

Janusz POBOŻNIAK¹

ZASTOSOWANIE METODOLOGII FT&A DO POZYSKIWANIA DANYCH NIE-GEOMETRYCZNYCH W PODSYSTEMIE MODELOWANIA PRZEDMIOTÓW

Dostępnych jest wiele prac omawiających zastosowanie metodologii FT&A (Functional Tolerancing & Annotations) w technicznym przygotowaniu konstrukcyjnym. Nie mniej jednak, prace te nie ogniskują się na aspekcie wykorzystywania tej metodologii w pracach projektowych realizowanych przez systemy komputerowe. W artykule zaprezentowano sposób pozyskiwania danych niegeometrycznych (tolerancje wymiarów, kształtu i położenia, dodatkowe wymagania dotyczące stanu powierzchni, itp.) przy korzystaniu z cech technologicznych jako środka do integracji konstrukcyjnego i technologicznego przygotowania produkcji. Zawarto definicję oraz podstawowe informacje o cechach technologicznych. Omówiono sposoby modelowania tych danych w różnych metodach pozyskiwania cech technologicznych, ze szczególnym zwróceniem uwagi na metodę FT&A. Końcowa część zawiera przykład reprezentacji danych niegeometrycznych w modelu FT&A dla części pryzmatycznej oraz sposób ich pozyskiwania w czasie tworzenia cech technologicznych. Zamieszczono również przykład reguły technologicznej wykorzystującej dane dotyczące wymagań jakościowych otworu do wyznaczenia cykli obróbki.

1. DOKUMENTACJA KONSTRUKCYJNEGO PRZYGOTOWANIA PRODUKCJI JAKO ŹRÓDŁO INFORMACJI DOTYCZĄCYCH WYMAGAŃ JAKOŚCIOWYCH PRODUKTU

Techniczne przygotowanie produkcji obejmuje przygotowanie konstrukcyjne oraz technologiczne. typowe etapy technicznego przygotowania produkcji obejmują [5] opracowanie wymagań techniczno- eksploatacyjnych oraz wstępnych założeń konstrukcyjnych, wykonanie projektu wstępnego, wykonanie projektu techniczno-roboczego, budowę i badanie prototypu oraz wykonanie serii próbnych i serii produkcyjnych. na tym etapie informacje o przedmiocie są przedstawiane za pomocą konstrukcyjnej dokumentacji technicznej. dokumentacja taka zawiera opis konstrukcji całości wyrobu, konstrukcji jego elementów składowych, dane niezbędne do technologicznego przygotowania produkcji, warunki techniczne odbioru oraz warunki eksploatacji, konserwacji i napraw wyrobu [5]. może ona obejmować między innymi takie rodzaje dokumentów konstrukcyjnych jak rysunki złożeniowe wyrobu, rysunki złożeniowe zespołów i podzespołów, rysunki wykonawcze i dokumentację techniczno-ruchową.

¹ Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji, Politechnika Krakowska

Z punktu widzenia technologicznego przygotowania produkcji, zwykle najbardziej istotne są rysunki wykonawcze. W obecnie stosowanych praktykach inżynierskich w przedsiębiorstwach, punktem wyjścia do przygotowania rysunków wykonawczych jest najpierw utworzenie przestrzennych modeli geometrycznych 3D. Modele geometryczne mogą składać się z różnych elementów składowych, w zależności od stosowanej metody modelowania [9]. W przypadku korzystania z metody modelowania B-Rep (ang. Boundary-Representation), elementami składowymi są powierzchnie ograniczone przez ciągi krawędzi oraz informacje o wierzchołkach definiujących te krawędzie. W metodzie CSG (ang. Constructive Solid Geometry), model powstaje jako kombinacja prostych brył elementarnych, takich jak prostopadłościan, wałek, kula, stożek, itp. W bardzo ostatnio popularnym modelowaniu zorientowanym na cechy (ang. Feature Based Modelling), wykorzystywane są typowe, często powtarzające się kształty, dodatkowo opisane przez parametry wejściowe. Bez względu na stosowaną metodę modelowania, płaskie rysunki wykonawcze 2D są tworzone w specjalnych, przeznaczonych do tego celu modułach, poprzez importowanie modeli 3D. W czasie importowania wybierany jest widok przedmiotu i jego położenie na arkuszu rysunkowym. Jeden arkusz może zawierać dowolną liczbę widoków tak, aby umożliwić jednoczesne odzwierciedlenie przedmiotu. Tworzone, płaskie rysunki wykonawcze 2D mogą również zawierać przekroje. Kolejny etap tworzenia rysunków wykonawczych polega na zwymiarowaniu przedmiotu, oraz umieszczeniu żądanych tolerancji kształtu i położenia, a także innych informacji dodatkowych.

Ogólnie ujmując, wszystkie dane zamieszczone na rysunkach wykonawczych można podzielić na dwie grupy:

- dane geometryczne,
- dane niegeometryczne.

Pełny opis przedmiotu składa się bowiem nie tylko z informacji geometrycznych, ale z całego szeregu danych niegeometrycznych. Dane te to przykładowo: tworzywo, właściwości warstwy wierzchniej, zalecana obróbka cieplna itp.

Importowanie modeli 3D w czasie tworzenia rysunków wykonawczych i późniejsze modelowanie danych niegeometrycznych spełnia podstawowe wymagania, jakie są stawiane rysunkom wykonawczym, a mianowicie reprezentowanie w jednoznaczny sposób definicji produktu. Tak reprezentowane informacje pozwalają jednoznacznie interpretować te dane, ale wyłącznie przez pracownika. Nie jest możliwa jednoznaczna interpretacja tych danych przez system komputerowy. Wynika to z faktu, że dane niegeometryczne są zapamiętywane w rysunkowej bazie danych w taki sam sposób jak geometria przedmiotu, czyli za pomocą podstawowych elementów rysunkowych. Przykładowo, jeżeli jedna z powierzchni przedmiotu posiada określoną chropowatość, w rysunkowej bazie danych może być pamiętany ciąg linii (linie tworzące znak chropowatości) oraz obiekt tekstowy (wartość chropowatości). Nie jest natomiast pamiętana i nie jest dostępna informacja, że dana powierzchnia posiada określoną chropowatość. Sposób modelowania tych informacji jest wystarczający do wizualizacji na ekranie komputera, czy na wydruku, nie nadaje się jednak do przetwarzania przez oprogramowanie komputerowe, na przykład przez system ekspertowy do technologicznego przygotowania produkcji. Dobre odzwierciedlenie tego stanu rzeczy stanowi rozwinięcie skrótu CAD jako Computer Aided Drafting (Komputerowo Wspomagane Rysowanie). Jednocześnie rozwiązanie takie powoduje, że

przestrzenne modele 3D nie zawierają wszystkich informacji wymaganych na dalszych etapach korzystania z dokumentacji. Modele 3D muszą być nadal uzupełniane przez tradycyjne, płaskie rysunki wykonawcze 2D.

Dodatkowo, brak jest jednego źródła informacji i wynika stąd konieczność dodatkowego tworzenia płaskich rysunków wykonawczych 2D oraz ich synchronizacji z modelem 3D. Rozwiązanie takie nie tylko zwiększa czasochłonność, ale może być powodem wielu błędów.

Sytuacja taka oraz dążenie do wykorzystywania w dalszych etapach jedynie modeli 3D zaowocowała opracowaniem metod MDB (Model Based Definition) [10]. Przykładem implementacji metody MDB jest metoda FT&A (Functional Tolerancing and Annotations) dostępna w systemie PLM Catia [4].

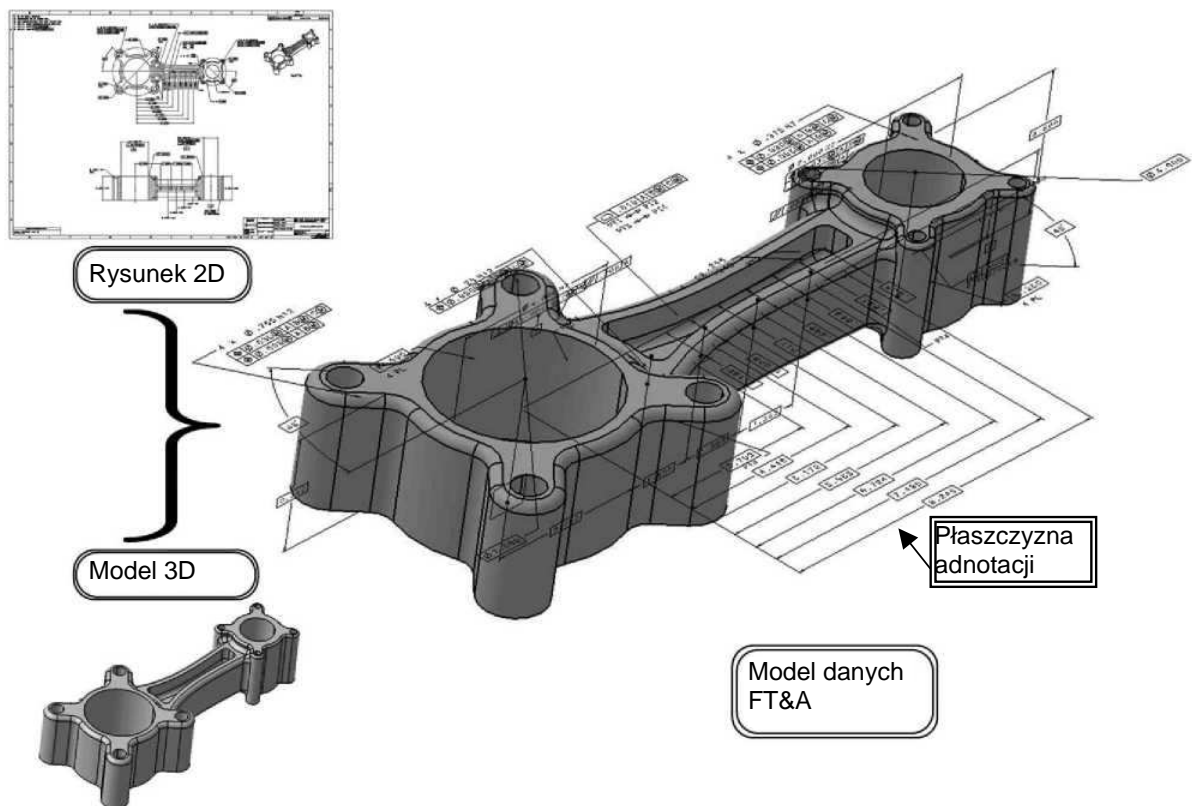
2. ZASTOSOWANIE METODY FT&A

Koncepcja FT&A opiera się na założeniu, że przestrzenny model 3D jest najlepszym środkiem do przekazywania wszystkich informacji o produkcie, wymaganych w celu realizacji wszystkich zadań na dalszych etapach korzystania z technicznej dokumentacji konstrukcyjnej. Modele 3D mają być więc centralnym elementem, grupującym informacje wymagane na wszystkich etapach cyklu życia wyrobu. Zbiór danych w metodzie FT&A obejmuje pełną reprezentację geometryczną 3D oraz dodatkowe informacje dotyczące wymiarów przedmiotu, tolerancji i inne dane dodatkowe, w pełni charakteryzujące produkt (tzw. dane niegeometryczne). Do reprezentowania tych danych nie są wykorzystywane tradycyjne, płaskie rysunki 2D. Dane te są powiązane z elementami geometrycznymi modelu 3D, a także są modelowane i wizualizowane w środowisku 3D. W celu zilustrowania tego podejścia, na rys. 1 [10] przedstawiono przykład użycia modelu FT&A do reprezentacji informacji o korbowodzie. Przedstawiony model danych FT&A zawiera zarówno dane geometryczne jak i niegeometryczne. Jest to więc kompletna dokumentacja produktu, która może być użyta do generowania dodatkowych dokumentów, takich jak płaskie rysunki wykonawcze 2D czy przestrzenne modele 3D. Należy zwrócić uwagę, że w przypadku korzystania z modelu danych FT&A, nie jest już konieczne korzystanie z tradycyjnych rysunków wykonawczych 2D, ponieważ wszystkie informacje zawiera już ten model. Mogą one jedynie pełnić rodzaj dokumentacji uzupełniającej, przeznaczonej przykładowo dla osób przyzwyczajonych do korzystania z tej formy dokumentacji.

Zastosowanie modelu FT&A pozwala zrezygnować z tworzenia i zarządzania dwoma oddzielnymi plikami, z których jeden zawierają model 3D a drugi płaski rysunek wykonawczy 2D. Zmniejsza to czasochłonność tworzenia dokumentacji oraz pozwala ograniczyć przestrzeń zajmowaną przez bazę danych systemu CAD.

Metoda FT&A dostępna w systemie PLM Catia [4] pozwala łatwo definiować dane niegeometryczne na modelu 3D i zarządzać nimi. Procedury modelowania tych danych są zbliżone do tych, stosowanych przy przygotowywaniu tradycyjnych rysunków 2D. Należy jednak zwrócić uwagę, że wprowadzane dane niegeometryczne są jednoznacznie przypisywane do elementów geometrycznych modelu 3D, co nie było wcześniej możliwe.

Wynika to przykładowo z faktu, że w metodzie FT&A, dane można przypisywać do powierzchni, a nie do krawędzi reprezentujących tę powierzchnię na płaskim rysunku 2D.



Rys. 1. Przykład modelu FT&A [10]
Fig. 1. Example of FT&A model [10]

3. CECHY TECHNOLOGICZNE JAKO ŹRÓDŁO INFORMACJI DO TECHNOLOGICZNEGO PRZYGOTOWANIA PRODUKCJI

Autorzy wielu prac jednoznacznie wskazują na rolę cech technologicznych jako środka integrującego etapy konstrukcyjnego i technologicznego przygotowania produkcji [6]. Cecha jest zbiorem informacji o przedmiocie, zawierającym charakterystyki geometryczne i technologiczne, o różnym stopniu złożoności i hierarchii, wykorzystywanym w czasie konstruowania, projektowania procesów technologicznych lub w innych pracach inżynierskich. W przypadku technologicznego przygotowania produkcji, szczególne znaczenie mają cechy technologiczne, powszechnie wykorzystywane w wielu systemach komputerowych, przykładowo w systemach CAPP do komputerowego wspomaganego projektowania procesów technologicznych.

Model przedmiotu zorientowany na cechy technologiczne [7], [8] jest zbiorem stanów pośrednich PO_i , gdzie $i = 1 \dots k$. Stan pośredni PO_1 reprezentuje przedmiot w stanie gotowym, natomiast stan pośredni PO_k reprezentuje półfabrykat. Każdy stan pośredni PO_i można opisać za pomocą uporządkowanej dwójki:

$$PO_i = (G_i, T_i) \quad (1)$$

gdzie:

T_i zbiór transformacji,
 G_i graf struktury stanu pośredniego

$$G_i = \langle C_i, W_i \rangle \quad (2)$$

C_i zbiór wierzchołków reprezentujących cechy technologiczne w stanie pośrednim i

$$C_i = (A, O, D) \quad (3)$$

gdzie: A zbiór atrybutów cechy

$$A = [AG, AN] \quad (4)$$

AG Atrybuty geometryczne,
 AN Atrybuty niegeometryczne,

O zakres obróbki cechy,

D zbiór procedur umożliwiających odtworzenie reprezentacji geometrycznej cechy,

W_i zbiór więzi w stanie pośrednim PO_i

$$W = (L, R, N) \quad (5)$$

gdzie: L charakter strukturalny więzi,

R typ funkcjonalny więzi

$$R = [W_{TKP}, W_W, W_S] \quad (6)$$

W_{TKP} więzi tolerancji kształtu i położenia,

W_W więzi wymiarowe,

W_{SP} więzi strukturalne,

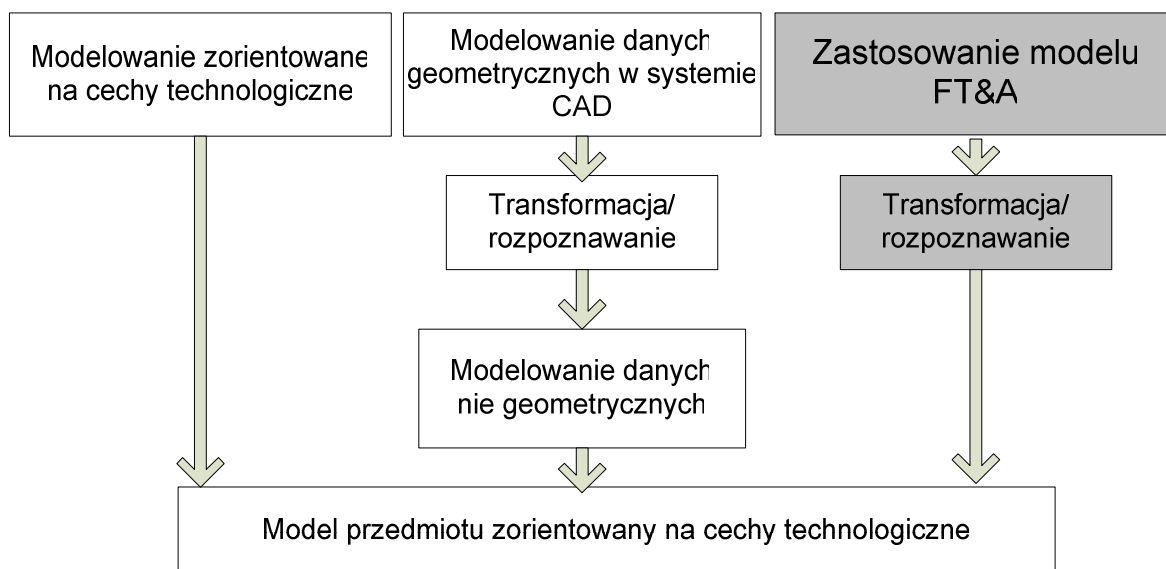
N liczba cech obejmowanych więzią (2 lub więcej).

Sposób modelowania danych niegeometrycznych (tzn. zbioru atrybutów niegeometrycznych AN i więzi W_i zależy od stosowanej metody pozyskiwania cech technologicznych (rys. 2). W przypadku zastosowania modelowania zorientowanego na cechy technologiczne, konstruktor modeluje przedmiot poprzez wybieranie cech technologicznych z bazy danych i definiowanie ich atrybutów. Tak zamodelowany przedmiot może być bezpośrednio wykorzystany jako źródło danych wejściowych dla systemu CAPP. Główna wada modelowania zorientowanego na cechy technologiczne to konieczność przejścia na myślenie kategoriami technologicznymi. Konstruktor musi

pamiętać nie tylko o uzyskaniu żądanych charakterystyk przedmiotu, ale jednocześnie patrzeć na konstrukcję z technologicznego punktu widzenia. Tak więc ta metoda modelowania wymaga zmiany nawyków konstrukcyjnych oraz ogranicza swobodę konstruowania. Z punktu widzenia użytkownika oraz funkcjonalności całego systemu, czyli z uwagi na czynniki mające decydujący wpływ na akceptację całego rozwiązania przez środowisko przemysłowe, korzystniejsze jest modelowanie przedmiotów w komercyjnych systemach CAD. Jeżeli przedmiot jest modelowany w ten sposób, konieczne jest pogrupowanie podstawowych elementów geometrycznych w jednostki, wykorzystywane w czasie projektowania procesów technologicznych. Zadanie to może zostać zrealizowane na drodze transformacji cech geometrycznych na cechy technologiczne lub poprzez rozpoznawanie cech technologicznych na podstawie reprezentacji geometrycznej. Zwykle wykorzystywana jest do tego celu reprezentacja B-Rep. Wada tego rozwiązania to duża uciążliwość implementacji, powodowana przez konieczność analizy rysunkowej bazy danych systemu CAD, która posiada bardzo skomplikowaną strukturę, zorganizowaną z myślą o zapewnieniu dużej szybkości działania systemu CAD, a nie łatwości interpretowania. Rozpoznawanie cech wiąże się z koniecznością przeprowadzenia szeregu obliczeń numerycznych związanych z analizowaniem trójwymiarowych brył, opartych na skomplikowanych algorytmach. Częściowe uproszczenie metody pozyskiwania cech technologicznych poprzez rozpoznawanie nastąpiło po wprowadzeniu na rynek nowej generacji komercyjnych systemów CAD z modelowaniem zorientowanym na cechy konstrukcyjne. Z uwagi na fakt, że zbiór cech geometrycznych nie pokrywa się ze zbiorem cech technologicznych, konieczna jest transformacja. W przypadku pozyskiwania cech technologicznych z systemu CAD, nadal pozostaje otwarta sprawa pozyskiwania danych niegeometrycznych takich jak wymiary, tolerancje wymiarów, kształtu i położenia, dodatkowe wymagania dotyczące stanu powierzchni, itp. Dane takie, wymagane przez wiele systemów komputerowego wspomaganie, używane na różnych etapach cyklu życia wyrobu są zwykle wprowadzane za pomocą specjalnych aplikacji. Można wyróżnić dwa podejścia do realizacji tego zadania [8]. Pierwsze podejście polega na uzupełnianiu już uzyskanych cech technologicznych o dane niegeometryczne. Jest to realizowane za pomocą specjalnego edytora. Wyświetla on wszystkie cechy technologiczne, a użytkownik wprowadza dla nich odpowiednie dane korzystając z okien dialogowych. Drugie podejście, bardziej przyjazne dla użytkownika, ale jednocześnie trudniejsze w implementacji, polega na modelowaniu danych za pomocą specjalnej aplikacji w systemie CAD. W przypadku takiego rozwiązania, po uzyskaniu zbioru cech technologicznych konieczne jest przypisanie do nich danych niegeometrycznych [8].

Najwygodniejszym rozwiązaniem jest zastosowanie modelu FT&A. Jest to pojedynczy model zawierający zarówno dane geometryczne i dane niegeometryczne, a dodatkowo dane te są ze sobą wzajemnie powiązane. Przykładowo, przy definiowaniu chropowatości powierzchni, należy, podobnie jak w przypadku tradycyjnych, płaskich rysunków wykonawczych 2D, wybrać rodzaj chropowatości i wprowadzić jej wartość. Następnie należy jednak wskazać nie krawędź w widoku modelu, ale powierzchnie, której ta chropowatość dotyczy. Podobnie, w przypadku definiowania na przykład tolerancji prostopadłości, należy wskazać tolerowaną powierzchnię i powierzchnię bazową na modelu przestrzennym 3D. Jest więc bezpośrednie powiązanie pomiędzy tymi charakterystykami

a geometrią przedmiotu. Nie ma to żadnego znaczenia w przypadku interpretowania rysunku przez technologa, ale jest kluczowym wymogiem, aby umożliwić interpretację danych przez system komputerowy. System jest w stanie odczytać z rysunkowej bazy danych dane niegeometryczne i powiązać je z konkretnym elementem geometrycznym. Rozwiązanie takie powoduje, że nie jest konieczne modelowanie danych niegeometrycznych po uzyskaniu zbioru cech technologicznych. Dane niegeometryczne są odczytywane po prostu z rysunkowej bazy danych wraz z danymi geometrycznymi.

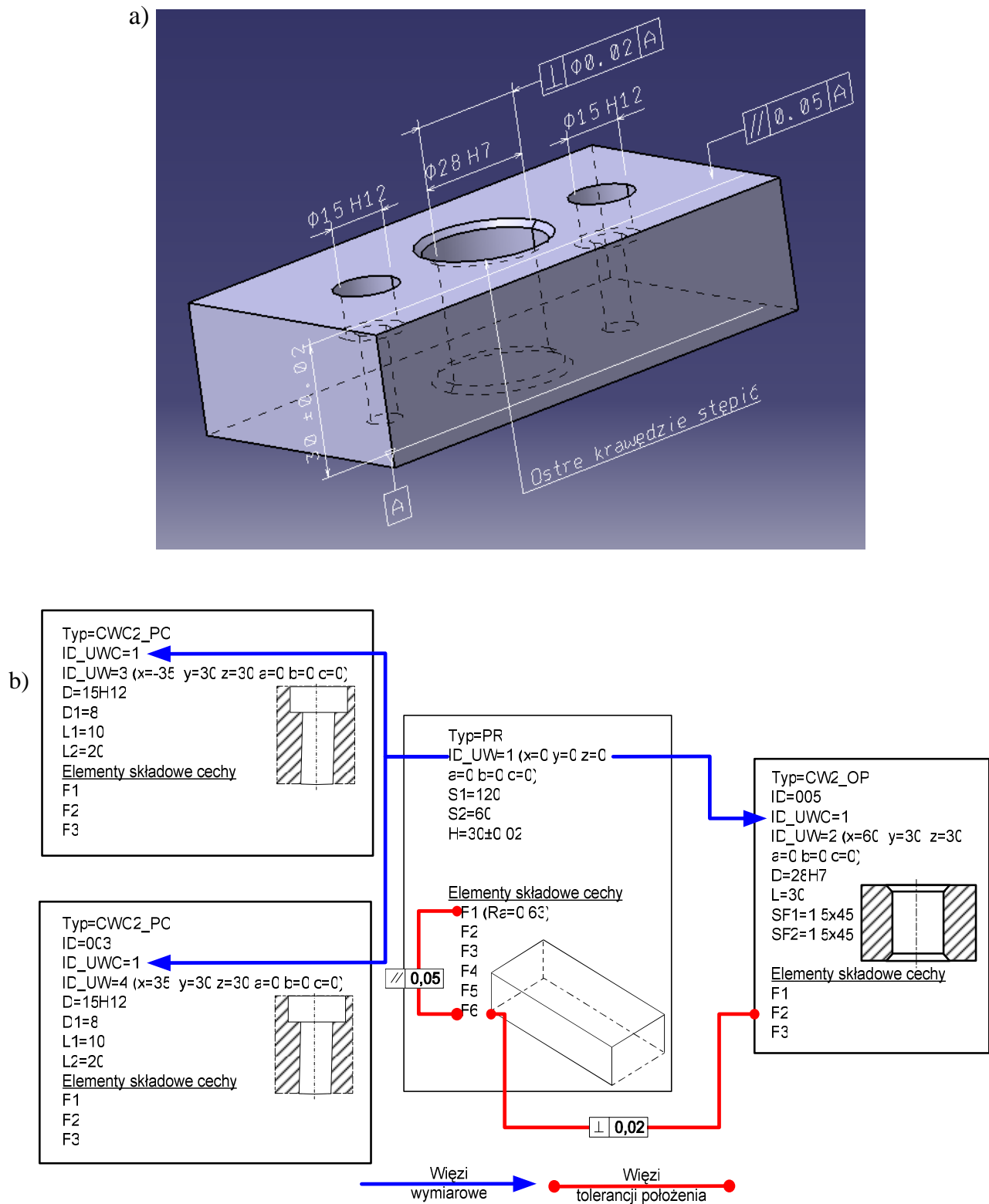


Rys. 2. Modelowanie danych niegeometrycznych w różnych metodach tworzenia modelu przedmiotu zorientowanego na cechy technologiczne

Fig. 2. Non-geometrical information modeling in different methods of creation of manufacturing feature oriented workpiece model

4. PRZYPISYWANIE DANYCH NIEGEOMETRYCZNYCH DO CECH TECHNOLOGICZNYCH

Pierwszy krok w czasie tworzenia modelu przedmiotu metodą FT&A polega na utworzeniu cech technologicznych, bez przypisywania im danych geometrycznych. Następnie wczytywane są z rysunkowej bazy danych wszystkie dane niegeometryczne. W przypadku przedmiotu pokazanego na rys. 3 będą to obiekty reprezentujące chropowatość górnej powierzchni Ra 0,32, tolerancje wymiarów średnic otworów $\phi 15H12$, $\phi 28H7$ i $\phi 15H12$, odchyłka prostopadłości głównego otworu 0,02 mierzona względem bazy A, odchyłka równoległości górnej powierzchni 0,05 mierzona również względem bazy A, tolerancja wymiaru wysokości płytki $30 \pm 0,02$ oraz wymóg dotyczący stopienia ostrych krawędzi sfazowania otworu głównego. Należy zwrócić uwagę, że w celu ułatwienia interpretacji prezentowanego przykładu (rys. 3), skorzystano z funkcjonalności modułu FT&A systemu Catia, pozwalającej na ukrycie części danych geometrycznych.



Rys. 3. Model FT&A: a) przykład modelu przygotowanego w systemie Catia, b) wizualizacja reprezentacji zorientowanej na cechy technologiczne

Fig. 3. FT&A model: a) example of model prepared with Catia CAD system, b) visualization of the representation oriented on manufacturing features

Następny krok to odszukanie w rysunkowej bazie danych powierzchni, do których przypisane są dane niegeometryczne. Mogą to być powierzchnie płaskie lub krzywoliniowe. W kolejnym kroku sprawdzane jest, do jakiej cechy technologicznej została dana powierzchnia przypisana. Przykładowo, chropowatość Ra 0,32 odnosi się do górnej powierzchni płytki (rys. 3), która jest elementem składowym cechy technologicznej typu prostopadłościan. Taka dana geometryczna jest zapisywana jako atrybut cechy technologicznej. Również jako atrybuty zapisywane są tolerancje wymiarów oraz informacja dotycząca konieczności stępienia ostrych krawędzi. W przypadku tolerancji prostopadłości stwierdzone jest, że jest to więź nałożona pomiędzy dwie powierzchnie, z których jedna należy do cechy technologicznej typu prostopadłościan, a druga do cechy technologicznej typu otwór. Taka dana geometryczna zostaje odzwierciedlona w modelu jako więź pomiędzy tymi dwoma cechami. Również tolerancja równoległości będzie reprezentowana jako więź, ale tym razem jako więź pomiędzy elementami składowymi tej samej cechy technologicznej typu prostopadłościan.

Mając do dyspozycji taki model zorientowany na cechy technologiczne można z łatwością budować reguły określające technologię obróbki. Przykładowo można korzystać z reguł typu:

```
If cecha=CWO2_OP          `otwór przelotowy, fazowany
  and CWO2_OP.D=28        `D - średnica
  and CWO2_OP.IT>=6      `IT - klasa dokładności
  and CWO2_OP.IT<=10
THEN wiercenie φ12
  powiercanie φ26,5
  pogłębianie stożkowe
  rozwiercanie zgrubne φ27,75
  rozwiercanie wykańczające φ28
```

Reguła ta definiuje cykle obróbki dla otworów przelotowych, w klasie dokładności IT6 – IT10. Wymagane są wtedy takie cykle jak: wiercenie na średnicę φ12, rozwiercanie na średnicę φ26,5, pogłębianie stożkowe, a następnie cykl rozwiercania zgrubnego na średnicę φ27,75 i rozwiercania wykańczającego na średnicę φ28.

5. WNIOSKI

Dostępnych jest wiele prac omawiających zastosowanie modelu FT&A w technicznym przygotowaniu konstrukcyjnym [1], [3], [10]. Prace te nie są jednak ukierunkowane na sposób korzystania z tego modelu w technicznym przygotowaniu produkcji za pomocą systemu komputerowego, co jest tematem niniejszego artykułu. Zrealizowane prace pozwalają wysunąć następujące wnioski:

- model danych FT&A to pojedyncze źródło informacji, zawierające zarówno dane geometryczne jak i dane niegeometryczne,

- model ten może być z powodzeniem wykorzystywany do generowania płaskich rysunków wykonawczych 2D,
- implementacja komputerowa modelu danych FT&A odznacza się wysoką funkcjonalnością i nie wymaga drastycznej zmiany procedur projektowych,
- zastosowanie modelu FT&A pozwala uprościć proces pozyskiwania danych niegeometrycznych w modelu przedmiotu zorientowanym na cechy technologiczne,
- popularyzacja modelu FT&A powinna spowodować nie tylko uproszczenie prac w ramach technicznego przygotowania produkcji, poprzez eliminację nadmiarowych i funkcjonalnie ograniczonych reprezentacji, ale także zwiększyć stopień automatyzacji zadań projektowych realizowanych na różnych etapach cyklu życia wyrobu.

LITERATURA

- [1] ANSELMETTI B., CHAVANNEA R., YANGA J., ANWERA N., 2010, *Quick GPS: A new CAT system for single-part tolerancing*, *Computer-Aided Design*, 42, 768-780.
- [2] BABIC B., NESIC N., MILJKOVIC Z., 2008, *A review of automated feature recognition with rule-based pattern recognition*, *Computers in Industry*, 59/4, 321-337.
- [3] BALLU A., FALGARONE H., CHEVASSUS N., MATHIEU L., 2006, *A new Design Method based on Functions and Tolerance Specifications for Product Modelling*, *Annals of the CIRP*, 55/1, 139-142.
- [4] CATIA, 2010, *User's Manual*, Dassault Systèmes.
- [5] KAWECKA-ENDLER A., *Organizacja technicznego przygotowania produkcji – prac rozwojowych*, 2004, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
- [6] MONICA Z., KNOSALA R., 1999, *Zastosowanie metody obiektów elementarnych w technicznym przygotowaniu produkcji korpusów*, XII Konferencja nt. Metody i środki projektowania wspomaganego komputernie, Warszawa, listopad.
- [7] POBOŻNIAK J., 2010, *Intermediate state representation in manufacturing feature oriented workpiece model*, III Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Manufacturing, 24-26 XI, Poznań.
- [8] POBOŻNIAK J., 2001, *Modelowanie przedmiotów w środowisku współbieżnego projektowania procesów technologicznych*, Praca doktorska, Politechnika Krakowska.
- [9] PRZYBYLSKI W., DEJA M., 2007, *Komputerowo wspomaganie wytwarzanie części maszyn*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- [10] QUINTANA V., RIVEST L., PELLERIN R., VENNE F., KHEDDOUCI F., 2010, *Will Model-based Definition replace engineering drawings throughout the product lifecycle? A global perspective from aerospace industry*, *Computers in Industry*, 61/5, 497-508.

THE USE OF FT&A METHODOLOGY FOR ACQUISITION OF NON-GEOMETRIC INFORMATION IN PART MODELLING SUBSYSTEM

There is a number of works related to the use of FT&A methodology in technical production preparation. Nevertheless, these works does not concentrate on the aspect of using this methodology in the design tasks executed by computer systems. The paper presents the methods of non geometric data (dimension, shape and location tolerances, additional remarks about the surface conditions, etc.) acquisition when using the manufacturing features as the means for the integration of design and manufacturing production preparation. Definition and basic data about the manufacturing features are given. The methods for the non-geometric data acquisition are discussed with the special attention paid to FT&A method. The final part contains the example of representation of non geometric data in FT&A model for the prismatic parts and their acquisition during the creation of the manufacturing features. Also the manufacturing rule for the machining cycle selection using the non geometric data is presented.