

Janusz W. Sikora*, Urszula Ostaszewska**

Zastosowanie rozdrobnionych odpadów gumowych pochodzących ze zużytych opon samochodowych

Recykling materiałowy rozdrobnionych odpadów gumowych pochodzących ze zużytych opon samochodowych nabiera coraz większego znaczenia, także w Polsce. Rozwijają się coraz to nowe możliwości ich wykorzystania. W artykule przedstawiono sposoby zagospodarowania zużytych opon samochodowych oraz klasyfikację materiałów, jakie powstają podczas ich rozdrabniania. Wskazano wybrane, stosunkowo nowe i odznaczające się specyficznymi właściwościami wyroby wytwarzane z rozdrobnionych opon, strzępów i chipsów oraz z granulatu, miazgi i ścieru gumowego.

Słowa kluczowe: recykling materiałowy, odpady gumowe, przetwarzanie odpadów gumowych, zastosowanie odpadów gumowych

Applications of crushed rubber waste from end-of-life tyres

Material recycling of crushed rubber waste from end-of-life tyres becomes more important, also in Poland. Nowadays new possibilities of using them in innovative applications are developed. The paper presents means of management of used-up car tyres and classification of materials, which result from crushing them. The paper shows selected, relatively new products made from crushed tyres, shreds and chips as well as from rubber granulate, powder and scrap, which are characterised with specific properties.

Key words: material recycling, rubber waste, waste recycling, rubber waste applications

Szacuje się, że w ubiegłym roku w Unii Europejskiej mogło powstać prawie 3,5 mln ton zużytych opon samochodowych. W Polsce, według szacunków Instytutu Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników – Oddziału Zamiejscowego Przetwórstwa Elastomerów i Technologii Gumi, ilość zużytych opon wynosi około 200 tys. ton i każdego roku rośnie. Tylko w 5 krajach UE powstaje więcej zużytych opon niż w Polsce. Skład materiałowy opon samochodowych produkowanych w Europie jest w przybliżeniu jednakowy, został przedstawiony w tabeli 1.

Tabela 1. Przybliżony skład materiałowy opon samochodowych [1, 2]

Table 1. Approximate material content of car tyres [1, 2]

Lp.	Rodzaj materiału	Opony samochodowe	Opony ciężarowe i autobusowe
1	Kauczuk	47 %	45 %
2	Sadza	21,5 %	22 %
3	Stal	16,5 %	25 %
4	Kord tekstylny	5,5 %	–
5	Tlenek cynku	1 %	2 %
6	Siarka	1 %	1 %
7	Składniki dodatkowe	7,5 %	5 %

* Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 36; 20-618 Lublin

** Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników – Oddział Zamiejscowy Przetwórstwa Elastomerów i Technologii Gumi, ul. Harcerska 30; 05-820 Piastów

Wobec zakazu składowania, można mówić o następujących możliwościach zagospodarowania zużytych opon samochodowych [3, 4]:

- recykling produktowy (dotyczący zagospodarowania całych opon),
- recykling materiałowy (polegający na wykorzystywaniu rozdrobnionych odpadów gumowych z opon),
- recykling surowcowy (wykorzystywany podczas rozkładu cieplnego rozdrobnionych odpadów gumowych na produkty chemiczne, tzw. piroliza),
- recykling energetyczny (dotyczący spalania opon całych lub rozdrobnionych).

W niniejszym artykule przedstawione zostaną różnorodne zastosowania rozdrobnionych odpadów gumowych pochodzących ze zużytych opon samochodowych, wykorzystywanych w procesie recyklingu materiałowego.

W wyniku prac wspólnego zespołu Europejskiego Centrum Normalizacji (CEN) i Europejskiego Stowarzyszenia Recyklingu Opon (ETRA) dokonano klasyfikacji rodzajów rozdrobnionych odpadów gumowych pochodzących z opon samochodowych, w zależności od ich rozmiarów (tabela 2).

Rozmiary rozdrobnionych odpadów z opon mają zasadniczy wpływ na sposób ich wykorzystania [2, 6 ÷ 10].

Kawałki opon, strzępy i chipsy o niewielkim stopniu rozdrobnienia kwalifikują się do stosowania jako wypełnienie w elementach konstrukcji budowlanych [11]. Ze względu na bardzo dobre właściwości izolacyjne – zarówno akustyczne, jak i cieplne – oraz wodoodporność, guma o takim rozdrobnieniu może być wykorzystywana jako wypełnienie lekkie w konstrukcjach tuneli lub przejść podziemnych, a także w budownictwie dróg,

tam, bulwarów i mostów, jako zamienniki tradycyjnych materiałów stosowanych jako warstwy podkładowe, drenażowe itp. Rozdrobnione odpady gumowe o rozmiarach strzępów i chipsów wykorzystuje się w celu zmniejszenia ciężaru nasypów oraz zapobiegania nierównemu osadzeniu dróg i ulic. Strzępy zużytych opon są coraz częściej wykorzystywane w różnorodnych izolacjach stosowanych w budynkach mieszkalnych i przemysłowych. Zapewniają dobrą izolację cieplną chroniącą przed skutkami zamarzania i odtajania, szczególnie w rejonach o ekstremalnym klimacie. Strzępy i chipsy mają małą przewodność cieplną oraz zapewniają swobodne odciekanie wody. Chipsy, które mają cząstki o mniejszych rozmiarach, zwiększają nośność podłoża.

Strzępy i chipsy są wykorzystywane na składowiskach odpadów, używa się ich do tworzenia drenażowych warstw zbierających, znajdujących się na podłożu nowo powstających składowisk lub nowych komór składowisk istniejących. Wykorzystuje się je jako część instalacji odprowadzania gazów, w celu ochrony i regulacji kierunków uchodzenia gazów wewnątrz składowiska.

Strzępy połączone spoiwem bitumicznym zastępują kamienie i żwir używany jako materiał nawierzchniowy filtrów drenażowych poboczy dróg. Sprawdza się to przede wszystkim w miejscach wysokiego ryzyka poślizgu pojazdów, takich jak wjazdy i zjazdy. Rozwiązanie takie jest opłacalne: przyczynia się do znacznego obniżenia kosztów konserwacji powstałych nawierzchni i wyeliminowania przypadków uszkodzenia pojazdów me-

chanicznych kamieniami znajdującymi się na nawierzchni i wydostających się spod kół pojazdów mechanicznych.

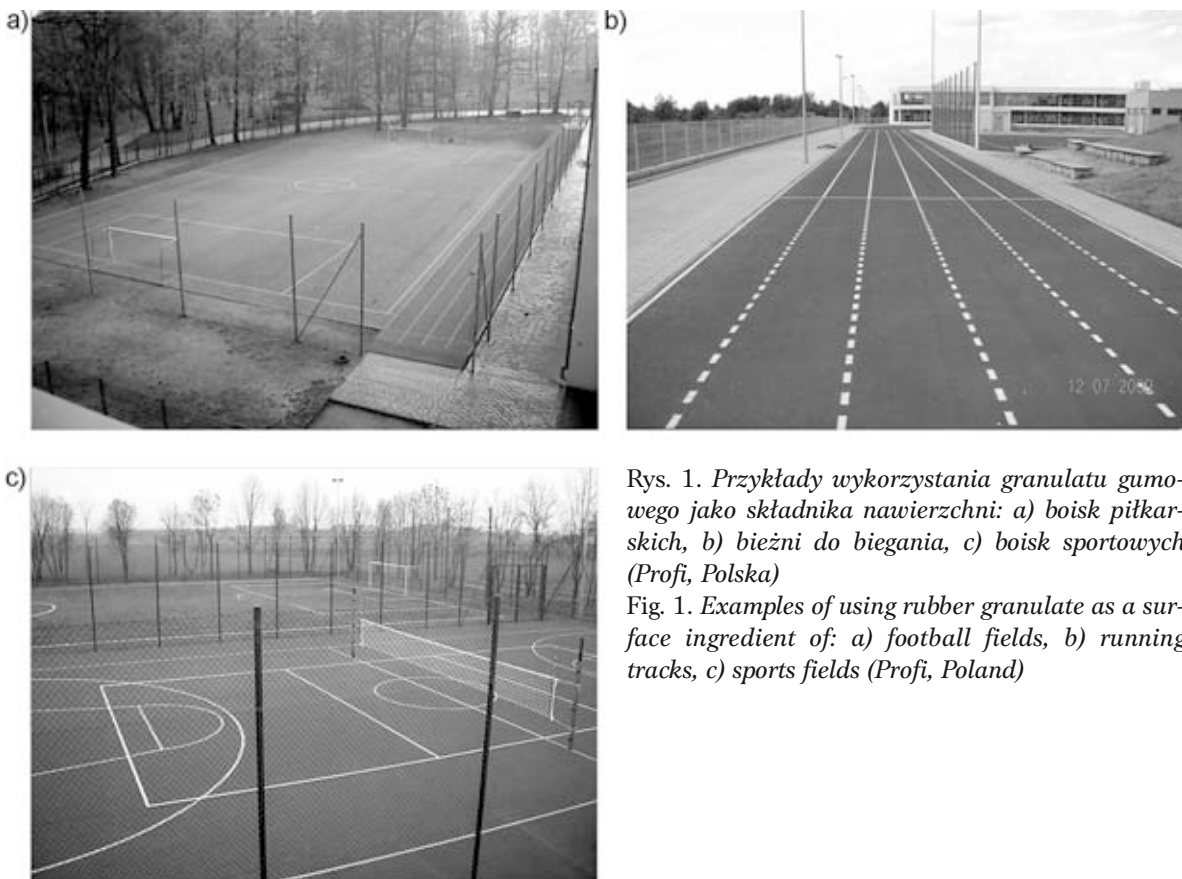
Tabela 2. Klasyfikacja materiałów otrzymanych ze zużytych opon [1, 5]

Table 2. Classification of materials received from used tyres [1, 5]

Rodzaj	Wielkość
Opony cięte (połówki i mniejsze kawałki)	>300 mm
Strzępy	40 – 300 mm
Czipsy	10 – 50 mm
Granulat	1 – 10 mm
Miał	0 – 0,5 mm i 0 – 1 mm
Ścier*	0 – 40 mm

* W tym wypadku „ścier gumowy” powstaje w wyniku obróbki mechanicznej powierzchni opony celem przygotowania jej do procesu bieżnikowania.

Inne zastosowanie znajduje granulat i ścier gumowy. Ze względu na małe rozmiary cząstek znakomicie nadaje się do wytwarzania nowej generacji sztucznych nawierzchni boisk piłkarskich (rys. 1a), ścieżek do biegania, bieżni sportowych (rys. 1b) i innych boisk sportowych (rys. 1c), nadających się do użytkowania w każdych warunkach atmosferycznych [12]. Wiele z tych na-



Rys. 1. Przykłady wykorzystania granulatu gumowego jako składnika nawierzchni: a) boisk piłkarskich, b) bieżni do biegania, c) boisk sportowych (Profi, Polska)

Fig. 1. Examples of using rubber granulate as a surface ingredient of: a) football fields, b) running tracks, c) sports fields (Profi, Poland)



Rys. 2. Przykłady wykonania nawierzchni placów zabaw, w których jedną z warstw jest granulata gumowy (Hemet Sp. z o.o. z Zielonej Góry)

Fig. 2. Examples of playground surfaces, in which one of the layers is rubber granulate (Hemet Sp. z o.o. from Zielona Góra)

wierzchni jest zbudowanych z kilku warstw, łatwo się je wykonuje, a koszty utrzymania są niskie [13].

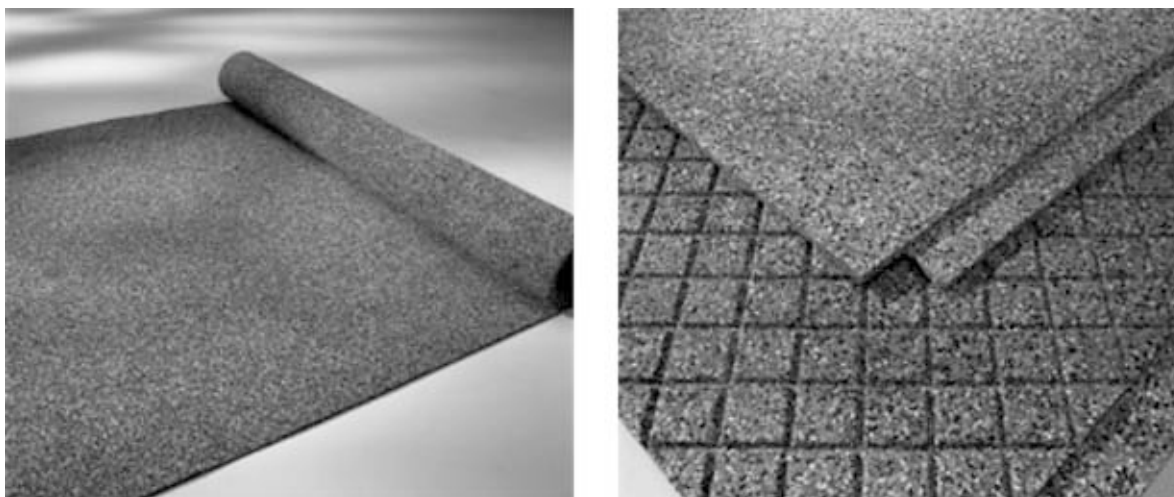
Granulat wykorzystuje się jako podłoże sztucznej nawierzchni podobnej do murawy. Ma ona tę zaletę, że zmniejsza ryzyko powstania kontuzji i zranień podczas zawodów i treningów. Duża zdolność tłumienia energii (amortyzowanie upadków), a także duża sprężystość są właściwościami bardzo pożądanymi w tego rodzaju zastosowaniach. Z tego powodu rozwiązania te zaczęto także stosować na placach zabaw i gier dla dzieci (rys. 2).

Wykorzystanie granulatu do wykonywania sztucznej darni i nawierzchni placów zabaw może wymagać przeprowadzenia badań toksyczności użytego materiału.

Innym zastosowaniem granulatu gumowego jest wytwarzanie płytek podłogowych, podkładów dywanów i wykładzin dywanowych oraz warstw wyrównawczo-izolacyjnych. Maty gumowe stosuje się na korytarzach, schodach, w biurach, jako warstwa tłumiąca pod wykładziny z PVC, linoleum oraz wykładziny dywanowe lub parkiet. W wielu centrach handlowych, miejscach uży-

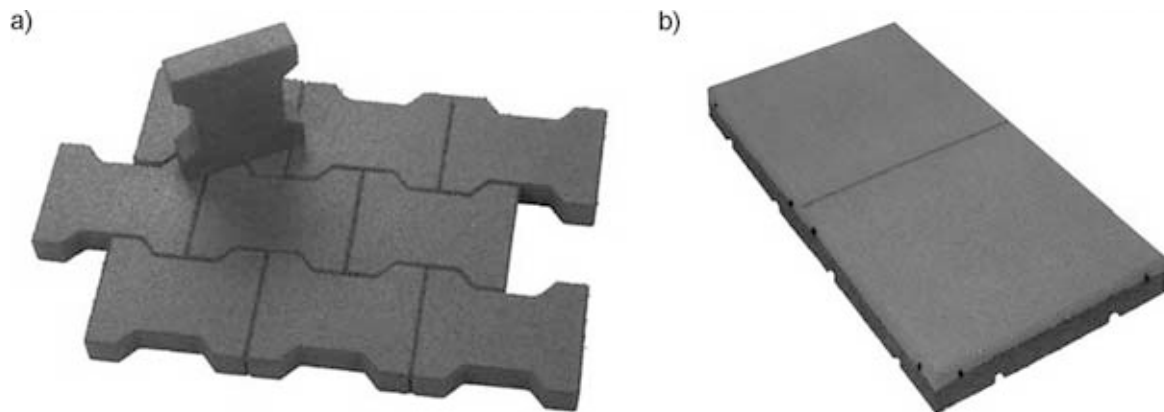
teczności publicznej, obiektach przemysłowych, ośrodkach zdrowia, ośrodkach naukowych, w centrach sportowych i konferencyjnych wykorzystuje się maty z granulatu gumowego (rys. 3). Obszar ich zastosowania nieustannie się rozszerza, obejmując także chodniki, przejścia dla pieszych i poczekalnie, jak również wejścia na lotniska i stacje kolejowe. Maty są elastyczne, wodoodporne, ograniczają przenikanie dźwięku, są odporne na działanie kwasów. Koszty ich konserwacji są niskie.

Opracowano też kostki i płyty wykładzinowe (brukowe) z granulatu gumowego, łatwe do montażu, zmniejszające poślizg, odporne na wodę i czynniki atmosferyczne oraz pleśń. Są one sprężyste i łatwe w utrzymaniu, stosowane do wykładania patiiw, otoczenia basenów, ścieżek ogrodowych, alejek dla wózków inwalidzkich, przejść na polu golfowym, nawierzchni wokół lodowiska, pasaży spacerowych w centrach rehabilitacyjnych, otoczenia stołów tenisowych, tarasów ogrodowych, placów zabaw itp. Podstawą omawianych zastosowań jest sprężysty materiał kompozytowy złożony z granulatu gumo-



Rys. 3. Maty z granulatu gumowego stosowane przez firmę Hemet z Zielonej Góry

Fig. 3. Mats of rubber granulate used by Hemet company from Zielona Góra



Rys. 4. Przykład sprężystej kostki (a) i płyty (b) brukowej, których jednym ze składników jest granulata gumowy
 Fig. 4. Examples of elastic pavement block (a) and slab (b) in which one of the ingredients is rubber granulate

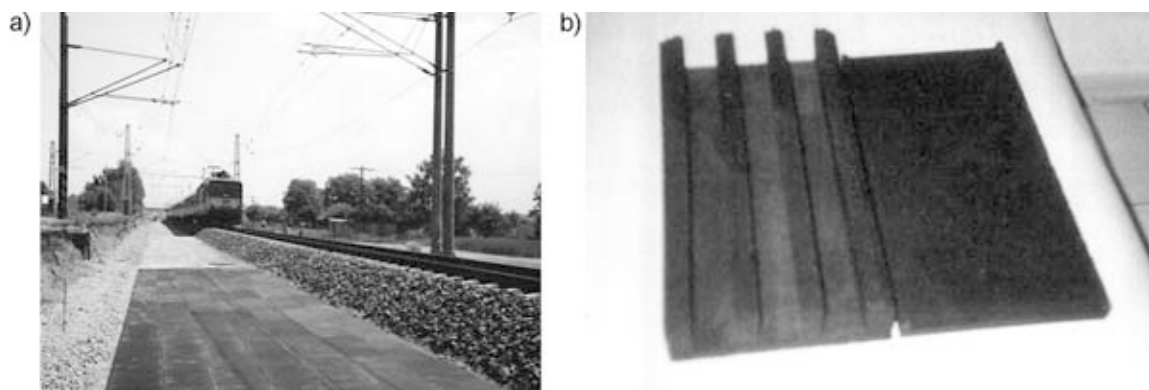
wego, spoiwa i innych dodatków (środków sieciujących lub wspomagających sieciowanie, zmiękczaczy, pigmentów itp.). Jako spoiwa można używać ciekłych klejów poliuretanowych.

Sprężysta kostka i płyta brukowa z granulatu gumowego (rys. 4) o różnych kształtach, wymiarach i kolorach przypomina kostkę lub płytę wykonaną z betonu. Technologia układania jest bardzo podobna do układania bruku. Stosuje się je w celu poprawy komfortu podczas chodzenia oraz złagodzenia skutków upadków. Kostki lub płyty z granulatu gumowego bywają używane w miejscach często odwiedzanych przez dzieci. Możliwe jest wykonanie kostki stosunkowo twardej z drobnego granulatu ($1 \div 2$ mm) o gęstości 1100 kg/m^3 i małej nasiąkliwości wodą oraz kostki miękkiej z granulatu o większym rozmiarze ($2 \div 4$ mm lub nawet $2 \div 7$ mm) i małej gęstości wynoszącej około 600 kg/m^3 . Możliwość doboru poszczególnych składników materiału kompozytowego do różnych zastosowań są duże [14].

Wyroby otrzymane z granulatu gumowego pochodzącego ze zużytych opon samochodowych stosowane są przy układaniu torów tramwajowych i kolejowych, gdyż wykazują zdolności zmniejszania hałasu i drgań wywo-

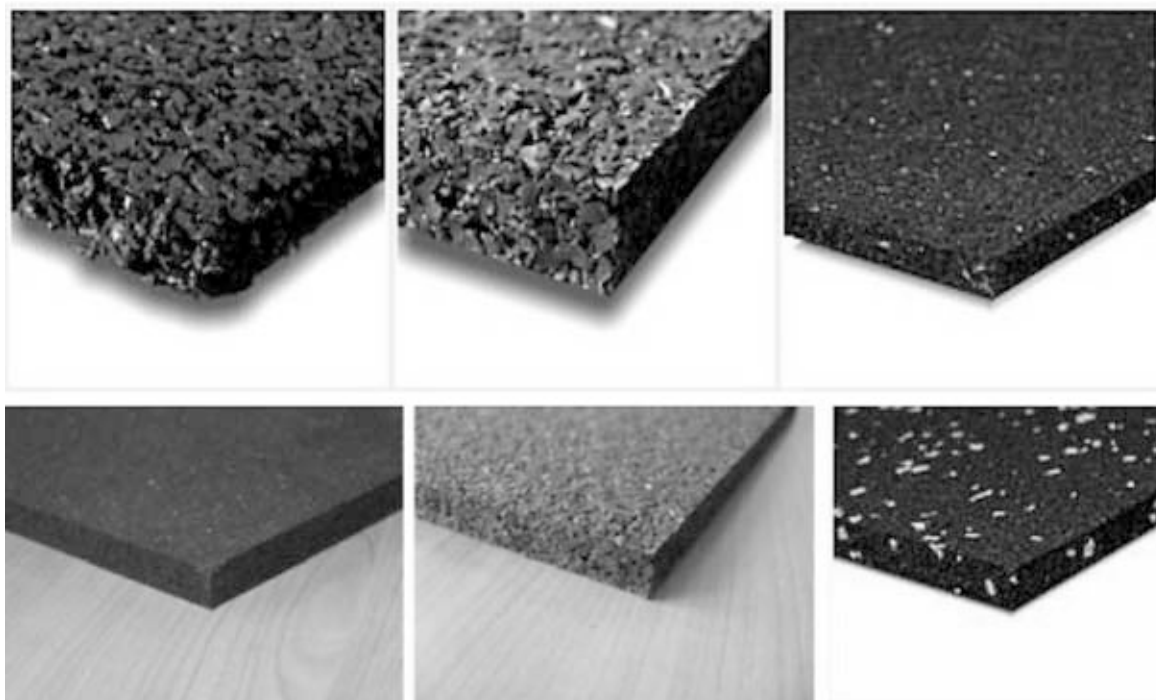
ływanych przez te pojazdy [14, 15]. Maty wibroizolacyjne po raz pierwszy zostały wykorzystane na torach tramwajowych w Krakowie w roku 1988 oraz w Chorzowie w roku 1995, kolejne między innymi w Warszawie, Wrocławiu i Poznaniu.

Maty wibroizolacyjne wykorzystuje się do tłumienia hałasu i drgań wywołanych przez maszyny i urządzenia przemysłowe [16]. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że możliwe jest zmniejszenie hałasu do 40%, a drgania mogą być ograniczone do 30%. Ten rodzaj wykorzystania rozdrobnionych odpadów gumowych pochodzących ze zużytych opon samochodowych jest bardzo korzystny, zwłaszcza w gęsto zaludnionych centrach miast oraz wzdłuż szybkich tras kolejowych. Na przykład płyty gumowe z Białaru stosuje się właśnie do wyciszenia torowisk i przejazdów kolejowych. Mogą również służyć do tłumienia drgań przenoszonych przez grunt, powodowanych przez jadące tramwaje. Płyty takie są produkowane w Czechach i stosowane dodatkowo w budownictwie do ochrony przed drganiami fundamentów budynków oraz do ochrony przed hałasem obiektów położonych w pobliżu metra, tramwajów itp. (rys. 5).



Rys. 5. Płyty wibroizolacyjne i kształtki z Białaru produkowane przez Bohemia Elast a.s. z Hovorčovic w Czechach: a) płyta płaska, b) płyta kształtkowa

Fig. 5. Vibroinsulation panels and Belar profiles produced by Bohemia Elast from Hovorčovice in Czech Republic: a) flat panel, b) shaped panel

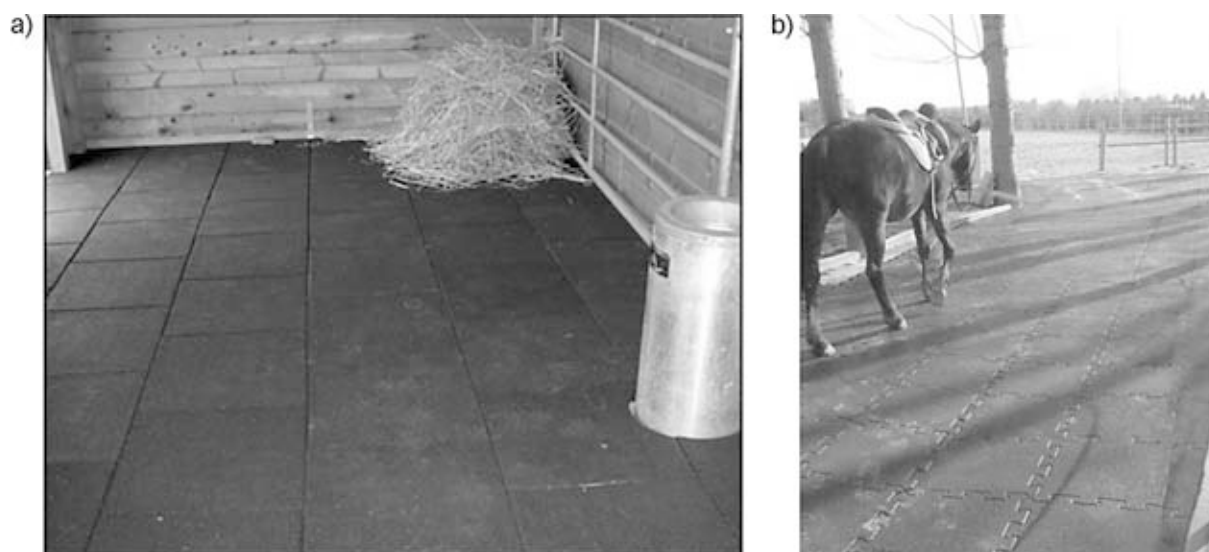


Rys. 6. Przykłady różnych mat izolacyjnych wytwarzanych przez firmę Semag z Zabrze
 Fig. 6. Examples of different insulation mats made by Semag company from Zabrze

Firma Semag z Zabrze wytwarza tłumiące maty wibroizolacyjne (rys. 6) dla budownictwa i przemysłu, między innymi w celu zabezpieczenia powierzchni dachów płaskich przed uszkodzeniami mechanicznymi. Rozłożenie ich na pokryciu dachowym budynków umożliwia utworzenie ciągów komunikacyjnych ułatwiających konserwację i naprawy urządzeń znajdujących się na dachach bez narażenia na pęknięcia czy rozerwania samej powierzchni pokrycia. Do tego celu wykorzystuje się szeroki wybór mieszanin zawierających przede wszystkim

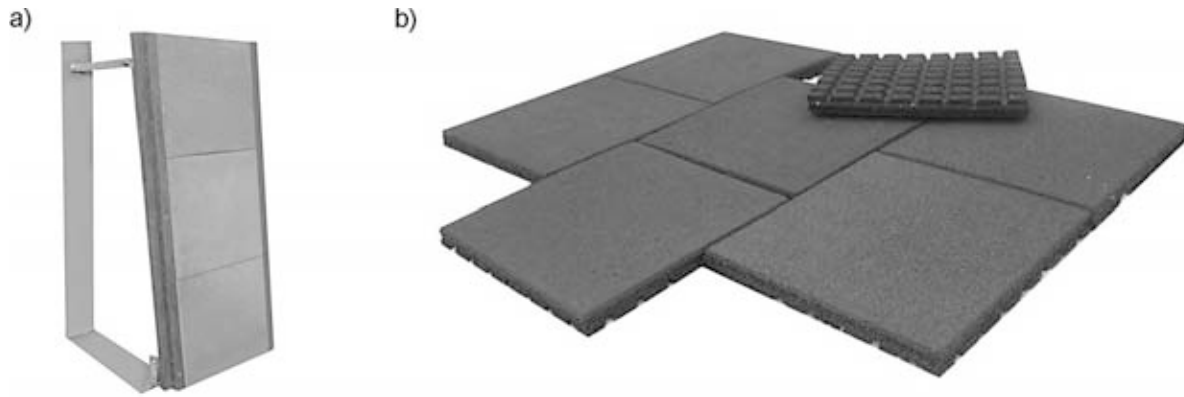
granulat gumowy, żywice, środki pomocnicze (np. stabilizatory) oraz różnego rodzaju produkty recyklingu elastomerów [9, 10]. Materiały te są odporne na działanie czynników atmosferycznych, w szczególności na promieniowanie UV, i mają bardzo dobre właściwości mechaniczne. Stąd coraz częstsze wykorzystanie ich na pokrycia dachowe, na przykład jako dachówki lub warstwy podkładowe.

Granulat gumowy stosuje się do wytwarzania różnego rodzaju barier przeciwhałasowych, podkładów amor-



Rys. 7. Wygląd posadzki w boksie (a) dla koni oraz wybiegu (b) ze stajni wykonanych z granulatu gumowego (Semag, Polska)

Fig. 7. Floor in the box (a) for horses and horse-run (b) from the stables made of rubber granulate (Semag, Poland)



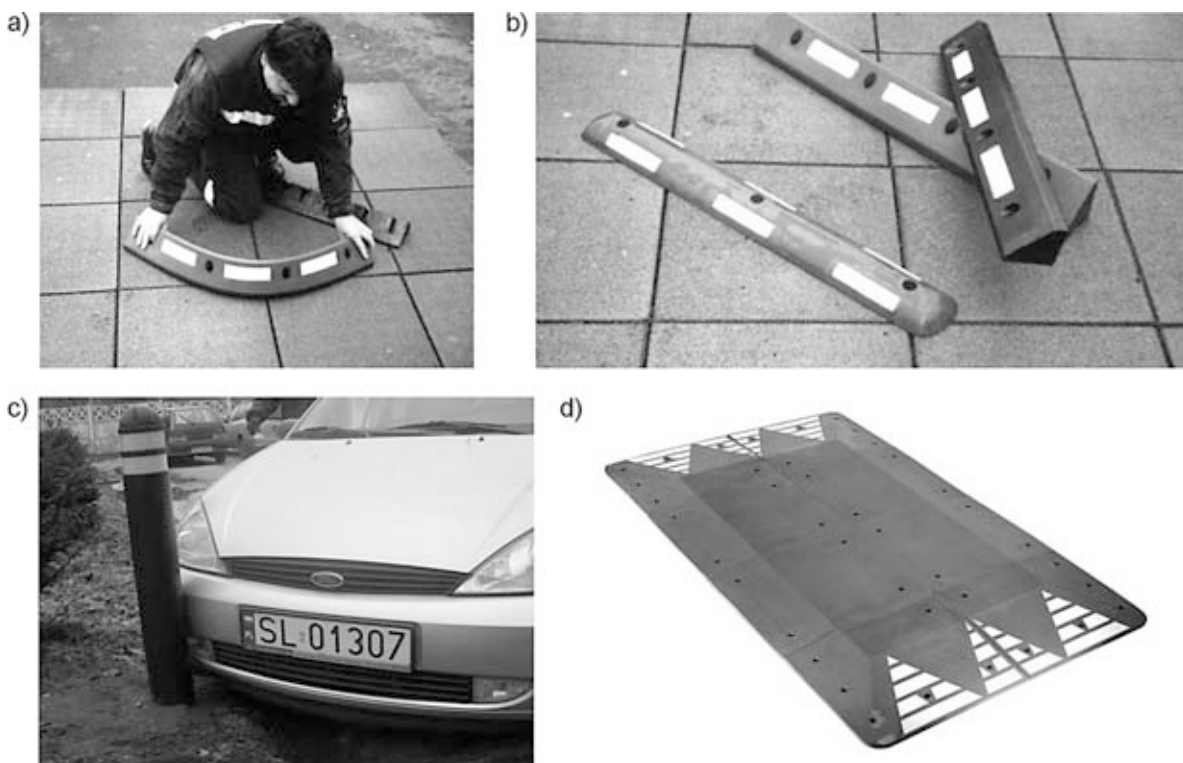
Rys. 8. Kulochwyt czołowy (a) oraz nawierzchnia antyrykoszetowa (b) wykonane z granulatu gumowego stosowane w wyposażeniu strzelnic (Semag, Polska)

Fig. 8. Front butt (a) and anti-rebound surface (b) made from rubber granulate used in shooting-range equipment (Semag, Poland)

tyzujących uderzenia i drgania tudzież mat izolacyjnych wykorzystywanych np. w ekranach dźwiękochłonnych.

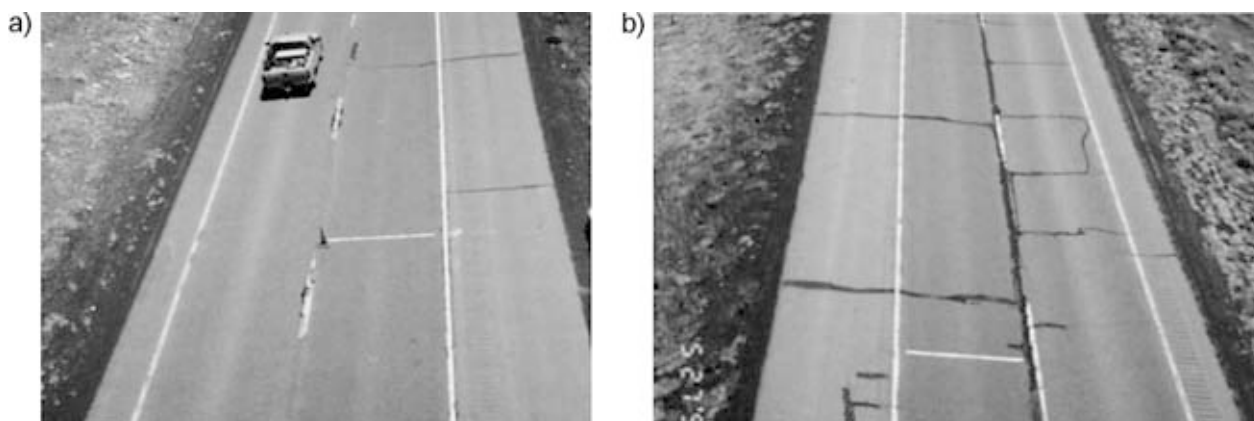
Ostatnio bardzo powszechne staje się używanie wykładzin wytwarzanych z odpadów gumowych w pomieszczeniach hodowli koni i bydła (rys. 7). Sprężystość gumowych płyt jest bardzo korzystna dla aparatu ruchowego tych zwierząt, w szczególności koni. Podłoże wyłożone taką wykładziną jest wygodne i antypoślizgowe. Płyta wykonana z granulatu gumowego stanowi izolację

cieplną, która ma szczególne znaczenie zimą. Środki antybakteryjne oraz przeciwgrzybiczne, dodawane do płyt w procesie ich wytwarzania, zabezpieczają przed tymi drobnoustrojami. Płyty montowane są na gumowych stopkach, co powoduje sprawny odpływ wszelkich płynów i utworzenie przestrzeni powietrznej tworzącej dodatkową izolację cieplną; bez większego problemu można je czyścić wodą pod wysokim ciśnieniem. Wszystko to powoduje, że płyty te są bardzo higieniczne.



Rys. 9. Wygląd elementów bezpieczeństwa ruchu drogowego wykonanych z granulatu gumowego: a) krawężnik elastyczny, b) rozdzielacze ruchu, c) słupki elastyczne, d) ogranicznik prędkości (Semag, Polska)

Fig. 9 Road safety elements made from rubber granulate: a) elastic curb, b) traffic distributors, c) elastic posts, d) speed limiter (Semag, Poland)



Rys. 10. Droga z nawierzchnią asfaltową modyfikowaną granulatem (a) oraz bez granulatu (b) gumowego eksploatowana w tych samych warunkach [25]

Fig. 10. Road with an asphalt surface modified with granulate (a) and without rubber granulate used in the same conditions [25]

Innym zastosowaniem wyrobów z granulatu gumowego są kulochwyty czołowe i boczne oraz podłogi antyrykoszetowe stanowiące wyposażenie nowoczesnych strzelnic (rys. 8). Kulochwyty mają za zadanie pochłonięcie energii kinetycznej pocisków. Nawierzchnie antyrykoszetowe zabezpieczają przed niekontrolowanym i niebezpiecznym odbiciem pocisków od powierzchni podłogi lub ścian.

Oryginalnym zastosowaniem granulatu i miazgi gumowego powstałego z rozdrobnienia opon samochodów osobowych, ciężarowych i innych jest wykorzystanie ich do produkcji elementów bezpieczeństwa ruchu drogowego, na przykład słupków drogowych, pacholek, ograniczników prędkości, rozdzielaczy ruchu, elementów wysepki, krawężników elastycznych, progów sygnalizacyjnych (rys. 9), podstaw znaków drogowych i wielu innych.

W ogrodnictwie drobny granulaty i miazgi gumowe jest często wykorzystywane jako składnik syntetycznego torfu.

Miazgi gumowe może być zastosowane m.in. jako dodatek do nowo produkowanych bieżników opon [17].

Coraz bardziej powszechnym sposobem zagospodarowania granulatu i miazgi gumowego jest dodawanie ich do asfaltu przy budowie dróg [18, 19, 20]. Już w latach 60. zauważono, że niewielki udział gumy w asfalcie w dużym stopniu poprawia jego właściwości. Dzięki dodatkowi gumy uzyskuje się zmniejszenie ilości pęknięć spowodowanych kurczeniem się asfaltu w niskiej temperaturze, wydłużenie czasu powstawania kolein w wyniku działania na asfalt wysokiej temperatury oraz siły pochodzącej od nacisku kół, skrócenie drogi hamowania samochodu na śliskiej, np. oblodzonej powierzchni, zmniejszenie kosztów utrzymania nawierzchni w dobrym stanie oraz zmniejszenie hałasu powodowanego przez pojazdy, zwiększenie odporności na poślizg i ścieranie, lepszą charakterystykę nawierzchni w warunkach opadów i niskiej temperatury (rys. 10). Najpoważniejszą przeszkodą są większe koszty budowy takich nawierzchni. Tańsza jest jednak ich konserwacja.

Mieszanka mineralno-asfaltowa o nazwie Gufi, wyróżniona w 2003 roku w Konkursie Polski Produkt Przyszłości, a zgłoszona przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów z Warszawy, obok standardowych składników kruszywa i asfaltu zawiera dodatki granulatu gumowego i włókien polimerowych, które sprawiają, że uzyskuje ona specjalne właściwości odróżniające ją od zwykłych mieszanek mineralno-asfaltowych. Mieszanka składa się z asfaltu zwykłego lub asfaltu modyfikowanego, kruszywa mineralnego zawierającego frakcję grysową i frakcję piaskową, miazgi gumowego oraz ciętego włókna polimerowego, najlepiej poliestrowego o temperaturze topnienia nie niższej niż 200°C. Proces produkcji mieszanki polega na tym, że do kruszywa ogrzanego do temperatury umożliwiającej otoczenie go spoiwem, dodaje się w sposób ciągły lub porcjami, miazgi gumowej i włókna polimerowe, a następnie – po wymieszananiu – dodaje spoiwo asfaltowe i całość ponownie miesza. Dodatek gumy i włókna do asfaltu w mieszance Gufi zapewnia uzyskanie szczególnych właściwości warstwy nawierzchni, jak odporność na pęknięcie i dzięki temu możliwość spełnienia roli membrany przeciwpękaniowej, bardzo dobra przyczepność do wszelkich materiałów podłoża, w tym także betonu, płyty i kostki kamiennej, brukowca itp., zmniejszenie hałasu podczas kontaktu opony z nawierzchnią.

Korzyści wynikające z wykorzystania takiej mieszanki do wykonania nawierzchni są zatem dwojakie: natury technicznej – poprawa trwałości nawierzchni i ekologicznej – zmniejszenie hałaśliwości ruchu pojazdów (cicha nawierzchnia) oraz zużycie odpadu przemysłowego, czyli granulatu gumowego uzyskanego z opon samochodowych. Zmniejszenie hałaśliwości ruchu wyraża się zmniejszeniem poziomu hałasu o 3 ÷ 5 dB, co jest równoważne dwukrotnemu zmniejszeniu natężenia ruchu samochodowego.

Zastosowanie w mieszaninie miazgi gumowej w połączeniu z włóknem poliestrowym w odpowiednio dobranych proporcjach umożliwia uzyskanie materiału o nowych właściwościach, jak sprężystość i odporność

na powstawanie kolein, dzięki czemu może być stosowany do wykonywania warstwy przeciwspekaniowej i/lub wygłuszającej. Miał gumowy nadaje mieszance mineralno-asfaltowej sprężystość, przez co zwiększa się jej odporność na tworzenie się kolein, natomiast dodane do mieszanki włókna polimerowe o ściśle dobranych właściwościach tworzą w mieszance mineralno-asfaltowej mikrozbrojenie poprzez zdolność do tworzenia połączeń o charakterze fizykochemicznym, co poprawia właściwości użytkowe tej mieszanki.

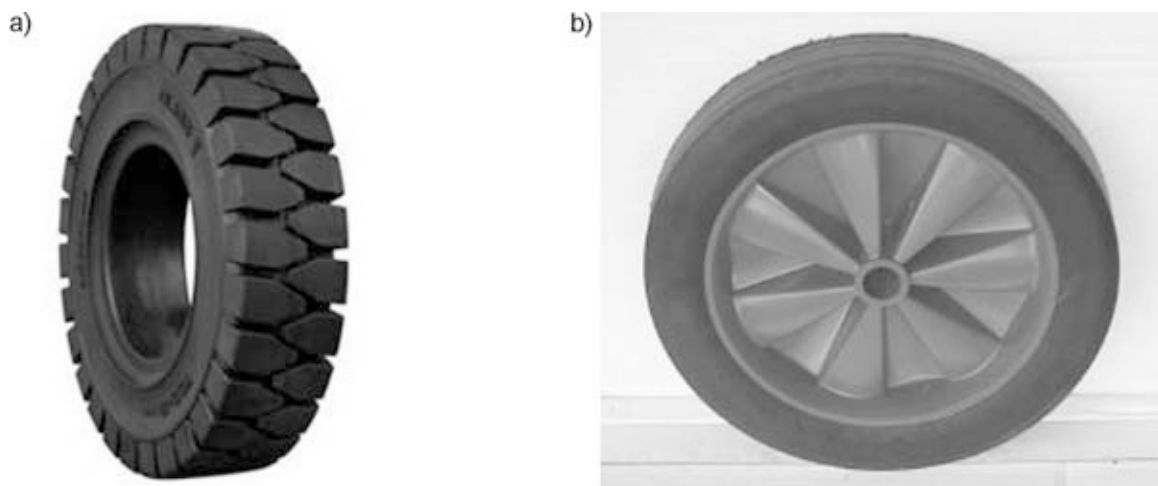
Mieszanka Gufi została zastosowana do wykonania warstwy przeciwspekaniowej nawierzchni na wielu odcinkach dróg, m.in. w okolicach miast Piły, Szczecinka i Myśliborza.

Stwierdzono, że wszystkie wykonane oraz naprawione nawierzchnie z udziałem mieszanki Gufi spełniają oczekiwane wymagania. Mieszanka ta pozwala na efektywniejsze pod względem technicznym i ekonomicznym wykonanie remontu zniszczonej nawierzchni drogowej oraz skuteczne zastosowanie w nowych nawierzchniach.

70÷85 °Sh A; wytrzymałość na rozciąganie – od 4 MPa do 5 MPa, natomiast wydłużenie przy zerwaniu – minimum 140 %.

Najdrobniejsza frakcja rozdrobnionej gumy (miał) także jest wykorzystywana jako dodatek do mieszanek gumowych, z których produkuje się nowe wyroby. Przykładem takich wyrobów są chociażby opony wykorzystywane w pojazdach przemysłowych, podeszwy, wykładziny podłogowe, wycieraczki, dywaniki samochodowe, płytki cierne, koła kierownicy, elastyczne przewody oraz okładziny drzwi.

Ostatnie badania nad mieszaninami termoplastów i rozdrobnionej gumy doprowadziły do opracowania nowych materiałów. Mogą one być wykorzystane do produkcji wielu wyrobów mających szerokie zastosowanie w przemyśle i jako towary konsumpcyjne, wliczając w to wyroby dla motoryzacji, budownictwa lądowego i wodnego, sprzęt gospodarstwa domowego. Łączą one właściwości gumy i termoplastów i mogą być produkowane metodą wytłaczania oraz wtryskiwania [4, 21]. Są to na



Rys. 11. Wygląd masywów oponowych wytwarzanych z granulatów gumowych i stosowanych w: a) wózkach widłowych (Qingdao Getop Ltd, Chiny) b) koszach na śmieci (Capwell Industries Limited, Irlandia)

Fig. 11. Solid tyres made from rubber granulates and used in a) forklifts, (Qingdao Getop Ltd, China) b) dustbins (Capwell Industries Limited, Ireland)

Z granulatu i miału gumowego otrzymywanego ze zużytych opon samochodów zmieszanego z innymi elastomerami i innymi polimerami wytwarza się wyroby o podwyższonej twardości mające większy udział spoiwa, tzw. masywy oponowe (rys. 11). Opony pełne i kółka wytwarzane z takich materiałów stosuje się w wielu wyrobach komercyjnych, jak: walizki, wózki bagażowe, sprzęt gospodarstwa domowego i biurowy, kosze na śmieci, wózki widłowe, kosiarki, wózki dziecięce i wiele innych ruchomych sprzętów i urządzeń. W przypadku użycia jako spoiwa prepolimeru uretanowego, w celu poprawy właściwości wytrzymałościowych produktu można zastosować dodatkowe sieciowanie siarką oraz przyspieszczaczami z grupy karbaminianów i tiuramów. Twardość otrzymanych masywów oponowych wynosi

przykład elastyczne kształtowniki lub obudowy pasów bezpieczeństwa, podstawki, podłokietniki, schowki, złącza z rurą wydechową i zawieszania. Tworzenie mieszanin termoplastów z odpadami gumowymi jest właściwym kierunkiem zagospodarowania gumy odpadowej i obniżenia kosztów produkcji [22]. Rozdrobnioną gumę z powodzeniem można łączyć z polietylenem zarówno małej, jak i dużej gęstości oraz z polipropylenem, poliamidem, poli(chlorkiem winylu), poli(tereftalanem butylenu).

Zespół naukowców z Instytutu Badawczego Dróg i Mostów prowadzi badania koncentratu asfaltowego zawierającego od 30 do 40 % granulatu gumowego. Podobny koncentrat wprowadzili na rynek specjaliści z firmy „Rubbertec” w Szwajcarii pod nazwą tecROAD. Jest on

dosypywany przez drogowców do mieszanki asfaltowo-kruszywowej. W ostatnich latach był szeroko stosowany do wykonywania nawierzchni na drogach Niemiec, Austrii i Szwajcarii. Dodatek ten zdecydowanie zmniejsza stopień deformacji nawierzchni, zwiększa przyczepność, zmniejsza hałas oraz zwiększa odporność na tworzenie się kolein.

Inną możliwością zagospodarowania rozdrobnionych odpadów gumowych pochodzących z opon samochodowych jest wykorzystanie ich jako składnika cementów i zapraw murarskich [23]. Stwierdzono, że cement zawierający ścinki gumowe ma korzystniejsze właściwości w porównaniu z cementem zawierającym granulaty. Do zapraw murarskich można dodawać miąższ gumowy. Kompozyty cementu z gumą mogą być stosowane jako wierzchnie warstwy dróg, do budowy ekranów dźwiękowych, chodników, separujących – środkowych pasów autostrad i innych niekonstrukcyjnych rozwiązań związanych z transportem.

Literatura

1. Pyskło L., Parasiewicz W.: *Elastomery 2004*, 2, 18.
2. Parasiewicz W., Pyskło L., Magryta J.: *Poradnik – Recykling zużytych opon samochodowych*. Instytut Przemysłu Gumowego „Stomil”. Piastów 2005.
3. Czupryński M.: *Elastomery 2004*, 6, 20.
4. *Praca zbiorowa pod redakcją Sikory R.: „Przetwórstwo tworzyw polimerowych. Podstawy logiczne, formalne i terminologiczne”*. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2006.
5. Maciejewski D., Magryta J., Mężyński J.: *Chemik 2006*, 1, 23.
6. Parasiewicz W., Tulik M., Mężyński J., Niciński K.: *Chemik 2006*, 11-12, 38.
7. Parasiewicz W., Stępkowski R., Ostaszewska U., Tulik M., Rogaczewska A., Makuła K.: *Elastomery 2006*, 5, 14.
8. *Materiały informacyjne: End of life Tyres. European Tyre and Rubber, Brussels 2007*.
9. Haberka I., M. Pielichowski J. Prociak A.: *Metody zagospodarowania odpadów z opon gumowych. Ekoplast 2004*, 25-26, 5.
10. Sułkowski W., Moczyński M., Ossowski J., Czech J.: *Możliwości zagospodarowania odpadów gumowych. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej. Łukęcin 1998*, 298.
11. *Wprowadzenie do recyklingu opon. Stowarzyszenie Przemysłu Gumowego „Ekoguma”, Piastów 2004*.
12. *Materiały informacyjne: Innowacyjne materiały ze zużytych opon. Produkty i zastosowania. Stowarzyszenie Przemysłu Gumowego „Ekoguma”, Piastów 2004*.
13. *Materiały Seminarium „Odzysk i recykling opon w Polsce. Ekonomia – legislacja – technologia”. Część II. Piastów 2005*.
14. Magryta J.: *Elastomery 2001*, 1, 7.
15. Makuch J.: *Maty wibroizolacyjne we wrocławskich torach tramwajowych. XIV Konferencja Naukowo-Techniczna „Drogi Kolejowe 2007”, Poznań – Rosnówko 2007*, 197.
16. Magryta J.: *Materiały Budowlane 2000*, 2, 80.
17. *Praca zbiorowa pod redakcją White J. R., De S. K.: „Poradnik technologia gumy”. Przekład z jęz. ang. Instytut Przemysłu Gumowego. Piastów 2003*.
18. Radziszewski P., Kalabińska M., Piłat J.: *Elastomery 2001*, 4, 8.
19. Zieliński J., Gurdzińska E., i inni: *Badania nad utylizacją wybranych odpadów tworzyw sztucznych. VI Kongres Technologii Chemicznej. Warszawa 2009*, 77.
20. Gawęł I., Stępkowski R.: *Drogownictwo 2003*, 6, 181.
21. *Praca zbiorowa pod redakcją Błędzkiego A. K.: „Recykling materiałów polimerowych”. WNT, Warszawa 1997*.
22. Raduszczyk H.-J., Rzymski W. M.: *Elastomery 2001*, 2, 19.
23. Ołdakowska E.: *Beton cementowy modyfikowany rozdrobnionymi odpadami gumowymi. Zeszyty Naukowe – Budownictwo. Politechnika Śląska 2006*, 109, 241.
24. *Materiały informacyjne firm: Semag Zabrze; Bohemia Elast, Hovorčovice; Hemet, Zielona Góra; Profi, Wrocław; IBDiM, Warszawa, IMPiB – Oddział Zamiejscowy Przetwórstwa Elastomerów i Technologii Gumy, Piastów; Stowarzyszenia Przemysłu Gumowego Ekoguma, Piastów; European Tyre Recykling Association, F.H.P.U. „Ewmet” Zaręba Ewa, Wolbrom, Pionier Jawor sp. z o. o., Jawor; Intern System s.c., Szczecin; Guma i Plastik Recykling sp. z o.o., Zarzecze; ABC Recykling, Wychów, Tilia sp. z o.o., Łódź; Lars Laj Polska sp. z o.o., Dobra Szczecińska; Conbelts Bytom S.A, Bytom; Recykl Organizacja Odzysku S.A., Przysieka Polska*.
25. Chorowski M., Poliński J.: *Technologie Kriogeniczne, Prace Instytutu Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów Politechniki Wrocławskiej*