

Mirosław Ferdynus ¹⁾

ANALIZA JAKOŚCI POWIERZCHNI I TECHNOLOGICZNOŚCI WYROBU W SYSTEMIE CATIA V5 NA PRZYKŁADZIE MODELU OBUDOWY LUSTERKA SAMOCHODOWEGO

Streszczenie: W artykule przedstawiono możliwości profesjonalnego systemu Catia v5 w zakresie analizy jakości powierzchni i technologiczności wyrobów o cechach powierzchniowych. Konkretnie narzędzia programu, ich możliwości, opisano na przykładzie zaawansowanego modelu obudowy lusterka samochodowego. Zaprezentowano sposoby naprawy wadliwych płatów powierzchniowych.

Słowa kluczowe: Ciągłość, gładkość, jakość powierzchni, płat powierzchni, technologiczność wyrobu, Catia v5.

WSTĘP

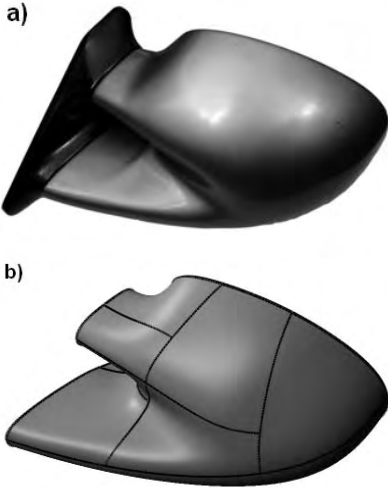
Coraz większe wymagania rynku dotyczące kształtu wyrobów codziennego użytku a jednocześnie stały rozwój zaawansowanych systemów CAx do ich projektowania i wytwarzania, jak odwieczne koło napędowe postępu „potrzeba - możliwość jej zaspokojenia”, od wielu lat stymulują rozwój wielu branż przemysłu. Ogromne znaczenie w tym mechanizmie ma możliwość oceny na etapie projektowania czy wyrafinowany wyrób o cechach powierzchniowych spełnia wymagania wizualne, estetyczne i technologiczne. W niniejszej publikacji przedstawiono nowatorskie narzędzia systemu Catia v5 do analizy jakości powierzchni i technologiczności wyrobu w kontekście zaawansowanego projektu powierzchniowego obudowy lusterka samochodowego. Model powierzchniowy części zbudowany jest zazwyczaj z wielu płatów. Tak jest w przypadku projektowanej obudowy. Na rysunku 1 przedstawiono obudowę lusterka samochodu BMW E36 oraz model identycznej obudowy wykonany w module Generative Shape Design systemu Catia v5. Model taki już na etapie definiowania tychże płatów powinien zapewniać wymaganą ciągłość, która jest istotna z co najmniej dwóch powodów: technologiczności wyrobu oraz jego estetyki [1].

JAKOŚĆ MODELU POWIERZCHNIOWEGO

O jakości modelu powierzchniowego decyduje między innymi jakość konturów, na których tworzące go powierzchnie są rozpinane. Jakość konturów to przede wszystkim ich ciągłość i gładkość. W zależności od tego, jakie kryteria

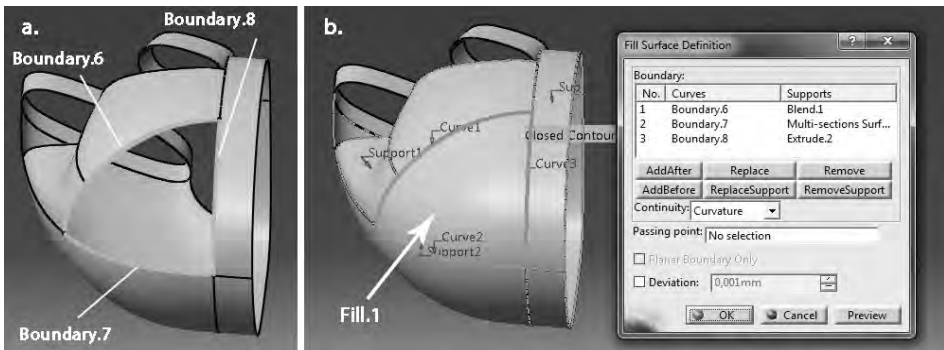
¹ Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn.

zachowane są w miejscu styku, w teorii systemów CAD rozróżnia się następujące rodzaje ciągłości: geometryczna - G0, styczności - G1, krzywizny - G2 oraz zmian krzywizny - G3.



Rys. 1. a) lusterko samochodu BMW E36, b) model obudowy składający się z płatów powierzchniowych
Fig. 1. a) car rear-view mirror of BMW E36, b) housing model consisting of sheets of surface

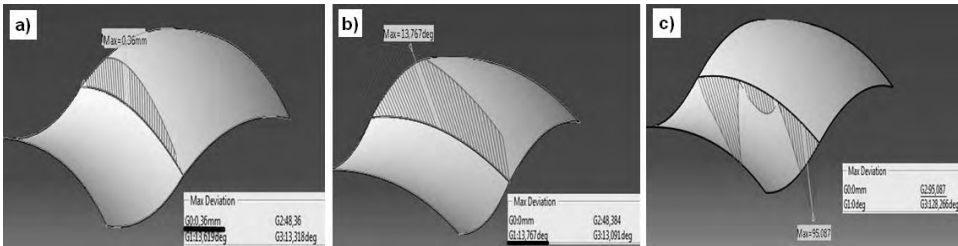
Konstruktor oprócz zdefiniowania krzywej, powinien poddać ją analizie i ocenić jej przydatność do zastosowania w modelu powierzchniowym. Nie może być mowy o dobrej jakości powierzchni, jeśli kontur, na którym ona powstaje jest złej jakości. Analiza jakości konturów w środowisku Generative Shape Design jest bardzo szerokim zagadnieniem niezwyklej wagi, lecz ze względu na ograniczoną objętość artykułu została ona pominięta. W niniejszym opracowaniu skoncentrowano się zatem głównie na analizie jakości powierzchni, choć jak zaznaczono, źródło jej braku leży często w złej jakości konturów, z których powstały. Jakość modelu powierzchniowego zależy od umiejętnego doboru narzędzia, którego użyjemy do wygenerowania określonego płata powierzchniowego. Zagadnienia związane z analizą jakości powierzchni przedstawiono w pracy [2].



Rys. 2. Wykorzystanie polecenia Fill do stworzenia płata o wymaganej jakości
Fig. 2. Use the Fill command to create the panel surface with the required quality

Najtrudniejsze w modelowaniu są etapy końcowe, gdy do wypełnienia pozostają ostatnie płaty, których brzegi należy odpowiednio powiązać z istniejącymi płatami. Moduł Generative Shape Design posiada dwie funkcje Fill i Blend, które to umożliwiają zapewniając osiągnięcie zamierzonego efektu. Mają one jednak pewne ograniczenia i jeśli konieczne jest spełnienie wysokiego kryterium ciągłości G3, są nieefektywne. Na rysunku 2 przedstawiono zapełnienie płata powierzchniowego w lusterku za pomocą funkcji Fill z ciągłością G2 (Curvature).

Nieodłącznym elementem modelowania powierzchniowego jest analiza jakości powierzchni oraz jej ewentualna naprawa. Procedura analizy powierzchni jest podobna do analizy konturu. Polega ona na sprawdzeniu ciągłości modelu powierzchniowego i analizie rozkładu krzywizny. Dodatkowo sprawdza się również technologiczność wyrobu (czy dana powierzchnię da się obrobić dostępnymi frezami i czy jest możliwość wyjęcia wyrobu z formy). Do analizy jakości powierzchni i jej technologiczności służą narzędzia: Connect Checker oraz Surface Curvature Analysis. Pierwsze z nich umożliwia analizę ciągłości dowolnej liczby płatów powierzchni elementarnych lub sklejanych. Analiza ciągłości w tym przypadku oznacza sprawdzenie czy badane płaty powierzchniowe mają wspólną krawędź i jeśli tak, to czy wzdłuż tej krawędzi zachowana jest ciągłość styczności G1, krzywizny G2 lub zmian krzywizny G3. Narzędzie po wskazaniu powierzchni, wyświetla wartości nieciągłości w oknie Max Deviation oraz na modelu w postaci pogrubionej linii lub wykresu obrazującego zmianę wartości wybranej nieciągłości.



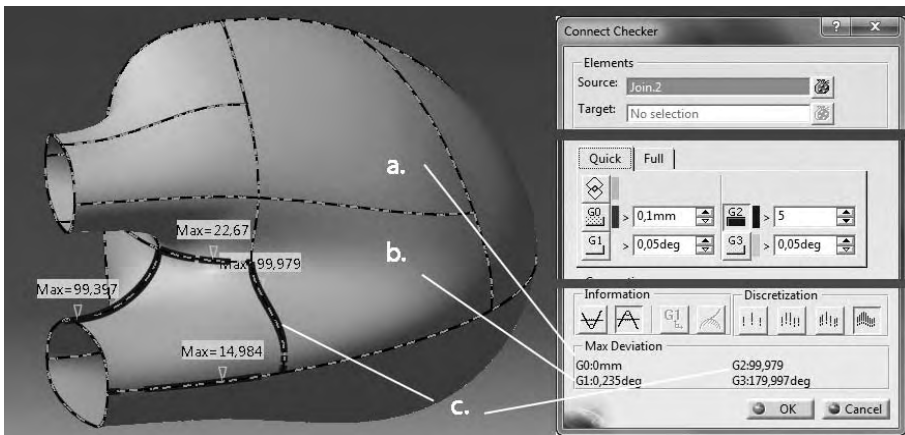
Rys. 3. Analiza ciągłości powierzchni poleceniem Connect Checker

Fig. 3. Analysis of the continuity of the surface using the command Connect Checker

Na rysunku 3 przedstawiono analizę ciągłości dwóch płatów powierzchniowych w trzech przypadkach. Pierwszy przypadek pokazuje błąd nieciągłości (rys. 3a). Widać, że szczelina pomiędzy płatami wynosi 0,36mm. Aby system uznał płaty za ciągłe i pozwolił je połączyć poleceniem Join, szczelina nie powinna być większa niż 0,001mm. W praktyce błąd nieciągłości G0, oznaczać może nie tylko szczelinę ale także zakładkę (Overlap). W drugim przypadku (rys. 3b) widać spełnienie kryterium G0, ale aby spełnić kryterium G1, kąt styczności pomiędzy płatami nie może przekroczyć 0,5°. Na rysunku c pokazano płaty powierzchni spełniające kryterium G1 ale nie spełniające subiektywnego kryterium G2, które oznacza, że wartości promienia krzywizny dla wybranych powierzchni są takie

same w każdym punkcie wspólnej krawędzi. W momencie, kiedy różnica przekroczy założoną wartość (najczęściej 5%) powierzchnia uznawana jest za nieciągłą według kryterium G2. Subiektywność tego kryterium polega na uznaniowości, jaka różnica w promieniach krzywizny jest akceptowalna. Analiza typu Connect Checker jest zwykle jednym z etapów pętli konstrukcyjnej, w której konstruktor iteracyjnie analizuje połączenia pomiędzy powierzchniami i poprzez ich modyfikację próbuje spełnić zadane kryterium ciągłości.

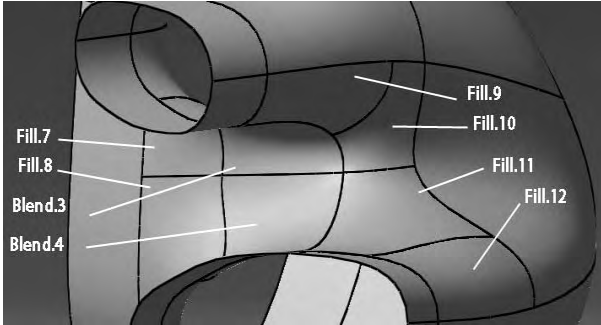
Wykonany model obudowy lusterka, mimo iż wizualnie nie wykazywał wad, został przetestowany narzędziem Connect Checker. Jak widać na rys. 4, model spełnił jedynie kryterium G0 na połączeniu jednego z płatów (a), analiza ciągłości G1 wykazała nieciągłość modelu powierzchniowego na poziomie $0,235^\circ$ przy tolerancji równej $0,05^\circ$ (b), zaś analiza ciągłości G2, wykazała błąd definicji powierzchni o niedopuszczalnej wartości 99,979% przy założonej tolerancji na poziomie 5% (c).



Rys. 4. Analiza ciągłości powierzchni obudowy poleceniem Connect Checker
Fig. 4. Continuity analysis of the housing surface using the command Connect Checker

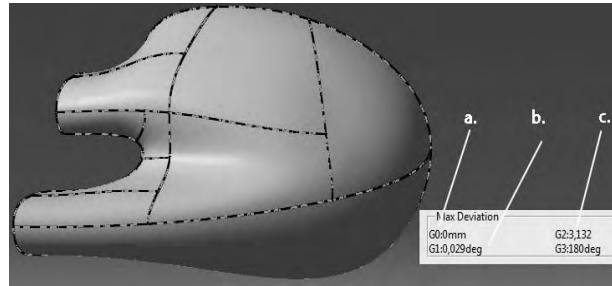
Model powierzchniowy został naprawiony przez edycję oraz zastosowanie dodatkowych elementów pomocniczych. Zastąpiono cztery płaty powierzchniowe typu Fill generujące błędy, dwoma płatami powierzchni typu Blend oraz sześćciami nowymi powierzchniami Fill o ciągłości G2. Większa ilość płatów powierzchni w tym przypadku pozwoliła osiągnąć większą dokładność modelu. Naprawiony model obudowy przedstawiono na rysunku 5. Zagadnienia naprawy powierzchni porusza [2] i [4].

Ponowna analiza ciągłości modelu powierzchniowego (rys. 6) nie wykazała nieciągłości modelu powierzchniowego G0 (a), nieciągłość G1 zmniejszyła się ośmiokrotnie i mieści się w granicach tolerancji (b), zaś analiza ciągłości G2 wykazała niewielką nieciągłość na poziomie 3,1% (c).

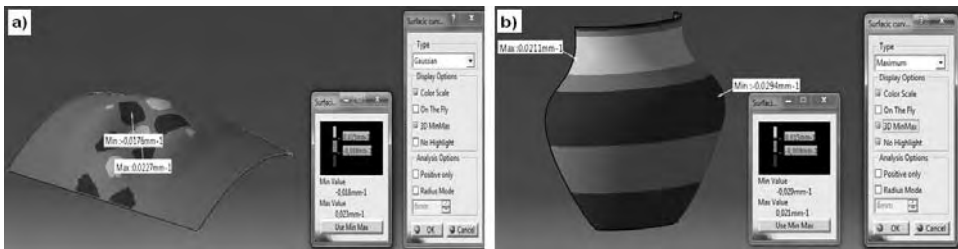


Rys. 5. Model obudowy lusterka po modyfikacji
Fig. 5. Housing of mirror model after modification

Rys. 6. Analiza ciągłości powierzchni obudowy poprawionego modelu
Fig. 6. Continuity analysis of the housing surface of the revised model

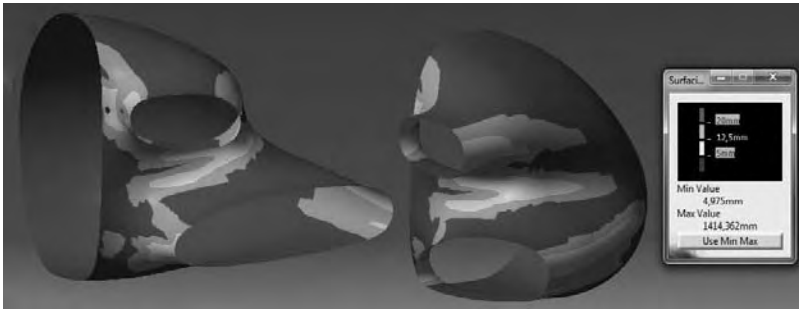


Polecenie Surface Curvature Analysis stosowane jest w celu zbadania rozkładu krzywizny powierzchni. W zależności od rodzaju powierzchni i wymagań, jakie stawia konstruktor, analizę można przeprowadzić w jednym z kilku trybów. W trybie Gaussian, na podstawie obliczeń krzywizny średniej, czyli iloczynu wartości krzywizny w dwóch kierunkach głównych, system generuje na powierzchni mapę kolorów. Kolory na analizowanej powierzchni umożliwiają identyfikację obszarów niespełniających wymagań konstrukcyjnych- wszelkiego rodzaju wad, wgnieceń, wzniesień, które są z reguły niezamierzone a często słabo widoczne na ekranie. Tryb Gaussian jest nieefektywny dla powierzchni obrotowych, w których pomiar krzywizny odbywa się jednym kierunku. Analizę przykładowych powierzchni narzędziem Surface Curvature Analysis przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Rozkład krzywizny powierzchni w trybie Gaussian oraz w trybie Minimum/Maximum
Fig. 7. Distribution of surface curvature in the Gaussian mode and Minimum/Maximum mode

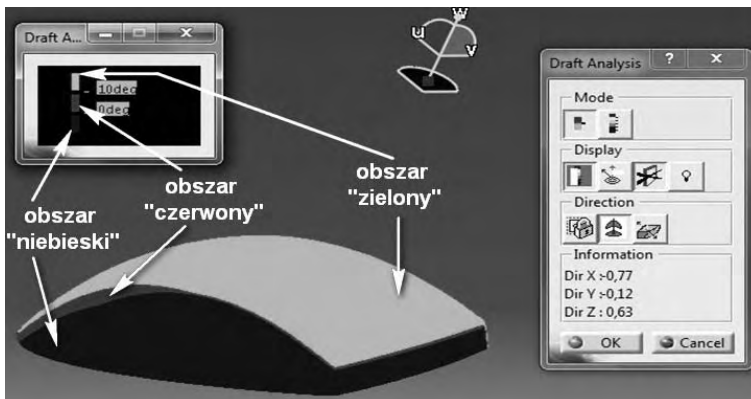
W funkcji tej możliwa jest również analiza powierzchni w trybie Limited, dzięki której można badać model pod kątem technologiczności. Konstruktor podczas projektowania części sprawdza czy wykonanie jej jest możliwe określonym zestawem frezów. Analiza krzywizny wykazała, że całą powierzchnię można obrobić przy pomocy zestawu frezów o średnicy 20mm, 10mm oraz 5mm, co przedstawia rysunek 8 w postaci trójkolorowej mapy.



Rys. 8. Analiza rozkładu krzywizny powierzchni w trybie Limited
Fig. 8. Curvature distribution analysis of the of the surface in Limited mode

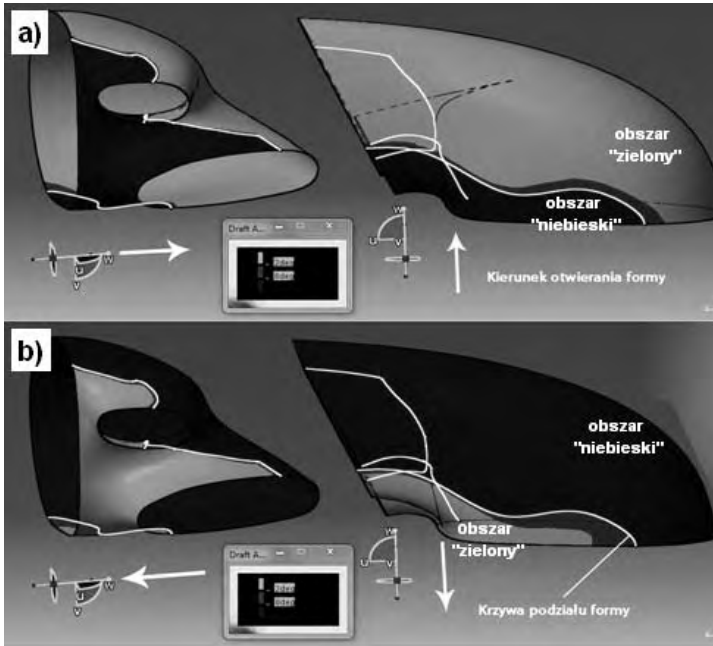
ANALIZA POCHYLEŃ TECHNOLOGICZNYCH WYROBU

Jeżeli projektowana część będzie formowana w procesie kucia, odlewania, tłoczenia lub będzie formowana poprzez wtrysk tworzywa lub jego rozdmucha, to niezwykle istotne jest sprawdzenie jeszcze przed rozpoczęciem produkcji, czy możliwe jest wyciągnięcia gotowego wyrobu z formy lub matrycy. Służy do tego celu narzędzie Feature Draft Analysis. Analiza wymaga wskazania kierunku otwierania formy (kompas) oraz minimalnego kąta pochylenia powierzchni do kierunku otwierania formy. Wynik analizy przedstawiony zostaje na powierzchni modelu w postaci trójkolorowej mapy, jak przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Analiza typu Feature Draft Analysis dla kierunku określonego za pomocą kompasu
Fig. 9. Feature Draft Analysis for the specified direction with a compass

Kolor zielony określa obszar pozytywny, czyli poprawny technologicznie. Kolor czerwony określa obszar, w którym pochylenie powierzchni mieści się w zakresie od 0° do zadanej wartości kąta. Warstwa o kolorze czerwonym określa najkorzystniejszą powierzchnię podziału formy. Kolor niebieski określa obszar negatywny, czyli niepoprawny technologicznie lub znajdujący się na drugiej półkuli formy. Na rysunku 10 przedstawiono analizę technologiczności dla obudowy lusterka. Strzałką zaznaczono proponowany kierunek otwierania formy, a przez obszar „czerwony” poprowadzono krzywą i powierzchnię podziału formy.



Rys. 10. Analiza typu Feature Draft Analysis dla obudowy lusterka
Fig. 10. Feature Draft Analysis for car mirror housing

Kierunek otwierania formy system standardowo przyjmuje jako oś Z globalnego układu współrzędnych. W trakcie jego modyfikacji zmienia się odpowiednio podział powierzchni, na obszary z różnymi wartościami kąta, co odpowiada zmianie położenia płaszczyzny podziału. Umiejętne dobranie kierunku, w którym będzie otwierana forma, pozwala znaleźć najbardziej optymalne położenie powierzchni podziału dla danego elementu.

PODSUMOWANIE

Współczesne wyroby przemysłu AGD, motoryzacyjnego, lotniczego, a nawet maszynowego cechują się złożonością kształtu. Cieszą oczy piękne formy otaczających nas przedmiotów, które choć nie są dziełem sztuki w sensie klasycznym,

posiadają wiele jego cech. Aby tak złożone elementy powierzchniowe mogły być produkowane bez generowania strat, rozwinęły się narzędzia do badania jakości i technologiczności modeli powierzchniowych na etapie ich projektowania [3]. Bardzo ważne, że narzędzia te umożliwiają odkrycie ewentualnych wad na etapie wirtualnego prototypu, gdy usunięcie ich nie jest kosztowne. Gdyby wady te ujawniono później, kiedy proces uruchamiania produkcji jest zaawansowany, na przykład na etapie testowania gotowego oprzyrządowania, straty mogłyby być ogromne, pogrążające finansowo całe przedsięwzięcie. Przedstawiony w pracy zaawansowany model powierzchniowy obudowy lusterka jest dobrą ilustracją opisywanych narzędzi do analiz jakości i technologiczności wyrobu, a zaprezentowana metoda naprawy defektów ciągłości jest standardową procedurą konstrukcyjną. Zamieszczono ją, by pokazać, że model wizualnie bez zarzutu może być technologicznie i jakościowo nie do przyjęcia.

PIŚMIENNICTWO

1. Skarka W., Mazurek A.: CATIA. Podstawy modelowania i zapisu konstrukcji. Wydawnictwo Helion, Gliwice 2005.
2. Węlyczko A.: CATIA V5. Sztuka modelowania powierzchniowego. Wydawnictwo Helion, Gliwice 2010.
3. Węlyczko A.: Catia v5. Przykłady efektywnego zastosowania systemu w projektowaniu mechanicznym. Wydawnictwo Helion. Gliwice 2005.
4. Wyleżół M.: CATIA. Podstawy modelowania powierzchniowego i hybrydowego. Wydawnictwo Helion, Gliwice 2003.
5. CATIA V5 Tutorials. Generative Shape Design. Dassault Systemes. Wersja elektroniczna ze strony CATIA Serwis Informacyjny (www.catia.com.pl).

ANALYSIS OF SURFACE QUALITY AND MANUFACTURABILITY OF THE PRODUCT IN CATIA V5 SYSTEM DESCRIBED ON THE EXAMPLE OF AUTOMOTIVE MIRROR HOUSING

Summary:

The article presents the possibility of Catia v5 professional system for the analysis of surface quality and manufacturability of products for surface characteristics. Specific tools of the program, their opportunities are described on the example of an advanced model of the car mirror housing. We presented ways to repair the defective surface sheets.

Keywords: Continuity, smoothness, quality of surface, sheet of surface, manufacturability of product, Catia v5.