Moduł *Mold Wizard* systemu *UGS Unigraphics NX* - kompleksowe rozwiązanie do konstruowania form wtryskowych

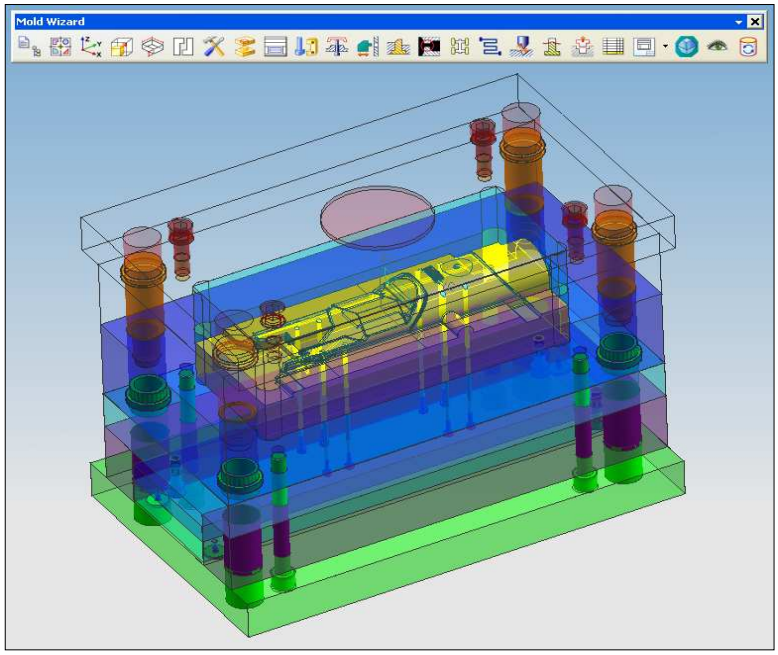
Bachan Michał, Bieniaszewski Wojciech, Budzyński Adam, Kościanowski Szymon, Balwisz Piotr

1. Wstęp

System CAD/CAM/CAE/PDM *Unigraphics NX4* wyposażono w szereg specjalizowanych modułów dedykowanych dla wielu różnych branż przemysłowych. Spośród rozwiązań CAD, uwagę zwracają narzędzia przeznaczone dla branży narzędziowej, m.in.: *NX Mold Wizard* (projektowanie form wtryskowych) oraz *NX Progressive Die Wizard* (projektowanie tłoczników i wykrojników postępowych).

W porównaniu do procesu projektowania form, wykrojników i tłoczników w podstawowych konfiguracjach systemu UGS *NX4*, wykorzystanie specjalizowanych modułów implikuje uzyskanie wielu korzyści, polegających przede wszystkim na przyspieszeniu konstruowania oraz zwiększeniu elastyczności procesu wprowadzania zmian w projekcie. Korzyści te zostaną dokładniej przedstawione na przykładzie opisu sposobu wykorzystania modułu *NX Mold Wizard*.

Pierwszym argumentem, przemawiającym za wykorzystaniem modułu *Mold Wizard* podczas konstruowania form wtryskowych jest fakt, że oprogramowanie to było od podstaw tworzone przez wybitnych specjalistów z branży polimerowej. W module tym zawarto bogatą bazę wiedzy inżynierskiej, uwzględniającą m.in. praktyczne doświadczenia ekspertów. Dzięki temu, stosowanie *Mold Wizard* przyczynia się do eliminacji błędów inżynierskich, związanych zarówno z procesem projektowania, jak też znajomością rodzajów tworzyw, budowy form wtryskowych oraz zjawisk w nich zachodzących.



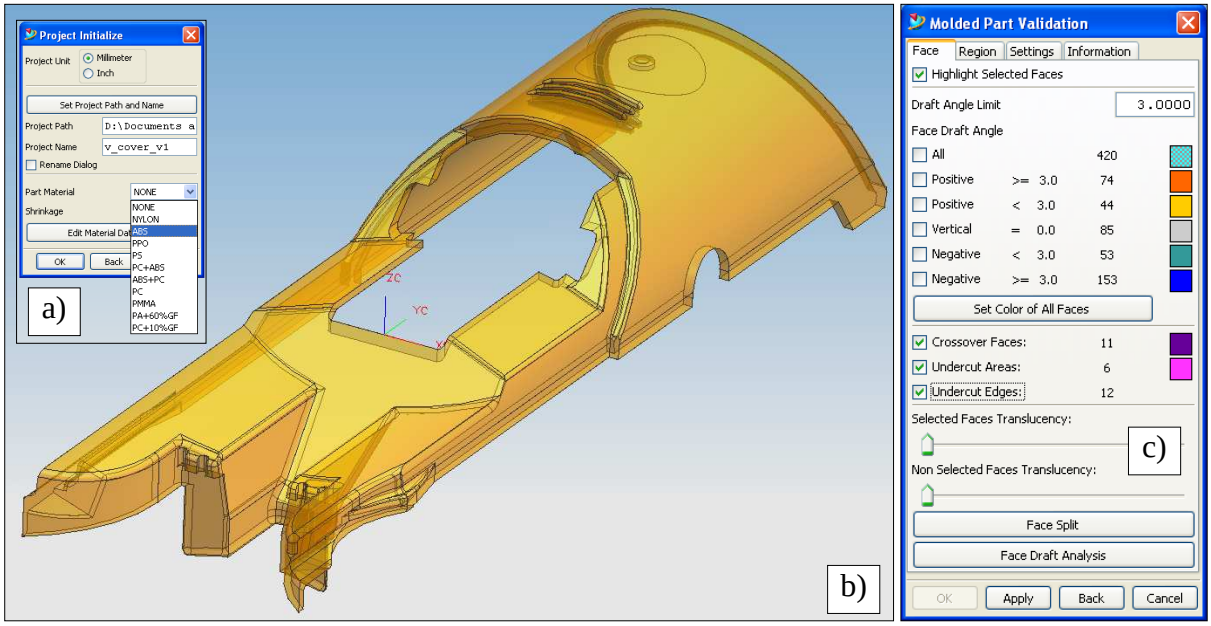
Rys. 1. Interface użytkownika modułu *Mold Wizard* systemu *UGS NX4* – uwagę zwraca sekwencyjny pasek narzędziowy

Główną zaletą, wynikającą ze stosowania oprogramowania *NX Mold Wizard* jest fakt, iż proces modelowania form wtryskowych jest podzielony na szereg następujących po sobie etapów, zgodnych z filozofią projektowania tego typu narzędzi. Podczas pracy Użytkownik jest w sekwencyjny sposób prowadzony krok po kroku przez poszczególne etapy

projektowania formy – możliwe jest również elastyczne ominięcie etapów opcjonalnych, np. modelowania suwaków w sytuacjach, gdy jest to technologiczne nieuzasadnione. Interaktywna wymiana informacji pomiędzy systemem i Użytkownikiem jest dalece intuicyjna dzięki czytelnemu paskowi narzędziowemu (Rys. 1). Dzięki temu konstruowanie form wtryskowych w *NX Mold Wizard* staje się procesem racjonalnie uporządkowanym, co ma szczególne znaczenie ze względu na poprawne zamodelowanie i wykonanie drogich form wtryskowych już za pierwszym razem, tj. bez konieczności przeprowadzania ich kosztownych modyfikacji.

2. Ogólna charakterystyka procesu projektowania form wtryskowych w module Mold Wizard systemu UGS NX4

Proces projektowania form wtryskowych w *NX Mold Wizard* zostaje zainicjowany w chwili zdefiniowania folderu systemowego, w którym zapisywane i przechowywane będą dane związane z prowadzonymi pracami (Rys. 2a.). Dzięki temu eliminuje się możliwość zagubienia odpowiednich dokumentów, podczas wymiany i udostępniania danych w warunkach pracy w rozproszonym biurze konstrukcyjnym lub pracy stacjonarnej w systemie wielozmianowym. Jedynym wyjątkiem od tego założenia jest lokalizacja pliku, w którym zapisano geometrię wypraski – plik ten może znajdować się w dowolnym folderze rozpatrywanej stacji roboczej, a także w sieci LAN, Intranet lub Internet (Rys. 2b).



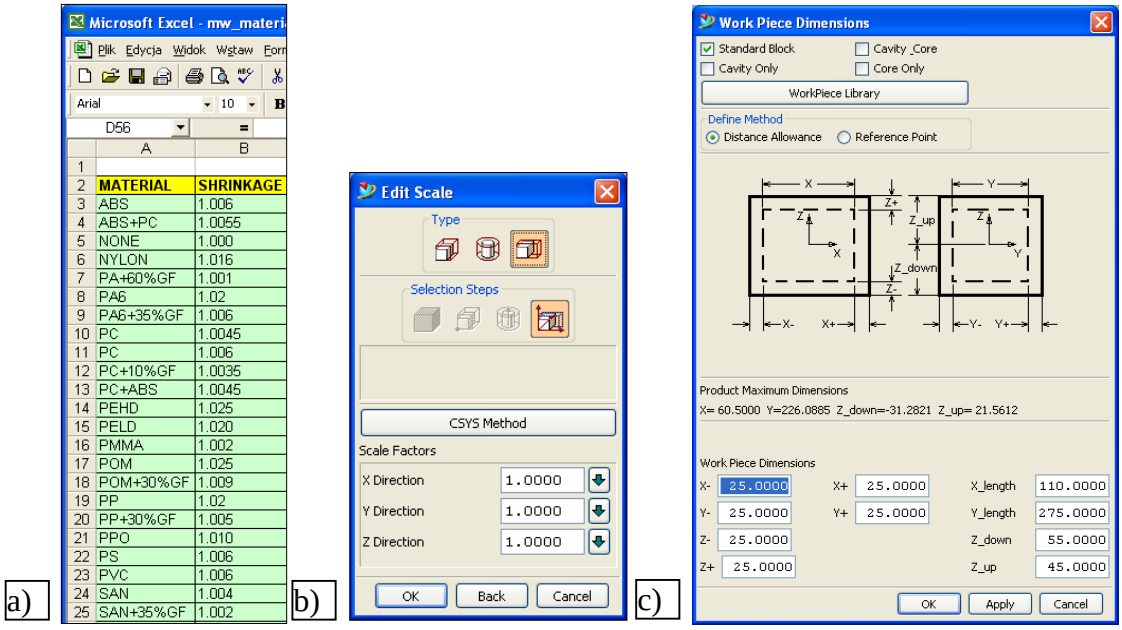
Rys. 2. Początkowe etapy procesu konstruowania formy wtryskowej w *NX Mold Wizard*: a) zdefiniowanie lokalizacji folderu docelowego, b) wprowadzenie do projektu geometrii wypraski, c) określenie geometrycznych kryteriów weryfikacyjnych dla analizy technologiczności wypraski

Po wczytaniu geometrii wypraski, dla której należy zamodelować formę wtryskową, *NX Mold Wizard* umożliwia natychmiastową weryfikację jej technologiczności. Służy do tego narzędzie *Mold Part Validation* (Rys. 2c), którego zastosowanie wspomaga m.in. analizę wartości kąta i kierunku pochylenia ścianek, a także lokalizację ścianek pionowych oraz podcięć. Możliwe jest zdefiniowanie granicznej wartości kąta pochylenia, dzięki czemu proces weryfikacyjny ulega częściowej personalizacji. Lica należące do ścianek określonej grupy (np. lica stemplowe, pionowe lub współdzielone, itd.) zostają oznaczone odpowiednimi kolorami – poza tym system automatycznie przedstawia łączną liczbę lic, zakwalifikowanych do ww. grup. Równie istotną korzyścią jest możliwość oszacowania i weryfikacji grubości ścianek wypraski.

Uważa się, iż informacje uzyskane dzięki wykorzystaniu narzędzia *Mold Part Validation* są niezwykle istotne, ponieważ umożliwiają oszacowanie technologiczności analizowanej wypraski i podjęcie decyzji o jej zakwalifikowaniu do dalszych prac konstrukcyjnych. W przypadku wykrycia błędów technologicznych w zapisie konstrukcji wypraski, możliwe jest szybkie wprowadzenie odpowiednich poprawek już na jednym z pierwszych etapów modelowania formy. Po edycji geometrii, ocena skuteczności wprowadzonych modyfikacji wykonywana jest automatycznie.

Aby kompensować straty skurczowe materiału polimerowego, modele wyprasek powinny zostać odpowiednio przeskalowane, tj. powiększone o wartość skurczu przetwórczego. Geometria wyrobu zostaje automatycznie zmodyfikowana na podstawie wartości wprowadzonego współczynnika skurczu, którego wartość może zostać wprowadzona manualnie przez konstruktora lub przyjęta przez *Mold Wizard* na podstawie rodzaju założonego tworzywa (odpowiednie zależności są przechowywane w bazie danych arkusza kalkulacyjnego - Rys. 3a). Dzięki łatwości edycji ww. arkusza, możliwa jest łatwe utworzenie wewnątrzzakładowej bazy danych, zawierającej wartości najważniejszych parametrów stosowanych tworzyw. Ważne jest, iż można zdefiniować zarówno skurcz izo-, jak też anizotropowy, tj. o różnych wartościach składowych dla każdego z trzech ortogonalnych kierunków (Rys. 3b). Uwzględnienie właściwości skurczowych tworzywa już w pierwszych etapach projektowania formy niweluje możliwość powstania jednego z najtrudniejszych do wyeliminowania w praktyce błędów, którym jest przeoczenie skurczu wypraski. Efektem powyższego błędu może być niewłaściwe zaprojektowanie wkładek formujących, więc w konsekwencji poniesienie znacznych strat finansowych.

Zdefiniowanie geometrii półfabrykatu wkładek formujących (Rys. 3c.) może zostać przeprowadzone z zastosowaniem wielu różnych metod, np. przez określenie wymiarów prostopadłościennego bloku lub wskazanie dowolnego obiektu geometrycznego, który po automatycznym podziale pełnić będzie rolę wkładek matrycowych i stemplowych. Uwagę zwraca łatwość magazynowania danych geometrycznych, dotyczących wkładek formujących, czego skutkiem może być elastyczne tworzenie i stosowanie firmowej bazy danych ww. części form.



	A	B
1		
2	MATERIAL	SHRINKAGE
3	ABS	1.006
4	ABS+PC	1.0055
5	NONE	1.000
6	NYLON	1.016
7	PA+60%GF	1.001
8	PA6	1.02
9	PA6+35%GF	1.006
10	PC	1.0045
11	PC	1.006
12	PC+10%GF	1.0035
13	PC+ABS	1.0045
14	PEHD	1.025
15	PELD	1.020
16	PMMA	1.002
17	POM	1.025
18	POM+30%GF	1.009
19	PP	1.02
20	PP+30%GF	1.005
21	PPO	1.010
22	PS	1.006
23	PVC	1.006
24	SAN	1.004
25	SAN+35%GF	1.002

Rys. 3. Okna dialogowe narzędzi numerycznych, wykorzystywanych podczas kolejnych etapów pracy w *NX Mold Wizard*: a) baza danych najważniejszych właściwości tworzyw polimerowych, b) ustalanie wartości współczynnika skurczu wypraski w trzech osiach układu współrzędnych, c) definiowanie geometrii wkładek formujących

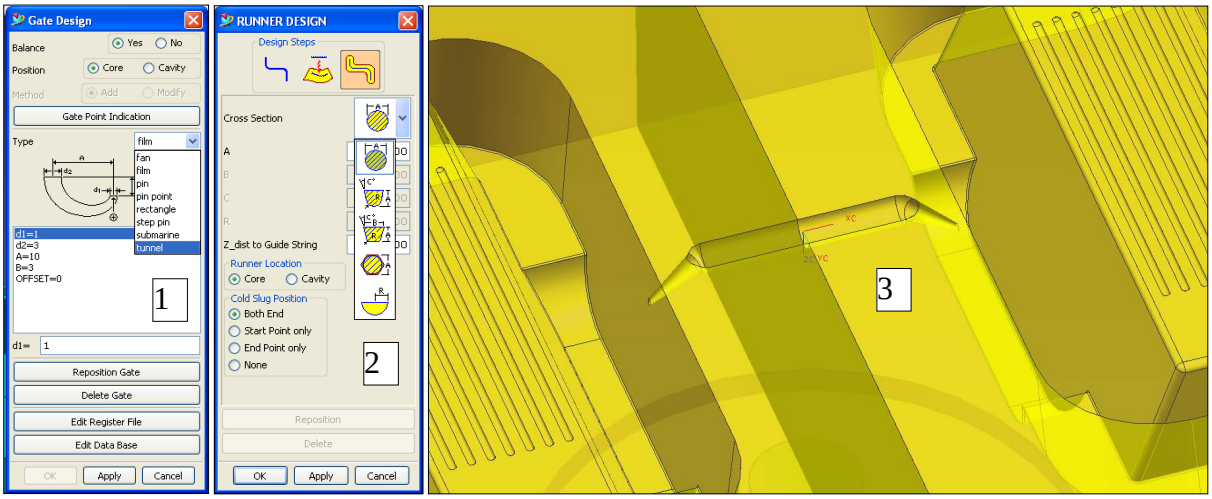
W celu zamodelowania form wielogniazdowych, można łatwo powielić geometrię wczytanej wypraski, a także wczytać dowolną liczbę zapisów konstrukcji różnych wyprasek. Uwagę zwraca łatwość narzucania orientacji przestrzennej wyprasek w gniazdach, w celu spełnienia odpowiednich warunków projektowania form – jeden z nich nakazuje, aby domyślna trajektoria usuwania wypraski była definiowana przez dodatni zwrot osi Z.

Bardzo ważną zaletą stosowania specjalizowanego modułu *NX Mold Wizard* jest możliwość dokonywania pełnej edycji dowolnego z wcześniejszych etapów pracy, niezależnie od stopnia zaawansowania całego projektu. Możliwe jest więc np. szybkie i intuicyjne wprowadzanie zmian wartości wymiarów wkładek formujących, wartości współczynnika skurczu tworzywa polimerowego, a także wartości wymiarów bazy formy, mające miejsce nawet podczas końcowych etapów prac konstrukcyjnych. Po wprowadzeniu wszelkich modyfikacji, całość zapisu konstrukcyjnego formy ulegnie automatycznej aktualizacji. Wobec powyższego, zastosowanie modułów specjalizowanych, takich jak *NX Mold Wizard* przyczynia się do zwiększenia komfortu oraz tempa pracy Użytkowników. Fakt ten ma szczególne znaczenie ze względu na konieczność wywiązania się z uprzednio ustalonych terminów oddania formy do użytku.

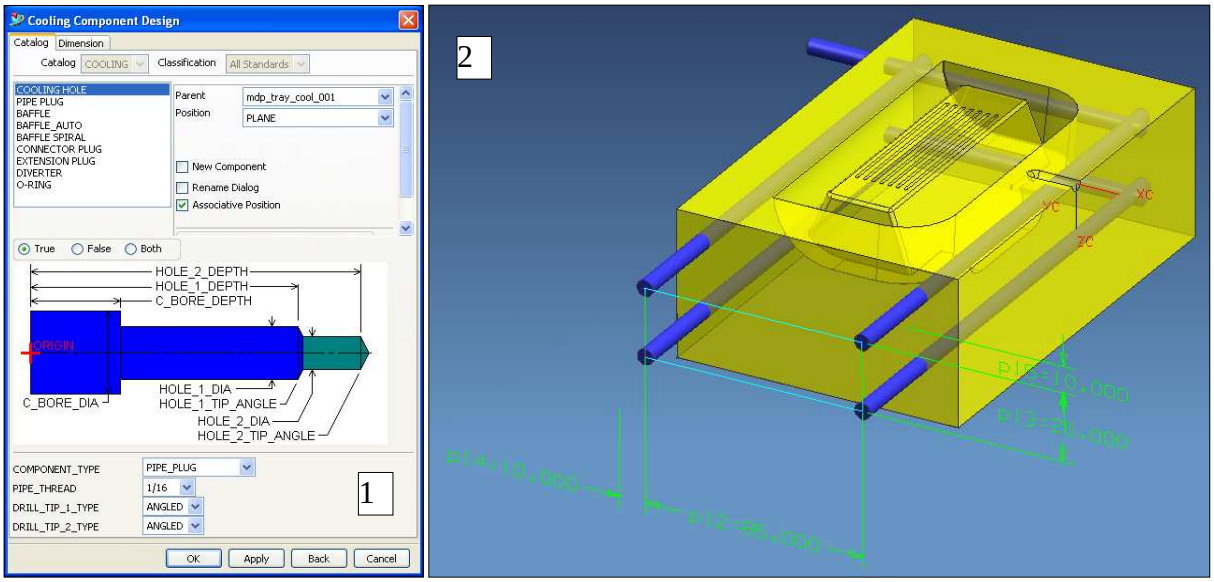
Każdy z projektów wykonanych z zastosowaniem *NX Mold Wizard* cechuje się ustaloną strukturą, przez co eliminuje się problemy związane z wyszukiwaniem odpowiednich plików, usprawnia się nawigację Użytkownika, a także ułatwia pracę nad danym projektem w systemie wielozmianowym. Dowodem powyższego jest fakt, iż m.in. wszelkie elementy składowe wkładek formujących oraz modele części standardowych są zapisywane w osobnych podzespołach.

3. Polecenia zaawansowane

Narzędzia, które udostępnia się Użytkownikom modułu *NX Mold Wizard* to dalece zaawansowane rozwiązania, adresowane do specyficznego zastosowania. W dużej części fakt ten jest osiągany przez radykalne rozszerzenie możliwości narzędzi, osiągalnych już w podstawowych konfiguracjach systemu *UGS Unigraphics NX4*, przy czym w module specjalistycznym narzędzia te połączono w spójną całość. Dlatego też oczywistym jest, że możliwe jest projektowanie form wtryskowych bez wykorzystania *Mold Wizard*, lecz jego zastosowanie powoduje znaczne przyspieszenie prowadzonych prac, a także zwiększenie poziomu ich elastyczności. Przykładem ww. rozwiązań są narzędzia służące do tworzenia m.in. powierzchni podziału, układów wlewowych (Rys. 4), układów chłodzących (Rys. 5), elektrod oraz wkładek wewnętrznych. Zagadnienie tworzenia powierzchni podziału zostanie dokładniej opisane w dalszej części artykułu.



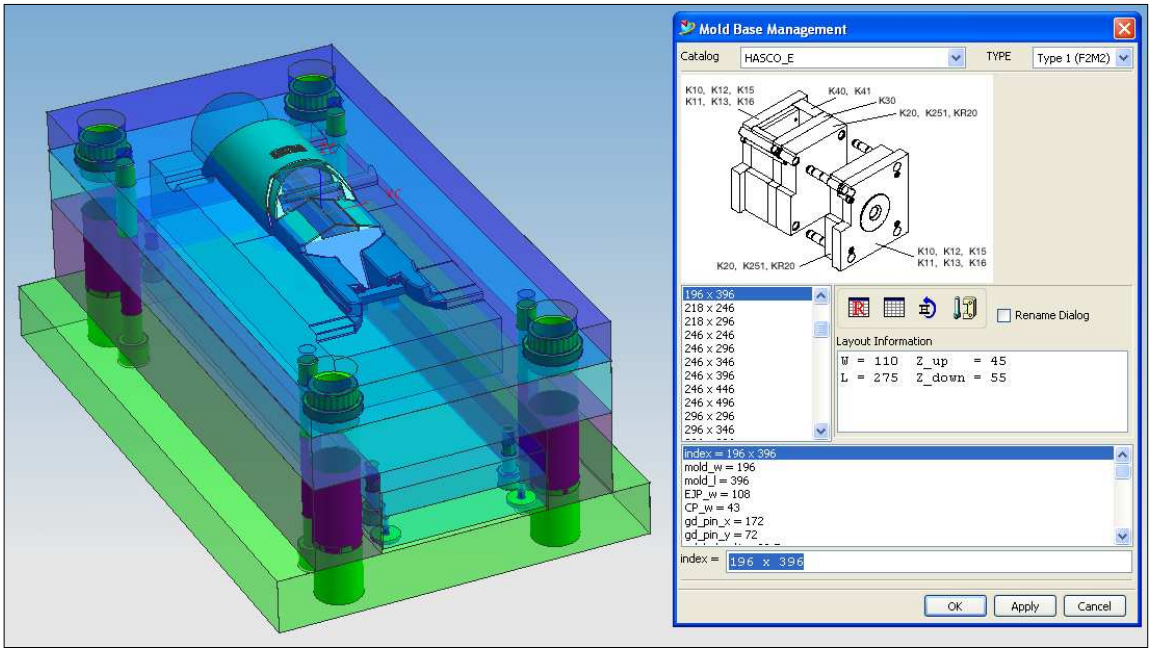
Rys. 4. Projektowanie układu wlewowego: 1 – dobór rodzaju i kształtu przewężek, 2 – definiowanie poprzecznego przekroju kanału doprowadzającego, 3 – wygenerowany układ wlewowy



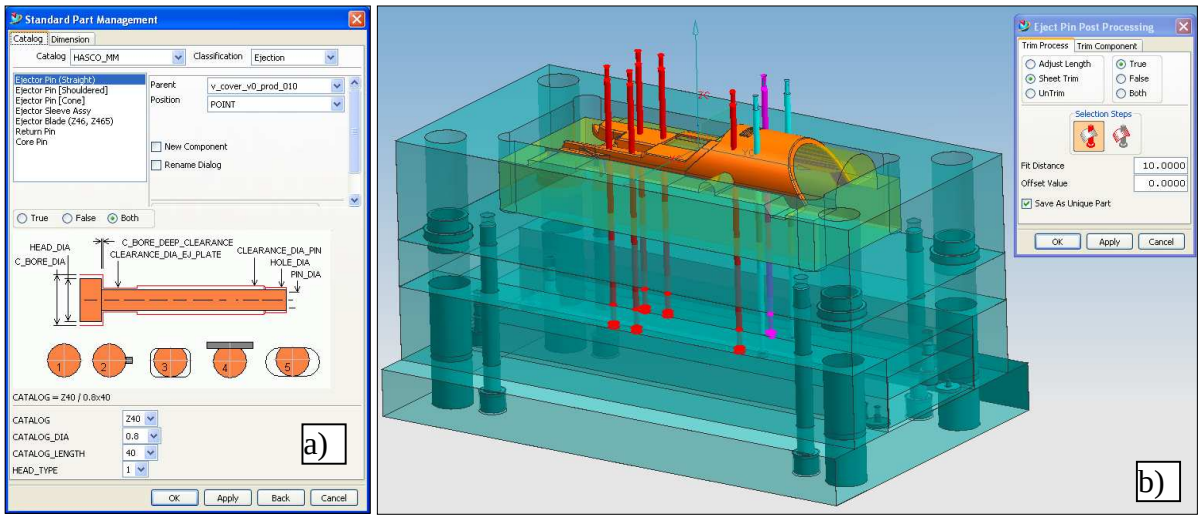
Rys. 5. Modelowanie układu chłodzącego: 1 – definiowanie geometrii pojedynczego kanału, 2 – rozmieszczone kanały chłodzące w matrycy

Kolejną istotną zaletą modułu *Mold Wizard* systemu *UGS Unigraphics NX* jest możliwość korzystania z obszernej biblioteki modeli części standardowych, znajdujących się w ofercie rynkowej czołowych producentów normaliów. Należą do nich m.in. takie firmy, jak: HASCO, STRACK, DME, FUTABA. Z punktu widzenia polskich Użytkowników systemu *NX*, ważny jest fakt, iż biblioteki *Mold Wizard* zawierają również modele najczęściej stosowanych w Polsce standardowych części form wtryskowych, tj. produktów firmy FCPK Bytów.

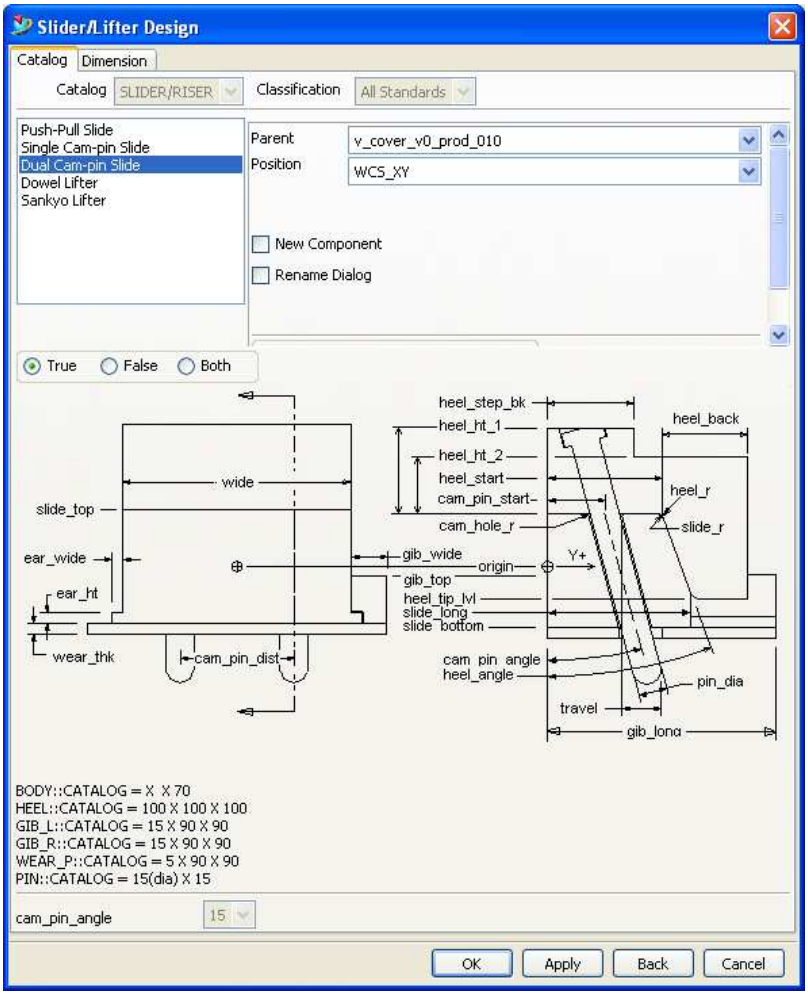
Części standardowe podzielono na kilka podstawowych grup. Należą do nich m.in. bazy form (Rys. 6) oraz elementy pojedyncze, takie jak wypychacze (Rys. 7), tuleje wtryskowe, pierścienie centrujące i złącza układu chłodzącego. Kolejne grupy tworzą standardowe napędy suwaków (Rys. 8), podcięć, a także znormalizowane geometrie wkładek formujących.



Rys. 6. Definiowanie bazy projektowanej formy wtryskowej z uwzględnieniem modeli produktów wybranego producenta normaliów, zawartych w bibliotekach modułu *Mold Wizard* systemu *UGS Unigraphics NX*

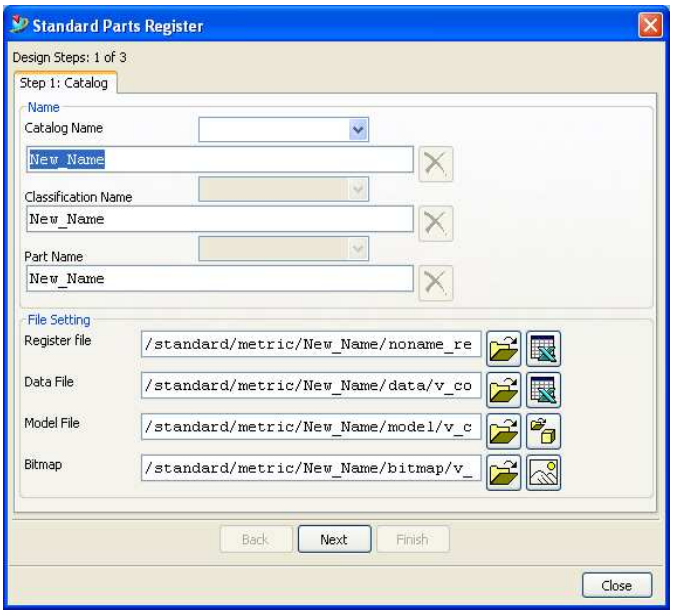


Rys. 7. Wstawianie modeli wypychaczy do projektu formy wtryskowej: a) dobór wypychacza, b) dopasowanie lic czołowych wypychaczy do kształtu powierzchni podziału formy wtryskowej



Rys. 8. Definiowane geometrii standardowego napędu suwaka, celem wstawienia do zespołu

Po wstawieniu modeli części standardowych do projektu, odpowiedniej aktualizacji ulega geometria współpracujących z nimi elementów formy, co polega m.in. na odpowiednim ujmowaniu materiału z uwzględnieniem naddatków technologicznych i luzów, zalecanych przez producentów normaliów. Uwagę zwraca fakt, iż modele wypychaczy dopasowują swą geometrię do kształtu powierzchni podziału formy wtryskowej. Proces wstawiania modeli części standardowych do modelowanego zespołu jest łatwy oraz intuicyjny.

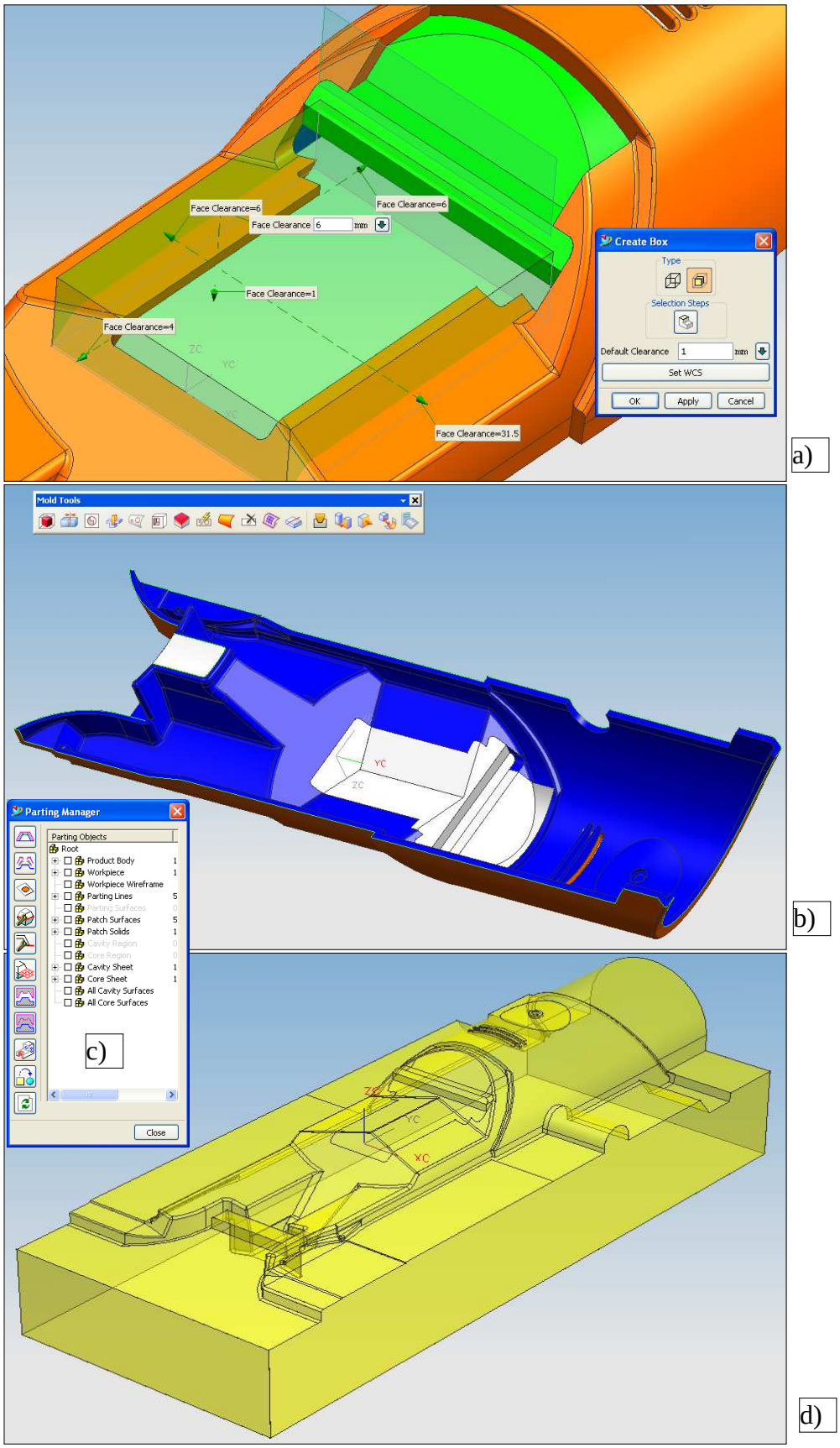


Rys. 9. Kreator wspomagający proces tworzenia własnych katalogów części standardowych

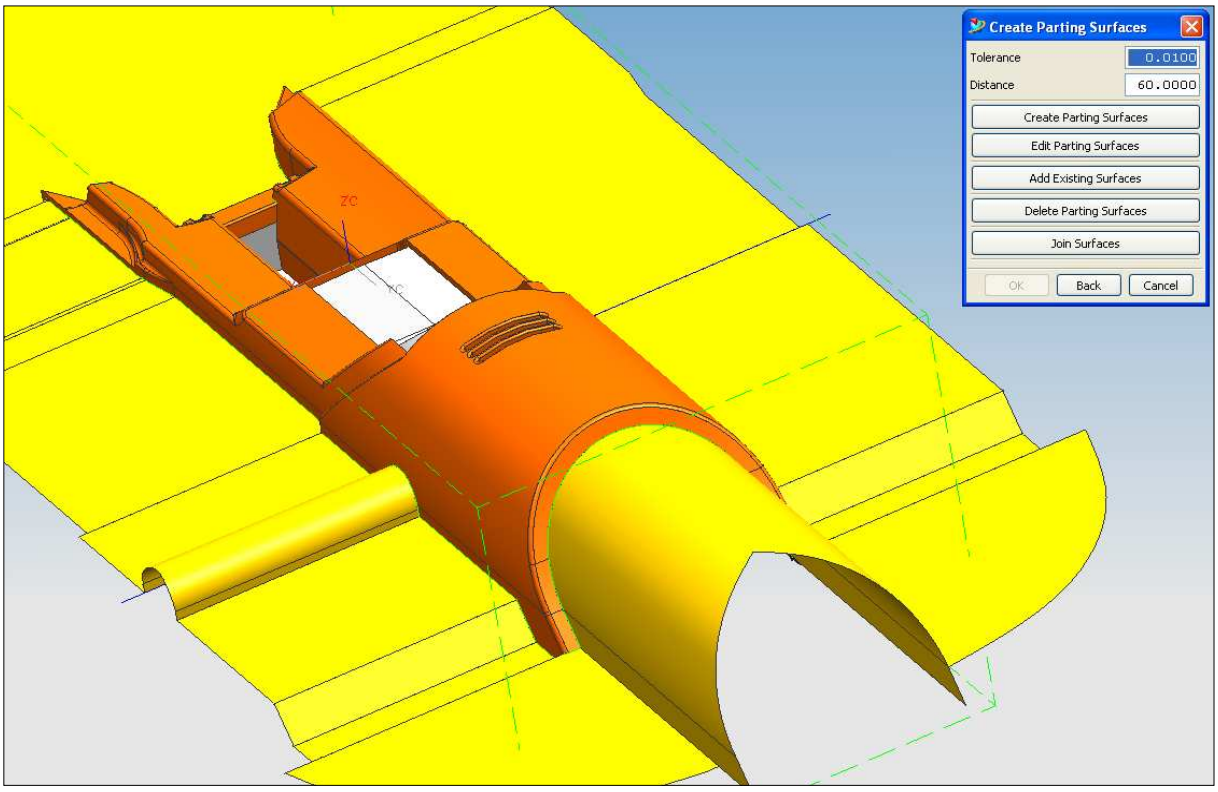
Zawartość bibliotek normaliów *NX Mold Wizard* może być łatwo edytowana przez Użytkownika, co oznacza iż korzystna i łatwa jest ich rozbudowa do postaci wewnątrzzakładowej bazy danych powszechnie stosowanych części standardowych. W tym celu, pomocny może okazać się odpowiedni kreator (Rys. 9), który przeprowadza Użytkownika krok po kroku przez proces personalizacji baz normaliów, w tym również tworzenia baz własnych.

Skutkiem coraz większych wymagań współczesnego rynku konsumenckiego, dotyczących estetyki oraz ergonomii wyrobów jest m.in. wzrost stopnia złożoności geometrii wyprasek polimerowych. Dlatego też bardzo ważnym i odpowiedzialnym etapem powstawania projektu formy wtryskowej jest tworzenie powierzchni podziału. Tworzenie skomplikowanej powierzchni podziału z zastosowaniem podstawowych konfiguracji systemu *UGS Unigraphics NX* jest oczywiście możliwe, choć wykorzystanie do tego celu specjalizowanego modułu *Mold Wizard* znacznie ten proces ułatwia i przyspiesza z jednoczesnym wyeliminowaniem możliwości powstania błędów (Rys. 10). Ów moduł dostarcza szereg profesjonalnych narzędzi, służących m.in. do wykrywania lub tworzenia krawędzi podziału, generowania powierzchni podziału (Rys. 11), a także zaślepiania wycięć wewnętrznych w wypraskach. Uwagę zwraca fakt, iż powierzchnie podziału generowane są dzięki wykorzystaniu przez *Mold Wizard* modelowania hybrydowego (powierzchniowo-bryłowego).

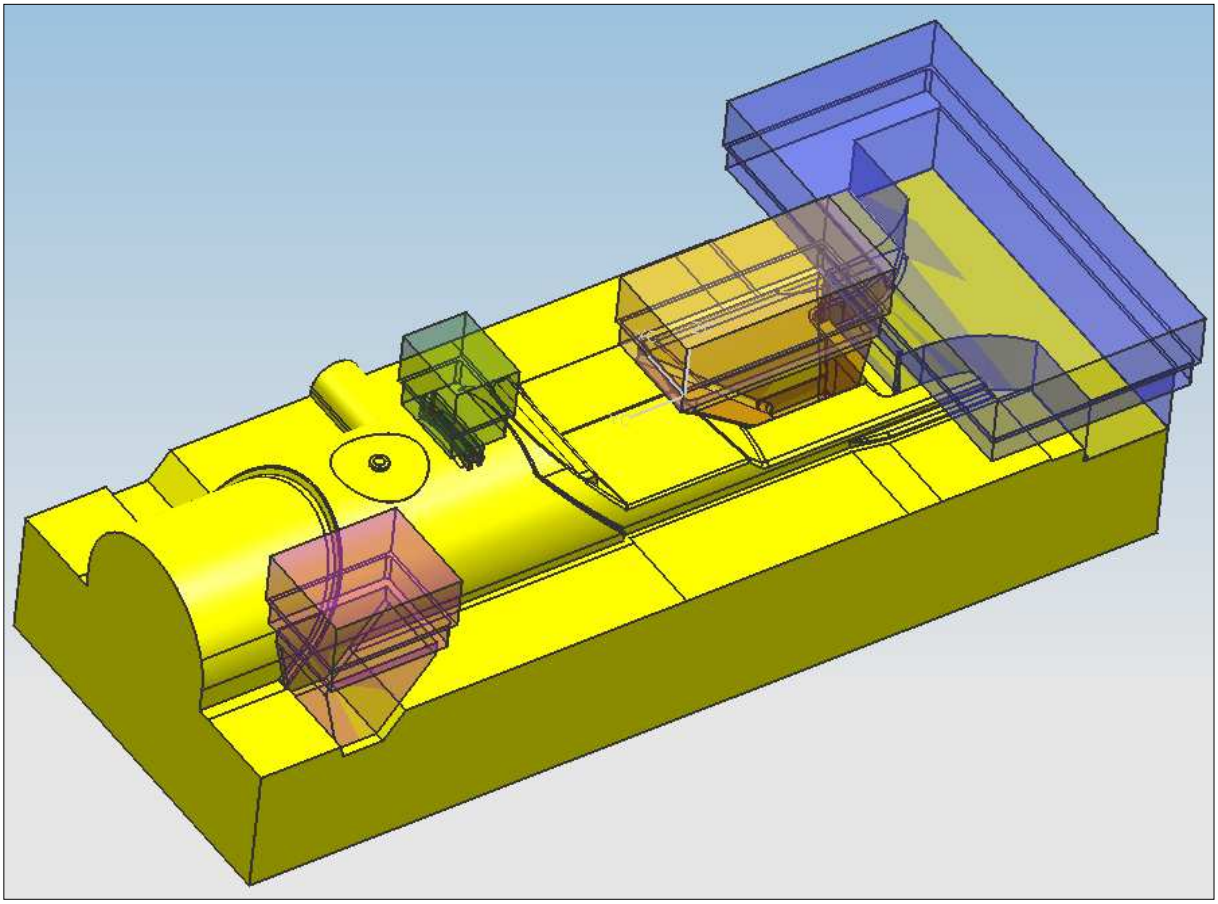
Wykonanie obszarów gniazda formującego o złożonej geometrii za pomocą tradycyjnych metod obróbki wiórowej jest często trudne lub niemożliwe. Obszary takie wykonywane są wówczas przede wszystkim poprzez zastosowanie obróbki elektroerozyjnej. Moduł *NX Mold Wizard* dostarcza specjalne rozwiązania służące do tworzenia geometrii elektrod do drążenia wgłębnego (Rys. 12). Podobnie jak w poprzednich przypadkach Użytkownik przeprowadzany jest krok po kroku przez proces tworzenia elektrod. Sprowadza się to praktycznie do wskazania przez Użytkownika lic stempla lub matrycy, które ma formować elektroda, zdefiniowania jej wymiarów, kształtu półfabrykatu oraz sposobu mocowania. Pozostałe czynności, związane z modelowaniem elektrod są automatycznie wykonywane przez *NX Mold Wizard*.



Rys. 10. Wybrane aspekty tworzenia powierzchni podziału w module *NX Mold Wizard*: a) stosowanie narzędzi modelowania bryłowego podczas zaślepiania wycięć wewnętrznych wypraski, b) grupa poleceń „Mold Tools", wspomagających tworzenie powierzchni podziału, c) interface tzw. kreatora powierzchni podziału, d) geometrii stempla – efekt końcowy modelowania powierzchni podziału



Rys. 11. Powierzchnia podziału współczesnej wypraski wtryskowej



Rys. 12 Stempel formy wtryskowej wraz z elektrodami elektroerozyjnymi