

Ocena trwałości zmęczeniowej połączeń taśm wieloprzekładkowych wykonanych metodą klejenia na zimno

Evaluation of fatigue durability of multi ply conveyor belt splices made by cold vulcanization

Mirosław Bajda, Ryszard Błazej, Andrzej Polniak

W artykule przedstawiono ocenę trwałości zmęczeniowej połączeń taśm tkaninowych czteroprzekładkowych wykonanych metodą klejenia na zimno. Ocenę przeprowadzono w oparciu o uzyskane wyniki badań wytrzymałości adhezyjnej między przekładkami taśm tkaninowych typu EP1000/4.

Taśmy przenośnikowe tkaninowe wieloprzekładkowe są powszechnie stosowane w transporcie urobku zwłaszcza w górnictwie podziemnym. Produkowane są w odcinkach, a następnie łączone metodą klejenia na zimno na przenośniku w jedną pętlę. Złącza te stosowane są w kopalniach podziemnych, w których z uwagi na zagrożenia pożarowe i wybuchowe [1] oraz warunki komunikacyjne utrudnione jest, a często wręcz niemożliwe stosowanie technologii wulkanizacji „na gorąco”.

Od wytrzymałości i trwałości pojedynczego połączenia zależy wytrzymałość całej pętli taśm na przenośniku. Przy stosowaniu połączeń tego typu pojawia się poważne zagrożenie w postaci zwiększonej ich awaryjności [2, 3]. Pętle taśm ulegają często awariom co generuje straty finansowe. To z kolei wpływa na niezawodność transportu i koszty eksploatacji przenośnika [4].

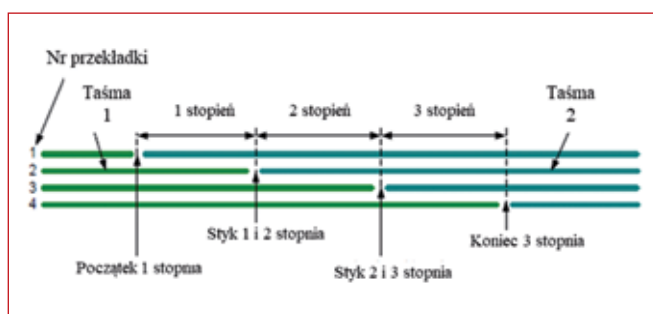
Dzięki oryginalnym metodom badawczym [5] zmierzono trwałość zmęczeniową połączeń wykonanych metodą klejenia na zimno. Zbadano również wytrzymałość adhezyjną pomiędzy tkaninowymi przekładkami w rdzeniu taśmy, jak również w spoinie klejowej połączenia. Uzyskane wyniki badań adhezji pozwoliły na określenie jej wpływu na trwałość zmęczeniową połączeń.

Badania laboratoryjne

Metoda badań laboratoryjnych trwałości zmęczeniowej połączeń nie jest znormalizowana. Dlatego badania te wykonano, opierając się na metodzie badawczej, opracowanej w Laboratorium Transportu Taśmowego w ramach realizacji projektu badawczego [6]. Badanie wytrzymałości adhezyjnej między elementami taśmy przenośnikowej z rdzeniem tekstylnym wykonano zgodnie z obowiązującą normą [7].

Przedmiot badań

Przedmiotem badań trwałości zmęczeniowej połączeń jest sześć połączeń wykonanych metodą klejenia na zimno, które zostały wykonane według schematu pokazanego na rys. 1. Połączenia wykonano przy zastosowaniu trzech różnych klejów chemoutwardzalnych i dwu taśm tkaninowych czteroprzekładkowych typu EP1000/4. Taśmy te służą do transportu urobku w kopalniach węgla kamiennego. Są to taśmy trudnopalne. Zbadano wytrzymałość na rozciąganie taśm oraz rozwarstwianie pomiędzy przekładkami w rdzeniu. Wyniki badań zapisano w tabeli 1. Z każdej taśmy wykonano po trzy połączenia, używając trzech różnych klejów. Połączenia wykonano jako 3-stopniowe o długości całkowitej 750 mm – każdy stopień o długości 250 mm. Długość całkowita próbek wynosiła 1150 mm: długość połączenia 750 mm plus 200 mm taśmy po każdej stronie. Szerokość złącza 400 mm.



Rys. 1 Schemat konstrukcyjny złącza zakładkowego taśmy czteroprzekładkowej

Technologia wykonania połączeń ma duży wpływ na ich właściwości wytrzymałościowe. Takie operacje, jak schodkowanie przekładek, oczyszczanie ich z gumy frykcyjnej i warunki wulkanizacji, mogą powodować wady, które obniżą wytrzymałość złącza. W celu wyeliminowania takich ewentualności złącza przygotowywano niezwykle starannie w warunkach laboratoryjnych. Końcówki łączonych taśm pokrywane były czterokrotnie warstwą kleju. Przed położeniem pierwszej warstwy kleju łączone powierzchnie aktywowane były ręcznie, tak by nie uszkodzić

tkaniny przekładek. Po sklejeniu połączenie było ręcznie rolowane, a następnie przez minimum 4 godziny obciążane na całej powierzchni, w celu zapewnienia optymalnej „sklejności”. Z każdego połączenia wycięto:

- dwie próbki o wymiarach: (50×1150) mm do badań zmęczeniowych,
- trzy próbki o wymiarach (25×200) mm do badania adhezji. Wycięto po jednej próbce z każdego stopnia złącza,
- trzy próbki o wymiarach (30×250) mm do badania wytrzymałości na ścinanie spoiny klejowej. Wytrzymałość na ścinanie spoiny klejowej zbadana została na stopniu środkowym (drugi stopień).

Metoda badania trwałości zmęczeniowej połączeń

Badania zmęczeniowe połączeń wykonano na maszynie dynamicznej, przyjmując następujące parametry badań:

- temperatura spoiny klejowej nie przekracza 23±2 °C, dlatego badania wykonano w klimatyzowanym pomieszczeniu o temperaturze 19-21 °C,
- obciążenia rozciągające – dolne obciążenie odpowiadające 5%, a górne 20% wytrzymałości rzeczywistej taśmy, częstotliwość rozciągania złącza – 0,3 Hz.

Badania zostały przeprowadzone w ten sposób, że odpowiednio przygotowane próbki złączy mocowano w szczękach maszyny dynamicznej, obciążano cyklicznie (0,3 Hz) siłą powodującą naprężenia w taśmie o wielkości

być pobrane zarówno z taśmy, jak i ze złącza, rozwarstwia się na odcinku nie mniejszym niż 100 mm. Prędkość rozwarstwiania wynosi 100 mm/min. Średnia wartość siły, która jest niezbędna do rozwarstwienia przekładek od siebie podzielona przez szerokość próbki, jest miarą wytrzymałości adhezyjnej. W przypadku próbek pobranych ze złącza są one rozwarstwiane pomiędzy przekładkami na stopniach złącza.

Wyniki badań

Zestawienie wyników badań zmęczeniowych połączeń wraz z wynikami badań wytrzymałości adhezyjnej spoin klejowych podano w tabeli 1. W tabeli zamieszczono również wyniki badań wytrzymałości na ścinanie wewnętrznej spoiny klejowej. Wytrzymałość na ścinanie spoiny klejowej wyznaczono zgodnie z normą PN-C-94147 [8].

Wytrzymałość na rozwarstwianie taśmy zmierzono pomiędzy przekładkami pierwszą i drugą (1p-2p), drugą i trzecią (2p-3p) oraz trzecią i czwartą (3p-4p). Wytrzymałość na rozwarstwianie spoiny klejowej połączenia zbadano na stopniach zewnętrznych 1 i 3 (1 st. i 3 st.) oraz stopniu wewnętrznym, który jest równocześnie stopniem środkowym (2 st.). Wytrzymałość na ścinanie spoiny klejowej została określona na stopniu środkowym (2 st.).

Taśma 1		Złącze 1			Złącze 2			Złącze 3		
Wytrz. taśmy, kN/m	Wytrz. na rozwa. N/mm	Wytrz. na rozwa. N/mm	Wytrz. na ścinanie N/mm ²	Liczba cykli zmęcze.	Wytrz. na rozwa. N/mm	Wytrz. na ścinanie N/mm ²	Liczba cykli zmęcze.	Wytrz. na rozwa. N/mm	Wytrz. na ścinanie N/mm ²	Liczba cykli zmęcze.
1087	1p-2p 9,6	1 st. 7,4	2 st. 3,6	100000	1 st. 7,9	2 st. 3,5	100000	1 st. 7,2	2 st. 4,0	100000
	2p-3p 9,1	2 st. 7,8	2 st. 3,9		2 st. 8,0	2 st. 3,7		2 st. 8,1	2 st. 3,8	
	3p-4p 9,9	3 st. 6,9	2 st. 3,6		3 st. 7,1	2 st. 3,1		3 st. 7,9	2 st. 3,9	
	9,5	7,4	3,7		7,7	3,4		7,7	3,9	
Taśma 2		Złącze 4			Złącze 5			Złącze 6		
972	1p-2p 6,8	1 st. 4,2	2 st. 1,7	48657	1 st. 4,9	2 st. 2,0	62159	1 st. 5,4	2 st. 2,1	64203
	2p-3p 6,2	2 st. 5,4	2 st. 1,9		2 st. 5,3	2 st. 1,6		2 st. 4,6	2 st. 2,0	
	3p-4p 6,0	3 st. 4,7	2 st. 1,9		3 st. 5,0	2 st. 1,8		3 st. 4,9	2 st. 2,3	
	6,3	4,8	1,8		5,1	1,8		5,0	2,1	

Tabela 1 Zestawienie wyników badań połączeń dwóch taśm EP1000/4

od 5% do 20% rzeczywistej wytrzymałości danej taśmy. Badania prowadzono do momentu, w którym zaczynał się proces niszczenia połączenia – rozwarstwiały się styki zewnętrzne połączenia. W trakcie badania rejestrowano liczbę cykli zmęczeniowych, które były miarą trwałości zmęczeniowej połączenia.

Metoda badania wytrzymałości adhezyjnej

Metoda badań wytrzymałości na rozwarstwianie opisana jest w normie PN-EN ISO 252. Zgodnie z tą metodą próbki o szerokość 25 mm oraz długość min. 200 mm, które mogą

Złącza oznaczone numerami 1 i 4, 2 i 5 oraz 3 i 6 wykonano przy użyciu tych samych klejów.

Analiza wyników badań

Taśmy typu EP 1000/4 powinny charakteryzować się minimalną wytrzymałością na rozciąganie powyżej 1000 kN/m. Taśma 1 spełnia ten wymóg, natomiast wytrzymałość taśmy 2 jest poniżej wymaganego minimum. Dla taśm wieloprzekładowych minimalna wytrzymałość

adhezyjna pomiędzy przekładkami powinna wynosić 6 N/mm. Taśma nr 2 nieznacznie przekracza tą wartość, natomiast wytrzymałość na rozwarstwianie między przekładkami taśmy nr 1 wynosi 9,5 N/mm.

Norma PN-C-94147 określa minimalne wartości wytrzymałości na rozwarstwianie i ścinanie spoiny klejowej. Połączenie powinno charakteryzować się minimalną wytrzymałością na rozwarstwianie 4,5 N/mm i minimalną wytrzymałością na ścinanie 2,5 N/mm². Warunek ten spełniają złącza nr 1, 2 i 3. Złącza nr 4, 5 i 6 spełniają tylko pierwszy warunek – ich wytrzymałość na rozwarstwianie nieznacznie przekracza 4,5 N/mm. Wytrzymałość na ścinanie tych połączeń nie przekracza 2,5 N/mm², osiągając wartość w przedziale od 1,8 do 2,1 N/mm².

W badaniach zmęczeniowych rejestrowano liczbę cykli zmęczeniowych, jaką połączenie osiągnie do momentu, w którym nastąpi początek jego uszkodzenia – złącze zacznie się rozwarstwiać. Jako górną granicę przyjęto 100 000 cykli. Z doświadczenia wiadomo, że złącze, które w badaniach zmęczeniowych, przy podanych parametrach badania, osiągnie tę wartość będzie charakteryzowało się wysoką trwałością zmęczeniową. Badania zmęczeniowe mogły być kontynuowane aż do momentu, w którym złącze zacznie się rozwarstwiać, ale z doświadczenia wynika, że próbki złącza, które w badaniach osiągną 100 000 cykli zmęczeniowych, z reguły osiągają również 200 000 cykli. Także z przyczyn ekonomicznych (maszyna dynamiczna pracowała bez przerwy niekiedy przez ponad 2 tygodnie, zużywając znaczne ilości prądu i wody), postanowiono zakończyć badania po osiągnięciu przez połączenie 100 000 cykli zmęczeniowych.

Analizując wyniki badań przedstawione w tabeli 1, można zauważyć, że wszystkie złącza, wykonane na taśmie 1 charakteryzowały się wysoką trwałością zmęczeniową. Natomiast złącza taśmy 2 nie osiągnęły trwałości zmęczeniowej zbliżonej do złącza taśmy nr 1. Przyczyną tego może być fakt, że taśma 2 ma bardzo niską wytrzymałość adhezyjną pomiędzy przekładkami. Ma to bezpośredni wpływ na wytrzymałość adhezyjną spoiny klejowej, jak również na jej ścinanie. Dodatkowo w trakcie przygotowywania końcówek taśm do łączenia, podczas schodkowania przekładek, guma międzyprzekładkowa taśmy 2 rozwarstwiała się w ten sposób, że w całości pozostawała na jednej z przekładek, odsłaniając tym samym tkaninę sąsiedniej przekładki. Taki sposób rozwarstwiania może świadczyć o wadzie konstrukcyjnej taśmy. Wobec tego klejono przekładkę do gumy międzyprzekładkowej. Inaczej podczas przygotowania do klejenia rozwarstwiała się taśma nr 1, w której rozwarstwiała się guma międzyprzekładkowa. Dlatego w spoinach połączeń taśmy nr 1 łączono ze sobą warstwę gumy międzyprzekładkowej.

Zastosowanie trzech klejów oferowanych przez różnych producentów nie miało wpływu na trwałość zmęczeniową połączeń taśmy 1. Wszystkie połączenia taśmy 1 charakteryzowały się wysoką wytrzymałością na rozwarstwianie i ścinanie, znacznie przekraczającą minimalne wymagania. Osiągnęły również 100 000 cykli zmęczeniowych.

Zastosowanie różnych klejów nie miało także wpływu na trwałość zmęczeniową połączeń taśmy 2. Jedynie złącze

nr 4 w porównaniu ze złączami 5 i 6 charakteryzowało się ponad 20% niższą trwałością zmęczeniową.

Wnioski

Sposób wykonania połączeń ma ogromny wpływ na wyniki badań. Takie operacje, jak schodkowanie przekładek, oczyszczanie ich z gumy frykcyjnej i warunki klejenia, mogą powodować wady, które obniżą wytrzymałość złącza. W celu wyeliminowania takich ewentualności połączenia przygotowywano niezwykle starannie w warunkach laboratoryjnych.

Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników można stwierdzić, że taśma, która charakteryzuje się wysoką wartością adhezji międzyprzekładkowej oraz wytrzymałością rzeczywistą na rozciąganie, przekraczającą wymagane minimum, będzie gwarantowała, że jej połączenia będą charakteryzowały się także wysoką trwałością zmęczeniową. Dla każdego z trzech przebadanych klejów trwałość zmęczeniowa połączenia osiągnęła 100 000 cykli zmęczeniowych. Na trwałość zmęczeniową nie miał wpływu wybór klejów. Potwierdzają to wyniki badań połączeń taśmy 2, która nie osiągnęła minimalnej wytrzymałości na rozciąganie, a wytrzymałość na rozwarstwianie przekładek tej taśmy osiąga wartość nieznacznie przekraczającą wymagane minimum. Żadne z badanych połączeń tej taśmy nie osiągnęło 100 000 cykli zmęczeniowych.

Podsumowując wnioski, można stwierdzić, że połączenia wykonane na taśmach o wysokich parametrach wytrzymałościowych będą charakteryzowały się wysoką trwałością zmęczeniową.

Podziękowanie

Publikacja finansowana ze środków projektu, realizowanego w ramach Programu Badań Stosowanych w ścieżce A pt. „Złącza wieloprzekładkowych taśm przenośnikowych o zwiększonej trwałości eksploatacyjnej” nr PBS3/A2/17/2015.

Abstract

The paper presents an assessment of fatigue durability of the multi ply conveyor belt splices made by cold vulcanization. The assessment was based on the obtained results of adhesion strength tests between fabric elements in belt EP1000/4. ■

Literatura

- [1] Hardygóra M., Komander H., Woźniak D., 2010: *Bezpieczeństwo stosowania taśm przenośnikowych w wyrobiskach podziemnych, Przegląd Górniczy, nr 11, s. 62-68.*
- [2] Komander G., Komander H., Bajda M., Hardygóra M.: *Analysis of the reasons of reduced strenght of conveyor textile belts joints, Transport & Logistics (Belgrade), nr 9, 2011, s. 517-521.*
- [3] Jurdziak L., Błażej R., Bajda M.: *Monitorowanie stanu taśm i połączeń szansą na zwiększenie niezawodności*

pracy transportu ciągłego w kopalniach, Międzynarodowy Kongres Węgla Brunatnego, 2018, s. 161-170.

[4] Bajda M., Błażej R., Jurdziak L., Hardygóra M.: Wpływ różnic trwałości połączeń wulkanizowanych i klejonych na koszty eksploatacji taśm przenośnikowych w kopalni [1] podziemnej, Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, nr 99, 2017, s. 71-88.

[5] Hardygóra M., Bajda M., Błażej R.: Laboratory testing of conveyor textile belt joints used in underground mines, Mining Science, 2015, vol. 22, s. 161-169.

[6] Projekt NCBiR nr PBS3/A2/17/2015: Złącza wieloprzekładowych taśm przenośnikowych o zwiększonej trwałości eksploatacyjnej, Wrocław 2018 (niepublikowany).

[7] Norma PN-EN ISO 252: Taśmy przenośnikowe z rdzeniem tekstylnym. Wytrzymałość adhezyjna między elementami taśmy. Część 1: Metody badań.

[8] Norma PN-C-94147: Wyroby gumowe. Połączenia taśm przenośnikowych metoda wulkanizacji.

dr inż. Mirosław Bajda

dr inż. Ryszard Błażej

Politechnika Wrocławska

inż. Andrzej Polniak

NILOS Polska Sp. z o.o.



WYPOSAŻENIE I SERWIS PRZENOŚNIKÓW TAŚMOWYCH

Braci Górniczej,
z okazji Święta Górniczego
oraz Nowego Roku
składamy życzenia wszelkiej pomyślności
oraz powodzenia w realizacji
zamierzonych celów

NILOS Polska Sp. z o.o.
ul. Kosynierów 38, 41-219 Sosnowiec
tel.: +48/32 266 80 15
fax: +48/32 723 21 15
e-mail: biuro@nilospolska.pl
www.nilospolska.pl

TARGI BUDOWNICTWA INFRASTRUKTURALNEGO



Międzynarodowe Targi
Budownictwa Drogowego,
Transportu Drogowego,
Infrastruktury, Techniki Parkingowej
i Sprzętu do Utrzymania Dróg



14-16.05.2019

Targi Kielce SA
Kontakt: Dyrektor Projektu - Bogusława Grzechowska
tel. 41 365 12 10, e-mail: autostrada@targikielce.pl

www.autostrada-polska.pl