

Komputerowe wspomaganie tolerowania wymiarów w układzie 3D

Computer aided tolerancing in 3D system

MICHAŁ TAGOWSKI
ANDRZEJ ZABORSKI *

Materiały z XX SKWPIE, Jurata 2016 r.
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.200

Komputerowe wspomaganie tolerowania wymiarów (CAT) jest niezwykle przydatną funkcją wszelkiego oprogramowania z rodziny CAx. Pozwala na skrócenie czasu pracy nad dokumentacją, przez co zmniejsza koszty opracowania detali oraz minimalizuje możliwość powstawania błędów. W artykule przedstawiono przykład zastosowania modułu CAT systemu DS. CATIA w procesie projektowania mechanicznego.

SŁOWA KLUCZOWE: wymiarowanie, tolerowanie, FTA, CATIA

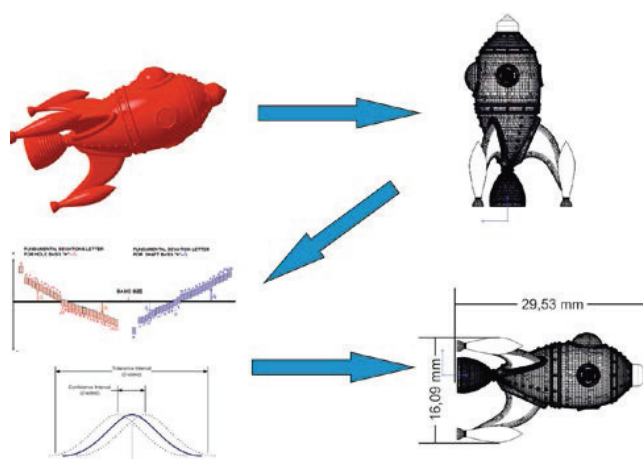
Computer aided tolerancing (CAT) is a very useful function of any software from CAx family. The use of such kind of software allows to reduce the working time over the technical documentation, thus reducing the cost of detail development and it minimizes the possibility of errors. This article presents example of use CAT module of DS CATIA in mechanical design process.

KEYWORDS: dimensioning, tolerancing, FTA, CATIA

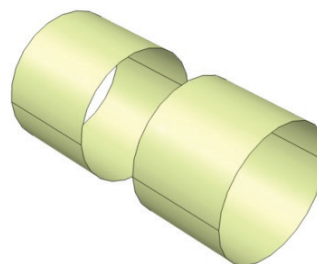
Tolerowanie wymiarów detalu jest powszechnie stosowaną metodą, w celu określenia charakterystyki wymiarowo-kształtowej projektowanego elementu. Pomimo rozwoju maszyn i urządzeń wytwórczych oraz systemów kontroli jakości, powstawanie odchyłek od wymiarów nominalnych jest na porządku dziennym w relacji projektant – technolog. Stosowanie odpowiednich tolerancji zapewnia dopasowanie zespołów elementów, a w konsekwencji poprawne złożenie oraz funkcjonowanie tworzonych mechanizmów. Komputerowe wspomaganie tolerowania (CAT) jest ważną gałęzią technik z rodziny CAx zarówno w obszarze projektowym, jak i technologicznym. Moduły CAT w rodzinie oprogramowania CAx umożliwiają wzięcie pod uwagę aspektów tolerowania wymiarów już na etapie budowy modeli 3D. Aby poprawić jakość oraz zmniejszyć koszty na etapie projektowania, coraz częściej stosowane są standardy geometrycznej specyfikacji produktu w oparciu o normę ISO/TC 213. Stosowanie wymiarowania i analizy tolerancji w klasycznym ujęciu 2D może okazać się niewystarczające, aby spełnić powyższe założenia. Wymiarowanie i tolerowanie w układzie 2D to nic innego jak przyłączenie symboli 2D do płaskiej geometrii wytworzonej na bazie modelu 3D (rys. 1) [1].

Automatyzowanie tworzenia łańcuchów wymiarowych nie zawsze jest możliwe, ręczne wstawianie może z kolei prowadzić do powstawania błędów. Tak więc, utrzymanie spójności pomiędzy planem 2D a modelem 3D pochłania znaczne ilości czasu, a co za tym idzie generuje koszty. Umożliwienie wprowadzania dodatkowych cech do modelu 3D (tolerancje, zależności geometryczne) w oparciu o model TTRS wpływa korzystnie na cały proces tworzenia detalu.

TTRS, czyli powierzchnie powiązane ze sobą topologicznie i technologicznie, to para powierzchni przypisanych do części modelu i powiązanych ze sobą zależnościami funkcjonalnymi. Model TTRS obejmuje 7 klas powierzchni



Rys. 1. Klasyczne podejście do tworzenia projektu



Rys. 2. Dwie powierzchnie klasy cylindrycznej

euklidesowych (biorąc pod uwagę stopnie swobody, które pozwalają powierzchni pozostać w niezmiennym stanie). Ponadto za pomocą operatora asocjacji model TTRS posiada przemienną strukturę grupy, obejmującą 28 konfiguracji odpowiadających 44 przypadkom przeklasyfikowania, np.: jeśli dwie powierzchnie klasy cylindrycznej są współosiowe (rys. 2), to powierzchnia powstała z połączenia obu jest powierzchnią także klasy cylindrycznej.

Jeśli dwie te same powierzchnie będą miały osie równoległe, po połączeniu powstanie powierzchnia klasy pryzmatycznej. W każdym innym przypadku powstanie powierzchnia klasy złożonej [2].

Tolerowanie funkcjonalne i adnotacje – moduł CAT systemu CATIA

Moduł Functional Tolerancing & Annotations (FTA) systemu CATIA znajduje się w domenie Mechanical Design. Umożliwia proste tworzenie i zarządzanie założonymi tolerancjami, wraz z dodatkowymi adnotacjami na poziomie modelu 3D. FTA pozwala na zmniejszenie udziału w procesie projektowania prac nad rysunkami 2D, poprzez zwiększenie wykorzystania cech modeli 3D jako głównego źródła danych w aspekcie tworzenia dokumentacji technicznej. Moduł pozwala również na weryfikację poprawności składni wszelkich adnotacji, według stosowanego normatywu (np. ISO, ASME/ANSI) [3].

* Dr inż. Michał Tagowski (michalt@itm.pcz.pl); dr hab. inż. Andrzej Zaboriski prof.PCz (zaborski@itm.pcz.czesz.pl) – Politechnika Częstochowska, Instytut Technologii Mechanicznych

Moduł FTA może być używany z następującymi typami modeli: część (.CATPart), złożenie (.CATProduct), proces technologiczny (.CATProcess).

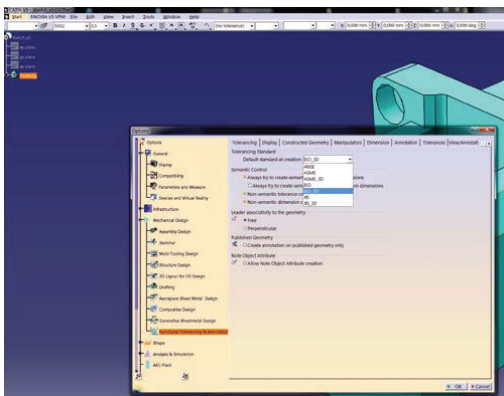
Praca z modułem FTA

W każdym momencie modelowania detalu użytkownik ma możliwość przejścia do modułu FTA. Po pierwszym uruchomieniu konieczne jest sprawdzenie i ustawienie standardu, w jakim będzie odbywało się wymiarowanie. W tym celu należy przejść do zakładki Tools/Options. Następnie w domenie Mechanical Design/Functional Tolerancing & Annotations należy wybrać odpowiedni standard (w tym przypadku ISO 3D – rys. 3).

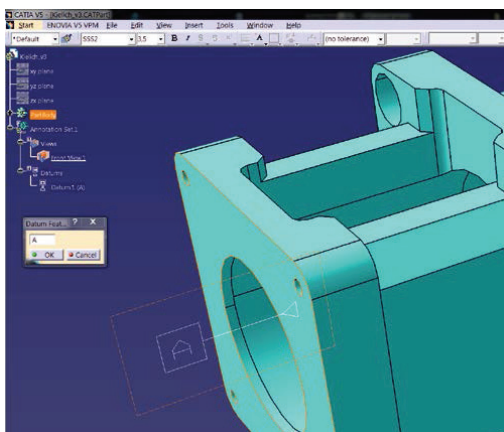
Po ustaleniu standardu można przejść do opisywania modelu przy użyciu wymiarów oraz adnotacji. Na początku warto zdefiniować grupę płaszczyzn głównych, na których umieszczane będą wymiary i adnotacje. W grupie Views/Annotation Planes znajduje się pięć narzędzi, które można użyć. Są to: Front View/Annotation Plane, Section View/Annotation Plane, Section Cut/Annotation Plane, Front View/Annotation Plane, Offset Section View/Section Cut oraz Aligned Section View/Section Cut.

Dodanie płaszczyzn umożliwia również tworzenie przekrojów. Po dodaniu płaszczyzn w drzewie modelu w gałęzi root pojawia się nowa gałąź Annotation Set, w której przechowywane będą wszystkie adnotacje (ich płaszczyzny zaczepienia, elementy odniesień, widoki itd.). Aby wprowadzić do modelu bazę odniesienia, do której należy odnieść poszczególne odchyłki, należy posłużyć się narzędziem Datum Element z grupy Annotations. Po wybraniu narzędzia w oknie dialogowym wpisuje się kolejną literę dla określenia bazy.

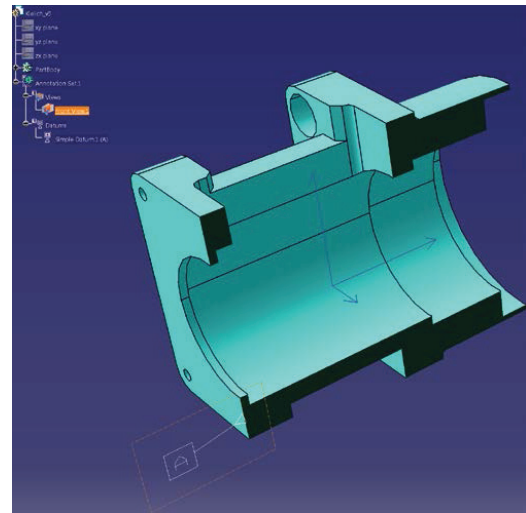
Dodaną bazę można przemieszczać w płaszczyźnie, w której powstała (Datum Reference Frame w gałęzi Reference Frames drzewa modelu), w celu osiągnięcia lepszej przejrzystości modelu (rys. 4).



Rys. 3. Wybór standardu pracy – moduł FTA



Rys. 4. Dodawanie bazy odniesienia do modelu 3D

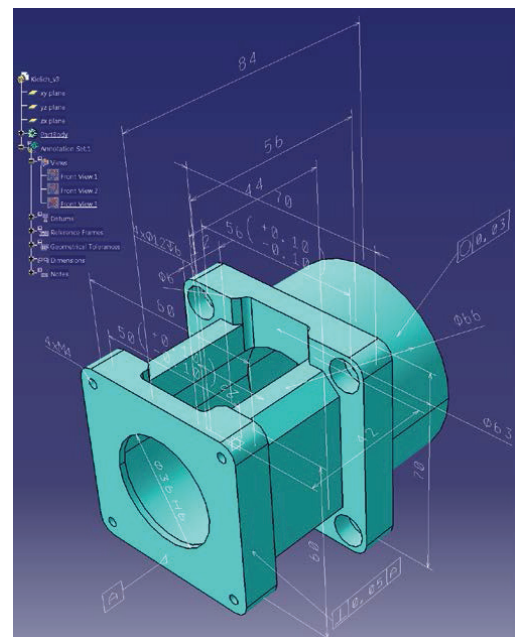


Rys. 5. Widok przekroju wzdłuż płaszczyzny powstałej w wyniku dodania bazy A

Analogicznie dodaje się odchyłki kształtów. W przypadku prostokątności ściany bocznej detalu względem podstawy, uprzednio określonej jako baza odniesienia A, należy wybrać narzędzie Geometrical Tolerance z grupy Annotations (rys. 5). Po wybraniu narzędzia pokaże się okno dialogowe z możliwością wyboru typu odchyłki, symbolu oraz punktu referencyjnego.

Na rys. 6 przedstawiono widok modelu z naniesionymi wartościami odchyłek. Po wpisaniu odpowiednich wartości należy zaznaczyć wybrany fragment modelu oraz spozycjonować wektor i ramkę w przestrzeni modelu. Pozycjonowanie może odbywać się za pomocą manipulacji myszką oraz za pomocą funkcji Transfer to View/Annotation Plane, wywoływanej prawym przyciskiem myszy.

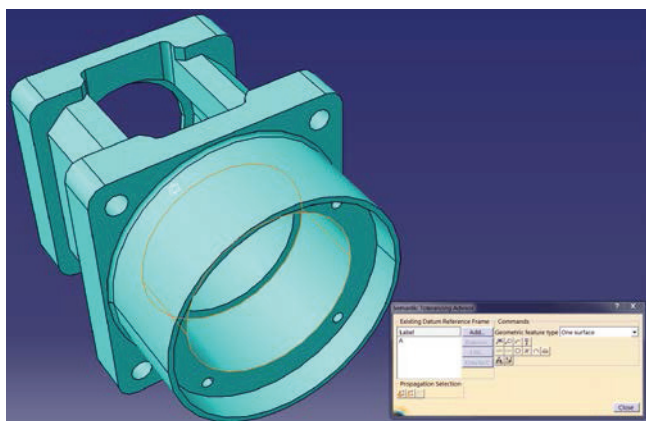
Tok postępowania w przypadku dodawania wymiarów (tolerowanych lub nie) oraz wszelkich dodatkowych adnotacji jest identyczny. Należy pobrać odpowiednie narzędzie z grupy Annotations (Dimensions lub w przypadku łańcuchów wymiarowych: Cumulated Dimensions oraz Stacked Dimensions) i wskazać wybraną cechę modelu. Aby dodać tolerancję do wymiaru, po uprzednim jego wstawieniu, należy z paska narzędzi Dimension Properties wybrać odpowiednią formę tolerowania zgodnie z normą i wpisać wartości odchyłek lub pole tolerancji wraz z klasą dokładności (rys. 6).



Rys. 6. Widok wymiarowanego detalu

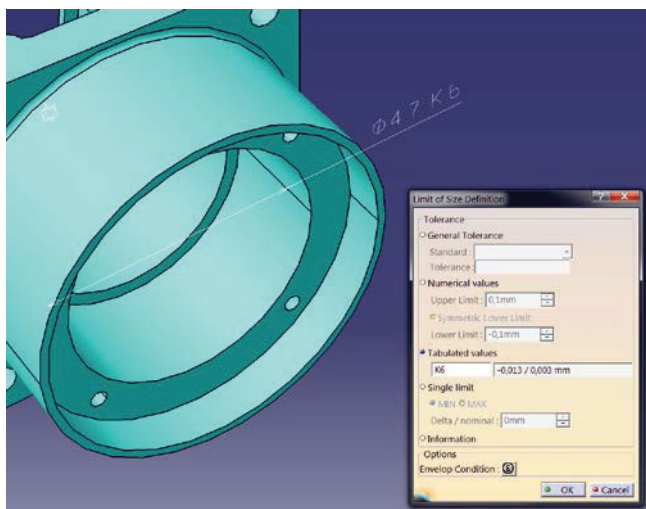
Narzędzie Doradca – Tolerancing Advisor

Prócz standardowego tworzenia wymiarów i adnotacji, moduł FTA zawiera narzędzie Doradcy. Doradca pozwala tworzyć adnotacje tylko i wyłącznie dozwolone dla wybranego elementu geometrycznego budowanego modelu oraz dla istniejącej adnotacji. Po wybraniu narzędzia pojawia się puste okno Semantycznego Doradcy lub – jeśli uprzednio zostały zdefiniowane np. bazy – to pojawią się one na liście tego okna. W przypadku zaznaczenia bazy oraz wybrania elementu modelu, w oknie doradcy pojawią się wszystkie możliwe do wyboru opcje wymiarowania/tolerowania względem bazy. Jeśli baza nie zostanie wybrana, a zaznaczony będzie żądany element budowanego modelu, pojawią się wszystkie możliwe opcje wymiarowania/tolerowania wybranego elementu (rys. 7).



Rys. 7. Okno dialogowe Doradcy dla powierzchni cylindrycznej

Po dokonaniu wyboru żądanej opcji (w tym przypadku średnicy wewnętrznej walca), pojawi się okno dialogowe ze wszystkimi dostępnymi parametrami dla danej klasy wybranego elementu geometrycznego (dla średnicy będą to: tolerancja ogólna, wartości liczbowe odchyłek, wartości tabelaryczne odchyłek, limity, wartości informacyjne oraz opcje). W przykładzie wybrano wartości tabelaryczne dla pola tolerancji K i szóstej klasy dokładności (rys. 8).



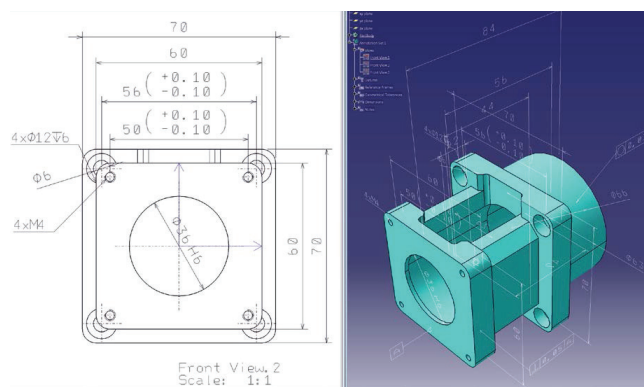
Rys. 8. Okno dialogowe właściwości wymiaru średnicy

Ponadto Doradca podpowiada, w przypadku wyboru wartości tabelarycznych odchyłek, jakie są górne i dolne wartości wybranych odchyłek i które dane można wykorzystać w późniejszym przetwarzaniu modelu (np. tworzenie zbiorczego

zestawienia wartości odchyłek dla wybranych pól tolerancji i klas dokładności).

Generowanie dokumentacji 2D – FTA + moduł Drafting

Po dodaniu wymiarów i adnotacji do modelu, można przystąpić do generowania rysunków 2D. W programie CATIA modułem odpowiedzialnym za tworzenie dokumentacji technicznej jest Drafting z domeny Mechanical Design. Po uruchomieniu modułu, należy pobrać narzędzie View from 3D z grupy Views, a następnie przejść do modelu 3D. Aby utworzyć widok detalu, należy z drzewa modelu wybrać uprzednio zdefiniowaną płaszczyznę widoku, znajdującą się w gałęzi (domyślnie): Annotation Set.1/Views/*.*. Po tej operacji na karcie w module Drafting pojawi się rzut modelu na wybranej płaszczyźnie wraz z utworzonymi za pomocą modułu FTA adnotacjami (rys. 9).



Rys. 9. Generowanie dokumentacji 2D w module Drafting

Podsumowanie

Posługiwanie się metodami komputerowego wspomaganie wymiarowania/tolerowania w układzie 3D niesie ze sobą szereg zalet. Pierwszą i najważniejszą zaletą jest asocjatywne połączenie cechy wymiar/adnotacja z cechą geometryczną modelu. Użytkownik-projektant ma w każdym momencie aktualną charakterystykę wymiarową budowanego modelu, aktualizowaną automatycznie po wprowadzeniu każdej dowolnej zmiany. Kolejną zaletą jest również stosowanie Doradcy, który zgodnie z wybranym standardem i aktualnie wybraną cechą będzie udostępniał tylko właściwe narzędzia do opisu aktualnie wybranej cechy geometrycznej. Zastosowanie modułu FTA dodatkowo zapewnia większą kontrolę nad łańcuchami wymiarowymi, przyspiesza powstawanie dokumentacji technicznej oraz zapobiega możliwości wystąpienia błędów przy ręcznym wstawianiu wymiarów do geometrii 2D. Największą wadą techniki CAT jest możliwość zaciemnienia modelu przez adnotacje w przypadku bardzo złożonych detali. W przypadku modułu FTA można sobie z tym radzić, grupując wymiary w zależności od rzutu na kilku utworzonych płaszczyznach rzutowania oraz wykorzystując opcję Ukryj/Pokaż dla aktualnie potrzebnych obiektów.

LITERATURA

1. Bourdet P., Mathieu L. „Geometric Product Specification and Verification: Integration of Functionality”. Springer-Science+Business Media, B.V., 2003.
2. Gaunet D. „3D Functional Tolerancing & Annotation: CATIA tools for Geometrical Product Specification”, Dassault Systemes, 7th CIRP International Seminar on Computer-Aided Tolerancing, École Normale Supérieure de Cachan, France, 24+25 April 2001.
3. CATIA v5r19 Functional Tolerancing & Annotation Documentation. ■