

GRZEGORZ MUSIAŁ
MARCIN KIEŁTYKA

Zjawiska fizyczne a reakcje chemiczne: produkcja taśmy transporterowej

Rozwój technologiczny zawsze wiąże się z naukami ścisłymi takimi jak chemia i fizyka, dzięki którym możliwe jest zrozumienie procesów zachodzących w otaczającym nas świecie. Obie te nauki wzajemnie się przenikają i tak naprawdę w wielu przypadkach trudno jest precyzyjnie ustalić, gdzie kończy się pierwsza z nich, a zaczyna druga. Im głębsze staje się zrozumienie zjawisk i praw rządzących chemią, tym bardziej zbliża się ona do nowych zdobyczy świata fizyki. Tylko wykorzystanie wiedzy płynącej z obu dziedzin pozwala na ciągle doskonalenie produktów używanych w transporcie taśmowym.

Słowa kluczowe: transport przeniósniowy, taśma przeniósniowa, guma

1. WSTĘP

Transport taśmowy dzięki prostej obsłudze, niezwykle wysokiej efektywności przenoszenia ładunku oraz elastyczności parametrów pracy nieustannie znajduje szerokie zastosowanie w takich sektorach gospodarki, jak: przemysł wydobywczy, koksowniczy, metalurgiczny, energetyczny, a także w branży chemicznej, budownictwie i rolnictwie. Wraz ze zwiększającym się znaczeniem przenośników taśmowych jako głównych elementów systemów transportowych rosą stawiane im wymagania w zakresie trwałości, bezpieczeństwa użytkowania oraz energochłonności. Z rozwojem nowych technologii, inżynierii materiałowej oraz technik komputerowych stale wprowadzane są udoskonalenia mające za zadanie usprawnienie obsługi oraz zwiększenie niezawodności i wydajności tych systemów transportowych.

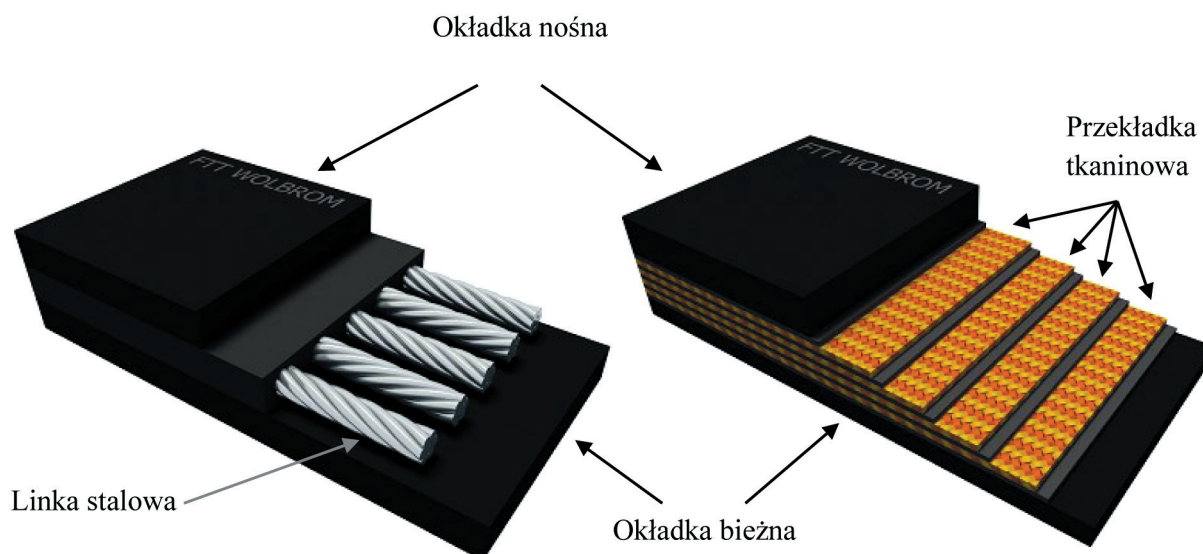
2. TAŚMA JAKO ELEMENT PRZENOŚNIKA

Taśma transporterowa stanowi główny element nośny przenośnika taśmowego. Jej produkcja jest procesem wieloetapowym wykorzystującym specjalistyczny park maszynowy, w którego skład wchodzi takie

urządzenia jak krosna, miksery, walcarki, kalandry czy prasy wulkanizacyjne. Obecnie postęp techniczny związany z doskonaleniem taśm ukierunkowany jest na przenoszenie coraz większych obciążeń i pokonywanie jeszcze bardziej ekstremalnych warunków eksploatacyjnych, takich jak wysoka temperatura przenoszonego materiału czy agresywne chemicznie środowisko pracy przenośnika. Takim wymaganiom materiałowym sprostać może grupa kompozytów polimerowo-tekstylnych o specjalnie dobranych właściwościach, przede wszystkim odpowiednio skomponowane mieszanki gumowe, wraz ze związkami z grupy poliestrów i poliamidów, które współtworzą taśmę przeniósniową. Kompozyty zbrojone włóknami dominują na rynku ze względu na ich najlepsze właściwości mechaniczne i wytrzymałościowe przy jednocześnie zachowanej minimalnej wadze.

Podstawowymi i nadrzędnymi funkcjami taśmy transporterowej są podtrzymywanie oraz przemieszczanie materiału wzdłuż trasy przeniósniowej, a także przenoszenie możliwie największej siły rozciągającej występującej podczas rozruchu i pracy ustalonej przenośnika. Elementem odpowiedzialnym bezpośrednio za powyższe zadania jest rdzeń tekstylnogumowy, przenoszący obciążenia wzdłużne, poprzeczne oraz nadający całej taśmie odpowiednią sztywność niezbędną do podtrzymywania nosiwa. Rdzeń od góry

i od dołu osłonięty jest gumowymi okładkami, a z boku obrzeżami. Dodatkowo w celu osłonięcia przed przebiciami oraz rozcięciami może być zastosowana przekładka ochronna, która także zwiększa sztywność poprzeczną taśmy i zabezpiecza przed przegrzaniem. Rdzeń jest najbardziej odpowiedzialnym elementem taśmy, od którego zależy jej jakość oraz wytrzymałość. Z tego względu Fabryka Taśm Transporterowych wprowadziła do swojego ciągu produkcyjnego układ kontrolujący proces konfekcjonowania taśm w kalandrze, który umożliwia w sposób bezstykowy i ciągły, rejestrowanie, kontrolowanie oraz archiwizowanie najważniejszych parametrów procesu kalandrowania, ułatwiając w ten sposób sterowanie procesem. Zainstalowany układ pomiarowy, wykorzystując zjawisko interferencji, pozwala na wysoką dokładność wyników oraz wyeliminowanie możliwości popełnienia błędu ludzkiego, który mógł występować przy dotychczas stosowanym pomiarze stykowym – ręcznym [1, 2]. Obecnie najczęściej stosuje się rdzenie tekstylne i stalowe. Budowę górniczych taśm przenośnikowych przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Taśma transporterowa z linkami stalowymi i taśma transporterowa tkaninowo-gumowa

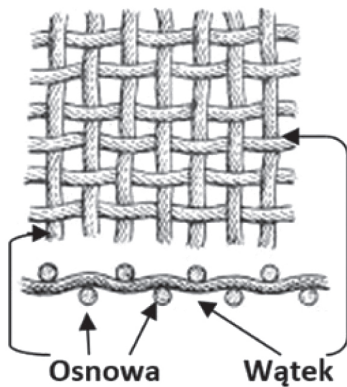
3. ELEMENTY SKŁADOWE TAŚMY – PRODUKCJA

Wytrzymałość mechaniczną rdzenia w przypadku taśm tkaninowo-gumowych zapewniają odpowiednio dobrane przekładki tkaninowe. Właściwości fizykochemiczne włókien tworzących tkaninę oraz pokrywającej ją gumy wzajemnie uzupełniają się, tworząc kompozyt o cechach będących wypadkową mocnych stron obu składowych. Najpopularniejszym typem

Od taśmy transporterowej w zależności od miejsca eksploatacji oczekuje się określonych parametrów mechanicznych oraz odpowiednich właściwości. Oprócz wspomnianej wcześniej wytrzymałości na rozciąganie są to: niski moduł sprężystości, odporność na uderzenia, przecinanie oraz przebicia, odporność na ścieranie, właściwości samoczyszczące, olejoodporność, antystatyczność, małe opory tarcia tocznego i wiele innych. Biorąc pod uwagę bardzo trudne warunki użytkowania, którym zazwyczaj musi sprostać taśma, takie jak wszechobecne działanie często niepożądanego tarcia, duże wahania temperatur sięgające w skrajnych przypadkach -60°C lub $+40^{\circ}\text{C}$, wysoką wilgotność czy agresywne oddziaływanie nosiwa, technolodzy gumy oraz konstruktorzy przenośników taśmowych stoją przed nie lada wyzwaniem. Spełnienie wszystkich stawianych taśmom transporterowym wymagań determinuje, aby podczas procesu ich produkcji dochodziło do ścisłej współpracy i wymiany wiedzy pomiędzy ekspertami z dziedziny włókiennictwa, technologami chemicznymi oraz jednostkami naukowo-badawczymi [3].

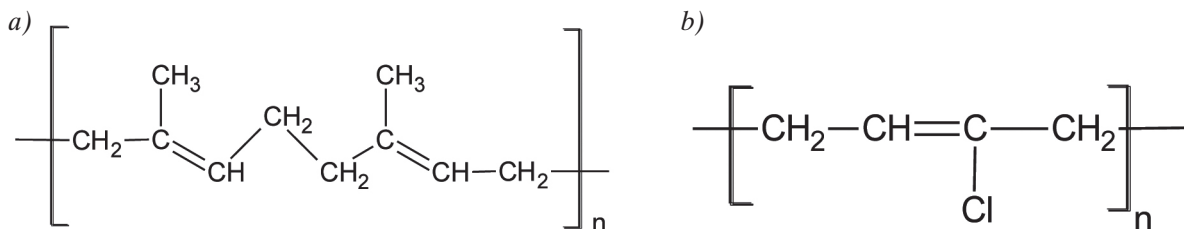
wzmocnień taśm przenośnikowych są przekładki tkaninowe wykorzystujące przędze poliamidowe oraz poliestrowe w różnych konfiguracjach. Tkanina składa się z systemu nitki wzdłużnych zwanych osnową oraz włókien poprzecznych zwanych wątkiem, czego najprostszy przykład przedstawiono na rysunku 2. Tkaniny poliestrowo-poliamidowe w celu zwiększenia ich przyczepności do gumy należy pokryć odpowiednim impregnatem aktywującym powierzchnie włókien oraz stanowiącym warstwę przejściową o odpowiedniej

zdolności do adhezji mieszanek kauczukowych. Jednocześnie tkanina opuszczająca krosno posiada ładunek naprężeń nagromadzonych w tworzących ją procesach – od skręcenia przędzy, przez tkanie z zachowaniem odpowiedniego naprężenia osnowy. Naprężenia te należy usunąć z tkaniny przed fazą konstruowania rdzenia taśmy, by nie wpłynęły negatywnie na takie właściwości taśmy jak wydłużenie pod obciążeniem oraz późniejszą stabilność wymiarową. Oba powyższe problemy zostają rozwiązane w jednym wspólnym procesie impregnacji i stabilizacji termicznej. Fabryka Taśm Transporterowych Wolbrom, mając na uwadze ciągle doskonalenie swoich produktów oraz powtarzalności procesu, uruchomiła nowoczesną linię technologiczną, gdzie podczas jednego przejazdu tkanina zostaje nasycona roztworem zwiększającym adhezję do gumy, nadmiar roztworu zostaje usunięty, po czym przy odpowiednim naprężeniu tkanina zostaje termicznie ustabilizowana. Półprodukt będący efektem powyższego procesu jest gotowy do użycia w dalszych etapach procesu produkcji taśmy transporterowej, a dzięki zastosowaniu zautomatyzowanej stacji przygotowania roztworu impregnującego oraz ciągłej kontroli parametrów procesu impregnacji i stabilizacji mamy pewność zachowania najwyższej jakości na każdym metrze tkaniny [4, 5].



Rys. 2. Tkanina o splocie płóciennym

Guma jest układem złożonym z wielu różnorodnych związków. Podstawowym składnikiem mieszanek gumowych są kauczuki: syntetyczne oraz naturalne,



Rys. 3. Budowa monomerów kauczuku: a) kauczuk naturalny cis-poliizopren;
b) kauczuk chloroprenowy – syntetyczny

i to od ich wyboru zależy baza właściwości fizykochemicznych gotowych wyrobów gumowych. Z technologicznego punktu widzenia najważniejszymi kauczukami wykorzystywanymi do produkcji są kauczuki dienowe, tzn. zawierające wiązania nienasycone w swojej budowie. Należą do nich: polibutadien, kauczuki butadienowo-akrylonitrylowe oraz kauczuk chloroprenowy, którego struktura chemiczna została przedstawiona na rysunku 3b. Są one zaliczane do grupy elastomerów, tj. tworzyw polimerycznych charakteryzujących się w temperaturze otoczenia zdolnością prawie natychmiastowego powrotu po dużym odkształceniu do postaci pierwotnej.

Z chemicznego punktu widzenia kauczuki to związki wielkocząsteczkowe o długich łańcuchach zbudowanych z powtarzających się okresowo bloków zawierających wiązania nienasycone. To właśnie od budowy tych powtarzających się bloków – monomerów zależą podstawowe właściwości chemiczne wyrobu końcowego, jakim jest okładka taśmy transporterowej. W zależności od warunków użytkowania i wymagań stawianych wyrobom stosuje się odpowiedni rodzaj kauczuków, np. wyroby odporne na działanie olejów i benzyny zawierają w składzie kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy lub chloroprenowy, natomiast materiały o podwyższonych właściwościach wytrzymałościowych kauczuki butadienowo-styrenowe. Budowę kauczuku naturalnego cis-poliizopren i kauczuku chloroprenowego przedstawia rysunek 3.

Odpowiedni kauczuk jest tylko bazą dla mieszanki gumowej, dopiero zmieszanie go z grupą dodatków sprawia, że gotowa guma będzie spełniać wszystkie stawiane jej wymagania. W celu uzyskania oczekiwanego materiału muszą zostać dodane związki poprawiające właściwości i zdolności przerobowe, m.in. sadze, substancje wulkanizujące, zmiękczacze, środki przeciwstarzeniowe, aktywatory i przyspieszacze wulkanizacji oraz wiele innych. Odpowiedni skład jakościowy i ilościowy, a także właściwie dobrany reżim technologiczny pozwala uzyskać mieszankę o oczekiwanych parametrach [6–8].

FTT Wolbrom, inwestując w rozwój i stawiając czoła wymaganiom rynku, dokonało zakupu nowoczesnego miksera laboratoryjnego przedstawionego na rysunku 4, który jest doskonałym narzędziem służącym do prowadzenia procesu projektowania i modyfikacji mieszanek gumowych – znacząco go ułatwiając i przyspieszając, co współgra z nowo uruchomioną linią produkcji mieszanek. Wykorzystanie miksera laboratoryjnego pozwala w mikroskali odwzorować proces mieszania poszczególnych składników mieszanki, a następnie ustalić odpowiednie parametry dla miksera produkcyjnego, zapewniające optymalną dyspersję składników uzupełniających w matrycy kauczukowej, z uwzględnieniem ekonomicznych aspektów pracy urządzenia.

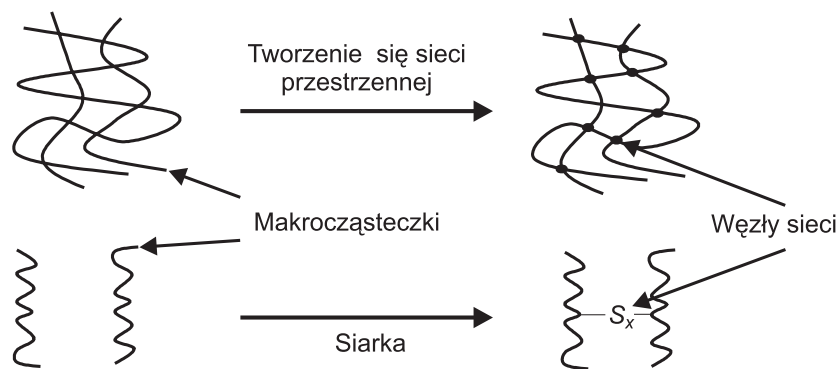


Rys. 4. Mikser laboratoryjny

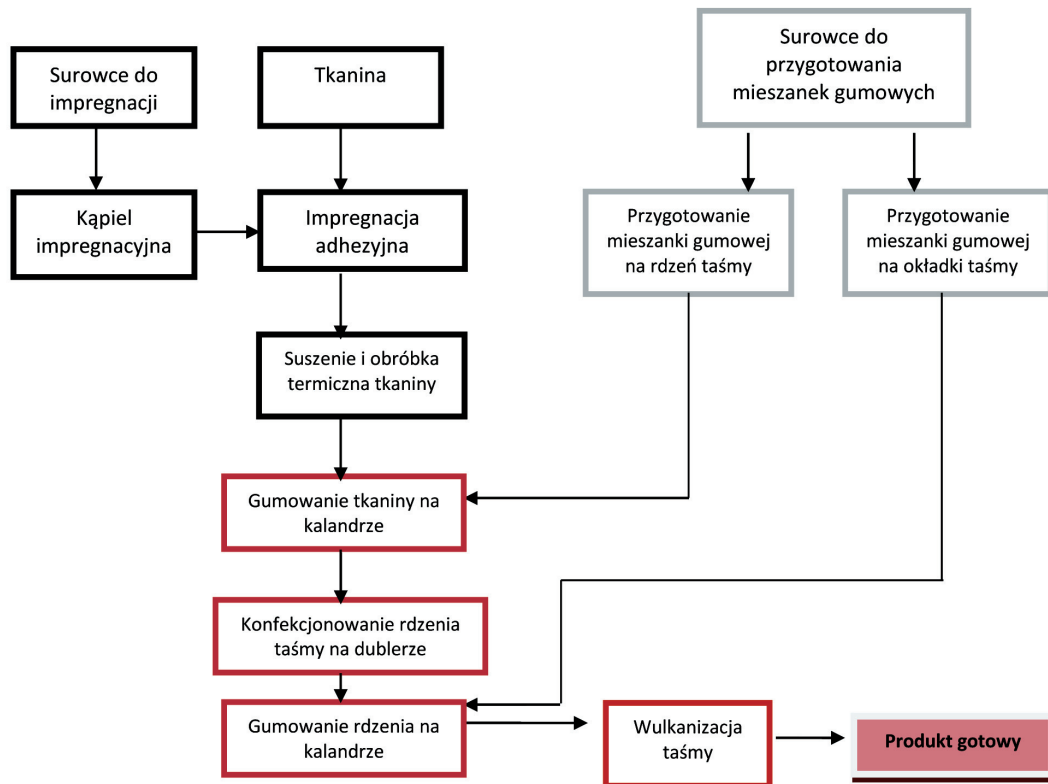
Najbardziej istotnym i jednocześnie ostatnim etapem produkcji taśmy transporterowej jest jej wulkanizacja. Jest to pozornie nieskomplikowany proces polegający w wielkim uproszczeniu na podgrzaniu przez określony czas surowej mieszanki gumowej znajdującej się pod odpowiednim ciśnieniem. Powyż-

szy opis definiuje jedynie warunki odpowiedniego przebiegu reakcji chemicznych zachodzących w przygotowanej wcześniej mieszance gumowej. Obecne w łańcuchach zastosowanych kauczuków wielokrotne wiązania $-C=C-$ oraz dodana do mieszanki siarka umożliwiają przekształcenie w reakcji chemicznej jednowymiarowych cząsteczek w trójwymiarową sieć, co zostało przedstawione na rysunku 5. W zależności od rodzaju zastosowanego kauczuku siarkę, będącą czynnikiem sieciującym, może zastąpić inny związek, np. organiczne nadtlarki czy związki dwuazowe zawierające w swojej budowie wolną grupę $-N=N-$. Samo sieciowanie podlega takim samym prawom jak wszystkie reakcje chemiczne. Od poziomu dyspersji zespołu substancji sieciującej i wspomagających ją katalizatorów oraz jej ilościowego stosunku do ilości wolnych wiązań zależeć będą późniejsze właściwości wulkanizatu. Guma wulkanizowana siarką w ilości 1,5–3,5% ma podobną elastyczność jak wyjściowy polimer. Podczas procesu wulkanizacji w powstałej strukturze zamknięte zostają drobiny zastosowanych wypełniaczy i innych dodatków poprawiających takie właściwości jak ścieralność czy odporność na wysokie temperatury. Dzięki zastosowaniu sprawdzonych receptur, nowoczesnej linii przygotowania mieszanek oraz pras wulkanizacyjnych pozwalających kontrolować wszystkie parametry procesu uzyskuje się wyrób gumowy spełniający nawet najbardziej wygórowane wymagania klientów z całego świata [9].

Proces produkcji taśm transporterowych tkaninowo-gumowych obejmuje kilka procesów jednostkowych przedstawionych na poniższym diagramie, które zostały ideowo zaprezentowane w niniejszym artykule. Jako najstarszy producent wyrobów gumowych w Polsce dysponujemy kadrami oraz *know-how*, które gwarantują pełną kontrolę oraz powtarzalność etapów produkcyjnych, dzięki czemu oferowany produkt jest najwyższej jakości [10].



Rys. 5. Uproszczony przebieg procesu wulkanizacji



Rys. 6. Uproszczony schemat procesu produkcji taśmy transporterowej o rdzeniu tekstylnym

4. PODSUMOWANIE

Podsumowując, należy stwierdzić, że reakcje chemiczne zachodzące np. podczas wulkanizacji surowej mieszanki gumowej przeplatają się ze zjawiskami fizycznymi, takimi jak mieszanie w mikserze czy kalandrowanie. Wykorzystanie nauk ścisłych z chemią, fizyką i matematyką na czele daje zaplecze teoretyczne oraz doświadczalne do doskonalenia produktów i procesów produkcyjnych we wszystkich gałęziach przemysłu. Nasze wyroby, a przede wszystkim taśmy transporterowe także podczas eksploatacji poddawane są działaniom zjawisk fizykochemicznych. Większość z nich jest pożądana i to dzięki ich występowaniu nasze produkty mogą spełniać swoje funkcje oraz stawiane im wymagania, takie jak odporność na wysokie szczytowe temperatury dochodzące do 280°C czy tkaniny o wytrzymałości nawet 700 N/mm. Pozostałą część, która działa destrukcyjnie i powoduje przyspieszone niszczenie, ograniczamy do minimum. Celem, który zawsze przyświeca naszym działaniom, jest także wykorzystywanie znanych nam zjawisk fizycznych oraz procesów chemicznych, abyśmy mogli śmiało powiedzieć, że chemia wraz z fizyką są naszymi sprzymierzeńcami.

Literatura

- [1] Hardygóra M., Wachowicz J., Czaplicka-Kolarz K., Markusik S.: *Taśmy przenośnikowe*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne – Fundacja Książka Naukowo-Techniczna, Warszawa 1999.
- [2] Antoniuk J.: *Przenośniki taśmowe w górnictwie podziemnym i odkrywkowym*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.
- [3] Jabłoński R., Kulinowski P.: *Wybrane zagadnienia eksploatacji taśm przenośnikowych*, w: *XII Międzynarodowe Sympozjum: Nowe rozwiązania i doświadczenia w budowie i bezpiecznej eksploatacji urządzeń kompleksowej odstawy urobku przenośnikami taśmowymi*. Zakopane 2004: 61–68.
- [4] Kabziński A.: *Kompozyty tekstylnogumowe. Tkaniny stosowane w taśmach przenośnikowych*. Techniczne Wroby Włókiennicze 2010, 1–2: 55–59.
- [5] Gładysiewicz L.: *Przenośniki taśmowe: teoria i obliczenia*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2003.
- [6] Pielichowski J., Puszyński A.: *Technologia tworzyw sztucznych*. WNT, Warszawa 2003.
- [7] Morton M.: *Rubber Technology*. Springer, Dordrecht 1999.
- [8] Furmanik K., Kajzer S., Matyga J.: *Możliwości zastosowania tworzyw poliuretanowych w przenośnikach taśmowych*. Górnictwo i Geoinżynieria 2011, 3, 1: 91–111.
- [9] Koszelew F., Korniew A.E., Klimow N.S.: *Ogólna technologia gumy*. WNT, Warszawa 1972
- [10] Kulinowski P.: *Przenośnik taśmowy – obliczenia*. Wykłady z przedmiotu „Transport 1 – Przenośnikowy” [praca niepublikowana].

mgr inż. GRZEGORZ MUSIAŁ

mgr inż. MARCIN KIEŁTYKA

Fabryka Taśm Transporterowych Wolbrom S.A.

ul. 1 Maja 100, 32-340 Wolbrom

{gmusial, mkieltyka}@ftwolbrom.com.pl