Dariusz Kwiatkowski[1], Jacek Nabiałek[2]
Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, Katedra Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych i Zarządzania Produkcją, al. Armii Krajowej 19c, 42-200 Częstochowa

KOMPUTEROWE SYMULACJE PROCESU WTRYSKIWANIA KOMPOZYTÓW POLIMEROWYCH

Przedstawiono przykładowe wyniki komputerowych symulacji procesu wtryskiwania kompozytów tworzyw sztucznych. Autorzy podjęli próbę wykazania zasadności stosowania zaawansowanych metod komputerowych w modelowaniu procesów przetwórstwa tworzyw sztucznych. Jako program symulacyjny wykorzystano aplikację Moldflow Plastics Insight ver. 4.1, stanowiącą integralną część pakietu oprogramowania EDS I-DEAS NX 11m1. Program ten umożliwił wykonanie szeregu analiz numerycznych, dotyczących procesu wtryskiwania tworzyw sztucznych ze szczególnym uwzględnieniem ich kompozytów. Do symulacji zastosowano kompozyty polipropylenu i poliamidu z włóknem szklanym oraz talkiem. Porównano wyniki symulacji komputerowych wtryskiwania kompozytów o różnym stopniu napełnienia dwoma rodzajami napełniaczy (włókno i proszek). Z konieczności przedstawiono tylko wybrane wyniki badań symulacyjnych. Jako przykładową wypraskę wykorzystano prostopadłościenną belkę z różnego rodzaju karbami w środkowej jej części. Szczególną wagę przywiązano do modelowania zjawisk zachodzących w okolicy karbu. W wyniku przeprowadzonych symulacji komputerowych otrzymano obszerny materiał badawczy, który poddano szczegółowej analizie w celu właściwej jego interpretacji.

Słowa kluczowe: kompozyty, proces wtryskiwania, symulacje komputerowe

THE COMPUTERS SIMULATION OF PLASTIC COMPOSITES IN THE MOULDING INJECTION METHOD

This research displayed result of computer simulations of process the moulding injection of the plastic composites. The authors have undertaken the test of legitimacy proof of advanced computer methods in modeling the processes of plastics. For application simulating programmer was used with Moldflow Plastics Insight ver. 4.1 integral unit of software module the EDS I-DEAS the NX 11m1. This programme has made possible the realization of numeric analyses' relating sequence the process of the moulding injection of plastics from special composite materials. The composite materials of polypropylene and polyamide 6 with glass fiber and powder were used to simulation. The results of computer simulations of moulding injection with composite materials were compared to different filling stages of two kinds of fillers (glass fiber and powder). In necessity only selection results of simulating researches were introduced. As the example moulded piece were used rectangular prism (cubicoid) beam with different kind of notches in the middle of beam.. The special attention was attached significance to effect about notches. In the result of conducted computer simulations was received detailed analysis which was subjected in specific aim for interpretation.

Key words: composites, moulding injection, computers simulation

WSTĘP

Wtryskiwanie tworzyw sztucznych oraz ich kompozytów jest procesem bardzo skomplikowanym. Właściwości wyprasek wtryskiwanych zależą od wielu czynników, z których najważniejsze można podzielić na związane z [1-4]:

- przetwarzanym materiałem (jego składem chemicznym, zastosowanym napełniaczem, granulacją, właści- wościami płynięcia, strukturą, zawartością surowca wtórnego, wilgotnością, jednorodnością i in.),
- wtryskarką (wielkością wtryskarki, stanem technicznym, wyposażeniem dodatkowym),
- formą wtryskową (dokładnością jej wykonania, liczbą i układem gniazd, przebiegiem płaszczyzn podzia-łu, konstrukcją i jakością wykonania układu doprowadzania tworzywa, wymiarami i położeniem przewężek, regulacją temperatury, odpowietrzeniem, sposobem ustalania połówek formy, układem wypychania wypraski, rodzajem materiału formy, stopniem zużycia),
- warunkami wtryskiwania (temperaturą wtryskiwania, temperaturą i ciśnieniem w formie, ciśnieniem docisku, czasem wtryskiwania, docisku i chłodzenia wypraski itd.).

Programy do symulacji wtryskiwania są w użyciu od początku lat osiemdziesiątych. Ich stały rozwój i ewolucja umożliwiły obecnie przeprowadzanie modelowania przepływu tworzywa traktowanego jako zjawisko w pełni trójwymiarowe. Jeszcze nie tak dawno wobec braku innych możliwości symulacje prowadzono z wy-

[1, 2] dr inż.

korzystaniem tzw. powierzchni środkowej, czyli sprowadzano zjawiska zachodzące w gnieździe formującym do zagadnień dwuwymiarowych. W niniejszej pracy przedstawiono przykładowe wyniki badań symulacyjnych dotyczących wtryskiwania kompozytów tworzyw sztucznych przeprowadzonych z wykorzystaniem najbardziej zaawansowanego specjalistycznego oprogramowania komputerowego.

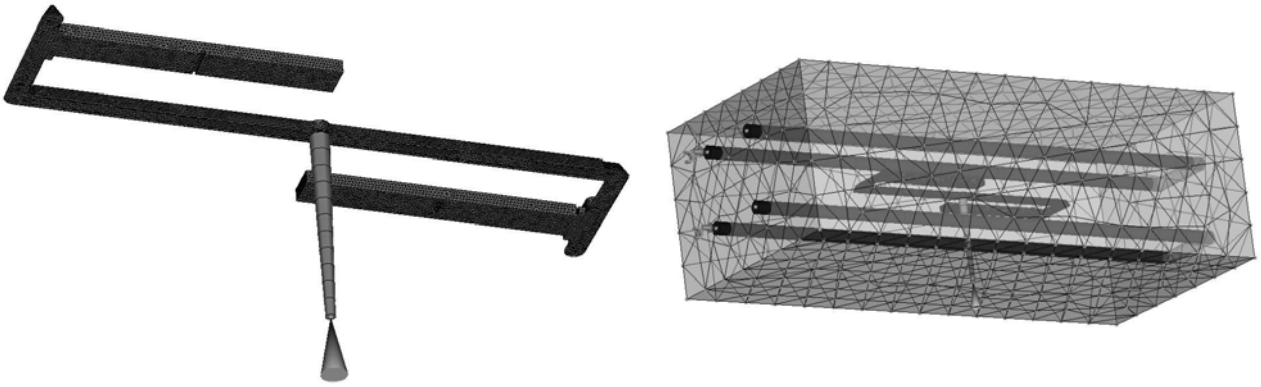
METODYKA I WYNIKI BADAŃ

Do symulacji komputerowych procesu wtryskiwania użyto kompozytów na osnowie dwóch znanych tworzyw termoplastycznych: poliamidu 6 o nazwie firmowej Tarnamid T - 27 produkcji Zakładów Azotowych S.A. w Tarnowie i polipropylenu o nazwie firmowej Malen P J - 400 produkcji Petrochemii Płock S.A. Do wzmocnienia kompozytów poliamidu 6 i polipropylenu zastosowano włókno szklane o symbolu E ze szkła bezalkalicznego boro-glino-krzemowego, o zawartości tlen- ków alkalicznych poniżej 1% oraz talku. Kompozyty poliamidu 6 i polipropylenu zawierały 15 i 25% włókna szklanego oraz talku.

Jako przykładową wypraskę wykorzystano prostopadłościenną belkę o wymiarach 80x10x4 mm (długość, szerokość, grubość). W środkowej części wypraski znajdował się karb poprzeczny prosty bądź eliptyczny o różnych wymiarach (różna głębokość karbu, bądź różna jego krzywizna). W sumie przeprowadzono badania dla sześciu różnych karbów. Badania prowadzono na podstawie sporządzonego programu badań. Program ten został opracowany przy wykorzystaniu pakietu Statistica 6.0. Zakres parametrów wejściowych został tak dobrany, aby jeden i ten sam plan obowiązywał dla wszystkich badanych kompozytów. Uwzględniono w nim zmienność następujących czterech warunków procesu wtryskiwania: ciśnienia docisku, czasu chłodzenia, szybkości wtryskiwania oraz temperatury formy. Do badań wykorzystano dwugniazdową formę wtryskową umożliwiającą wykonanie dwóch wyprasek o różnym kształcie karbu.

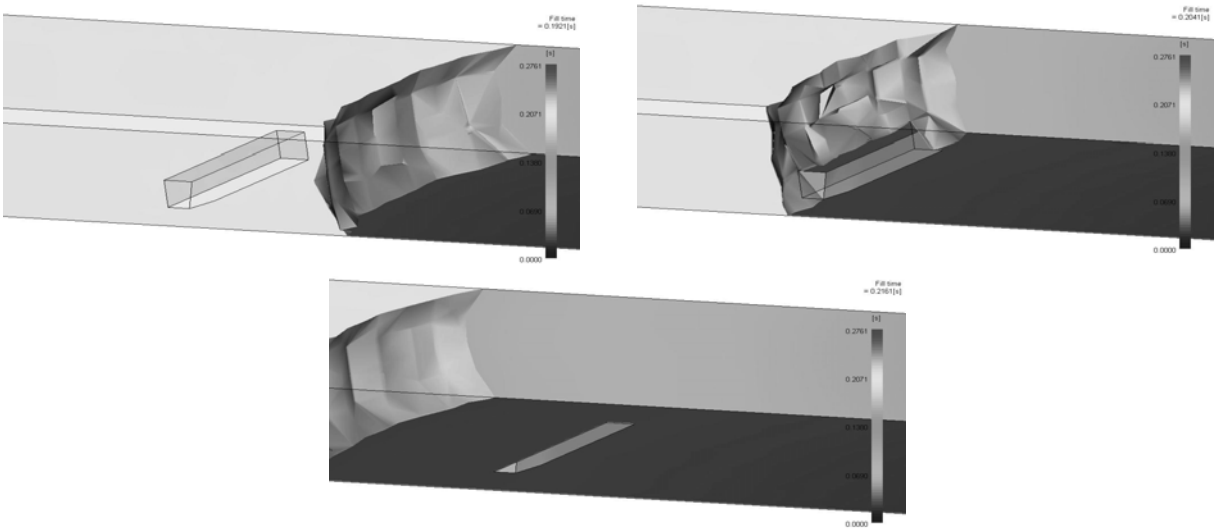
Badania symulacyjne obejmowały następujące etapy: przygotowanie przestrzennego modelu wypraski, import modelu do programu symulacyjnego, wygenerowanie siatki MES (metoda elementów skończonych) typu 3D, wprowadzenie warunków początkowych i brzegowych, przeprowadzenie obliczeń numerycznych oraz interpretacje wyników symulacji. Przestrzenny model wypraski został wykonany w module Master Modeler Pakietu I-DEAS NX. Model ten uwzględniał dwugniazdową konstrukcję formy wtryskowej, układ wlewowy oraz sposób dystrybucji tworzywa w formie. Model ten zapisano w formacie STL, co umożliwiło import do programu symulacyjnego. W programie tym wygenerowano stosowną siatkę MES złożoną z elementów tetrahedralnych. Następnie wprowadzono do programu warun-ki chłodzenia wypraski (kształt i położenie kanałów chłodzących oraz właściwości czynnika chłodzącego, którym była woda). Kolejnym krokiem było modelowanie kształtu geometrycznego formy wtryskowej i rozpięcie na nim stosownej siatki MES. Kluczowym momentem w badaniach symulacyjnych było wprowadzenie do symulatora danych opisujących właściwości przetwarzanego kompozytu. Dane te obejmowały właściwości (cieplne, reologiczne, mechaniczne itp.) przetwarzanego tworzywa oraz zastosowanego napełniacza. Kolejnym krokiem było wprowadzenie do programu symulacyjnego (Moldflow Plastisc Insight ver. 4.1) warunków procesu wtryskiwania. Stosowano się tutaj do programu badań.

Należy podkreślić szczególną czasochłonność przeprowadzonych badań symulacyjnych. Pojedyncza analiza pochłaniała ok. 10 h pracy bardzo wydajnego komputera klasy PC. Wykonano kilkadziesiąt takich analiz. Na rysunku 1 zaprezentowano wygląd modelu MES wypraski wraz z układem wlewowym oraz model z kanałami chłodzącymi i bryłą formy wtryskowej. Na rysunku 2 przedstawiono przykładowe wyniki symulacji 3D przepływu tworzywa w okolicy karbu. Na rysunku 3 pokazano przykładowe wyniki analizy odkształceń poprzetwórczych kompozytu polipropylenu z włóknem szklanym.



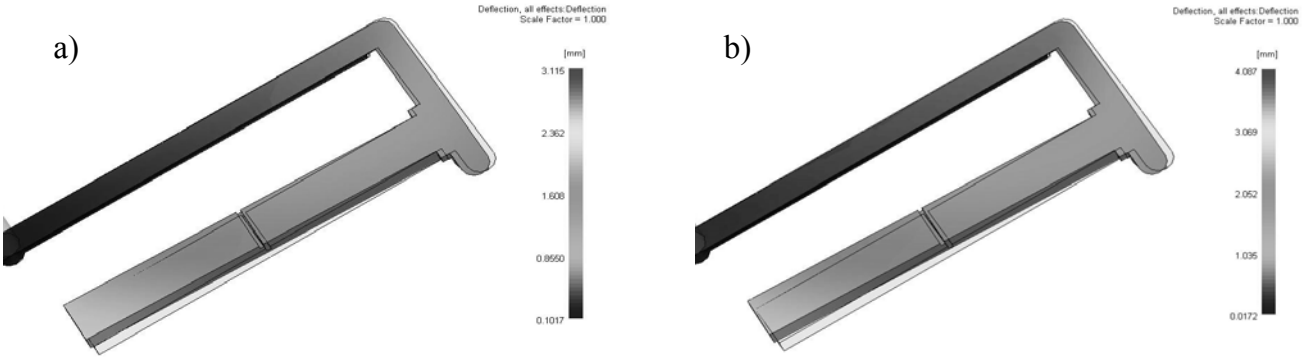
Rys. 1. Model MES wypraski i formy wtryskowej

Fig. 1. Model MES moulded piece and injection mould



Rys. 2. Przepływ badanego kompozytu w okolicy karbu

Fig. 2. Flow examination composite near notch



Rys. 3. Wybrane wyniki symulacji odkształceń poprzetwórczych kompozytu polipropylenu z włóknem szklanym: a) 15%, b) 25%

Fig. 3. Chosen effect computers simulation processing deformation of polypropylene composites with glass fibre: a) 15%, b) 25%

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Po przeprowadzeniu symulacji komputerowych procesu wtryskiwania wybranych kompozytów tworzyw sztucznych sformułowano następujące wnioski:

- komputerowe programy symulacyjne umożliwiają przeprowadzenie rzetelnych obliczeń numerycznych pod warunkiem, iż dysponuje się kompletem wyników badań właściwości przetwarzanego tworzywa bądź jego kompozytu,
- wyniki badań symulacyjnych wymagają właściwej interpretacji wykonanej przez osobę, posiadającą dostateczną wiedzę w zakresie właściwości przetwarzanego kompozytu oraz procesu modelowanego przetwórstwa,
- algorytmy stosowane w programach symulacyjnych, mimo swego stopnia zaawansowania, wykorzystują duże uproszczenia, które mogą prowadzić do zasadniczych błędów w interpretacji wyników obliczeń przez osoby nieposiadające stosownej wiedzy w za-kresie rozpatrywanego zagadnienia.

Wykorzystane i zaprezentowane w pracy wyniki badań możliwe były do uzyskania dzięki funduszom przyznanym przez KBN w ramach projektów badawczych 4 T08E03223 oraz 4 T08E03124.

LITERATURA

[1] Zawistowski H., Frenkler D., Konstrukcja form wtryskowych do tworzyw termoplastycznych, WNT, Warszawa 1984.

[2] TS-1. Podstawy konstrukcji nowoczesnych form wtryskowych, praca zbiorowa, PLASTECH, Warszawa 1992.

[3] Sikora R., Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych, Wydaw. Edukacyjne, Warszawa 1993.

[4] Smorawiński A., Technologia wtrysku, WNT, Warszawa 1989.

Recenzent
Izabella Hyla