

Piotr Pękała<sup>1)</sup>

## MODELOWANIE POWIERZCHNIOWE W SYSTEMIE CATIA V5

**Streszczenie:** Projektowanie i konstruowanie w systemach komputerowych opiera się o zasadę tworzenia modeli geometrycznych. Narzędzia i metody modelowania geometrycznego muszą być starannie wybrane a znajomość ich jest konieczna do świadomego ich stosowania. W doborze tych metod projektant musi uwzględniać dalsze procesy projektowe, tak, aby model był podstawą całego procesu rozwoju produktu, a nie źródłem problemów projektowych. System CATIA v5 jest dobrym narzędziem w zakresie modelowania powierzchniowego. W artykule przedstawiono możliwości modelowania powierzchni swobodnych oraz powierzchni rozpiętych na profilach.

**Słowa kluczowe:** projektowanie, model geometryczny, modelowanie powierzchniowe.

### WSTĘP

Wymagania obecnie stawiane przedmiotom projektowania, czyli konstruowanym obiektom, różnią się od wymagań formułowanych tradycyjnie, nie tylko tym, że są coraz ostrzejsze. Pojawiają się wymagania jakościowo nowe, wynikające z tego, że ustawicznie zwiększa się wielkość projektowanych urządzeń i systemów w sensie rozległości i różnorodności obejmowanej tematyki, a także w sensie kompleksowości powiązań zewnętrznych i ponoszonych kosztów. Powyższe żądania w stosunku do rezultatów projektowania narzucają nowe wymagania dla systemu projektującego.

Zaawansowane systemy CAD/CAM/CAE oferują nam szerokie możliwości w zakresie modelowania geometrycznego. Polecenia w poszczególnych programach różnią się pewnymi atrybutami, w każdym z nich można wyróżnić pewne uogólnione metody modelowaniu. Ten sam model geometryczny można wykonać na wiele różnych sposobów. W przypadku złożonego modelu geometrycznego liczba tych sposobów jest praktycznie nieograniczona. Z nieograniczonej liczby hipotetycznych sposobów tworzenia modeli geometrycznych tylko nieliczny odsetek zapewnia wykonanie poprawnego. Jest to o tyle istotne, że w przeciwieństwie np. do programów graficznych, w których celem jest zapewnienie „dobrego wyglądu” modelu, model w zaawansowanym systemie CAD/CAM/CAE jest tworzony tak, aby spełniał wiele różnych zadań i mógł być zastosowany do wielu dalszych procesów projektowych.

---

<sup>1</sup> Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska.

## TWORZENIE MODELI POWIERZCHNIOWYCH

Modelowanie powierzchniowe znajduje zastosowanie w przypadku, gdy powierzchnia elementu projektowanego ma zbyt skomplikowany kształt, aby zamodelować ją tradycyjnymi metodami modelowania bryłowego. Funkcje modelowania powierzchni są nastawione na modelowanie złożonych kształtów powierzchni i w takim przypadku doskonale się sprawdzają. Często jest tak, że w całej konstrukcji jeden lub kilka elementów mają złożone kształty i muszą być modelowane metodami modelowania powierzchni - wynikiem tego procesu są modele powierzchniowe tych elementów. Pozostałe elementy konstrukcji są zamodelowane innymi technikami i mogą być zapisane, jako modele bryłowe. Dla zgodności form modelu całej konstrukcji modele powierzchniowe są przekształcane na modele bryłowe. Takie modele noszą nazwę modeli hybrydowych. Są one tworzone technikami modelowania powierzchniowego i za pomocą zestawu funkcji, przekształcających je do formy modelu bryłowego, przekształcane w następnej fazie do modelu bryłowego. Dalej takie modele bryłowe mogą być edytowane tradycyjnymi technikami modelowania bryłowego [3].

Do tworzenia modeli powierzchniowych można stosować kilka metod [5]. Najważniejsze z nich to:

- wyciągnięcie równoległe profilu lub wzdłuż zadanej ścieżki,
- obrót profilu wokół wybranej osi,
- operacje przycinania i łączenia powierzchni,
- edycja cech modelu powierzchniowego,
- modelowanie swobodne,
- rozwinięcie powierzchni na profilach.

Cztery pierwsze metody są bezpośrednim przeniesieniem metod stosowanych w modelowaniu bryłowym, i jako takie, dla głównego zastosowania, czyli odzwierciedlenia kształtu powierzchni, która nie da się odzwierciedlić technikami modelowania bryłowego, nie wnoszą nic nowego. Za pomocą tych czterech pierwszych metod dają się zamodelować tylko takie kształty, które dają się zamodelować bezpośrednio metodami modelowania bryłowego. Dwie ostatnie metody są najbardziej wydajne dla modelowania złożonych kształtów.

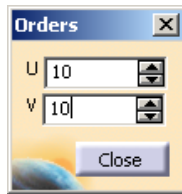
## MODELOWANIE POWIERZCHNIOWE ZA POMOCĄ POWIERZCHNI SWOBODNYCH

Powierzchniami swobodnymi określamy powierzchnie, które nie dają się opisać w sposób analityczny. Z tego też powodu modelowanie takich powierzchni jest bardzo utrudnione. Ten rodzaj modelowania powierzchniowego umożliwia dowolne kształtowanie powierzchni. Termin „modelowanie” w tym przypadku, oprócz technicznego znaczenia, zyskuje nowe, potoczne znaczenie, gdyż kształtowanie powierzchni realizowane jest poprzez jej uchwycenie w dowolnym punk-

cie i wyciąganiu jej lub naciskaniu. Powierzchnia poddaje się tym zabiegom zmieniając kształt, tak jakby była wykonana z elastycznego tworzywa. Konstruktor modeluje powierzchnie tak, jak modeluje się rzeźbę z gliny. Modelowanie tym sposobem daje nam możliwość praktycznie nieograniczonego kształtowania powierzchni.

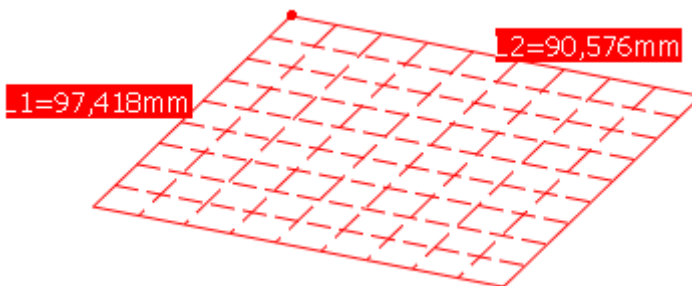
Modelowanie za pomocą powierzchni swobodnych przeprowadzamy w module **FreeStyle** (wybierając kolejno *Start/Shape/FreeStyle*).

Pierwszą czynnością, jaką musimy wykonać, jest utworzenie powierzchni, którą będziemy później modelować. W tym celu wybieramy narzędzie **Planar Patch**. Następnie wskazujemy w dowolnym punkcie naszej wirtualnej przestrzeni roboczej (tło) i wybieramy prawym przyciskiem myszy. Pojawia się przycisk **Edit Orders**. Po jego naciśnięciu pojawi się okno **Orders** (przedstawione na rys. 1), w którym definiujemy liczbę krawędzi (pole U,V), z których będzie składała się nasza siatka (siatka ta posłuży do utworzenia pierwszej podstawowej powierzchni). Im więcej krawędzi siatki zdefiniujemy, tym dokładniej będziemy mogli modelować naszą powierzchnię, ale spowoduje to zwiększenie obciążenia naszego komputera.



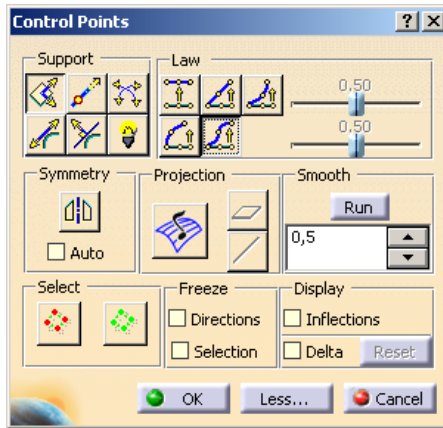
Rys. 1. Definiowanie liczby elementów siatki

Po dokonaniu wyboru liczby krawędzi naciskamy przycisk **Close**. Poprzez określenie liczby krawędzi siatki zdefiniowano liczbę węzłów na siatce we współrzędnych ortogonalnych. Węzły te są o tyle istotne, że formują siatkę rozpinaną na tej powierzchni i stanowią uchwyty, za które będzie można „złapać” i zmieniać kształt siatki (powierzchni).



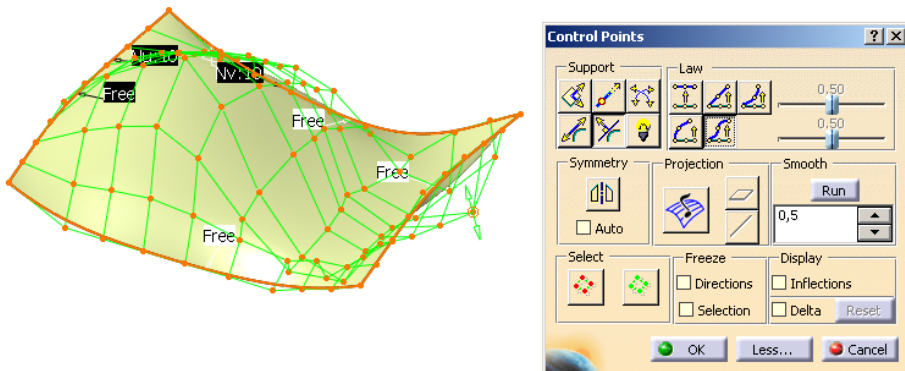
Rys. 2. Zdefiniowana siatka powierzchni swobodnej

W ten sposób rozpinamy siatkę, która utworzy naszą pierwszą powierzchnię (rys. 2). Ponownie naciskamy lewy przycisk myszy. Pojawia się nasza pierwsza powierzchnia. W praktyce, chociaż nie potrafimy opisać współrzędnych dowolnego punktu na powierzchni, to potrafimy jednak podać współrzędne „naroży” lub innych punktów charakterystycznych powierzchni. Siatkę rozpina się na przygotowanym wcześniej płacie powierzchni. Aby ją uaktywnić, wybieramy narzędzie *Control Points*. Po naciśnięciu stosownej ikony, oprócz widocznej siatki pojawia się okno *Control Points*, przedstawione na rys. 3.



Rys. 3. Okno narzędzia *Control Points*

Deaktywujemy teraz aktywne punkty i krawędzie siatki poprzez naciśnięcie przycisku *De-Select all*, mieszczącego się w polu *Select*. W obszarze *Support* okna dialogowego znajdują się przyciski do wskazywania kierunków przemieszczania punktów lub krawędzi siatki (np. przycisk *Translation along the Direction*, przedstawiający wybór przemieszczenia punktów lub krawędzi siatki wzdłuż określonego kierunku).

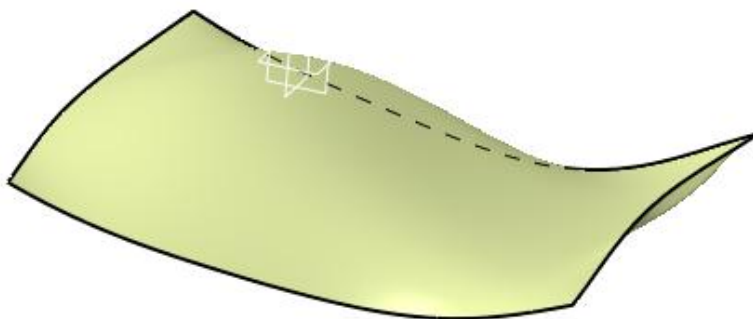


Rys. 4. Modyfikacja powierzchni poprzez "rozciąganie" siatki

W obszarze *Law* wskazujemy czy przemieszczenie węzłów siatki ma się odbywać wzdłuż prostych, czy też krzywych.

Aby transformować naszą siatkę należy zaznaczając dowolny punkt lub krawędź i trzymając zaznaczony (-ą), przemieścić do innego punktu na ekranie. W ten sposób możemy modelować naszą powierzchnię (rys. 4).

W połączeniu z innymi narzędziami dostępnymi w module *FreeStyle*, uzyskujemy szeroki wachlarz możliwości dowolnego kształtowania powierzchni. Narzędzia okna *Control Points* umożliwiają łatwe kształtowanie powierzchni, ale również i sprawiają problemy, szczególnie, gdy konieczne jest uzyskanie określonej postaci powierzchni.

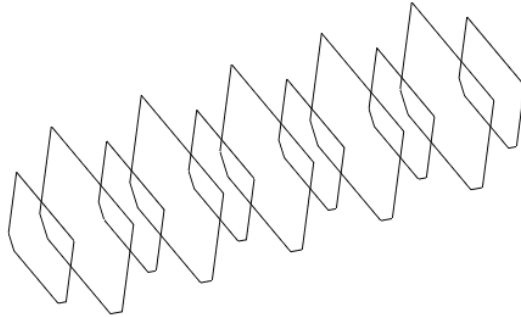


Rys. 5. Powierzchnia swobodna zamodelowana w module *FreeStyle*

## ROZPINANIE POWIERZCHNI NA PROFILACH

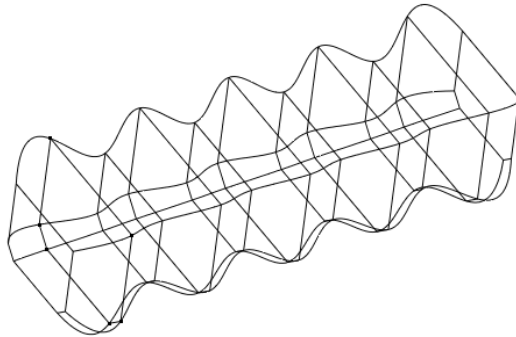
Inną z metod modelowania, umożliwiających swobodne kształtowanie powierzchni, jest rozpinanie powierzchni na wcześniej zdefiniowanych profilach (patrz rys. 7 oraz rys. 9). Metoda ta stanowi naturalne rozwinięcie technik opisu powierzchni o złożonych kształtach, stosowanej np. w rysunku technicznym czy też technikach wytwarzania. Przykładem mogą być rysunki techniczne niektórych złożonych kształtów, które są opisywane poprzez wymiary przekroju poprzecznego w wielu równoległych do siebie przekrojach poprzecznych, ma to swoje odzwierciedlenie także w przypadku konstrukcji niektórych kadłubów np. statków, gdzie korespondują one z wręgami czy żebrami konstrukcji. Analogicznie jak w przypadku kadłubów statków, na wręgach rozpięte jest poszycie kadłuba, tak i w modelowaniu powierzchni rozpinanej na profilach mamy do czynienia z profilami, na których rozpinają się powierzchnie.

Modelowanie poprzez rozpinanie powierzchni na profilach w systemie CATIA przeprowadzamy w module *Generative Shape Design* (naciskamy kolejno w menu *Start/Shape/Generative Shape Design*). Następnym etapem jest narysowanie profili, które są definiowane w tym przypadku w równoodległych od siebie i równoległych płaszczyznach (rys. 6).



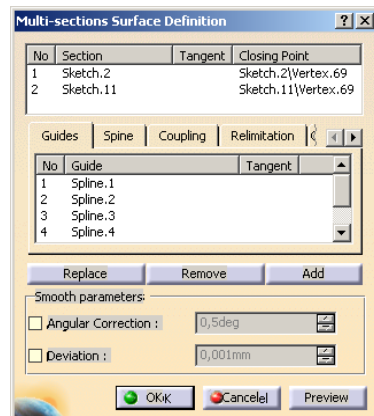
**Rys. 6.** Profile stanowiące bazę do rozpinania powierzchni

Punkty charakterystyczne profili dodatkowo łączone są liniami krzywymi typu splajn.



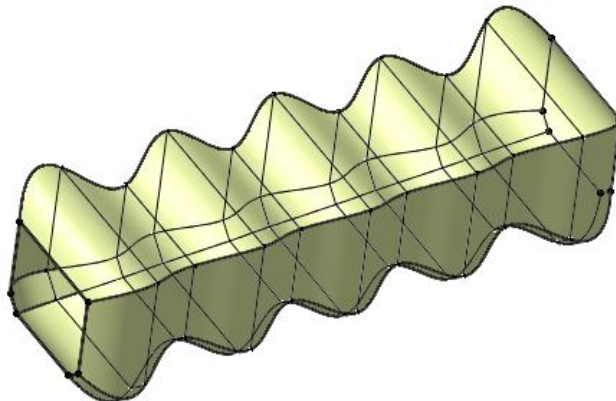
**Rys. 7.** Profile połączone krzywymi typu splajn

Z paska narzędziowego *Surface* wybieramy polecenie **Multi-sections Surface**. W oknie **Multi-sections Surface Definition** wprowadzane są kolejne wskazywane profile, na których ma być rozwinięta powierzchnia. Po zdefiniowaniu wszystkich profili wybieramy zakładkę *Guides* i wskazujemy wszystkie utworzone wcześniej krzywe splajn.



**Rys. 8.** Okno narzędzia *Multi-sections Surface*

Po wskazaniu wszystkich elementów potwierdzamy wybór przyciskiem **OK**. Powierzchnia (rys. 9) rozpinana jest na wskazanych profilach tak, że zawiera krzywe profili i opiera się na krzywych splajn łączących te profile. Manipulując wielkością profili możemy zmieniać kształt uzyskanej powierzchni.



Rys. 9. Powierzchnia rozpięta na profilach

## PODSUMOWANIE

Modele powierzchniowe często są tworzone po to, aby na ich bazie zbudować model bryłowy. Taki model bryłowy, utworzony w oparciu o powierzchnie tworzące jego krawędź, zdefiniowany metodami modelowania powierzchniowego, nazywany jest modelem hybrydowym. Model ten posiada jednocześnie cechy modelu bryłowego i powierzchniowego. Cechami modelowania powierzchniowego są m.in. możliwość definiowania bardzo skomplikowanych postaci powierzchni modeli (szczególnie powierzchni nie występujących na podstawowych bryłach geometrycznych, jak: prostopadłościany, kule, walce, ostrosłupy itp.) oraz brak „wnętrza” modelu, a co za tym idzie - cech tworzywowych (masa, gęstość, środek ciężkości, momenty bezwładności itp.). Model taki tworzony jest w przypadku, gdy kształt powierzchni modelu bryłowego nie da się zdefiniować metodami modelowania bryłowego. Wymagane jest wtedy sięgnięcie do metod modelowania powierzchniowego, które pozwalają na dużo efektywniejsze modelowanie powierzchni. Typowymi elementami tak modelowanymi są np. odlewy, odkuwki, elementy z tworzywa polimerowego, niektóre elementy z blachy (kadłuby, układy wydechowe samochodów).

## PIŚMIENNICTWO

1. Kazimierczak G., Pacuła B.: „Solid Edge. Komputerowe wspomaganie projektowania”. Wydawnictwo ”Helion”, Gliwice 2004.

2. Penkała P., Gorecki T.: „Modelowanie bryłowe i powierzchniowe w systemach CAD/CAM”. Postępy Nauki i Techniki nr 4/2010, Lublin 2010.
3. Skarka W., Mazurek A.: „Catia – podstawy modelowania i zapisu konstrukcji”. Wydawnictwo „Helion”, Gliwice 2005.
4. Tarnowski W.: „Podstawy projektowania technicznego”. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1997.
5. Winkler T.: „Komputerowy zapis konstrukcji”. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1997.

## **SURFACE MODELING IN CATIA V5 SYSTEM**

### **Summary:**

Design and construction of computer systems based on the principle of geometric modeling. Tools and methods for geometric modeling must be carefully selected, and the knowledge they need to be conscious of their use. In choosing these methods, the designer must take into account a further design processes, so that the model was based on the entire product development process, not a source of design problems. CATIA v5, it is a good tool for surface modeling. In the paper they have present possibilities of free surface modeling and surface span on section.

**Keywords:** design, geometric model, surface modeling.