

WOJCIECH ŚLIWA
JOACHIM ZIMNIAK
ADAM BUDZYŃSKI
MICHAŁ BACHAN
GRZEGORZ KAZIMIERCZAK

Wydział Mechaniczny, Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz
GM System, Wrocław

Badania odkształceń wyprasek wtryskowych typu C

Streszczenie: Odkształcenia wyprasek wtryskowych, ich dokładność kształtów i wymiarów zależą od wielu czynników, w tym od konstrukcji wyprasek, konstrukcji form wtryskowych, parametrów technologicznych wtryskiwania i rodzaju przetwarzanego tworzywa. W pracy przedstawiono niektóre z powyższych zależności oraz symulację procesu wtryskiwania.

Słowa kluczowe: skurcz przetwórczy, odkształcenia wyprasek, parametry technologiczne, symulacja numeryczna wtryskiwania

Research injected parts deformation type C

Summary: Injected part deformations, their shape and dimensions accuracy depend on many factors, including plastic parts geometry, injection mold design, injection process technology parameters and the material kind. The paper presents chosen of aforementioned dependencies. Additionally the numerical simulation of plastic part injection process has been described and illustrated with MCAD UGS Solid Edge V17 and CAE Moldflow Plastic Advisers 7.0 software.

Key words: injection mold, process shrink, injected part deformation, numerical simulation

Wstęp

Dokładność wymiarową wyprasek wtryskowych kształtuje się na poszczególnych etapach ich wytwarzania. Ważne więc staje się poznanie odkształceń powstających na tych etapach. Odkształcenia wyprasek, ich dokładność kształtów i wymiarów zależą od wielu czynników, w tym od konstrukcji wyprasek, konstrukcji form wtryskowych, parametrów technologicznych wtryskiwania i rodzaju przetwarzanego tworzywa. Do czynników tych zalicza się głównie geometrię wypraski i gniazda, rodzaj i miejsce wlewu oraz układ chłodzenia, a ich wpływ zależy od doświadczenia projektanta wypraski i formy. Ułatwieniem są tutaj techniki symulacji, których zastosowanie staje się niekiedy koniecznością. Są one znacznie tańsze od prób warsztatowych. Wymiary nominalne gniazda przyjmuje się na podstawie konstrukcyjnych wymiarów wypraski z uwzględnieniem najbardziej prawdopodobnej

wartości skurczu, którego dokładne określenie jest często trudne, ponieważ zależy od struktury tworzywa, gęstości, orientacji cząsteczek i napelniaczy oraz od temperatury i ciśnienia tworzywa w formie [1,3,4].

Zanika dawniej obowiązujący podział na wypraski codziennego użytku, które charakteryzowały się wysoką jakością wizualną i typowo techniczne mające wysoką wytrzymałość, dokładność wymiarową itp. Granica pomiędzy tymi dwoma grupami szybko zanika. Obecnie zamawiający formę wtryskową żąda, aby elementy otrzymywane z narzędzia miały zarówno wysoką jakość wizualną jak i cechy charakteryzujące wypraski techniczne. Element taki powinien mieć jak najmniejsze deformacje, wypaczenia itd. Konstruowanie profesjonalnej formy wymaga dużego doświadczenia. Niestety na tak wysokim etapie rozwoju poleganie tylko i wyłącznie na samym doświadczeniu konstruktora jest często niewystarczające. Dlatego proces konstruowania formy powinien być poprzedzony i wspomagany metodami numerycznymi, które w odpowiednim przybliżeniu starają się symulować rzeczywistość. Konstruktor wyposażony w dodatkowe silne wsparcie ze strony narzędzi numerycznych może łatwo wyeliminować późniejsze problemy, które są drogie do usunięcia w kolejnych etapach. Szczegółowe analizy dają szerokie rozeznanie, pomagają w uniknięciu kosztownych poprawek [2].

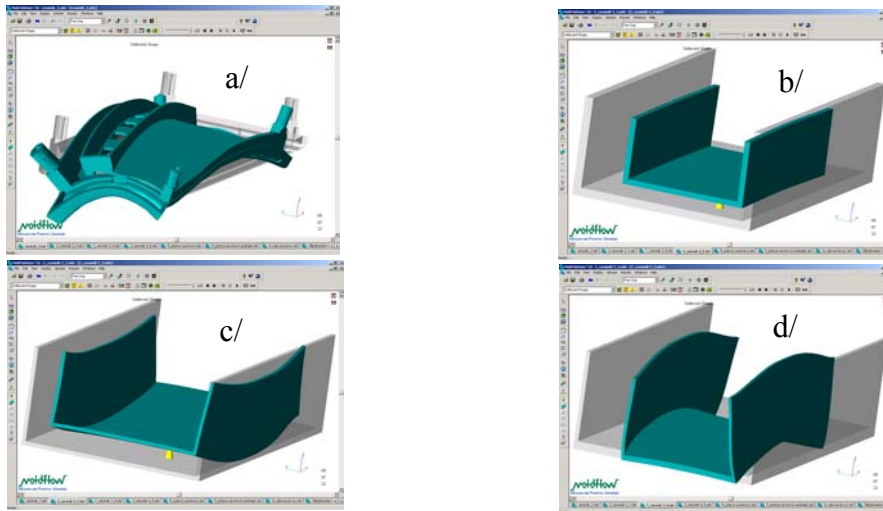
Największy udział w całkowitej deformacji wypraski ma jej podstawa, na której jest budowana. Dokładne zbadanie tendencji do deformowania podstawy jest pierwszym krokiem do osiągnięcia zminimalizowanych odkształceń. Minimalizacja deformacji jest szczególnie ważna dla przedmiotów, które muszą współpracować z innymi elementami urządzenia i być dokładnie do nich dopasowanymi. Są to przykładowo przedstawione na rys.1. obudowy, korpusy, uchwyty.



Rys.1. Przykłady wyprasek mających korpus ceowy

Analiza odkształceń wyprasek o dominującym kształcie ceowym

W pracy zawarto rozważania na temat deformacji wyprasek typu ceownik z polipropylenu. Jest to tworzywo krystaliczne powszechnie stosowane na wyroby codziennego użytku. Duży stopień krystaliczności powoduje problemy z osiągnięciem żądanych



Rys. 2. Odształcenia wypraski rzeczywistej a/ i jej modelu uproszczonego b/ o dużej grubości ścianki, c/ o małej grubości ścianki oraz d/ zróżnicowanych grubości dna i ścianek bocznych

wymiarów. Wybrana geometria składa się z ceowego korpusu, który w dalszej kolejności jest uzupełniany innymi elementami – rys.2.

Numeryczny zapis docelowej geometrii produktu wygenerowano w systemie 3D MCAD UGS Solid Edge V17, a następnie za pośrednictwem formatu *.stl wyeksportowano do aplikacji CAE MPA Moldflow 7.0, w której wykorzystuje się Metodę Elementów Skończonych.

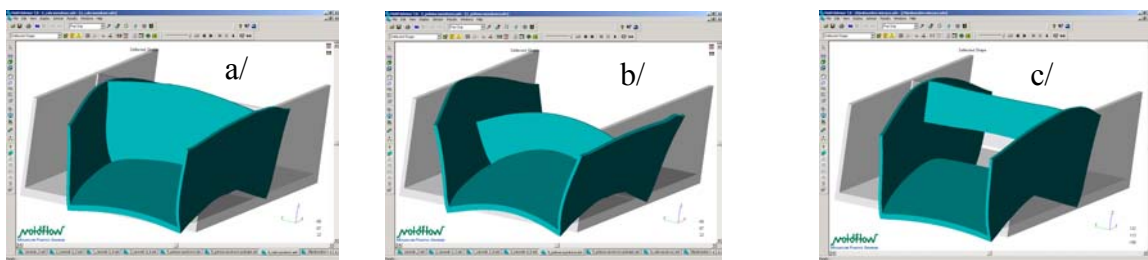
W przypadku tworzyw krystalicznych duży wpływ na przebieg procesu zestalania się tworzywa mają spadki ciśnień, które zależą od grubości ścianki. Przy ściance o większej grubości jak przedstawiono na rys.2b odształcenia skurczowe są równomierne bez wypaczeń, przepływ jest stabilniejszy, występuje niska anizotropia skurczu. Docisk jest bardziej skuteczny ze względu na to, iż rdzeń pozostaje dłużej płynny.

Stosowanie wyprasek o dużej grubości ścianki prowadzi jednak do zwiększenia jej masy, czasu trwania cyklu wtryskiwania i w efekcie do wzrostu kosztu przedmiotu. Dlatego dąży się do minimalizowania grubości wyprasek. Odrębnym problemem jest przetwórstwo tworzyw kompozytowych w ramach ich recyklingu. Tutaj pogrubianie ścianek wyprasek jest często korzystne, a nawet konieczne.

Symulację odształceń wyprasek o małej grubości ścianki pokazano na rys.2c i rys.2d. Zmniejszenie grubości ścianki powoduje zmianę deformacji wypraski wywołaną w dużej mierze większymi spadkami ciśnienia. Deformacje są większe i praktycznie niemożliwe do przewidzenia bez wspomaganie numerycznego. Wypraska o zwiększonej grubości dna rys.2d.

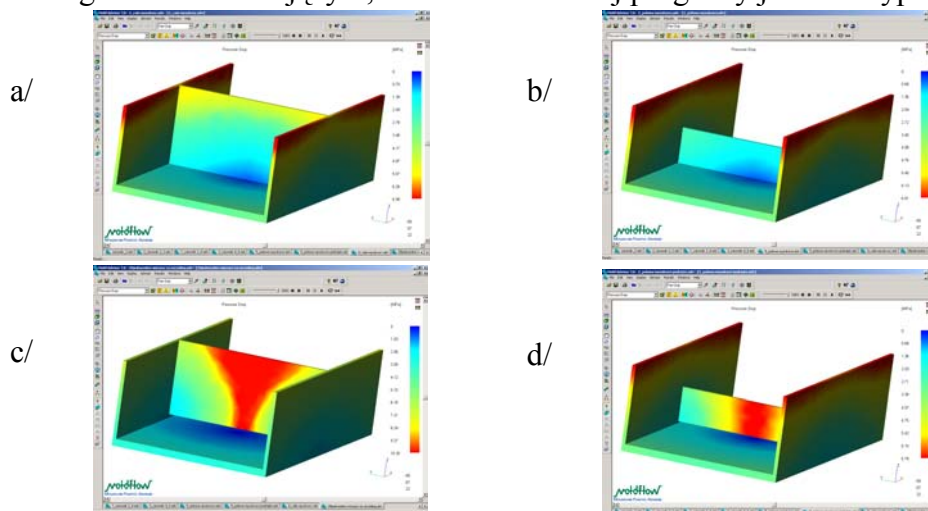
również wykazuje duże deformacje, lecz ich kierunek się jest przeciwny do sytuacji przedstawionej na rys.2c. Wykorzystując oba te zjawiska, można uzyskać optymalną kombinację grubości ścianek, dla której odkształcenia są minimalne. Odpowiednio zoptymalizowana wypraska nie powinna stwarzać problemów w późniejszym przetwórstwie, czy montażu.

Kolejnymi, częstymi i ważnymi elementami wyprasek, które wpływają na odkształcenia są żebra usztywniające. Ich geometria i miejsce usytuowania nie mogą być przypadkowe - rys.3.



Rys. 3. Odkształcenia modeli ceowych z różnymi uezebrowaniami: a/ wysokim, b/ niskim, c/ niskim oddzielonym od dna

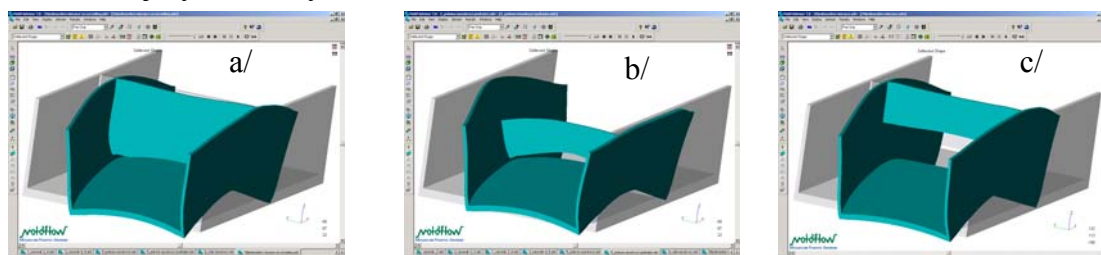
Dzięki pracy w systemie Moldflow możliwe jest zoptymalizowanie wybranych warunków brzegowych analizy, w tym: temperatury uplastycznienia tworzywa, temperatury formy i ciśnienia wtrysku, a także lokalizacji punktu wtrysku. Po przeprowadzeniu analizy z zastosowaniem optymalnych wartości parametrów procesu, uzyskano wyniki rozkładów: temperatury lokalnej, spadku ciśnienia tworzywa, czasu wypełnienia oraz kierunków rozplywu materiału w gnieździe formującym, a także ostatecznej prognozy jakości wypraski.



Rys.4. Spadki ciśnien tworzywa w modelach z różnymi uezebrowaniami a/ wysokim, b/ niskim, c/ wysokim oddzielonym od dna, d/ niskim oddzielonym od dna

Analizując wyniki symulacji MES procesu wtryskiwania danych modeli ze szczególnym uwzględnieniem skurczu wytworu, stwierdzono, że największy wpływ na deformację ma ciśnienie i temperatura tworzywa w formie – rys.4.

Geometrię MCAD zmodyfikowano poprzez podniesienie żebra lub żeber („odklejenie” od dna) zlokalizowanych w płaszczyźnie symetrii przedmiotu, po czym powtórzono obliczenia. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, iż po korekcji geometrii zjawisko skurczu znacznie zmniejszyło się – rys. 5.



Rys. 5. Odształcenia modeli ceowych z uźebrowaniami oddzielonymi od dna wypraski

Wnioski

Przeprowadzono szereg obliczeń MES, na podstawie których otrzymano dane umożliwiające prognozowanie odształceń wyprasek wtryskowych typu C. Przeprowadzono dyskusję na temat wpływu założonego kształtu modelu 3D na rodzaj technologicznego skurczu wypraski. Stwierdzono, że w wyniku zaproponowanych modyfikacji geometrii zjawisko skurczu zmienia swój charakter, a odształcenia wypraski mogą, w porównaniu z modelem pierwotnym dać oczekiwane, pozytywne efekty. Nakreślono kierunek dalszych badań naukowych Autorów, który polegać będzie na oszacowaniu wpływu różnych elementów geometrycznych na technologiczność i funkcjonalność wyprasek wtryskowych.

Literatura

- [1] Śliwa W., Budzyński A., Bieniaszewski W., Dziadosz K.: Odształcenia wyprasek wtryskowych z tworzyw kompozytowych. Inżynieria i Aparatura Chemiczna. Nr 3. 2005.
- [2] Śliwa W., Bachan M., Kazimierczak G.: Analiza numeryczna MES procesu wytwarzania wypraski z uwzględnieniem przetwórczych odształceń skurczowych, jako przykład wymiany danych między UGS SOLID EDGE v17, a wybraną aplikacją CAE. Mechanik. Nr 11. 2005.
- [3] Zawistowski H.: Nowoczesne formy wtryskowe. Problemy konstrukcji i użytkowania, Plastech Warszawa 2001.
- [4] Sikora R.: Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych, Wydawnictwa Edukacyjne Zofii Dobkowskiej, Warszawa 1993.