

Krzysztof KRÓLIKOWSKI, Kazimierz PISZCZEK

Zakład Technologii Polimerów, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej,  
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

## Rozdział mieszanin tworzyw polimerowych na separatorze igłowym

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono nowy sposób rozdziału mieszanin tworzyw przy użyciu eksperymentalnego separatora igłowego wykorzystując różnice w ich twardości. Określono wpływ procesu na jakość rozdziału materiałów.

SEPARATION OF MIXTURES OF POLYMERIC MATERIALS ON THE SEPARATOR NEEDLE

**Abstract:** The paper presents a new method for resolving mixtures of materials using experimental separator needle using differences in their hardness. The effect of the process on the quality of the separation of materials.

### 1. Wprowadzenie

Recykling materiałowy – mechaniczny jest jedną z głównych form zagospodarowania odpadów tworzyw polimerowych. W celu doprowadzenia odpadu do postaci użytecznego 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). Sortowanie jest procesem wyodrębniania konkretnych rodzajów tworzyw z ich mieszaniny i jest nierozłącznym etapem recyklingu materiałowego odpadów polimerowych. Konieczność prowadzenia tego procesu wynika z niemieszalności termodynamicznej większości par polimerów. Duża różnorodność tworzyw wymusza udoskonalanie dotąd stosowanych oraz poszukiwanie nowych metod separacji. W wielu przypadkach zastosowanie tylko jednej metody nie pozwala na dokładne rozdzielanie odpadów, niezbędne jest wówczas łączenie różnych metod rozdziału [1-7].

Nową techniką rozdziału odpadów tworzyw polimerowych jest separacja na podstawie różnicy w twardości. Rozdział mieszanin na frakcje jednorodne pod względem twardości odbywa się w układzie walców, który składa się z walca transportującego (dolnego) oraz przebijającego (górnego) [8,9]. Do identyfikacji tworzyw wykorzysty-

wane są specjalnie wyprofilowane igły, które jednocześnie realizują proces rozdziału mieszaniny. Cząstki mieszaniny o mniejszej twardości wychwytywane są przez igły znajdujące się na powierzchni walca górnego a następnie odrywane przez układ zgarniaczy do pojemnika. Elementy twarde pozostają na walcu dolnym skąd przenoszone są do innego pojemnika. Siłę nacisku igieł z jaką mogą one oddziaływać na rozdzielane cząstki tworzyw można regulować w sposób płynny. Separator igłowy cechuje krótki czas detekcji, urządzenie jest nieczułe na zanieczyszczenia powierzchniowe rozdzielanych tworzyw.

Celem niniejszej pracy jest określenie możliwości oddzielenia polipropylenu (PP) od polistyrenu (PS) z ich mieszanin na prototypowym separatorze igłowym.

### 2. Część doświadczalna

#### 2.1. Mieszaniny użyte do badań

W przeprowadzanych badaniach wykorzystano następujące materiały: polipropylen (PP) o twardości 47°ShD oraz polistyren (PS) o twardości 85°ShD. Próbkę rozdzielanych tworzyw miały kształt płytek o wymiarach 18 × 18 mm powstałych z pocięcia wyprasek o grubości 2 mm.

#### 2.2. Metodyka badań

Badania separacji prowadzono na prototypowym stanowisku badawczym przedstawionym na rys. 1 i 2. Górny walec rozdzielający (rys. 3.) o średnicy 192 mm był wyposażony w trzy rzędy igieł z pneumatyczną regulacją siły nacisku. Odległość między igłami wynosi 14 mm, odległość między rzędami 12 mm.

W badaniach określono dokładność ( $D_s$ ) odseparowania danego składnika mieszaniny opisaną wzorem:

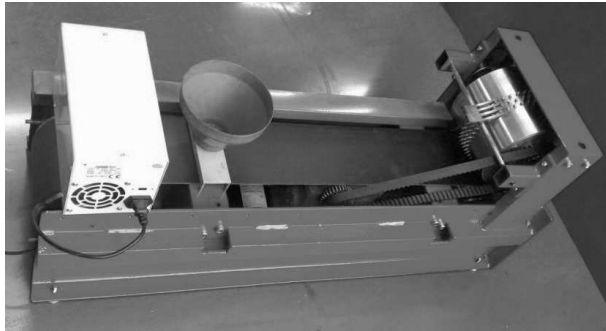
$$D_s = \frac{m_s}{m_{FS}} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie:  $S$  – symbol danego składnika,  $m_s$  – masa składnika  $S$  znajdującego się we frakcji z dominującym udziałem tego składnika,  $m_{FS}$  – masa frakcji z dominującym udziałem składnika  $S$ .

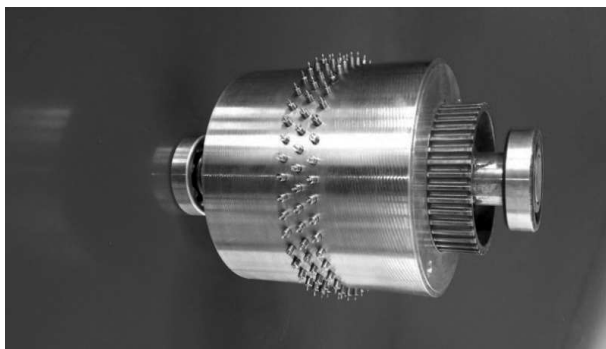
Określono także efektywność separacji ( $E_s$ ) frakcji danego składnika mieszaniny w procesie rozdziału opisaną wzorem:



Rys. 1. Prototypowy separator igłowy



Rys. 2. Układ zgarniający separatora igłowego



Rys. 3. Górny wałek rozdzielający separatora igłowego

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

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

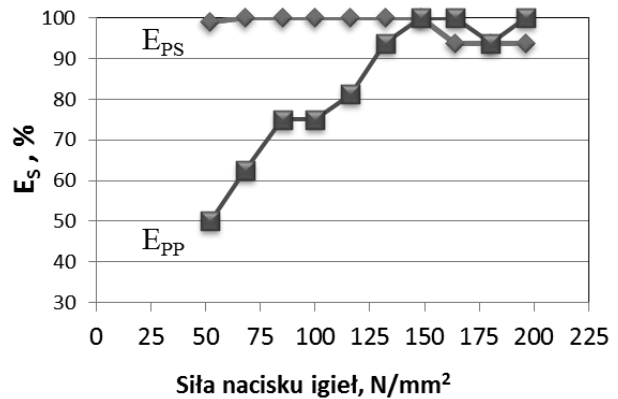
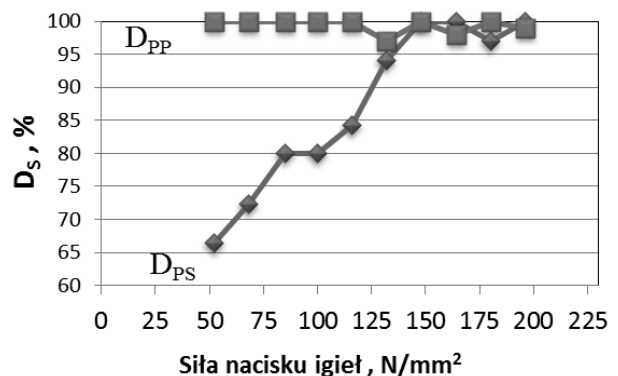
W badaniach mieszaniny o masie 0,6 kg, w których udział masowy składników wynosił 50/50 określono wpływ siły nacisku igieł (przy stałej prędkości obrotowej 12 obr<sup>-1</sup>) na dokładność oraz efektywność separacji. Określono także wpływ prędkości obrotowej układu wałków (przy stałej sile nacisku igieł 150N/mm<sup>2</sup>) na dokładność oraz efektywność separacji. Na tej podstawie określono najkorzystniejsze warunki prowadzenia procesu. Stosując te warunki przeprowadzono badania mieszanin PP/PS o zmiennym składzie (tab.1).

Tab. 1. Składy mieszanin badanych

Symbole mieszanin	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
PP[% mas.]	10	20	30	40	50	60	70	80	90
PS[% mas.]	90	80	70	60	50	40	30	20	10

### 3. Wyniki badań

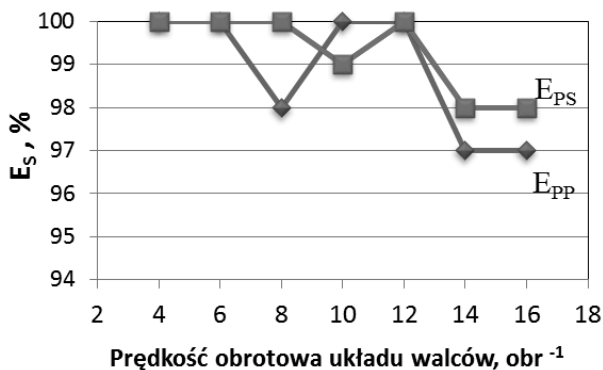
Wpływ siły nacisku igieł na dokładność ( $D_s$ ) oraz efektywność ( $E_s$ ) separacji polipropylenu i polistyrenu zmieszanych w proporcji 1:1 przedstawiono na rys. 4 i 5.

Rys. 4. Wpływ siły nacisku igieł na efektywność rozdziału PP ( $E_{PP}$ ) i PS ( $E_{PS}$ )Rys. 5. Wpływ siły nacisku igieł na dokładność rozdziału PP ( $D_{PP}$ ) i PS ( $D_{PS}$ )

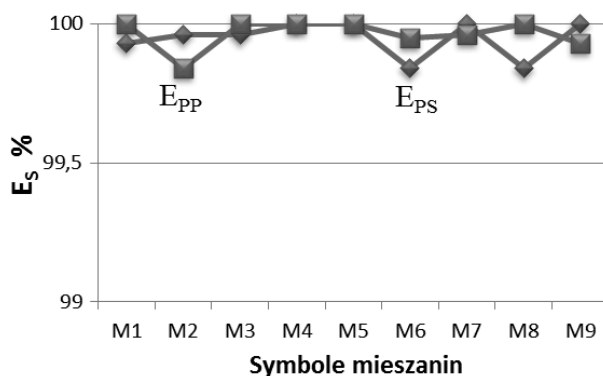
Największą efektywność rozdziału  $E_{PP}$ ,  $E_{PS}$  a także dokładność  $D_{PP}$ ,  $D_{PS}$  wynoszącą 100% dla obu składników mieszaniny uzyskano przy sile nacisku igieł wynoszącej 150 N/mm<sup>2</sup>. Dalszy wzrost siły nacisku powoduje nieznaczne obniżenie tej wartości. Spowodowane jest to zaczepianiem twardszych elementów PS na igłach separatora, w wyniku czego elementy o większej twardości przenoszone były do pojemnika z cząstkami miękkimi PP. Przy wartości siły nacisku igieł wynoszącej od 50–100 N/mm<sup>2</sup> obserwuje się niską dokładność rozdziału w przypadku frakcji PS z powodu niewystarczającej siły wywieranej przez groty igieł na elementach polipropylenowych. W efekcie tego cząstki PP o mniejszej twardości trafiały do pojemnika z PS.

Wpływ prędkości obrotowej układu wałków na dokładność ( $D_s$ ) oraz efektywność ( $E_s$ ) separacji polipropylenu i polistyrenu zmieszanych w stosunku 1:1 przedstawiono na rys. 6 i 7.

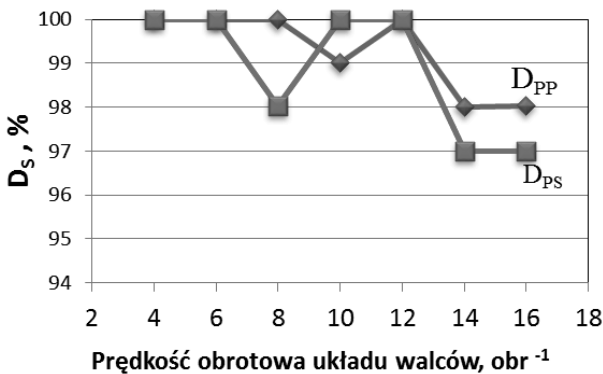
Z przedstawionych zależności wynika, że największą dokładność oraz efektywność separacji mieszanin PP/PS można uzyskać przy prędkości obrotowej 12 obr/min. Dalszy wzrost prędkości prowadził do obniżenia dokładności oraz efektywności separacji. Prawdopodobnie jest to spowodowane drganiem powstającymi na taśmie



Rys. 6. Wpływ prędkości obrotowej układu walców na efektywność rozdziału PP ( $E_{PP}$ ) i PS ( $E_{PS}$ )

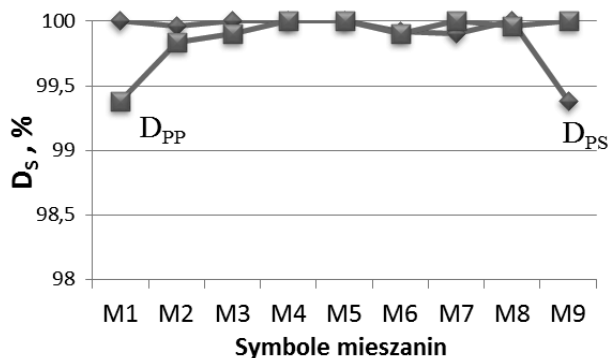


Rys. 9. Wpływ składu mieszanin na efektywność rozdziału PP ( $E_{PP}$ ) i PS ( $E_{PS}$ )



Rys. 7. Wpływ prędkości obrotowej układu walców na dokładność rozdziału PP ( $D_{PP}$ ) i PS ( $D_{PS}$ )

podczas szybkiego przechodzenia igieł po rozdzielanych elementach mieszaniny. W efekcie niektóre elementy mieszaniny nie trafiają na igły rozdzielające. Innym powodem może być nieznaczne przenoszenie cząstek PS na cząstki PP, w wyniku czego miękkie kawałki PP zostają zasłonięte twardszymi uniemożliwiając zaczepienie PP na igłach separatora.



Rys. 8. Wpływ składu mieszanin na dokładność rozdziału PP ( $D_{PP}$ ) i PS ( $D_{PS}$ )

Wpływu składu mieszanin M1-M9 na dokładność ( $D_S$ ) oraz efektywność ( $E_S$ ) separacji przedstawiono na rys. 8 i 9.

Na podstawie uzyskanych można stwierdzić, że skład mieszanin PP/PS o różnych udziałach masowych tylko w niewielkim stopniu wpływa na dokładność oraz efektywność separacji. Wartości ( $E_{PP}$ ,  $E_{PS}$ ) i ( $D_{PP}$ ,  $D_{PS}$ ) w zależności od rodzaju mieszaniny różnią się maksymalnie o 0,7%.

#### 4. Podsumowanie

Przedstawiono wyniki rozdziału mieszanin tworzyw polimerowych PS/PP. Uzyskane wyniki rozdziału mieszanin PS/PP dowodzą ogólnej poprawności rozwiązań konstrukcyjnych prototypowego separatora igłowego. Zbadano następujące zmienne procesowe: wpływ prędkości obrotowej układu walców oraz siły nacisku igieł na skuteczność separacji. Największą efektywność separacji mieszanin PS/PP uzyskano przy sile nacisku igieł 150 N/mm<sup>2</sup> oraz prędkości obrotowej wynoszącej 12 obr<sup>-1</sup>. Wraz ze wzrostem prędkości obrotowej układu rozdzielającego powyżej 12 obr<sup>-1</sup>, obserwuje się nieznaczny spadek dokładności oraz efektywności separacji. Wyniki separacji dla różnych zawartości PP/PS w mieszaninie wykazują brak wpływu udziału masowego poszczególnych frakcji polimerów na efektywność oraz dokładność rozdziału. Nowa metoda rozdziału jest w początkowej fazie rozwoju lecz wyniki badań są obiecujące.

#### Literatura

- [1] Kijeński J., Błędzki A.K., Jeziórska R.: „Odzysk i recykling materiałów polimerowych”, PWN, Warszawa 2011.
- [2] Zinowicz Z., Gołębiowski J., Świć A.: „Technologiczne problemy zagospodarowania odpadów tworzyw polimerowych”, Wydawnictwo Uczelniane, Lublin 2003.
- [3] „Recykling odpadów polimerowych z elektroniki i pojazdów”, (red. Kozłowski M., Rydarowski H.), WNT, Warszawa 2012.
- [4] Żenkiewicz M., Żuk T., Królikowski K.: Przetwórstwo Tworzyw 2012, 6, 692.

- [5] „Podstawy recyklingu tworzyw sztucznych” (red. Kozłowski M.), Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1998.
- [6] „Recykling materiałów polimerowych”, (red. Błędzki A.K.), WNT, Warszawa 1997.
- [7] „Recykling tworzyw sztucznych w Europie” (red. Kozłowski M.), Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006.
- [8] Zgł. Pat. Pol. 405 364 (2013).
- [9] Królikowski K., Piszczek K., Żuk T., Inżynieria i Aparatura Chemiczna 2014,2,91.