

30. J. Rupp, A. Böhlinger, A. Yonenaga: *ITB International Textile Bulletin* 3/2001, s. 6-24
31. E. Mielicka: *Polski przemysł tekstylny-odzieżowy oraz kierunki jego rozwoju w kraju i Unii Europejskiej*

*Materialy konferencyjne XXIV Seminarium Stowarzyszenia Polskich Chemików Kolorystów i Fundacji Rozwoju Polskiej Kolorystyki, Ostrowiec Świętokrzyski 17-20.09.2008 r., s. 31-40*

# Kompozyty tekstylny gumowe. Tkaniny stosowane w taśmach przenośnikowych.

## A. Kabziński

Instytut Technologii Bezpieczeństwa "MORATEX"

### Wprowadzenie

Współczesny świat opiera się w dużej mierze na kompozytach polimerowo tekstylnych, dużą część z nich to kompozyty tekstylny gumowe. W obecnych czasach trudno jest wyobrazić sobie funkcjonowanie codziennego życia bez korzystania z takich produktów, nawet jeśli nie dostrzegamy ich wokół siebie. Aby zrozumieć istotę tych kompozytów wystarczy zwrócić uwagę na potrzeby transportu, który opiera się na wyrobach przemysłu opaniarskiego, przemysłu wydobywczego, gdzie pracują taśmy przenośnikowe, czy chociażby w systemach napędowych z wykorzystaniem gumowych pasków transmisyjnych. Podczas, gdy tekstylia są stosowane od tysięcy lat, technologia gumy rozwija się dopiero od około 500 lat, z czego ostatnie 200 to okres, kiedy stosowano połączenie gumy z wzmocnieniem tekstylnym. Jednak w tym czasie miał miejsce bardzo duży rozwój technologii i stosowanych materiałów. W ciągu ostatnich lat nastąpiło znaczące odejście od naturalnych materiałów (kaczuk naturalny i bawełna) do produktów syntetycznych. W efekcie technologia tego typu kompozytów bardzo się rozwinęła zaspokajając wiele potrzeb i wymagań rynku. W poniższej publikacji omówione zostało jedno z bardziej istotnych zastosowań tkanin technicznych, jakimi są taśmy przenośnikowe stosowane w górnictwie. Artykuł zawiera podstawowe informacje na temat stosowanych surowców i konstrukcji tkanin oraz rys historyczny dotyczący taśm przenośnikowych. Planowane są kolejne publikacje, gdzie będą omówione szczegółowo parametry struktury

tkaniny z punktu widzenia zastosowania w taśmach przenośnikowych.

### Taśmy przenośnikowe. Historia jednego z najstarszych kompozytów tekstylny gumowych

Taśmy przenośnikowe stosowane są w przemyśle do transportu materiałów. Ich zastosowanie jest bardzo szerokie, od taśm w kasach supermarketów do transportu rud i węgla na bardzo duże, często kilkukilometrowe odległości. Pierwszym, który zastosował pojęcie taśmy przenośnikowej był Oliver Evans w „*Millers Guide*” opublikowanym w Filadelfii w 1795 roku [1]. Przenośnik został opisany jako szeroki niekończący się cienki giętki pas ze skóry lub płótna na dwóch obrotowych krążkach. W połowie XIX wieku po raz pierwszy zastosowano wielowarstwowy wyrób tekstylny gumowy, opatentowany przez ST Parmalee w 1858 roku. Nieco później, w 1863 roku, O.C. Dodge otrzymał amerykański patent na przenośnik taśmowy do przeładunku zboża [2]. W Wielkiej Brytanii pierwszymi, którzy złożyli wniosek patentowy byli PB Graham Westmacott i G.F. Lyster, inżynierowie Mersey Docks Harbor Zarządu, w dokach Birkenhead i Waterloo [3]. Eksperymentowali z taśmą o szerokości 30cm. Potwierdzili mniejsze zużycie energii przez taki przenośnik niż to miało miejsce w ówczesnie stosowanych transporterach ślimakowych. W ciągu wielu lat stosowania technologia taśm przenośnikowych uległa istotnemu rozwojowi. Kaczuk naturalny został zastąpiony przez syntetyczny, włókna syntetyczne wyparły bawełnę i wiskozę. Szerokie stosowanie poliestru i poliamidu było możliwe przez za-

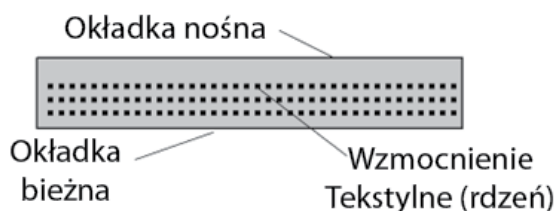
stosowanie impregnacji adhezyjnej umożliwiającej połączenie gumy i włókien. Obecnie rozwój skupia się na strukturze tkaniny, gdyż to właśnie ona determinuje ostateczne własności przenośnika. Wiedza w tym zakresie jest bardzo ograniczona i zazwyczaj pozostaje jako „know-how” producentów. W konstrukcji taśm nie było większej rewolucji od czasu wdrożenia włókien syntetycznych. Interesujące jest, że wiedza tekstylna jest bardzo uboga w tym zakresie, zwłaszcza, gdy rynek taśm przenośnikowych ma się dobrze. Pomimo słabości tej technologii nadal nie ma alternatywy i taśmy przenośnikowe znajdują bardzo szerokie zastosowanie.

Obecnie w Europie znajduje się dwóch istotnych producentów tkanin do taśm przenośnikowych, Mep-Olbo i Kordarna (aktualnie w upadłości, przejęta przez JET Investment). W Indiach znajduje się SRF Ltd. Monopolista na lokalnym rynku, wchodzący szeroko na rynki Europy i USA. SRF w 2009 roku przejął kontrolę nad Industex, głównym producentem tkanin technicznych w RPA. Rynek chiński został zmonopolizowany przez Shandong Helion Polytex, który bardzo aktywnie działa także na rynku europejskim. Pozostali mniejsi producenci tego typu tkanin mają bardzo słabą pozycję rynkową, praktycznie nie istnieją jako poważni dostawcy.

#### Budowa taśmy [4]

Budowa taśmy przenośnikowej jest podporządkowana wymaganiom samej instalacji, położenia geograficznego (nachylenie, wysokość n.p.m. itp.) oraz typowi przenoszonego materiału. Taśmy najczęściej są produkowane jako wieloprzekładkowe, rzadziej jako jednoprzekładkowe lub typu solid woven. W każdym z przypadków parametry tkanin są różne. Aby zapewnić odpowiednią konstrukcję taśmy szereg wymagań musi być wzięte pod uwagę:

- odpowiednia wytrzymałość i elastyczność,
- niskie wydłużenie podczas pracy przenośnika,
- wymiary odpowiednie do ilości przenoszonego materiału,
- elastyczność w obu kierunkach, ma to zapewnić poprawną pracę na wałkach instalacji przenośnika



Rysunek 1. Taśma wieloprzekładkowa – schemat budowy [4]

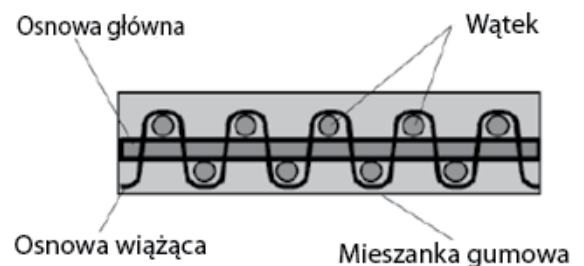
- stabilność wymiarów,
- odpowiedni poziom adhezji pomiędzy tkaniną i gumą, tak aby uniknąć rozwarstwień,
- dobra odporność na rozdzieranie,
- zdolność do łączenia w pętlę technikami mechanicznymi oraz chemicznymi (kleje, wulkanizacja).

#### Taśma wieloprzekładkowa

To jest najpopularniejsza konstrukcja taśmy, składa się z 2-6 przekładek zwulkanizowanych z mieszanką gumową (Rys. 1). Wytrzymałości jakie osiągają takie taśmy sięgają 3500kN/m. Taśmy takie są łączone w pętlę mechanicznie lub poprzez klejenie i wulkanizację.

#### Taśma jednoprzekładkowa

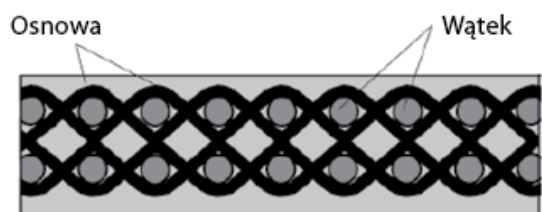
Nie jest tak popularna jak wieloprzekładkowa, jednak jest to konstrukcja bardziej elastyczna co daje szereg zastosowań nieosiągalnych dla taśm innego typu. Wytrzymałości jakie osiągają takie taśmy sięgają 1000kN/m. Rysunek 2 przedstawia schemat takiej taśmy.



Rysunek 2. Taśma jednoprzekładkowa – schemat budowy [4]

#### Taśma z tkaniną jednolicie tkaną

Jest to specyficzna konstrukcja taśmy z zastosowaniem tkaniny typu „solid-woven”. Taśmy tego typu to najczęściej konstrukcje niepalne impregnowane PVC.



Rysunek 3. Taśma z tkaniną „solid-woven” – schemat konstrukcji [4]

Taśmy te łączy się głównie mechanicznie. Rysunek 3 przedstawia przekrój poprzeczny takiej taśmy.

### **Aktualnie stosowane surowce**

Na początku, do produkcji tkanin do taśm przenośnikowych, jedynym stosowanym surowcem była bawełna. Zapewniała ona doskonałą adhezję mechaniczną oraz odporność termiczną taśmy. W miarę postępu technologii bawełnę zastąpił Rayon, a następnie poliester, poliamid i w niewielkiej ilości aramidy. Poniżej znajduje się krótkie omówienie charakterystyki tych surowców pod kątem aplikacji w taśmach przenośnikowych.

### **Poliamid (Nylon)**

W porównaniu do włókien celulozowych, poliamidy posiadają znacznie większą wytrzymałość i wydłużenie przy zerwaniu. Te własności mają pozytywny wpływ na poprawę trwałości taśm obciążonych dynamicznie, poliamid jako włókno elastyczne zapewnia większą odporność taśm na destrukcyjny wpływ samego przenoszonego materiału. Wysokie wydłużenie przy niewielkich siłach powoduje, że po dziś dzień jest szeroko stosowany jako wątek, aby zapewnić bezproblemowe układanie się taśmy w nieckę. Niekorzystną cechą poliamidu jest zdolność do wykurczu. Nawet w modyfikowanych przędzach ten wykurcz występuje i wymaga dużej uwagi w przerobie. Technologia produkcji taśm musi uwzględniać zachowanie tkaniny poliamidowej w trakcie wulkanizacji, gdzie jednocześnie działa czas, ciśnienie i wysoka temperatura. Kontrola wykurczu poliamidu jest bardzo istotna, gdyż bezpośrednio wpływa on na wartość wydłużenia przy zerwaniu gotowego wyrobu. Poliamid do taśm przenośnikowych, jest stosowany jako multiflament o niskim skręcie. W wyrobach z gumą poliamid wymaga impregnacji adhezyjnej, w przeciwnym wypadku nie istnieje możliwość wystąpienia wiązań chemicznych guma włókno.

### **Poliester**

Można powiedzieć, że poliester prezentuje kombinację wytrzymałości i wydłużenia poliamidu oraz włókien wiskozowych. Taka kombinacja odpowiada wielu aplikacjom, jednakże występują dwa problemy. Pierwszy dotyczy adhezji, poliester wymaga skomplikowanej obróbki mającej na celu zapewnienie odpowiedniej adhezji do gumy. W dzisiejszych czasach proces ten został opanowany w stopniu zadowalającym. W szczególności zostanie omówiony w dalszych arty-

kułach. Kolejnym problemem, podobnie jak dla poliamidu jest wykurcz termiczny. W tym przypadku także rozwój wiedzy daje rozwiązania pozwalające optymalizować taki parametr, szereg modyfikacji polimeru jak i samej przędzy pozwala na osiągnięcie wyrobów charakteryzujących się odpowiednią wytrzymałością i wydłużeniem przy zachowaniu akceptowalnego wykurczu (typ HMLS- high modulus low shrinkage).

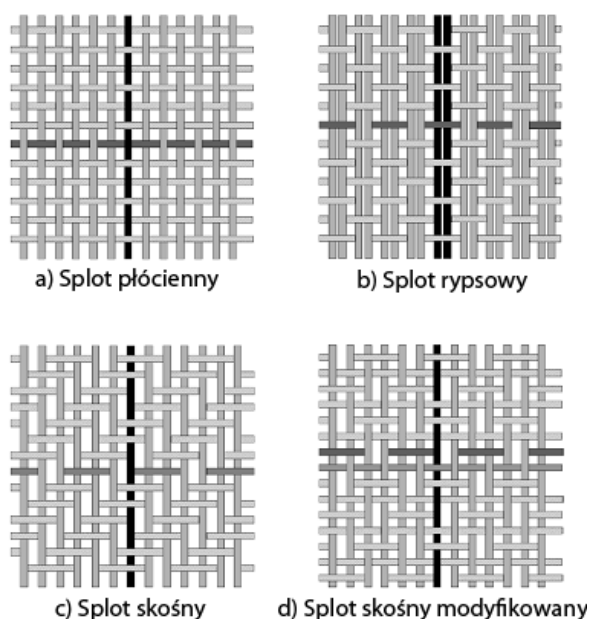
### **Aramid**

Parametry aramidów są bliższe nieorganicznym materiałom niż włóknom tekstylnym. Wytrzymałość na rozciąganie oraz moduł są bardzo wysokie, ale aramid ma niską wartość wydłużenia przy zerwaniu, co wprowadza problemy w niektórych zastosowaniach. Główną wadą tkanin aramidowych jest niska rozciągliwość, zwłaszcza w taśmach, gdzie tkanina występuje w kilku warstwach. Istnieje ryzyko, że podczas zginania i ściskania siły w zewnętrznych warstwach doprowadzą do uszkodzenia włókien, i w konsekwencji do osłabienia samej tkaniny. Takie tkaniny nie są dobrym rozwiązaniem w taśmach, gdzie wymagana jest duża odporność na obciążenia dynamiczne. Mimo to opracowano wiele produktów gdzie tkaniny aramidowe z powodzeniem mogą być zastosowane i kluczowe parametry aramidów grają główną rolę. Są to głównie długie przenośniki, gdzie ważna jest niska masa własna samej taśmy i minimalne wydłużenie podczas pracy urządzenia. Tkaniny aramidowe podobnie jak poliamidowe, poliestrowe czy mieszane, wymagają impregnacji adhezyjnej.

### **Sploty tkanin [5]**

Większość taśm przenośnikowych jest wykonana w technice wieloprzędawkowej, gdzie typowe konstrukcje mają zastosowanie. Poniżej krótki opis podstawowych splotów stosowanych w tych tkaninach. Szerzej na temat zalet i wad każdego ze splotów zostanie napisane w kolejnych publikacjach.

Najprostszym splotem jest splot płócienny. Schemat splotu prezentuje rysunek 4a. Płótno to splot najstarszy, stosowany szeroko w tkaninach wykonanych z przędz tekstylnych oraz materiałów nie tekstylnych jakimi są choćby druty stalowe. Splot ten stanowi podstawę innych splotów pochodnych od płóciennego. W tkaninach do taśm przenośnikowych jest to główny stosowany splot. Zapewnia on, razem z przędzami o niskim skręcie, bardzo gładką i równomierną powierzchnię tkaniny, z dużym wypełnieniem powierzchniowym. Ma to swoje plusy i minusy, jednakże takowe należy rozpatrywać pod kątem aplikacji samej tkaniny.

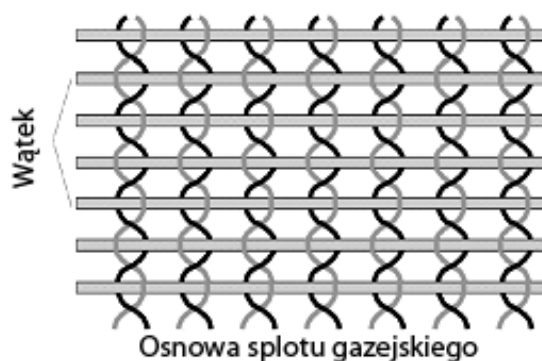


Rysunek 4. Podstawowe sploty w tkaninach do taśm przenośnikowych [4]

Wzrost wytrzymałości tkaniny to w głównej mierze ilość materiału. Splot płócienny nie daje możliwości osiągnięcia odpowiednich licznosci i konieczne staje się modyfikowanie splotu, aby zapewnić odpowiednią ilość przędz. Najprostszą modyfikacją jest dublowanie nitki osnowy co daje splot rypсовy (Rysunek 4b). W tkaninach bardzo ciężkich jednak i to nie wystarczy, nitki osnowy są multiplikowane dalej. Zaletą takich splotów jest poprawa odporności na rozdzieranie, co ma istotne znaczenie w przypadku uszkodzenia samej taśmy. Tkaniny takie często nazywane są „rip-stop”.

Kolejnym przykładem są sploty skośne, przykład zaprezentowany na rysunku 4c. Sploty te nie są szeroko stosowane w tkaninach do taśm przenośnikowych poza jednym wyjątkiem. Splot w zagranicznej nomenklaturze nazywany „broken twill” widoczny na rysunku 4d, znajduje zastosowanie do produkcji taśm trudnopalnych. Sploty skośne lub ich modyfikacje umożliwiają gumie łatwiejsze wnikanie do środka konstrukcji tkaniny. Poprawia się tym samym powierzchnia styku mieszanki i tkaniny co pozytywnie wpływa na adhezję. Ponadto sploty te mają istotny wpływ na poprawę wytrzymałości złącz mechanicznych (łączenia taśm w pętłę). Sploty skośne gwarantują dość niską grubość tkaniny a powierzchnia jest równomierna

Specyficzną grupą tkanin są tkaniny o splocie gazejskim. Rysunek 5 przedstawia schemat takiego splotu. Ten typ tkanin stanowi wzmocnienie powierzchni tkaniny przed ostrymi krawędziami urobku. Tkanina ta zabezpiecza wewnętrzne warstwy przed przecię-



Rysunek 5. Schemat splotu gazejskiego [4]

ciem. Charakterystycznym jest, że wątek w tej tkaninie stanowi przędza o wysokiej masie liniowej (600-5000tex). Główną cechą tego splotu jest stabilność, wątki są oddalone od siebie o tą samą odległość, co pozwala gumie swobodnie penetrować przestrzenie między przędzami. Znane są modyfikacje tej tkaniny, gdzie stosowano linki stalowe jako wątek.

### Straight warp

Do specjalnych aplikacji, gdzie wymagane są bardzo duże siły zrywające, zastosowanie znajdują tkaniny typu straight warp (Rysunek 2). Wyprostowane nitki osnowy limitują licznosc takiej tkaniny, niemniej wartości wytrzymałości takich tkanin są imponujące i mogą sięgać nawet ponad 1000kN/m. W tkaninie tej poza wyprostowaną osnową jest także osnowa wiążąca oraz wątek. Charakterystyczne jest, że osnowa główna jak i wątek nie mają wrobienia, wrobiona jest tylko osnowa wiążąca. Tkanina ta ma wydłużenie przy zerwaniu istotnie niższe niż klasyczne konstrukcje. Tkaniny te zazwyczaj stosowane są w taśmach jedno przekładkowych, w konstrukcjach wieloprzekładkowych narażone są na zbyt destrukcyjne dla filamentów działanie sił ściskających i zginających.

### Podsumowanie

Powyższy artykuł zawiera tylko podstawowe informacje z zakresu konstrukcji taśm i tkanin do nich stosowanych. Zagadnienie wzmocnień tekstylnych w wyrobach gumowych jest bardzo szerokie, jednak nie poświęca się mu obecnie wiele uwagi. Istniejące ośrodki badawcze skupiają się na badaniach gotowego wyrobu, a projektanci do założeń przyjmują teoretyczne wartości parametrów struktury tkaniny. W kolejnych publikacjach będzie omówiony mechanizm adhezji poliestru i poliamidu do gumy oraz szczególnie znaczenie parametrów tkaniny.

## Bibliografia

1. F.V. Hertz and R.K. Albright, *Belt Conveyors and Belt Elevators*, J. Wiley & Sons, New York, 1941.
2. E.H. Hurleston in *History of the Rubber Industry*, Eds., P.F. Schidrowitz and T.R. Dawson, Hefner & Sons, Cambridge, 1952, Chapter 16.
3. H. Streets, *Sutcliffe's Manual of Belt Conveying*, W & R Chambers, London, 1956.
4. D.B. Wootton, *The application of textiles In rubber*, Shawbury, 2001.
5. ISO 9354–Textiles Weaves Coding system and examples.

# Rubber Textile Composites. Application of Fabrics in Conveyor Belts.

A. Kabziński

Institute of Security Technologies "MORATEX"

## Introduction

Whereas textiles have been produced in the same way for many thousands of years, it was only some 500 years ago when rubber was introduced in Europe and really only in the last two hundred years that textiles/rubber composites have been used. Since then, however, there has been very great development design and use of these materials. Within last years, there has been a great move away from natural materials (natural rubber and cotton) to synthetic products, both as regards the fibres and the polymers used, resulting in a very wide diversity of engineered composites, to meet many and varied performance requirements. Nevertheless actual knowledge about fabrics parameters influence for final product properties is limited. Fabric and belt designers in their work base generally on experience.

## Conveyor belt. History of one of oldest rubber textile composite.

Conveyor belts are used throughout industry for transporting materials from one place to another. Their applications are very varied, from carrying small items over a metre or two, as at supermarket checkouts, to carrying bulk materials for many kilometres, as in many quarrying and mining installations. The earliest reference to the use of conveyor belting was by Oliver Evans in his 'Millers Guide', published in Philadelphia in 1795 [1]. Here the conveyor

was described as a 'broad endless strap of thin pliant leather or canvas revolving over two pulleys in a case or trough'. With the rapid development of many textile/rubber products in the middle of the nineteenth century the first application of a multi-ply textile/rubber conveyor belt seems to have been by S.T. Parmalee, who took out a patent in 1858. Slightly later, in 1863, O.C. Dodge was granted a US patent for a belt conveyor for handling grain [2]. The earliest recorded application for a textile/rubber plied belt in the UK was by P. B. Graham Westmacott and G.F. Lyster, engineers for the Mersey Docks and Harbour Board, at the Birkenhead and Waterloo docks [3]. They had experimented with a 12 inch (30cm) wide belt and showed that it was capable of carrying grain with less power than a conventional screw conveyor.

During several years conveyor belting technology developed significantly. Natural rubber was replaced by synthetic, man-made fibres replaced cotton and afterwards used rayon. Introduction of polyester and nylon yarns was possible only because improvement of chemical bonding system, base on RFL (resorcinol, formaldehyde, latex) impregnation. At the moment development in textile reinforcement concern mainly fabric structure which determine final belt parameters. Official knowledge in this area is very limited and rather concentrated at fabrics and belts producers. There was no revolution in technology since bonding system improvement and man-made fibres application. It is interesting that R&D is very poor in this area, especially when conveyor belt market is doing well.