

KRÓLIKOWSKI Krzysztof\*, PISZCZEK Kazimierz\*

\* Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy,  
mankris4@wp.pl, kazimierz.piszczek@utp.edu.pl

## Rozdział na separatorze igłowym w różnej temperaturze ogrzewania

***Streszczenie.** W odniesieniu do znanych oraz powszechnie stosowanych technik separacji rozdział na podstawie różnicy w twardości jest nowatorskim rozwiązaniem. Przeprowadzono badania mające na celu określenie wpływu temperatury mieszaniny na dokładność oraz efektywność separacji. Do badań wytypowano materiałową mieszaninę składającą się z PP i ABS ze względu na różnice w twardości oraz w temperaturze topnienia. Wyniki badań wykazały wysokie wartości dokładności oraz efektywności rozdziału mieszanin szczególnie w wyższych temperaturach co daje możliwości stosowania niższych sił nacisku igieł.*

### SEPARATION WITH THE USE OF A NEEDLE SEPARATOR IN VARIOUS HEATING TEMPERATURE

***Abstract.** As regards known and commonly used techniques of separation, the subject separation based on the difference in hardness constitutes an innovative solution. Tests have been made with the aim to determine influence of temperature the mixture on accuracy and effectiveness of separation. PP and ABS were selected for the tests due to differences in hardness and softening temperatures. The results have shown high values of accuracy and effectiveness for mixtures particular in higher temperatures with the use of lower pressure forces of needles.*

### 1. Wprowadzenie

Do podstawowych, jednostkowych operacji recyklingu materiałowego tworzyw polimerowych odpadów zaliczana jest separacja elementów zróżnicowanych pod względem właściwości fizycznych lub chemicznych. Technologie rozdziału odpadów tworzywowych, wykorzystujących właściwości fizyczne polegają na stosowaniu następujących własności: charakterystyki optycznej, zwilżalności, zachowania się w różnej temperaturze, charakterystyki chemicznej. Rozdział na podstawie różnicy twardości w odniesieniu do znanych oraz powszechnie stosowanych metod separacji jest nowatorskim rozwiązaniem. W metodzie tej separacja następuje za pomocą specjalnie wyprofilowanych igieł, dzięki czemu zminimalizowany jest wpływ zanieczyszczeń powierzchniowych wsadu na funkcjonalną sprawność procesu przy stosunkowo krótkim czasie de-

tekcji. Z uwagi na wzrastającą różnorodność tworzyw niezbędne jest udoskonalanie obecnych oraz poszukiwanie nowych metod rozdziału. Zastosowanie jednej metody z reguły nie pozwala na pełny rozdział strumienia odpadów, niezbędne jest więc łączenie różnych metod. W stosowanych powszechnie tego typu procesach przemysłowych znany jest sposób sortowania oparty na różnicach temperatur topnienia. Aby rozdział tą metodą był skuteczny poszczególne frakcje mieszanin materiałów polimerowych powinny wyraźnie różnić się temperaturami topnienia. W metodzie tej wykorzystuje się ogrzewane rolki lub taśmy, na powierzchniach których zachodzi separacja poprzez selektywną adhezję. Zazwyczaj w przemyśle do rozdziału tego typu mieszanin wykorzystuje się zespół taśm. Górna taśma ogrzewana jest do temperatury odpowiadającej najniższej temperaturze topnienia wybranego z mieszaniny polimeru, który w konse-

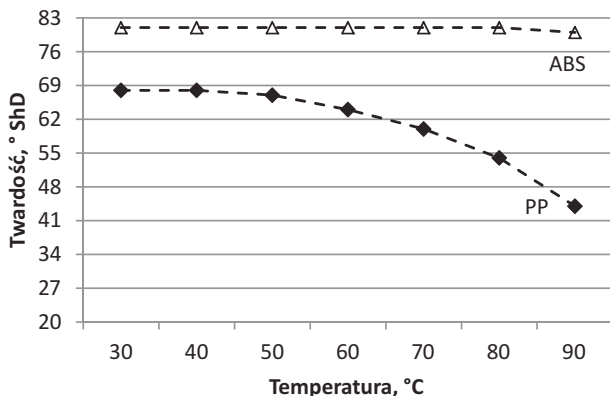
kwencji przywiera do jej powierzchni roboczej, a następnie zgarniany jest przez skrobak. Tworzywa pozostałe na dolnej taśmie spadają do odrębnego pojemnika [1-6].

Recykling mechaniczny, materiałowy zaliczany jest do najbardziej odpowiednich strategii zagospodarowania odpadów tworzywowych ze względów ekonomicznych oraz środowiskowych. Największym wyzwaniem tego typu, powtórnego zagospodarowania materiałów jest, by tworzywa separowane były efektywnie przy zachowaniu najwyższej, postulowanej jakości produktu rozdziału. Separacja jest zatem pożądanym technologicznie procesem recyklingu materiałowego. Ze względu na niemieszalność termodynamiczną większości par polimerów separacja jest koniecznym procesem w recyklingu materiałowym. [7-8].

**Celem pracy** jest badanie skuteczności i funkcjonalności rozdziału mieszanin tworzyw polimerowych (PP/ABS) w separatorze igłowym w funkcji temperatury rozdzielanego wsadu.

## 2. Metodyka badań

Materiał badawczy, mieszaninę tworzyw PP/ABS wykonano z płyt o grubościach 2 mm. Poszczególne elementy wycinano w postaci kwadratów o bokach równych 20 mm. Zmierzono ich twardość w temperaturze otoczenia (21°C); ABS – twardość 81°ShD, a PP – twar-



Rys. 1. Zmiany twardości ABS i PP w funkcji temperatury próbek.

dość 68°ShD. Zmierzono również twardość materiału wsadowego w następujących temperaturach: 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 °C. Wyniki pomiarów przedstawiono na rys. 1 Badania twardości przeprowadzono metodą Shore'a typu D.

Wyniki pomiarów twardości posłużyły do zakresu temperatur ogrzewania badanych mieszanin. Separowano mieszaniny tworzyw ABS/PP o udziale masowym 50/50%. Porcje mieszanin o masie 400g ogrzane do temperatur z przedziału (30-90)°C wsypywano kolejno do leja zasypowego wyposażonego w układ grzewczy i zlokalizowanego w bliskiej odległości od układu rozdzielającego. Separację składników mieszanin prowadzono z wykorzystaniem prototypowego separatora igłowego, którego budowę oraz zasadę działania opisano w literaturze [3]. Rozdział mieszanin na poszczególne strumienie materiałowe następował w układzie dwóch walców roboczych (walca transportującego oraz przebijającego). Płatki mieszaniny o mniejszej twardości w analizowanym rozdzielaczu wychwytywane są przez specjalnie wyprofilowane igły zamontowane na walcu przebijającym. Odseparowane strumienie materiałowe odprowadzane są do dwóch pojemników, jednego dla frakcji z dominującym udziałem polimeru ABS, drugi z dominującym udziałem polimeru PP.

W oparciu o wyniki badań wstępnych wyznaczono stałą wartość prędkości obrotowej układu walców w trakcie prowadzenia badań separacji wynoszącą 8 obr·min<sup>-1</sup>.

Podczas badań określono:

- dokładność separacji składnika S (dalej przyjęto literą A oznaczać składnik ABS, natomiast literą P składnik PP) określoną zależnością:

$$D_S = \frac{m_S}{m_{FS}} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie:

$m_S$  – masa składnika S znajdującego się we frakcji z dominującym udziałem tego składnika,

$m_{FS}$  – całkowita masa frakcji z dominującym udziałem składnika S;

- efektywność separacji składnika S (dalej przyjęto literą A oznaczać składnik ABS, nato-

miast literą P składnik PP) określoną zależnością:

$$E_S = \frac{m_S}{m_{MS}} \cdot 100\% \quad (2)$$

gdzie:

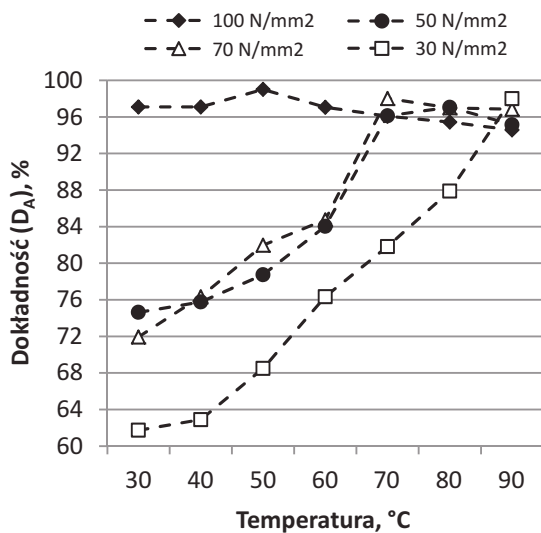
$m_S$  – masa składnika S znajdującego się we frakcji z dominującym udziałem tego składnika,

$m_{MS}$  – masa składnika S znajdującego się w mieszaninie poddawanej separacji.

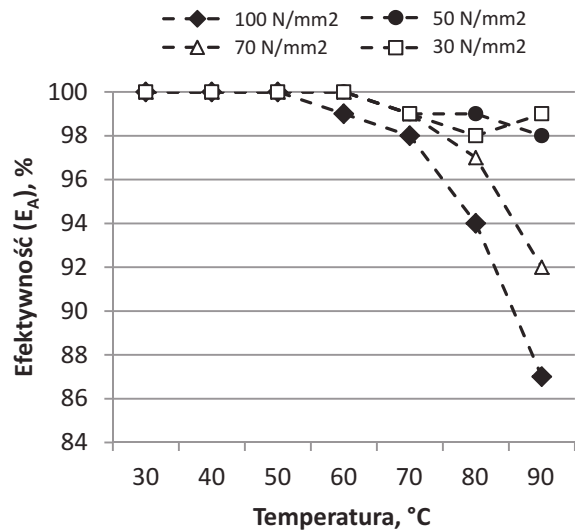
### 3. Wyniki badań i dyskusja

Wpływ temperatury materiału wsadowego oraz siły nacisku igieł na mieszaninę tworzyw zawierającą jednakowe udziały masowe strumieni PP i ABS na dokładność oraz efektywność separacji przedstawiono na rys. 2-5.

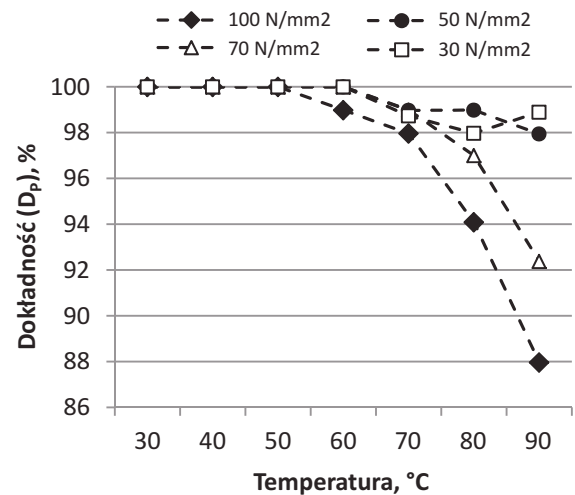
Prowadząc rozdział mieszaniny PP/ABS dla siedmiu wartości temperatur z przedziału (30–70)°C przy zastosowaniu siły nacisku igieł 100 N/mm<sup>2</sup> uzyskano wartości dokładności separacji w przedziale 96,12-97,09 % dla ABS (rys. 4) oraz 98-100% dla PP (rys. 2). Tym samym uzyskano efektywność  $E_A$  98-100% (rys. 3) oraz  $E_P$  od 96-99% (rys. 5). Przy prowadzeniu separacji w wyższych temperaturach 80-90°C zaobserwowano spadek wartości  $E_A$



Rys. 2. Przebieg zmian dokładności wydzielenia z mieszaniny PP/ABS składnika A (ABS) w funkcji temperatury wsadu dla różnych wartości sił nacisków igieł roboczych.

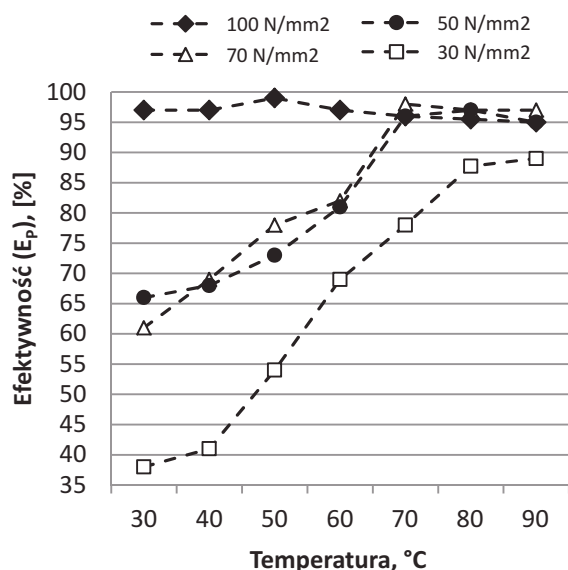


Rys. 3. Przebieg zmian efektywności wydzielenia z mieszaniny PP/ABS składnika A (ABS) w funkcji temperatury wsadu dla różnych wartości sił nacisków igieł roboczych.



Rys. 4. Przebieg zmian dokładności wydzielenia z mieszaniny PP/ABS składnika P (PP) w funkcji temperatury wsadu dla różnych wartości sił nacisków igieł roboczych.

do 87% (rys. 3) oraz  $D_P$  do 88% (rys. 4). Wiąże się to ze spadkiem twardości ABS a tym samym zaczepianiem twardszych elementów na igłach walca rozdzielającego. Zmienne  $D_A$ ,  $D_P$  oraz  $E_A$ ,  $E_P$  podczas prowadzenia procesu dla niższych wartości sił nacisku w przedziale (30-70)N/mm<sup>2</sup> oraz zakresu temperatur (30-60)°C osiągały wysokie wartości  $E_A$  i  $D_P$  = 100% (rys. 3 i 4) równoległe z niską dokładnością



Rys. 5. Przebieg zmian dokładności wydzielenia z mieszaniny PP/ABS składnika P (PP) w funkcji temperatury wsadu dla różnych wartości sił nacisków igieł roboczych.

cią  $D_A$  wynoszącą maksymalnie 84% (rys. 2) oraz  $E_P$  80% (rys. 5) przy czym dalszy wzrost temperatury do 70°C skutkował wzrostem  $D_A$  do 98% dla 70 N/mm<sup>2</sup> (rys. 2) oraz wzrostem  $E_P$  do 96% (rys. 5) przy zachowaniu wysokich wartości  $D_A$  i  $D_P$  wynoszących 99% (rys. 2 i 4). Prowadzenie separacji dla wyższych temperatur 80 i 90 °C przejawiało się spadkiem  $D_A$  i  $D_P$  w wyniku zanieczyszczenia frakcji PP elementami ABS w skutek zaczepiania się twardszych tworzyw ABS na igłach i przenoszeniu ich do pojemnika z PP. W trakcie prowadzenia procesu przy sile nacisku igieł 30 N/mm<sup>2</sup> zaobserwowano niskie wartości  $D_{A'}$ ,  $D_{P'}$ ,  $E_{A'}$ ,  $E_{P'}$  w przedziale temperaturowym (30-70)°C. Najkorzystniejsze wyniki rozdziału dla siły nacisku igieł 30 N/mm<sup>2</sup> osiągnięto prowadząc proces w temp. 90°C.

#### 4. Podsumowanie

Z przedstawionych w pracy badań i analiz wynika, że cel pracy został osiągnięty. Wysoką dokładność oraz efektywność rozdziału mieszanin ABS/PP na poszczególne strumienie dla niższych temperatur mieszaniny można osiągnąć

przez prowadząc proces przy wyższych siłach nacisku igieł. Równie korzystne wartości zmiennych  $D_{A'}$ ,  $D_{P'}$ ,  $E_{A'}$ ,  $E_{P'}$  osiągnąć można stosując niższe siły nacisku igieł dla mieszanin ogrzewanych do wyższych temperatur. Najkorzystniejsze wyniki procesu separacji mieszaniny PP/ABS odznaczające się wysoką efektywnością oraz dokładnością na poziomie rzędu 96-100% można uzyskać prowadząc separację przy sile nacisku igieł 100N/mm<sup>2</sup> w temperaturze ogrzewania 30-60°C. Porównywalnie wysokie wartości dokładności oraz efektywności rozdziału dla obydwu frakcji można uzyskać prowadząc rozdział w temperaturze 70°C stosując niższe siły nacisku rzędu 50-70 N/mm<sup>2</sup>. Korzystne wartości zmiennych  $D_{A'}$ ,  $D_{P'}$ ,  $E_{A'}$ ,  $E_{P'}$  osiągnięto również prowadząc proces w temperaturze ogrzewania 90°C przy najniższej sile nacisku igieł wynoszącej 30 N/mm<sup>2</sup>.

#### Literatura

1. Żenkiewicz M., Żuk T., Królikowski K.: *Metody sortowania odpadów tworzyw polimerowych*, Przetwórstwo Tworzyw 2012, nr 6 (150), 692-698
2. Kozłowski M. (red.), Rydarowski H. (red.): *Recykling odpadów polimerowych z elektroniki i pojazdów*, WNT, Warszawa 2012
3. Królikowski K., Piszczek K., Żuk T., Tomaszewska Jolanta: *Zgłoszenie patentowe, Sposób i urządzenie do separacji mieszanin tworzyw polimerowych*, Polska, 405364, 2013
4. Kozłowski M. (red.): *Recykling tworzyw sztucznych w Europie*, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006
5. Kozłowski M. (red.): *Podstawy recyklingu tworzyw sztucznych*, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1998
6. Błędzki A.K. (red.): *Recykling materiałów polimerowych*, WNT, Warszawa 1997
7. Kijeński J., Błędzki A. K., Jeziórska R.: *Odzysk i recykling materiałów polimerowych*, PWN, Warszawa 2011
8. Zinowicz Z., Gołębiowski J., Świć A.: *Technologiczne problemy zagospodarowania odpadów tworzyw polimerowych*, Wydawnictwo Uczelniane Pol. Lub., Lublin 2003