

Stanisław MROZIŃSKI

e-mail: Stanislaw.Mrozinski@utp.edu.pl

Laboratorium Badań Materiałów i Konstrukcji, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Ocena stopnia uszkodzenia lin stalowych na podstawie analizy ich wymiarów

Wprowadzenie

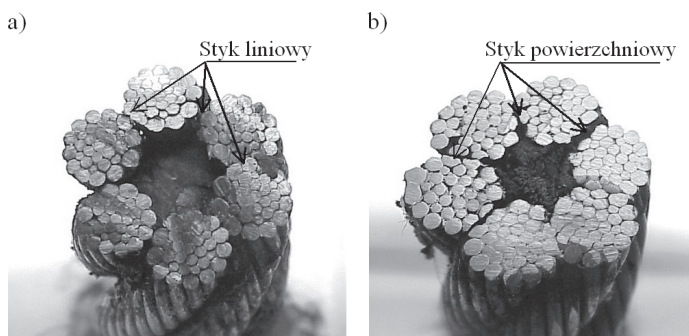
Zmęczenie materiału można zaliczyć do głównych powodów zużycia lin stalowych wykorzystywanych w różnego rodzaju urządzeniach transportowych. Proces zmęczenia prowadzi przede wszystkim do obniżenia wytrzymałości liny na zerwanie. Z tego względu niezbędne są okresowe wymiany tych elementów. Kryteria decydujące o wymianie mogą być bardzo różne [1]. Najczęściej bazują one na widocznych skutkach zużycia zmęczeniowego objawiającego się widocznymi pęknięciami pojedynczych drutów. Jednak w wielu przypadkach we współcześnie produkowanych linach nie są widoczne typowe symptomy zmęczenia. Konieczne są wówczas inne kryteria oceny. Jedno z kryteriów wymiany liny bazuje na wynikach badań nieniszczących. Do nowoczesnych metod badań nieniszczących można zaliczyć np. metody defektoskopowe [2]. Ze względu na konieczność użycia specjalistycznej aparatury i wynikający z tego wysoki koszt tych badań nie są one jednak powszechnie stosowane.

Metodą uzupełniającą metody wizualne oraz nieniszczące jest metoda polegająca na lokalnym pomiarze parametrów geometrycznych liny (np. średnicy i długości skoku liny). Według producentów lin graniczne wartości wymiarów charakterystycznych liny mogą stanowić kryterium wymiany liny.

Celem prezentowanej pracy jest doświadczalna weryfikacja metody oceny stopnia uszkodzenia liny polegającej na pomiarze jej wymiarów charakterystycznych. Metodę tę poddano weryfikacji wykonując pomiary podstawowych wymiarów liny oraz przeprowadzając badania wytrzymałościowe lin nowych oraz lin zakwalifikowanych do wymiany.

Opis badań

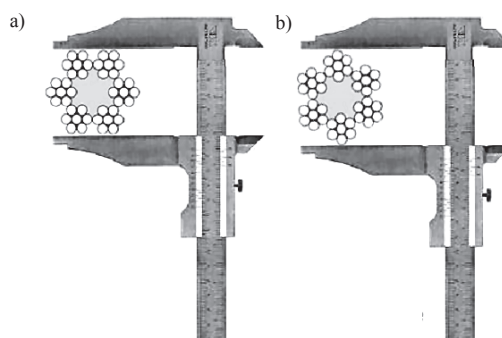
Przedmiotem badań była lina stalowa o konstrukcji 6x31WS. Lina posiada trzy warstwy drutów zwijanych w jednej operacji. W linie nowej (Rys. 1a) występuje punktowo-liniowy styk drutów w spłotkach. W celu porównania odcinki próbne pobrano z liny nowej oraz używanej. Długość odcinków próbnych wynosiła 700 mm. Próbkę liny do badań przygotowano zgodnie z normą [4]. Widok przekrojów lin przygotowanych do badań pokazano na rys. 1.



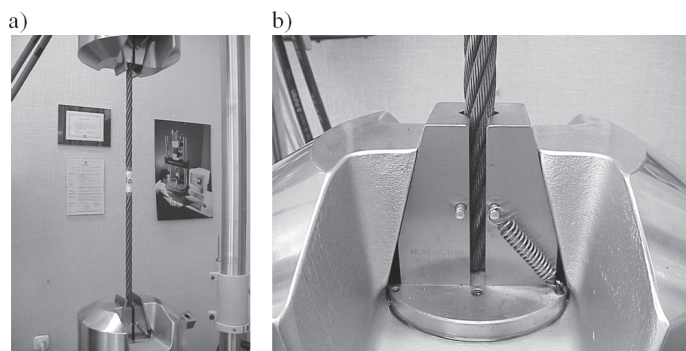
Rys. 1. Widok przekrojów obiektów badań: a) lina nowa, b) lina używana

Oględziny przekrojów poprzecznych lin wykazały, że na skutek eksploatacji liny zmianie uległ charakter współpracy żył liny. W linie nowej występował styk punktowo liniowy (Rys. 1a) natomiast w linie zakwalifikowanej do wymiany styk ma charakter powierzchniowy (Rys. 1b). Konsekwencją zmiany charakteru współpracy żył są zmiany wymiarów

charakterystycznych liny. Badania wytrzymałościowe zostały przeprowadzone pomiarem podstawowych wielkości geometrycznych liny. Pomiarowi podlegały: średnice liny (minimalna d_{\min} i maksymalna d_{\max}) oraz skok liny. Sposób pomiaru średnic liny pokazano na rys. 2.

Rys. 2. Pomiar średnicy liny: a) minimalnej d_{\min} , b) maksymalnej d_{\max}

Badania wytrzymałościowe przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej INSTRON 8502. Liny mocowano w hydraulicznych uchwytach z regulowaną siłą zacisku liny (Rys. 3).



Rys. 3. Badania lin: a) widok stanowiska, b) sposób mocowania liny

Elementami zaciskowymi w uchwytach były klinowe wkładki. Warunki prób wytrzymałościowych przyjęto zgodnie z wytycznymi określonymi w normie [4]. Widok liny przygotowanej do badań pokazano na rysunku 3. Podczas badań rejestrowano chwilowe wartości siły obciążającej linę oraz jej wydłużenie. Próby wytrzymałościowe prowadzono do chwili zerwania całej liny lub pojedynczych żył.

Wyniki badań

Uzyskane wyniki pomiarów wymiarów charakterystycznych liny poddano szczegółowej analizie. W celu oceny ilościowej wpływu okresu eksploatacji na cechy geometryczne liny wprowadzono współczynniki zmian wymiarów: $\delta_{d_{\max}}$ – dla średnicy maksymalnej, $\delta_{d_{\min}}$ – dla średnicy minimalnej oraz δ_s – dla skoku liny. Przykładowo wartości współczynnika zmian średnicy maksymalnej $\delta_{d_{\max}}$ wyrażono zależnością:

$$\delta_{d_{\max}} = \left(\frac{d_{\max(a)} - d_{\max(b)}}{d_{\max(a)}} \right) 100\% \quad (1)$$

gdzie:

$d_{\max(a)}$ – średnica maksymalna liny nowej,

$d_{\max(b)}$ – średnica maksymalna liny eksploatowanej.

Wyniki pomiarów odpowiednich średnic oraz wartości współczynników ilustrujących ich zmiany na skutek eksploatacji zestawiono w tab. 1.

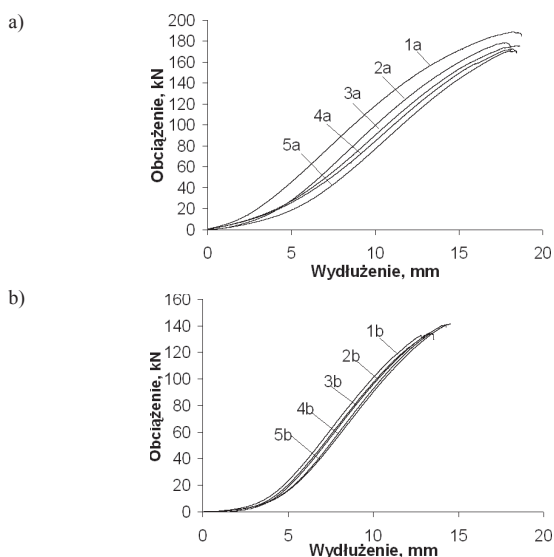
Tab. 1. Wyniki pomiarów cech geometrycznych liny

Lp	Wymiar	Rodzaj liny		$\delta_{d_{\max}}, \delta_{d_{\min}}, \delta_s$, [%]
		Lina nowa	Lina używana	
1	Średnica d_{\max}	18,43	16,04	12,98
2	Średnica d_{\min}	17,39	15,03	13,61
3	Skok S liny	109,67	116,67	6,00

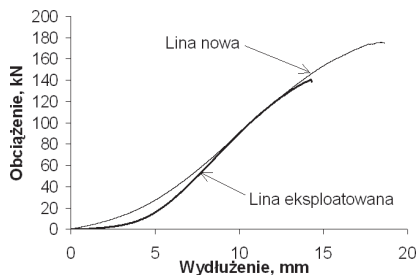
Na podstawie analizy wyników pomiarów można stwierdzić, że okres eksploatacji spowodował istotne zmniejszenie średnic liny.

Powyższe dotyczy zarówno średnicy maksymalnej d_{\max} oraz minimalnej d_{\min} . W obydwu przypadkach wielkość zmniejszenia wymiaru średnicowego jest podobna i wynosi około 13%. Zmniejszeniu wymiarów średnicowych liny eksploatowanej towarzyszy również około 6% wzrost skoku liny.

Wyniki badań uzyskane podczas prób rozciągania odcinków liny nowej oraz używanej pokazano na rys. 4 w formie wykresów rozciągania w układzie współrzędnych siła obciążająca – wydłużenie liny. W celu porównania wyników badań uzyskanych dla dwóch obiektów na rys. 5 pokazano dla przykładu dwa wykresy obciążania uzyskane dla liny nowej oraz zakwalifikowanej do wymiany.



Rys. 4. Wykresy rozciągania: a) lin nowych, b) lin po okresie eksploatacji



Rys. 5. Położenie wykresów rozciągania liny nowej oraz używanej

Na podstawie analizy wyników badań uzyskanych dla lin nowych oraz używanych można stwierdzić, że cechuje je istotne zróżnicowanie. Dotyczy ono zarówno wartości siły zrywającej liny jak również wydłużenia liny do chwili zerwania. Do oceny ilościowej wpływu okresu eksploatacji na wartości siły zrywającej i wydłużenie wprowadzo-

no współczynniki zmian tych parametrów tj. δ_F oraz $\delta_{\Delta l}$. Przykładowo wartość współczynnika obniżenia wytrzymałości obliczano z równania o postaci:

$$\delta_F = \left(\frac{F_{(a)} - F_{(b)}}{F_{(a)}} \right) 100\% \quad (2)$$

gdzie:

$F_{(a)}$ – średnia siła zrywająca linę nową,

$F_{(b)}$ – średnia siła zrywająca linę zakwalifikowaną do wymiany.

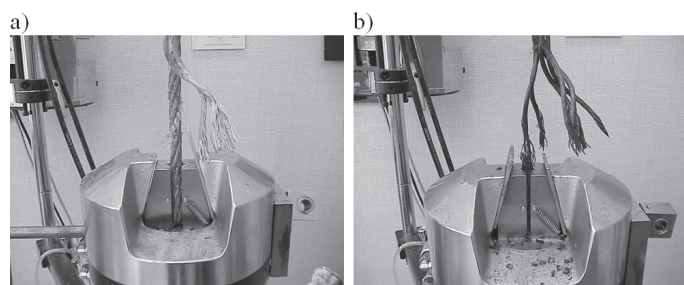
Wartości średnie sił zerwania F , wydłużenia Δl oraz wartości współczynników δ_F i $\delta_{\Delta l}$ dla liny nowej i używanej zestawiono w tab. 2.

Tab. 2. Zestawienie wyników badań wytrzymałościowych lin

Lp.	Parametr	Rodzaj liny		$\delta_F, \delta_{\Delta l}$, [%]
		Lina nowa	Lina używana	
1	Wydłużenie Δl , [mm]	18,46	13,88	24,83
2	Siła zrywająca F , [kN]	177,34	136,72	22,91

Na podstawie wyników badań wytrzymałościowych można stwierdzić, że linę zakwalifikowaną do wymiany charakteryzuje istotne obniżenie siły zrywającej. Jest ona około 22% niższa w stosunku do siły zrywającej linę nową. Dodatkowo zerwanie liny eksploatowanej następuje przy wydłużeniu około 25% mniejszym od wydłużenia liny nowej.

Wszystkie badane liny uległy zerwaniu w obszarze swobodnej części znajdującej pomiędzy uchwytami. Na rys. 6 pokazano przykładowe postaci uszkodzenia badanych lin. Cechą charakterystyczną uszkodzeń lin nowych był fakt zerwania jednej lub dwu żył znajdujących się w zwicie (Rys. 6a). W przypadku lin eksploatowanych zerwaniu ulegały najczęściej wszystkie żyły (Rys. 6b).



Rys. 6. Postać uszkodzeń badanych lin: a) liny nowej, b) liny używanej

Podsumowanie

Podczas badań stwierdzono, że wraz ze stopniem uszkodzenia liny obniżeniu ulega siła zrywająca linę. Obniżeniu siły zrywającej towarzyszy zmiana wymiarów charakterystycznych liny.

Uzyskane wyniki badań świadczą o możliwości oceny stanu liny poprzez monitorowanie jej charakterystycznych wymiarów.

Wprowadzenie wskaźników zużycia odniesionych do zmian wymiarów liny może przyczynić się do wzrostu bezpieczeństwa eksploatacji urządzeń transportu linowego, jak również samych kosztów eksploatacyjnych.

Określenie wartości granicznych wymiarów charakterystycznych kwalifikujących liny do wymiany wymaga przeprowadzenia dalszych szczegółowych badań eksperymentalnych.

LITERATURA

- [1] G. Olszyna, A. Tytko: Dozór Techniczny, nr 1, 21 (2009).
- [2] A. Tytko: Eksploatacja lin stalowych, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 2003.
- [3] Ch. J. Hellier: Handbook of Nondestructive Evaluation. The McGraw-Hill Companies. Boston 2001.
- [4] PN-ISO 3108 Liny stalowe ogólnego przeznaczenia. Określanie rzeczywistej wartości obciążenia niszczonego.