

# **Eksploatacyjna diagnostyka ogniwowych łańcuchów górniczych stosowanych w pociągowych układach łańcuchowych maszyn ścianowych**

dr inż. Eryk Remiorz  
Politechnika Śląska  
dr inż. Stanisław Mikuła

## Operational diagnostics of round link chains used in advancing systems of longwall machines

### Streszczenie:

Łańcuchy ogniowe górnicze są kluczowym elementem maszyn ścianowych, takich jak przenośniki zgrzeblowe i strugi węglowe. Niezawodność łańcuchów wpływa na poprawną pracę całego kompleksu i na wielkość wydobycia z wyrobiska ścianowego. W artykule przedstawiono problematykę diagnostyki łańcuchów ogniowych górniczych stosowanych w maszynach ścianowych. Przedstawiono wybrane przykłady uszkodzeń ogni łańcuchów górniczych oraz budowę przyrządu i sposób wykrywania pęknięć zmęczeniowych w ogniach łańcuchów górniczych. Ponadto opisano budowę stanowiska służącego do wykonywania kompleksowej oceny własności użytkowych łańcuchów ogniowych w warunkach eksploatacyjnych.

Słowa kluczowe: łańcuch ogniowy, pęknięcia zmęczeniowe, korozja, zużycie ściernie, deformacje plastyczne, stanowisko diagnostyczne

Keywords: round link chain, fatigue cracks, corrosion, abrasion wear, plastic strain, diagnostic stand

### Abstract:

Round link chains are key components of longwall machines such as armoured face conveyors and plow systems. Reliability of the chains affects the correct operation of the entire mechanized longwall system as well as the volume of coal extracted from the longwall panel. The article presents the problem of diagnostics of mine round link chains used in longwall machines. Selected examples of damage to chain links as well as a design of the device with the method for detecting the fatigue cracks are also presented. In addition, design of the stand to perform a comprehensive assessment of the operational properties of round link chains under operational conditions is also described.

## 1. Wprowadzenie

Łańcuchy pociągowe są bardzo istotnymi elementami wyposażenia każdego kompleksu ścianowego. Na przykład w ścianie o długości 300 m wyposażonej w przenośnik zgrzeblowy z podwójnym łańcuchem środkowym oraz w głowicę strugową znajduje się około 1800 m łańcuchów. W przypadku typowych wielkości łańcuchów to znaczy 34x126 dla przenośnika i 42x137 dla struga całkowita masa łańcuchów pociągowych w ścianie wynosi prawie 50 ton [12]. Łańcuchy ogniowe górnicze wykonane są z wysokojakościowych stali stopowych dlatego ich koszt jest bardzo wysoki. Jednocześnie ich własności mechaniczne podlegają szybkiej degradacji w czasie eksploatacji w wyrobisku ścianowym, co wynika z bardzo trudnych warunków pracy. Powoduje to obniżenie niezawodności układów ciągnowych górniczych maszyn ścianowych, co z kolei prowadzi do dużych strat postojowych powstałych na przykład na skutek zerwania łańcucha. Dlatego też w praktyce eksploatacyjnej powstaje problem odnośnie decyzji co do dalszej eksploatacji łańcuchów używanych. Ich wymiana na nowe wiąże się zawsze ze znacznymi kosztami. Brak jednoznacznej metodologii oceny własności użytkowych łańcuchów pociągowych w czasie ich eksploatacji skłania do poszukiwań optymalnych rozwiązań w tym zakresie.

Opracowanie efektywnych metod diagnozowania łańcuchów pociągowych stosowanych w maszynach górniczych ma duże znaczenie techniczne i ekonomiczne. Niektórzy

użytkownicy łańcuchów pociągowych wykorzystują przerwy w pracy maszyn, na przykład podczas ich alokacji z jednego wyrobiska ścianowego do następnego, dla przeprowadzenia oceny własności mechanicznych łańcuchów według zasad przewidywanych normą dla łańcuchów nowych. Daje się jednak odczuć brak w pełni udokumentowanych kryteriów oceny tak uzyskanych wyników badań dla łańcuchów używanych.

W wielu przypadkach użytkownicy kierują się własnymi, subiektywnymi kryteriami oceny stanu technicznego łańcuchów, co nie zawsze prowadzi do podejmowania w pełni racjonalnych decyzji dotyczących dalszego wykorzystania łańcuchów używanych.

## 2. Diagnostyka łańcuchów ogniowych górniczych

Dla potrzeb oceny aktualnego stanu własności mechanicznych eksploatowanych łańcuchów pociągowych zalecić można wykonanie badań na pobranych losowo próbkach łańcuchów. W celu zminimalizowania liczby próbek łańcucha pobieranych z ciągnia można ograniczyć badania do wybranych własności mechanicznych.

Badania własności mechanicznych łańcuchów pociągowych po określonym czasie eksploatacji (lub po wydobyciu określonej ilości urobku) można ograniczyć do badań trwałości zmęczeniowej oraz próby przeginięcia pojedynczych ogniów łańcucha w pryzmie  $90^\circ$  [9]. Ograniczenie zakresu badań w czasie eksploatacji łańcuchów jedynie do oceny trwałości zmęczeniowej i prób przeginięcia ogniów, a także rezygnacja z prób statycznego zrywania z pomiarem wydłużenia zrywającego, ma uzasadnienie nie tylko w dążeniu do minimalizacji liczby ogniów łańcucha używanych do kontrolnych badań niszczących, ale wynika też z innych przesłanek. Spośród wszystkich własności mechanicznych łańcuchów, jakie określają odpowiednie normy przedmiotowe, najszybciej degradacji w czasie eksploatacji podlegają własności zmęczeniowe a w mniejszym stopniu siła statycznego zrywania. Wynika to z faktu, że za własności zmęczeniowe w głównej mierze odpowiada stan warstwy wierzchniej ogniów łańcuchowych, zaś na wytrzymałość statyczną wpływ mają własności całego przekroju nośnego ogniów. Stan warstwy wierzchniej ogniów podczas eksploatacji łańcuchów ulega najsilniej degradacji z powodu wpływu środowiska pracy. Dotyczy to korozji powierzchniowej, korozji wżerowej, zużycia ściernego przy dużych lokalnych naciskach stykowych oraz występowania w pewnych sytuacjach dyfuzji atomowego wodoru do warstwy wierzchniej ogniów wywołując kruchość wodorową.

Opisana sytuacja ma też odzwierciedlenie w typowych obrazach zniszczeń ogniów łańcuchów górniczych, silnie zróżnicowanych w przypadku pęknięć zmęczeniowych i pęknięć pod działaniem przeciążeń statycznych. Wynika to z innego mechanizmu rozwoju pęknięcia oraz z faktu, że zniszczenie następuje w innych przekrojach nośnych ogniów. Na rysunku 1 przedstawiono przykład zerwania ogniwa łańcucha górniczego wielkości 18x64 w próbie statycznego zerwania. Widoczne są duże odkształcenia plastyczne materiału i duży udział przełomu poślizgowego. Według wymagań norm wydłużenie trwałe przy zerwaniu łańcuchów wynosi minimum 12% [13].

Typowy obraz przebiegu pęknięcia zmęczeniowego ogniwa charakteryzuje się brakiem znaczących odkształceń plastycznych, przełom zbliżony jest do kruchego oraz często można obserwować wyraźnie zarysowane ognisko pęknięcia zmęczeniowego. Ponadto przełom zmęczeniowy często w końcowej fazie zmienia raptownie kierunek przechodząc do kąta około  $45^\circ$  w stosunku do powierzchni, gdyż końcowa strefa przełomu następuje pod

dominującym wpływem naprężeń stycznych. Początek pęknięcia zmęczeniowego na ogół jest prostopadły do powierzchni materiału. Przykład tego typu uszkodzenia ogniwa dla łańcucha wielkości 30x108 przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 1. Przykład typowego zniszczenia ogniwa po statycznym zrywaniu: a) widok ogniwa przed zerwaniem, b) ogniwo zerwane [opracowanie własne]



Rys. 2. Typowe pęknięcie zmęczeniowe ogniwa łańcucha ze strefą przelomu zmieniającego kierunek [opracowanie własne]

Opisany charakter pęknięcia zmęczeniowego ma miejsce niezależnie od tego, czy zniszczenie następuje w strefie największej koncentracji naprężeń to znaczy w początkowej strefie części łukowej, czy też w osi ogniwa lub jego zgrzebinie. Przykłady tego typu pęknięć zmęczeniowych dla łańcucha wielkości 34x126 przedstawiono na rysunkach 3 i 4. Przedstawione charakterystyczne obrazy przelomu występują w mniejszym lub większym stopniu niezależnie od tego czy zniszczenie następuje w wyniku eksploatacji czy w wyniku badań laboratoryjnych. W warunkach eksploatacyjnych wskutek silnie zróżnicowanych warunków pracy często występują mieszane formy zniszczenia ogniw łańcucha. Wiele przykładów uszkodzeń ogniw łańcuchów górniczych można znaleźć na przykład w pracach [3, 10].

Opisane cechy charakterystyczne zniszczeń pozwalają na wyodrębnienie w większości przypadków wiodącego procesu niszczącego. Stąd też zaleca się zawsze przeprowadzać wnikliwą analizę fraktograficzną przelomów eksploatacyjnych ogniwi, co pozwala na wykonanie pogłębionej diagnostyki łańcuchów pociągowych w toku ich eksploatacji w maszynach górniczych.



Rys. 3. Eksploatacyjne pęknięcie ogniwa w zgrzeinie oraz wtórne pęknięcie ogniwa w łuku przy dużej deformacji plastycznej [opracowanie własne]



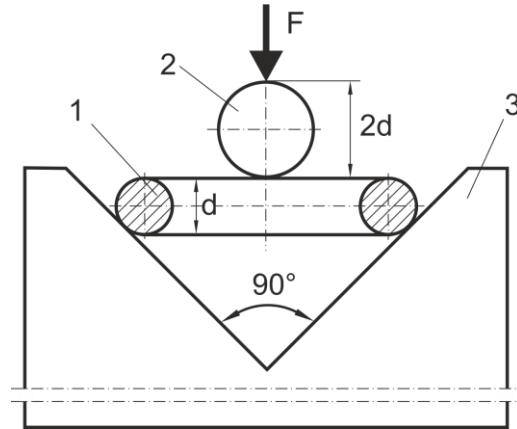
Rys. 4. Eksploatacyjne pęknięcie zmęczeniowe w osi ogniwa - widoczne ognisko pęknięcia na zewnętrznym profilu łuku ogniwa i zużycie od współpracy ogniwa poziomego z zębami bębnow napędowych [opracowanie własne]

Ponieważ próby zmęczeniowe nie pozwalają na ocenę własności plastycznych materiału ogniwi, zaleca się wykonywać uzupełniające próby przeginania poprzecznego pojedynczych ogniwi w pryzmie prostokątnej (rys. 5a). Próba ta służy ocenie zapasu plastyczności ogniwi łańcuchowych. Jest to ważna własność łańcucha, gdyż dostateczna plastyczność ogniwi pozwala na łagodzenie obciążeń dynamicznych w łańcuchach, szczególnie w przypadku występowania gwałtownych przeciążeń. Energia jest wówczas rozpraszana poprzez odkształcenie odcinka łańcucha, co wpływa na wydatne zmniejszenie niebezpieczeństwa zerwania.

Próby przeginania w pryzmie ogniwi łańcucha używanego dodatkowo pozwalają na ewentualne ujawnienie płytkich pęknięć na powierzchni styku ogniwi pionowych z rynnami, co niekiedy prowadzi do charakterystycznych pęknięć w wyniku zjawiska zmęczenia

cieplnego i tworzenia się tak zwanego martenzytu tarcia [8]. Próby przeginanania ogniów mogą posłużyć również do ujawniania wad i ewentualnych pęknięć w zgrzeinach, które na skutek zmian strukturalnych są silniej narażone na oddziaływania korozyjne niż inne strefy ogniów łańcuchowych. Przykłady uszkodzenia ogniów ujawnionych w wyniku przeprowadzonej próby przeginanania w prostokątnej pryzmie dla łańcuchów wielkości 30x108 i 34x126 przedstawiono na rysunku 5.

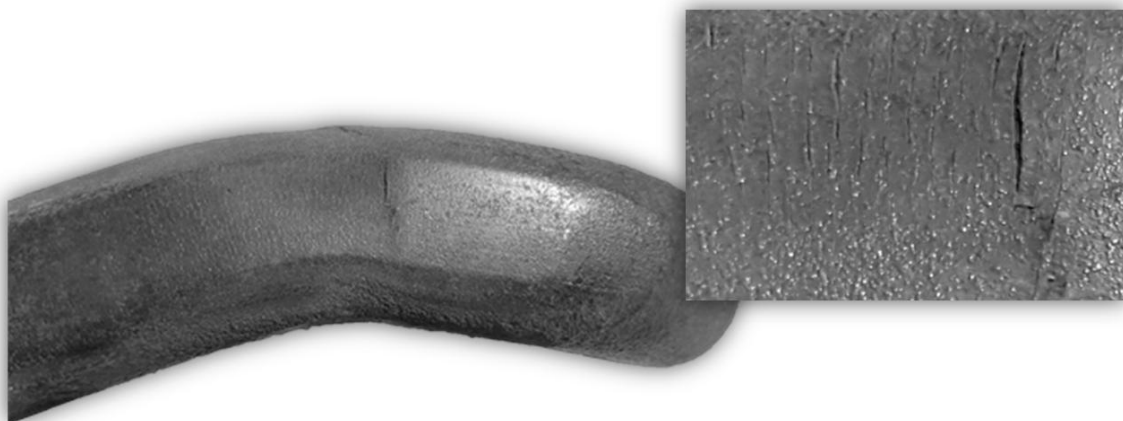
a)



b)



c)

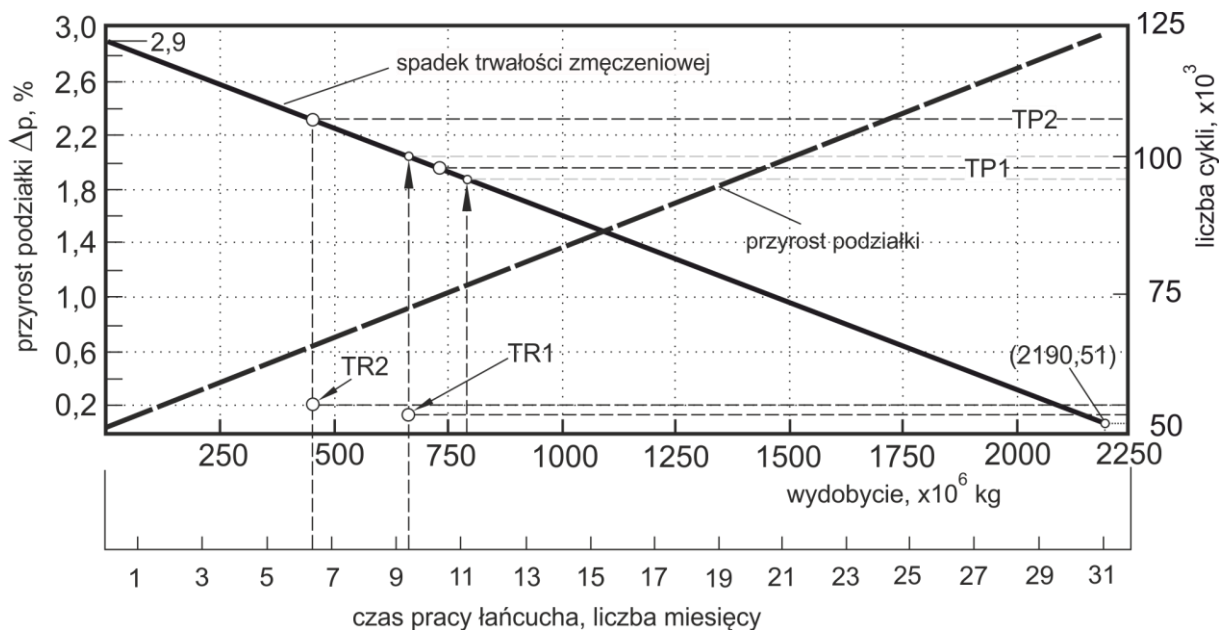


Rys. 5. Uszkodzenia ogniów ujawnione w wyniku próby przeginanania w prostokątnej pryzmie:  
 a) schemat obciążenia ogniwa podczas próby przeginanania [9] (1. badane ogniwo, 2. walec stalowy, 3. pryzma prostokątna), b) pęknięcie ogniwa łańcucha 30x108 w zgrzeinie, c) pęknięcia ogniwa łańcucha 34x126 na odcinku prostym [opracowanie własne]

Dla potrzeb dokonania oceny stanu własności mechanicznych łańcuchów po określonym czasie użytkowania lub po przetransportowaniu przez przenośnik określonej ilości urobku, można posłużyć się wytycznymi zawartymi w szeregu publikacjach, na przykład w pracy [13]. Na Wydziale Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej wykonano szereg prac mających na celu ocenę stanu technicznego łańcuchów pociągowych po określonym czasie eksploatacji w ścianowych przenośnikach zgrzeblowych. Są to na przykład prace [1, 7]. Ocena ta była dla użytkowników z kopalń węgla kamiennego podstawą do decyzji, co do dalszej eksploatacji badanego łańcucha w kolejnej ścianie lub zakupu nowego łańcucha.

Przykładowe wyniki oceny poziomu własności mechanicznych łańcuchów o wielkości 34x126 po określonym czasie eksploatacji w dwóch różnych ścianowych przenośnikach zgrzeblowych przedstawiono na rysunku 6. Na tle prognozowanego spadku trwałości zmęczeniowej w czasie eksploatacji łańcuchów naniesiono wyniki badań zmęczeniowych próbek łańcuchów wielkości 34x126 klasy PW9 pracujących w dwóch różnych ścianach węglowych [1, 7]. Łańcuch numer 1 pracował w ścianie przez 9,5 miesiąca i przetransportował w tym czasie 800 tysięcy ton urobku. Jego prognozowana trwałość wynosi około 95000 cykli zmęczeniowych (to znaczy cykli obciążeń zadanych na maszynie wytrzymałościowej z pulsatorem w toku znormalizowanych badań trwałości łańcuchów [9]). Rzeczywista trwałość tego łańcucha określona na podstawie badań zmęczeniowych była mniejsza i wynosiła jedynie około 53000 cykli. Z kolei łańcuch numer 2 w czasie 6,5 miesiąca pracy przetransportował 480 tysięcy ton urobku. Jego prognozowana trwałość wynosi około 110000 cykli zmęczeniowych. W wyniku przeprowadzonych badań łańcucha stwierdzono, że rzeczywista trwałość zmęczeniowa tego łańcucha wynosiła około 56000 cykli.

Wyjściowy poziom trwałości zmęczeniowej łańcuchów fabrycznie nowych nie jest na ogół użytkownikowi znany, gdyż aktualnie stosowane świadectwa jakości pomijają dane w tym zakresie. Stwierdzone natomiast w wyniku badań zmęczeniowych obniżenie trwałości zmęczeniowej łańcuchów eksploatowanych wynosi odpowiednio dla łańcucha numer 1 – około 44%; natomiast dla łańcucha numer 2 – około 49%.



Rys. 6. Spadek trwałości zmęczeniowej łańcucha i przyrost podziałki ogniwi w czasie eksploatacji przenośnika zgrzeblowego; TP1, TP2 – trwałość zmęczeniowa prognozowana łańcuchów 1 i 2; TR1, TR2 – trwałość zmęczeniowa rzeczywista łańcuchów 1 i 2 [13]

Wyniki badań zmęczeniowych, prób przeginania i pomiary zużycia ogniów łańcuchów posłużyły jako przesłanki podjęcia decyzji co do dalszego użytkowania łańcuchów. Łańcuch numer 1, dla którego wyniki prób przeginania były negatywne został wycofany z eksploatacji jako ciężno robocze w ścianowym przenośniku zgrzeblowym. Natomiast łańcuch numer 2, dla którego wyniki prób przeginania były pozytywne, został zamontowany w nowej ścianie o mniejszej długości i mniejszym wybiegu.

Opisany sposób diagnozowania aktualnego stanu własności użytkowych łańcuchów górniczych posiada niedogodności wynikające z tego, że badania mają charakter niszczący a nie zawsze użytkownik dysponuje odpowiednim zapasem łańcucha umożliwiającym wycięcie szeregu próbek do badań kontrolnych. Dla większych rozmiarów łańcucha próbkę przeznaczoną do badań stanowią 3 ogniwa. Można zalecić żeby przy zakupie nowych łańcuchów górniczych przewidzieć reprezentatywną liczbę próbek łańcuchów dla potrzeb ewentualnych badań kontrolnych własności mechanicznych co może być pomocne dla prawidłowej oceny własności łańcuchów oraz w przypadku ewentualnego postępowania reklamacyjnego. Takie próbki łańcucha należy starannie oznakować oraz dobrze zabezpieczyć przed degradacją własności, zwłaszcza w wyniku korozji.

W opisanej sytuacji należy dodatkowo poszukiwać nieniszczących metod diagnostyki technicznej możliwych do zastosowania w trudnych warunkach podziemi kopalń. Zastosowana metoda diagnostyczna musi dotyczyć zdecydowanie większej liczby ogniów łańcuchowych, aby można było uzyskać bardziej miarodajną ocenę własności użytkowych łańcuchów w toku eksploatacji.

W praktyce szczególnie trudne jest wykrywanie pęknięć zmęczeniowych zwłaszcza, gdy występują one w trudnodostępnych miejscach na przykład na łukach ogniów. W czasie eksploatacji łańcuchów można obserwować często jednoczesne rozwijanie się pęknięć zmęczeniowych w kilku miejscach. Ostateczne zerwanie niszczące ma miejsce w tym przekroju nośnym, w którym pęknięcie najszybciej osiągnie rozmiar krytyczny. Po zerwaniu ogniwa można obserwować niekiedy dodatkowe istniejące pęknięcia poza miejscem ostatecznego zerwania lub wręcz zniszczenia w więcej niż jednym przekroju (rys. 3).

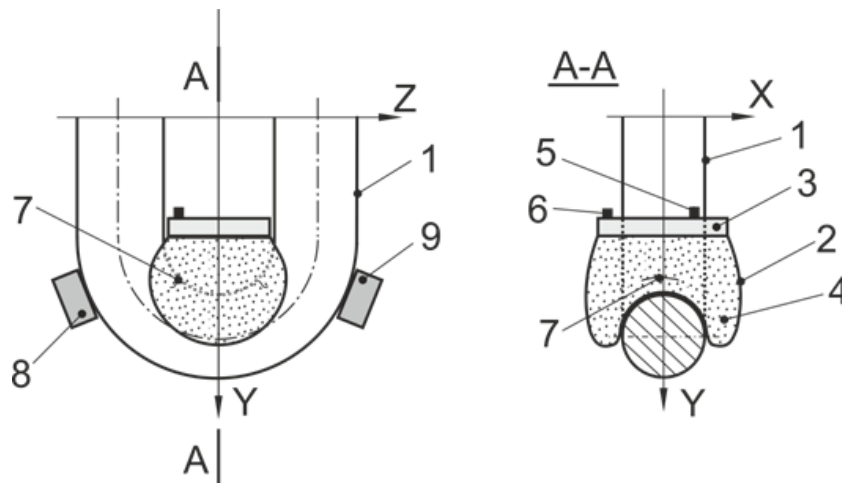
Okres inkubacji pęknięć i ich stopniowy rozwój obejmują łącznie zdecydowanie większą część czasu użytkowania elementów maszynowych, co oznacza, że już na wczesnym etapie rozwoju pęknięć występują zmiany o makroskopowych rozmiarach [2]. Z punktu widzenia praktyki eksploatacyjnej chodzi o to, aby te zmiany mogły być ujawniane na wczesnym etapie rozwoju, zanim osiągną rozmiary krytyczne.

Znane metody diagnostyki zmęczeniowej takie jak badania ultradźwiękowe, radiacyjne, emisji akustycznej, badanie tłumienia drgań są całkowicie nieprzydatne w warunkach górniczych. Również stosowanie penetrantów, w tym fluorescencyjnych, wymagających specjalnego przygotowania badanych powierzchni elementów maszyn jest trudne do zaakceptowania w warunkach eksploatacji maszyn górniczych. Analiza szeregu metod diagnostycznych prowadzi do wniosku, że do ujawniania pęknięć zmęczeniowych w elementach cięgien łańcuchowych w praktyce najwłaściwsza jest metoda magnetyczno-proszkowa w wariacie mokrym, po uprzednim jej dostosowaniu do warunków eksploatacyjnych w podziemiach kopalń [4, 5, 6, 11].

Proponuje się wykorzystanie prostego przyrządu diagnostycznego, który ma postać pojemnika wypełnionego zawieszoną proszku magnetycznego w cieczy. Pojemnik ma elastyczną część dolną i przezroczyste wieczko (rys. 7).

Przyrząd przykłada się do krytycznych miejsc ogniwa, wtedy ciśnienie hydrostatyczne zawiesiny ściśle dociska elastyczne dno pojemnika do badanej powierzchni, zaś drobiny proszku magnetycznego grawitacyjnie sedimentują na dnie pojemnika, grupując się w strefach pęknięć lub innych wad powierzchniowych. Wykorzystywane jest w tym przypadku zjawisko lokalnych zmian własności magnetycznych materiałów ferromagnetycznych w bezpośrednim sąsiedztwie zaistniałych pęknięć lub innych nieciągłości struktury materiałów. Obraz na dnie pojemnika obserwowany jest przez przezroczyste wieczko i warstwę cieczy. Proszek magnetyczny osadzając się z zawiesiny z lokalnie większą intensywnością ujawnia miejsce pęknięcia, jego kierunek i częściowo wielkość (głębokość). Budowę przyrządu oraz sposób jego wykorzystania dla ujawniania pęknięć zmęczeniowych na wewnętrznej części łuku ogniwa pokazano na rysunku 7.

Wzmocnienie efektu grupowania się skupisk proszku magnetycznego w strefach nieciągłości strukturalnych jest osiągnięte przez użycie magnesów lub elektromagnesów odpowiednio zorientowanych w stosunku do badanej powierzchni.



Rys. 7. Przyrząd do wykrywania pęknięć w ogniwach łańcuchów górniczych metodą magnetyczno-proszkową: 1) badane ogniwo łańcucha, 2) elastyczny pojemnik, 3) przezroczyste wieczko przyrządu, 4) zawieszina proszku magnetycznego w cieczy, 5) korek wlewowy, 6) odpowietrznik, 7) najczęściej występujące położenie ognisk pęknięć zmęczeniowych ogniwa łańcucha, 8 i 9) magnesy trwałe [opracowanie własne]

Jako proszek magnetyczny może być użyty drobnodispersyjny czarny magnetyt, jako ciecz nośna olej o odpowiednio dobranej lepkości i przejrzystości. Dno pojemnika może być wykonane z cienkiej gumy (lateksu) a jego wnętrze powinno być białe. Ilość proszku magnetycznego należy dobrać doświadczalnie tak, aby uzyskać zadowalająco kontrastowy obraz. Gdy brak w badanym ogniwie pęknięć lub innych wad powierzchniowych dno pojemnika przyjmie jednolity szary kolor. Pojemnik wyposażony jest w korek wlewowy i odpowietrznik. Przed użyciem przyrządu należy go wstrząsnąć w celu uzyskania jednorodnej zawiesiny proszku magnetycznego w cieczy. Dla analizy łuków ogniwa po przeciwnej stronie należy łańcuch obrócić wokół osi o  $180^\circ$ , dla analizy ogniwa poziomych należy obrócić łańcuch wokół osi o  $90^\circ$ .

Opisany sposób diagnozowania łańcuchów cechuje się dużą prostotą, nie wymaga żadnego przygotowania analizowanych powierzchni i jako sposób nieniszczący nie wpływa na właściwości użytkowe badanych łańcuchów. Krótki czas diagnozowania pozwala na ocenę większej liczby ogniwa łańcucha co korzystnie wpływa na podejmowane na tej podstawie decyzje co do dalszego użytkowania łańcuchów lub podejmowania działań uprzedzających i zapobiegawczych.



Opisany sposób i przyrząd może być wykorzystany również pomocniczo dla potrzeb kontroli jakości łańcuchów nowych lub na etapie ich wytwarzania, w celu ujawnienia na przykład pęknięć hartowniczych, naderwań w procesie kalibrowania, zawałców materiału, rys, większych powierzchniowych wtrąceń niemetalicznych i innych wad powierzchniowych.

### 3. Stanowisko diagnostyczne łańcuchów górniczych

Obecnie ocena własności użytkowych łańcuchów ogniowych górniczych w toku eksploatacji jest wykonywana podczas przerw w wydobywaniu poprzez kontrolę wzrokową oraz przez wrywkowy pomiar podziałki i ubytków zużyciowych ogni. Nie pozwala to na uzyskanie właściwej informacji co do możliwości dalszego użytkowania łańcuchów. W szczególności nie pozwala na ujawnienie zaistniałych pęknięć o charakterze zmęczeniowym, gdyż znajdują się one głównie w przegubach ogni, które są trudnodostępne.

Trudności z właściwym diagnozowaniem stanu technicznego ogni łańcuchów górniczych wydatnie rosną wraz ze wzrostem rozmiarów łańcuchów. Na przykład stosowany obecnie łańcuch pociągowy przeznaczony dla głowic strugowych ma najczęściej wielkość 42x137 i masę jednostkową wynoszącą prawie 40 kg/m. Duża masa łańcuchów bardzo utrudnia ich przemieszczanie i manipulowanie ogniwami co często uniemożliwia dostęp do krytycznych miejsc, które powinny być szczególnie starannie diagnozowane, gdyż mają decydujące znaczenie z punktu widzenia przydatności łańcucha do dalszego wykorzystania.

Z powyższych względów proponuje się dla potrzeb przeprowadzenia oceny diagnostycznej łańcuchów w toku eksploatacji wykorzystanie specjalnego stanowiska ułatwiającego wykonanie całokształtu prac związanych z oceną własności użytkowych łańcuchów. Stanowisko takie może być zorganizowane w warunkach dołowych wykorzystując do tego celu odpowiednią komorę tak, aby nie było potrzeby transportowania diagnozowanych łańcuchów na powierzchnię kopalni.

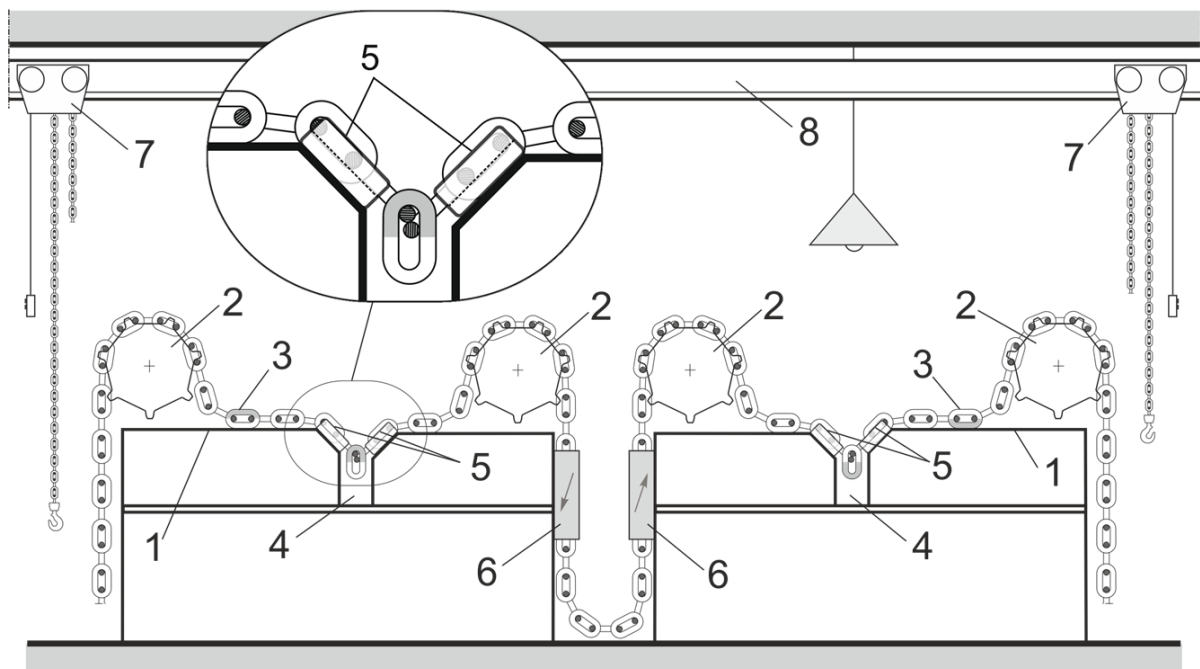
Zaletą proponowanego rozwiązania jest prosta budowa stanowiska do diagnozowania łańcuchów oraz stosunkowo niski koszt jego wykonania. Do przemieszczania łańcucha można wykorzystać zużyte bębny łańcuchowe, które nie nadają się już do pracy w napędach maszyn ścianowych. Stół roboczy stanowiska umożliwia dobry dostęp do odcinków prostych ogni w celu dokonywania oceny w tej części ogni, w tym również oceny stanu zgrzein. W czasie przemieszczania się łańcucha wzdłuż stołu diagnozowany może być stan techniczny ogni pod kątem ubytków zużyciowych, korozyjnych i wydłużenia podziałki wskutek odkształceń plastycznych. Diagnozowaniu na stanowisku poddane mogą być również ogniwa złączone i w przypadku ujawnienia ich uszkodzeń łatwo może być dokonana ich wymiana na nowe.

Stanowisko do diagnozowania łańcuchów ogniowych (rys. 8) posiada specjalnie ukształtowane dwa stoły robocze (1). Stoły te posiadają zamocowane obrotowo na obu końcach koła łańcuchowe (2) z nawiniętym diagnozowanym łańcuchem (3). Koła łańcuchowe służą do przemieszczania łańcucha wzdłuż stołu i mogą być napędzane mechanicznie lub ręcznie przez przekładnie ślimakowe. W środkowej części stół roboczy posiada wykonany rowek (4) w kształcie litery Y. Na nachylonych powierzchniach rowka osadzone są prowadnice (5). Są one tak ukształtowane, że wprowadzają łańcuch do rowka w taki sposób, że badane ogniwa przyjmują pozycję pionową odsłaniając badane strefy łuków ogni. Umożliwia to dogodną ocenę stanu przegubów ogni pod kątem istnienia pęknięć na przykład metodą magnetyczno-proszkową przy pomocy opisanego wcześniej przyrządu.

Pomiędzy kołami łańcuchowymi zamocowane są prowadnice boczne (6), które obracają łańcuch wokół jego osi podłużnej łącznie o kąt  $180^\circ$  co umożliwia diagnozowanie przeciwległych łuków ogniwi. Dla pełnego diagnozowania łańcuch przechodzi przez całe stanowisko dwukrotnie. Pierwsze przejście umożliwia diagnozowanie wszystkich ogniwi pionowych, natomiast drugie pozwala na sprawdzenie ogniwi poziomych, co następuje po obrocie łańcucha wokół jego osi podłużnej o kąt  $90^\circ$ .

Podczas badania długich odcinków (szczególnie tych o znacznej wielkości oraz o dużej masie) do manipulowania łańcuchem wykorzystywane są wciągniki (7), które mogą przemieszczać się po torze jezdnym (8) zamocowanym nad stołem roboczym.

Diagnozowanie łańcuchów ułatwiają lampy oświetlające stół, korzystnie bezcieniowe. W przypadku wykorzystywania do diagnozowania fluorescencyjnych proszków magnetycznych stanowisko może być dodatkowo wyposażone w lampy ultrafioletowe. Stanowisko powinno być wyposażone dodatkowo w urządzenie do przecinania ogniwi łańcucha oraz prasę hydrauliczną niezbędną do demontażu i montażu ogniwi złącznych.



Rys. 8. Koncepcja stanowiska do diagnozowania ogniwi łańcuchów górniczych w warunkach eksploatacyjnych:

- 1) stół roboczy, 2) koła łańcuchowe przewijające diagnozowany łańcuch, 3) łańcuch poddany badaniom, 4) kieszeń dla ujawniania pęknięć zmęczeniowych ogniwi, 5) prowadnice ogniwi łańcucha, 6) prowadnice obracające łańcuch wokół osi, 7) wciągniki, 8) szyna jezdna [opracowanie własne]

#### 4. Wnioski i uwagi końcowe

1. Zaleca się przyjęcie zasady, żeby dłuższe przerwy w okresie eksploatacji maszyn ścianowych wykorzystać dla potrzeb oceny stanu własności użytkowych łańcuchów pociągowych.
2. W celu minimalizacji liczby próbek pobieranych z łańcucha pociągowego po określonym czasie eksploatacji badanie własności mechanicznych łańcuchów używanych można ograniczyć do badań trwałości zmęczeniowej i próby przeginania ogniwi w pryzmie prostokątnej.

3. Zaproponowany przyrząd wykorzystujący nieniszczącą metodę diagnostyki eksploatacyjnej łańcuchów górniczych umożliwia efektywne wykrywanie pęknięć o charakterze zmęczeniowym i innych wad powierzchniowych ogni w warunkach eksploatacji maszyn ścianowych.
4. Opisane w pracy stanowisko diagnostyczne będzie pozwalało na przeprowadzenie kompleksowej oceny własności użytkowych łańcuchów ogniowych górniczych oraz elementów złącznych w warunkach eksploatacyjnych górnictwa węglowego.
5. Ujawnianie w procesie diagnozowania rozwijających się pęknięć zmęczeniowych oraz innych wad ogni łańcuchów pociągowych umożliwia podejmowanie racjonalnych decyzji w trakcie użytkowania łańcuchów górniczych dotyczących ich dalszego wykorzystania, co przyczynia się do ograniczenia strat postojowych maszyn górniczych oraz poprawę stanu bezpieczeństwa obsługi.

## Literatura

- [1] Badanie własności mechanicznych łańcucha przenośnika ścianowego. Praca naukowo-badawcza NB-105/RG-2/2005, Politechnika Śląska, Gliwice 2005 (praca niepublikowana)
- [2] Kocańda S.: Zmęczeniowe niszczenie metali. WNT, Warszawa 1972
- [3] Kotwica, K. Furmanik, K. Scherf, B.: Wpływ warunków pracy na zużycie i trwałość ciągów łańcuchowych zgrzeblowych przenośników ścianowych w wybranych kopalniach węgla kamiennego. Przegląd Górniczy 2011, T.67, nr 11
- [4] Kubiński W.: Wybrane metody badań materiałów. PWN, Warszawa 2016
- [5] Lewińska-Romicka A.: Badania nieniszczące – podstawy defektoskopii. WNT, Warszawa 2001
- [6] Marciniak J.: Metody badań metali i stopów. Tom III. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1986
- [7] Ocena własności użytkowych łańcucha górniczego przenośnika zgrzeblowego Rybnik 295/842/BP. Praca naukowo-badawcza NB-189/RG-2/2004, Politechnika Śląska, Gliwice 2004 (praca niepublikowana)
- [8] Pawlukiewicz B., Wiedermann J.: Mechanizm niszczenia ogni łańcuchów górniczych podczas eksploatacji. Inżynieria Materiałowa 1998, R. XIX, nr 5
- [9] PN-G-46701:1997 Łańcuchy ogniowe górnicze
- [10] Remiorz E., Mikuła S.: Podstawowe formy degradacji własności użytkowych łańcuchów ogniowych górniczych stosowanych w maszynach ścianowych. Maszyny Górnicze 2017, nr 3
- [11] Rykaluk K.: Pęknięcia w konstrukcjach stalowych. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2000
- [12] [www.fasing.pl](http://www.fasing.pl) (dostęp: 08.12.2017)
- [13] Wytyczne stosowania i eksploatacji łańcuchów ogniowych i elementów złącznych w maszynach górniczych i innych. Fasing, Katowice 2001