

WPLYW TEMPERATURY FORMY NA ODPORNOŚĆ NA PĘKANIE KOMPOZYTU PP Z WŁÓKNEM SZKLANYM

Dariusz Kwiatkowski

Instytut Przetwórstwa Polimerów i Zarządzania Produkcją, Politechnika Częstochowska
Al. Armii Krajowej 19c, 42-200 Częstochowa, kwiatkowski@kpts.pcz.czyst.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu temperatury formy na wartość całki Rice’a dla kompozytu PP z włóknem szklanym. Kompozyt PP z 30% zawartością włókna szklanego wytworzono na przemysłowej linii produkcyjnej w firmie Polimarky w Rzeszowie. Próbki do badań z kompozytu PP o zawartości wagowo 30% włókna szklanego wytworzono metodą wtryskiwania na wtryskarce Krauss-Maffei o symbolu KM65–160 C1. Badania odporności na pękanie przeprowadzono na urządzeniu umożliwiającym pomiar podstawowych miar odporności na pękanie, takich jak: współczynniki intensywności naprężeń, rozwarcie szczeliny oraz całka Rice’a. Jako miarę odporności na pękanie przyjęto całkę Rice’a. Wyniki wpływu temperatury formy na wartość całki Rice’a dla badanego kompozytu przedstawiono graficznie. Dokonano analizy i sformułowano wnioski.

Słowa kluczowe: kompozyt, temperatura formy, odporność na pękanie, całka Rice’a J

WSTĘP

Zjawiska pękania w kompozytach polimerowych prowadzą często do kilkakrotnego zmniejszenia jego wytrzymałości i są szczególnie niebezpieczne w materiałach kruchych. Zmniejszenie wytrzymałości badanego materiału w stosunku do jego wytrzymałości teoretycznej jest związane z obecnością różnorodnych defektów, które można podzielić na defekty I i II rodzaju. Defekty I rodzaju są to wszelkiego typu koncentratory naprężeń w postaci ostrych szczelin bądź karbów o dowolnym kształcie, są to zatem defekty o charakterze geometrycznym, niezwiązane ze strukturą i budową materiału. Przez defekty II rodzaju rozumie się koncentratory naprężeń w formie dyslokacji, pustek rozlokowanych wzdłuż granic sąsiednich ziaren, wtrąceń obcego materiału wywołujących naprężenia kontaktowe oraz wszystkie inne defekty wewnętrznej budowy materiału [Neimitz 1998].

Podczas procesu wtryskiwania temperatura i ciśnienie oddziałują na kinetykę krystalizacji osnowy polimerowej [Sikora 1992, 1993], a przez to na strukturę i stopień krystalizacji zestawionej wypraski [Sikora i Bociąga 2003, Postawa 2005, Kowalska

2007]. Właściwości wyprasek uzyskiwanych metodą wtryskiwania zależą od [Sikora i Bociąga 2003, Postawa 2005, Kowalska 2007]:

- przetwarzanego tworzywa polimerowego (jego składu chemicznego, zastosowanego napelnacza, granulacji, właściwości płynięcia, struktury, zawartości surowca wtórnego, wilgotności, jednorodności i in.),
- wtryskarki (jej wielkości, stanu technicznego, wyposażenia dodatkowego),
- formy wtryskowej (dokładności jej wykonania, liczby i układu gniazd, przebiegu płaszczyzn podziału, konstrukcji i jakości wykonania układu doprowadzania tworzywa, wymiarów i położenia przewężek, regulacji temperatury, odpowietrzenia, sposobu ustalania połówek formy, układu wypychania wypraski, rodzaju materiału formy, stopnia zużycia),
- warunków wtryskiwania (temperatury wtryskiwania, temperatury i ciśnienia w formie, ciśnienia docisku, czasu wtryskiwania, docisku i chłodzenia wypraski itd.).

Poprzez odpowiedni dobór warunków przetwórstwa (temperatura wtryskiwania, ciśnienie wtryskiwania, szybkość wtryskiwania, temperatura formy) można wpłynąć pośrednio na polepszenie odporności na pękanie wyprasek wtryskowych.

CEL BADAŃ

Celem pracy było zbadanie wpływu temperatury formy na odporność na pękanie wyprasek uzyskiwanych metodą wtryskiwania.

METODYKA

Do badań odporności na pękanie użyto kompozytu polipropylenu z 30% zawartością masową włókna szklanego o nazwie handlowej Reslen PPH 30GF produkcji Polimarky [www.polimarky.com.pl]. Próbkę do badań odporności na pękanie wykonano metodą wtryskiwania z wykorzystaniem wtryskarki firmy Krauss-Maffei KM 65-160. Wtryskarkę wyposażono w wysokiej klasy układ sterowania o symbolu C4 oraz termostat Wittmann Temprow Plus 140. W celu wytworzenia próbek do badań odporności na pękanie wykonano wkładkę formującą do formy wtryskowej (rys. 1), umożliwiającą wtryskiwanie próbek SENB (Single Edge Notch Bend) w kształcie belki prostokątnej o wymiarach 80×10×4 mm, w środku której znajduje się karb prostokątny. Próbkę do badań wytworzono przy następujących parametrach wtryskiwania:

a) parametry stałe: temperatura wtryskiwania (przed czołem ślimaka układu uplastyczniającego) 280°C, ciśnienie docisku (II fazy procesu wtryskiwania) 40 MPa, czas wtrysku 1,2 s, prędkość wtryskiwania 63,57 mm/s, czas docisku 14 s,

b) parametry zmienne: temperatura formy 20, 45 lub 70°C.

Próbki do badań oznaczono w następujący sposób: nr 1 – temperatura formy 20°C, nr 2 – temperatura formy 45°C, nr 3 – temperatura formy 70°C.

Jako miarę odporności na pękanie przyjęto całkę Rice'a J . Metoda ta opiera się na założeniu pełnego uplastycznienia obszaru leżącego na przedłużeniu płaszczyzny szczeliny, czyli zakłada istnienie przegubu plastycznego. Punktem wyjścia do wyznaczenia całki J dla belki trójpunktowo zginanej jest równanie:

$$J = - \int_0^u \left(\frac{\partial F}{\partial I} \right)_u du \quad (1)$$

Ostatecznie otrzymuje się równanie, z którego oblicza się całkę Rice'a J [Kowalska 2007]:

$$J = \frac{2A}{B(W - I)} \quad (2)$$

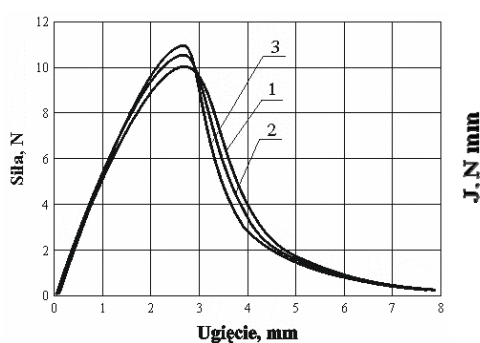
gdzie:

- A – pole pod krzywą siła-przemieszczenie, otrzymaną w próbie doświadczalnej,
- B – szerokość próbki,
- W – wysokość próbki,
- I – długość karbu.

Próbkę typu SENB zginano trójpunktowo na urządzeniu pomiarowym, które rejestrowało wartość siły w funkcji ugięcia próbki. Pole pod krzywą siła-ugięcie stanowi energię uwolnioną podczas pęknięcia próbki. Na podstawie energii uwalniania dla badanego kompozytu polimerowego obliczono całkę Rice'a J dla obciążeń statycznych.

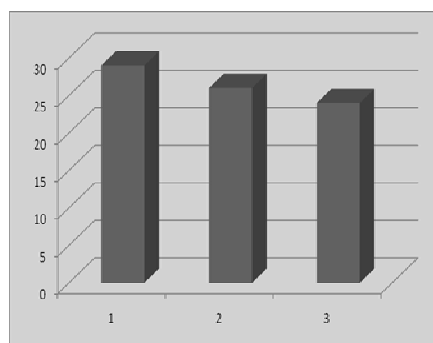
WYNIKI BADAŃ

Na rysunku 1 przedstawiono zależność siły w funkcji ugięcia próbki dla kompozytu PP z włóknem szklanym. Można zauważyć, iż w miarę zwiększenia ugięcia próbki rośnie wartość siły dla wszystkich badanych próbek. Maksymalna wartość siły występuje przy ugięciu 2,8 mm i wynosi 11 N dla próbki 3, 10,5 N dla próbki 2 i 10 N dla próbki 1. Przy ugięciu próbki 2,8 mm pojawia się pęknięcie w kompozycie PP z włóknem szklanym. Po przekroczeniu ugięcia 2,8 mm następuje gwałtowny spadek wartości siły. Największe zmniejszenie wartości siły po przekroczeniu ugięcia 2,8 mm zanotowano dla próbki 3.



Rys. 1. Zależność siły w funkcji ugięcia próbki

Fig. 1. Relationship between force and displacement



Rys. 2. Wartość całki Rice'a J

Fig. 2. Value of Rice's integral J

Próbki wytworzona przy wyższej temperaturze formy odznaczały się niższą wartością całki Rice'a o około 18% niż próbki uzyskiwane przy najniższej temperaturze formy (rys. 2).

WNIOSKI

Wpływ temperatury formy na odporność na pękanie jest najbardziej widoczny przy skrajnych wartościach temperatury formy (20 i 70°C). Wypraski uzyskiwane przy wyższej temperaturze formy charakteryzowały się niższą wartością całki Rice'a J . Jest to związane ze stanem termodynamicznym tworzywa w czasie fazy chłodzenia. Przy większej temperaturze formy czas chłodzenia wypraski ulega zwiększeniu, przez co uzyskuje się poprawę uporządkowania struktury polimeru. Wypraski uzyskiwane przy wyższej temperaturze formy charakteryzują się większym stopniem krystaliczności i większą sztywnością niż wypraski uzyskiwane przy niższej temperaturze formy.

PIŚMIENNICTWO

- Kowalska B. 2007. Study on crystallization of polymers during the injection molding. *Polimery* 2.
Neimitz A. 1998. *Mechanika pękania*. PWN, Warszawa.
Postawa P. 2005. Shrinkage of moldings and injection molding conditions. *Polimery* 50, 3, 201–207.
Sikora R. 1992. *Podstawy przetwórstwa tworzyw wielkocząsteczkowych*. Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin.
Sikora R. 1993. *Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych*. Wyd. Edukacyjne, Warszawa.
Sikora R. Bociąga E., 2003. Some problems of polymer flow in injection mould. *Polimery* 48, 2 100–105.
www.polymarky.com.pl

EFFECT OF MOULD TEMPERATURE ON CRACK RESISTANCE OF COMPOSITE PP WITH GLASS FIBRE

Summary. For the cracking tests, polypropylene with the commercial name Reslen PPH 30GF manufactured by Polimarky has been used. Samples for tests from composite PP with 30% glass fibre content produced by method of injection on injection machine Krauss-Maffei with symbol KM65–160. Crack resistance examination were carried out using a special device allowing measurements of basic parameters of crack mechanics, such as: coefficients of stress intensity, gap divergence and Rice's integral. The influence of mould temperature on the Rice's integral value for examination composite has been graphically presented. Some comparisons and conclusions have been presented.

Key words: composites, mould temperature, crack resistance, Rice's integral J