

MICHAŁ STAWOWIAK
ZENON ROŻENEK

Ocena podatności wykładzin ciernych typu Becorit K-25SB i Modar R3/Mz

W artykule przedstawiono ocenę podatności wykładzin ciernych dwóch wybranych producentów tychże wykładzin. Badania te są niezwykle istotne przy ocenie bezpieczeństwa już istniejących i nowo projektowanych wyciągów szybowych oraz narciarskich kolei linowych. Badania przeprowadzono na aparaturze pomiarowej w Katedrze Mechanizacji i Robotyzacji Górnictwa Politechniki Śląskiej, gdzie od lat prowadzone są tego typu badania. Do badań wykorzystano wzmacniacz pomiarowy, przetworniki drogi, przetworniki siły oraz hydrauliczną maszynę wytrzymałościową, dzięki której zadawano nacisk na linę, na którą nałożona była okładzina cierna. Pomiary rejestrowane były na komputerze, stanowiącym stację rejestrująco-pomiarową, po czym zostały one przetworzone, zapisane w tabelach i przedstawione czytelnikowi w formie wykresów. Głównym celem tychże badań było otrzymanie wyników dających informację o przemieszczeniu liny przy określonym jej nacisku do rowka wykładziny cierniej. Warto także wspomnieć, że czynnikiem mającym istotny wpływ na osiągnięte wartości przemieszczeń jest czas wykonywania próby. Jest to związane z właściwościami materiału, z którego wykonane są wykładziny cierne stosowane jako bieżnia dla lin nośnych.

Słowa kluczowe: lina, nacisk, przemieszczenie, wykładzina cierna

1. WPROWADZENIE

W górnictwie napęd linowo-cierny jest najszerzej stosowanym napędem naczyń wyciągowych zawieszonych na linach i napędzanych maszyną wyciągową. Sama maszyna wyciągowa ma najczęściej napęd elektryczny. Tak więc napęd linowo-cierny nie jest napędem maszyny wyciągowej.

Elementom górniczego wyciągu szybowego i elementom maszyn wyciągowych narzucono bardzo wysokie standardy w zakresie niezawodności ich działania oraz bezpieczeństwa. Wymagania te odnoszą się również do stosowanych w maszynach wyciągowych okładzinach ciernych.

Utrata sprzężenia ciernego pomiędzy kołem pędnym a liną nośną może skutkować niezwykle poważnymi uszkodzeniami, stratami ekonomicznymi oraz zagrożeniem życia ludzkiego. Wykładziny cierne mają zapewnić wymagany minimalny współczynnik tarcia pomiędzy liną a bębniem pędnym. Powinny charakteryzować się wysoką odpornością na ścieranie, niskim zużyciem oraz odpowiednim współczynnikiem sprzężenia ciernego [1–3].

Mechanizm procesu zmęczenia powierzchni styku wykładzin jest bardzo złożony. W tej strefie pojawiają się zjawiska, które są nietypowe oraz nie określają podstawowej wytrzymałości zmęczenia stykowego. Są to takie procesy, jak tarcie, mikropoślizgi, plastyczne i sprężyste odkształcenia warstw wierzchni, wydzielanie się ciepła, wpływ wód szybowych oraz smarów [3– 6, 11, 15, 16].

Jednym z wielu badań przeprowadzanych na wykładzinach kół pędnych i odciskowych jest badanie podatności. Jest ona definiowana jako deformacja uzyskana pod wpływem działania jednostkowej siły, czyli odwrotności sztywności. Wyraża się ją wzorem [10, 17, 19]:

$$C = \frac{u}{F} \quad (1)$$

$$P = \frac{1}{C} = \frac{F}{u} \quad (2)$$

gdzie:

C – sztywność [mm/N],
 P – podatność [N/mm],
 u – przemieszczenie [mm],
 F – siła [N].

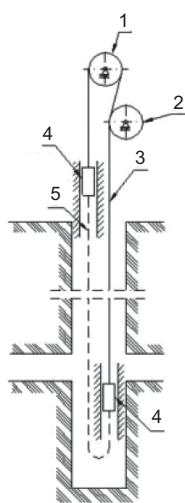
Wykładzina Modar R3/Mz jest w pełni polskiej produkcji. Jest przeznaczona na koła i bębny pędne oraz koła odciskowe górniczych wyciągów szybowych. Często stosowane są w kołach pędnych innych urządzeń transportu linowego, takich jak koleje linowe czy wyciągi narciarskie.

Wykładzina ta jest wykonana z materiału, w którym zastosowano kompozycję polimerów akrylonitrylowych, chloroprenowych, izoprenowych oraz aktywnych napełniaczy krzemionkowych. Modar R3/Mz charakteryzuje się [13]:

- dużą i stabilną wartością współczynnika tarcia $\mu \geq 0,25$,
- wytrzymałością na rozciąganie minimum 170 MPa,
- dużą trwałością zmęczeniową,
- trudnościaralnością,
- odpornością na naciski powierzchniowe.

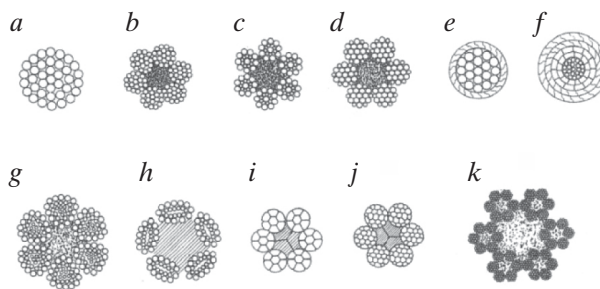
Wykładzina Becorit K-25SB jest produkcji niemieckiej (produkowana na licencji także w Polsce). Wykonana z materiału duroplastycznego związanego żywicą. Duroplasty są tworzywami utwardzalnymi. Jest to grupa tworzyw polimerowych termo- lub chemoutwardzalnych, odznaczających się wysoką odpornością na ścieranie, stabilnym współczynnikiem tarcia, nie posiadają zakresu zmiękczenia (przechodzą bezpośrednio od temperatury użytkowania w zakres rozkładu). Materiały te nie ulegają pęcznieniu i wykazują dużą odporność na obecność wszelkiego rodzaju smarów oraz olejów [8].

Na rysunku 1 przedstawiono przykładowy schemat urządzenia wykorzystującego napęd linowo-cierny [7].



Rys. 1. Przykładowy schemat urządzenia wyciągowego z napędem ciernym [2, 9]: 1 – bęben pędny, 2 – koło odciskowe, 3 – lina nośna, 4 – naczynie, 5 – lina wyrównawcza

Wykładziny na kołach i bębnach pędnych współpracują z różnymi linami nośnymi o przykładowych przekrojach przedstawionych na rysunku 2.



Rys. 2. Wybrane przekroje lin nośnych [12]:
a – jednozwita, b – dwuzwita, c – dwuzwita Seale, d – dwuzwita Warringtona, e – konstrukcji zamkniętej z jednym pancierzem drutów, f – konstrukcji zamkniętej z dwoma pancierzami drutów zetowych i drutów trapezowych, g – dwuzwita ze splotami o przekroju trójkątnym, h – dwuzwita owałnosplotowa, i, j – dwuzwita o splotach bezszczelniowych, k – trójzwita o splotach okrągłych

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie metodologii wykonania badań podatności wykładzin ciernych typu Becorit K25SB oraz Modar R3/Mz, które zostały przeprowadzone w Katedrze Mechanizacji i Robotyzacji Górnictwa Politechniki Śląskiej. Zakres przeprowadzonych prac obejmował:

- przygotowanie stanowiska badawczego wraz z badanymi przedmiotami,
- przeprowadzenie badań,
- opracowanie otrzymanych wyników,
- wnioski z przeprowadzonych badań.

Badania przeprowadzono w dwóch etapach:

1. Próba pierwsza – początkowe obciążenie wynosiło 5 kN, następnie co 3 minuty zwiększano je o 5 kN, aż do osiągnięcia 50 kN – po których próbka była odciążana. Pomiary były powtarzane pięciokrotnie.
2. Próba druga – próbka była badana dla obciążeń: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 kN. Po osiągnięciu żądanego obciążenia było ono utrzymywane przez 3 minuty, następnie próbka była odciążana. Pomiary były powtarzane trzykrotnie.

2. OPIS STANOWISKA POMIAROWEGO, MATERIAŁY DO BADAŃ

Stanowisko badawczo-pomiarowe zlokalizowane jest na hali technologicznej Katedry Mechanizacji i Robotyzacji Górnictwa Politechniki Śląskiej.

Jest ono wyposażone w następujące elementy:

- Tensometryczny wzmacniacz pomiarowy SPIDER8 firmy HBM (rys. 3).
- Indukcyjny przetwornik drogi typu 1-WA/200MM firmy HBM (rys. 4).
- Tensometryczny przetwornik siły typu C2/200kN firmy HBM (rys. 5).
- Rejestrator sygnałów pomiarowych wraz z oprogramowaniem CATMAN. Maszyna wytrzymałościowa HECKERT ZD 10/90 (rys. 6).



Rys. 3. Wzmacniacz pomiarowy HBM SPIDER8 przygotowany do badań



Rys. 4. Przetwornik drogi 1-WA/200MM, przed zamontowaniem na stanowisku badawczym



Rys. 5. Przetwornik siły HBM C2-200kN

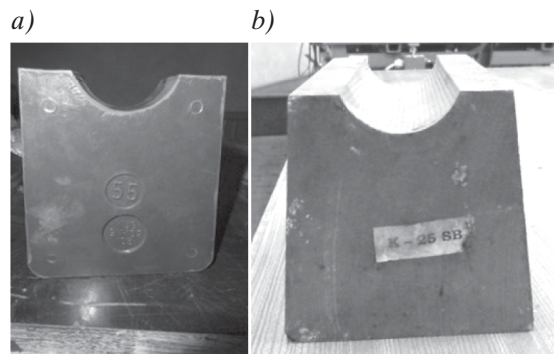


Rys. 6. Maszyna wytrzymałościowa HECKERT ZD 10/90

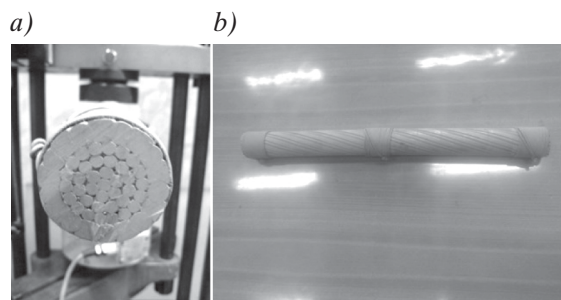
Na powierzchni głowicy mocującej maszyny wytrzymałościowej został umiejscowiony przetwornik siły, który miał za zadanie zmierzyć siłę, z jaką jest obciążana próbka. Dodatkowo za pomocą uchwytów elektromagnetycznych zamocowano przetwornik drogi – zgodnie z osią działania siły. Częstotliwość próbkowania pomiarów była równa 2 Hz. Sygnał był przekazywany do rejestratora przez wzmacniacz pomiarowy SPIDER8.

Przedmiot badań stanowiły:

- wykładzina cierna typu Modar R3/Mz (rys. 7a),
- wykładzina cierna typu Becorit K-25SB (rys. 7b),
- lina konstrukcyjna zamkniętej (rys. 8 i 9).



Rys. 7. Wykładzina cierna: a) Modar R3/Mz; b) Becorit K-25SB

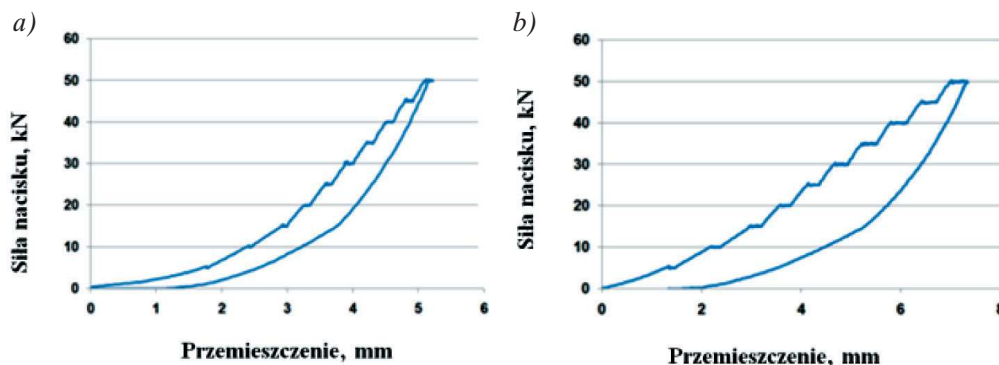


Rys. 8. Lina wykorzystana do badań: a) przekrój liny użytej do badań; b) widok ogólny liny użytej do badań

3. WYNIKI POMIARÓW

Próba pierwsza. Na rysunku 9 przedstawiono przykładowe wyniki badań pomiaru podatności pary ciernej: lina zamknięta – wykładzina cierna, przeprowadzonych dla wykładzin Modar R3/Mz oraz Becorit K-25SB. W pierwszej próbie zarówno dla wykładziny

ciernej Becorit K-25SB oraz Modar R3/Mz, wykonano następujące pomiary. Zaprezentowano tylko część z obszernej bazy wyników. Wykres sporządzony na podstawie wyników badań pary lina zamknięta – wykładzina Becorit K-25SB (rys. 9a). Natomiast wykres sporządzony na podstawie wyników badań pary lina zamknięta – wykładzina Modar R3/Mz (rys. 9b).



Rys. 9. Badanie podatności pary ciernej: a) lina zamknięta – wykładzina Becorit K-25SB; b) lina zamknięta – wykładzina Modar R3/Mz

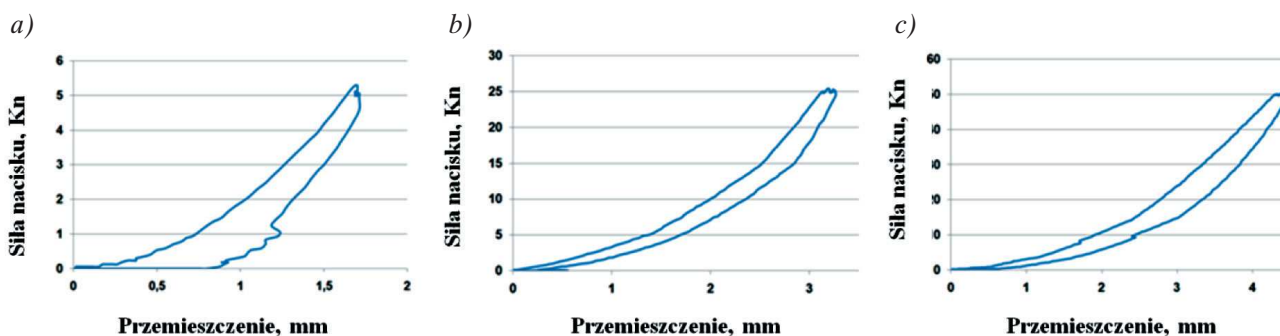
Próba druga. Rysunki 10 i 11 przedstawiają wyniki badań obciążenia pary ciernej: lina zamknięta – wykładzina cierna, przeprowadzonych dla wykładzin ciernych Becorit K-25SB oraz Modar R3/Mz. W drugiej próbie zarówno dla wykładziny ciernej Becorit K-25SB oraz Modar R3/Mz, wykonano następujące pomiary. Z kolei na rysunku 12 pokazano wykresy uśredniające wyniki pierwszej próby, natomiast rysunki 13 i 14 są wykresami zestawiającymi wyniki drugiej próby.

a) Wykresy sporządzone na podstawie wyników badań pary lina zamknięta – wykładzina cierna Becorit K-25SB. Próbki zostały obciążone siłą nacisku równą 5 kN, 10 kN, 15 kN, 20 kN, 25 kN, 30 kN, 35 kN, 40 kN, 45 kN i 50 kN. Przedstawiono tylko wykresy dotyczące nacisku z siłą 5, 25 i 50 kN i pochodzące z pierwszej serii pomiarowej.

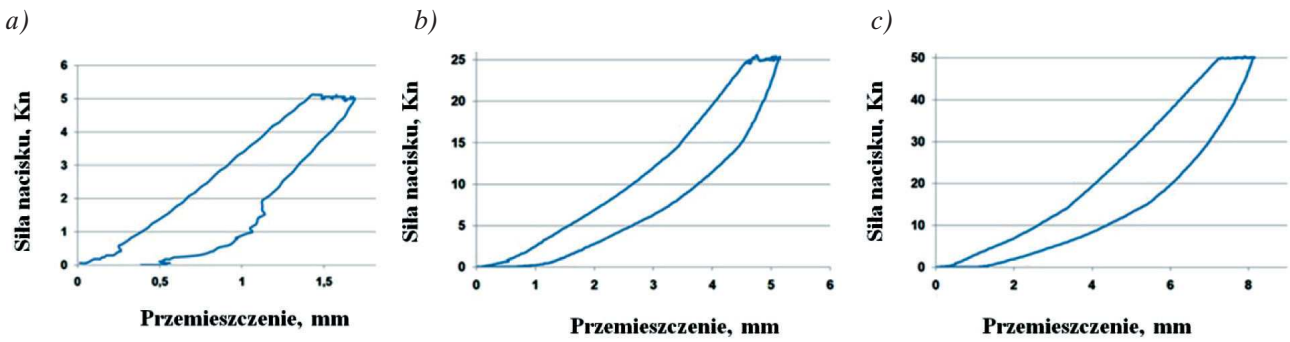
b) Wykresy sporządzone na podstawie wyników badań pary lina zamknięta – wykładzina cierna Modar R3/Mz. Próbki zostały obciążone siłą nacisku równą 5 kN, 10 kN, 15 kN, 20 kN, 25 kN, 30 kN, 35 kN, 40 kN, 45 kN i 50 kN. Przedstawiono tylko wykresy dotyczące nacisku z siłą 5, 25 i 50 kN i pochodzące z pierwszej serii pomiarowej.

W tabelach 1 i 2 przedstawiono wyniki próby pierwszej dla pary ciernej: lina zamknięta – wykładzina cierna Becorit K-25SB oraz lina zamknięta – wykładzina cierna Modar R3/Mz.

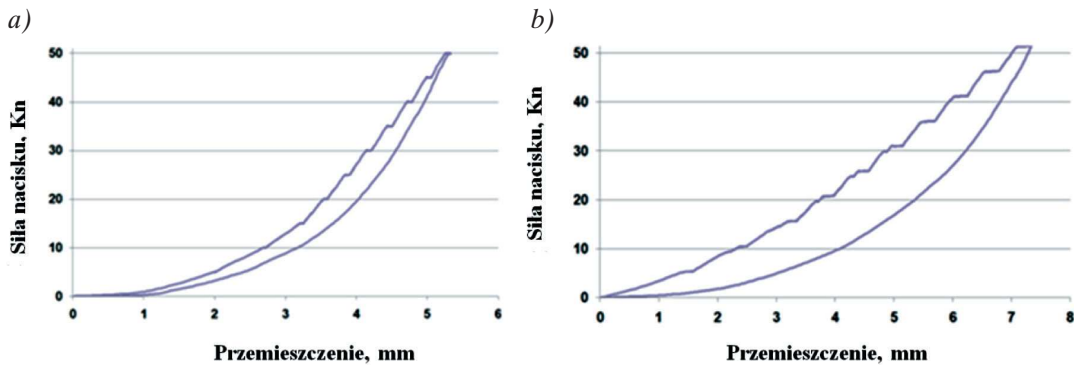
W tabelach 3 i 4 przedstawiono wyniki próby drugiej dla pary ciernej: lina zamknięta – wykładzina cierna Becorit K-25SB oraz lina zamknięta – wykładzina cierna Modar R3/Mz.



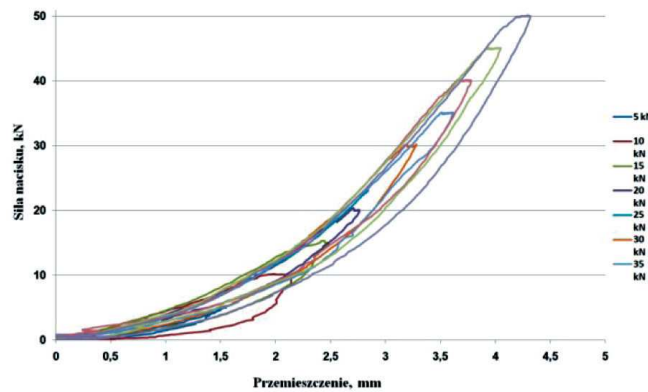
Rys. 10. Obciążania par ciernych: a) obciążenie 5 kN pary ciernej lina zamknięta – wykładzina Becorit K-25SB; b) obciążenie 25 kN pary ciernej lina zamknięta – wykładzina Becorit K-25SB; c) obciążenie 50 kN pary ciernej lina zamknięta – wykładzina Becorit K-25SB



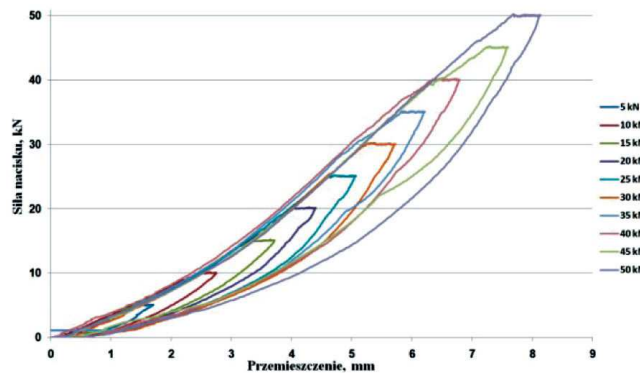
Rys. 11. Obciążania par ciernych: a) obciążenie 5 kN pary cierniej lina zamknięta – wykładzina Modar R3/Mz; b) obciążenie 25 kN pary cierniej lina zamknięta – wykładzina Modar R3/Mz; c) obciążenie 50 kN pary cierniej lina zamknięta – wykładzina Modar R3/Mz



Rys. 12. Wykres uśredniający wyniki pierwszej próby par ciernych: a) lina zamknięta – wykładzina Becorit K-25SB; b) lina zamknięta – wykładzina Modar R3/Mz



Rys. 13. Wykres zestawiający wyniki drugiej próby pary cierniej: lina zamknięta – wykładzina Becorit K-25SB



Rys. 14. Wykres zestawiający wyniki drugiej próby pary cierniej: lina zamknięta – wykładzina Modar R3/Mz

Tabela 1

Wyniki pomiarów próby pierwszej dla pary ciernej: lina zamknięta – wykładzina Becorit K-25SB

Lp.	F [kN]	u_{01} [mm]	u_{02} [mm]	u_{03} [mm]	u_{04} [mm]	u_{05} [mm]	Średnia u_{sr} [mm]	P (podatność) [kN/mm]
1	5	1,8	2,1	2,0	1,8	1,8	1,9	2,6
2	10	2,4	2,8	2,8	2,5	2,5	2,6	3,8
3	15	3,0	3,4	3,1	3,0	3,0	3,1	4,8
4	20	3,3	3,6	3,6	3,3	3,7	3,5	5,8
5	25	3,7	3,9	3,9	3,7	3,8	3,8	6,6
6	30	4,0	4,1	4,3	4,0	4,1	4,1	7,3
7	35	4,3	4,4	4,5	4,3	4,5	4,4	8,0
8	40	4,6	4,7	4,8	4,5	4,9	4,7	8,6
9	45	4,9	5,1	5,1	4,8	5,1	5,0	9,0
10	50	5,2	5,4	5,4	5,1	5,4	5,3	9,5

Tabela 2

Wyniki pomiarów próby pierwszej dla pary ciernej: lina zamknięta – wykładzina Modar R3/Mz

Lp.	F [kN]	u_{01} [mm]	u_{02} [mm]	u_{03} [mm]	u_{04} [mm]	u_{05} [mm]	Średnia u_{sr} [mm]	P (podatność) [kN/mm]
1	5	1,4	1,7	1,4	1,5	1,5	1,5	3,3
2	10	2,4	2,7	2,4	2,5	2,5	2,5	4,0
3	15	3,1	3,5	3,2	3,3	3,4	3,3	4,6
4	20	3,8	4,1	3,8	3,9	3,9	3,9	5,1
5	25	4,4	4,7	4,5	4,5	4,4	4,5	5,5
6	30	4,9	5,3	5,1	5,1	5,1	5,1	5,9
7	35	5,5	5,8	5,6	5,6	5,5	5,6	6,2
8	40	6,1	6,3	6,2	6,2	6,2	6,2	6,5
9	45	6,7	6,9	6,8	6,7	6,9	6,8	6,6
10	50	7,3	7,4	7,4	7,2	7,2	7,3	6,8

Tabela 3

Wyniki pomiarów próby drugiej dla pary ciernej: lina zamknięta – wykładzina cierna Becorit K-25SB

Lp.	F [kN]	u_{01} [mm]	u_{02} [mm]	u_{03} [mm]	Średnia u_{sr} [mm]	P (podatność) [kN/mm]
1	5	1,7	1,4	1,7	1,6	3,2
2	10	1,9	2,1	2,0	2,0	5,0
3	15	2,5	2,8	2,8	2,7	5,7
4	20	3,1	3,2	3,3	3,2	6,3
5	25	3,4	3,4	3,4	3,4	7,4
6	30	3,8	3,7	3,9	3,8	7,9
7	35	4,1	4,1	4,1	4,1	8,5
8	40	4,3	4,4	4,5	4,4	9,2
9	45	4,4	4,7	4,7	4,6	9,9
10	50	4,9	5,0	5,1	5,0	10,1

Tabela 4

Wyniki pomiarów próby drugiej dla pary ciernej: lina zamknięta – wykładzina cierna Modar R3/Mz

Lp.	F [kN]	u_{01} [mm]	u_{02} [mm]	u_{03} [mm]	Średnia u_{sr} [mm]	P podatność [kN/mm]
1	5	1,7	1,9	1,8	1,8	2,8
2	10	2,8	2,8	2,8	2,8	3,6
3	15	3,7	3,7	3,7	3,7	4,1
4	20	4,4	4,4	4,4	4,4	4,5
5	25	5,1	5,0	5,2	5,1	5,0
6	30	5,8	5,5	5,8	5,7	5,3
7	35	6,0	6,2	6,1	6,1	5,7
8	40	6,5	6,9	6,7	6,7	6,0
9	45	7,4	7,6	7,5	7,5	6,0
10	50	8,1	8,2	8,3	8,2	6,1

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania na stanowisku laboratoryjnym w Katedrze Mechanizacji i Robotyzacji Górnictwa Politechniki Śląskiej pozwoliły na wyznaczenie zmierzonych wartości siły i przemieszczenia wybranych rodzajów par ciernych lina – okładzina pod działaniem określonej siły nacisku w skojarzeniu z liną konstrukcji zamkniętej. Wykonane próby pozwoliły na wysunięcie następujących wniosków:

1. Maksymalne przemieszczenie wykładziny Becorit K-25SB w pierwszej próbie wyniosło 5,3 mm.
2. Największe przemieszczenie wykładziny Modar R3/Mz podczas pierwszej próby było równe 7,3 mm przy obciążeniu 50 kN.
3. W drugiej próbie osiągnięto maksymalne przemieszczenia: 5,0 mm dla wykładziny Becorit K-25SB oraz 8,2 mm dla wykładziny Modar R3/Mz.
4. Wykładzina Modar R3/Mz charakteryzuje się znacznie większą podatnością niż wykładzina Becorit K-25SB.
5. W odniesieniu do wykładziny Becorit K-25SB, w próbie pierwszej, wartości podatności P wynosiły od 2,6 kN/mm przy obciążeniu siłą F wynoszącą 5 kN, aż do 9,5 kN/mm przy obciążeniu siłą 50 kN.
6. W przypadku wykładziny Modar R3/Mz, w próbie pierwszej, wartości podatności P wynosiły od 3,3 kN/mm przy obciążeniu siłą F wynoszącą 5 kN, aż do 6,8 kN/mm przy obciążeniu siłą 50 kN.
7. W odniesieniu do wykładziny Becorit K-25SB, w próbie drugiej, wartości podatności P wynosiły od 3,2 kN/mm przy obciążeniu siłą F wynoszącą 5 kN, aż do 10,1 kN/mm przy obciążeniu siłą 50 kN.

8. W przypadku wykładziny Modar R3/Mz, w próbie drugiej, wartości podatności P wynosiły od 2,8 kN/mm przy obciążeniu siłą F wynoszącą 5 kN, aż do 6,1 kN/mm przy obciążeniu siłą 50 kN.
9. Czynnikiem mającym istotny wpływ na osiągane wartości przemieszczeń jest czas wykonywania próby. Jest to związane z właściwościami materiału, z którego wykonane są wykładziny cierne stosowane jako bieżna dla lin nośnych.

Wykładziny z tworzywa Becorit stosowane są do kół bębnowych pędnych górniczych maszyn wyciągowych. Charakteryzują się wysokimi współczynnikami tarcia ($\mu \geq 0,25$), również w przypadkach ekstremalnych warunków atmosferycznych na powierzchni. Właściwości chemiczne okładzin typu Becorit zapewniają im odporność na pęcznienie w przypadku działania różnych olejów i smarów oraz wód kopalnianych. Materiał, z którego wykonywane są okładziny, zapewnia bardzo dobrą skrawalność podczas przetaczania rowków linowych za pomocą noży tokarskich lub frezerskich. Okładziny z tworzywa Becorit szczególnie nadają się do stosowania w maszynach wyciągowych, gdzie podłoże liny tworzy duży kąt nabiegu na rowkach koła pędnego, co powoduje szybsze jego boczne zużycie. Tworzywo Becorit zapewnia w tym przypadku wyższą żywotność eksploatacji w porównaniu z innymi materiałami.

Wykładziny Modar R3/Mz charakteryzują się dużymi wartościami współczynników tarcia (sprężenia ciernego), przeznaczone są dla kół i bębnowych pędnych górniczych wyciągów szybowych, kolei linowych i wyciągów narciarskich, kół odciskowych wielolino-

wych górniczych wyciągów szybowych z maszynami umieszczonymi na wieży itd.

Literatura

- [1] Brodny J., Żołnierz M.: *Układ pomiarowy do wyznaczania współczynnika sprężenia ciernego*, Patent nr P.407885, Politechnika Śląska, Gliwice 2014.
- [2] Carbogno A.: *Testy współczynnika tarcia między różnymi okładzinami ciernymi, a liną stalową smarowaną smarem Elaskon*, Międzynarodowe Seminarium na temat stanu techniki w dziedzinie ochrony przed korozją i smarowania lin stalowych. Materiały na konferencję: Elakson Sachsen, Zabrze 2001, s. 143–150.
- [3] Carbogno A.: *Ocena sprzężenia ciernego podczas eksploatacji w warunkach górniczych*, w: *Liny wyciągowe w górniczych wyciągach szybowych*, Wydawnictwo Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego, Łęczyny 2001, s. 163–175.
- [4] Carbogno A., Mateja S., Pyplacz J.: *Dosmarowywanie lin w górniczych w trakcie pracy wyciągu szybowego*, Wydawnictwo Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego, Łęczyny 2004.
- [5] Carbogno A.: *Wybrane problemy dotyczące sprzężenia ciernego między linami stalowymi, a kołem pędym*, Praca BK. Politechnika Śląska, Gliwice 2006.
- [6] Carbogno A., Słanina F.: *Wpływ smarowania lin nośnych na bezpieczeństwo pracy górniczych wyciągów ciernych*, Wydawnictwo Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego, Łęczyny 2006, s. 136–146.
- [7] Carbogno A., Żołnierz M., Adamecki D.: *Badanie współczynnika tarcia pary cierniej lina stalowa – wykładzina koła pędnego*. Wydawnictwo Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego, Łęczyny 2007, s. 127–138.
- [8] Carbogno A., Żołnierz M.: *Badania laboratoryjne podatności wykładzin ciernych typu Becorit K22 oraz K25SB*, Praca BK, Politechnika Śląska, Gliwice 2008.
- [9] Carbogno A., Żołnierz M., Mateja S.: *Badania współczynnika tarcia lin o powierzchniowym styku drutów*, Wydawnictwo Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego, Łęczyny 2011, s. 56–62.
- [10] German J.: *Podstawy mechaniki pęknięcia*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2011.
- [11] Goris H.: *Nyrosten N113 – środek konserwujący dla lin wyciągów systemu Koepe*, Materiały firmy Nyrosten, 2007.
- [12] Hansel J., Kawecki Z.: *Transport pionowy*, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 1989.
- [13] Hansel J.: *Wykładziny kół i bębnow linowych*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2012.
- [14] Kustra T.: *Badania laboratoryjne podatności wykładzin ciernych typu Becorit K-25SB i Modar R3/Mz*, Politechnika Śląska, Projekt inżynierski, Gliwice 2016.
- [15] Norma DIN 21258: *Schmier und Tränkungsstoffefür Treib-scheiben – Förderseileim Bergbau – Sicherheitstechnische Anforderungen Und Prüfung*. April 2007.
- [16] Pusch J.: *Wtórne smarowanie stalowej liny – założenia i możliwości techniczne*, Wydawnictwo Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego, Łęczyny 2006, s. 167–177.
- [17] *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie dopuszczenia produktów do stosowania w zakładach górniczych w Polsce*, Dz.U. z 2004 r. nr 99, poz. 1003.
- [18] Różok A.: *Badanie współczynnika tarcia okładziny kół pędnych górniczych maszyn wyciągowych*, Politechnika Śląska, Projekt inżynierski, Gliwice 2013.
- [19] Technologie zur Nachschmierung von Koepe-Förderseilen mit Elaskon III Star LM, Materiały firmy Elaskon, 2000.
- [20] Zmysłowski T.: *Górnictwo maszyny wyciągowe. Część mechaniczna*, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 2004.

dr inż. MICHAŁ STAWOWIAK

Katedra Mechanizacji i Robotyzacji Górnictwa
Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa
i Automatyki Przemysłowej
Politechnika Śląska
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice
michal.stawowiak@polsl.pl

dr inż. ZENON ROŻENEK

KAZ Serwis Sp. z o.o.
ul. Jasna 3B1, 44-122 Gliwice
z.rozenek@kaz-serwis.pl