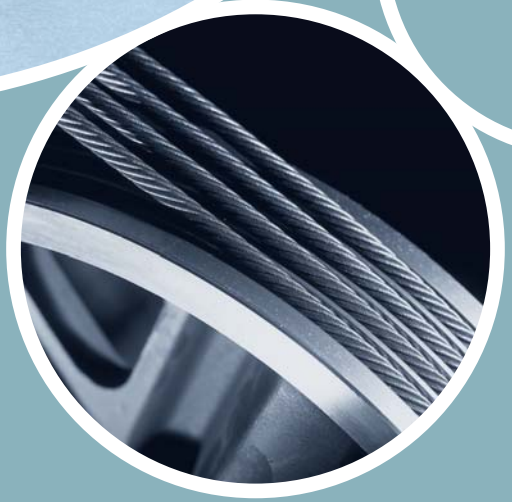
Doświadczenie i bezpieczeństwo

Instrukcja eksploatacji lin dźwigowych

PFEIFER



PFEIFER DRAKO, spółka grupy PFEIFER, od prawie 200 lat produkuje i udoskonala specjalne liny stalowe dla przemysłu budowy dźwigów osobowych i osobowo-towarowych.

Dzięki rozbudowanej sieci sprzedaży i dystrybucji oraz wielu stowarzyszonym spółkom na całym świecie, liny DRAKO są wykorzystywane wszędzie tam, gdzie niezbędny jest bezpieczny i niezawodny transport pionowy.

Od Warszawy po Kuala Lumpur, od Nowego Jorku po Hongkong, a także w Paryżu, Londynie i Frankfurcie, nawiązujemy długotrwałe relacje z wymagającymi klientami, stając się dla producentów dźwigów globalnym partnerem godnym zaufania.

W DRAKO tradycja łączy się z innowacją — jedno nie istnieje bez drugiego. Wzbogacamy naszą wiedzę i rozwijamy technologię linową, współpracując z czołowymi uczelniami i instytutami naukowymi. Utrzymanie najwyższej precyzji i nadzór nad projektami zapewnia nam wdrożenie normy DIN EN ISO 9001 oraz własnego systemu jakości (QMS). Przykładamy też wagę do ekologii, przetwarzając surowce z minimalnym wpływem na środowisko, co potwierdzają certyfikaty DIN EN ISO 50001, 14001 i "Ekoprofit".

Naszą misją jest wdrażanie najnowszej wiedzy technicznej, stosowanie wysokiej jakości materiałów oraz zapewnienie bezpieczeństwa i komfortu użytkownikom. Te wartości są podstawą naszej oferty i pomagają nam odpowiadać na wyzwania w wielokulturowym świecie.

Nasza praca koncentruje się na:
- zapewnieniu najwyższych standardów bezpieczeństwa
- osiąganiu ekonomicznych poziomów wydajności
- gwarantowaniu niezawodnej obsługi.

Dla korzyści naszych Klientów – to nasza misja.

Spis treści

Przechowywanie	2
Rozwijanie	3
Zagięcie	3
Rozkręcenie liny stalowej	4
Montaż	5
Naprężenie liny	8
Drgania liny	9
Wydłużenie liny	9
Skracanie zapobiegawcze	12
Skokowe odchylenie kabiny pod obciążeniem	12
Smarowanie uzupełniające	12
Odtłuszczanie	15
Wymiana lin	15
Kryteria	16
Zmniejszenie średnicy drutu	17
Korozja	18
Koła cierne	19
Koła linowe	23

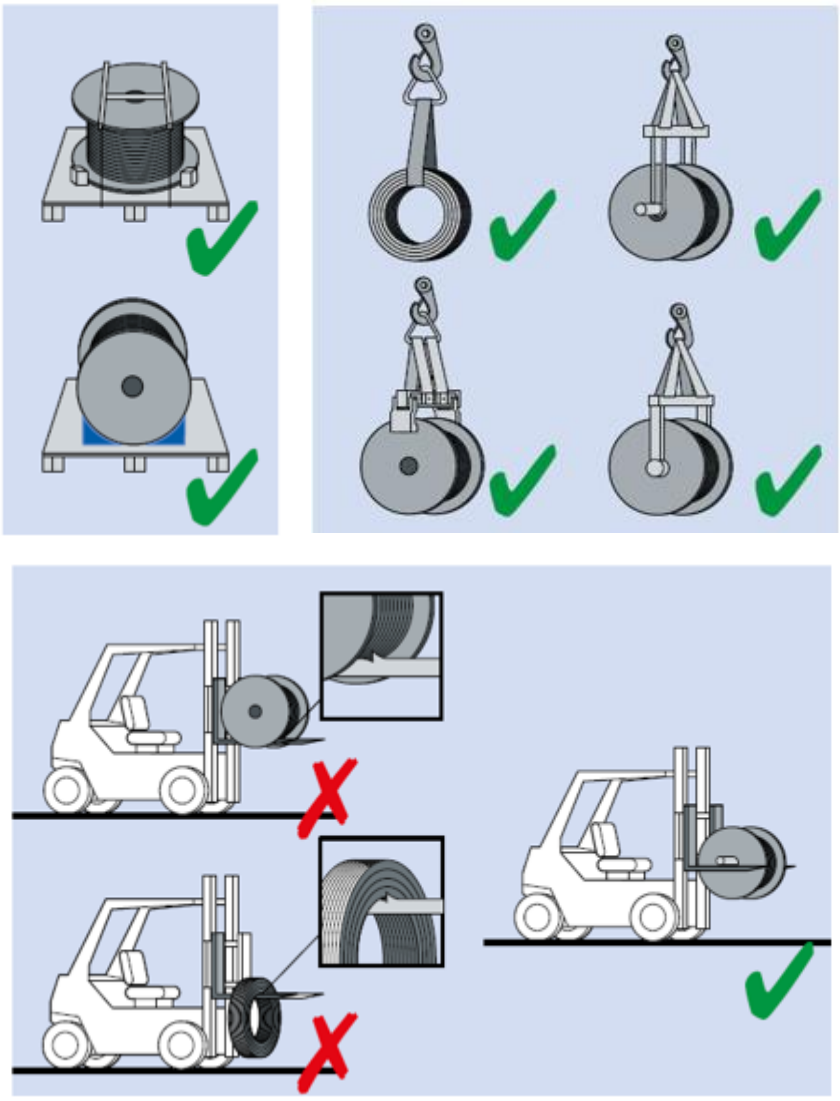
Centrum produkcyjne i logistyczne w Muelheim an der Ruhr, Niemcy

Przechowywanie

Jak powinno się przechowywać liny ?

Liny dźwigowe, które są zazwyczaj wykonane z nieocynkowanych drutów, wymagają odpowiedniego przechowywania, ponieważ nie są one chronione przed korozją i posiadają jedynie cienką warstwę środka smarującego. Dlatego w przypadku dłuższego okresu przechowywania przed instalacją należy zadbać o ich ochronę przed korozją, przechowując liny w suchym, ciepłym i pozbawionym pyłu otoczeniu.

Szczególnie ważne jest unikanie kontaktu lin z pyłem cementowym i piaskiem. Podczas nakrywania lin należy zapewnić właściwą wentylację, aby uniknąć skraplania się pary wodnej, zwłaszcza w warunkach zmiennych temperatur. Wymagania dotyczące przechowywania lin są opisane w normie DIN 12385-3.



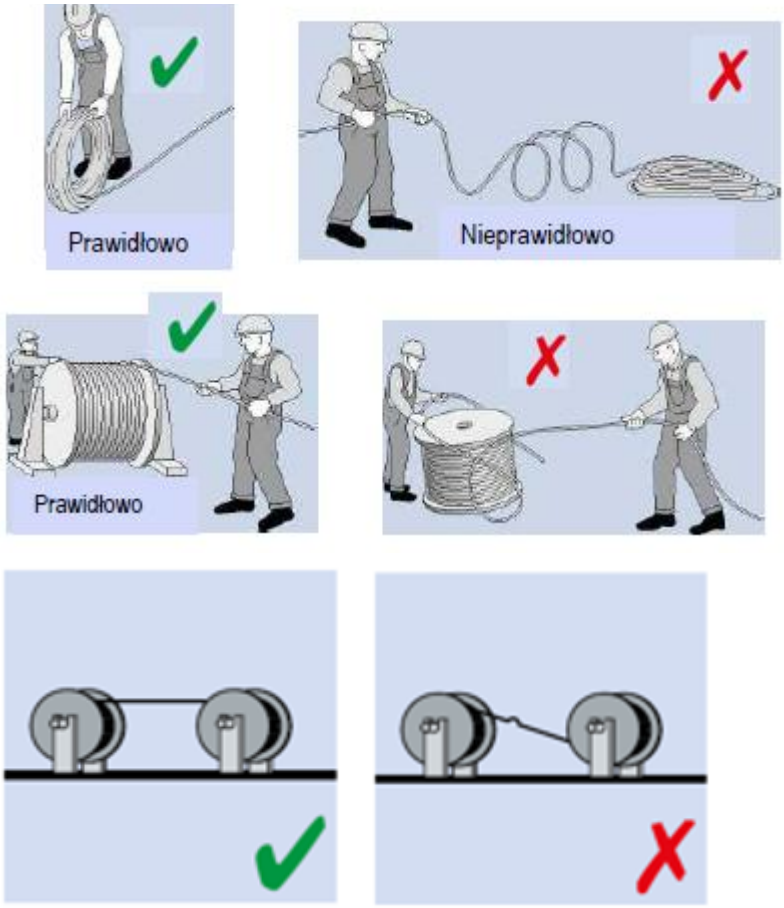
Rys. 1 Prawidłowy transport

Rozwijanie

Jak należy rozwijać liny przed instalacją?

Należy bezwzględnie przestrzegać podstawowych zasad instalacji lin. Rozwijanie liny z bębna lub pierścienia ustawionego na boku (rys. 2, prawa strona) prowadzi do otwierania lub zamykania konstrukcji liny (w zależności od kierunku, w którym lina została fabrycznie zwita).

Tego rodzaju skręcanie powoduje nieodwracalne zmiany struktury liny. W przypadku lin z rdzeniem stalowym wymuszona rotacja może skutkować nierównomiernym wydłużaniem splotek, co prowadzi do nierównomiernego rozkładu obciążenia w strukturze liny. W rezultacie dochodzi do nierównomiernego rozłożenia obciążenia na konstrukcji liny i wychodzenia wydłużonych poza swoją długość produkcyjną splotek poza konstrukcję liny.



Rys. 2. Prawidłowe rozwijanie

Zagięcie

Jakie są przyczyny powstawania zagięcia i jak można im zaradzić?

Brak staranności podczas rozwijania liny często prowadzi do jej skręcenia. Jeśli w wyniku tego powstanie zapętlenie (rys. 4), można je usunąć jedynie przez obracanie końca liny wokół własnej osi. Próby gwałtownego rozplątania zapętlenia lub pociąganie za linę niemal zawsze kończą się jej zagięciem (rys. 3). Uszkodzenie tego typu sprawia, że lina staje się nieprzydatna do użytku i wymaga wymiany.

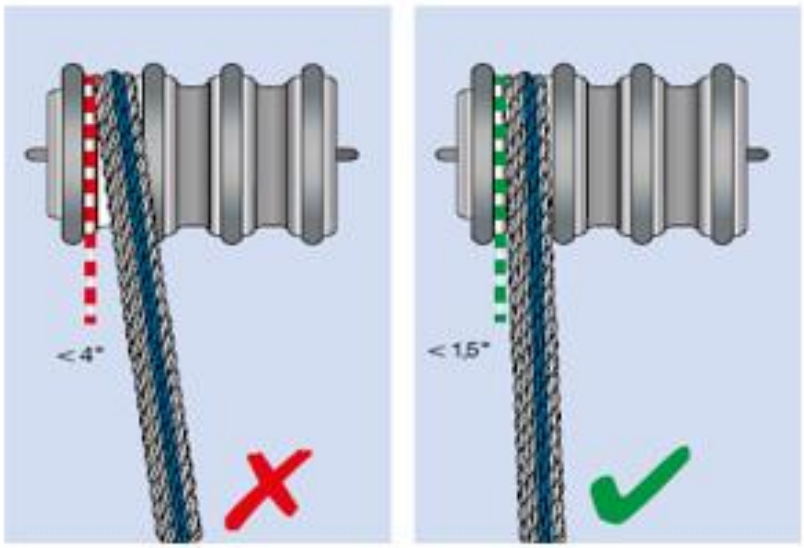
Rys.3. Zagięcie

Rys. 4. Zapętlenie

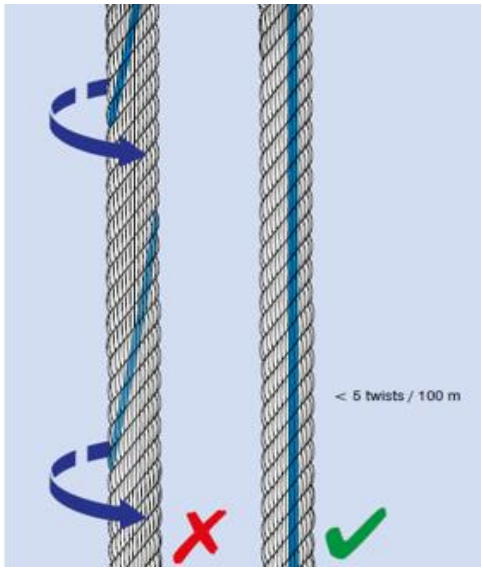
Rozkręcenie liny stalowej

Dlaczego liny się rozkręcają?

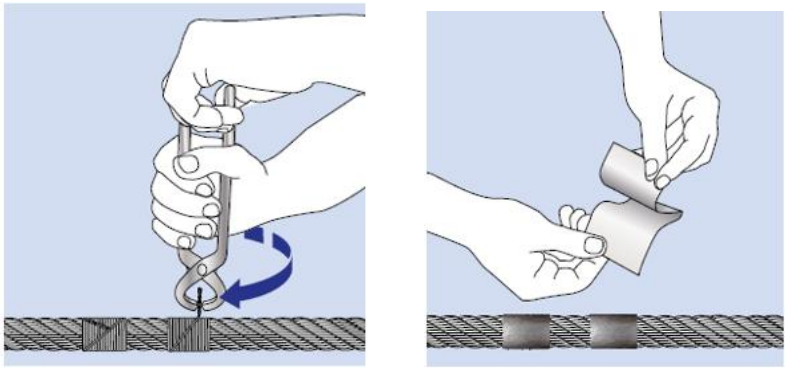
Długie liny mogą odkręcać się pod wpływem własnego ciężaru podczas swobodnego zwisania w szybie, jeśli nie zostały odpowiednio zabezpieczone przed rotacją. Podobny efekt może wystąpić, gdy lina jest prowadzona ku górze przy użyciu liny pomocniczej. Szczególnie podatne na rozkręcanie są liny współzwite, liny z rdzeniem stalowym oraz liny o równoległej konstrukcji rdzenia. Poluzowana struktura liny nie jest w stanie równomiernie przenosić obciążeń na całej swojej konstrukcji (zgodnie ze swoim przeznaczeniem), co może ulec zniszczeniu już podczas pierwszych cykli pracy pod obciążeniem. Z tego powodu liny DRAKO są wyposażone w linię montażową, która pomaga wykryć niewłaściwe, niepożądane skręcenie. Podczas instalacji należy podjąć wszystkie środki zabezpieczające linę przed rotacją i rozplataniem.



Rys. 5 Unikanie skręcenia/rozkręcenia liny stalowej



Rys. 6. Niebieska linia obrazująca kręcenie się liny – dopuszczalna ilość skręceń: 5 na 100 m

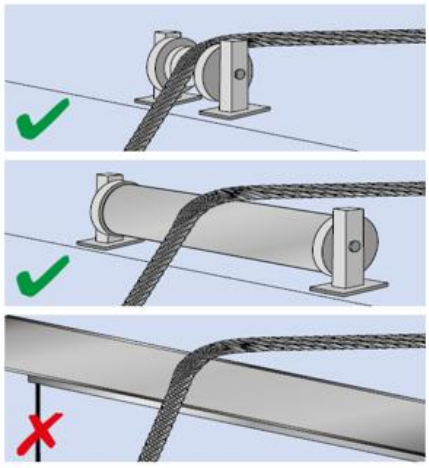


Rys. 7. Zabezpieczenie końców liny przed rozpleceniem

Montaż

Jakie są „ukryte zagrożenia" towarzyszące montażowi liny?

Największym zagrożeniem dla lin są ostre betonowe lub stalowe krawędzie. Obciążone liny, a w niektórych przypadkach nawet liny o własnym ciężarze, prowadzone nad tego typu krawędziami są narażone na trwałe uszkodzenia wskutek kontaktu z ostrą powierzchnią. Uszkodzenie tego rodzaju można dostrzec, gdy na nieobciążonej linie pojawia się deformacja w formie korkociągu. W stanie obciążonym deformacja ta jest niemal niewidoczna. Aby zapobiec takim uszkodzeniom, zaleca się stosowanie rolek prowadzących lub przynajmniej okrągłych, drewnianych belek do odchylania liny.



Rys. 8. Rolki prowadzące ponad krawędziami

Powierzchnie pokryte piaskiem lub pyłem są wysoce szkodliwe dla lin. Środek smarujący przyciąga cząstki brudu, tworząc szorstką warstwę, która podczas eksploatacji uszkadza zarówno linę, jak i koła cierne.

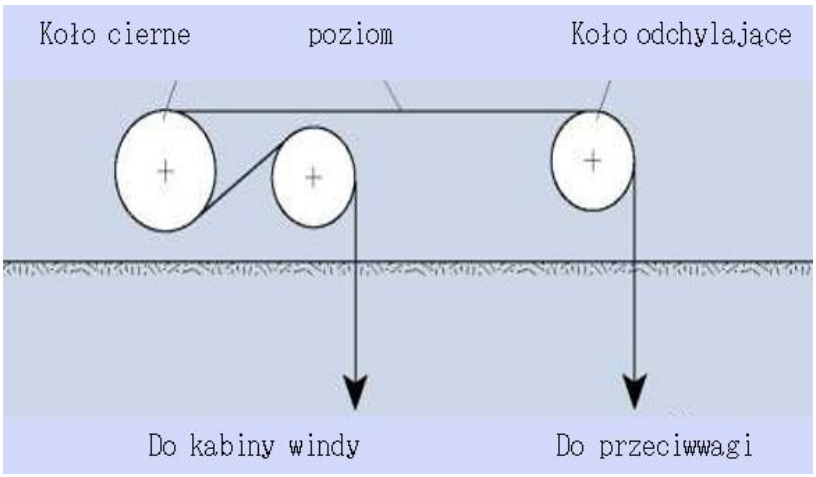
Swobodna praca instalacji w takich warunkach jest utrudniona, ponieważ duże cząstki zanieczyszczeń mogą powodować nierównomierną pracę liny na kołach ciernych, co z kolei może prowadzić do jej drgań.

Niektóre uszkodzenia spowodowane niewłaściwym montażem stają się widoczne już po stosunkowo krótkim okresie eksploatacji. Wówczas na linach mogą pojawiać się poziome zużycia splotek lub drutów, widoczne na równoległych odcinkach, podczas gdy reszta liny pozostaje nienaruszona. Jedną z przyczyn tego zjawiska jest zastosowanie niewłaściwego osprzętu do naciągania lin, np. przy mierzeniu ciężaru kabiny lub przeciwwagi. Powstała deformacja, a w określonych warunkach także zagięcie, prowadzi do miejscowego uszkodzenia liny w postaci pęknięć drutów, co wymusza konieczność jej wymiany.

Rozmieszczenie napędu

Jaki wpływ na linę ma rozmieszczenie układu napędowego?

Rozważmy następujący przykład: z różnych powodów układ napędowy windy został rozmieszczony, jak pokazano na rys. 9. Zarówno w górnej, jak i dolnej części układu, występują strefy przeginania i poziomego przejścia liny. Ograniczona przestrzeń wiąże się jednak z pewnym kosztem — przegięcia liny w przeciwnych kierunkach wpływają negatywnie na jej żywotność.

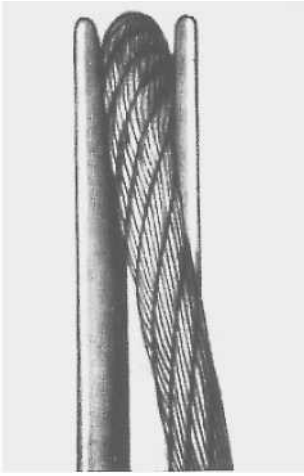


Rys. 9 Boczne spozycjonowanie układu

Kolejnym problemem charakterystycznym dla tego rozwiązania jest poziomy odcinek liny, który może wykazywać tendencję do drgań. Energia drgań kumuluje się w punktach styku liny z kołami: ciernym, odchylającym i przewojowym, zwiększając wewnętrzne naprężenia mechaniczne w linie. To dodatkowe napięcie prowadzi do przedwczesnego zużycia drutów i ich pękania. Drgania występujące w poziomym odcinku liny, wynikające z przeginania, wywołują pionowe drgania kabiny windy i przeciwwagi, co niekorzystnie wpływa na komfort jazdy. Dodatkowo w kabinie i szybie windy mogą być słyszalne brzęczenia i warkot.

W przypadku wind o układzie 2:1 poszczególne koła odchylające są ustawione względem siebie pod kątem do 90°. W zależności od konstrukcji i punktów przeginania, liny mogą mieć tendencję do drgań oraz wzajemnych zderzeń. Tego rodzaju zderzenia nie muszą wpływać na trwałość liny ani skracać jej okresu użytkowania, ale generują hałas słyszalny dla pasażerów w kabinie. Na rysunku 10 zilustrowano kolejny problem — liny nie stykają się centralnie z kołami ciernymi, lecz są nieznacznie przesunięte. W zależności od właściwości rowków (takich jak kąt rozwarcia czy chropowatość powierzchni), może to powodować rotację liny. Reakcja liny na to zjawisko zależy od jej sposobu zwicia (współzwita lub przeciwzwita). W niekorzystnych warunkach lina współzwita może się rozkręcić, ponieważ kierunek zwicia splotek

nie stawia oporu. Lina przeciwzwita, w najgorszym przypadku, może się rozkręcić do momentu, gdy druty w zewnętrznych splotkach zablokują dalszą rotację. Choć jest to sytuacja mniej krytyczna, należy również jej unikać.



Rys. 10. Boczne odchylenie podczas pracy na kole ciernym (powiększone dla celów ilustracyjnych

Budowa liny stalowej

Przy stosowaniu lin z rdzeniem stalowym ocena zewnętrznego momentu obrotowego powinna być przeprowadzona w podobny sposób. Lina z rdzeniem stalowym typu IWRC zawsze będzie pracowała w przeciwnym kierunku do zwicia, zarówno w wewnętrznej, jak i zewnętrznej części swojej struktury. W przypadku liny z rdzeniem stalowym o splocie równoległym (PWRC), w niekorzystnych warunkach może dojść do trwałego uszkodzenia konstrukcji, co prowadzi do ekstrahowania splotek z jej wnętrza. Ryzyko to jeszcze raz podkreśla konieczność zabezpieczenia końców lin przed niepożądaną rotacją podczas instalacji.

Konfiguracja boczna

Boczna konfiguracja napędu ciernego

Konfiguracja maszynowni z bocznym dolnym położeniem powoduje większe odchylenie liny w porównaniu do położenia górnego. Ze względu na większą długość liny może być konieczne jej częstsze skracanie. Dodatkowo, duża liczba kół i rolek wymaganych w tej konfiguracji wywiera wysoce negatywny wpływ na żywotność lin.

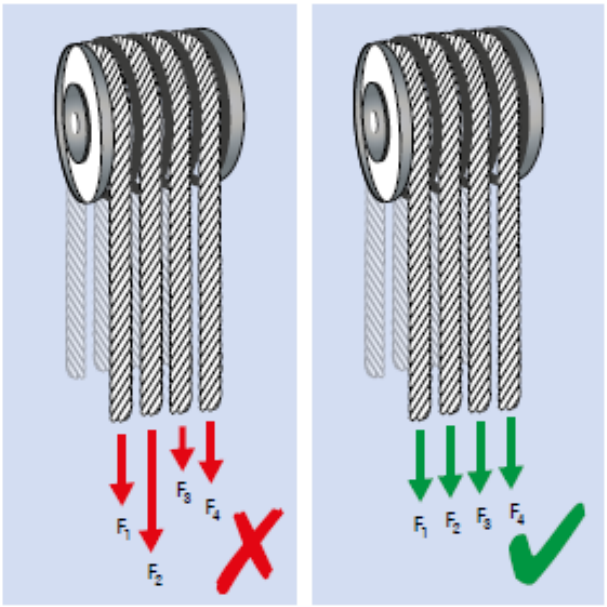
Górna boczna konfiguracja maszynowni skraca długość liny w porównaniu do konfiguracji dolnej. Korzyści z takiego umiejscowienia napędu wynikają z tego, że przy obliczaniu przewidywanej trwałości liny należy uwzględnić wszystkie koła w układzie, co może wpływać korzystnie na jej dłuższą żywotność.

W instalacjach, gdzie liny są prowadzone "labiryntowo" z dużą liczbą kół/rolek, może dojść do utraty cierności. Choć nie prowadzi to do niekontrolowanych ruchów kabiny, w niektórych przypadkach może skutkować poślizgiem liny na kole ciernym.

Jaki wpływ na liny dźwigowe ma ich naprężenie?

W instalacjach z szybem o dużej wysokości standardowe metody wciągania lub popychania lin, stosowane w niższych szybach, często okazują się niewystarczające. W takich przypadkach pomocne są specjalistyczne urządzenia do pomiaru naprężenia lin, które umożliwiają równomierne dostosowanie siły rozciągającej linę. Na rys. 11 przedstawiono wielofunkcyjne urządzenie DRAKO Weight Watcher, służące do pomiaru naprężenia lin. Badania praktyczne potwierdzają, że tolerancja naprężenia w granicach 10% pozwala uzyskać odpowiednie wyniki nośności i zapewnić optymalny czas eksploatacji liny. Nierównomierne naprężenie lin powoduje jednak różny poziom nacisku stykowego w rowkach koła ciernego, co skutkuje odmiennym poziomem cierności liny. W niektórych przypadkach prowadzi to do nierównomiernego zużycia rowków i lin. W początkowym okresie eksploatacji wszystkie liny powinny zostać sprawdzone pod kątem równomiernego obciążenia, a kontrole powinny być przeprowadzone po 4-6 tygodniach użytkowania. Praktyka pokazuje, że opóźnienie takich kontroli może skutkować przedwczesnym zużyciem lin lub kół.

Rys. 11. Urządzenie do symultanicznego pomiaru naprężenia lin



Rys. 12. Rozkład sił w poszczególnych cięgnach

Drgania liny

Dlaczego w windzie występują drgania lin?

Drgania lin mogą powodować hałas w instalacji dźwigowej oraz potencjalnie skracać ich żywotność. Poprzeczne drgania liny można oszacować za pomocą poniższej formuły dla drgającego drutu:

$$f = \frac{n}{2 \cdot l} \cdot \sqrt{\frac{F}{q}}$$

gdzie:
f = częstotliwość drgań
n = 1 ... podstawowe drgania
n = 2, 3 ... dla składowej harmonicznej
l = długość[m]
F =siła liny [F] oraz
q = ciężar na metr liny [kg/m].

Drgania poprzeczne liny – jak opisano w sekcji dotyczącej konfiguracji napędu – są wywoływane przez takie czynniki, jak długa pozioma strefa przejścia liny lub jej zbyt intensywne odchylenie w układzie. Natomiast drgania wzdłuż osi liny powstają w wyniku ruchów uwiązująco-poślizgowych na kole ciernym, które mogą być spowodowane biciem bocznym układu napędowego, błędami w sterowaniu lub niewłaściwym przyspieszaniem i zwalnianiem instalacji. Interakcja między liną a geometrią rowka w miejscu, gdzie lina opuszcza koło cierne, również może generować drgania.

Redukcja drgań

Czy można wyeliminować lub zredukować drgania?

Na początku instalacja powinna zostać sprawdzona pod kątem stanu nasmarowania liny oraz równomiernego naciągu lin, a w razie potrzeby te parametry należy skorygować. Kolejnym etapem kontroli jest pomiar średnicy liny na kołach ciernych i odchylających. Niewielka mimośrodowość (owalizacja) liny, połączona z nadmiernym zużyciem rowków, może powodować znaczne drgania liny, co wpłynie na obniżenie komfortu jazdy.

Układ drgań można „przestroić” poprzez zastosowanie odpowiednich środków, takich jak zwiększenie masy układu na metr lub zmiana sztywności liny. Często okazuje się to skutecznym rozwiązaniem problemu drgań.

Wydłużenie liny

Co oznacza pojęcie wydłużenia liny?

Wydłużenie liny jest jednym z najbardziej niezrozumianych zagadnień i przyczyną wielu nieporozumień. Wynika to z braku jednoznacznego pojęcia modułu elastyczności w teorii lin, który mógłby przewidzieć wydłużenie liny przez cały okres jej użytkowania. Ponieważ termin „moduł wydłużenia” jest zwykle stosowany w odniesieniu do właściwości wydłużania materiałów pracujących i powszechnie używany dla drutów nośnych, w tym przypadku będzie stosowany termin „moduł wydłużenia liny” dla liny z rdzeniem stalowym.

Kwestia ta jest dość złożona ze względu na następujące czynniki:

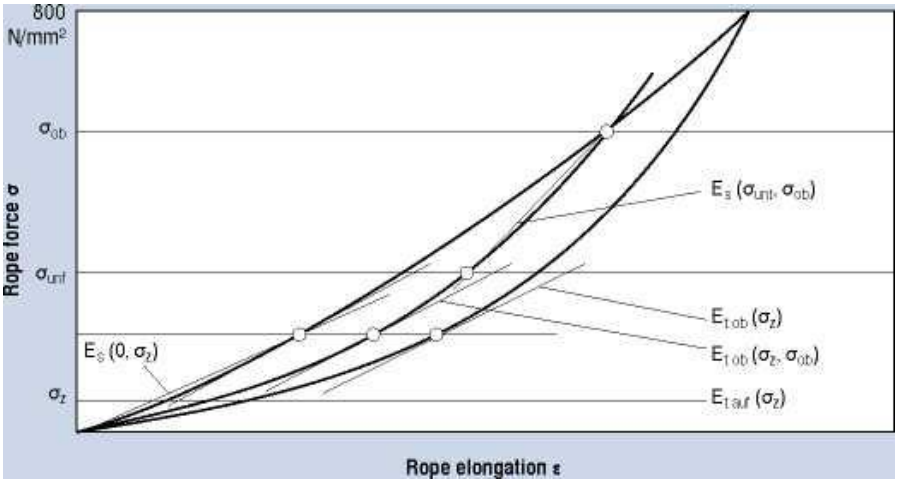
- skracanie liny związane z jej początkowym wydłużeniem,
- wyrównanie naprężeń związane z obciążaniem i odciążaniem kabiny, aby utrzymać jej poziom względem przystanków,
- odbijanie się kabiny (lub przeciwwagi),
- zmiany przy przyspieszaniu i zwalnianiu.

Moduł wydłużenia liny

Ze względu na dużą wysokość współczesnych budynków, liny nośne stosowane obecnie w dźwigach z kołami ciernymi muszą spełniać bardziej rygorystyczne wymagania. Kluczowym zagadnieniem jest wydłużanie liny pod obciążeniem, co może skutkować odchyleniem kabiny windy od poziomu przystanku podczas pracy oraz załadunku i rozładunku. Aby opisać te odchylenia, konieczne jest określenie modułu wydłużenia liny dla typowych współczynników bezpieczeństwa stosowanych w danym dźwigu. Jest to szczególnie istotne, ponieważ krzywa wydłużenia liny pod wpływem naprężenia nie jest liniowa, a moduł wydłużenia liny nie jest wartością stałą

Definicja modułu wydłużenia liny została szczegółowo opisana w publikacjach: Feyrer, K.: *Drahtseile. Bemessung, Betrieb, Sicherheit*, Springer-Verlag 2000 oraz Jahne, K., Feyrer, K.: *Seilelastizitaetsmodul von Rundlitzenseilen*, *DRAHT* 41 (1990), s. 498-504; niezależnie od rodzaju technicznego zastosowania lub maszyny. W technologii dźwigowej wciąż brak jednoznacznej, ujednoliconej definicji modułu wydłużenia liny. Obecnie moduł wydłużenia liny określany jest przy użyciu różnych, nieujednoliconych metod, zazwyczaj zgodnie z normami DIN 18800 lub VDI 2358, które nie uwzględniają specyfiki technologii dźwigowej. Norma ISO 4344 nie zawiera wskazówek dotyczących modułu wydłużenia liny, co sprawia, że oczekiwania niektórych użytkowników lin są jedynie częściowo spełnione.
PFEIFER DRAKO opracowało nową, wewnętrzną specyfikację pomiarową (ETM 04/2017) specjalnie dla zastosowań lin w dźwigach, aby odpowiedzieć na te potrzeby

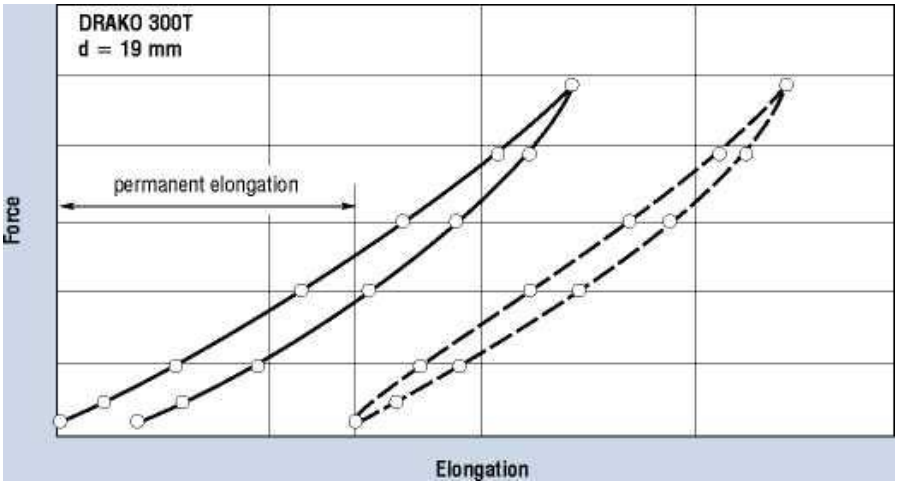
Poniżej przedstawiono moduł wydłużenia liny, opierając się na współczynnikach bezpieczeństwa stosowanych w konstrukcjach dźwigowych. Szczegółowo omówiono metody określania modułów wydłużenia liny w specyficznych warunkach pracy dźwigów oraz przyjęto konstrukcje lin powszechnie używane w tej technologii.



Rys. 13. Moduł wydłużenia liny

Moduł wydłużenia liny opisuje zachowanie liny stalowej w kierunku wzdłużnym pod wpływem mechanicznego naprężenia.. Moduł ten jest wyznaczany na podstawie krzywej wydłużenia podczas próby rozciągania statycznego, przy czym krzywe te wyraźnie nie mają charakteru liniowego. W związku z tym moduł wydłużenia liny nie jest stałą wartością i zależy od rodzaju liny oraz parametrów jej rozciągania. Kluczowe parametry wpływające na moduł wydłużenia liny to: konstrukcja liny, rodzaj rdzenia, poziom naprężenia w cyklach obciążenia i bez obciążenia oraz stopień zużycia liny. Wyróżniamy styczną i sieczną modułu wydłużenia, gdzie różnicę stanowi styczna modułu wydłużenia liny jak poniżej $E_{T,up}$ (σ_Z) – jako styczna z opcjonalnym naprężeniem na krzywej obciążenia $E_{T,down}$ (σ_Z,σ_{upper}) – jako styczna z opcjonalny m naprężeniem na krzywej bez obciążenia, uwzględniając odwrotne naprężenie σ_{upper} od krzywej obciążenia do krzywej bez obciążenia i zgodnie z sieczną modułu wydłużenia liny E_S (0, σ_{upper}) – jako sieczna pomiędzy mniejszym naprężeniem σ_{lower} = 0 opcjonalnego poziomu naprężenia σ_{upper} oraz ES (σ_{lower}, σ_{upper}) – jako sieczna pomiędzy dwoma opcjonalnymi poziomami naprężenia σ_{lower} oraz σ_{upper} poddana odwrotnemu naprężeniu σ_{upper} . Rysunek 13 ilustruje różne definicje modułu wydłużenia liny.

Dla lin powszechnie stosowanych należy osobno zmierzyć krzywe wydłużenia pod wpływem naprężenia oraz moduły wydłużenia lin. Dotyczy to również lin 9-splotkowych, takich jak Drako 300T i 300TX, oraz lin o splotkach kompaktowanych. Podczas prób rozciągania siła działająca na linę jest stopniowo zwiększana do około 10% minimalnej siły zrywającej. Wydłużenie liny jest mierzone i dokumentowane. Następnie, po zmniejszeniu siły do wartości początkowej, wykonuje się 10 cykli obciążeniowych, dochodząc do maksymalnie 50% minimalnej siły zrywającej, po czym siła jest zwalniana. Następnie ponownie stosuje się obciążenie do 10% minimalnej siły zrywającej liny i stopniowo je zwalnia, dokonując kolejnych pomiarów wydłużeń liny.



Rys. 14. Parametry wytrzymałości liny/wydłużenia liny DRAKO 300T

Rys. 14 przedstawia krzywe wydłużenia liny Drako 300T pod wpływem naprężenia, zarówno dla nowej liny, jak i po przyłożeniu wartości progowej naprężenia. Jak widać, krzywe stają się bardziej strome po obciążeniu, co oznacza, że moduł wydłużenia liny wzrasta. Ponadto krzywe z obciążeniem i bez niego zbiegają się przy wartości początkowej, co wskazuje, że po krótkim czasie eksploatacji wydłużenie liny przestaje rosnąć.W typowych warunkach instalacji windowej o wysokości pionowego wznoszenia H = 400 m, dodatkowe wydłużenie liny wynosi od 1 mm do 2 mm przy dodatkowym obciążeniu q = 100 kg. Z obserwacji wynika również, że przy takim samym obciążeniu liny 6-splotkowe mają mniejsze wydłużenie niż liny 8-splotkowe, co wynika z większego przekroju metalicznego. W tych samych warunkach liny współzwite wykazują większe wydłużenie niż liny przeciwzwite.

Skracanie zapobiegawcze

Skracanie lin oraz wydłużenie permanentne

Odległość pozioma między dwiema krzywymi pomiarowymi na rysunku 14 reprezentuje „początkowe wydłużenie liny", które jest procesem nieodwracalnym, co oznacza konieczność skrócenia liny po instalacji. Zastosowana metoda pomiaru wydłużenia wskazuje, że stałe wydłużenie zależy bezpośrednio od rodzaju liny. Lina klasy 6x19 z rdzeniem włókiennym wykazuje nieznacznie niższe wydłużenie (0,3%) w porównaniu do liny klasy 8x19 z rdzeniem włókiennym. W przypadku lin równoległych wartość ta wynosi około 0,1% lub mniej.

Skokowe odchylenie kabiny pod obciążeniem

Skokowe odchylenie kabiny windy z obciążeniem

Skokowe odchylenie kabiny windy jest zjawiskiem zależnym od wszystkich elementów dźwigu, które absorbują obciążenie z układu poziomowania, takich jak: liny, sprężyny i amortyzatory w układzie podwieszenia, elementy obudowy kabiny, podłoga, sufit oraz izolacja przeciwwibracyjna między obudową a kabiną, a także izolacja napędu windy. Z powodu nieliniowości parametrów wytrzymałości i wydłużenia liny, jej efekt amortyzacyjny na kabinę zależy od punktu pracy, w którym znajduje się układ. W przypadku idealnej liniowości wydłużenie liny zależałoby jedynie od zmiany obciążenia.

„Bezpośrednie" połączenie kabiny z kołami ciernymi za pomocą lin o niskim wydłużeniu sprężystym oznacza dla wielu użytkowników wind wysoki poziom komfortu jazdy.

Zmiana liny o konstrukcji 8x19 z rdzeniem włókiennym na linę z rdzeniem stalowym redukuje sprężyste wydłużenie liny o około 50%, przy zachowaniu pozostałych parametrów bez zmian. Ta istotna zmiana wynika, po pierwsze, z wyższego współczynnika sprężystości (E), a po drugie, z większego przekroju metalicznego oraz zastosowania rdzenia stalowego.

Ważne:

W przypadku niespodziewanego wydłużania się liny należy sprawdzić, czy nie doszło do błędu montażowego – możliwego rozkręcenia się liny. Niezabezpieczone przed rotacją zakończenia mogą również powodować rozkręcanie się lin. W szczególności liny z rdzeniem stalowym wykazują znacznie większe sprężyste wydłużenie, gdy są rozkręcone, ponieważ poluzowane splotki zewnętrzne powodują, że obciążenie spoczywa wyłącznie na rdzeniu stalowym. Duże wahania naprężenia liny mogą także negatywnie wpływać na amortyzację kabiny, ponieważ obciążenie nie jest równomiernie rozkładane na wszystkie liny. Dodatkowo liny mogą starzeć się w różnym tempie, co również może wpływać na ich wydłużenie oraz żywotność w sposób nieodwracalny.

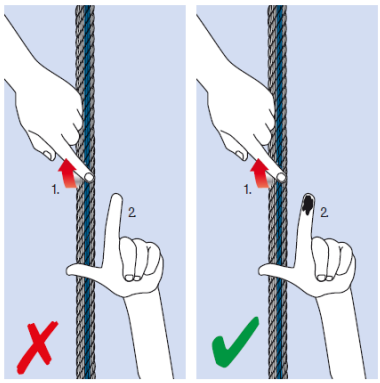
Nie zaleca się „korygowania" wydłużenia lin poprzez ich skręcanie – nawet jeśli zostały idealnie zamontowane. Choć może to faktycznie zmniejszyć wydłużenie, jednocześnie może drastycznie obniżyć żywotność liny.

Smarowanie uzupełniające

Czy liny dźwigowe powinny być poddawane smarowaniu uzupełniającemu?

Liny windowe są smarowane już na etapie produkcji, aby zabezpieczyć je przed korozją oraz zmniejszyć tarcie występujące między drutami.

Ilość środka konserwującego zastosowanego podczas produkcji powinna być wystarczająca, aby zapewnić odpowiednie tarcie bez ryzyka poślizgu lin podczas pracy w instalacji dźwigowej. Ponieważ środki konserwujące mają tendencję do wiązania pyłu i cząstek ściernych, początkowe smarowanie rzadko wystarcza na cały okres użytkowania liny. Zaleca się okazjonalne stosowanie smarowania uzupełniającego. Dopóki po przejechaniu palcem po linie pozostaje lekka smuga środka, nie ma potrzeby ponownego smarowania. Należy również upewnić się, że stosowany środek konserwujący jest kompatybilny z tym użytym podczas produkcji. W razie wątpliwości zaleca się kontakt z producentem liny. Dalsze informacje dotyczące smarowania lin znajdują się w normie EN 12385-5.



Rys. 15. Test nasmarowania lin i środek konserwujący

Kryteria

Jakie kryteria przyjmuje się do smarowania uzupełniającego?

Jednoznaczne określenie odstępów czasowych między smarowaniami uzupełniającymi nie jest możliwe, ponieważ zależą one od:

- częstotliwości użytkowania dźwigu,
- warunków otoczenia (temperatury, wilgotności, obecności pyłu),
- materiału, z którego wykonane są koła cierne, oraz stopnia ich zużycia (utwardzone koła cierne wymagają częstszego smarowania, ponieważ w trakcie eksploatacji nie uwalnia się z nich grafit),
- poślizgu między kołem ciernym a liną.

Metody

Jakie są zalecane metody smarowania uzupełniającego?

Smarowanie uzupełniające płynnym środkiem konserwującym można wykonywać za pomocą puszki z preparatem oraz pędzla lub wałka malarskiego. Środek konserwujący w sprayu powinien być stosowany wyłącznie na małych obszarach liny. W każdym przypadku należy nanosić minimalne ilości środka, a następnie wykonać kilka pełnych cykli pracy dźwigu, zwracając szczególną uwagę na ewentualny poślizg. W razie potrzeby można dodać niewielką ilość środka konserwującego.

W przypadku wątpliwości co do odpowiedniego poziomu cierności liny po smarowaniu uzupełniającym, należy przeprowadzić test jazdy w obie strony. Kiedy kabina ponownie znajdzie się na górze, należy wykonać znacznik kredą w poprzek liny i koła ciernego, a następnie zjechać kabiną na dół i ponownie na górę. Przesunięcie kredowego znacznika wskazuje na poślizg liny.

Urządzenia do stałego smarowania mogą powodować problemy z nadmiarem środka konserwującego, gdy są stosowane w sposób ciągły, zwłaszcza w instalacjach o mniejszej rezerwie cierności.

Środki konserwujące

Jakie właściwości powinien posiadać środek konserwujący?

Nie należy stosować środków konserwujących o zbyt małej lepkości; zaleca się używanie preparatów o odpowiedniej zdolności penetracji wnętrza liny.

Najodpowiedniejsze środki konserwujące to preparaty przeznaczone do lin, rozrzedzone fabrycznie rozpuszczalnikiem. Przy odpowiednim stosowaniu — w dobrze wentylowanych warunkach i z umiarem — zapewniają idealne smarowanie. Należy jednak pamiętać, że niewystarczająco odparowany rozpuszczalnik może wpływać na cierność liny.

W niektórych krajach środki do smarowania uzupełniającego zawierające rozpuszczalnik są zabronione ze względu na przepisy bezpieczeństwa pracy. W razie wątpliwości zawsze warto skonsultować się z producentem liny. Nie zaleca się stosowania olejów hydraulicznych ani przekładniowych.

Środki smarujące zawierające cząstki, takie jak dwusiarczek molibdenu czy teflon, nie nadają się do lin nośnych, ponieważ mogą nadmiernie redukować tarcie między liną a rowkami. Liny do dźwigów hydraulicznych, dźwigów z napędem bębnowym oraz liny wyrównawcze mogą być, w razie potrzeby, smarowane obficiej. Dokładna ilość środka smarującego nie jest tu tak kluczowa, jak w przypadku lin pracujących na kołach ciernych. W takich zastosowaniach zaleca się także stosowanie olejów smarowych przeznaczonych do lin na kołach ciernych.

Właściwości

Jakie specjalne właściwości powinny być brane pod uwagę przy rekomendowaniu środków smarujących dla nietypowych instalacji dźwigowych?

Wilgotność w szybie:

Nie są wymagane specjalne środki ostrożności, poza częstszymi kontrolami. W stosownych przypadkach zaleca się stosowanie lin ocynkowanych.

Zewnętrzne instalacje dźwigowe:

Można stosować ocynkowane liny dźwigowe, z wyjątkiem instalacji znajdujących się w ekstremalnie suchym klimacie. Do standardowego smarowania lin nie należy używać środka stosowanego na etapie produkcji, lecz wodoodpornego środka konserwującego, specjalnie przeznaczonego do tego celu. Smarowanie uzupełniające, które jest również istotne dla lin ocynkowanych, może być bez problemu wykonywane za pomocą środków zawierających rozpuszczalniki. Zaleca się aplikowanie ich w chłodniejsze dni (co pozwala uniknąć zbyt szybkiego odparowania rozpuszczalnika) oraz po dłuższych okresach suchej pogody.

Instalacje pracujące w warunkach wysokiej lub niskiej temperatury:

W przypadku temperatur w zakresie od 0 do 50 °C nie są wymagane żadne specjalne środki.

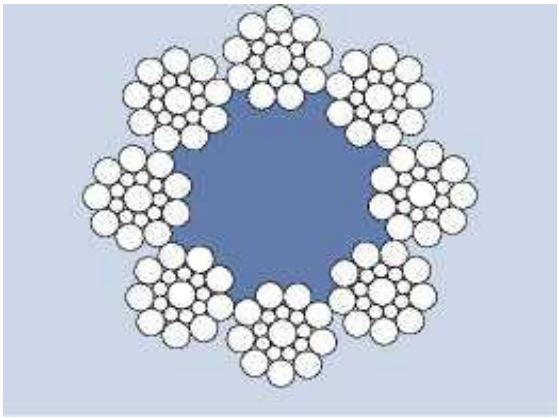
Natomiast w warunkach, gdzie temperatury stale utrzymują się między 40 a 50 °C, stan smarowania powinien być kontrolowany częściej, ponieważ lepkość środka smarującego się zmniejsza, co przyspiesza zużycie liny.

Dozowanie

Ile środka konserwującego znajduje się w rdzeniu włókiennym?

Czasami użytkownicy proszą, aby podczas produkcji nasmarować rdzeń włókienny taką ilością środka, która wystarczyłaby na cały okres użytkowania liny, a nawet na kilka dekad. Dla producenta wstrzyknięcie obfitej ilości smaru do rdzenia włókiennego (np. 25%) nie stanowiłoby problemu. Nie przyniosłoby to jednak oczekiwanych efektów w postaci stopniowego uwalniania się środka smarującego przez cały okres użytkowania liny, ponieważ nadmiar smaru wyciekłby już po kilku tygodniach od montażu.

Rysunek 16 ilustruje główny powód, dla którego należy ograniczać zawartość smaru w rdzeniu włókiennym. Przedstawia przekrój poprzeczny nowej, nieobciążonej liny windowej o konstrukcji 8x19 z rdzeniem włókiennym, na którym opierają się zewnętrzne splotki liny. Średnica liny zależy więc od objętości wnętrza liny (czyli włókna i smaru). Ponieważ żywotność liny dźwigowej jest ściśle związana z jej rzeczywistą średnicą, kluczowe jest zachowanie odpowiedniej objętości rdzenia włókiennego tak długo, jak to możliwe. W związku z tym smarowanie uzupełniające powinno być wykonywane zewnętrznie w taki sposób, aby środek smarujący przenikał również do rdzenia włókiennego.



Rys. 16 Wsparcie splotek ***zewnętrznych na rdzeniu włókiennym***

Odtłuszczanie

Odtłuszczanie lin dźwigowych

Jedną z możliwych przyczyn nadmiernego ślizgania się lin na kołach ciernych może być zbyt duża ilość środka konserwującego.

Pod żadnym pozorem nie należy czyścić lin za pomocą środków czyszczących ani rozpuszczalników, gdyż przenikają one do wnętrza liny i powodują wyciąganie na powierzchnię jeszcze większej ilości środka smarującego.

Do odtłuszczenia liny od zewnątrz stosuje się drobną, neutralnie reagującą mączkę kwarcową, dostępną na rynku pod nazwą Florideal. Proszek ten można nanosić w rękawiczkach, formując lejek, tak aby powoli opylać linę od kół ciernych w dół (przy ustawieniu maszyny w pozycji górnej). Proszek wchłania olej i smar, a następnie tworzy wysuszoną masę, która kruszy się. Na końcu należy ostrożnie wymieść pozostałości przy użyciu drucianej szczotki. Jeśli to możliwe, koła cierne powinny być również oczyszczone za pomocą rozpuszczalnika.

Wymiana lin

Kiedy należy wymienić liny dźwigowe?

Liny dźwigowe kwalifikujemy do wymiany, sprawdzając występowanie pęknięć drutów, ogólne zużycie liny oraz redukcję jej średnicy. Dodatkowo, w ocenie konieczności wymiany mogą brać udział takie kryteria, jak: korozja, znaczne uszkodzenia oraz nadmierne wydłużenie.

Jaka jest dopuszczalna ilość pęknięć?

Liczba oraz rozmieszczenie pęknięć drutów widocznych na zewnątrz są najważniejszym kryterium kwalifikującym linę do wymiany.

Pęknięcia drutów określa się poprzez policzenie maksymalnej liczby widocznych pęknięć na odcinku referencyjnym liny. Zgodnie z normą ISO 4344, maksymalna liczba pęknięć drutów na jednej długości zwicia powinna być oceniana oddzielnie:

- dla wszystkich zewnętrznych splotek,
- dla dwóch najbardziej uszkodzonych zewnętrznych splotek

Rys. 17. Ślady zużycia oraz pęknięcia drutu

Rys. 18 Gniazdo pęknięć drutów

Dla lin dźwigowych 6- i 8-splotkowych z rdzeniem włókiennym wytyczne dotyczące maksymalnej dopuszczalnej liczby pęknięć drutów określa norma ISO 4344. Stosując liczbę pęknięć drutów jako kryterium kwalifikujące linę do wymiany, można ustalić, czy lina powinna zostać niezwłocznie wymieniona, czy też wymaga częstszego monitorowania w przyszłości lub może być kontrolowana w standardowych odstępach czasu (rys. 19). Aby zapobiec pęknięciu splotek i wynikającemu z tego znacznemu uszkodzeniu liny, maksymalna dopuszczalna liczba pęknięć drutów musi być oszacowana zgodnie z normą ISO 4344, odpowiednio do rodzaju splotek.

Dla wszystkich pozostałych lin dźwigowych punktem odniesienia są specyfikacje konkretnego producenta lin. W przypadku liny 9-splotkowej kryterium dotyczące pęknięć drutów zostało przedstawione na rys. 20 (dla dwóch różnych odcinków odniesienia oraz pojedynczej splotki). Kryteria kwalifikujące do wymiany związane z pęknięciem drutu, oparte na wytycznych normy DIN 15020, są mniej rygorystyczne niż te wynikające z normy ISO 4344.

W starszych instalacjach, zgodnie z TRA 102, liny windowe są klasyfikowane, monitorowane i wymieniane na podstawie norm DIN 15020 / ISO 4309.

Jeżeli na zewnętrznych drutach widoczne są znaczne ślady przetarcia, istnieje duże prawdopodobieństwo, że w stosunkowo krótkim czasie nastąpi w tym miejscu pęknięcie. Jeżeli pęknięcia drutów są równomiernie rozłożone, jak pokazano na rys. 17, można założyć, że żywotność liny jest na wyczerpaniu.

W przypadku lin dźwigowych w tej kwestii mają zastosowanie Europejska Norma EN 12385, Część 3, oraz odpowiadająca jej norma ISO 4344.

Rys. 19: Kryteria kwalifikujące do wymiany EN12385-5 oraz ISO 4344 z szerokimi i wąskimi kryteriami wymiany również dla lin 9-splotkowych, według DIN 15020

Rodzaj liny	Liczba drutów w splotce zewnętrznej	Liczba pęknięć drutów na odcinku 6 x ø liny	Liczba pęknięć drutów na odcinku 30 x ø liny
DRAKO 6 x 19 S-FC	= 114 drutów	6	12
DRAKO 6 x 19 W-FC DRAKO 6 x 25 F-FC DRAKO 180B (6 x 25 F-FC)	= 114 drutów	10	19
DRAKO 8 x 19 S-FC DRAKO 250H, 8 mm	= 152 druty	10	19
DRAKO 8 x 19 W-FC DRAKO 8 x 25 F-FC DRAKO 250T DRAKO 250H (oprócz 8 mm) DRAKO 200B	= 152 druty	13	26
DRAKO 300T, 8 mm	= 171 drutów	14	25
DRAKO 300T (oprócz 8 mm)	> 180 drutów	16	32
DRAKO 180B (6x36WS-FC)	= 216 drutów	18	35

Rys. 20: Kryteria kwalifikujące do wymiany, wąskie i szerokie, według DIN 15020

	Wymiana lub badanie w częstotliwości zalecanej przez osobę kompetentną			Natychmiastowa wymiana		
Kryteria	**Lina typu 6 x 19**	**Lina typu 8 x 19**	**Lina typu 9 x 19**	**Lina typu 6 x 19**	**Lina typu 8 x 19**	**Lina typu 9 x 19**
Równomiernie rozłożone pęknięte druty w splotkach zewnętrznych	Ponad 12 na długość skoku	Ponad 15 na długość skoku	Ponad 17 na długość skoku	Ponad 24 na długość skoku	Ponad 30 na długość skoku	Ponad 34 na długość skoku
Liczba pęknięć drutu dominujących w jednej lub dwóch splotkach zewnętrznych	Ponad 6 na długość skoku	Ponad 8 na długość skoku	Ponad 9 na długość skoku	Ponad 8 na długość skoku	Ponad 10 na długość skoku	Ponad 11 na długość skoku
Liczba pęknięć drutów sąsiadująca z innymi w jednej zewnętrznej splotce	5	5	6	Ponad 5	Ponad 5	Ponad 6
Pęknięcia w dolinach splotek (w miejscach styku)	1 na długość skoku	1 na długość skoku	1 na długość skoku	Ponad 1 na długość skoku	Ponad 1 na długość skoku	Ponad 1 na długość skoku

W krajach pozaeuropejskich w kwestii wymiany lin obowiązują lokalne przepisy krajowe. W pewnych warunkach liczba pęknięć drutów nie może być jedynym kryterium kwalifikującym do wymiany liny. Pęknięcia drutów spowodowane zewnętrznym zużyciem występują głównie wtedy, gdy koła cierne w układzie linowym wykonano z żeliwa szarego lub stali. W przypadku kół ciernych wykonanych z tworzywa sztucznego należy przestrzegać wytycznych zawartych w dyrektywie bezpieczeństwa dla dźwigów „Koła cierne dla lin z tworzyw sztucznych". W niektórych okolicznościach istnieje ryzyko występowania wewnętrznych pęknięć drutów zamiast zewnętrznych, co wymaga szczególnej uwagi.

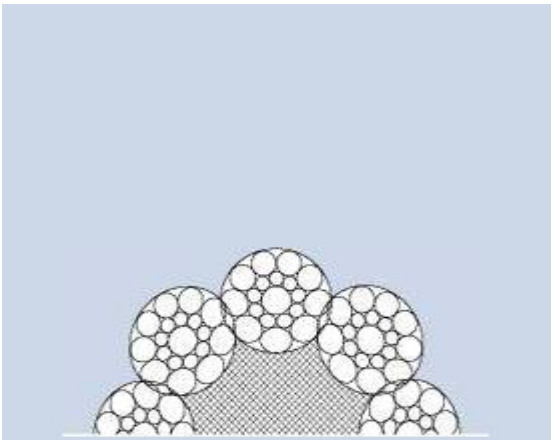
Zmniejszenie średnicy drutu

Przy jakim stopniu zmniejszenia średnicy drutu liny powinny zostać zakwalifikowane do wymiany?

W linach dźwigowych, po długim czasie użytkowania, może dojść do trwałego zmniejszenia się średnicy liny z powodu wewnętrznego i zewnętrznego zużycia się drutu. W linach z rdzeniem włókiennym ryzyko jest większe, ze względu na wysychanie oraz ścieranie się rdzenia włókiennego.

Jeśli średnica liny zmniejszy się o 6% w stosunku do średnicy nominalnej (np. lina o średnicy 13 mm zmniejszy się do 12,2 mm), lina dźwigowa powinna zostać niezwłocznie wymieniona, ponieważ:

- Istnieje ryzyko nagłego pęknięcia liny z powodu wewnętrznych pęknięć drutów w punktach kontaktowych pomiędzy splotkami (rys. 21),
- Ścisłe przyleganie liny do rowka jest podstawą do obliczenia cierności; zbyt cienkie liny nie zapewnią wymaganej cierności,
- Rowki koła ciernego, wyrobione przez zbyt cienkie liny, staną się za wąskie dla nowych lin, co doprowadzi do ich nieuchronnego uszkodzenia.



Rys. 21. Styczność splotek

Korozja

Jakie jest postępowanie w przypadku rozwoju rdzy w szczelinach splotek?

W przypadku zauważenia startych, czerwonych cząstek wydobywających się ze szczelin splotek liny, należy sprawdzić średnicę liny w tym miejscu pod kątem ewentualnego zmniejszenia. Jeśli średnica zmniejszyła się o mniej niż 4% w stosunku do średnicy nominalnej, dalsze jej zmniejszanie można spowolnić poprzez zastosowanie smarowania uzupełniającego. Potencjalne przyczyny tego zjawiska, powszechnie określanego w niektórych krajach jako "rdzewienie" lub "czerwona rdza", to:
- niedostateczne smarowanie,
- niewłaściwe smarowanie uzupełniające,
- wilgotne lub agresywne warunki panujące w szybie windowym.

W przypadku, gdy średnica liny zmniejszy się o więcej niż 6% w stosunku do jej średnicy nominalnej, konieczna jest natychmiastowa wymiana liny. Główną podejrzewaną przyczyną korozji w takich przypadkach jest nadmierne tarcie między zewnętrznymi splotkami. W normalnych warunkach splotki zewnętrzne spoczywają na rdzeniu liny, co minimalizuje tarcie między nimi. Jednak gdy średnica rdzenia liny zmniejsza się wskutek zużycia, zewnętrzne splotki zaczynają wspierać się na sobie, co prowadzi do większego tarcia. Cząsteczki wytwarzane podczas tego procesu nie są metalicznie jasne, lecz mają kolor czerwono-brązowy, co jest efektem zużycia cierno-korozyjnego. Zjawisko to określane jest jako „krwawienie liny", a powstający w jego wyniku rdzawy proszek nazywa się „czerwoną rdzą" lub „rdzewieniem". Ryzyko wiąże się z potencjalnym pęknięciem zewnętrznych drutów, co można zaobserwować po odciążeniu i zgięciu liny (rys. 22 i 23). Charakterystyczne dla tego zjawiska są długie, pęknięte końcówki drutów.

Rys. 22: Lina podczas naprężenia

Rys. 23: Lina podczas przeginania

Koła cierne

Jakie rodzaje rowków znajdują się w kołach ciernych?

Kształty rowków

Rowki w kołach ciernych dzielimy na klinowe, w kształcie litery U (z podcięciem) oraz okrągłe. Kształt rowka ma istotny wpływ nie tylko na cierność, ale także na żywotność liny. Ogólnie rzecz biorąc, im bardziej lina przylega swoją płaszczyzną na kole ciernym, tym dłuższa będzie jej żywotność i niższa cierność.

Zużycie

Rowki mogą ulegać zużyciu podczas eksploatacji i powinny być regularnie kontrolowane, zwłaszcza przy wymianie lin. Montaż nowych lin, nawet o wyższych tolerancjach średnicy, na zużytych lub zbyt małych rowkach prowadzi do znacznego skrócenia ich żywotności.

Nierównomiernie zużyte rowki to kolejny czynnik negatywnie wpływający na żywotność liny, szczególnie w systemach napędowych z podwójnym opasaniem. W takich systemach liny w rowkach pracują z różnymi prędkościami i na różnych wysokościach względem siebie. Różnica wysokości między rowkami powoduje utratę naprężenia w niektórych linach, co prowadzi do nadmiernego ślizgania się lin i może skutkować generowaniem hałasu. Dodatkowo odcinek liny pomiędzy kołem ciernym a drugorzędnym kołem podwójnego opasania może być narażony na wysokie „odkształcające naprężenia", co dodatkowo przyspiesza zużycie liny i skraca jej żywotność.

Podczas wymiany liny rowki kół ciernych wykonanych z materiałów nieutwardzonych zawsze powinny być poddane ponownym pomiarom. Przyrządy pomiarowe do rowków muszą mieć dokładność skalowania do 1/10 mm. Na rysunku 24 przedstawiono przykład przyrządów pomiarowych produkowanych wewnętrznie przez firmę PFEIFER DRAKO.

Rys. 24: Przykład przyrządu pomiarowego (produkcja własna)

Decyzja o wymianie koła ciernego w przypadku różnicy w rozmiarze średnicy między nowym a zużytym rowkiem zależy od następujących czynników:

- czy występuje zbyt duża cierność w danej konfiguracji, zwłaszcza gdy kabina porusza się w górę szybu, a przeciwwaga znajduje się na zderzakach;
- czy dopuszcza się nieuniknione skrócenie żywotności liny spowodowane zwiększonym naciskiem stykowym;
- czy liny posiadają rdzeń stalowy czy włókienny.

Wymiana

Wymiana lin a koła cierne

Podczas eksploatacji dźwigu często okazuje się, że choć koła cierne z oryginalnym zestawem lin mogą działać bezproblemowo przez 10 do 15 lat, po wymianie lin koła cierne szybciej się zużywają lub na ich powierzchni powstają odciski liny. Analizy żywotności tego typu kół ciernych, przeprowadzone 25 lat temu przez jednego z producentów na około 700 instalacjach windowych, statystycznie potwierdziły, że zjawisko to jest typowe. Wykazano, że w 60% przypadków koła cierne musiały zostać wymienione już po roku użytkowania nowych lin. To obala pozornie oczywiste przekonanie, że przyczyną problemu są wadliwe nowe liny. W rzeczywistości nowe liny nie są wadliwe, a nie wszystkie przypadki ich zastosowania prowadzą do uszkodzenia rowków. Problem leży w żeliwie rowków, które przez lata pracy poddawane naciskowi może się stopniowo wykruszać. Górna warstwa profilu rowka, wygładzana przez lata, staje się bardziej wrażliwa i podatna na uszkodzenia

Nieutwardzone koło cierne

Co to jest nieutwardzone koło cierne?

Ustalenie, z jakiego materiału wykonano koła cierne, wymaga szczegółowych badań metalograficznych. Możliwe jest jednak przeprowadzenie analizy twardości kół ciernych. Wieloletnie badania wykazały, że:

- Koła cierne o twardości do 180 HB (według Brinella) są bardziej podatne na powstawanie odcisków liny lub nadmierne zużycie.
- Przy twardości rowków w zakresie 180–195 HB prawdopodobieństwo takich uszkodzeń znacząco maleje.
- Rowki o twardości powyżej 200 HB, a zwłaszcza ponad 210 HB, są najmniej narażone na tego typu uszkodzenia.

Dla żeliwa szarego GG 25 maksymalny poziom utwardzenia, osiągalny dzięki nowoczesnym metodom odlewnictwa, wynosi około 230 HB. Próby utwardzenia powinny być przeprowadzane wyłącznie na obrobionych powierzchniach odlewu oraz po odpowiednim przygotowaniu górnej warstwy powierzchni. W przeciwnym razie uzyskane wyniki mogą być nieprawidłowe. Nacisk podczas badania musi być wystarczająco duży, aby zapewnić właściwą penetrację przygotowanej powierzchni, co pozwoli na uzyskanie dokładnych wyników.

Żeliwo sferoidalne grafitowe GGG 60 charakteryzuje się lepszymi właściwościami materiałowymi niż żeliwo GG 25, jednak jest droższe. Analizy eksperckie wykazują, że wytrzymałość rowków na zużycie nie zależy wyłącznie od ich utwardzenia, ale również od obecności miedzi (Cu) w składzie materiału, która znacząco zwiększa trwałość kół ciernych. Stopień zużycia rowków zależy także od powstawania oraz rozmieszczenia cząstek grafitu w strukturze żeliwa. Montowanie kół ciernych w instalacjach bezpośrednio po odlewie może dodatkowo negatywnie wpływać na właściwości tworzywa.

Utwardzone koło cierne

Co to jest koło cierne utwardzone?

Od 1967 roku stosuje się praktykę utwardzania rowków klinowych, a od około 1978 roku popularność zyskały utwardzone, podcięte rowki w kształcie litery U. Przy stosowaniu utwardzonych rowków linowych należy uwzględnić następujące aspekty:

- profile i głębokości różnych rowków muszą być dokładnie dopasowane, ponieważ w przypadku utwardzonego rowka lina nie będzie w stanie go "korygować"
- krawędzie podcięcia muszą być starannie zaokrąglone; w przeciwnym razie na linach pojawią się dwie głębokie bruzdy sugerujące ich zużycie
- regularne smarowanie uzupełniające jest absolutnie konieczne, aby zachować odpowiednie właściwości rowków i liny
- liny o zbyt małej średnicy mogą przesuwać się w stronę krawędzi podcięcia, co prowadzi do niewystarczającej cierności. W przeciwieństwie do rowków nieutwardzonych, które uczestniczą w procesie zużycia, utwardzone rowki mogą powodować szybsze zużycie liny
- należy unikać stosowania kół ciernych z rowkami w kształcie litery U o kącie podcięcia 105°, ponieważ niezbędne zaokrąglenie w takich rowkach zapewnia niewystarczające podparcie liny. Skutkuje to jej deformacją, szczególnie w przypadku lin o konstrukcji 8x19 z rdzeniem włókiennym. W najgorszym scenariuszu lina przesuwa się w kierunku krawędzi podcięcia, co prowadzi do jej przedwczesnego uszkodzenia

Koła cierne wykonane z tworzywa sztucznego lub z inkrustacją z tworzywa sztucznego

Koła cierne wykonane z tworzywa sztucznego lub z inkrustacją z tego materiału, w których cierność można znacznie zwiększyć dzięki właściwościom tworzywa, są w Europie praktycznie nieznane. Jednak ich stosowanie wymaga uwzględnienia pewnych ograniczeń. Jednym z nich jest trudność w ocenie wieku liny kwalifikującego ją do wymiany, ponieważ na linach używanych z takimi kołami brak jest widocznych pęknięć drutów, które zwykle występują przy kołach wykonanych z tradycyjnych materiałów. Mimo tych wyzwań koła cierne z tworzywa sztucznego są z powodzeniem stosowane w innych krajach, gdzie ich unikalne właściwości znajdują praktyczne zastosowanie.

Podczas gdy normy TRA 003 oraz EN 81/1986 definiują wymagania dla kół ciernych wykonanych z żeliwa szarego lub stali, określając współczynnik tarcia jako j=0.09, norma EN 81-1/1998 wprowadza wymóg współczynnika tarcia uzależnionego od nominalnej prędkości instalacji. Norma ta, mając charakter rekomendacyjny, umożliwia stosowanie alternatywnych materiałów na koła cierne, pod warunkiem że spełniają one równorzędne kryteria bezpieczeństwa. Dzięki temu otwiera się możliwość wdrażania innowacyjnych tworzyw, które oferują nowe rozwiązania technologiczne, zachowując jednocześnie wymagane standardy bezpieczeństwa.

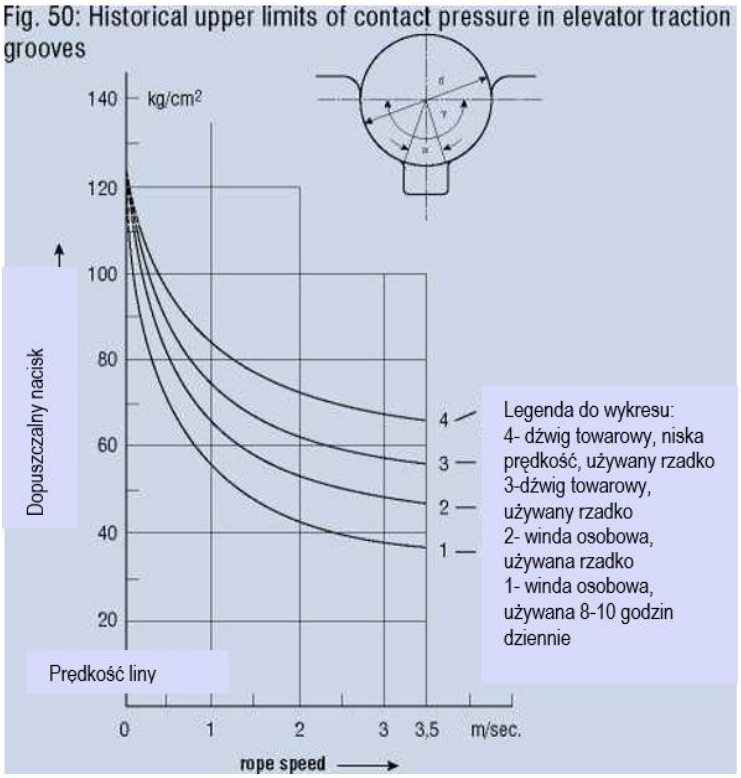
Nacisk stykowy

Co to jest nacisk stykowy?

Producenci dźwigów powinni nadal zwracać uwagę na nacisk stykowy, który powstaje między liną a rowkiem koła ciernego. Dostosowanie jego wartości, na przykład do częstotliwości użytkowania instalacji, ma kluczowy wpływ na poziom obciążenia, a w konsekwencji na żywotność liny. W normie EN 81-1/1998 brak jednak informacji o sposobie obliczania wartości nacisku stykowego, który był uwzględniony w poprzedniej wersji normy. Obecnie nacisk stykowy jest "pośrednio" ujęty w obliczeniach współczynnika bezpieczeństwa zgodnie z Załącznikiem N normy EN 81-1/1998.

Choć skupienie przepisów normy na minimalnej żywotności lin jest uzasadnione, brakuje w niej jasnej metody weryfikacji nacisku stykowego. W rezultacie konfiguracje zgodne z normą EN 81-1/1998 dopuszczają wyższy nacisk stykowy niż normy EN 81-1/1986. Fundamentalny

związek między naciskiem stykowym a żywotnością liny został udowodniony już w 1927 roku podczas opracowywania normy dotyczącej cierności (rys. 25).



Rys. 25. Górne granice nacisku stykowego w rowkach w ujęciu historycznym

Przepisy

Przepisy

Producenci lin zwykle odwiedzają miejsca instalacji tylko wtedy, gdy żywotność liny okazuje się krótsza niż oczekiwana przez użytkownika. W wielu przypadkach wykazano, że choć projekt został wykonany zgodnie z normą EN 81-1, która bazuje na minimalnej bezpiecznej żywotności, windy są często skonfigurowane tak, aby maksymalizować wydajność ekonomiczną. Często zdarza się, że parametry determinujące żywotność liny są eksploatowane na granicy swoich możliwości, co prowadzi do ich szybszego zużycia. Aby zwiększyć poziom zadowolenia użytkownika, kluczowe jest poprawienie komunikacji między partnerami na etapie planowania projektu. Pozwala to na lepsze dostosowanie projektu do oczekiwań związanych z żywotnością lin. Niezwykle istotne jest także budowanie świadomości, że długa żywotność liny oraz wydłużone okresy serwisowania wiążą się z dodatkowymi kosztami, które należy uwzględnić już na etapie planowania.

Certyfikat dotyczący badania zgodności

Certyfikat badania zgodności KP067 wspiera proces podejmowania decyzji, umożliwiając oszacowanie przewidywanej liczby cykli dla dowolnie wybranych współczynników bezpieczeństwa Sf >12 przy stosunku D/d aż do wartości D/d = 18.5 (dla d = 6.5 mm, lina DRAKO 250T). Warunkiem koniecznym jest również zapewnienie odpowiedniej cierności. W przyszłości takie podejście będzie możliwe także dla wind wymagających dłuższej żywotności lin. Osiągnięcie tego celu wymaga jednak ścisłej współpracy między producentem dźwigów, użytkownikiem oraz producentem lin. Taka współpraca pozwala na precyzyjne dostosowanie parametrów instalacji do wymagań żywotności i bezpieczeństwa.

Koła linowe

Koła odchylające oraz koła zdawcze

Koła odchylające i zdawcze powinny być wykonane z takiego samego wysokoprocentowego odlewu żeliwnego jak koła cierne. Rowki w tych kołach rzadko zużywają się w stopniu, który mógłby prowadzić do uszkodzenia lin. Niemniej jednak przy wymianie lin należy dokładnie sprawdzić ich stan. Kontrola powinna obejmować także ocenę stanu łożysk oraz osiowości kół. Popularne przekonanie, że koło z minimalnym kątem opasania jest poddane mniejszym naprężeniom, jest błędne. Nacisk stykowy, czyli siła wywierana na milimetr długości opasania, jest równie wysoki jak w przypadku kół z kątem opasania wynoszącym np. 180°. Stopień nacisku stykowego wpływa zarówno na zużycie koła, jak i liny. Zdaniem producentów dźwigów stosowanie uniwersalnych kół dla szerokiego zakresu średnic lin jest nieefektywne. Koła odchylające mogą być jednak wykonane z tworzywa sztucznego, np. poliamidu. W Niemczech ich stosowanie jest regulowane przez *Wytyczne bezpieczeństwa dla wind z kołami wykonanymi z tworzyw sztucznych*. Koła linowe z tworzywa sztucznego mogą być bez obaw używane w połączeniu z kołami ciernymi wykonanymi ze stali lub odlewu żeliwnego. Oznaki kwalifikujące liny do wymiany, takie jak widoczne pęknięcia drutów, mogą pojawiać się w wyniku pracy na żeliwnych kołach ciernych.

Odciski

Zużycie rowków w postaci odcisku profilu liny (odcisków w kształcie warkocza)

Jeżeli odciski profilu liny (rys. 26) występują równomiernie na wszystkich rowkach i są wyraźnie zaznaczone, prawdopodobną przyczyną jest niewystarczające utwardzenie koła ciernego. Jeśli jednak wykluczono ten czynnik, należy sprawdzić instalację pod kątem następujących możliwych przyczyn:

- nierównomiernego naprężenia lin,
- suchości liny (brak smarowania uzupełniającego),
- skręcania liny podczas pracy oraz
- zużycia rowków spowodowanego wymianą lin bez jednoczesnej wymiany zużytego koła ciernego

Rys. 26: Odciski profilu liny w rowkach koła ciernego

W każdym przypadku kluczowym czynnikiem jest jakość odlewu żeliwnego. Istnieje duże prawdopodobieństwo związku rodzaju zużycia rowka ze sprężystością liny. Wgłębienia w rowkach powstają najczęściej w wyniku skręcających ruchów liny podczas pracy na kole ciernym. Badania pokazują, że w większości przypadków, w których zaobserwowano odciski profilu liny w rowkach, instalacje korzystały z 8-splotkowych lin z rdzeniem włókiennym wykonanym z polipropylenu. Z kolei liny ze stalowym rdzeniem, charakteryzujące się znacznie niższą podłużną sprężystością, bardzo rzadko były przyczyną powstawania odcisków — pod warunkiem, że koła cierne miały odpowiednią twardość. Dowiedziono także, że w instalacjach z kołami ciernymi wykonanymi z żeliwa o niższej jakości i twardości można ograniczyć problem odcisków, stosując liny o mniejszej twardości. W tego typu linach zewnętrzne druty w splotkach zewnętrznych charakteryzują się stosunkowo niską nominalną wytrzymałością na rozciąganie, mieszczącą się w przedziale 1180–1370 N/mm².

PFEIFER Technika
Przemysłowa Sp. z o.o.
ul. Wrocławska 68
55-330 Krępice k. Wrocławia
tel. +48 71 30 23 722
tel. +48 500 819 582
liny@pfeifer.pl
www.pfeifer.pl

07/2026 PL