

Jacek MAKUCH<sup>1</sup>

## **ZASTOSOWANIE TWORZYW SZTUCZNYCH W NOWOCZESNYCH ROZWIĄZANIACH KONSTRUKCJI TOROWISK TRAMWAJOWYCH W POLSCE**

### **1. Wstęp**

Tworzywa sztuczne, już od wielu lat, znajdują coraz szersze wykorzystanie w różnych dziedzinach techniki w naszym kraju. Inaczej sytuacja wygląda w przypadku konstrukcji torowisk tramwajowych, gdzie dopiero ostatnie kilka lat jest okresem wzmożonego zainteresowania możliwością zastosowania tworzyw sztucznych na szerszą skalę.

W poprzednim systemie gospodarczym jednostki zajmujące się naprawą i utrzymaniem infrastruktury tramwajowej nie były zainteresowane wprowadzaniem nowych technologii. Zgodnie z obowiązującym wtedy sposobem myślenia zwiększenie trwałości wykonywanych przez siebie remontów oznaczało ograniczanie popytu na swe usługi, co wiązało się z pomniejszeniem swej roli w procesie gospodarczym. Klimat ustrojowy sprzyjał więc wykorzystaniu wyłącznie tradycyjnych materiałów do budowy torowisk tramwajowych:

- stal (szyny, złączki, przytwierdzenia),
- drewno (podkłady, przekładki podszynowe),
- materiały mineralne (podbudowy i nawierzchnie: betonowe, bitumiczne, z kruszyw i kamienia naturalnego).

W latach 90-tych w naszym kraju rozpoczęto wprowadzanie reformy ustrojowej, która zapoczątkowała zmiany w modelu zarządzania komunikacją zbiorową. Ustawa "O samorządzie terytorialnym" z 1990 roku przeniosła zadanie organizowania lokalnej komunikacji zbiorowej z władz centralnych (województwo) na samorząd terytorialny (gminy). Ustawa "O zamówieniach publicznych" z 1995 roku nałożyła na jednostki zarządzające infrastrukturą komunikacji tramwajowej obowiązek rozstrzygania wyboru projektanta i wykonawcy robót na zasadzie przetargu. Pojawiły się nowe cele, nie brane dotąd pod uwagę, a istotne w gospodarce rynkowej oraz w demokratycznie rządzonym społeczeństwie:

- zwiększenie trwałości torowisk (racjonalne wydatkowanie gminnych pieniędzy),
- ochrona przed prądami błądzącymi (odszkodowania dla innych firm za niszczenie infrastruktury podziemnej),
- ograniczenie emisji drgań i hałasu (ekologia, naciski samorządu),
- skrócenie cyklu budowy ze względu na uciążliwość (ekologia, naciski samorządu),
- estetyka wyglądu ulic (nacisk konserwatorów miejskich i architektów na stosowanie zabudowanych, bezpodsypekowych torowisk),
- oszczędności w zużyciu drewna (ekologia).

---

<sup>1</sup> Mgr inż., Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej

Dzięki wprowadzeniu zasad konkurencji nastąpiło podniesienie jakości świadczonych usług zarówno w projektowaniu jak i w wykonawstwie. Wprowadzenie gospodarki rynkowej zbliżyło cenowo nasze realia do realiów rozwiniętych państw, zagraniczne technologie stały się osiągalne. Nastąpił wzrost zainteresowania nowoczesnymi rozwiązaniami konstrukcji torowisk tramwajowych.

W stosunku do wcześniej wymienionych klasycznych materiałów używanych do budowy torowisk tramwajowych nastąpiła eliminacja najsłabszych pod względem trwałości elementów (drewna i niektórych postaci materiałów bitumicznych) i zastąpienie ich w znacznej mierze tworzywami sztucznymi.

## 2. Podstawowe informacje o tworzywach sztucznych

Określenie "tworzywa sztuczne" dotyczy grupy materiałów organicznych opartych na związkach wielkocząsteczkowych pochodzenia naturalnego (białko, celuloza, kauczuk) lub syntetycznych (pozostałe - obecnie ponad 95 % produkcji) [1]. Ich cząsteczki składają się z bardzo dużej ilości atomów (rzędu dziesiątek tysięcy) i są przez to zwane makrocząsteczkami lub polimerami. Ze względu na właściwości użytkowe i technologiczne tworzywa sztuczne można podzielić na dwie grupy:

- elastomery - wykazują bardzo dużą odkształcalność (wydłużenie powyżej 100 %), nie tracąc przy tym własności sprężystych,
- plastomery - charakteryzują się mniejszą odkształcalnością (wydłużenie w temperaturze pokojowej poniżej 100 %) i dzielą się na:
  - termoplasty - tworzywa nieograniczenie długo plastyczne w podwyższonej temperaturze, a twarde w temperaturze otoczenia,
  - duroplasty - tworzywa przechodzące nieodwracalnie ze stanu plastycznego w utwardzony w wyniku działania podwyższonej temperatury (termoutwardzalne) albo czynników chemicznych (chemoutwardzalne).

W tablicy 1 przedstawiono rodzaje i nazwy tworzyw sztucznych, które jak dotąd znalazły zastosowanie w budowie torowisk tramwajowych.

Tablica 1. Tworzywa sztuczne wykorzystywane w budowie torowisk tramwajowych

| Rodzaj tworzywa |                             | Nazwa tworzywa                                                                                   |
|-----------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Elastomery      |                             | kauczuk (guma)                                                                                   |
| Plastomery      | Termoplasty                 | polietylen, polipropylen, polichlorek winylu (PCV), polistyren (styropian), poliamid, poliuretan |
|                 | Duroplasty chemoutwardzalne | epoksydy                                                                                         |

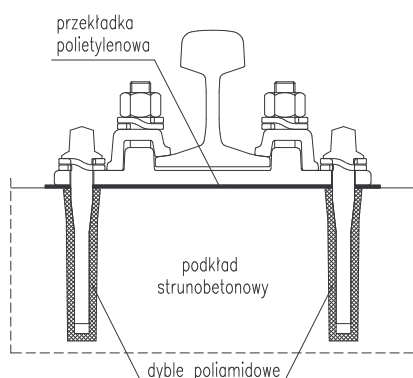
## 3. Przykłady zastosowań tworzyw sztucznych w konstrukcjach torowisk tramwajowych

Konstrukcje torowisk tramwajowych historycznie wywodzą się z rozwiązań kolejowych. W przypadku torowisk wydzielonych z jezdni oraz poprzecznych przejazdów drogowych przez torowisko stosuje się najczęściej rozwiązania identyczne jak na kolei. Inaczej jest w przypadku torowisk wbudowanych w jezdnię, gdzie w zakresie zabudowy, podbudowy i odwodnienia nastąpiło upodobnienie się do rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w drogownictwie, a w zakresie podparcia i zamocowania szyn - odejście od klasycznej kolejowej "drabiny" (szyny na poprzecznych podkładach) i zastosowanie rozwiązań zaczerpniętych z budownictwa ogólnego lub przemysłowego (fundamenty pod maszyny,

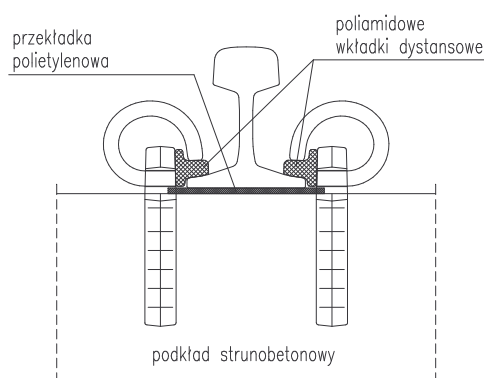
mocowanie szyn suwnic) albo też zupełnie nowych, niestosowanych dotąd w innych dziedzinach rozwiązań (tor węgierski).

### 3.1. Podparcie i przytwierdzenie szyny

W przytwierdzeniu typu "K" (rys.1) szyn do poprzecznych podkładów z betonu zbrojonego, w latach 70-tych rozpoczęto stosowanie polietylenowych przekładek pod podkładką żebrową oraz poliamidowych dybli do osadzania wkrętów. W przeciwieństwie do elementów drewnianych cechowała je znacznie większa trwałość oraz lepsze własności tłumiące. Prawdziwą rewolucją było jednak opracowanie w latach 80-tych przytwierdzenia typu "SB-3" (rys.2), w którym zastosowano polietylenowe przekładki podszynowe oraz poliamidowe wkładki dystansowe. W nowym rozwiązaniu nastąpiło całkowite odizolowanie elektryczne szyny od reszty stalowych elementów przytwierdzenia, dzięki zmianie tworzywa możliwe stało się nadanie takiego kształtu przekładkom, aby uniemożliwić ich wysuwanie się podczas eksploatacji. Mimo tych niewątpliwych zalet niektóre miasta w torowiskach tramwajowych z podkładami do dziś stosują jednak starszy typ przytwierdzenia.



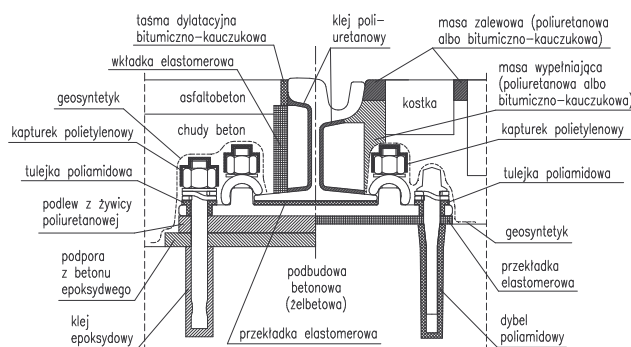
Rys.1. Przytwierdzenie "K"



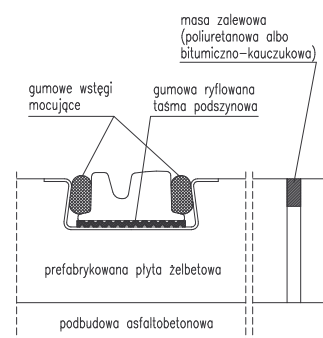
Rys.2. Przytwierdzenie "SB-3"

Przytwierdzenie typu "K" jest nadal stosowane do posadowienia szyn na betonowej (żelbetowej) podbudowie w postaci ławy, w nawierzchniach wydzielonych lub zabudowanych w jezdni (rys.3). Ilość elementów z tworzyw sztucznych jest w tym wypadku znacznie większa. Tak jak poprzednio pojawiają się przekładki: podszynowa i pod podkładką żebrową, jednak tym razem najczęściej z elastomeru. Pod podkładką żebrową można zamiennie zastosować podlew z żywicy poliuretanowej. Podkładki żebrowe są kotwione do podbudowy betonowej śrubami wklejanymi na klej epoksydowy we wcześniej wywiercone otwory w podbudowie albo wkrętami kolejowymi, na które wstępnie nakręca się poliamidowe dyble, po czym dopiero wykonuje warstwę podbudowy betonowej. Pomiędzy podkładką żebrową, a śrubą kotwiącą albo wkrętem umieszcza się poliamidowe tulejki izolacyjne, co wymaga jednak rozwiercenia otworu w typowej podkładce żebrowej. W przypadku nawierzchni zabudowanych nakrętki na śrubach kotwiących i stopowych są przykrywane izolującymi kapturkami z polietylenu, natomiast cały węzeł kotwiący - geosyntetykiem. Prefabrykowane bloczki betonowe są wklejane w komory szynowe na klej poliuretanowy. Na styku bloku szyny i zabudowy nawierzchni drogowej stosuje się pionową szczelinę dylatacyjną wypełnioną masą poliuretanową lub bitumiczno-kauczukową, albo też wkładkę elastomerową. Taki sam materiał nie przenoszący obciążeń, pełniący jedynie rolę wypełniacza umieszcza się na odcinku pomiędzy przytwierdzeniami szyny, pod jej stopką. Ważne jest aby był on znacznie bardziej elastyczny niż materiał zastosowany pod podkładką żebrową. Przedstawione rozwiązanie jest stosowane również w rozjazdach: posadowienie i

kotwienie blach podzwrotnicowych i pod krzyżownicą - tak jak podkładek żebrowych; odseparowanie zabudowy nawierzchni drogowej od bloku krzyżownicy i zwrotnicy - pionową szczeliną dylatacyjną. Prekursorem rozwiązania tego typu w Polsce był Poznań (most Teatralny, 1995), następne jego zastosowania miały miejsce głównie we Wrocławiu i Krakowie (z modyfikacjami). Rozwiązanie to cechuje wysoka trwałość, redukcja drgań i hałasu, dobra izolacja elektryczna, jest ono jednak czasochłonne i posiada niski stopień mechanizacji robót.



Rys.3. Tor na podporach wibroizolacyjnych

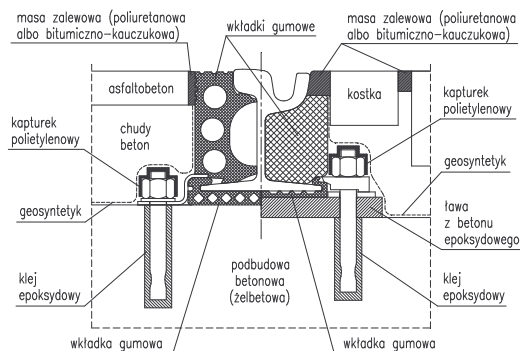


Rys.4. Tor węgierski

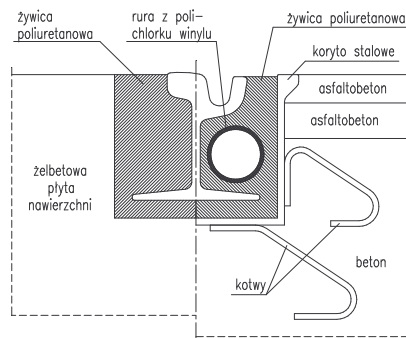
Zupełnie innym sposobem rozwiązania konstrukcji torowiska zabudowanego w jezdni jest "tor węgierski" (rys.4) opracowany dla Budapesztu w latach 60-tych, rozpropagowany później w Czechach, skąd trafił do Polski. Podstawowym założeniem tego rozwiązania jest ciągle podparcie nietypowej (blokowej) szyny w prefabrykowanej żelbetowej płycie nawierzchni torowiska, za pośrednictwem gumowej ryflowanej taśmy podszynowej oraz ciągle przytwierdzenie szyny gumowymi wstęgami mocującymi o przekroju elipsy, wcisniętymi pomiędzy szynę a krawędzie koryta szynowego w żelbetowej płycie. Dzięki ciągłemu podparciu i przytwierdzeniu uzyskano korzystny model pracy nawierzchni i dobre parametry tłumienia drgań i hałasu. Rozwiązanie to cechuje ponadto dobra izolacja elektryczna, krótki i zmechanizowany cykl budowy, estetyka uzyskiwanej nawierzchni (z możliwością imitacji kostki kamiennej: Wrocław - Ostrów Tumski 1997). Rozwiązanie to posiada jednak pewne wady: utrudniony dostęp do infrastruktury podziemnej, kłopotliwa naprawa pęknięć szyn, klawiszowanie płyt, nie nadaje się również do zastosowania w rozjazdach. Prekursorem zastosowania toru węgierskiego w Polsce był Kraków (ul. Kalwaryjska, 1984) [2], obecnie jednak zaniechał jego stosowania. Rozwiązanie to jest nadal stosowane we Wrocławiu, Łodzi, Warszawie, Szczecinie, Bydgoszczy. Niektóre miasta natomiast nigdy nie zdecydowały się na rozpoczęcie jego stosowania (Poznań, aglomeracja górnośląska).

Innym sposobem ciągłego podparcia szyny, również z wykorzystaniem gumy, jest rozwiązanie przedstawione na rys.5. Szyna rowkowa jest otulona trzema wkładkami: dwoma bocznymi wypełniającymi komory szynowe i jedną od spodu - tak zwanym "butem". Wkładki mogą być wykonane z jednorodnej gumy (pełne lub z pustkami powietrznymi) albo z granulatu gumowego spojenego klejem poliuretanowym (utyliczanie zużytych opon samochodowych). Wkładki boczne mogą sięgać góry lub spodu główki szyny (miejsce na osobną masę zalewową), mogą być klejone do szyny klejem poliuretanowym, albo tylko założone na szynę i dociśnięte elementami zabudowy nawierzchni drogowej. Wkładka dolna przenosi i rozkłada obciążenia, wkładki boczne pełnią rolę pionowej dylatacji pomiędzy szyną a nawierzchnią drogową. Wszystkie wkładki tłumią drgania i stanowią izolację elektryczną. Wkładki boczne wraz z zabudową nie zapewniają jednak wystarczającego przytwierdzenia szyny, dlatego konieczne jest stosowanie stalowych łapek mocowanych do

podbudowy betonowej jak w rozwiązaniu na rys.3. W przypadku połączenia obu toków szynowych poprzeczkami torowymi stosowane są również wkładki otulające poprzeczki. Po raz pierwszy w Polsce rozwiązanie to zastosowano w wersji uproszczonej (tylko wkładki boczne) w Chorzowie (ul. Wolności, 1995) [3], w pełnej wersji w Krakowie (węzeł przy budynku Filharmonii, 1997) [4]. Inne zastosowania miały miejsce we Wrocławiu (ul. Karkonoska, 1999) i Poznaniu (ul. Podgórna, 2000).



Rys.5. Tor z wkładkami gumowymi



Rys.6. Tor z zalewem poliuretanowym

Rozwiązanie podobne, jednak z wykorzystaniem żywic poliuretanowych zamiast wkładek gumowych przedstawiono na rys.6. W rozwiązaniu tym szyna po geodezyjnym wyregulowaniu swego położenia w stalowym lub żelbetowym korycie płyty nawierzchni torowiska (prefabrykowanej albo wykonanej na budowie) jest zalewana żywicą poliuretanową, która stanowi zarówno podparcie jak i przytwierdzenie szyny, izolację wibroakustyczną i elektryczną. W celu zmniejszenia zużycia drogiej żywicy można komory szynowe wypełnić wkładkami betonowymi albo z polichloru winylu. Jedno z pierwszych zastosowań rozwiązania tego typu w Polsce miało miejsce we Wrocławiu (ul. Curie-Skłodowskiej, 1996), inne w Krakowie (most Grunwaldzki, 1999) i Gdańsku (wiadukt Hucisko, 2000).

Stosowane są również kombinacje przedstawionych powyżej rozwiązań. W Krakowie, od roku 2000 w przypadku remontów torowisk wbudowanych w jezdnię stosuje się ciągle podlew żywicą poliuretanową, ale tylko do wysokości około 2 cm ponad poziom stopki szyny [5], powyżej natomiast wypełnienie betonem cementowym i asfaltowym. Z kolei w Szczecinie, w roku 2000 podczas remontu torowiska na moście Długim zastosowano rozwiązanie jak na rys.6, ale z szyną blokową z toru węgierskiego.

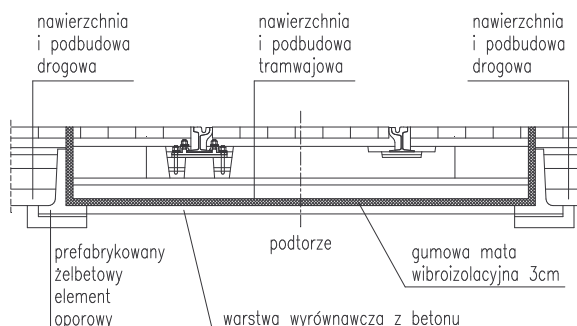
### 3.2. Zabudowa torowiska

Jednym z problemów występujących w torowiskach zabudowanych w jezdni jest właściwe rozwiązanie styku nawierzchni drogowej z szyną (inne ugięcia - problem trwałości połączenia, szczelności). Brak dodatkowego materiału przejściowego albo zastosowanie materiałów o nieodpowiednich właściwościach powoduje, że właśnie od tego miejsca rozpoczyna się proces degradacji nawierzchni. Z pomocą przychodzą tworzywa sztuczne, stosowane samodzielnie albo jako dodatki do tradycyjnych materiałów:

- masy zalewowe poliuretanowe albo bitumiczno-kauczukowe (rys.3 - prawa strona przekroju, rys.5); również jako spoinowanie elementów nawierzchni torowiska,
- taśmy dylatacyjne bitumiczno-kauczukowe (rys.3 - lewa strona przekroju) przyklejane do boku główki szyny, samowulkanizujące się podczas zagęszczania asfaltobetonu walcami,
- elementy gumowe: wstęgi (rys.4), wkładki (rys.5 - lewa strona przekroju), płyty przejazdowe (rys.7) - stosowane w Katowicach, Warszawie, Gdańsku.



Rys.7. Gumowe płyty przejazdowe



Rys.8. Tor z płytą pływającą

Należy również wspomnieć o możliwości wbudowywania geosyntetyków pomiędzy warstwami nawierzchni w celu wzmocnienia lub separacji (rys.5) oraz o dodatkach z tworzyw sztucznych poprawiających właściwości układanych nawierzchni z betonu asfaltowego (elastomeroasfalty) i cementowego (plastyfikatory). Te ostatnie stosowane są również przy produkcji prefabrykatów: podkładów strunobetonowych, ścianek peronowych, płyt nawierzchniowych, gdzie szczególnie ważne jest uzyskanie równych i gładkich powierzchni.

### 3.3. Podbudowa torowiska

W rozwiązaniach przedstawionych na rys. 3 i 5 najczęściej nie udaje się wykonać podbudowy betonowej z taką precyzją, aby jej górna powierzchnia była idealnie równoległa do zaprojektowanej niwelety główki szyny, dlatego stosuje się wyrównawcze podpory (rys.3) lub ławy (rys.5) z betonu epoksydowego (żywica epoksydowa zmieszana z piaskiem kwarcowym w odpowiedniej proporcji). Podobnie jak w przypadku nawierzchni, przy wykonywaniu betonowych podbudów korzystne jest stosowanie dodatków z tworzyw sztucznych poprawiających ich właściwości oraz ułatwiających wbudowanie (plastyfikatory). W przypadku łączenia nowych betonów ze starymi albo wbudowywania żywic poliuretanowych pomiędzy elementy stalowe i betonowe stosowane są epoksydowe preparaty gruntujące, w celu polepszenia własności adhezyjnych łączonych materiałów. Do wykonania pionowych dylatacji betonowych ław podbudowy wykorzystuje się styropian.

W przypadkach szczególnej konieczności ograniczenia emisji drgań i hałasu, elementy wibroizolacyjne stosuje się nie tylko w przytwierdzeniu i podparciu szyny, ale również w podbudowach torowisk, w postaci mat wibroizolacyjnych z jednorodnej gumy albo granulatu gumowego połączonego klejem poliuretanowym. Na rys.8 przedstawiono rozwiązanie zastosowane na ul. Wolności w Chorzowie w roku 1995 [3]. Matę ułożono poziomo pod warstwą podbudowy betonowej i w pionie na granicach konstrukcji tramwajowej i drogowej tworząc wibroizolacyjną "wannę". Rozwiązanie takie nazywane jest również nawierzchnią lub płytą pływającą. W Krakowie podczas remontu węzła na skrzyżowaniu ulic Basztowej i Długiej w 2000 r. gumowe maty umieszczono pod warstwą żelbetowej podbudowy.

Maty wibroizolacyjne można również stosować w nawierzchniach klasycznych: pod poprzecznymi podkładami (Kraków, ul. Bronowicka, 2000 - pouszki z żywicy poliuretanowej pod strefą podszywną podkładów) oraz na styku podsypki i podtorza.

### 3.4. Podtorze

Na granicy podbudowy i podtorza stosowane są coraz częściej geosyntetyki: geotkaniny, geowłókniny, geosiatki lub ich kombinacje w zależności od tego czy wymagana jest separacja warstw, odwodnienie, wzmocnienie podłoża czy połączenie tych wymagań. Możliwe są również bardziej zaawansowane formy zastosowań: geokompozytowe poduszki (worki z geosyntetyku wypełnione tłuczniem - Sosnowiec, ul. Małachowskiego, 1996) albo geosiatki komórkowe (plaster miodu z połączonych taśm polietylenowych, o komórkach wypełnionych zasypką mineralną). Inne tworzywa sztuczne umieszczane w podtorzu to przeważnie instalacje: dreny, kolektory, studzienki kanalizacyjne, rury osłonowe - kiedyś ceramiczne, żeliwne, żelbetowe, a obecnie coraz częściej z polietylenu lub polipropylenu.

### 3.5. Zastosowania montażowe, pielęgnacyjne, ochronne i naprawcze

Podczas budowy torowisk tramwajowych wykorzystuje się tworzywa sztuczne w celach montażowych: pianki poliuretanowe (mocowanie szalunków dla wykonania podlewów), styropian (tymczasowe wypełnienie szczelin dylatacyjnych); pielęgnacyjnych: folie (ochrona dojrzewających płyt betonowych podczas upałów lub mrozów, ochrona wiążących żywic przed opadami deszczu), preparaty do pielęgnacji dojrzewającego betonu; ochronnych: epoksydowe preparaty gruntujące (zabezpieczenie i izolacja elementów żelbetowych i stalowych). Podczas remontów torowisk tramwajowych, do naprawy żelbetowych elementów podbudów lub nawierzchni wykorzystuje się często zaprawy i szpachle z żywic epoksydowych, ze względu na ich krótki czas wiązania.

## 4. Podsumowanie

O rozpoczęciu stosowania tworzyw sztucznych w konstrukcjach torowisk tramwajowych zdecydowały następujące ich zalety:

- elastyczność (tłumienie drgań, rozkładanie obciążeń),
- izolacyjność elektryczna,
- odporność na działanie czynników atmosferycznych (zmiennych temperatur) i substancji chemicznych (sole, oleje, smary),
- zdolność przybierania dowolnych kształtów,
- krótki okres wiązania w przypadku tworzyw chemoutwardzalnych,
- dobre własności adhezyjne i mała higroskopijność (uszczelnienia, kleje, preparaty gruntujące),
- mała gęstość (wypełnienia).

Tworzywa sztuczne, pojawiając się w konstrukcjach torowisk tramwajowych:

- zastępowały inne tworzywa (tablica 2)
- były dodatkami do stosowanych już materiałów (tablica 3),
- występowały w nowych zastosowaniach (tablica 4).

Za każdym razem ich użycie przynosiło wymierne korzyści. Jedynym niekorzystnym efektem był wzrost kosztów spowodowany:

- zwykle wyższą ceną tworzyw sztucznych zastępujących tworzywa tradycyjne,
- zastosowaniem tworzyw sztucznych jako dodatków lub w nowych zastosowaniach,
- skomplikowaniem wykonawstwa (szczególnie w przypadku dwuskładnikowych chemoutwardzalnych preparatów).

Jeżeli jednak weźmiemy pod uwagę większą trwałość rozwiązań oraz uwzględnimy koszty zewnętrzne w postaci propagacji drgań i hałasu, to w ogólnym rachunku rozważane rozwiązania okażą się tańsze.

Stosowane od około 20 lat tworzywa sztuczne w elementach przytwierdzeń szyn w torze klasycznym i węgierskim potwierdziły swą trwałość. Pozostałe zaprezentowane w niniejszym referacie rozwiązania są stosunkowo młode, jest jeszcze za wcześnie aby oceniać je pod tym względem. Można jedynie opierać się na dotychczasowych opiniach zarządców infrastruktury tramwajowej oraz wykonawców robót remontowych i utrzymaniowych, które potwierdzają wysoką niezawodność tych rozwiązań. Wykonywane były natomiast badania uciążliwości dla środowiska. Zastosowanie torowiska przedstawionego na rys.8 w Chorzowie na ul. Wolności przyniosło 3-krotny wzrost tłumienia względnego, wyrażonego logarytmicznym dekrementem tłumienia drgań [3]. Rozwiązanie przedstawione na rys.5 zastosowane w Krakowie spowodowało zmniejszenie drgań budynku Filharmonii od 2 do 3 razy [4].

W przepisach dotyczących projektowania i budowy torowisk tramwajowych rozwiązaniom z zastosowaniem tworzyw sztucznych jak dotąd poświęca się niewiele uwagi. Efektem tego jest niechęć projektantów i wykonawców do stosowania takich rozwiązań. Producenci nowych tworzyw uzyskują certyfikaty i aprobaty dopuszczające ich stosowanie w konstrukcjach torowisk tramwajowych, brakuje natomiast warunków technicznych stosowania tych tworzyw. Najlepszym rozwiązaniem jest organizowanie przez dostawców tworzyw szkoleń z zakresu ich stosowania dla pracowników wykonawcy robót oraz oferowanie nadzoru podczas budowy.

Innym problemem jest praktyka stosowana niekiedy przez wykonawców robót polegająca na upraszczaniu rozwiązań, stosowaniu tańszych, ale gorszych materiałów. Sprzyja temu zasada zabraniająca używania w projektach budowlanych nazw własnych stosowanych tworzyw lub ich producentów. Z pomocą przychodzą szczegółowe specyfikacje techniczne, które są dokumentem formalno-technicznym, określającym między innymi wymagania w zakresie wykonania i odbioru robót. Obowiązkiem projektantów jest więc określanie w projektach parametrów stosowanych tworzyw oraz technologii ich wbudowania.

Tablica 2. Zastosowanie tworzyw sztucznych zamiast tworzyw tradycyjnych

| postać                | tworzywo tradycyjne           | tworzywo sztuczne                             | korzyści                                                                                                                                                        |
|-----------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| podkładki, przekładki | drewno                        | polietylen, poliamid, guma, elastomer korkowy | większa trwałość, elastyczność; lepsza izolacja elektryczna i wibroakustyczna, dowolność kształtów                                                              |
| podlewy, zalewy       | bitumiczne                    | poliuretanowe                                 | większa elastyczność i odporność na zmiany temperatur i działanie substancji chemicznych; większe zdolności adhezyjne (szczelność); lepsza izolacja elektryczna |
| beton                 | cementowy                     | epoksydowy                                    | znacznie szybszy okres wiązania; większa wytrzymałość i trwałość                                                                                                |
| wypełnienia           | podsyпка cementowo-piaskowa   | styropian, pianka poliuretanowa, PCV          | mniejszy ciężar; lepsza izolacja elektryczna i wibroakustyczna; mniejsza higroskopijność; większa odporność na działanie mrozu                                  |
| rury                  | betonowe, kamionkowe, żeliwne | polietylen, polipropylen                      | mniejszy ciężar; wydłużenie okresu eksploatacji; większa odporność chemiczna; większa elastyczność, łatwość układania                                           |

Tablica 3. Zastosowanie tworzyw sztucznych jako dodatków do tworzyw tradycyjnych

| tworzywo tradycyjne                 | dodatki                        | korzyści                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| betony cementowe                    | plastyfikatory                 | wyższa wytrzymałość, szczelność i mrozoodporność; ograniczenie skurczu; skrócenie czasu i obniżenie kosztów wbudowania; uzyskanie równych i gładkich powierzchni |
| betony asfaltowe, zalewy bitumiczne | elastomer (kaczuk syntetyczny) | zwiększenie odporności na koleinowanie i pękanie, większa szczelność, mniejsza ścieralność, większa wytrzymałość zmęczeniowa                                     |

Tablica 4. Nowe zastosowania tworzyw sztucznych

| postać                  | tworzywo sztuczne                   | korzyści                                                                                |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| geosyntetyki            | polietylen, polipropylen, poliester | wzmocnienie, separacja i odwodnienie warstw podbudowy lub podtorza                      |
| maty wibroizolacyjne    | guma, elastomer korkowy             | wzrost izolacji wibroakustycznej                                                        |
| kleje                   | żywice poliuretanowe, epoksydowe    | wzrost szczelności, lepsza współpraca przy przenoszeniu obciążeń i izolacja elektryczna |
| taśmy dylatacyjne       | bitumiczno-kauzrukowe               | wzrost szczelności, trwałości                                                           |
| preparaty pielęgnacyjne | polimery                            | zapewnienie odpowiednich warunków podczas dojrzewania betonu                            |
| preparaty gruntujące    | epoksydy                            | zabezpieczenie i izolacja powierzchni, polepszenie własności adhezyjnych                |

## Literatura

- [1] DOBROSZ K., MATYSIAK A., *Tworzywa sztuczne, właściwości i zastosowanie*. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 1990.
- [2] CHEŁMECKI W., Projektowanie toru tramwajowego konstrukcji węgierskiej w istniejących układach urbanistycznych. *Symposium Naukowo-Techniczne: Racjonalne wykorzystanie infrastruktury szynowej*. Kraków-Zakopane 1995, s. 177-187.
- [3] KŁOSEK K., Nowe rozwiązania nawierzchni tramwajowej w aglomeracji górnośląskiej. *Symposium Naukowo-Techniczne: Racjonalne wykorzystanie infrastruktury szynowej*. Kraków-Zakopane 1995, s. 195-204.
- [4] MZTSiPT, *Nowa technologia budowy rozjazdu tramwajowego*. Kraków 1997.
- [5] OLEKSIEWICZ W., *Projekt ciągłego, sprężystego podparcia szyny na podbudowie betonowej w torze tramwajowym wspólnym z jezdnią*. Transcomp Warszawa, 1997.

## **APPLICATION OF PLASTICS IN MODERN TRAM TRACK STRUCTURES IN POLAND**

### **Summary**

There is very big interest in plastics application in tram track structures in Poland during last few years. In the paper causes of this process are recognised. Basic information about plastics: structure, types and properties are presented. Types of plastics applicated so far in modern tram tracks are mentioned and classified. Genesis of plastics application in tram tracks are recognised. Review of possible solutions of plastics application in different parts of tram track: rail fixation, pavement, substructure and subgrade are presented. Places of applications of presented solutions are mentioned. In conclusion advantages of plastics application are presented. Some problems resulting from plastics introduction in tram tracks are discussed, and how to solve them.