

STANISŁAW MIKUŁA

EUCJAN GAJDA

INSTYTUT MECHANIZACJI GÓRNICTWA

POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

## METODY BADAŃ ZUŻYCIA ŚCIERNEGO ŁAŃCUCHÓW GÓRNICZYCH

W artykule omówione zostały zagadnienia związane z przebiegiem procesu zużycia ściernego elementów ciągów łańcuchowych maszyn górniczych, dokonano przeglądu stosowanych w tym zakresie metod badawczych oraz przedstawiono nową koncepcję stanowiska opracowanego w Instytucie Mechanizacji Górnictwa dla potrzeb oceny odporności na zużycie ściernie ciągów górniczych z uwzględnieniem wpływu środowiska kopalnianego.

## 1. Wprowadzenie

Stosowane w przenośnikach zgrzebłowych, strugach i kombajnach węglowych ciągnia łańcuchowe podczas eksploatacji ulegają intensywnemu procesowi zużycia ściernego. Prowadzi to do wydatnego obniżenia własności użytkowych ciągów. W wyniku zużycia obniżeniu ulegają podstawowe własności mechaniczne, zwłaszcza szczególnie silnie pogarszają się charakterystyki zmęczeniowe decydujące o niezawodności eksploatacyjnej ciągów roboczych.

Zużycie ściernie ogniw łańcuchowych występuje wskutek tarcia o koła gniazdowe, o urobek oraz przede wszystkim wskutek wzajemnego tarcia o siebie ogniw w przegubach. W przypadku przenośników zgrzebłowych dodatkowo występuje intensywne zużycie wskutek tarcia ogniw pionowych o ryny.

Przebieg procesów zużyciowych w przegubach łańcuchów ogniowych ma złożony charakter, zaś jego intensywność silnie zależy od szeregu czynników konstrukcyjnych, materiałowych, technologicznych oraz wpływu środowiska korozyjnego i erozyjnego.

Poznanie zjawisk występujących w procesie zużycia oraz określenie wpływu podstawowych czynników ma duże znaczenie poznawcze i techniczno-ekonomiczne.

## 2. Charakterystyka procesu zużycia ściernego ogniw łańcuchowych w warunkach górniczych

Zużycie ściernie elementów ciągów łańcuchowych jest przyczyną pogarszania się charakterystyk niezawodnościowych maszyn ścianowych, prowadzi ponadto do dużych strat materiałowych w wyniku przedwczesnego wyco-

fywania ciągien z eksploatacji. Ze wzrostem zużycia wzrasta zagrożenie obsługi maszyn ze względu na wzrastającą częstotliwość pęknięć zmęczeniowych i kruchych.

Charakter zużycia ściernego ciągien roboczych zdeterminowany jest ich specyficznymi warunkami pracy. Ciągna napędów łańcuchowych maszyn górniczych przenoszą bardzo wysokie obciążenia o dużym zakresie zmienności, często o charakterze udarowym. Wynikające stąd naprężenia w przekrojach nośnych i naciski jednostkowe w przegubach osiągają bardzo wysokie wartości, często zbliżone do granicy plastyczności materiałów, z których wykonuje się elementy ciągien. W tych warunkach intensywność zużycia gwałtownie rośnie.

Współpraca elementów ciągien łańcuchowych maszyn górniczych odbywa się w warunkach tarcia suchego w obecności cząstek stałych o silnym działaniu ściernym /pył węglowy, pył kamienny, piasek/. Szczególnie silnie rośnie intensywność zużycia łańcuchów w obecności krzemionki będącej składnikiem piasku podsadzkowego. Przy stosowaniu podsadzania wyrobisk górniczych pewne ilości piasku podsadzkowego dostają się do urobku.

Działanie erozyjne samego urobku jest silnie zróżnicowane, zależy od rodzaju i stopnia zanieczyszczenia węgla skałą płonną.

Współczynnik tarcia w warunkach współpracy ogniw łańcuchowych może zmieniać się w szerokich granicach, zwykle jednak przekracza wartość 0,3 sięgając w pewnych warunkach nawet wartości 1,0 [5].

Podczas wzajemnego przeginięcia się w przegubach ogniw sąsiednich, obciążonych siłą wzdłużną, występuje ruch o złożonej kinematyce przetaczania połączonego z płynnym lub skokowym zeszlizgiwaniem się powierzchni roboczych. Kinematyka ruchu powierzchni roboczych w przegubach zależy głównie od parametrów geometrycznych ogniw i współczynnika tarcia. Zagadnienie to zostało szczegółowo przeanalizowane w pracy [5].

W opisanych warunkach obserwować można charakterystyczną formę zniszczenia ścierno-zmęczeniowego zbliżonego do fretingu.

Oprócz zjawisk zmęczeniowych i zużyciowych w elementach ciągien górniczych rozwijają się intensywne procesy korozyjne. Wysoka wilgotność i podwyższona temperatura panujące w wyrobiskach górniczych powodują występowanie korozji powierzchniowej, jednocześnie istnieją warunki do występowania zjawiska korozji naprężeniowej i korozji międzykrystalicznej [2].

Intensywność działania korozyjnego środowiska kopalnianego wzrasta znacznie przy stosowaniu techniki strzelniczej wskutek występowania w gazach postrzałowych tlenków azotu, tlenków siarki i chlorku sodu. Przy wilgotnej atmosferze kopalnianej stanowią one środowisko o dużej agresywności.

Zasolenie i zasiarczenie samych pęknięć i wód kopalnianych również sprzyja występowaniu zjawisk intensywnego zużycia korozyjnego. W warunkach tych ujawnia się ponadto znaczne obniżenie odporności na kruche pękanie materiałów konstrukcyjnych stosowanych na elementy ciągien górniczych [4].

Złożoność procesów niszczenia eksploatacyjnego ciągłen łańcuchowych powoduje, że zużycie ściernie elementów ciągłen rozpatrywane musi być w ścisłym powiązaniu z niszczeniem zmęczeniowym i korozyjnym. Również odporność ciągłen należy oceniać z punktu widzenia łącznego oddziaływania całego zespołu czynników niszczących.

Jak wykazano doświadczalnie w pracy [3] szczególnie silny wpływ na własności użytkowe łańcuchów górniczych wywierają ubytki zużyciowe w przegubach ogniów. Ze wzrostem stopnia zużycia w przegubach następuje wydatny spadek trwałości zmęczeniowej, będącej podstawową miarą jakości użytkowej; następuje również wzrost podziałki ogniów, co wywołuje niekorzystny wpływ na przebieg współpracy ciągłen z kołami gniazdowymi.

### 3. Stosowane metody badań przebiegu procesu zużycia ogniów łańcuchów górniczych

Wobec złożoności przebiegu procesu zużycia ściernego w przegubach ogniów najczęściej dla oceny odporności na zużycie stosuje się badania bezpośrednio na próbkach w postaci odcinków łańcuchowych.

W dotychczasowej praktyce badawczej wykorzystywano wiele różnych stanowisk i urządzeń służących ocenie odporności na zużycie ściernie. Najczęściej stosuje się doświadczalne przenośniki o zamkniętej pętli łańcuchowej, w której mogą być umieszczane odcinki o różnych odpornościach na zużycie. Obciążenie ciągła wywoływane jest w tym przypadku napięciem wstępnym, co nie odpowiada rzeczywistemu charakterowi obciążenia. Wadą tego sposobu jest ponadto trudność zachowania stałości warunków badań, a więc i porównywalności wyników.

Dla potrzeb badań procesu zużycia ogniów łańcuchowych stosuje się również specjalne urządzenia z wymuszeniem kinematycznym [7]. W urządzeniach tych istnieje trudność w zachowaniu stałości parametrów podczas całego badania, nie odpowiada również rzeczywistości charakter przebiegu czasowego zmian siły wzdłużnej.

W Instytucie Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej stosuje się opracowane tam specjalne urządzenie o napinaniu sprężynowym, przewidziane do współpracy z typowym pulsatorem używanym do badań trwałości zmęczeniowej elementów ciągłen łańcuchowych [4]. Urządzenie to najlepiej modeluje charakter pracy łańcuchów w napędach łańcuchowych maszyn górniczych, utrudnione jest jednak w tym przypadku stosowanie urządzenia do oceny odporności na zużycie ściernie w warunkach, które imitowałyby środowisko kopalniane.

Należy zaznaczyć, że każde ze wspomnianych stanowisk pozwala na uzyskiwanie wyników badań odporności na zużycie ściernie w przegubach ogniów, nie ma jednak możliwości porównywania wyników uzyskiwanych na różnych urządzeniach. Istnieje potrzeba normalizacji metody oceny odporności na zużycie ściernie elementów ciągłen łańcuchowych dla ujednoczenia i uzyskania porównywalności wyników uzyskiwanych w różnych ośrodkach badawczych.

#### 4. Specjalne stanowisko badawcze do badania procesu zużycia ściernego ogniw łańcuchowych z uwzględnieniem czynników korozyjnych i erozyjnych występujących w środowisku kopalnianym

Analiza współpracy ogniw w przegubach doprowadziła do sformułowania wytycznych projektu nowego stanowiska badawczego dla potrzeb badania przebiegu procesu zużycia ściernego przy uwzględnieniu czynników środowiskowych [1].

Dwie próbki w postaci odcinków łańcuchowych są w tym stanowisku obciążone siłą wzdłużną przy pomocy układu napinającego ciężarowego lub sprężynowego, natomiast przeginanie ogniw w przegubach wywoływane jest poprzez kinematyczne wymuszenie układu krzywkowego. Projekt stanowiska badawczego wykonany został w postaci wielowariantowej, co umożliwia uzyskanie bardzo szerokiego zakresu możliwości badawczych. Podstawowy wariant stanowiska z napinaniem ciężarowym przedstawia schematycznie rys. 1.

Odcinki łańcucha ogniowego jednego rozmiaru 1 po przymocowaniu uchwytami do dźwigni 2 obciążone są siłą wzdłużną wywołaną obciążnikami 3 poprzez układ dźwigniowo-ciężnowy 4. Ruch przeginanania ogniw w przegubach wywołany jest w wyniku obracania się ze stałą prędkością kątową układu wymuszającego 5, wyposażonego w krzywki wykonane z elementów tocnych.

Przemieszczenie wywołane układem krzywek przenoszone jest przez wzdiki 6 na środkowe ogniwa próbki łańcuchowej. Wymienne czytniki 7 o różnych profilach umożliwiają uzyskiwanie szerokiego zakresu zmian parametrów kinematycznych przebiegu współpracy ogniw w przegubach.

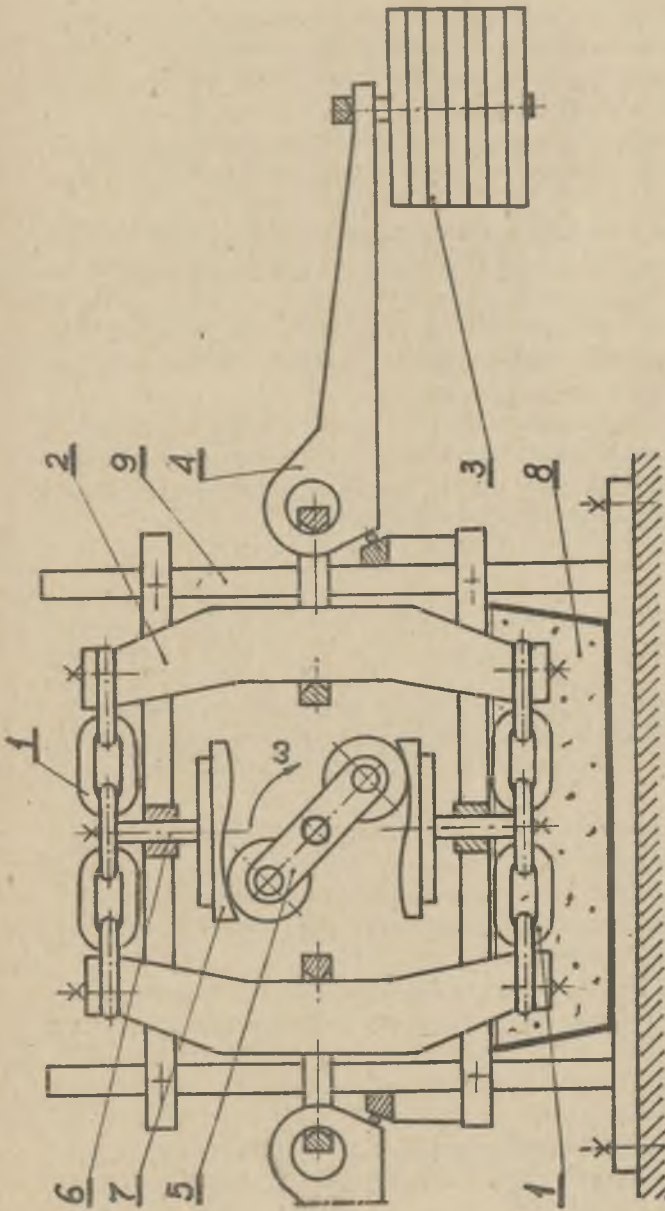
Układ wymuszający umożliwia bezstopniową regulację kinematycznych parametrów prowadzonych badań w zakresie takim, w jakim ma to miejsce w napędach łańcuchowych maszyn górniczych.

Symetryczny układ stanowiska pozwala na wewnętrzne zrównoważenie sił występujących podczas pracy stanowiska.

Jedna z dwóch próbek poddanych badaniom może być poddana procesowi zużycia w warunkach korozyjnych lub erozyjnych poprzez zanurzenie próbki w wannie 8 z czynnikiem środowiskowym.

Stanowisko pozwala na prowadzenie szerokiego zakresu badań trwałości - ciowych ciągów łańcuchowych z uwzględnieniem zjawisk zmęczeńowych, zużycia ściernego, niszczenia korozyjnego, korozji naprężeniowej oraz zjawisk pęknięcia kruchej ogniw w środowisku korozyjnym. Umożliwia to kompleksową ocenę odporności ciągów roboczych maszyn górniczych na złożone oddziaływania eksploatacyjne.

Po opracowaniu szczegółowej dokumentacji wykonawczej stanowisko jest obecnie w końcowej fazie budowy. Przewiduje się wykorzystywanie stanowiska do wielokryterialnej optymalizacji parametrów konstrukcyjnych, materiałowych i technologicznych z punktu widzenia poprawy trwałości i niezawodności roboczych układów ciężarowych maszyn górniczych.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego dla oceny odporności na zużycie ściernie ogniw łańcuchów górniczych z uwzględnieniem korozyjnego i erozyjnego oddziaływania środowiska kopalnianego:

- 1-próbki łańcuchowe, 2-dźwignie obciążające próbki, 3-obciążniki, 4-układ cięgnowo-dźwigniowy, 5-układ wymuszający, 6-wodziki, 7-wymiennie czytelniki, 8-wymienna wanna z czynnikiem środowiskowym, 9-rama waporcza stanowiska.

## 5. Uwagi końcowe

W chwili obecnej istnieje pilna potrzeba podjęcia badań nad poprawą odporności cięgien łańcuchowych maszyn górniczych na złożone oddziaływania eksploatacyjne. Postoje maszyn wywołane przedwczesnym zużyciem cięgien są przyczyną znacznych strat wydobywczych.

Niewystarczająca odporność na zużycie ściernie w warunkach rosnących obciążeń maszyn ścianowych prowadzi do kosztownego wzrostu zużycia deficytowych stali stopowych.

Opracowane w Instytucie Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej stanowisko badawcze, opisane w referacie, pozwala na prowadzenie badań porównawczych oraz na praktyczną ocenę wpływu podstawowych czynników materiałowych, konstrukcyjnych i technologicznych na odporność elementów cięgien na zużycie ściernie w warunkach współdziałania czynników korozyjnych i erozyjnych występujących w środowisku kopalnianym.

Optymalizacja procesu wytwarzania cięgien roboczych dla maszyn górniczych pozwoli na zmniejszenie strat wydobywczych, poprawę bezpieczeństwa pracy obsługi maszyn oraz przyczyni się do uzyskania znacznych oszczędności stali stopowych chromowo-niklowo-molibdenowych.

## LITERATURA

- [1] Ł. Gajda: Opracowanie koncepcji stanowiska modelującego przebieg zużycia ściernego ogniów górniczych cięgien łańcuchowych. Praca dyplomowa magisterska, Inst. Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej 1978.
- [2] E. Graffstein-Malkiewicz, K. Leśniewski: Korozja w górnictwie węglowym. Wyd. Śląsk, Katowice 1971.
- [3] F. Kozakiewicz, St. Mikuła, J. Suchoń: Określenie dopuszczalnych wielkości zużycia górniczych łańcuchów ogniowych. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, nr 2/1975.
- [4] St. Mikuła: Trwałość zmęczeniowa cięgien łańcuchowych górniczych maszyn urabiających i transportowych. Prace badawcze COPKMG - Komag, Gliwice, 1978.
- [5] W. Schaefer: Die Lage von Rundstahlketten in Kettensternen. Glückauf Forschungshefte, nr 2/1976.
- [6] W.Ł. Żurawlew /red/: Krugłozwiennyje ciepi i sojedinitielnyje zwienadla gornowo oborudowanija. Trudy WNIPTUGLEMASZ, Moskwa, Wypusk 19/1975.
- [7] Badania wpływu wybranych parametrów technologicznych oraz warunków składowania i eksploatacji na trwałość użytkową górniczych łańcuchów ogniowych. Praca badawcza ORTEM - Mikołów, 1976 /niepublikowana/.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА  
ШАХТНОЙ ЦЕПИ

## Р е з ю м е

В статье представлены проблемы связанные с ходом процесса абразивного износа элементов цепного штуртроса горных машин. Были рассмотрены применяемые в этой области исследовательские методы, а также была представлена новая концепция устройства разработанного в ИМГР (ИМГ) с целью оценки устойчивости на абразивный износ цепного штуртроса, учитывая влияние шахтной среды.

METHODS OF THE ABRASIVE WEAR TESTING  
OF MINING CHAINS

## S u m m a r y

Problems connected with run of the abrasive wear in chain elements of mining machines were discussed in the article. The authors reviewed appropriate methods of testing and presented a new idea of a stand worked out in the Mining Mechanization Institute to determine the resistance of mining chains to abrasive wear with regard to the influence of mine environment.