

Marek BIELIŃSKI, Paweł KOTEWICZ

e-mail: biel@utp.edu.pl

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

Technologiczne aspekty recyklingu tworzyw porowatych

Wprowadzenie

W zakresie utylizacji materiałów polimerowych jeszcze wiele problemów nie zostało wystarczająco poznanych i opisanych, dotyczy to między innymi podatności tworzyw porowatych do powtórnego stosowania. Wiadomo, że na właściwości tworzyw wtórnych wpływ mają głównie postać tworzywa, czas jego użytkowania, pochodzenie (m.in. zanieczyszczenia) oraz procesy przetwórstwa, w tym porowania i rozdrabniania. Całokształt chemicznych i fizycznych przemian zachodzących w strukturze tworzyw podczas przetwórstwa, przechowywania oraz użytkowania zwykle prowadzi do pogorszenia właściwości przetwórczych i użytkowych tworzywa [1, 3, 5, 8]. Rozdrabnianie jest dla utylizacji tworzyw procesem o podstawowym znaczeniu. Ze względu na właściwości lepkosprężyste rozdrabnianych tworzyw i z reguły uniwersalny charakter stosowanych urządzeń rozdrabnianie jest procesem o dość znacznej energochłonności [5].

Konieczność dalszych badań porowatości materiałów polimerowych wynika z niewystarczającego poznania inżynierii mechanicznej rozdrabniania i rozdrabniania ośrodków porowatych, jak również z potrzeby poznania wpływu nie w pełni rozłożonych produktów gazowych (środków porujących) na właściwości przetwórcze odpadów tych tworzyw [2, 4, 6, 7, 9].

Celem pracy jest próba oceny pozostałości nierozłożonych chemicznych środków porujących w tworzywie, po procesie wtryskiwania z wykorzystaniem pomiaru wskaźnika szybkości płynięcia MFR.

Opis badań doświadczalnych

Autorzy proponują sposób postępowania obejmujący następujące etapy:

- wtryskiwanie porujące, w wielogniazdowej formie badawczej z wykorzystaniem wtryskarki elektrycznej JSW110H,
- rozdrabnianie otrzymanych próbek, młynek *Rapid*,
- pomiar gęstości próbek, metodą hydrostatyczną,
- pomiar wskaźnika szybkości płynięcia MFR, REO100 (*Hydrapress*).

W badaniach stosowano polipropylen *Moplen HP548R* firmy *Basell Orlen*, homopolimer przeznaczony do wtryskiwania, zawierający środek nukleujący oraz dodatek antystatyczny (MFR 23 g/10 min i gęstość 0,9 g/cm³).

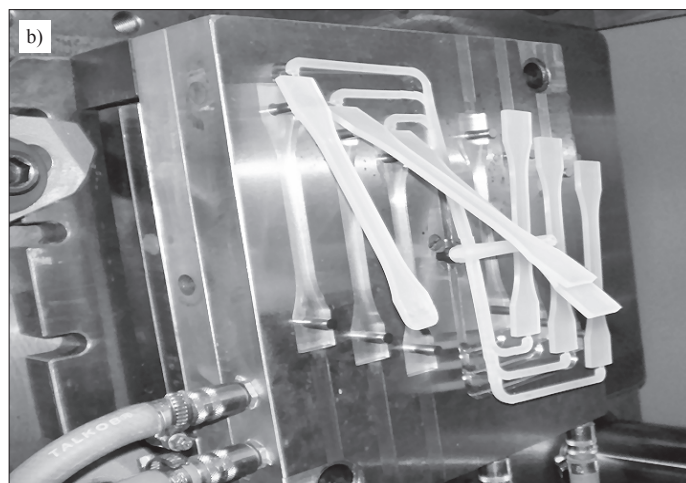
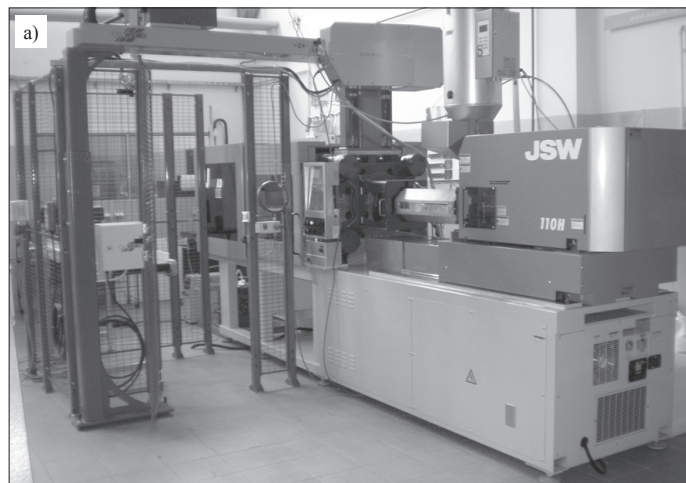
W pracy stosowano wtryskarkę JSW 110H (Rys. 1) z zainstalowaną, prototypową sześciogniazdową formą wtryskową na wiosełka do badań wytrzymałościowych

Temperatura formy była regulowana za pomocą urządzenia termostatującego. Próbki wtryskowe (wiosełka) rozdrabniano na młynku do elementów małogabarytowych z tworzyw polimerowych *Rapid*, o średnicy oczka sita $\Phi 5$ mm. Przemiału dokonano tylko w przypadku wiosełek, (bez układów wlewowych), co pozwoliło na uzyskanie bardziej jednorodnego geometrycznie przemiału.

Wtryskiwanie porujące realizowano dla czterech stopni dozowania poroforu, dwóch profili temperaturowych układu uplastyczniającego, czterech temperatur formy oraz dwóch wartości ciśnienia docisku (każda próba była powtarzana 10-krotnie).

Przyjęty do badań polipropylen mieszano z poroforem *Hydrocerol CF 40E* (Clariant, Niemcy) w ilości (0, 0,5, 1,5, oraz 2)% masowych.

Parametrami stałymi procesu dla wszystkich próbek był czas wtrysku – 1 s, całkowity czas cyklu – 45 s, ciśnienie wtryskiwania – 450 MPa.



Rys. 1. Wtryskarka JSW 110H (a) z formą sześciogniazdową na wiosełka (b)

Wartości temperatury poszczególnych stref dla dwóch profili układu uplastyczniającego wtryskarki, były następujące: profil 1 (I – 210°C, II – 210°C, III – 200°C, IV – 195°C, V – 190°C, VI – 80°C), profil 2 (I – 230°C, II – 230°C, III – 220°C, IV – 215°C, V – 210°C, VI – 80°C). Temperatura formy badawczej była zmieniana przy zachowaniu następujących wartości: $T_1 = 20^\circ\text{C}$; $T_2 = 40^\circ\text{C}$; $T_3 = 50^\circ\text{C}$; $T_4 = 60^\circ\text{C}$.

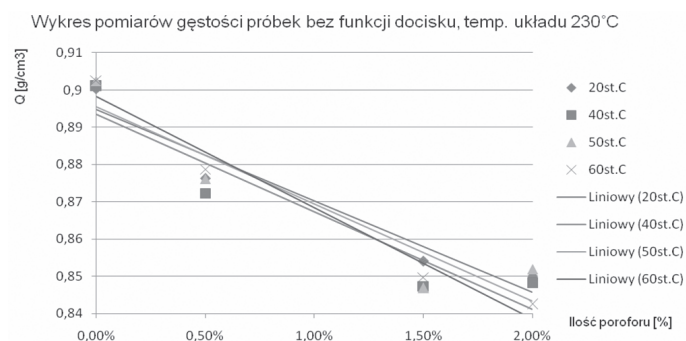
Pomiaru gęstości próbek o strukturze porowatej dokonano metodą hydrostatyczną stosując wagę *Axis AD50*, z wykorzystaniem cieczy immersyjnej.

Wskaźnik szybkości płynięcia MFR wyznaczano za pomocą plastometru *Reo 100 (Hydrapress, Polska)* zgodnie z normą ISO 1133.

Wyniki badań i dyskusja

Podczas badań wtryskiwania i rozdrabniania próbek porowatego PP dokonywano pomiaru gęstości oraz wyznaczano wskaźnik szybkości płynięcia MFR tych próbek.

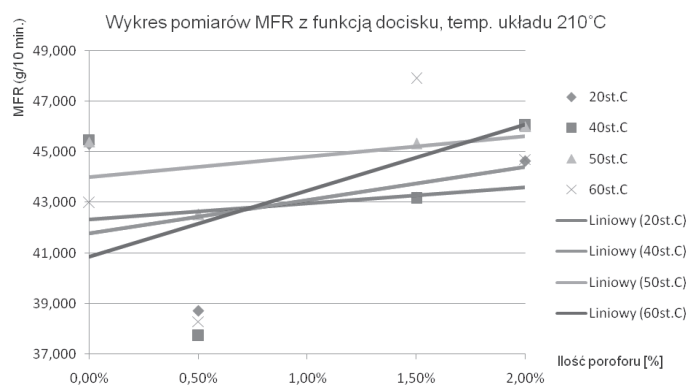
Na rys. 2 zamieszczono wybrane wyniki pomiaru gęstości próbek porowatego PP, w przypadku temperatury układu uplastyczniającego według profilu 2, (bez docisku). Podczas badań zaobserwowano wy-



Rys. 2. Zależność gęstości tworzywa od ilości poroforu, dla próbek otrzymanych bez stosowania ciśnienia docisku i temperatury układu uplastyczniającego 230°C

raźny wpływ stopnia dozowania poroforu na redukcję gęstości próbek, a także dodatkowe zmniejszenie gęstości badanych próbek w przypadku podwyższenia temperatury układu uplastyczniającego do 230°C. W przypadku zastosowania ciśnienia docisku, zaobserwowano znacznie mniejszą redukcję gęstości w stosunku do wyników z rys. 2. Jest to spowodowane utrudnionym tworzeniem się struktury porowatej na skutek ciśnienia docisku.

Na rys. 3 przedstawiono przykładowe wyniki pomiaru MFR, przy wybranych parametrach procesu przetwórstwa wtryskowego. W temperaturze przetwórstwa 210°C zaobserwowano wzrost wskaźnika (dla wszystkich wartości temperatury formy), którego przyczyną może być pozostałość gazowa w tworzywie, (dotyczyło to również przypadku z zastosowaniem ciśnienia docisku). Wzrost wartości MFR nie występował w przypadku wyższej temperatury przetwórstwa (230°C). W tej temperaturze nie zaobserwowano ponadto zmiany wartości wskaźnika MFR w związku z zastosowaniem ciśnienia docisku. Wskaźnik ten



Rys. 3. Wskaźnik szybkości płynięcia tworzywa, dla próbek otrzymanych z zastosowaniem dociskiem przy temperaturze układu uplastyczniającego 210°C

przyjmował niższe wartości, co może wynikać z pogorszenia płynięcia tworzywa w dyszy plastometru na skutek wzrostu oporów przepływu związanych z działającymi jak napełniacz stałymi produktami rozkładu chemicznych środków porujących.

Wnioski końcowe

Z porównania gęstości badanych próbek można przyjąć, że wraz ze wzrostem ilości poroforu gęstość tworzywa obniża się. Tak więc dla próbek otrzymanych bez stosowania ciśnienia docisku oraz temperatury układu uplastyczniającego 210°C gęstość obniża się ze wzrostem poziomu dozowania poroforu i jest proporcjonalnie większa w przypadku podwyższenia temperatury formy. W przypadku próbek otrzymanych w temperaturze układu 230°C (profil 2), bez stosowania docisku, gęstość jest tym większa, im niższa jest temperatura formy. Wprowadzenie w procesie ciśnienia docisku znacznie zmniejsza intensywność redukcji gęstości w porównaniu z próbkami otrzymanymi bez docisku.

Z porównania wartości wskaźnika szybkości płynięcia MFR wynika, że wraz ze wzrostem ilości dozowanego poroforu jego wartość rośnie, zaś w przypadku temperatury układu 230°C, w większości próbek MFR maleje. Zależność ta jest podobna dla wszystkich temperatur formy z funkcją docisku. Intensywność zaobserwowanych zmian ma ścisły związek z temperaturą układu uplastyczniającego i temperaturą formy.

Największy wzrost MFR uzyskano dla próbki wtrysniętej przy temperaturze układu uplastyczniającego 210°C, temperaturze formy 60°C, natomiast największy spadek dla próbki wtrysniętej przy 230°C układu uplastyczniającego (profil 2), 50°C formy. Jak wynika z badań podwyższenie temperatury przetwórstwa w badanym zakresie skutkuje pełniejszym „wygazowaniem” chemicznych środków porujących.

LITERATURA

- [1] M. Bieliński: Techniki porowania tworzyw termoplastycznych. WU ATR Bydgoszcz 2004.
- [2] M. Bieliński, P. Burzyński: Polimery **49**, nr 4, 36 (2004).
- [3] T. Broniewski, A. Iwasiewicz, J. Kapko, W. Placzek: Metody badań i ocena własności tworzyw sztucznych. WNT Warszawa 2000.
- [4] H. Buchowski, W. Ufnalski: Fizykochemia gazów i cieczy. WNT Warszawa 1998.
- [5] J.B. Flizikowski: Rozdrabnianie tworzyw sztucznych. Wyd. Uczeln. ATR Bydgoszcz 1998.
- [6] W. Michaeli, O. Pfannschmidt, S. Habibi-Naini: Kunststoffe **92**, nr 6, 48 (2002).
- [7] P. Muzyczuk: Wpływ porowania endotermicznego na cechy konstrukcyjne elementów wykonanych z kompozytów gazowo-polimerowych. Rozprawa doktorska, Wydział Inżynierii Mechanicznej UTP, Bydgoszcz 2009.
- [8] R. Sikora: Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych. Wydawnictwo Edukacyjne Warszawa 1993.
- [9] Materiały informacyjne firm: Clariant, Lifocolor, 2010.