

## Biblioteki numeryczne normaliów FCPK Bytów stosowanych podczas wspomaganego komputerowo konstruowania form wtryskowych, do systemów 3D MCAD UGS Unigraphics NX oraz UGS Solid Edge

Jedną z najbardziej dochodowych i najszybciej rozwijających się gałęzi gospodarki jest przetwórstwo materiałów polimerowych. Na świecie wytwarza się duże ilości elementów polimerowych, stosowanych w wielu różnych branżach przemysłowych [4].

Na podstawie analizy rynku uważa się, że znaczna część produktów polimerowych wytwarzana jest metodą wtrysku [3]. Do głównych wymagań stawianych odpowiednim narzędziom kształującym (formom wtryskowym) należą m.in. zdolność do długotrwałej eksploatacji oraz niezawodność. Cele te można osiągnąć przede wszystkim poprzez konstruowanie i wytwarzanie drogich form wtryskowych z możliwie dużą dokładnością. Aby zmniejszyć koszty związane z konstruowaniem i wytwarzaniem form, a więc skrócić czas zwrotu nakładów finansowych, stosuje się powszechnie znormalizowane elementy typowe narzędzi, m.in.: płyty, słupy prowadzące, pierścienie centrujące, dysze wtryskowe oraz wypychacze [1]. Są one dostarczane przez wyspecjalizowanych producentów, m.in.: HASCO, DME, Futaba, Strack.

We współczesnej branży narzędziowej stosuje się powszechnie narzędzia numeryczne, w tym systemy 3D MCAD (ang. *Mechanical Computer-Aided Design*) do komputerowego wspomaganie procesu projektowania i konstruowania [2]. Zaawansowane aplikacje 3D (*high-end* oraz *mid-range*) są wyposażone w specjalizowane moduły, służące do wspomaganie konstruowania form wtryskowych, w których producenci oprogramowania wprowadzili biblioteki specjalistycznych normaliów.

Według niezależnych firm konsultingowych [7], jednym z najnowocześniejszych na świecie systemów *high-end*

jest **UGS Unigraphics NX**, którego odpowiednim modulem jest *Mold Wizard*, natomiast w segmencie *mid-range* dominuje *UGS Solid Edge*, wyposażony w moduł *Mold Tooling*. W tych aplikacjach zawarto rozbudowane biblioteki najpopularniejszych na świecie normaliów. Przykład projektu MCAD formy wykonanego w *NX Mold Wizard* przedstawiono na rys. 1.

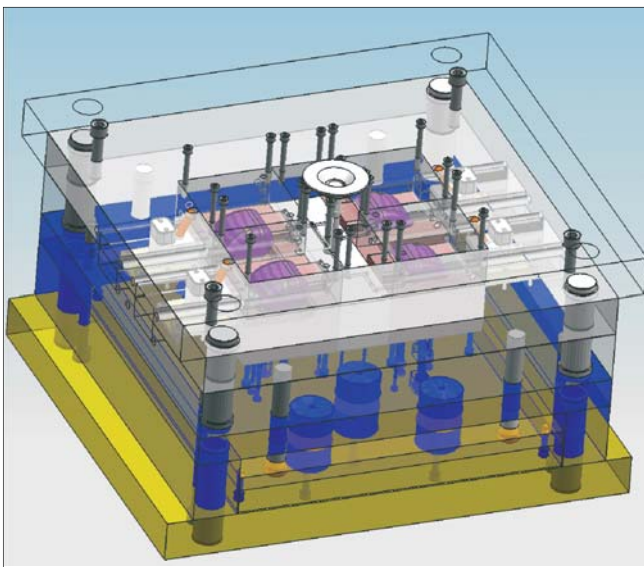
Uważa się, że najczęściej stosowanymi w Polsce komponentami znormalizowanymi form wtryskowych są produkty firmy *FCPK Bytów*.

Dlatego w celu ułatwienia i przyspieszenia pracy polskich konstruktorów form wtryskowych oraz ich zagranicznych kooperantów – firma *UGS* rozbudowuje specjalizowane moduły *NX Mold Wizard* oraz *Solid Edge Mold Tooling* o biblioteki numeryczne normaliów *FCPK Bytów*.

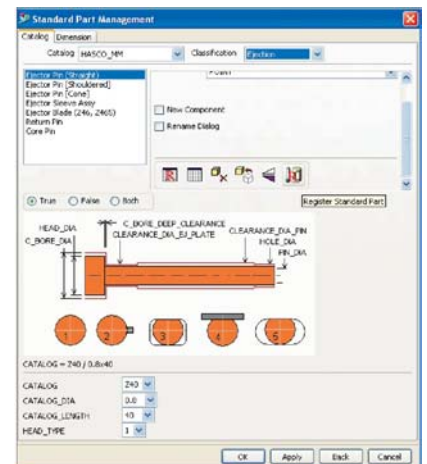
W artykule omówione zostaną korzyści wynikające ze stosowania tych bibliotek w procesie konstruowania MCAD form wtryskowych.

### Biblioteka „UGS NX Mold Wizard FCPK Library”

■ **Charakterystyka oryginalnych zasobów biblioteki normaliów *NX Mold Wizard*.** Dobór modeli części standardowych jest dla użytkownika systemu 3D procesem bardzo łatwym, przede wszystkim dzięki intuicyjnym oknom dialogowym (rys. 2). Korzystanie z biblioteki normaliów *Mold Wizard* umożliwia dobór części wykonanych zarówno w standardzie metrycznym, jak i calowym. Po dokonaniu wyboru producenta normaliów, użytkownik



Rys. 1. Model 3D MCAD formy wtryskowej wykonany w module *Mold Wizard* systemu *UGS Unigraphics NX*

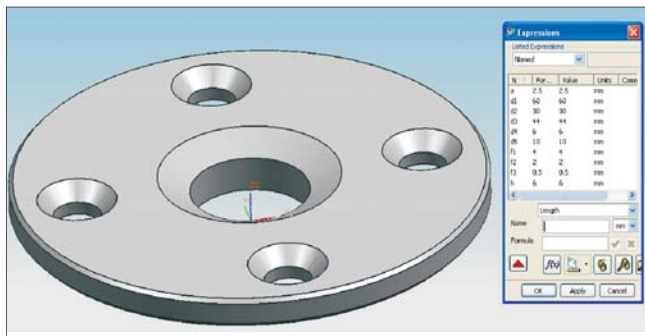


Rys. 2. Okno dialogowe biblioteki normaliów modułu *NX Mold Wizard* systemu *UGS Unigraphics NX*

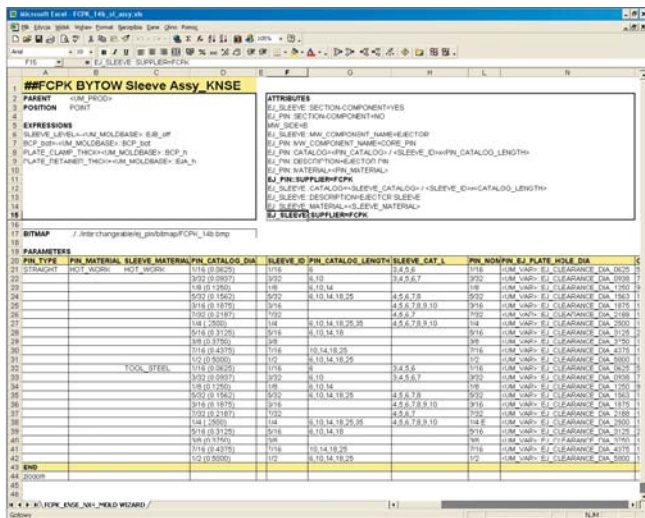
określa rodzaj komponentu znormalizowanego, definiuje wartości odpowiednich wymiarów, a następnie wstawia dany model do zespołu części MCAD [5].

■ **Metoda wykonania biblioteki „UGS NX Mold Wizard FCPK Library”.** Jedną z miar przydatności oprogramowania 3D MCAD jest stopień jego możliwej personalizacji. W celu doposażenia biblioteki NX Mold Wizard w dodatkowe zbiory normalistów FCPK Bytów, wykonano odpowiednio sparametryzowane części bazowe.

W przypadku każdego z rodzajów elementów znormalizowanych wykonano model bryłowy (rys. 3). Następnie skorzystano z tzw. kreatora części standardowych, dzięki czemu system NX samoczynnie wygenerował pliki .xls, do których następnie wprowadzono informacje dotyczące wszelkich możliwych kombinacji wartości odpowiednich wymiarów modelu (rys. 4). Każda z kombinacji wartości wymiarów jest przyporządkowana do odmiennego typoszeregu danej części znormalizowanej.



Rys 3. Sparametryzowany model 3D MCAD pierścienia centrującego oraz okno dialogowe tablicy zmiennych



Rys 4. Plik wsadowy, w którym zapisano możliwe wartości poszczególnych wymiarów części znormalizowanej

W plikach .xls zawarto również wartości wybranych atrybutów, np. materiał, dostawca, zalecana obróbka cieplna oraz możliwość wykonania przekroju elementu w dokumentacji płaskiej 2D. Powyższe dane mogą automatycznie wejść w skład zestawień komponentów formy (ang. BOM, Bill of Materials) oraz list części w dokumentacji płaskiej.

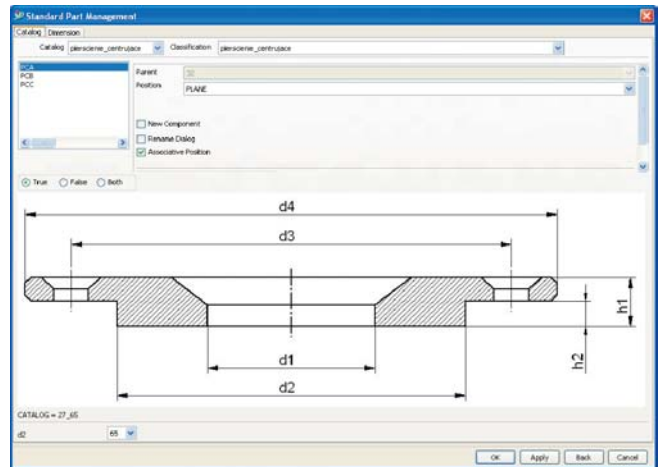
Uzyskano w ten sposób możliwość wygenerowania modelu dowolnej części opisanej w katalogu producenta poprzez odpowiednie sparametryzowanie pliku bazowego.

Dzięki właściwemu przyporządkowaniu zmiennych modelu 3D do zmiennych zawartych w pliku .xls możliwe jest utworzenie modelu dowolnej części standardowej, uwzględnionej w aktualnej ofercie producenta (tj. FCPK Bytów).

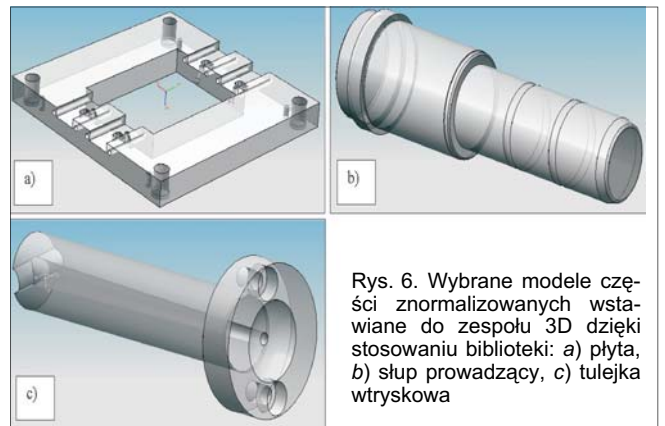
W każdym z plików części bazowych zawarto dwa rodzaje geometrii:

- „TRUE” – jest właściwym zapisem konstrukcji danej części znormalizowanej (uwzględnia dany kształt i wymiary);
- „FALSE” – zawarto w niej definicje odpowiednich bryłowych operacji ubytkowych, które mogą zostać wykonane we wskazanych częściach, istniejących już w zespole 3D. Operacje te definiowane są za pomocą algebry Boole’a, a ich wykonanie jest opcjonalne (choć wskazane). Dzięki geometrii „FALSE” w sposób półautomatyczny mogą zostać wykonane np. odpowiednie otwory lub uwzględnione luzy technologiczne.

W oknach dialogowych umieszczono adekwatne obrazy rastrowe .jpg. W każdym z nich zawarto poprawnie zwymiarowaną odpowiednią część standardową w poglądowych rzutach prostokątnych (rys. 5). Ułatwiono więc korzystanie z biblioteki poprzez możliwość szybkiego oraz intuicyjnego doboru właściwego elementu. Warto nadmienić, że intuicyjność obsługi narzędzia numerycznego jest jego dużą zaletą, określaną w literaturze anglojęzycznej jako *look & feel capability* [6].



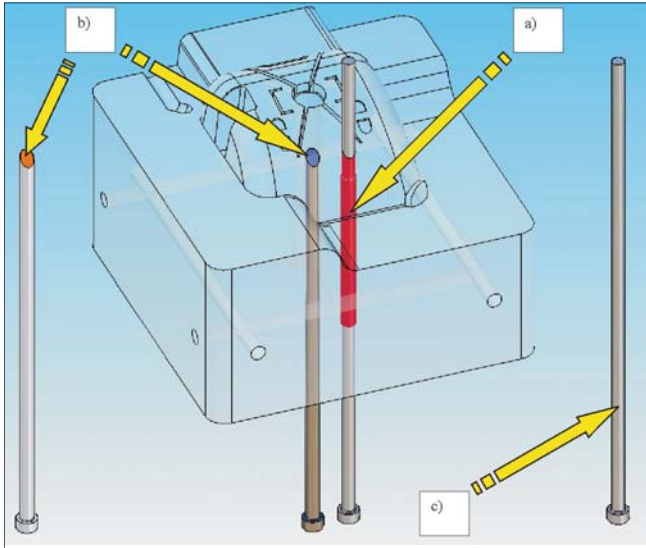
Rys 5. Wybrane okno dialogowe narzędzia „UGS NX Mold Wizard FCPK Library” podczas doboru odpowiedniego typoszeregu danej części znormalizowanej produkcji FCPK Bytów



Rys 6. Wybrane modele części znormalizowanych wstawiane do zespołu 3D dzięki stosowaniu biblioteki: a) płyta, b) słup przewodzący, c) tulejka wtryskowa



Po dokonaniu wyboru właściwej części standardowej oraz wartości jej wymiarów (uwzględnionych w ofercie producenta normaliów), właściwa kombinacja zmiennych zostaje przesłana ze wsadowego pliku .xls do pliku modelu bazowego. Następnie zostaje wygenerowany nowy plik MCAD (tj. prt), zawierający zapis konstrukcji odpowiedniej części znormalizowanej, po czym zostaje on wstawiony do aktywnego zespołu 3D.



Rys. 7. Bryłowe operacje ubytkowe (definiowane algebrą Boole'a), zachodzące półautomatycznie podczas wstawiania pobranego z biblioteki modelu wypychacza do zespołu 3D: a) operacja wykonania technologicznego otworu w modelu wkładki w celu umożliwienia ruchu wypychacza, b) modyfikacja kształtu i położenia czołowego lica wypychacza, adekwatnie do geometrii wkładki, c) model wypychacza w oczekiwaniu na wskazanie geometrii nadrzędnej

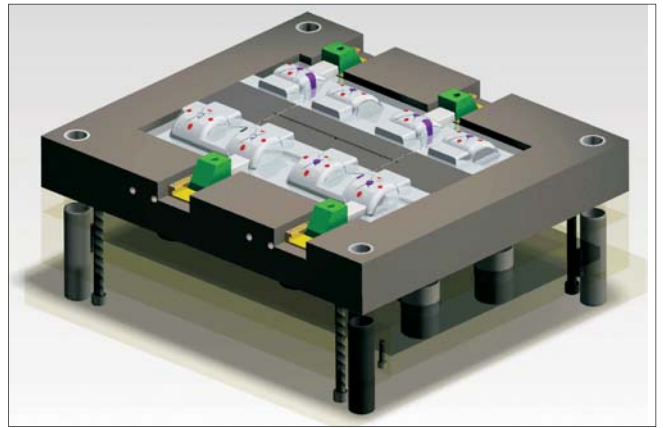
■ **Wybrane sposoby stosowania narzędzia „UGS NX Mold Wizard FCPK Library”.** Podczas stosowania opisywanej biblioteki normaliów użytkownik *NX Mold Wizard* jest w stanie umieścić w zespole 3D modele odpowiednich części znormalizowanych (rys. 6), np. płyt, słupów prowadzących, tulejek wtryskowych.

Pobrane z biblioteki modele części standardowych wyposażono w dodatkowe informacje, dotyczące półautomatycznego wykonywania asocjatywnych operacji w obiektach istniejących już w zespole. Można je wykonać dzięki zapisaniu w plikach bazowych geometrii *TRUE* oraz *FALSE*.

Odpowiednie wstawienie modelu wypychacza do zespołu, w którym znajduje się baza formy, spowoduje wykonanie uprzednio zdefiniowanego ubytku objętości modeli danych płyt i wkładek w miejscach uzasadnionych obecnością wstawionego wypychacza (rys. 7a). Co więcej, kształt wstawianych modeli normaliów może ulec dopasowaniu do kształtu wybranych części, znajdujących się w projekcie 3D, np. lico czołowe wstawianego wypychacza może się dopasować do geometrii formowanej części (rys. 7b).

#### **Biblioteka części standardowych FCPK zabudowana w module Mold Tooling systemu UGS Solid Edge**

*Mold Tooling* jest pakietem dodatkowym (*Add-on*), zintegrowanym ze środowiskiem *UGS Solid Edge Classic*.



Rys. 8. Model 3D części stempłowej formy wtryskowej wykonany w systemie *UGS Solid Edge Mold Tooling*

Zawiera on zestaw wypróbowanych, zaawansowanych technologicznie narzędzi do szybkiego i wydajnego projektowania form wtryskowych. Zwrócono szczególną uwagę na skrócenie prac MCAD poprzez zautomatyzowanie powtarzających się czynności. Przykład części stempłowej (ruchomej) formy wtryskowej wykonanej z zastosowaniem narzędzia *Mold Tooling* przedstawiono na rys. 8.

Podczas pracy z aplikacją *Mold Tooling* użytkownik wykorzystuje wielokrotnie wyróżnioną technologię *SmartStep*, dzięki której jego czynności mają charakter sekwencyjny, zgodny z chronologią prawidłowego procesu konstruowania form wtryskowych.

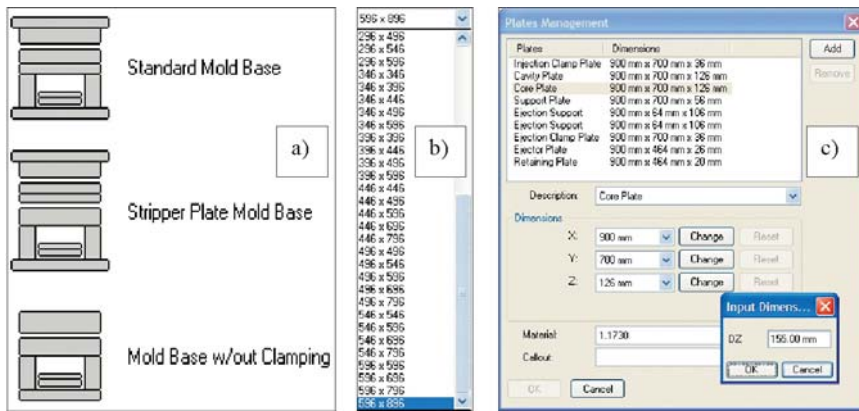
Po wprowadzeniu do projektu modelu wypraski, uwzględnieniu odpowiedniego skurczu i wygenerowaniu powierzchni podziału oraz kształtu lic formujących użytkownik wstawia do zespołu części elementy znormalizowane (bazy form, elementy układu prowadzącego itd.).

W najnowszej edycji systemu 3D MCAD *UGS Solid Edge* umożliwiono korzystanie z biblioteki modeli części standardowych dostarczanych przez krajowego producenta – firmę *FCPK Bytów*.

Proces wstawiania części znormalizowanych do projektu formy wtryskowej można podzielić na trzy etapy, którym odpowiadają stosowne narzędzia *Solid Edge*:

- \* *Mold Base* – dobór bazy formy,
- \* *Mold Base Components* – wstawianie elementów prowadzących i montażowych,
- \* *Place Mold Component* – wstawianie komponentów dodatkowych.

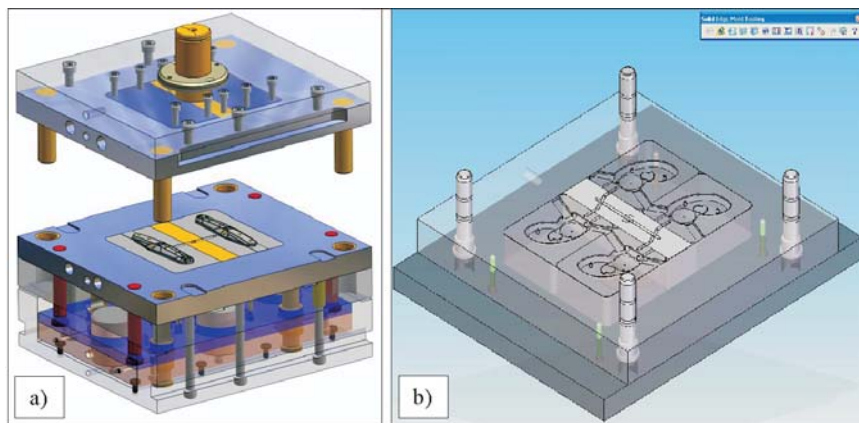
Podczas doboru bazy formy (*Mold Base*) system analizuje bazę danych, w której zawarto wymiary i nazwy własne odpowiednich elementów, znajdujących się w aktualnej ofercie *FCPK*. Na podstawie geometrii zamodelowanej we wcześniejszych fazach projektu (np. gabaryty wypraski i wkładek, a także liczba oraz rozmieszczenie gniazd) baza danych ulega odfiltrowaniu. Wobec powyższego użytkownikowi sugeruje się kilka wariantów stosu płyt, uznanych z różnych względów geometrycznych za optymalne. Wyniki automatycznego doboru bazy formy mogą być łatwo edytowane przez użytkownika, przy czym możliwy jest wybór danych zawartych w ofercie *FCPK* lub wprowadzenie własnych wartości. Należy dodać, iż dostępnych jest kilka konfiguracji stosów płyt, m.in.: standardowa, trójpłytowa, z dodatkową płytą oporową, z płytą spychającą, z gorącymi kanałami.



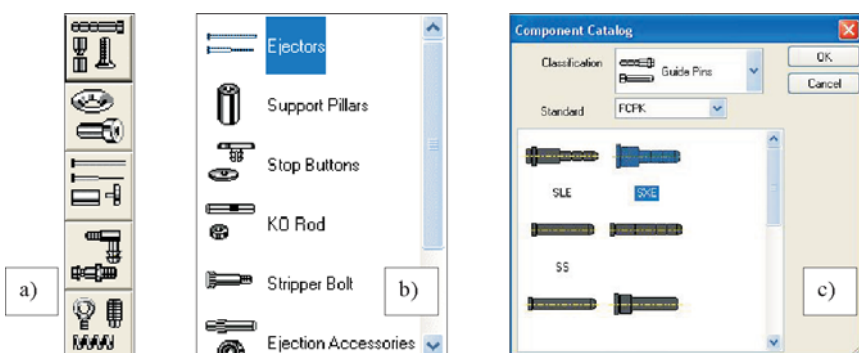
Rys. 9. Wybrane okna dialogowe modułu *Solid Edge Mold Tooling*, dostępne podczas definiowania bazy formy (*Mold Base*): a) dobór rodzaju formy ze względu na układ płyt, b) ustalenie wymiarów charakterystycznych bazy formy, c) manualna edycja wymiarów płyt

Wybrane okna dialogowe modułu *Mold Tooling*, dostępne podczas definiowania bazy formy, przedstawiono na rys. 9.

Zaleca się, aby lokalizacja elementów układu prowadzącego (słupy, tuleje itd.), a także elementów montażowych (śruby) była zgodna z wytycznymi producenta normaliów. W bazie danych *Solid Edge Mold Tooling* uwzględniono lokalizację oraz rozmiary otworów wykonywanych domyślnie w płytach dostarczanych przez *FCPK*.



Rys. 10. Przykładowe modele form wtryskowych, w których rozmiary oraz lokalizacja elementów prowadzących i montażowych są adekwatne do otworów wykonywanych domyślnie w płytach produkcji *FCPK*: a) widok ogólny, b) widok szczegółowy



Rys. 11. Wybrane listy rozwijalne narzędzia *Place Mold Component*: a) dostępne grupy części standardowych, b) menu elementów układu usuwania wypraski, c) katalog słupów prowadzących *FCPK Bytów*

Wobec powyższego, dzięki zastosowaniu narzędzia *Mold Base Components*, możliwe jest takie wstawianie modeli znormalizowanych elementów prowadzących i montażowych, aby ich rozmiary oraz lokalizacja odpowiadały otworom w modelach płyt projektowanej formy wtryskowej (rys. 10).

Wykorzystując narzędzie *Place Mold Component* również łatwo można wstawiać do projektu tzw. komponenty dodatkowe, których lokalizacja jest elastycznie definiowana przez użytkownika. Elementy te podzielono na pięć podstawowych grup:

- prowadzące i montażowe, np. słupy oraz tuleje prowadzące, kołki, śruby,
- układu zasilającego, np. dysze wtryskowe, pierścienie centrujące,
- układu usuwania wypraski, np. wypychacze,
- układu chłodzącego, np. przyłącza cieczy, elementy uszczelniające, korki zaślepiające,
- pozostałe elementy, np. uchwyty transportowe, sprężyny.

Należy zauważyć, że w przypadku elementów prowadzących i montażowych, wykorzystanie narzędzia *Place Mold Component* umożliwia ich wstawienie do zespołu 3D, niezależnie od domyślnej lokalizacji zalecanej przez *FCPK*.

Wybrane listy rozwijalne Interfejsu użytkownika podczas korzystania z narzędzia *Place Mold Component* przedstawiono na rys. 11.

Analogicznie jak podczas stosowania biblioteki „*UGS NX Mold Wizard FCPK Library*” (rys. 7), po wstawieniu do projektu *Solid Edge Mold Tooling* modeli części standardowych *FCPK* istnieje możliwość asocjatywnego i dwustronnego dopasowania się części wchodzących w skład zespołu 3D (rys. 12).

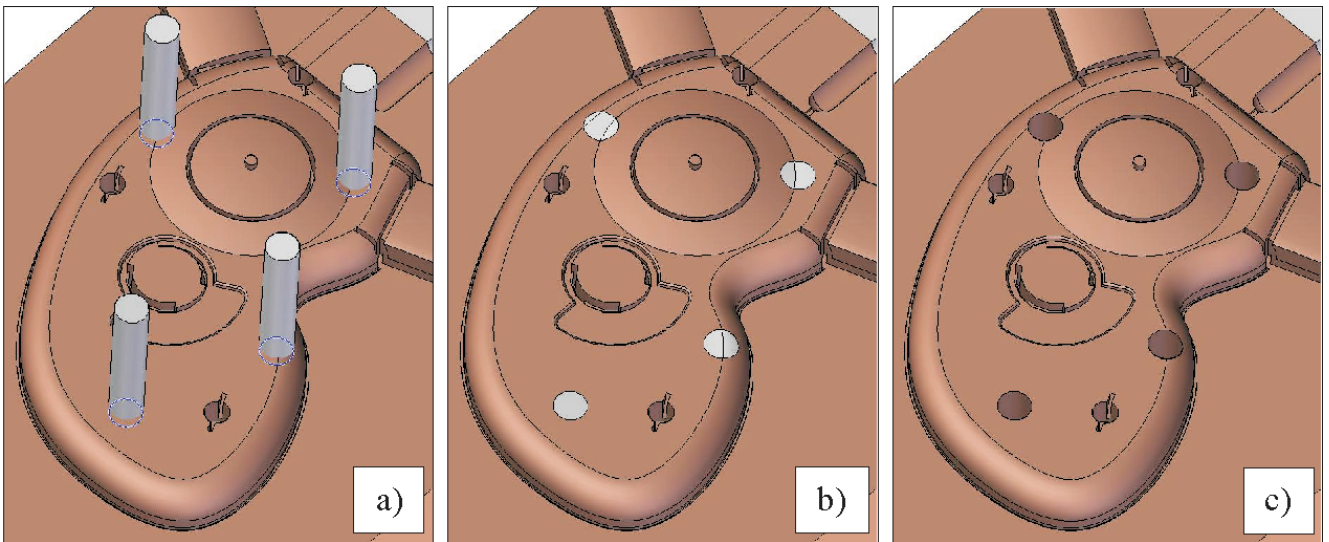
Warto dodać, że asocjatywna modyfikacja lic czołowych wypychaczy może zostać wykonana na kilka różnych sposobów.

Możliwe jest więc przycięcie modelu wypychacza poprzez:

a) zastąpienie lica czołowego odpowiednim fragmentem powierzchni podziału,

b) skrócenie trzonu wypychacza do minimalnej, pośredniej lub maksymalnej dozwolonej technologicznie wysokości, z zachowaniem równoległości lica czołowego wypychacza do płaszczyzny podziału.





Rys. 12. Asocjatywna modyfikacja geometrii modeli wypychaczy FCPK i wkładki formy wtryskowej w projekcie *Solid Edge Mold Tooling*: a) wstawienie i rozmieszczenie modeli wypychaczy w zespole 3D, b) dopasowanie kształtu lica czołowego wypychacza do odpowiedniego fragmentu powierzchni podziału, c) usunięcie z modelu wkładki objętości wspólnej z modelem wypychacza

★

Zaprezentowano elastyczne biblioteki numeryczne elementów znormalizowanych, stosowanych podczas konstruowania 3D form wtryskowych.

Stosowanie opisanych narzędzi umożliwia wielu użytkownikom rezygnowanie z mało wydajnej, choć – niestety – bardzo popularnej metody pozyskiwania modeli MCAD wybranych normalii. Przeszarżała metoda polega przede wszystkim na pobieraniu plików z zapisem konstrukcji wybranych normalii bezpośrednio ze strony WWW ich producentów, co w znacznej większości przypadków polega na gromadzeniu plików 3D w formatach pośrednich (np. *Parasolid*, *IGS*, *sat*). Pliki te mają charakter uniwersalny, tzn. mogą być odtwarzane przez większość użytkowników współczesnego oprogramowania MCAD. Wadą takiej filozofii postępowania jest jednak fakt, iż w przypadku każdego z plików należy przeprowadzić proces translacji. Co więcej, uzyskane w ten sposób modele bryłowe pozbawione są historii tworzenia, więc również możliwości ich sparametryzowania. Kolejną wadą opisywanej metody jest fakt, że aby mieć w swej bazie danych  $n$  wariantów danej części, należy zaimportować  $n$  plików, co w przypadku współczesnych biur konstrukcyjnych oznaczać może szybkie wyczerpywanie zasobów operacyjnych stacji roboczych.

W przypadku bibliotek „*UGS NX Mold Wizard FCPK Library*” i „*UGS Solid Edge Mold Tooling FCPK*” zaprezentowano całkowicie odmienną metodę postępowania. Główną zasadą funkcjonowania tych narzędzi jest względnie niewielki zbiór odpowiednio sparametryzowanych plików bazowych (każdy przyporządkowany jest odmiennemu rodzajowi części standardowych), na podstawie których wygenerowane zostają modele pochodne. Wartości ich wymiarów zostają pobrane z plików wsadowych.

Efektom wyposażenia systemów *UGS Unigraphics NX* i *UGS Solid Edge* w biblioteki „*UGS NX Mold Wizard FCPK Library*” oraz „*Solid Edge Mold Tooling*

FCPK” będzie usunięcie trudności w stosowaniu modeli części standardowych, znajdujących się w ofercie najpopularniejszego w Polsce producenta normalii stosowanych w procesie konstruowania form wtryskowych.

W narzędziowniach wykorzystujących systemy *UGS Unigraphics NX* oraz *UGS Solid Edge Mold Tooling* z pewnością dojdzie do dalszego zwiększenia elastyczności i wydajności pracy. Dotyczyć to będzie z pewnością firm polskich oraz ich zagranicznych kooperantów. Pamiętać należy, że Polska zajmuje 4. miejsce w Europie pod względem liczby skonstruowanych i wytworzonych form wtryskowych. Istnieje więc duże prawdopodobieństwo poprawienia tej lokaty.

#### LITERATURA

1. H. ZAWISTOWSKI: Nowoczesne formy wtryskowe. Problemy konstrukcji i użytkowania. Plastech Warszawa 2001.
2. H. ZAWISTOWSKI: Rozwój konstrukcji form wtryskowych. Plastech Warszawa 2001.
3. J. PIELICHOWSKI, A. PUSZYŃSKI: Technologia tworzyw sztucznych WNT Warszawa 1998.
4. W. SZLEZYNGIER: Tworzywa sztuczne. Wydawnictwo Oświatowe FOSZE Rzeszów 1998.
5. UGS – Mold Wizard Design Process, User Guide. *UGS Unigraphics NX system manual*.
6. www.ugs.pl, www.ugs.com
7. www.cadalyst.com, www.cimdata.com, www.cambashi.com

Michał Bachan, Wojciech Bieniaszewski,  
Adam Budzyński, Szymon Kościanowski



UGS Sp. z o.o.

The PLM Company

Aleja Stanów Zjednoczonych 61A

04-028 Warszawa

tel. (22) 516 30 95, fax (22) 516 30 99

www.ugs.pl e-mail: info@ugs.pl