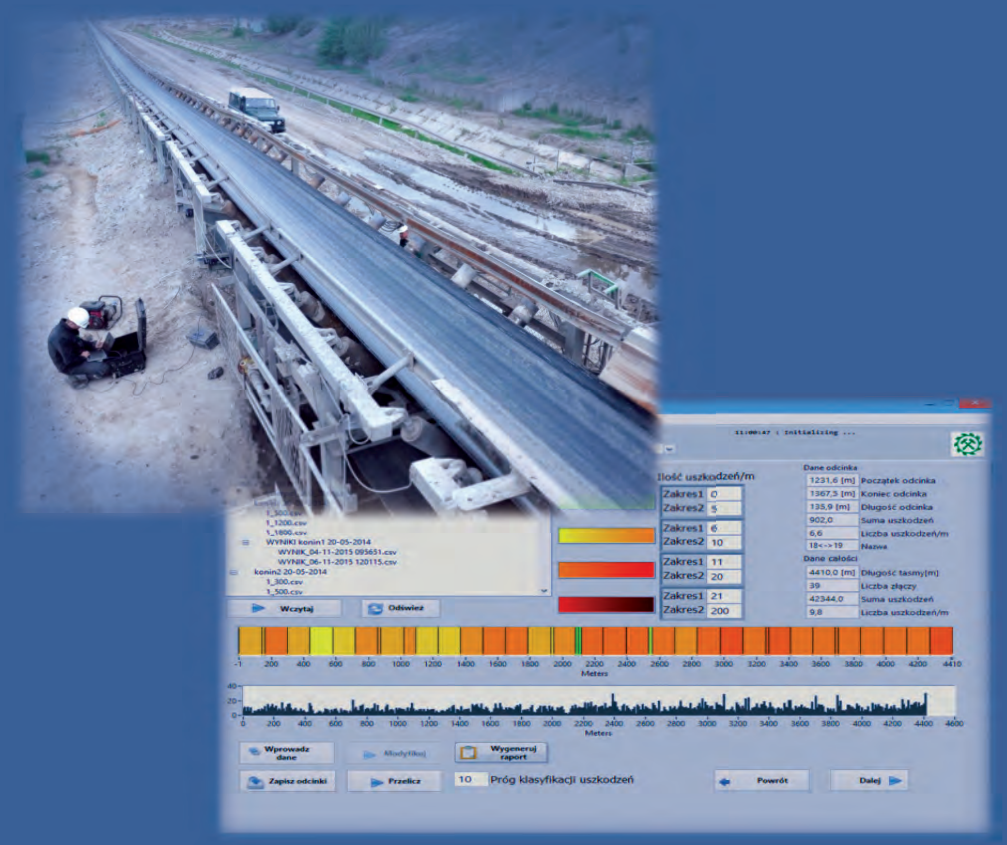
Ryszard Błażej

OCENA STANU TECHNICZNEGO TAŚM PRZENOŚNIKOWYCH Z LINKAMI STALOWYMI



Ryszard Błażej

Ocena stanu technicznego taśm przenośnikowych z linkami stalowymi

Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii
Politechniki Wrocławskiej
Wrocław 2018

Recenzenci
Piotr CHELUSZKA
Lech GŁADYSIEWICZ

Opracowanie redakcyjne i korekta
Paulina HANDTKE

Projekt okładki
Marcin ZAWADZKI

Wszelkie prawa zastrzeżone. Niniejsza książka, zarówno w całości,
jak i we fragmentach, nie może być reprodukowana w sposób elektroniczny,
fotograficzny i inny bez zgody wydawcy i właściciela praw autorskich.

© Copyright by Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii
Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2018

WYDZIAŁ GEOINŻYNIERII, GÓRNICTWA I GEOLOGII
POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
http://www.wggg.pwr.edu.pl
e-mail: wggg@pwr.edu.pl

ISBN 978-83-951536-0-0

Druk i oprawa: beta-druk, www.betadruk.pl

Wielu ludzi wkracza w nasze życie zupełnie przypadkowo.
Niektórzy pojawiają się na kilka dni,
inni niekiedy nawet tylko na kilka godzin.
Nieliczni pozostają z nami na zawsze

Janusz Leon Wiśniewski, *Zbliżenia*,
Wydawnictwo Literackie, 2010

... tym nielicznym dziękuję

Spis treści

1. Wprowadzenie ... 7
2. Przegląd rozwiązań w zakresie urządzeń diagnostycznych taśm przenośnikowych ... 11
3. Metody diagnozowania i oceny stanu technicznego taśm przenośnikowych ... 17
   3.1. Wykorzystanie metody wizyjnej do oceny stanu powierzchni okładek taśmy przenośnikowej ... 18
      3.1.1. Wprowadzenie ... 18
      3.1.2. Metoda wizyjna ... 19
      3.1.3. Stanowisko badawcze ... 30
      3.1.4. Testowanie oprogramowania ... 32
      3.1.5. Testowanie systemu wizyjnego na stanowisku badawczym ... 34
   3.2. Wykorzystanie metody magnetycznej na potrzeby identyfikacji uszkodzeń taśmy przenośnikowej ... 37
      3.2.1. Pole magnetyczne i jego własności ... 38
      3.2.2. Procedura pozyskiwania i przetwarzania danych ... 46
      3.2.3. Badania stanowiskowe ... 58
      3.2.4. Badanie pola magnetycznego wybranych magnesów ... 67
      3.2.5. Kalibracja systemu pomiarowego ... 70
      3.2.6. Badania taśmy na przenośniku testowym ... 76
      3.2.7. System diagnostyki rdzenia taśmy HRDS ... 82
      3.2.8. Docelowa wersja modułu magnetycznego systemu DiagBelt ... 88
   3.3. Metoda wykrywania przecięć wzdłużnych ... 96
      3.3.1. Budowa stanowiska pomiarowego ... 97
      3.3.2. Zasada działania ... 98
      3.3.3. Interfejs modułu do wykrywania rozcięć wzdłużnych taśmy ... 100
   3.4. Metoda oceny zmian profilu poprzecznego i wzdłużnego taśmy – DiagBeltSonic ... 104
      3.4.1. Metoda pomiaru ... 104
      3.4.2. Testowanie urządzenia DiagBeltSonic ... 106
4. Podsumowanie ... 113

Literatura ... 117

Załącznik. Przegląd firm i urządzeń do oceny stanu technicznego rdzenia taśm przenośnikowych ... 125
   Z1. Beltscan Pty Ltd Inc., Australia ... 127
   Z2. CBM Conveyor Belt Monitoring ... 129
   Z3. CBM (Vision Profile System) ... 131
   Z4. Conveyor Belt Technology ... 132
   Z5. Conveyor Technologies Ltd LLC (USA) ... 135
   Z6. INTRON Plus (Introcon) ... 137
   Z7. rEscan Pty Ltd ... 139

Z8. TCK (TCK System) 141
Z9. Veyance Technologies (Goodyear) (System Cord Guard™) 147
Z10. Advanced Imaging Technologies (system Myriad™) 149
Z11. Bridgestone Corporation (system Monitrix) 150
Z12. ContiTech (Conti MultiProtect) 151
Z13. Yellotec (Belt Watch) 156

1. Wprowadzenie

Przenośniki taśmowe są powszechnie stosowane na świecie od ponad dwustu lat. W Polsce ich rozpowszechnienie zawdzięczamy przede wszystkim górnictwu, gdyż tu wraz z rozwojem odkrywkowych kopalń węgla brunatnego i koniecznością przemieszczania ogromnych mas nadkładu i węgla rozpoczęła się ich kariera. Początki były trudne, ponieważ w najstarszych kopalniach węgla brunatnego oraz w kopalniach węgla kamiennego powszechnym rodzajem transportu był transport kolejowy. Dzięki zaletom przenośników taśmowych i działaniom prof. Tadeusza Żura oraz stworzonemu przez niego na Politechnice Wrocławskiej Zakładowi Transportu Kopalnianego (obecnie Zakład Systemów Maszynowych) przenośniki wyparły transport szynowy prawie całkowicie. To tu powstały główne opracowania autorstwa prof. T. Żura, prof. Moniki Hardygóry i prof. Lecha Gładysiewicza związane z przenośnikami taśmowymi: *Przenośniki taśmowe w górnictwie* (Żur 1979), *Przenośniki taśmowe w górnictwie* (Żur, Hardygóra 1996), *Taśmy przenośnikowe* (Hardygóra i. in. 1999), oraz praca *Przenośniki taśmowe: teoria i obliczenia* (Gładysiewicz 2003). O badaniach i zaletach przenośników pisano też na Politechnice Śląskiej (Dolipski i in. 2017; Antoniak 2004), na AGH (Kulinowski 1997) i na Politechnice Lubelskiej (Mazurkiewicz 2011).

Obecnie zarówno w kopalniach węgla brunatnego, jak i kopalniach węgla kamiennego oraz w podziemnych kopalniach rud przenośniki stanowią podstawową formę transportu. Co więcej w niektórych kopalniach wypierają również transport szybowy. Przykładowo w kopalni „Marcel" urobek transportowany jest na powierzchnię przenośnikami zainstalowanymi w upadowej. Plany nowych kopalń oparte są także na tym znacznie tańszym rozwiązaniu. Przenośniki rozpowszechnione są też w innych gałęziach przemysłu, w których istnieje potrzeba przenoszenia ogromnych mas materiałów sypkich na duże odległości, np. w portach, w elektrowniach, hutach, przemyśle cementowym i chemicznym.

Łączna długość zainstalowanych przenośników sięga wielu setek kilometrów. W samym górnictwie węgla brunatnego w Polsce dochodzi ona do 400 km. Rosnące przeładunki w polskich portach towarów masowych również przyczyniają się do rozbudowy składowisk i wydłużenia tras przenośnikowych. Do obsługi każdego portu i terminala towarów masowych ze składowiskami potrzebnych jest kilkanaście kilometrów tras przenośników.

Tak duże rozpowszechnienie przenośniki taśmowe zawdzięczają swoim zaletom, a głównie niskim kosztom jednostkowym transportu (Bugaric i in. 2012). Nie generują też zanieczyszczeń, gdyż korzystają z energii elektrycznej, która jest uważana za źródło ekologiczne, nawet gdy produkowana jest z węgla. Niskie koszty transportu przenośnikami taśmowymi nie oznaczają, że ich projektanci nie odczuwają stałej presji na ich obniżanie. Transport przenośnikowy, oprócz płac, stanowi główne źródło kosztów w górnictwie odkrywkowym. By obniżyć te koszty, wydłuża się trasy przenośników oraz dąży się do redukcji zużycia energii. Koszt taśmy przenośnikowej stanowi do 60% kosztów transportu przenośnikowego (Neumann 2017). Musi być ona wytrzymała, aby przenieść rosnące wraz z długością przenośników obciążenia i charakteryzować się wysoką trwałością (musi być odporna na przebicia oraz na wytarcia) (Xianguo i in. 2018; Andrejiova i in. 2016; Fedorko i in. 2013; 2016). Musi też zapewniać ciągłą pracę systemów transportowych. Wydłużanie tras pojedynczych przenośników oraz rosnąca długość ich ciągów powodują, że stale wzrasta znaczenie zapewnienia ciągłości pracy systemów transportowych. Ciąg przenośników stanowi system szeregowy z punktu widzenia niezawodności. Uszkodzenie każdego podzespołu w każdym przenośniku może doprowadzić do wstrzymania transportu i strat z tym związanych.

W dobie czwartej rewolucji przemysłowej wiele urządzeń mechanicznych można już oczujnikować i przesyłać dane o ich pracy (dane o obciążeniach) i stanie (dane o temperaturze, drganiach itp.) by przeciwdziałać ich awarii. Prowadzenie wymian i napraw awaryjnych na podstawie zebranych danych o stanie technicznym poszczególnych elementów staje się coraz bardziej powszechne (Migdał 2018). Dotyczy to układów napędowych (silników, przekładni, sprzęgieł, wałów, łożysk) oraz bębnów (Bartelmus 2003; Bartelmus, Grabski 2016). Prowadzi się też prace nad diagnostyką krążników (m.in. zespół badawczy prof. Gładysiewicza). Rozwija się też diagnostyka taśm przenośnikowych i ich połączeń (Mazurkiewicz 2006). Zapoczątkowały ją prace Harrisona w latach 70. i 80. XX w. (Harrison 1985). W ostatnim okresie można zauważyć wzmożoną aktywność różnych ośrodków naukowo-badawczych w tym zakresie, również w Polsce (Kwaśniewski 2011; Błażej i in. 2014b).

W dotychczasowych publikacjach o przenośnikach taśmowych zagadnieniom diagnostyki taśm nie poświęcono wiele uwagi. O urządzeniach do diagnostyki (MDR) pisał Bartelmus (Bartelmus 2006). Tematyką gospodarki taśmami zajmowała się Hardygóra (Hardygóra i in. 1999) oraz Jurdziak i Kawalec (Jurdziak, Kawalec 1990; Jurdziak 1998).

Diagnostyka stanu taśm stała się w Polsce aktualna z chwilą zakupu przez KWB Turów systemu EyeQ. Od tego czasu wiele zmieniło się na świecie i w Polsce, dlatego zaistniała potrzeba opisania tej tematyki w osobnej monografii. Ważą się losy nowych kopalń, w których transport ten będzie miał jeszcze większe znaczenie, z uwagi na rosnącą ilość mas do przeniesienia i wydłużające się odległości transportowe (np. rozważa się transport węgla ze Złoczewa do Bełchatowa przenośnikami taśmowymi). Rosnące przeładunki w porcie i problemy z niezawodnością przenośników spowodo-

wały rozwój teoretycznych prac poświęconych ich niezawodności (Kołowrocki 2001). Bez zastosowania diagnostyki stanu taśm zapewnienie niezawodnej pracy przenośników taśmowych będzie znacznie utrudnione. Warto więc zapoznać się z obecną ofertą rynku światowego i krajowego w tym zakresie, aby przyszłe rozwiązania czerpały z najlepszych rozwiązań i były wolne od wad. Żadne urządzenia nie są bowiem doskonałe, tak jak nie są doskonałe taśmy, choć na przestrzeni lat ich trwałość i wytrzymałość wydatnie wzrosły. Nadal są one jednak jednym z najdroższych elementów przenośnika i jednocześnie najbardziej wrażliwym na uszkodzenia. Lepiej jest więc monitorować stan taśm i zapobiegać awariom niż ponosić koszty postojów awaryjnych i strat z nimi związanych (Jurdziak, Zimroz 2004).

Koszt urządzeń diagnostycznych szybko się zwraca nawet, gdy nadzwyczajne straty nie występują, gdyż naprawianie zidentyfikowanych uszkodzeń wydłuża czas pracy taśm, a ich zdjęcie w odpowiednim momencie (przed nadmiernym zużyciem) umożliwia ich kilkukrotną regenerację. Korzyści może tu odnieść również firma serwisująca taśmy, ponieważ diagnostyka stanu technicznego taśm przed regeneracją zmniejszy ilość taśm odpadowych, oszczędzi energię zużywaną na niepotrzebne frezowanie okładek oraz zwiększy przychody z regeneracji (Błażej, Jurdziak 2016; Jurdziak, Błażej 2016).

Monografia powstała w wyniku wieloletniej praktyki autora w dziale diagnostyki bezinwazyjnej taśm przenośnikowych. Zawartość pracy stanowi prezentację rozwiązań w zakresie detekcji uszkodzeń okładek i linek nośnych (metoda wizyjna i magnetyczna), automatycznej oceny stanu taśmy oraz wykrywania rozcięć wzdłużnych taśm przenośnikowych (DiagBelt). Najnowszym elementem oceny stanu taśmy jest zaprezentowany system pomiaru grubości taśmy DiagBeltSonic.