

Dr hab. inż. Przemysław POSTAWA

Zakład Przetwórstwa Polimerów, Politechnika Częstochowska, e-mail: postawa@ipp.pcz.pl

Wpływ rozkładu temperatury formy na przepływ tworzywa w gnieździe formy w fazie wypełniania

Streszczenie. Temperatura formy jest parametrem przetwórstwa, który znacząco wpływa na przepływ tworzywa w formie wtryskowej (traktuje o tym wiele publikacji naukowych). Jednak w rzeczywistych procesach często pole temperatury powierzchni formy jest nierównomierne. Publikacja jest próbą odpowiedzi na pytanie związane z zachowaniem się tworzywa przy wypełnianiu formy wtryskowej o silnie zróżnicowanej temperaturze różnych jej obszarów. Próbom poddano dwa rodzaje tworzyw, które wtryskiwano do formy w taki sposób, że strumień tworzywa wtryskiwany był przez dwie przewęzki zlokalizowane w częściach formy o różnej temperaturze. Innym razem przewęzki zlokalizowano w obszarach gdzie panowała ta sama temperatura. Analizowano różnice w procesie wypełniania gniazda formy.

EFFECT OF TEMPERATURE DISTRIBUTION ON THE MOLD PLASTIC FLOW INTO A CAVITY IN THE FILLING PHASE

Abstract. The mould temperature is factor which has a significant influence on melt polymer flow in the mould cavity during injection molding process (it was described in many different scientific publications). However, in the real processes often proved that the surface temperature of the mold is patchy (not homogenous). The article is an attempt to answer the question concerning the behavior of materials during filling of the mold with a highly diversified at its various areas. The tests were performed with two kind of polymer materials that injected into the mold in such a way that the flow of material injected by two gate was located in different parts of the mold temperature. Another time, the gate was located in areas where there was the same temperature. Differences in the process of filling the mold cavity were analyzed during tests.

Wstęp

Temperatura formy jest jednym z czynników determinujących przepływ tworzywa w fazie wypełniania formy podczas wtryskiwania tworzyw termoplastycznych. Od jej wartości i różnicy w stosunku do temperatury wtryskiwanego tworzywa zależą wszystkie zjawiska związane z przepływem tworzywa w gnieździe oraz właściwości fizyczne otrzymanych wyprasek [1-3, 5, 7, 8, 10]. Oczywiście nie bez znaczenia pozostaje kształt gniazda formy i długość drogi przepływu oraz inne parametry procesu przetwórstwa takie jak szybkość wtrysku czy spadki ciśnienia na drodze przepływu. Charakter przepływu oraz ewentualnych linii łączenia są wypadkową wymienionych czynników. Szeroko te zjawiska zostały opisane w pracach prof. E. Bociągi i dr T. Jarugi [4, 6, 9]. W większości prac zmianę temperatury formy traktowano jako stałą i zmieniano jej wartość podczas kolejnych prób. W warunkach przemysłowych, skomplikowanych narzędzi rzadko kiedy występują proste formy z jednym obiegiem. Dlatego też bardzo często pole temperatury powierzchni formy jest mocno zróżnicowane. Wynika to z kształtu i konstrukcji układów termostatowania jak i faktu, że często stosuje się kilka obwodów niezależnie sterowanych przez urządzenia termostatuujące.

Cel badań

Głównym celem badań była analiza przepływu tworzywa w gnieździe formy, którego powierzchnia została celowo zróżnicowana w taki sposób, że pole temperatury

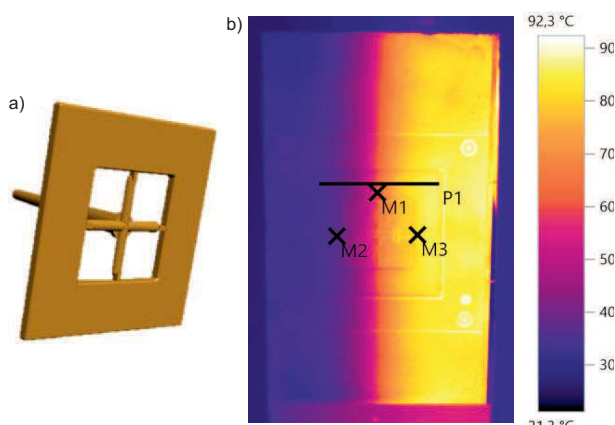
powierzchni formy (zarówno części stemplowej jak i matrycowej) była podzielona na dwa obszary: „gorący” o wysokiej wartości temperatury i „zimny” o niskiej. W tym celu wykorzystano skonstruowaną formę wyposażoną w osiem niezależnych obiegów termostatowania (po 4 dla każdej z części formy). Takie rozwiązanie daje pełną dowolność ustalania pola temperatury i analizę przepływu strumieni a tworzywa wtryskiwanego w poszczególnych obszarach formy.

Próby przeprowadzono z wykorzystaniem wtryskarki hydraulicznej KraussMaffei KM-65-130, układ termostatowania podłączono do rozdzielaczy czterodrogowych (rotametrów) firmy Shini, które podłączono do termostatu wodnego dwuobiegowego firmy Wittmann TEMPRO-2.

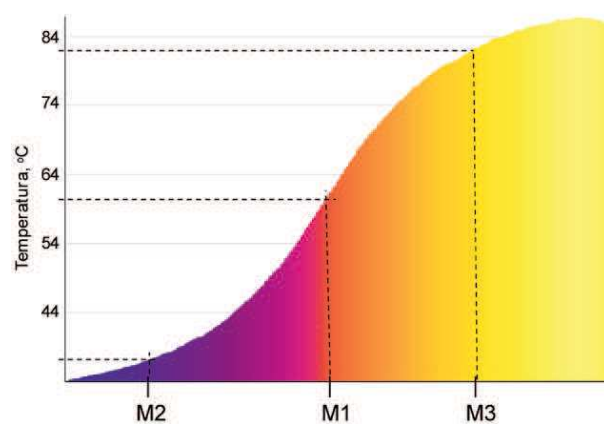
Kształt wyprasek oraz materiał do badań

Do badań wybrano kształt próbki w postaci ramki o wymiarach 80×80 mm i grubości 3 mm (rys. 1a). W celu porównania przepływu tworzyw w dwóch różnych konfiguracjach, zaprojektowano czteropunktowy układ przepływowy ograniczono do dwóch punktów w taki sposób, aby tworzywo było równocześnie wtryskiwane w „zimną” i „gorącą” część formy, a następnie w górną i dolną część, gdzie występuje obszar przejściowy, który przechodzi w zależności od kierunku przepływu w wyższą lub niższą wartość temperatury formy (rys. 1b).

Wartości temperatury w poszczególnych miejscach wtrysku wyznaczono przy pomocy kamery termowizyjnej TESTO 890 na podstawie zdjęć termograficznych. Na



Rys. 1. Schemat wypraski zastosowanej do badań a) oraz temperatura formy w miejscach punktów wtrysku b)



Rys. 2. Histogram zmian temperatury w poprzek gniazda formy wtryskowej (linia P1)

rysunku 2 przedstawiono histogram zmiany temperatury na szerokości wypraski wzdłuż linii P1. Na histogramie zaznaczono punkty temperatury w poszczególnych przewężkach. Wynoszą one odpowiednio: M1 – 61°C, M2 – 37°C, M3 – 82,9°C.

Do prób wykorzystano dwa rodzaje tworzywa:

- polioksymetylen POM Derlin 500P NC010,
- polipropylen PP+20% talku Daplen™ FS65T20 firmy Borealis.

Głównym założeniem badań była obserwacja zachowania się tworzywa podczas płynięcia, dlatego posłużono się metodą „krótkich wtrysków”, które umożliwiają obserwację poszczególnych etapów wypełniania gniazda formy i tworzenia się linii łączenia strumieni. Zrezygnowano z fazy docisku i zmieniano wartość czasu wtrysku obserwując kolejne etapy wypełniania gniazda formy.

Na rysunku 3 przedstawiono wypraski uzyskane podczas wtryskiwania w dwóch różnych konfiguracjach kanałów przepływowych:

- część zimna – gorąca formy (gdzie w punktach wtrysku występują skrajne wartości temperatury 37°C oraz 82,9°C),

- część górna i dolna formy (gdzie w punkcie wtrysku występuje stała wartość temperatury formy 61°C).

Tworzywo wtryskiwane bezpośrednio w obszar „gorący” formy (rys. 3a) wykazuje znacznie szybszy przepływ niż to wtryskiwane w „zimną” częśći formy. W tym obszarze przepływ jest utrudniony przez szybszy odbiór ciepła na skutek dużego gradientu temperatury pomiędzy formą a wtryskiwanym tworzywem.

Przy „zimnej” formie szybki odbiór ciepła powoduje zestalenie się grubszej warstwy tworzywa w pobliżu ścianek formy pozostawiając wąski kanał, którym może dalej przepływać tworzywo. Rosną opory przepływu i spada gwałtownie ciśnienie, które powoduje wolniejszy przepływ. Wolniejszy przepływ z kolei powoduje szybszy odbiór ciepła przez formę i mniejsze rozgrzewanie się tworzywa ścinaniem.

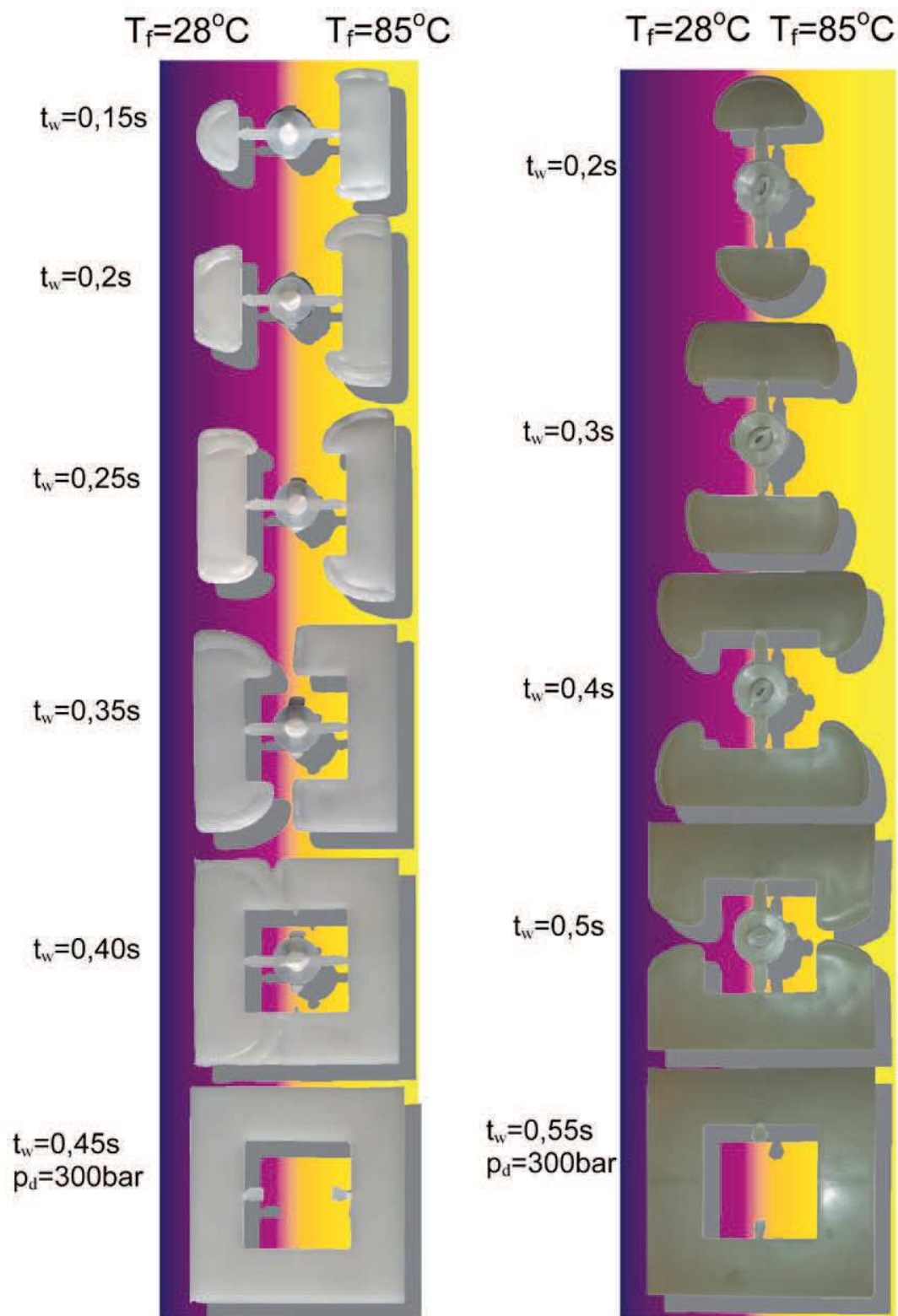
W przypadku gdy punkty wtrysku umieszczone w strefie przejściowej (rys. 3b) pomiędzy częścią „zimną” i „gorącą”, gdzie temperatura jest stała nie obserwuje się znaczących zmian w szybkości przepływu zarówno w początkowej fazie wtrysku jak i pod koniec kiedy front strumienia przemieszcza się do części „zimnej” i „gorącej”. Najprawdopodobniej jest to spowodowane płynnym zwiększaniem lub zmniejszaniem się gradientu temperatury pomiędzy formą a wtryskiwanym tworzywem, odmiennie niż w przypadku gdy tworzywo było wtryskiwane w część formy „gorącą” i „zimną”. Pomimo spadku temperatury na drodze przepływu uformowany na początku płynny rdzeń gwarantuje stabilny i równomierny proces wypełniania.

PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że proces wypełniania gniazda formy zależny jest od wartości temperatury formy, jednak równie ważna jeśli nie najistotniejsza jest temperatura w miejscu przewężki, ponieważ pierwsze chwile formowania się frontu przepływającego tworzywa mają znaczący wpływ na zachowanie się tworzywa podczas wypełniania gniazda formy. Nie bez znaczenie z pewnością jest tutaj również temperatura powietrza panująca w obszarze przewężki, bo to ona może powodować szybki odbiór ciepła od tworzącego się frontu przepływu w gnieździe formy. Przy wtrysku tworzywa w górną część formy wtryskowej, gdzie temperatura formy wynosi około 61°C dalsze rozpyływanie się strumienia tworzywa jest stabilne i symetryczne. Zjawiska opisane w publikacji zaobserwowano dla całej populacji wtryskiwanych próbek każdego z tworzyw.

Przeprowadzone próby są zaskakujące z punktu widzenia teorii przepływów, która wskazuje na duży wpływ temperatury formy na charakter przepływu tworzywa w gnieździe formy. Uzyskanie takich wyników było możliwe dzięki opracowaniu eksperymentalnej formy badawczej o rozbudowanym układzie termostatowania.

Projekt formy i jej funkcjonalność została zastrzeżona poprzez zgłoszenie patentu w Urzędzie Patentowym RP.



Rys. 3. Obrazy kolejnych etapów wypełniania gniazda formy wtryskowej a) wtrysk bezpośrednio w rozgrzaną i ochłodzoną część gniazda (tworzywo POM), b) wtrysk w górną i dolną część obszaru przejściowego gniazda formy (PP+20%MF).

W dalszych publikacjach zostaną przedstawione wyniki badań strukturalnych, fizycznych (dystrybucja gęstości

w poszczególnych obszarach wypraski) wytwarzanych z wykorzystaniem opisanej formy wtryskowej.

Badania realizowano w ramach projektu nr N N508 630740 Narodowego Centrum Nauki.

Literatura

1. Hamdy H., Regnier N., Lebot C., Pujos C., Defaye G., *Applied Thermal Engineering* 29 (2009) 1786–1791
2. Yan C., Nakao C., Go T., Matsumoto K., Hatamura Y., *Microsystem Technologies* 9 (2003) 188–191, Springer-Verlag 2003
3. Postawa P.: Metody termostatowania form wtryskowych. *Przetwórstwo Tworzyw* 4 (136), 2010, s.181-187.
4. Bociąga E., Jaruga T.: Badania mikroskopowe przepływu tworzywa w kanałach 16-gniazdowej formy wtryskowej. *Polimery* 2006, 51, nr 11-12, s. 843-851.
5. Nabiałek J.: Modelowanie zjawisk w procesie wtryskiwania tworzyw. *Tworzywa Sztuczne w Przemśle*, 8, 1/2012, s. 54-56.
6. Bociąga E., Jaruga T.: Visualization of melt flow lines in injection moulding. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* vol. 17., Gliwice 2006, str. 331-334.
7. Postawa P.: Chłodzenie konformalne form wtryskowych. *Chłodzenie Procesów Przemysłowych. Dodatek nr 1, marzec/kwiecień 2012, XV-XX*, w: *Tworzywa Sztuczne w Przemśle*, 9, 2/2012.
8. Narzędzia do przetwórstwa polimerów. Koszkuł J., Caban R., Nabiałek J. CWA Regina Poloniae Częstochowa 2010, stron 139. ISBN 978-83-62244-20-1.
9. Bociąga E., Jaruga T.: Powstawanie obszarów łączenia strumieni tworzywa w wypraskach z wielogniazdowej formy wtryskowej. *Polimery* 2009, 54, nr 9, s. 654-660.
10. Nabiałek J., Kwiatkowski D.: Investigations of the plastics flow during the injection molding process – selected results. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* vol. 17., Gliwice 2006, str. 225-228.