

1. Wstęp

Polimery są niedrogimi, lekkimi i trwałymi materiałami pochodzącymi z przemysłu naftowego, które ze względu na swoje właściwości znalazły szerokie zastosowanie przy produkcji różnorodnych towarów. Stosowanie polimerów i kompozytów polimerowych rośnie z dnia na dzień, głównie w przemyśle opakowaniowym i budowlanym. W konsekwencji produkcja polimerów znacznie wzrosła w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat. Możliwość szerokiego stosowania polimerów doprowadziła jednak do wielu problemów środowiskowych wynikających z trudnościami związanymi z ich utylizacją. Jedną z najczęściej stosowanych technologii w celu uniknięcia gromadzenia się odpadów polimerowych jest recykling. Jednakże recykling kompozytów polimerowych nadal pozostaje dużym wyzwaniem, pomimo znaczących postępów poczynionych w tej dziedzinie. Kompozyty polimerowe są wykonane z dwóch lub więcej materiałów wchodzących w skład matrycy oraz osnowy. Fazy te są precyzyjnie połączone w kompozytach, dlatego bardzo trudno jest je rozdzielić.

1.1. Strategie gospodarowania odpadami polimerowymi

1.1.1. Składowanie na wysypisku

Jedną z najbardziej konwencjonalnych i najczęściej stosowanych metod gospodarowania odpadami polimerowymi jest ich składowanie. Jednakże niedobór miejsc na wysypiskach oraz ryzyko skażenia gleby i wód gruntowych ze względu na różne szkodliwe dodatki i produkty uboczne rozkładu z tworzyw sztucznych, zmusza nas do znalezienia alternatywy.

1.1.2. Ponowne wykorzystanie

Ponowne wykorzystanie odpadów materiałów polimerowych to najprostszy i najtańszy sposób recyklingu, który nie wymaga dużego zużycia energii. Metoda ta polega na wykorzystaniu używanych materiałów w tym samym typie zastosowania lub w innym, bez większych zmian fizycznych bądź chemicznych. Powtórne wykorzystanie zużytych materiałów jest uważane za najlepszą formę recyklingu, ponieważ ogranicza ono zanieczyszczenie powietrza i wody innymi niebezpiecznymi odpadami powstającymi przy wytwarzaniu nowego przedmiotu lub recyklingu już istniejącego oraz pozwala zaoszczędzić energię, która została pierwotnie wykorzystana do wytworzenia danego produktu. Jednak metoda ta nie jest powszechnie

stosowana w przypadku kompozytów polimerowych, ponieważ produkty te są zwykle wyrzucane po pierwszym użyciu ze względu na kwestie bezpieczeństwa i higieny, zwłaszcza w przypadku opakowań produktów spożywczych. Powtórne stosowanie plastikowych pojemników np. do przechowywania produktów w gospodarstwie domowym nie może też trwać zbyt długo, ze względu na degradację tworzących je polimerów wraz z napełniaczami.

1.1.3. Recykling

Głównie stosowane są trzy metody recyklingu w zależności od właściwości i zastosowania kompozytów polimerowych. Obejmują one: (1) kruszenie odpadów polimerowych przy użyciu mechanicznych technik kruszenia w celu zmniejszenia ich rozmiarów i wykorzystania jako surowiec do innego produktu; (2) recykling chemiczny, który obejmuje przekształcenie odpadów polimerowych na monomery i inne proste związki chemiczne oraz (3) recykling termiczny służący do przekształcenia odpadów z kompozytów polimerowych za pomocą energii cieplnej w celu odzyskania materiałów wchodzących w skład kompozytu takich jak włókna wzmacniające.

1.1.3.1. Recykling mechaniczny

Jest jedną z najczęściej stosowanych metod recyklingu dla kompozytów wzmocnionych włóknami. Technika ta składa się z kilku etapów. Najpierw należy zmniejszyć wielkość odpadów poddawanych recyklingowi, odbywa się to za pomocą procesu kruszenia. Obejmuje on stosowanie młyna rozdrabniającego o niskiej prędkości cięcia, aby zmniejszyć rozmiar materiału na mniejsze fragmenty rzędu 50 – 100 mm. Kolejnym krokiem jest dalsze rozdrabnianie recyklatu na drobniejsze cząstki za pomocą młynów szybkoobrotowych. Końcowy etap obejmuje podział recyklatu na poszczególne frakcje różniące się wielkością cząstek za pomocą sit i cyklonów. Za pomocą tej metody otrzymuje się recyklat w postaci płatków, proszku bądź włókien, który można ponownie wykorzystać np. jako napełniacz przy wytwarzaniu nowych kompozytów.

1.1.3.2. Recykling chemiczny

Recykling chemiczny jest definiowany jako proces, którego celem jest chemiczna degradacja odpadów polimerowych do ich monomerów lub innych prostych substancji chemicznych. Mogą być one ponownie wykorzystane jako surowce w przemyśle petrochemicznym do produkcji nowych polimerów bądź innych chemikaliów lub jako paliwo alternatywne. Recykling chemiczny jest uważany za jedną z najbardziej ekonomicznych metod recyklingu kompozytów polimerowych. Metodę tą można wykorzystać do oddzielenia osnowy polimerowej od włókien wzmacniających kompozytu w postaci węglowodorów o niskiej masie cząsteczkowej. Włókna te można ponownie wykorzystać jako napełniacz do innych kompozytów, a węglowodory jako paliwo lub surowiec do produkcji innych związków chemicznych. Wadą tej metody jest możliwość zanieczyszczenia wody i powietrza, co szczególnie stanowi zagrożenie dla zdrowia osób, które zajmują się taką metodą recyklingu.

1.1.3.3. Recykling mechaniczny

Recykling termiczny można podzielić na trzy typy: pirolizę, pirolizę w złożu fluidalnym i pirolizę mikrofalową. Wszystkie trzy procesy kładą nacisk na regenerację różnych rodzajów włókien, wypełniaczy i innych dodatków kosztem matrycy polimerowej. Ma to związek z tym, że we wszystkich wymienionych rodzajach recyklingu termicznego matryca polimerowa jest odparowywana w postaci małocząsteczkowych polimerów, gazów, takich jak dwutlenek węgla, wodór i metan oraz frakcji olejowej. W zależności od masy cząsteczkowej osnowy polimerowej temperatura robocza procesu mieści się w zakresie 450 – 700 °C. Polimery, takie jak żywice poliestrowe, wymagają niższych temperatur, podczas gdy epoksydy lub tworzywa termoplastyczne przetwarzają się w wyższych temperaturach. Recykling termiczny czasami prowadzony jest w piecach cementowych, gdzie odpady kompozytu polimerowego są przekształcane w energię i inne surowce (napełniacze i włókna) do produkcji cementu. Jednak tylko 10% paliwa wsadowego do pieca cementowego można zastąpić kompozytami polimerowymi wzmocnionymi włóknami szklanymi.

Przewaga procesów recyklingu termicznego nad procesami recyklingu chemicznego polega na tym, że proces ten jest bardziej odporny na zanieczyszczone materiały odpadowe. Dzięki procesowi recyklingu termicznego w złożu fluidalnym można uzyskać bardzo czysty recyklat włóknisty, jednakże może on mieć inną postać niż produkt pierwotny (np. krótsze włókna).

Podobnie dzieje się w przypadku włókna odzyskanego w procesie pirolizy. Piroliza jest procesem bardziej złożonym niż proces w złożu fluidalnym, ale pozwala ona na otrzymanie produktów organicznych o lepszych właściwościach.

Natomiast w pirolizie mikrofalowej rozkład części organicznych materiałów kompozytowych odbywa się poprzez ogrzewanie mikrofalowe w atmosferze obojętnej. Zaletą tej metody jest to, że otrzymane włókna mają większą wytrzymałość, zużycie energii jest mniejsze od pozostałych procesów, a etap nagrzewania jest dużo krótszy. Jediną wadą tej metody jest to, że proces ten można stosować jedynie w skali laboratoryjnej.