

# OPŁACALNOŚĆ REGENERACJI TAŚM I ICH DIAGNOSTYKI

w świetle gospodarki obiegu zamkniętego oraz pełnego i efektywnego wykorzystania zasobów

Ryszard Błazej, Leszek Jurdziak, Agata Kirjanów-Błazej, Tomasz Kozłowski  
Mirostław Bajda, Dominika Olchówka, Aleksandra Rzeszowska

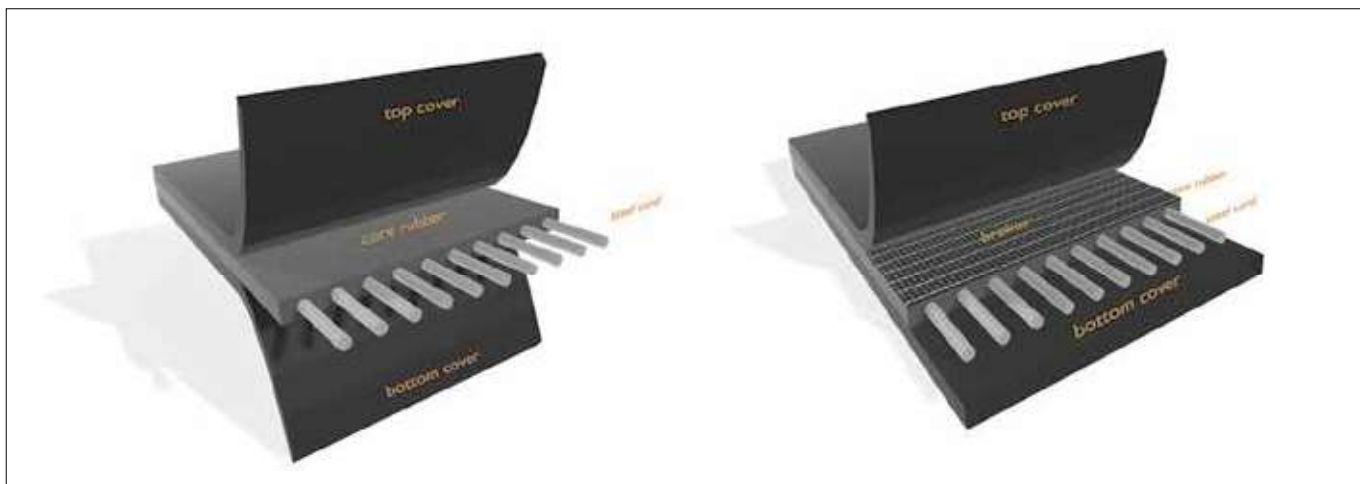
W dobie rosnących cen taśm przenośnikowych oraz przerwanych łańcuchów dostaw komponentów do ich produkcji, czas oczekiwania na duże ilości taśm może zaskoczyć użytkowników. Zagrożenie stratami produkcyjnymi z powodu postojów można zredukować wdrażając politykę wymian predykcyjnych w oparciu o zdiagnozowany ich stan z regeneracją demontowanych taśm.

Regeneracja taśm staje się coraz bardziej popularna, gdyż posiadanie odcinków taśm w różnych fazach ich regeneracji wydatnie skraca czas oczekiwania na dostawę, zmniejszając zagrożenie stratami produkcyjnymi z powodu braku taśmy na wymianę. Powtórne wykorzystywanie rdzenia taśmy zgodne jest z zasadami ekonomii obiegu zamkniętego (*circular economy*). W dobie szeroko rozwiniętych systemów diagnostycznych możliwe jest właściwie bieżące kontrolowanie stanu technicznego obiektu i podejmowanie decyzji o kierowaniu go do regeneracji. Do pełnej oceny stanu technicznego taśmy przenośnikowej niezbędna jest wiedza doty-

cząca stanu jego rdzenia (rozkładu uszkodzeń i ich intensywności) oraz znajomość jej grubości na całej powierzchni taśmy (a nie tylko w kilku punktach).

Do regeneracji kieruje się głównie taśmy z rdzeniem z linkami stalowymi. Badanie stanu rdzenia taśm tekstylnych jest bardziej kosztowne, a same taśmy – tańsze i mniej trwałe, więc opłacalność diagnostyki rdzenia jest dużo mniejsza. Taśm tekstylnych obecnie właściwie się nie regeneruje, co dodatkowo obniża opłacalność diagnostyki ich rdzenia.

Do oceny stanu technicznego rdzenia taśmy z linkami stalowymi można wykorzystać metody magnetyczne, używane i rozwijane na Politechnice Wrocławskiej w systemie DiagBelt i DiagBelt+ dla PGE GiEK SA O. KWB Bełchatów. Obraz stanu uszkodzeń rdzenia powinien zostać uzupełniony o pomiar grubości taśmy na całej powierzchni. Metodą ultradźwiękową zastosowaną w systemie BeltSonic można zmierzyć grubość taśm wszystkich rodzajów i typów, w tym tekstylnych.



**RYS. 1**  
Budowa taśmy przenośnikowej z linkami stalowymi bez brekera (po lewej) oraz z brekerem (po prawej)

### Taśmy przenośnikowe

Szeroko stosowane w przemyśle taśmy przenośnikowe można podzielić na dwie główne kategorie: z rdzeniem z linkami stalowymi (o większej wytrzymałości) oraz z rdzeniem tekstylnym. Budowę taśmy przenośnikowej typu St przedstawia schematycznie rysunek 1.

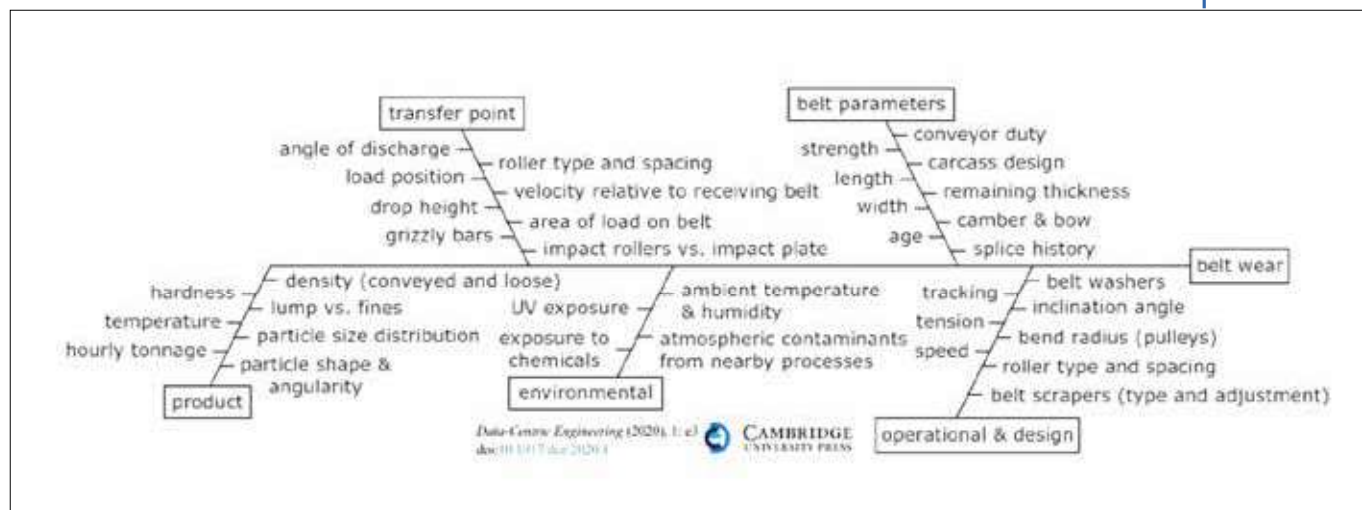
Taśma przenośnikowa to jeden z najdroższych elementów przenośnika taśmowego, poddawany intensywnym siłom i procesom powodującym degradację. Należą do nich uszkodzenia katastroficzne, takie jak przecięcia wzdłużne i zerwania połączeń oraz ciągłe procesy zmęczeniowe [1] i wszechobecne na trasie i wielu punktach procesy tarcia. Każdy jej fragment podlega również cyklicznemu procesowi niszczenia okładek i rdzenia poprzez liczne uderzenia urobku w miejscu nadawy czy na przesypach. Odcinki taśm i połączenia w pętli tworzą system szeregowy (z punktu widzenia teorii niezawodności) i uszkodzenie każdego z elementów tego systemu powoduje awarię i postój wszystkich przenośników w całym ciągu [2]. Kluczowe przenośniki są więc często rezerwowane, by awarie nie powodowały przestojów i strat produkcyjnych.

Zagadnienia diagnostyki taśm i predykcijne wymiany w oparciu o zdiagnozowany stan odcinków i połączeń w celu regeneracji mogą te zagrożenia istotnie obniżyć.

Zużycia taśm przenośnikowych nie da się uniknąć. Można jednak ten proces istotnie spowolnić. W tym celu należy poznać wszystkie czynniki mające wpływ na tempo zużywania taśmy [3, 4], takie jak: parametry taśmy, konstrukcja przesypu [5, 6], parametry transportowanego materiału [7], parametry przenośnika [8] i warunki pracy oraz intensywność użytkowania, w tym ilość i energia spadających brył urobku w punktach nadawy [9, 10]. Na rysunku 2 przedstawiono je w postaci diagramu Ishikawy, wiążącego przyczyny ze skutkiem (zużycie taśmy – wear), grupującego czynniki powodujące zużycie taśmy w grupy powiązane: z taśmą (*belt parameters*), przesypami (*transfer points*), transportowanym materiałem (*product*), warunkami środowiska pracy (*environmental*), funkcjonowaniem i budową przenośnika (*operational & design*) [11].

Na Politechnice Wrocławskiej, w wyniku realizacji dwóch finansowanych przez NCBiR projektów (projekt LIDER X no. 0227/L-10/2018 [12] oraz projekt POIR.01.01.01-00-1194/19-00 [13]), powstały dwa systemy

**RYS. 2**  
Diagram Ishikawy – czynniki wpływające na zużywanie się taśm przenośnikowych [11]



RYS. 3

System DiagBelt  
(diagnostyka  
rdzenia, po lewej)  
oraz system  
BeltSonic (pomiar  
grubości taśmy,  
po prawej) – schemat  
instalacji na taśmie  
przenośnikowej



diagnostyczne pozwalające na ocenę stanu technicznego taśm przenośnikowych bez ingerowania w strukturę badanego obiektu (non-destructive testing).

### Systemy diagnostyczne

Do oceny stanu technicznego taśm przenośnikowych i podjęcia decyzji o konieczności regeneracji taśmy przenośnikowej niezbędna jest informacja zarówno o stanie rdzenia taśmy przenośnikowej, jak i o grubości jej okładek. Rozwijany na Politechnice Wrocławskiej system diagnostyczny DiagBelt wykorzystuje metodę magnetyczną do oceny stanu technicznego rdzenia z linkami stalowymi, a system określany akronimem BeltSonic używa metody pomiaru różnicowego do wyznaczenia grubości mierzonego obiektu. Oba te systemy instalowane są wokół przemieszczającej się taśmy przenośnikowej (jak przedstawia rysunek 3). System do diagnostyki rdzenia taśmy przenośnikowej (DiagBelt) wymaga instalacji magnesów (na rysunku oznaczone kolorem niebieskim) oraz głowicy pomiarowej (na rysunku oznaczona kolorem zielonym). System BeltSonic posiada dwie głowice pomiarowe zainstalowane równolegle do siebie, po obu stronach taśmy przenośnikowej (na rysunku oznaczone kolorem purpurowym).

System BeltSonic służy do pomiaru grubości i oceny zmian profilu poprzecznego i wzdłużnego taśm przenośnikowych różnego typu. Działanie systemu bazuje na idei pomiaru różnicowego. Nad i pod badanym obiektem umiejscowione są głowice pomiarowe, na których zainstalowano czujniki ultradźwiękowe,

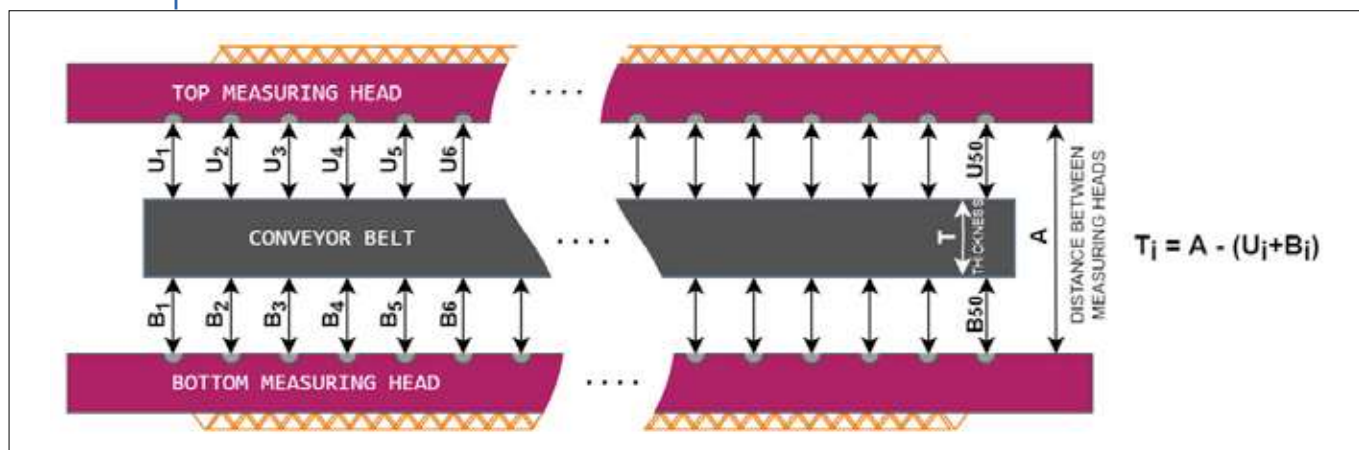
wyznaczające odległość czujnika do przeszkody (tutaj okładki taśmy przenośnikowej). Znając odległość między głowicami oraz odczyt obu czujników, można jednoznacznie określić grubość badanego obiektu (rysunek 4). Opis działania systemu oraz jego parametry konstrukcyjne zostały dokładnie opisane w pracy [14].

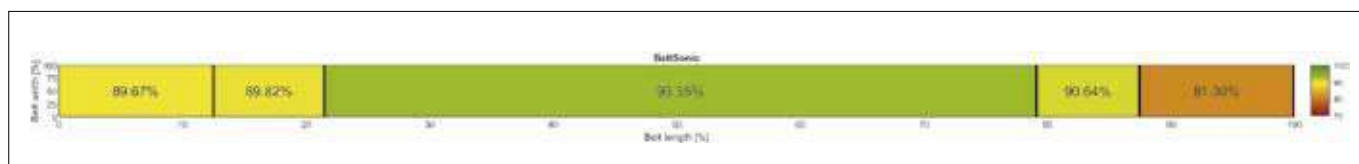
Pomiar za pomocą systemu BeltSonic pozwala określić średnią i minimalną wartość grubości badanego odcinka taśmy, a także wskazać procentowy ubytek powierzchni przekroju i objętości. Pomiaru wykonywane w odstępie czasowym pozwalają określić tempo wcierania się taśmy. Odpowiednia analiza wyników poszczególnych odcinków (lub krótszych fragmentów taśmy przenośnikowej) oraz odniesienie grubości zmierzonej do grubości nominalnej taśmy przenośnikowej umożliwiają uzyskanie obrazu zużycia poszczególnych odcinków badanego obiektu. Na rysunku 5 przedstawiona została przykładowa mapa miary wytarcia taśmy (średni procentowy ubytek pierwotnej grubości taśmy obliczony dla całej powierzchni odcinka pomiędzy połączeniami) rozwiniętej pętli taśmy składającej się z pięciu odcinków.

System DiagBelt+ działa na takiej samej zasadzie jak stosowany do tej pory system DiagBelt [15]. Wykrywa i rejestruje zmiany pola magnetycznego, które występują w miejscu złącza taśmy [16] lub w miejscach uszkodzenia rdzenia taśmy [17, 18]. Do najczęstszych uszkodzeń należy korozja linek, przecięcie linek lub ich brak na danym odcinku taśmy. System składa się z głowicy pomiarowej (w której zainstalowane są cewki odczytujące zmianę pola

RYS. 4

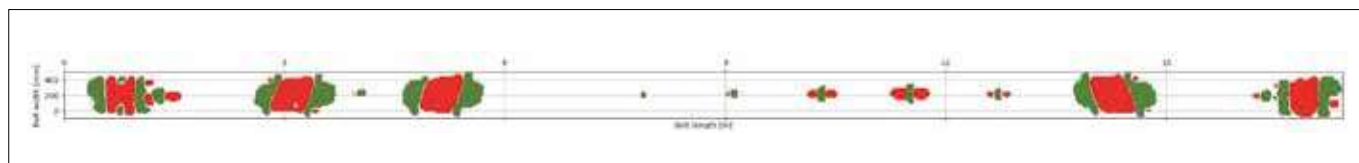
Pomiar różnicowy  
w systemie  
BeltSonic





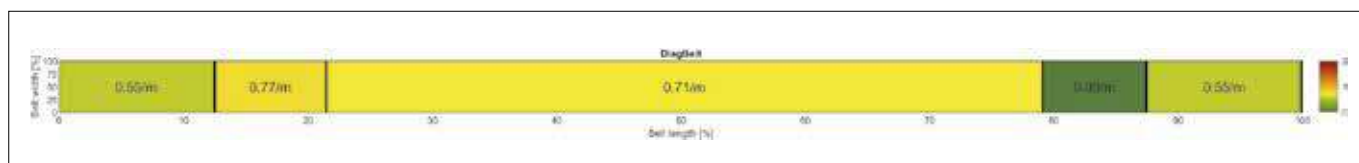
RYS. 5

Mapa pętli taśmy przenośnikowej z odcinkami – ocena procentowego ubytku względem pierwotnej grubości odcinka taśmy przenośnikowej – system BeltSonic



RYS. 6

Wizualizacja danych pomiarowych – system DiagBelt



RYS. 7

Mapa zagregowanej miary zużycia (tu średnia gęstość uszkodzeń na 1 mb dla całego odcinka taśmy) dla rozwiniętej pętli taśmy – ocena stanu technicznego rdzenia taśmy przenośnikowej – obraz z systemu DiagBelt

magnetycznego), dwóch listew magnesu stałego, służących do namagnesowania rdzenia, tachometru oraz modułu akwizycji danych. Działanie systemu zostało opisane w pracy [15, 19].

Obraz uszkodzeń uzyskany dzięki pomiarom wykonanym systemem DiagBelt+ (lub wcześniej systemem DiagBelt) pozwala ocenić stopień uszkodzenia rdzenia taśmy oraz zweryfikować poprawność wykonania złącza i jego stan techniczny. Poprzez liczbę uszkodzeń i ich gęstość przypadającą na dany odcinek taśmy oraz charakterystykę uszkodzeń (ich kształt i przynależność do poszczególnych kategorii) można określić, który fragment taśmy wymaga naprawy. Na rysunku 6 przedstawiono sygnały zarejestrowane przez system DiagBelt+, na podstawie których następnie wykonywana jest analiza uszkodzeń.

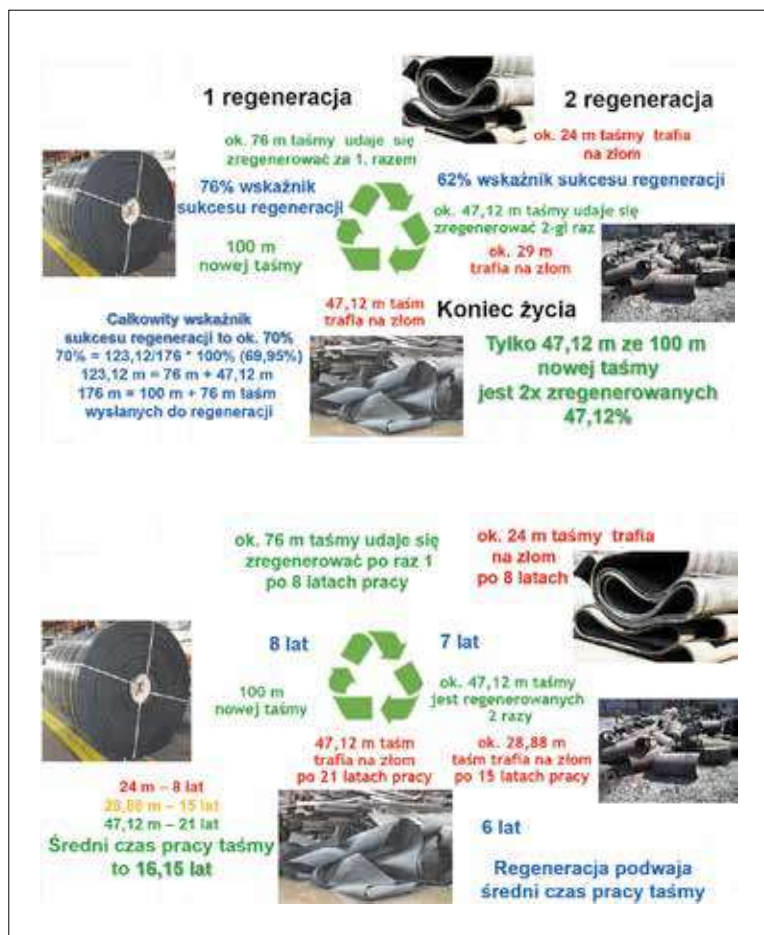
Częścią składową systemu diagnostycznego jest komputerowy program, który na podstawie danych pomiarowych generuje raport wspomagający ocenę stanu technicznego badanego obiektu. Wśród wielu możliwych do odczytania wielkości i rysunków (liczba uszkodzeń, liczba złączy, długość taśmy), system rysuje mapę badanej taśmy przenośnikowej z uwzględnieniem wszystkich odcinków pętli taśmy, na którym można wizualnie ocenić stan danego odcinka, ponieważ kolor na mapie odpowiada gęstości uszkodzeń. Przykład mapy możliwej do uzyskania z systemu przedstawia rysunek 7.

### Rosnące znaczenie diagnostyki taśm

Zawirowania na rynkach światowych powodujące wzrost cen nowych taśm przenośnikowych oraz długie okresy ich dostaw powodują, że użytkownicy

przykładają większą dbałość do ich użytkowania i muszą planować wymiany taśm z większym wyprzedzeniem [20]. Konieczne staje się opracowanie strategii napraw i prewencyjnych wymian taśm [21], by czas oczekiwania na ich wymianę nie spowodował przestojów produkcyjnych, a użytkownik nie był zaskoczony koniecznością poniesienia dużego wydatku na zapewnienie ciągłości pracy systemu transportowego. Właśnie dlatego rośnie znaczenie korzystania z diagnostyki taśm pozwalającej dokonać nie tylko inwentaryzacji bieżącego stanu odcinków i ich połączeń w pętlach zamontowanych na przenośnikach [22, 23], ale również na określenie optymalnych momentów dokonania wymian fragmentów najbardziej zużytych i zagrożonych awarią. Takie możliwości, w połączeniu z możliwością skorzystania z regeneracji zużytych odcinków taśm [24] (a jej popularność znowu rośnie), pozwala istotnie wydłużyć okres użytkowania taśm bez konieczności zakupu nowych. Strategia napraw i wymian predykcyjnych odcinków taśm w oparciu o zdiagnozowany ich stan nie tylko istotnie zmniejsza koszty bieżącego użytkowania przenośników z uwagi na zwiększenie trwałości taśm, lecz pozwala również na planowanie wymiany z dużym wyprzedzeniem, bez narażania firmy na niespodziewane wydatki i straty spowodowane nieplanowanymi postojami.

Cykliczne skanowanie taśm w celu określenia stanu linek w rdzeniu (DiagBelt) oraz określenie grubości taśmy na całej jej powierzchni i stanu obrzeży (BeltSonic) umożliwia nie tylko określenie bieżącego stanu (wskazanie fragmentów wymagających bieżących napraw), lecz również nieliniowego tempa zachodzących w nich zmian i predykcję momentu



RYS. 8

Ilustracja obiegu zamkniętego zakupu i wymian taśm w celu ich dwukrotnej regeneracji z uwzględnieniem wpływu zmian wskaźnika sukcesu regeneracji (u góry) i spadku czasu pracy taśmy do i po regeneracjach (u dołu) na długości regenerowanych i złomów

osiągnięcia stanu kwalifikującego taśmę do wymiany w przyjętej strategii wymian. Dobre prognozy momentów i długości wymienianych taśm pozwalają również na ich zakupy bez presji przymusu, co wzmacnia pozycję negocjacyjną przy zakupie i daje możliwość obniżenia ceny. Rozpoczęcie regularnej diagnostyki taśm jest opłacalne.

### Hipotetyczne obliczenia efektów ekonomicznych spowodowanych wdrożeniem diagnostyki

W celu ilustracji korzyści z diagnostyki przedstawimy hipotetyczne obliczenia efektów ekonomicznych spowodowanych wdrożeniem diagnostyki powodujących wzrost czasu pracy o 10% oraz wzrost wskaźnika sukcesu regeneracji z 70% do 76%. Przedstawione dane obrazują politykę wymiany taśm z dwukrotną regeneracją wszystkich demontowanych zużytych taśm dla hipotetycznej kopalni eksploatującej 100 km taśm. Przyjmijmy, że nowe taśmy po okresie eksploatacji wynoszącym 8 lat udaje się zregenerować w 76%. Taśmy po pierwszej regeneracji wymienia się po 7 latach (87,5% czasu pracy nowej taśmy) i udaje się z sukcesem zregenerować zaledwie 62%. Taśmy po drugiej regeneracji użytkowane są kolejne 6 lat (75% czasu pracy nowej taśmy) i potem złomowane (poddawane utylizacji). Rdzeń taśm regenerowanych dwukrotnie jest więc eksploatowany

łącznie przez 21 lat (= 8+7+6 lat). Niestety tylko 47,12% (= 76%·62%) nowych taśm udaje się zregenerować dwa razy. Całkowity wskaźnik sukcesu regeneracji (stosunek długości taśmy zregenerowanej do długości taśm wysłanej do regeneracji) wynosi więc ok. 70%. Obliczymy go dla hipotetycznego odcinka taśmy nowej o długości 100 m, który kopalnia zakupiła i użytkuje, prowadząc dwukrotną regenerację wszystkich demontowanych taśm. Długość taśmy z tego odcinka, wysłanej do regeneracji, wynosi 176 m (= 100 m zużytej taśmy nowej + 76 m taśmy po pierwszej regeneracji). Z sukcesem udaje się jednak zregenerować jedynie 123 m (= 76 m zużytych taśm nowych + 47,12 m zużytych taśm po 1. regeneracji). Wskaźnik sukcesu regeneracji to więc 69,95% (= 123,12 m / 176 m).

Jaką średnią trwałość osiągamy, prowadząc politykę dwukrotnej regeneracji? Aby znaleźć odpowiedź na to pytanie, trzeba przeanalizować, jak długo pracował rdzeń taśmy każdej z części 100-metrowego odcinka nowej taśmy. Skoro wskaźnik sukcesu regeneracji zużytych taśm nowych wynosi 76%, to 24 m było eksploatowane tylko 8 lat. To część taśmy, której nie udało się zregenerować z sukcesem, gdyż jej rdzeń był zbyt zużyty. Z 76 m taśmy poddanej regeneracji i dalej użytkowanej, po jej demontażu udaje się zregenerować 62%. Oznacza to, że 28,88 m trafia na złom po przepracowaniu 15 lat (= 8 + 7 lat). Reszta (47,12 m) pracuje kolejne 6 lat i jest złomowana po 21 latach. Średni czas pracy w tej polityce wymian i regeneracji wynosi więc 16,15 lat. Polityka dwukrotnej regeneracji podwaja więc okres użytkowania (rysunek 8).

Roczny koszt eksploatacji 1 mb nowej taśmy to ok. 150 zł/rok (= 1 200 zł/mb / 8 lat). Średni ważony koszt eksploatacji 1 mb taśmy regenerowanej tylko raz wynosi więc 120 zł/mb (= [1 200 zł/mb + 600 zł/mb] / 15 lat), a po dwukrotnej regeneracji 114,29 zł/mb (= [1 200 zł/mb + 2 · 600 zł/mb] / 21 lat). Założono, że koszt regeneracji to 50% ceny zakupu nowej taśmy (1 200 zł/mb) i wynosi 600 zł/mb niezależnie od tego, czy regenerujemy taśmę pierwszy raz, czy po raz drugi. Widać więc, że koszt rocznej eksploatacji taśm regenerowanych dwukrotnie znacznie spada w stosunku do taśm nowych, do 76,19% kosztów eksploatacji taśmy nowej, a po pierwszej regeneracji – do 80%. Oszczędności wynikające z regeneracji są więc znaczne pomimo założenia, że taśmy jednokrotnie regenerowane pracują krócej o 12,5% w stosunku do taśm nowych, a taśmy dwukrotnie regenerowane – aż o 25%. Średni roczny koszt użytkowania 1 mb taśm w polityce dwukrotnej regeneracji jest jednak wyższy, gdyż należy uwzględnić straty w regeneracji (wskaźnik regeneracji nie wynosi 100%, lecz odpowiednio 76% i 62%). Średni ważony koszt użytkowania 1 mb taśm z uwzględnieniem niepełnej regeneracji demontowanych taśm to 124,51 zł/mb. Ze 100 m odcinka taśmy nowej 24 m nie udało się zregenerować i koszt eksploatacji 24 m taśm wynosił 150 zł/mb/rok, 28,88% zregenerowano tylko raz i koszt ich eksploatacji wyniósł 120 zł/mb/rok (28,88 m taśm

nie udało się zregenerować drugi raz), a jedynie 47,12% udało się zregenerować dwukrotnie, co obniżyło koszty ich eksploatacji do 114,29 zł/mb/rok. Średni ważony koszt eksploatacji kosztował więc kopalnię 124,5 zł/mb i był niższy o 17% w stosunku do kosztów eksploatacji taśm nowych (150 zł/mb/rok).

W analizie opłacalności przyjęto malejące trwałości taśm i wskaźniki sukcesu w regeneracji po kolejnych demontażach taśm nowych i regenerowanych tylko raz. Przyjęto też stosunkowo niski poziom wskaźnika sukcesu regeneracji 76% dla regeneracji zużytych taśm nowych i 62% dla zużytych taśm po pierwszej regeneracji. Przyjęto też pesymistyczne spadki trwałości po kolejnych regeneracjach (odpowiednio o 12,5% i o 25% po pierwszej i drugiej regeneracji). Przeprowadzonym szacunkom trudno więc zarzucić nadmierny optymizm. Firmy regenerujące taśmy uważają, że po regeneracji mogą one osiągnąć taki sam czas pracy jak nowa taśma. Przyjęte pesymistyczne założenia zwiększają więc wiarygodność uzyskiwanych znaczących efektów ekonomicznych. Okazuje się, że szacowane oszczędności wynoszą ok. 25,5 zł/mb/rok. Na każde 100 km użytkowanych taśm daje to łączne oszczędności rzędu 2,5 mln zł rocznie, a w kopalniach węgla brunatnego zainstalowanych do niedawna było ok. 500 km taśm. Roczne oszczędności sięgały więc kilkunastu milionów złotych rocznie. Należy pamiętać, że rozpoczęcie badań diagnostycznych nie tylko pozwala zinwentaryzować stan wszystkich odcinków i połączeń, ale także wydłużyć trwałość lub przynieść dodatkowe oszczędności z wdrożenia regeneracji zwiększając istotnie wskaźniki sukcesu w jej prowadzeniu. Przede wszystkim redukuje jednak zagrożenie niespodziewaną awarią i wymianą taśmy na nową w trybie awaryjnym oraz konsekwencjami poniesienia strat z tytułu postępu i/lub oczekiwania na dostawę nowej taśmy.

\*\*\*

Liczne badania przeprowadzone z użyciem systemu diagnostycznego DiagBelt, wykonywane nie tylko w laboratorium, ale także w warunkach przemysłowych pokazały, że do uzyskania informacji o stanie taśmy dobrze nadaje się magnetyczny system pomiarowy przedstawiający dwuwymiarowy obraz stanu rdzenia taśmy i połączeń taśm z rdzeniem z linkami stalowymi. Uzyskany obraz może być łatwo analizowany w celu wykrycia niebezpiecznych koncentracji uszkodzeń i wskazania fragmentów taśmy do wymiany. Wbudowane algorytmy cyfrowego przetwarzania sygnałów odczytanych z cewek pomiarowych pozwalają na opracowanie pełnej statystyki uszkodzeń oraz wygenerowanie różnych, zagregowanych miar uszkodzeń – takich jak gęstość i powierzchnia uszkodzeń. Porównanie kilku skanów taśmy wykonanych w różnym czasie pozwala ocenić tempo zachodzących w niej zmian [25, 26]. Pomiędzy kolejnymi pomiarami pojawiają się bowiem nowe uszkodzenia, a istniejące wcześniej powiększają się. Intensywność powstawania uszkodzeń nie jest

liniowa, a w jednostce czasu przy tej samej wydajności i tym samym strumieniu transportowanego materiału pojawia się coraz więcej poważnych uszkodzeń. Trwają prace nad wbudowaniem mechanizmów nieliniowych predykcji pozostałego czasu pracy taśmy oraz automatycznej kwalifikacji różnych rodzajów uszkodzeń na podstawie ich obrazu 2D, z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych (sztucznej inteligencji) [17, 27].

W ramach projektu LIDER X zbudowane zostało pierwsze w Polsce mobilne urządzenie do ciągłego pomiaru grubości taśmy w trakcie jej pracy oraz oceny jej profilu poprzecznego i wzdłużnego. Dzięki uzyskanym danym pomiarowym możliwe jest nie tylko wyznaczanie grubości lub profilu, ale także wykrycie niektórych uszkodzeń (widocznych jako odkształcenie okładki). Zaletą urządzenia jest możliwość określania grubości taśmy przenośnikowej niezależnie od jej rodzaju – systemem BeltSonic można bowiem mierzyć grubość taśmy na całej powierzchni niezależnie od konstrukcji jej rdzenia, co pozwala na stosowanie urządzenia zarówno dla taśm z rdzeniem z linkami stalowymi (co wydatnie uzupełnia obraz uszkodzeń linek w rdzeniu danymi o wytarciach okładek i obrzeży), jak i taśm przekładkowych z rdzeniem tekstylnym.



## Wykorzystanie zaprezentowanych systemów pomiarowych daje pełny obraz stanu technicznego badanej taśmy przenośnikowej

Wykorzystanie obu zaprezentowanych systemów pomiarowych (systemu DiagBelt do wykrywania uszkodzeń rdzenia taśmy przenośnikowej oraz systemu BeltSonic do pomiaru grubości taśmy przenośnikowej) daje pełny obraz stanu technicznego badanej taśmy przenośnikowej oraz pozwala na określenie tempa zmian ich stanu w trakcie kilku cyklicznych pomiarów. Dzięki temu można wdrożyć predykcyjną wymianę taśm w oparciu o zdiagnozowany ich stan w dowolnej strategii prewencyjnych wymian. W czasach różnych zawirowań na rynku taśm, powodujących wzrost ich cen, trudności z dostawami komponentów do ich produkcji oraz wydłużonych okresów dostaw, wdrożenie diagnostyki taśm jest wyjątkowo opłacalne, zwłaszcza gdy połączymy jej wdrożenie z regeneracją. Chcąc uniknąć kłopotów z zapewnieniem ciągłej produkcji systemów transportowych, warto wdrożyć politykę wymiany predykcyjnych fragmentów zużytych taśm w oparciu o zdiagnozowany ich stan, w celu skierowania ich do regeneracji. Wszystko wskazuje, że roczne oszczędności z jej wdrożenia powinny pokryć koszty z tym związane.

*Literatura dostępna w redakcji*