

## **Odpady z tworzyw sztucznych i ich recykling<sup>1</sup>**

### **Wstęp**

Zgodnie z wytycznymi wprowadzonymi w nowej Ustawie o odpadach [Ustawa... 2012] nastąpił obowiązek selektywnej ich zbiórki. Pojawił się nowy system gospodarowania odpadami na podstawie zapisów ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach. Każda gmina ustaliła swój sposób segregacji i zbiórki odpadów. W przypadku odpadów przemysłowych ich wytwórca odpowiedzialny jest za gospodarowanie nimi. Obowiązek ten może być przeniesiony na inny podmiot, który posiada odpowiednie zezwolenia na zbieranie i przetwarzanie odpadów lub koncesję na ich składowanie. Sposób postępowania z odpadami musi jednak uwzględniać ochronę zdrowia i życia człowieka, a także środowiska [DzU 2013].

### **1. Charakterystyka odpadów z tworzyw sztucznych**

W odpadach pokonsumpcyjnych dominują poliolefiny, czyli polimery zawierające węgiel i wodór, pozyskane bezpośrednio z ropy naftowej. Charakteryzują się dużą wytrzymałością, sztywnością oraz odpornością na ścieranie i dobrymi właściwościami dielektrycznymi. Są odporne na działanie wody i w niewielkim stopniu wodochłonne, posiadają dużą przepuszczalność gazów, a małą pary wodnej. Do ich właściwości zalicza się odporność na działanie roztworów soli, ługów i kwasów beztlenowych, natomiast nie wykazują tej cechy dla substancji silnie utleniających. W rozpuszczalnikach organicznych pęcznieją, a czynniki atmosferyczne powodują ich starzenie się.

Pośród polimerów można wyróżnić: polietylen (PE), polipropylen (PP), polistyren (PS), a także akrylonitryl-butadien-styren (ABS). Pierwszy z nich jest bezwonnym i fizjologicznie obojętnym, ale łatwo się spala. Możemy wyróżnić polietylen dużej gęstości (PEHD) i małej gęstości (PELD). PEHD jest bardziej wytrzymały mechanicznie, ma większą temperaturę topnienia i twardość oraz stopień krystaliczności. Polipropylen pozwala otrzymać przezroczyste produkty, o małej chłonności i przepuszczalności wody, a także nieprzepuszczające gazów. Jest odporny na kwasy beztlenowe, zasady, roztwory soli, tłuszcze i detergenty. Nie jest pożywką dla drobnoustrojów. Polistyren jest doskonałym dielektrykiem, na którego powierzchni gromadzi się ładunek elektrostatyczny. Może być bez-

---

<sup>1</sup> Publikacja zrealizowana w ramach pracy statutowej w KIŚPS AGH (umowa nr 11.11.100.482).

barwny lub barwiony na dowolny kolor. Pod wpływem promieniowania UV staje się łamliwy, żółty i szybciej następuje jego starzenie się. Wytrzymałość ABS na rozciąganie i zgniatanie jest zależna od temperatury, w odróżnieniu od pozostałych tworzyw (fot. 1). Przy małej zawartości kauczuku ma wysoką odporność termiczną. Ma wysoką odporność chemiczną, odporność na działanie wody i wodnych roztworów soli oraz rozcieńczonych kwasów i zasad oraz jest nieodporny na stężone kwasy, estry oraz węglowodory chlorowane i aromatyczne [http://www.zptsklaj.pl 2013].



**Fot. 1. Wlewki ABS** (fot. J. Cichy)

Tworzywa sztuczne stanowią około 10% wagowo i 40% objętościowo odpadów pochodzących z gospodarstw domowych. Wyniki te niosą za sobą konieczność gospodarowania nimi w sposób gwarantujący ich odzysk lub recykling, co zmniejszy ilość nowych produktów oraz ograniczy zużycie surowców naturalnych. Dla odpowiedniego zarządzania tworzywami sztucznymi należy poznać charakterystyczną strukturę ich zużycia w różnych branżach.

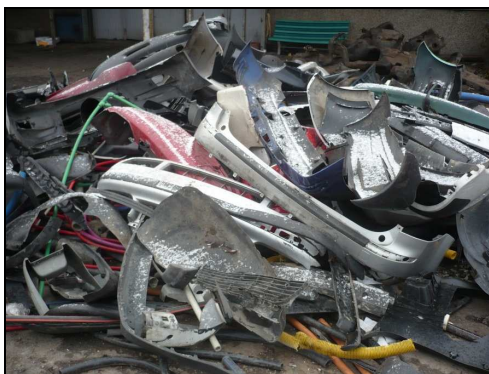
Głównym źródłem powstawania odpadów z tworzyw sztucznych są opakowania, które stanowią 55% odpadów pokonsumpcyjnych z tworzyw sztucznych (fot. 2). Dzięki wytrzymałości i lekkości polimery stanowią dobry materiał do produkcji opakowań. Najczęściej stosowanymi są LDPE, HDPE, PP, PS, PCW oraz PET.



**Fot. 2. Odpady opakowaniowe z PS, PET, HDPE, ABS** (fot. J. Cichy)

Budownictwo jest kolejnym konsumentem tworzyw (6,3%), jednak stosowane tutaj materiały użytkowane są przez znacznie dłuższy czas, nawet do 50 lat [Kozłowski 1998]. Przeważającym polimerem jest w tym przypadku polichlorek winylu (PCW). Stosowany jest przy profilach okiennych, rurach do instalacji wodno-kanalizacyjnych, rynnach itp. Produkowane są z niego również wykładziny podłogowe. Do izolacji cieplnej przegród budowlanych najczęściej stosuje się styropian, czyli spieniony polistyren [Gerło 2013]. Elektronika i elektrotechnika produkują około 5% odpadów polimerowych. Głównie otrzymuje się tu tworzywa sztuczne z obudowy urządzeń lub w postaci izolacji z przewodów elektrycznych.

Motoryzacja dostarcza 7% odpadów z tworzyw sztucznych. Oprócz opakowań na produkty używane podczas eksploatacji pojazdów również same samochody w swoim składzie materiałowym zawierają elementy z tworzyw. Z powodu różnic w budowie trudno jednoznacznie określić masę poszczególnych materiałów występujących ogólnie w samochodach. Można jednak podać pewne przybliżone dane, określając statystyczny pojazd jako ten, który ma masę 1010 kg. Składa się on w 70% z metali, 9% z tworzyw sztucznych, 5% z gumy, 4% ze szkła i 11% z innych materiałów. Tworzywa sztuczne wchodzi w skład między innymi: nadwozia samochodowego, silnika, deski rozdzielczej, zderzaków (fot. 3), zbiornika na paliwo [Gola-Sienkiewicz 2013].



**Fot. 3. Wysegregowane zderzaki samochodowe (fot. J. Cichy)**

W rolnictwie większość tworzyw sztucznych pochodzi z opakowań po nawozach, paszach, środkach ochrony roślin. Oprócz tego używane są pojemniki na pasze i wodę oraz folie ogrodnicze. Pozostałe 22% tworzyw sztucznych pochodzi z innych gałęzi gospodarki.

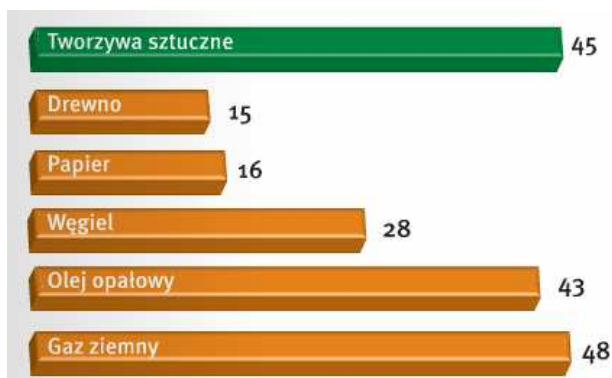
## **2. Metody recyklingu tworzyw sztucznych**

Tworzywa sztuczne możemy poddać recyklingowi, wybierając jedną z technologii: recykling mechaniczny (materiałowy), recykling chemiczny (surowcowy), recykling energetyczny (spalanie) [Sobczyk 2004].

Recyklingowi mechanicznemu poddawany jest jednorodny odpad, w małym stopniu zanieczyszczony. Polega na rozdrobnieniu zużytego tworzywa na regranulaty, które służą do ponownego przetworzenia. Z każdym kolejnym cyklem odzysku materiał traci swoją jakość, więc metoda nie może być wykorzystywana zawsze. Technologia ta nazywana jest recyklingiem materiałowym, ponieważ z uzyskanych produktów na wtryskarkach możemy uzyskać nowe produkty, o prawie niezmienionej strukturze chemicznej [Kozera-Szałkowska 2013a].

Recykling chemiczny nazywany jest również recyklingiem surowcowym z powodu otrzymywanych w jego wyniku produktów, które mogą stanowić samodzielny surowiec lub być domieszką do innych surowców. Polega na rozkładzie polimerów na monomery pod wpływem zachodzących reakcji chemicznych. Jest kosztowniejszy niż recykling materiałowy, ponieważ wymaga odpowiednich instalacji do procesów, takich jak: piroliza, uwodornienie, hydroliza, hydrokraking. W tym przypadku dobierany materiał powinien przynosić zysk większy, niż koszt poniesiony w trakcie przewarzenia. Tworzywem najchętniej wykorzystywanym jest PET [Korzeniowski, Skrzypek 1999].

Najczęściej stosowaną metodą recyklingu energetycznego jest spalanie. Wynika to z faktu, że poddać jej możemy każdy odpad, a dodatkowo zmniejszymy jego objętość o 90% [Kozłowski 1998]. Wartość opałowa odpadów z tworzyw sztucznych jest wysoka, porównywalna do paliw kopalnych (rys. 1). Recykling energetyczny może być w przyszłości alternatywą dla utylizacji odpadów i produkcji energii [Kozera-Szałkowska 2013b].



**Rys. 1. Porównanie wartości opałowych niektórych materiałów (GJ/t)**

Źródło: A. Kozera-Szałkowska, *Wartość do odzyskania*, „Cztery strony recyklingu – Tworzywa Sztuczne”, nr 1.

## Podsumowanie

Wybierając metodę utylizacji tworzyw sztucznych, należy przemyśleć ekonomiczne uzasadnienie dokonanego wyboru. Jeśli chcemy uznać recykling za opłacalny, musimy pamiętać, że koszty poniesione podczas przygotowania ma-

teriału do odzysku nie mogą przekroczyć wartości, jaką uzyskamy za gotowy produkt. Należy tutaj zastanowić się, która z metod jest najodpowiedniejsza dla posiadanych przez nas odpadów [Kozera-Szałkowska 2013b].

Racjonalna gospodarka wymaga określenia jakości dostępnych odpadów, istniejących technologii i rachunku ekonomicznego [Krawczyk 2013]. Biorąc pod uwagę jakość odpadów, musimy dokładnie określić, czy prowadzony system zbiórki jest wystarczający, aby otrzymane odpady nadawały się bezpośrednio do procesu, i czy musimy poddać je dodatkowej segregacji lub oczyszczaniu, co zwiększy nam poniesione koszty. Podczas przetwarzania jakość materiałów obniża się, więc nie jest ekonomicznie uzasadnione wykorzystywanie do recyklingu materiałowego odpadów już kilkakrotnie przetworzonych. Takie najlepiej poddawać odzyskowi energetycznemu. Jednak odpowiedni system selektywnej zbiórki pozwoli na uzyskanie wielu wyrobów. Wysoka wartość opała odpadów z tworzyw sztucznych daje możliwość ich korzystnego spalania. Paliwa pochodzące z takich odpadów mogą zmniejszyć zużycie paliw kopalnych przy jednoczesnej utylizacji tworzyw.

## Literatura

- Dziennik Ustaw z 2013 r. poz. 21.
- Gerło R. (2013), *Recykling styropianu – potrzeby i możliwości wykorzystania*, „Inżynier Budownictwa”, nr 11.
- Gola-Sienkiewicz R. (2013), *Kompleksowy recykling pojazdów*, cz. II, „Recykling”, nr 9.  
<http://www.zptsklaj.pl/charakterystykatorzyw.php?page=ofirmie> (2013).
- Kozera-Szałkowska A. (2013a), *Wartość do odzyskania*, „Cztery strony recyklingu – Tworzywa Sztuczne”, nr 1.
- Kozera-Szałkowska A. (2013b), *Zielona Księga w sprawie odpadów tworzyw sztucznych*, „Recykling”, nr 9.
- Kozłowski M. (1998), *Podstawy recyklingu tworzyw sztucznych*, Wrocław.
- Korzeniowski A., Skrzypek M. (1999), *Ekologistyka zużytych opakowań*, Poznań.
- Krawczyk B. (2013), *Zagospodarować, ale jak?*, „Cztery strony recyklingu – Tworzywa Sztuczne”, nr 1.
- Sobczyk W. (2004), *Recykling odpadów z tworzyw sztucznych na przykładzie Firmy WIBO w Mielcu*, „Zeszyty Naukowe Katedry Inżynierii Procesowej Uniwersytetu Opolskiego”, z. 2.
- Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (DzU z 2013 r., poz. 21, z późn. zm.).

## Streszczenie

Artykuł opisuje główne źródła pochodzenia odpadów z tworzyw sztucznych oraz metody ich recyklingu. Scharakteryzowano tworzywa sztuczne, przedstawiając ich zalety i możliwości wykorzystania w przemyśle. Określono branże i produkty przez nie tworzone.

Nowa ustawa o odpadach ukazuje producentom metody utylizacji odpadów. Istnieją trzy główne metody ponownego wykorzystania tworzyw sztucznych. Ich wybór zależy od jakości posiadanych odpadów, stosowanych technologii oraz bilansu ekonomicznego. W przyszłości mogą to być alternatywne metody redukcji odpadów i produkcji energii lub surowców wtórnych.

**Słowa kluczowe:** odpady, tworzywa sztuczne, recykling.

## **Plastics waste and its recycling**

### **Abstract**

The article describes major sources of plastics waste and methods of its recycling. It characterizes plastics and presents their advantages and possibilities of application in the industry. It defines branches of industry and products they produce from plastic.

The new act about waste shows disposal methods of waste to producers. There are three major methods of reusing plastic. Choice is dependent on the quality of waste, applied technologies and economic balance. In the future there may be alternative methods of reducing waste and producing energy or recycling materials.

**Key words:** waste, plastics, recycling.