

CATIA V5

– od koncepcji wyrobu do gotowej formy

Marcin Cała, Koltech

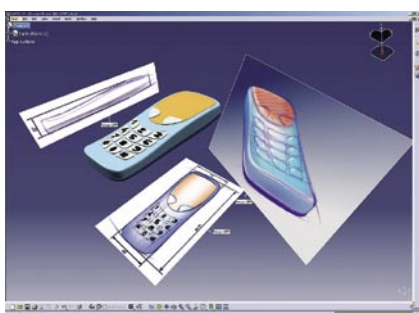
W każdej dziedzinie przemysłu tworzywa sztuczne zwiększają swoją obecność. Elementy samochodu, komputera, telefonu, sprzętu RTV, artykuły gospodarstwa domowego itp. wykonane są z tworzyw sztucznych i uzyskane na drodze wtrysku. Konkurencyjność rynku jest bardzo wysoka, produkty muszą być wysokiej jakości, cały proces produkcyjny i projektowy ma się odbywać w jak najkrótszym czasie i w określonym budżecie.

Zastosowanie tworzyw sztucznych we wszystkich obszarach produkcji przemysłowej wygenerowało wzrastające zapotrzebowanie na szybko produkowane, wysokiej jakości oprzyrządowanie technologiczne do formowania, czyli formy wtryskowe.

Jak widać wymagania narzucone przez rynek wyrobom z tworzyw sztucznych stawiają przed projektantami i narzędziami trudne i wymagające zadania:

- ▶ właściwe wymodelowanie i przygotowanie modelu produktu – wypraski,
- ▶ właściwa budowa i projektowanie narzędzia – formy wtryskowej,
- ▶ właściwe wykonanie narzędzi – zaprojektowanie obróbki.

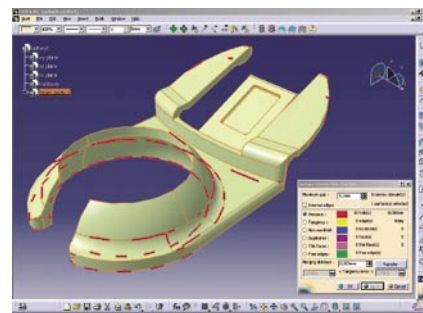
Aby sprostać wysokim wymaganiom całego procesu produkcyjnego zintegrowany system CAD/CAM/CAE – CATIA V5 autorstwa Dassault Systemes oferuje szereg produktów wspomagających pracę inżyniera. Na każdym etapie, począwszy od przygotowania modelu aż do otrzymania gotowej formy system wspomaga i optymalizuje pracę.



Rys. 1. Przejście od dwuwymiarowego szkicu do obiektu 3D



Rys. 2. Przykłady modeli wykonanych w Functional Molded Part



Rys. 3. Naprawa i analiza zaimportowanej powierzchni

Przekazanie dokumentacji – przygotowanie modelu

Podmiotem procesu projektowania, wokół którego koncentrują się wszystkie działania konstrukcyjne i technologiczne (wygenerowanie kodu CNC), jest model wypraski. Biuro konstrukcyjno-technologiczne otrzymuje dokumentację konstrukcyjną wypraski, na bazie której w krótkim czasie musi opracować model wykorzystywany w kolejnych etapach procesu. Do tego celu system CATIA w najnowszej wersji V5R13 oferuje produkty pozwalające na przygotowanie modelu w zależności od formy dostarczonej dokumentacji.

▶ Dokumentacja płaska pochodząca z systemów CAD 2D, formaty graficzne, bitmapy lub szkice odręczne

Pierwsze wizje produktu najczęściej powstają na szkicach, obrazach wykonanych przez stylistów i osoby zajmujące się wzornictwem przemysłowym. Stworzone tam koncepcje często nie mają bliżej opisanych kształtów i wymiarów.

System CATIA poprzez swój nowatorski produkt Freestyle Sketch Tracer umożliwia przetworzenie pracy stylisty w 2D (szkiców odręcznych, skanów, plików rastrowych typu BMP, JPG, itp. do formatu trójwymiarowego 3D. (rys.1) Użytkownik najpierw ustala i pozycjonuje w przestrzeni szkic, następnie w oparciu ten szkic kreśli, wyprowadza geometrię i kształt przyszłego modelu 3D. Tak przygotowany model jest w pełni sparametryzowany i gotowy do użycia w dalszych etapach procesu.

Moduł *Functional Molded Part* jest specjalnie dedykowany dla projektantów elementów z tworzyw sztucznych. Wyposażony jest w komplet tzw. „mega-poleceń” stworzonych z myślą projektowania wyprasek i nadawania im odpowiednich cech (skorupa, żebro, kieszeń itp.) (rys.2) Mega-polecenia zawierają w sobie funkcje podstawowe, jak wyciąganie, otwór, pochylenie, zaokrąglenie itp. Efektem ich użycia jest wstawienie danej cechy do projektowanego modelu. Dodatkowo użytkownik może w dowolnej chwili nadawać cechy i je modyfikować. Przykładowo, najpierw dokonać operacji *shell* (skorupa), a później przypisywać inne własności. W typowym modelowaniu brylowym (*Part Design*) kolejność postępowania ma znaczenie i operacje takie są nie dostępne. W FMP możliwe jest

także projektowanie elementu, np. obudowy z tworzywa, w kontekście złożenia produktu, bądź w oparciu o zaimportowany profil 2D (obiekt bez historii tworzenia) z innego systemu CAD.

Moduł *Functional Molded Part* to całkowicie nowe podejście w otrzymywaniu modeli wyprasek. Konstruktor wypraski posługujący się zdefiniowanymi „mega-poleceniami”, nie musi być specjalistą z zakresu projektowania CAD oraz posiadać kompletnej wiedzy odnośnie metodologii modelowania. Dzięki zdefiniowaniu zaledwie kilku „mega-poleceń”, odzwierciedlających cechy wyprasek z tworzyw sztucznych, projektowanie staje się bardziej intuicyjne. Użytkownik może skierować uwagę na produkt, a nie na wykonywane operacje. Efektem jest znaczne zredukowanie wysiłku oraz czasu potrzebnego na przygotowanie modelu.

► Modele przestrzenne 3D pochodzące z różnych środowisk CAD

Modele te są często dostarczane w formatach neutralnych CATIA V4 oraz z wykorzystaniem translatorów geometrii IGES, STEP oraz VDA. Korzystając z tych translatorów, niewątpliwie spotkać można się z typowymi problemami geometrycznymi oraz topologicznymi, jak rozbicie geometrii na poszczególne płaty powierzchni (IGES), utrata jakości geometrii (brak ciągłości pomiędzy poszczególnymi płatami), dublowanie się płatów czy pojawienie się wadliwych przycięć.

Aby szybko poradzić sobie z tego typu problemami system CATIA udostępnia wyspecjalizowany, bardzo wydajny i przyswajalny moduł *Healing Assistant*. Zawarte w nim narzędzia umożliwiają wykrywanie defektów powierzchni oraz błyskawiczne ich naprawianie i wspólne łączenie. (rys.3) Możemy skorzystać z specjalnych funkcji, które wykryją błędne płaty powierzchni i przeniosą je do osobnej grupy, umożliwiając wykonywanie dalszych analiz. Tak wyselekcjonowane płaty powierzchni można naprawić, m.in. poprzez wygładzenie ich brzegów, poprawienie ich ciągłości oraz usunięcie lokalnych bardzo krótkich krzywych. Kolejnym etapem może być wykrycie wszelkich nieciągłości (dziur) w geometrii i ich „załatanie” poprzez wstawienie nowych płatów (z zachowaniem brzegowych warunków styczności oraz krzywizny) lub dociągnięcie swobodnych krawędzi w zakresie określonej tolerancji.

Ostatnim krokiem naprawienia modelu jest scalenie powierzchni w całość i zmiana geometrii na reprezentację bryłową, która jest całkowicie zgodna z wszystkim aplikacjami systemu CATIA.

► Dokumentacja otrzymana w postaci modelu wzorcowego lub chmury punktów.

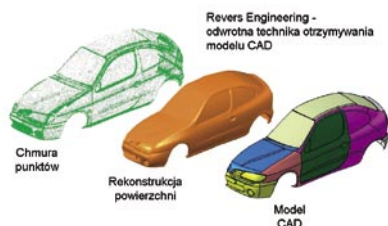
Obecne wymogi, co do estetyki, mody i gustów powodują, iż produkty mają niekonwencjonalne kształty opracowane przez stylistów. Częstym przypadkiem jest dostarczenie dokumentacji wypraski w postaci modelu wzorcowego tzw. master model. Opracowany model wzorcowy, wykonany np. z modeliny, gipsu lub innych formowalnych tworzyw powinien następnie zostać wdrożony do produkcji.

Odpowiedni system sprzężony z maszyną pomiarową, np. skaner 3D, pozwala na przeniesienie (digitalizację) w sposób automatyczny kształtu modelu do przestrzeni 3D w postaci chmury punktów, na podstawie której budowany jest model geometryczny w pełni oddający pierwotny kształt. Technika ta nosi nazwę odwrotnej (wstecznej) inżynierii rozwoju produktu - *Reverse Engineering*.

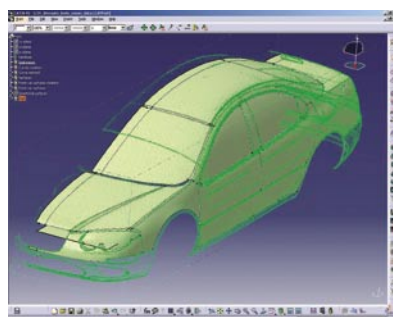
Otrzymane dane poprzez digitalizację należy odpowiednio w kolejnych cyklach obróbić i doprowadzić do postaci powierzchniowej lub bryłowej. Do tego celu system CATIA V5 udostępnia szeroki wachlarz aplikacji.

Digitized Shape Editor pozwala na import i pełną edycję cyfrowej zdyskretyzowanej postaci modelu. (rys.4 i 5) Posiada kompletny zestaw narzędzi do obróbki danych składających się z milionów punktów pomiarowych, które obejmują wygładzanie, próbkowanie oraz filtrowanie. Dostarcza funkcji, dzięki którym można scalać, wyrównywać i grupować punkty. Aplikacja z łatwością może wyselekcjonować charakterystyczne informacje zaimportowanej geometrii i szybko wykorzystać je do stworzenia najważniejszych cech części (krzywe, powierzchnie, krawędzie itp.). Możliwe jest również analizowanie punktów i ich modyfikacja.

Tak przygotowane i przefiltrowane dane trafiają do kolejnego modułu *Quick Surface Reconstruction* gdzie użytkownik łatwo i szybko odbudowuje powierzchnie. (rys.5) Produkt udostępnia narzędzia do tworzenia i manipulowania dowolnymi typami powierzchni (freeform, płaszczyzna, sfera, stożek itp.). Wyspecjalizowane funkcje automatycznie rozpinają powierzchnie NURBS na określonej strukturze, wprowadzając gładkie przejście pomiędzy płatami. Użytkownik może łatwo tworzyć wieloboczne – poligonalne segmenty i uzupełniać rekonstruowaną powierzchnię. Dzięki pełnej analizie otrzymanej powierzchni m.in. ciągłości krzywizny pomiędzy



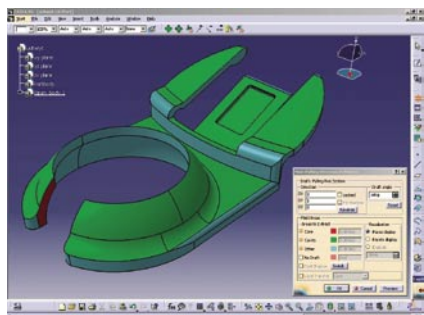
Rys. 4. Odwrotna technika otrzymywania modelu CAD – Reverse Engineering



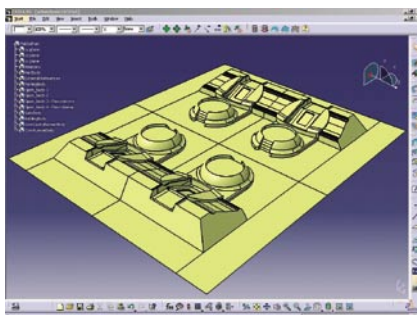
Rys. 5. Rekonstrukcja powierzchni z chmury punktów



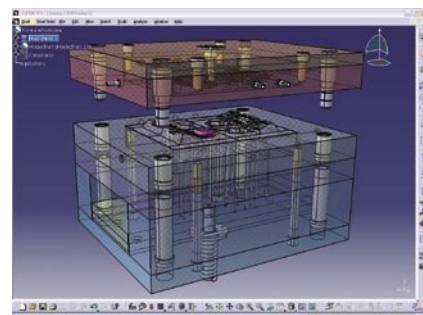
Rys. 6. Przykładowe „rzeźby” kształtu w Shape Sculptor



Rys. 7. Analiza pochyleń



Rys. 8. Powierzchnia podziału formy



Rys. 9. Projektowanie formy

powierzchniami, wielkości odchyłki od oryginału otrzymany model ma zapewnioną najlepszą jakość. Cieniowanie i oświetlenie modelu umożliwia ocenę gładkości powierzchni.

Często bywa tak, że kształty prototypowego modelu wzorcowego nie spełniają oczekiwań np. estetycznych bądź funkcjonalnych. Konstruktor czy stylist, dysponując jedynie chmurą punktów musi w bardzo szybki sposób przygotować kilka wariantów produktu, zanim ostatecznie zostanie on skierowany do produkcji. Budowanie każdego z nich, z wykorzystaniem tradycyjnych funkcji i technik projektowania powierzchniowego, jest procesem niezwykle czasochłonnym.

Korzystając z modułu *Shape Sculptor*, możemy znacznie skrócić ten czas, dzięki „rzeźbieniu” danego kształtu bezpośrednio na chmurze punktów. (rys.6) Dostępne funkcje umożliwiają nadanie jej lokalnych cech, takich jak przetłoczenia, deformacje, wyciągnięcia po krzywych itp. *Shape Sculptor* posiada komplet poleceń (rozbijanie, czyszczenie, wygładzanie) dających możliwości uproszczenia modelu, bądź lokalnego zagęszczenia gdzie będzie dodawana cecha. Dzięki temu, w prosty i dynamiczny sposób można budować przybliżone kształty geometryczne poszczególnych wariantów, celem dokonania oceny spełnionych wymagań. Dopiero po dokonaniu wyboru właściwej wersji projektowanego produktu, następuje odbudowa cyfrowej geometrii powierzchniowej modelu.

Model powierzchniowy stworzony za pomocą wyżej przedstawionych produktów może być następnie wykorzystany w dalszym procesie projektowym

Określenie powierzchni i linii podziału

Dla umożliwienia wyjęcia wypraski z gniazda formującego niezbędny jest jego podział. Zbudowanie powierzchni podziału określającej matrycę, stempel i ewentualne wkładki przesuwne jest jednym z najbardziej czasochłonnnych zadań stojących przed konstruktorem formy.

Szybkie i sprawne określenie powierzchni podziału formy umożliwia specjalistyczny produkt *Core & Cavity Design*. Produkt udostępnia funkcje, dzięki którym można m.in. łatwo uwzględnić kurczliwość wypraski, czyli przeskalować model na każdym z kierunków, sprawdzić technologiczność modelu, zaokrąglenia czy grubości ścianek.

Kolejnym etapem jest przeprowadzenie analizy pochyleń ścianek modelu i na jej podstawie wyznaczenie linii podziału formy. (rys.7)

Jednocześnie wyselekcjonowane zostają obszary powierzchni modelu, które odzwierciedlają kształt matrycy i stempla. Następnie, na podstawie otrzymanej linii podziału użytkownik określa płaszczyznę podziału i scala w jedną całość z wcześniej otrzymanymi powierzchniami określającymi geometrię matrycy i stempla. (rys.8) Tak przygotowane powierzchnie posłużą później do podziału formy. Operacje te mogą zostać wykonane całkowicie automatycznie (nieskomplikowane modele) lub z wykorzystaniem narzędzi półautomatycznych.

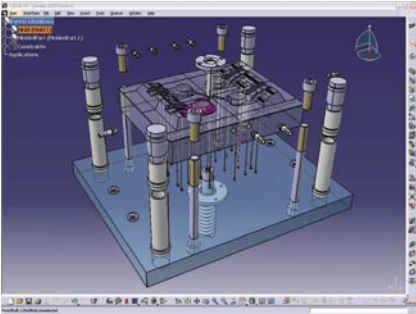
Jeżeli forma ma strukturę wielogniazdową, ostatecznym krokiem jest szybkie symetryczne odbicie otrzymanych powierzchni dzielących formę. (rys.8) Z tak przygotowanym modelem można przystąpić do projektowania samej formy.

Konstrukcja formy

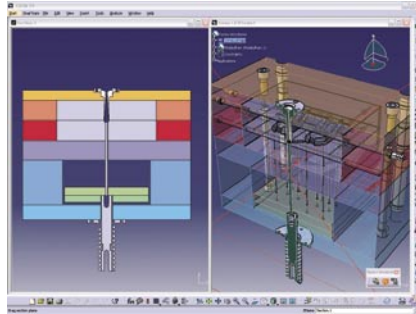
Moduł *Mold Tooling Design* systemu CATIA V5 udostępnia narzędzia do zautomatyzowanego konstruowania kompletnej formy wtryskowej. Zawiera szereg norm i katalogów elementów znormalizowanych firm DME, Eoc, Futuba, Hasco, Meusburger, Pcs, Pedrotti, Rabourdin, Strack, a także polskie normy firmy FCPK Bytów opracowane i dostarczane wyłącznie przez partnera IBM firmę Koltech. Oczywiście konstruktor ma pełną swobodę w modyfikowaniu i rozbudowywaniu tych katalogów.

Korpus formy, płyty formujące konstruktor dobiera dowolnie bądź z katalogu. (rys.9) Dobry korpus nie ma jeszcze wyszczególnionych elementów formujących, czyli matrycy i stempla. W tym celu należy dokonać podziału powierzchniami przygotowanymi na modelu wypraski, operację tą przeprowadza się niemalże jednym posunięciem - należy jedynie wskazać powierzchnię podziału dla poszczególnych płyt formujących.

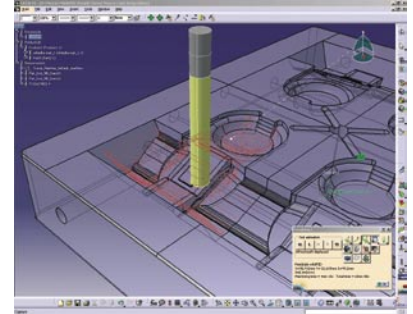
Następnym krokiem jest wyposażenie korpusu w odpowiednie komponenty standardowe. Korzystając z bibliotek można wstawić takie elementy, jak: pierścienie ustalające, kołki i tuleje prowadzące, tuleje wlewowe, wypychacze, suwaki, śruby mocujące, wkładki itp. (rys.10) Mogą one być łatwo wyszukiwane i pobierane z odpowiednimi wymiarami spełniającymi oczekiwania konstruktora. Geometria tych komponentów została tak zaprojektowana i sparametryzowana, że w momencie ich wstawienia automatycznie wykonywane są osadzenia i



Rys. 10. Elementy znormalizowane



Rys. 11. Analiza przestrzenna formy



Rys. 12. Wygenerowanie ścieżek i kodów sterujących obrabiarkami CNC

otwory dla wstawianego elementu w odpowiednich płytach. Wcześniej przygotowane powierzchnie podziału formy (rys.8) posłużą nie tylko do podziału na matrycę i stempel, ale mogą być również wykorzystywane do przycięcia wybranych komponentów np. wypychaczy lub tulei wlewowych.

System także udostępnia specjalne funkcje do tworzenia kanałów chłodzących, wlewowych, doprowadzających i przewęzek. Konstruktor na dowolnym etapie projektu może zmieniać parametry np. średnice kanałów, zmiany te są automatycznie uwzględniane w całej konstrukcji formy.

Oczywiście projektowanie formy to nie wszystko. Wielofunkcyjny system CATIA V5 pozwala użytkownikowi na przeprowadzanie wszelkiego rodzaju analiz. Dostępne są zaawansowane możliwości wykonywania analiz przestrzennych kompletnych modeli form pod kątem poszukiwania elementów i podzespołów w układzie kolizyjnym (rys.10 i 11), jak również analiz kinematycznych i wytrzymałościowych.

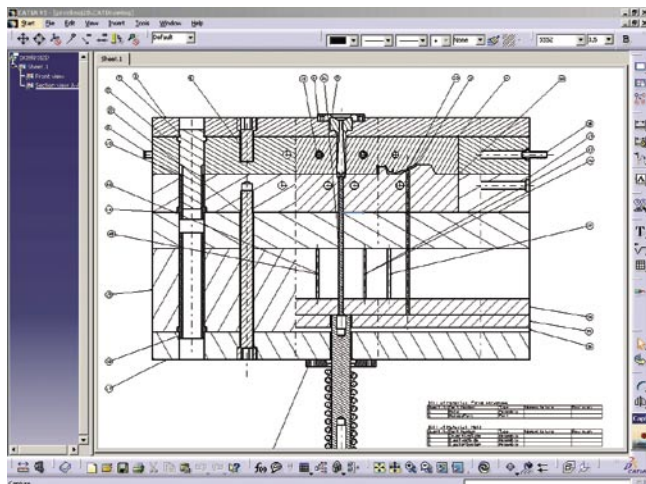
Projektowanie technologii – obróbka gniazd

Efektom końcowym jest zaprojektowanie obróbki i wykonanie gniazd formy. Grupa produktów NC Manufacturing, dostępnych w programie CATIA V5, zabezpieczy potrzeby w zakresie wytwarzania 2.5 – 5 osi. Zintegrowane produkty Lathe, Prismatic, Surface oraz Advanced Machining umożliwiają generowanie ścieżek narzędziowych według różnorodnych cykli oraz wykonanie ich symulacji przy jednoczesnym uzyskaniu bieżących informacji na temat posuwów, położenia i orientacji narzędzia oraz czasie obróbki. (rys.12) Różnorodne analizy obróbki (np. graficzna symulacja wybierania materiału) pozwalają kontrolować nadatki pozostałe po wykonaniu poszczególnych cykli. Umożliwiają również szybkie wykrywanie podcięć, kolizji narzędzi oraz oprawki z materiałem, a także dobór optymalnych narzędzi (np. minimalna dopuszczalna długość frezu). Technolog ma do dyspozycji wiele bibliotek narzędziowych m. in. narzędzia frezarskie, wiertarskie i tokarskie. Standardowo system wyposażony jest w kilkadziesiąt postprocesorów (autorstwa firm IMS, Cenit oraz ICAM) obsługujących różne sterowania CNC (np. Sinumerik, Okuma, Heidenhain, Fidia, Fanuc, Maho, Acramatic itp.)

Wszystkie produkty z grupy NC Manufacturing są zgodne z standardem HSM (*High Speed Milling*) - frezowania z dużą prędkością. Jakość powierzchni uzyskiwaną metodą frezowania HSM wyeliminowała konieczność stosowania czasochłonnego polerowania powierzchni formujących, które było niezbędne przy stosowaniu drążenia elektroiskrowego.

Pełne powiązanie (asocjatywność) poszczególnych etapów procesu projektowego z projektowaniem wytwarzania oznacza możliwość automatycznego skorygowania ścieżek narzędzia po wprowadzeniu ewentualnych zmian projektowych w modelu wypraski lub samej formy.

Podsumowaniem wygenerowanych programów sterujących obrabiarkami CNC są raporty zapisywane w formatach tekstowych



Rys.13. Automatyczne generowanie dokumentacji 2D

do projektowania swoich produktów zaawansowane systemy inżynierskie, jak CATIA V5, stają się bardziej konkurencyjne na rynku i zyskuje przewagę nad producentami stosującymi mniej nowoczesne technologie. ■

oraz HTML. Zawierają one pełne zestawienie wykorzystanych maszyn, narzędzi, opravek oraz parametry poszczególnych cykli obróbczych.

Przygotowanie dokumentacji 2d

W narzędziowniach nadal podstawowym nośnikiem informacji jest papier i dokumentacja 2D. Aby pokazać budowę formy i ułatwić montaż wykonuje się przekroje formy. Tworzone są rysunki wykonawcze elementów.

Korzystając z modułu *Drafting* bardzo szybko sposób można stworzyć dokumentację płaską. System automatycznie generuje rzuty płaskie na podstawie geometrii 3D. (rys.13) Użytkownik ma do dyspozycji wiele pomocnych funkcji odpowiednich do sporządzania dokumentacji warsztatowej. Podstawowe to wymiarowanie, kreskowanie, oznaczanie chropowatości, pasowań itp. Przekroje uzyskiwane są w pełni automatycznie, należy jedynie wskazać jego przebieg. (rys.13)

Na uwagę zasługują duże możliwości systemu CATIA w pozyskiwania dokumentacji konstrukcyjnej w różnej formie i z różnych środowisk CAD, następnie łatwe jej przekonwertowanie bądź naprawienie.

Wszystkie operacje odbywają się w sparametryzowanym i połączonym wzajemnymi relacjami środowisku. Przykładowo, modyfikacje modelu wypraski są automatycznie aktualizowane i uwzględniane w konstrukcji formy, programie CNC i ostatecznie w dokumentacji 2D. Konstruktor nie musi na nowo definiować powierzchni podziału, czy kształtu elementów formujących. To powiązanie zmian i aktualizacji w projekcie oznacza znaczne skrócenie czasu potrzebnego na ponowne modelowanie i projektowanie formy. Ten rodzaj inteligentnej technologii przyspiesza opracowanie projektu formy, znacznie ułatwia jego modyfikację i eliminuje ewentualne błędy. Wiąże się ze znacznym obniżeniem kosztów.

Skrócenie czasu realizacji przyjmowanych zleceń oraz wyeliminowanie błędów stały się kryteriami obowiązującymi w doborze kooperantów i poddostawców części i maszyn. Przedsiębiorstwo, wykorzystujące