

ALFRED CARBOGNO

BADANIA ZMĘCZENIOWE LIN STALOWYCH O ŚREDNICY 10 DO 25 mm
NA MASZYNIE ZMĘCZENIOWEJ DO LIN TYPU P

Streszczenie. W artykule omówiono sposób przeprowadzenia badań zmęczeniowych lin stalowych za pomocą specjalnych maszyn zmęczeniowych znajdujących się w laboratorium Katedry Mechanizacji Górnictwa. Podano wyniki badań lin różnych konstrukcji i średnic oraz wnioski.

1. Wstęp

Liny stalowe stanowią zasadniczy element licznych urządzeń transportowych. Zużycie ich wiąże się ściśle z rozwojem przemysłowania kraju, rozbudową urządzeń wyciągowych osobowych i towarowych w budownictwie, w transporcie wewnątrzzakładowym, w kopalniach, portach oraz turystyce. Konieczność zmniejszenia zużycia lin stalowych jest oczywista, do ich produkcji używa się wysokich gatunków stali, a proces fabrykacji samej liny jest złożony i kosztowny, dlatego dąży się do maksymalnego udoskonalenia konstrukcji lin oraz zwiększenia ich żywotności. Żywotność lin stalowych w warunkach laboratoryjnych można określić na podstawie badań zmęczeniowych.

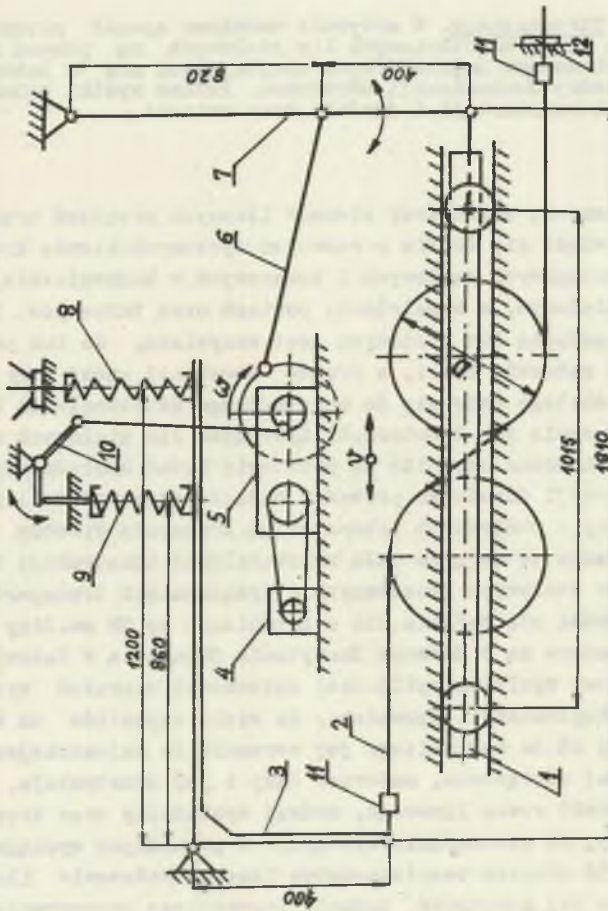
Katedra Mechanizacji Górnictwa prowadzi badania zmęczeniowe lin stalowych przy współpracy z Centralnym Laboratorium Przemysłu Wyrobów Metalowych w Zabrze. Badania te mają na celu udoskonalenie konstrukcji i technologii produkcji lin stalowych stosowanych w urządzeniach transportowych.

W Katedrze prowadzi się badania lin o średnicach do 28 mm. Liny o większych średnicach badane są w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach.

Zmęczenie lin jest wynikiem cyklicznej zmienności naprężeń występujących podczas ich eksploatacji. Zauważono, że wiele czynników ma wpływ na ilość przegięć liny aż do całkowitego jej zerwania. Do najważniejszych możemy zaliczyć rodzaj obciążenia, materiał liny i jej konstrukcja, promień zginania liny, kształt rowka linowego, rodzaj wykładziny oraz kręcenie się liny w czasie pracy, co szczególnie występuje w górniczych wyciągach szynowych. Aby określić stopień bezpieczeństwa liny na podstawie ilości pękniętych drutów oraz jej żywotność, badania zmęczeniowe przeprowadza się w warunkach zbliżonych do rzeczywistości.

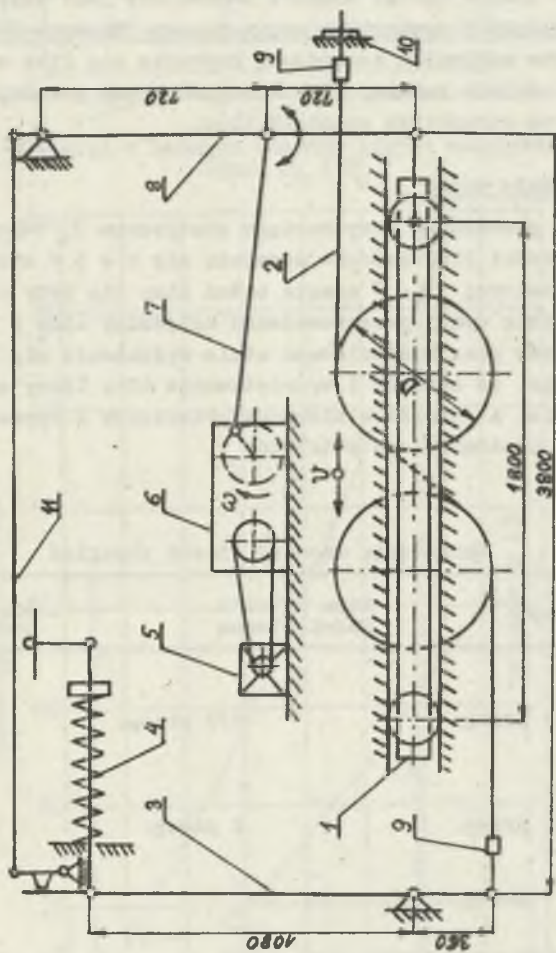
2. Urządzenia do zmęczeniowego badania lin stalowych

Badania przeprowadzono na maszynach zmęczeniowych typu P, których schematy kinematyczne pokazano na rys. 1 i 2. W urządzeniach tych można uzyskać zmienne naprężenia wzdłużne, zmienne momenty zginające, zmienne naciski poprzeczne w rowkach kół linowych. Maszyny te służą do badania zmęcze-



Rys. 1. Schemat urządzenia do zmoczeniowego badania lin typu P-2

1 - wózek, 2 - lina, 3 - dźwignia trójkątna, 4 - silnik, 5 - przekładnia, 6 - łożysko, 7 - wabecznik, 8 - sprężyna napinająca, 9 - sprężyna pulsująca, 10 - urządzenie pulsujące, 11 - uchwyty, 12 - urządzenie napinające



Rys. 2. Schemat urządzenia do zmęczeniowego badania lin typu P-3

1 - wózek, 2 - lin, 3 - wsobacz przedni, 4 - sprężyna napinająca, 5 - silnik, 6 - przekładnia, 7 - łącznik, 8 - wsobacz tylny, 9 - urządzenie obracające linę, 10 - napinacz, 11 - urządzenie pulsujące

niowego lin przez zginanie. Średnice kół zginających dobiera się w zależności od średnicy badanej liny. Urządzenie pokazane na rys. 1 wykonuje 34 cykle zmęczeniowe na minutę, a na rys. 2 31 cykli zmęczeniowych na minutę. Oprócz stałego obciążenia siłą rozciągającą linę P_g w obu maszynach można uzyskać dodatkowe obciążenie pulsujące. Naciąg statyczny uzyskuje się za pomocą wyskalowanej sprężyny. W czasie badania lina wydłuża się, co powoduje zmniejszenie się naciągu statycznego. Zachowanie praktycznie stałego naciągu w czasie całego badania zapewnione jest dzięki stałej kontroli ugięcia sprężyny i mechanizmu napinającego. Maszyna P-3 posiada dodatkowo z dwu stron mechanizm powodujący kręcenie się liny w czasie badań. Obracanie się odcinka badanej liny w czasie pracy powoduje równomierne zmęczenie drutów we wszystkich splotach liny.

3. Przeprowadzenie badań

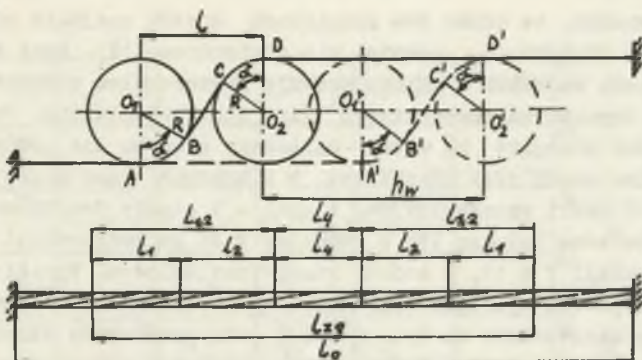
Badania lin prowadzono przy naciągu statycznym P_g odpowiadającym współczynnikowi pewności liny przeciw zerwaniu się $n = 5$ w stosunku do wytrzymałości obliczeniowej P_0 . W czasie badań liny nie były chłodzone. Co pewną ustaloną liczbę cykli przeprowadzano oględziny liny i notowano ilość pękniętych drutów oraz kontrolowano stale wydłużenie się liny. Przyjmując według Woernlego, że zgięcie i wyprostowanie liny liczy się umownie jako pełne przegięcie, a zgięcie w kierunku przeciwnym i wyprostowanie jako dwa przegięcia, co przedstawiono w tabelicy 1.

Tabelica 1

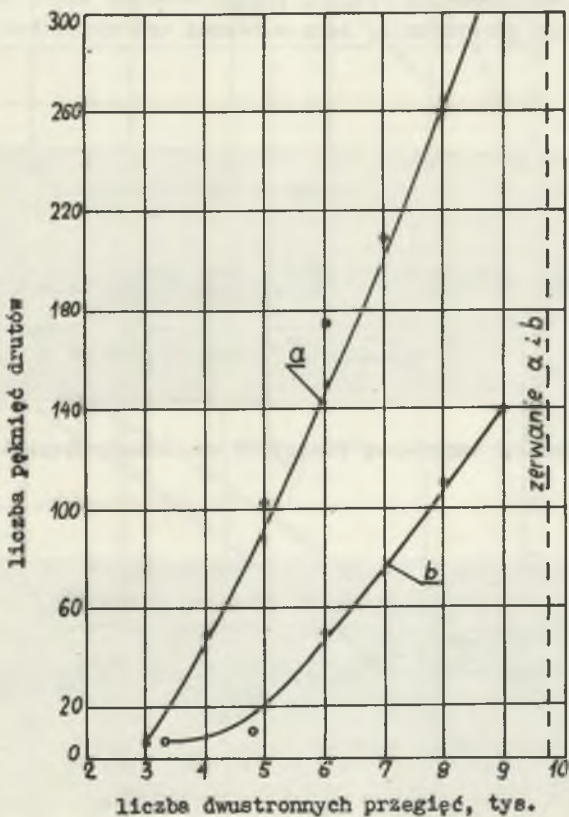
Określenie umownej liczby przegięć

| Lina Koepe | Lina bębnowa nadsiębierna | Lina bębnowa podsiębierna |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 przeg. | 1/2 przeg. | 1/2 przeg. |
| 2 przeg. | 1 przeg. | 2 przeg. |
| 1 przeg. | | |
| razem 4 przegięcia | razem 1 i 1/2 przeg. | razem 2 i 1/2 przeg. |

Odcinek badanej liny w maszynie zmęczeniowej typu P podlega następującym ilościom gięć w zależności od rozstawu kół zginających rys. 3, odcinek L_4 - 4 umowne przegięcia podczas każdego cyklu zmęczeniowego (2 przegięcia w kierunkach przeciwnych) L_2 - 2 przegięcia, L_1 - 1 przegięcie [1,2]



Rys. 3. Rozkład przegięć w badanym odcinku liny w maszynach zmęczeniowych typu P₂ i P₃



Rys. 4. Wykresy narastania liczby pęknięć drutów aż do zerwania w linach przeciwzwitych, okrągłosplotowych \varnothing 18 mm. Warunki badań $D/d = 28$, $n = 5$
 a - lina konstrukcji 7x19, b - lina konstrukcji 6x19 + R₀

Z badań wynika, że około 90% pękniętych drutów znajduje się na odcinku L_4 , a na odcinku L_1 pęknięć nie stwierdzono [2]. Taki rozkład pęknięć odpowiada warunkom w jakich pracują poszczególne odcinki i wskazuje, że głównym czynnikiem zmęczeniowym liny jest przeginięcie. Ponieważ obliczanie ilości przegięć wg wyżej opisanego sposobu dla różnych rozstawów osi kół zginających jest kłopotliwe, w tablicach jako miarę czasu pracy podano ilość cykli zmęczeniowych, 1 cykl - 1 gięcie dwustronne.

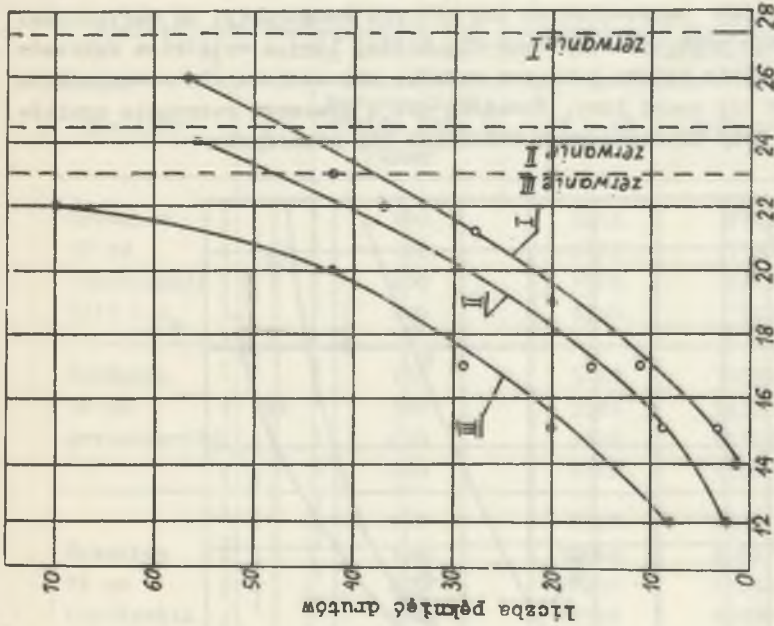
Przeprowadzono badania lin o średnicy \varnothing 18 mm konstrukcji 6 x 19 + R_0 oraz konstrukcji 7 x 19, w której rdzeń jest splotem. Wyniki badań przedstawiono za pomocą wykresów rys. 4. Widok odcinków po badaniach powyższych lin przedstawiono na rys. 5 i 6. W celu porównania własności lin tej samej konstrukcji, lecz o innym rodzaju rdzenia, przeprowadzono badania lin o średnicy \varnothing 13 mm konstrukcji 6 x 19, o wytrzymałości drutu na rozrywanie $R_m = 170 \text{ kg/mm}^2$, obliczeniowej sile zrywającej $P_0 = 10700 \text{ kg}$. Wyniki badań przedstawiono na rys. 7. Przeprowadzono także badania porównawcze lin tej samej konstrukcji, lecz o różnej wytrzymałości drutów na zrywanie R_m .



Rys. 5. Odcinek zmęczonej liny \varnothing 18 mm, konstrukcji 6x19 + R_0



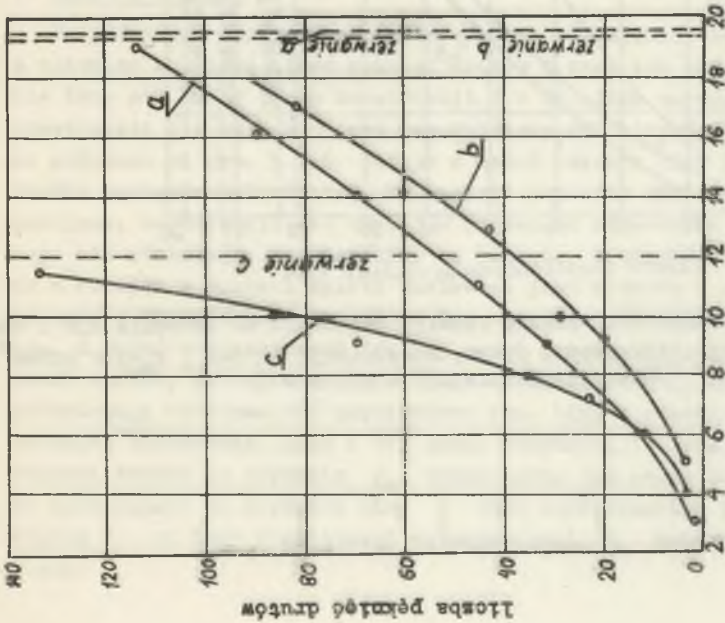
Rys. 6. Odcinek zmęczonej liny \varnothing 18 mm, konstrukcji 7 x 19



liczba dwustronnych przęciń, tys.

Rys. 8. Wykresy narastania liczby pęknięć drutów aż do zerwania dla 3 odcinków liny okrągłopłotewej ϕ 25 mm, konstrukcji 6x19 + A₀; R_m = 190 kg/mm².

Warunki badania D/d = 29, n = 5

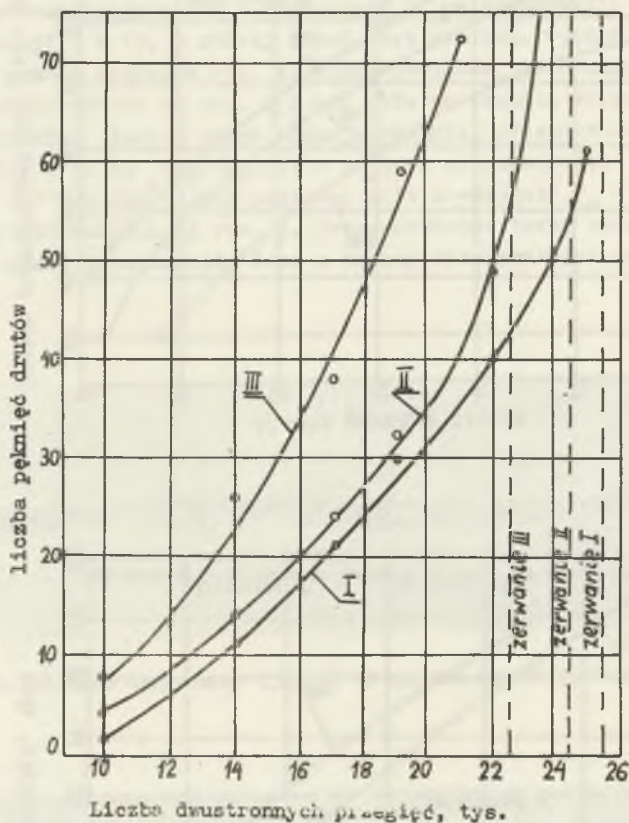


liczba dwustronnych przęciń, tys.

Rys. 7. Wykresy narastania liczby pęknięć drutów aż do zerwania w linach okrągłopłotowych ϕ 13 mm, konstrukcji 6x19 + A₀; R_m = kg/mm². Warunki badań D/d = 30, n = 5

a - lina z rdzeniem konopnym, b - lina z rdzeniem sialowym, c - lina z rdzeniem stylonowym

Wyniki zebrano w tablicy 2 oraz przedstawiono na rys. 8 i 9. Przedstawione wyniki badań zmęczeniowych lin różnych konstrukcji są wartościami średnimi z trzech prób zmęczeniowych dla każdej liny z wyjątkiem wykresów rysunek 8 i 9 gdzie celowo pokazano wykresy zmęczeniowe dla wszystkich trzech odcinków tej samej liny. Świadczą one o znacznym rozrzucie wyników jaki występuje przy zmęczeniowych badaniach lin stalowych.



Rys. 9. Wykresy narastania liczby pęknięć drutów aż do zerwania dla 3 odcinków liny okrągłosplotowej $\varnothing 25$ mm, konstrukcji 6x19+A₀, $R_m=210$ kg/mm².
Warunki badania $D/d = 29$, $n = 5$

Tablica 2

Wyniki badań zmęczeniowych lin o współczynnik pewności badanych lin
 P_s - naciąg statyczny liny, Δl - wydłużenie liny

| Typ liny | $\frac{D}{d}$ | Wytrzymałość drutów liny R_m , kG/mm ² | P_s , kG | Ilość cykli | l , mm |
|---|---------------|--|------------|-------------|----------|
| Średnica 10 mm konstrukcja 6x19 + A ₀ | 30 | 160 | 1264 | 5743 | 11 |
| | | 180 | 1422 | 7130 | 10 |
| | | 200 | 1580 | 6413 | 8 |
| | | 220 | 1740 | 7119 | 6 |
| Średnica 16 mm przeciwzwita | 30 | 160 | 3120 | 18093 | 45 |
| | | 180 | 3520 | 14338 | 43 |
| | | 200 | 3920 | 12995 | 35 |
| | | 220 | 4320 | 10688 | 34 |
| Średnica 26 mm współzwita | | 160 | 8940 | 24612 | 61 |
| | | 180 | 10060 | 20851 | 66 |
| | | 200 | 12200 | 19094 | 71 |
| | | 220 | 12320 | 16009 | 72 |

7. Analiza wyników

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że w liniach \emptyset 18mm z rdzeniem konopnym ilość pęknięć drutów i czas ich narastania jest zupełnie inny niż lin \emptyset 18 mm konstrukcji 7 x 19. Złom zmęczeniowy lin \emptyset 18 konstrukcji 6 x 19 + R₀ jest łagodniejszy niż liny \emptyset 18 konstrukcji 7x19, co pokazano na rys. 5 i 6. Jednym z zadań rdzenia liny jest przejęcie na siebie nacisków splotów tak, by naciski pomiędzy splotami były jak najmniejsze, co uzyskuje się lepiej w przypadku stosowania rdzenia organicznego niż stalowego, potwierdziły to badania. Wytrzymałość na zrywanie liny o rdzeniu w postaci splotu stalowego jest większa w porównaniu z tą samą liną o rdzeniu konopnym, lecz jej wytrzymałość zmęczeniowa znacznie gorsza. Z badań zmęczeniowych lin tej samej konstrukcji, lecz o różnych rdzeniach wynika, że najkorzystniej jest stosować rdzenie organiczne, które podwyższają wytrzymałość zmęczeniową lin. Liny z rdzeniami organicznymi są bardziej elastyczne. Liny o tej samej konstrukcji, lecz o wyższej wytrzymałości drutów na zrywanie R_m , badane przy tym samym stosunku średnicy koła zginającego do średnicy liny $\frac{D}{d}$ oraz współczynnika pewności przed zerwaniem η co liny o mniejszej wytrzymałości R_m wykazują krótszy okres pracy.

LITERATURA

- [1] Kowalczyk J., Hankus J.: Trwałość zmęczeniowa górniczych lin wyciągowych o średnicy 20 do 40 mm - Komunikat GIG nr 399.
- [2] Ustroje ciągnowe w górnictwie - Sympozjum naukowe - referat GIG, Katowice 1967.
- [3] Badania zmęczeniowe lin stalowych - Materiały nieopublikowane Katedry Mechanizacji Górnictwa Gliwice, 1969.

УСТАЛОСТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ
ДУАМЕТРОМ 10-25 мм НА УСТАЛОСТНОМ МАШИНЕ ТИПА П

Р е з ю м е

В статье описывается способ проведения усталостных исследований на специальных машинах кафедры Торной Механизации. В статье описывается результаты испытания канатов разных конструкций.

FATIGUE - TESTING METHOD FOR WIRE ROPES OF 10 TO 25 mm DIAMETER
ON A FATIGUE TESTER TYPE P

S u m m a r y

In the paper fatigue - testing method for ropes on an special fatigue - testing device P was discussed.

