

Anna Skarbak-Żabkin
Ewa Kamińska
Instytut Transportu Samochodowego

KIERUNKI ZAGOSPODAROWANIA ZUŻYTYCH OPON SAMOCHODOWYCH

W Europie przeważają dwie drogi postępowania z oponami, po pierwsze recykling materiałowy, którego celem jest ponowne wykorzystanie materiału po jego rozdrobieniu oraz spalanie z odzyskiem energii. W ostatnich latach duży nacisk położony został na ochronę środowiska, w związku z czym powstał szereg rozwiązań na zagospodarowanie całych opon. W niniejszej publikacji przedstawione zostały możliwe kierunki zagospodarowania zużytych opon samochodowych wraz z analizą składu tego typu odpadów.

DEVELOPMENT DIRECTIONS OF DISUSED CAR TIRES

In Europe dominate two ways of dealing with tires, the first material recycling, which aims to re-use after crushing and incineration with energy recovery. In recent years, much emphasis has been placed on environmental protection, and therefore created a number of solutions for development of whole tires. Throughout this publication are presented possible directions of management of used tires along with an analysis of the composition of this type of waste.

1. Wstęp

Rozwój gospodarczy oraz postęp cywilizacyjny przyczyniają się do rozwoju motoryzacji i wykorzystywania pojazdów samochodowych. W związku z tym, wzrasta ilość odpadów pochodzących z ich eksploatacji oraz z demontażu po zakończeniu użytkowania. Do takich odpadów zalicza się między innymi opony samochodowe, których produkcja w Polsce zwiększa się każdego roku. Poza własną produkcją, należy uwzględnić eksport i import, zarówno opon nowych, używanych oraz bieżnikowanych. Na Polski rynek wprowadza się ponad 190 tys. ton opon [10]. W trakcie eksploatacji ubywa 20-25% masy opon, co oznacza, że do zagospodarowania pozostaje 142 - 153 tys. ton.

Opony zalicza się do odpadów, które nie ulegają naturalnemu rozkładowi, są odporne na wodę oraz niską i wysoką temperaturę. W przypadku opon i innych odpadów gumowych ich zagospodarowanie staje się coraz większym problemem. Jest to spowodowane faktem, że tego typu materiały stanowią poważne zagrożenie ekologiczne.

2. Prawo obowiązujące w zakresie gospodarowania zużytymi oponami samochodowymi

W rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów, znajduje się klasyfikacja odpadów, zgodnie z którą zużyte opony są zaliczone do grupy odpadów o kodzie 16 (odpady nie ujęte w innych grupach), podgrupy 16 01 (zużyte lub nienadające się do użytkowania pojazdy, odpady z demontażu, przeglądu i konserwacji pojazdów). Pełen kod zużytych opon zapisywany jest jako 16 01 03 [7]. Mocą ustawy z dnia 11 maja 2001 r. [8] o obowiązkach przedsiębiorców w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o opłacie produktowej i opłacie depozytowej, na producentów i importerów opon został nałożony obowiązek gospodarowania zużytymi oponami. W ustawie zostały określone stawki opłat produktowych oraz docelowy poziom odzysku dla różnych rodzajów opon. Przedsiębiorca może realizować odzysk samodzielnie lub za pośrednictwem organizacji odzysku [8].

Ustawa o odpadach [9] wprowadziła zakaz składowania zużytych opon.

Zgodnie z obowiązującym prawem, opony nie mogą być składowane na składowiskach odpadów ani spalane na wolnym powietrzu [9]. Nielegalne składowanie przyczynia się do trwałego zaśmiecania środowiska ze względu na fakt, że czas biodegradacji opon wynosi od 50 do 100 lat. Pomimo tego, że rozpad gumy nie powoduje emisji szkodliwych gazów do atmosfery, to biorąc pod uwagę podatność opon do samozapłonu stanowią one znaczące zagrożenie dla człowieka i środowiska. Pożary opon doprowadzają do poważnej degradacji środowiska naturalnego na obszarze, na którym występują. Ponadto, zalegające opony są doskonałym siedliskiem dla owadów i insektów.

W krajach Unii Europejskiej funkcjonuje następująca hierarchia zagospodarowania zużytych opon samochodowych:

- recykling produktowy,
- bieżnikowanie,
- recykling materiałowy,
- odzysk energii.

3. Charakterystyka wyrobów gumowych

Właściwości mechaniczne wyrobów gumowych zależą głównie od ilości i rodzaju polimeru, napelnacza wzmacniającego, zmiękczacza oraz stopnia wulkanizacji. Do właściwości mechanicznych zalicza się: twardość, wytrzymałość na rozciąganie przy zerwaniu, wydłużenie względne, odporność na rozdzieranie, odkształcenie trwałe po ściskaniu (*compression set*) oraz odporność na zmienne naprężenia.

Wybór odpowiedniego materiału wymaga wiedzy, w jakich warunkach wyrób będzie eksploatowany. Należy określić warunki starzenia wybranych kauczuków i ocenić możliwość spełnienia przez nie wymaganych funkcji. Warunki środowiskowe determinujące wybór odpowiedniego kauczuku to: warunki termiczne, wymagana odporność chemiczna i wymagania mechaniczne. Jednym z najważniejszych parametrów jest temperatura, która w zależności od zastosowania zmienia się w zakresie od 80 °C do 200 °C. Najwyższa temperatura dla karoserii samochodu zaparkowanego latem wynosi 80 °C, natomiast dla części silnika wyróżnia się trzy strefy:

- Strefa 80°C z przodu silnika,
- Strefa 120 – 140°C w pobliżu bloku napędowego,
- Strefa najwyższej temperatury 150 – 200°C w przewodach silników wysokoprężnych.

Zdolność kauczuków do efektywnego spełniania funkcji w danych warunkach termicznych jest oceniana na podstawie porównania ich właściwości mechanicznych przed i po starzeniu. Najczęściej czas starzenia zmienia się w zakresie od 168 do 1000 godzin. Natomiast zmiana właściwości może nastąpić już po kilku godzinach. Równie istotne jak temperatura jest środowisko chemiczne. Podczas badań sprawdzane jest oddziaływanie płynów na dany rodzaj kauczuku. Główne ciecze występujące w pojazdach samochodowych to paliwo, płyn w układzie chłodzenia (woda i glikol), olej silnikowy i przekładniowy, płyn do spryskiwaczy oraz pary oleju. Badanie polega na poddaniu procesom starzenia wulkanizatu danego kauczuku w określonym środowisku chemicznym i porównanie go z próbką nie poddawaną badaniu. Stopień spęcznienia określa odporność kauczuku na działanie chemiczne środowiska. Przy właściwościach mechanicznych istotne są: odporność na wibracje, właściwości uszczelniające, akustyka i tłumieni drgań. [13]

Tabela 1

Zastosowanie kauczuków, warunki pracy i wymagania

Table 1

The use of rubbers, working conditions and requirements;

UKŁAD PALIWOWY	
Medium	różne paliwa. Zmienne parametry to np. % udział aromatów (wpływający na pęcznienie) i zawartość alkoholu.
Temperatura	Temperatura cieczy między 40 i 80 a otoczenia ok.125
Ciśnienie	zasilanie 0,35 Mpa, powrót 0,05 Mpa
Specyfikacja	pożądana nieprzenikalność, ocena palności
Kauczuki	NBR/PCW, FPM
UKŁAD OLEJOWY	
Medium	olej silnikowy/ pary oleju
Temperatura	olej ok. 130 , temperatura otoczenia 140 - 160
Ciśnienie	zasilanie 1 Mpa
Specyfikacja	wibracje, ruchy silnika
Kauczuki	materiały kompozytowe z wzmocnieniem oparte na EAM, FPM,CSM, CM

Transport Samochodowy 1-2015

PRZEWODY POWIETRZNE	
Medium	powietrze obciążone olejem i paliwem
Temperatura	między 80 i powyżej 150 w zależności od konfiguracji silnika
Ciśnienie	określone przy zasileniu
Specyfikacja	ruch silnika, wibracje, hałas
Kauczuki	CR, EAM, MVQ, w zależności od wymaganej temperatury
UKŁAD CHŁODNICZY	
Medium	płyn chłodniczy(mieszanka glikolu z wodą)
Temperatura	ciecz między 40 a 80, otoczenie do 120
Ciśnienie	0,22 Mpa wg. specyfikacji
Specyfikacja	ruch silnika
Kauczuki	EPDM
PASEK ROZRZĄDU	
Temperatura	około 100 - 120
Otoczenie	obecność oleju
Specyfikacja	musi wytrzymywac wysokie naprężenie przy montażu, trwałość podczas długiej eksploatacji
PAKIETY USZCZELNIAJĄCE (NP. POKRYWA GŁOWICY CYLINDRA)	
Medium	olej o temperaturze 140
Nacisk	80 - 100 N
Kauczuki	ACM, AEM, FPM, MVQ
PRZENOSZENIE NAPĘDU	
Medium	smar, który może być podgrzany do 150
Specyfikacja	dociskanie, ocieranie przeszkody spowodowane nierównoległością
Kauczuki	CR
WSPORNIKI W UKŁADZIE KIEROWANIA	
Temperatura	między 80 a 100
Specyfikacja	ruch, wibracje, hałas
Kauczuki	NR
ŁĄCZNIKI SPRĘŻYSTE	
Medium	różne płyny w zależności od miejsca, jakie zajmują w silniku
Temperatura	między 80 a 100
Kauczuki	NR, EPDM, CR
IZOLACJE ELEKTRYCZNE	
Temperatura	do 120 i wyżej
Specyfikacja	wysokie napięcie, gietkość, uszczelnianie (gniazdo świec zapłonowych), niepalność
Kauczuki	EPDM, CSM, MVQ
PASKI MOCUJĄCE	
Temperatura	około 80 w zależności od miejsca
Specyfikacja	praca w stanie rozciągniętym
Kauczuki	EPDM

źródło: White J.R. , De S.K. „Poradnik technologa gumy”, Piastów 2003

4. Właściwości fizyczno – chemiczne zużytych opon

Norma (BN-66/6600-01) „Odpady gumowe” [3] wyszczególnia 9 klas odpadów gumowych, w tym cztery klasy odpadów gumowych dotyczących ogumienia:

- pneumatyczne opony,
- inne opony,
- odpady i inne elementy składowe opon,
- dętki tradycyjne.

Podstawowymi składnikami opon są naturalne i syntetyczne polimery, sadza techniczna i plastyfikatory. Zagospodarowanie opon samochodowych jest również ważne ze względu na odzysk surowców energetycznych. Opony są cennym materiałem ze względu na właściwości fizyczne i chemiczne. Zgodnie z ustawą o odpadach [9] skład materiałowy opon to:

- kauczuk (45-47%),
- sadza (20-22%),
- stal (20-25%),
- kord tekstylny (5%),
- tlenek cynku (1-2%),
- siarka (ok. 1%),
- dodatki chemiczne (5-8%).

Opony samochodowe mają dużą odporność na odkształcenia dynamiczne i na tarcie. Wynika to z zastosowania kauczuku naturalnego, kauczuku izoprenowego i butadienowego oraz ich mieszanin. Zazwyczaj w jednej oponie jest od kilku do kilkunastu rodzajów mieszanek gumowych. O wytrzymałości opony decyduje osnowa, która wykonana jest z gumowej tkaniny kordowej o nitkach skrzyżowanych pod odpowiednim kątem. Dawniej kord tekstylny wykonywany był z bawełny. Obecnie stosuje się włókna wiskozowe, poliestrowe lub poliamidowe oraz włókna szklane lub stalowe [11]

Skład gumy opon samochodowych

Tabela 2

Rubber composition of the car tires

Table 2

Substancja	Opony samochodów osobowych	Opony samochodów ciężarowych
węgiel	76-77 %	70-72 %
wodór	6-7 %	5-6 %
siarka	1-1,5 %	1-1,5 %
żelazo	10-12 %	20-22 %
wypełniacze	3-4 %	3-4 %
ciężar opony	5-10 kg	< 70 kg

źródło: Pilawski M., Dużyński M. „Energetyczny recykling zużytych opon samochodowych”, Recykling i Techniki Odzysku” Nr 2/2012

5. Materiał otrzymywany ze zużytych opon

Jeżeli opony są odpowiednio przetwarzane, transportowane i magazynowane, wówczas można powiedzieć, że są materiałem bezpiecznym i niestwarzającym zagrożeń dla środowiska.

Aby uzyskać odpowiedni materiał do ponownego użycia, opony należy poddać rozdrobnieniu. Rozdrabnianie jest podstawowym procesem umożliwiającym finalne zagospodarowanie opon. W wyniku rozdrabniania otrzymuje się produkt, który w swoim składzie ma gumę, włókna oraz metal. Następnie muszą zostać oddzielone metal i włókna, a rozdrobniona guma powinna zostać podzielona na następujące frakcje:

- miął gumowy < 1,0 mm,
- granulak 1,0 – 15 mm,
- grys (czipsy) 5 – 100 mm,
- ścinki (strzępy) 100 – 300 mm,
- opony cięte > 300 mm.

Miał gumowy może być wykorzystany do produkcji części samochodowych, takich jak dywaniki samochodowe, wycieraczki oraz innych (maty, wykładziny podłogowe, osłona kabli elektrycznych, podeszwy butów, sprzęt sportowy).

Granulat często wykorzystywany jest jako syntetyczny torf, materiał do pokrycia dachu, izolacje dźwiękochłonne, a przy dodaniu odpowiednich dodatków i lepiszcza można wykonywać z niego nawierzchnie placów zabaw i boisk sportowych.

Grys otrzymywany jest w wyniku rozdrabniania lub rozdzierania. Stosowany jest jako lekkie wypełnienie w budownictwie, które ma spełniać funkcje izolacji termicznej i akustycznej. Dzięki temu, że jest przepuszczalny dla wód opadowych dobrze się sprawdza jako warstwa drenażowa przy drogach.

Ścinki (strzępy) mają zastosowanie jako wypełnienie warstw podłoża dróg, nasypów oraz przy budowie składowiska odpadów jako warstwa izolująca.

Dodatkowo granulak gumowy może być stosowany do modyfikacji asfaltów. Modyfikacja asfaltów polimerami poprawia jej wytrzymałość na odkształcenia. Niestety jednocześnie podwyższa koszty budowy takiej drogi.

Istnieją dwie metody modyfikowania asfaltów:

- mokra metoda modyfikacji asfaltów,
- sucha metoda modyfikacji asfaltów.

W metodzie mokrej rozdrobniona guma (ok. 15 - 20%) mieszana jest z lepiszczem asfaltowym w podwyższonej temperaturze (170 – 220°C). Proces trwa od 50 do 120 minut. Na końcowy efekt modyfikacji wpływają różnego rodzaju czynniki, między innymi skład chemiczny asfaltu, wymiary i struktura gumy, temperatura, czas, metoda łączenia składników oraz rodzaj stosowanego rozcieńczalnika. Jest to najbardziej popularna metoda modyfikacji.

Metoda sucha polega na zamienieniu części kruszywa przez gumę. Do materiału mineralnego rozdrabniana guma dodawana jest przed zmieszaniem z lepiszczem. Wadą metody suchej jest konieczność użycia większej ilości lepiszcza w mieszance.

Zaletami stosowania zużytych opon samochodowych do modyfikacji asfaltów jest możliwość uzyskania lepiszcza o większej elastyczności i sztywności a zarazem mniej łamliwego. Dodatkowo lepiszcza asfaltowo – gumowe są bardziej odporne na spękanie w niskiej temperaturze oraz na odkształcenia w wyższej (koleiny) oraz możliwa jest ich dłuższa eksploatacja bez konieczności przeprowadzania napraw. Bardzo istotną sprawą

z punktu widzenia ochrony środowiska jest redukcja hałasu, którą zapewnia użycie takich lepiszczy do nawierzchni [2].

6. Podstawowe metody odzysku zużytych opon

Planując system gospodarowania zużytymi oponami w Polsce konieczne jest uwzględnienie obowiązku stopniowego zwiększania ich recyklingu, który został nałożony w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie rocznych poziomów odzysku i recyklingu odpadów opakowaniowych i poużytkowych (Dz. U. Nr 109, poz. 752) [6].

Możliwości zagospodarowania zużytych opon są następujące:

- bieżnikowanie,
- wykorzystanie całych zużytych opon,
- wytwarzanie granulatu poprzez rozdrobnienie,
- wytwarzanie regranulatu,
- termiczne przekształcenie, w tym:
 - odzysk energii,
 - piroliza i zagospodarowanie produktów pirolizy.

Bieżnikowanie opon polega na odtworzeniu bieżnika opony, dzięki czemu może być ona ponownie użyta. Bieżnikowaniu mogą być poddane opony, których wysokość bieżnika spadła poniżej 16 mm, natomiast nie może być naruszony korpus opony, składający się ze specjalnie ułożonego splotu linek stalowych. Dzięki bieżnikowaniu opon możliwe jest zaoszczędzenie 70% surowców i 30% energii.

Wyróżnia się bieżnikowanie wysokotemperaturowe i niskotemperaturowe. Pomimo faktu, że metody te nie rozwiązują problemu zagospodarowania opon, to pozwalają na przedłużenie czasu ich eksploatacji.

Wykorzystanie całych zużytych opon w celach innych niż dotychczas opisane w artykule, nazywane jest recyklingiem produktowym. Ten rodzaj recyklingu nie wymaga obróbki materiału i umożliwia bezpośrednie wykorzystanie zużytych opon, między innymi do [1]:

- ochrony wybrzeży i brzegów rzek,
- budowy falochronów i barier erozyjnych,
- tworzenia sztucznych raf,
- barier dźwiękochłonnych,
- odbojników na nabrzeżach portów,
- izolacji fundamentów budowlanych,
- podłoży dróg,
- w systemach irygacyjnych jako zbiorniki i kanały wodne,
- budowy membran i warstw drenujących,
- wzmocnienia poboczy dróg górskich.

Opony stanowią doskonałe paliwo dla instalacji, w których panują odpowiednie warunki umożliwiające właściwe dopalenie produktów lotnych. Typowe parametry jakościowe opon wykorzystywanych jako paliwa to:

- wysoka i stosunkowo stała wartość opałowa: 25 – 36 MJ/kg,
- zawartość siarki: 1 – 3%,
- wilgotność: 3 – 5%,

- zawartość chloru: do 0,2% (istotny ze względu na możliwość powstawania toksycznych dioksyn i furanów),
- zawartość popiołu: 5 – 20% [3].

W procesach termicznego przekształcania opon obowiązują zasady wynikające z rozporządzenia Ministra Gospodarki[5]. Zgodnie z § 3 rozporządzenia podczas procesu termicznego przekształcania odpadów temperatura w komorze spalania nie może być niższa niż:

- 1100°C – dla odpadów zawierających powyżej 1% związków chlorowcoorganicznych przeliczanych na chlor,
- 850°C – dla odpadów zawierających do 1% związków chlorowcoorganicznych przeliczanych na chlor [5].

W związku z tym, że zawartość chloru w oponach wynosi 0,2% proces termiczny może być prowadzony w niższych temperaturach.

Proces pirolizy nazywany jest również destylacją rozkładową, która polega na ogrzewaniu rozdrobnionych lub całych opon w temperaturze 450 – 750°C bez dostępu tlenu. W wyniku tego procesu otrzymuje się frakcje olejową, gazową i stałą. Podczas dalszej obróbki uzyskuje się cenne surowce, takie jak: gaz popirolityczny, olej popirolityczny, karbonizat (sadzę, popioły lotne), drut stalowy (złom).

Bezpośrednie spalanie opon pozwala na odzysk ok. 40% energii chemicznej zawartej w oponach. W procesie zgazowania lub pirolizy efektywność odzysku może wzrosnąć do 70%.

Tabela 3
Właściwości fizyko – chemiczne oleju pirolitycznego z opon samochodowych

Physico – chemical properties of pyrolysis oil from car tires

Table 3

Parametr	Jednostka	olej (400°C)	olej (500°C)	olej (600°C)
gęstość nasypowa	kg/dm ³	0,91	0,89	0,89
zawartość wilgoci	% m/m	4,35	3,12	3,01
lepkość (metodą Engler'a)	°E	1,3	1,15	1,14
wartość opałowa	MJ/kg	42,57	42,47	42,45
zawartość węglowodorów aromatycznych	% m/m	57,92	63,51	70,34
zawartość węglowodorów alifatycznych	% m/m	36,39	31,17	20,97
zawartość węgla	% m/m	90,02	88,36	88,67
zawartość wodoru	% m/m	11,29	10,43	10,52
zawartość azotu	% m/m	0,42	0,41	0,41
zawartość siarki	% m/m	1,15	1,45	1,24

źródło: Wasilewski R. , Stelmach S. „Piroliza odpadów gumowych” materiały konferencyjne „Paliwa z odpadów” Abrys, marzec 2015

7. Wnioski

Prawidłowo prowadzony recykling zużytych opon pozwala na odzysk produktów, materiałów i energii, dzięki czemu pozytywnie wpływa na środowisko naturalne oraz przynosi korzyści ekonomiczne. Podstawowe znaczenie dla prawidłowego gospodarowania oponami mają przepisy prawne, ale równie ważne jest kompleksowe podejście, które będzie obejmowało aspekty wykonawcze i ekonomiczne. Omówione w artykule metody wykorzystania, regeneracji, utylizacji i recyklingu przyczyniają się do rozwiązania problemów z narastającą ilością wyeksploatowanych opon. Aby ograniczyć ilość zużytego ogumienia, należy stosować opony o wysokiej trwałości oraz właściwie je eksploatować.

LITERATURA:

- [1] Januszewicz K., Omelaniuk M., Ryms M., Klugmann – Radziemska E. „Możliwość wykorzystania całych używanych opon” *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska* Vol. 12 nr 4 (2010)
- [2] Manczarski P. i inni „Poradnik gospodarowania odpadami” Verlag Dashofer
- [3] Norma (BN – 66/6600 – 01) „Odpady gumowe”
- [4] Pilawski M., Dużyński M. „Energetyczny recykling zużytych opon samochodowych”, *Recykling i Techniki Odzysku*” Nr 2/2012
- [5] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 marca 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących procesu termicznego przekształcania odpadów (Dz. U. Nr 37, poz. 339 z późn. zm.).
- [6] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie rocznych poziomów odzysku i recyklingu odpadów opakowaniowych i poużytkowych (Dz. U. Nr 109, poz. 752 z późn. zm.)
- [7] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. 2001 nr 112, poz. 1206 z późn. zm.),
- [8] Ustawa z dnia 11 maja 2001 r. o obowiązkach przedsiębiorców w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o opłacie produktowej i opłacie depozytowej (Dz. U. z 2002 r. Nr 63, poz. 639, z późn. zm.),
- [9] Ustawa o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz. U. 2001 nr 62, poz. 628 z późn. zm.)
- [10] Urbaniak W. „Ocena gospodarki zużytymi oponami”, *Recykling* 12(132)2011
- [11] Urbaniak W. „Wykorzystanie zużytych opon samochodowych do produkcji paliw alternatywnych”
- [12] Wasilewski R., Stelmach S. „Piroliza odpadów gumowych” materiały konferencyjne „Paliwa z odpadów” Abrys, marzec 2015
- [13] White J.R. , De S.K. „Poradnik technologia gumy”, Piastów 2003