

STANISŁAW MIKUŁA
INSTYTUT MECHANIZACJI GÓRNICCTWA
POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ
GLIWICE

KONSTRUKCYJNE I TECHNOLOGICZNE METODY POPRAWY
TRWAŁOŚCI ROBOCZYCH CIĘGIEN ŁAŃCUCHOWYCH MASZYN
GÓRNICZYCH

W artykule dokonano przeglądu metod poprawy trwałości cięgien łańcuchowych stosowanych w zgrzeblowych przenośnikach urobku, strugach i kombajnach. Omówiono wyniki przeprowadzonych w Instytucie Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej badań nad wykorzystaniem nowych metod technologicznych polepszenia trwałości górniczych łańcuchów ogniowych, zamków i szybkozłączów.

1. Wprowadzenie

W zgrzeblowych przenośnikach urobku, kombajnach węglowych i strugach jako cięgna robocze powszechnie stosowane są łańcuchy ogniowe łączone specjalnymi elementami złącznymi.

Elementy cięgien łańcuchowych górniczych maszyn transportowych i urabiających narażone są na szczególnie intensywne oddziaływania eksploatacyjne; przenoszą wysokie obciążenia zmienne ze znacznymi przeciążeniami oraz narażone są na zużycie ściernie i korozję. Warunki te oraz funkcje, jakie pełnią cięgna łańcuchowe w układach napędowych maszyn górniczych, powodują, że charakterystyki trwałościowe i niezawodnościowe cięgien często decydują o niezawodności maszyn przodkowych.

Niezawodność cięgien łańcuchowych zdeterminowana jest charakterystykami zmęczeniowymi elementów cięgien. Trwałość zmęczeniowa elementów cięgien, określana w standaryzowanych warunkach, jest główną miarą jakości użytkowej cięgien górniczych, co znalazło wyraz w normach krajowych, normie RWPG oraz zaleceniach normalizacyjnych ISO.

Pęknięcia zmęczeniowe elementów cięgien łańcuchowych są przyczyną dużych strat postojowych maszyn ścianowych, powodują również znaczne zagrożenie dla obsługi. W szeregowej strukturze niezawodnościowej cięgien o ich jakości użytkowej decydują elementy o najniższych własnościach, jakimi są na obecnym etapie rozwoju elementy złączne /zamki i szybkozłącza/.

W Instytucie Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej prowadzone są prace badawcze nad poprawą własności użytkowych ciągów roboczych, zwłaszcza zaś nad poprawą trwałości zmęczeniowej elementów ciągów. Efektem tych prac jest opracowanie szeregu metod poprawy własności ciągów.

W niniejszym referacie przedstawiony zostanie skróty przegląd wybranych metod poprawy trwałości łańcuchów i elementów złącznych.

2. Poprawa trwałości ciągów łańcuchowych poprzez doskonalenie konstrukcji elementów

Cechy konstrukcyjne ogniw łańcuchów stosowanych w górnictwie mają istotny wpływ na ich trwałość eksploatacyjną. Zagadnienia te zostały omówione szerzej w pracach [3, 6, 8, 12]. Nawet przy przyjęciu obecnego stanu normalizacji odnośnie cech geometrycznych ogniw i elementów złącznych istnieją możliwości polepszenia trwałości aktualnie produkowanych ciągów górniczych środkami konstrukcyjnymi.

Szczególne uwagę należy zwrócić na ukształtowanie przejścia odcinka prostego ogniw na część zagiętą. Istotne znaczenie ma również dobór szerokości ogniw [6], jak też ukształtowanie zgrzeiny.

Jak wykazały badania doświadczalne, wysokie własności łańcuchów uzyskać można w wyniku zastosowania ogniw dwuzgrzeinowych [11]. Uzyskiwana w takiej konstrukcji symetria cech geometrycznych i symetria własności mechanicznych prowadzi do najkorzystniejszego, symetrycznego rozkładu naprężeń.

Proces zgrzewania ogniw dwuzgrzeinowych nie wywołuje niekorzystnych zjawisk, jakie występują przy aktualnie stosowanym zgrzewaniu ogniw jednozgrzeinowych metodą oporowo-iskrową z rewersją [2], pozwala również na uzyskanie lepszej powtarzalności podziałki [11] i wyższej trwałości zmęczeniowej [11].

Szczególne silnie ujawnia się wpływ cech konstrukcyjnych na trwałość eksploatacyjną elementów złącznych, takich jak zamki boczne przenośników zrzebłowych i szybkozłącza. Porównania trwałości szybkozłączy różnych konstrukcji dokonano w pracach [6, 8]. W pracy [8] przedstawiono opracowane i częściowo przebadane w IMG trzy nowe rozwiązania konstrukcyjne szybkozłączy o wysokich własnościach mechanicznych. Szczególnie korzystne własności wykazały szybkozłącza, w których podczas montażu wywoływany jest odpowiedni stan naprężeń własnych, zmniejszających maksymalne naprężenia eksploatacyjne [14].

Wpływ cech konstrukcyjnych na trwałość eksploatacyjną zamków przenośnikowych był przedmiotem badań doświadczalnych i analiz teoretycznych [6, 8, 13]. Wykazano wydatny wpływ ukształtowania elementów nośnych zamka na własności zmęczeniowe.

W oparciu o analizę teoretyczną i wyniki badań doświadczalnych zaproponowane zostało nowe rozwiązanie konstrukcyjne połączenia zrzebeł z ciągami łańcuchowymi przenośników górniczych [13, 15]. Rozwiązanie to, szcze-

gółowo opisane w pracy [8], wykazuje wiele zalet użytkowych, a przede wszystkim cechuje się zwiększoną trwałością zmęczeniową i łatwością montażu.

W przypadku łańcuchów większych rozmiarów, przeznaczonych do pracy w warunkach szczególnie wysokich obciążeń, uzasadnione wydaje się stosowanie łańcuchów z ogniwami wyposażonymi w poprzeczki, podobnie jak w łańcuchach kotwicznych.

3. Technologiczne możliwości poprawy trwałości elementów ciągów łańcuchowych maszyn górniczych

W Instytucie Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej opracowane zostały metody służące polepszeniu trwałości łańcuchów i elementów złącznych poprzez zastosowanie dodatkowych zabiegów technologicznych z uwzględnieniem masowego charakteru produkcji ciągów dla górnictwa. W pracy [12] przeprowadzono optymalizację parametrów obróbki cieplnej w warunkach fabrycznych określając optymalny przedział temperatury odpuszczania z punktu widzenia najkorzystniejszych własności użytkowych określonych normą.

Szczególnie korzystne efekty polepszenia trwałości łańcuchów, zamków i szybkozłączaczy można osiągnąć w wyniku zastosowania umocnienia tych elementów zgniotem powierzchniowym uzyskiwanym śrutowaniem stosowanym jako końcowy zabieg w procesie produkcyjnym.

W pracy [6] przeanalizowano teoretycznie skuteczność umocnienia zgniotowego elementów ciągów pracujących w warunkach zmęczenia niskocyklowego przy uwzględnieniu korozyjnego oddziaływania środowiska kopalnianego.

Wysoka skuteczność umocnienia zgniotem przez śrutowanie potwierdzona została szerokimi badaniami doświadczalnymi na gotowych łańcuchach, zamkach i szybkozłączaczach [6, 7, 8, 9].

Wyniki rozważań teoretycznych stanowiły podstawę zaproponowania nowego sposobu umacniania warstwy wierzchniej elementów ciągów [8, 10]. Sposób ten polega na wykonywaniu śrutowania ciągów przy równoczesnym poddawaniu go obciążeniu odpowiednio dobraną siłą rozciągającą [16]. W wyniku tak prowadzonego zabiegu uzyskuje się znacznie wyższą efektywność umocnienia zgniotem powierzchniowym wskutek wywołania w warstwie wierzchniej podczas śrutowania pod wstępnym napięciem naprężeń własnych, ściskających o większej wartości. Powoduje to znacznie wyższy wzrost trwałości zmęczeniowej, niż to ma miejsce przy śrutowaniu ciągów w stanie luznym. [8, 10].

Śrutowanie stanowi efektywny sposób poprawy trwałości zmęczeniowej i odporności na zużycie ścierne ciągów górniczych pracujących również w silnie korozyjnym środowisku wody kopalnianej [1, 8].

W przypadku oddziaływania na ciągnia robocze zasolonej wody kopalnianej bardzo korzystne jest stosowanie fosforanowych pokryć ochronnych. Szczególnie korzystne jest wówczas stosowanie najpierw śrutowania, a bezpośrednio po śrutowaniu-fosforanowanie łańcuchów [1].

Dla zamków przenośnikowych wydatny wzrost trwałości zmęczeniowej można uzyskać stosując po obróbce cieplnej zabieg wstępnego odkształcania łączników zamków [4, 5, 8].

W niebezpiecznych przekrojach zamków wstępnie odkształconych podczas ich montażu ze zgrzebłkami następuje wywołanie korzystnych naprężeń montażowych. Stan wstępnych naprężeń wpływa na zmniejszenie maksymalnych naprężeń występujących podczas eksploatacji. Dodatkowo występuje również umocnienie zgniotem nierównomiernym, jaki powstaje w wyniku trwałych odkształceń zamków w strefach o największym wytężeniu. W pracy [6, 8] określono optymalne parametry zabiegu wstępnego odkształcania zamków.

Szczególnie korzystne rezultaty poprawy trwałości zmęczeniowej zamków osiągnąć można, jeśli po opisanym zabiegu wstępnego odkształcania wykonane zostanie śrutowanie [6, 8].

Dla przemysłowego wykorzystania efektu wstępnego odkształcania zamków w warunkach wielkoseryjnej produkcji zaproponowano wykorzystanie specjalnych urządzeń, których koncepcje przedstawione zostały w pracach [6, 8]. Możliwe jest również stosowanie uproszczonego wariantu zabiegu, w tym również i na etapie eksploatacji ciągów łańcuchowych maszyn górniczych.

Koncepcje urządzeń realizujących śrutowanie ciągów w stanie wstępnego napięcia przedstawione zostały w pracy [8].

Na rys. 1 zestawione zostały w postaci wykresu słupkowego wyniki badań wybranych serii elementów ciągów łańcuchowych poddanych wspomnianym poprzednio zabiegom technologicznym polepszającym własności zmęczeniowe. Przedstawione wyniki badań dotyczą łańcuchów ogniowych wielkości $\phi 18 \times 64$ kl. C ze stali G25 HGNM, zamków bocznych $\phi 18 \times 64$ kutech matrycowo ze stali G 25 HGNM oraz szybkozłączy $\phi 18 \times 64$ ze stali 35 HGSA.

Wszystkie przedstawione wyniki badań uzyskane zostały przy znormalizowanych warunkach / $P_{\min} = 25$ kN, $P_{\max} = 127$ kN, $f = 8,3$ Hz, $t = 20$ °C/. Badania zmęczeniowe wykonane zostały przy użyciu pulsatora hydraulicznego typu ZD 100 Pu/A produkcji WPM Lipsk /NRD/. Szczegółowa metodyka badań oraz metodyka opracowania wyników opisana została w pracy [8].

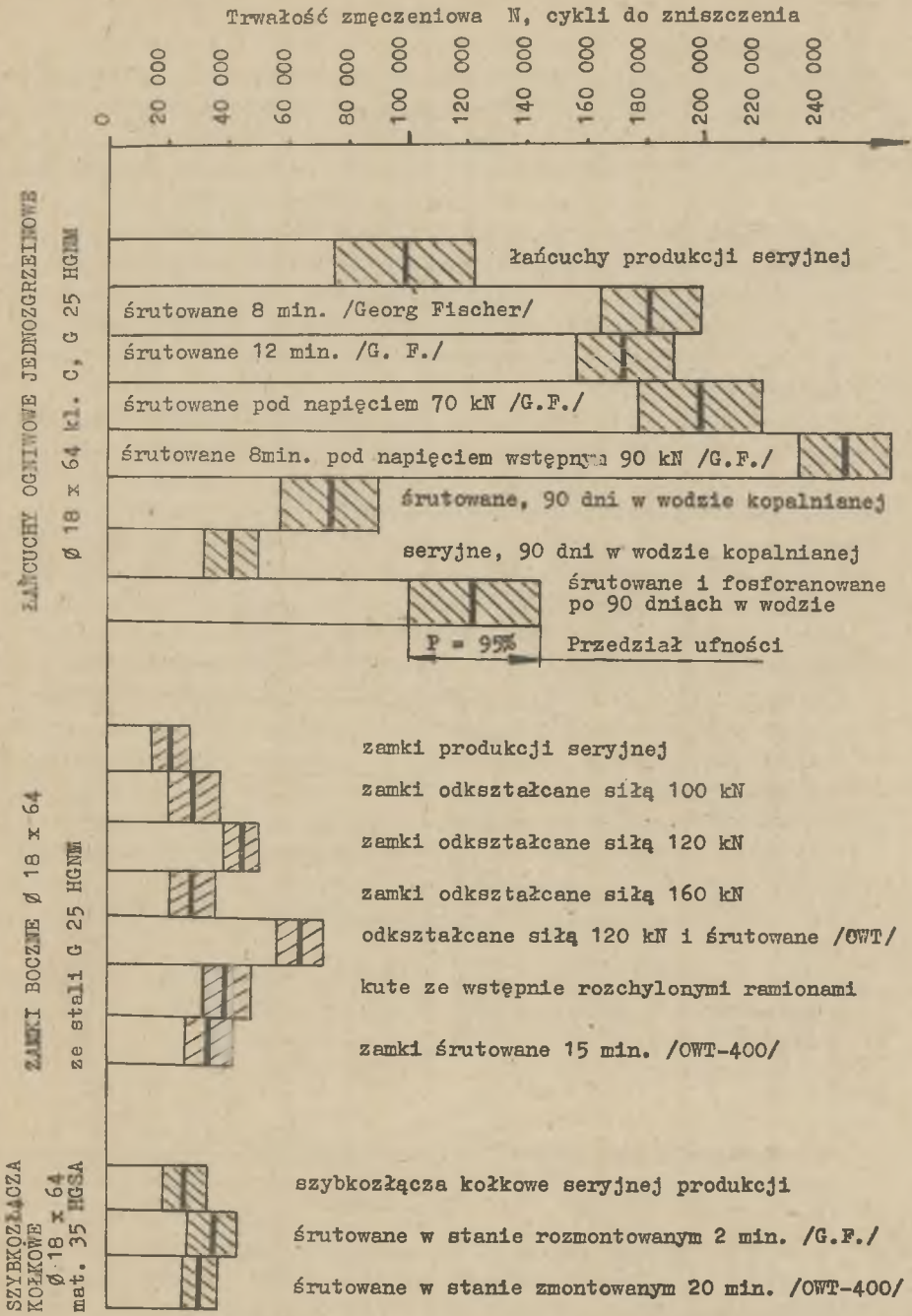
Dla każdej serii badawczej stosowano licznosc próbek co najmniej 10; z tej licznosci próbek określano średnie wartości oraz przedziały ufności $P = 95$ %, po przybliżeniu wyników do rozkładu logarytmnormalnego.

Śrutowanie elementów ciągów wykonywano w dwóch przemysłowych urządzeniach, tj. śrutownicy Georg Fischer produkcji szwajcarskiej oraz krajowym urządzeniu OWT-400 produkcji Zakładów Metalurgicznych w Nowej Soli.

W urządzeniu OWT-400 śrutowanie odbywa się drobiwem z żeliwa białego o twardości $HR_C \approx 48$ i granulacji $0,6 + 2,5$ mm, wyrzucanym mechanicznie z prędkością średnią ok. 70 m/s. Elementy przemieszczane są przy pomocy specjalnego wklęsłego przenośnika taśmowego.

Śrutownica Georg Fischer pozwala na uzyskiwanie średniej prędkości strumienia drobiwa do 110 m/s. Drobiwo stanowią kulki stalowe $\phi 1,2$ mm o twardości $HR_C = 46 + 53$. Umacniane ciąga obracane są podczas zabiegu wokół osi dla uzyskania równomierności zgniotu powierzchniowego.

W badaniach wpływu korozyjnego działania wody kopalnianej stosowano standardowy roztwór imitujący działanie korozyjne wody kopalnianej o średnim stopniu zasolenia. Skład i sposób jego sporządzania opisano w pracy [1].



Rys.1. Zbiorcze zestawienie wyników badań skuteczności technologicznych metod poprawy trwałości elementów ciągłych łańcuchowych rozmiaru Ø 18 x 64. Wyniki uzyskano w znormalizowanych warunkach badań /PN-73/G-46693, BN-75/1719-01, 02/.

4. Podsumowanie

1. Trwałość zmęczeniowa, będąca jedną z podstawowych miar jakości użytkowej ciągów łańcuchowych maszyn górniczych w decydujący sposób wpływa na niezawodność kombajnów węglowych, strugów i przenośników zgrzeblowych. Szczególne znaczenie mają charakterystyki zmęczeniowe elementów złącznych ciągów takich jak zamki i szybkozłącza.
 2. Przedstawione w artykule metody pozwalają na uzyskanie znacznego polepszenia własności zmęczeniowych elementów ciągów. Efektywnym zabiegiem podnoszącym trwałość eksploatacyjną jest umocnienie zgniotem powierzchniowym uzyskiwanym poprzez śrutowanie. Stosując optymalne parametry zabiegu można uzyskać znaczny wzrost trwałości łańcuchów, zamków i szybkozłączy.
 3. Szczególnie korzystne wyniki poprawy trwałości ciągów uzyskać można poprzez stosowanie opisanego w referacie zabiegu śrutowania z jednoczesnym wywoływaniem napięcia wstępnego. Zabieg taki jest możliwy do stosowania w warunkach seryjnej produkcji ciągów górniczych.
 4. Trwałość zamków bocznych przenośników zgrzeblowych można wydatnie podnieść stosując zabieg wstępnego odkształcania otwartych łączników zamków. Wywołany podczas montażu takich zamków stan korzystnych naprężeń wstępnych powoduje wzrost własności zmęczeniowych, ponadto zapobiega luzowaniu się połączeń śrubowych podczas eksploatacji.
 5. Korzystne efekty zabezpieczania antykorozyjnego ciągów górniczych, poddanych oddziaływaniu wody kopalnianej, osiągnąć można poprzez fosforanowanie elementów ciągów. Celowe jest stosowanie fosforanowania po śrutowaniu ciągów.
 6. Przemysłowe wykorzystanie przedstawionych metod poprawy trwałości ciągów łańcuchowych pozwoliłoby na zmniejszenie strat postojowych maszyn urabiających i transportowych, ponadto posłuży polepszeniu warunków bezpieczeństwa pracy górników pracujących w przedkach wydobywczych.
- Poprawa trwałości produkowanych obecnie w kraju ciągów górniczych pozwoliłaby na uzyskanie znacznych oszczędności importowanych stali stopowych stosowanych do produkcji elementów ciągów.

LITERATURA

- [1] G. Bartecki, E. Bąk, St. Mikuła : Antykorozyjna ochrona ciągów łańcuchowych maszyn górniczych. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, nr 5/1978.
- [2] E. Chrobak, Z. Wasylczko, J. Operhalski : Rozwój produkcji łańcuchów górniczych. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, nr 7/1975.
- [3] Badania nad podniesieniem trwałości zmęczeniowej zamków bocznych przenośników zgrzeblowych. Praca nauk.-bad. Instytutu Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej, Gliwice 1973 + 1976. /niepublikowana/.

- [4] St. Mikuła: Wykorzystanie naprężeń wstępnych dla polepszenia własności zmęczeniowych zamków przenośnikowych. Mech. i Aut. Górn., 1/76.
- [5] St. Mikuła: Trwałość zmęczeniowa łączników bocznych w przenośnikach zgrzebłowych. Przegląd Mechaniczny, nr 22/1974.
- [6] St. Mikuła: Badania możliwości polepszenia trwałości zmęczeniowej górniczych ciągów łańcuchowych. Praca doktorska, Pol. Śl. 1976.
- [7] St. Mikuła: Poprawa własności łańcuchów. Eksploatacja Maszyn, 6/1975.
- [8] St. Mikuła: Trwałość zmęczeniowa ciągów łańcuchowych górniczych maszyn urabiających i transportowych. Prace badawcze KOMAG-u, G-ce, 1978.
- [9] St. Mikuła, J. Rynek: Wpływ zgniotu powierzchniowego na własności użytkowe elementów ciągów łańcuchowych. MiAG, nr 4/1976.
- [10] St. Mikuła: Nowy sposób umacniania łańcuchów górniczych. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, nr 7/1977.
- [11] St. Mikuła: Łańcuchy z ogniwami dwuzgrzebinowymi. Przegląd Mechaniczny, nr 3/1975.
- [12] St. Mikuła: Wpływ warunków obróbki dieplnej na własności mechaniczne łańcuchów. Wiadomości Hutnicze, nr 7 + 8 / 1976.
- [13] J. Rynek, St. Mikuła: Analiza pracy połączenia ciągów łańcuchowych ze zgrzebłami przenośników zgrzebłowych. MiAG, nr 11/1975.
- [14] Patent PRL nr 92 862 - Szybkozłącze łańcucha ogniwowego.
- [15] Patent PRL nr 92 589 - Połączenie łańcucha ze zgrzebłem przenośnika zgrzebłowego.
- [16] Patent PRL nr 92 369 - Sposób umacniania warstwy wierzchniej ciągów łańcuchowych.
- [17] Patent PRL nr 96 952 - Sposób podwyższania trwałości zmęczeniowej, zwłaszcza łącznika otwartego przenośnika zgrzebłowego górniczego.
- [18] Patent PRL nr 96 280 - Zamek boczny przenośnika zgrzebłowego.

КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
УЛУЧШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЦЕПНОГО ШТУРТРОСА

Р е з ю м е

В статье даётся анализ метода улучшения прочности цепного штуртроса применяемого в скребковом конвейере, струге и комбайнах. Обсуждаются результаты исследований, которые проводились в Институте механизации горных работ, относительно использования новых технологических методов улучшения прочности горных кольцевых цепей, соединений и быстроразъёмных соединений.

DESIGN AND TECHNOLOGICAL METHODS
TO IMPROVE LIFE OF CHAINS IN MINING
MACHINES

S u m m a r y

In this paper there have been reviewed methods of life improvements in chains of scraper conveyors, coal ploughs and mechanical miners. The results of tests carried out in the Mining Mechanization Institute to utilize new technologies of improvements in life of mining link chains, shackle type connectors and quick - joints have been discussed.