*Teka Kom. Bud. Ekspl. Masz. Elektrotech. Bud. – OL PAN, 2008, 47–50*

# WŁAŚCIWOŚCI WYPRASEK WYTWARZANYCH W FORMIE WTRYSKOWEJ WIELOGNIAZDOWEJ

Tomasz Jaruga

Katedra Tworzyw Sztucznych i Zarządzania Produkcją, Politechnika Częstochowska
ul. Armii Krajowej 19c, 42-200 Częstochowa, jaruga@kpts.pcz.czest.pl

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono badania wypełniania wielogniazdowej formy wtryskowej z układem kanałów doprowadzających zrównoważonych naturalnie oraz analizę wpływu różnic wypełniania gniazd oraz temperatury formy na właściwości wyprasek z poszczególnych gniazd.

**Słowa kluczowe:** wtryskiwanie, forma wtryskowa wielogniazdowa

## WSTĘP

Wielogniazdowe formy wtryskowe umożliwiają zwiększenie wydajności produkcji wyprasek wtryskowych. Utrudnieniem przy ich stosowaniu jest konieczność zapewnienia jednoczesnego wypełniania gniazd w możliwie jednakowych warunkach. Należy uzyskać wypraski o bardzo zbliżonych właściwościach, a więc wymiarach, skurczu, itd., co jest szczególnie istotne przy wytwarzaniu wyprasek precyzyjnych [Sikora i Bociąga 2001]. Uzyskanie jednoczesnego wypełniania gniazd jest możliwe dzięki zastosowaniu odpowiednich układów kanałów doprowadzających tworzywo do gniazd, tzw. układów zrównoważonych. Dzielą się one na zrównoważone naturalnie i sztucznie. Badania prowadzone w ostatnich latach, zwłaszcza przez Beaumonta [Beaumont i in. 1998, Beaumont 2004] wskazują, że często w układach zrównoważonych naturalnie występują problemy z osiągnięciem jednoczesności wypełniania gniazd formy, czego przyczyną są zjawiska występujące w kanałach wtryskowych, zwłaszcza zaś warunki ścinania. Konsekwencją niejednoczesnego wypełniania gniazd może być zróżnicowanie struktury i właściwości wyprasek z poszczególnych gniazd, co przedstawiono m.in. w pracy Bociągi i Jarugi [2006]. Określenie tych różnic na przykładzie wyprasek z wielogniazdowej formy eksperymentalnej jest tematem niniejszej pracy.

## CEL BADAŃ

Celem głównym pracy było zbadanie oddziaływania warunków przepływu tworzywa w kanałach formy, a zwłaszcza kinetyki przepływu i warunków cieplnych, na struk-

turę, krystaliczność oraz właściwości mechaniczne wyprasek uzyskiwanych z poszczególnych gniazd formy wtryskowej wielogniazdowej. Ponadto celem pracy było określenie odpowiednich metod badania przepływu tworzywa w formach wielogniazdowych, a także ocena wpływu warunków przetwórstwa na równomierność wypełnienia gniazd formy. Celem aplikacyjnym było określenie, jak należy ustalać warunki wtryskiwania, aby uzyskać możliwie jednakowe właściwości wyprasek.

## METODYKA

Analizowano proces wypełniania tworzywem 16-gniazdowej badawczej formy wtryskowej z równoległym układem gniazd oraz układem kanałów doprowadzających zrównoważonych geometrycznie. Gniazda formy podzielone były na cztery sekcje – w każdej sekcji miały określony kształt geometryczny. Na tym etapie badań wykorzystano różne tworzywa, zarówno amorficzne (ABS, PS), jak i częściowo krystaliczne (PE-LD, PE-HD, PP, POM) oraz kompozyt, czyli tworzywo PE-LD napełnione talkiem. Do analizy równomierności wypełniania gniazd formy wykorzystano metodę krótkich wtrysków. Zastosowano również dwie inne metody badawcze, opracowane w trakcie realizacji pracy, umożliwiające badanie przepływu tworzywa w formie: metodę dodawania barwnika do tworzywa oraz uzyskiwania linii przepływu widocznych na powierzchni wyprasek poprzez odpowiedni dobór warunków wtryskiwania. Metody te nie są kosztowne, a jednocześnie łatwe w realizacji, również w warunkach przemysłowych. Równomierność wypełniania gniazd oceniano także ilościowo na podstawie pomiarów masy i powierzchni wyprasek z poszczególnych gniazd. Praca obejmowała również symulacje komputerowe przepływu tworzywa w formie.

Dokonano pomiarów temperatury formy wtryskowej metodą termowizyjną i za pomocą czujników termoelektrycznych oraz obliczono wartości liczb kryterialnych Camerona i Brinkmana, co umożliwiło określenie charakteru wymiany ciepła podczas wtryskiwania tworzywa do rozpatrywanej formy.

Praca obejmowała również badania mikroskopowe wyprasek i elementów tworzywa zestalonego w kanałach doprowadzających. Określono orientację napełniacza w tworzywie PE-LD napełnionym talkiem, wykorzystując metodę elektronowej mikroskopii skaningowej, opisaną w pracy Banasiak i Sterzyńskiego [2004]. Wyniki obserwacji metodą mikroskopii świetlnej umożliwiły pomiar grubości naskórka w tworzywie z kanałów doprowadzających oraz analizę linii przepływu widocznych w strukturze tworzywa PE-HD z dodatkiem barwnika.

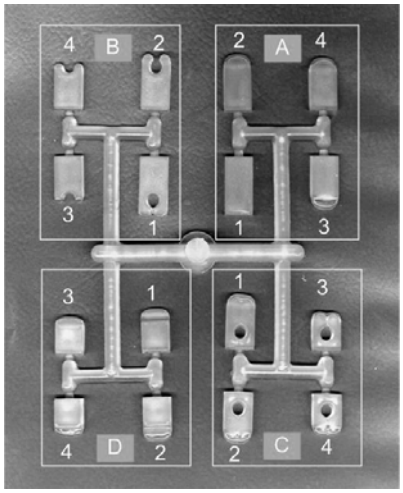
Badaniom struktury i właściwości poddano wypraski z tworzyw PP i POM. Zbadano wielkość sferolitów oraz wyznaczono stopień krystaliczności metodą DSC. Określono również dynamiczne właściwości mechaniczne wyprasek metodą DMTA oraz wytrzymałość na rozciąganie i mikrotwardość warstwy wierzchniej.

## WYNIKI BADAŃ

Stwierdzono, że pomimo zastosowania układu kanałów doprowadzających zrównoważonych geometrycznie, gniazda formy nie są wypełniane jednocześnie. Zaobserwowano określoną kolejność ich wypełniania, jednakową w każdej z sekcji oraz powta-

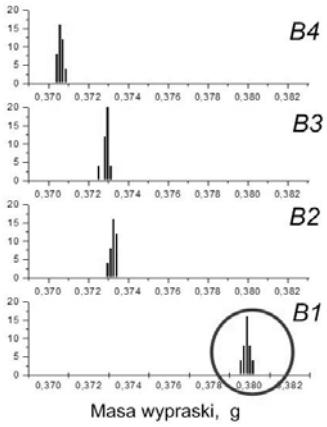
rzającą się przy różnych warunkach wtryskiwania oraz dla różnych tworzyw. Najszybciej wypełniane były gniazda znajdujące się w środku formy. Przykład wyników otrzymanych metodą krótkich wtrysków przedstawiono na rysunku 1.

Analiza wpływu warunków wtryskiwania na różnice masy wyprasek wykazała, że na powstawanie znaczących różnic masy wyprasek z poszczególnych gniazd największy wpływ mają wartości ciśnienia docisku. W celu uniknięcia nadmiernych różnic masy, a w konsekwencji także innych właściwości wyprasek, należy unikać ustawiania zbyt dużych wartości ciśnienia docisku. Stanowi to wniosek utylitarny pracy.




Rys. 1. Nierównomierne wypełnienie gniazd formy – krótkie wtryski – polipropylen, A–D – oznaczenie sekcji gniazd, 1–4 – kolejność wypełniania gniazd

Fig. 1. Unequally filled cavities – short shots – polypropylene, A–D – mould sections, 1–4 – sequence of filling cavities



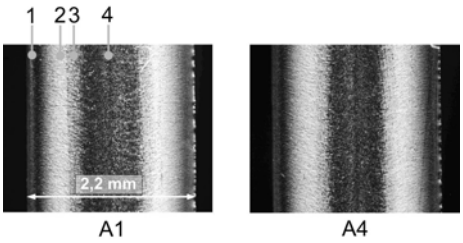

Rys. 2. Zróżnicowanie masy wyprasek z polipropylenu – sekcja B

Fig. 2. The difference in weight of parts from polypropylene – B mould section

Stwierdzono, że wyższa temperatura występuje w środku formy, w okolicy centralnego kanału wtryskowego. Analiza wartości liczb kryterialnych wskazuje jednak na to, że nie ma to decydującego wpływu na wypełnianie formy.

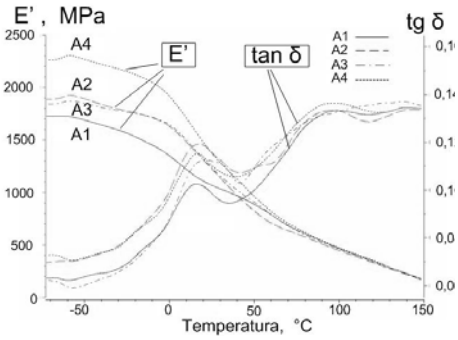
Wnioskiem z badań mikroskopowych tworzywa w wypraskach i zestalonego w kanałach (pomiar grubości naskórka) jest stwierdzenie, iż na proces niejednoczesnego wypełniania gniazd wpływa kinetyka przepływu, a szczególnie zmiana kierunku przepływu tworzywa w kanałach doprowadzających, powodująca powstawanie asymetrii frontu strumienia tworzywa.

Wyniki badań właściwości wyprasek (rys. 3 i 4) wykazały, że wypraski z poszczególnych gniazd różnią się zarówno strukturą, jak i właściwościami. Wpływ na ich właściwości ma lokalna wartość temperatury formy. Wypraski z gniazd o wyższej temperaturze ścianki charakteryzują się mniejszą grubością materiału zorientowanego w rdzeniu (rys. 3), która wpływa z kolei na wartości modułu zachowawczego E' (rys. 4). Wypraski z tych gniazd charakteryzują się również większymi sferolitami oraz wyższym stopniem krystaliczności i mikrotwardością warstwy wierzchniej.




Rys. 3. Morfologia wyprasek z PP pochodzących z gniazd 1 i 4 sekcji A; 1 – naskórek, 2 – zorientowana strefa rdzenia, 3 – warstwa przejściowa, 4 - niezorientowana strefa rdzenia

Fig. 3. Morphology of PP parts from cavities 1 and 4 from mould section A; 1 – skin layer, 2 – oriented core layer, 3 – transient zone, 4 – non-oriented core layer




Rys. 4. Zmiana modułu zachowawczego E' i współczynnika stratności mechanicznej tgδ w funkcji temperatury dla próbek z wyprasek z PP z gniazd sekcji A

Fig. 4. DMTA curves – storage modulus E' and loss factor tgδ versus temperature for PP samples from mould section A

## WNIOSKI

Wykazano, że pomimo zastosowania w formie układu kanałów doprowadzających zrównoważonych geometrycznie, wypraski z poszczególnych gniazd różnią się właściwościami, na co ma wpływ niejednoczesne wypełnianie gniazd związane z kinetyką przepływu tworzywa w kanałach oraz zróżnicowanie temperatury ścianki formy.

## PIŚMIENNICTWO

Sikora R., Bociąga E. 2001. Wybrana charakterystyka narzędziowa precyzyjnego wtryskiwania wielogniazdowego. Przetw. Tworzyw 81–82, 161.

Beaumont J.P., Young J.H., Jaworski M. 1998. Mold Filling Imbalances in Geometrically Balanced Runner Systems. ANTEC 1998 – Proceedings of the 56th Annual Technical Conference & Exhibition, Atlanta, GA, Society of Plastics Engineers, V. 1.

Beaumont J.P. 2004. Runner and Gating Design Handbook. Tools for Successful Injection Moulding. Hanser, Munich, Cincinatti.

Bociąga E., Jaruga T. 2006. Badania mikroskopowe przepływu tworzywa w kanałach 16-gniazdowej formy wtryskowej. Polimery 51, 843.

Banasiak A., Sterzyński T. 2004. Ocena przepływu w formie wtryskowej polimeru z napełniaczem płytkowym jako znacznikiem. Polimery 49, 442.

## PROPERTIES OF PARTS MANUFACTURED IN MULTICAVITY INJECTION MOULD

**Summary.** The examination of polymer flow in multicavity injection mould with geometrically balanced runner was presented. The influence of differences in filling particular cavities and mould temperature distribution on the properties of parts coming from these cavities was also presented.

**Key words**: injection moulding, multicavity injection mould