

5

Sposób i aparat do rozdzielania składników opakowań kompozytowych.

10 Przedmiotem wynalazku jest sposób rozdzielania składników opakowań kompozytowych zawierających folię z polimeru, aluminium i/lub celulozę oraz aparat do rozdzielania składników opakowań kompozytowych.

Folie polimerowe są obecnie jednym z podstawowych materiałów opakowaniowych. Wykonywane są z różnych materiałów, o różnej grubości. Wśród folii opakowaniowych i folii o specjalnym przeznaczeniu występują folie metalizowane. Są one pokrywane cienką warstwą metalu najczęściej drogą metalizacji próżniowej lub są sklejane/zgrzewane z folią metaliczną. Najczęściej stosowana jest folia aluminiowa. Kolejną formą materiałów opakowaniowych są opakowania kompozytowe wytwarzane z połączonym ze sobą warstw kartonu, folii polietylenowej i folii aluminiowej.

15 Zagospodarowanie odpadów folii metalizowanej klasycznymi metodami jest trudne gdyż nie jest to materiał homogeniczny i nie nadaje się do bezpośredniej regranulacji. Odrobiny metaliczne o różnych rozmiarach zawieszane w regranulacie otrzymywanym bezpośrednio z odpadów takich folii stanowią poważny problem podczas ewentualnej aplikacji takiego surowca a stąd takie regranulaty nie mają praktycznie wartości użytkowej. Dodatkowo

20 bezpośrednia regranulacja odpadów folii metalizowanych następuje z trudnościami aparaturowymi i procesowymi ze względu na zawartość drobin metalu, które podczas przerobu potęgują wszystkie niedogodności jak wszelkie zanieczyszczenia surowca takie jak m.in. szybkie ścieranie się elementów aparatów przetwórczych oraz częste zapychanie się filtrów stopionego polimeru. Odpady zużytej folii metalizowanej powstają w relatywnie dużych

25 ilościach i stanowią uciążliwy odpad mimo że istnieją znane sposoby ich rozdzielania.

30

Najczęstszym rodzajem polimeru stosowanego do wytwarzania metalizowanych folii jest polietylen. Po rozpuszczeniu się polietylenu w odpowiednio dobranym rozpuszczalniku roztwór taki poddawano filtracji a następnie odparowywano z niego rozpuszczalnik otrzymując czysty polimer wyjściowy nadający się do przekształcenia na
5 czysty regranulat. Regranulat polietylenu jest tanim produktem handlowym wykorzystywanym jako domieszka do świeżego polimeru w celu obniżenia jego ceny lub jako wyłączny surowiec do produkcji pewnych mało wymagających wyrobów jak na przykład worki na śmieci czy doniczki. Najczęściej stosowanym metalem pokryciowym folii jest aluminium. Oddzielone aluminium ma postać drobnych kawałeczków folii i może
10 być zagospodarowane na wiele sposobów w tym może być także kierowane do przetopu. Jednym z kierunków wykorzystania oddzielonego aluminium może być np. jego ułatwione mielenie i proszkowanie do innej handlowej formy tego metalu tj. proszku lub pyłu aluminiowego znajdującego rozliczne zastosowanie.

Właściwe prowadzenie procesu rozdzielania składników metalizowanych folii
15 polimerowych może być prowadzone w warunkach bezciśnieniowych i we względnie prostych aparatach produkcyjnych co zwiększa rentowność procesu. Względnie niskie temperatury prowadzenia procesu separacji i wydzielania nie powodują chemicznej degradacji makromolekuł polimeru i zapewniają zachowanie wyjściowych właściwości reologicznych polimeru. Dodatkową cechą nowej technologii jest możliwość rozdzielania
20 od siebie różnych rodzajów polimerów, które mogą występować przypadkowo w jednej partii przerabianego surowca. Właściwy dobór stosowanych rozpuszczalników umożliwia selektywne rozpuszczanie a przez to także rozdzielanie tych polimerów.

Większą trudność sprawia rozdzielanie opakowań kompozytowych zawierających poza polietylenem i/lub innymi tworzywami sztucznymi także folię aluminiową i karton
25 celulozowy. Odmienna natura tych trzech połączonych ze sobą surowców nastręcza pewne trudności przy rozdzielaniu i była przedmiotem różnych rozwiązań sposobu ich separacji.

W opisie P-337131 przedstawiono sposób przetwarzania materiału zawierającego połączenia aluminium i tworzywa sztucznego, takiego jak aluminiowe kapsle do butelek, które mają powłokę z tworzywa sztucznego, który obejmuje etapy: pirolizy tworzywa
30 sztucznego w obojętnej atmosferze, krakowania albo zgazowania gazów albo par, które

wydzielają się w czasie pirolizy oraz dopalania koksu, który pozostaje na aluminium w czasie pirolizy. Wydzielone gazy albo pary zawraca się i wykorzystuje w czasie pirolizy jako obojętne medium beztlenowe. Opisano również urządzenie do realizacji sposobu zawierające m.in. bęben pirolityczny. Metoda ta nie uwzględnia obecności składnika
5 celulozowego w przerabianym odpadzie i nie umożliwia rozdzielania pozostałości pirolitycznych zawierających aluminium.

Z opisu patentowego PL181919 znany jest sposób i urządzenie do oddzielnego zbierania warstw z laminowanej folii zawierającej wiele warstw z różnych materiałów przez zdzieranie lub oddzielanie warstw od siebie. Ta metoda nie zapewnia rozdzielania
10 trzech składników opakowania kompaktowego gdyż nie przewiduje zdzierania włókien celulozowych złączonych termicznie z foliami polietylenowymi a ponadto w przypadku mechanicznego traktowania włókna te ulegają degradacji tracąc swoją wartość. Metoda ta nie zapewnia też uzyskiwania wystarczającej czystości poszczególnych frakcji.

Sposób przetwarzania odpadów folii poliolefinowych pokrytych warstwą
15 metalu, zwłaszcza takiego jak cynk, miedź, aluminium, srebro i złoto opisano w PL 201423. Sposób polega na tym, że w pierwszym etapie odpadowe metalizowane folie poliolefinowe poddaje się działaniu rozpuszczalnika, w temperaturze 50-110°C przez okres od 2 do 30 minut. Rozpuszczalnikiem jest nisko- lub średniowrząca frakcja oleju wytworzonego w procesie krakingu poliolefin, o zakresie temperatur wrzenia 50-170°C lub 170-280°C.
20 Stosunek wagowy reagentów wynosi: 1 część odpadowej folii na 5-20 części rozpuszczalnika. Po pierwszym etapie uzyskuje się ekstrakt cząstek metalu w rozpuszczalniku, o rozdrobnieniu zbliżonym do koloidalnego oraz folie poliolefinowe pozbawione metalu. W drugim etapie ekstrakt poddaje się separacji, korzystnie przez sedymentację i wirowanie. Metal uzyskuje się w postaci koncentratu, a rozpuszczalnik
25 zawraca się do procesu demetalizacji lub rozpuszczania. Następnie folie poliolefinowe pozbawione metalu poddaje się w temperaturze 120÷160°C działaniu rozpuszczalnika, a następnie krakingowi w temperaturze 350÷500°C, do mieszaniny węglowodorów i destylacji na frakcje niskowrząca, średniowrząca i wysokowrząca. Jednak ujawniona metoda nie jest odpowiednia do opakowań kompozytowych, gdyż nie przewiduje
30 obecności frakcji celulozowej w przerabianej masie odpadu, ani nie umożliwia jej

wydzielenia gdyż półprodukt po oddzieleniu jedynie aluminium poddawany jest obróbce pirolitycznej.

Z opisu P398044 znany jest sposób przetwarzania odpadów, zawierających miedź, surowce ferromagnetyczne i tworzywa sztuczne, polegający na tym, że surowiec
5 odpadowy rozdrabnia się, granuluje i separuje się miedź, surowce ferromagnetyczne oraz tworzywa sztuczne, który charakteryzuje się tym, że granulaty poddaje się wstępnej separacji w separatorze suchym, w którym za pomocą strumienia powietrza, podawanego w kierunku ku górze nachylonego stołu, oddziela się lekką frakcję granulatu, a następnie pozostały granulaty poddaje się separacji końcowej w separatorze mokrym, w którym za
10 pomocą strumienia wody z dodatkiem niepieniącego środka odtłuszczającego, podawanego w kierunku ku górze nachylonego stołu, oddziela się lekką frakcję granulatu od ciężkiej frakcji granulatu, po czym za pomocą separatora ferromagnetycznego lekką frakcję granulatu sortuje się na tworzywa, sztuczne i surowce ferromagnetyczne, a ciężką frakcję granulatu sortuje się na miedź i surowce ferromagnetyczne. Opisana metoda
15 zapewnia jedynie powodzenie przy separacji mieszanin niezłączonych cząstek różnych rodzajów polimerów i metali. Złączone trwale folie aluminiowa i polietylenowa oraz karton celulozowy nie są podatne na opisaną technikę separacji.

Z opisu patentowego PL219475 znany jest sposób odzysku aluminium z poprodukcyjnych odpadów wielomateriałowych i opakowaniowych, zawierających
20 tworzywa, grupy poliolefin oraz aluminium i papier, w którym uzyskana uplastyczniona i częściowo upłynniona mieszanina odpadów jest przetłaczana do reaktora głównego i podgrzewana do temperatury nie przekraczającej 200°C a następnie w reaktorze głównym pozostałe nierozpuszczone wcześniej cząsteczki stałe tworzywa są rozpuszczane w otoczeniu płynnych węglowodorów aromatycznych, które po nasyceniu przepływają
25 układem rurowym do reaktora kompensacyjnego, przy czym nadmiar frakcji ciekłej poliolefin, będącej przedmiotem krakingu z obu reaktorów, jest przesyłany rurociągiem do reaktora separacyjnego, a wydzielające się w trakcie procesu we wszystkich reaktorach frakcje lotne węglowodorów są kierowane rurociągami do skrubera celem ich skroplenia, dodatkowo nieskroplone gazy, przepuszczone przez filtr wodny, są magazynowane w
30 zbiorniku gazów technologicznych. Sposób ten nie przewiduje dalszej separacji folii

aluminiowej od frakcji papierowej/celulozowej i ogranicza się do rozpuszczalnikowej ekstrakcji folii polietylenowej stanowiącej jeden ze składników odpadu materiału kompozytowego.

W opisie DE4028999 przedstawiono sposób odzyskiwania metali (I) z materiałów kompozytowych (II), który obejmuje oddzielenie powłok na metalu rozpuszczalnikami. Warstwy niepolarne usuwa się poprzez ogrzewanie przez 5-120 minut z di- i/lub tri- i/lub tetra-metylobenzenami i/albo etylobenzenem i/lub izopropylobenzenem (III) w temp. 138,4-204°C pod normalnym lub podwyższonym ciśnieniem, warstwy polarne usuwane są przez ogrzewanie przez 5-120 minut z THF i/lub dioksanem, w temp. 60-200°C pod normalnym lub podwyższonym ciśnieniem, papier i/lub inne materiały zawierające celulozę usunięto przez ogrzewanie do 5-120 minut w temp. 80-200°C pod własnym ciśnieniem z wodą zawierającą 0,5-25 wag. % alkoholu C1-3 i/lub ketonu C3-4, po czym rozdzielany jest metal. Bardziej szczegółowo, proces prowadzi się w naczyniu z mieszadłem z zastosowaniem mieszaniny technicznej izomerów ksylenów, korzystnie zawierającej 1-4% wag. niearomatycznych związków, 19-23% wag. EtPh, 16-20% wag. p-ksylenu, 40-45% wag. m-ksylenu i 10-15 %wag. o-ksylenu. Metoda nie przewiduje rozdzielania cząstek aluminiowych i włókien celulozowych zapewnia jedynie ekstrakcję z odpadów rozpuszczalnej frakcji polimerowej.

W opisie US 4,168,199 rozdzielenie włókien celulozowych od cząstek aluminiowych wykonywane jest na sitach wibracyjnych o szczelinach 0,25 mm. Metoda ta nie umożliwia pełnego usunięcia zanieczyszczeń tak z wydzielanej celulozy jak i w wydzielanym aluminium. Mimo zapewnień autorów nie można zapewnić skutecznej metody separacji materiału włóknistego i płatków aluminium drogą wspólnej sedymentacji gdyż oba rodzaje cząstek tworzą trudne do rozdzielenia, zbite, włókninowe osady.

W opisie CN101745518 ujawniono sposób obróbki kompozytowej folii aluminiowej, obejmujący etapy: wstępnej obróbki kompozytu, moczenia ze zmiękcżającym inhibitorem korozji, ugniatania materiału w zmiękcżającym inhibitorze korozji a następnie przeprowadzenie flotacji przy zastosowaniu metody opartej na sile ciężkości i odpowiednio uzyskania proszku tworzyw sztucznych i proszku aluminium; rozpuszczenia proszku tworzywa sztucznego, a następnie jego regenerację i granulowanie,

podobnie dla proszku aluminiowego, a następnie usunięcie wilgoci, i dodanie środka ochronnego. Sposób jest przeprowadzany w stałej temperaturze (temperatura otoczenia) i stałym ciśnieniem przy niskim zużyciu energii. Proces nie zapewnia właściwej separacji poszczególnych składników przetwarzanego odpadu drogą flotacji gdyż flotację poprzedza
5 jedynie mechaniczne rozdrobnienie odpadu. Prowadzi do wydzielania zanieczyszczonych frakcji. Ponadto proces zakłada mielenie odpadu a to prowadzi do niszczenia włókien celulozowych a ich długość jest miarą ich wartości rynkowej.

W EP0568791 opisano proces recyklingu materiałów opakowaniowych, zawierających jeden lub więcej syntetycznych polimerów, i/lub metali i/ lub naturalne
10 polimery, w szczególności kompozytowych materiałów opakowaniowych, w którym materiały opakowaniowe do recyklingu są traktowane rozpuszczalnikiem obejmującym alifatyczne, naftenowe lub aromatyczne węglowodory lub ich uwodornione produkty lub mieszaniny do rozpuszczenia syntetycznego polimeru. Obróbkę prowadzi się w temperaturze w zakresie 0-500°C. W sposobie tym stosuje się rozpuszczalniki stanowiące
15 wrzące frakcje z pierwotnej i wtórnej rafinacji ropy naftowej, których temperatura wrzenia mieści się w zakresie 40-500°C. Po rozpuszczeniu polimerów syntetycznych z fazy płynnej wydziela się nierozpuszczalną frakcję zawierającą celulozę i aluminium. Twórcy nie podejmują dalej sposobu rozdzielania tych składników a koncentrują się na operacjach pirolitycznego przetwarzania frakcji polimerowej odpadu.

20 Z opisu CN101773923 znany jest sposób traktowania wyrobów z kompozytów złożonych z papieru-aluminium-tworzywa sztucznego lub odpadów opakowań z kompozytu z tworzywa sztucznego-aluminium. Sposób ten obejmuje następujące etapy: rozdrabniania kompozytowych odpadów opakowaniowych, do średnicy ziaren mniejszej niż 3 cm i przeprowadzenie pirolizy rozdrobnionych kompozytowych odpadów
25 opakowaniowych, w temperaturze 450 do 500°C w warunkach beztlenowych przez 30 minut do 45 minut, do wytworzenia wysokiej czystości folii aluminiowej i gazu palnego o dużej wartości cieplnej wytworzonego w wyniku konwersji w procesie pirolizy, z tworzyw sztucznych, w którym około 40% do 60% palnego gazu jest wykorzystywane do dostarczania ciepła do pirolizy kompozytowych odpadów opakowaniowych a reszta gazu
30 palnego jest zbierana do dalszego wykorzystania. Sposób ten prowadzi jednak do

zniszczenia frakcji celulozowej odpadu zamiast do jej wydzielenia. Celuloza ulega zgazowaniu pozostawiając samą frakcję aluminową.

W opisie ES2087013 przedstawiono sposób odzyskiwania polietylenu i aluminium z arkuszy pokrytych powłoką z aluminium i polietylenu. W sposobie stosuje się 5 rozpuszczalniki organiczne takie jak chlorowcowane i niechlorowcowane węglowodory i etap obejmuje następujące etapy: a) rozdrabnianie materiału, b) ekstrakcję polietylenu z użyciem rozpuszczalnika organicznego, c) oddzielenie na gorąco aluminium z roztworu otrzymanego w b), d) oddzielenie rozpuszczonego polietylenu przez chłodzenie roztworu 10 do temperatury poniżej 60°C z wydzieleniem się osadu, albo przez odparowanie rozpuszczalnika, przy czym każdy z etapów b), c) i d) prowadzi się w sposób ciągły lub nieciągły. Jako rozpuszczalniki stosuje się alkan, olefinę i aromatyczne węglowodory lub ich mieszaniny i chlorowcowanych węglowodorów. Ekstrakcję prowadzi się w temperaturze 50-200°C i pod ciśnieniem w zakresie od ciśnienia atmosferycznego do 0,4 kPa. Metoda nie przewiduje wydzielenia frakcji celulozowej i oddzielania włókien 15 celulozowych od cząstek folii aluminowej stąd nie nadaje się do aplikacji na odpadach opakowań kompozytowych.

W trakcie badań nad metodami recyklingu trójskładnikowych opakowań kompozytowych zawierających polietylen, aluminium i celulozę stosowano wstępną, klasyczną operację ekstrakcji polimeru za pomocą właściwych rozpuszczalników. W 20 próbach wykorzystywano ksylen gdyż jest znany z dobrej rozpuszczalności polietylenu w podwyższonej temperaturze. Rezultatem ekstrakcji polietylenu pozostawała zawsze mieszanina włókien celulozowych wymieszanych z cząstkami folii aluminowej. Mieszanina ta nie dawała się skutecznie rozdzielić w klasycznych, znanych w literaturze metod separacji takich jak: filtracja, sedymentacja czy flotacja. Oba materiały mają 25 względnie duże gęstości i trudno dobrać dla nich właściwy rozpuszczalnik o odpowiednio dużej gęstości. Stosując jako środowisko separacji czterochlorek węgla o gęstości większej niż gęstość celulozy wydawało się, że rozdzielenie obu rodzajów cząstek będzie trywialne. Niestety wprowadzenie mieszaniny cząstek folii aluminowej i włókien celulozowych do czterochlorku węgla prowadziło do tworzenia się przestrzennych struktur z włókienek 30 celulozy które blokowały swobodne opadanie cięższych cząstek aluminowych. Na

powierzchni cieczy zbierał się kożuch włókien celulozowych zawierający część porwanych drobinek aluminium a na dnie naczynia gromadził się osad cząstek aluminium porywający część włókienek celulozowych. Niespodziewanie okazało się, że rozdzielanie ewentualnych zbitek obu rodzajów cząstek można skutecznie zapewnić umieszczając w 5 strefie sedymentacji układ poziomych cienkich strun wykonujących powolne ruchy drgające w poprzek kierunku opadania – wypływania cząstek. Ruchy te zapewniają rozpadanie się zbitek cząstek na ich poszczególne składniki i wypływanie lub opadanie w ośrodku zgodnie z ich naturą. Dzięki zastosowaniu drgających strun można było zastosować większą gęstość rozdzielanej zawiesiny i zwiększyć wydajność procesu 10 uzyskują bardzo czyste frakcje aluminiowa na dnie zbiornika i celulozową pływająca na powierzchni.

Podjęte badania nad opracowaniem techniki separacji obu składników folii metalizowanych doprowadziły do innowacyjnego procesu. Opracowano rozwiązanie, które może być z powodzeniem stosowane nawet na dużą skalę. Niespodziewanie okazało się, że 15 dobierając specyficzne rozpuszczalniki można selektywnie rozpuścić w nich główny polimerowy składnik folii a pozostałe, nierozpuszczalne, zawieszony w nim cząstki metaliczne oddzielić później klasycznymi metodami jak na przykład drogą filtracji.

Nowy sposób rozdzielania odpadów metalizowanej folii polimerowej umożliwia zagospodarowanie tego strumienia dotąd kłopotliwego typu odpadu opakowaniowego. W 20 rezultacie doboru odpowiedniego składu rozpuszczalników oraz właściwego sposobu prowadzenia procesu rozpuszczania udaje się oddzielić aluminium, będące najczęściej stosowanym rodzajem metalu, od bazowej folii polimerowej. Rozpuszczalniki stosowane w procesie podlegają recyklingowi. Wydzielane aluminium ma postać drobnych płatków oraz małych cząstek i jest zbywalnym surowcem wtórnym. Jednocześnie oczyszczony 25 polimer po regranulacji tworzy wtórny surowiec do produkcji wyrobów z tworzyw sztucznych jak na przykład worków na śmieci. Dzięki właściwemu zaprojektowaniu całego procesu zapewniona jest maksymalna rekuperacja ciepła i minimalizacja kosztów ruchowych zapewniająca rentowność metody.

Przedmiotem wynalazku jest sposób rozdzielania składników opakowań 30 kompozytowych zawierających folię z polimeru, aluminium i/lub celulozę obejmujący

etapy, w których wstępnie rozdrabnia się odpady na części 10 cm x 10 cm lub mniejsze, korzystnie 3x3 cm lub mniejsze, prowadzi się ekstrakcję frakcji polimerowej przy pomocy ksyłenu lub innych rozpuszczalników organicznych takich jak benzen, toluen, kumen, etylobenzen, nafta, chlorobenzen, dichlorobenzen, bromotoluen, po czym oddziela się składniki nierozpuszczalne, przez poddanie ich rozdrobnieniu w mieszalniku, osad cząstek aluminiowych i celulozowych przeprowadza się w zawiesinę w cieczy o gęstości większej od gęstości celulozy i mniejszej od gęstości aluminium a następnie dozuje się do separatora, podczas gdy roztwory polimeru odparowuje się w celu regeneracji rozpuszczalnika i wydziela się wyjściowy polimer budulcowy przerabianego odpadu.

10 Korzystnie po ekstrakcji składników polimerowych odfiltrowuje się nierozpuszczalne cząstki metalicznego aluminium i celulozy.

W korzystnym rozwiązaniu wynalazku proces ekstrakcji frakcji polimerowej odpadu prowadzi się w podwyższonej temperaturze, korzystnie w temperaturze wrzenia rozpuszczalnika, korzystniej proces ekstrakcji frakcji polimerowej odpadu prowadzi się w podwyższonej temperaturze i pod podwyższonym ciśnieniem, w temperaturze wyższej od normalnej temperatury wrzenia rozpuszczalnika.

W korzystnym rozwiązaniu wynalazku proces ekstrakcji frakcji polimerowej prowadzi się jedną lub kilkoma porcjami rozpuszczalnika oraz proces prowadzi się w sposób okresowy lub w sposób ciągły.

20 W innym korzystnym rozwiązaniu wynalazku osad cząstek aluminiowych i celulozowych osusza się przed poddaniem ich separacji i przemywa się czystym rozpuszczalnikiem w celu oczyszczenia i usunięcia resztek roztworu polimeru.

W innym korzystnym rozwiązaniu wynalazku zawiesinę składników nierozpuszczalnych wprowadza się w połowie głębokości zbiornika separacyjnego.

25 W innym korzystnym rozwiązaniu wynalazku zawiesinę po rozdrobnieniu składników nierozpuszczalnych wprowadza się na układ poziomych strun na stelażach w pakietach o odległościach strun od 10 do 30 mm, korzystniej od 15 mm do 20 mm. Korzystnie struny wprowadza się w ruch drgający z częstotliwością od 0,5 Hz do 5 Hz, korzystniej od 1 Hz do 2 Hz z amplitudą od 1 mm do 45 mm, korzystniej od 10 do 15 mm, 30 korzystnie w płaszczyźnie poziomej.

W innym korzystnym rozwiązaniu wynalazku co drugą warstwę strun w danej sekcji wprowadza się w drgania w tej samej fazie i przeciwnie do pozostałych warstw w danej sekcji.

Przedmiotem wynalazku jest również aparat do rozdzielania składników opakowań kompozytowych zawierających folię z polimeru, aluminium i/lub celulozę, w którym w 5 zbiorniku (1) powyżej i poniżej strefy wprowadzania zawiesiny znajdują się sekcje z układem poziomych strun (2, 3) na stelażach ułożone w pakiety o odległościach strun od 10 do 30 mm, korzystnie od 15 mm do 20 mm. Korzystnie strefa wprowadzania zawiesiny składników nierozpuszczalnych znajduje się w połowie głębokości zbiornika 10 separacyjnego.

W innym korzystnym rozwiązaniu wynalazku warstw strun (2, 3) w każdej sekcji jest od 1 do 50, korzystnie od 5 do 30, jeszcze korzystnie od 12 do 22.

Struny są korzystnie wprowadzone w ruch drgający (5) z częstotliwością od 0,5 Hz do 5 Hz, korzystnie od 1 Hz do 2 Hz z amplitudą od 1 mm do 45 mm, korzystnie od 10 15 do 15 mm, korzystnie w płaszczyźnie poziomej. Korzystnie co druga warstwa strun w danej sekcji jest wprowadzona w ruch drgający w tej samej fazie i przeciwnie do pozostałych warstw w danej sekcji.

Wynalazek został przedstawiony na rysunku, na którym fig.1. przedstawia schemat procesu odzysku aluminium, polietylenu i celulozy, a fig.2. przedstawia schemat przekroju 20 poprzecznego zbiornika do separacji cząstek aluminium i celulozy.

Poniżej przedstawiono przykłady jedynie w celu zilustrowania korzystnego sposobu realizacji wynalazku, lecz nie mają ograniczać jego zakresu.

Przykład 1

Przetworzeniu poddano odpad metalizowanej folii opakowaniowej złożonej z 25 dwóch warstw folii polietylenowej przedzielonej folią aluminiową a stosowanej do ochrony produktów przed działaniem światła dzięki zastosowaniu nieprzezroczystej warstwy aluminium. Odrębnie wykonana analiza składu odpadowej folii wykazała zawartość aluminium na poziomie 12,3%. Resztę stanowił polietylen. Nie wyznaczano udziału masowego farb pochodzących z wykonanych na folii nadruków. Odpady wstępnie 30 rozdrobniono w strzępiarce na kawałki wielkości max 3 cm x 3 cm. Do zbiornikowego

reaktora o objętości 5 m³, odpowietrzanego poprzez chłodnicę zwrotną, wprowadzono 1750 kg odpadowej folii.

Po zamknięciu zbiornika napełniono go 2700 kg ksyleny. Strumień ksyleny odbierano u dołu zbiornika za pomocą pompy, która zapewniała cyrkulację ksyleny przez zagrzewano zewnętrznym wymiennik ciepła. Rozpuszczalnik był zagrzewany w wymienniku ciepła. Po 4 godzinach mieszanina w zbiorniku osiągnęła temperaturę wrzenia. Ograniczono zagrzewanie cyrkulującego rozpuszczalnika i utrzymywano mieszaninę w stanie łagodnego wrzenia przez kolejne 3 godziny. W tym czasie nastąpiło kompletne rozтворzenie elementów polietylenowych (polimerowych) odpadu w użytym rozpuszczalniku. Rozpuszczalnik zlano ze zbiornika wraz z pływającą w nim zawieszoną cząstek aluminiowych na gęstą siatkę metalową, na której oddzielono płatki aluminium. Płatki zebrane w filtrze przemyto następnie 300 kg gorącego ksyleny w celu usunięcia spomiędzy nich resztek roztworu polietyleny. Filtrat wraz z roztworem myjącym przekierowano do zbiornika magazynowego do dalszego przerobu. Przez osad płatków i cząstek aluminium przepuszczono strumień pary wodnej, aby odpędzić resztki rozpuszczalnika organicznego a następnie ostudzono. Uzyskano w ten sposób 206 kg aluminium. Roztwory polietyleny w ksylenie poddano zatężeniu odpędzając z nich ksylen, który po kondensacji gromadzono w zbiorniku magazynowym do wykorzystania w kolejnej szarzy. W wyparce pozostał stopiony polietylen, który poddano granulacji w osobnej linii uzyskując 1533 kg granulatu.

Przykład 2

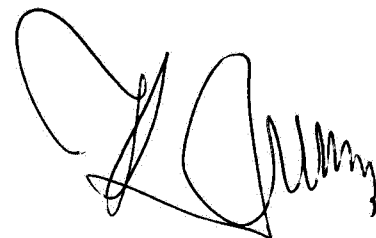
Rozdzielaniu poddawany jest odpad powstający w procesie recyklingu opakowań kartonowych. Składa się on z fragmentów pozlepianych ze sobą elementów i folii polietylenowej, kartonu celulozowego i folii aluminiowej. Orientacyjny skład odpadu to polietylen 20%, celuloza 75% i aluminium 5%. Odpad w ilości 1500 kg wprowadzono do reaktora zbiornikowego o objętości 5 m³ odpowietrzanego poprzez chłodnicę zwrotną chłodzoną wodą obiegową. Po zamknięciu zbiornika napełniono go 2600 kg ksyleny. Strumień ksyleny odbierano u dołu zbiornika i zagrzewano w zewnętrznym wymienniku i zwracano do zbiornika. Po 3,5 godzinie mieszanina w zbiorniku osiągnęła temperaturę

wrzenia, ograniczono zagrzewanie cyrkulującego rozpuszczalnika i utrzymywano mieszaninę w stanie łagodnego wrzenia przez kolejne 3 godziny. W tym czasie nastąpiło kompletne rozтворzenie elementów polietylenowych (polimerowych) odpadu w użytym rozpuszczalniku. Rozpuszczalnik zlanano ze zbiornika i przekierowano do zbiornika magazynowego do dalszego przerobu. Mieszaninę w reaktorze zalano dodatkową porcją 1000 kg gorącego ksylenu i przepłukiwano przez 30 minut stosując pompę obiegową. Po zakończeniu płukania zlanano ksylen do zbiornika z poprzednią porcją ksylenu. Użyty ksylen z rozpuszczonym w nim polimerem pobierano ze zbiornika magazynowego i kierowano do wyparki. W wyparce oddestylowano ksylen kierowany do zbiornika magazynowego czystego ksylenu i używany w kolejnym cyklu produkcyjnym. Pozostałością po odparowaniu ksylenu był stopiony polimer, głównie polietylen) który stanowił jeden z produktów separacji odpadu. Poddano go granulacji uzyskując 552 kg granulatu polietylenowego.

Mieszaninę pozostałą w reaktorze zbiornikowym stanowiła celuloza wraz z kawałkami folii aluminiowej. Reaktor przeparowano gorącą parą wodną w celu usunięcia resztek ksylenu z masy pozostałej w reaktorze. Następnie mieszaninę schłodzono zimną wodą do temperatury pokojowej. Masę zalaną wodą poddano działaniu mechanicznemu za pomocą szybko obrotowego mieszadła w celu rozdzielania zbitek włókien i kawałków folii. Uzyskano luźną pulpę złożoną z włókien celulozy i drobnych płatków folii aluminiowej. Pulpę odsączono spuszczać wodę ze zbiornika a następnie wysuszono uzyskując luźny materiał złożony z wymieszanych cząstek celulozy i aluminium. Do ich separacji wykorzystano ich różnicę gęstości. Włókna celulozowe z kartonowych elementów odpadu miały gęstość właściwą $1,5 \text{ g/cm}^3$ a folia aluminiowa $2,7 \text{ g/cm}^3$. Materiał zalano w reaktorze zbiornikowym 3500 kg czterochlorku węgla o gęstości $1,6 \text{ g/cm}^3$ i zamieszano w celu wytworzenia zawiesiny. Zawiesinę cząstek w czterochlorku węgla wprowadzano w połowie wysokości prostopadłościennego zbiornika. Nad i pod obszarem wprowadzania zawiesiny znajdowały się rozpięte na stelażach cienkie stalowe druty tworząc przestrzenną siatkę w odległościach co 15 mm. Struny siatek ułożone były w 20 warstwach nad i w 20 warstwach pod miejscem wprowadzania zawiesiny. Każda warstwa strun wprowadzona była w drgania wahadłowe w poziomej płaszczyźnie, przy

czym wspólne drgania obejmowały co drugą warstwę strun. Ruch cienkich strun w cieczy nie powodował jej mieszania i nie powodował powstawania ruchów poprzecznych ruchów cieczy. Użycie czterochlorku węgla spowodowało opadanie na dno zbiornika cięższych cząstek aluminiowych oraz wypływanie na powierzchnię lżejszych włókienek celulozowych. Przelewy na powierzchni zbiornika i wychodzący z dna zbiornika zapewniały odbiór obu frakcji cząstek. Zlewając ostrożnie dolną zawartość reaktora zbiornikowego zlano zawieszinę cząstek aluminiowych w czterochlorku węgla. Mieszanie tę odsączono na filtrze uzyskując osad cząstek folii aluminiowej oraz czysty czterochlorek węgla zwracany do zbiornika magazynowego i do wykorzystania w kolejnej szarzy produkcyjnej. Cząstki folii na filtrze przepłukano wodą w celu usunięcia resztek czterochlorku węgla a następnie wysuszono uzyskując 74,5 kg aluminium. Górną frakcję z reaktora zbiornikowego zlano i przefiltrowano na filtrze sitowym, przemyto strumieniem wody dla usunięcia resztek czterochlorku węgla i wysuszono. Uzyskano 1227,3 kg jasno brązowej, włóknistej celulozy. W procesie nie powstają ścieki a wszelkie media takie jak ksylen, woda, czterochlorek węgla są regenerowane i zwracane do produkcji. Schemat procesu separacji pokazano na Fig. 1. Na Fig.2. pokazano schemat przekroju poprzecznego zbiornika do separacji cząstek aluminium i celulozy. 1 oznacza zbiornik, 2 i 3 to sekcja górna i dolna pakietów strun, 4 kanał wprowadzania zawiesiny do strefy środkowej i 5 kierunki drgań pakietów strun.

20



Dr inż. Zbigniew Kamiński
RZECZNIK PAŃSTWA