

FALBANY I PROFILE KIESZENIOWE OPRACOWANE W POLTEGOR-INSTYTUT DO TAŚM PRZENOŚNIKOWYCH PIONOWEGO TRANSPORTU O WYSOKIEJ WYDAJNOŚCI

SIDEWALLS AND CLEAT PROFILES FOR CONVEYOR BELTS OF HIGH- PERFORMANCE VERTICAL TRANSPORT, DEVELOPED AT POLTEGOR-INSTYTUT

Paweł Lewandowicz, Jarosław Prykowski - „Poltegor - Instytut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław

W artykule przedstawiono rozwiązania dla przemysłu, związane z wysoko wydajnym transportem materiałów sypkich z wykorzystaniem przenośników taśmowych. Omówiono wdrożenie taśmy przenośnikowej z falbanami i poprzeczkami typu TC-280 do transportu kruszywa na przenośnikach łamanych typu Z.

Słowa kluczowe: taśmy przenośnikowe, taśmy specjalne, falbany, profile kieszeniowe, badania, wdrożenie

Solutions for industry of high performance transport of bulk materials with use of conveyor belts have been presented. The implementation of a conveyor belt with sidewalls and TC-280 cleats profiles for transporting of aggregate on Z-conveyors has been discussed.

Keywords: conveyor belts, special belts, sidewalls, cleat profiles, tests, implementation

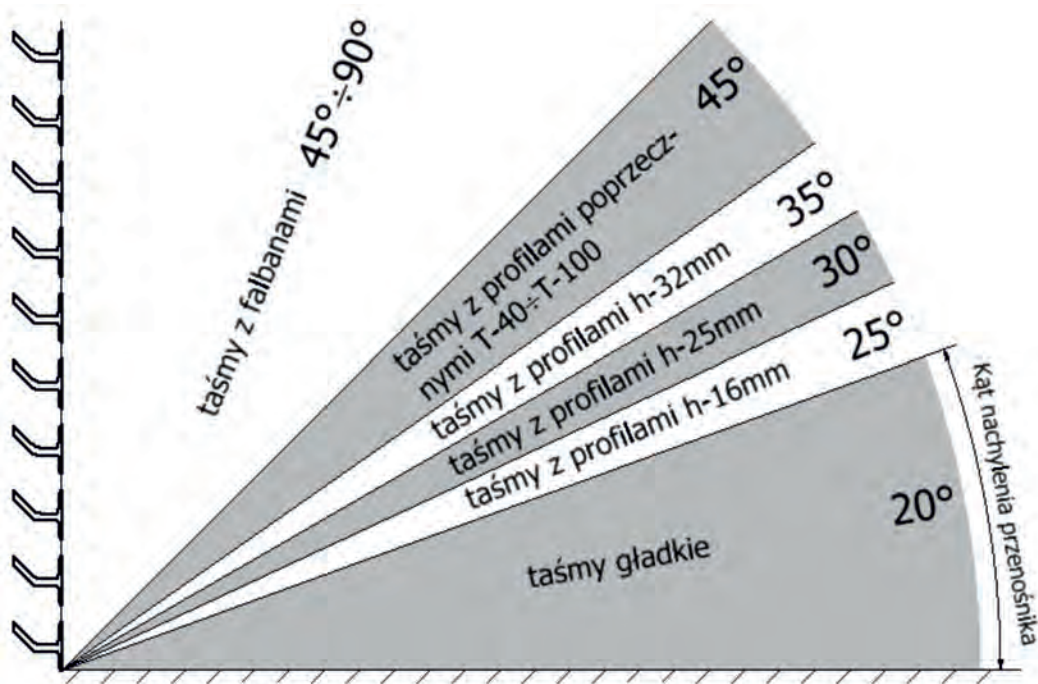
Wstęp

Transport taśmowy w przemyśle znalazł bardzo szerokie zastosowanie w procesach produkcyjnych z użyciem materiałów sypkich, w kawałkach i opakowanych. Najczęściej wykorzystuje się przenośniki w układach poziomych lub nachylonych pod niewielkim kątem, do około 20° [1], z taśmą płaską prowadzoną po rolkach (krążnikach) lub gładkim stole. Dla większych kątów nachylenia trzeba zastosować taśmy specjalne z nałożonymi na okładce nośnej wzorami (np. Fischbone, Supergrip, Noppen), profili typu jodełka (tzw. chevron) lub profili poprzecznych o różnej wysokości. Rozwiązania takie mogą być efektywne maksymalnie do około 45st. nachylenia przenośnika (Rys. 1). Dla większych kątów i transportu pionowego opracowano systemy transportu taśmowego z wykorzystaniem falban i profili kieszeniowych (Rys. 2). Systemy te zostały opracowane i wdrożone przez firmę Conrad Scholtz AG z Hamburga w latach 70-tych ubiegłego wieku i do dziś znane są pod nazwą Flexowell. Pierwotnie były przeznaczone do szybkiego rozładunku dużych morskich statków masowych.

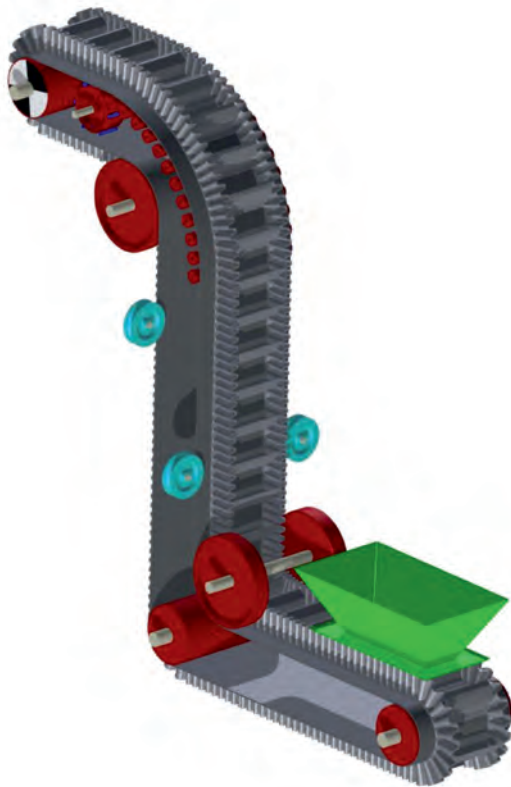
Transport pod dużym kątem oraz transport pionowy pozwala lepiej wykorzystać przestrzeń produkcyjną w zakładzie przemysłowym, skraca układy transportowe i skutkuje dużą oszczędnością powierzchni użytkowej. Przenośniki z taśmą z falbanami dzięki swym zaletom systematycznie znajdują coraz szersze zastosowanie i coraz bardziej są doceniane, pozwalają na uzyskanie dużych wydajności, charakteryzują się wysoką niezawodnością, są energooszczędne i bardziej ciche w porównaniu z innymi systemami. Wśród użytkowników należy wymienić tu takie zakłady jak: produkujące nawozy sztuczne, cementownie elektrociepłownie miejskie, betoniarnie, przetwórstwo rolne, górnictwo i inne.

Taśmy specjalne z falbanami i profilami kieszeniowymi

W Zakładzie Technologii i Eksploatacji Taśm Przenośnikowych w Poltegor-Instytut od kilkadziesiąt lat opracowuje się różnego rodzaju prototypowe taśmy specjalne, w tym taśmy z falbanami i profilami kieszeniowymi (rys. 3 i rys. 4).



Rys. 1. Zastosowanie taśm przenośnikowych zależnie od kąta nachylenia
Fig. 1. The use of conveyor belts depending on the angle of inclination



Rys. 2. Schemat pionowego przenośnika z taśmą z falbanami i profilami kieszeniowymi
Fig. 2. Draft of a vertical conveyor with a belt with sidewalls and cleat profiles

Do tej pory opracowano taśmy z falbanami o wysokości od 40 do 240 mm i profile kieszeniowe o wysokości do 220 mm. W ostatnim czasie jednak pojawiła się potrzeba wykonania taśm o jeszcze większej wydajności z falbanami gumowymi o wysokości 300 mm i profilami kieszeniowymi o wysokości 280 mm [2].

Kształt profili kieszeniowych powinien zapewniać efektywny załadunek transportowanym materiałem, dostateczną pojemność oraz całkowity rozładunek na bębnie zrzutowym przenośnika. W praktyce najczęściej stosowane są profile tzw. łamane z częścią prostopadłą do powierzchni taśmy i częścią zakrzywioną o optymalnie dobranym kącie i proporcji w stosunku do części prostopadłej. Wydajność taśmy Q typu Flexowell będzie zależała od:

- pojemności profilu kieszeniowego P z uwzględnieniem kąta nachylenia α
- prędkości taśmy V
- ilości profili kieszeniowych na 1m taśmy

Obliczanie pojemności profilu i wydajności przenośnika

Pole przekroju poprzecznego strugi urobku oblicza się ze wzoru:

$$P = P_p + P_\beta + P_\gamma \text{ [m}^2\text{]} \quad (1)$$

gdzie: α – kąt wzniosu przenośnika;

P_p - pole przekroju profilu przy kącie $\alpha=90^\circ$, wartość ta jest charakterystyczna dla danego typu poprzeczki, dla TC-280 wynosi $204 \times 10^{-4} \text{m}^2$;

P_β - pole przekroju strugi wynikające z nachylenia przenośnika pod kątem $\alpha < 90^\circ$;

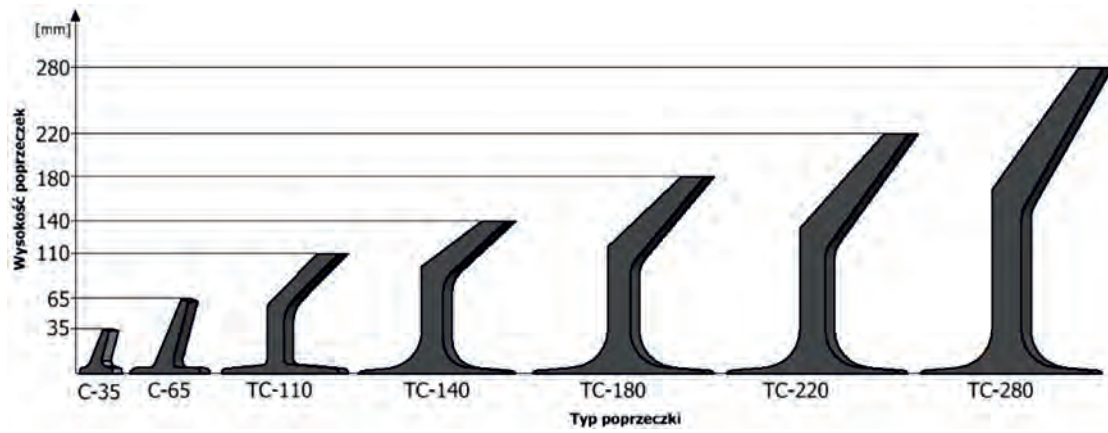
P_γ – pole przekroju strugi wynikające z kąta usypowego γ . Wartość P_β można obliczyć ze wzoru

$$P_\beta = \frac{1}{2} H^2 \cdot \text{tg}(\beta) \quad (2)$$

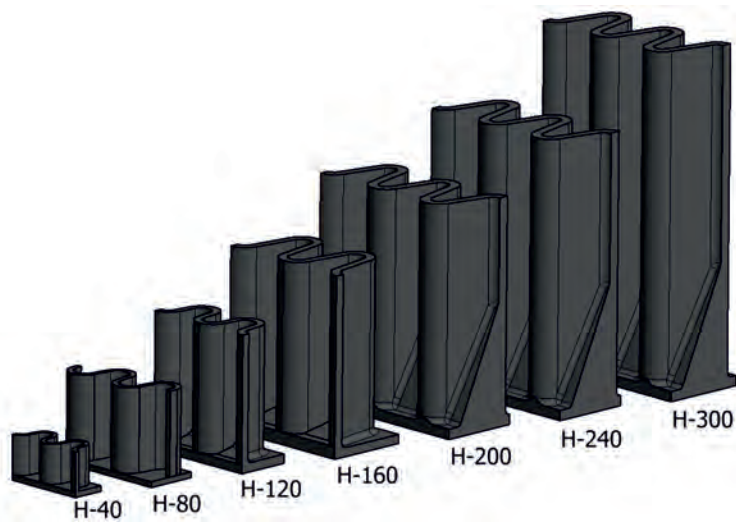
gdzie: H - wysokość poprzeczki [m];

$$\beta = 90^\circ - \alpha; \alpha \in [30^\circ \div 90^\circ]$$

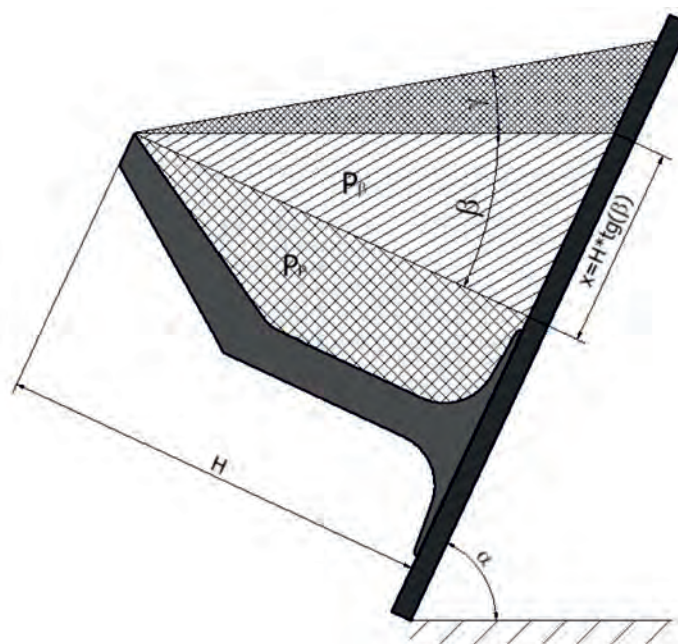
Kąt usypowy γ zależy od właściwości transportowanego materiału, w praktyce przyjmuje najczęściej wartości od 5 do 15.



Rys. 3. Profile poprzeczne opracowane dotychczas C35, C65, TC110, TC140, TC180, TC220, profil nowy TC280
 Fig. 3. Cleat profiles C-35, C-65, TC110, TC140, TC180, TC220 developed so far and TC280 new one



Rys. 4. Falbany opracowane dotychczas H-40, H-80, H-120, H-160, H-200, H-240, falbana nowa H-300
 Fig. 4. Sidewalls H-40, H-80, H-120, H-160, H-200, H-240, developed so far and H300 new one



Rys. 5. Obliczenie pojemności profilu
 Fig. 5. Calculation of profile capacity

Wydajność teoretyczną przenośnika można wyrazić wzorem:

$$Q = P \cdot b \cdot r \cdot v \left[\frac{m^3}{h} \right] \quad (3)$$

gdzie: b – szerokość poprzeczki [m]

r – ilość poprzeczek na 1m taśmy [1/m]

v – prędkość taśmy [m/h]

Wydajność teoretyczna Q pomnożona przez współczynnik napełnienia k powinna dać nam wydajność rzeczywistą:

$$Q_r = k \cdot Q \quad (4)$$

Wartości współczynnika k są mniejsze od 1, zależą od wysokości profili kieszeniowych i maleją wraz ze wzrostem prędkości taśmy [4], przy większych prędkościach pogarsza się stopień wypełnienia transportowanym materiałem. W naszym wypadku dla prędkości około 1 m/s i profili TC280 współczynnik będzie się kształtował na poziomie powyżej 0,9, dla prędkości 1,7 m/s wynosiłby około 0,8.

Taśmy specjalne dużej wydajności

Dla krajowego producenta wełny mineralnej Poltegor-Institut opracował taśmy przenośnikowe dużej wydajności (250/ m³/h) do pracy pod kątem 70 stopni do transportu bazaltu o granulacji 50-170 mm. Na podstawie wykonanych obliczeń zaproponowano taśmę o szerokości 1200 mm z poprzeczkami TC-280 o następujących parametrach:

- szerokość taśmy B - 1200 mm
- profile typu - TC-280
- szerokość poprzeczki - 720 mm
- podziałka poprzeczek - 315 mm
- falbana gumowa H - 300 mm
- układ taśmy - 165+falbana_75 +poprzeczka_720 +falbana_75+165
- prędkość taśmy - 1 m/s

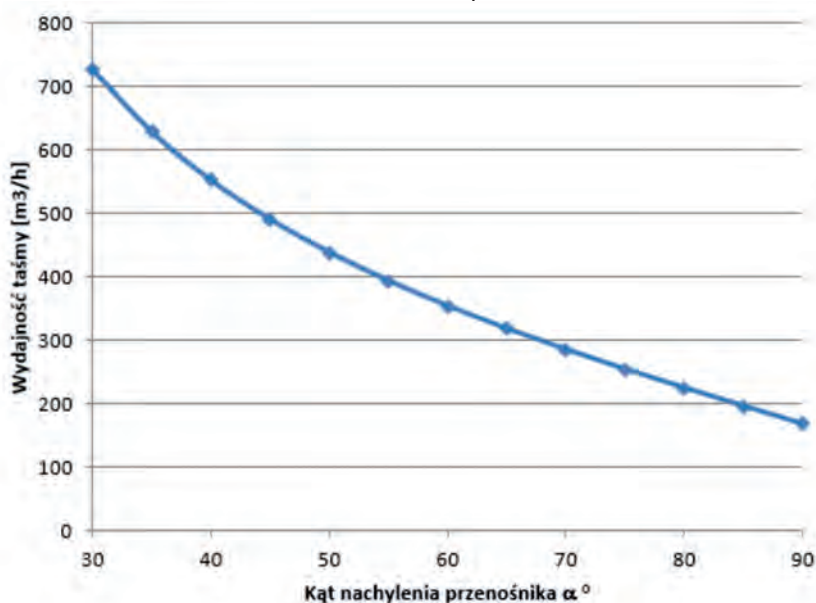
Na podstawie powyższych danych oraz korzystając z powyższych wzorów sporządzono wykres zależności wydajności taśmy od kąta nachylenia przenośnika (rys. 6).

Zaproponowany układ taśmy pozwala na osiągnięcie wydajności przenośnika na poziomie 285 m³/h przy prędkości taśmy 1 m/s i kącie wzniosu przenośnika 70 stopni. Na rysunku 7 przedstawiono projekt takiej taśmy o szerokości 1200 mm z falbanami o podstawie 75 mm i wysokości 300 mm, z poprzeczką TC-280 wzmocnioną podwójną warstwą tkaniny technicznej. Rozstaw profili wzdłuż osi taśmy został zsynchronizowany z kształtem faldy faldy aby zapewnić mechaniczne połączenie pomiędzy faldą faldy i profilem kieszeniowym oraz aby uzyskać odpowiednią szczelność połączenia.

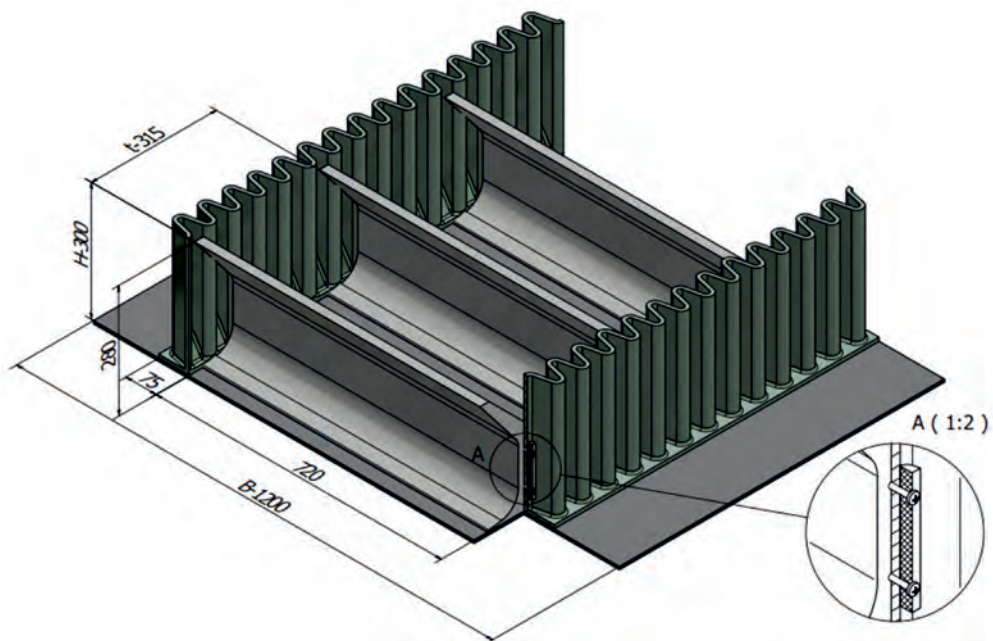
Technologia wykonania taśmy

Akceptacja powyższego projektu pozwoliła przejść do kolejnego etapu wdrożenia jakim jest opracowanie technologii wykonania komponentów bazowych taśmy, a w dalszej części przygotowanie dokumentacji technicznej oprzyrządowania. Dobór optymalnej technologii zależy od długości serii produkcyjnej. Odbiorca złożył zapotrzebowanie na wytworzenie dwóch taśm o długości ok. 70 metrów. Opracowano technologię wulkanizacji faldan i profili kieszeniowych w odpowiednio zaprojektowanych formach stalowych. Do konfekcji profili wykorzystano specjalistyczne maszyny do przeróbki mieszanek gumowych: walcarkę (kalander dwu wałowy) i wytłaczarkę ślimakową o średnicy 90 mm. Na rysunkach 8 i 9 przedstawiono projekty form.

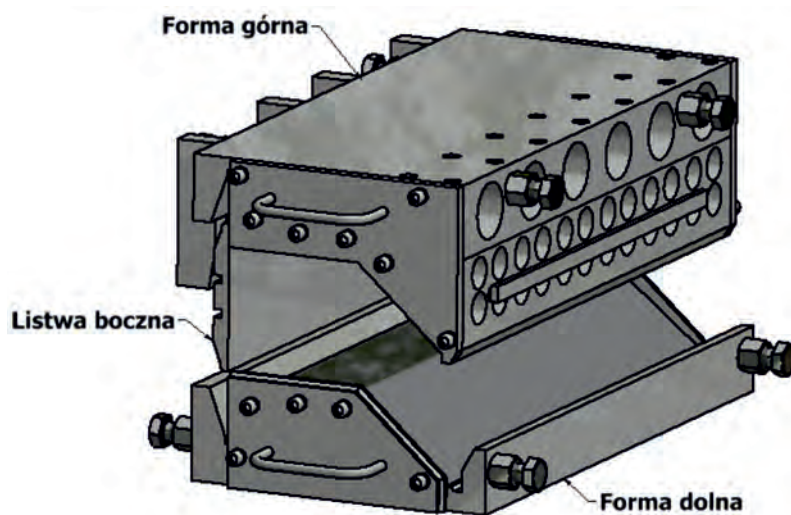
Na rysunku 10 pokazano zdjęcia zwulkanizowanej poprzeczki TC-280 i faldany o wysokości 300 mm. Oba elementy zostały wytworzone na bazie mieszanki gumowej zawierającej kauczuk butadienowo-styrenowych (SBR) z dodatkiem kauczuku naturalnego (NR) o wytrzymałości 20 MPa i twardości ok. 60° Sh. W miarę potrzeby istnieje możliwość zastosowania mieszanek specjalnych o zwiększonej olejo odporności, odporności na podwyższone temperatury, z gumy trudno zapalnej itp. W celu uzyskania wymaganej sztywności i odporności na odkształcenia trwałe, profile kieszeniowe



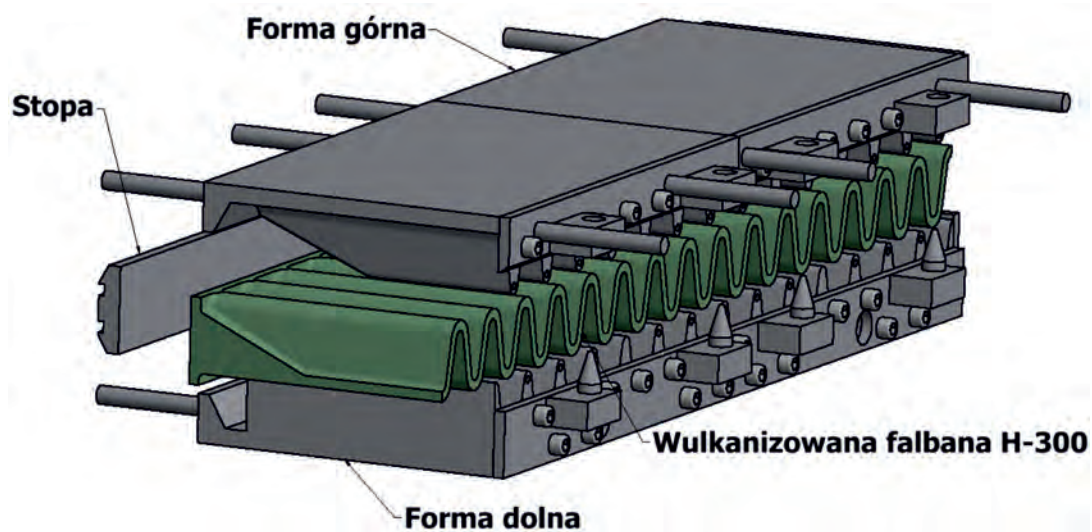
Rys. 6. Wykres wydajności taśmy z poprzeczkami TC-280 w zależności od kąta nachylenia przenośnika
Fig. 6. Belt performance with TC-280 cleat profiles depending on the conveyor angle inclination



Rys. 7. Projekt taśmy z poprzeczką TC-280
Fig. 7. Belt design with TC-280 cleat profile

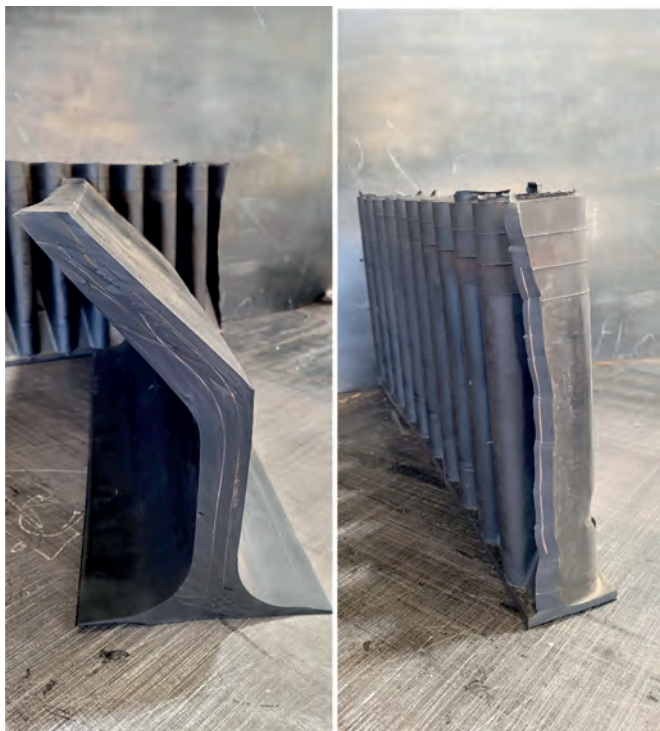


Rys. 8. Projekt formy wulkanizacyjnej poprzeczki TC-280
Fig. 8. Design of TC-280 cleat profile vulcanisation form



Rys. 9. Projekt formy wulkanizacyjnej falbany H-300
Fig. 9. Design of sidewall H-300 vulcanisation form

posiadają dwie przekładki tkaninowe, każda o grubości ok. 1,5 mm. Falbana gumowa również zawiera przekładkę tkaninową w celu zwiększenia jej wytrzymałości, odporności na rozrywanie i trwałości.



Rys. 10. Przekrój poprzeczny profilu TC-280 i falbany gumowej o wysokości 300 mm
Fig. 10. Cross section of a TC-280 cleat profile and rubber sidewall H-300

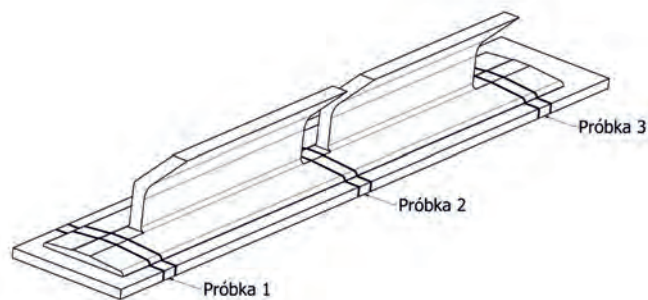
Profile TC-280 poddano badaniom wytrzymałościowym sprawdzającym adhezję pomiędzy poszczególnymi jej warstwami, aspekt ten jest istotny dla trwałości i niezawodności taśmy z falbanami i profilami kieszeniowymi.

Badania wytrzymałościowe

Polskie Normy nie opisują metod badawczych jakim należy poddawać taśmy z profilami gumowymi, można jednak odpowiednio wykorzystać metodykę badań. Istotnym parametrem przy tego typu taśmach jest adhezja powierzchni poprzeczki gumowej do taśmy jak również adhezja pomiędzy warstwami przekładek tkaninowych w samej poprzeczce. Te dwa parametry w sposób znaczący świadczą o trwałości całej taśmy. Bazując na metodach badawczych opisanych w Polskich Normach [3], a stosowanych do gładkich taśm tkaninowo-gumowych przebadano te dwa podstawowe parametry. Poprzeczkę TC-280 połączono z okładką taśmy przenośnikowej przy użyciu kleju chlorokauczukowego (zastosowano klej Conti Secur z utwardzaczem) i odstawiono na 48 h do wysezonowania. Następnie odcięto górną część poprzeczki (rys. 11). Próbki poddano następnie badaniu na rozwarstwianie pomiędzy powierzchnią taśmy, a stopą profilu.

Z odciętych części profilu wykonano próbki, które poddano badaniu na rozwarstwianie pomiędzy dwiema warstwami tkaniny.

Wyniki badań potwierdziły, że zastosowane materiały wulkanizacyjne i parametry technologiczne zarówno podczas konfekcji, wulkanizacji jak i klejenia zostały dobrane odpo-



Rys. 11. Próbkę do badań wytrzymałościowych
Fig. 11. A sample for strength tests

wiednio. Średnia wytrzymałość na rozwarstwianie przekroczyła 5,5 kN/m, wymóg stawiany taśmom przenośnikowym to maksymalnie 4,5 kN/m [3]. Wytrzymałość połączenia klejonego pomiędzy taśmą a poprzeczką była jeszcze większa, jej średnia wartość to 7,5 kN/m.

Wdrożenie taśm w przemyśle

Pozytywne wyniki badań wytrzymałościowych pozwoliły na wdrożenie poprzeczek TC-280 z falbanami gumowymi o wysokości 300 mm do produkcji. Powstały dwie taśmy przenośnikowe o szerokości 1200 mm z układem profili jak na rysunku 6, o długości 70 mb każda (rys. 12). Taśmy zostały przetransportowane i zamontowane na docelowym przenośniku i połączone metodą wulkanizacji na gorąco (rys. 13). Wstępna eksploatacja potwierdziła poprawność zaprojektowania i wykonania całego układu transportowego zarówno pod względem wytrzymałościowym jak i zakładanej wydajności.



Rys. 12. Taśma przenośnikowa z falbanami 300 mm i poprzeczką TC-280 podczas montażu
Fig. 12. Conveyor belt with sidewalls H-300 and TC-280 cleat profiles during assembly



Rys. 13. Montaż taśmy na przenośniku
Fig. 13. Installation of the belt on the conveyor

Podsumowanie

W przemyśle pojawia się coraz większe zapotrzebowanie na wysoko wydajne urządzenia transportowe dla materiałów sypkich, posiadających takie dodatkowe zalety jak: transport pionowy lub pod dużym kątem wzniosu, niski poziom hałasu i wibracji, energooszczędność, niezawodność i trwałość. Szeroko stosowanym w ostatnim czasie, nowoczesnym rozwiązaniem są przenośniki taśmowe typu „Z” z taśmą z falbanami i profilami kieszeniowymi. Taśmy takie od wielu lat są opracowywane i wdrażane w Poltegor-Instytut.

W 2021 roku opracowano i wdrożono profile tkanino-gumowe do budowy taśm przenośnikowych pionowego transportu o wysokiej wydajności z falbanami o wysokości H-300 mm i profilami kieszeniowymi TC280. W oparciu o własne długoletnie doświadczenia zaprojektowano parametry techniczne profili, opracowano technologię ich wykonania, przeprowadzono odpowiednie badania wytrzymałościowe i ostatecznie wdrożono dwie prototypowe taśmy.

Publikacja zrealizowana w ramach prac statutowych „Poltegor-Instytut” IGO nr 297012/N.

Literatura

- [1] Tadeusz Żur, Monika Hardygóra – *Przenośniki taśmowe w górnictwie*, Katowice 1996
- [2] Paweł Lewandowicz, Jarosław Prykowski - *Opracowanie technologii wykonania profili gumowych do taśm przenośnikowych pionowego transportu o wysokiej wydajności*. Oprac. wewnętrzne Poltegor-Instytut nr 7295/IGO
- [3] Polska Norma PN-EN ISO 14890 – Taśmy przenośnikowe. Wymagania dotyczące taśm przenośnikowych ogólnego stosowania z rdzeniem tekstylnym i okładkami gumowymi lub okładkami z tworzyw sztucznych
- [4] Katalog Conrad Scholtz 1162-3/76