

ALFRED CARBOGNO

JAN CZAJA

INSTYTUT MECHANIZACJI GÓRNICZTWA

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

GLIWICE

STANISŁAW DROŹDZAK

PRZEDSIĘBIORSTWO BUDOWY SZYBÓW

BYTOM

TRWAŁOŚĆ OKRĄGLYCH LIN WYRÓWNAWCZYCH
URZĄDZEŃ WYCIĄGOWYCH KOPALNI RUD MIEDZI

Przedstawiono wyniki analizy pracy 68 sztuk wyciągowych lin wyrównawczych okrągłych, zastosowanych w głębokich kopalniach Kombinatu Górniczo-Hutniczego Miedzi w Lubinie.

1. Wstęp

Zagadnienie lin wyrównawczych w istniejących i nowo budowanych kopalniach Zagłębia Miedziowego stało się poważnym problemem wraz ze zwiększaniem głębokości ciągnięcia szybami. Znaczna głębokość ciągnięcia, jak również trudne warunki szybowe, charakteryzujące się bardzo dużą agresywnością korozyjną środowiska szybowego, spowodowały konieczność szukania nowych rozwiązań poszczególnych elementów urządzeń wyciągowych.

W pracy przeprowadzono analizę trwałości lin wyrównawczych okrągłych jako jednego z elementów urządzenia wyciągowego, ponieważ zagadnienie to, szczególnie w szybach o głębokości powyżej 1000 m nabrało istotnego znaczenia z uwagi na poważną awaryjność stosowanych dotychczas lin wyrównawczych okrągłych o dwu warstwach splotek. W analizie starano się wykazać, jakie czynniki mają wpływ na czas pracy lin okrągłych wielowarstwowych.

Zagadnienie bezawaryjnej pracy, jak też odpowiedni okres eksploatacji ma duże znaczenie nie tylko ze względu na efektywność ekonomiczną wyciągu ale głównie na bezpieczeństwo pracy urządzenia wyciągowego. Dotychczasowe doświadczenia ruchowe wskazują, że problematyka lin wyrównawczych okrągłych dwuwarstwowych wymaga szybkiego rozwiązania, jak również konieczne

jest podjęcie ostatecznej decyzji odnośnie określenia warunków i zakresu stosowania tych lin.

2. Charakterystyka lin wyrównawczych okrągłych wielowarstwowych, stosowanych w KGHM

W zakładach górniczych "Lubin" i "Polkowice" wprowadzono liny wyrównawcze okrągłe dwuwarstwowe w miejsce stosowanych dotychczas lin wyrównawczych płaskich szytych/rys.1a/. Liny płaskie szyte, z uwagi na ich trudności w produkcji /ręczne szycie lin/ oraz mankamenty eksploatacyjne, takie jak: duża odkryta powierzchnia drutów liny, podatność na korozję, przecieranie się szycia liny, są powoli wycofane w górnictwie krajowym na rzecz lin płaskich zwieranych nitami/rys.1b/, płaskich gumowanych/rys.1c/ czy wyrównawczych okrągłych nieodkrętnych/rys.2/.

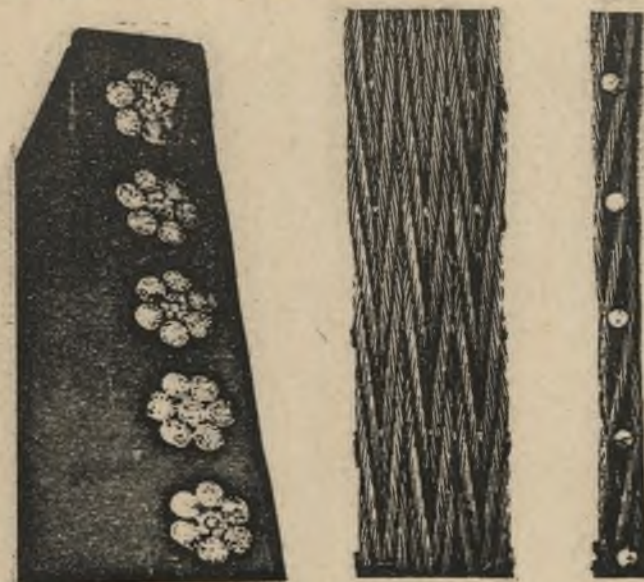
W wyżej wymienionych zakładach liny wyrównawcze okrągłe wprowadzono w oparciu o ekspertyzę Głównego Instytutu Górnictwa, opracowaną w 1969 r. Liny te są produkowane wg. normy EN-69/1727-04. W zakładach górniczych "Rudna" liny tego typu dobrało Biuro Projektowe "CUFRUM". Dane zastosowanych lin zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1

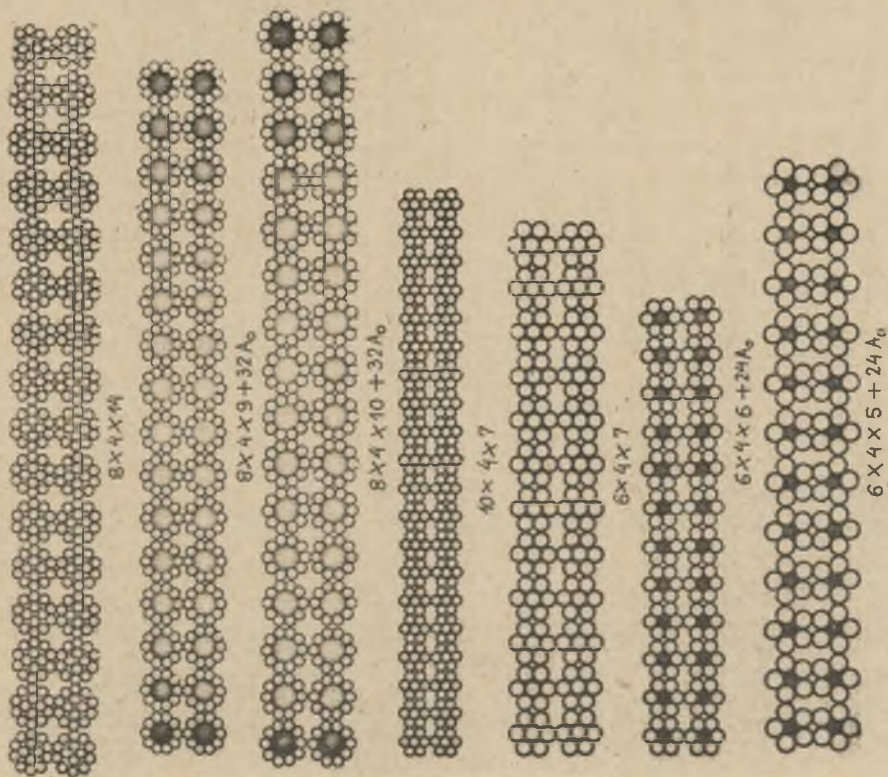
Dane lin wyrównawczych okrągłych produkcji krajowej i angielskiej

Liny	Lp.	Ø liny /mm/	Konstrukcja	Przekrój nośny /mm ² /	Masa 1 mb drutów /kg/	Średnica /mm/	Nominalna wytrzymałość kN	Skok zwicia	
								I w /mm/	II w /mm/
dwuwarstwowe	1.	62, GIG	6x19+12x19+ +A _o	1545,8	14,-	2,4	1819,75	220	525
	2.	58, GIG	6x16+12x16+ + A _o	1301,8	11,90	2,4	1532,32	200	490
	3.	55, GIG	6x16+12x19+ +A _o	1195,2	10,90	2,3	1406,75	192	467
czterowarstwowe	4.	61,5 BRL	6x19+6+13x x6+17x6+ +20x6+A _o	1390,-	13,82	2, 2,4	1520,55	-	492
	5.	56 Polska	6x19+6+13x x6+17x6+20x x6+A _o	1300,6	13,30	2,0	1530,36	-	445
	6.	54 BRL	6x19+6+13x6+ +17x6+20x x6+A _o	1240	11,36	1,9	1157,58	-	-

W pozycji 4,5,6 podano liny wyrównawcze okrągłe o czterech warstwach spletek, które jako prototypowe pracują w szybie o głębokości 950 m. Liny tego typu składają się z trzech warstw spletek płaskich i jednej warstwy spletek okrągłych. Bezpośrednio na rdzeniu organicznym osadzona jest warstwa spletek okrągłych, między którymi znajduje się 6 drutów wypełniających, a następnie nawinięte są trzy warstwy spletek płaskich.



Rys. 1. Przekroje lin wyrównawczych płaskich:
 a/ sztytych ręcznie,
 b/ zwieranych maszynowo nitami,
 c/ stalowo-gumowej firmy ARBED



Jedną z istotnych charakterystyk mechanicznych lin wyrównawczych okrągłych jest moment odkrętny. Badania momentu odkrętu lin w całości przeprowadzono na zalegalizowanej maszynie wytrzymałościowej typu ZMLS-500. Przeznaczone do badań odcinki lin zalano w tulejach stożkowych, przy czym jeden koniec osadzono na stałe w uchwycie zrywarki a drugi obrotowo. Urządzenie do pomiaru momentu składało się z osadzonej obrotowo nałożysku oporowym tulei, do której przymocowane było ramię zaopatrzone w pion. Do łoża maszyny przymocowany był wspornik. Między ramieniem a wspornikiem, przy pomocy cięgien, zawieszony był dynamometr. Zamocowane odcinki lin poddawano wzrastającemu i malejącemu obciążeniu rozciągającemu siłą statyczną P w zakresie od 0 do 200 kN. Odczyty wskazań dynamometru dokonywano co 20 kN. W celu porównania wielkości występujących momentów przeprowadzono badania na dwóch rodzajach lin:

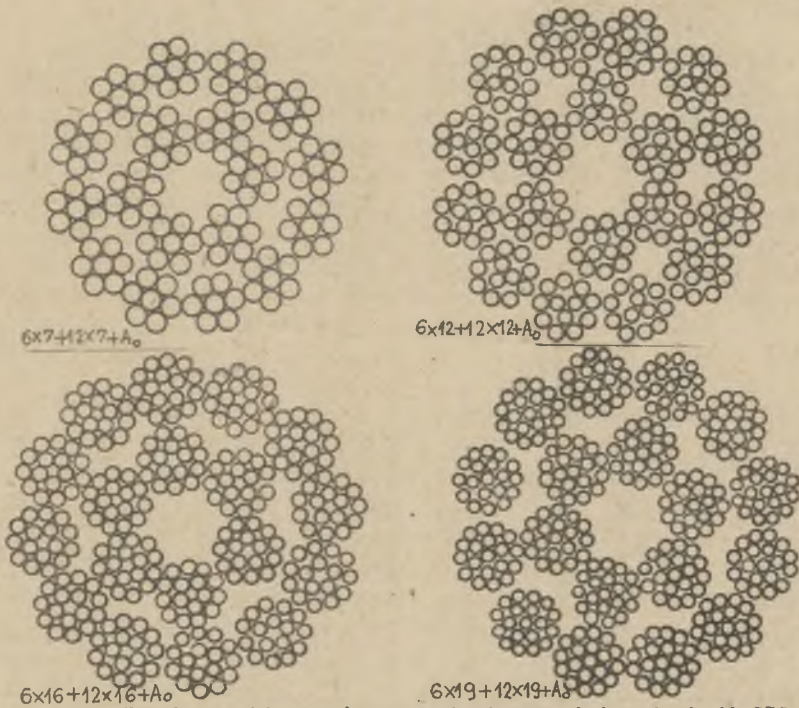
- liny dwuwarstwowe typu GIG,
- liny czterowarstwowe produkcji krajowej i British Ropes Limited.

Wyniki badań zestawiono poniżej.

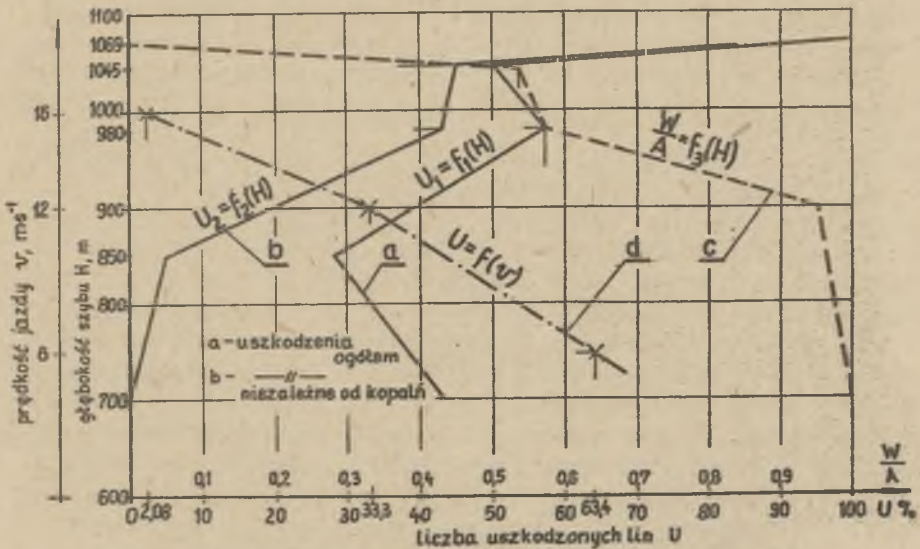
Tablica 2

Wyniki pomiarów wartości średniej momentu odkrętu sił zrywających, sprawności i wydłużenia badanych lin produkcji krajowej i zagranicznej

Lp.	Obciążenie P 10 kN	Liny dwuwarstwowe typu GIG			Liny czterowarstwowe	
		\varnothing 55	\varnothing 58	\varnothing 62	\varnothing 56 krajo- wa	\varnothing 54 BRL
Moment odkrętu M_o daNm						
1.	2.0	5,03	9,0	4,76	0,529	0
2.	4.0	12,27	14,90	12,08	4,286	0
3.	6.0	19,0	20,80	18,70	4,760	0,635
4.	8.0	25,20	26,40	26,70	5,080	1,905
5.	10.0	30,70	32,-	34,30	5,320	1,905
6.	12.0	36,17	38,60	41,80	5,640	1,905
7.	14.0	40,19	41,50	49,30	6,030	1,905
8.	16.0	47,30	47,10	55,30	6,510	1,905
9.	18.0	52,20	53,90	60,10	6,900	1,905
10.	20.0	56,40	57,60	64,70	7,140	1,905
Sumaryczna siła zrywająca linę P_w , kN		1471,97	1692,1	1906,59	1547,04	1401,85
Siła zrywająca linę w całości P_c , kN		1363,59	1432,26	1687,32	1334,16	1226,25
Sprawność η , %		92,6	84,7	88,5	86,2	87,5
Wydłużenie przy zerwaniu ϵ , %		4,86	4,96	6,74	5,72	5,69



Rys. 2. Przekroje lin wyrównawczych okrągłych konstrukcji GIG



Rys. 3. Zależność: a i b - liczby lin uszkodzonych U_1 i U_2 od głębokości szybu H , c - stosunku lin dobrych W do sumy analizowanej liczby lin A od głębokości H , d - % uszkodzeń U lin dwuwarstwowych na łukach nawrotu w zależności od prędkości jazdy wyciągu V

3. Metody nakładania lin wyrównawczych i ich wpływ na trwałość lin

Zakładanie oraz wymiana lin przy pomocy kołowrotu "IWANOW" odbywa się ze zrębu szybu. Po połączeniu liny nowej z odkładaną przy pomocy ścisków, linę nową opuszcza się do szybu pod wpływem ciężaru liny starej. Linę starą nawija się na bęben względnie odcinkami odkłada się w podszybiu. Przy odcięciu liny starej oraz mocowaniu liny nowej w zawieszaniu na zrębie szybu podtrzymuje się je przy pomocy zacisków klinowych typu Hauer-Hammer. Przy pierwszych wymianach opuszczanie liny w szybie odbywało się przy pomocy specjalnej ramy tzw. "sań prowadniczych". Obecnie liny opuszcza się bez prowadzenia. Przeprowadzenie liny przez nawrót odbywa się swobodnie a następnie po podciągnięciu do góry łączy się ją z zawieszaniem naczynia znajdującego się na dole. Winda tego typu umożliwia równoczesne zakładanie 4 lin okrągłych względnie 2 lin płaskich ze stałą szybkością.

Kołowrotem dwubębnowym EPR zakładano pierwsze 8 lin wyrównawczych w urządzeniu skipowym szybu R-2 ZG"RUDNA". Liny w szybie opuszczano swobodnie bez zawiesi, z jednoczesną obserwacją zachowania się ich na całej głębokości szybu. Sama technologia oraz prace przygotowawcze są takie same jak przy stosowaniu kołowrotu IWANOW. Istotną różnicą jest prowadzenie lin przez układ bębnowy. Nakładanie lin z podszybia uzależnione jest od możliwości opuszczania lin szybem. Takie warunki istnieją w ZG"RUDNA", gdzie wymiana wszystkich lin odbywa się z podszybia. Linę nową ustawia się w odległości około 15 m od rury szybowej i przeprowadzając ją przez rolkę prowadniczą łączy się z zawieszaniem, po uprzednim odcięciu liny starej. Lina stara jest nawijana na bęben ustawiony po przeciwnej stronie podszybia. Bębny z liną nową i odkładaną są napędzane silnikami hydraulicznymi z regulowaną prędkością. Prędkość odwijania liny jest korelowana z prędkością ruchu naczynia w szybie, przestrzegając zasady swobodnego podciągania liny przez naczynie. Nawrót liny w rzapiu wykonuje się tak aby niedopuszczyć do powstania pętli na linie.

W tabelicy 3 zestawiono różne sposoby nakładania lin wyrównawczych z uwzględnieniem ich zachowania w czasie eksploatacji.

Powyższe zestawienie nie daje pełnego materiału porównawczego, ponieważ w zestawieniu ujęto wszystkie liny wyrównawcze, pracujące przy różnych głębokościach, oraz brak jest porównania zachowania się lin wyrównawczych dwuwarstwowych, zakładanych z podszybia przy głębokościach szybu 700 m i 850 m. Niemniej jednak można stwierdzić, że kołowrót "IWANOW", w którym zachowany jest stosunek D/d co najmniej równy 30, nie ma ujemnego wpływu na pracę lin wyrównawczych dwuwarstwowych.

Kołowrót dwubębnowy EPR został zastosowany do zakładania lin dla szybu o głębokości 1050 m, w związku z czym należy sądzić, że przyczyny powstawania deformacji są niezależne od windy, tym bardziej, że warunki przeginania liny na bębnach kołowrotu są korzystniejsze od kołowrotu IWANOW. Specjalnej analizy wymaga sposób zakładania lin z podszybia, gdyż aż 66,6 % lin uległo deformacjom po kilkunastodniowej eksploatacji. Kilkanaście lin było

Tablica 3

Zestawienie sposobów zakładania lin wyrównawczych okrągłych
D - średnica bębna kołowrotu, d - średnica liny

Lp.	Sposób nakładania	Średnica liny d, mm	Stosunek D/d	Liczba lin		Rodzaj lin Uwagi
				zakończonych	zdeformowanych po nałożeniu	
1.	Kołowrót "IWANOW"	62	28	2	2	2w.
2.	" "	56	51	2	-	4w.
3.	" "	55	31,6	35	1	2w, def. splotu przy nakł.
4.	Kołowrót EPR - dwubębnowy	58	28,4	4	3	2w.
5.	" "	55	30,-	4	4	2w.
6.	Z podszybia	62		2	2	2w.
7.	" "	61,5		2	-	4w. BFL
8.	" "	58		3	-	2w.
9.	" "	56		1	-	4w.
10.	" "	55		15	10	2w.

zakładanych w obecności pracowników Laboratorium Badania Lin i Zawiesi, którzy stwierdzili, że liny nie są uszkodzane w czasie nakładania. Zaznaczyć jednak należy, że wszystkie liny zakładane z podszybia pracują w szybach o głębokości powyżej 950 m.

4. Wyniki eksploatacji lin wyrównawczych okrągłych wielowarstwowych w kopalniach KGHM

W zakładach górniczych podległych KGHM rozpoczęto stosowanie lin wyrównawczych okrągłosplotowych od 2.01.72 r. w miejsce lin wyrównawczych piaskich konstrukcji $8 \times 4 \times 9 \times 32 + A_0$ - 166x32 mm wg EN-70/M-80227. Średni czas pracy tych lin wynosił 15 m-c, a główną przyczyną ich odkładania były uszkodzenia mechaniczne /przecięcia splotów i deformacji/ powstałe na skutek spadającego urobku oraz znaczna korozja szczególnie na łukach nawrotu. Analizą objęto wszystkie liny wyrównawcze okrągłe wielowarstwowe w ilości 68 sztuk, zainstalowane w urządzeniach wyciągowych trzech kopalń KGHM, w okresie od 2.01.72 r. do 28.02.77 r. Liny te pracowały w urządzeniach wyciągowych skipowych i klatkowych o głębokości ciągnięcia 650 m do 1050 m.

W celu uzyskania informacji o pracy lin w warunkach kopalnianych zebrano dane odnośnie czasokresu ich eksploatacji wraz z określeniem przyczyn ich odłożenia w zakładach górniczych "Lubin", "Polkowice" i "Rudna". Z analizy zestawionych danych wynika, że na zainstalowaną ilość 68 lin,

42 liny zostały odłożone przedwcześnie, z nich

- a/ 38 % - zostało odłożonych na skutek korozji i starcia drutów w eksploatacji,
- b/ 29 % - uległo typowym deformacjom w postaci rozwarstwienia w kilka dni po ich nałożeniu,
- c/ 12 % - zostało wycofanych wskutek uszkodzeń mechanicznych /zasypanie stacji zwrotnych/,
- d/ 7 % - odłożono w wyniku deformacji powstałych podczas spętlenia się lin,
- e/ 14 % - odłożono z innych przyczyn, np. zerwania linki sygnalizacyjnej, blokowanie zawiesi, awaryjnego hamowania naczyń.

Deformacje lin powstałe na skutek uszkodzeń mechanicznych są łatwe do rozpoznania, ponieważ występują na dość znacznej długości liny w postaci odkształceń od osi pionowej, przy czym często po kilku dniach w miejscach większych deformacji /odkształceń/ dochodzi do rozsunięcia się splotów zewnętrznych i wyjścia warstwy wewnętrznej na zewnątrz liny.

W Zakładach Górniczych Lubin i Polkowice, gdzie maksymalne głębokości szybów wynoszą 850 m nie wystąpiły deformacje zaraz po nałożeniu lin. Uszkodzenia lin, stanowiące 27,6 %, były spowodowane wyłącznie przyczynami zależnymi od eksploatacji urządzenia wyciągowego. W Zakładach Górniczych Rudno, w których głębokość szybów jest w granicach od 950 do 1050 m, miało miejsce tylko 5,71% przypadków uszkodzeń zależnych od eksploatacji i aż 45,5% uszkodzeń powstałych po kilkunastu dniach eksploatacji lin wyrównawczych.

Przyczyny przedwczesnego odłożenia lin wyrównawczych okrągłych z eksploatacji. M-uszkodzenia mechaniczne, R-rozwarstwienie, K-korozja i starcia drutów, S-spętlenie lin w nawrocie, I-inne

Tablica 4

Lp.	Kopalnia szyb, przedział	Długość l, m i średnica liny d, mm	Odłożenie						Nadal	Suma analizowanych lin
			M	R	K	S	I	Razem		
1	Lubin L-II p. W i Z	715 55	3	-	-	-	-	3	4	7
2	Polkowice P-II, p. W i Z	900 55	-	-	10	3	5	18	4	22
3	Rudna, R-III p. klatkowy	980 55	-	4	-	-	-	4	3	7
4	Rudna, R-III p. skipowy	1007 56 - 4m	-	-	2	-	-	2	2	4
5	Rudna R-I p. klatkowy	1045 i 1058 55, 58, 62, 61,5	2	8	4	-	1	15	5	20
6	Rudna R-II p. połud.	1069 55 i 58	-	-	-	-	-	-	8	8
	Razem		5	12	16	3	6	42	26	68

Na wykresie rys.3 przedstawiono zależność między procentową ilością lin uszkodzonych a głębokością szybów. Z wykresu tego wynika, że do głębokości szybu 850 m można by stosować liny wyrównawcze dwuwarstwowe typu GIG o średnicy nie większej od 58 mm, przy których nie powinny wystąpić deformacje przy zachowaniu warunków poprawnej eksploatacji urządzenia wyciągowego.

Zależność między stosunkiem lin dobrych W do sumy lin analizowanych A a głębokością szybu H.

W wersji I liny uszkodzone mechanicznie przyjęto jako dobre, a w wersji II wszystkie liny przedwcześnie wymienione przyjęto jako liny uszkodzone.

Tablica 5

Lp.	Wersja I		Wersja II		Głębokość szybu H,m
	W/A		W/A		
1.	7/7	= 1	4/7	= 0,57	700
2.	21/22	= 0,95	16/22	= 0,73	900
3.	4/7	= 0,57	3/7	= 0,43	980
4.	-	-	4	-	1007
5.	11/20	= 0,55	10/20	= 0,50	1045
6.	0/4	= 0	0/4	= 0	1069

Na wykresie rys.3 i w tablicy 5 pokazano zależność między stosunkiem lin dobrych W do sumy A analizowanych lin w zależności od głębokości szybu H. Wynika z niego, że wraz ze zwiększeniem głębokości szybu liczba lin dobrych maleje. Nie bez znaczenia na powstawania deformacji lin a szczególnie tych deformacji, które wystąpiły na łukach nawrotu wydaje się być szybkość jazdy naczyń wyciągowych. Na wykresie zestawiono też procentową liczbę uszkodzonych lin w zależności od prędkości naczyń. Z wykresu wynika, że najmniejsza liczba deformacji występuje przy prędkości 16 m/s, a największa przy 6 m/s. Wpływ szybkości ruchu naczynia wydaje się dość prawdopodobny, gdyż biorąc pod uwagę małą zwartość splotów warstwy zewnętrznej przy małej szybkości naczynia podczas dojazdów do skrajnego położenia, czas, w jakim lina pozostaje przeginana w nawrocie, jest odpowiednio dłuższy. W przypadku jakichkolwiek zaburzeń zewnętrznych warstwa wewnętrzna o znacznych naprężeniach wynikających z jej konstrukcji /współwita/ może spowodować powiększanie się szczelin między splotami warstwy zewnętrznej a w konsekwencji ich rozsuniecie i wysunięcie się warstwy wewnętrznej na zewnątrz.

5. Wnioski

1. Z przeprowadzonej analizy trwałości lin wyrównawczych okrągłych wynika, że główną przyczyną przedwczesnego wycofania lin z eksploatacji w kopalniach KGHM jest osłabienie ich konstrukcji, które spowodowane jest korozją i starciem drutów /38 % lin/ a w dalszej kolejności deformacjami postaci rozwarstwienia liny /29 %/ oraz skutek niewłaściwej eksploatacji /21 %/.

2. Awaryje lin wyrównawczych okrągłych dwuwarstwowych, powstające z przyczyn pracy i obsługi urządzenia wyciągowego, mają charakter losowy, wynikający z mało stabilnej konstrukcji lin.
3. Wraz z głębokością szybu, liczba lin ulegających uszkodzeniu już po kilku dniach eksploatacji zwiększa się.
4. Metody zakładania lin wyrównawczych dwuwarstwowych okrągłych są nie bez znaczenia dla powstawania ich uszkodzeń i dalszej eksploatacji. Pozytywne wyniki pracy lin nakładanych przy użyciu windy frykcyjnej "IWANOW" o stosunku przeginnania liny na bębnach nie mniejszym od 30, niezależnie od głębokości szybu, należy przypisać wstępnemu napinaniu liny podczas przewijania jej na bębnach pod znacznym dociskiem rolek.
5. Blokowanie lub zatarcie zawiesi, zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia awarii liny dwuwarstwowej z uwagi na prawdopodobieństwo spękania się gałęzi liny w stacji nawrotu.
6. Należy przeanalizować konstrukcję lin wyrównawczych dwuwarstwowych w aspekcie zmiany kątów zwicia warstw i ich kierunków. Wydaje się celowe wykonanie liny, w której warstwa wewnętrzna będzie wykonana jako przeciwwzista a kąty zwicia obu warstw równe, przy czym warstwy zwite w kierunkach przeciwnych. Poprawi to zwartość liny, zmniejszy naprężenia wewnętrzne oraz zapewni równomierne wydłużanie się poszczególnych warstw. Zwiększenie momentu odkrętu liny nie wpłynie w sposób istotny na pracę liny pod warunkiem zachowania ruchliwości zawiesi.
7. W celu zwiększenia odporności lin na korozję i starcia, co ma istotne znaczenie w warunkach Kopalni LGOM-m, należy rozważyć możliwość wprowadzenia grubszych średnic drutów w linach.

ПРОЧНОСТЬ УРАВНОВЕШИВАЮЩЕГО ПОДЪЕМНОГО КРУГЛОГО КАНАТА

РУДНИЧНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

Резюме

Представлены результаты анализа работы 68 подъемных уравновешивающих круглых канатов примененных в медном руднике при Горно-металлургическом медном комбинате.

SERVICE LIFE OF ROUND BALANCE ROPES USED IN HOISTS IN THE COPPER ORE MINES

Summary

The paper presents the results of operation analysis of 68 round balance ropes employed in the deep copper ore mines of kombinat Górno-Hutniczy in Lubin.