



Politechnika Wrocławska

**BADANIA LABORATORYJNE
POŁĄCZEŃ
TAŚM PRZENOŚNIKOWYCH
STOSOWANYCH W KOPALNIACH
PODZIEMNYCH**

prof. dr hab. inż. Monika HARDYGÓRA

dr inż. Mirosław BAJDA

dr inż. Ryszard Błażej



Wstęp

- Wymagania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego i elektrycznego
- Określone wymagania odnośnie parametrów fizykomechanicznych

PN EN-ISO 22721:2009

(dla taśm z rdzeniem tekstylnym)



BADANIA LABORATORYJNE

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.



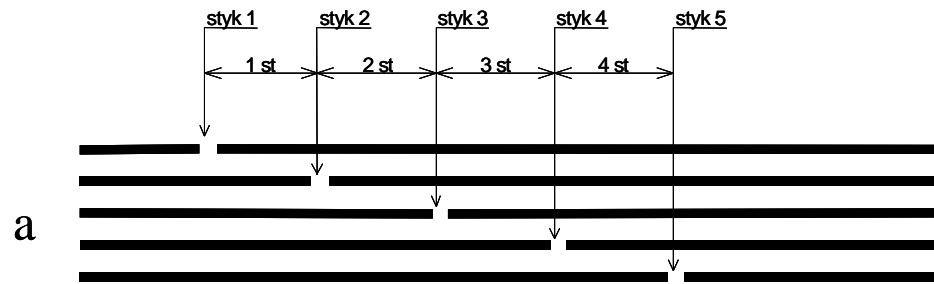
BADANIA LABORATORYJNE

W przypadku, gdy badane połączenie nie osiąga wymaganej przez normę wytrzymałości, na podstawie analizy wyników badań oraz ewentualnych badań dodatkowych, możliwe jest ustalenie przyczyn takiego stanu. Możliwość jest kilka np. nieodpowiedni materiał do łączenia taśm, taśma złej jakości, niesprawny sprzęt wulkanizacyjny lub błędy wykonawcze.

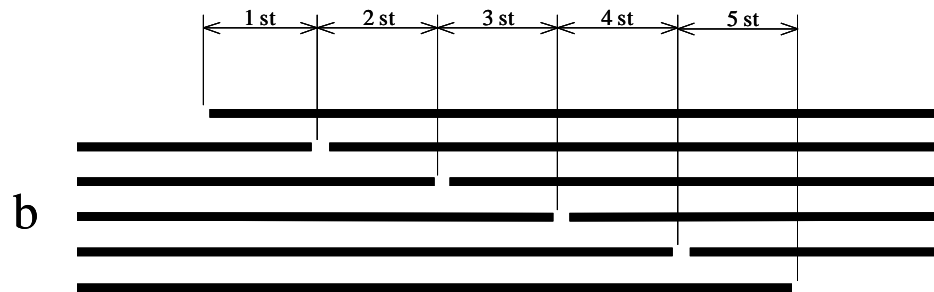
Badania laboratoryjne umożliwiają oznaczenie rozkładu naprężeń w spoinie klejowej złącza, co pozwala na przeprowadzenie ewentualnej korekcji konstrukcji złącza lub zmianę materiałów wulkanizacyjnych w celu zmniejszenia występujących naprężeń.



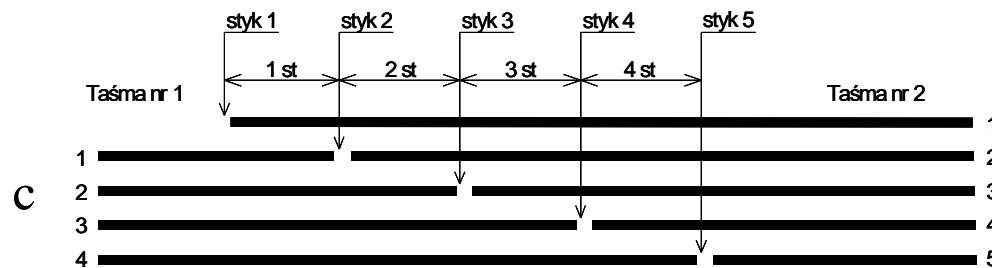
Schematy konstrukcyjne złącz



Złącze zakładkowe taśmy 5-przekładkowej



Złącze nakładkowe taśmy 5-przekładkowej



Złącze zakładkowo-nakładkowe taśm 4 i 5-przekładkowej



Metoda oceny wytrzymałości złącz na rozciąganie





Metoda oceny wytrzymałości złącz na rozciąganie

Wyniki badań wytrzymałości złącz weryfikowano w odniesieniu do wymaganej wytrzymałości określonej w normie [1] zależnością:

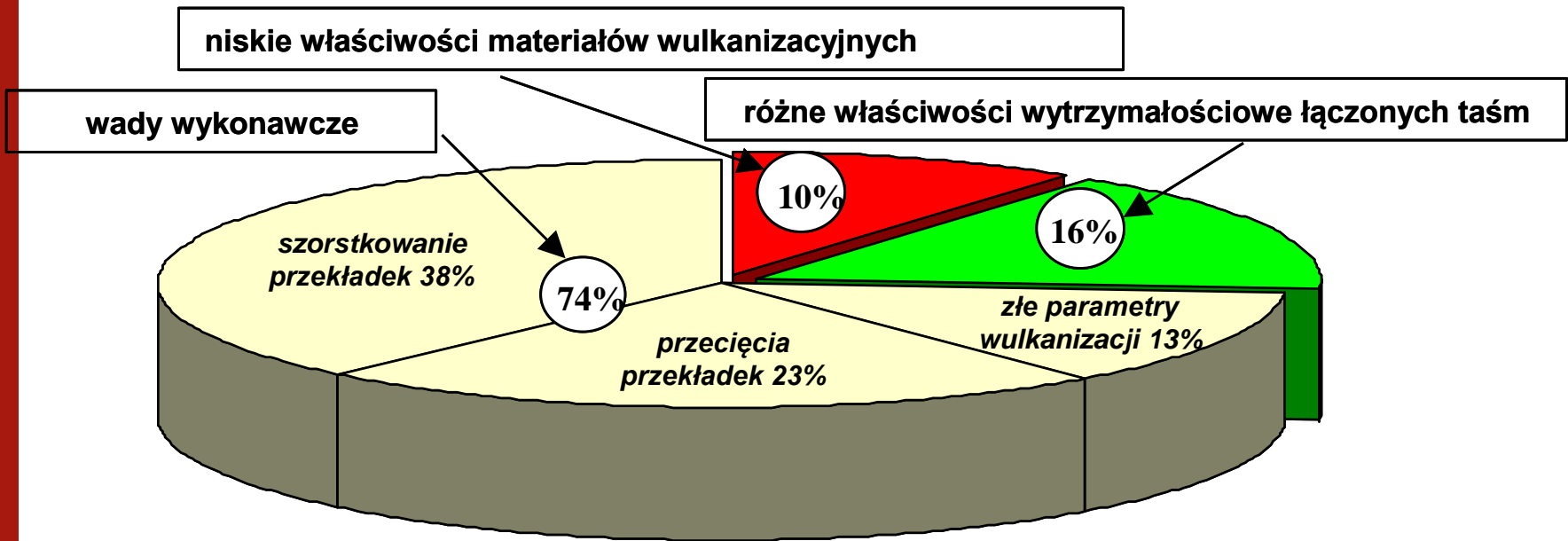
$$R_p = 0,85 \cdot R_r \cdot \frac{n_z - 1}{n_t}, \quad kN/m$$

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, wtedy obliczano wytrzymałość złącza w obydwu zewnętrznych stykach przekładek i przyjmowano do porównań wartość mniejszą.



Klasyfikacja przyczyn obniżonej wytrzymałości złączy





Oznaczanie rozkładu naprężeń w spoinie klejowej złącza

pozwała na przeprowadzenie ewentualnej korekcji konstrukcji złącza lub zmianę materiałów wulkanizacyjnych w celu zmniejszenia występujących naprężeń

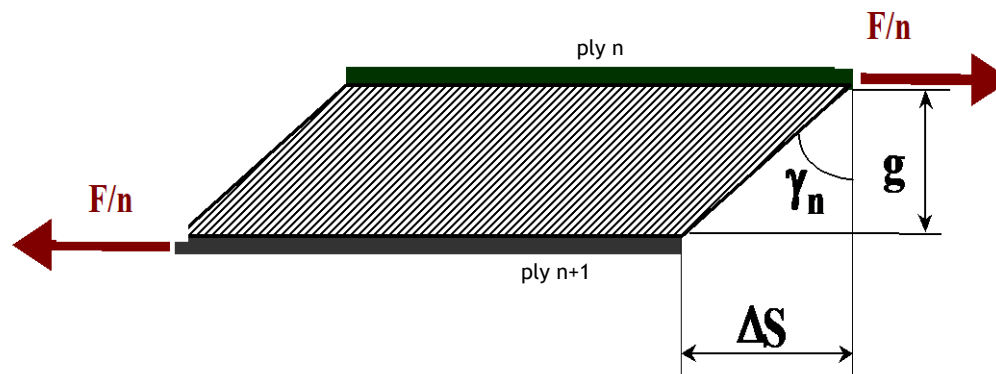


Wprowadzenie

- W praktyce eksploatacyjnej często zauważa się, że złącza ulegają rozwarstwieniom w okolicy zewnętrznych styków. Świadczy to o tym, że w wyniku obciążeń zmęczeniowych spoina klejowa ulega zniszczeniu wcześniej niż przekładki.
- Zwiększenie trwałości zmęczeniowej spoiny klejowej jest więc istotne dla zwiększenia trwałości złączy.
- W związku z powyższym podjęto badania mające na celu określenie jakie właściwości taśm przENOŚnikowych i materiałów do ich łączenia mają zasadniczy wpływ na wielkość naprężeń w spoinie klejowej złączy taśm wykonywanych metodą wulkanizacji na gorąco lub klejenia na zimno.

Kąt odkształcenia postaciowego

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\Delta S}{g}$$



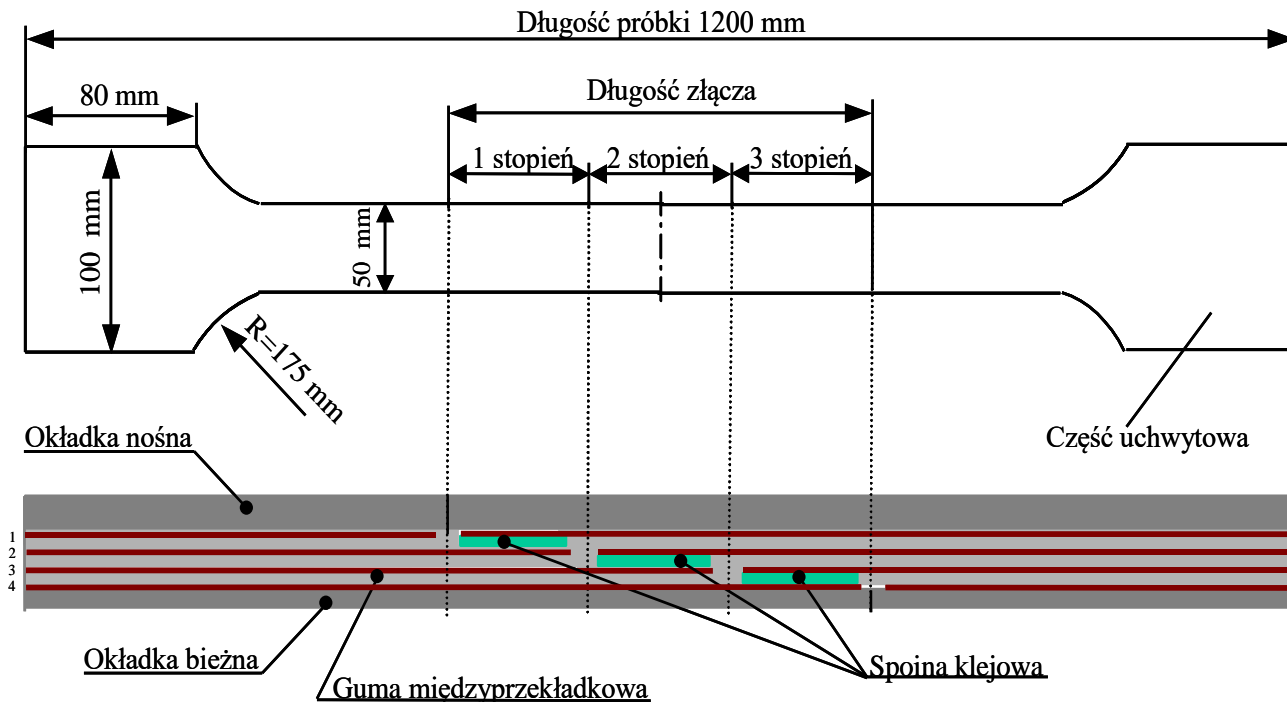
Schemat odkształceń spoiny klejowej złącza

Próbki obciążano siłą

$$F = 0,15 \cdot R_t \cdot b, \text{ N}$$

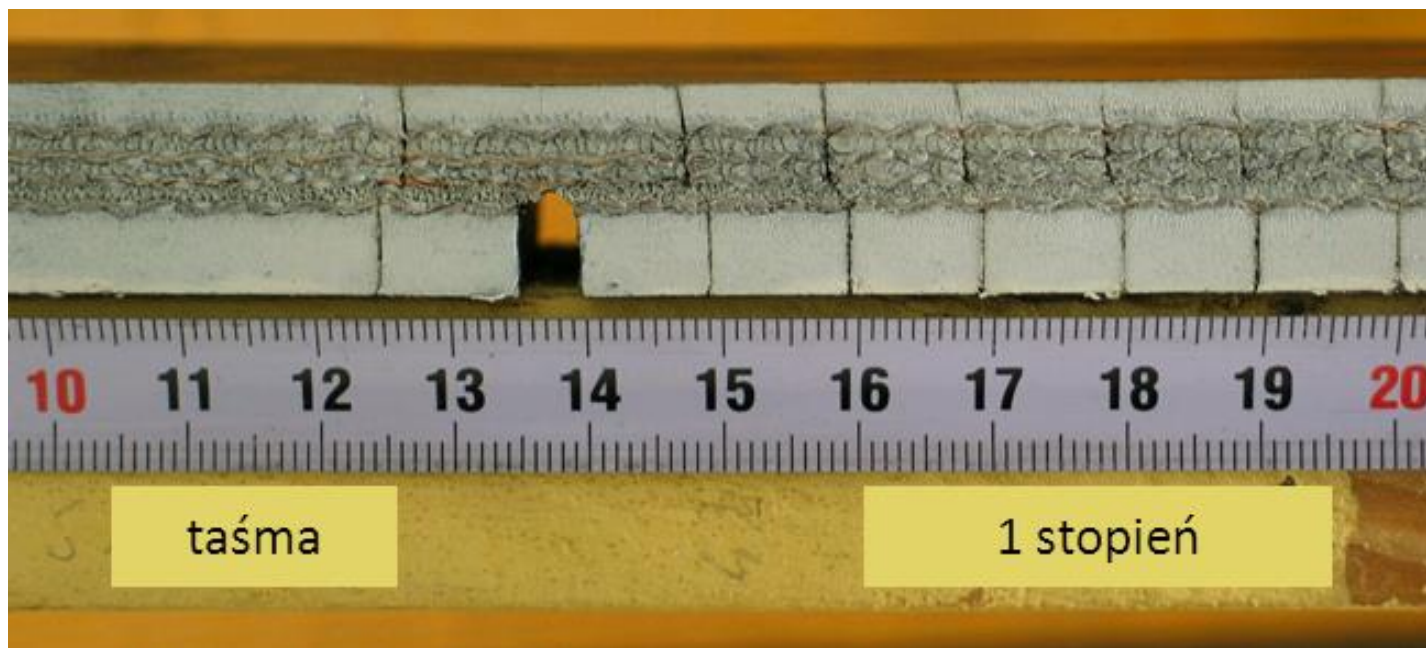
R_t – rzeczywista wytrzymałość taśmy na rozciąganie, N/mm,
 b – szerokość pomiarowej części próbki, mm.

Badanie naprężeń w spoinie klejowej złączy



Kształt próbki złącza taśmowego do oznaczania odkształceń spoiny klejowej

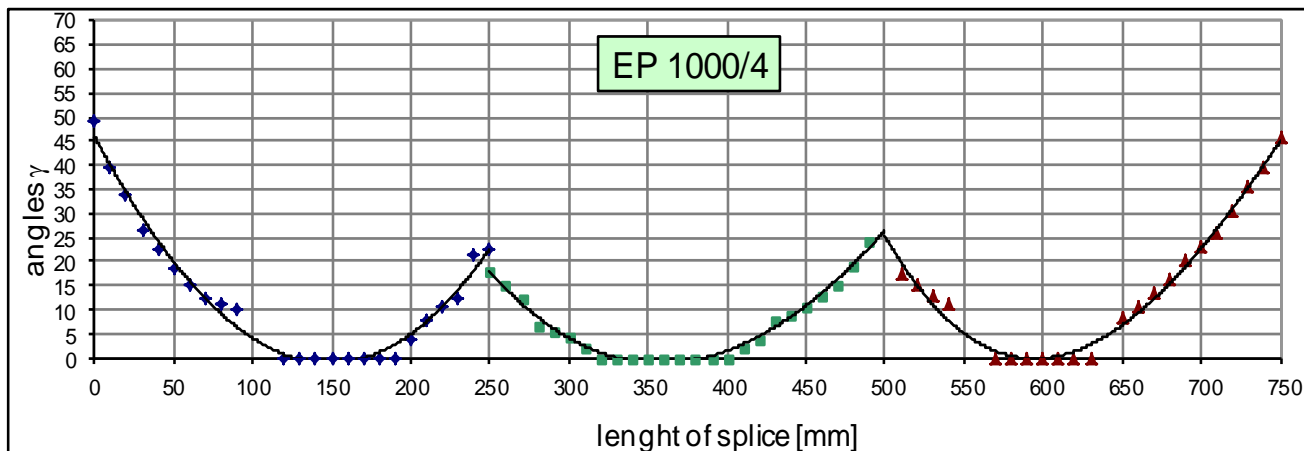
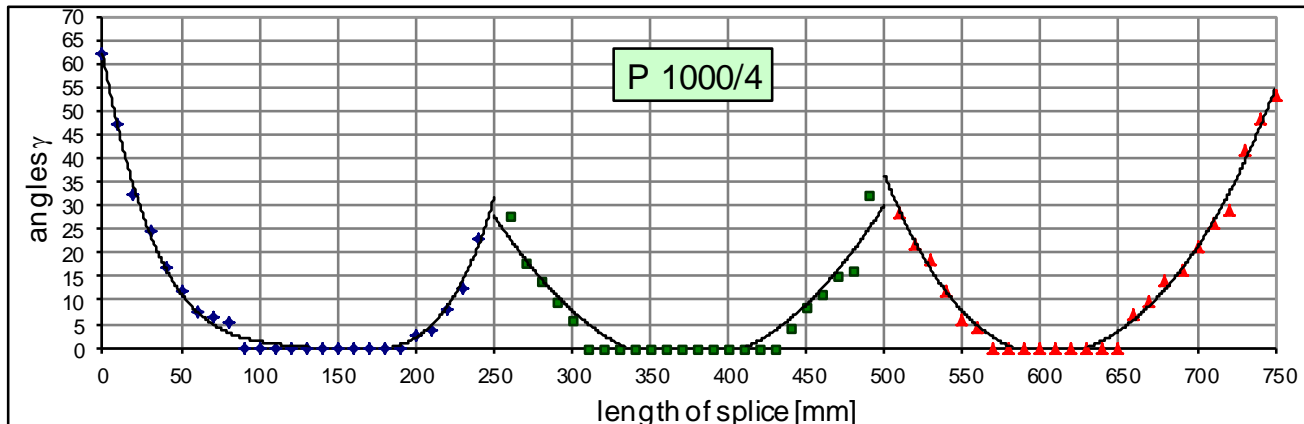
Kąt odkształcenia postaciowego



Widok odkształceń spoiny klejowej złącza taśmowego



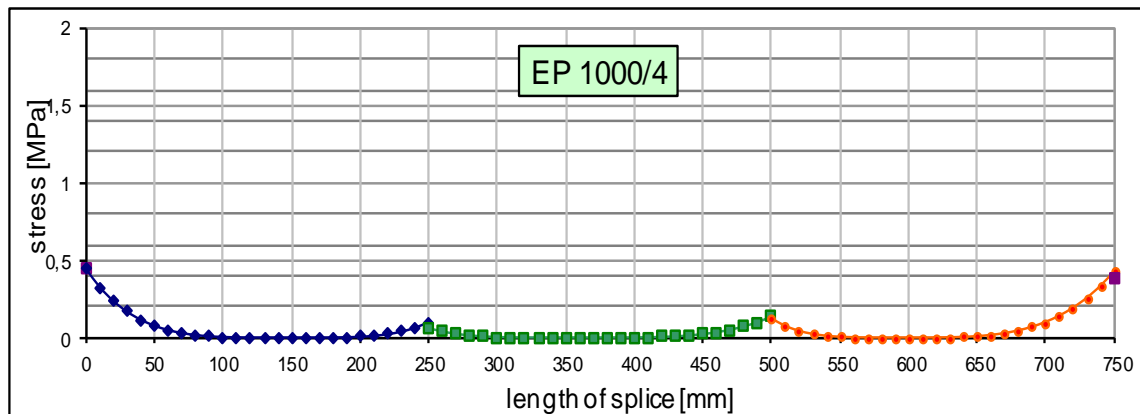
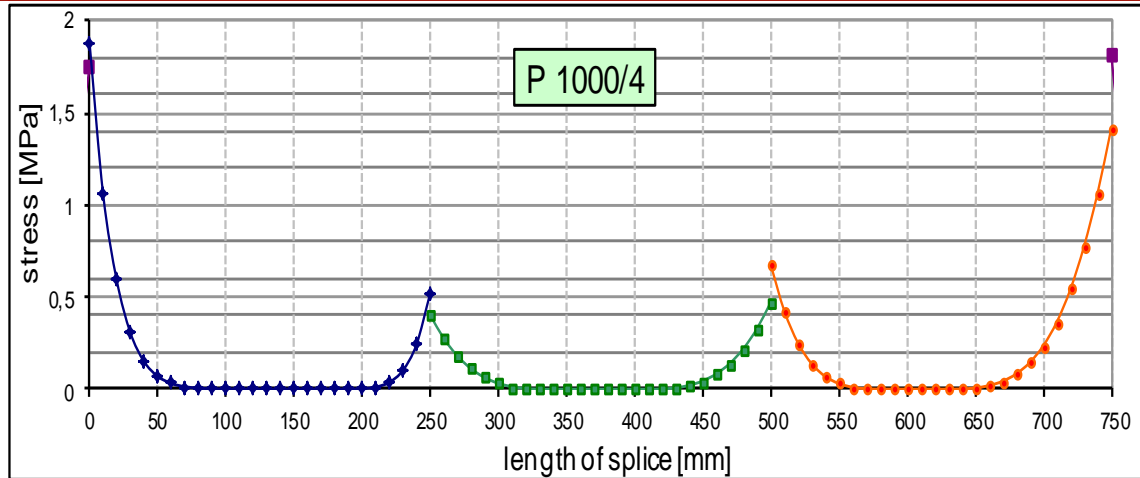
Kąt odkształcenia postaciowego



Kąty odkształcenia postaciowego spoiny klejowej złączy taśm P 1000/4 i EP 1000/4



Badanie naprężeń w spoinie klejowej złączy



Naprężenia w spoinie klejowej złączy taśm P 1000/4 i EP 1000/4



Badanie naprężeń w spoinie klejowej złączy

Tab.1. Zestawienie wyników badań właściwości wytrzymałościowych taśm przenośnikowych przeznaczonych do wykonania złączy

Nr złącza	Materiał przekładek	Wytrzymałość na rozciąganie taśmy R_t <i>kN/m</i>	Wydłużalność przy obciążeniu		Moduł sprężystości taśmy M_t <i>N/mm</i>	Wytrzymałość adhezyjna pomiędzy przekładkami T <i>N/mm</i>	Guma frykcyjna		
			10% R _t	Przy zerwaniu			Wytrzymałość na rozciąganie TS <i>MPa</i>	Wydłużenie przy zerwaniu ε_b <i>%</i>	Moduł oznaczony po 3 godz. obciążania dla ε=100% M_g <i>MPa</i>
			ε₁₀ <i>%</i>	ε_r <i>%</i>					
1	PP	1356	2,59	24,0	4633	6,3	6,2	338	1,3
2	PP	1258	2,11	25,0	4375	6,1	10,9	456	1,7
3	EP	1050	0,70	13,5	12665	11,4	12,4	711	0,8
4	EP	997	0,65	12,5	14717	14,6	15,2	715	1,2
5	EP	1771	0,67	14,5	26577	9,2	6,2	472	1,3
6	EP	1942	1,14	21,0	18683	7,5	7,2	435	0,8
7	PP	1752	2,43	30,0	8697	12,1	9,6	745	0,9
8	PP	2359	1,60	23,0	11030	15,5	7,0	400	1,4



Badanie naprężeń w spoinie klejowej złączy

Tab. 2. Wyniki badań naprężeń spoiny klejowej na stykach stopni złączy

Nr złącza	Długość stopni złącza l_s, mm			Naprężenia na stykach stopni złącza σ, MPa	
	1	2	3	zewnątrznych	środkowego
1	250	250	250	1,70	0,33
2	250	250	250	1,65	0,60
3	250	250	250	0,43	0,11
3a	250	150	250	0,44	0,20
3b	200	150	200	0,43	0,28
4	250	250	250	0,79	0,48
4a	250	150	250	0,65	0,40
4b	200	150	200	0,74	0,68
5	250	250	250	0,74	0,62
5a	250	150	250	0,80	0,60
5b	200	150	200	0,68	0,65
6	250	250	250	0,62	0,35
6a	250	150	250	0,64	0,27
6b	200	150	200	0,62	0,42
7	250	250	250	1,00	0,70
7a	250	150	250	0,80	0,50
8	250	250	250	1,95	1,15



Badanie naprężeń w spoinie klejowej złączy

Wyniki badań poddano analizie mającej na celu przedstawienie zależności maksymalnych naprężeń występujących na stykach złączy σ od:

- modułu taśmy M_t ,
- wytrzymałości taśmy R_t
- modułu gumy M_g

$$\sigma = 2,43 \cdot R_t^{0,52} \cdot M_t^{-0,52} \cdot M_g$$

$$\sigma = 2.4 \cdot \sqrt{\frac{R_t}{M_t}} \cdot M_g$$

gdzie:

σ - maksymalne naprężenia w spoinie klejowej występujące na stykach złącza w MPa,

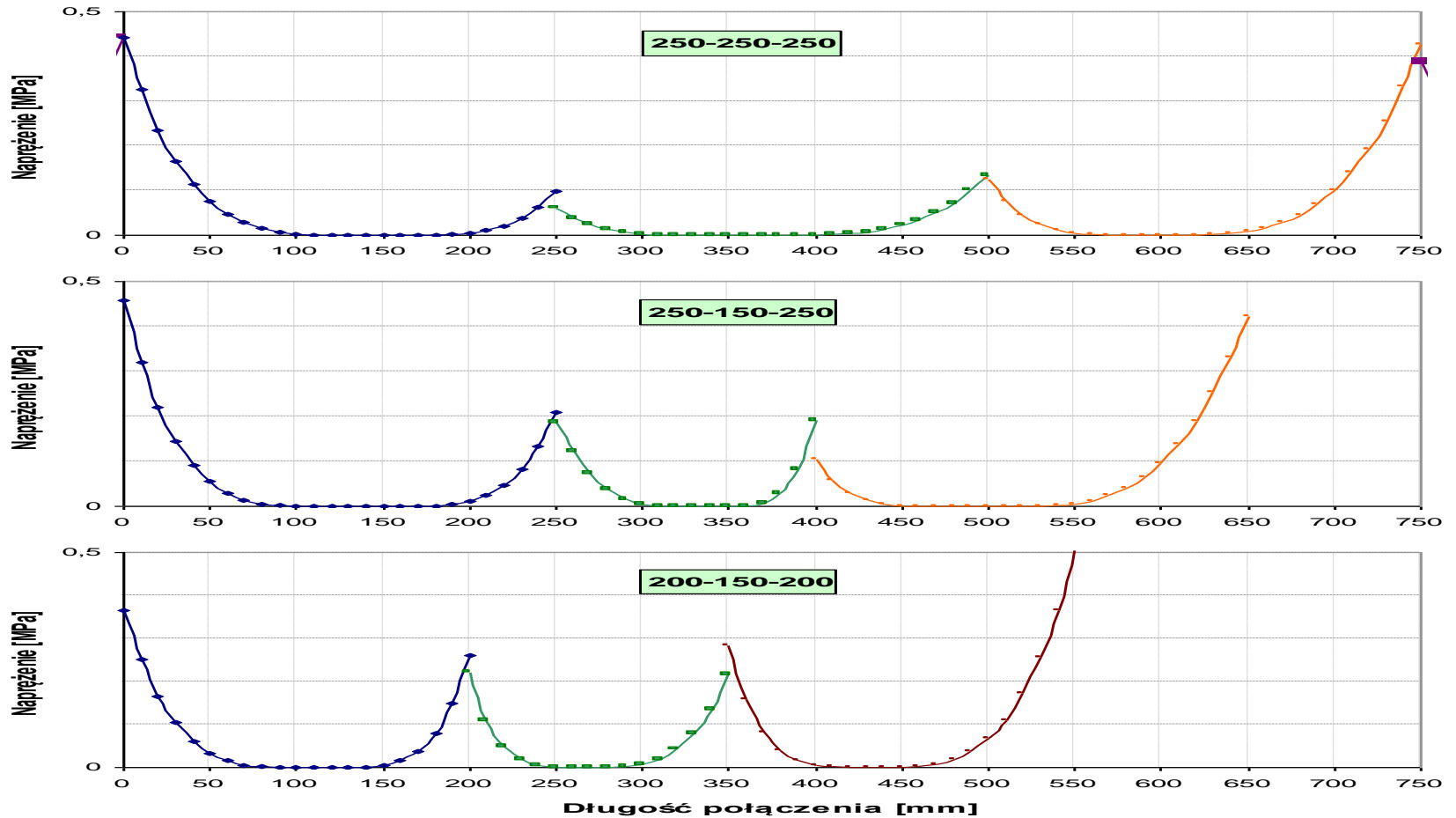
R_t – rzeczywista wytrzymałość taśmy na rozciąganie w kN/m,

M_t – moduł sprężystości taśmy w kN/m,

M_g – moduł sprężystości gumy klejowej w MPa.



Analiza wyników badań



Rozkład naprężeń w spoinie klejowej złącza taśmy EP 1000/4 w zależności od długości złącza



Analiza wyników badań

Tab. 3. Długość stopni złącza według PN-C-94147:1997

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

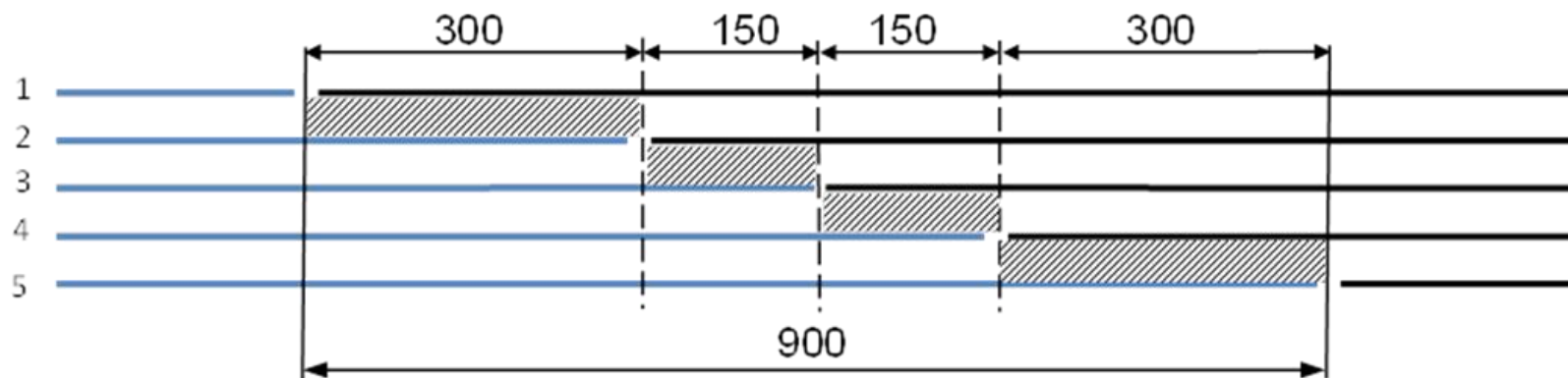
Tab. 4. Zalecane długości stopni

Wytrzymałość przekładki R_N , kN/m	Długość stopni l_{st} , mm	
	zewnętrznych	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

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.



Wymiary złącza taśmy typu 2000/5



Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istotny wpływ właściwości wytrzymałościowych taśm i materiałów wulkanizacyjnych na wielkość naprężeń w spoinie klejowej co zostało określone liczbową zależnością.

Najmniejsze naprężenia można osiągnąć jeżeli taśmy będą się charakteryzowały wysokim modułem sprężystości a materiały do ich łączenia niskim modułem sprężystości.

Stwierdzono jednocześnie, że obecnie zalecane wymiary długości stopni złączy można zmniejszyć. Środkowe stopnie złączy można zmniejszyć nawet o około 40%. Badania zmęczeniowe złączy ze skróconymi środkowymi stopniami wykazały, że nie ma to wpływu na ich trwałość.



Wnioski

Gwarantem uzyskania wysokiej trwałości złączy wulkanizowanych jest stosowanie materiałów o następujących właściwościach:

- wysokim module sprężystości taśmy spełniającym zależność:

$$M_t/R_t > 12,$$

- niskim module sprężystości gumy klejowej i gumy frykcyjnej:

$$M_g < 1 \text{ MPa},$$

- wysoką wytrzymałością adhezyjną gumy klejowej i gumy frykcyjnej:

$$T > 12 \text{ N/mm},$$

- wysoką wytrzymałością na rozciąganie gumy klejowej i gumy frykcyjnej:

$$R_g > 12 \text{ MPa}$$



Program Badań Stosowanych nr PBS3/A2/17/2015 **„Złącza wieloprzekładowych taśm przenośnikowych** **o zwiększonej trwałości eksploatacyjnej”**

Projekt wykonywany
w konsorcjum z firmą **NILOS Polska sp. z o.o.**

Zasadniczym celem projektu jest zmniejszenie awaryjności złączy wykonywanych metodą klejenia na zimno, zwiększenia ich trwałości eksploatacyjnej oraz obniżenie kosztu ich wykonania.