



## ABRASIVE WEAR OF EXTERNAL WIRES OF MINING HOIST ROPES

**Józef Nowacki<sup>1</sup>, Andrzej Tytko<sup>2</sup>**

**Key words:** abrasive wear, wire, corrosion

### **Abstract:**

Abrasive wear of external wires and corrosion as well are main reason of mass wear of mining hoist ropes. This type of wear reduces metallic area and thus breaking strength. In the paper the main reason of abrasive wear on the base of used ropes are discussed. Special attention is given on different types of winches: ground, tower and drum.

### **1. Wstęp**

Starcia drutów zewnętrznych i korozja to dwie główne przyczyny ubytków masowych lin nośnych pracujących w wyciągach szybowych. Powodują ubytek przekroju nośnego, a tym samym ich osłabienie. Starcia drutów zewnętrznych jako samoistna forma zużycia lin stalowych praktycznie nigdzie nie występują. Jest to proces długotrwały i często towarzyszy mu zużycie korozyjne oraz deformacje plastyczne drutów. W przypadku lin nośnych pracujących w wyciągach szybowych dominującą formą zużycia jest korozja i zmęczeniowe pękanie drutów. Starcia drutów zewnętrznych w tych przypadkach nasilają te procesy. Obserwuje się duże zróżnicowanie tego zjawiska w zależności od rodzajów wyciągów szybowych, co jest zrozumiałe, bowiem mechanizm tego zjawiska jest złożony i zróżnicowany.

### **2. Przyczyny powstawania starć drutów zewnętrznych**

Na podstawie obserwacji starć lin pracujących w wyciągach szybowych i analizy literatury przedmiotowej [1, 2, 5] należy stwierdzić, że możliwe są dwa czynniki, efektem których są starcia drutów zewnętrznych:

- zużycie ściernie dwóch współpracujących elementów wskutek ich wzajemnego ruchu i kontaktu tarcowego,
- zużycie frettingowe.

Zużycie ściernie występuje przykładowo wskutek tarcia pomiędzy liną i kołem pędnym w czasie nabiegania i zbiegania liny z koła linowego lub z pędni. W tych miejscach dochodzi do wzajemnego poślizgu powierzchni liny po powierzchni koła (bębna pędnego). Należy stwierdzić, że w tym przypadku występuje tarcie suche lub graniczne.

Fretting jest to kompleks zjawisk zachodzących na powierzchni styku. Różnica pomiędzy frettingiem, a tarcieniem przy zwykłym ruchu oscylacyjnym dotyczy amplitudy oscylacji. Jako wartość graniczną amplitudy przyjmuje się na ogół 70 do 100µm.

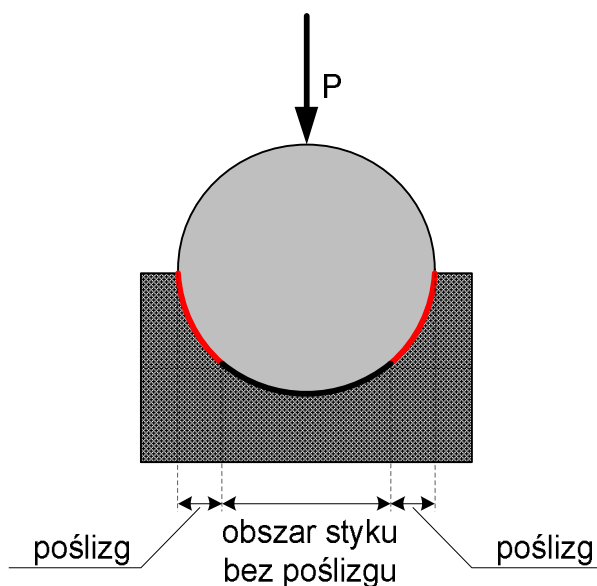
Zmienny nacisk pomiędzy liną i wieńcem koła (bębna pędnego) generowany jest drganiami i zmienną siłą osiową liny. Poślizg następuje w obszarze styku, gdzie jednostkowe siły styczne są większe od jednostkowych sił tarcia, co poglądowo przedstawia rys.1. W obszarze bez poślizgu odkształcenia w kierunku stycznym mają charakter sprężysty.

<sup>1</sup> **Nowacki Józef, MSc Eng.**, Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego sp. z o.o., Ośrodek Rzeczoznawstwa i Dozoru Urządzeń Górniczych, ul. Fabryczna 20, 41-404 Mysłowice, Poland, tel. (+48 032) 3174602, fax (+48 032) 3174627, e-mail: [j.nowacki@cbidgp.pl](mailto:j.nowacki@cbidgp.pl)

<sup>2</sup> **Tytko Andrzej, Associated Professor**, AGH – University of Science and Technology, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland, tel. (+48 012) 6173069, fax (+48 012) 6360144, e-mail: [tytko@agh.edu.pl](mailto:tytko@agh.edu.pl)

Na odcinku styku pomiędzy miejscem nabiegania i zbiegania liny teoretycznie możliwe jest występowanie zużycia ściernego i frettingowego. Wskutek zmiennego nacisku pomiędzy liną i rowkiem możliwe są obydwa zjawiska, zależnie od amplitudy oscylacji.

Należy podkreślić, że poślizg sprężysty występujący w sprzężeniu ciernym (rys. 2a) nie generuje starć, bowiem nie ma tam poślizgu rzeczywistego (siły tarcia nie wykonują pracy w sensie mechanicznym).



*Rys.1 Mechanizm powstawania uszkodzeń frettingowych*

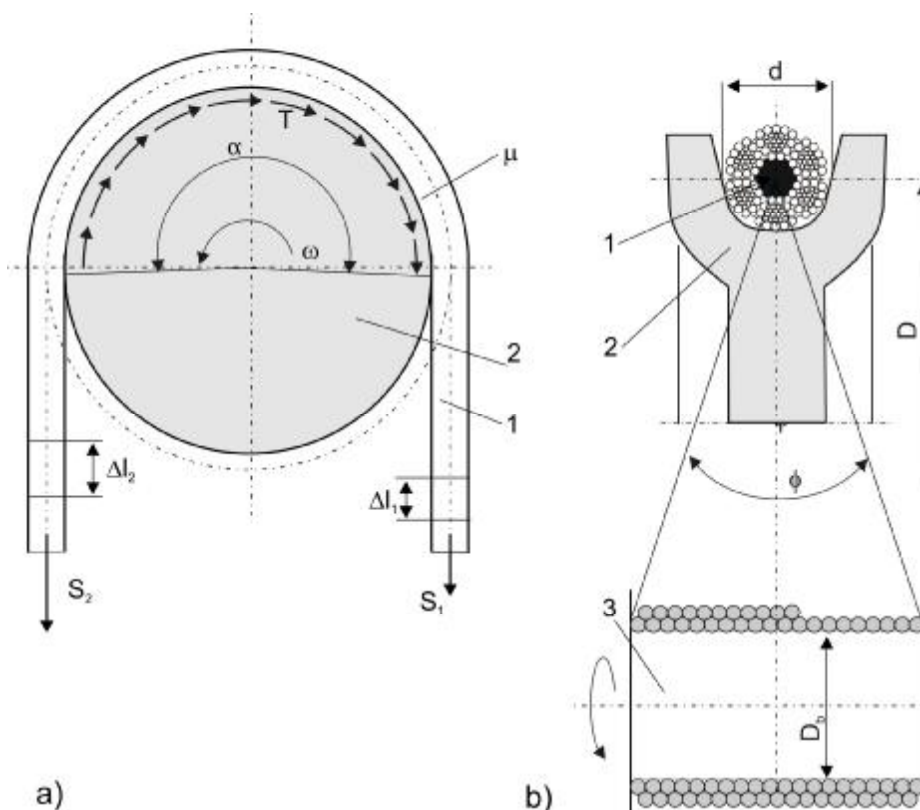
### **3. Starcia drutów zewnętrznych lin nośnych pracujących w różnych wyciągach szybowych**

W wyciągach szybowych z maszyną na wieży problem starć drutów zewnętrznych praktycznie nie występuje. Spowodowane jest to tym, że lina ma kontakt tylko z jednym kołem. Wszystkie koła pędne wyposażone są w wykładziny o odpowiednio dobranych parametrach minimalizujących zużycie ściernie. W tych przypadkach nawet liny bardzo zużyte mają starcia śladowe, praktycznie niemierzalne.

W wyciągach szybowym z maszynami zrębowymi starcia drutów zewnętrznych są mierzalne, narastają stopniowo, ale nie są dominującą formą zużycia. Ubytek przekroju lin zużytych na skutek starć nie przekracza na ogół 2% ich przekroju poprzecznego. Starcia w tych przypadkach mają miejsce głównie na kołach linowych (na wieżach). Koła linowe przeważnie są bez wykładzin i występują tam wszystkie czynniki starć przedstawione powyżej. Oprócz tego dla tych urządzeń mogą wystąpić inne przyczyny powstawania nadmiernych starć, jak na przykład bicie lub skrzywienie koła linowego.

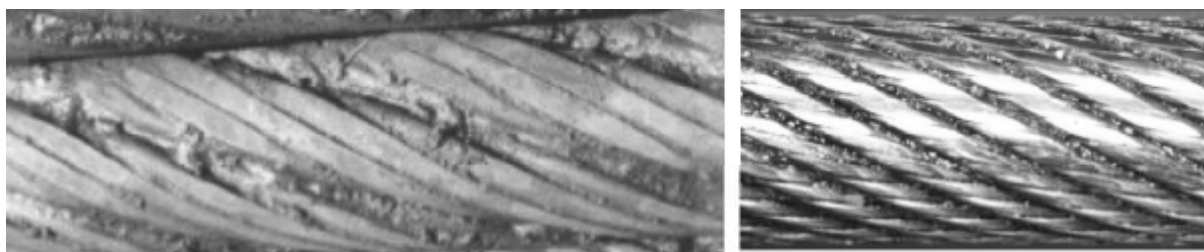
Duża różnica pomiędzy wielkością starć drutów zewnętrznych lin w maszynach zrębowych i wieżowych potwierdza spostrzeżenie, że poślizg sprężysty nie generuje starć.

W wyciągach szybowym z maszynami bębnowymi przeważnie starcia drutów zewnętrznych są znaczne. Podstawową tego przyczyną jest tarcie pomiędzy splotkami w czasie nawijania lin na bęben – rys. 2b. W urządzeniach bębnowych z nawijaniem wielowarstwowym następuje bardzo intensywne ścieranie w czasie przechodzenia lin z jednej warstwy w drugą [6]. Szerokość bębna i kąt nabiegu liny  $\varphi$  na koła kierujące (najczęściej stalowe lub staliwne) powoduje ścieranie liny w rowku wieńca.



**Rys. 2** Przyczyny i miejsca ścierania lin stalowych, a) koło pędne, b) bęben i koło linowe, gdzie: 1 - lina nośna, 2 - koło pędne, 3 - bęben,  $D$ , mm - średnica pędni  $d$ , mm - średnica liny,  $S_1$  i  $S_2$ ,  $N$  - naciągi w gałęziach liny,  $T$ ,  $N$  - siły tarcia,  $\Delta l_1$  i  $\Delta l_2$ , mm - wydłużenie gałęzi liny,  $E_l$  - moduł sprężystości wzdłużnej,  $\alpha$ , rad - kąt opasania na kole pędnym,  $m$  - współczynnik tarcia,  $j$ , stopnie - kąt nabiegu liny na koła kierujące,  $v$ , 1/min - prędkość obrotowa koła pędnego

Efektom zużycia ściernego są ubytki masowe. Zużycie ściernie lin nie jest symetryczne w przypadku urządzeń bębnowych. Przykład przedstawia rys. 3. Podobny efekt obserwuje się dla lin w wyciągach ze sprzężeniem ciernym ale tylko dla lin nieodkrętnych [4]. W przypadku lin odkrętnych pracujących w wyciągach ze sprzężeniem ciernym (zarówno wieżowych jak i zrębowych) zużycie ściernie jest symetryczne. Przyczyną różnego zużycia ściernego jest kręcenie się lin wokół własnych osi, które występuje tylko w wyciągach ze sprzężeniem ciernym i dla lin odkrętnych [3].



powierzchnia liny trójkątnospłotkowej z wytartymi drutami zewnętrznymi

powierzchnia liny typu "dyform" ze starciami spletek

**Rys.3** Przykłady lin ze starciami na powierzchni

#### 4. Metody pomiaru wielkości starć drutów zewnętrznych lin

W praktyce stosowane są trzy metody pomiaru wielkości starć lin pracujących w wyciągach szybowych.

##### Metoda pomiaru średnicy liny

Ma zastosowanie dla lin konstrukcji zamkniętych lub półzamkniętych. W tych przypadkach jest to praktycznie jedyna metoda pomiaru starć. Poprzez porównanie średnicy pomierzonej z średnicą liny nowej określa się wysokość starcia drutu zerowego lub ikсового. W Polsce takich lin jest tylko kilka i pracują w wyciągach pomocniczych. Z praktycznego punktu widzenia jest to tylko metoda hipotetyczna.

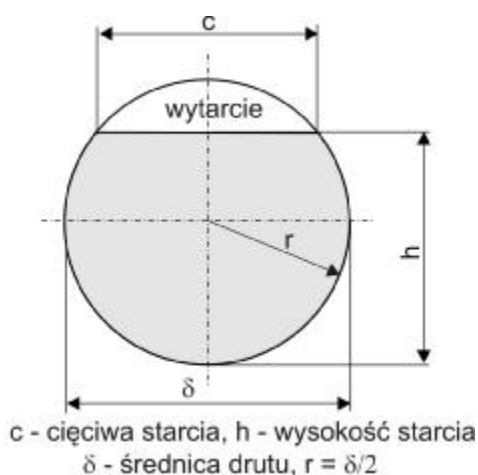
##### Metoda pomiaru wymiarów starcia pojedynczego drutu

Sposób pomiaru wymiarów starcia pojedynczego drutu przedstawia rys. 4. Możliwy jest pomiar cięciwy starcia  $c$  lub wysokości starcia  $h$ . Pomiar cięciwy starcia  $c$  jest trudny i mało dokładny. Natomiast pomiar wysokości starcia  $h$  jest możliwy tylko po wycięciu drutu zewnętrznego, co nie zawsze jest możliwe do wykonania. Wielkość starcia pojedynczego drutu oblicza się z wzorów 1 lub 2:

$$\Delta S_{Fe} = r^2 \cdot \arcsin\left(\frac{c}{2r}\right) - 0,5 \cdot \sqrt{r^2 - 0,25c^2}, \text{ [mm}^2\text{]} \quad (1)$$

$$\Delta S_{Fe} = r^2 \cdot \arccos\left(\frac{h-r}{r}\right) - (h-r) \cdot \sqrt{r^2 - (h-r)^2}, \text{ [mm}^2\text{]} \quad (2)$$

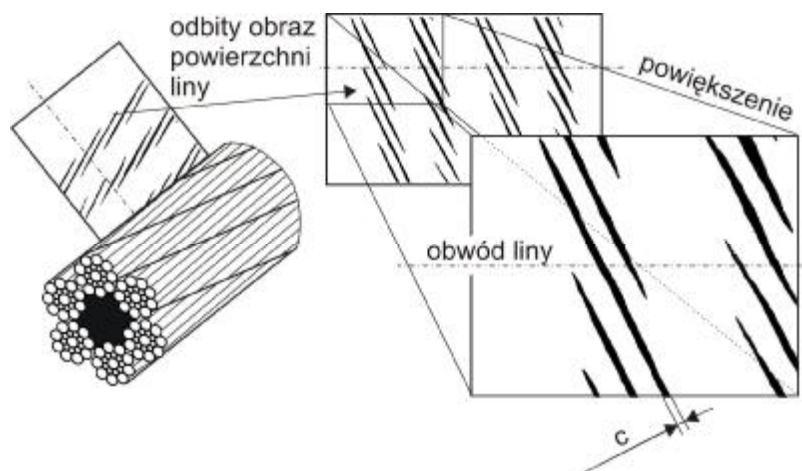
gdzie:  $r=0,5\delta$  [mm]



**Rys. 4** Obliczanie powierzchni starcia drutu

#### Metoda pomiaru odbicia powierzchni liny „inprint”

Metoda ta polega na naniesieniu na oczyszczoną ze smaru powierzchnię liny specjalnej farby, kredy lub grafitu i odcisnięciu jej na papierze. Przedstawia to rys. 5. W efekcie uzyskuje się dokładny obraz, który szczególnie uwidacznia płaskie powierzchnie starć. Pomiaru cięciwy można wtedy dokonać precyzyjnie wprost z odbitki lub z jej powiększonej kopii. Wyniki uzyskane tą metodą są zazwyczaj niższe niż bezpośrednio na podstawie cięciwy starć.



**Rys. 5** Określenie wartości cięciwy starć na podstawie obrazu powierzchni liny

#### Literatura:

- [1] Hebda, M., Wachal, A.: *Trybologia*. WNT Warszawa 1980r.
- [2] Kowol, A., Spątek, J.: *Zjawisko korozji frettingowej w ruchowych skojarzeniach czop - piasta*. Konferencja „Efektywne i bezpieczne systemy transportowe w zakładach górniczych” – KOMTECH, Szczyrk, listopad 2001r.
- [3] Nowacki J., Tytko A.: *Wpływ kręcenia się lin nośnych górniczych wyciągów szybowych na trwałość zmęczeniową i inne właściwości eksploatacyjne*. Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej. Zeszyt 41. AGH Kraków 2007r.

- [4] Pojnar A. i inni: *Ekspertyzy CBiDGP z badań lin typu „NOTORPLAST w L.W. „Bogdanka” szyb1.3.*
- [5] Spalek J., Kowol A.: *Zagadnienie wpływu smarowania na tarcie przy małych względnych przemieszczeniach elementów złącza sworzniowego.* Konferencja „Efektywne i bezpieczne systemy transportowe w zakładach górniczych”–KOMTECH, Szczyrk, listopad 2001r.
- [6] Tytko A.: *Eksploatacja lin stalowych.* Wydawnictwo Śląsk. Katowice 2003r.

**Recenzia/Review:** *Ing. Stanislav Kropuch, PhD.*