

Maciej MAJOR, Izabela MAJOR

Politechnika Częstochowska

WYKORZYSTANIE ODPADÓW GUMOWYCH W BUDOWNICTWIE ZRÓWNOWAŻONYM

W artykule zaprezentowano sposoby ponownego wykorzystania opon samochodowych w budownictwie. Możliwość ponownego przetworzenia opon samochodowych przyczynia się do ochrony środowiska naturalnego i pozwala racjonalnie zarządzać odpadami gumowymi.

Słowa kluczowe: guma, recykling, budownictwo zrównoważone

WPROWADZENIE

Coraz większy rozrost przemysłu, a co za tym idzie, wzrost produkcji odpadów przemysłowych, coraz większa ilość aut i elektrośmieci - to wszystko negatywnie wpływa na środowisko naturalne, a tym samym na człowieka i inne organizmy żywe. Wymusza to na nas potrzebę racjonalnego zarządzania śmieciami, tak, aby jak najwięcej z nich mogło nadawać się do ponownego użytku, a te, które nie nadają się do recyklingu, nie zagrażały środowisku. Zagadnienie recyklingu jest już powszechnie znane i omawiane na arenie międzynarodowej, również w Unii Europejskiej, która za priorytet wyznaczyła sobie konieczność ochrony środowiska. Szczególne miejsce zajmuje tutaj budownictwo zrównoważone oraz wszelkie związane z tym zagadnienia recyklingu czy odnawialnych źródeł energii.

1. BUDOWNICTWO ZRÓWNOWAŻONE

Poprzez pojęcie budownictwa zrównoważonego należy rozumieć takie budowanie, jakie opiera się na wykorzystaniu materiałów oraz form ich wytwarzania, które nie powodują ingerencji w środowisko naturalne oraz nie wpływają negatywnie na człowieka. Budownictwo zrównoważone jest więc budownictwem ekologicznym. Aby budownictwo mogło zostać nazwane zrównoważonym, istotne jest przestrzeganie szeregu zasad na wszystkich etapach realizacji zamierzenia budowlanego, począwszy od projektu poprzez wykonawstwo, renowację oraz rozbiórkę. Obiekt musi spełniać wymagania dotyczące ekonomii, użyteczności, trwałości, wygody oraz przede wszystkim ekologii. Już na etapie projektu niezbędne jest określenie wszystkich aspektów, które będą miały wpływ na ekologiczność inwe-

stycji. Do minimum powinien zostać ograniczony negatywny wpływ obiektu na środowisko naturalne poprzez zastosowanie m.in. materiałów przyjaznych dla środowiska, które ani w trakcie eksploatacji obiektu, ani po jego demontażu nie wpływają destrukcyjnie na środowisko naturalne. Niezbędne jest również ograniczenie zużycia energii oraz wody, a także, w miarę możliwości, ilości odpadów wytwarzanych przez osoby przebywające w budynku. Zmniejszenie zużycia energii odbywa się poprzez m.in. wykorzystanie odpowiednich materiałów do budowy przegród (ściany, stropy, dach), które w znaczny sposób poprawiają izolacyjność cieplną przegród w budynku, a także wykorzystanie stolarki okiennej i drzwiowej, charakteryzującej się odpowiednio niskimi współczynnikami przenikania ciepła. Myśląc o racjonalnym zarządzaniu zasobami wody, nie sposób jest nie wspomnieć o możliwości ponownego wykorzystania wody już raz przetworzonej, np. w pralkach czy zmywarkach. Taka woda, po odpowiednim jej uzdatnieniu, mogłaby z powodzeniem zostać użyta w toaletach lub do nawadniania terenów zielonych. Takie samo zastosowanie ma również woda deszczowa, której zbieranie i odpowiednie przechowywanie jest coraz powszechniejsze.

Mówiąc o budownictwie zrównoważonym, trudno nie wspomnieć o odnawialnych źródłach energii, które są podstawą ekologii. Projektując obiekty, należy uwzględniać w dalszej ich eksploatacji możliwość wykorzystywania np. energii słonecznej czy wiatrowej do przygotowania m.in. ciepłej wody użytkowej. Obecnie obowiązujące przepisy, z których najważniejsza jest Dyrektywa 2012/27/UE z 25 października 2012 roku dotycząca efektywności energetycznej budynku, precyzyjnie regulują poszczególne aspekty budowy, które w całości mają pozwolić uzyskać budynek efektywny energetycznie oraz przyjazny środowisku.

2. GUMA JAKO MATERIAŁ PONOWNEGO ZASTOSOWANIA

Problem coraz większej ilości odpadów pochodzenia przemysłowego, które co roku powstają w wyniku wytwarzania różnego typu materiałów, to temat do dyskusji już od wielu lat, a powracający za każdym razem, gdy mowa jest o ekologii i ochronie środowiska naturalnego. Aby nie zalała nas fala śmieci przemysłowych, niezbędne jest w jak największym stopniu ich przetwarzanie i uzyskiwanie produktów, które będą mogły zostać ponownie wykorzystane w procesie produkcji. O ile proces recyklingu szkła czy metali jest już znany od wielu lat i z powodzeniem stosowany na całym świecie, o tyle zagadnienie ponownego przetwarzania gumy jest tematem ciągłych badań i analiz, które mają na celu jak najlepsze jej wykorzystanie. Problem recyklingu gumy dotyczy przede wszystkim ponownego wykorzystania opon samochodowych, których ze względu na dynamiczny rozwój motoryzacji jest coraz więcej. Nadmiar opon samochodowych jest problemem globalnym, a ich ponowne przetworzenie staje się coraz częściej omawianym zagadnieniem na różnego typu konferencjach czy seminariach. Również Unia Europejska z pełną odpowiedzialnością podchodzi do problemu zbyt dużej ilości odpadów gumowych (zarówno przemysłowych, jak i pochodzących z opon samochodowych),

a ich recyklingiem zajmuje się specjalnie do tego celu powołane Europejskie Stowarzyszenie Recyklingu Opon (ETRA) [1, 2].

Aby ograniczyć wzrost odpadów gumowych pochodzenia motoryzacyjnego, ważne jest ich ponowne wykorzystanie. Może się to odbywać na wielu płaszczyznach, w przypadku zarówno całych opon, jak i ich fragmentów. Zagospodarowanie zużytych opon wiąże się przede wszystkim z:

- możliwością ponownego ich wykorzystania w motoryzacji poprzez ponowne bieżnikowanie,
- recyklingiem energetycznym - wykorzystaniem opon jako źródła pozyskiwania energii. Wartość opałowa gumy zbliżona jest do wartości opałowej węgla, przez co materiał ten może być z powodzeniem stosowany jako alternatywne paliwo uzupełniające m.in. w piecach cementowych czy elektrowniach. W procesie spalania uzyskuje się gazy spalinowe o bardzo wysokiej temperaturze, sięgającej 1600÷2000°C, a dodatkową zaletą wykorzystania opon jest odzyskanie wydzielającego się w procesie spalania ciepła,
- recyklingiem materiałowym - rozdrobnione opony (pył, miął, granulaty) mogą służyć jako domieszka do innych materiałów, poprawiając tym samym ich właściwości (przyczepność, plastyczność, odporność termiczną itd.). Taki sposób przetwarzania opon doskonale spisuje się w budownictwie drogowym, lądowym czy wodnym, w przemyśle lub do wyrobu innych produktów konsumpcyjnych,
- wykorzystaniem całych opon do wzmacniania nasypów drogowych oraz wzmacniania podłoża gruntowego, budowy ścian oporowych czy przepustów drogowych [2].

3. OBSZARY WYKORZYSTANIA ODPADÓW GUMOWYCH

3.1. Nawierzchnie drogowe

Obecnie dodatki gumowe pochodzące z opon samochodowych najczęściej wykorzystywane są w budownictwie drogowym przy komponowaniu mieszanek asfaltowych. Panujący w Polsce klimat, gdzie roczne amplitudy temperatury są bardzo duże, wymusza stosowanie takich rozwiązań, które będą w stanie oprzeć się negatywnym skutkom klimatu. Szereg przeprowadzonych badań pozwolił zaobserwować, że mieszanki asfaltowe z dodatkiem gumy posiadają znacznie lepsze parametry wytrzymałościowe, a przy tym lepiej zachowują się w skrajnie różnych warunkach atmosferycznych. Do najważniejszych zalet tak zmodyfikowanej mieszanki asfaltowej należy zaliczyć:

- większą odporność na deformacje trwałe - koleiny,
- odporność na spękania termiczne i mechaniczne,
- lepszą przyczepność z oponami kół pojazdów, polepszone właściwości przeciwpoślizgowe - skrócenie czasu hamowania pojazdów,
- mniejszą hałaśliwość nawierzchni,
- większą odporność nawierzchni na starzenie,
- mniejsze koszty eksploatacji nawierzchni drogowej.

Asfalty z dodatkiem gumy zalecane są szczególnie w miejscach, gdzie natężenie ruchu jest wyjątkowo intensywne. Dotyczy to przede wszystkim dróg w obrębie skrzyżowań oraz dojazdów do nich czy na terenach szkód górniczych, gdzie nawierzchnia może podlegać znacznym deformacjom. Mieszanki takie mają również zastosowanie przy budowie nawierzchni dróg startowych i dróg kołowania na lotniskach [3, 4].

Mieszanki gumowo-asfaltowe produkowane są z wykorzystaniem rozdrobnionej gumy (głównie pochodzącej ze zużytych opon samochodowych) o uziarnieniu do 1 mm. Proces modyfikacji odbywa się w temperaturze od 170 do 200°C i trwa ok. 1 godziny. W zależności od sposobu wytwarzania lepiszcza gumowo-asfaltowego może być ono produkowane jako nieskładowane (powinno być użyte natychmiast po wytworzeniu) lub składowane (przez dwa tygodnie mieszanka nie traci swoich właściwości i może być składowana).

Cały proces wprowadzania gumy do mieszanek asfaltowych może zostać przeprowadzony dwoma metodami:

- metodą na sucho,
- metodą na mokro [1, 3, 5].

3.2. Nasypy, pobocza drogowe, ściany oporowe

Całe opony lub ich połówki bardzo często wykorzystywane są przy budowach m.in. nasypów, skarp czy ścian oporowych.

Wykorzystanie opon przy budowie nasypów podyktowane jest przede wszystkim znacznie mniejszym ciężarem własnym takiego nasypu niż ma to miejsce w przypadku innych metod budowy. Fakt ten pozwala na wykonywanie nasypów na praktycznie wszystkich rodzajach gruntów, również tych o małej nośności (torfy) lub takich, które znajdują się na obszarach bagiennych. Stwierdzono również, że nasypy wykonane ze zużytych opon wykazują znacznie większą odporność na działanie mrozu, posiadają znacznie lepsze parametry filtracji wody, a fakt długiego rozkładu biologicznego pozwala na oszczędności, co ma szczególne znaczenie pod kątem ekonomicznym. Rozdrobnione opony wykorzystywane są również przy wzmacnianiu nasypów już istniejących. Po usunięciu zewnętrznej warstwy gruntu nasypowego miejsce to zostaje wypełnione drobnymi elementami opon (zagęszczonymi), a następnie na to układana jest podbudowa z kruszywa mineralnego oraz zewnętrzna część nasypu - nawierzchnia asfaltowa. Takie wzmocnienie nasypu pozwala na jego znaczne odciążenie.

Jeśli zużyte opony zostaną połączone ze sobą za pomocą metalowych obejm, tak że tworzą spójną matę, mogą być wykorzystane do wzmacniania poboczy drogowych.

Wypełnienie opon materiałem kamiennym z zagęszczonym gruntem jest natomiast najprostszym sposobem budowy ścian oporowych. Tak przygotowane opony należy jedynie przysypać dobrze zagęszczonym kruszywem mineralnym.

3.3. Bieżnie i boiska sportowe

Na szeroką skalę odpady gumowe pochodzące z opon samochodowych stosowane są przy produkcji wszelkiego typu nawierzchni sportowych czy placów zabaw (rys. 1, 2). Do wytworzenia sztucznej trawy boisk wykorzystuje się mieszankę piasku kwarcowego i granulatu gumowego. Przy budowie nawierzchni bieżni lekkoatletycznych czy kortów tenisowych stosuje się natomiast mieszanki granulatu gumowego z poliuretanem. Zaletą tego typu rozwiązań, oprócz tych oczywistych, wynikających z możliwości ponownego przetworzenia opon samochodowych, jest aspekt zdrowotny. Użytkownicy boisk sportowych z dodatkiem gumy mogą zaobserwować znacznie większy komfort gry, bez nadmiernego obciążania stawów, co w głównej mierze jest zasługą właśnie dodatku gumy. Ponadto tego typu nawierzchnie posiadają dużą odporność na starzenie się, zachowując jednocześnie swoje właściwości wytrzymałości włókien na działania mechaniczne oraz ścieranie.



Rys. 1. Nawierzchnia placu zabaw [8]



Rys. 2. Nawierzchnia boiska lekkoatletycznego [9]

3.4. Ekrany dźwiękochłonne

To najczęściej wykorzystywane przeszkody służące zniwelowaniu hałasu do poziomu bezpiecznego dla zdrowia ludzi, stawiane na obszarach silnie obciążonych ruchem. W ekranach dźwiękochłonnych występują takie zjawiska, jak:

- odbicie,
- pochłonięcie,
- przejście.

O wartości akustycznej ekranu decyduje kilka czynników, a do najważniejszych z nich należą:

- materiał, z jakiego jest wykonany ekran,
- odległość najbliższego budynku od ulicy oraz wysokość budynku,
- poziom natężenia ruchu,
- prędkość wiatru w obszarze budowy ekranów.

Do budowy ekranów dźwiękochłonnych wykorzystuje się takie materiały, które charakteryzują się dużą porowatością i wysoką gęstością właściwą. Ważne jest również to, aby użyte materiały odznaczały się dużą żywotnością, co najmniej 50 lat, a przy tym były odporne na niekorzystne warunki atmosferyczne (deszcz, słońce, temperatura) oraz działanie detergentów, grzybów, a także drgań czy wibracji.

Obecnie do budowy ekranów dźwiękochłonnych najczęściej wykorzystuje się takie materiały, jak:

- wełny mineralne i ich pochodne,
- filce i płyty z włókna szklanego,
- materiały drewnopochodne,
- tworzywa poliuretanowe,
- granulatu gumowy z recyklingu opon samochodowych.

Przeprowadzone do tej pory badania wykazały, że użycie gumy jako rdzenia dźwiękochłonnego pozwala uzyskać zaporę dźwiękochłonną o charakterystyce pochłaniania dźwięku podobnej do wełny mineralnej. Dzięki temu zużyte opony samochodowe zyskały kolejne zastosowanie i mogą być poddawane recyklingowi, stając się atrakcyjnym materiałem dla producentów ekranów dźwiękochłonnych. Najczęściej jako wypełnienie ekranów akustycznych wykorzystywany jest granulatu gumowy, który charakteryzuje się bardzo dobrymi właściwościami pochłaniania dźwięku. Ponadto, przeprowadzone do tej pory badania wykazały, że najlepszym izolatorem dźwięku jest guma o następujących właściwościach:

- gładka,
- lita,
- odznaczająca się dużą masą objętościową,
- posiadająca duże właściwości tłumiące,
- o małej porowatości.

Warstwy gumowe stosuje się ze względu na:

- bardzo dobre własności dźwiękoizolacyjne,
- zdolność do tłumienia drgań materiałowych przegrody.

Guma najczęściej wykorzystywana jest przy budowie przegród będących ściankami klasycznych obudów dźwiękochłonno-izolacyjnych (częściowo lub całkowicie zamkniętych), w panelach i ścianach ekranów akustycznych oraz w rozwiązaniach elementów ściennych zintegrowanych obudów. Guma w ekranach dźwiękochłonnych może występować jako warstwa pojedyncza (płyta z granulatu spojonego lepiszczem lub płyta z gumy porowatej) lub jedna z warstw dźwiękochłonnych w układach warstwowych przegród pojedynczych i podwójnych.

Wykorzystywany granulatu produkowany jest głównie z bieżników opon, membran, ochraniaczy czy uszczelki. Nieregularne kształty ziaren o różnych frakcjach posiadają bardzo dobre właściwości dźwiękochłonne ze względu na strukturę warstwy, podobną do porowatej lub włóknistej, w której pochłanianie energii dźwiękowej odbywa się przez wnikanie w utworzone pory i kanaliki powietrzne. Ważne jest również to, że wykorzystanie materiałów gumowych jako wypełnienia przestrzeni

powietrznej między przegrodami dwuściennymi pozwala zmniejszyć grubość ich warstw, nie zmieniając przy tym właściwości izolacji akustycznej [6, 7].

3.5. Maty wibroizolacyjne, wibroakustyczne

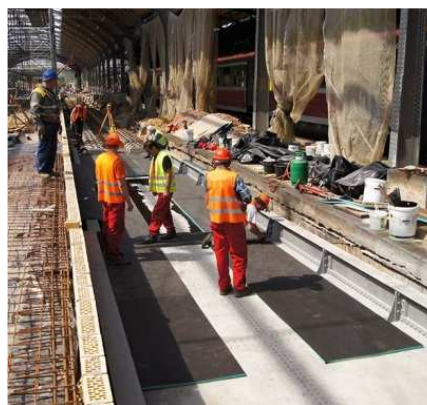
Maty wibroizolacyjne, wibroakustyczne wykorzystywane są przede wszystkim w przemyśle, pod maszyny i urządzenia (obrabiarki, prasy itp.) w celu wyeliminowania hałasu wytwarzanego przez maszyny, a także służą do tłumienia drgań. Używane są pod fundamenty maszyn przemysłowych. Maty znalazły zastosowanie również w transporcie szynowym - układa się je na drodze szynowej w celu zmniejszenia wibracji od pojazdów szynowych, powodując zmniejszenie dynamicznych oddziaływań na podsypkę tłuczniovą lub płytę betonową przez zwiększenie sprężystości podłoża (rys. 3, 4).

Głównymi zaletami mat wibroizolacyjnych są:

- zmniejszenie wibracji od pojazdów szynowych oddziałujących niekorzystnie na otoczenie trasy,
- zmniejszenie w konstrukcjach podsypkowych dynamicznych oddziaływań na warstwę podsypki tłuczniowej poprzez zwiększenie sprężystości jej podłoża,
- zwiększenie komfortu jazdy pasażerów dzięki wytłumieniu drgań,
- skuteczna izolacja elektryczna,
- ograniczenie prądów błądzących [6, 7].



Rys. 3. Maty wibroakustyczne pod torowisko kolejowe [10]



Rys. 4. Maty wibroizolacyjne pod torowisko metra [10]

PODSUMOWANIE

Guma pochodząca ze starych opon samochodowych, o bardzo dobrych właściwościach wytrzymałościowych, mechanicznych, akustycznych czy termicznych, znajduje coraz szersze wykorzystanie jako materiał do ponownego użytku. Korzyści z tego wynikające są oczywiste - zmniejszenie ilości magazynowanych opon -

co w znacznym stopniu przekłada się na poprawę środowiska naturalnego. Dbałość o nie obecnie staje się celem nadrzędnym zarówno dla władz lokalnych, jak i państwowych czy międzynarodowych.

LITERATURA

- [1] Parasiewicz W., Pyskło L., Magryta J., Recykling zużytych opon samochodowych, Instytut Przemysłu Gumowego, Piastów 2005.
- [2] Wprowadzenie do recyklingu opon: 2004, Stowarzyszenie Przemysłu Gumowego EKOGUMA, Piastów, wrzesień 2004.
- [3] Horodecka R., Kalabińska M., Piłat J., Radziszewski P., Sybilski D., Wykorzystanie zużytych opon samochodowych w budownictwie drogowym, Studia i Materiały, zeszyt 54, IBDiM, Warszawa 2002.
- [4] Sybilski D., Zastosowanie odpadów gumowych w budownictwie drogowym, Przegląd Budowlany 2009, 5, 37-44.
- [5] Pyskło L., Parasiewicz W., Odzysk i recykling wyrobów gumowych, Recykling 2004, 11, s. 52.
- [6] www.e-izolacje.pl
- [7] www.izolacje.com.pl
- [8] www.aurumchemicals.pl
- [9] www.projektantkrajobrazu.com.pl
- [10] www.maty-wibroizolacyjne.pl

THE USE OF RUBBER WASTE IN SUSTAINABLE CIVIL ENGINEERING

The article presents ways to reuse waste car tires in civil engineering. The ability to reuse car tires has influence on natural environment protection and it allows to manage rubber waste in an effective way.

Keywords: rubber, recycling, sustainable civil engineering