

Joachim ZIMNIAK

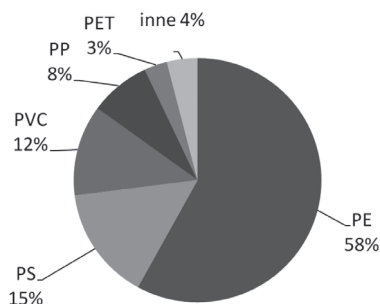
e-mail: zimniak@utp.edu.pl

Instytut Technik Wytwarzania, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Recykling materiałowy folii termoplastycznych stosowanych w przemyśle opakowaniowym i rolno-spożywczym

Wprowadzenie

Folie z termoplastycznych tworzyw polimerowych, wytwarzane w wielkich ilościach zwłaszcza z polietylenu (PE), zużywane są zwykle na opakowania jednorazowego użytku głównie w przemyśle rolno-spożywczym. Jak wynika z literatury światowa produkcja tworzyw osiągnęła w roku 2007 wartość 280 mln ton [1] i ma tendencję rosnącą. Spośród wszystkich sektorów przemysłu krajów UE, najczęściej tworzyw polimerowych zużywa przemysł opakowaniowy, a PE ma największy udział ilościowy w sumarycznym zużyciu wszystkich tworzyw. Na rys. 1. przedstawiono udziały ważniejszych tworzyw stosowanych w opakowaniach z którego wynika, że opakowania jednorazowego użytku z PE (głównie folie) stanowią i będą stanowić w najbliższym okresie czasu podstawowe źródło powstawania zasobów wtórnych (zwanych potocznie odpadami [3–5]). Z punktu widzenia ekonomicznego fakt podjęcia problemu związanego z zagospodarowaniem tego tworzywa jest uzasadniony. Ma także istotne znaczenie ekologiczne w świetle *Dyrektywy UE nr 94/62/EC* o opakowaniach i odpadach opakowaniowych oraz Ustawy rządowej o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r.



Rys. 1. Udziały procentowe poszczególnych tworzyw w opakowaniach [1, 2]

Właściwości folii

Niektóre właściwości użytkowe pozyskiwanych do recyklingu folii wtórnych mają istotne znaczenie dla przyjęcia określonych metod i szczegółowych procesów dalszego ich przetwarzania. Przyjęto, że są to następujące ważniejsze właściwości:

- materiałowe (charakterystyczne dla rodzaju tworzywa z którego folia została wytworzona),
- przetwórcze, wynikające z rozmiarów pozyskiwanych folii oraz ze stopnia zanieczyszczenia,
- wytrzymałościowe, wynikające ze specyficznych metod wytwarzania folii.

Analizując dane statystyczne asortymentu wytwarzanych folii, można zauważyć, że wśród odzyskiwanych aktualnie folii wtórnych, dominują folie grube [2, 3–5]. Wspomniane wtórne folie grube są zwykle silnie zanieczyszczone – najczęściej ciałami stałymi, np. piaskiem, papierem, drewnem, metalami. Ilość zanieczyszczeń zalegających folie wtórne w znacznym stopniu zależy od czasu i warunków ich składowania. Ze względu na wysokie koszty transportu folii wtórnych wskazane jest aby ich recykling odbywał się w pobliżu obszarów (miejs) najczęstszego stosowania folii rolno-spożywczych (też opakowaniowych). Do takich miejsc należy zaliczyć: wielkie gospodarstwa rolne stosujące intensywne nawożenie, zakłady produkcyjne nawozów sztucznych, zakłady wytwarzające folie (powstaje znaczna ilość odpadów technologicznych), aglomeracje miejskie itp.

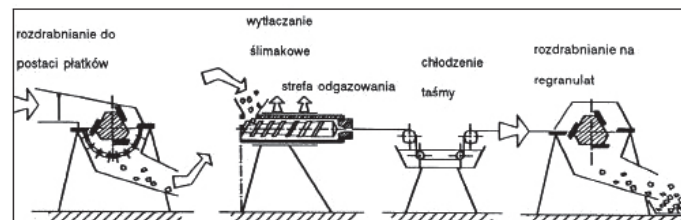
Uwzględniając powyższe przyjęto, że najpilniejsze potrzeby w zakresie nowych rozwiązań mechanicznych procesów recyklingu materiałowego będzie zaprezentowanie technologii przetwórczych, które mogą i powinny być eksploatowane:

- w miejscu zużycia folii z worków opakowaniowych i opakowań termokurczliwych. Są to zwłaszcza duże zakłady pracy o wydajności procesu przetwórczego szacowanej na 200–250 t/rok.
- w pobliżu zakładów rolno-spożywczych (duże plantacje warzyw, tunele ogrodniczych).
- w dużych aglomeracjach miejskich (w pobliżu wysypisk), dla folii używanych głównie na opakowania środków spożywczych z wydajnością procesu przetwórczego szacowaną na 1000–1500 t/rok.

Celem pracy jest zaprezentowanie ważniejszych metod recyklingu oraz linii technologicznych folii termoplastycznych stosowanych w przemyśle opakowaniowym i rolno-spożywczym w zróżnicowanych warunkach powstawania zasobów wtórnych.

Recykling folii czystych

Aktualnie wśród metod recyklingu materiałowego folii wtórnych dominują sposoby mechaniczne. Poniżej zostaną zaprezentowane ważniejsze metody recyklingu wtórnych folii czystych i zanieczyszczonych. Do ważniejszych metod recyklingu wtórnych folii czystych należy wymienić: wytłaczanie ślimakowe, aglomerowanie tarczowe ciągłe i cykliczne [2, 3, 5]. Jak wynika z analizy literatury oraz badań własnych [5–7], często stosowana jest metoda recyklingu z wykorzystaniem wytłaczania ślimakowego. Schemat ideowy procesu z jego ważniejszymi elementami przedstawiono na rys. 2.



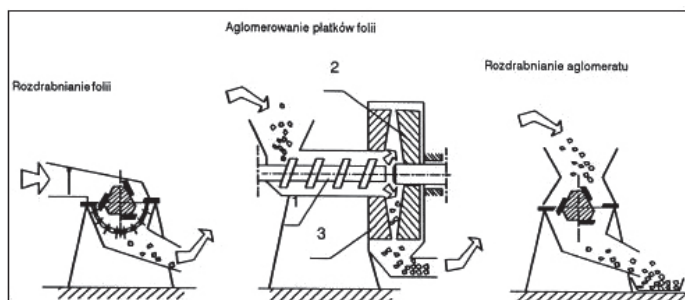
Rys. 2. Schemat ideowy recyklingu folii czystych metodą wytłaczania ślimakowego [2, 5]

Analizując rys. 2 można zaobserwować, że recykling wtórnej folii metodą wytłaczania ślimakowego obejmuje kilka procesów składowych, tj. rozdrabniania folii do postaci płatków o żądanych wymiarach, wytłaczania taśmy płatków folii z zastosowaniem specjalnego układu uplastyczniającego, chłodzenia taśmy i jej rozdrabniania. W wyniku jej rozdrabniania w młynie tnącym uzyskuje się wytwór końcowy zwany regranulatem, który może być stosowany do dalszego przetwórstwa.

Regranulat to ziarnista postać tworzywa wtórnego, charakteryzująca się ściśle powtarzalnymi standaryzowanymi wymiarami i kształtem, uzyskana w procesie wytłaczania, chłodzenia i cięcia polimerów termoplastycznych [2–6].

Jak wynika z analizy literatury temperatura podczas uplastyczniania płatków folii osiąga wartość powyżej temperatury topnienia, co będzie związane ze spadkiem właściwości mechanicznych wytworów [2, 5, 6]. Inną metodą recyklingu folii czystych jest metoda aglomerowania tarczowego ciągłego, którego schemat przedstawiono na rys. 3.

Analizując rys. 3 należy zauważyć, że tak jak w poprzedniej metodzie folia zostaje początkowo rozdrobniona w młynie tnącym na płatki o określonych wymiarach, z którego za pomocą specjalnego systemu transportu zostają doprowadzone pomiędzy dwie współpracujące tar-



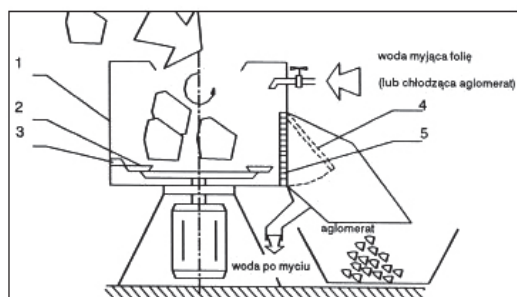
Rys. 3. Schemat ideowy recyklingu folii czystych metodą aglomerowania tarczowego ciągłego: 1 – ślimak doprowadzający rozdrobnione płatki folii, 2 – tarcza obrotowa, 3 – tarcza nieruchoma [2, 3, 5]

cze. Ruch obrotowy powoduje przemieszczanie się płatków folii, a powstające ciepło wskutek tarcia płatków konstituuje produkt końcowy – aglomerat.

Aglomerat to ziarnista postać termoplastycznego tworzywa wtórne-go charakteryzująca się zróżnicowanymi wymiarami i nieregularnym kształtem, otrzymana bez doprowadzania tworzywa do stanu ciekłego [2, 5]. Często aglomerat jest rozdrabniany w młynie tnącym – traktowanym jako drugi stopień.

Recykling folii zanieczyszczonych

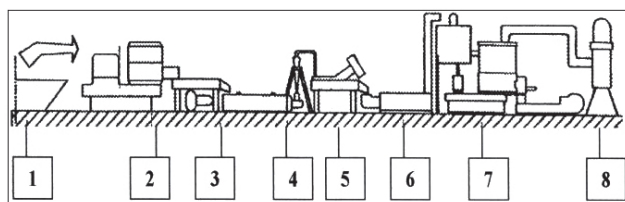
Recykling wtórnych folii zanieczyszczonych jest problemem bardziej skomplikowanym niż folii czystych. Wynika to z zalegania zanieczyszczeń na powierzchni składowanej folii. Do ważniejszych metod recyklingu folii zanieczyszczonych należy zaliczyć: aglomerowanie cykliczne, aglomerowanie cykliczne z wyodrębnionymi fazami mycia i suszenia płatków folii, regranulowanie płatków folii oczyszczonych w szeregowych procesach mycia i suszenia, [3, 5–7]. Na rys. 4 pokazano schemat ideowy recyklingu folii wtórnej metodą aglomerowania cyklicznego [2, 5, 6].



Rys. 4. Aglomerowanie folii zanieczyszczonych: 1 – zbiornik, 2 – noże obrotowe, 3 – noże stałe, 4 – pokrywa wysypu tworzywa, 5 – sito do odprowadzania wody [5, 6]

Umożliwia ona przeprowadzenie w jednej cyklicznej operacji szeregu różnorodnych jakościowo procesów składowych, tj. rozdrabniania, mycia, odwirowania, suszenia i aglomerowania folii. Produktem końcowym jest aglomerat [5, 7].

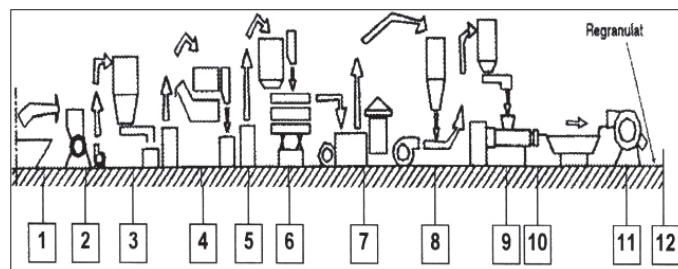
Inną metodą recyklingu folii zanieczyszczonych jest aglomerowanie cykliczne (Rys. 5) z wyodrębnionymi procesami mycia i suszenia płatków folii. Zastosowano w tej linii dwukrotnie urządzenie aglomerujące.



Rys. 5. Schemat ideowy linii technologicznej do aglomerowania cyklicznego folii zanieczyszczonych [2, 3, 5]: 1 – sortowanie folii i transport do urządzenia myjąco-rozdrabniającego, 2 – rozdrabnianie i mycie (I aglomerator), 3 – oddzielenie wody brudnej na rynnice wibracyjnej, 4 – oddzielenie zanieczyszczeń, 5 – oddzielenie wody na rynnice wibracyjnej, 6 – suszenie płatków folii, 7 – aglomerowanie i schładzanie (II aglomerator), 8 – pakowanie aglomeratu

Jak wynika z rys. 5, folia wtórna jest na początku rozdrabniana i wstępnie myta w aglomeratorze I. Płatki wstępnie mytej folii kierowane są do układu rynien wibracyjnych – celem oddzielenia wody, a następnie do urządzenia flotacyjnego – w celu oddzielenia od nich zanieczyszczeń. Kolejnymi procesami składowymi są: oddzielenie wody z płatków i ich suszenie oraz aglomerowanie (w aglomeratorze II) określonej porcji wsadu płatków. Produktem końcowym jest aglomerat, niekiedy stosowany jest dodatkowo proces, tj. granulowania w wyniku którego otrzymuje się regranulat. Można go stosować do tradycyjnych metod przetwórstwa, tj. wtryskiwania czy wytłaczania [2, 4, 5–7].

W rozwiązaniach przemysłowych stosowana jest często metoda recyklingu folii zanieczyszczonych poprzez regranulowanie płatków folii oczyszczonych w szeregowych procesach mycia i suszenia [2, 6]. Schemat ideowy linii technologicznej przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6. Schemat ideowy linii technologicznej recyklingu folii oczyszczonej w szeregowych procesach mycia i suszenia [2, 3, 5]: 1 – sortowanie, 2 – rozdrabnianie w młynie nożowym, 3 – magazyn zanieczyszczonych płatków folii, 4 – mycie wstępne, 5 – oddzielenie zanieczyszczeń, 6 – mycie ostateczne i oddzielenie wody, 7 – suszenie płatków, 8 – transport płatków, 9 – wytłaczanie płatków, 10 – schładzanie stopionego tworzywa, 11 – rozdrabnianie, 12 – regranulat

Analizując schemat linii trzeba zauważyć, że folia po sortowaniu zostaje rozdrobniona w młynie nożowym i skierowana do magazynu zanieczyszczonych płatków folii z którego są transportowane do mycia wstępnego, następnie do urządzenia separującego zanieczyszczenia stałe, a potem do mycia ostatecznego. W kolejnej fazie płatki zostają skierowane do suszarki, a w wytłaczarce z granulatorem powstaje z nich produkt końcowy, tj. regranulat, który może być stosowany podczas wytłaczania np. węży ogrodowych, folii pod uprawy.

Podsumowanie

Analiza różnych metod recyklingu folii wtórnej (w tym zwłaszcza stosowanej w przemyśle rolno-spożywczym), skłania do sformułowania następujących uwag końcowych. Recykling materiałowy folii pożytkowej może być realizowany w urządzeniach o prostej konstrukcji, tj. w aglomeratorach cyklicznych. Uzyskany produkt – aglomerat ma nieregularny kształt, więc degradacja cieplna jest mniejsza niż w innych metodach recyklingu. Recykling folii zanieczyszczonych realizowany jest najczęściej za pomocą linii technologicznych, które konstrukcyjnie są mocno rozbudowane o elementy sortujące, rozdrabniające, myjące i in. Jakość produktu końcowego – regranulatu jest znacznie wyższa niż w przypadku aglomerowania cyklicznego.

LITERATURA

- [1] Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 3.1, Jahr 2007.
- [2] G. Menges, W. Michaeli, M. Bittner: Recycling von Kunststoffen. Carl Hanser Verlag, München – Wien 1992.
- [3] J. Brandrup, M. Bittner, W. Michaeli, G. Menges: Die Wiederverwertung von Kunststoffen. Carl Hanser Verlag München – Wien 1995.
- [4] M. Bieliński: Materiałowa i przetwórcza charakterystyka wybranych tworzyw wtórnych. Rozprawy nr 84, ATR Bydgoszcz 1998.
- [5] R. Konieczka: Podstawy mechanicznych procesów recykulacji folii z polietylenu małej gęstości. Rozprawy nr 74. Wydawnictwo Uczelniane ATR, Bydgoszcz 1996.
- [6] R. Konieczka, J. Zimniak: Die Verwertung verunreinigten Folienabfälle mittels periodischer Agglomeration. Polymerwerkstoffe '84, Niemcy.
- [7] J. Zimniak, R. Konieczka: Untersuchungen der Wirksamkeit und des Energieverbrauchs bei der Nassreinigung verschmutzter Folienabfälle. Technomer '85/Niemcy.