

Nowoczesne metody kształtowania geometrii projektowanych detali

■ MAREK BIELIŃSKI, ADAM BUDZYŃSKI,
WOJCIECH BIENIASZEWSKI, RAFAŁ STRZYŻ



Głównym celem działania większości instytucji zajmujących się przetwórstwem materiałów polimerowych jest wprowadzanie na rynek konsumencki nowych wytworów. Dokonuje się wielu starań, aby czas liczony od chwili zaistnienia potrzeby wdrożenia nowych produktów, aż do chwili ich rzeczywistego zaistnienia na rynku był jak najkrótszy. Poza tym zwraca się szczególną uwagę na to, aby jakość wytwarzanych detali była jak najlepsza.

Dążenia te można zrealizować przede wszystkim poprzez wykorzystanie nowoczesnych narzędzi numerycznych, zarówno w procesie projektowania i konstruowania produktów, jak również oprzyrządowania, niezbędnego do ich wytworzenia. Narzędziami tymi są m.in. komputerowe programy służące do wspomagania prac projektowo-konstrukcyjnych w branży mechanicznej 3D MCAD (ang. *Mechanical Computer Aided Design*).

W artykule przedstawiono przykłady nowoczesnych metod modelowania 3D MCAD technologicznych detali, wykonywanych metodą wtryskiwania materiałów polimerowych. Zadeemonstrowano również metody częściowego zautomatyzowania modelowania 3D MCAD gniazd formujących. W pracy wykorzystano oprogramowanie UGS Solid Edge.

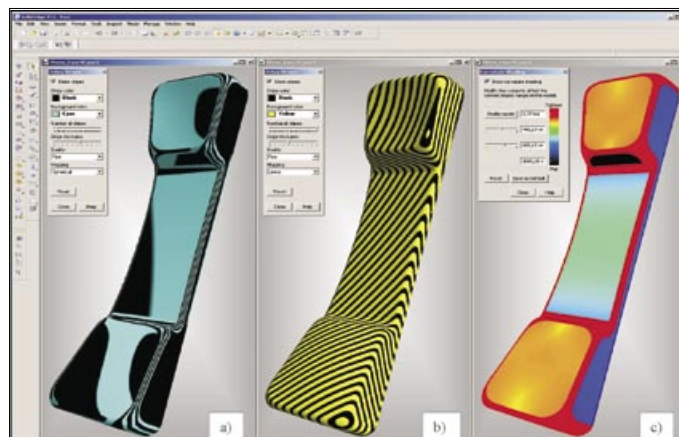
Analiza kształtu detalu

W związku z coraz większymi wymaganiami rynku konsumenckiego, dotyczącego zwiększania ergonomii i estetyki produktów, wykonywanych metodą wtryskiwania materiałów polimerowych, konstruktor powinien mieć możliwość łatwego i wydajnego modelowania 3D detali o złożonej geometrii, a także przeprowadzenia wybranej analizy otrzymanego kształtu. W wielu przypadkach detale projektuje się na podstawie szkiców koncepcyjnych, wykonanych przez specjalistów z branży wzornictwa przemysłowego i ergonomii, co poza spełnieniem przez kształt detalu określonych kryteriów nie gwarantuje jego technologiczności. Jednym z kluczowych narzędzi, służących do weryfikacji kształtu produktów w nowoczesnym systemie 3D MCAD, jest tzw. analiza typu „zebra”, polegająca na rzucaniu prążków pomiarowych na lica modelowanego detalu. Analizę tę można przeprowadzić w systemie UGS Solid Edge dwiema metodami: sferyczną i liniową. Dzięki „zebrze sferycznej” (rys. 1a) istnieje możliwość zaobserwowania rodzaju ciągłości powierzchni oraz płynności zmian jej krzywizny. Analizę typu „zebra liniowa” (rys. 1b) stosuje się do wizualizacji topologicznej lic detalu, co może być szczególnie przydatne w celu wyznaczenia ognisk

wklęsłości i wypukłości poszczególnych lic modelowanego produktu, a także znalezienia krawędzi przegięcia. Kolejnym rodzajem analizy kształtu produktu jest weryfikacja wartości promienia krzywizny jego poszczególnych lic (rys. 1c). Dzięki stosowaniu tego narzędzia numerycznego istnieje możliwość znalezienia fragmentów modelu 3D MCAD projektowanego detalu, w których promień krzywizny przyjmuje określone wartości, ewentualnie wartości mniejsze lub większe od wskazanych. Wszystkie wymienione narzędzia numeryczne są niezbędne w celu zwiększenia jakości produktu, przede wszystkim poprzez zwiększenie jego estetyki oraz ergonomii.

Kompleksowe narzędzia służące do modelowania typowych elementów detali

W bardzo wielu przypadkach detale z tworzyw polimerowych, wchodzące w skład produktów codziennego użytku, zawierają tzw. elementy typowe, np. kratki wentylacyjne, wsporniki montażowe, sieci żeber, zatrzaśki itd. W nowoczesnym systemie 3D MCAD elementy takie wykonuje się z zastosowaniem zaledwie jednej operacji bryłowej – są to tzw. superoperacje (ang. *superfeatures*). Na rys. 2 przedstawiono przykład zamodelowania kratki głośnikowej w modelu 3D obudowy telefonu, w której uwzględniono jej wymiary zewnętrzne, liczbę i grubość żeber i wsporników, fakt ich ewentualnego przedłużenia poza wymiary zewnętrzne kratki, wzajemne przesunięcie żeber i wsporników względem lica odniesienia, kierunek i wartość kąta pochylenia ścianek, a także zaokrąglenie powstałych pomiędzy nimi krawędzi.

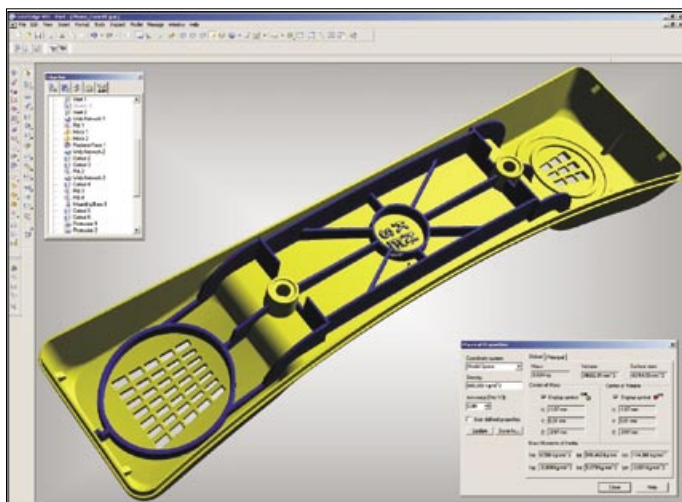


Rys. 1. Efekt stosowania analiz kształtu obudowy telefonu, modelowanego w UGS Solid Edge: a) „zebra sferyczna”, b) „zebra liniowa”, c) weryfikacja wartości promienia krzywizny lic detalu

Na rys. 3 przedstawiono model 3D obudowy telefonu, w którym wygenerowano złożony zespół żeber wzmacniających, za pomocą jednego polecenia *Sieć żeber*. Narzędzie to jest wyjątkowo pomocne w procesie konstruowania MCAD detali z tworzyw polimerowych, ponieważ wygenerowane z jego pomocą żebra wzmacniające mogą ulec automatycznemu wydłużeniu do najbliższej ścianki detalu poza naszkicowany zarys, zarówno w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny podziału, jak i w płaszczyznach do niej prostopadłych, tj. w płaszczyznach przyrostu każdego z żeber. W trakcie modelowania złożonego zespołu żeber wzmacniających możliwe jest również zdefiniowanie kierunku i wartości kąta pochylenia ich ścianek.

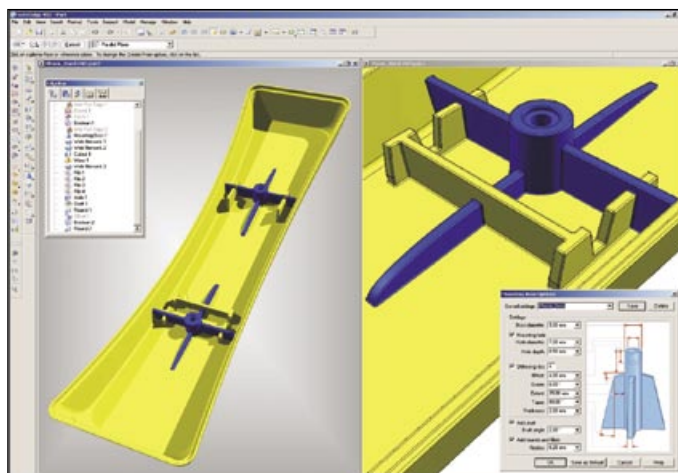


Rys. 2. Kratka głośnikowa w modelu 3D obudowy telefonu, wykonana z zastosowaniem narzędzia Wentylacja



Rys. 3. Złożona sieć żeber wzmacniających detal, wykonana jednym poleceniem systemu UGS Solid Edge

Kolejnymi typowymi elementami detali wykonywanych metodą wtryskiwania materiałów polimerowych są występy montażowe (rys. 4), które można modelować w systemie Solid Edge pojedynczo lub w całych zespołach. Korzystając z nowoczesnego narzędzia numerycznego, modele 3D MCAD występow montażowych mogą uwzględniać, poza średnicą występu, szereg parametrów opcjonalnych, tj. średnicę i głębokość otworu montażowego, liczbę i grubość żeber występu, wartość odsunięcia ich lica górnego od czołowego lica występu, rozpiętość żeber, kąt ścięcia ścian czołowych i bocznych żeber, kierunek i wartość pochylenia ich ścianek bocznych, a także wartość promienia zaokrąglenia utworzonej krawędzi.

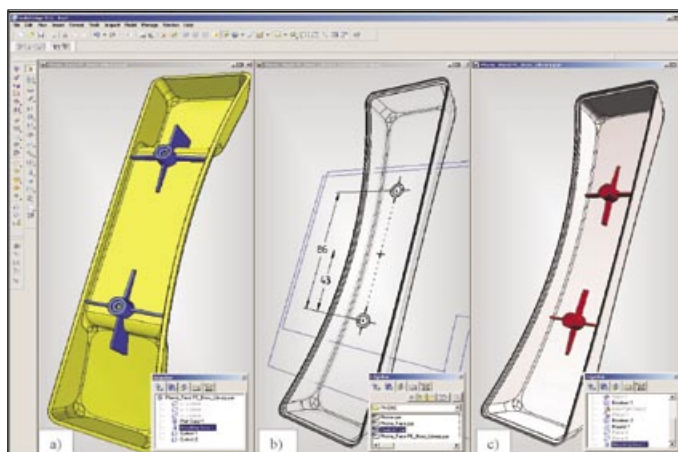


Rys. 4. Para występów montażowych, wykonana w modelu 3D obudowy telefonu dzięki jednej „superoperacji”

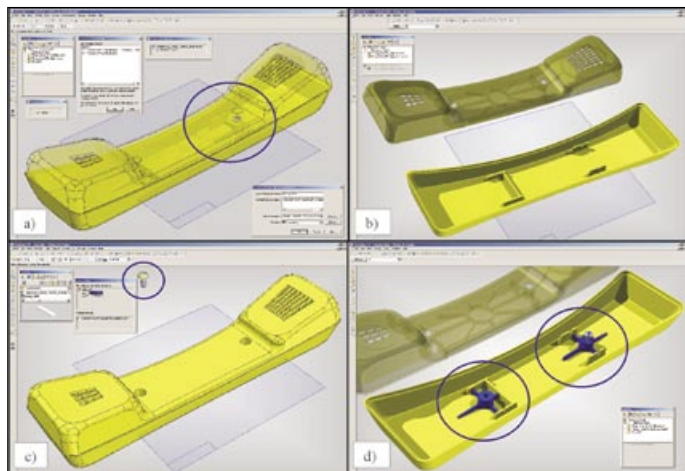
Wybrane metody częściowego zautomatyzowania czynności powtarzalnych

Podczas procesu projektowo-konstrukcyjnego MCAD detali wykonywanych metodą wtryskiwania materiałów polimerowych może zaistnieć potrzeba wielokrotnego wykonania identycznych operacji generujących złożone elementy typowe w wielu różnych modelach 3D. W nowoczesnym systemie MCAD istnieje możliwość skopiowania złożonej operacji bryłowej z modelu bazowego, a następnie wykonania identycznej operacji w zupełnie innym modelu, bez konieczności ponownego definiowania jej parametrów. Na rys. 5 zaprezentowano przykład skopiowania operacji utworzenia pary złożonych występow montażowych w modelu jednej z części obudowy telefonu (5a), wstawienia zarysu operacji do modelu drugiej części obudowy (5b) i natychmiastowego wykonania w nim żądanej operacji bryłowej (5c).

Znacznie wydajniejszym sposobem częściowego zautomatyzowania procesu konstruowania 3D MCAD złożonych detali z materiałów polimerowych jest możliwość automatycznego wykonania w modelu detalu wybranych elementów (np. występow montażowych) w sytuacji, gdy model ten wejdzie w skład określonego zespołu części. Jeżeli zespołem tym jest np. model kompletnej słuchawki telefonicznej, obecność występow montażowych w odpowiednich częściach jej obudowy



Rys. 5. Wykonanie identycznej operacji utworzenia pary wsporników montażowych w różnych modelach 3D: a) skopiowanie operacji z modelu bazowego, b) wstawienie zarysu operacji do nowego modelu, c) automatyczne wykonanie operacji identycznej ze skopiowaną

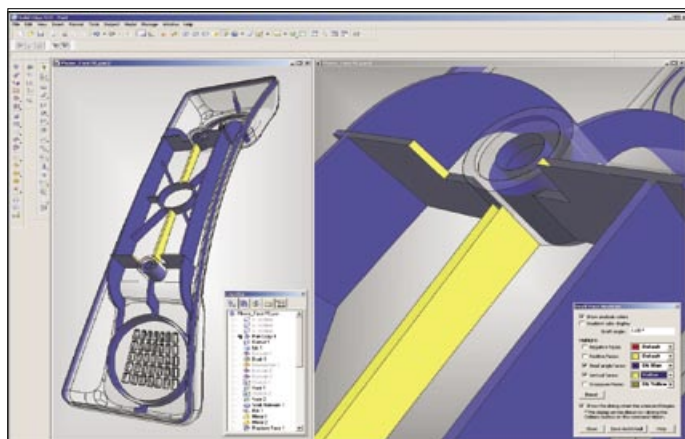


Rys. 6. Proces samoczynnego generowania występów montażowych po ustawieniu do zespołu detali „inteligentnego” modelu 3D wkrętu: a) rozbudowanie modelu wkrętu w zespole bazowym, b) inny zespół, w którym występy nie zostały jeszcze wykonane, c) umieszczenie modelu wkrętu w nowym zespole, d) samoczynne wykonanie występów montażowych po umieszczeniu łącznika gwintowego

jest niezbędna do celu montażu detali rzeczywistych. Na rys. 6 przedstawiono proces samoczynnego generowania pary odpowiednich występów montażowych w wybranym modelu obudowy, będącej komponentem kompletnej słuchawki telefonicznej. Występy te zostaną natychmiast wykonane np. po wstawieniu jednego z modeli wkrętów, łączących obydwie części obudowy, do zespołu 3D. Warunkiem koniecznym zaistnienia tego procesu jest rozbudowanie modelu MCAD wkrętu o informacje dotyczące parametrów wybranych operacji, a także półautomatycznego umieszczenia się w zespole części (6a), co można przeprowadzić np. w modelu bazowym. Podczas pracy z innym zespołem 3D detali, w których występy montażowe nie zostały jeszcze wykonane (6b), po wstawieniu do niego inteligentnego modelu wkrętu (6c), występy montażowe zostaną natychmiast wykonane (6d).

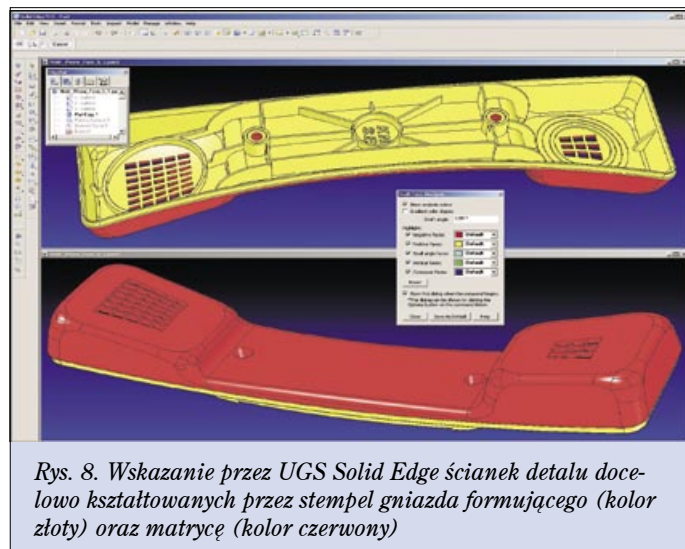
Analiza kierunku i wartości kąta pochylenia ścianek modelu 3D detalu

W celu minimalizacji ryzyka zaprojektowania detalu, który okaże się w praktyce nietechnologiczny (np. trudno usuwalny z formy), w nowoczesnym programie 3D MCAD istnieje



Rys. 7. Wskazanie przez system UGS Solid Edge wybranych nietechnologicznych fragmentów detalu: ścianki detalu o zbyt małym kącie pochylenia (kolor niebieski); ścianki pionowe (kolor żółty)

ją narzędzia służące do weryfikacji poprawności kierunku i wartości kąta pochylenia ścianek detalu, a także poprawności podziału ścianek na części matrycowe i stempłowe. Na rys. 7 przedstawiono efekt analizy pochylenia ścianek detalu błędnie zaprojektowanego – system Solid Edge samoczynnie wykrył i wskazał konstruktorowi m.in. lokalizację ścianek o zbyt małej wartości kąta pochylenia (kolor niebieski) oraz ścianek pionowych, tj. prostopadłych do płaszczyzny podziału (kolor żółty). Po usunięciu wszystkich wskazanych błędów (rys. 8), nowoczesny program MCAD jest w stanie wskazać wszystkie lica detalu kształtowane docelowo przez stempel gniazda formującego (kolor pomarańczowy) oraz matrycę (kolor czerwony).



Rys. 8. Wskazanie przez UGS Solid Edge ścianek detalu docelowo kształtowanych przez stempel gniazda formującego (kolor żółty) oraz matrycę (kolor czerwony)

Modelowanie gniazda formującego z zastosowaniem systemu 3D MCAD

Proces modelowania gniazda formującego detalu, wykonywany metodą wtryskiwania materiałów polimerowych, należy rozpocząć od przeskalowania modelu ze względu na zjawisko skurczu detalu rzeczywistego. W systemie Solid Edge bardzo łatwo skaluje się modele izo-, jak również anizotropowo. Kolejnym krokiem pracy konstruktora jest wyznaczenie krawędzi podziału modelu. Dzięki zastosowaniu narzędzi nowoczesnego systemu 3D MCAD krawędź ta może zostać automatycznie odnaleziona i wskazana na modelu za ledwie po wskazaniu płaszczyzny podziału gniazda formującego (rys. 9a). Istnieje również możliwość wygenerowania zbioru powierzchni podziału poprzez utworzenie powierzchni normalnych do ścian detalu na długości utworzonej uprzednio krawędzi podziału (9b). Po pokryciu modelu detalu blokiem bryłowym i dokonaniu jego podziału z wykorzystaniem algebry Boola, w łatwy sposób wygenerować można modele 3D stempla i matrycy gniazda formującego detalu (9c).

Asocjatywny model 3D MCAD gniazda formującego

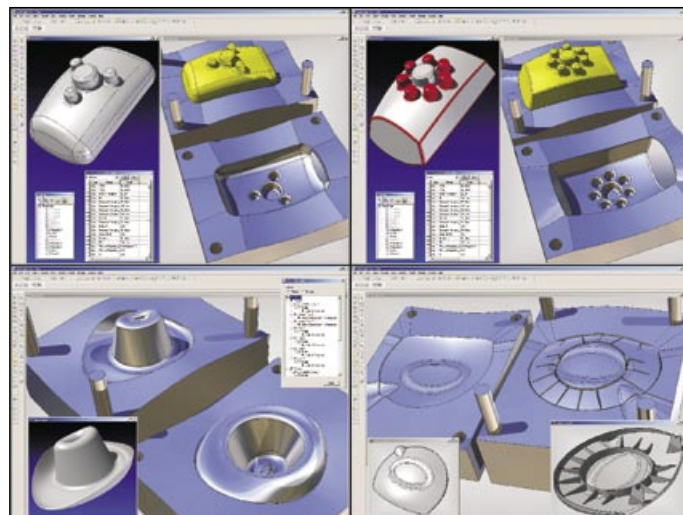
W nowoczesnym systemie 3D MCAD UGS Solid Edge możliwe jest zbudowanie modelu asocjatywnego gniazda formującego detalu wykonywane metodą wtryskiwania materiałów polimerowych (rys. 10). Asocjatywność gniazda oznacza automatyczne dostosowanie geometrii modelu 3D stempla i matrycy (za wiedzą i zgodą konstruktora) do wszelkich zmian modelu detalu, a także do zamiany formowanego detalu na zupełnie inny detal. Na rys. 10a przedstawiono model gniazda formującego wybrany detal początkowy. Z chwilą

zmiany dowolnych parametrów detalu, np. liczby walcowych wypustów lub wartości promienia zaokrąglenia wybranych krawędzi, modele stempla i matrycy ulegają natychmiastowej aktualizacji (10b). Z chwilą zamiany modelu formowanego produktu na model całkowicie innego produktu, model 3D MCAD gniazda również dostosuje natychmiast swą geometrię do kształtu nowego detalu (10c, d).

Wnioski

Dzięki stosowaniu przedstawionych narzędzi, obecnych w nowoczesnym systemie 3D MCAD UGS Solid Edge, można w znacznym stopniu skrócić czas projektowania i konstruowania produktów wprowadzanych na rynek konsumencki. Przydatne w tym celu są narzędzia numeryczne, służące do modelowania złożonych elementów typowych detali, a także możliwość ich wielokrotnego używania podczas modelowania różnych detali, z zachowaniem stałych wartości wybranych parametrów operacji. Wykorzystując możliwość zbudowania asocjatywnego modelu gniazda formującego detale z materiałów polimerowych, można w krótkim czasie poprawnie zamodelować gniazda formujące wiele detali, znacznie różniących się pod względem geometrycznym.

Posługując się narzędziami, służącymi do weryfikacji technologiczności modelowanych detali, uniknąć można kosztow-



Rys. 10. Przykład modelu 3D gniazda formującego detal, dostosowującego się do zmian kształtu detalu oraz zamiany detalu na całkowicie inny: a) detal początkowy, b) detal początkowy o zmienionych wartościach parametrów wybranych operacji, c), d) nowe detale umieszczone w tym samym gnieździe

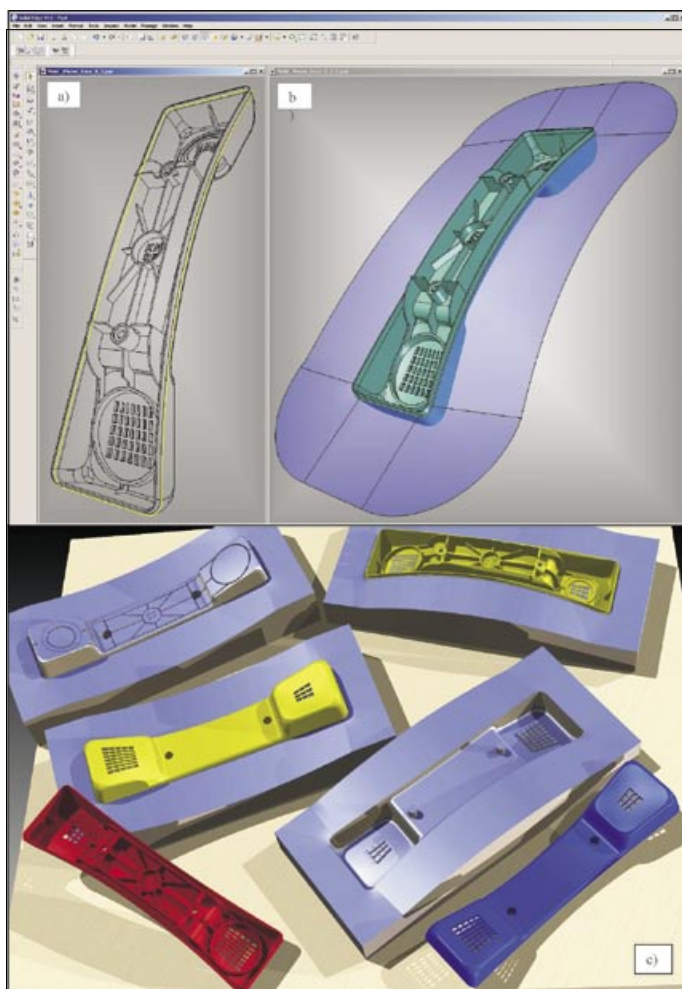
nych poprawek dokumentacji technicznej detalu i gniazda formującego, a także ewentualnych modyfikacji gniazd już wytworzonych.

Stosując przedstawione nowoczesne narzędzia, służące do analizy estetyki i ergonomii kształtu detalu, znacznie zwiększa się prawdopodobieństwo zaistnienia sprzedaży produktu na oczekiwanym poziomie.

Wobec powyższego, wykorzystanie przedstawionych narzędzi numerycznych systemu UGS Solid Edge przyczynia się do zwielokrotnienia zysków, które można uzyskać z tytułu wdrażania na rynek konsumencki nowych produktów, w których skład wchodzi detale wytwarzane metodą wtryskiwania tworzyw polimerowych.

Literatura

- [1] G. KAZIMIERCZAK: *Solid Edge 8/9*. Helion, Gliwice 2001.
- [2] G. KAZIMIERCZAK, B. PACULA, A. BUDZYŃSKI: *Solid Edge – Komputerowe wspomaganie projektowania*, Helion, Gliwice 2004.
- [3] J. PIELICHOWSKI, A. PUSZYŃSKI: *Technologia tworzyw sztucznych*, WNT, Warszawa 1998.
- [4] H. SAECHTLING: *Tworzywa sztuczne. Poradnik*, WNT, Warszawa 1999.
- [5] R. SIKORA: *Obróbka tworzyw wielkocząsteczkowych*, Wydawnictwa Edukacyjne Zofii Dobkowskiej, Warszawa 1996.
- [6] W. SZLEZYNGIER: *Tworzywa sztuczne*, Wydawnictwo Oświatowe FOSZE, Rzeszów 1998.
- [7] H. ZAWISTOWSKI: *Rozwój konstrukcji form wtryskowych*, Plastech, Warszawa 2003.
- [8] H. ZAWISTOWSKI: *Nowoczesne formy wtryskowe. Problemy konstrukcji i użytkowania*, Plastech, Warszawa 2001.
- [9] W. ZDUN: *Solid Edge Mold Tooling*, TS Raport 1/2004, Wadim Plast, Michałowice 2004.
- [10] www.ugs.pl
- [11] www.knse.pl



Rys. 9. Zautomatyzowane czynności zmierzające do otrzymania modeli MCAD stempla i matrycy gniazda formującego detal: a) uwzględnienie skurczu detalu i wykrycie przez system 3D krawędzi podziału modelu, b) wygenerowanie powierzchni podziału, c) podział bloku brylowego na stempel i matrycę

Praca została przedstawiona podczas Konferencji Naukowej „Materiały polimerowe i ich przetwórstwo” zorganizowanej przez Politechnikę Częstochowską w dniach 10–12.10.2004 r.