



Politechnika Wroclawska

LABORATORIUM
TRANSPORTU
TAŚMOWEGO



Złącza taśm przenośnikowych

prof. dr hab. inż. Monika HARDYGÓRA
dr inż. Mirosław BAJDA
dr inż. Ryszard BŁAŻEJ
dr inż. Dariusz WOŹNIAK





PBS
Program Badań Stosowanych



DiagBelt
Conveyor Belt
Diagnostics




Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju

Praca częściowo finansowana z Programu Badań Stosowanych PBS 3 ścieżka A, umowa nr PBS3/A2/17/2015 „Złącza wieloprzekładowych taśm przenośnikowych o zwiększonej trwałości eksploatacyjnej”

FTT WOLBROM®

www.fttwolbrom.com

1




FTT WOLBROM®

XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

Złącza taśm przenośnikowych


Laboratorium Transportu Taśmowego LTT

Kierownik Laboratorium LTT
Profesor dr hab. inż. Monika Hardygóra
Akredytacja Polskiego Centrum Akredytacji PCA nr AB 710



www.ltt.pwr.wroc.pl
www.beltspllices.pwr.edu.pl
www.diagbelt.pwr.edu.pl

AB 710




Obszar badawczy

- LTT posiada ponad 20 letnie doświadczenie w badaniach laboratoryjnych związanych z taśmami przenośnikowymi, połączeniami taśm oraz mieszankami gumowymi. Laboratorium wykonuje badania według norm krajowych oraz międzynarodowych, a także według własnych metod badawczych.
- LTT prowadzi badania związane z poprawą metod wykonywania połączeń taśm przenośnikowych i jest jedynym ośrodkiem badawczym w Polsce, który bada wytrzymałość złącz o pełnej długości.
- Dzięki wyposażeniu laboratorium, a przede wszystkim dobrze wykwalifikowanej i doświadczonej kadrze w laboratorium wykonuje się prace badawcze, które dotyczą poprawy jakości i optymalizacji konstrukcji taśm przenośnikowych i ich połączeń.
- Laboratorium wspiera zarówno naukowców jak i producentów taśm przenośnikowych w badaniach, które są innowacyjne, proekologiczne i energooszczędne.

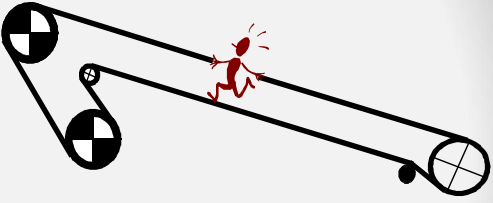
www.fttwolbrom.com

2


XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018
Złącza taśm przenośnikowych


Typy połączeń

- ✓ **Mechaniczne**
- ✓ **Klejone**
- ✓ **Wulkanizowane**



Połączenia wykonujemy przy instalowaniu nowej taśmy oraz przy wymianie poszczególnych odcinków w pętli taśmy

www.fttwolbrom.com 3



XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018
Złącza taśm przenośnikowych

Połączenia mechaniczne

Wszystkie połączenia mechaniczne wykorzystują spistość rdzenia taśmy, przez który przechodzą elementy mocujące.

- Połączenia mechaniczne można stosować w przenośnikach skracanych, wydłużanych lub przestawianych, do taśm o niskiej i średniej wytrzymałości oraz szerokości.
- W taśmach o wyższych wytrzymałościach i szerokościach można stosować je jako **połączenia tymczasowe**.

www.fttwolbrom.com 4


XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018


Złącza taśm przenośnikowych

Połączenia mechaniczne - wady i zalety

- **Zalety**
- łatwość wykonania,
- krótki czas wykonania,
- niski koszt połączenia.

- **Wady**
- wytrzymałość złącza mniejsza od wytrzymałości taśmy,
- dużo mniejsza trwałość eksploatacyjna
- rdzeń taśmy odsłonięty w miejscu połączenia,
- większa sztywność w kierunku wzdłużnym,
- metalowe elementy na powierzchni okładki taśmy uderzają w czasie ruchu taśmy o krążniki - uszkodzają płaszcz oraz wywołują hałas, niszczą bębny.


www.fttwolbrom.com
5


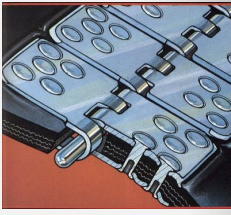

XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

Złącza taśm przenośnikowych

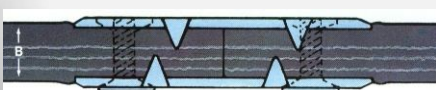
Połączenia mechaniczne - typy połączeń


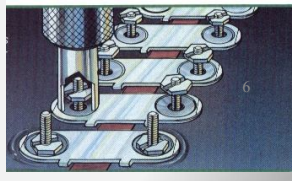
rozłączne (zawiasowe) - charakteryzują się możliwością rozłączenia dwóch końcówek taśmy przez wyciągnięcie łączącej je linki







nierozłączne - obie końcówki łączonej taśmy są dostawione na sztywno do siebie



www.fttwolbrom.com


XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018


Złącza taśm przenośnikowych

Połączenia klejone

Można je stosować do wszystkich typów taśm tekstylnych w pełnym zakresie stosowanych szerokości

Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none"> ➤ wyższa wytrzymałość połączenia, ➤ niewielkie odkształcenie taśmy, ➤ poręczność sprzętu oraz łatwość wykonania połączenia w trudnych warunkach lokalizacji. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ długi czas sezonowania do uzyskania pełnej wytrzymałości, ➤ wrażliwość na warunki atmosferyczne, ➤ czas wykonania połączenia wynosi od 6 do 8 godz.

www.fttwolbrom.com


XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

Złącza taśm przenośnikowych

Połączenia wulkanizowane

Można stosować do wszystkich rodzajów i typów taśm w całym zakresie wytrzymałości oraz szerokości

Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none"> ➤ najwyższa wytrzymałość oraz trwałość, ➤ brak deformacji taśmy, ➤ najmniejszy wpływ czynników zewnętrznych na jakość połączenia. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ pracołłonność wykonywania połączenia oraz konieczność posługiwania się ciężkim nieporęcznym i drogim sprzętem.

www.fttwolbrom.com

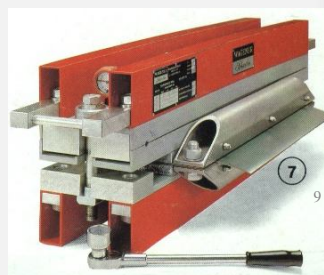
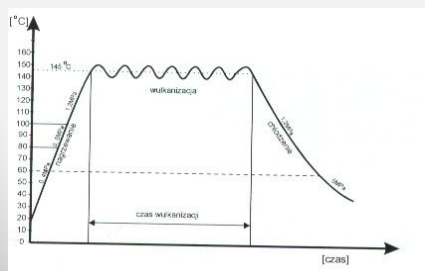


XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

Złącza taśm przenośnikowych

Połączenia wulkanizowane – krzywa wulkanizacji

- Łączenia wykonuje się w prasach wulkanizacyjnych zapewniających wymagane ciśnienie i temperaturę.
- Czas wulkanizacji zależy od grubości taśmy.
- Temperatura wulkanizacji taśm gumowych ok. 145°C.
- Wymagany zakres ciśnienia to 1,2 MPa dla taśm tkaninowych oraz 1,8 MPa dla taśm z linkami stalowymi.



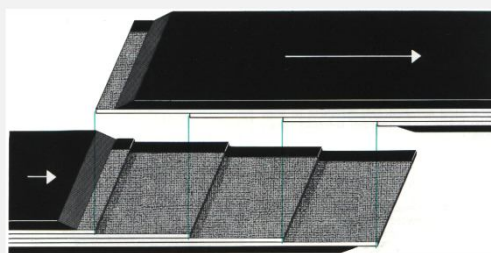
www.fttwolbrom.com



XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

Złącza taśm przenośnikowych

Połączenia taśm tekstylnych wieloprzekładowych – połączenia stopniowe



Długość połączenia wynosi: $L = (z - 1)l_s + A$

z - liczba przekładek

l_s - długość stopnia

A - długość skosu

www.fttwolbrom.com

XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

FTI WOLBROM®

Złącza taśm przenośnikowych

Połączenia taśm tekstylnych wieloprzekładowych. Schematy konstrukcyjne złączy

a Złącze zakładkowe taśmy 5-przekładowej

b Złącze nakładkowe taśmy 5-przekładowej

c Złącze zakładkowo-nakładkowe taśm 4 i 5-przekładowej

www.fttwolbrom.com

XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

FTI WOLBROM®

Złącza taśm przenośnikowych

Połączenia taśm tekstylnych jednoprzekładowych

Taśmy niskiej wytrzymałości

Taśmy wysokiej wytrzymałości -
połączenia palczaste
długość palca oraz szerokość podstawy
podaje DIN 22102
*Textil- Fordergurte für Schuttgüter- Nicht losbare
Gurtverbindungen. Installing and Splicing Textile
Conveyor Belts*

www.fttwolbrom.com


XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018
Złącza taśm przenośnikowych

Połączenia taśm tekstylnych dwuprzekładkowych



www.fttwolbrom.com


XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018
Złącza taśm przenośnikowych

Połączenia taśm z linkami stalowymi

- **Tylko przez wulkanizację.**
- Połączenie uzyskuje wytrzymałość równą wytrzymałości taśmy.
- Wytrzymałość uzyskiwana dzięki sile adhezji linek do gumy.
- Połączenia 1,2,3,4 i 5 stopniowe stosowane są w zależności od wytrzymałości taśmy.



Połączenie 1-stopniowe **Przekrój połączenia**

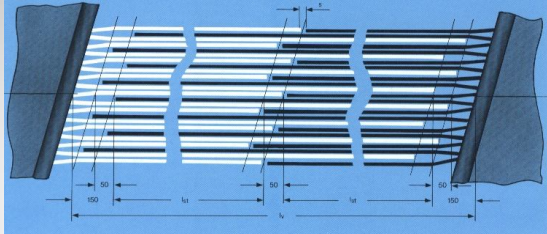
www.fttwolbrom.com

XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

FTI WOLBROM®

Złącza taśm przenośnikowych

Połączenia taśm z linkami stalowymi



Połączenie 2-stopniowe



Połączenie 3-stopniowe

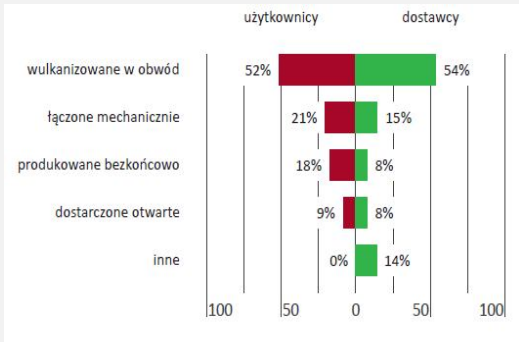
www.fttwolbrom.com

XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

FTI WOLBROM®

Złącza taśm przenośnikowych


Preferowane technologie łączenia taśm



Technologie łączenia taśm	użytkownicy (%)	dostawcy (%)
wulkanizowane w obwód	52%	54%
łączone mechanicznie	21%	15%
produkowane bezkońcowo	18%	8%
dostarczone otwarte	9%	8%
inne	0%	14%

Preferowane typy łączenia taśm
(Abramczyk, 2015. Dobór taśm przenośnikowych. Wyniki ankiety. *Inżynieria i Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych*, 09 lipca 2015)

www.fttwolbrom.com


XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018
Złącza taśm przenośnikowych


Połączenia taśm stanowią najsłabsze ogniwo w pętli połączonych ze sobą odcinków taśm pracujących w ciągach przenośników transportujących urobek w kopalni.

Konsekwencją zbyt niskiej wytrzymałości połączeń jest:

- ✓ niewielka trwałość,
- ✓ spadek niezawodności i w konsekwencji wzrost kosztów transportu.

Im mniejsza liczba połączeń tym lepiej dla niezawodności pętli


www.fttwolbrom.com


XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018
Złącza taśm przenośnikowych

Metody badań połączeń taśm przenośnikowych

- Metody statyczne
 - PN-C-94147:1997
 - EN-ISO 1120:2012
- Metody dynamiczne
 - DIN 22110 cz.3
 - Metoda PWr - badanie rozkładu naprężeń w spoinie klejowej złącza
- Metody bezinwazyjne
 - Metoda wizyjna - system DiagBelt
 - Metoda magnetyczna - system DiagBelt

www.fttwolbrom.com


XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018
Złącza taśm przenośnikowych


Badania laboratoryjne połączeń

Laboratorium LTT prowadzi badania parametrów wytrzymałościowych połączeń taśm przenośnikowych, zgodnych z normami **PN/C-94147** oraz **EN ISO 1120** i obejmują oznaczenie:

- wytrzymałości na rozciąganie połączenia,
- wytrzymałości na rozwarstwienie spoiny klejowej,
- wytrzymałości na ścinanie spoiny klejowej.

PN-C-94147:1997: Wyroby gumowe. Połączenia taśm przenośnikowych metodą wulkanizacji
EN-ISO 1120:2012: Conveyor belts — Determination of strength of mechanical fastenings — Static test method.

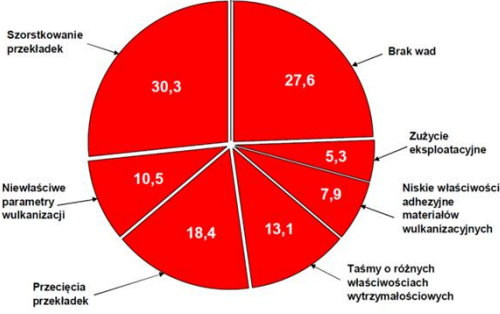
www.fttwolbrom.com


XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018
Złącza taśm przenośnikowych

Przyczyny obniżonej wytrzymałości złączy

Jeżeli badane połączenie nie osiągnie wymaganej przez normę wytrzymałości, ustala się przyczyny takiego stanu:

- nieodpowiedni materiał do łączenia taśm,
- taśma złej jakości,
- niesprawny sprzęt wulkanizacyjny
- błędy wykonawcze.



Przyczyna	Procentowy udział
Szorstkowanie przekładek	30,3
Brak wad	27,6
Zużycie eksploatacyjne	5,3
Niskie właściwości adhezyjne materiałów wulkanizacyjnych	7,9
Taśmy o różnych właściwościach wytrzymałościowych	13,1
Przecięcia przekładek	18,4
Niewłaściwe parametry wulkanizacji	10,5

Procentowy udział przyczyn powodujących obniżenie wytrzymałości złączy taśm wieloprzekładkowych (Projekt NCBiR, 2015)

www.fttwolbrom.com

XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

FTT WOLBROM®

Złącza taśm przenośnikowych

Metoda oceny wytrzymałości złącz na rozciąganie




Próbka do oznaczania wytrzymałości złącza dwustopniowego

www.fttwolbrom.com

XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

FTT WOLBROM®

Złącza taśm przenośnikowych

Metoda oceny wytrzymałości złącz na rozciąganie


Wyniki badań wytrzymałości złącz są weryfikowane w odniesieniu do wymaganej wytrzymałości określonej w normie PN-C-94147:1997 zależnością:

$$R_p = 0,85 \cdot R_r \cdot \frac{n_z - 1}{n_t}, \quad kN / m$$

gdzie: R_p – wytrzymałość na rozciąganie złącza w kN/m; R_r – wytrzymałość na rozciąganie taśmy w kN/m; n_z – liczba przekładek w złączu; n_t – liczba przekładek w taśmie.

W przypadku, gdy łączono z sobą taśmy o różnych wytrzymałościach lub różnej liczbie przekładek, oblicza się wytrzymałość złącza w obydwu zewnętrznych stykach przekładek i przyjmuje do porównań wartość mniejszą.

www.fttwolbrom.com


XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018
Złącza taśm przenośnikowych


Badanie rozkładu naprężeń w spoinie złącza

Umożliwiają oznaczenie rozkładu naprężeń w spoinie klejowej złącza, co pozwala na przeprowadzenie ewentualnej korekcji konstrukcji złącza, zmianę materiałów wulkanizacyjnych lub klejów w celu zmniejszenia występujących naprężeń.

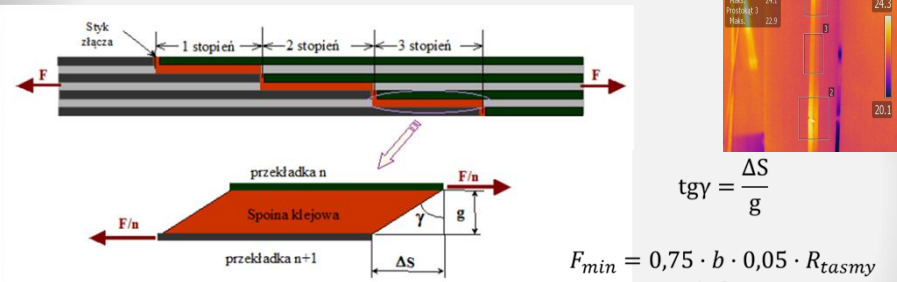
Metoda polega na:

1. Wykonywaniu pomiarów kąta odkształcenia postaciowego spoiny klejowej (γ) w złączach poddanych obciążeniu rozciągającemu (po 3 godzinach obciążania próbek wykonywano fotografie odkształconego złącza. Po obróbce komputerowej wykonanych fotografii, wykonywano wykresy zależności kąta odkształcenia postaciowego spoiny w funkcji długości złącza).
2. Przeliczeniu wartości kątów odkształcenia postaciowego spoiny na względne wydłużenia spoiny (ϵ).
3. Wyznaczeniu charakterystyk rozciągania gumy klejowej.
4. Przeliczeniu wyników na naprężenia (po przeliczeniu kątów γ na wydłużenia ϵ oraz uwzględnieniu charakterystyk rozciągania gumy klejowej otrzymano wykresy rozkładu naprężeń w spoinie klejowej na długości poszczególnych stopni złącza).

www.fttwolbrom.com


XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018
Złącza taśm przenośnikowych

Badanie rozkładu naprężeń w spoinie złącza



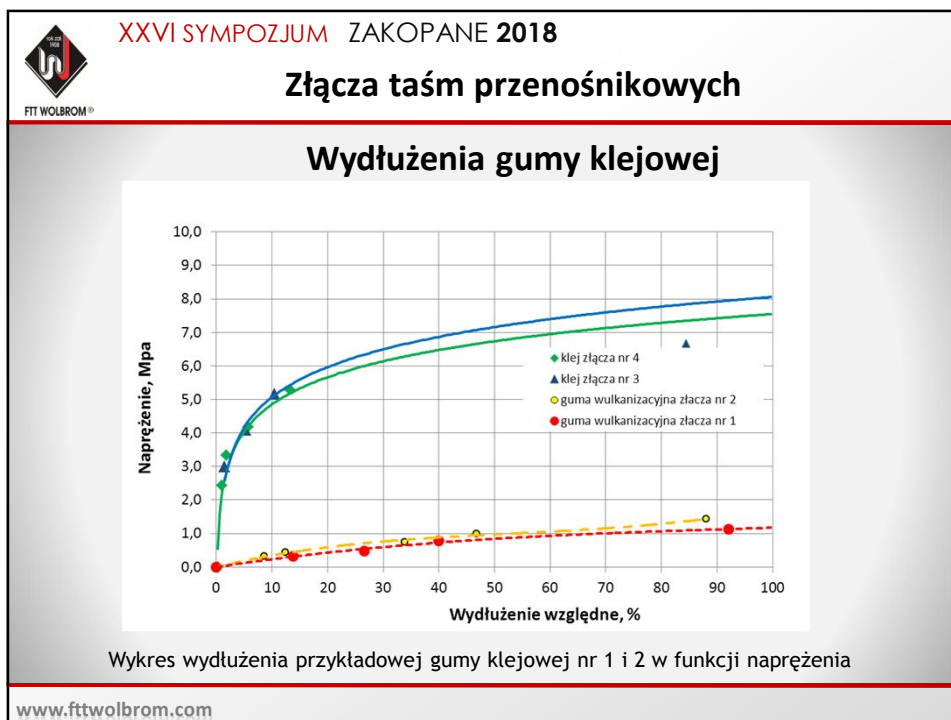
$$\text{tgy} = \frac{\Delta S}{g}$$

$$F_{\min} = 0,75 \cdot b \cdot 0,05 \cdot R_{tasmy}$$

$$F_{\max} = 0,75 \cdot b \cdot 0,2 \cdot R_{tasmy}$$

5% to typowe obciążenia robocze, natomiast 20% ekstremalne obciążenia w ekstremalnych warunkach pracy przenośnika (np. zimowy rozruch załadowanego przenośnika poziomego lub wznoszącego). Sinusoidalna charakterystyka obciążeń, częstotliwość 0,3 Hz, temperatura spoiny klejowej 23,0 ± 2,0 °C.

www.fttwolbrom.com



XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

Złącza taśm przenośnikowych

FTI WOLBROM®

Długość stopnia złącza według PN-C-94147:1997

Wytrzymałość przekładki taśmy R_N , kN/m	Długość stopnia złącza l_{st} , mm
do 150	150
od 160 do 250	250
od 315 do 400	350
od 500 do 630	400

Zalecane długości stopni

Wytrzymałość przekładki R_N , kN/m	Długość stopnia l_{st} , mm	
	zewnątrznych	środkowych
do 150	100	100
od 160 do 250	200	150
od 315 do 400	300	150
od 500 do 630	350	200

Przykład wymiarowania złącza taśmy typu 2000/5 o wytrzymałości pojedynczej przekładki 400 kN/m. W tym przykładzie standardową długość złącza równą $4 \times 350 = 1400$ mm zmniejszono do 900 mm.

www.fttwolbrom.com

XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

Złącza taśm przenośnikowych

FTI WOLBROM®

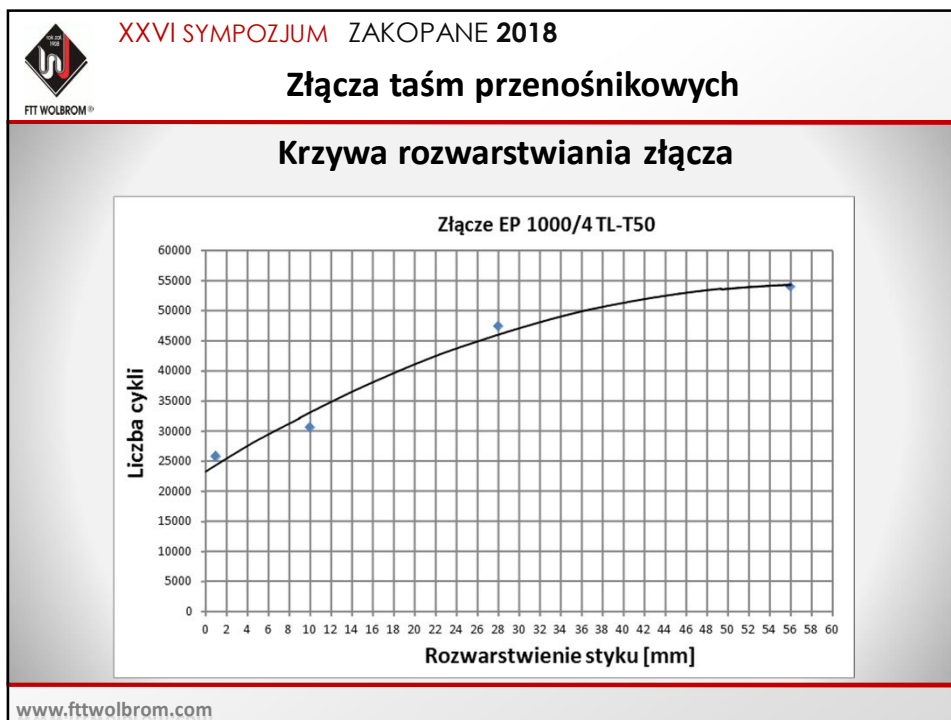
Porównanie złączy klejonych i wulkanizowanych

- ✓ W połączeniach taśm wykonanych metodą klejenia na zimno w spoinie klejowej występują znacznie większe naprężenia niż w złączach wulkanizowanych.
- ✓ W złączach klejonych następuje kilkukrotnie wyższe spiętrzenie naprężeń, ponieważ klej używany do wykonania złączy jest sztywny i nie ulega odkształceniu.
- ✓ Analiza rozkładu naprężeń na długości połączenia pokazała, że w połączeniach taśm klejonych na zimno występują znacząco większe naprężenia w spoinie klejowej niż w złączach wulkanizowanych. Może to świadczyć o większej awaryjności połączeń klejonych w porównaniu do połączeń wulkanizowanych.

Zaleca się, aby:

złącza klejone na zimno wykonywane były jedynie w miejscach, w których wykonanie złącza wulkanizowanego na gorąco jest niemożliwe.

www.fttwolbrom.com



XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

FTT WOLBROM®

Złącza taśm przenośnikowych

Matematyczne zależności

$$\tau = 0,640224 \cdot M_{złącza}^{-0,6} \cdot \tau_{taśmy\ przeliczeniowa}^3 \cdot R_{rozw.złącza}^{-0,2} \quad R^2 = 84.2 \%$$

$$LC = 0,002 \cdot R_{rozw.złącza}^2 \cdot M_{taśmy}^{0,3} \cdot TS^{2,59} \cdot \varepsilon_{zew.stopni}^{3,8967} \quad R^2 = 73.9 \%$$

$M_{złącza}$ - moduł złącza, kN/m²;
 $R_{rozw.złącza}$ - wytrzymałość na rozwarstwianie złącza, kN/m;
 $\tau_{taśmy\ przeliczeniowa}$ - wytrzymałość na ścinanie taśmy przeliczeniowa, kN/m²
 $M_{taśmy}$ - moduł taśmy, kN/m²;
 TS - wytrzymałość na rozciąganie gumy klejowej, kN/m²;
 $\varepsilon_{zew.stopni}$ - wydłużenie względne spoiny klejowej gumy frykcyjnej na stykach zewnętrznych, mm/mm.

www.fttwolbrom.com

XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

FTT WOLBROM®

Złącza taśm przenośnikowych

Badania bezinwazyjne połączeń – system DiagBelt

Metoda magnetyczna



listwa pomiarowa
listwy magnetyczne
tachometr



Metoda wizyjna





Zarejestrowany obraz złącza mechanicznego oraz wulkanizowanego ze śladami uszkodzeń

www.fttwolbrom.com

XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

FTT WOLBROM®

Złącza taśm przenośnikowych

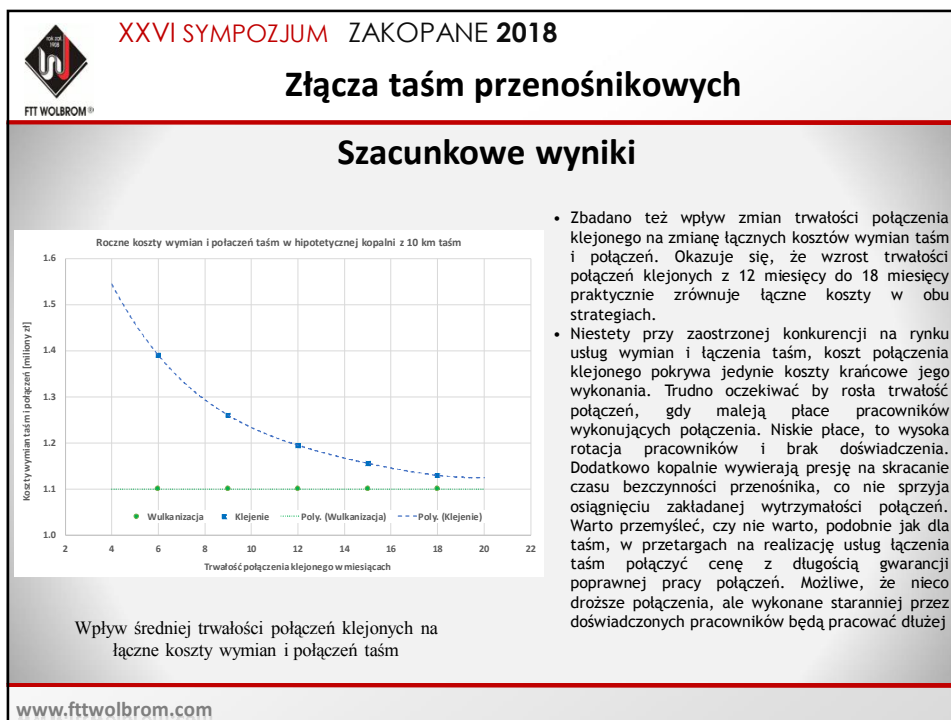
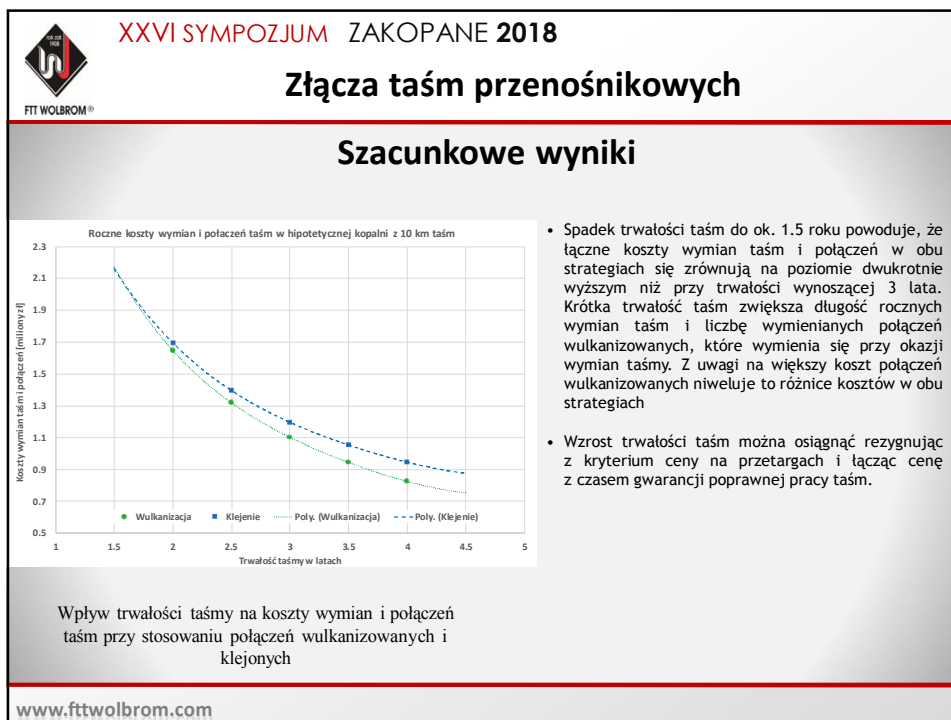
Porównanie kosztów wykonywania połączeń wulkanizowanych i klejonych

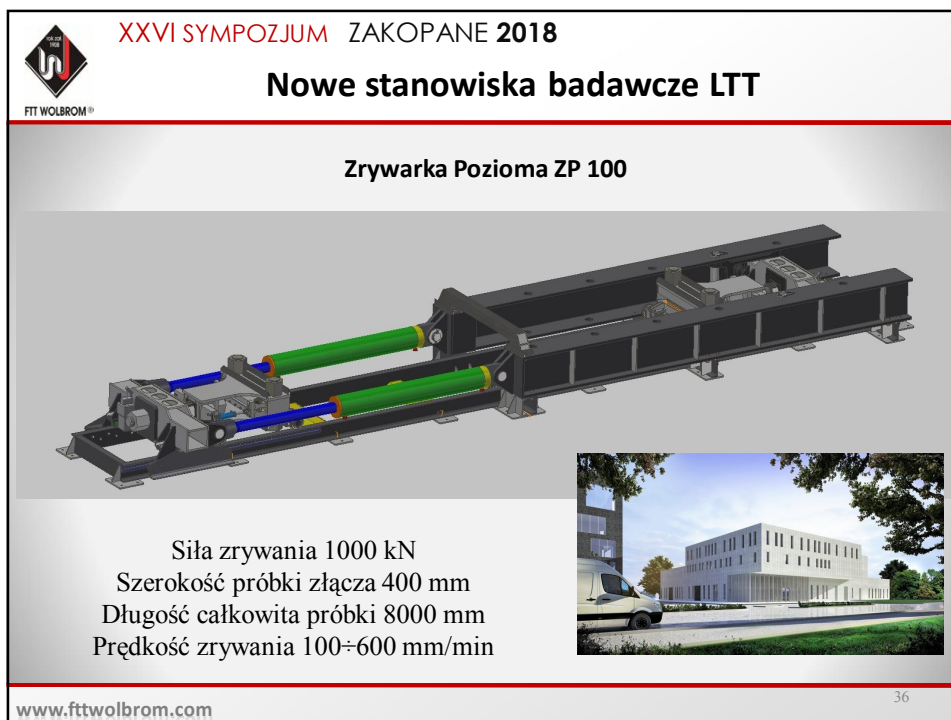
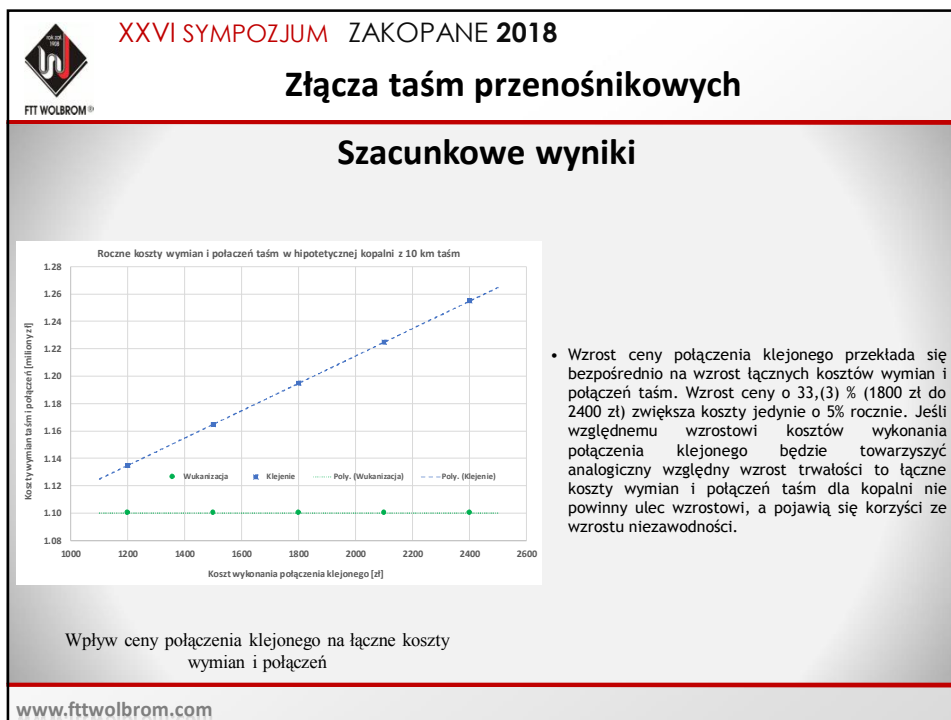
Bajda M., Błażej R., Jurdziak L., Hardygóra M. „Wpływ różnic trwałości połączeń wulkanizowanych i klejonych na koszty eksploatacji taśm przenośnikowych” Szkoła Eksploatacji Podziemnej SEP2017.

Przyjęte założenia:

- ✓ 10 km taśm w kopalni, odcinki taśm o długości 100 m,
- ✓ koszt zakupu taśm tekstylnych wynosi ok. 300 zł/m.b., a koszty wykonania połączeń to dla połączenia wulkanizowanego 2 800 zł, a dla połączenia klejonego 1 800 zł. Założono średnią trwałość taśmy na poziomie 3 lat i nie mniejszą trwałość połączeń wulkanizowanych, które osiągają 100% wytrzymałości taśmy. Oznacza to, że złącza wulkanizowane wymienia się jedynie przy okazji wymiany taśmy i nie pojawia się konieczność ich wymiany na skutek pogorszenia ich kondycji. Przy 100 połączeniach i ich trwałości nie mniejszej niż 3 lata, rocznie będzie się wymieniać ok. 34 połączenia wulkanizowane,
- ✓ połączenia klejone taśm tekstylnych mają mniejszą wytrzymałość (do 60% wytrzymałości taśmy) i przez to ich trwałość założono na poziomie 1 roku. Oznacza to, że rocznie wymieniać się będzie 100 połączeń, a więc tyle ile ich jest w kopalni.

www.fttwolbrom.com



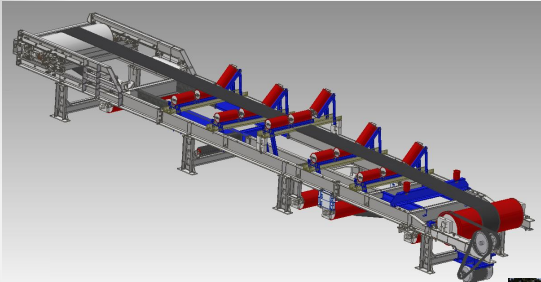


XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018


FTI WOLBROM®

Nowe stanowiska badawcze LTT

Przenośnik testowy



Regulowane obciążenie taśmy do 20 % $R_{taśmy}$
 Szerokość próbki do 800 mm
 Długość próbki 16000 mm
 Prędkość taśmy do 10 m/s



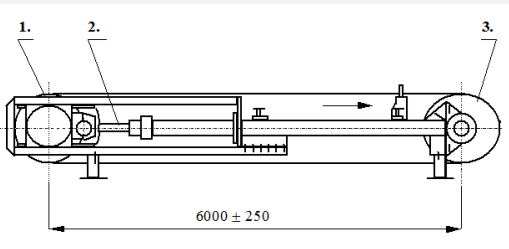
www.fttwolbrom.com 37

XXVI SYMPOZJUM ZAKOPANE 2018

FTI WOLBROM®


Nowe stanowiska badawcze LTT

Stanowisko do badań zmęczeniowych wg DIN 22 110 cz. 3



1. bęben napinający
 2. naciąg taśmy
 3. bęben napędowy

Dane techniczne	Stanowisko wg normy DIN 22 110 (cz. 3)
Napięcie taśmy.....	zmiennie
Maksymalne napięcie taśmy, kN.....	2 × 1000
Czas narastania napięcia taśmy, s.....	50
Prędkość przewijania taśmy, m/s.....	reg. 6 ÷ 11
Szerokość próbki, mm.....	min. 250
Długość próbki, m.....	16/17
Całkowita długość taśmy na stanowisku, m.....	-
Liczba bębnow.....	2
Średnica bębna, mm.....	1000/1500
Szerokość bębna, mm.....	600
Rozstaw bębnow, m.....	reg. 6 ÷ 7



www.fttwolbrom.com