

KRÓLIKOWSKI Krzysztof^{a)}, PISZCZEK Kazimierz^{a)}

^{a)}Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy,
mankris4@wp.pl, kazimierz.piszczek@utp.edu.pl

Wpływ grubości elementów mieszaniny tworzyw pp/abs w procesie rozdziału na podstawie różnicy twardości

Streszczenie: W pracy zaprezentowano wyniki badań separacji mieszanin tworzyw polimerowych na podstawie różnicy twardości. W metodzie tej rozdział następuje za pomocą specjalnie wyprofilowanych igieł, dzięki czemu zminimalizowany jest wpływ zanieczyszczeń powierzchniowych wsadu na funkcjonalną sprawność procesu. Wpływ grubości elementów na proces rozdziału był badany dla siedmiu różnych sił nacisku igieł. Zbadano skuteczność separacji dla czterech różnych mieszanin PP/ABS o różnych grubościach rozdzielanych elementów: a) 1,5 mm, b) 2,3 mm, c) 3 mm, d) 4 mm. Najlepszą dokładność oraz efektywność rozdziału mieszanin o większej grubości próbek można osiągnąć prowadząc proces przy wyższych siłach nacisku igieł. Dla mieszanin o mniejszej grubości elementów równie korzystne wartości zmiennych DA, DP, EA, EP osiągnano stosując niższe siły nacisku igieł.

INFLUENCE OF THICKNESS OF A MIXTURE OF PP/ABS PLASTIC ELEMENTS IN THE PROCESS OF SEPARATION AS BASED ON DIFFERENCE BETWEEN THICKNESSES

Abstract: The work presents results of research on separation of polymers as based on differences between thicknesses. According to this method, separation is effected with the use of specially profiled needles, which minimize influence of surface contamination of input materials onto functional efficiency of the process. The influence of thickness of elements onto the process of separation was examined for seven various needle pressure forces. Efficiency of separation was examined for four different PP/ABS mixtures of various thicknesses of separated elements: a) 1,5 mm, b) 2,3 mm, c) 3mm, d) 4mm. It is possible to obtain the best accuracy and efficiency of separation for mixtures with greater thickness of samples and for higher pressures forces of needles. For mixtures with lower thicknesses of elements it was possible to obtain equally favourable values of DA, DP, EA, EP variables using lower pressure forces of needles.

1. WPROWADZENIE

Recykling mechaniczny zwany również recyklingiem wtórnym jest procesem odzyskiwania tworzyw poprzez ponowne ich wykorzystanie w produkcji nowych produktów. Proces ten był stosowany i komercjalizowany na całym świecie od 1970r [1]. Mieszanina odpadów tworzywowych zawiera zwykle różne rodzaje polimerów co sprawia że separacja jest ważnym procesem który należy przeprowadzić przed recyklingiem. Rozdział zmieszanych tworzyw napotyka na wiele problemów (ze względu

na właściwości tworzyw) w związku z czym stanowi najbardziej problematyczny proces w systemie gospodarowania odpadami. Przemysł przetwórczy w celu rozwiązania tego problemu skierował swoje badania na projektowanie rozwoju i testowaniu różnych technik separacji dających możliwość odzysku wartościowych materiałów z odpadów, które mogą być ponownie użyte. Techniki sortowania tworzyw polimerowych bazują w głównej mierze na różnicy we właściwościach fizycznych lub charakterystyce powierzchni. Wiele stosowanych obecnie metod takich jak separacja gęstościowa, flotacja,

tryboelektryzacja pochodzi z technik separacji surowców mineralnych. Konieczność zmiany niektórych form separacji na znacznie efektywniejsze podyktowane było zapotrzebowaniem na produkty polimerowe o wysokiej czystości. Dla przykładu automatyczne sortowniki do tworzyw polimerowych na bazie spektrometrii i związanych z nimi technikami identyfikacyjnymi zostały rozwinięte do poziomu zaawansowania nie opracowywanego wcześniej w przemyśle mineralnym. Każdy kolejny krok w recyklingu materiałowym (zbieranie, sortowanie, separacja, przetwarzanie oraz produkcja nowych wyrobów z przetworzonego tworzywa odpadowego) stanowią wartość dodaną dla wykorzystywanych odpadów. Duża czystość powstających w wyniku tego procesu materiałów polimerowych jest głównym założeniem recyklingu mechanicznego przy jednoczesnym zachowaniu efektywności ekonomicznej. W procesie recyklingu najwięcej problemów stwarza separacja i oczyszczanie. Wynika to z dużej różnorodności typów polimerów występujących w tworzywach odpadowych. [1-5].

Wydajność wielu technik separacji zależy w głównej mierze od czystości powierzchni rozdzielanych tworzyw. Powłoki takie jak etykiety na butelkach oraz ozdoby mogą mieć wpływ na metody identyfikacji, szczególnie na te oparte o analizę spektroskopową. Automatyczne systemy sortowania bazujące na promieniach Rentgena, analizie bliskiej podczerwieni NIR, spektroskopii lub metodach optycznych są drogie oraz posiadają ograniczenia dla zanieczyszczonych powierzchniowo odpadów tworzywowych. Dobór odpowiedniej technologii sortowania zależy od lokalizacji i metody pozyskiwania, wielkości strumienia odpadów oraz od przeznaczenia i sposobu dalszego przetwarzania. Zautomatyzowane oddzielanie frakcji odpadów tworzywowych przeznaczonych do recyklingu materiałowego jest związane ze znacznymi inwestycjami. Istotne jest zatem, aby ocenić jaki stopień dokładności separacji będzie wystarczający dla mieszaniny odpadów tworzywowych jako surowców do produkcji

nowych produktów. Na ogół w technologiach separacji takich jak: separacja grawitacyjna, flotacja pianowa, sortowanie automatyczne, rozdzielanie elektrostatyczne, wykorzystywane są różnice w fizycznych lub chemicznych właściwościach tworzyw polimerowych. Separacja grawitacyjna może być stosowana do rozdziału tworzyw różniących się gęstością. Metody te można podzielić na dwie główne kategorie tj. mokre oraz suche techniki separacji. Zarówno flotacji pianowej jak i innym metodom oddzielania na mokro towarzyszą problemy wynikające z oczyszczania ścieków, zużywaniem odczynników służących do chemicznego zwilżania tworzyw. Suche metody separacji w odniesieniu do mokrych mają przewagę ze względu na brak występowania ścieków a także braku konieczności suszenia rozdzielonych elementów przez co zużywana jest mniejsza ilość energii. W metodzie tej rozdział następuje za pomocą specjalnie wyprofilowanych igieł, dzięki czemu zminimalizowany jest wpływ zanieczyszczeń powierzchniowych wsadu na funkcjonalną sprawność procesu [6 -11].

Celem pracy jest określenie skuteczności separacji na podstawie różnicy w twardości mieszanin tworzyw polimerowych (PP/ABS) o różnych grubościach rozdzielanych elementów. Badania przeprowadzono przy użyciu prototypowego separatora igłowego.

2. METODYKA BADAŃ

Materiał do badań, mieszaninę tworzyw PP/ABS wykonano z płyt o grubościach 1,5 mm, 2,3 mm, 3 mm, 4 mm. Poszczególne elementy wycinano w postaci kwadratów o bokach równych 20 mm. Zmierzono ich twardość w temperaturze otoczenia (21°C); ABS – twardość 81°ShD, PP – twardość 68°ShD. Separowano mieszaninę tworzyw ABS/PP o udziale masowym 50/50%. Porcje mieszanin o masie 400 g wsypywano kolejno do leja zasypowego. Separację składników mieszanin prowadzono z wykorzystaniem prototypowego separatora igłowego, którego budowę oraz zasadę działa-

nia opisano we wcześniejszych pracach [6,11]. 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, drugiego z dominującym udziałem polimeru PP.

W oparciu o wyniki badań wstępnych wyznaczono stałą wartość prędkości obrotowej układu walców w trakcie prowadzenia badań separacji wynoszącą 10 obr·min⁻¹.

Podczas badań określono:
dokładność separacji składnika S :

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

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 :

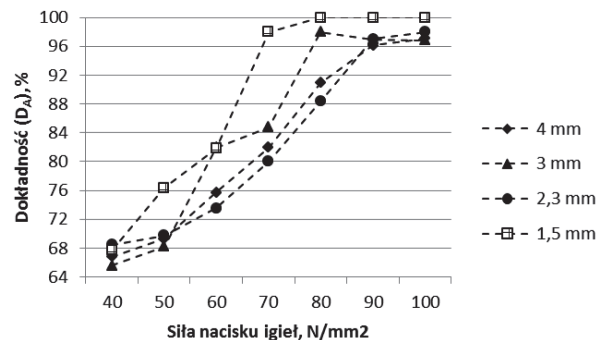
$$E_S = \frac{m_S}{m_{MS}} \cdot 100\% \quad (2)$$

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.

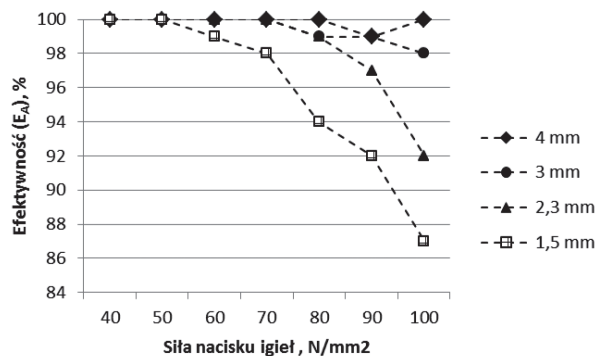
3. WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wpływ grubości elementów oraz siły nacisku igieł w procesie separacji mieszanin zawierających jednakowe udziały masowe strumieni PP i ABS na dokładność oraz efektywność separacji przedstawiono na rys. 1–4.



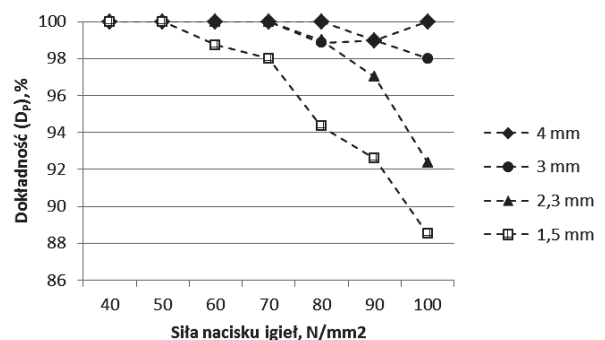
Rys.1. Dokładność wydzielenia z mieszaniny PP/ABS składnika A (ABS) w funkcji siły nacisku igieł dla różnych grubości rozdzielanych elementów.

Fig. 1. The accuracy of the separation of from mixture of PP / ABS component A (ABS) as a function of needles force for various thicknesses of separated elements.



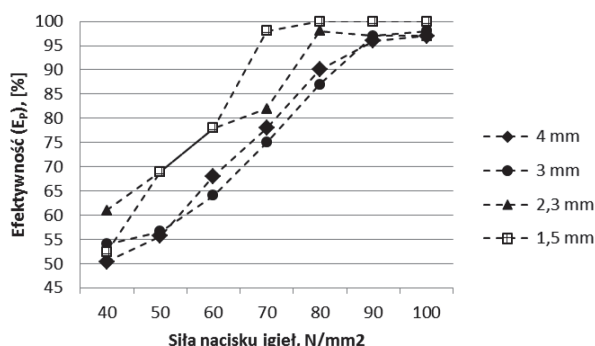
Rys.2. Efektywność wydzielenia z mieszaniny PP/ABS składnika A (ABS) w funkcji siły nacisku igieł dla różnych grubości rozdzielanych elementów.

Fig. 2. The efficiency of separation of from mixture of PP / ABS component A (ABS) versus needles force for various thicknesses of separated elements.



Rys.3. Dokładność wydzielenia z mieszaniny PP/ABS składnika P (PP) w funkcji siły nacisku igieł dla różnych grubości rozdzielanych elementów.

Fig. 3. The accuracy of the separation of from mixture of PP/ABS component P (PP) as a function of needles force for various thicknesses of separated elements.



Rys.4. Efektywność wydzielania z mieszaniny PP/ABS składnika P (PP) w funkcji siły nacisku igieł dla różnych grubości rozdzielanych elementów.

Fig. 4. The efficiency of separation from mixture of PP / ABS component P (PP) versus needles force for various thicknesses of separated elements.

Prowadząc rozdział elementów mieszanin PP/ABS o grubościach próbek 3 mm oraz 4 mm przy sile nacisku igieł 90 – 100 N/mm² uzyskano wysokie wartości dokładności separacji w przedziale 96,12–98,00% dla ABS (rys. 1) oraz 98,97–100% dla PP (rys. 3). Tym samym uzyskano efektywność E_A 98–100% (rys. 2) oraz E_P 96–100% (rys. 4). Prowadząc separację dla strumieni o grubościach elementów mieszaniny 2,3 mm uzyskano wysoką dokładność D_A wynoszącą 98,02% (rys. 1) oraz D_P 98,99% (rys. 3) a także efektywność E_A 99% (rys. 2), E_P 98% (rys. 4) uzyskano prowadząc proces przy sile nacisku igieł wynoszącej 80 N/mm². Przy prowadzeniu separacji elementów mieszaniny o grubości 2,3 mm i stosując wyższe niż 80 N/mm² siły nacisku zaobserwowano stopniowy spadek wartości zmiennych E_A , D_P (rys. 2, 3) wraz ze wzrostem siły nacisku. Wiąże się to ze wzrostem podatności na zaczepianie się elementów ABS na igłach walca rozdzielającego. Analogiczna sytuacja występuje podczas rozdziału strumieni o grubościach 1,5 mm. Najlepsze wyniki separacji mieszaniny PP/ABS zaobserwowano stosując siłę nacisku 70 N/mm². Zmienne D_A , D_P , E_A , E_P osiągnęły poziom 98%. Dla sił nacisku powyżej 70 N/mm² zaobserwowano spadek wartości E_A oraz D_P . Prowadzenie procesu przy siłach nacisku igieł 40–70 N/mm² skutkowało niskimi wartościami D_A oraz E_P w wyniku niewystarczającej siły wywieranej przez igły na elementy strumienia PP.

4. PODSUMOWANIE

Z przedstawionych w pracy wyników badań i analiz wynika, że najlepszą dokładność oraz efektywność rozdziału mieszanin ABS/PP o większej grubości próbek można osiągnąć prowadząc proces przy wyższych siłach nacisku igieł. Dla mieszanin o mniejszej grubości elementów równie korzystne wartości zmiennych D_A , D_P , E_A , E_P osiągnąć można stosując niższe siły nacisku igieł. W procesie separacji mieszanin PP/ABS zawierającej jednakowe udziały masowe dla strumieni o grubości elementów 3 mm – 4 mm oraz prowadząc rozdział przy sile nacisku igieł w przedziale 90–100 N/mm² można uzyskać dokładność frakcji każdego ze składników na poziomie powyżej 96%, przy efektywności odzysku powyżej 98%. Porównywalnie wysokie wartości dokładności oraz efektywności rozdziału elementów mieszaniny o grubości 2,3 mm dla obydwu frakcji można uzyskać stosując siłę nacisku igieł 80 N/mm². Korzystne wartości zmiennych D_A , D_P , E_A , E_P wynoszące 98% osiągnięto również prowadząc proces rozdziału elementów o grubości 1,5 mm przy sile nacisku igieł wynoszącej 70 N/mm². Mając na uwadze powyższe można stwierdzić, że zastosowana metoda stanowi skuteczną technikę rozdziału mieszanin tworzywowych w recyklingu materiałowym.

5. LITERATURA

1. Dodbiba G., Fujita T.: *Progress in separating plastics materials for recycling*, Physical Separation in Science Engineering 2004, 13, 165–182
2. Bedekovic G., Salopek B., Sobota I.: *Elektrostatyczna metoda oddzielania mieszaniny PET/PVC*, Inżynieria Mineralna 2011, 63–76
3. Żenkiewicz M., Żuk T.: *Fizyczne podstawy tryboelektryzacji i rozdzielania elektrostatycznego tworzyw polimerowych*, Polimery 2014, 4, 314
4. Dodbiba G., Sadaki J., Shibayama A., Fujita T.: *Sorting Techniques for Plastics Recycling*, The Chinese Journal of Process Engineering 2006, nr 2 (6), 186–191
5. Żenkiewicz M., Żuk T., Królikowski K.: *Metody sortowania odpadów tworzyw polimerowych*, Przetwórstwo Tworzyw 2012, nr 6 (150), 692–698

6. Królikowski K., Piszczek K., Żuk T.: *Rozdział mieszanin tworzyw polimerowych o różnej twardości*, Inżynieria i Aparatura Chemiczna 2014, nr 2 (53), 091 – 092
 7. Al-Salem S.M., Lettieri P., Bayens J., Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW), Waste Management 2009, nr 29, 2625–2643, doi: 10.1016/j.wasman.2009.06.004
 8. Żenkiewicz M., Żuk T., Błaszowski M.: Badania procesu separacji elektrostatycznej mieszanin polimerowych o różnych zawartościach ABS i PMMA, Polimery, 2014, 6, 495.
 9. Kozłowski M. (red.), Rydarowski H. (red.): *Recykling odpadów polimerowych z elektroniki i pojazdów*, WNT, Warszawa 2012
 10. Kijeński J., Błędzki A. K., Jeziórska R.: *Odzysk i recykling materiałów polimerowych*, PWN, Warszawa 2011
 11. Królikowski K., Piszczek K., Żuk T., Tomaszewska Jolanta.: *Zgłoszenie patentowe, Sposób i urządzenie do separacji mieszanin tworzyw polimerowych*, Polska, 405364, 2013
- Publikację przyjęto do druku: 06-04-16



Zakład Przetwórstwa
Polimerów

Politechnika Częstochowska



Konferencja „Polimery-Nauka-Przemysł”

19-21.09.2016

<http://psi.pcz.pl>

Zakład Przetwórstwa Polimerów Politechniki Częstochowskiej oraz Towarzystwo Przetwórców Tworzyw Polimerowych SIMP zapraszają do udziału w III Konferencji „Polimery – Nauka – Przemysł”, która odbędzie się w dniach 19–21 września 2016 roku w Hotelu Fajkier* WELLNESS & SPA w Kroczycach.**

Zapraszamy do uczestnictwa w konferencji doktorantów i pracowników naukowych uczelni wyższych, placówek naukowych, badawczych, rozwojowych oraz firm zainteresowanych współpracą i poszukiwaniem partnerów naukowych pod kątem rozwoju i podejmowania wspólnych prac badawczych. Dla przedstawicieli z firm zostaną zorganizowane specjalne dwie sesje oraz pokaz nowoczesnej aparatury badawczej i pomiarowej.

Zakres tematyczny konferencji:

- Przetwórstwo tworzyw polimerowych
- Tworzywa polimerowe, napelniacze, środki pomocnicze oraz ich zastosowanie
- Maszyny, narzędzia, oprzyrządowanie technologiczne do przetwórstwa
- Problemy teoretyczne i aplikacyjne wtórnego przetwarzania materiałów polimerowych
- Problematyka zapewnienia jakości w przetwórstwie
- Nowoczesne metody badań i oceny cech jakościowych i użytkowych wytworów z tworzyw
- Modelowanie numeryczne procesów przetwórstwa

Informacje o konferencji: strona internetowa <http://ipp.pcz.pl/psi>

Kontakt telefoniczny: tel. 34 325 05 39 – dr hab. inż. Przemysław Postawa, prof. PCz