

ELŻBIETA BOCIĄGA

Politechnika Częstochowska

Katedra Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych i Zarządzania Produkcją

Al. Armii Krajowej 19c, 42-200 Częstochowa

## Wpływ temperatury formy wtryskowej i prędkości wtryskiwania na wybrane właściwości wyprasek polietylenowych

### THE EFFECT OF MOLD TEMPERATURE AND INJECTION VELOCITY ON SELECTED PROPERTIES OF POLYETHYLENE MOLDINGS

**Summary** — A literature review shows how injection molding conditions affect process capacity, energy consumption and molding structure and properties. Mechanical and thermal properties of HDPE moldings were studied in relation to mold temperature (20°C—80°C) and injection velocity (0.015—0.12 m/s). As the mold temperature was raised, the tensile strength, yield stress, tensile modulus, hardness and Vicat softening temperature were found to increase; the strain at maximum tensile stress and impact strength decreased (Figs. 1—3). At higher temperatures, the mold cavity is easier to fill. At low polymer/mold wall temperature gradients, internal stresses and molecular orientation are lesser and moldings exhibit smaller sink marks and better mechanical properties. Economically, higher temperatures, are unfavorable because then the injection molding cycle is longer. Higher injection velocities gave rise to reduced tensile strength, stress at break and hardness and to lowered softening point and to increased plastic properties (strain at break, impact strength) (Figs. 4—6). The time to fill the mold cavity is shorter and thermal losses along melt flow path are smaller. At velocities that are too high, defective moldings are likely to form containing voids and having inferior mechanical properties.

**Key words:** injection mold temperature, injection velocity, mechanical properties, surface quality of moldings, high density polyethylene.

Efektywne prowadzenie procesu wtryskiwania wymaga znajomości wpływu warunków tego procesu na jego przebieg oraz na właściwości i strukturę otrzymanych wyprasek [1].

Na jakość wyprasek oraz na wydajność i energochłonność procesu wtryskiwania największy wpływ wywierają następujące czynniki [2, 3]:

— temperatura tworzywa w układzie uplastyczniającym i dyszy wtryskowej oraz temperatura formy wtryskowej;

— ciśnienie wtryskiwania, ciśnienie docisku i ciśnienie w gnieździe formującym formy wtryskowej;

— prędkość ruchu obrotowego ślimaka, prędkość ruchu postępowo-zwrotnego układu uplastyczniającego, ślimaka lub tłoka oraz droga przesuwania układu uplastyczniającego i skok ślimaka lub tłoka;

— czas poszczególnych faz cyklu procesu wtryskiwania, chwila przejścia ciśnienia wtryskiwania w ciśnienie docisku oraz czas i sposób ochładzania wypraski w formie.

### WPLYW POSZCZEGÓLNYCH WARUNKÓW WTRYSKIWANIA NA WŁAŚCIWOŚCI WYPRASEK

#### Temperatura wtryskiwania i temperatura formy wtryskowej

Zmiana temperatury wtryskiwania wpływa w znacznym stopniu na skurcz wtryskowy wyprasek. Wyniki badań przebiegu wtryskiwania polipropylenu wskazują na zmniejszanie się skurczu wtryskowego (przede wszystkim wzdłużnego) wyprasek z podwyższaniem temperatury wtryskiwania [6, 7]. W badaniach próbek polietylenu dużej gęstości (PE-HD) wykazano wzrost skurczu ze wzrostem temperatury wtryskiwania w zakresie 175—325°C [3]. W pracy [4], przedstawiającej wyniki badań tworzyw poliacetalowych, zauważono, że wpływ temperatury wtryskiwania na skurcz zależy od kształtu próbek. Mianowicie, w przypadku prostokątnych beleczek wzrost temperatury wtryskiwania od 170 do 190°C powoduje zwiększanie się skurczu

wzdłużnego o 0,4% i poprzecznego o 0,3%, natomiast w przypadku próbek w postaci krążków ze wzrostem temperatury skurcz maleje: wzdłużny o 0,4—0,6%, a poprzeczny o 0,3—0,5%.

Temperatura wtryskiwania wpływa także na właściwości mechaniczne wyprasek; z jej wzrostem maleje granica plastyczności oraz rośnie wydłużenie względne próbek z polipropylenu J-400 [6].

Wpływ temperatury formy wtryskowej na właściwości wyprasek przedstawiono m.in. w pracach [2—13]. Podwyższanie temperatury formy powoduje powiększenie skurczu zarówno pierwotnego, jak i wtórnego, przy czym wpływ ten jest większy w przypadku skurczu wzdłużnego [7]. Wykazano także, że różnica temperatury obu zespołów formy wtryskowej wywiera duży wpływ na samoistne odkształcanie się wyprasek [10]. Zmiana temperatury formy stanowi przyczynę zmian właściwości mechanicznych i struktury wyprasek, co jest szczególnie widoczne w tworzywach częściowo krystalicznych. Wyższa temperatura formy powoduje zwiększenie stopnia krystaliczności tworzywa, dzięki czemu uzyskuje się lepsze właściwości użytkowe wytworów [3, 8]. W przypadku poliformaldehydu wzrost temperatury formy od 60 do 120°C spowodował zwiększenie naprężenia zrywającego o ok. 5% oraz spadek wydłużenia przy zerwaniu z 65 do 50% [3]. Obniżenie temperatury formy powoduje zwiększenie gradientu temperatury podczas ochładzania wyprasek, co wywołuje większą ich niejednorodność strukturalną [3, 6].

### Ciśnienie wtryskiwania i docisku oraz ciśnienie w gnieździe formującym

Ciśnienie wpływa zarówno na przebieg procesu wtryskiwania, jak i na właściwości wyprasek. Zwiększenie ciśnienia wtryskiwania powoduje wzrost granicy plastyczności i spadek wydłużenia względnego przy zerwaniu oraz skurczu polipropylenu J-400 [6]. Zjawisko zmniejszania się skurczu wyprasek ze wzrostem ciśnienia zasygnalizowano także w monografiach [2, 3]. Wykazano również, że zwiększenie ciśnienia wtryskiwania powoduje zmianę przebiegu krzywej nośności profilu chropowatości wyprasek z polipropylenu i polipropylenu napełnionego włóknem szklanym (30%) oraz zwiększenie mezotwardości ich warstwy wierzchniej [15].

Ciśnienie docisku wywiera duży wpływ na samoistne odkształcanie się i skurcz wtryskowy wyprasek po ich wyjęciu z gniazda formującego. Zagadnienie to zostało omówione w opracowaniach [7, 10, 16—19]. Stwierdzono, że ze wzrostem ciśnienia docisku skurcz maleje. Na przykład, wypraski z polistyrenu "DOW PS678E", wtryskiwane z ciśnieniem docisku 15 MPa, miały skurcz 0,7%, natomiast gdy ciśnienie docisku wzrosło do 70 MPa, skurcz zmniejszył się do 0,25% [14]. Niewłaściwe ciśnienie docisku może być przyczyną anomalii przetwórczych wyprasek [19]; nadmierny

wzrost ciśnienia docisku powoduje znaczne zwiększenie masy wyprasek z tłoczyw poliestrowo-szklanych [20], a zbyt małe ciśnienie docisku może być przyczyną wystąpienia zapadnięć, jam oraz spowodować zwiększenie rozrzutu wymiarów wyprasek i zaburzenie ich struktury w wyniku przepływu wstecznego tworzywa z gniazda do kanałów doprowadzających i cylindra układu uplastyczniającego [8]. Zbyt duże ciśnienie docisku (zwłaszcza w przypadku tworzyw o strukturze bezpostaciowej) może też wywołać znaczne naprężenia własne w pobliżu wlewka oraz pojawienie się mikrorys naprężeniowych w warstwie wierzchniej, a także przyczynić się do wystąpienia trudności z otwieraniem formy i usuwaniem z niej wyprasek.

W badaniach jakości wyprasek z polistyrenu wykazano, że ze wzrostem ciśnienia w gnieździe formy wzrasta naprężenie zrywające próbek wtryskiwanych w różnej temperaturze formy (35 i 50°C) i z tworzywa o temperaturze zmieniającej się w zakresie od 170 do 220°C [11].

### Prędkość wtryskiwania

Ze względu na efektywność procesu wtryskiwania zaleca się stosowanie możliwie dużych prędkości wtryskiwania [8], co umożliwi skrócenie czasu wypełniania gniazda formującego formy wtryskowej, zmniejszy straty ciepła i ciśnienia na drodze przepływu oraz spowoduje podwyższenie temperatury tworzywa a dzięki temu — zwiększenie płynności i łatwiejszy przepływ w kanałach doprowadzających oraz w przewężkach. Wypraski wtryskiwane z większą prędkością charakteryzują się lepszą jakością powierzchni, o większym połysku i mniej widocznych liniach łączenia strumieni tworzywa. Zbyt duża prędkość wtryskiwania może jednak spowodować nadmierny wzrost temperatury w przewężkach i rozkład tworzywa. Powoduje ona także wzrost orientacji makrocząsteczek w warstwach przyściennych wyprasek, natomiast zmniejszenie orientacji w rdzeniu.

Przedstawione w pracy [7] wyniki badań właściwości polipropylenu izotaktycznego o dużym stopniu krystaliczności wskazują na istotny wpływ prędkości wtryskiwania na wartość skurczu wyprasek. Wzrost prędkości wtryskiwania od 0,1 do 0,8 m/s spowodował zwiększenie skurczu poprzecznego o 0,25%, natomiast jego wpływ na skurcz wzdłużny był niewielki. Rozpatrując rozkład skurczu wzdłuż długości próbki prostokątnej wykazano, że w pobliżu przewężki szczelinowej, usytuowanej na krótszej krawędzi próbki skurcz ma taką samą wartość w przypadku obydwu prędkości, a różnice występują w pewnej odległości od przewężki (> 50 mm w przypadku próbki długości 300 mm). W badaniach wpływu warunków wtryskiwania na grubość warstwy wierzchniej wyprasek zauważono, że w temperaturze wtryskiwania wynoszącej 200°C ze wzrostem prędkości grubość ta znacznie maleje (od ok. 500 μm,

gdy  $v = 0,1$  m/s do ok. 200  $\mu\text{m}$ , gdy  $v = 0,8$  m/s), natomiast w przypadku wyższej temperatury wtryskiwania (280°C) wpływ prędkości jest niewielki [7].

### Czas cyklu wtryskiwania

Czas cyklu wtryskiwania jest czynnikiem decydującym o wydajności procesu wtryskiwania, zależnym od kształtu i wymiarów wypraski, rodzaju wtryskiwanego tworzywa oraz wydajności wtryskarki [3]. Na czas cyklu składają się czasy poszczególnych faz wtryskiwania, tj. zamykania formy, wtrysku, docisku, uplastycznienia, otwierania formy, przerwy. Największy wpływ na właściwości wyprasek ma czas docisku. Im dłuższy jest ten czas tym większa masa wyprasek [9, 20] oraz wydłużenie względne próbek [21] i tym mniejszy skurcz [5]. Wytrzymałość na ściskanie wyprasek z poliamidu napełnionego włóknem szklanym jest większa w przypadku dłuższego czasu docisku [2]. Zbyt krótki czas docisku może powodować anomalie przetwórcze, takie jak zapadnięcia, jamy, nierównomierna gęstość tworzywa wypraski, niejednorodność strukturalna rdzenia spowodowana przepływem wstecznym, wypaczenia, rozrzut wymiarów, duży skurcz. Z kolei zbyt długi czas docisku powoduje przedłużenie czasu cyklu wtryskiwania, większe straty energii oraz przedłużenie czasu styku dyszy wtryskowej z zimną formą [8, 21].

Zatem, aby uzyskać założone, powtarzalne właściwości danego wytworu, trzeba dokładnie rozważyć i wybrać warunki wtryskiwania. Spośród omówionych czynników najistotniejsze pod względem wpływu na właściwości użytkowe oraz na skurcz wyprasek to temperatura formy wtryskowej oraz prędkość wtryskiwania; wpływ tych właśnie czynników na wybrane właściwości mechaniczne i cieplne wyprasek polietylenowych stanowił przedmiot badań omówionych w niniejszym artykule.

## CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

### Materiały

Próbki do badań wykonano z polietylenu dużej gęstości (PE-HD) typu HE 2494, firmy Borealis, charakteryzującego się (według danych producenta) następującymi właściwościami:

- gęstość 953  $\text{kg}/\text{m}^3$ ,
- wskaźnik szybkości płynięcia (190°C/5,0 kg) 0,35 g/10 min,
- zawartość wody 0,009%.

### Metodyka

Próbki uzyskiwano za pomocą doświadczalnej formy wtryskowej z wymiennymi wkładkami formującymi, skonstruowanej i wykonanej we własnym zakresie zgodnie z zaleceniami normy ISO 294-1:1996; opis tej

formy zawiera praca [22]. Formę zainstalowano we wtryskarce typu KM65-160C1 firmy Krauss Maffei.

Stałe warunki wtryskiwania próbek były następujące:

- temperatura wtryskiwania 220°C,
- ciśnienie wtryskiwania 120 MPa,
- ciśnienie docisku 80 MPa,
- czas docisku 20 s,
- czas ochładzania 20 s,
- czas cyklu wtryskiwania 45 s.

Czynnikami zmiennymi były temperatura formy wtryskowej  $t_f$  oraz prędkość wtryskiwania  $v$ . Ustalając zakresy ich zmienności, uwzględniono zalecenia podawane w literaturze [2, 3, 5, 8, 23]. Autorzy pozycji [2, 3] podają, że podczas przetwórstwa PE-HD temperatura formy wtryskowej powinna wynosić 50—80°C, natomiast w opracowaniach [5] i [23] podano szersze zakresy: odpowiednio 20—70°C i 30—70°C. Prędkość wtryskiwania zależy od grubości ścianek wypraski: w przypadku wyrobów cienkościennych zaleca się stosowanie dużej prędkości, w pozostałych przypadkach — średniej [8].

Uwzględniając powyższe zalecenia, jedną serię próbek wykonano zmieniając temperaturę formy (20, 30, 40, 50, 60, 70 lub 80°C), lecz ze stałą prędkością wtryskiwania (0,075 m/s), natomiast drugą — zmieniając prędkość wtryskiwania (0,015, 0,03, 0,045, 0,06, 0,075, 0,09, 0,105 lub 0,12 m/s), ale stosując stałą temperaturę formy (40°C).

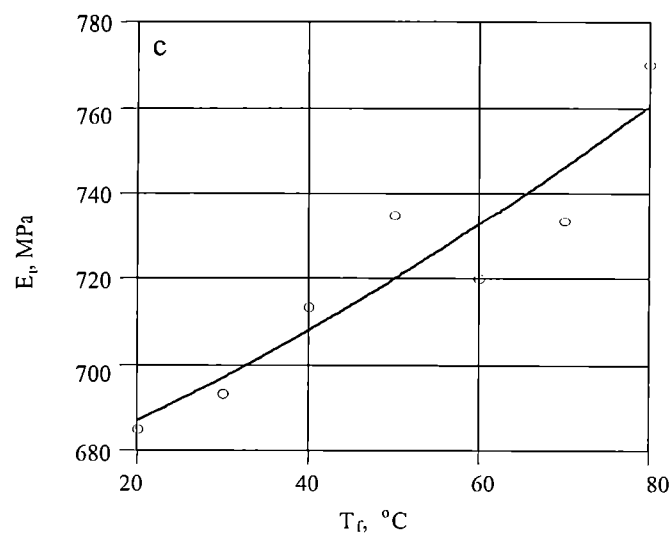
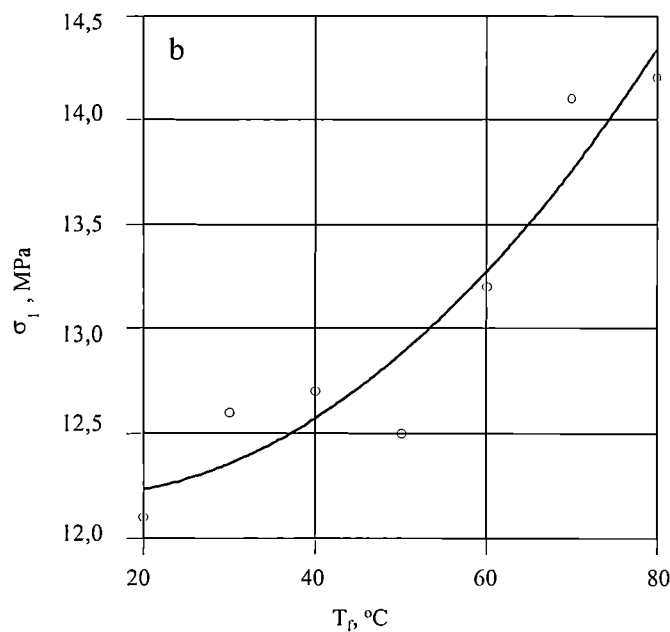
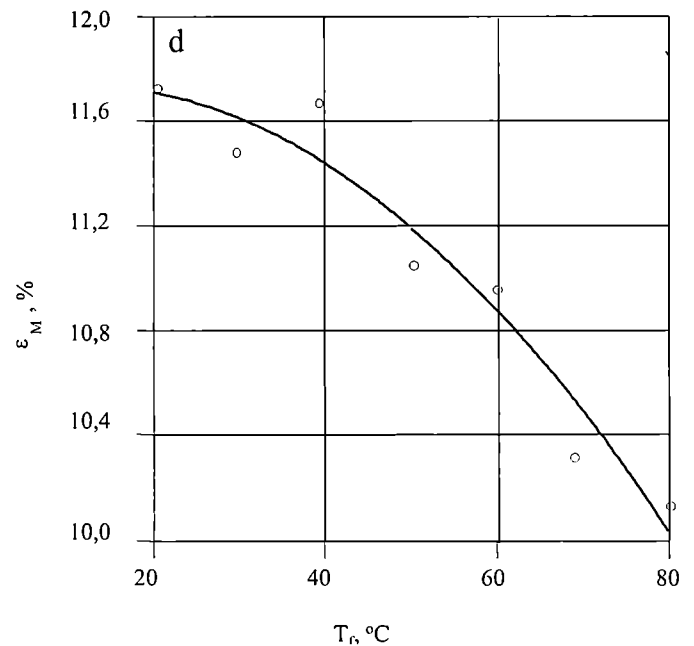
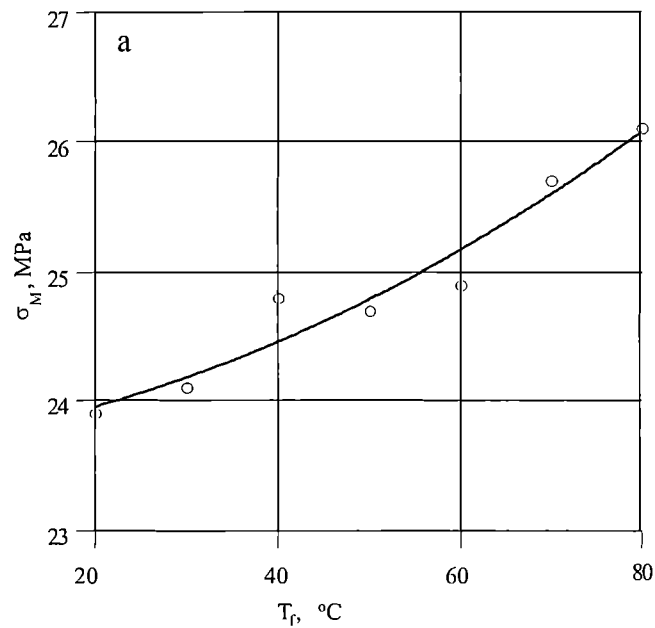
Po wtryskiwaniu próbki przetrzymywano w powietrzu o temp.  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  i wilgotności względnej  $50 \pm 5\%$ , przez co najmniej 16 h.

Przeprowadzono próby jednoosiowego rozciągania próbek zgodnie z normami PN-81/C-89034 oraz PN-EN ISO 527:1998, wyznaczając przy tym wytrzymałość na rozciąganie  $\sigma_M$ , naprężenie przy zerwaniu  $\sigma_B$ , naprężenie rozciągające przy 1-proc. odkształceniu  $\sigma_1$ , moduł sprężystości przy rozciąganiu  $E_r$ , wydłużenie względne przy maksymalnym naprężeniu rozciągającym  $\varepsilon_M$  oraz wydłużenie względne przy zerwaniu  $\varepsilon_B$ . Twardość H wyznaczano metodą wciskania kulki, pod obciążeniem 132,4 N (PN-93/C-8-9030). Udarność  $a_k$  określano stosując próbki z karbami typu A (PN-81/C-89029). Temperaturę mięknięcia  $T_m$  oznaczano metodą Vicata (PN-93/C-89024).

## WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Wyniki badań wpływu temperatury formy wtryskowej na właściwości próbek przedstawiają rys. 1—3, natomiast rys. 4—6 ilustrują zmianę właściwości próbek w funkcji prędkości wtryskiwania.

Ze wzrostem temperatury formy wtryskowej następuje zwiększenie wytrzymałości na rozciąganie o ponad 9%, naprężenia rozciągającego przy 1-proc. odkształceniu o ok. 17% oraz modułu sprężystości przy rozciąganiu o 12,4% (rys. 1a, 1b, 1c). Wydłużenie względne przy maksymalnym naprężeniu rozciągającym próbek wtry-



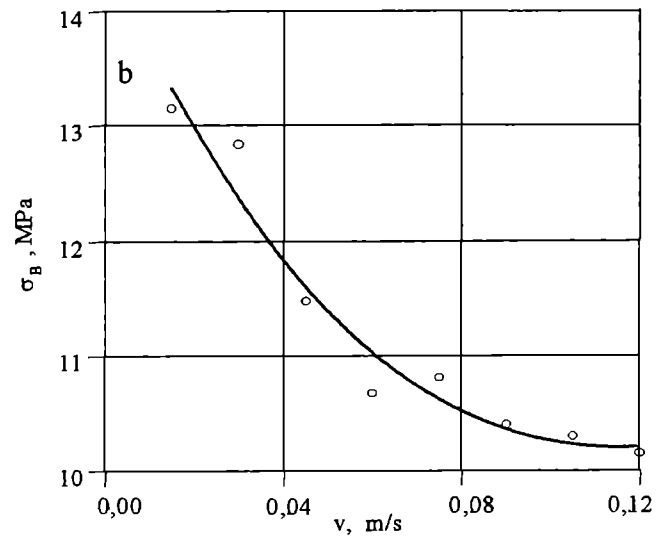
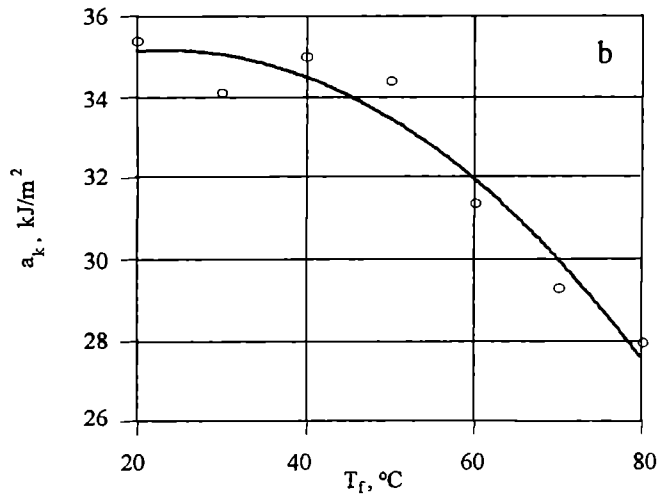
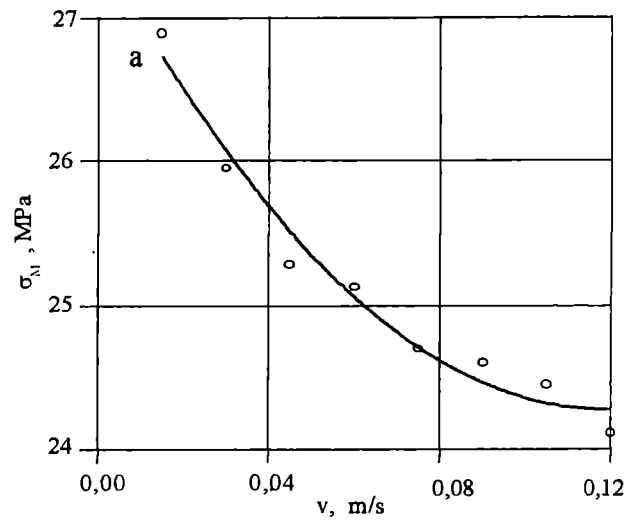
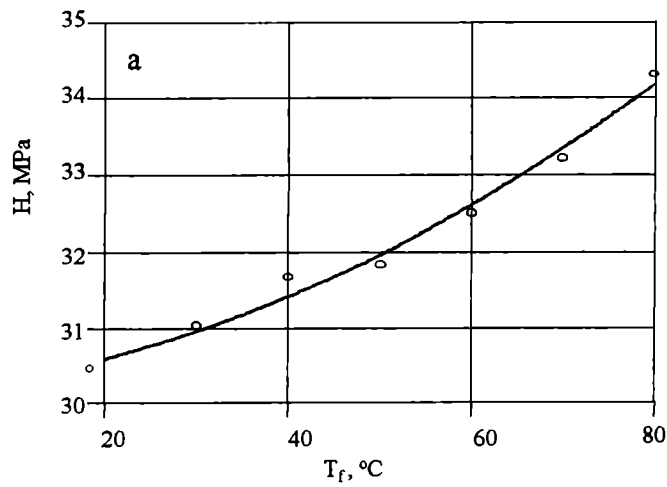
Rys. 1. Wpływ temperatury formy wtryskowej  $T_f$  na: a) wytrzymałość na rozciąganie  $\sigma_M$ , b) naprężenie rozciągające przy 1-proc. odkształceniu  $\sigma_1$ , c) moduł sprężystości przy rozciąganiu  $E_1$ , d) wydłużenie względne przy maksymalnym naprężeniu rozciągającym  $\epsilon_M$ ; prędkość wtryskiwania  $v = 0,075$  m/s

Fig. 1. (a) Tensile strength ( $\sigma_M$ ), (b) yield stress ( $\sigma_1$ ), (c) tensile modulus ( $E_1$ ) and (d) strain at maximum tensile stress ( $\epsilon_M$ ) in relation to mold temperature ( $T_f$ ); injection velocity = 0.075 m/s

skiowanych do formy o temp. 80°C było mniejsze o 16% w porównaniu z wynikami uzyskanymi z formą o temp. 20°C (rys. 1d). Wzrost temperatury formy spowodował również zwiększenie twardości próbek o prawie 13% oraz zmniejszenie udarności o 25% (rys. 2). Temperatura mięknięcia próbek wtryskiwanych do formy o temp. 80°C była wyższa o ok. 4°C niż próbek wtryskiwanych do formy o temp. 20°C (rys. 3).

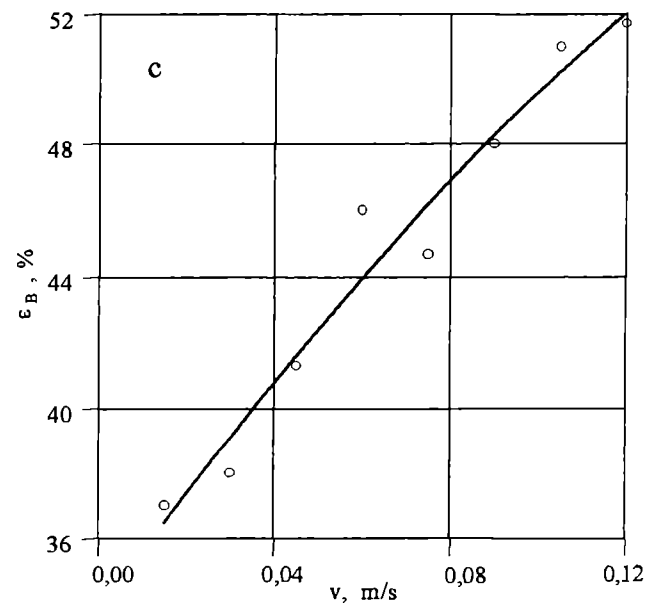
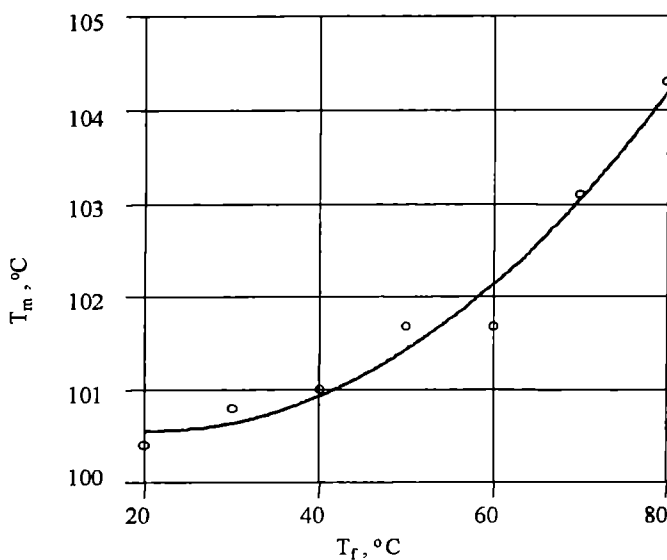
W przypadku niskiej temperatury formy wtryskowej, w chwili zetknięcia się ciepłego tworzywa z zimną ścianką gniazda formującego następuje gwałtowne ochłodzenie tworzywa więc procesy relaksacji naprężeń oraz odkształceń przebiegają w krótkim czasie. Sprzyja to pozostaniu w wyprase, a zwłaszcza w jej warstwie wierzchniej, orientacji makrocząsteczkowej wytworzonej podczas wypełniania gniazda oraz znacznych naprężeń własnych. Duży gradient temperatury jest przyczyną niejednorodności strukturalnej tworzywa, co wpływa niekorzystnie na użytkowe właściwości wyprasek.

Gdy stosuje się formę wtryskową o wyższej temperaturze występują mniejsze opory przepływu tworzywa ciepłego i wypełnianie gniazda formującego jest łatwiejsze. Mniejszy gradient temperatury sprzyja zmniejszeniu naprężeń własnych w wyprase oraz ograniczeniu orientacji makrocząsteczkowej. Wypraski charaktery-



Rys. 2. Wpływ temperatury formy wtryskowej  $T_f$  na: a) twardość  $H$ , b) udarność  $a_k$ ; prędkość wtryskiwania  $v = 0,075 \text{ m/s}$

Fig. 2. (a) Hardness  $H$  and (b) Charpy notched impact strength ( $a_k$ ) in relation to mold temperature ( $T_f$ ); injection velocity =  $0.075 \text{ m/s}$



Rys. 3. Wpływ temperatury formy wtryskowej  $T_f$  na temperaturę mięknięcia  $T_m$ ; prędkość wtryskiwania  $v = 0,075 \text{ m/s}$

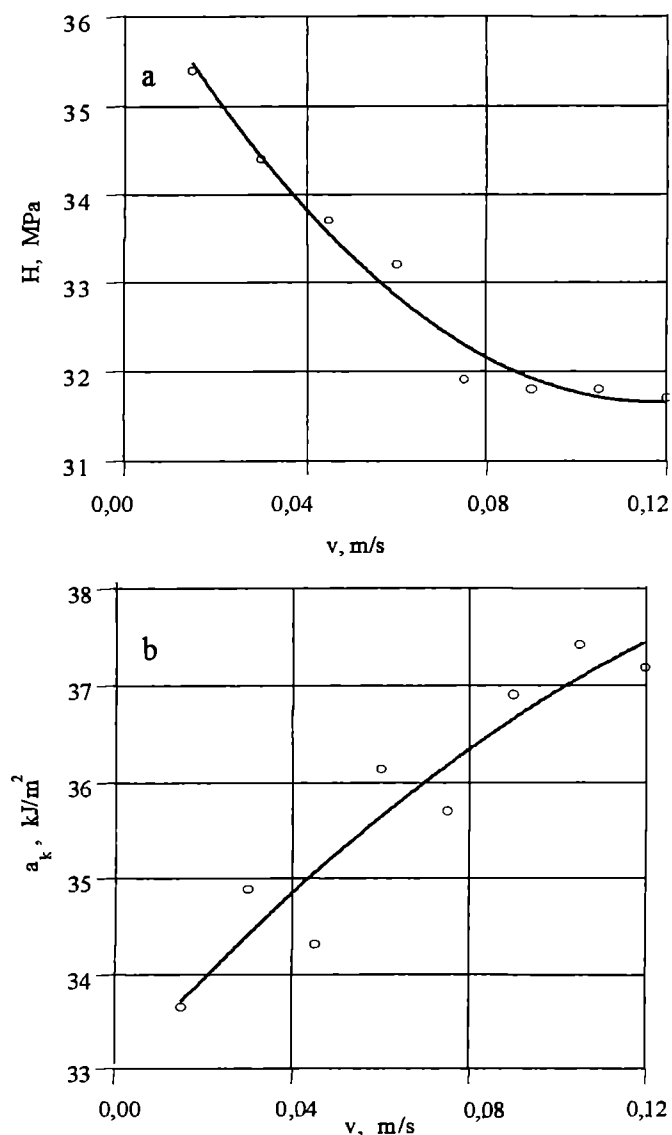
Fig. 3. The softening temperature ( $T_m$ ) in relation to mold temperature ( $T_f$ ); injection velocity =  $0.075 \text{ m/s}$

Rys. 4. Wpływ prędkości wtryskiwania  $v$  na: a) wytrzymałość na rozciąganie  $\sigma_M$ , b) naprężenie przy zerwaniu  $\sigma_B$ , c) wydłużenie względne przy zerwaniu  $\epsilon_B$ ; temperatura formy wtryskowej  $T_f = 40^\circ\text{C}$

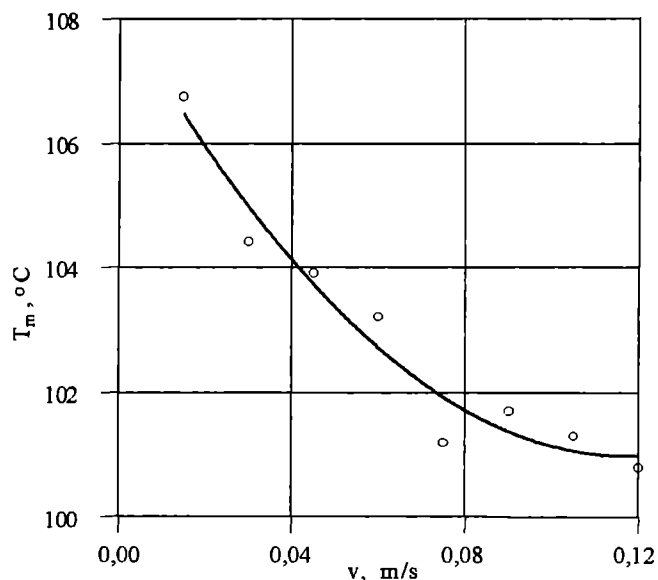
Fig. 4. (a) Tensile strength ( $\sigma_M$ ), (b) stress at break ( $\sigma_B$ ), (c) strain at break ( $\epsilon_B$ ) in relation to injection velocity ( $v$ ); mold temperature ( $T_f$ ),  $40^\circ\text{C}$

zują się mniejszymi zapadnięciami tworzywa. Wysoka temperatura formy powoduje znaczne przedłużenie czasu ochładzania wyprasek, co umożliwia uzyskanie wyższego stopnia krystaliczności tworzywa i polepszenie jego właściwości mechanicznych. Jest to jednak niekorzystne z ekonomicznego punktu widzenia, ponieważ w istotny sposób przedłuża się czas cyklu wtryskiwania.

Z rys. 4, przedstawiającego wpływ prędkości wtryskiwania na właściwości mechaniczne próbek PE-HD wynika, że ze wzrostem prędkości wtryskiwania z 0,015 do 0,12 m/s nastąpił spadek wytrzymałości na rozciąganie o prawie 14%, naprężenie przy zerwaniu zmniejszyło się od 13,15 MPa do 10,15 MPa, natomiast wydłużenie względne przy zerwaniu wyraźnie zwiększyło się (od 37% do 51,7%). Twardość próbek zmalała o ok. 11%, a



Rys. 5. Wpływ prędkości wtryskiwania  $v$  na: a) twardość  $H$ , b) udarność  $a_k$ ; temperatura formy wtryskowej  $T_f = 40^\circ\text{C}$   
Fig. 5. (a) Hardness  $H$  and (b) Charpy notched impact strength ( $a_k$ ) in relation to injection velocity ( $v$ ); mold temperature ( $T_f$ ),  $40^\circ\text{C}$



Rys. 6. Wpływ prędkości wtryskiwania  $v$  na temperaturę mięknięcia  $t_m$ ; temperatura formy wtryskowej  $T_f = 40^\circ\text{C}$   
Fig. 6. The softening temperature ( $T_m$ ) in relation to injection velocity; mold temperature ( $T_f$ ),  $40^\circ\text{C}$

udarność zwiększyła się o ponad 10% (rys. 5). Temperatura mięknięcia (rys. 6) obniżyła się od  $106,8^\circ\text{C}$  (w przypadku próbek wtryskiwanych z prędkością 0,015 mm/s) do  $101^\circ\text{C}$  (prędkość wtryskiwania równa 0,12 mm/s).

Większa prędkość wtryskiwania powoduje skrócenie czasu wypełniania gniazda formującego i zmniejszenie strat ciepła na drodze przepływu tworzywa. Tworzywo ma wyższą temperaturę i mniejszą lepkość, dzięki czemu łatwiej wypełnia gniazdo formujące. Jednak zbyt duża prędkość wtryskiwania może być przyczyną występowania anomalii przetwórczych wyprasek, głównie pęcherzy. Pęcherze te mogą powstać wówczas, gdy ze względu na zbyt krótki czas wtryskiwania nie następuje całkowite usunięcie powietrza z gniazda formującego, co staje się na ogół przyczyną pogorszenia właściwości mechanicznych wyprasek. Natomiast wtryskiwanie z bardzo małą prędkością powoduje powstawanie wyprasek o gorszej jakości powierzchni, ponieważ widoczne stają się linie płynięcia tworzywa i mniejszy jest połysk.

Przedstawione wyniki badań doświadczalnych potwierdzają istotny wpływ warunków wtryskiwania na właściwości wyprasek. W przypadku wtryskiwania użytego w tej pracy PE-HD o bardzo małym wskaźniku szybkości płynięcia korzystniejsze okazało się stosowanie wysokiej temperatury formy wtryskowej i mniejszej prędkości wtryskiwania.

## LITERATURA

1. Bociąga E.: *Polimery* 1999, 44, 198.
2. Sikora R.: "Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych", WE, Warszawa 1993, str. 528.

3. Smorawiński A.: "Technologia wtrysku", WNT, Warszawa 1989, str. 460.
4. Kowalska E., Jeziórska R., Stasiński J., Gajewski M.: "Badania wielkości skurczu przetwórczego Tarnoformu w zależności od parametrów wtrysku tworzywa", materiały konferencji "Technologie wtryskiwania i wytłaczania", Częstochowa 1988, 61.
5. "C-MOLD Design Guide. A Resource for Plastics Engineers". C-MOLD Ithaca, New York, USA 1998, str. 336.
6. Dębski W., Przyłęcka M.: *Polimery* 1976, 21, 326.
7. Jansen K. M. B.: *Int. Polym. Processing* 1998, 13, nr 3, 309.
8. Zawistowski H., Zięba S.: "Ustawianie procesu wtrysku", Plastech, Warszawa 1995, str. 140.
9. Rakowski T.: "Wpływ parametrów technologicznych wtrysku na jakość kształtek precyzyjnych", materiały konferencji "Postęp w dziedzinie tworzyw sztucznych", Częstochowa 1985, str. 56.
10. Jansen K. M. B., van Dijk D. J., Keizer K. P.: *Int. Polym. Processing* 1998, 13, nr 4, 417.
11. Hawrylecka U., Sikora R.: *Polimery* 1994, 39, 34.
12. Barbaroux M.: "Evaluation of the Influence of the Process Parameters on the Crosslink Density of an Injection Moulded Silicone Network". The Polymer Processing Society, Europe/Africa Region Meeting, Gothenburg, Szwecja 1997, p.3:1.
13. Poppe E. A., Leidig K., Schirmer K.: *TS Raport* 1999, 11, 34.
14. Jansen K. M. B., van Dijk D. J., Burgers E. V.: *Int. Polym. Processing* 1998, 13, nr 1, 99.
15. Koszkuł J.: "Wpływ parametrów wtryskiwania i obróbki skrawaniem na wybrane właściwości warstwy wierzchniej polipropylenu"; materiały konferencji "Stosowanie i przetwórstwo materiałów polimerowych", Częstochowa 1998, 129.
16. Jansen K. M. B., van Dijk D. J.: "Shrinkage of Injection Moulded Fibre Composites". The Polymer Processing Society, Europe/Africa Region Meeting, Gothenburg, Szwecja 1997, p. 3:4.
17. Jansen K. M. B., van Dijk D. J., van der Hout D. J.: "Shrinkage Anisotropy in Semi-Crystalline Materials". The Polymer Processing Society, Europe/Africa Region Meeting, Gothenburg, Szwecja 1997, p. 3:5.
18. Pantani R., Titomanlio G.: "Analysis of Shrinkage Development of Injection Moulded Samples". The Polymer Processing Society, Europe/Africa Region Meeting, Gothenburg, Szwecja 1997, p. 3:13.
19. Sikora R.: "Podstawy przetwórstwa tworzyw wielkocząsteczkowych", Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Lubelskiej, Lublin 1992, str. 501.
20. Stranc W.: "Badania wpływu wybranych parametrów przetwórczych na wymiary i masę kształtek wtryskowych z tłoczyw poliestrowo-szkłanych"; materiały konferencji "Tworzywa utwardzalne, właściwości, przetwórstwo, zastosowanie". Częstochowa 1989, 140.
21. Poppe E. A., Leidig K., Schirmer K.: *TS Raport* 1999, 10, 40.
22. Bociąga E.: *Polimery* 2000, 45, 89.
23. Szlezzyngier W.: "Tworzywa sztuczne", Politechnika Rzeszowska, Rzeszów 1996, str. 771.

Otrzymano 20 IX 1999 r.

### W kolejnym zeszycie ukaza się następujące artykuły:

- Obróbka tworzyw — zagadnienia ogólne
- Kinetyka modelowania fotopolimeryzacji liniowej i sieciowania. Cz. III (*wersja angielska*)
- Współczesne osiągnięcia chemii i technologii w dziedzinie układów lakierowych do puszek konserwowych oraz do technologii "coil coatings"
- Sondy spektroskopowe. Wpływ łańcucha polimerowego na właściwości fotofizyczne cząsteczek wykazujących istnienie stanu TICT. Cz. II. Kinetyka
- Kopolimeryzacja etylenu z 1-heksenem wobec katalizatorów cyrkonocenowych na nośniku (*wersja angielska*)
- Wpływ podstawników w kompleksach chlorków bis(cyklopentadienylo)cyrkonu na ich aktywność katalityczną w polimeryzacji etylenu z zastosowaniem  $\text{Al}(i\text{-Bu})_3/\text{CPh}_3\text{B}(\text{C}_6\text{F}_5)_4$  jako aktywatora (*wersja angielska*)
- Wykorzystanie chitozanu do sorpcji jonów metali ciężkich
- Metodyka oceny sprawności *quasi*-ścianienia recyklatów rur opto-telekomunikacyjnych
- Wodorozcieńczalne farby epoksydowe z samoemulgującym utwardzaczem aminoestrowym