

dr inż. Barbara Kozłowska

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska

Politechniki Łódzkiej

### **Postępowanie z odpadami gumowymi głównie z zużytymi oponami**

Pod pojęciem gumy najczęściej rozumiane są produkty wulkanizacji kauczuku naturalnego, kauczuku syntetycznego lub ich mieszanin, odznaczające się zdolnością do dużych odwracalnych odkształceń, przy czym właściwości gumy zależą od rodzaju i ilości składników mieszanki gumowej, zwłaszcza od rodzaju kauczuku (Guma, 1981). Produkcja wyrobów z gumy, dzięki dużej elastyczności, wytrzymałości mechanicznej, małej rozpuszczalności, dobrym właściwościom dielektrycznym stała się ważną gałęzią przemysłu. Źródłem powstawania odpadów gumowych jest przemysł (głównie elektrotechniczny – produkcja kabli), transport samochodowy, kolejowy i powietrzny oraz zakłady usługowe.

Odpady gumowe podzielić możemy na:

- odpady gumy zwulkanizowanej (np. opony, dętki, węże),
- odpady w formie mieszanki niepełnowartościowej (odpady z produkcji opon, dętek itp.),
- odpady gumy w postaci mieszanki lateksowej (np. rękawiczki),
- odpady tekstylne (taśmy transporterów itp.).

Rozwój motoryzacji, komunikacji samochodowej oraz nieustannie rosnący przewóz towarów transportem kołowym na całym świecie, spowodował powstawanie dużych ilości odpadów gumowych, takich jak: opony, dętki, paski klinowe, uszczelki, różnego rodzaju przewody, dywaniki, itd. Największą grupę wśród odpadów gumowych stanowią zużyte opony samochodowe.

W latach osiemdziesiątych zasoby poużytkowe odpadów gumowych (w tym głównie opon samochodowych) kształtowały się na poziomie ok. 1 mln Mg. Corocznie przybywało ok. 140 tys. Mg odpadów gumowych (opony, taśmy

transportowe itd.). Obecnie ocenia się, że rocznie, na całym świecie, powstaje około miliarda zużytych opon, stając się prawdziwym, globalnym wyzwaniem ekologicznym. Jeszcze kilka lat temu świat nie radził sobie z problemem odpadów po oponach samochodowych. Masowo były one topione na dnie mórz i oceanów, zakopywane w piaskach Sahary oraz gromadzone na tysiącach legalnych i nielegalnych składowiskach odpadów. W Europie, gdzie obecnie rocznie powstaje ok. 300 mln zużytych opon, jeszcze do roku 2000 połowa zebranych odpadów z opon była składowana (także poza Europą), bądź wywożona do krajów „trzeciego świata”, do dalszego użytkowania (Sobiecki, 2009).

Z punktu ochrony środowiska największym problemem są opony, które stanowią 60-70% produkcji przemysłu gumowego. W latach 2002-2005 w Polsce sprzedawanych było co rocznie około 5 mln sztuk opon, czyli około 150 tys. Mg. Podobna ilość jest każdego roku wycofywana z użytku. W latach 2006-2007 masa wprowadzonych opon wzrosła do ok. 190 tys. Mg. Zdecydowaną większość opon wprowadzonych na rynek krajowy stanowią opony nowe (ok. 96%), zaś opony używane i bieżnikowane mają udział po ok. 2% (GUS, 2007). Zgodnie z prawem europejskim i polskim (ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach) zużyte opony są odpadami. Według rozporządzenia w sprawie katalogu odpadów opony klasyfikowane są w grupie 16, podgrupa 16 01- pojazdy wycofane z eksploatacji pod numerem 16 01 03 - zużyte opony. Opony zgodnie z dyrektywą składowiskową i art. 55, ust. 1 pkt. 5 ustawy o odpadach nie mogą być składowane na składowiskach, zarówno w postaci całych opon jak i w formie rozdrobnionej.

Mimo, że guma jest znana od 170 lat (po raz pierwszy otrzymał ją Amerykanin C.N. Goodyear w 1839 r.), dopiero intensywny rozwój przemysłu samochodowego spowodował, że wyroby gumowe, zwłaszcza opony stały się jednym z poważniejszych problemów środowiskowych (Witt, Urbaniak, 2009). Zużyte opony są jednym z tych rodzajów odpadów, który w największym stopniu obciąża środowisko naturalne. Ze względu na ich skład i budowę recykling opon jest znacznie trudniejszy niż innych odpadów. 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 (Jasiewicz, 2009). Czas mineralizacji gumy jest bardzo długi, gdyż może wynosić nawet 100 lat.

Istotna część problemów środowiskowych generują występujące w gumie dodatki, takie jak (Witt, Urbaniak, 2009):

- środki wulkanizujące, np. siarka, tlenki metali, nadtlenki organiczne,
- przyspieszacze wulkanizacji,
- aktywatory przyspieszaczy wulkanizacji np. tlenek cynku,
- napełniacze nadające gumie określone właściwości mechaniczne lub obniżające koszt mieszanki gumowej, np. sadza, krzemionka, kreda,
- zmiękczacze ułatwiające przetwórstwo oraz polepszające elastyczność gumy w niskich temperaturach, np. produkty przeróbki ropy naftowej lub węgla kamiennego, itp.,
- substancje przeciwstarzeniowe i przeciwmęczeniowe, np. pochodne amin, fenolu, woski ochronne.

Intensywny rozwój systemów zagospodarowania zużytych opon miał miejsce w krajach rozwiniętych, w tym w Polsce dopiero po roku 2000, w związku z regulacjami wprowadzanymi na poziomie międzynarodowym. Wprowadzony w Unii Europejskiej zakaz składowania zużytych opon oraz konsekwentne wprowadzanie do regulacji wspólnotowych zasady poszerzonej odpowiedzialności producenta także w odniesieniu do opon, stało się decydującym czynnikiem znaczącego postępu w dziedzinie ich zagospodarowania.

Zasada „poszerzonej odpowiedzialności producentów” (z ang. Extender Responsibility Producers – ERP) narodziła się w połowie lat 90-tych w ramach OECD, jako sposób na rozwiązanie problemu najbardziej uciążliwych dla środowiska odpadów, ze względu na ich szkodliwość, ale również z uwagi na ich ilość. Uznano, że problemu takich odpadów nie da się rozwiązać bez zaangażowania producentów produktów, z których powstają później te odpady. Zasadę tę bardzo szybko wprowadziła do swego prawodawstwa ekologicznego Unia Europejska, najpierw w zakresie opakowań, a później i innych produktów.

Na mocy pierwszej dyrektywy „opakowaniowej”, z 1994 r. na producentów opakowań i produktów w opakowaniach nałożone zostały dodatkowe obowiązki w zakresie zagospodarowania odpadów po opakowaniach oraz zapewnienie określonych poziomów ich odzysku i recyklingu.

Obecnie zasada „poszerzonej odpowiedzialności producentów” jest podstawą nowoczesnej gospodarki odpadami w Unii Europejskiej, stając się bardzo ważnym instrumentem w unijnej strategii „odpadowej” i we wszystkich tzw. Dyrektywach „nowego podejścia”, obejmujących wraki samochodowe (w tym opony), zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny czy odpady po bateriach i akumulatorach. W Polsce zasadą „poszerzonej odpowiedzialności producentów” objęto po raz pierwszy, od roku 2002 r. kilku producentów, poprzez ustawę z 11 maja 2001 roku o obowiązkach przedsiębiorców w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o opłacie produktowej i opłacie depozytowej, zwana potocznie ustawą „produktową”. Jednym z produktów, które ustawa objęła są nowe i używane opony samochodowe.

Wprowadzając opony na rynek krajowy, a więc producenci i importerzy opon, zostali zobowiązani do zorganizowania zbiórki zużytych opon i zapewnienia wyznaczonych poziomów odzysku i recyklingu tych odpadów. Ustanowiony na rok 2002 wymagany poziom odzysku wynosił 25%, nie wyznaczono odrębnego poziomu recyklingu. Już w 2009 r. na przedsiębiorców wprowadzających opony na rynek nałożono obowiązek osiągnięcia rocznego poziomu odzysku w wysokości 75% i recyklingu w wysokości 15%. Nałożony prawem obowiązek może być realizowany samodzielnie przez producentów i importerów opon, bądź za pośrednictwem organizacji odzysku. Nie osiągnięcie przez przedsiębiorców i organizacje odzysku ustalonych poziomów odzysku i recyklingu skutkuje koniecznością uiszczenia tzw. opłaty produktowej, obliczanej oddzielnie dla odzysku oraz recyklingu (Sobiecki, 2009).

Zgodnie z danymi Europejskiego Stowarzyszenia Producentów Opon i Gumy w 2007 r. wprowadzono na europejski rynek 3,4 mln ton opon, z czego zagospodarowano 3,1 mln Mg (ponad 91%). W 1992 r. wskaźnik zagospodarowania zużytych opon wynosił tylko 32%. Obecne wyniki świadczą, że efekty zagospodarowania opon w Europie są już lepsze niż w Japonii (89%) czy Kanadzie (80%).

Jak już wspomniano największą grupę wśród odpadów gumowych stanowią opony samochodowe. Z tego też powodu wykorzystanie tych odpadów ma największe znaczenie. Częściowo zużyte opony poddaje się procesowi bieżnikowania opon, polegającej na usunięciu zewnętrznej warstwy zużytej gumy oraz nałożeniu i wulkanizowaniu świeżej mieszanki.

Istnieje szereg metod wykorzystania wyeksploatowanych opon samochodowych nie nadających się do regeneracji przez bieżnikowanie. Należą do nich:

- a) rozdrabnianie opon
- b) wytwarzanie regeneratu,
- c) piroliza,
- d) spalanie w celu odzysku energii cieplnej,
- e) wytwarzanie proszku gumowego,
- f) produkcja destruktu gumowego,
- g) wykorzystanie zużytych opon w całości.

Ad. a)

Rozdrabnianie opon służy ponownemu wykorzystaniu gumy, w zależności od rozmiaru ziaren. Rozdrobniona guma zmieszana z innymi polimerami tworzącymi spoiwo może być zastosowana w produkcji różnego rodzaju wykładzin wewnętrznych i zewnętrznych, mat, szczeliwa, wykładzin zderzakowych, dywaników samochodowych i in., a także produktów galanteryjnych (np. dodaje się ją do produkcji obcasów, zelówek, sandałów). Dla umożliwienia powtórnego wykorzystania, wyeksploatowane opony muszą być w większości przypadków rozdrobnione. Rozdrobnienie to polega na doprowadzeniu do formy granulatu o ziarnach pożądanej wielkości. Metody rozdrabniania dzielą się na: mechaniczne i kriogeniczne (w niskich temperaturach).

Rozdrabnianie mechaniczne, prowadzone w temperaturze otoczenia, stosuje się w przypadku opon diagonalnych. Proces ten polega na usunięciu drutów przez ich wykrawanie, cięciu opon na części, rozdrabnianiu na łamaczu na mniejsze

kawałki o rozmiarach ok. 10x10 cm. następnie dalszym wielostopniowym rozdrabnianiu na walcarkach ryflowanych i gładkich na coraz mniejsze elementy aż do pożądanej wielkości ziaren. Ziarna te selekcjonuje się na odpowiednich sitach, kierując do ponownego rozdrobnienia.

Kriogeniczne metody rozdrabniania opierają się na zmianie własności mechanicznych gumy pod wpływem obniżenia temperatury poniżej temperatury zeszklenia gumy. Do tego celu stosuje się ciekły azot. Przed schłodzeniem opony zostają pocięte na kilka części. Kawałki opon o obniżonej temperaturze rozdrabnia się w kruszarce młotkowej i walcowej, w której jednocześnie następuje oddzielenie kordu i drutu stalowego.

Na bazie zgranulowanych odpadów gumowych można wyprodukować następujące elementy:

elementy elastyczne w postaci płyt połączonych poliuretanem, stanowiące nowoczesną alternatywę dla takich materiałów jak asfalt, beton, piasek, trawnik itp.,

elementy elastyczne złożone z granulatu z dodatkiem mieszanki gumowej, wymieszane i zwulkanizowane w prasach w postaci płyt podłogowych, dachówek, narożników itp. o różnym stopniu twardości.

Granulat gumowy może być zmieszany ze spienioną mieszanką lateksową. Odpowiednio uformowana mieszanka (arkusze lub płyty o grubości ok. 10 mm), wysuszona i zwulkanizowana daje materiał o dobrej izolacji akustycznej i przeciwdrganiowej, stosowany w budownictwie.

Obecnie najpopularniejsze kierunki stosowania granulatu gumowego to:

- budowa nawierzchni obiektów sportowych,
- wykorzystanie do wzbogacenia asfaltu,
- wykorzystane do wibroizolacji i tłumienie drgań
- produkcja izolacji akustycznych,
- produkcja elementów bezpieczeństwa drogowego.

Są trzy powody dodawania granulatu gumowego do asfaltu:

- zwiększenie bezpieczeństwa na drodze - kilkunastokrotnie mniejsza wypadkowość w dni „deszczowe” (mniej śliska nawierzchnia),
- zmniejszenie hałasu - hałas z tarcia opon o asfalt jest o 20% - 30% mniejszy,
- wydłużenie żywotności nawierzchni drogowej - granulaty gumowy w asfalcie wydłuża żywotność nawierzchni drogi 2-3 krotnie.

Ad. b)

Regenerat jest plastycznym produktem o własnościach zbliżonych do kauczuku, otrzymywanym z odpadów gumowych w procesach termochemicznych. Polega na poddaniu odpadów gumowych procesowi otrzymywania plastycznego produktu, który można mieszać ze składnikami mieszanek gumowych i ponownie wulkanizować. Proces, zależnie od metody, można prowadzić w temperaturze 190 ... 290oC. Wytwarza się go z gum opartych na kauczuku naturalnym, jak również kauczuku syntetycznym. Wartość użytkowa węglowodorów w regeneracie równoważy 50% wartości kauczuku pierwotnego. Własności regeneratu zależą od rodzaju odpadów i metody produkcji. Wadą tych procesów są wysokie koszty energii. Regenerat ten zawiera także sadze, tlenki cynku, zmiękczacze itp. W procesach wytwarzania gumy kauczuk stanowi znaczną część kosztów, dlatego też wykorzystanie odpadów gumowych przynosi poważne korzyści. Regenerat wykorzystywany jest jako komponent w produkcji wyrobów takich jak: opony samochodowe, środki antykorozyjne, asfalty itp. Można go uzyskać z opon samochodowych trzema metodami:

- olejowo-parową z rozdrabnianiem mechanicznym,
- olejowo-parową z rozdrabnianiem kriogenicznym,
- termiczno-mechaniczną.

Ad. c)

Piroliza jest to proces rozkładu wielkocząsteczkowych związków organicznych na produkty lżejsze drogą termiczną bez dostępu tlenu. W wyniku pirolizy otrzymuje

się produkty gazowe, ciekłe i stałe. W metodzie tej pocięte opony wprowadza się do pieca, gdzie ulegają pirolizie w temperaturze ok. 1000°C w warunkach zbliżonych do pirolizy węgla kamiennego. Produkty gazowe kierowane są do zbiornika gazu, zaś produkty ciekłe do zbiorników smołowych. Oprócz gazów poreakcyjnych uzyskuje się koks pogumowy, który może być stosowany do produkcji węgla aktywnego lub wykorzystany jako paliwo w metalurgii cynku. Produkty ciekłe mogą być po rozdestylowaniu użyte do produkcji rozpuszczalników lub w stanie surowym jako olej opałowy.

Ad. d)

Spalanie opon: wykorzystanie opon jako paliwa alternatywnego głównie w przemyśle cementowym. Opony podczas spalania dają więcej energii cieplnej niż węgiel. Jedna tona opon równa jest jednej tonie dobrego jakościowo węgla (pod względem kaloryczności). Wykorzystanie następuje głównie w cementowniach oraz częściowo elektrociepłowniach. Zauważa się wstępne zainteresowanie w innych sektorach gospodarki.

Ad. e)

Bardzo drobno sproszkowana guma może być wykorzystywana przy wytwarzaniu wszelkich nowych produktów z gumy czarnej, szczególnie przeznaczonych do transportu materiałów dźwiękochłonnych. Istnieje też kilka szczególnych zastosowań dla mieszanin irygacyjnych i brezentów samochodowych. Zmielona guma odpadowa była wykorzystywana na znaczną skalę w Japonii do produkcji wykładzin kolejowych, zabezpieczających przed wibracją i hałasem. W latach 1975-1981 zbudowano 131 km trasę kolejową zużywając na wykładzinę 70 000 Mg mielonej gumy.

Ad. f)

W wyniku termicznej destrukcji gumy połączonej z rozpuszczaniem w rozpuszczalnikach organicznych uzyskuje się destruktu gumowy, który stanowi ciągliwą, czarną, lepka masę o konsystencji od gęstopłynnej do półstałej w temperaturze pokojowej, całkowicie rozpuszczalną w produktach naftowych.

Kierunki zastosowania destruktu gumowego to produkcja:



- asfaltów przemysłowych i izolacyjnych,
- mas asfaltowo-gumowych powłokowych,
- mas asfaltowo-gumowych impregnacyjnych,
- mas zlewnych, polew kablowych i mas podlewowych,
- lepików asfaltowych,
- asfaltów do produkcji mas graficznych,
- różnych lakierów asfaltowych.

Ad. g)

Wyeksploatowane opony mogą być wykorzystane jako bufery, odbojniki, itd.

### **Podsumowanie**

Nałożony przepisami prawa obowiązek odzysku i recyklingu opon samochodowych spowodował po 2002 roku dynamiczny rozwój systemu zagospodarowania opon.

Najczęściej stosowana formą odzysku, zarówno w Polsce jak i w innych krajach jest współspalanie zużytych opon w cementowniach. Wynika to z uwarunkowań technologicznych i ekologicznych oraz wysokich cen paliw kopalnych. W Polsce rozwija się także recykling zużytych opon, chociaż odbywa się to nieco wolniej niż w innych krajach.

### **Literatura:**

- Guma, 1981. Poradnik Inżyniera i Technika. Praca zbiorowa pod red. J. Rodzyńkiewicz-Rudzińskiej. Wydawnictwo-Naukowo Techniczne, Warszawa,
- GUS, 2007. Główny Urząd Statystyczny, seria Ochrona Środowiska, Warszawa,
- Jasiewicz M., 2009. Sposoby granulowania i recyklingu zużytych opon, Kompleksowe zarządzanie gospodarką odpadami, pr. zbiorowa pod red. T. Marcinkowskiego, wyd. PZITS Oddz. Wielkopolski, Poznań,

Sobiecki M., 2009. Rozwój systemu gospodarki odpadami po oponach samochodowych w Polsce, Kompleksowe zarządzanie gospodarką odpadami, pr. zbiorowa pod red. T. Marcinkowskiego, wyd. PZITS Oddz. Wielkopolski, Poznań,

Witt K., Urbaniak W, 2009. Wyroby i odpady gumowe jako źródło zanieczyszczenia środowiska cynkiem, Kompleksowe zarządzanie gospodarką odpadami, pr. zbiorowa pod red. T. Marcinkowskiego, wyd. PZITS Oddz. Wielkopolski, Poznań,

Łódź, czerwiec 200