

Systemy recyklingu i nowatorskie modele biznesowe dla drugiego cyklu życia odpadów

2.1. Optymalizacja recyklingu tworzyw sztucznych

Przed faktycznym przetworzeniem materiałów pochodzących z recyklingu na nowe produkty musi nastąpić konwersja z odpadów na nowe surowce. Faza ta jest ogólnie nazywana "końcem odpadów" i rozpoczyna się po etapie zbiórki. Proces może obejmować etapy obniżania poziomu foli, z których każdy może wystąpić w dowolnym miejscu między nie w ogóle i wiele razy w całej sekwencji:

- Separacja i sortowanie: odbywa się to na podstawie kształtu, gęstości, wielkości, koloru lub składu chemicznego.
- Belowanie: jeśli tworzywo sztuczne nie jest przetwarzane w miejscu, w którym jest sortowane, często jest belowane pomiędzy nimi w celach transportowych.
- Mycie: usuwanie (często organicznych) zanieczyszczeń.
- Szlifowanie: zmniejszenie rozmiaru z produktów do płatków.
- Mieszanie i granulowanie: opcjonalne ponowne przetwarzanie płatków w granulaty, który jest łatwiejszy w użyciu dla konwerterów niż płatki.

2.1.1. GROMADZENIE

Systemy, które obejmują zbieranie poużytkowych odpadów z tworzyw sztucznych, można z grubsza podzielić na trzy ogólne kategorie:

- › Zbieranie monomateriałów : Zbieranie odpadów jest zaprojektowane w celu uzyskania tylko jednej frakcji materiału oddzielonego od źródła, takiej jak tworzywa sztuczne. Zbieranie odpadów

może obejmować kilka rodzajów tworzyw sztucznych razem lub ukierunkowane na określone rodzaje tworzyw sztucznych (np. bottl PET lub sztywne tworzywa sztuczne, takie jak garnki, wanny i tace).

› Kolekcja wielomateriałowa: Kolekcja przeznaczona jest do zbierania kilku rodzajów materiałów nadających się do recyklingu, takich jak metale, szkło i tworzywa sztuczne.

› Zbiórka mieszana: Odpady pochodzące z tego rodzaju zbiórki są często bardzo zanieczyszczone i wymagają intensywnej dalszej obróbki. Strumień ten może obejmować odpady organiczne.

Kolekcja monomateriałów z tworzyw sztucznych może być zaprojektowana bardzo różnie. Systemy zbierania mogą być zaprojektowane tylko dla jednego z kilku polimerów (np. butelek PET), dla rodzajów tworzyw sztucznych (np. sztywne lub elastyczne tworzywo sztuczne) lub ogólnie dla tworzyw sztucznych.

Szeroka kolekcja wielu różnych rodzajów tworzyw sztucznych wymaga również bardziej drobnego sortowania, co skutkuje większą proporcją wyrzucanego materiału, a w niektórych przypadkach niższą jakością frakcji wyjściowej (wtórne tworzywo sztuczne).

Skuteczność wielu technik oddzielania zależy od ogólnej czystości powierzchni tworzywa sztucznego. Powłoki, takie jak etykiety i farby, mogą wpływać na przykład na metody identyfikacji oparte na analizie spektroskopowej.

Ponadto zmniejszenie rozmiaru (rozdrobienie) materiału do oddzielenia jest często kluczowym etapem procesu. Ogólnie poprawia wydajność separacji, umożliwiając wytwarzanie produktów o wysokiej zawartości purity.

2.1.2. CZYSZCZENIE TWORZYW SZTUCZNYCH

2.1.2.1. Czyszczenie chemiczne

Powietrze jest wdmuchiwane przez złożę materiału, usuwając lekkie zanieczyszczenia. Ten proces czyszczenia jest często związany ze zmniejszeniem rozmiaru, a drobne zanieczyszczenia są usuwane, ponieważ są uwalniane przez techniki takie jak przesiewanie, używanie ekranów, hydrocyklonów lub filtrów.

2.1.2.2. Mycie w celu usunięcia zanieczyszczeń

Płyny i resztki jedzenia można usunąć, w razie potrzeby myjąc za pomocą odpowiedniego środka powierzchniowo czynnego. Mycie jest również wymagane w celu odtworzenia etykiet z butelek. Kleje, które przytrzymują etykiety do butelki, mogą być używane tylko na krawędzi lub mogą całkowicie zakrywać tył etykiety. Kleje topliwe są szczególnie kłopotliwe, ponieważ mięknią w znacznie wyższych temperaturach niż konwencjonalne kleje. Niektóre ink mogą być również rozpuszczalne w wodzie i mogą zawierać toksyczne metale, takie jak ołów. Uzdatnianie zanieczyszczonej wody powstającej w procesie mycia zwiększa koszty operacji sortowania.

2.1.2.3. Usuwanie powłoki za pomocą materiałów ściernych

Jak wyjaśniono w przypadku rurdy, powłoka musi zostać usunięta w miejscu analizy, aby umożliwić prawidłową identyfikację. Powierzchnia jest zazwyczaj czyszczona za pomocą tarczy ściernej. Jest to czasochłonny proces i dlatego warto go tylko w przypadku dużych przedmiotów.

2.1.3. Ograniczenie opakowania

Redukcja rozmiaru jest często ważnym krokiem, ponieważ przydatne jest zwiększenie uwalniania materiałów z mieszanin składników, zwiększenie gęstości nasypowej tworzywa sztucznego w celu zminimalizowania kosztów transportu, wyprodukowanie materiału o rozmiarze, który można dokładniej odmierzyć, oraz wygenerowanie materiału o odpowiednim zakresie rozmiarów dla procesu separacji. W tym celu stosuje się kilka technik.

2.1.3.1. Rozdrabniacze i szlifierki obrotowe

Rozdrabniacze zmniejszają rozmiar tworzyw sztucznych za pomocą cięcia. Tworzywo sztuczne jest wciągane w zestaw zsynchronizowanych przeciwbieżnych wałów wyposażonych w tarcze tnące i kołnierze dystansowe. Szlifierki obrotowe pobierają symetryczne ukąszenia z materiału, który ma być szlifowany miblokami stalowymi zamontowanymi na wirniku. Szlifierki obrotowe zazwyczaj pracują z niską prędkością (około 80-100 obr./min) i wysokim momentem obrotowym.

2.1.3.2. Noże obrotowe

Nóż obrotowy jest podobno najczęściej używanym urządzeniem do zmniejszania rozmiaru tworzyw sztucznych. Urządzenie wykorzystuje kombinację stacjonarnych i obrotowych ostrzy w celu zmniejszenia rozmiaru plastiku. Działanie cięcia jest wytwarzane, gdy plastik porusza się w nieruchomych i obracających się ostrzach. Obracające się ostrza są ustawione pod niewielkim

kątem w stosunku do wału rotor, a stałe ostrza są ustawione pod tym samym kątem, ale w przeciwnym kierunku.

2.1.3.3. Mielenie kriogeniczne

Temperaturę można wykorzystać do poprawy efektywności energetycznej szlifowania i poprawy uwalniania klejów, etykiet i materiałów kompozytowych. Chłodzenie tworzywa sztucznego zapobiega również degradacji termicznej polimerów, takich jak PVC, która może wystąpić w innych procesach rozdrabniania. Ciekły azot może być rozpylany na tworzywa sztuczne lub tworzywa sztuczne mogą być wciągane przez kąpiel cieczy w zamkniętym tunelu.

2.2. Recykling mechaniczny

Sortowanie i oddzielanie zebranego plastiku ma ogólną masę, aby umożliwić wysokiej jakości recykling. Oddzielanie różnych polimerów jest szczególnie ważne w przypadku recyklingu mechanicznego, ponieważ przetwarzanie materiałów mieszanych w przeciwnym razie doprowadziłoby do recyklatu niskiej jakości, który mógłby być stosowany tylko w ograniczonej liczbie polimerów z tworzyw sztucznych. Technologie sortowania i separacji mają na celu zmniejszenie ilości tworzyw sztucznych niebędących tworzywami sztucznymi i zmniejszenie ilości niedocelowych polimerów z tworzyw sztucznych.

Technika wybrana do sortowania będzie zależeć od kilku czynników:

- złożoność mieszanki astycznej pl
- jakość (poziom zanieczyszczenia)
- postać fizyczna polimeru
- końcowe zastosowanie tworzywa sztucznego
- oszczędność (koszt operacji oddzielania)

Wynikiem prac sortowni może być pojedynczy polimer lub różne mieszanki polimerów (pojedyncze kolory lub kolory mieszane).

Dostępnych jest kilka rodzajów sortowania w zależności od kolekcji (monomateriałowej lub mieszanej), wielkości.

2.2.1. Sortowanie ręczne

Sortowanie ręczne jest zwykle używane do oddzielania dużych przedmiotów jako folii z tworzyw sztucznych 2D od innych tworzyw sztucznych / mieszanych surowców wtórnych. Ponadto może być stosowany do usuwania materiałów nieukierunkowanych ze strumieni odpadów monopochodzenia. Materiały niedocelowe mogą być zanieczyszczeniami lub na certyfikowanych rodzajach odpadów opakowaniowych.

Tryb działania opiera się na identyfikacji wizualnej tworzyw sztucznych przez operatora. Jest tani pod względem inwestycji kapitałowych, ale jest powolny i pracochłonny.

2.2.2. Sortowanie ręczne ze stopniem automatyzacji

Surowiec przekazywany wzdłuż przenośnika taśmowego, aby operator mógł je wizualnie zidentyfikować i posortować według kategorii polimerowania poprzez aktywację mechanizmu automatycznego wyrzucania.

2.2.3. Automatyczne sortowanie

Istnieje kilka automatycznych technik sortowania. Poniższa tabela jest ich podsumowaniem

Zastosowanie podczerwieni obejmuje nieposortowane tworzywa sztuczne z falami bliskiej podczerwieni (długość fali 600-2500 metrów). Po wystawieniu na działanie fal światła bliskiej podczerwieni każdy polimer odbija widmo identyfikacyjne. Dlatego ta metoda może dokładnie zidentyfikować różne polimery. Niemniej jednak metoda ta nie jest odpowiednia do identyfikacji ciemnych tworzyw sztucznych. Metoda ma dużą szybkość identyfikacji.

Ponadto do sortowania wykorzystano również fluorescencję rentgenowską. Większość tej technologii jest stosowana do sortowania PVC, ponieważ atomy chloru w PVC dają unikalny szczyt w widmie rentgenowskim, który jest łatwo wykrywalny.

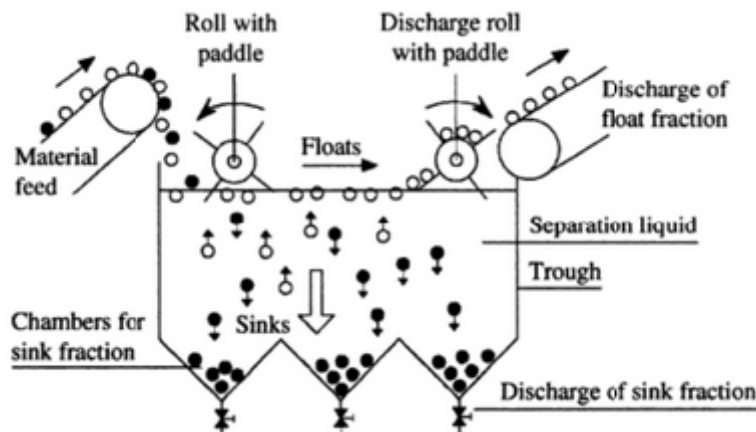
Dodanie markerów lub znaczników dodawanych podczas produkcji: barwników na podczerwień w PET lub barwników fluorescencyjnych. It zapewnia wysoką dokładność wykrywania dla różnych polimerów, a nawet

różne gatunki polimerów (do 90% w przypadku zanieczyszczenia kolorowymi cząstkami stałymi z przezroczystego płatka PET3).

Identification Method	Advantages	Disadvantages	Application
Optical	Only effective means of sorting by colour	Does not identify the polymer	Used to remove coloured impurities and to sort one polymer by colour (such as PET)
Mid Infrared	Proven and established technology. Can identify dark plastics	Not applicable for high speed identification systems. Requires relatively smooth, clean surface. Object to be identified must be brought to the instrument's measuring window	Assisted manual separation of car components
Near Infrared	Fast - photodetectors have short response times. Suited for analysis of transparent or lightly coloured objects	Unsuitable for dark objects such as those containing carbon black which absorbs and scatters at NIR frequencies	Bottle sorting
UV fluorescence	With the use of tracers the system is capable of identifying polymer blends	Not discriminating enough without tracers. Cost of tracers prohibitive	General application to all polymers with inclusion of tracers
X-Ray	Proven and established technology for the identification of PVC	Elemental analysis - many polymers are composed of the same elements	Separation of PVC from PET

2.2.4. Zbiorniki flotacyjne

Opiera się na separacji w cieczy za pomocą różnic gęstości polimerów. Ulepszenia są badane za pomocą płynów nadkrytycznych i innych rozpuszczalników nieorganicznych w celu zastąpienia wody.

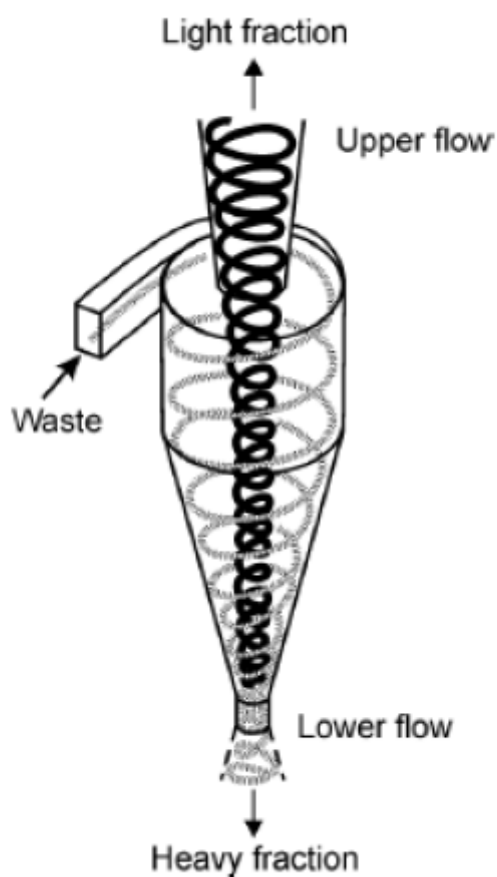


(Sortowanie odpadów tworzyw sztucznych do recyklingu. R.D. Pascoe)

2.2.5. Hydrocyklony

Sortowanie gęstości w oparciu o siłę dośrodkową do oporu płynu. Odpady zostaną wprowadzone do hydrocyklonu w zawieszynie. Lżejsze frakcje będą transportowane w górę, podczas gdy bardziej gęste cząstki zakończą się na dnie cyklonu. Redukcja rozmiaru jest zwykle wykonywana przed leczeniem hydrocyklonami. Umożliwia lepszą separację niż

statyczne zbiorniki flotacyjne. Może oddzielać PE od cięższych PVC, PET lub PS. Wyższy niż statyczne zbiorniki pływakowe i zlewozmywakowe.



(Plastic ZERO - Public Private Cooperations for Avoiding Plastic as a Waste)

2.2.6. Klasyfikator powietrza

Oddzielić w zależności od prędkości opadania materiałów" w strumieniu powietrza. Funkcją jest oddzielenie lekkich i ciężkich części. Dostępne są różne typy klasyfikatorów powietrza.

2.2.7. Balistycznyretator sepa

Automatyczne sortowanie według wielkości, gęstości i sztywności. Sortowanie

daje trzy frakcje;

- › Frakcja lekka (części lekkie i płaskie)
- › Frakcja ciężka (części ciężkie i sześciennie)
- › Frakcja drobna (np. mniej 20 mm)

Separator balistyczny jest w principle wibrującym perforowanym pokładzie. Małe nachylenie w pokładzie powoduje, że ciężkie materiały spadają na niższy poziom pokładu, podczas gdy lżejsze materiały, takie jak folie z tworzyw sztucznych, są transportowane w górę. Drobne materiały spadają przez perforowane dno.

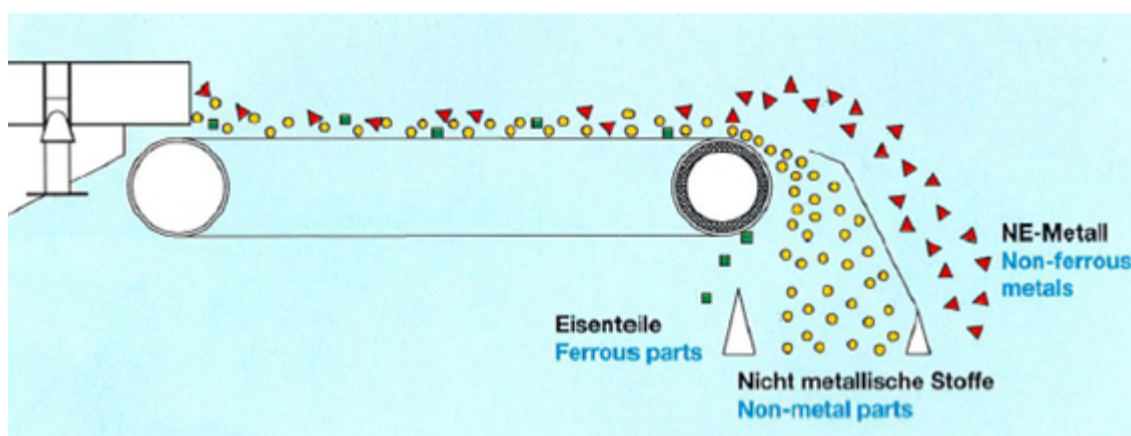


(separator balistyczny BRT HA RTNER)

2.2.8. Separacja magnetyczna i wiropądowa

To urządzenie jest stosowane do sortowania magnetycznego żelaza i metali nieżelaznych (np. aluminium).

Magnes jest w stanie oddzielić części ferromagnetyczne od materiału nieferromagnetycznego s. Stal nierdzewna i inne metale nie będą oddzielane w takim sprzęcie.



(Separator prądu Eddiego - zasada działania)

2.2.9. Separacja elektrostatyczna

Separację można również osiągnąć poprzez zastosowanie ładunków elektrostatycznych różnych tworzyw sztucznych. Ta metoda oddziela materiały z tworzyw sztucznych poprzez różnice w ładunkach elektrostatycznych. Materiały są sortowane, pozwalając im swobodnie spadać przez pole elektryczne wytwarzane między dwoma równoległymi zestawami przeciwnie naładowanych elektrod i są zbierane oddzielnie zgodnie z ładunkiem tryboelektrycznym, który posiadają.

2.2.10. Selektywne rozpuszczanie

Jest to rozpuszczenie wsadowe mieszanych tworzyw sztucznych za pomocą rozpuszczalników. Polimery mają różną rozpuszczalność w rozpuszczalnikach organicznych (różnice wzmacniane przez działanie temperatury). Różne etapy, takie jak rozpuszczalność, następnie wytrącanie, następnie filtracje i wreszcie odparowanie rozpuszczalników. Technika ta pomaga w całkowitym

oddzieleniu polimerów poprzez staranną kontrolę temperatury i dobór odpowiedniego rozpuszczalnika. Pojedynczy polimer można oddzielić od złożonej mieszaniny, zanieczyszczeń, takich jak brud lub gleba. Wadą tej techniki jest ilość rozpuszczalników zużywanych, mimo że większość rozpuszczalników są poddawane recyklingowi w ramach procesu.

2.2.11. Sortowanie przez topienie

Ta technika sortowania nadaje się do sortowania tylko dwóch rodzajów tworzyw sztucznych w tym czasie. Aby móc korzystać z tej metody, ważne jest, aby temperatury topnienia tworzyw sztucznych znacznie się różniły. Technika ta składa się z podgrzewanego separatora taśmowego. Sortowanie odbywa się poprzez selektywną termoadhezję zmięczonych cząstek do rolek lub taśmy.

Większość europejskich sortowni składa się z mieszanki wyżej wymienionych technologii, aby zapewnić ekonomiczne i wydajne sortowanie materiału wsadowego o zadowalającej jakości wyjściowej. Dokładny skład konkretnej instalacji powinien być dostosowany do materiału wsadowego, jak również wymaganej jakości wyjściowej.

Recykling mechaniczny polega na zastosowaniu stosunkowo prostych procesów i wytwarza materiały polimerowe o wysokiej jakości. Proces ten jest jednak odpowiedni głównie dla jednorodnych strumieni odpadów, które często wymagają czystych odpadów tego samego rodzaju lub wysokiego stopnia sortowania, co może zwiększyć koszty eksploatacji.

2.2.2. Główne wyzwania związane z recyklingiem mechanicznym

Różne wyzwania pojawiają się podczas recyklingu zarówno mono- jak i mieszanych tworzyw sztucznych. Głównym problemem jest fakt, że polimery ulegną degradacji w warunkach certain. Warunki te to m.in. ciepło, utlenianie, światło, promieniowanie jonowe, hydroliza i mechaniczne ścinanie.

2.3. Wtórne produkty z tworzyw sztucznych. Przykłady i trendy rynkowe

2.4. Chemiczne drogi recyklingu. Technologie rozpuszczania, katalityczne i termochemiczne

2.4.1. Depolimeryzacja i ługowanie

W tej sekcji przedstawiono różne drogi chemicznego recyklingu tworzyw sztucznych. Można je podzielić na dwie kategorie technologiczne: depolimeryzacja chemiczna i separacja wspomagana rozpuszczalnikiem.

DEPOLIMERYZACJA CHEMICZNA

Przegląd procesów

Chemiczna deratyzacja polega na rozbijaniu łańcuchów polimerowych za pomocą chemikaliów. Odpadka z tworzywa sztucznego jest najpierw poddawana wstępnej obróbce w celu usunięcia zanieczyszczeń stałych przed rozpoczęciem procesu. Chemikalia są stosowane do rozbijania łańcuchów polimerowych na oligomery o krótszych łańcuchach (częściowa depolimeryzacja) lub monomery (pełna depolimeryzacja). Po zakończeniu depolimeryzacji monomery są odzyskiwane i oczyszczane.

Aplikacji.

Proces depolimeryzacji chemicznej ma zastosowanie tylko do niektórych rodzajów tworzyw sztucznych. Najważniejsze z nich to polimery kondensacyjne. Ich nazwa pochodzi od sposobu, w jaki powstają (polimeryzacja przez kondensację).

Politereftalan etylenu (PET) i inne poliestry, poliuretan (PU), poliamidy (PA) i kwas polimlekowy (PLA) są najbardziej odpowiednimi polimerami, które można podbić do depolimeryzacji chemicznej.

Polymer	Waste stream
Polyethylene Terephthalate (PET)	Bottles Films and trays Textiles including polyester and polyester/cotton blends
Polyurethanes (PU)	Mattress foams Rigid foams
Polyamides (PA)	Fishing line and nets Textiles including fabrics and apparel
Polylactic Acid (PLA)	Beverage cups

Produkty według wkładu chemicznego

Sposób, w jaki działa proces depolimeryzacji, jest zasadniczo taki sam dla każdego polimeru. Wiązania łączące monomery są rozdzielane. Jednak szlak reakcji, za pomocą którego wiązania chemiczne są zerwane, zależy od cząsteczki użytej do depolimeryzacji.

Istnieje pięć głównych wejść chemicznych, z których każdy ma odrębną ścieżkę reakcji, a zatem inną moc monomeru. Poniższa tabela przedstawia różne wyjścia, które można uzyskać dla PET.

Tabela: Produkty depolimeryzacji PET według wkładu chemicznego.

Chemical input	Reaction pathway	Monomer output	Other product(s)
Glycol	Glycolysis	bis(2-Hydroxyethyl)terephthalate (BHET)	Ethylene Glycol
Water	Hydrolysis	Terephthalic acid (TPA)	Ethylene Glycol
Methanol	Methanolysis	Dimethyl Terephthalate (DMT)	Ethylene Glycol
Amines	Aminolysis	bis(2-hydroxyethylene) terephthalamide (BHETA)	---
Ammonia	Ammonolysis	Terephthalamide	Ethylene Glycol

Ścieżki te nie są obecnie wykorzystywane komercyjnie. Glikoliza, hydroliza i metanolizacja wykazały sukces na poziomie instalacji pilotażowej lub większej, a glikoliza jest najbardziej zaawansowana pod względem wykazania komercyjnej opłacalności na większą skalę. W przypadku aminolizy i amonolizy nie ma do tej pory dowodów na to, że były one zaawansowane w badaniach laboratoryjnych.

Efektywność środowiskowa

Przeprowadzono kilka prób oceny efektywności środowiskowej procesów depolimeryzacji **chemicznej**. Ogólnie rzecz biorąc, depolimeryzacja chemiczna jest nadal zbyt wymagająca pod względem zapotrzebowania na energię, a recykling mechaniczny jest nadal uważany za najkorzystniejszą technologię w ogóle.

Jednak depolimeryzacja chemiczna pozwala rozwiązać problemy z nieuniknionymi zanieczyszczeniami w mechanicznie poddanym recyklingowi PET, szczególnie po wielu cyklach recyklingu. Tak więc tego aspektu nie należy eliminować.

Podsumowanie

Zgodnie z raportem na temat recyklingu chemicznego autorstwa Hann and Connock (2020) tutaj jesteś podsumowaniem zalet i wad depolimeryzacji **chemicznej**.

Zalety:

- Produkty monomerowe mogą być wykorzystywane do produkcji produktów z tworzyw sztucznych o takiej samej jakości jak pierwotne odpowiedniki, potencjalnie nadających się do zastosowań w kontakcie z żywnością.
- Zademonstrowano przykłady systemów, które umożliwiają odzysk i ponowne wykorzystanie odczynników chemicznych, takich jak katalizatory i rozpuszczalniki.
- Wysokie plony wykazane dla wielu technologii.
- Demonstracja rentowności handlowej nakładów do butelek i włókien.

Wady:

- Obecnie może obsługiwać tylko materiały wejściowe, które mają w dużej mierze jednorodny charakter.
- Często wymaga rygorystycznego sortowania wstępnego i/lub wstępnej obróbki, aby przygotować się do oczyszczenia.
- Typically wymaga wysokich wymagań energetycznych, w szczególności etapów suszenia po oczyszczeniu.
- Zazwyczaj nie można całkowicie usunąć zanieczyszczeń.
- Nie wykazano, aby zapewniał produkty spożywcze.
- Brak jasności co do rodzajów rozpuszczalników i wiązań toksycznych dla przykładów na większą skalę.
- Nie pozwala na nieograniczony recykling materiału, ze względu na degradację termiczną łańcuchów podczas ponownego przetwarzania i konwersji w celu utworzenia nowych produktów z tworzyw sztucznych.
- Obecny brak jasności co do efektywności środowiskowej.
- Jeszcze zademonstrować ekonomiczną szlachetność na skalę komercyjną.

OCZYSZCZANIE ROZPUSZCZALNIKÓW

Przegląd procesów

Podstawą oczyszczania rozpuszczalnikowego jest stosowanie zasady rozpuszczalności do selektywnego oddzielania wszelkich substancji zanieczyszczających od odpadów z tworzyw sztucznych. Zanieczyszczenia te zazwyczaj składają się z:

- Dodatki takie jak środki zmniejszające palność, stabilizatory, modyfikatory udarności, barwniki i pigmenty;
- polimery niebędące przedmiotem zwalczania; i
- Substancje nieintencjonalnie dodane (NIAS), które są związkami zarówno absorbowanymi, jak i wytwarzanymi w materiale z tworzywa sztucznego podczas użytkowania. Może to obejmować produkty uboczne z procesu produkcyjnego, a także produkty degradacji, zarówno z częściowego rozkładu samego polimeru, jak i dodatków zawartych w tworzywie sztucznym.

Tworzywo sztuczne jest rozdrabniane i rozpuszczane w rozpuszczalniku, wydzielając wysoką rozpuszczalność polimeru, podczas gdy zanieczyszczenia mają niską rozpuszczalność. Zanieczyszczenia pozostaną stałe i zostaną oddzielone od fazy ciekłej.

Po zakończeniu procesu oczyszczania polimer jest ekstrahowany z roztworu przez plating go w nierozpuszczalniku w celu ponownego zestalenia polimeru, w procesie znanym jako wytrącanie. Następuje dalsza obróbka polimeru, w tym filtracja, mycie i suszenie, w celu usunięcia nierozpuszczalnika.

Aplikacji

Ponieważ skuteczność tej technologii zależy od rozpuszczalności, teoretycznie można ją zastosować do prawie każdego polimeru, pod warunkiem, że można znaleźć odpowiedni rozpuszczalnik.

Poniższa tabela przedstawia aktualne zastosowanie do oczyszczania rozpuszczalników według rodzaju polimeru i strumieni odpadów.

Polymer	Waste stream
Polystyrene (PS)	Expanded polystyrene foam (EPS) Household PS waste
Polyethylene Terephthalate (PET)	Polyester/cotton textile Packaging
Polyethylene (PE)	Multilayer bags
Polyamide (PA)	Multilayer bags
Polypropylene (PP)	Carpets

Aspekty krytyczne.

Skuteczność oczyszczania polimerów jest bardzo zależna od dokładnego składu odpadów wejściowych pod względem zanieczyszczeń. Niestety, w przypadku większości technologii brakuje jasności co do zanieczyszczeń, którymi się zajmujemy.

Idealnie, jeśli znane są wszystkie rodzaje polimerów zawartych w odpadach z tworzyw sztucznych, a także pełny zakres zanieczyszczeń, proces ten można wykorzystać do oczyszczenia strumieni odpadów wielomateriałowych, pod warunkiem, że istnieją wystarczające etapy wyboru rozpuszczalnika.

Cociekawie, mogłoby to uniknąć kosztów związanych z segregacją i zaawansowaną infrastrukturą sortowania wymaganą do oddzielenia określonych typów polimerów. Jednak dodatkowa złożoność wymagana do zapewnienia selektywności dla każdego rodzaju polimeru prowadzi do wyższych kosztów środowiskowych i ekonomicznych wynikających ze zwiększonych nakładów rozpuszczalnika, energii i czasu.

Badanie przesiewowe i sortowanie materiałów jest powszechnym etapem obróbki wstępnej w celu oddzielenia zanieczyszczeń zewnętrznych, takich jak naklejki, klej, taśma i tak dalej. Nawet po purification, ryzyko pozostałości zanieczyszczeń jest nadal często problemem ze względu na zmniejszenie właściwości materiału w porównaniu z pierwotnym polimerem.

Innym ważnym czynnikiem ograniczającym jest to, że proces może mieć wpływ naprężenia na strukturę polimeru, tak jak naprężenia termalne i fizyczne podczas ponownego przetwarzania tworzywa sztucznego. Oznacza to, że metoda prawdopodobnie nie pozwoli na nieskończony recykling tworzywa sztucznego.

Efektywność środowiskowa.

W badaniu finansowanym przez rząd holenderski przeprowadzono kilkadziesiąt badań przesiewowych LCA nad technologiami recyklingu chemicznego w celu ustalenia, czy mogą one pasować do holenderskiego systemu gospodarowania odpadami.

Chociaż wyniki badań nie są wystarczająco szczegółowe, aby przyjąć ogólne założenia, porównanie metod waste-to-energy z rozpuszczalnikowym oczyszczaniem polistyrenu ekspandowanego (EPS) wykazało znaczące korzyści dla zmian klimatu dla tych ostatnich.

Ponieważ jednak technologia ta nie osiągnęła jeszcze skali komercyjnej, trudno jest wyciągnąć solidne wnioski. Badania do date opierały się na scenariuszach określających bardzo specyficzne dane wejściowe strumienia odpadów, aby zapewnić pomyślne oczyszczenie.

Streszczenie.

Według raportu na temat recyklingu chemicznego autorstwa Hann and Connock (2020) tutaj jesteś podsumowaniem zalet i wad oczyszczania rozpuszczalników.

Zalety:

- Wykazano, że oddziela mieszanki tekstyliów polibawelnianych.
- Łagodne dla środowiska rozpuszczalniki zostały pomyślnie przetestowane w skali laboratoryjnej.
- Ogólnie rzecz biorąc, umożliwia odzyskanie rozpuszczalnika do ponownego użycia.
- Proces ten został poddany ocenie deontologicznej w celu odzyskania niedocelowych produktów ubocznych do waloryzacji.

Wady:

- Zazwyczaj wymaga jednorodnych strumieni odpadów jako danych wejściowych, często wymagających rozległych technologii obróbki wstępnej/sortowania.

- Brak informacji dotyczących ilości odczynników chemicznych i innych materiałów uzupełniających, np. katalizatorów.
- Brak jasności co do ogólnych nakładów energii związanych z technologiami, procesami często wymagającymi dużych nakładów energii.
- Brak informacji o plonach na poziomie roślin.
- Ogólny brak zrozumienia poziomu zanieczyszczenia, z którym technologie mogą sobie poradzić, a zanieczyszczeniami nie ma mowy po oczyszczeniu monomeru.
- Niewiele uwagi w publikowanych informacjach podanych w odniesieniu do niebezpiecznych czynników produkcji/produktów ubocznych.
- Brak zweryfikowanych danych dotyczących efektywności środowiskowej dla większości technologii.

PROJECT INFO

Grant Agreement	612212-EPP-1-2019-1-ES-EPPKA2-KA
Programme	Erasmus+
Key Action	Cooperation for innovation and the exchange of good practices
Action Type	Knowledge Alliances for higher education
Project Title	PackAlliance: European alliance for innovation training & collaboration towards future packaging
Project starting date	01/01/2020
Project end date	31/12/2022
Project duration	3 years

This project has received funding from the European Union

PROJECT CONSORTIUM



Copyright: CC BY-NC-SA 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

With this license, you are free to share the copy and redistribute the material in any medium or format. You can also adapt remix, transform and build upon the material.



However only under the following terms:

Attribution — you must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use.

NonCommercial — you may not use the material for commercial purposes.

ShareAlike — if you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original.

No additional restrictions — you may not apply legal terms or technological measures that legally restrict others from doing anything the license permits.

The information and views set out in this report are those of the authors and do not necessarily reflect the official opinion of the European Union. Neither the European Union institutions and bodies nor any person action on their behalf may be held responsible for the use, which may be made of the information contained therein.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union