

Techniczne własności gumy	Guma FU-06	Guma BT
Wytrzymałość na rozerwanie kG/cm <sup>2</sup> , minimum	150	110
Wydłużenie przy zerwaniu w %	400	350
Napężenie przy ściśnięciu w kG/cm <sup>2</sup>	5%	2,77
	10%	4,86
	15%	6,85
Twardość wg Shore'a	65 ± 5	65 ± 5

guma staje się sztywna i twarda, natomiast w podwyższonych około 40 + 60°C staje się plastyczna a nawet lepka.

Uplastycznienie gumy spowodowane jest także stałym jej ugniataniem przez nabiegającą linę. Najczęściej spotykana wykładzina z gumy zwykłej pęcznieje na wskutek stykania się ze smarem LK-1, LK-2, LWKP stosowanym do smarowania lin, jak i z wyciskaniem z liny dziegciem. Wzrost temperatury zwiększa stopień pęcznienia i objętość powiększa się o około 50%. Pęcznieniu towarzyszy obniżenie własności mechanicznych jak wytrzymałości na rozciąganie, ściskanie itp.

### T w o r z y w a s z t u c z n e

Wykładziny z tworzyw sztucznych jak np. Kautex PVC produkowany przez firmę W.Oxe Witten-Ruhr wchodzące coraz szerzej do użytku na Zachodzie wykazują w porównaniu z innymi materiałami dużo zalet, co skłoniło do podjęcia w Polsce prób z tego rodzaju wykładzinami. Badania w warunkach laboratoryjnych przeprowadzał dr inż. Stachurski na próbkach wyprodukowanych w Zakładzie Naukowo-Badawczym Zakładów Chemicznych w Dworach. Tablica IV zawiera dane odnośnie składu chemicznego i własności mechanicznych poszczególnych próbek.

Tablica 4

Skład chemiczny i własności mechaniczne	Kautex	OI	OII	OIII	OIV	OV
Polichlorek winylu (w mater. OI...OV PCW-D)	60	63	68	72	73	68
Zmiękcacz nieoznaczony	25	-	-	-	-	-
Zmiękcacz ftalen dwubutylu	-	21	26	-	27	-
Zmiękcacz ftalen dwu-2 etyleheksylowy	-	-	-	28	-	32
Stabilizator adwastab 17 M	1	-	-	-	-	-
Stabilizator dwucjandwuamid	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Wypełniacz szpat ciężki	15	15	10	-	-	-
Sadza aktywna	-	-	-	-	0,7	0,7
Rubin BC	-	-	-	0,001	-	-
Wytrzymałość na rozerwanie kg/cm <sup>2</sup>	-	170	170	176	174	176
Wydłużenie względne przy zerwaniu %	-	100	-	86	90	88
Wydłużenie trwałe po 1 min w %	-	4	-	12	10	10
Twardość wg Shore a	88	90	88	92	85	91
Odbojność wg Schob a w %	8,8	8,8	10,0	10,8	9,1	10,1
Moduł sprężystości kg/cm <sup>2</sup> określony przy prędkości posuwu maszyny wytrzymałościowej 24 mm/sek	350	-	-	470	300	-

Do produkcji na skalę półtechniczną wytypowano materiał zbliżony składem chemicznym do próbek OI i OIV. Produkcji tej podjęły się Pomorskie Zakłady Tworzyw Sztucznych w Wąbrzeźnie, gdzie technologia produkcji tworzywa sztucznego na wykładzinę oparta jest na wyłaczaniu. Materiał ten przechodzi obecnie próby ruchowe na kole pędym szybu "Piekary" w kop. Dymitrow.

W październiku 1962 r. na tymże szybie "Piekary" przeprowadzono próby, mające na celu określenie wielkości współczynnika sprzężenia ciernego liny z wykładziną z materiału syntetycznego. Próby składały się z dwóch części. W pierwszych określano współczynnik sprzężenia na podstawie pomiarów sił potrzebnych do wywołania poślizgu liny na kole pędym. Pomiaru te przeprowadzono przez częściowe podwieszenie znajdującej się na podszybiu pustej klatki. Wielkość współczynnika sprzężenia określona została w ten sposób na 0,432.

W drugiej części, próby przeprowadzono dla najniekorzystniejszych warunków ze względu na niebezpieczeństwo poślizgu liny, a to dla zahamowania urządzenia wyciągowego hamulcem bezpieczeństwa w czasie jazdy przeciwcieżaru w dół i pustej klatki w górę.

Prędkości jazdy były stopniowane od 2 do 4 m/sek. Ogółem przeprowadzono kilkanaście prób. Obserwowany poślizg liny wystąpił tylko w dwóch przypadkach i to kilkucentymetrowy. Wartość średnia opóźnienia obliczona na podstawie drogi hamowania wyniosła 6,3 m/sek<sup>2</sup> i obliczona następnie wielkość współczynnika sprzężenia ciernego 0,46. Osiągnięte wielkości współczynnika sprzężenia ciernego są wysokie i przekraczają o przeszło 100% wartość 0,2 wymaganą przez przepisy górnicze.

Producent Kautex<sup>u</sup> podaje, że jest to materiał dający się łatwo obrabiać i szlifować bez smarowania, nie zaleca go jednak stosować w temperaturach mogących przekroczyć 70°C jeśli uprzednio nie zastosowano specjalnych ochron z materiału azbestowego.

Materiał ten jest odporny na działanie kwaśnych wód kopalnianych, bardzo odporny na ścieranie, ma w temperaturze 20°C ciężar właściwy 1,4 kG/dcm<sup>3</sup> i jest niepalny. Materiał ten odpowiednio uformowany może być zastosowany jako wykładzina do kół kierujących i odciskowych, w tych ostatnich naklejony klejem specjalnym. Jedną z zasadniczych cech kwalifikujących materiał na wykładzinę jest wielkość współczynnika sprzężenia ciernego. Jak wykazały badania laboratoryjne [1], [3], [4] najlepszymi są materiały na podstawie polichlororku winylu PCW, w dalszej kolejności idzie guma z wkład-

kami tekstylnymi i skóra, daleko poniżej średnich wartości znajduje się drewno. W wyżej wymienionych badaniach nie zajmowano się materiałami typu becorit, ferredo i stopami metali lekkich. Badania laboratoryjne dotyczyły zależności współczynnika sprzężenia ciernego od prędkości względnej liny i wykładziny, nacisku jednostkowego oraz stanu powierzchni. Parametry konstrukcyjne liny uwzględnione były w małym stopniu. Należy stwierdzić [1], [3], że wykładziny tzw. miękkie o wartości modułu sprężystości w granicach do 1500 kg/cm<sup>2</sup>, a szczególnie gumowe i z tworzyw sztucznych umożliwiają w pewnym zakresie osiągnięcie wyrównania naciągów w układach wielolinowych.

Różnice w naciągach między poszczególnymi linami mogą wynikać z różnic w długościach lin i w średnicach rowków linowych.

Jeśli nie uwzględnić sprężystości wykładziny, przy nawijaniu się jednej z lin na żłobek o promieniu  $\Delta R$  większym od pozostałych to z końcem wyciągu na drodze jazdy  $H$ , w górnym odcinku liny o długości  $l$ , powstanie różnica naciągu

$$\Delta S = \frac{n-1}{n} \cdot \frac{\Delta R}{R} \cdot E \cdot f \cdot \ln \frac{H+l}{l}$$

gdzie:

- $n$  - ilość lin,
- $E$  - moduł sprężystości liny,
- $f$  - pole przekroju drutów nośnych w linie,
- $R$  - promień rowka linowego,
- $\Delta R$  - odchyłka promienia od wartości nominalnej,
- $H$  - droga jazdy naczynia,
- $l$  - długość górnego odcinka liny od nadszybia do koła.

Różnica naciągu wyliczona z równania 1, dla danych: maszyna czterolinowa WL 4/2000 zainstalowana na kop. Dymitrow  $n = 4$ ,  $E = 10000 \text{ kg/mm}^2$ ,  $d_{\text{liny}} = 24 \text{ mm}$  i  $f = 239,8 \text{ mm}^2$  wg PN-61/M-80235,  $H = 199 \text{ m}$ ,  $l = 20 \text{ m}$ ,  $R = 1000 \text{ mm}$  i przyjęciu  $\Delta R = 0,3 \text{ mm}$ , wynosi  $\Delta S = 1250 \text{ kg}$ . W odniesieniu do obciążenia statycznego jednej liny przy założeniu równości rozkładu obciążeń i położeniu naczynia na podszybiu, różnica naciągu  $\Delta S$  stanowi 38,5%. Ze wzrostem drogi jazdy  $H$  i odchyłki promienia  $\Delta R$  różnica naciągu wzrasta np. według [3] dla  $H = 1114 \text{ m}$  i  $\Delta R = 1 \text{ mm}$  do 62% naciągu statycznego liny na podszybiu. Materiał wykładziny koła pędnego jest sprężysty i pod wpływem sił promieniowych ulega zgniotowi o wielkość  $y$



proporcjonalną do wypadkowej promieniowej z naciągu odniesionej na element długości liny, czyli

$$y = \frac{l'}{c} \cdot \frac{dN}{R \cdot d\alpha}$$

dla nacisku

$$F = \frac{S}{R}$$

$$dN = P \cdot R \cdot d\alpha = S \cdot d\alpha$$

otrzyma się

$$y = \frac{l'}{c} \cdot \frac{S}{R}$$

gdzie:

- S - naciąg liny w rozważanym punkcie,
- R - promień wykładziny,
- c - stała sprężystości.

Wartość stałej sprężystości  $c$  według badań niemieckich i polskich (Katedra Maszyn Górniczych Politechniki Śląskiej) należy przyjmować dla wykładziny gumowo-tekstylnej od 150 do 300  $\text{kg/cm}^2$ , dla wykładziny skórzanej od 600 do 1100  $\text{kg/cm}^2$ . Jak wynika z rozważań [1] różnica naciągu z uwzględnieniem sprężystości promieniowej wykładziny wynosi

$$\Delta S = \frac{n-1}{n} \cdot c \cdot R \cdot \Delta R \cdot \left[ 1 - \left( \frac{1}{H+1} \right)^{\frac{E \cdot f}{c \cdot R^2}} \right] \quad (2)$$

Różnica naciągu wyliczona z równania 2 dla danych jak poprzednio i przy założeniu stałej sprężystości dla wykładziny gumowo-tekstylnej  $c_g = 3 \text{ kg/mm}^2$  oraz dla skórzanej  $c_s = 9 \text{ kg/mm}^2$ , wyniesie odpowiednio  $\Delta S_g = 575 \text{ kg}$  i  $\Delta S_s = 950 \text{ kg}$ .

Różnice te w odniesieniu do naciągu statycznego jednej liny na podszybiu, wynikłego z przyjęcia równości rozdziału obciążeń na liny, wynoszą odpowiednio, dla gumy 17,7%, dla

skóry 29,2%. Z tego też względu na bębnie napędowym maszyny wyciągowej WL 4/2000 zainstalowano wykładzinę gumowo-tekstylną, a pomierzone dynamometrem szczelinowym różnice naciągów wahały się w przedziale 475 do 520 kG, czyli od 14,6 do 16,0%, naciągu statycznego liny na podszybiu.

### 3. MOCOWANIE WYKŁADZIN

Właściwa praca wykładziny uzależniona jest od sposobu zamocowania jej na kole pędym. Różnorodność mocowań wykładziny spowodowana jest różnorodnością konstrukcji koła, zależnością od materiału wykładziny i brakiem normalizacji kształtu wkładek, który utrudnia tanią i zorganizowaną produkcję wkładek. Jednym z nieznormalizowanych elementów wkładki jest kąt nachylenia bocznych ścianek oznaczony symbolem  $\beta$  na rys.2. Jak wynika z [6] wartość kąta  $\beta$  najczęściej dobiera się od  $4^{\circ}40'$  do  $5^{\circ}57'$ , ale spotyka się i mniejsze kąty do  $2^{\circ}30'$  w dół i większe do  $11^{\circ}19'$  w górę. Z punktu widzenia praktyki ruchowej najlepsze wyniki w pracy dają wkładki o kącie około  $5^{\circ}30'$ . Kształty typowych wkładek i sposoby ich mocowania przedstawione są na rys.2 i 5.

Jeśli wkładka wykonana jest z płytek skórzanych o powierzchniach czołowych nie zbieżnych, to w wyniku różnicy między średnicą zewnętrzną i wewnętrzną podczas układania wykładziny bez ramek na kole, trzeba nadać jej naprężenie wstępne ściskające, największe na średnicy wewnętrznej i malejące do zera, w kierunku promienia zewnętrznego. Tak na przykład dla koła o średnicy zewnętrznej 7640 mm i wewnętrznej 7400 mm naprężenie to wynosi około  $40 \text{ kG/cm}^2$ . Obserwacje ruchowe wykazują, że lina leżąca na takiej wykładzinie nowej ma większe możliwości odkształcania jej w kierunku obwodowym aniżeli przy końcu żywotności wykładziny, gdy nastąpi wytarcie jej i zejście liny bliżej obwodu wewnętrznego. Bardziej równomierne ułożenie wykładziny skórzanej na kole pędym uzyskuje się przez wkładanie jej w specjalne ramki drewniane, których kształt odpowiada łukowi płaszcza koła.

Przyspawanie w regularnych odstępach do płaszcza koła poprzecznych żeber zabezpiecza wykładzinę przed wędrowaniem po kole. Boczne płaszczyzny wykładziny ściśnięte są klinami drewnianymi, najczęściej wykonanymi z sosny lub olchy, które to kliny skręca się z płaszczem koła za pomocą śrub. Jeden lub też ewentualnie obydwa rzędy klinów posiadają luz w stosunku do płaszcza koła w celu umożliwienia regulacji ściśnięcia wykładziny. W ruchu konieczną jest stała kontrola i do-

krećcie poluzowanych śrub. Nadto w klinach winny znajdować się otwory rozmieszczone w regularnych odstępach dla mocowania ścisków potrzebnych w okresie wymiany liny względnie naczyń wydobywczych. W tradycyjnych rozwiązaniach wysokość klinów bocznych nie przewyższa wysokości wkładek, co ułatwia magazynowanie liny w czasie jej wymiany. Spotyka się jednak rozwiązania pokazane na rys.5f, gdzie wysokość klinów znacznie przewyższa wykładzinę, a stosowane w celu zapobieżenia rzadkim lecz możliwym przypadkom zbiegania liny z żłobka. Rysunek 5g przedstawia coraz częściej stosowany szczególnie dla bębnow wielolinowych sposób mocowania wykładziny. Wkładki są tu w przekroju poprzecznym kształtu prostokątnego, w przekroju podłużnym kształtu wycinka pierścienia kołowego o długości dochodzącej do 0,5 m. Materiał wkładek - tworzywo sztuczne o możliwie dużej sprężystości promieniowej i stycznej. Przymocowanie wkładek do płaszcza bębna przy pomocy śrub rozmieszczonych niezbyt blisko siebie.

Między wykładziną a płaszczem koła umieszcza się podkładkę drewnianą mającą na celu niedopuszczenia do korozji blachy płaszcza oraz dla zabezpieczenia przed ślizganiem wykładziny po płaszczu koła. Zamocowanie wykładziny powinno być możliwie jak najsztynniejsze, najlepiej w ramie w kształcie litery U. Od spodu ograniczona płaszczem koła, z boków obrzeżami z grubej blachy stalowej jak na rys.5d,e,f.

Liny współzwise o skrętkach trójkątnych najczęściej stosowane w Polsce dla kół Koepe posiadają skłonność do kręcenia się. Powstały moment odkrętu przenosi opór tarcia w żłobku wykładziny. Wartość tego momentu jest znaczna i część jego nie pokonana oporem tarcia w żłobku powoduje nieznaczny obrót liny wokół własnej osi, nie przekraczający  $180^\circ$  na całej długości łuku opasania. Wynikiem obrotu liny jest jej tendencja do odchylenia z płaszczyzny prostopadłej do osi koła w czasie opasywania koła pędnego i związane z tym dodatkowe odkształcenia wykładziny w kierunku równoległym do osi odcisku splotki. W czasie nakładania wykładziny należy zwrócić uwagę na dobre wzajemne przyleganie wkładek oraz prostopadłość płaszczyzny obwodu rowka linowego do osi koła. Najdogodniejsze pod tym względem są wykładziny z tworzyw sztucznych złożone z wkładek klinowych jak na rys.5c. Na wielu kołach pędnych spotyka się zjawisko jednostronnego wycierania rowka wywołane tendencją do przesuwania się w bok obracającej się liny jak i niewłaściwą pozycją koła pędnego w stosunku do kół kierujących. W takich przypadkach po pewnym czasie pracy odwraca się wykładzinę, aby przedłużyć jej żywotność. Po założeniu wykładziny przeprowadza się

często egalizację i profilowanie rowka przy pomocy freza lub noża kształtowego. Dla kół wielolinowych jest to zabieg konieczny i winien być okresowo wykonywany. Przytoczone wyżej uwagi nie wyczerpują w pełni bardzo złożonego charakteru pracy wykładziny oraz związanych z nim problemów konstrukcyjnych i ruchowych. Temat ten jest obecnie przedmiotem licznych badań zmierzających do określenia jakościowego i ilościowego zachodzących tu zjawisk.

#### 4. TRWAŁOŚĆ WYKŁADZIN

Praca koła pędnego polega na podnoszeniu ładunków dzięki sprzężeniu ciernemu liny z wykładziną. W sprzężeniach ciernych występuje zjawisko przemieszczania się przekrojów poprzecznych liny względem przekrojów żłobka, wynikające ze sprężystych odkształceń współpracujących elementów, zwane pełzaniem. Mechanicznemu przemieszczaniu względnemu elementów musi towarzyszyć zużycie, które w wyniku różnic twardości liny i wykładziny, zaznacza się przede wszystkim na wykładzinach. Wzrost ilości maszyn z kołem pędnym zwiększa zapotrzebowanie wykładzin, a więc zagadnienie ich trwałości i kosztów staje się bardzo aktualne. Ilościowe ujęcie zużycia ilości poszczególnych materiałów można oprzeć na porównaniu ilości pracy pełzania na jednostkę objętości (względnie ciężaru) zużytej wykładziny  $L \text{ kg/cm}^3$ . Przy uwzględnieniu formuły Euler'a dla napędów cięgowych [1], [2] praca pełzania wyrazi się zależnością

$$dA = \mu \cdot dP \cdot dl$$

gdzie:

$dP$  - nacisk na element łuku o długości  $R \cdot d\varphi$

$$dP = S_2 \cdot e^{\mu \cdot \varphi} \cdot d\varphi$$

$dl$  - droga przesunięcia w wyniku skurczu liny wywołanego zmianą naciągu  $dS$  na łuku  $(\alpha - \varphi)$

$$dS = S_2 \cdot \mu \cdot e^{\mu \cdot \varphi} \cdot d\varphi$$

$$dl = \frac{\mu \cdot R \cdot S_2 \cdot d\varphi}{E \cdot f} \cdot e^{\mu \cdot \varphi} \cdot d\varphi$$

Elementarna praca tarcia na jednostkę długości przesunięcia wyniesie

$$dA_1 = \frac{dA}{R \cdot d\varphi}$$

skąd praca pełzania na jednostkę długości

$$A_1 = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \frac{(\mu \cdot S_2 \cdot e^{\mu \cdot \varphi})^2}{E \cdot f} \cdot d\varphi^2$$

$$A_1 = \frac{(S_1 - S_2)^2}{2 \cdot E \cdot f}$$

Po uwzględnieniu, że różnica naciągów w obu gałęziach liny  $S_1 - S_2 = Q$ , tj. równa się ciężarowi ładunku, otrzymuje się

$$A_1 = \frac{Q^2}{2 \cdot E \cdot f}$$

oraz pracę pełzania jednej jazdy na drodze  $H$

$$A = \frac{Q^2 \cdot H}{2 \cdot E \cdot f}$$

Dla porównania w zbliżonych warunkach pracy przyjęto do rozważań urządzenia o głębokości ciągnięcia 300 ÷ 500 m stanowiące 40% objętych statystyką [6]. Wzięto przy tym pod uwagę tylko te przypadki, gdzie wyraźne poślizgi lin po wykładzinie nie występowały, względnie były nieznaczne. Przeciętne wartości wskaźnika zużycia jednostkowego kształtują się różnie w zależności od materiału wykładziny. Wartości obliczono na podstawie eksperymentalnej według zależności [7]

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}$$

gdzie:

$L_i$  - wartość ustalona w poszczególnych obserwacjach,  
 $n$  - ilość obserwacji.

Odchylenie średnie zaś jako pierwiastek z wariancji cechy wynosi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - L)^2}{n - 1}}$$

a współczynnik zmienności

$$V = \frac{S}{L} \cdot 100 \%$$

Obliczone w ten sposób wartości zestawiono w tablicy V. Wartości te pozwalają porównać tak bezwzględne wielkości wskaźnika  $L$  jak i ich rozrzut. Bardzo niska wartość  $L$  dla drewna jest wytłumaczalna rozrzutem własności mechanicznych, zależnym od kierunku wykonania żłobka w stosunku do

Tablica 5

Materiał	$L$ kGm/cm <sup>3</sup>	$S$ kGm/cm <sup>3</sup>	$V$ %
Skóra	38,872	23,37	60,12
Drewno dębowe	4,815	5,35	111
Guma z wkładką bawełnianą	17,16	16,82	98,01

słojów, a także małą sprężystością drewna. Z tablicy V wynika także, iż skóra przewyższa trwałością pozostałe materiały co uzasadnia tak powszechne i chętne jej stosowanie przez kopalnie bo w około 47% kół pędnych.

Dotychczas brak jest krajowych doświadczeń z eksploatacją materiałów syntetycznych przez dłuższy okres czasu. Jak wynika jednak z praktycznych prób i doświadczeń laboratoryjnych z materiałem syntetycznym typu Kautex, tworzywo to ma pełną szansę zastąpienia skóry. Według źródeł szwedzkich, wykres na rys.6, dla tych samych warunków obciążenia i ruchu Kautex wykazuje 5-krotnie większą trwałość od skóry. Podobnie jak wynika z doświadczeń belgijskich, wykres na rys.7, Kautex

w zestawieniu z wykładziną gumowo-tekstylną wykonaną z taśm kopalnianych wykazuje trwałość 6-krotnie wyższą. Krajowe doświadczenia i pomiary zużywalności, przeprowadzone były na AGH w Krakowie przez Zakład Urządzeń Szybowych [4]. Pomiary laboratoryjne zużywalności przeprowadzono zakładając kolejno wykładziny z różnych materiałów na koło maszyny doświadczalnej. Po opasaniu koła na łuku  $\pi/2$  liną, wykonywano obroty koła pod obciążeniem liną. Jako miarę zużycia przyjęto ubytek promienia żłobka wykładziny. Częściowe wyniki tych pomiarów uzyskane przy identycznych obciążeniach i prędkościach liny przedstawione są w tablicy VI. Z otrzymanych wyników zawartych w tablicach V i VI, wynika, że materiały o dużej sprężystości tzw. miękkie jak Kautex, guma i skóra, wykazują większą trwałość niż znacznie mniej sprężyste drewno. Różnice w trwałości między skórą i gumą, na

Tablica 6

Materiał wykładziny	Zużycie promienia mm	Względna droga liny m	Zużycie jednostkowe mm/1000 m	Zużycie w odniesieniu do skóry %
Materiał syntetyczny na bazie PCW oznaczony OV	6,4	5800	1,1	61
Skóra	8,8	4920	1,8	100
Gumowo-tekstylna	18,0	8800	2,05	114
Drewno dębowe	8,0	350	22,8	1270

niekorzyść gumi, wynikają z niższej odporności gumi na ścieranie. Czynniki obniżającymi tę odporność są starzenia się gumi, pęcznienie, zmiany temperatury, ugniatanie. Praca tarcia miarodajna dla zużycia wykładzin, jest zależna od ruchów względnych jakie występują między liną a wykładziną. Ruchy te dla wykładzin bardzo sprężystych są znacznie mniejsze, niż dla wykładzin mało sprężystych.

Odształcenia wykładziny w kierunku obwodowym wskutek sprężystości materiału wywierają dodatni wpływ, gdyż zmniejszają przesunięcia względne między liną i wykładziną. W czasie obserwacji pracy wykładzin na kołach pędnych stwierdzono, że dla jazdy naczynia wydobywczego w jednym kierunku na drodze podnoszenia H, odształcenia obwodowe wykładzi-

ny wzrastały do wartości granicznej. Wartość ta była sumą odkształceń powstałych w czasie poszczególnych obrotów koła i wynosiła np. dla jednego z kół o wykładzinie skórzanej 7,2 mm. Kierunek odkształceń był przeciwny do kierunku obrotu koła i zgodny z kierunkiem pełzania liny.

Odształcenia promieniowe wykładziny powiększają przesunięcia względne między liną i wykładziną. Jednakowoż wpływ odkształceń promieniowych na przesunięcia względne liny po wykładzinie jest mniejszy od wpływu odkształceń obwodowych, i da się łatwo uchwycić obliczeniem na podstawie znanej sprężystości promieniowej wykładziny.

Sprężystość materiału wykładziny jest więc jednym z zasadniczych czynników mających wpływ na zużycie wykładziny. Pełniejsze porównanie trwałości materiałów klasycznych stosowanych na wykładziny z materiałami syntetycznymi oraz określenie wpływu sprężystości materiału na jego trwałość będzie możliwe po uzyskaniu danych z prób ruchowych.

## 5. WNIOSKI

1. Stosowanie drewna na wykładziny (dotychczas 22% kół pędnych) jest nieuzasadnione ekonomicznie i błędne, tak ze względu na niską trwałość, powodującą częste przestoje dla wymiany jak i z uwagi na niski współczynnik sprzężenia ciernego.
2. Skóra stosowana w 47% jest materiałem znacznie lepszym od drewna, odznacza się większą trwałością i daje lepsze sprzężenia.
3. Pełnowartościowym a równocześnie 6-krotnie tańszym materiałem zastępczym w miejsce bardzo drogiej skóry jest tworzywo na osnowie PCW.
4. Skórę można zastępować z równie dobrymi efektami 4-krotnie tańszą wykładziną gumowo=tekstylną.



## LITERATURA

- [1] Popowicz O. - Ruchy względne liny i wykładziny na kole pędnym. Zeszyty Naukowe Pol. Śląskiej Górnictwo 4. 1962 r.
- [2] Popowicz O. - Rozważania nad zachowaniem się liny na kole pędnym. Archiwum Górnictwa 1955.
- [3] Pichot G. - Problèmes particuliers à la poulie Koepe. Revue de l'Industrie Minérale. Numéro spécial K 2. 1959.
- [4] Stachurski J. - Tarcie liny na kole pędnym. Praca doktorska 1960.
- [5] Materiały Westfälische Seilprüfstelle Bochum 1958.
- [6] Ankieta MGiE Departament Energo-Mechaniczny w sprawie wykładzin kół pędnych w kopalniach przemysłu węglowego. 1960.
- [7] Fisz M. - Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna. PWN 1958.

MECHANICAL AND OPERATIONAL PROPERTIES OF KOEPE  
PULLEY LININGS

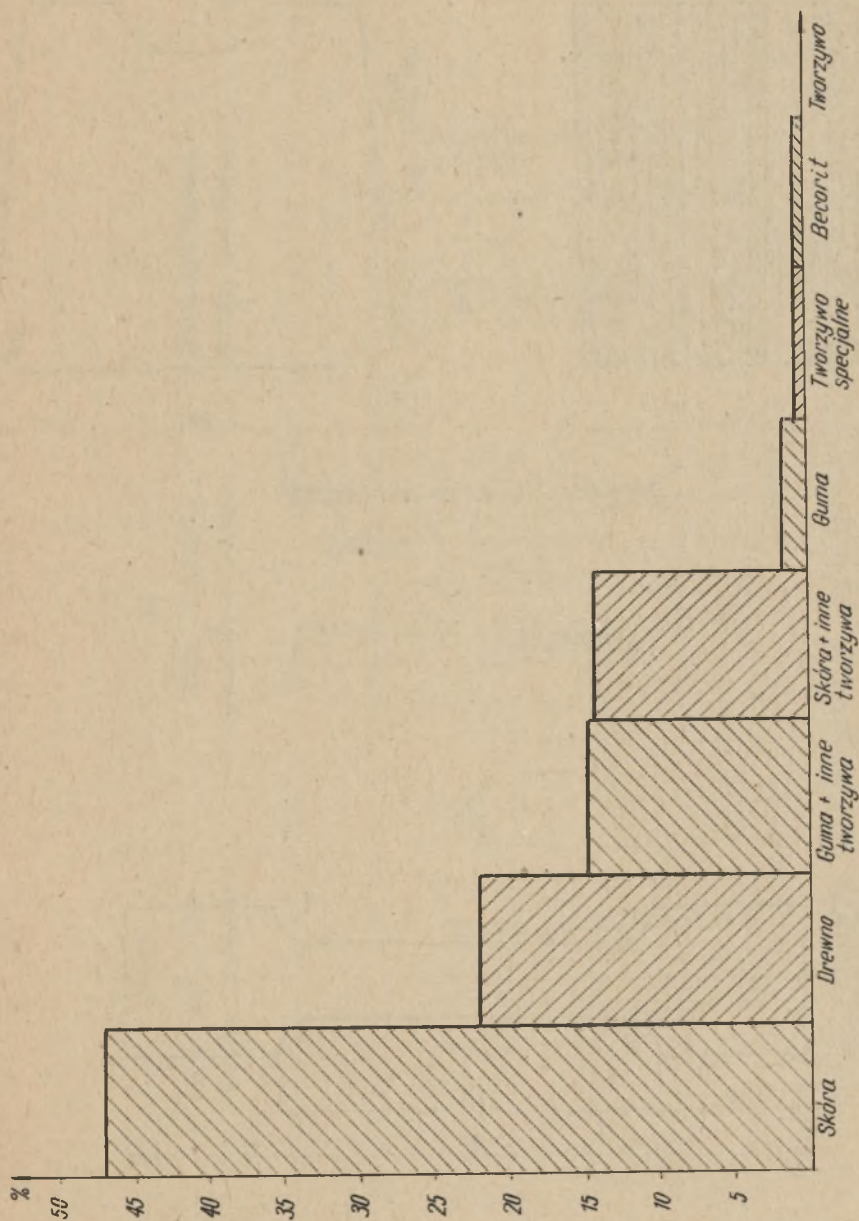
## Summary

The article treats of types of Koepe pulley linings used in Polish mines. Kinds and ways of fastening the linings to the Koepe pulley and its theis behaviour during the period of intensive exploitation were examined. The tests to a trial of determine the life of typical lining materials were undertaken and described.

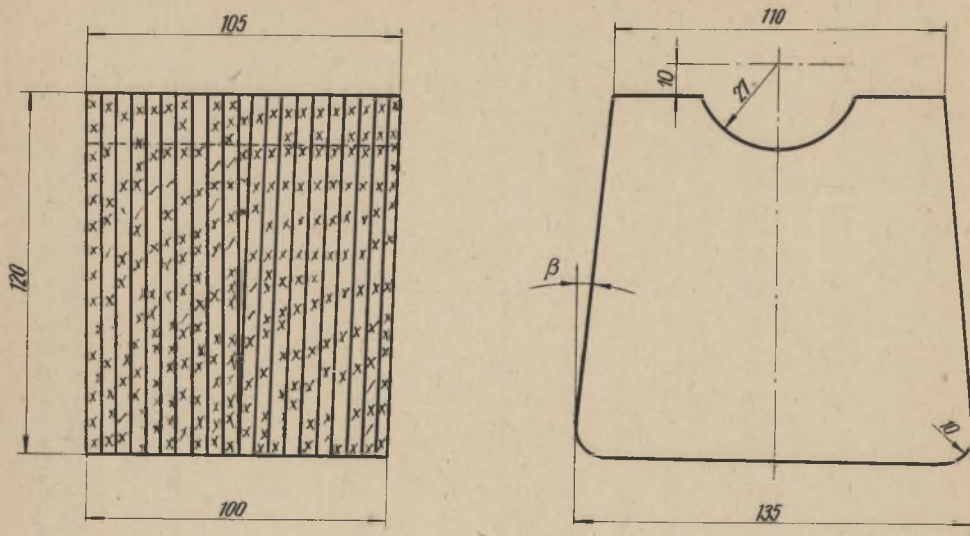
DIE MECHANISCHEN UND BETRIEBSEIGENSCHAFTEN  
DER TREIBSCHEIBENFUTTER

## Zusammenfassung

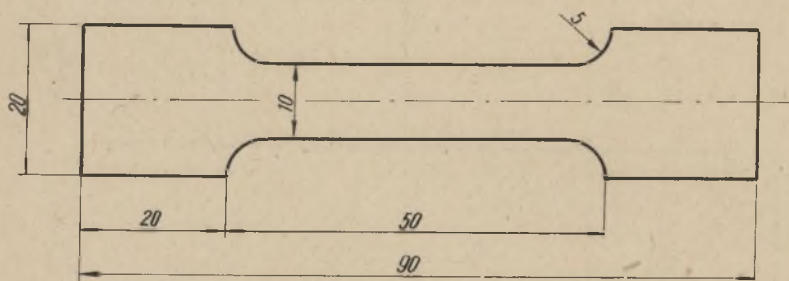
Im Artikel sind von den Verfassern die in Polen eingesetzten Fütterungstypen der Koescheibe besprochen wurden. Ausserdem wurden die Arten und Fertigungsweisen der verschiedenen Futter und ihr Verhalten bei angestremtem Betrieb aufgeklärt. Man versuchte auch die Lebensdauer der verschiedenen Fütterungsmaterialien zu bestimmen.



Rys. 1. Procentowy udział tworzywa użytego na wykładzinę kół pędnych dla zbadanej ilości 183 urzędzeń w kopalniach p.w.



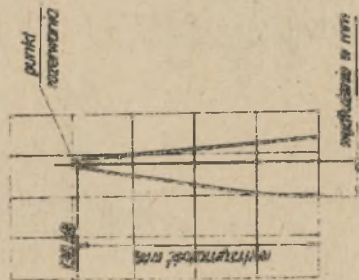
Rys.2. Wkładka ze skóry



Rys.3. Próbką skóry do badania na rozciąganie

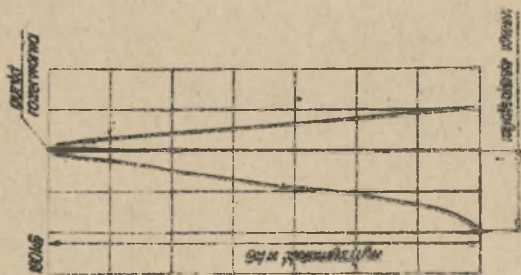
a)

Skóra podszkorna  
garbunku roślinnego



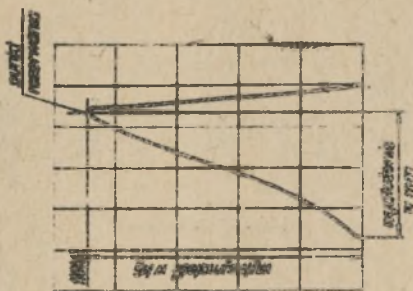
b)

Skóra naciążkowa  
garbunku roślinnego

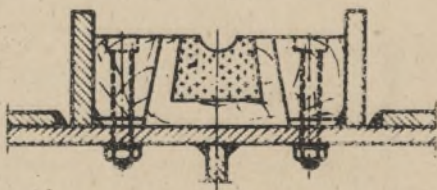
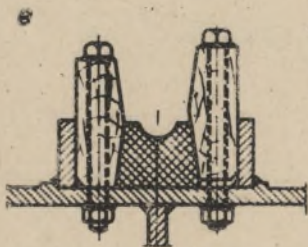
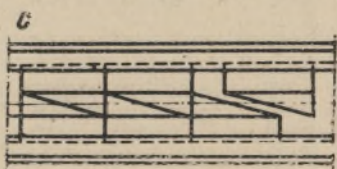
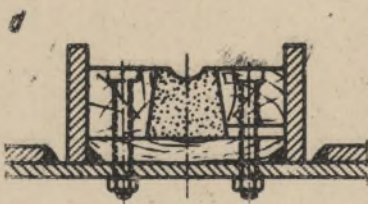
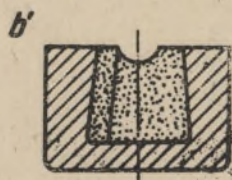
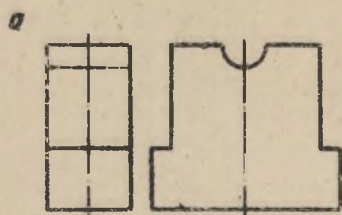


c)

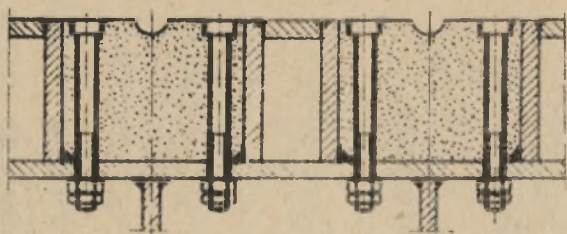
Skóra naciążkowa  
garbunku chemicznego



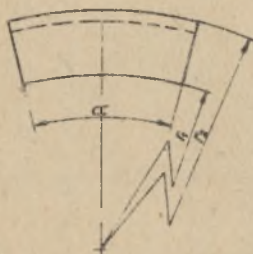
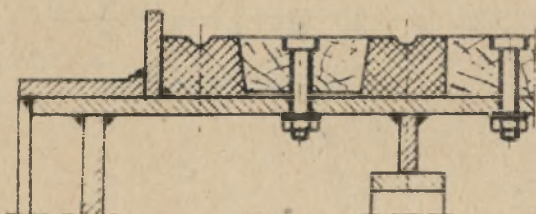
Rys. 4. Wykresy zależności siły krywej siły od wydłużenia dla rozciąganych próbek ze skóry



g

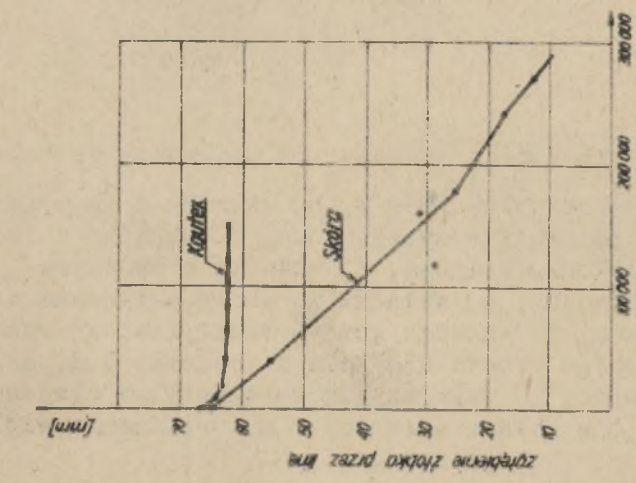


h

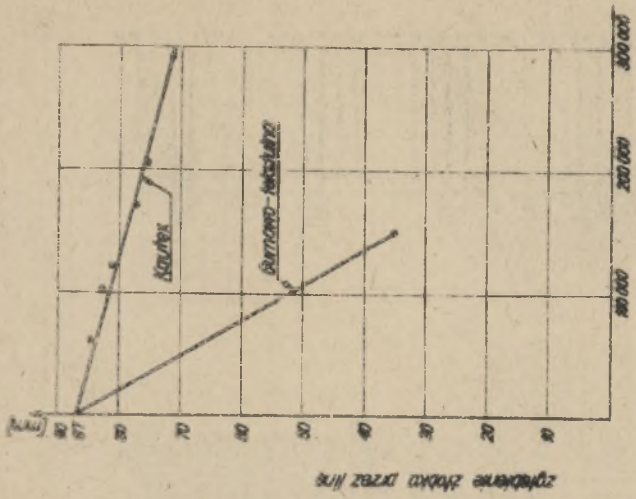


Sys.5. Kształty wkładek i sposoby ich mocowania na koła

a) wkładka gumowo-tekstylna typu T, b) wkładka z tworzywa sztucznego dzielona dwu i trzyczęściowa, c) wkładka z tworzywa sztucznego dzielona, klinowa, d) wkładka z tworzywa sztucznego pryzmatyczna, e) wkładka ze skóry zakładana w ramkach drewnianych, f) wkładka gumowo-tekstylna, g) wkładka z tworzywa sztucznego prosta dla koła o średnicy 5 m, urządzenia wielolinowego, h) wkładka gumowo-tekstylna olejoodpor-  
na, pryzmatyczna dla koła o średnicy 2 m, urządzenia wielo-  
linowego



Rys. 6. Wykres trwałości wykładziny z Kautex u  
w porównaniu ze skórzaną dla jednej z kopalń  
szwedzkich



Rys. 7. Wykres trwałości wykładziny z Kautex u  
w porównaniu z gumo-tekstylną dla jednej z  
kopalń belgijskich