



## CONVEYOR BELT WITH WIRE ROPE CHARACTERISTIC AND DIAGNOSIS ABILITY ANALYSIS

*Jerzy Kwaśniewski<sup>1</sup>, Szymon Molski<sup>2</sup>*

**Key words:** diagnostyka, badania nieniszczące, taśmy z linkami stalowymi, przenośniki taśmowe

### **Abstract:**

The article describes the process of conveyor belt with wire ropes wear and possible implementations of the technical diagnostics and state monitoring. These diagnostic activities are applicable in the mechanical structure wear processes from its installation time to its disposal time. It forms the basics of the rational conveyor belt with wire ropes usage and modern diagnostic systems construction. Conveyor belt maintenance requires an enterprise to create modern usage strategies with usage diagnostic system descriptors. Technical diagnostics plays major role in the quality shaping of the conveyor usage.

### **1. Zagadnienia procesu zużycia taśm z linkami stalowymi**

Dobre zarządzanie przedsiębiorstwem to także dbałość o niezawodną pracę urządzeń transportowych narzucająca potrzebę dysponowania wiarygodnymi informacjami o stanie technicznym i możliwościach dalszej niezawodnej pracy przenośników.

Utrzymanie jakości taśmy z linkami stalowymi w procesie eksploatacji związane jest z koniecznością utrzymania na najwyższym poziomie jej cech użytkowych. Jednak w miarę upływu czasu generują się cechy stanu pogarszające własności użytkowe taśmy (pęknięcia drutów w linkach stalowych, pęknięcia i rozwarstwienia gumy, itp.). Poniżej przedstawiono analizę wad eksploatacyjnych jakie występowały na badanych taśmach.

#### **• Uszkodzenia pojedyncze**

Uszkodzenie linek stalowych tego typu z reguły jest uszkodzeniem nie widocznym na powierzchni taśmy. Pojedyncze pęknięcie drutów w splotkach wynikają z naturalnych procesów zużyciowych linek podczas ich cyklicznej pracy. Tego typu pęknięcia rozproszone wzdłuż długości taśmy rejestrowane w różnych sekcjach pomiarowych są niegroźne dla jej dalszej eksploatacji przenośnika. Jednak ważną informacją jest poznanie trendu przyrostu liczby nowych pojedynczych pęknięć w czasie. Wiedza ta pozwala na zaplanowanie naprawy lub wymiany najbardziej zużytych odcinków taśmy w dogodnym czasie. Defektogram z badań prezentujący sygnały od pojedynczych uszkodzeń w jednej sekcji pomiarowej taśmy odtworzone w programie Browser v. 1.04 prezentuje Rys. 1.

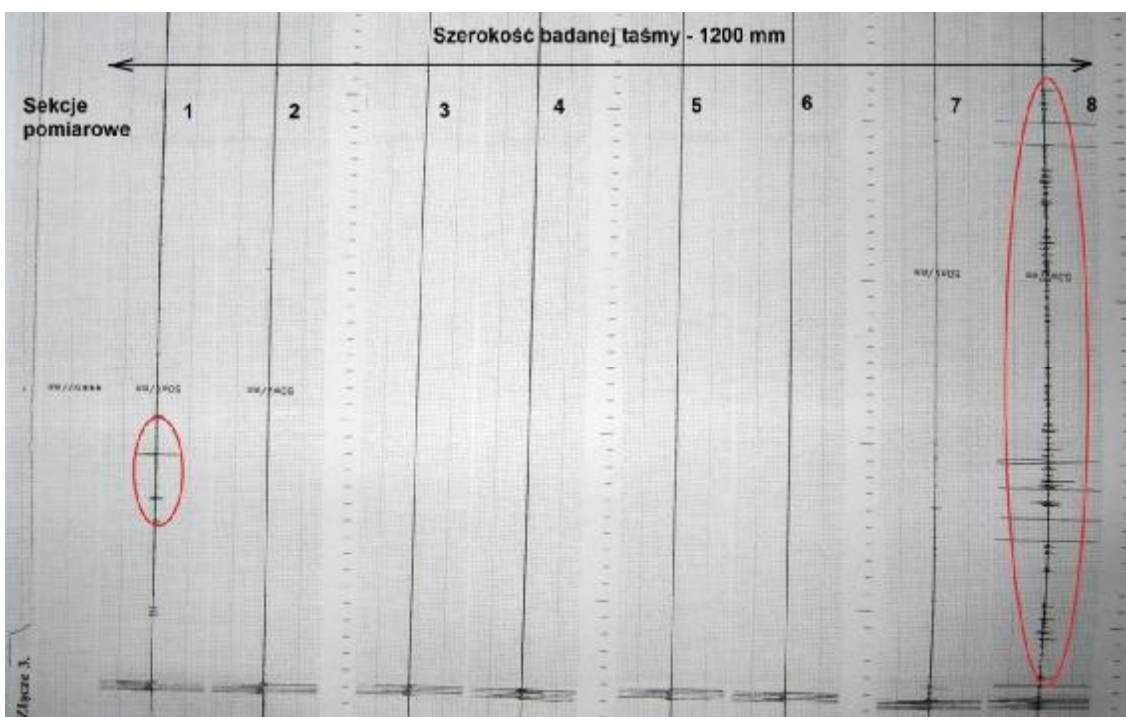
<sup>1</sup> Dr hab. inż. Jerzy Kwaśniewski prof. nazw AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Stasica w Krakowie, al. Mickiewicza 30 30-059 Kraków, Katedra Transportu Linowego, Tel.: 12 617-23-13, 12 634-35-37, Fax 12 636-01-44 e-mail: [kwasniew@imir.agh.edu.pl](mailto:kwasniew@imir.agh.edu.pl)

<sup>2</sup> Dr inż Szymon Molski Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Stasica w Krakowie al. Mickiewicza 30 30-059 Kraków, Katedra Transportu Linowego, Tel.: 12 617-23-13, 12 634-35-37, Fax 12 636-01-44 e-mail: [molski@imir.agh.edu.pl](mailto:molski@imir.agh.edu.pl)



**Rys. 1** Brzegowa sekcja pomiarowa taśmy z zarejestrowanymi sygnałami

Bardzo często pojedyncze uszkodzenia linek stalowych znajdują się na brzegach eksploatowanej taśmy. Przykład rozmieszczenia takich uszkodzeń wzdłuż szerokości badanej taśmy prezentuje Rys. 2.



**Rys. 2** Defektogram prezentujący pojedyncze uszkodzenia na brzegach badanej taśmy

- **Ubytki przekroju metalicznego na brzegach taśm ( wyrwane linki stalowe)**

Podczas eksploatacji przenośnika, w wyniku pogarszającego się stanu technicznego zestawów krążników wzdłuż trasy na której transportowany jest urobek lub na skutek przypadkowych oddziaływań mechanicznych na brzeg pracującej taśmy przenośnika, dochodzi do przyspieszonego zużycia gumy okładkowej a w konsekwencji także do uszkodzenia linek stalowych umieszczonych na jej brzegach. Takie ubytki osnowy gumowej prowadzą do odsłonięcia linek stalowych (Rys. 3.), a to z kolei prowadzi do ich przyspieszonego zużycia oraz korozji (Rys. 4). Najbardziej drastyczną formą uszkodzenia brzegu taśmy jest wyrwanie jej fragmentu wraz z linkami stalowymi.(Rys. 5).

W przypadku pojawienia się uszkodzenia w którym linki brzegowe zostaną przerwane i wiszą swobodnie z brzegu taśmy należy je niezwłocznie w tym miejscu wyciąć. Swobodnie wiszące końce linek wyrwane z osnowy gumowej mogą podczas pracy zostać pochwycone i w ten sposób doprowadzić do powiększenia się miejsca uszkodzenia.



*Rys. 3 Uszkodzenie brzegu taśmy odstaniające linki stalowe*

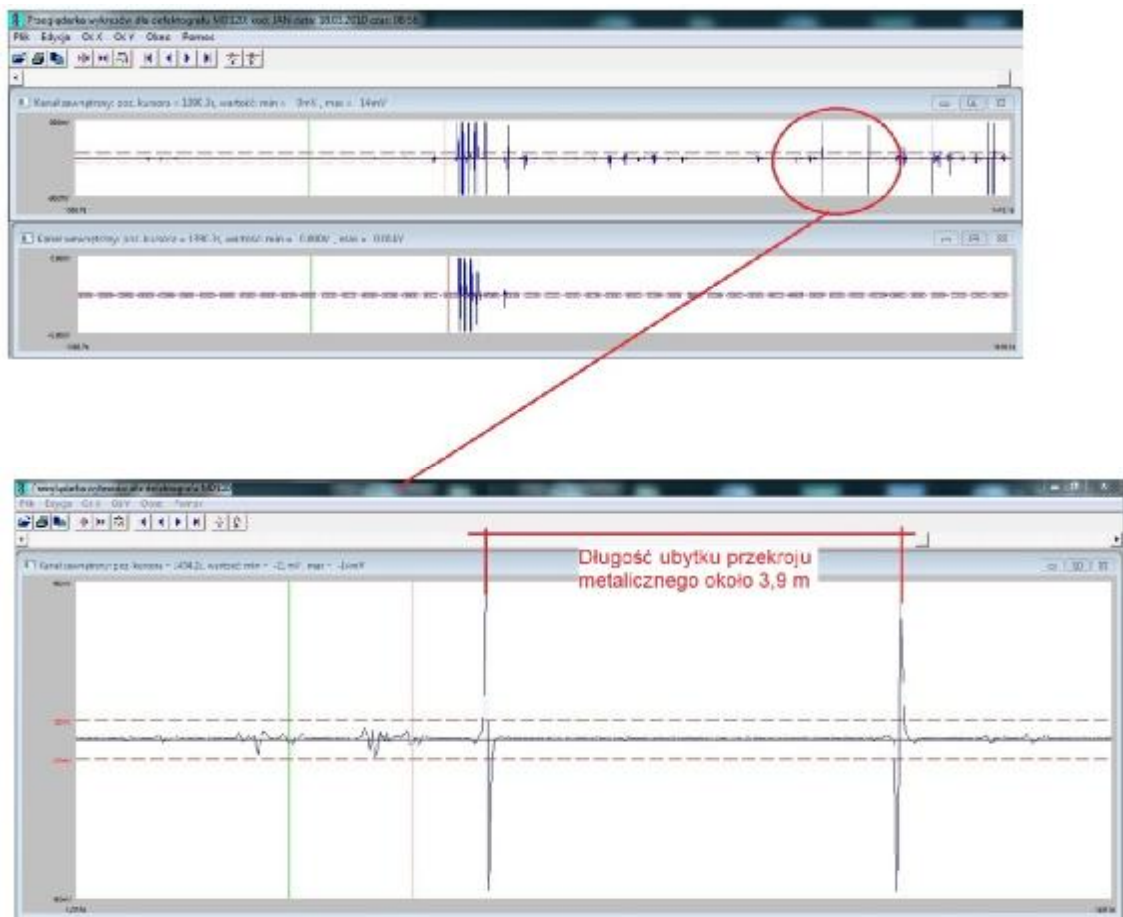


*Rys. 4 Odstłonięta linka stalowa umieszczona na brzegu taśmy* *Rys. 5 Wyrwany brzeg taśmy przenośnika taśmy*

Na podstawie sygnałów zarejestrowanych podczas badania magnetycznego można również wskazać fragmenty taśmy w których występują miejsca ubytków przekroju metalicznego. Taki sygnał pozwala przy znajomości prędkości ruchu badanej taśmy określić na jak długim odcinku występuje rejestrowane uszkodzenie. Rys. 6 prezentuje przykładowe defektogramy z tego typu uszkodzeniami.

- **Uszkodzenia skupione.**

Przykładem tego typu uszkodzenia taśmy z linkami stalowymi może być jej miejscowe przebicie. W takim wypadku na taśmie przenośnika mamy miejsce w którym nie tylko powierzchnia gumowa ale i linki stalowe utraciły spójność. Tego typu uszkodzenie jest niebezpieczne dla dalszej eksploatacji przenośnika i wymaga naprawy. W przypadku niewielkiego uszkodzenia linek stalowych naprawa może ograniczać się do wulkanizacji uszkodzonej osnowy taśmy, natomiast przy rozległych uszkodzeniach linek stalowych należy taki fragment taśmy wyciąć zastępując go taśmą nową. Rys. 7 przedstawia widoczne na powierzchni taśmy uszkodzenie miejscowe. Rys. 8 prezentuje defektogram z zapisem sygnału od uszkodzenia skupionego.

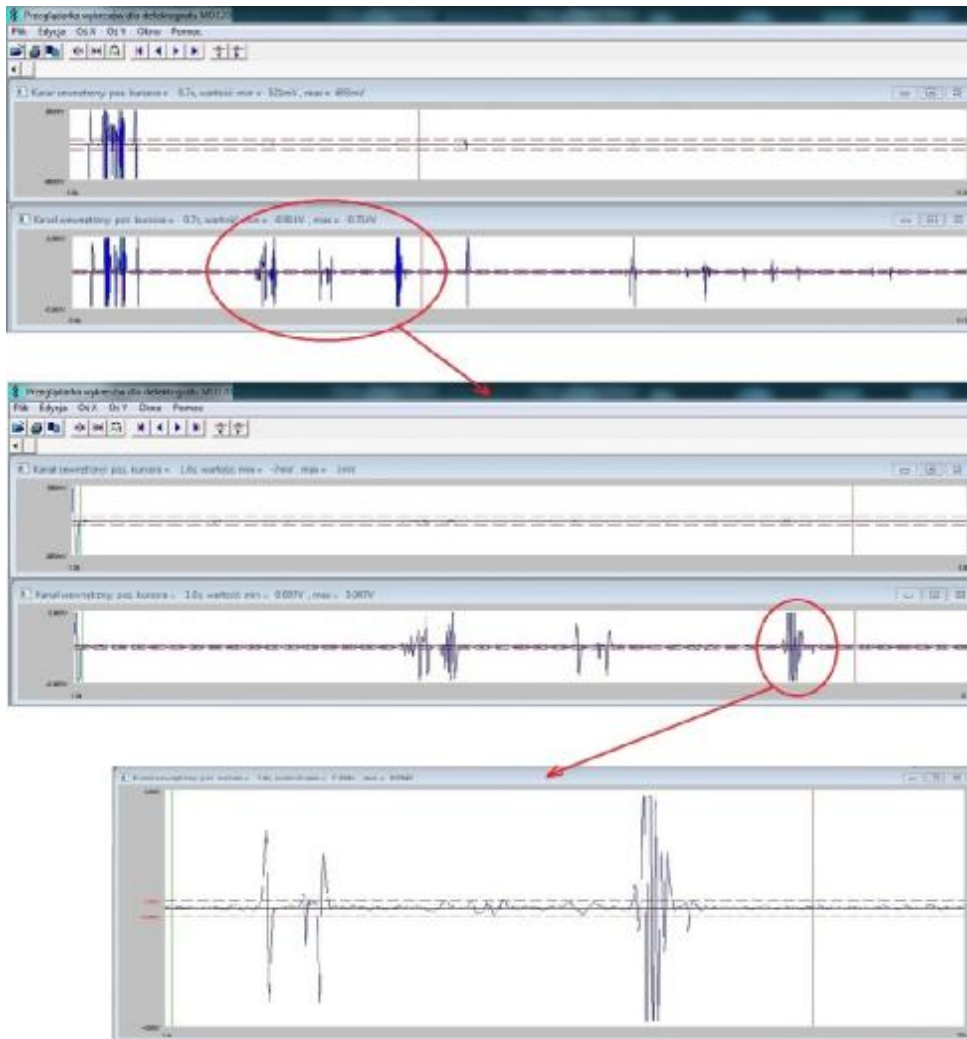


**Rys. 6** Sygnał diagnostyczny informujący o miejscowym ubytku przekroju metalicznego na długości 3,9m

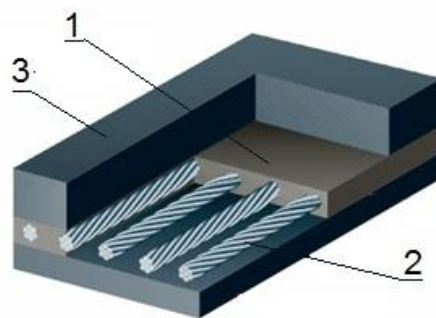


**Rys. 7** Powierzchnia taśmy z uszkodzeniem skupionym linek stalowych - widok na górną i spodnią część taśmy

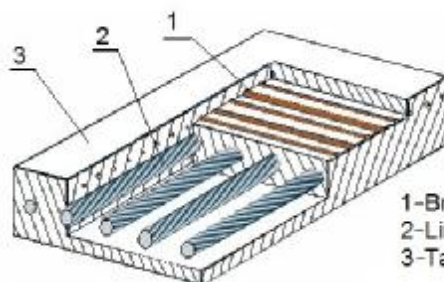
W eksploatacji znajdują się również przenośniki wyposażone są w nowe typy taśm z linkami stalowymi z brekerami- czyli stalowymi wzmocnieniami umieszczonymi tuż nad linkami, wykonanymi najczęściej w postaci stalowej siatki typu Fleximat lub też w postaci linek o mniejszej średnicy. Wzmocnienia te są zawulkanizowane na całej długości taśmy w odstępach po około 30 metrów od siebie. Porównanie konstrukcji taśmy z linkami stalowymi oraz taśmy z brekerami przedstawia Rys. 9.



**Rys. 8** Defektogram z zarejestrowanym sygnałem od uszkodzenia skupionego



- 1-Guma rdzeniowa
- 2-Linki Stalowe
- 3-Taśma Przenośnika

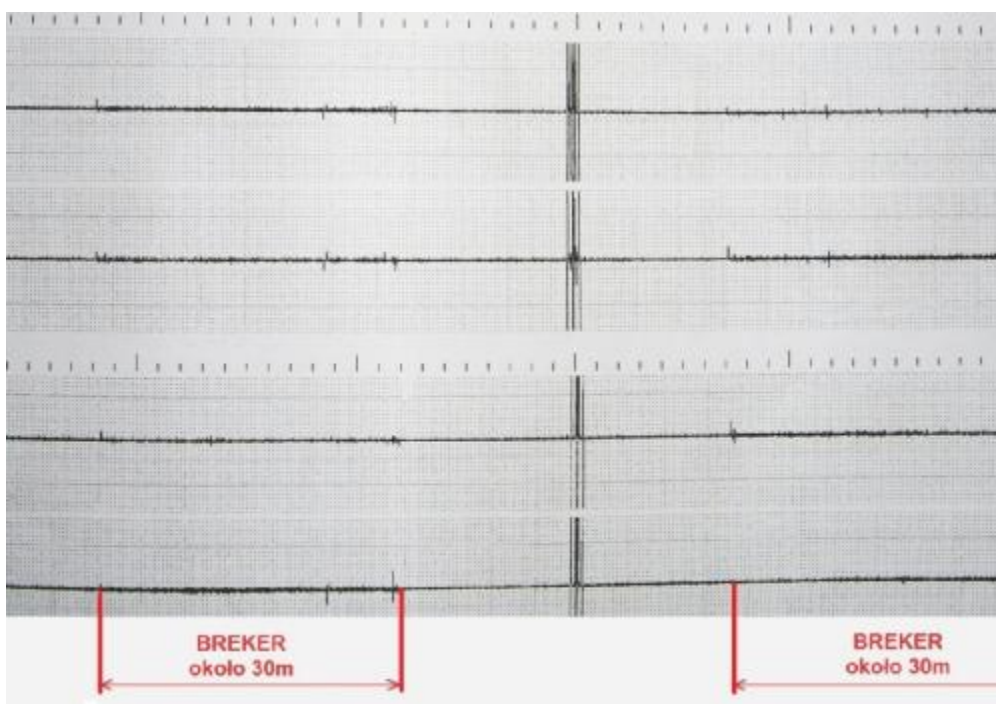


- 1-Breker
- 2-Linki Stalowe
- 3-Taśma Przenośnika

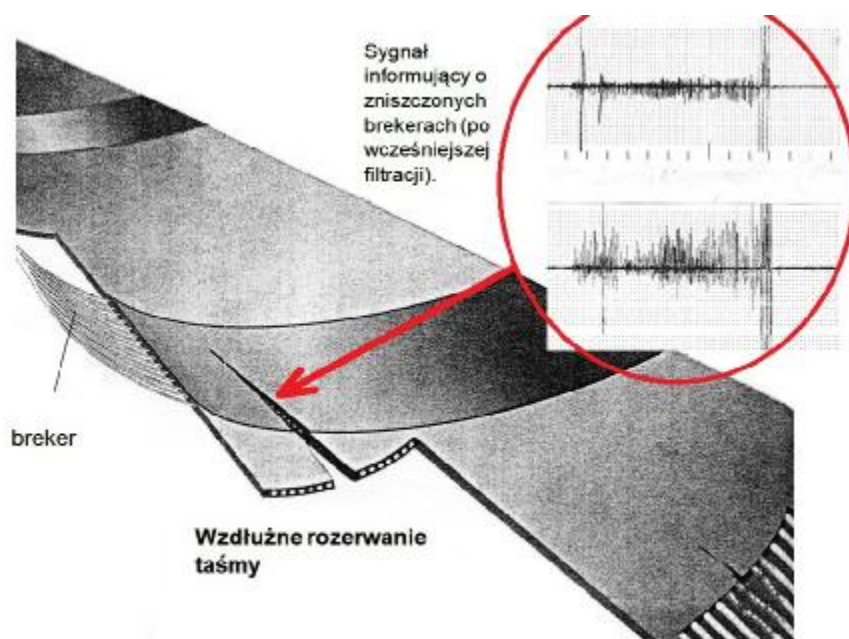
**Rys. 9** Przekrój taśm przenośnikowych z linkami stalowymi

Z powodu prostopadłego ułożenia linek lub drutów brekera w stosunku do badanych linek stalowych w taśmie, sygnał diagnostyczny z odcinka taśmy z wzmocnieniami ulega zakłóceniu. Może to powodować utrudnienie identyfikacji uszkodzeń linek stalowych pojawiających się w miejscach występowania tych wzmocnień taśmy. Aby zmniejszyć wpływ tych zakłóceń na sygnał diagnostyczny stosuje połączenie odpowiedniej czułości rejestracji oraz filtracji sygnału. Rys. 10 przedstawia przykładowy defektogram uzyskane podczas badania wzmocnionej taśmy przenośnika. Na rysunku zaznaczono widoczne, „wyraźniejsze” sygnały od odcinków z wzmocnieniami taśmy.

W przypadku taśmy z brekerami istnieje możliwość przy wykorzystaniu metody magnetycznej wykrycia również uszkodzeń, w których została naruszona powierzchnia taśmy. Podczas takiego zdarzenia w wyniku przecięcia wzdłużnego gumy okładki nośnej uszkodzone zostają również tam znajdujące się siatki brokera. Końce rozerwanych drutów wzmacniających „wychodzą” z gumy i powodują charakterystyczny dla tego typu uszkodzenia sygnał diagnostyczny. W przypadku zastosowania np. systemu ciągłej rejestracji uszkodzeń możliwe jest wykrycie, szybkie zatrzymanie i naprawa uszkodzonego odcinka taśmy. Rys. 11 przedstawia wzdłużne uszkodzenie taśmy wraz z uszkodzonym brekerem oraz zarejestrowany przy tym zdarzeniu sygnał diagnostyczny.



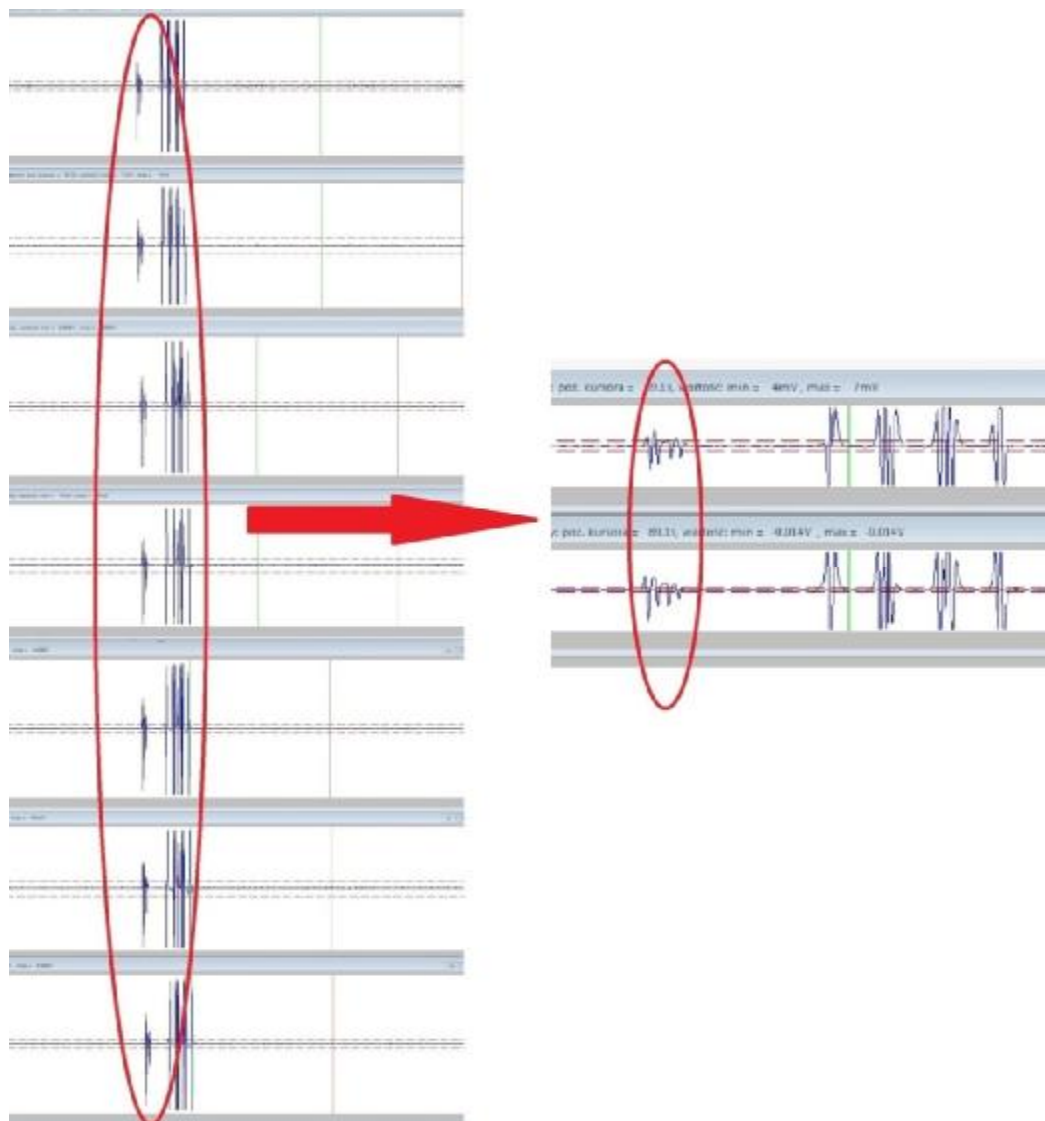
**Rys. 10** Defektogram z 4 sekcjami wzmocnionej taśmy z brekerami



**Rys. 11** Wzdłużne rozcięcie taśmy z brekerami

- **Uszkodzenia niebezpieczne**

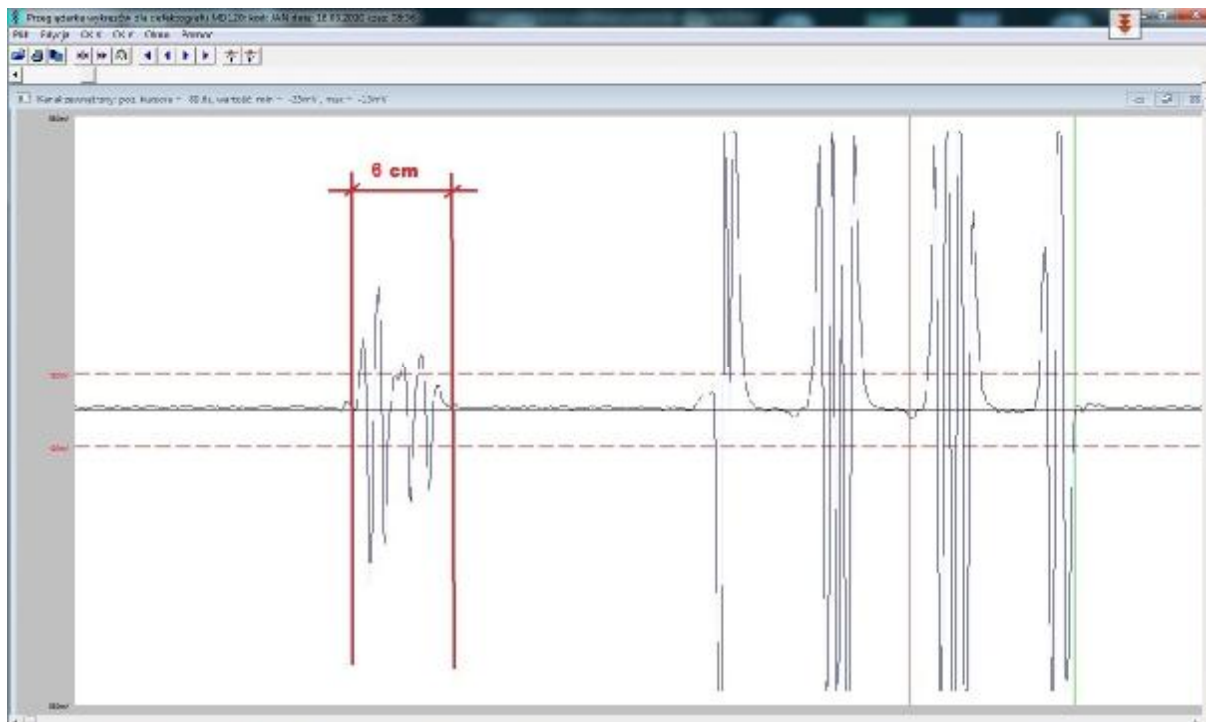
Za uszkodzenia niebezpieczne dla dalszej eksploatacji prętośnika z linkami stalowymi uważane są uszkodzenia w których sygnał diagnostyczny potwierdza spadek przekroju metalicznego w linkach stalowych na całej szerokości taśmy prętośnika w jednym jej przekroju. Przykład takiego sygnału prezentuje Rys. 12. Na taśmie o szerokości 1200mm w odległości około 1,2m przed złączeniem na całej szerokości taśmy we wszystkich sekcjach pomiarowych zarejestrowany jest sygnał informujący o ubytku przekroju metalicznego w linkach stalowych.



**Rys. 12** Defektogram prezentujący ubytek przekroju metalicznego w całej szerokości badanej taśmy

Zarejestrowane uszkodzenia h miały podobną długość – około 6 cm. Rys. 13 prezentuje przykładowy, powiększony defektogram z uszkodzeniem w jednej sekcji pomiarowej.

Zarejestrowany sygnał we wszystkich sekcjach pomiarowych świadczył o naruszeniu ciągłości linek stalowych w jednym przekroju poprzecznym taśmy i dotyczył ubytku przekroju metalicznego odpowiadającemu pęknięciu od 4 do 6 linek stalowych. Dla tego typu prętośnika z 116 linkami stalowymi zawulkanizowanymi w taśmie, ubytek przekroju liczony w miejscu uszkodzenia dla całej szerokości wynosił od 25 do 40%.



**Rys. 13** Defektogram z zaznaczoną szerokością na jakiej występuje ubytek przekroju metalicznego w linkach stalowych

## 2. Monitoring stanu technicznego taśm

W Polsce od wielu lat stosuje się metodę magnetyczną do oceny stanu technicznego taśm z linkami stalowymi. Zgodnie z definicjami:

**Diagnostowanie** – jest to proces mający na celu określenie aktualnego (w momencie pomiaru) stanu technicznego taśmy, czyli jej sprawności lub niesprawności, stopniu zużycia, wartości uszkodzeń itp. Wynikiem diagnostowania jest postawienie diagnozy.

**Monitorowanie** – jest to obserwowanie wartości parametrów taśmy (cech stanu i symptomów zużycia) w trakcie normalnej jej eksploatacji lub w trakcie przeprowadzania procesu diagnostycznego. Jeżeli możemy obserwować w sposób ciągły zmianę jakiegoś parametru w miarę upływu czasu to mamy do czynienia z monitorowaniem równoległym (ciągłym).

W wielu kopalniach z powodzeniem stosuje się diagnostowanie taśm w określonym interwale czasowym (np. co 6 miesięcy) (Rys. 14).



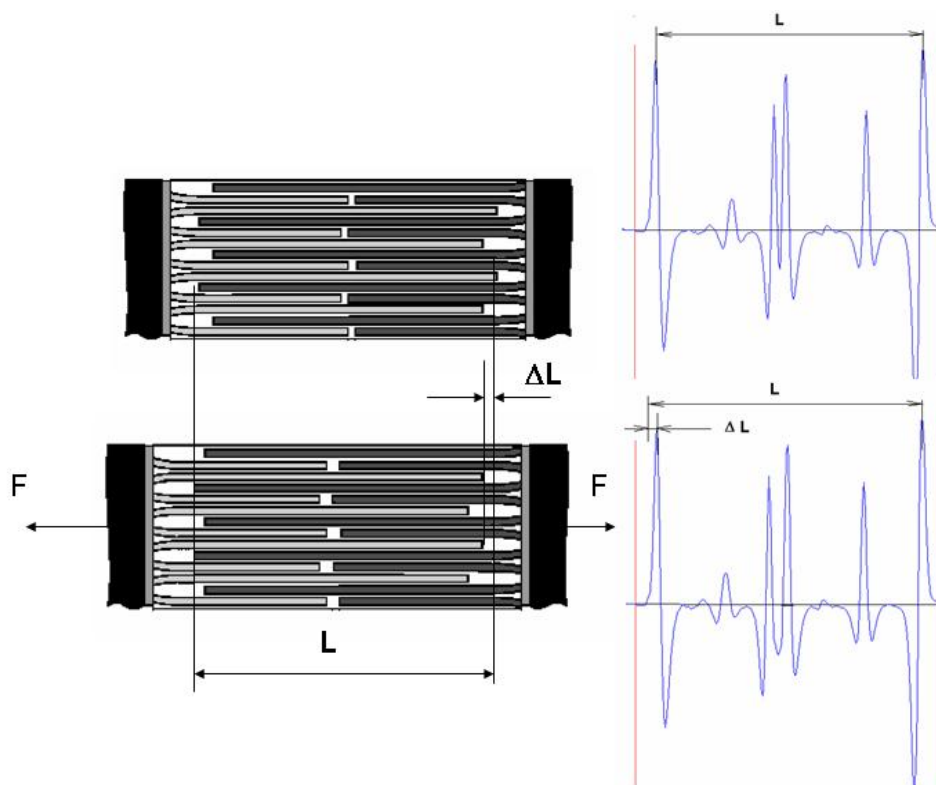
**Rys. 14** Diagnostyka i monitorowanie taśmy z linkami stalowymi

Funkcjonowanie systemu diagnostycznego, produkcji AGH, wymaga znajomości symptomów zużycia i ich wartości granicznych oraz okresowości terminów badań diagnostycznych. Ta wiedza pozwala na dopuszczeniu taśmy do dalszej eksploatacji, do wykonania jej naprawy lub natychmiastowego wyłączenia z eksploatacji.

Jednak wprowadzenie kompleksowego monitoringu wydobywania urobku i podniesienie poziomu zarządzania przedsiębiorstwem wymusza również, na główny element systemu transportu, jakim jest przenośnik taśmowy, wprowadzenie systemów monitorowania taśmy (Rys.14). Ponadto zachodzące procesy zużycia taśm z linkami stalowymi wymuszają potrzebę nadzorowania zmian ich stanu technicznego w czasie eksploatacji. Bezpieczna eksploatacja taśmy zależy od zastosowanych

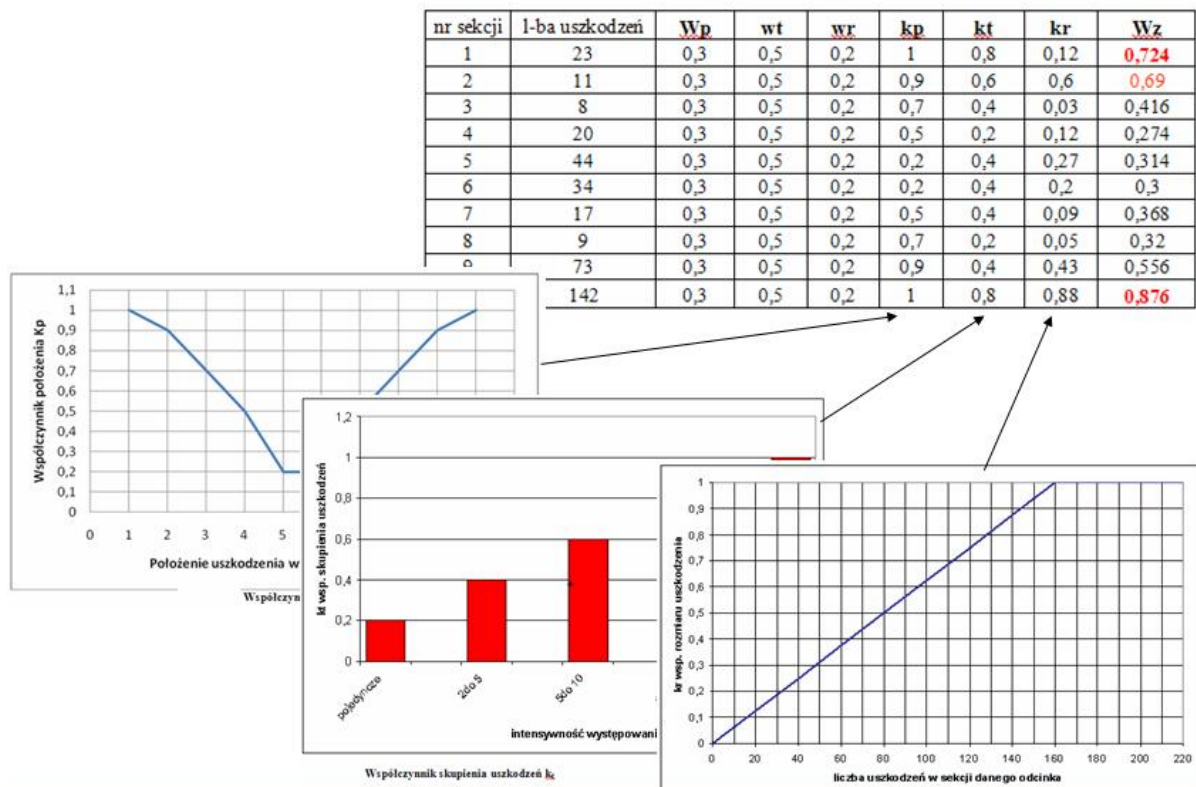


nowoczesnych metod i środków diagnostyki technicznej. Przenośnik taśmowy jest systemem mechatronicznym, czyli urządzeniem transportu poziomego, złożonego z części mechanicznej, elektrycznej i elektronicznej, wykorzystującym nowoczesne technologie informatyczne. Rozwój informatyki w zakresie softwaru i hardware'u stwarza nowe możliwości budowy systemów diagnozowania i monitorowania bardzo złożonych konstrukcji mechatronicznych w tym także taśm z linkami stalowymi. Nowe możliwości diagnostyki i monitorowania stanu związane są z zastosowaniem m.in. sztucznej inteligencji czy logiki rozmytej. Podtrzymanie cech użytkowych można zrealizować poprzez zastosowanie odpowiednich metod i środków diagnostyki technicznej wspomaganych techniką komputerową z wykorzystaniem np. sztucznej inteligencji (Rys. 15), poprzez naprawę wskazanych w wyniku diagnostyki charakterystycznych miejsc taśmy, wymianę zużytych fragmentów taśmy, kształtowanie intensywności zużycia taśmy (np. poprzez zastosowanie logiki rozmytej – Rys. 16) itp.



**Rys. 15** Wykorzystanie sieci neuronowych do rozpoznawania sygnałów (zmiana długości połączenia ( $\Delta L$ ) i odpowiadająca mu zmiana sygnału)

System monitorowania stanu technicznego taśm z linkami stalowymi zabezpiecza przenośnik przed wystąpieniem niespodziewanych uszkodzeń i awarii dzięki rozwiązaniom algorytmicznym, które organizują proces akwizycji, porządkowania i przetwarzania danych pomiarowych. W systemie zastosowano wielokanałowe układy pomiarowe (z inteligentnymi przetwornikami pomiarowymi) współpracujące z czujnikami głowicy segmentowej (Rys.17) oraz łączy integrujące oczyunikowanie z układami wykonawczymi, określającymi sytuacje zagrożeniowe i alarmowe (włącznie z wyłączeniem napędu) lub wspomagającymi klasyfikację stanów zużycia.



Rys. 16 Zastosowanie logiki rozmytej w diagnostyce taśm z linkami stalowymi



Rys. 17 System monitorowania taśm z linkami stalowymi

#### Literatura:

- [1] J. Kwaśniewski, T. Machula: POUŽITIE MAGNETICKÝCH METÓD NA MONITORING STAVU DOPRAVNÝCH PÁSOV S OCEĽOVÝMI KORDAMI, APPLICATION OF MAGNETIC METHODS TO THE MONITORING OF THE CONDITION OF CONVEYOR BELTS WITH STEEL CORDS, XV International Conference INVESTIGATION, PRODUCTION AND USE OF STEEL ROPES, CONVEYERS and hoisting machines, The International Journal of Transport & Logistics BERG Faculty TU Košice, Department of Logistics and Production Systems, Košice, Slovakia ISSN 1451-107X Kosice 7-10 October, 2008.
- [2] J. Kwaśniewski, T. Machula *Badania magnetyczne taśm przenośników z linkami stalowymi* Zeszyty Naukowo-Techniczne Katedry Transportu Linowego AGH Zeszyt nr 36, Zastosowanie stałego pola magnetycznego w aparaturze do badania lin stalowych i w innych przyrządach pomiarowych Kraków 2006.
- [3] J. Kwaśniewski, T. Machula *Diagnostyka taśm z linkami stalowymi*. Transport przemysłowy, nr 4/2006 ISSN 1640-5455 Wyd. Lektorium Wrocław 2006.
- [4] J. Kwaśniewski, Sz. Molski, T. Machula Zgłoszenie patentowe A1 379709 z dnia 16.05.2006, *Sposób eksploatacyjnego monitorowania i lokalizacji uszkodzeń zbrojonej taśmy przenośnika*.

Recenzia/Review: Ing. Nikoleta Husáková, PhD.