

Krzysztof KRÓLIKOWSKI¹, Kazimierz PISZCZEK¹

Zakład Technologii Polimerów, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej,
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
e-mail: zenon.tartakowski@zut.edu.pl

Rozdział mieszanin polipropylenu z polistyrenem na separatorze igłowym

Streszczenie. Recykling materiałowy jest preferowaną formą zagospodarowania odpadów termoplastycznych tworzyw polimerowych. Nerozłącznym etapem takiego recyklingu jest separacja na jednorodną frakcję materiałową. Proces ten jest niezbędny ze względu na zróżnicowane właściwości odpadów tworzywowych. W pracy przedstawiono wyniki rozdziału mieszanin tworzyw polimerowych PP/PS na podstawie różnicy w twardości. Zbadano wpływ prędkości obrotowej oraz siły nacisku igieł na skuteczność separacji. Zbadano wpływ udziału masowego tworzyw PP/PS na dokładność oraz efektywność separacji.

SEPARATION OF POLYPROPYLENE WITH POLYSTYRENE ON THE NEEDLE SEPARATOR

Abstract. Material recycling is a preferred form of thermoplastic polymer management. An inseparable stage of the recycling involves separation into homogenous material fractions. The process is necessary due to diversified properties of plastic waste. This paper presents results of separation of PP/PS polymer plastic mixtures with respect to differences in their hardness. The author tested influence of rotating speed and needle pressure force upon effectiveness of the separation. The author also tested the weight share of PP/PS plastics upon accuracy and effectiveness of the separation.

1. Wprowadzenie

Recykling materiałowy (mechaniczny) jest preferowaną metodą zagospodarowania odpadów tworzyw polimerowych. W celu doprowadzenia odpadów do postaci jednorodnego materiału w procesie recyklingu materiałowego niezbędne jest wykonanie szeregu operacji jednostkowych takich jak: oczyszczanie wstępne, sortowanie, rozdrabnianie, mycie, suszenie. Niewątpliwie najbardziej kłopotliwym etapem jest sortowanie (separacja), w którym z mieszaniny wyodrębniane są oddzielne rodzaje tworzyw. Konieczność prowadzenia tego procesu wynika z niemieszalności termodynamicznej większości par polimerów. Duża różnorodność tworzyw powoduje ciągłe udoskonalanie obecnych metod oraz poszukiwanie nowych sposobów separacji. Zastosowanie tylko jednej technologii rozdziału na ogół nie pozwala na dokładne rozdzielanie strumienia odpadów. Często niezbędne jest więc łączenie różnych technik rozdziału. Technologie sortowania odpadów polimerowych uwzględniające miejsce powstawania i sposób pozyskiwania dzieli się na: mechaniczne, ręczne, zautomatyzowane (dzięki zastosowaniu zespołu urządzeń rozpoznających oraz wychwytyjących odpowiednie tworzywa z rozdzielanej mieszaniny) [1÷8]. Aby rozdział mieszanin na poszczególne frakcje był możliwy niezbędne jest ich rozpoznawanie (identyfikacja) podczas trwania procesu. Do najbardziej rozpowszechnionych metod rozdziału zalicza się metody gęstościowe, w których do identyfikacji wykorzystuje się różnice gęstości materiałów polimerowych.

Nową techniką rozdziału odpadów tworzyw polimerowych jest sposób separacji, w którym wykorzystywane są różnice twardości rozdzielanych tworzyw. Rozdział mieszanin na poszczególne strumienie materiałowe odbywa się w układzie walców złożonym z walca transportującego (dolnego) oraz przebijającego (górnego) [9].

Cząstki mieszaniny o mniejszej twardości wychwytywane są przez specjalnie wyprofilowane igły zamontowane na walcu górnym. Wychwycone cząstki są odrywane przez układ zgarniaczy i kierowane do pojemnika. Tworzywa o większej twardości pozostają na walcu dolnym i są przenoszone do innego pojemnika. Siłę nacisku igieł przebijających można regulować metodą pneumatyczną. Separator igłowy cechuje krótki czas detekcji. Do identyfikacji tworzyw wykorzystywane są igły, które jednocześnie realizują rozdział mieszaniny. Urządzenie jest nieczułe na zanieczyszczenia powierzchniowe. Warunkiem skutecznego rozdziału jest doprowadzenie tworzywa w jednej warstwie, przy czym cząstki mieszaniny muszą być luźno rozmieszczone na taśmie transportera.

Celem niniejszej pracy było określenie skuteczności separacji modelowych mieszanin tworzyw polimerowych (mieszanina polipropylenu i polistyrenu) na podstawie różnicy ich twardości z użyciem prototypowego separatora igłowego.

2. Część doświadczalna

2.1. Mieszaniny użyte do badań

W przeprowadzanych badaniach wykorzystano następujące materiały: polipropylen (PP) o twardości 47°ShD i polistyren (PS) o twardości 85°ShD oraz ich mieszaniny. Cząstki rozdzielanych tworzyw miały postać nieregular-

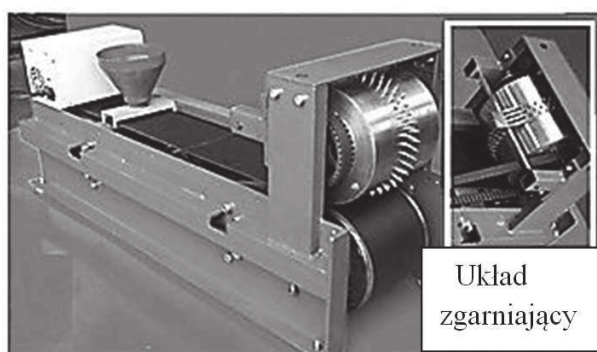
Tab. 1. Skład mieszanin, % wag.

Skład	Symbol								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
PP	10	20	30	40	50	60	70	80	90
PS	90	80	70	60	50	40	30	20	10

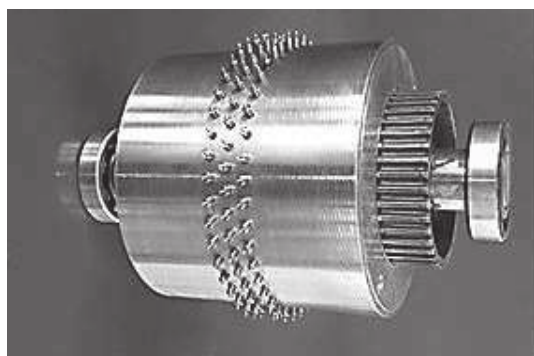
nych płytek o wymiarach około 18 × 18 mm powstałych z pocięcia wyprasek o grubości 2 mm. Mieszanki przygotowane poprzez mechaniczne wymieszanie PP i PS w proporcjach przedstawionych w tabeli 1.

2.2. Metodyka badań

Badania separacji prowadzono na prototypowym stanowisku badawczym przedstawionym na (rys. 1). Na (rys. 2) przedstawiono wałek rozdzielający (górny) o średnicy 192 mm wyposażony w trzy rzędy igieł z pneumatyczną regulacją siły nacisku. Odległość między igłami wynosiła 14 mm, odległość między rzędami 12 mm.



Rys. 1. Prototypowy rozdzielacz igłowy



Rys. 2. Wałek rozdzielający

Mieszankę (0,6 kg) wprowadzano do lejki zasypowego rozdzielacza i włączano napęd urządzenia. Po zakończonym teście ważono otrzymane frakcje oraz, po ręcznym wydzieleniu, udział pozostałości PS w PP i pozostałości PP w PS.

Jako kryteria oceny skuteczności rozdziału przyjęto dokładność i efektywność separacji opisane wzorami:

$$D_s = \frac{m_s}{m_{FS}} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie: D_s – dokładność separacji składnika S, m_s – masa składnika S znajdującego się we frakcji z dominującym udziałem tego składnika, m_{FS} – całkowita masa frakcji z dominującym udziałem składnika S;

oraz

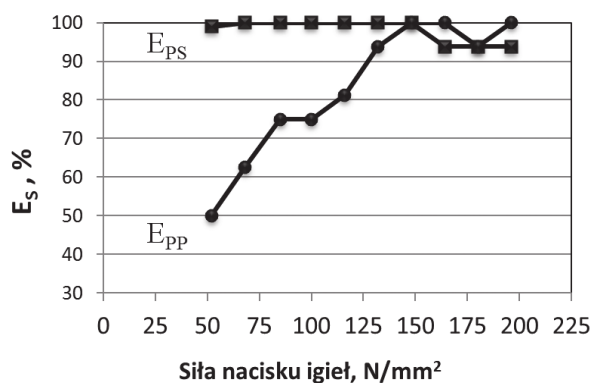
$$E_s = \frac{m_s}{m_{MS}} \cdot 100\% \quad (2)$$

gdzie: efektywność separacji składnika S, m_s – masa składnika S znajdującego się we frakcji z dominującym udziałem tego składnika, m_{MS} – masa składnika S znajdującego się w mieszaninie poddawanej separacji.

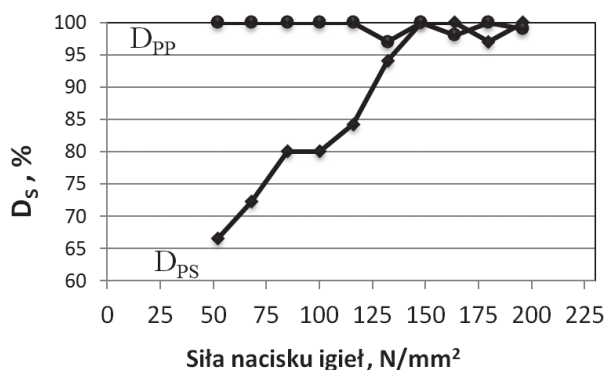
Stosując mieszaninę M5 (50/50) określono wpływ siły nacisku igieł przy stałej prędkości obrotowej wałców 12 obr·min⁻¹ na dokładność oraz efektywność separacji. Określono też wpływ prędkości obrotowej wałców przy stałej sile nacisku igieł wynoszącej 150 N/mm². Wpływ udziału masowego tworzyw w mieszaninach PP/PS na dokładność oraz efektywność separacji badano stosując stałą siłę nacisku igieł 150 N/mm² i stałą prędkość obrotową wałców 12 obr·min⁻¹.

3. Wyniki badań

Wpływ siły nacisku igieł na efektywność rozdziału PP (E_{PP}) i PS (E_{PS}) przedstawiono na (rys. 3), a na dokładność rozdziału PP (D_{PP}) i PS (D_{PS}) przedstawiono na (rys. 4). Stwierdzono, że największą efektywność a także dokładność wynoszącą 100% dla obu składników mieszaniny uzyskano przy sile nacisku igieł równej 150 N/mm². Wzrost siły nacisku powoduje nieznaczne obniżenie tej



Rys. 3. Wpływ siły nacisku igieł na efektywność rozdziału PP (E_{PP}) i PS (E_{PS})

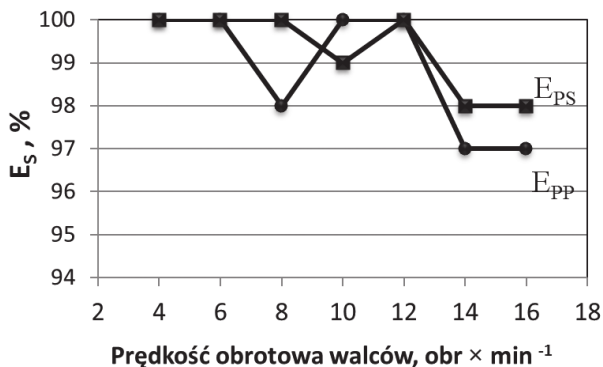


Rys. 4. Wpływ siły nacisku igieł na dokładność rozdziału PP (D_{PP}) i PS (D_{PS})

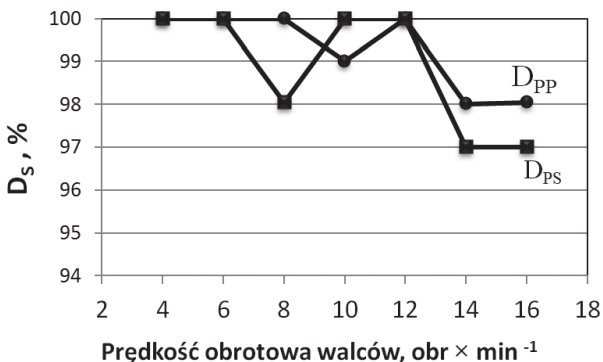
wartości. Spowodowane jest to zaczepianiem twardszych elementów PS na igłach walca rozdzielającego w wyniku czego elementy o większej twardości przenoszone były do pojemnika z mniej twardymi cząstkami PP.

Natomiast gdy wartość siły nacisku igieł wynosi od 50–100 N/mm² obserwuje się małą dokładność rozdziału w przypadku frakcji PS. Z powodu niewystarczającej siły wywieranej przez igły cząstki PP o mniejszej twardości nie były wychwytywane i w efekcie trafiały do pojemnika z PS. Wpływ prędkości obrotowej walców na efektywność rozdziału PP (E_{PP}) i PS (E_{PS}) przedstawiono na (rys. 5), a na dokładność rozdziału PP (D_{PP}) i PS (D_{PS}) na (rys. 6).

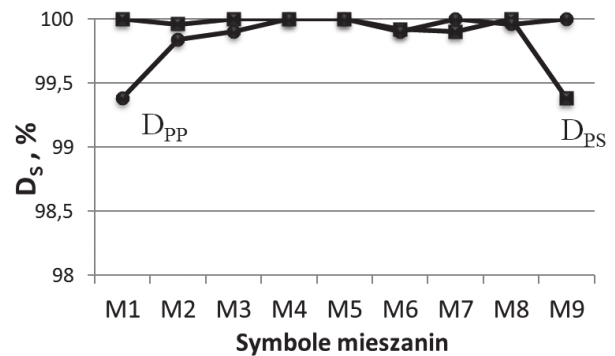
Z zależności przedstawionych na (rys. 5 i 6) wynika, że największą dokładność oraz efektywność separacji mieszanin PP/PS uzyskano przy prędkości obrotowej 12 obr·min⁻¹. Dalszy wzrost prędkości prowadzi do obniżenia dokładności oraz efektywności separacji. Prawdopodobnie spowodowane jest to drganiami powstającymi na taśmie transportującej mieszaninę, co może skutkować nawarstwianiem rozdzielanych płytek tak, że cząstki PP o mniejszej twardości mogą być zasłonięte twardszymi polistyrenowymi uniemożliwiając PP zaczepienie na igłach. Innym powodem może być zbyt szybkie przechodzenie igieł po rozdzielanych elementach mieszaniny



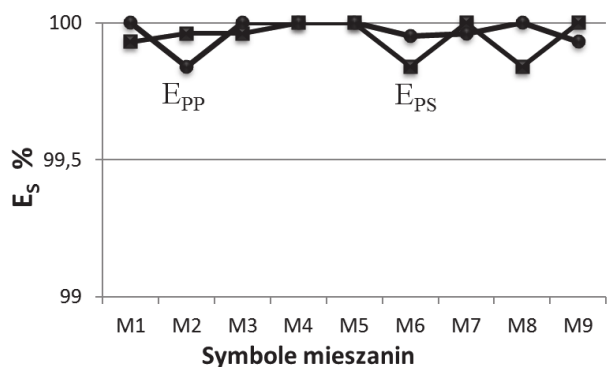
Rys. 5. Wpływ prędkości obrotowej walców na efektywność rozdziału PP (E_{PP}) i PS (E_{PS})



Rys. 6. Wpływ prędkości obrotowej walców na dokładność rozdziału PP (D_{PP}) i PS (D_{PS})



Rys. 7. Wpływ składu mieszanin na dokładność rozdziału PP (D_{PP}) i PS (D_{PS})



Rys. 8. Wpływ składu mieszanin na efektywność rozdziału PP (E_{PP}) i PS (E_{PS})

przez co niektóre jej składniki nie trafiały na igły rozdzielające. Wpływ składu mieszanin na dokładność i efektywność rozdziału przedstawiono na (rys. 7 i 8).

Z uzyskanych wyników separacji mieszanin PP/PS o różnych udziałach masowych wynika, że dokładność oraz efektywność separacji praktycznie nie zależy od składu rozdzielanej mieszaniny. Oznaczone wartości wskaźników E_{PP} , E_{PS} oraz D_{PP} i D_{PS} różnią się maksymalnie o 0,7%. Warunkiem koniecznym do uzyskania skutecznego rozdziału jest zapewnienie pojedynczej warstwy tworzywa przekazywanej transporterem do układu rozdzielającego separatora.

4. Podsumowanie

Stwierdzono, że do rozdziału mieszaniny dwóch polymerów o różnej twardości można zastosować separator igłowy. Uzyskane wyniki rozdziału mieszanin PS/PP dowodzą ogólnej poprawności rozwiązań konstrukcyjnych prototypowego separatora igłowego. Największą dokładność oraz efektywność separacji składników mieszanin PS/PP uzyskano przy sile nacisku igieł 150 N/mm² oraz prędkości obrotowej wynoszącej 12 obr·min⁻¹. Wręcz ze wzrostem prędkości obrotowej walców powyżej 12 obr·min⁻¹ obserwuje się nieznaczne zmniejszenie dokładności oraz efektywności separacji. Zmieniły udział

masowy PP i PS w mieszaninach nie wpływa na efektywność oraz dokładność rozdziału.

Literatura

1. Kijeński J., Błędzki A. K., Jeziórska R.: *Odzysk i recykling materiałów polimerowych*, PWN, Warszawa 2011, 64-67.
2. Królikowski K., Piszczek K., Żuk T.: *Rozdział mieszanin tworzyw polimerowych o różnej twardości*, Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 2014, 2, 91-92.
3. Zinowicz Z., Gołębiowski J., Świć A.: *Technologiczne problemy zagospodarowania odpadów tworzyw polimerowych*, Wydawnictwo Uczelniane, Lublin 2003, 201-206.
4. „Praca zbiorowa pod red. Kozłowski M., Rydarowski H.”: *Recykling odpadów polimerowych z elektroniki i pojazdów*, WNT, Warszawa 2012, 26-30.
5. Żenkiewicz M., Żuk T., Królikowski K.: *Metody sortowania odpadów tworzyw polimerowych*, *Przetwórstwo Tworzyw* 2012, 6 (150), 692-698.
6. „Praca zbiorowa pod red. Kozłowski M.”: *Podstawy recyklingu tworzyw sztucznych*, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1998, 409-418.
7. „Praca zbiorowa pod red. Błędzki A. K.”: *Recykling materiałów polimerowych*, WNT, Warszawa 1997, 36-40.
8. „Praca zbiorowa pod red. Kozłowski M.”: *Recykling tworzyw sztucznych w Europie*, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006, 138-140.
9. Królikowski K., Piszczek K., Żuk T., Tomaszewska J.: *Zgłoszenie patentowe, Sposób i urządzenie do separacji mieszanin tworzyw polimerowych*, Urząd Patentowy RP nr P.405364, 2013.