

Jan GRONOWICZ, Teresa KUBIAK
Politechnika Poznańska, Poznań

RECYKLING ZUŻYTYCH OPON SAMOCHODOWYCH

Słowa kluczowe

Opona zużyta, recykling, odzysk energii.

Streszczenie

W pracy przedstawiono aktualny stan gospodarki zużytymi oponami samochodowymi. Omówiono stan prawny w krajach Unii Europejskiej, w tym w Polsce, oraz sposoby i możliwości zagospodarowania zużytych opon (recykling produktowy, recykling materiałowy, piroliza, spalanie z odzyskiem energii) oraz potencjalne zagrożenia środowiska naturalnego związane z recyklingiem opon.

Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój motoryzacji na świecie powoduje powstawanie coraz większych ilości zużytych opon. Ogólnoświatowe zapasy zużytych opon samochodowych szacuje się na 29 mln Mg, przy corocznym przyroście o co najmniej 7 mln Mg. Na kraje europejskie przypada 3 mld sztuk nagromadzonych zużytych opon (ok. 2 mln Mg). Corocznie w USA przybywa ponad 280 mln sztuk zużytych opon samochodowych. Ze wskazanej ilości jedynie 23% opon znajduje zastosowanie (eksport do innych krajów, spalanie w celach energetycznych, mechaniczne mielenie do wykorzystania w budownictwie drogowym i inne). Pozostałe 77% zużytych opon samochodowych w żaden sposób nie jest utylizowane z uwagi na brak opłacalnych metod utylizacji. Podobnie przedstawia się

sytuacja w naszym kraju. Zużyte opony porzucane są najczęściej w miejscach przypadkowych w środowisku lub lokowane na składowiskach komunalnych, stwarzając ich właścicielom szereg problemów technicznych i środowiskowych.

1. Aktualny stan gospodarki zużytymi oponami

Dokładne określenie zasobów zużytych opon jest bardzo trudne ze względu na brak jakichkolwiek ewidencji w tym zakresie. Można je natomiast oszacować na podstawie ilości kupowanych opon na wymianę lub na podstawie ilości zarejestrowanych pojazdów, uwzględniając trwałość opon. Oszacowanie wykonane dla realizacji pracy pt.: „Opracowanie ogólnokrajowego systemu utylizacji odpadów gumowych” wykazało, że w latach 2000 i 2005 powstawało odpowiednio 120 tys. Mg i 150 tys. Mg zużytych opon, z czego wykorzystano średnio 35% odpadów [10].

Elementy gumowe wraz z oponami stanowią około 6,7% masy samochodu. Spełniają one w nim bardzo ważne funkcje i stąd nie jest możliwe ich wyeliminowanie. Elementy gumowe zapewniają m.in.: przepływ cieczy i gazów (węże i przewody), uszczelnianie (uszczelnienia karoserii, uszczelki w układzie paliwowym, napędowym i chłodniczym), absorbowanie energii (amortyzatory i elementy zawieszenia), przenoszenie napędu (paski klinowe i rozrządu), redukcję hałasu i drgań. Z elementów gumowych największy udział w masie samochodu mają opony i uszczelnienia nadwozia (drzwi, okna) [3].

Tabela 1. Udział elementów gumowych w samochodzie [5]

Rodzaj materiału	Masa w [kg]	Udział w [%]
Opony (5 x 8 kg)	40,0	65,5
Uszczelnienia karoserii	12,0	19,8
Elementy zawieszenia	3,0	4,9
Przewody	2,8	4,5
Uszczelki itp.	3,2	3,5
Razem	61,0	100,0

Zużyte opony ze względu na swą ilość i trwałość (nie ulegają degradacji w środowisku naturalnym nawet przez 100 lat) stanowią odpad uciążliwy i zostały zakwalifikowane do kategorii odpadów, które powinny być wykorzystywane przemysłowo. Ocenia się, że na świecie rocznie przybywa ok. 1 mld zużytych opon, których nie można pozostawiać na składowiskach, gdyż zgromadzone w dużych ilościach stanowią zagrożenie pożarowe. W krajach UE rocznie przybywa ponad 2,5 mln ton zużytych opon, zaś w Polsce ok. 150 tys. ton.

Wysokie koszty pozyskiwania i recyklingu zużytych opon spowodowały konieczność wprowadzenia odpowiednich regulacji prawnych wymuszających ich zagospodarowanie [2].

2. Uwarunkowania legislacyjne związane ze zużytymi oponami

2.1. Uwarunkowania legislacyjne w Unii Europejskiej

W 2003 r. w UE powstało ok. 2,6 Mg zużytych opon, podczas gdy w Polsce ok. 136 tys. ton. Zużyte opony stanowią ok. 80% poeksploatacyjnych wyrobów gumowych. Są one nie tylko zdecydowanie największą grupą poeksploatacyjnych wyrobów gumowych, ale ze względu na swój skład i budowę ich recykling jest znacznie trudniejszy niż metali, szkła i termoplastów. Oprócz gumy zawierają one kord tekstylny i stalowy, który należy oddzielić podczas procesów recyklingu. Duży wpływ na zagospodarowywanie zużytych opon w UE miało uchwalenie przez Parlament Europejski trzech dyrektyw: Landfill 1999/31/EC, End-of-Life Vehicle 2000/53/EC i Waste Incineration 2000/73/EC.

Dyrektywa Landfill 1999/31/EC wprowadziła zakaz składowania całych zużytych opon od lipca 2003 r., a od lipca 2006 r. również opon rozdrobnionych. Zobowiązuje ona ponadto kraje członkowskie do stworzenia warunków umożliwiających realizację tego zamierzenia. Z kolei dyrektywa End-of-Life Vehicle 2000/53/EC nakazała zdejmowanie opon z pojazdów przed ich złomowaniem. Ostatnia z dyrektyw Waste Incineration 2000/73/EC zobowiązała cementownie stosujące opony jako paliwo uzupełniające do uzyskania niższych limitów zawartości zanieczyszczeń w gazach odlotowych (wymagana będzie redukcja zawartości NO_x w gazach odlotowych do 800 mg/m³). Przewiduje się, że w 2008r. w UE trzeba będzie zagospodarować ok. 3,5 mln ton zużytych opon. Wskaźniki zagospodarowania zużytych opon w „starej” UE w 2000 i 2003 r. przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Średnie wskaźniki zagospodarowania zużytych opon w UE [5]

Rok	Odzysk	Ponowne użycie/eksport	Bieżnikowanie	Recykling	Paliwo	Składowanie
2000	61,0%	10,0%	11,0%	19,0%	21,0%	39,0%
2003	73,4%	11,4%	12,6%	25,0%	24,4%	26,6%

2.2. Uwarunkowania legislacyjne w Polsce

Uchwalone przez Sejm RP ustawy dotyczące gospodarki zużytymi oponami są zgodne z prawodawstwem Unii Europejskiej. Ustawa o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. wprowadza zakaz składowania zużytych opon całych od 1 lipca 2003 r., a ich części od 1 lipca 2006 r. Równocześnie na mocy ustawy

z dnia 11 maja 2001 r. o obowiązkach producentów niektórych wyrobów oraz o opłacie produktowej i depozytowej został nałożony na producentów i importerów opon wprowadzanych na rynek obowiązek odzysku i recyklingu zużytych opon. Tak zwana „Ustawa czyszcząca” z dnia 7 lutego 2003 r. wprowadza również od 2004 r. obowiązek recyklingu zużytych opon. Zestawienie obowiązujących poziomów odzysku i recyklingu opon (Dz. U. 2003, Nr 104, poz. 982) przedstawia tabela 3 [6–9].

Tabela 3. Obowiązujące poziomy odzysku i recyklingu opon [9]

Lata	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Odzysk w [%]	25	35	50	60	70	75
Recykling w [%]	-	-	6	9	12	15

3. Gospodarowanie zużytymi oponami w Unii Europejskiej

3.1. Klasyfikacja opon na podstawie stopnia ich zużycia

W celu racjonalnej gospodarki oponami używanymi niezbędne jest zidentyfikowanie różnych ich kategorii. Z punktu widzenia potencjalnego ich przeznaczenia, można rozróżnić trzy kategorie opon używanych:

- *opony częściowo zużyte*, które można legalnie użyć zgodnie z ich pierwotnym przeznaczeniem (tzn. mają zachowaną określoną minimalną głębokość rzeźby bieżnika, która w większości krajów – w tym także w Polsce – wynosi 1,6 mm);
- *opony używane nadające się do bieżnikowania*. Opon tych nie można ponownie użyć bez naprawy, ze względu na mniejszą od wymaganej głębokość rzeźby bieżnika. Można je natomiast poddać bieżnikowaniu, czyli trwałemu przyłączeniu nowego bieżnika w procesie wulkanizacji (pod warunkiem, że mają nieuszkodzony karkas);
- *opony zużyte*, tzn. takie, które nie nadają się do używania zgodnie z pierwotnym przeznaczeniem ani do bieżnikowania. Może to być spowodowane wiekiem opony lub uszkodzeniem karkasu. Takie opony można poddać recyklingowi lub zastosować jako paliwo (w całości lub po rozdrobieniu).

3.2. Sposoby zbierania zużytych opon

Zbieranie opon używanych jest trudne ze względu na ich duże rozproszenie. Ponadto w Polsce brak jest regulacji prawnych obligujących użytkownika do dostarczania zużytych opon do punktów zbiorczych. Trudny do zaakceptowania jest również fakt, że to użytkownik powinien płacić zbierającemu, a nie odwrotnie. Koszt transportu opon używanych jest znaczny ze względu na ich dużą ob-

jętość w stosunku do masy. Zbieranie i segregacja mogą być dokonywane w następujących miejscach:

- państwowe, komunalne i prywatne jednostki skupujące i przyjmujące odpady gumowe,
- stacje demontażu pojazdów,
- stacje obsługi samochodów dokonujące wymiany opon,
- punkty sprzedaży nowych opon, przyjmujące stare opony na wymianę,
- duże przedsiębiorstwa transportowe,
- bieżnikownie.

pozytywnym przykładem w tym względzie może być działanie podjęte przez gminę Żywiec, gdzie prowadzi się punkty zbierania zużytych opon na stacjach benzynowych. W gminie Swarzędz funkcję tę przejął Zakład Oczyszczania Miasta. Pojawiają się też liczne firmy prywatne zajmujące się zbieraniem odpadów, w tym zużytych opon [2].

4. Metody zagospodarowania zużytych opon

4.1. Wprowadzenie

Istnieją trzy zasadnicze kierunki rozwiązania problemu zużytych opon: przedłużenie czasu ich użytkowania poprzez bieżnikowanie i zwiększenie trwałości, recykling materiałowy oraz stosowanie opon jako paliwa – czyli odzysk energetyczny. Pewna ilość opon może być wykorzystana w całości. Opony częściowo zużyte mogą być eksportowane.

Proces bieżnikowania jest powszechnie stosowanym, ekonomicznie uzasadnionym i bezpiecznym dla środowiska sposobem wykorzystania zużytych opon. Istotnym czynnikiem wpływającym na ceny opon bieżnikowanych jest koszt pozyskania odpowiednich nieuszkodzonych zużytych opon, tzw. karkasów, dlatego ważną rolę odgrywa tu właściwa organizacja produkcji i zbiórki.

Recykling opon polega na ich rozdrabnianiu i wykorzystywaniu produktów rozdrabniania do różnych zastosowań. Opony można rozdrabniać w temperaturze otoczenia, tzn. bez chłodzenia oraz metodą kriogeniczną. Jednak ze wzrostem stopnia rozdrobnienia znacznie rosną koszty.

4.2. Metody regeneracji opon częściowo zużytych

Uwaga wstępna

Handel oponami częściowo zużytymi jest popularny zarówno w krajach UE, jak i w krajach Europy Środkowej i Wschodniej. Czas życia opon używanych można przedłużyć przez:

- nacinanie (pogłębianie) rowków bieżnika,
- bieżnikowanie.

Regeneracja opon poprzez pogłębianie rowków bieżnika

Sposób ten można zastosować tylko w przypadku opon samochodów ciężarowych. Praktyka ta jest niedopuszczalna w przypadku opon samochodów osobowych ze względu na małą grubość bieżnika.

Bieżnikowanie opon częściowo zużytych

W krajach OECD bieżnikowanie opon jest dobrze rozwiniętym i dojrzałym sektorem w branży oponiarskiej. Bieżnikowanie umożliwia wykorzystanie opony i pozwala na ponowne użycie 80% oryginalnego materiału. O przydatności do bieżnikowania decyduje:

- jakość opony używanej – karkasu,
- przewidywane walory użytkowe opony po bieżnikowaniu i jej cena,
- koszt bieżnikowania.

Proces bieżnikowania polega na usunięciu resztek bieżnika przez szorstkowanie i nałożeniu nowego przez wulkanizację. Stosowane są dwie metody bieżnikowania:

- *metoda „na ciepło”* – na odpowiednio przygotowany karkas nakłada się mieszkankę gumową o określonej objętości i wymiarach, wkłada oponę do formy, a następnie wulkanizuje w temperaturze 150÷180°C pod ciśnieniem. W metodzie tej potrzebne są oddzielne formy nie tylko do każdego rozmiaru opony, ale również do opon o różnej rzeźbie bieżnika, co zwiększa koszty,
- *metoda „na zimno”* – na przygotowany karkas nakłada się cienką warstwę łączącej mieszanki gumowej, a następnie wytłoczony i wstępnie zwulkanizowany bieżnik z odpowiednią rzeźbą, który dociska się do karkasu i wulkanizuje w autoklawie w temperaturze ok.100°C, w ciągu 4÷5 godzin. W stosunku do metody „na ciepło”, metoda „na zimno” ma następujące zalety:

- niższe koszty,
- większa elastyczność pod względem rozmiarów bieżnikowanych opon i wzorów rzeźby bieżnika.

4.3. Możliwości zagospodarowania opon zużytych

Uwagi wstępne

Opony zużyte nienadające się do bieżnikowania są odpadem, który należy zagospodarować w sposób bezpieczny dla środowiska naturalnego. Wobec wprowadzonego już zakazu składowania i zakopywania całych zużytych opon,

a także ich części, stosuje się: recykling produktowy, recykling materiałowy, pirolizę, odzysk energii.

Recykling produktowy

Zużyte opony całe, pocięte lub sprasowane, mogą znaleźć wiele zastosowań, w których wykorzystuje się ich kształt, zdolność do tłumienia hałasu, wstrząsów i uderzeń, a także ich charakterystykę materiałową.

Oto przykłady wykorzystania zużytych opon:

- bariery ochronne autostrad, bariery dźwiękochłonne, odbojniki łodzi i statków chroniące kadłuby i nabrzeża, szczególnie podczas sztormów,
- zabezpieczenia nabrzeży i falochrony,
- izolacje fundamentów budowlanych i materiał do podłoża dróg,
- umocnienia stromych poboczy dróg,
- ochrona brzegów rzek przed erozją,
- sztuczne rafy, dające schronienie i miejsca lęgowe organizmom morskim,
- tymczasowe nawierzchnie dróg do przemieszczania ciężkich urządzeń,
- jako materiał, który może być pocięty na maty, płytki, zderzaki w dokach, podstawki klinowe, wkładki hamulcowe itp. [4].

Recykling materiałowy

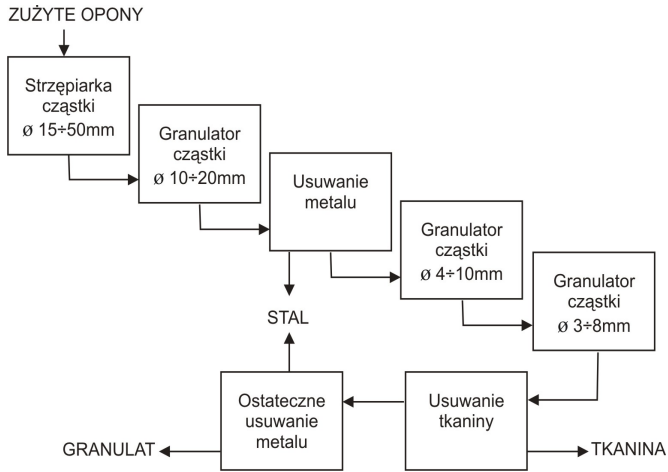
Podstawowym procesem umożliwiającym recykling materiałowy zużytych opon jest ich rozdrabnianie. W wyniku rozdrabniania otrzymuje się produkt zawierający gumę, włókna i stal. Kolejnym niezbędnym etapem jest oddzielenie włókien i kawałków drutu stalowego oraz segregacja rozdrobnionej gumy na frakcje i ewentualne dodatkowe rozdrabnianie.

Najbardziej znane i sprawdzone są metody rozdrabniania mechanicznego poprzez cięcie i rozcieranie. Istnieje tu wiele rozwiązań, np.:

- rozdrabnianie opon w temperaturze otoczenia,
- rozdrabnianie opon metodą kriogeniczną,
- rozdrabnianie opon metodą Berstorffa.

• **Rozdrabnianie opon w temperaturze otoczenia**

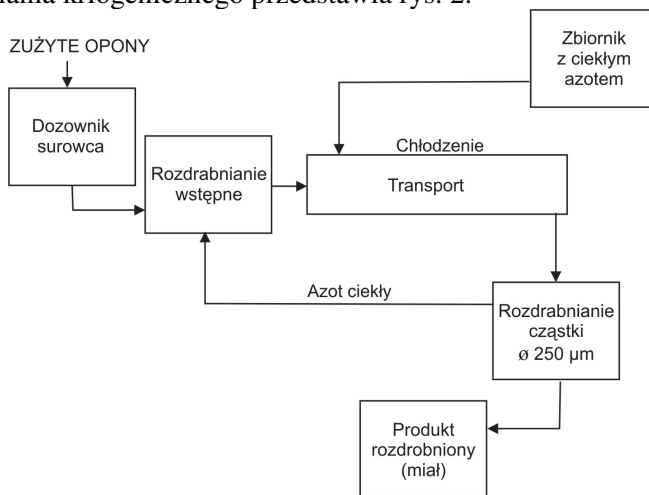
Wstępnie pocięte opony rozdrabniane są za pomocą specjalnych młynów, granulatorów lub walcerek. Miał lub granulata ma nieregularny kształt i rozwiniętą postrzępioną powierzchnię. Średnica cząstek wynosi ok. 420 μm . W celu usunięcia włókien kordu tekstylnego stosuje się separację pneumatyczną, a kawałki metalu usuwa za pomocą elektromagnesu. Schemat linii do rozdrabniania gumy w temperaturze otoczenia przedstawia rys. 1.



Rys.1. Schemat linii do rozdrabniania w temperaturze otoczenia [4]

• Rozdrabnianie opon metodą kriogeniczną

Po wstępnym pocięciu opon, uzyskaną frakcję chłodzi się w atmosferze ciekłego azotu poniżej temperatury kruchości (poniżej 80°C) i poddaje rozdrobieniu za pomocą młynów młotkowych. Cząstki otrzymanego miału mają regularny kształt, gładką powierzchnię i ostre krawędzie. Miał taki zawiera mniej zanieczyszczeń, ale więcej wilgoci (12÷15%). Średnia wielkość cząstek wynosi 250 μm. Koszty procesu w metodzie kriogenicznej są wyższe od rozdrabniania w temperaturze otoczenia. Wyższy jest zarówno koszt urządzeń, jak i ich eksploatacja. Uwzględnić należy także cenę azotu i jego dostępność. Schemat linii do rozdrabniania kriogenicznego przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Schemat linii do rozdrabniania kriogenicznego [3]

- **Rozdrabnianie opon metodą Berstorffa**

Metoda jest udoskonaleniem procesu rozdrabniania mechanicznego, polegająca na wprowadzeniu dodatkowego rozcierania wstępnie rozdrobnionej gumy na walcach o walcach ryflowanych i w wyłaczarce dwuślimakowej. Linia składa się z trzech niezależnych podzespołów i dzieli się na etapy:

- cięcie opony na kawałki w młynie nożowym i usunięcie drutu,
- rozcieranie za pomocą walców ryflowanych oraz oddzielenie kordu stalowego i tekstylnego,
- rozcieranie na wyłaczarce dwuślimakowej wraz z intensywnym chłodzeniem.

Otrzymywany miał charakteryzuje się małą wielkością cząstek (100÷600 μm) i dobrze rozwiniętą powierzchnią.

- **Wykorzystanie miałów i granulatów**

Sposób wykorzystania rozdrobnionych odpadów gumowych zależy od stopnia ich rozdrobnienia. W normie europejskiej EN-14243 na materiały pozyskiwane z recyklingu opon wprowadzono klasyfikację zaprezentowaną w tabeli 4.

Tabela 4. Klasyfikacja materiałów otrzymywanych ze zużytych opon wg EN-14243 [5]

Rodzaj rozdrobnionych odpadów gumowych	Wielkość cząstek w [mm]
Opony cięte (połówki i mniejsze kawałki)	>300
Strzępy (shred)	40÷300
Czipsy (chips)	10÷50
Granulat	1÷10
Miał	0÷1 i 0÷0,5
Ścier (produkt uboczny bieżnikowania opon)	0÷40

Strzępy i czipsy stosowane są jako wypełnienia lekkie w konstrukcjach tuneli, przejść podziemnych, nasypów, jako warstwy podkładowe dróg itp. Zaletą tych materiałów jest to, że spełniają one funkcję izolacji termicznej i akustycznej oraz są przepuszczalne dla wód deszczowych.

Granulat wykorzystywany jest do sztucznych darni boisk piłkarskich, nawierzchni placów zabaw, boisk sportowych, ścieżek do biegania, barier dźwiękochłonnych, podkładów amortyzujących uderzenia i drgania itp. Ponadto stosowany jest przy modyfikacji nawierzchni asfaltowych metodą „na sucho”. Zastosowanie granulatu do wykonywania sztucznej darni i nawierzchni placów zabaw wymaga przeprowadzenia testów toksyczności granulatu, polegających na oznaczaniu zawartości cynku w ekstrakcie kwaśnym i ekstrakcie wodnym, zgodnie z DIN-V 18035-7.

Miał gumowy przeznaczany jest do produkcji wyrobów takich jak: dywaniaki samochodowe, wycieraczki, maty dla bydła, podeszwy, wykładziny podłogowe, pokrycia dachowe, kompozycje z polipropylenem o właściwościach termoplastycznych, z których wykonuje się wykładziny oraz uszczelnienia. Duże zainteresowanie wzbudza możliwość wykorzystania miału gumowego do modyfikacji lepischer asfaltowego stosowanego w drogownictwie. Stosuje się go do modyfikacji nawierzchni asfaltowych metodą „na mokro” i otrzymuje się tzw. asfalt gumowany. Miał gumowy wprowadzony do asfaltu zwiększa jego giętkość, zmniejsza odbijanie światła, zapewnia dobrą adhezję i kohezję, powoduje zmniejszenie hałasu na drogach, zwiększenie odporności nawierzchni na ścieranie, zmniejszenie poślizgu oraz poprawia ich charakterystykę w warunkach opadów i niskiej temperatury. Najpoważniejszą przeszkodą są większe koszty budowy takich nawierzchni. Tańsza jest jednak ich konserwacja. W 2003 r. w UE głównym produktem recyklingu opon był granulata, który stanowił 63%, następnie strzępy i czipsy – 12% i miał 8%. Najwięcej, bo 55% granulatu zastosowano do produkcji nawierzchni boisk sportowych a 30% do produkcji wyrobów przemysłowych. Generalnie zdolności produkcyjne granulatu gumowego były większe o 40% od zapotrzebowania. W samej tylko Portugalii wybudowano 413 km dróg z użyciem gumowanego asfaltu, w Niemczech 26 km, a w Polsce odcinki kilkukilometrowe. W UE w 2003 r. wykorzystano do tego celu zaledwie 5% granulatu [5].

Piroliza

Proces pirolizy polega na ogrzewaniu całych lub rozdrobnionych opon w temperaturze 400÷700°C bez dostępu tlenu. W wyniku procesu powstają produkty gazowe, ciekłe i stałe, które można poddawać dalszej obróbce w celu uzyskania produktów bardziej wartościowych. Faza gazowa zawiera głównie węglowodory alifatyczne, wodór i siarkowodór, faza ciekła węglowodory aromatyczne, a stała – zwęgloną pozostałość, tlenek i siarczek cynku oraz stal. Gaz i oleje otrzymane jako produkty pirolizy można wykorzystać do opalania, a zwęgloną pozostałość, zwaną sadzą pirolityczną, po uszlachetnieniu jako pigment zastosować w powłokach malarskich, lakierach, termoplastach, farbie drukarskiej i czernidle. Powłoki i lakiery stosuje się w przemyśle motoryzacyjnym, morskim, kablowym oraz do pokrywania powierzchni kadzi używanych w różnych procesach produkcyjnych. Sadza może też być wykorzystywana jako napelniaz do mieszanek kauczukowych, poprawiając odporność na ścieranie i wytrzymałość gotowych wyrobów. Schemat instalacji do pirolizy można znaleźć w pracy [4].

Destrukcyjia odpadów gumowych w środowisku wodoropochodnych rozpuszczalników

W ostatnich latach pojawiły się nowe technologie recyklingu opon samochodowych. Opracowano m.in. metodę destrukcji w wyniku działania umiarkowanych temperatur (w granicach 240÷290°C), ciśnieniu 6,1 MPa i w środowisku wodoropochodnych rozpuszczalników. W wyniku termoskrapiania otrzymuje się gęstą, ruchomą masę w formie zawiesiny sadzy w ciekłych węglowodorach. W reaktorze w ww. warunkach następuje proces rozpuszczania gumy z uzyskaniem masy o składzie:

- ropa syntetyczna (50% masy),
- smoła wypełniająca węgiel techniczny (30% masy),
- kord stalowy (20% masy).

Na kolumnie rektyfikacyjnej ropa syntetyczna dzieli się na:

- frakcję benzynową (65%),
- mazut (35%).

Na świecie wykorzystuje się jako paliwo 20% zużytych opon. W Unii Europejskiej w roku 2003 wykorzystano jako paliwo ok. 24,4% opon (najwięcej w Austrii – 61%) [1].

Spalanie zużytych opon z odzyskiem energii

Odzysk energetyczny polega na współspalaniu odpadów gumowych w cementowniach lub innych dużych instalacjach energetycznych. W trakcie spalania uzyskuje się ciepło, które jest wykorzystywane w takich procesach technologicznych, jak np. wypalanie klinkieru w piecach cementowych. Porównanie wartości energetycznych różnych paliw (np. ropy naftowej, węgla, papieru, biomasy) z oponami podano m.in. w pracy [4].

Wartość opałowa gumy jest porównywalna do wartości opałowej węgla. W piecach cementowni opony mogą stanowić nawet kilkadziesiąt procent wymaganej masy paliwa. Współcześnie budowane instalacje wykorzystujące potencjał energetyczny opon i odpadów gumowych już w fazie projektowania zostały przystosowane do zastosowania takiego paliwa zastępczego w stosunku do węgla. Instalacje te spełniają lub przewyższają wymogi stawiane spalarniom odpadów, m.in. w zakresie temperatury spalania czy czasu przebywania w komorze spalania. Prowadzony jest stały monitoring poprawności przebiegu procesów i emisji do atmosfery związków chemicznych takich jak dwutlenek siarki, dwutlenek węgla, tlenki azotu i inne. Zastosowanie opon jako paliwa w produkcji cementu ma dodatkowy atut w postaci bezodpadowej metody zagospodarowania dużych ilości odpadów. Opona w piecu cementowym ulega całkowitemu spalaniu, nie pozostaje z niej popiół ani żużel. Zawarte w oponie metale, w efekcie procesów zachodzących w piecu, są trwale związane z uzyska-

nym klinkierem, polepszając jego właściwości. Wykorzystanie opon jako paliwa alternatywnego w stosunku do węgla w cementowniach jest metodą najmniej „wybredną” pod względem wymagań stawianych oponom. Możliwe jest wykorzystywanie zarówno opon całych, jak i rozdrobnionych (uszkodzonych przez rozerwanie). Istotnym aspektem pogodzenia rachunku ekonomicznego i myślenia ekologicznego jest możliwość wykorzystania do transportu opon tzw. kursów powrotnych samochodów dostarczających cement. Zapotrzebowanie polskiego przemysłu cementowego na paliwa alternatywne w stosunku do węgla jest bardzo duże i wciąż pozostaje niepokryte.

Zastosowanie tzw. paliw alternatywnych, w tym i zużytych opon powoduje wielorakie korzyści, a przede wszystkim [11]:

- oszczędności zasobów nieodnawialnych paliw kopalnych,
- oszczędności energii w wydobywaniu, rozdrabnianiu i transporcie węgla,
- zmniejszenie ilości odpadów deponowanych na składowiskach.

Opony rozdrobnione na kawałki wielkości 20 mm zastosowano również w procesie współspalania w Przedsiębiorstwie Energetyki Ciepłej S.A. w Wałbrzychu. W ramach badań KBN spalano mieszaninę miału węglowego z 17,5% udziałem rozdrobnionych opon. Uzyskano niższą zawartość CO w spalinach, a emisja tlenków siarki i azotu nie przekraczała dopuszczalnych wartości. Zmalała także wartość toksyn w żużlu i zmniejszyła się o ok. 50% emisja popiołu lotnego. Poprawiła się sprawność cieplna kotła [4].

Inne możliwości zastosowania opon jako paliwa to:

- w piecach do prażenia wapienia CaCO_3 ,
- do produkcji pary wodnej wykorzystywanej w przemyśle oponiarskim,
- w spalarniach odpadów komunalnych (do 10%), dla zwiększenia wartości kalorycznej odpadów.

5. Zagrożenia środowiska związane z recyklingiem opon

Zużyte opony są jednym z tych rodzajów odpadów, który w największym stopniu obciąża środowisko naturalne. W branży oponiarskiej mówi się, że opona została stworzona po to, aby trwać. Oznacza to, że te cechy opony, które określają jej walory użytkowe, czyli odporność na uszkodzenia mechaniczne oraz na działanie warunków panujących na drogach (woda, temperatura), są jednocześnie odpowiedzialne za trudności związane z jej zagospodarowaniem po zakończeniu użytkowania.

Potencjalne zagrożenia mogą wystąpić podczas składowania. Istnieje wówczas niebezpieczeństwo samozapłonu składowiska. Gaszenie tego typu pożarów jest bardzo trudne, a czasami wręcz niemożliwe. Zdarzają się sytuacje, taka jak w 1999 r. na składowisku opon firmy Stanislaus w Kalifornii, kiedy pożar opon trwał kilka miesięcy. Wszelkie próby gaszenia składowiska nie powiodły się. Skutkiem pożaru było ogromne zanieczyszczenie powietrza toksycznym dy-

mem, całkowita degradacja gleby, skażenie wód gruntowych, zniszczenie flory i fauny. Spalanie zużytych opon na otwartej przestrzeni nie jest więc obojętne dla środowiska i nie powinno być akceptowanym sposobem postępowania.

Ostatnio pojawił się także problem z zastosowaniem granulatu w nawierzchniach sportowych i placach zabaw. Przyczyną jest zawartość cynku w granulacie. Zgodnie z dyrektywą Rady Europy 2003/105/EC cynk został uznany za „niebezpieczny dla środowiska naturalnego”.

Podsumowanie

Najlepsze, wymagane przez użytkownika, cechy opon, czyli odporność na uszkodzenia mechaniczne, długi okres eksploatacji oraz zachowanie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa jazdy bez względu na warunki atmosferyczne panujące na drodze, są powodem znacznych trudności związanych z zagospodarowaniem opon po zakończeniu okresu ich użytkowania. Wytrzymałość opony wynikająca z zastosowania współczesnych technologii oraz wielowarstwowej i wieloskładnikowej konstrukcji czyni ten rodzaj odpadu szczególnie trudnym do zagospodarowania. Częsty widok opony beztrosko porzuconej w lesie czy przydrożnym rowie razi przez wiele lat, gdyż opona nie ulega rozkładowi biologicznemu. Zaawansowane technologie i złożona konstrukcja opony stoją na przeszkodzie w znalezieniu łatwej i taniej metody usunięcia jej jako odpadu bez nadmiernego obciążania środowiska naturalnego.

Bibliografia

1. Oprzędkiewicz J., Stolarski B.: Technologia i systemy recyklingu w Polsce. WNT, Warszawa 2003.
2. Osiński J., Żach P.: Wybrane zagadnienia recyklingu samochodów. WKiŁ, Warszawa 2006.
3. Parasiewicz W., Pyskło L.: Guma w samochodach – odzysk i recykling. Recykling 11/2005, ABRYS, Poznań 2005.
4. Parasiewicz W., Pyskło L., Magryta J., Recykling zużytych opon samochodowych. Instytut Przemysłu Gumowego „STOMIL”, Piastów 2005.
5. Pyskło L., Parasiewicz W.: Odzysk i recykling wyrobów gumowych, Forum recyklingu POLEKO 2004, Recykling 11/2004, ABRYS, Poznań 2004.
6. Ustawa o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz. U. 2001, Nr 62, poz. 628).
7. Ustawa z dnia 11 maja 2001 r. (Dz. U. Nr 63, poz. 639 z późniejszymi zmianami) o obowiązkach producentów niektórych wyrobów oraz o opłacie produktowej i depozytowej.

8. Ustawa czyszcząca z dnia 7 lutego 2003 r. (DZ. U. 2003, Nr 7, poz. 78) wprowadzająca również od 2004 r. obowiązek recyklingu zużytych opon.
9. Ustawa Obowiązujące poziomy odzysku i recyklingu opon (Dz. U. 2003, Nr 104, poz. 982).
10. Załącznik do uchwały nr 219 Rady Ministrów z dnia 29 października 2002 r. (poz. 159) Krajowy plan gospodarki odpadami.
11. www.oiler.com.pl.

Recenzent:
Jerzy OSIŃSKI

Recycling of used tyres

Key words

Used tyres, recycling, energy recovery.

Summary

The work presents the current state of management of used tyres. The legal status in the EU countries (including Poland) is discussed as well as the methods and possibilities for management of worn out tyres (product recycling, material recycling, pyrolysis, burning with energy recovery) and potential hazards to the natural environment connected with tyre recycling.