



OPTICAL RECOGNITION IN THE ASSESSMENT OF WIRE ROPE WEAR

Grzegorz Olszyna¹ Andrzej Tytko²

Key words: wire rope, visual testing

Abstract:

Wire rope condition in given moments depends on many factors depending on construction, manufacturing, load and environment. Relations between these factors have influence on exploitation of wire ropes. Generally the wire rope state from the beginning of use is continually getting worst. Thus the main role for users is assessment of this state in exact periods of use to protect equipment against the catastrophic damage. The periodic assessment of wire rope state is usually done by measuring wire rope state. The most common are non-destructive magnetic tests (usually electro-magnetic) which returns information about actual wire rope state. Such test gives correct information when fatigue and wear symptoms like broken wires, abrasion, corrosion are typical for wire rope discard process. Sometimes about damage of the rope inform changes of basic geometrical parameters. Modern wire ropes usually have increased fatigue endurance thus fatigue symptoms like broken wires are almost not observed. Anticorrosion protection, new wire rope design patterns also reduces abrasive and corrosion wear. In such situations easy to measure wire rope geometrical parameters became very important to assess actual wire rope state. In the paper study on modern continuous measuring methods of wire rope geometrical parameters on its whole length is presented.

1. Wstęp

Na podstawie badań stanu lin stalowych pracujących w konkretnych urządzeniach transportu linowego stwierdzono, że zmiana parametrów geometrycznych ma wpływ na trwałość, tym samym świadcząc o ich stanie.

Popularną metodą oceny stanu lin są badania magnetyczne. Wymagają one specjalistycznej aparatury i wyszkolonego personelu. Nie są więc one powszechne. Powszechnie stosowaną metodą jest ocena wizualna. Pozwala ona na obserwację zewnętrznych efektów zużycia, deformacji oraz na lokalny pomiar średnicy i długości skoku. Wiele współcześnie stosowanych konstrukcji lin, zwłaszcza w kolejach linowych nie wykazuje typowych symptomów zużycia zmęczeniowego. O stopniu wyeksploatowania tych lin informują inne symptomy, w tym zmiany geometrii liny i układu splotek. W artykule skupiono się na niektórych aspektach związanych z oceną stanu lin na podstawie pomiaru średnicy i długości skoku. Zaproponowano też nowatorską, aparaturową metodę pomiaru tych parametrów w sposób ciągły.

Rozwój automatyki, informatyki i elektroniki umożliwia uzyskanie obrazu liny do badań wizualnych pośrednich za pomocą dostępnych urządzeń (np. kamery, skanery itp.). Może być to zrobione w sposób łatwy i stosunkowo tani, za pomocą gotowych elementów pomiarowych.

Zaawansowane metody obróbki obrazu dają możliwość wykrywania miejscowych wad liny bez potrzeby stałej obserwacji in situ osoby wykonujące badania.

¹ **mgr. inż. Grzegorz Olszyna** Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Katedra Transportu Linowego, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska, tel. (+48 012) 6173359, fax (+48 012) 6360144, e-mail : olszyna@agh.edu.pl

² **Dr hab. inż. Andrzej Tytko prof. AGH**, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Katedra Transportu Linowego, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska, tel. (+48 012) 6173069, fax (+48 012) 6360144, e-mail : tytko@agh.edu.pl

2. Wizualne metody oceny stanu lin stalowych

Badania wizualne są jedną z wielu metod nieniszczących oceny stanu technicznego obiektów. Generalnie celem badań nieniszczących jest:

- ocena stanu obiektu bez ingerencji w strukturę i bez wpływu na cechy eksploatacyjne w celu zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa,
- ocena poprawnego funkcjonowania urządzeń technicznych współpracujących ze sobą.

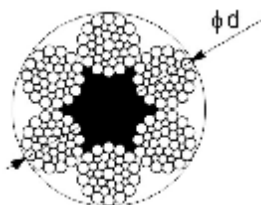
Przeprowadzenie badań wizualnych i ich późniejsza analiza pozwala na wykrywanie wad jak i ewentualnych uszkodzeń mogących wystąpić na wszystkich etapach eksploatacji lin stalowych tj. w czasie produkcji, zakładania i użytkowania.

Podstawowymi zaletami tej metody jest niska cena oraz szerokie zastosowanie. Wadami natomiast możliwości obserwacji tylko powierzchni zewnętrznych, konieczność dobrego oświetlenia (natężenie światła powinno wynosić co najmniej 350 lx, a zalecane jest 500 lx), konieczność dostępu do badanego miejsca [4].

W czasie pracy geometria praktycznie każdej konstrukcji liny zmienia się, co może być wyraźnie obserwowane przez zmieniającą się długość skoku i średnicę liny. Zmiany te powodowane są przechodzeniem liny przez koła i pędnie linowe, kręcenie się oraz na skutek drgań i wibracji. Mają one znaczny, a czasami i zasadniczy wpływ na trwałość zmęczeniową lin, gdyż zmiana geometrii układu drutów i splotek wpływa lokalnie na rozkład naprężeń w poszczególnych drutach. Dzieje się tak, ponieważ obciążenia lin mają charakter dynamiczny. Trwałość lin w konkretnych przypadkach może być podwyższona poprzez racjonalną eksploatację wynikającą ze zmienności czynników i procesów w związku z postępującą degradacją własności mechanicznych i konstrukcyjnych. Do rutynowych działań w ramach kontroli stanu liny należą pomiary długości skoku i średnicy liny. Są to klasyczne nieinwazyjne metody wizualne metody oceny stanu.

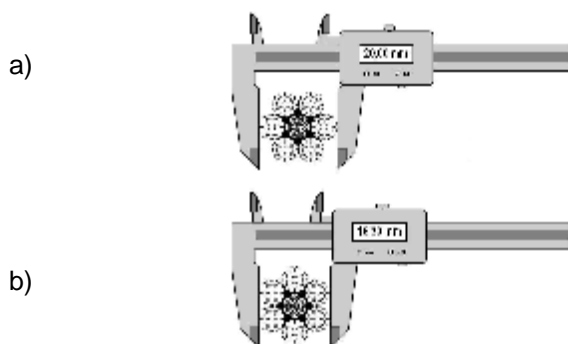
3. Pomiar średnicy liny

Średnica, obok długości skoku zwicia plotek, jest podstawowym parametrem geometrycznym liny. Jest określana jako średnica najmniejszego okręgu opisanego na przekroju poprzecznym liny (Rys. 1). W praktyce rozróżnia się średnicę nominalną i rzeczywistą.



Rys. 1 Teoretyczna interpretacja średnicy liny dwuzwitej [8]

Średnica rzeczywista d_{rz} [mm] jest wielkością otrzymaną w wyniku pomiaru liny za pomocą przyrządu pomiarowego do tego przeznaczonego, najczęściej suwmiarki z odpowiednio szerokimi szczękami (Rys. 3). Ze względu na budowę liny, wykonanie pomiaru średnicy z dużą precyzją jest trudne. Dla zmniejszenia niepewności pomiarowej, średnicę określa się jako średnią z dwóch lub więcej pomiarów dokonanych w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach w niewielkim oddaleniu mierzonych przekrojów. W praktyce technologicznej możliwości wyprodukowania lin o średnicy rzeczywistej równej średnicy nominalnej są prawie niemożliwe.



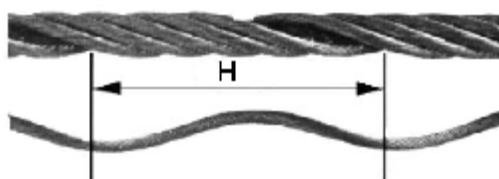
Rys. 2 Pomiar średnicy liny suwmiarką o wąskich szczękach: a) poprawny, b) niepoprawny [2]



Rys. 3 Pomiar suwmiarka z szerokimi szczękami

4. Pomiar długości skoku liny

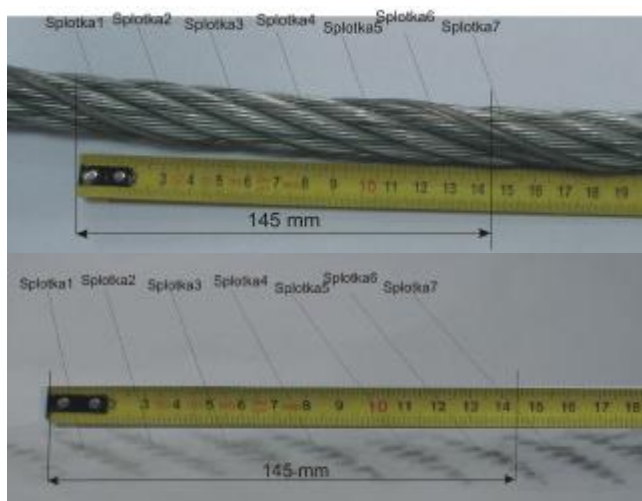
Drugim, podstawowym parametrem geometrycznym liny jest długość skoku zwicia splotek H [mm] (Rys. 4). Jest to długość skoku linii helisy, jaką zakreślają splotki po zwiciu w linę. Zwykle, zawiera się w przedziale 6÷8 wartości średnic nominalnych. Zachowanie stałego skoku zwicia splotek jest podstawową zasadą konstruowania lin o liniowym styku drutów w splotkach. Pozwala to na zwiększenie wytrzymałości zmęczeniowej w porównaniu do lin o punktowym styku drutów w splotkach.



Rys. 4 Teoretyczna interpretacja długości skoku zwicia liny [3]

Budowa lin splotowych sprawia, że dokładne zmierzenie długości skoku jest trudne i czasochłonne. Dlatego też, dla zmniejszenia niepewności pomiarowej, wykonuje się go na trzykrotnej długości skoku. Parametr ten mierzy się najczęściej za pomocą przymiaru liniowego, papieru, kredy, smaru lub grafitu lub innych materiałów wspomagających [5].

W rezultacie długość skoku liny to wynik podzielony przez tą wielokrotność. Odbywa się to najczęściej tylko w kilku wybranych miejscach na całej długości liny. Rysunek 5 obrazuje pomiar długości skoku liny 6-cio splotkowej wykonany bezpośrednio na linie oraz z użyciem odbitego na papierze obrazu powierzchni przy pomocy smaru i grafitu.



Rys. 5 Przykłady pomiaru długości skoku liny 6-cio splotkowej za pomocą liniału: Gdzie u góry – pomiar na linie, u dołu - pomiar przy użyciu odbitego obrazu powierzchni na papierze z zastosowaniem grafitu (na rysunkach przedstawiono pomiar długości 1-go skoku liny) [5]

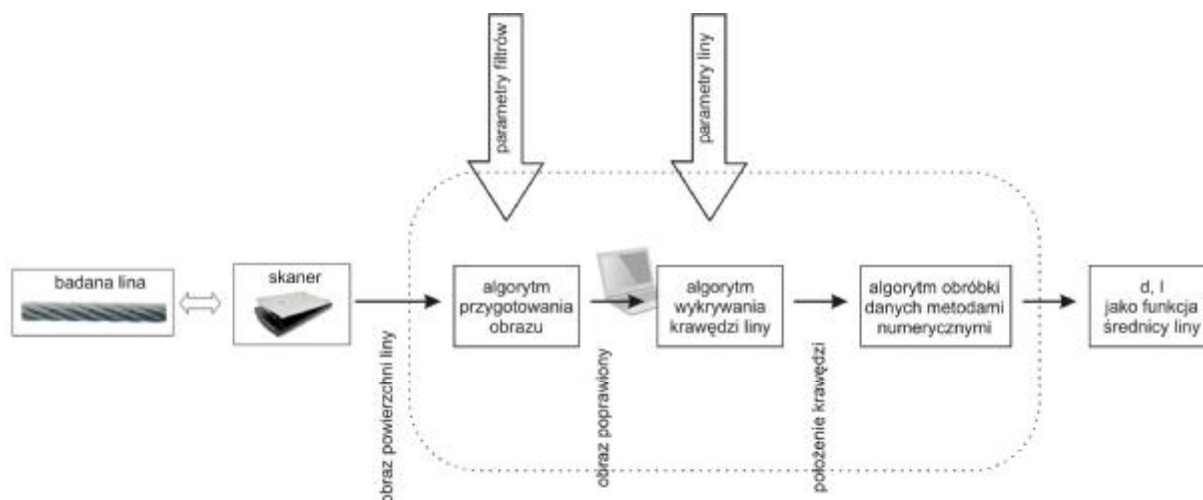
Nie ma w obecnej chwili dobrej i szybkiej metody do pomiaru średnicy liny i długości skoku w czasie eksploatacji w sposób ciągły. Zapewnienie ciągłego pomiaru średnicy liny i długości skoku potencjalnie pozwoliłoby na zwiększenie poziomu bezpieczeństwa eksploatacji lin, a także wyeliminowałoby część zagrożeń o charakterze katastroficznym w sytuacji, gdy na linie znajdują się niezidentyfikowane odcinki o wyraźnie pomniejszonej średnicy. Bardzo często w takich miejscach wewnętrzne warstwy liny, a zwłaszcza rdzeń są uszkodzone [6]. Ciągła rejestracja zmiany długości

skoku ma także bardzo duże znaczenie praktyczne, gdyż pozwala na szybkie zidentyfikowanie potencjalnych miejsc uszkodzeń wewnętrznych części liny powstających na skutek kręcenia się. Zmiana średnicy liny mają także istotny wpływ na urządzenia współpracujące z liną np. na warunki sprzężenia ciernego wprzęgła z liną, gdyż zmniejszenie średnicy liny powoduje spadek siły zacisku. Poziom tej siły ma istotny wpływ na bezpieczeństwo transportu pasażerów kolei linowych.

5. Opracowanie algorytmu obliczającego wartości parametrów geometrycznych liny

Zaprezentowany poniżej algorytm ukazuje przykładową metodykę działań zmierzających do uzyskania jak najbardziej dokładnych parametrów geometrycznych liny na podstawie obrazu jej powierzchni.

Na Rys. 6 przedstawiono schemat działania, przy którym wyniki analizy obrazu w celu uzyskania wartości średnicy są poprawne i wiarygodne [7].



Rys. 6 Schemat działania opracowanego algorytmu do określania wymiaru średnicy liny

Algorytm wykorzystuje obrazy zeskanowane powierzchni lin i zapisane w formacie *JPEG*, aczkolwiek może też wykorzystywać obrazy *BMP* i inne formaty. Kolejno wykonywane są etapy:

- a) przygotowanie obrazu,
- b) wykrywanie krawędzi,
- c) obróbka danych metodami numerycznymi.

6. Wyniki badań zeskanowanych obrazów powierzchni lin

Obrazy zapisane są w postaci 24-bitowej mapy kolorów, w formacie *JPEG*, w rozdzielczości 600 dpi.



Rys. 7 Lina nr 1

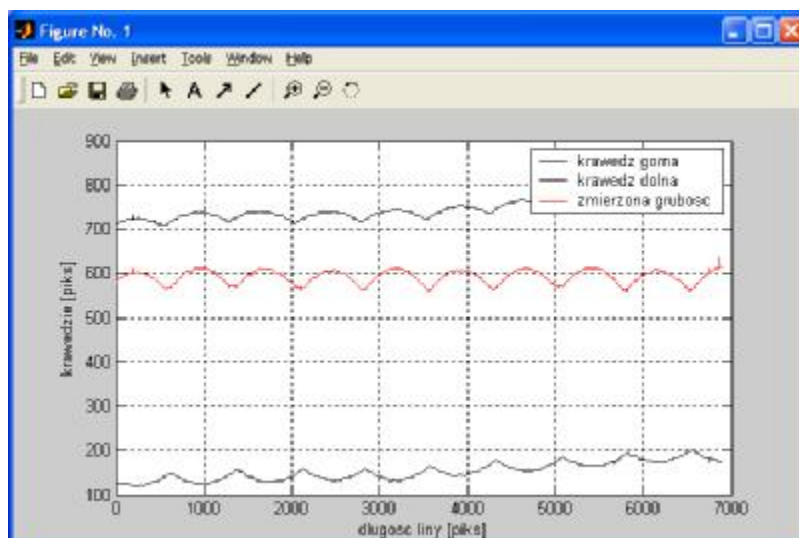


Rys. 8 Lina nr 2

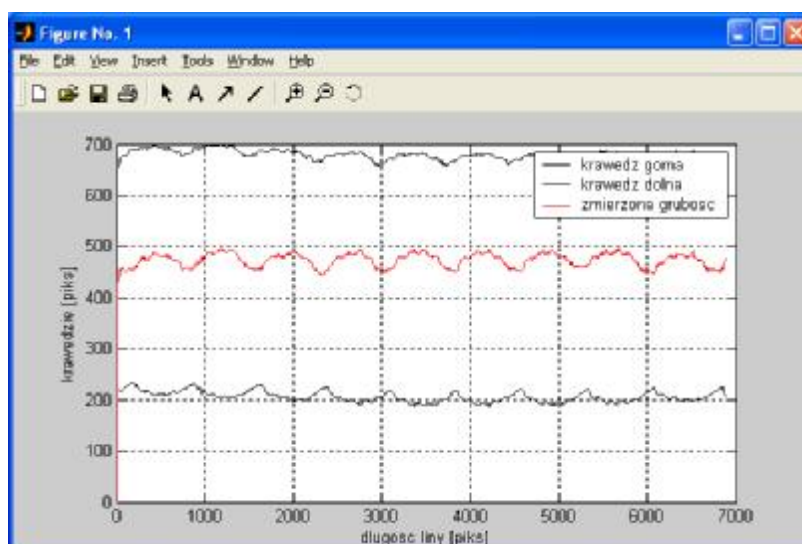


Rys. 9 Lina nr 3

Z wyników przeprowadzonych badań zeskanowanych obrazów powierzchni lin, poprzez użycie odpowiedniego algorytmu możemy wygenerować krawędzie linii i odczytać zarówno średnice linii jak i długość skoku linii.



Rys. 10 Otrzymany rozkład funkcji średnicy linii (obraz wykonany z odległości 3,3 mm od szyby skanera)



Rys. 11 Otrzymany rozkład funkcji średnicy linii (obraz wykonany z odległości 68,3 mm od szyby skanera)

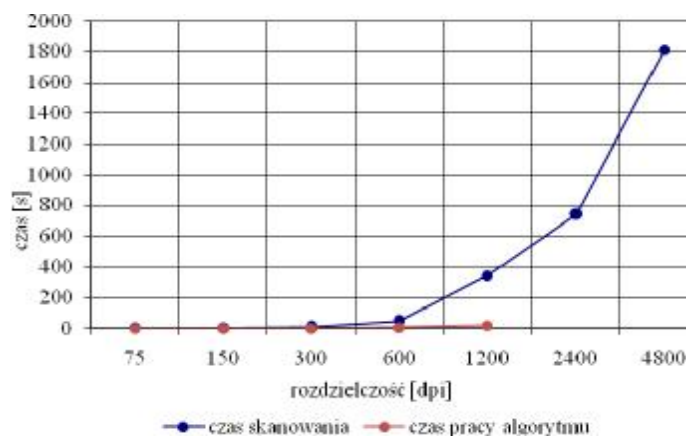
Zauważyć można, że wraz ze wzrostem odległości powierzchni linii od powierzchni skanera obraz staje się coraz bardziej nieczytelny. Maleje też jego kontrast. Znajduje to swoje odzwierciedlenie w wynikach pracy algorytmu obliczającego parametry geometryczne tak badanych lin. Wzrost odległości linii od skanera nie ma większego znaczenia na rozkład funkcji średnicy linii, jednak znacząco wpływa na otrzymane pomiary średnic. Najdokładniejsze pomiary uzyskuje się przy niewielkich odległościach.

Obecnie stosowane skanery pracujące w technologii 2D obecnie stosowane dają możliwość zmiany rozdzielczości skanowanego obrazu w granicach 75÷19200 dpi. Do próby badań wpływu rozdzielczości na uzyskane pomiary, posłużono się linią nr 1 (Rys. 8). Wraz ze zwiększaniem rozdzielczości, wzrastał czas skanowania oraz analizy obrazu opracowanym algorytmem, co potwierdzono na rysunku 12. Zmiana rozdzielczości nieznacznie tylko wpływała na otrzymane wyniki pomiarów parametrów geometrycznych linii (Tab. 1). Ograniczona pamięć robocza systemu *MATLAB* (w którym wykonano obliczenia) nie pozwoliła na analizę obrazu 2400 dpi.

Zwiększanie rozdzielczości skanowania staje się nieuzasadnione. Wielokrotnie zwiększa to czas badania, a uzyskane pomiary nie ulegają widocznej zmianie. Optymalna rozdzielczość tego typu analizy to 600 dpi.

Tab. 1 Przedstawienie rezultatów badań ze zmienną rozdzielczością skanowania

Rozdzielczość [dpi]	Czas skanowania [s]	Prędkość skanowania [mm/s]	Czas pracy algorytmu [s]	Uzyskana średnica [mm]	Obliczony skok [mm]
75	3,75	79,7	0,7	26,1	148
150	4	74	0,9	26,05	143
300	11,1	26,9	1,7	26,05	145
600	49,3	6,1	4,9	25,9	156
1200	340	0,879	18	26,3	146
2400	742	0,409	-	-	-
4800	1807	0,165	-	-	-



Rys. 12 Czas potrzebny na zeskanowanie obrazu i jego obróbkę w funkcji rozdzielczości

7. Podsumowanie

Ciągły pomiar średnicy i długości skoku linii to dwa potencjalne sygnały diagnostyczne pozwalające na ocenę stanu linii stalowych.

Wprowadzenie technologii ciągłego pomiaru skoku i średnicy linii jest możliwe poprzez zastosowanie technik skanowania powierzchni linii.

Na dokładność wyznaczenia parametrów geometrycznych linii metodą skanowania 2D zasadniczo wpływa rozdzielczość skanera.

Uzyskane wyniki pokazują przydatność metody optycznej do oceny wymiarów geometrycznych linii w celu oceny ich stanu.

Literatura:

- [1] Hellier Ch. J.: Handbook of Nondestructive Evaluation.(2001) Boston The Mc Graw-Hill Companies
- [2] Katalog firmy CASAR: Wire Rope Inspection and Examination. (2005) Kirkel, Casar
- [3] Katalog firmy FATZER.: Wire rope technology 2001, Romanshorn, Fatzer AG
- [4] Lewińska-Romicka A.: Badania nieniszczące (2001) Warszawa, Wydawnictwo NT
- [5] Olszyna G., Tytko A.: Ocena stanu linii stalowych na podstawie pomiaru średnicy i długości skoku. (2009), Warszawa, Dozór Techniczny ;1/2009.
- [6] Nowacki J., Olszyna G., Tytko A.: Ocena linii stalowych metodami wizualnymi – ograniczenia metod tradycyjnych i nowe możliwości (2008) IV Międzynarodowa Konferencja - Bezpieczeństwo pracy urządzeń transportowych w górnictwie; Ustroń s. 276-280.
- [7] Nowacki J., Olszyna G., Tytko A., Wojnar E., Zawada K.: Zgłoszenie patentowe P-387 361 Urządzenie do ciągłego pomiaru średnicy i długości skoku splotu linii stalowych (2009)
- [8] Tytko A.: Eksploatacja linii stalowych (2003) Katowice, Wydawnictwo Śląsk

Recenzia/Review: Ing. Stanislav Kropuch, PhD.