

Wprowadzenie

1.1 Wprowadzenie do materiałów polimerowych i przetwarzania polimerów

1.1.1 . Materiały polimerowe

W tej lekcji przeanalizowane zostaną różnice między materiałami polimerowymi dotyczące ich zdolności do recyklingu.

Rodzaje materiałów polimerowych

Zrozumienie natury i zachowania materiałów polimerowych jest niezbędne do recyklingu tworzywa sztucznego.

W zależności od ich struktury molekularnej i dróg przetwarzania, materiały polimerowe można podzielić na trzy główne kategorie: tworzywa termoplastyczne, termoutwardzalne i elastomery.

Elastomery nie będą omawiane w tym kursie, ponieważ ich zastosowania w opakowaniach i towarach konsumpcyjnych są rzadkie.

Przyjrzyjmy się bliżej tworzywom termoplastycznym i termoutwardzanym.

Termoplastycznych

Tworzywa termoplastyczne można zdefiniować jako materiały, których struktura mięknie i twardnieje w odwracalny sposób podczas ogrzewania i chłodzenia. Z tego powodu materiały termoplastyczne mogą być topione i ponownie przetwarzane w celu ich recyklingu.

Teoretycznie zmiany te są odwracalne i nie pociągają za sobą modyfikacji struktury chemicznej polimeru. Tak więc w idealnej sytuacji materiały termoplastyczne mogłyby być wielokrotnie poddawane recyklingowi.

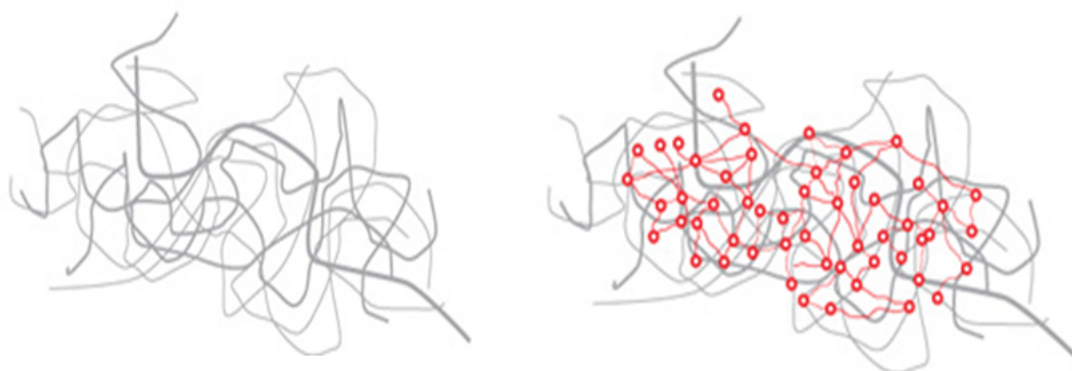
W praktyce podczas procesu recyklingu dochodzi do pewnej degradacji termicznej i oksydacyjnej oraz można spodziewać się zmiany właściwości materiału końcowego.

Kiedy tworzywa termoplastyczne są topione, cząsteczki polimeru nie wiążą się ze sobą chemicznie. Łańcuchy termoplastyczne są utrzymywane razem przez słabe przyciąganie chemiczne (tj. Siły van del Waalsa) lub przez splątanie łańcuchów cząsteczek.

Tworzywa termoplastyczne, np. poliolefiny, poliamidy i poliestry, są wykorzystywane do produkcji wielu towarów konsumpcyjnych, takich jak butelki, torebki i folie. Poniższa lista przedstawia niektóre popularne materiały termoplastyczne i wybrane zastosowania.

Polimer termoplastyczny	Aplikacji
Polietylen o wysokiej gęstości (HDPE)	Opakowania, zbiorniki, butelki, skrzynie, folie
Polietylen o niskiej gęstości (LDPE)	Opakowania, torby na artykuły spożywcze, zabawki, pokrywki
Liniowy polietylen o niskiej gęstości (LLDPE)	Opakowanie
Polipropylen (PP)	Nakrętki, garnki, butelki, folie, garnki na jogurty, walizki, tuby, wiadra, dywany, osłonki baterii, liny
Polistyren (PS)	Garnki jogurtowe, spienione tace, przezroczyste nakrętki
Poliamid (PA)	Worki próżniowe, żyłki, kółka do rolek, odzież
Politereftalan etylenu (PET)	Butelki, garnki
Polichlorek winylu (PVC)	Opakowania do żywności, podłogi, rury

Termoutwardzalne są zwykle topione w podobny sposób jak tworzywa termoplastyczne, ale stają się nieodwracalnie trudne podczas ogrzewania lub przez dodanie specjalnych chemikaliów. To utwardzanie obejmuje proces utwardzania, który obejmuje generowanie wiązań chemicznych między liniowymi cząsteczkami polimerowymi w celu utworzenia pojedynczej usieciowanej makrocząsteczki. Poniższy rysunek ilustruje różnice w strukturze molekularnej między materiałami termoplastycznymi i termoutwardzalnymi.



Rysunek. Układy termoplastycznych (po lewej) i termoutwardzalnych (po prawej) łańcuchów molekularnych.

Po uformowaniu termoutwardzalne tworzywa sztuczne nie mogą być ponownie przetworzone, a ważne zmiany strukturalne zachodzą, zanim będą mogły się ponownie stopić. W związku z tym złom materiałów termoutwardzalnych nie może być poddawany recyklingowi jako skrawki termoplastyczne.

Termoutwardzalne są stosowane tam, gdzie wymagana jest wytrzymałość i trwałość. Niektóre przykłady popularnych materiałów termoutwardzalnych i ich zastosowań są wyświetlane na poniższej liście.

Termoutwardzalny polimer	Aplikacja
Epoksydowa	Kleje, izolatory, nawierzchnie techniczne
Melamina- żywica formaldehydowa	Laminaty żaroodporne, twarde powierzchnie
Fenolowych	Odporne na ciepło uchwyty na przybory kuchenne
Poliuretan (PU)	Sztywne lub elastyczne pianki do tapicerki i izolacji
Poliestry nienasycone	Ścianki działowe budynków, boki tosterów

Tworzywa termoplastyczne a termoutwardzalne

Tak więc, mając na uwadze ich operacje pr, jak porównują się polimery termoplastyczne i termoutwardzalne?

Polimery termoplastyczne mają następujące właściwości:

- Cząsteczki słabych, prostych łańcuchów łączy się między nimi, które mogą zostać zerwane przez ogrzewanie.
- Są one polimeryzowane przez dostawcę materiału w pierwszym kroku.
- Są elastyczne i elastyczne.
- Rozpuszczają się w rozpuszczalnikach organicznych.
- Podczas ogrzewania mięknią i ostatecznie topią się.
- Ich temperatura topnienia jest niższa niż ich temperatura degradacji.
- Są one w postaci stałych granulek już spolimeryzowanego materiału przed przetworzeniem.
- W stanie stałym wykazują stosunkowo miękką strukturę zbudowaną z twardych obszarów krystalicznych wraz z elastycznymi obszarami amorficznymi.

Polimery termoutwardzalne wykazują następujące właściwości:

- Mają silne wiązania chemiczne, w tym wiązania krzyżowe.
- Nie rozdzielają się na ogrzewanie.
- Podczas przetwarzania poddawane są dwustopniowej polimeryzacji.

- Są twarde i kruche.
- Nie rozpuszczają się w rozpuszczalnikach organicznych.
- Podczas ogrzewania zwiężają się, a nie topią.
- Ich temperatura degradacji jest niższa niż temperatura topnienia.
- Są w stanie ciekłym przed przetworzeniem.
- W stanie stałym ich struktura składa się z żywicy przeplatanej wzmacniającym fibre.

Krótkie pytania:

- Materiały termoplastyczne, które są zwykle obecne w wielu rozwiązaniach opakowaniowych, są zwykle bardziej elastyczne, łatwe w obróbce i nadają się do recyklingu niż materiały termoutwardzalne. Czy to prawda? (T/N)
- Klasyfikuj następujące materiały, biorąc pod uwagę ich charakter (termoplastyczny lub termoutwardzalny). 1) Polietylen o wysokiej gęstości; 2) Politereftalan etylenu; 3) Nylon 66; 4) Klej epoksydowy; 5) Poliuretan ekspandowany (**1) termoplastyczny - poliolefina; 2) tworzywo termoplastyczne - poliester; 3) termoplastyczny - poliamid; 4) termoutwardzalny - żywiczny; 5) termoutwardzalny - pianka**).

1.1.2 Przetwarzanie tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu.

W tej lekcji poznasz główne aspekty, które należy wziąć pod uwagę podczas ponownego przetwarzania materiałów z tworzyw sztucznych.

Wybór technik przetwarzania

Przy wyborze technik przetwarzania materiałów pochodzących z recyklingu ważne jest, aby rozróżnić rodzaj odpadów, które chcemy przetwarzać.

Jednorodny strumień odpadów może być ponownie przetwarzany na tej samej maszynie, na której przetwarzane są materiały pierwotne.

Heterogeniczny strumień zmieszanych odpadów z tworzyw sztucznych może być również przetwarzany, w niektórych przypadkach, na tychmachines, ale może mieć zastosowanie szereg szczególnych technik ponownego przetwarzania. Krótkie wprowadzenie do każdego z tych procesów zostanie przedstawione w tej lekcji wraz z przykładami ich użycia.

Wytłaczania

Wytłaczanie jest ciągłym procesem produkcji komponentów, takich jak rury lub arkusze. Proszę zrewidować moduł 2 lekcje, aby uzyskać szczegółowy opis wytłaczania jako techniki przetwarzania tworzyw sztucznych.

Wytłaczarki mogą być dwojakiego rodzaju, maszyny jednośrubowe lub dwuśrubowe. Te dwa rodzaje sprzętu wykonują nieco inne zadania, chociaż podstawowe zasady dotyczą obu. Zaczniemy od dyskusji na temat mieszania wytłaczania, ponieważ ma to szczególne znaczenie w dziedzinie recyklingu mechanicznego.

Termin compounding obejmuje różne etapy między syntezą polimeru a jego ostatecznym uformowaniem w maszynie procesowej. Może to obejmować podawanie lub przenoszenie materiału do maszyny, dozowanie odpowiedniej ilości i mieszanie polimeru z innymi materiałami, takimi jak dodatki. Wreszcie, obejmowałyby to granulację końcowego materiału z tworzywa sztucznego, na przykład w celu wykorzystania jako surowiec do formowania wtryskowego lub maszyn do formowania z rozdmuchem. Trasa mieszania jest przedstawiona na poniższym rysunku.



Ogólnie rzecz biorąc, **dozowanie i podawanie** wymaga użycia przenośników mechanicznych, takich jak ślimaki zasilające, taśmy przenośnikowe lub wibracyjne zamknięcia. Większe operacje mogą wykorzystywać silosy sterowane ciśnieniowo lub próżniowo do dostarczania materiału do wytłaczarki lub stacji mieszania. W wielu przypadkach wymagane jest dokładne dozowanie, a podajniki grawimetryczne lub wolumetryczne mogą to osiągnąć. Spośród nich systemy grawimetryczne mają wyższą dokładność, ale wyższą cenę. Po odmierzaniu wymaganych składników złożonych należy je wymieszać.

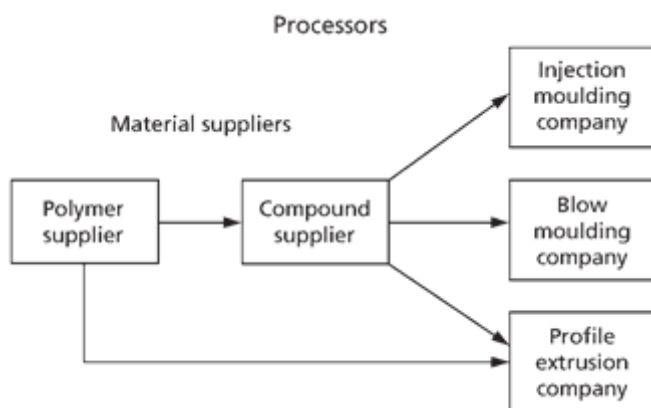
Celem **mieszania** jest rozproszenie składników w celu wytworzenia jednorodnej mieszaniny. Można to zrobić w temperaturze pokojowej, po prostu mieszając bębnowo w celu uzyskania suchej mieszanki. Alternatywnie składniki mogą być mieszane na gorąco. Zasadniczo gorące mieszalniki znajdują się bezpośrednio nad wytłaczarką, dzięki czemu stopioną mieszaninę można wlać bezpośrednio do wytłaczarki.

Plastyfikacja jest konieczna w celu wymieszania i stopienia materiału w celu wytworzenia mieszaniny, która jest zarówno jednorodna, jak i formowalna. Ta praca jest wykonywana przez wytłaczarki.

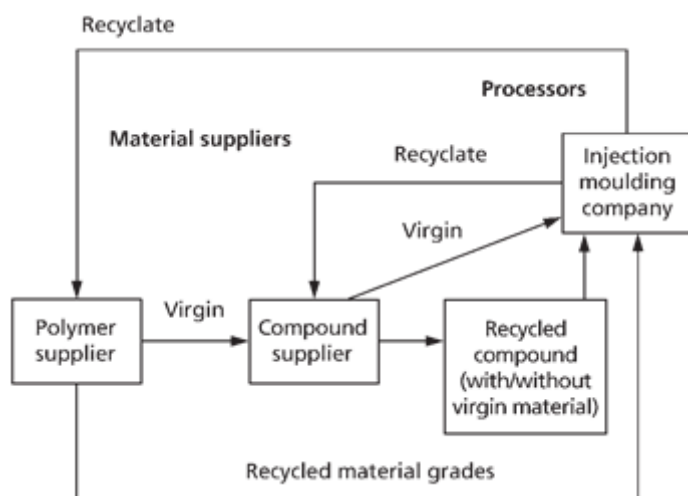
Zastosowane urządzenie **tnące** zależy od produktu. Rury, arkusze i profile muszą być cięte na określone długości za pomocą piły. Granulatory obrotowe, znane również jako przecinarki do nici, są używane do produkcji peletu.

Dostawcy tworzyw sztucznych często przeprowadzają mieszanie. Otrzymają pewną ilość pierwotnego polimeru bazowego, takiego jak polipropylen, od producenta polimerów i stworzą szereg różnych formuł i gatunków do sprzedaży swoim klientom, którzy będą wymagać materiałów, które mogą zaspokoić specyficzne potrzeby ich zastosowań końcowych. Na przykład, po prostu dodając pigmenty, mogą stworzyć gamę kolorów. W niektórych przypadkach proces ten może być ciągły: zamiast peletyzacji, wynikiem może być wytłaczany produkt, taki jak rura.

Biorąc pod uwagę historię termiczną tworzyw sztucznych, większość materiałów przejdzie już przez pewien cykl przetwarzania, zanim jeszcze trafi do ostatecznego producenta, aby wyprodukować nadające się do sprzedaży komponenty produkcyjne. Przykłady możliwych łańcuchów dostaw przedstawiono na poniższym rysunku.



Rozważając recykling tych materiałów, może działać podobny łańcuch dostaw. Materiały recyklatowe mogą być wykorzystywane przez dostawcę polimerów lub dostawcę związków do produkcji gatunków zawierających wszystkie materiały recyklatowe, mieszaninę recyklatu i dodatków lub mieszaninę recyklatu i materiału pierwotnego. Możliwy łańcuch dostaw recyklatów przedstawiono na następnym rysunku.



Wtryskowe

Formowanie wtryskowe jest jednym z najczęstszych obecnie stosowanych procesów produkcyjnych. Nadaje się do produkcji wielkoseryjnej zarówno złożonych, jak i precyzyjnych części o różnych zastosowaniach. Popraw lekcję w module 2, aby uzyskać szczegółowy opis tej techniki.

Oprócz odrzucania form wtryskowych, odpady są również wytwarzane przez kanały używane do podawania stopionego tworzywa sztucznego z jednostki wtryskowej do formy. Te, jak również odrzucające listwy, mogą być wprowadzane z powrotem do maszyny, jeśli zostanie zachowana ostrożność, aby uniknąć zanieczyszczenia.

Formowanie wtryskowe jest złożone i kontrolowane przez szereg parametrów. Można stosować szereg materiałów i lepkości materiałów, jednak mieszaniny tworzyw sztucznych, jeśli nie jednorodne, mogą powodować wahania w procesie i utrudniać uzyskanie form o stałej jakości.

Jeśli stosowane są mieszaniny materiałów o różnych temperaturach topnienia, mogą wystąpić problemy, chyba że zostanie osiągnięta temperatura najwyższej frakcji topnienia. Niestopiony materiał będzie widoczny w listwach, poważnie wpływając na integralność mechaniczną. Podobnie zanieczyszczenia, takie jak brud, drewno i inne pozostałości, będą również widoczne w listwach.

Filtry stopione mogą być stosowane do wychwytywania stosunkowo niewielkich zanieczyszczeń, które nie topią się i zapobiegają przedostawaniu się ich do listew. Jednym ze sposobów zapobiegania tego typu widocznym zanieczyszczeniom jest stosowanie formowania wtryskowego.

Istnieje wiele odmian procesu formowania wtryskowego, z których jednym, który ma szczególne zastosowanie do recyklatów, jest **formowanie wtryskowe**. Formowanie wtryskowe wytwarza strukturę podobną do warstwy, która może być używana do hermetyzacji materiałów recyklatujących, pokrywając je warstwą dziewiczego materiału skórnego (patrz następny rysunek).



Formowanie z rozdmuchem

Blow moulding jest trzecim najważniejszym z handlowego punktu widzenia procesem produkcji tworzyw sztucznych po wytłaczaniu i formowaniu wtryskowym. Służy do produkcji szeregu pustych artykułów, na przykład butelek, zbiorników paliwa i innych dużych pojemników. Szczegółowy opis technik formowania z rozdmuchem znajduje się w module 2. Recyklaty pochodzące z innych strumieni odpadów są trudniejsze do przetworzenia poprzez formowanie z rozdmuchem ze względu na problemy zanieczyszczenia i zmiany właściwości mechanicznych stopionych recyklatów. Pamiętaj, że kryteria dla materiału do formowania z rozdmuchem są dość specyficzne:

- Musi mieć odpowiednią lepkość.
- Musi mieć wysoką wytrzymałość na topnienie.
- Musi być rozszerzalny podczas pompowania (często podaje się to jako wskaźnik inflacji dla materiału).
- Musi być w stanie uszczelnić u podstawy listwy.

To sprawia, że rozdmuch materiałów pochodzących z recyklingu nie jest niemożliwy, ale trudny, ponieważ należy dokonać odpowiednich ustaleń, zanim powstały materiał będzie mógł zostać przetworzony w taki sam sposób, jak oryginalny.

Oprócz możliwego wpływu zanieczyszczeń na lepkość, mogą one również powodować problemy z procesem inflacji. Podczas pompowania materiał rozszerza się w stałym tempie, aby uzyskać stałą grubość ścianki w całym korpusie formy. Zanieczyszczenia mogą powodować pęknięcie, rozrywanie lub wpływać na zdolność parison do uszczelnienia u podstawy. Wreszcie, istnieje ograniczenie kolorystyczne materiałów do ponownego przetwarzania, zwłaszcza mieszanek różnych kolorów. Często, aby uzyskać jednolity kolor, dodaje się czarną przedmieszkę, aby zamaskować podstawowe kolory recyklatów. Może to ograniczyć potencjalne rynki zbytu dla produktów. Jednak jednym z rozwiązań, aby to przezwyciężyć, jest użycie więcej niż jednej wylączarki do produkcji wielowarstwowego parzyża. Proces ten nazywany jest **wielowarstwowym wylączaniem z rozdmuchem**.

Wielowarstwowe zapewniają sposób włączania recyklatów i maskowania nieodłącznego koloru samego recyklatu. Rozważmy na przykład dwuwarstwową strukturę butelki, w której użyto niebieskiego materiału pierwotnego jako zewnętrznej widocznej warstwy i czarnego recyklatu jako warstwy wewnętrznej. Gdybyś rzeczywiście zajrzał do butelki, zobaczyłbyś czarny materiał recyklatu, ale cała zewnętrzna powierzchnia byłaby niebieska.

Możliwe konfiguracje warstw są pokazane na załączonym rysunku. Konfiguracja 3-warstwowa dla recyklatów może być lepsza niż 2-warstwowa, ponieważ warstwa wewnętrzna wpływa przede wszystkim na wytrzymałość linii spawania na podstawie formy. Szew ten może być potencjalnie osłabiony recyklatem. Istnieje inny potencjalny problem z konfiguracją 2-warstwową: recyklat może nie być odpowiednim materiałem do kontaktu z zawartością pojemnika. Może to być spowodowane problemami ze zgodnością chemiczną lub po prostu tym, że wykończenie powierzchni materiału recyklatu nie byłoby wystarczająco wysokiej jakości dla pożądanego produktu. Konfiguracja 3-warstwowa rozwiązuje ten problem. Rozdmuchiarki umożliwiają dokładną kontrolę grubości poszczególnych warstw, dzięki czemu można zoptymalizować poziom każdej z warstw. Ogólnie rzecz biorąc, warstwa wewnętrzna i zewnętrzna zajmowałyby 10-20% całkowitej grubości, a reszta składałaby się z materiału recyklatu.



Niektóre zastosowania mogą wymagać zastosowania dodatkowej warstwy barierowej, na przykład zbiorniki paliwa wymagają bariery nieprzepuszczalnej dla paliwa, a pojemniki na żywność, takie jak ketchup pomidorowy, mogą wymagać bariery, aby zapobiec przedostawaniu się zapachów przez zewnętrzne warstwy. Najprostszą konfiguracją bariery zawierającą recyklat jest struktura 4-warstwowa, jak pokazano na rysunku. Warstwa kleju jest potrzebna do połączenia warstw ze sobą, ponieważ często wymagane kombinacje materiałów nie przyklejają się do siebie.

Włączenie złomu do wytłaczania z rozdmuchem zwykle nie stanowi problemu. Biorąc jednak pod uwagę szczególne wymagania procesu formowania z rozdmuchem pod względem lepkości, wytrzymałości na topnienie i właściwości nadmuchiwanie, materiały z innych strumieni odpadów raczej nie będą odpowiednie. Proces formowania z rozdmuchem jest stosunkowo nietolerancyjny na zanieczyszczenia ze względu na wpływ na zdolność do nadmuchiwanie paryża i równomierność produkowanej grubości ścianki. W przypadku stosowania recyklatów należy zwrócić szczególną uwagę na obszar zszywania, aby uzyskać odpowiednią wytrzymałość spoiny.

folii

Odpady procesowe nie są wytwarzane w dużych ilościach w maszynach do wydmuchiwania folii, a materiał może być ponownie przetworzony, pod warunkiem, że pozostaje wolny od zanieczyszczeń.

Podobnie jak w przypadku formowania z rozdmuchem, duże okluzja lub zanieczyszczenia w procesie mogą powodować problemy z pękaniem i inflacją. Aglomeracja może być konieczna do wspomaganie żywienia w niektórych przypadkach, ze względu na niskie zagęszczenie nasypowe rozdrobnionych folii.

Dostępne są duże ilości złomu foliowego, ze względu na krótki okres eksploatacji związany z opakowaniami i przemysłowymi materiałami filmowymi, takimi jak torby na zakupy, wkładki do pojemników na śmieci i plastikowe worki. Typowy okres użytkowania produktów tego typu wynosi tylko dwa lata.

100% materiał recyklatowy może być stosowany w aplikacjach niskiej jakości, takich jak wkładki do pojemników. Inne produkty, takie jak torby na zakupy, mogą zawierać złom wraz z materiałem pierwotnym w celu obniżenia kosztów.

Ponownie, podobnie jak formowanie z rozdmuchem, rozdmuchiwanie folii ma specyficzne wymagania materiałowe pod względem wytrzymałości na topnienie, lepkości i właściwości nadmuchiwanie. Ogólnie rzecz biorąc, folii jest ograniczone do materiałów poliolefinowych, większość zastosowań to LDPE, LLDPE i HDPE.

Formowanie ciśnieniowe

Formowanie kompresyjne służy do produkcji zarówno produktów termoplastycznych, jak i termoutwardzalnych.

We wszystkich dotychczasowych procesach wykorzystywano materiały w postaci granulowanej. Formowanie kompresyjne często jednak wykorzystuje surowce w postaci

arkuszy. Sekcje zwane półfabrykatami, o odpowiedniej wadze, są wstępnie podgrzewane, a następnie umieszczane w narzędziu do formowania kompresyjnego. Jest on następnie zamykany, aby utworzyć komponent. Ze względu na użycie arkuszy zamiast granulek koszty surowców są znacznie wyższe, ponieważ produkcja arkuszy jest droższa niż granulek. Jeden z powszechnych rodzajów arkuszy jest znany jako transfer maty szklanej (GMT); składa się z polipropylenu i wysokiej zawartości włókna szklanego.

Każdy recyklat może być użyty do wykonania kolejnych arkuszy GMT. Jednak poziomy szkła i charakterystyka przepływu arkusza mogą być różne. Ponieważ są one zazwyczaj dostarczane producentom przez dostawcę, recykling GMT przez same frezarki ciśnieniowe nie jest powszechny.

Możliwe jest formowanie ciśnieniowe mieszanych tworzyw sztucznych. Konieczne jest wstępne przetopienie materiałów w odpowiedni ważony "blank" i umieszczenie go w formie. Formowanie odbywa się następnie w normalny sposób. W ten sposób można wykonać grube sekcje; jednak ich właściwości zwykle nie są zbyt dobre.

Termoformowanie

Podobnie jak formowanie kompresyjne, termoformowanie wykorzystuje arkusze, a nie granulki. W tym procesie arkusze są zaciskane na ramie, a następnie podgrzewane, aby zmiękczyć, ale nie stopić, plastik. Następnie forma styka się z arkuszem podczas nakładania próżni. To rysuje arkusz na powierzchni formy i tworzy formowanie. Formowanie musi być przycięte w celu usunięcia nadmiaru materiału arkusza. Złom ten może zostać zwrócony dostawcy arkuszy w celu wykorzystania go do produkcji nowego arkusza.

Procesy włączania zmieszanych odpadów z tworzyw sztucznych

Kolejne trzy procesy są odpowiednie dla mieszanych i bardziej zanieczyszczonych strumieni odpadów. Istnieją operacje handlowe każdego z tych procesów, występują różnice w zależności od rodzaju przetwarzanych odpadów. Przedstawiono tutaj tylko przegląd każdego ogólnego procesu.

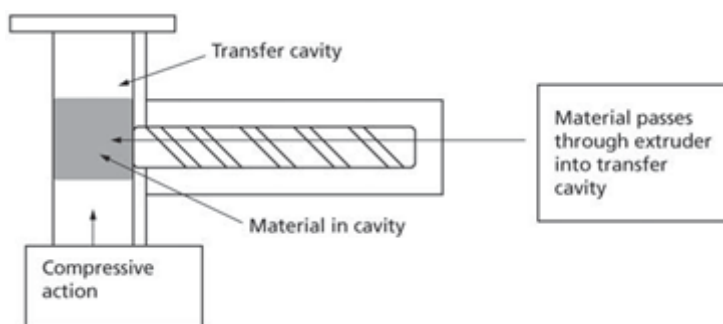
- **Formowanie włamaniowe.**

Proces wtargnięcia jest odpowiedni dla mieszanych tworzyw sztucznych. Ogólnie rzecz biorąc, są one drobno mielone przed przetworzeniem, aby wspomóc dyspersję. Proces ten ma elementy wyłaczania, w których do zmiękczenia mieszaniny stosuje się jednostkę plastyfikującą, która jest następnie wprowadzana do formy, a następnie chłodzona. W systemach obrotowych można napełnić wiele narzędzi, ponieważ inne są chłodzone (zwykle przez zanurzenie ich w wodzie). Po ochłodzeniu tworzywa sztucznego można je wyrzucić lub usunąć w zależności od rodzaju użytej formy. Proces jest tolerancyjny na zanieczyszczenia, takie jak mieszane tworzywa sztuczne, piasek, szkło, drewno i papier, zapewniając minimalną frakcję poliolefinową wynoszącą około 40%. Inne zanieczyszczenia osadzają się w tej niskotopliwej frakcji. Proces ten jest zwykle stosowany do produkcji dużych, geometrycznie prostych kształtów, takich jak profile i panele do zastosowań związanych z wymianą drewna, takich jak ogrodzenia, słupki i rusztowania.

- **Formowanie transferowe.**

Proces ten łączy w sobie elementy formowania wtryskowego i formowania kompresyjnego. Jest to podobne do formowania wtryskowego, ponieważ stała waga materiału jest przenoszona do formy. Formowanie transferowe zostało pierwotnie opracowane z formowania kompresyjnego, aby umożliwić produkcję bardziej złożonych części zawierających otwory, wgłębienia lub wkładki. Rezultatem był proces, w którym forma była najpierw zamykana, a materiał formujący następnie przenoszony przez działanie ściskające do wnęki. Istnieje wiele odmian, ponieważ metoda ta jest stosowana do produkcji części termoutwardzalnych, a także do mieszanych tworzyw sztucznych. Proces stosowany w przypadku zmieszanych odpadów z tworzyw sztucznych jest obecnie opisany.

Materiał jest podawany ze zbiornika stopionego do ogrzewanej beczki, gdzie jest homogenizowany i uplastyczniany. Następnie jest on wprowadzany do akumulatora stopionego, który mierzy stałą masę materiału pod niskim ciśnieniem do częściowo otwartej formy (w przeciwieństwie do wysokiego ciśnienia w procesie formowania wtryskowego) (patrz rysunek poniżej). Po zakończeniu napełniania prasa zamyka formę, a materiał jest ściskany. Gdy formowanie ostygnie i uzyska stabilność wymiarową, można je usunąć. Niskie siły zacisku wymagane w tym procesie sprawiają, że koszty sprzętu są niższe niż w przypadku konwencjonalnego formowania wtryskowego. Nie nadaje się jednak do produkcji skomplikowanych części i najlepiej może być stosowany do dość prostych części podobnych do tych wytwarzanych w procesach formowania ciśnieniowego. Jednym z takich zastosowań są palety. Proces ten ma zastosowanie zarówno do mieszanych, jak i niez mieszanych tworzyw sztucznych. Stopień innych zanieczyszczeń, które proces może tolerować, na przykład metalu, zależy od konstrukcji wylączarki i dyszy wylączarki. Pod warunkiem, że zanieczyszczenia są wystarczająco małe i że występuje wystarczająca ilość materiału z tworzywa sztucznego, aby umożliwić ich przepływ przez maszynę i z dyszy, nie należy napotykać żadnych problemów.



- **Formowanie spiekane.**

Proces formowania spieków może być stosowany z szeroką gamą mieszanych tworzyw sztucznych. Proces jest odporny na zanieczyszczenia z materiałów takich jak aluminium i papier, a panele wykonane z odpadów drzewnych zostały wyprodukowane. Formuła może być również zróżnicowana w celu wytworzenia listew o różnych właściwościach do stosowania jako panele, izolacja akustyczna lub materiały opakowaniowe.

W tym procesie płatek z tworzywa sztucznego jest uplastyczniany w podgrzanej formie i poddawany ciśnieniu.

Materiał przechodzi przez wykrywacz metalu w celu usunięcia dużych fragmentów metalu i jest rozdrabniany i dozowany do form. Następnie przechodzą one przez wieżę od góry do dołu, gdzie są ogrzewane. Ciśnienie ściskające wzrasta im dalej forma przemieszcza się w dół wieży. Najniższe formy są chłodzone powietrzem otoczenia, które następnie, po dodatkowym podgrzaniu za pomocą grzejnika, jest prowadzone w górę w przeciwnym kierunku przepływu do form. Proces ten pozwala na produkcję paneli wielkopowierzchniowych o grubości do 60 mm, z naturalnym wykończeniem lub laminowaniem w tej samej operacji. Zaletą tego procesu jest to, że surowiec może zawierać ciężką frakcję z separacji gęstości instalacji do regeneracji, a materiały nie wymagają czyszczenia przed przetworzeniem.

Dodatki do recyklatów

Dwa najważniejsze problemy związane z recyklingiem odpadów z tworzyw sztucznych z produktów poużytkowych to:

1. Degradacja tworzyw sztucznych w wyniku zarówno przetwarzania, jak i żywotności, oraz
2. Trudności związane z uzyskaniem akceptowalnych właściwości materiału podczas przetwarzania mieszanych tworzyw sztucznych.

Dodatki stabilizacyjne mogą być stosowane w celu spowolnienia degradacji tworzyw sztucznych. Inne dodatki, takie jak wypełniacze lub modyfikatory, mogą być włączone w celu poprawy właściwości recyklatów. Modyfikatory te mogą być również korzystne w mieszanych frakcjach tworzyw sztucznych. Najpierw omówione zostaną zagadnienia związane z degradacją materiałów.

Większość producentów tworzyw sztucznych ponownie przetwarza swoje odpady w celu zmniejszenia kosztów surowców, a także kosztów utylizacji odpadów. Bardzo często materiał ten jest po prostu podawany z powrotem do systemu wraz z materiałem pierwotnym. Stwarza to niewiele problemów, ponieważ zwraca się uwagę na czystość, a przetworzony materiał nie został zanieczyszczony brudem, olejem lub innymi rodzajami drebris.

Stopień degradacji, jakemu poddawane są te materiały, będzie zależał od warunków przetwarzania, którym zostały poddane, oraz od poziomów obecnych stabilizatorów. Jeśli materiały te mają być użyte do drugiego zastosowania, możliwe jest ich ponowne ustabilizowanie. W tym celu wymagana jest znajomość rodzaju i ilości pierwotnie zastosowanego stabilizatora. Niektóre stabilizatory są zużywane w procesie ochrony tworzywa sztucznego, a materiały te muszą być utrzymywane na optymalnym poziomie, aby zapewnić ciągłą ochronę. Dalsze badania mogą być wymagane w celu oceny odporności na ciepło i światło (zarówno przetwarzanie, jak i długotrwała stabilność).

- Stabilność cieplna

Połączenie ciepła i tlenu spowoduje utlenianie w polimerze, powodując degradację. Mechanizmem jest powstawanie wolnych rodników, które są wysoce reaktywnymi gatunkami chemicznymi. Reakcję tę można zaobserwować, ponieważ produkty będą miały tendencję do wykazywania przebarwień na żółte lub brązowe. Przeciwutleniacze mogą być stosowane w celu przerwania tego mechanizmu. Najczęściej stosowanymi substancjami chemicznymi są hamowane fenole, które działają jak rozkładacze rodników nadtlennokowych.

Oprócz utrudnionych fenoli można również stosować inne dodatki. Fosforyny w połączeniu z utrudnionymi fenolami mają działanie synergiczne. Ta kombinacja jest szczególnie skuteczna w przypadku poliolefin, takich jak PE lub PP.

Być może najbardziej znanym przykładem zastosowania dodatków zapobiegających degradacji termicznej jest stabilizacja termiczna polichlorku winylu. Wolne rodniki wytwarzane w tym przypadku to chlor, co prowadzi do powstawania kwasu solnego. Stabilizatory muszą zatrzymywać te reakcje, które prowadzą do korozji kwasowej urządzeń przetwórczych.

- Stabilność światła

Światło, szczególnie w zakresie ultrafioletu, może indukować fotooksydację powodując degradację i rozszczepienie łańcuchów polimerowych. Aby powstrzymać ten efekt, można zastosować trzy klasy dodatków. Dodatki te są zwykle nazywane absorberami UV, hartownikami (zmiataczami) i pułapkami rodników.

Kombinacje dodatków do określonych celów

Dodatki stosowane w danym plastiku będą w dużym stopniu zależą od zamierzonego zastosowania. Na przykład zastosowania zewnętrzne będą wymagały stabilności zarówno światła, jak i ciepła.

Skrzynie na butelki, wykonane z jednego tworzywa sztucznego polietylenu o wysokiej gęstości (HDPE), zostały szeroko zbadane. Zastosowanie 100% recyklatu bez dalszej stabilizacji spowodowało utratę właściwości mechanicznych, pęknięcie i blaknięcie koloru po sześciu miesiącach. Jednak po włączeniu HALS i absorberów UV recyklaty zachowały swoje właściwości przez ponad cztery lata.

Podsumowując, w celu pomyślnego zastosowania należy zadbać o to, aby recyklaty były odpowiednio chronione odpowiednimi dodatkami, w zależności od ich przyszłego zastosowania.

Aby trzymać się z daleka

Podczas gdy pierwotny recykling mechaniczny będzie nadal powszechną praktyką wśród przetwórców tworzyw sztucznych, wtórny recykling podlega zarówno praktycznym, jak i ekonomicznym ograniczeniom wykorzystania. Sukces zależy przede wszystkim od ekonomiki sortowania w celu uzyskania pojedynczych materiałów polimerowych oraz znajomości pochodzenia materiału i historii degradacji. Istnieją procesy zaadaptowane z konwencjonalnych maszyn w celu przyjęcia bardziej zanieczyszczonych surowców, jednak są one ograniczone w zastosowaniu do profili i paneli zastępujących drewno i nie mogą

przewyciężyć nieodłącznych ograniczeń w składzie ich surowca. Nawet te procesy wymagają również poddania surowca wstępnemu sortowaniu.

Przegląd procesów omówionych w tej lekcji znajduje się w poniższej tabeli:

Porównanie procesów					
Proces	Złożoność części	Działanie formujące	Pleśń	Rodzaje tworzyw sztucznych	Tolerancja na zanieczyszczenia
Wytłaczania	Dość proste profile	Wytłaczania	Żaden	Pojedynczy	Niski
Wtryskowe	Kompleks	Zastrzyk	Zamknięty	Pojedynczy	Niski
Formowanie wtryskowe	Kompleks	Zastrzyk	Zamknięty	Pojedyncze warstwy	Niski
Formowanie ciśnieniowe	Prosty	Kompresja	Zamknięty	Pojedynczy	Średni
Wytłaczanie z rozdmuchiwaniem	Kompleks	Inflacja	Zamknięty	Pojedynczy	Bardzo niski
Wielowarstwowe wytłaczanie z rozdmuchem	Kompleks	Inflacja	Zamknięty	Pojedyncze warstwy	Bardzo niski
Wtryskowe formowanie z rozdmuchem	Prosty	Inflacja	Zamknięty	Pojedynczy	Bardzo niski
folii	Prosty	Inflacja	Żaden	Pojedynczy	Bardzo niski
Formowanie włamaniowe	Prosty	Kompresja	Otwierać	Mieszany	Wysoki
Formowanie spieków	Prosty	Kompresja	Otwierać	Mieszany	Bardzo wysoki
Formowanie transferowe	Prosty	Kompresja		Mieszany	Wysoki

			Zamknięty		
--	--	--	-----------	--	--

1.1.3 Wpływ przetwarzania na tworzywa termoplastyczne

W tej lekcji dowiemy się, w jaki sposób przetwarzanie wpływa na właściwości tworzyw sztucznych.

Wprowadzenie

Wiemy już, jaka jest różnica między materiałami termoplastycznymi a termoutwardzalnymi pod względem ich możliwości recyklingu.

W tej lekcji skoncentrujemy się na tym, co dzieje się z materiałami termoplastycznymi podczas ich przetwarzania. Rozważymy trzy aspekty:

- Właściwości odkształcające
- Właściwości topnienia
- Właściwości strukturalne i chemiczne.

Właściwości odkształcające

Zacznijmy od badania właściwości odkształceniowych. Aby skupić się na deformacji, musimy porozmawiać o reologii.

Reologia to badanie deformacji i przepływu produktów płynnych.

Tworzywa sztuczne wykazują lepkosprężystą reakcję na stres. Innymi słowy, tworzywa sztuczne to polimery, które łączą w sobie zarówno lepkie, jak i elastyczne właściwości. Co to dokładnie oznacza?

Właściwości lepkie odnoszą się do sposobu, w jaki materiał nadal się odkształca, dopóki stosowane jest naprężenie.

Właściwości sprężyste odnoszą się do zdolności materiału do odzyskania pierwotnego kształtu po usunięciu naprężeń.

Polimery są bardziej lepkie niż większość cieczy, co oznacza, że ich opór przepływu po przyłożeniu naprężenia jest wyższy niż w przypadku większości cieczy. Ponadto polimery są bardziej elastyczne niż większość produktów stałych, co oznacza, że mają tendencję do powrotu do pierwotnego kształtu, gdy ustaje naprężenie.

Interakcja między lepkością a elastycznością często decyduje o losie każdej operacji przetwarzania. Przetwarzanie musi uwzględniać nie tylko sposób przepływu polimerów w stanie stopionym, ale także to, jak właściwości reologiczne będą się zmieniać, gdy polimery topią się i krzepną, gdy temperatura wzrasta lub spada.

Gdy polimer ulega degradacji, jego lepkość maleje. Wykres zmian zachodzących podczas wielokrotnego recyklingu materiału może dać miarę zachodzących procesów degradacji.

Właściwości eformacyjne D: przykład

Przyjrzyjmy się temu, co dzieje się z dwoma popularnymi materiałami: polietylenem o niskiej gęstości (LDPE) i nylonem (PA).

Jako materiał półkryształiczny, LDPE zamienia się w ciało stałe w silnie lepki płyn, a następnie w płyn ruchomy, gdy jest podgrzewany.

Jako materiał amorficzny, PA zamienia się dość nagle w ciało stałe w wysoce płynną substancję.

Oznacza to, że polimery te reagują inaczej na ciepło i naprężenia na nie nałożone. Tak więc metody i warunki ich przetwarzania będą z konieczności inne.

Łatwą metodą porównywania przepływu stopionych tworzyw sztucznych w wcześniej zdefiniowanych warunkach jest określenie go za pomocą wskaźnika przepływu stopu. To urządzenie działa w podobny sposób jak wyciskanie pasty do zębów z tubki. Pionowe obciążenie jest przykładane do tłoka, a stopiony polimer jest ściskany przez matrycę. Ilość polimeru wytłaczanego w ustalonym czasie zapewnia wskaźnik przepływu stopu (MIF). Materiały o wysokiej lepkości mają niskie MIF, podczas gdy bardzo płynne materiały wykazują wysokie MIF.

Właściwości topnienia

Tworzywa termoplastyczne muszą być podgrzewane powyżej ich temperatury topnienia, aby mogły płynąć.

Jak widać, temperatura topnienia może znacznie zmienić się z jednego materiału na drugi. Nawet w obrębie tego samego materiału różne struktury mogą prowadzić do znacznych zmian temperatury topnienia.

Po podgrzaniu polimeru powyżej temperatury topnienia lepkość gwałtownie spada. Tempo zmian zależy również od konkretnego rodzaju materiału. Ostatecznie osiąga się punkt, w którym materiały stają się niestabilne termicznie i zaczynają ulegać degradacji. Jest to problem podczas przetwarzania mieszanych tworzyw sztucznych, ponieważ frakcje składające się na mieszaninę stopią się i zaczną ulegać degradacji w różnych temperaturach.

Tak więc posiadanie jednorodnej mieszaniny ma ogromne znaczenie w recyklingu tworzyw sztucznych.



Właściwości topnienia: przykład

Aby zachować prostotę na tym etapie, pomyśl o mieszaninie więcej niż jednego tworzywa sztucznego jako heterogenicznej mieszaninie i mieszaninie tego samego tworzywa sztucznego co jednorodnego tworzywa sztucznego.

Oto niektóre z topniejących punktów popularnych materiałów z tworzyw sztucznych.

- Polietylen (PE): 135 °C
- Polipropylen (PP): 170 °C
- Polistyren (PS): 240 °C
- Politereftalan etylenu (PET): 245 °C
- Poliamid 6 (PA6): 233 °C

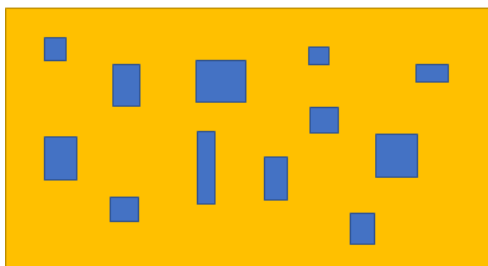
Rozważmy frakcję odpadów, która zawiera 90% PE i 10% PA6.

Jeśli przetworzymy odpady w temperaturze odpowiedniej dla frakcji PE (135 °C), frakcja PA6 nie stopi się (233 °C) i będzie przenoszona w strumieniu stopu. Produktem końcowym byłby niejednorodny blend zawierający granulki niestopionego materiału. Niestopione granulki byłyby punktami mechanicznej słabości w formie, tak jakby po prostu wypełniały otwory bez celu. Tylko wtedy, gdy niestopione regiony są bardzo małe, nie byłyby szkodliwe dla właściwości materiału.

Teraz rozważ ponownie tę samą mieszankę PA6 i PE. Co by się stało, gdyby mieszanina została przetworzona nieco powyżej 233 °C? W tym przypadku temperatura jest znacznie wyższa niż PE byłaby zwykle przetwarzana i może zacząć ulegać degradacji termicznej, co może spowodować znaczną utratę właściwości mechanicznych tworzywa sztucznego.

Tak więc przy przetwarzaniu mieszanych tworzyw sztucznych często wymagane są próby w celu wybrania najlepszych materiałów wlotowych i optymalnych warunków przetwarzania. Ale jak można się domyślić, staje się to niezwykle trudne podczas przetwarzania odpadów z tworzyw sztucznych, ponieważ właściwości materiałów wsadowych są bardzo trudne do kontrolowania.

**Moulding containing rough
pieces of unmelted polymer
(bad mechanical properties)**



**Moulding containing a finely
dispersed unmelted polymer
(improved mechanical properties)**



Zmiany strukturalne i chemiczne

Oprócz wpływu ciepła na polimer należy również wziąć pod uwagę wpływ sił naprężeń ścinających.

Ścinanie powoduje uszkodzenia mechaniczne i zrywa łańcuchy polimerowe. Tak więc bardzo duże siły ścinające prowadzą do degradacji materiału.

Mając to na uwadze, dobra stabilność termiczna jest wymogiem dla większości operacji przetwarzania polimerów, ponieważ połączone działanie ciepła i ścinania może powodować degradację.

Tak więc, w połączeniu z ciepłem, ścinanie zmniejszy długość łańcuchów polimerów. Wpłynie to na:

- Masa cząsteczkowa i lepkość.
- Właściwości mechaniczne (np. odporność na rozciąganie i uderzenia)
- Kolor

Należy wziąć pod uwagę czas przebywania materiału w maszynie przetwórczej. Typowy czas przebywania może wynosić 3-5 minut. Dłuższy czas przebywania może powodować pogorszenie termiczne. Ponadto, w cyklu zamkniętej pętli, złom może być wielokrotnie ponownie mielony i ponownie przetwarzany.

Naprężenie ścinające ma zastosowanie nie tylko do stopionych polimerów. Jest to również istotne na etapach szlifowania i cięcia złomu, gdy są one w stanie stałym.

Sposób, w jaki wpływa to na właściwości materiału, będzie zależał od konkretnej reakcji materiału za każdym razem, gdy ulega on procesom degradacji i od sposobu mieszania przemiału, na przykład z nowym materiałem. Ścinanie mechaniczne jest podstawowym mechanizmem pogarszania właściwości mechanicznych, takich jak wytrzymałość na rozciąganie. Szlifowanie mechaniczne w celu zmniejszenia wielkości stałych tworzyw sztucznych jest drugim najważniejszym czynnikiem. Ponieważ działania związane z mieszaniem, przetwarzaniem i zmniejszaniem rozmiaru mają wpływ na ścinanie materiału polimerowego, należy ocenić poziom uszkodzenia tworzywa sztucznego.



ZAKOŃCZENIE ZAJĘĆ LEKCYJNYCH

W poniższym linku znajdziesz interesujący esej na temat mechanicznego recyklingu tworzyw sztucznych, który możesz zachować.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/marc.202000415>

Nie musisz czytać tego wszystkiego, jeśli nie chcesz. Skoncentrować się na punkcie 3 (Recykling mechaniczny politereftalanu etylenu). Zachowaj artykuł, ponieważ omówimy niektóre informacje przedstawione w sesji online.

Sekcja informuje o degradacji, że PET cierpi z powodu pewnych zjawisk degradacji. Poszukaj informacji i odpowiedz krótko i własnymi słowami na następujące pytania:

a) Co to jest sieciowanie i jakie są konsekwencje sieciowania dla właściwości materiałów PET?

a) Jak zmienia się wytrzymałość na rozciąganie i odporność na uderzenia PET wraz ze wzrostem liczby recyklatów?

1.1.4 Potrzeba sortowania tworzyw sztucznych

W tej lekcji dowiesz się, dlaczego tak ważne jest zajęcie się skuteczną klasyfikacją tworzyw sztucznych.

Dlaczego sortowanie jest tak ważne?

Jak już widzieliśmy, ponieważ termoutwardzalne nie topią się ponownie, nie można ich ponownie przetworzyć w taki sam sposób jak tworzyw termoplastycznych. Dlatego tworzywa termoplastyczne i termoutwardzalne muszą zostać oddzielone przed recyklingiem.

Ale czy materiały termoplastyczne muszą być oddzielone od siebie? Czy możemy po prostu wymieszać wszystkie tworzywa sztuczne razem i ponownie je przetworzyć?



Niestety, odpowiedź na poprzednie pytania brzmi "nie".

Gdyby było to możliwe, recykling tworzyw sztucznych byłby z pewnością znacznie łatwiejszy. Choć mieszanie i ponowne przetwarzanie może być możliwe w niektórych szczególnych przypadkach, zwykle tak nie jest.

Wgląd w mieszalność tworzyw sztucznych

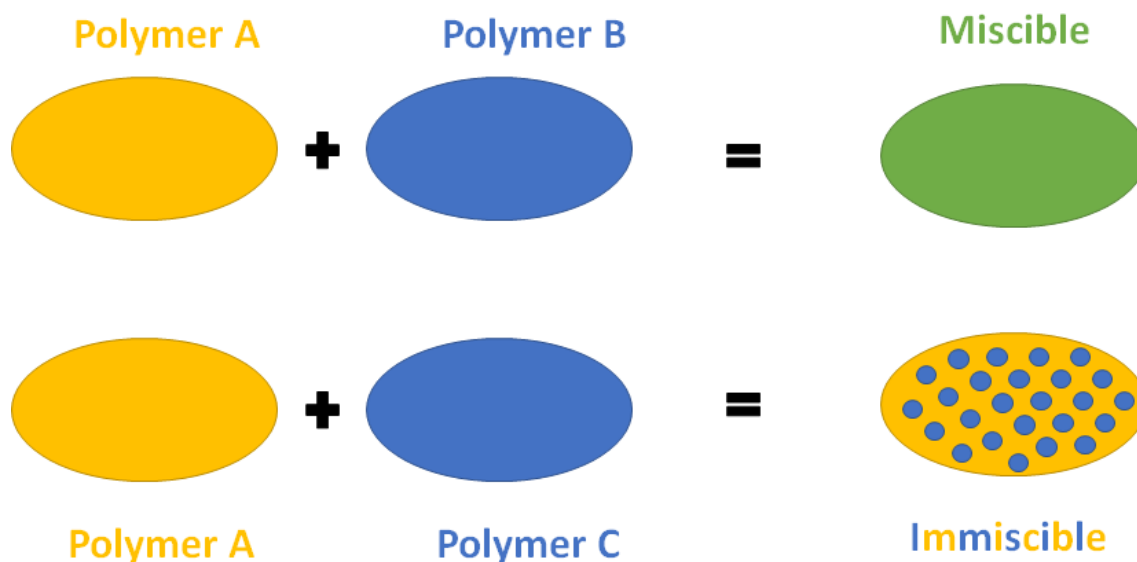
Różne materiały z tworzyw sztucznych prawdopodobnie nie będą kompatybilne ze względu na różnice w ich składzie chemicznym, strukturze i ilości innych dodanych związków.

Jeśli dwa niemieszające się polimery zostaną połączone, następuje zjawisko zwane separacją faz.

W rezultacie zmieszany materiał będzie zawierał zróżnicowane obszary każdego polimeru, które będą widoczne pod mikroskopem lub nawet gołym okiem. Ponadto między tymi materiałami nie będą istniały wiązania chemiczne, co z pewnością będzie miało wpływ na ich właściwości mechaniczne, barierowe i optyczne.

Sposób na wyobrażenie sobie tego przedstawiono na następnym rysunku. W przypadku mieszanek niemieszających się polimerów jeden polimer jest rozproszony w drugim polimerze. Wytrzymałość tych systemów zależy od tego, jak dobrze polimer jest rozproszony w drugim. Niektóre dodatki mogą być stosowane w celu wspomaganego drobnego rozproszenia jednego materiału w drugim, dzięki czemu są bardziej kompatybilne.

Różnice między mieszalnymi i niemieszającymi się mieszankami polimerów. Immiscible blends prezentują jeden polimer dispersed do drugiego



Przykład mieszanego polimeru

Istnieje kilka komercyjnych przykładów tego rodzaju mieszanych materiałów.

Polistyren wysokoudarowy, mieszanka polistyrenu i polibutadienu, jest jednym z nich. Obudowy CD wykonane są z wysokoudarowego polistyrenu.



Podczas gdy polistyren sam w sobie jest bardzo kruchy, polibutadien, materiał gumowy, jest doskonałym pochłaniaczem energii i wykazuje wysoką elastyczność. Gdy te dwa materiały są mieszane, rezultatem jest tworzywo sztuczne o zwiększonej wytrzymałości.

Kompatybilność tworzyw sztucznych

Następna tabela zawiera kilka przykładów tego, jak dobrze mieszają się polimery różnych typów. Jak widać, bardzo rzadko można znaleźć wysoką kompatybilność między materiałami. Ogólnie rzecz biorąc, im lepsze dwa materiały mogą być rozproszone, tym lepsze będą właściwości końcowej mieszanki.

	Important synthetic design materials	Additive											
		PE	PVC	PS	PC	PP	PA	POM	SAN	ABS	PBT	PET	
Basic material	PE	●	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○
	PVC	○	●	○	○	○	○	○	●	●	○	○	●
	PS	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	PC	○	○	○	●	○	○	○	●	●	●	●	●
	PP	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○
	PA	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○
	POM	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○
	SAN	○	○	○	●	○	○	○	●	○	○	○	●
	ABS	○	●	○	●	○	○	○	○	●	○	○	●
	PBT	○	○	○	●	○	○	○	○	○	●	○	○
	PET	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	●	○
	PMMA	○	●	○	●	○	○	○	●	●	○	○	●

● Compatible
 ● Limited compatibility
 ○ Compatible in small quantities
 ○ Not compatible

Rysunek: Kompatybilność materiałów z tworzyw sztucznych (zaadaptowane z Kovacs, Becker i Cesconetto, 2009).

Ale niezależnie od tego, czy materiały są mieszalne, czy nie, w celu ponownego przetworzenia materiałów pochodzących z recyklingu i zachowania ich pożądanych właściwości w przetworzonej produkcie, o wiele bardziej skuteczne jest sortowanie materiałów niż ich mieszanie.

Recyklat o wysokiej czystości będzie również wymagał wyższej ceny handlowej, ponieważ jakość będzie na pewno wyższa. Wymagane jest jednak opłacalne sortowanie materiałów z tworzyw sztucznych, ponieważ koszt sortowania zrównoważy zbywalność materiału. Z tego powodu metody sortowania tworzyw sztucznych muszą być tak proste i opłacalne ekonomicznie, jak to tylko możliwe.

Podsumowując

Pamiętaj, że ponowne przetwarzanie zawsze doprowadzi, w większym lub mniejszym stopniu, do degradacji materiału w wyniku ciepła i mechanicznych naprężeń ścinających.

Problemy związane z przetwarzaniem mieszanek tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu są godne uwagi pod warunkiem, że:

Tworzywa sztuczne mają różne właściwości topnienia i zeszklenia.

Niemieszalność tworzyw sztucznych zagraża ich strukturze i prowadzi do znacznego obniżenia ich wydajności mechanicznej.

So gdy dążymy do recyklingu materiałów za pomocą środków mechanicznych, sortowanie jest wymagane. Recykling chemiczny może być kwalifikującym się procesem, gdy sortowanie nie może być stosowane w żaden sposób.

ZAKOŃCZENIE ZAJĘĆ LEKCYJNYCH:

W poniższym linku znajdziesz krótki artykuł z ciekawymi informacjami dotyczącymi kompatybilności tworzyw sztucznych:

<https://pmd.igdp.org.br/article/586fc520f7636eea018b45f4/pdf/pmd-7-2-141.pdf>

Przejrzyj go i określ, czy zgodność następujących materiałów jest osiągalna, czy nie.

- A) Polimetakrylan metylu (PMMA) i poliwęglan (PC)
- B) Politereftalan etylenu (PET) i polietylen o wysokiej gęstości (HDPE)
- C) Polichlorek winylu (PVC) i polistyren (PS)

1.1.5 Ponowne przetwarzanie recyklatów termoplastycznych

W tej lekcji dowiesz się, co trzeba zrobić i co należy kontrolować podczas ponownego przetwarzania tworzyw termoplastycznych.

Wprowadzenie.

Jak już widzieliśmy, możliwe jest poddanie recyklingowi i ponownemu przetworzeniu tworzyw termoplastycznych, gdy są one odpowiednio sortowane.

W tej lekcji zajmiemy się tym, co należy kontrolować przed, w trakcie i po ponownym przetwarzaniu termoplastycznych recyklatów.

Gdy materiały odpadowe dotrą do fabryki recyklingu, prawdopodobnie będą musiały zostać zmniejszone, oczyszczone, oddzielone i, najprawdopodobniej, ponownie złożone i ponownie wzięte, zanim będą mogły zostać ponownie przetworzone. Chociaż różne systemy zostaną omówione dalej w ramach tego modułu, w tej lekcji przedstawiono krótkie spojrzenie na różne etapy procesu.

Kontrola jakości materiałów wsadowych.

Materiały odpadowe mogą być odbierane w różnych formach, takich jak bele, listwy lub duże bryły. Nie trzeba dodawać, że do produkcji wysokiej jakości recyklatów wymagane są wysokiej jakości produkty odpadowe.

Często niewiele wiadomo na temat historii materiału do recyklingu, w tym:

- Ile razy był wcześniej przetwarzany?
- Jak duże naprężenia termiczne lub mechaniczne zostały już poddane (np. z powodu przetwarzania lub narażenia na warunki zewnętrzne)?
- Do czego był używany wcześniej?
- Czy jest to pojedynczy materiał czy kombinacja tworzyw sztucznych?
- Jaką ilość zanieczyszczeń zawiera?



Czystość materiałów wlotowych

Czystość materiałów wlotowych jest sprawą najwyższej wagi.

Środowiska w obiegu zamkniętym mają większe szanse na uzyskanie wysokich korzyści z recyklingu.

Powszechną praktyką w przemyśle tworzyw sztucznych jest ponowne przetwarzanie własnych materiałów odpadowych wytwarzanych podczas normalnej produkcji. Ten pierwotny recykling pozwala zmniejszyć zarówno odpady produkcyjne, jak i użycie surowców. Na przykład odpady rozruchowe i odrzucone części powstałe podczas formowania wtryskowego

lub termoformowania mogą być ponownie zmielone i wprowadzone bezpośrednio z powrotem do maszyny produkcyjnej. W cyklu zamkniętej obiegu recykling jest łatwy, ponieważ wiedza na temat przepływów odpadów jest wysoka, a materiały godne zaufania.

Jeden z przykładów cyklu zamkniętej pętli w działaniu jest widoczny w przemyśle motoryzacyjnym. Od 1991 roku Volkswagen poddaje recyklingowi zderzaki ze sztucznego gatunku polipropylenu. Złom jest mieszany z materiałem pierwotnym i zwracany do procesu produkcji zderzaka. Właściwości produkowanych zderzaków są tak dobre, jak te wykonane przy użyciu samego materiału pierwotnego podczas co najmniej ośmiu cykli ponownego przetwarzania.

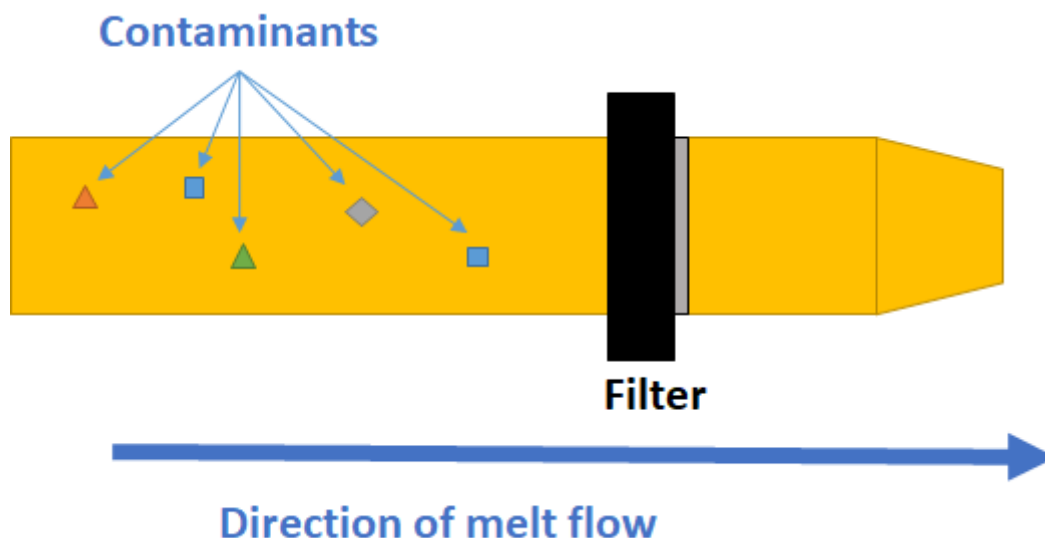
Eksperymenty tego rodzaju wykazały, że właściwości krótkoterminowe nie różnią się zbytnio, jeśli włókna szklane nie są zawarte w materiale. Włókno szklane jest czasami używane do wzmacniania niektórych tworzyw sztucznych i ma tendencję do ulegania uszkodzeniu podczas ponownego przetwarzania.

Jak wspomniano w poprzednich lekcjach, obecność mieszanych polimerów, a zwłaszcza zanieczyszczeń, może również przyspieszyć procesy pogarszania jakości. Zanieczyszczenia mogą obejmować farby, etykiety, powłoki, kurz, drewno, metale, pozostałości kleju lub farby drukarskie. Jeśli zanieczyszczenia topią się podczas przetwarzania, nie ma możliwości ich usunięcia i zostaną homogenizowane w stopie podczas etapu przetwarzania. Zanieczyszczenia te mogą być następnie widoczne w komponencie.

W tym celu należy wziąć pod uwagę szereg czynników. Należy ustalić, czy materiał jest czysty czy zmieszany i czy jest zanieczyszczony, na przykład, metalem lub drewnem. Aby ułatwić wprowadzanie do maszyn przetwórczych, czy to formowania wtryskowego, wytłaczania czy rozdmuchiwanie, rozmiar i kształt przemiału (tj. gęstość nasypowa) muszą być odpowiednie. Jeśli materiał jest higroskopijny (pochłania wodę), na przykład poliamid, może wymagać wstępnego suszenia. Wreszcie, czy recyklat powinien być ponownie przetwarzany samodzielnie, mieszany z innym materiałem pierwotnym lub modyfikowany dodatkami?

Metale stanowią szczególny problem w ponownym przetwarzaniu, ponieważ mogą uszkodzić wewnętrzne działanie maszyn przetwórczych. Ochrona przed zanieczyszczeniem metalami jest zwykle rozwiązywana poprzez umieszczenie magnesów w zasobnikach zasilających.

Jeśli poziom innych zanieczyszczeń jest niski, a zanieczyszczenia nie topią się w zakresie topnienia polimeru, można je usunąć z stopu bez większych trudności za pomocą ekranu filtra. Ekran filtra wygląda jak bardzo drobne sito siatkowe i zatrzymuje większe cząstki, które nie są w stanie przejść. Ekran musi być zmieniany w regularnych odstępach czasu. Częstotliwość zmian będzie zależeć od poziomu zanieczyszczenia. Urządzenia filtracyjne tego typu mogą być stosowane na maszynach do wytłaczania lub wtrysku. Jednak tylko dość niski poziom zanieczyszczenia może być tolerowany, zwykle 1% lub mniej. Ważne jest, aby dostępne były systemy monitorowania wskazujące, kiedy filtr może wymagać wymiany, ponieważ zmiany w procesie zmieniają jakość produkowanych materiałów.



Rysunek. Schemat systemu usuwania niestopionych zanieczyszczeń.

Zanieczyszczenia zmniejszają właściwości mechaniczne komponentów. Dlatego filtracja może poprawić właściwości. Można to jednak zrównoważyć wzrostem ścinania związanym z narastaniem ciśnienia w stopie za ekranami filtrów. Zwiększone ścinanie może spowodować degradację i zmniejszyć wydajność mechaniczną. Dlatego rozmiar siatki musi być wybrany, aby zrównoważyć te dwa efekty.

Redukcja rozmiaru

Redukcja rozmiaru jest konieczna, aby doprowadzić cząstki materiału do odpowiedniego rozmiaru do obróbki. Może to obejmować proces dwuetapowy.

W pierwszym etapie rozdrabniacz służy do wytwarzania dużych cząstek o wielkości około 25-50 mm. Materiały te można następnie płatkować za pomocą noża obrotowego. Frez obrotowy to urządzenie składające się z wirnika i noży obrotowych, noży statycznych, komory szlifierskiej i ekranu.

Gdy plastik porusza się między nieruchomymi i obracającymi się ostrzami, jest cięty do rozmiaru. Rozmiar ten zależy od rozmiaru oczek ekranu.

Wyciąg powietrza jest zwykle używany do rozpraszania ciepła generowanego przez działanie ścinające ostrzy. Ważne jest, aby cechą konstrukcyjną było to, że noże można szybko ponownie ustawić, wymienić lub wyjąć w celu ponownego ostrzenia, ponieważ mogą ulec znacznemu zużyciu.

Mycie

Mycie jest wymagane w celu usunięcia wszelkich zabrudzeń i pozostałości przylegających do odpadów z tworzywa sztucznego.















Zwiększa czystość tworzyw sztucznych, aw niektórych przypadkach poprawia wydajność innych procesów, takich jak sortowanie. Mycie usuwa również etykiety i rozpuszczalne w wodzie pozostałości kleju.

Po umyciu materiałów należy je wysuszyć. Można to zrobić mechanicznie po prostu za pomocą grawitacji i przenośnika, aby umożliwić odpływ cieczy. Metody termiczne wykorzystują gorące powietrze do suszenia płatków plastiku.

Identyfikacja i sortowanie tworzyw sztucznych

Jednym ze sposobów łatwej identyfikacji tworzyw sztucznych jest znakowanie listew.

Kody systemu identyfikacji żywicy do recyklingu opakowań.

Resin Identification Number	Resin	Resin Identification Code –Option A	Resin Identification Code –Option B
1	Poly(ethylene terephthalate)	 PETE	 PET
2	High density polyethylene	 HDPE	 PE-HD
3	Poly(vinyl chloride)	 V	 PVC
4	Low density polyethylene	 LDPE	 PE-LD
5	Polypropylene	 PP	 PP
6	Polystyrene	 PS	 PS
7	Other resins	 OTHER	 O

Rysunek: Kody systemu identyfikacji żywicy do recyklingu opakowań.

Pozwala to na ręczne sortowanie tworzyw sztucznych. Jednak sortowanie ręczne jest bardzo pracochłonnym procesem wymagającym niewielkiego sprzętu, ale opiera się na dokładności pracy ludzkiej w celu wytworzenia produktu o wysokiej czystości.

Alternatywą jest zastosowanie zmechanizowanych technologii sortowania. Działa to poprzez ocenę różnic we właściwościach materiału.

Jednym z przykładów jest zastosowanie gęstości do oddzielania poliolefin. Wszystkie frakcje poliolefinowe (PP, LDPE, HDPE) mają gęstości poniżej 1 g/cm³. Pozwala to na zastosowanie procesu zwanego "float-and-sink" w celu oddzielenia ich od innych frakcji polimerowych. Separacja odbywa się w zbiorniku flotacyjnym przy użyciu wody jako medium separacyjnego.

Tabela: Niektóre z użytych poliolefin i ich gęstość.

Plastyczny	Gęstość (g/cm ³)
Polipropylen	0.90
Polietylen o niskiej gęstości (LDPE)	0.90
Polietylen o wysokiej gęstości (HDPE)	0.95
Polistyren	1.05
Poliamid (PA6 lub PA66)	1.15
Polichlorek winylu (PVC)	1.40
Politereftalan etylenu (PET)	1.40

Zasada ta ma zastosowanie w separatorach pływakowych i zlewozmywakowych. Jak sama nazwa wskazuje, ta technika separacji gęstości obejmuje frakcję pływającą i frakcję tonącą. Lżejsza frakcja poliolefinowa pozostaje unosząca się napowierzchni sur, a gęstsze cząstki toną.

Gdy dwa tworzywa sztuczne mają taką samą gęstość (jak PET i PVC), należy zastosować różne parametry.

Możliwe są dalsze techniki, takie jak fluorescencja rentgenowska, spektrometria zbliżona do podczerwieni (NIR), a nawet określenie właściwości koloru lub powierzchni w celu klasyfikacji różnych rodzajów tworzyw sztucznych.

Techniki recyklingu

Recykling tworzyw sztucznych można osiągnąć za pomocą środków mechanicznych lub chemicznych. Te dwie alternatywy zostaną szczegółowo przedstawione w ciągu najbliższych tygodni tego kursu.

Recykling mechaniczny jest najczęstszą metodą recyklingu. Tutaj tworzywa sztuczne są fizycznie szlifowane z powrotem do odpowiedniego rozmiaru i ponownie przetwarzane.

Wewnętrzny recykling pojedynczego przepływu materiałów z tworzyw sztucznych, znany również jako recykling pierwotny, jest stosunkowo łatwy do przeprowadzenia. Jednak odzyskiwanie zużytych materiałów poza tym scenariuszem sprawia, że wysiłek wymagany do ponownego przetworzenia tworzywa sztucznego jest znacznie większy w porównaniu. Jest to znane jako recykling wtórny.

Czasami te proste metody recyklingu mechanicznego nie mogą być już stosowane. Trzeciorzędny recykling obejmuje procesy chemiczne w celu rozbicia polimerów i wytworzenia monomerycznych surowców.

Recykling czwartorzędowy stosuje się do tworzyw sztucznych, które nie nadają się do żadnej z powyższych alternatyw recyklingu. W takim przypadku materiały odpadowe zostałyby wykorzystane do produkcji energii w drodze pirolizy. Strategia ta zachowuje niewielką wartość

i przyczynia się do produkcjigazów cieplarnianych. Powinien więc zostać uznany zaostatnią kwalifikującą się opcję.

Kontrola jakości wyjścia

Można przeprowadzić proste eksperymenty w celu oceny wpływu przetwarzania na właściwości tworzyw sztucznych, zwłaszcza na wytrzymałość na rozciąganie i odporność na uderzenia materiałów.

Wyłoczki powinny być produkowane w tych samych warunkach, które są używane do pełnej produkcji, aby uzyskać użyteczne i reprezentatywne wyniki.

Poniższe procedury eksperymentalne badają ograniczenia recyklingu materiału z tworzywa sztucznego. Wyniki tych doświadczeń można wykorzystać do określenia, czy i kiedy materiał pierwotny musi zostać wprowadzony do mieszanin recyklatów oraz prawdopodobne właściwości powstałych składników.

Metoda A: Recykling w obiegu zamkniętym tylko z przemiałem.

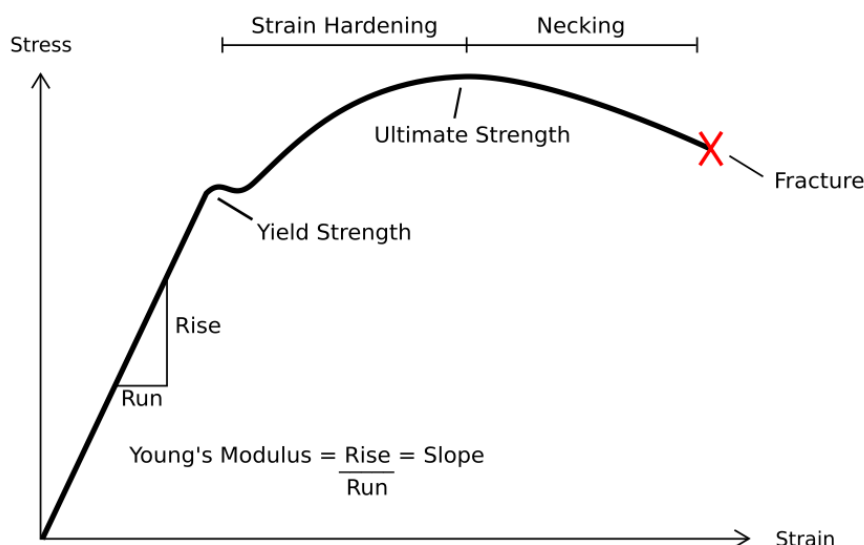
- i. Forma 100% dziewiczego materiału, zachowaj niektóre listwy z powrotem do oceny
- ii. Ponownie zmielić pewną ilość tego "pierwszego przejścia"
- iii. Formuj i przechowuj niektóre listwy z powrotem do oceny
- iv. Powtórz dla wymaganej liczby przejść, np. "drugie przejście", "trzecie przejście" itp.
- v. Przeprowadzanie ocen pierwotnych i wszystkich przepustek (mechanicznych i/lub reologicznych, w zależności od potrzeb)
- vi. Zbadaj wyniki

Metoda B: Mieszanie z materiałem pierwotnym.

- i. Uformuj mieszankę 50% pierwotnego i 50% materiału trzeciego przejścia
- ii. Zachowaj niektóre listwy z powrotem do oceny
- iii. Zmiksuj 50% tej pierwszej mieszanki z 50% dziewiczym
- iv. Powtórz dla kilku przejść, np. 5
- v. Przeprowadzić ocenę mechaniczną/reologiczną próbek formowania mieszanki 1-5
- vi. Zbadaj wyniki

Ważne są właściwości krótkoterminowe (np. wytrzymałość na rozciąganie i odporność na uderzenia). Jednak twój nie powinien być jedynym ocenianym. Należy również dokładnie zbadać długoterminowy wpływ powtórnego przetwarzania na właściwości tworzyw sztucznych. Należy ocenić, czy materiały te, po zmieszaniu z pierwotnym, ulegną przyspieszonej degradacji.

Innym ważnym kryterium wysokiej jakości przetwarzania jest jednorodność materiału. Jeżeli recyklaty są mieszaninami o różnej lepkości i barwie, ważne jest, aby były one odpowiednio zmieszane ze sobą, tworząc jeden spójny materiał. Dostępne są specjalne do urządzeń przetwórczych. Te homogenizujące poprawiają zarówno jakość produktu, jak i powtarzalność. W rzeczywistości osiągnięcie jednorodności z recyklatami, zwłaszcza materiałami mieszanymi, jest trudne, a czasem niemożliwe. Oznacza to, że kontrola jakości recyklatów jest zdecydowanie tak samo konieczna, jak w przypadku materiału pierwotnego.



Rysunek: Typowa krzywa naprężenia-odkształcenia materiału z tworzywa sztucznego. Otrzymuje się go z testów odkształceniowych przeprowadzonych w standardowych warunkach i pozwala ocenić odporność materiału.

1.1.6 Obecna pozycja branży w zakresie produkcji i recyklingu tworzyw sztucznych

W tej lekcji przyjrzyj się niektórym spostrzeżeniom dotyczącym gospodarowania odpadami z tworzyw sztucznych z punktu widzenia przetwórców przemysłowych.

Wprowadzenie

Trudno byłoby sobie wyobrazić współczesne społeczeństwo bez tworzyw sztucznych. Tworzywa sztuczne znalazły niezliczone zastosowania w dziedzinach tak różnych, jak sprzęt gospodarstwa domowego, opakowania, budownictwo, medycyna, elektronika oraz komponenty samochodowe i lotnicze. Jak widać z tej listy, technologia tworzyw sztucznych może być stosowana z wielkim powodzeniem na różne sposoby.

Co sprawia, że plastik jest tak wszechstronnym materiałem?

Powodem sukcesu w zastępowaniu tradycyjnych materiałów, takich jak metale, drewno i szkło w tak różnorodnym zakresie zastosowań, jest możliwość modyfikacji jego właściwości w celu zaspokojenia szerokiej gamy potrzeb projektantów. To, a także łatwość, z jaką tworzywa sztuczne mogą być przetwarzane, czyni je idealnymi materiałami do produkcji różnych komponentów. Rozejrzyj się, a będziesz zaskoczony, gdy zobaczysz, ile różnych zastosowań znalazły tworzywa sztuczne i jak duży rynek obsługuje przemysł tworzyw sztucznych.

Tworzywo sztuczne używane do produkcji wielu z tych produktów jest tak zwane "dziewicze". Są to materiały, które trafiły prosto od producenta polimerów do fabryki i nie zostały jeszcze przetworzone. Jeśli materiały te zostaną później poddane ponownemu przetworzeniu, nazywa się je "recyklatami". Jednak nie wszystkie materiały z tworzyw sztucznych są ponownie

przetwarzane, większość z nich jest po prostu wyrzucana, co prowadzi do konieczności ich utylizacji. Ciągły wzrost wykorzystania tworzyw sztucznych doprowadził do tego, że coraz większa ilość tworzyw sztucznych trafia do strumienia odpadów.

Gospodarowanie odpadami jest jednym z głównych problemów stojących przed współczesnym społeczeństwem i nie ogranicza się tylko do tworzyw sztucznych. Jednak połączenie środków legislacyjnych i inicjatyw rządowych, rosnące koszty składowania odpadów i zainteresowanie publiczne wspieraniem recyklingu sprawiły, że recykling tworzyw sztucznych musi wzrosnąć. Ogólnie rzecz biorąc, tworzywa sztuczne są wytwarzane z ropy naftowej. Recykling tworzyw sztucznych pomaga zatem chronić ten zasób naturalny.

Każda strategia gospodarowania odpadami opiera się na trzech wytycznych:

- Unikanie, tj. ograniczanie i, jeśli to możliwe, unikanie wytwarzania odpadów u źródła. Bez odpadów = bez problemu.
- Rekultywacja, odzysk materiałów ze strumienia odpadów do recyklingu.
- Eliminacja, unieszkodliwianie materiałów nienadających się do recyklingu, na przykład na składowisko odpadów.

Drugi punkt można zastosować do problemów odpadów z tworzyw sztucznych poprzez odzyskiwanie materiału przeznaczonego na składowisko. W związku z tym materiał z tworzyw sztucznych odzyskany ze strumienia odpadów nazywany jest "odzyskiem".

Reclamation recyklingu tworzyw sztucznych

Istnieje kilka opcji, w jaki sposób można to zrobić: ponowne użycie, recykling mechaniczny, recykling surowców i odzysk energii. Są one definiowane dalej.

- **Ponowne użycie:** najczęstszymi przykładami ponownego użycia są szklane pojemniki, w których butelki z mlekiem i napojami są zwracane w celu oczyszczenia i ponownego użycia. Ponowne użycie nie jest powszechnie praktykowane w odniesieniu do opakowań z tworzyw sztucznych - produkty z tworzyw sztucznych na ogół są wyrzucane po pierwszym użyciu. Istnieją jednak przykłady ponownego wykorzystania na rynku. Na przykład wielu producentów detergentów sprzedaje saszetki do napełniania butelek płynami do prania i zmiękczaczymi do tkanin. Konsumenci mogą ponownie napełniać, a tym samym ponownie używać plastikowych butelek w domu.
- **Recykling mechaniczny:** znany również jako recykling fizyczny. Tworzywo sztuczne jest mielone, a następnie ponownie przetwarzane w celu wytworzenia nowego komponentu, który może, ale nie musi być taki sam jak jego pierwotne zastosowanie.
- **Recykling surowców:** polimer jest przekształcany z powrotem w składnik olejowy / węglowodorowy do wykorzystania jako surowiec do nowej produkcji polimerów. Jest to również znane jako recykling chemiczny.
- **Odzysk energii:** materiały są spalane w celu odzyskania ich nieodłącznej energii.

Recykling mechaniczny jest najszerzej praktykowaną z tych metod i będzie przedmiotem wielu dalszych rozdziałów. Jednak pozostałe są cennymi opcjami utylizacji odpadów, szczególnie w przypadku materiałów, które nie spełniają kryteriów recyklingu mechanicznego ze względu na praktyczność lub opłacalność.

Dostępnych jest wiele technologii odzysku i recyklingu tworzyw sztucznych. Niektóre z nich są obecnie wykorzystywane przez przemysł i są w stanie przetwarzać duże ilości materiału w

opłacalny sposób, podczas gdy inne istnieją obecnie tylko w laboratoriach. Recykling tworzyw sztucznych to obszar, który stale się rozwija, aby sprostać często konkurencyjnym wymaganiom prawodawstwa, sił rynkowych i presji środowiskowej. Żaden producent, który chce pozostać w biznesie, nie może poddać recyklingowi materiałów, jeśli nie jest to opłacalne. Tworzywa sztuczne pochodzące z recyklingu są wykorzystywane na tym samym rynku, z którego pochodzą. Zastępują i konkurują z materiałami pierwotnymi. Cena recyklatu może zależeć zarówno od ceny materiałów pierwotnych, jak i jakości recyklatu. Cena materiałów pierwotnych może się znacznie różnić, ponieważ jest związana zarówno z cenami ropy naftowej, jak i popytem i podażą na rynku. To z kolei oznacza, że cena, jaką może nakazać recyklat, jest bardzo zróżnicowana.

Presja środowiskowa może stworzyć popyt ze strony konsumentów na towary z recyklingu. Tworząc taki rynek, producent może zobaczyć zysk do osiągnięcia, a zatem zacznie produkować i sprzedawać towary z recyklingu. Działalność ta będzie również podlegać skutkom sił rynkowych, podaży i popytu. Presja środowiskowa może również skutkować przepisami zmuszającymi producentów do stosowania materiałów pochodzących z recyklingu. W takim przypadku rynek może jeszcze nie istnieć, a prawodawstwo to będzie miało wpływ na "naturalną" siłę rynkową. Wynik może być mniej opłacalny i wymagać dotacji, aby rozpocząć taką działalność. Jednak w przypadku długoterminowego wzrostu działalność musi być samowystarczalna.

W pełni zrównoważona infrastruktura recyklingu i odzysku tworzyw sztucznych jest konieczna, jeżeli ogromne ilości dostępnych materiałów z tworzyw sztucznych mają zostać przekierowane ze składowisk. Nastąpi to jednak tylko wtedy, gdy powstanie popyt na materiały produktu końcowego i ich recykling będzie ekonomicznie opłacalny. Obecnie oznacza to, że działania związane z recyklingiem muszą być dotowane, jeśli nie są opłacalne z handlowego punktu widzenia. Dlatego niezwykle ważne jest, aby przemysł tworzyw sztucznych nadal edukował społeczeństwo i potencjalnych użytkowników recyklatu w celu tworzenia i rozwijania podaży i popytu na te materiały.

Potrzeby badawcze

Do rozwoju nowych technologii recyklingu potrzebne są wystarczające inwestycje zarówno w badania i rozwój (B+R), jak i w nowe maszyny i technologie. Badania muszą być ukierunkowane na obszary o największych potrzebach przemysłowych, a po ich opracowaniu technologie muszą zostać pomyślnie przeniesione do przemysłu. Wytyczne dotyczące najlepszych praktyk muszą być dostępne w celu podkreślenia i rozpowszechnienia najbardziej aktualnych i skutecznych metod leczenia. Projektowanie pod kątem demontażu i recyklingu nie rozpoczyna się pod koniec cyklu życia produktu. Y zaczynają się od koncepcji nowego produktu. Wprowadzając potrzebę recyklingu na etapie projektowania, można zmniejszyć problemy związane z utylizacją odpadów. Jeśli produkt jest częścią większego komponentu, należy również rozważyć demontaż.

Gdy materiały trafią do strumienia recyklingu, zarówno aplikacje, jak i konsumenci muszą znaleźć materiały recyklatowe. Stwarza to popyt i pozwala materiałom pochodzącym z recyklingu mieć wartość ekonomiczną na rynku. Jeśli związana z tym wartość materiału jest wystarczająca, recykling materiału będzie zarówno opłacalny, jak i zrównoważony. Materiały

te muszą konkurować z materiałami pierwotnymi zarówno pod względem kosztów, jak i jakości. Jednym z ważnych trendów w tej dziedzinie jest to, że sami producenci tworzyw sztucznych są gatunkami marketingowymi zawierającymi materiały pochodzące z recyklingu, co zabiera projektantom wiele odpowiedzialności za znalezienie sposobów włączenia materiałów pochodzących z recyklingu. Zwiększa również zaufanie do jakości materiałów recyklatowych. Brak wiedzy na temat spójności jakości i właściwości, często przyczynia oporności przed przejściem na recyklaty, zostaje usunięty.

Dzięki normom dla tych materiałów można łatwiej zidentyfikować nowe potencjalne zastosowania recyklatów. Dznakowanie komponentów do demontażu i recyklingu oraz tworzenie infrastruktury zdolnej do obsługi materiałów poużytkowych to kwestie, którymi należy się zająć.

QUIZ KOŃCOWY

1. Który z poniższych rodzajów tworzyw sztucznych ma temperaturę topnienia poniżej temperatury degradacji, co pozwala na ich recykling?
 - a. Elastomery
 - b. Każdy z powyższych wykazuje te właściwości
 - c. Materiały termoutwardzalne
 - d. Materiały termoplastyczne
2. Mieszanie materiałów pochodzących z recyklingu zazwyczaj obejmuje następującą sekwencję operacji:
 - a. Mieszanie > granulowanie > podawanie/przenoszenie > dozowanie > plastyfikacja
 - b. Dozowanie > Podawanie/przenoszenie > mieszanie > plastyfikacja > granulacja**
 - c. Podawanie/przenoszenie > Dozowanie > granulowanie > mieszanie > plastyfikacja
 - d. Plastyfikacja > dozowanie > podawanie/przenoszenie > mieszanie > granulowanie
3. Jakie stwierdzenie jest prawdziwe w przypadku formowania wtryskowego i rozdmuchiwania?
 - a. Stopiony materiał na ogół nie wymaga filtracji stałych, niestopionych cząstek.
 - b. Jednorodność wlotowych recyklatów tworzyw sztucznych jest stosunkowo nieistotna.
 - c. Jednorodność wlotowych recyklatów tworzyw sztucznych jest kluczowym aspektem przy rozważaniu ponownego przetwarzania.**
 - d. Połączenie kilku warstw materiałów pochodzących z recyklingu i nowych tworzyw sztucznych nie jest wykonalną alternatywą dla podniesienia jakości materiału końcowego.
4. Który z poniższych procesów poleciłbyś w przypadku materiałów pochodzących z recyklingu zawierających zanieczyszczenia papierem i metalami?
 - a. Formowanie włamaniowe**
 - b. T formowanie ransfer
 - c. Żaden z powyższych

- d. Formowanie spieków
5. Wybierz niewłaściwą instrukcję:
- Dodatek przeciwutleniaczy (np. utrudnionych fenoli) jest przydatny do opóźnienia utleniania poliolefin.
 - Absorbery UV, hartowniki i pułapki rodnikowe mogą być stosowane w celu zwiększenia stabilności światła materiałów pochodzących z recyklingu.
 - Zamierzone zastosowanie nie jest istotnym czynnikiem przy rozważaniu dodania materiału ze stabilizatorami.**
 - Polichlorek winylowy jest specjalnie affected przez degradację ciepła, co wymaga użycia stabilizatorów.
6. Wybierz właściwą statystykę:
- Lefiny polio, takie jak PE i PP, na ogół nie są kompatybilne z innymi materiałami termoplastycznymi.**
 - Jeśli dwa materiały są immiscible, nie ma możliwości połączenia ich w jeden materiał.
 - Poliolefiny, takie jak PE i PP, są ogólnie kompatybilne z prawie każdym innym materiałem termoplastycznym.
 - Polimery termoplastyczne są kompatybilne i mogą być łączone w mieszany polimer.
7. Który z nich nie jest istotnym aspektem przy rozważaniu produkcji towarów konsumpcyjnych z recyklatów tworzyw sztucznych?
- Czystość materiałów wlotowych.
 - Poprzednie zastosowania materiału.
 - Naprężenia termiczne i mechaniczne przeszły wcześniej.
 - Nic z powyższych. Wszystkie z nich są istotnymi aspektami, które należy wziąć pod uwagę.**
8. Separacja float-and-sink jest...
- przydatna technika oddzielania polimerów o podobnej gęstości (np. PET i PVC).
 - metoda usuwania zanieczyszczeń z polimeru (zanieczyszczenia toną, a polimer unosi się).
 - technika oddzielania zanieczyszczeń organicznych od złomu.
 - często używany do oddzielania poliolefin o różnej gęstości.**
9. Wybierz poprawną instrukcję:
- Kontrola jakości materiałów recyklatowych dotyczy wyłącznie właściwości długoterminowych.
 - Kontrola jakości materiałów recyklatu dotyczy zarówno właściwości krótko-, jak i długoterminowych.**
 - Kontrola jakości materiałów recyklatowych nie jest wymagana, podobnie jak w przypadku materiałów pierwotnych.
 - Kontrola jakości materiałów recyklatowych dotyczy wyłącznie właściwości krótkoterminowych.

10. Która z tych opcji nie jest strategią rekultywacji?
- a. **Składowisko**
 - b. Ponowne wykorzystanie
 - c. Recykling mechaniczny
 - d. Recykling surowców

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