

Krzysztof Bryła

Oprogramowanie inżynierskie CAD/CAM w projektowaniu i wytwarzaniu formy wtryskowej

Oprogramowanie inżynierskie odgrywa ważną rolę w obszarze techniki i jest nierozłączną częścią procesu projektowania i wytwarzania. Inżynier ma do dyspozycji wiele systemów wspomagających wszystkie fazy rozwoju wyrobu: począwszy od koncepcji, przez konstrukcję i technologię, normowanie prac i zapotrzebowania materiałowego, planowanie i generowanie programów na maszyny sterowane numerycznie, aż do sterowania procesami wytwarzania, eksploatacją, serwisem, na zarządzaniu przedsiębiorstwem skończywszy.

Tematyka związana z projektowaniem form wtryskowych z wykorzystaniem aplikacji inżynierskich nabiera coraz większego znaczenia ze względu na stale rosnący popyt na produkty wysokojakościowe wytwarzane w krótkim czasie oraz szybkie reagowanie na potrzeby rynku, ale przede wszystkim ze względu na oszczędność czasu i nakładów finansowych.

Niniejszy artykuł dotyczy wykorzystania oprogramowania inżynierskiego do modelowania komputerowego matryc form wtryskowych, programowania obróbki ubytkowej matryc za pomocą obrabiarki sterowanej numerycznie oraz symulacji procesu wtrysku tworzywa sztucznego do form wtryskowych.

Projekt matrycy i stempla formy wtryskowej obudowy wkrętarki

Wykonanie trójwymiarowego modelu matrycy i stempla

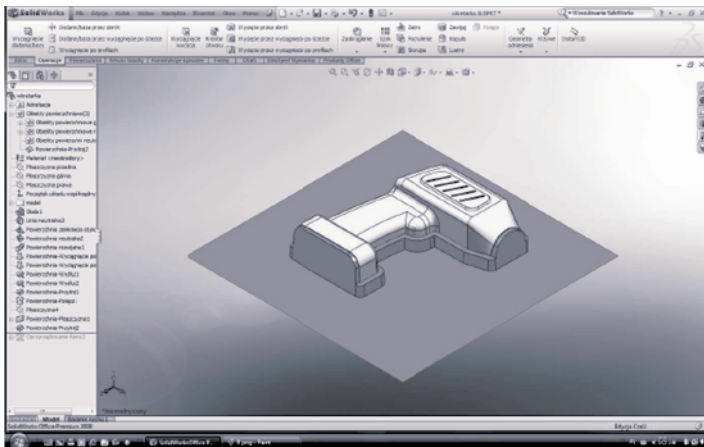
Nowoczesny sposób projektowania matrycy i stempla formy wtryskowej rozpoczyna się od wykonania wirtualnego modelu elementu, który ma zostać wytworzony poprzez wtrysk tworzywa sztucznego do formy, w tym wypadku – obudowy wkrętarki. Model został wykonany za pomocą nowoczesnego parametrycznego oprogramowania SolidWorks, służącego do projektowania w przestrzeni trójwymiarowej [1]. Cyfrowy prototyp 3D obudowy wkrętarki przedstawiono na rysunku 1.

Również za pomocą aplikacji SolidWorks został wykonany projekt formy wtryskowej obudowy wkrętarki, ponieważ program posiada zespół specjalnych narzędzi przyspieszających prace związane z powstawaniem modelu formy wtryskowej [2]. W procesie jej modelowania wykorzystane zostały następujące operacje:



Rys. 1. Model obudowy wkrętarki wykonany za pomocą aplikacji SolidWorks

- *Linie neutralne*, leżące wzdłuż krawędzi części formy pomiędzy powierzchniami rdzenia i gniazda, są stosowane do tworzenia powierzchni neutralnych i oddzielania powierzchni. Przy skalowaniu modelu uwzględnia się również skurcz tworzywa.
- *Powierzchnia zamknięcia stykowego* służy do zamykania otworów przelotowych. Powierzchnia zamknięcia stykowego zamyka otwory przelotowe poprzez utworzenie łaty powierzchni wzdłuż krawędzi formujących zamkniętą pętlę oraz linii neutralnej. Narzędzie pozwala na utworzenie dwóch części narzędzia.
- *Powierzchnie neutralne* są używane do oddzielenia rdzenia formy od jej gniazda. Podczas tworzenia powierzchni neutralnej oprogramowanie automatycznie tworzy folder *Obiekty powierzchni neutralnej* i wypełnia go odpowiednią powierzchnią (rys. 2).

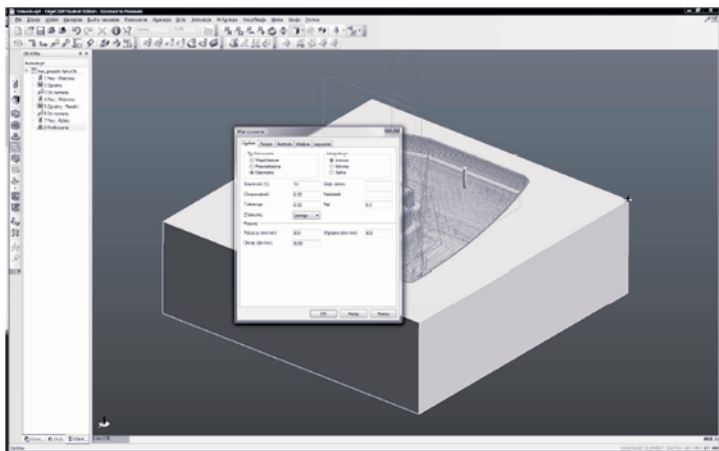


Rys. 2. Powierzchnia neutralna oddzielająca matrycę od stempla

współrzędnych dla obrabianego przedmiotu. Zero przedmiotu obrabianego jest punktem, względem którego będzie generowany kod NC na określony system sterowania obrabiarką numeryczną. Po wykonaniu wszystkich niezbędnych czynności wstępnych można rozpocząć programowanie procesu obróbki frezarskiej.

Pierwszym cyklem obróbki, jaki należy wykonać, jest *Planowanie*, które służy do zebrania naddatku z powierzchni czołowej półfabrykatu. Przy każdym cyklu obróbki należy dokonać wyboru odpowiedniego narzędzia, zdefiniować parametry obróbki oraz wskazać profil do obróbki, co wymaga od użytkownika programu dużej wiedzy z zakresu obróbki ubytkowej. Efektem końcowym jest wygenerowanie ścieżki ruchu narzędzia po powierzchni półfabrykatu w obrębie wskazanego profilu. Podobnie przebiega kolejno: cykl *Zgrubny*, mający na celu usunięcie jak największej ilości materiału i cykl *Profilowanie* (obróbka wykańczająca), zapewniający odpowiednią jakość powierzchni matrycy i stempla.

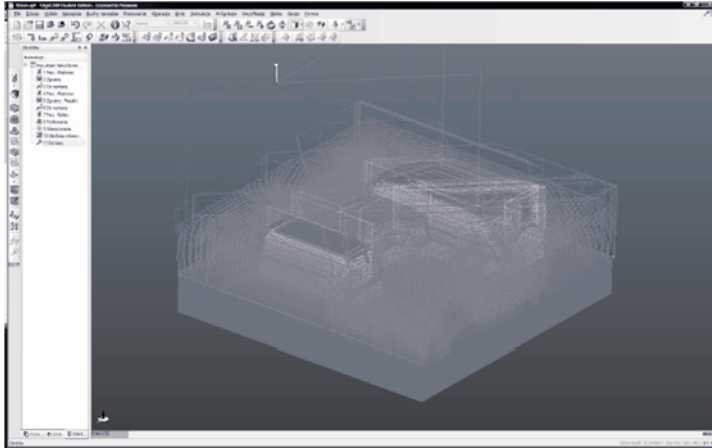
Aby otrzymać najlepszą jakość powierzchni o małych, zmieniających się krzywiznach w osi Z wykorzystuje się cykl *Wierszowanie* (rys. 4). Generuje on ścieżki równoległe względem siebie, kontrolowane pod względem szerokości skrawania, kierunku ścieżki, chropowatości i rozpoznawania typu obrabianych powierzchni.



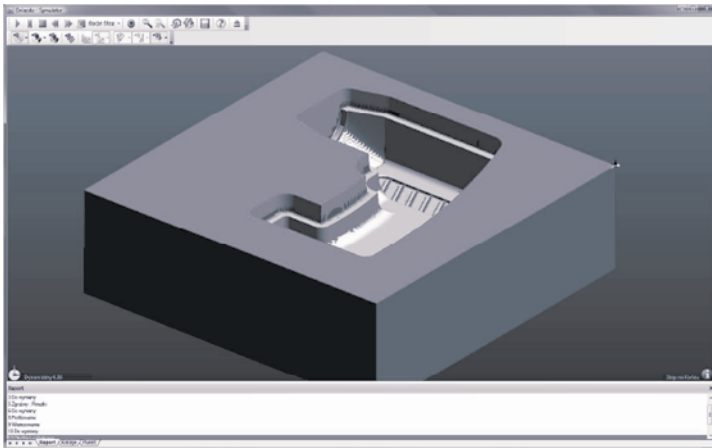
Rys. 4. Cykl *Wierszowanie* matrycy formy wtryskowej

Ostatnim etapem jest *Obróbka ołówkowa* matrycy i stempla, której zadaniem jest generowanie pojedynczych ścieżek lub kilku ścieżek wokół ścieżki centralnej. Ścieżki ruchu narzędzi podczas obróbki frezarskiej stempla formy wtryskowej zostały przedstawione na rysunku 5.

Po zakończeniu programowania procesu obróbki frezarskiej matrycy i stempla należy zweryfikować poprawność programu za pomocą trójwymiarowej wizualizacji procesu obróbki (rys. 6). Symulacja obróbki pozwala na wykrycie ewentualnych błędów lub kolizji. Jeśli program obróbki nie zawiera błędów, można wygenerować kod NC na obrabiarkę sterowaną numerycznie i wykonać fizyczne modele matrycy i stempla formy wtryskowej.



Rys. 5. Ścieżki ruchu narzędzi podczas obróbki stempła formy wtryskowej



Rys. 6. Symulacja procesu wytwarzania matrycy formy wtryskowej

Symulacja procesu wtrysku tworzyw sztucznych do formy wtryskowej oparta na module MoldflowXpress

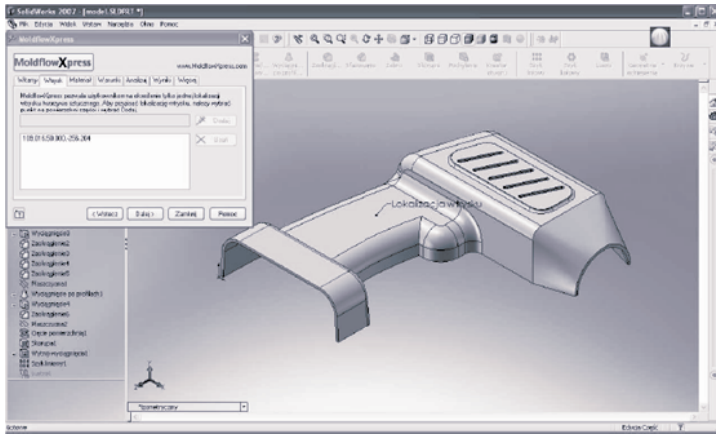
Moduł MoldflowXpress aplikacji inżynierskiej SolidWorks jest podstawowym narzędziem służącym do symulacji wypełniania formy tworzywem sztucznym, które przewiduje poprawność odwzorowania części [4]. Wyniki symulacji są generowane na podstawie: geometrii części, lokalizacji wtrysku tworzywa sztucznego, typu tworzywa sztucznego (użytkownicy mogą wybrać z ponad 20 uniwersalnych typów tworzyw sztucznych), warunków przetwarzania (temperatura topienia, temperatura formy i czas wtrysku).

MoldflowXpress pozwala projektantom części z tworzyw sztucznych na:

- zminimalizowanie grubości ścianek części,
- ustalenie najlepszej lokalizacji wtrysku,
- zredukowanie długości trwania cyklu opracowywania produktu,

- optymalizację projektów części z tworzywa sztucznego tworzonych w formach wtryskowych do celów produkcji.

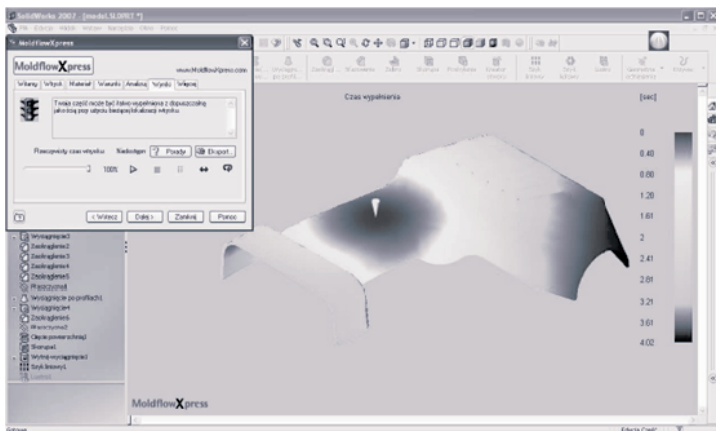
Forma obudowy wkrętarki została wypełniona tworzywem sztucznym przez wtrysk kanałem pokazanym na modelu (rys. 7).



Rys. 7. Lokalizacja wtrysku obudowy wkrętarki

Po wyborze lokalizacji wtrysku należy dobrać materiał, który zostanie wtryskiwany do formy. W tym przypadku wybrano PMMA (polimetakrylan metylu), który jest sztywnym, transparentnym materiałem termoplastycznym. Naturalnie bezbarwny, o wyjątkowej przezroczystości, o doskonałej odporności na promieniowanie UV i warunki zewnętrzne, może być barwiony w celu uzyskania szerokiego zakresu odcieni i kolorów.

Po zaakceptowaniu wartości temperatury formy i topnienia tworzywa sztucznego kolej na przeprowadzenie analizy, dzięki której projektant może na modelu zobaczyć sposób wypełnienia próbki przez tworzywo sztuczne (rys. 8).



Rys. 8. Analiza wypełnienia tworzywem sztucznym formy wtryskowej obudowy wkrętarki za pomocą MoldflowXpress

Dzięki przeprowadzonej analizie wypełniania formy wtryskowej można sprawdzić czy forma zostanie w pełni wypełniona. Jednocześnie za pomocą kolorowej wizualizacji można określić czas wypełnienia formy wtryskowej w sekundach. Czas całkowity wypełniania polimetakrylanem winylu formy wtryskowej zaprojektowanej obudowy wkrętarki wynosi 4,02 sekundy.

Informacje pozyskane w wyniku przeprowadzonej symulacji mogą posłużyć projektantowi do zoptymalizowania procesu wtrysku tworzywa sztucznego do form wtryskowych, m.in. poprzez wybór odpowiedniego tworzywa, zwiększenie temperatury formy wtryskowej czy zmianę lokalizacji wtrysku. Uproszczona wersja modułu programu SolidWorks pozwala na symulację procesu wtryskiwania z wykorzystaniem jednego kanału wlewowego, co ogranicza cały proces. Wersja przemysłowa (MoldFlow) pozwala na określenie większej ilości parametrów procesu wtrysku, niemniej jednak przedstawiona symulacja wtrysku tworzyw sztucznych do formy daje wyobrażenie o samym procesie oraz jego podstawowych parametrach.

Podsumowanie

Oprogramowanie inżynierskie w istotny sposób przyspiesza proces powstawania projektu w każdej fazie zaawansowania – od koncepcji po planowanie i programowanie procesów wytwórczych.

W niniejszym artykule został przedstawiony proces projektowania formy wtryskowej obudowy wkrętarki, od powstania ich wirtualnych modeli z wykorzystaniem programu SolidWorks do programowania obróbki frezarskiej CNC z wykorzystaniem aplikacji EdgeCAM. Przeprowadzono również proces symulacji wtrysku polimetakrylanu metylu do formy wtryskowej z wykorzystaniem modułu MoldflowXpress.

Modelowanie komputerowe formy wtryskowej, zaprojektowanie obróbki ubytkowej oraz wykonanie symulacji wtrysku tworzywa sztucznego do form wtryskowych wymaga od projektanta umiejętności posługiwania się narzędziami komputerowego oprogramowania inżynierskiego, m.in. znajomości narzędzi służących do modelowania bryłowego, ale przede wszystkim wiedzy technologicznej z zakresu obróbki sterowanej numerycznie oraz procesu wtrysku tworzyw sztucznych.

Literatura

- [1] Babiuch M., *SolidWorks 2009PL. Ćwiczenia*, Wydawnictwo Helion, Gliwice 2009
- [2] SolidWorks Dassault Systemes Corporation, *Mold Design Using SolidWorks 2010*, SolidWorks 2010
- [3] Augustyn K., *EdgeCAM. Komputerowe wspomaganie wytwarzania*, Wydawnictwo Helion, Gliwice 2007
- [4] http://www.solidexpert.com/i_ofe_mfx.html

CAD/CAM software for injection mould design and manufacturing

Abstract

The computer aided engineering software has become a key technology in the design process for many industries. CAD/CAM software have been also available to injection mould designers.

In the paper, design and manufacture of plastic injection mould tools aided by SolidWorks and EdgeCAM has been presented. The simulation of the injection process was carried out using MoldflowXpress.

Keywords: CAD/CAM software, SolidWorks, EdgeCAM, plastic injection mould design

Krzysztof Bryła
Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie
Instytut Techniki
ul. Podchorążych 2
30-084 Kraków