

Funkcjonalność rozpoznawania cech technologicznych w komercyjnych systemach CAM

Functionality of machining feature recognition in commercial CAM systems

JANUSZ POBOŹNIAK
SERGIUSZ SOBIESKI *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.12.533

Celem pracy było przedstawienie funkcjonalności rozpoznawania cech technologicznych w komercyjnych systemach CAM. Omówiono powody ograniczające aktualnie dostępne rozwiązania. Zaproponowano dwa rozwiązania zwiększające tę funkcjonalność: wykorzystanie wiedzy technologicznej w procesie rozpoznawania oraz rozpoznawanie stanów pośrednich przedmiotu obrabianego.

SŁOWA KLUCZOWE: CAM, CNC, rozpoznawanie cech technologicznych

The goal of the work was to present the functionality of machining feature recognition in commercial CAM systems. The reasons limiting the nowadays solutions were discussed. Two solutions increasing this functionality are proposed: the use of manufacturing knowledge in the recognition process and the recognition of intermediate states of parts.

KEYWORDS: CAM, CNC, machining feature recognition

Powszechność stosowania obrabiarek sterowanych numerycznie (OSN), dostępność dokumentacji konstrukcyjnej w postaci plików systemów CAD oraz rosnąca złożoność przedmiotów obrabianych są powodem szerokiego stosowania systemów CAM (Computer Aided Manufacturing). Zdecydowana większość komercyjnych systemów CAM dostępnych obecnie na rynku, włączając w to systemy Catia firmy Dassault Systemes, NX CAM firmy Siemens czy CAMWorks firmy Geometric Ltd., oferuje funkcję rozpoznawania cech technologicznych. Funkcja ta grupuje elementy geometryczne, tworzące model geometryczny w systemie CAD, takie jak powierzchnie, krawędzie, punkty, itd. w jednostki informacji istotne z punktu widzenia programowania obrabiarek OSN, tzn. grupuje je w cechy technologiczne, takie jak: kieszenie zamknięte, kieszenie otwarte, rowki przelotowe, rowki nieprzelotowe, otwory, itp. Rozpoznawanie cech technologicznych jest istotne z dwóch powodów. Po pierwsze, pozwala znacznie zredukować czas programowania w przypadku przedmiotów posiadających dużą liczbę prostych cech obrabianych (np. otworów) i/lub cech składających się z wielu powierzchni, jak na przykład kieszenie posiadające wiele powierzchni bocznych. Wynika to z faktu, że programista jest zwolniony z obowiązku żmudnego wskazywania poszczególnych cech czy powierzchni. Drugi istotny powód to możliwość budowy baz wiedzy technologicznej w formie reguł. Reguły te sprawdzają parametry cech technologicznych, jak: średnica otworu, rodzaj otworu (przelotowy, nieprzeloto-

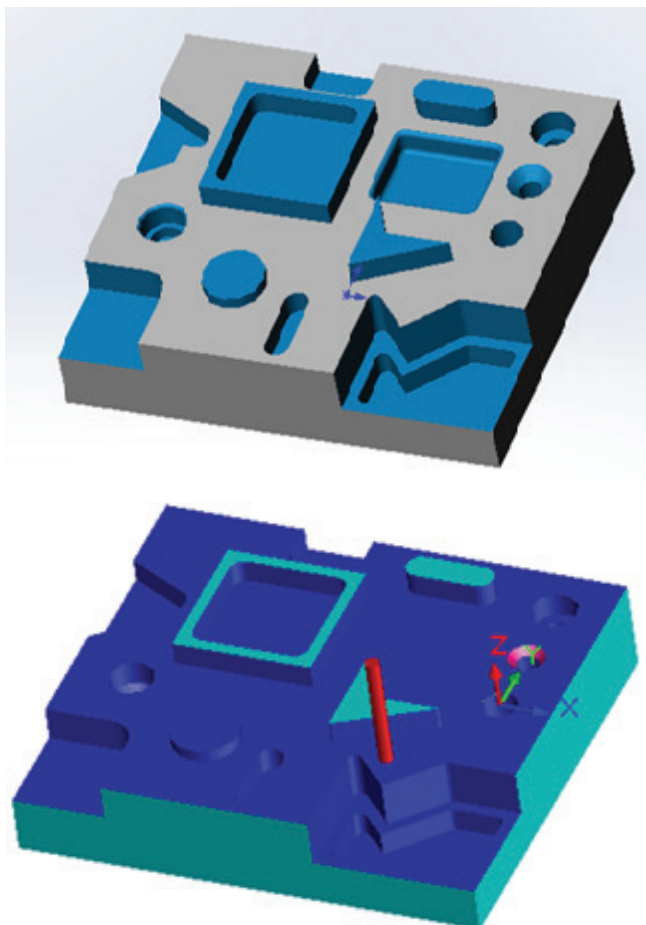
wy), czy rodzaj pogłębienia i wybierają odpowiednie cykle obróbki [6]. Dzięki temu można skrócić czas programowania, a dodatkowo korzystać z wiedzy technologicznej przedsiębiorstwa.

Rozpoznawanie cech w komercyjnych systemach CAM

Dostępnych jest szereg metod rozpoznawania cech technologicznych [1–4]. Producenci systemów CAM nie informują o wybranej metodzie rozpoznawania. Biorąc jednak pod uwagę fakt, że źródłem danych wejściowych jest model geometryczny z reprezentacją B-Rep oraz szeroko podkreślane wady metod grafowych [1], wydaje się, że stosowane są metody rozpoznawania logicznego, ewentualnie metody typu hint based reasoning. Obydwie te ostatnio wymienione metody operują na reprezentacji B-Rep [1]. Metoda logiczna analizuje przede wszystkim powierzchnie pod kątem występowania na nich tzw. wewnętrznych ciągów krawędzi. Występowanie takie ciągu informuje o istnieniu cechy typu wklęsłego (np. kieszeń czy otwór) albo cechy wypukłej (np. trzpień lub wyspa na dnie kieszeni). Rodzaj cechy jest określany poprzez badanie kąta pomiędzy powierzchnią, na której leży ciąg krawędzi, a powierzchniami bocznymi szukanej cechy. Metoda hint based reasoning wyszukuje w reprezentacji elementów świadczących o możliwości występowania danej cechy. Przykładowo, występowanie powierzchni cylindrycznej może świadczyć o istnieniu otworu. Sprawdzane są więc dodatkowe warunki, które muszą spełniać powierzchnie, aby istniał otwór. Szczegółowe omówienie poszczególnych metod rozpoznawania wykracza jednak poza tematykę niniejszej publikacji.

W celu sprawdzenia funkcjonalności rozpoznawania cech technologicznych przeprowadzono szereg eksperymentów. Pierwsze eksperymenty polegały na przeprowadzeniu rozpoznawania na przykładach zamieszczonych w dokumentacji do systemów CAM. Jak można oczekiwać, wyniki rozpoznawania i automatycznego doboru cykli obróbki były więcej niż zadowalające. Przykład podano na rys. 1. Obrabiany przedmiot wydaje się złożony geometrycznie. Bliższa analiza wskazuje jednak, że wszystkie cechy technologiczne są proste do rozpoznania z punktu widzenia możliwości algorytmów rozpoznawania. Cechy występujące w tym przedmiocie nie posiadają części wspólnych (nie przecinają się), co ułatwia rozpoznawanie. W literaturze podkreśla się fakt [1], że przecinanie się cech jest głównym powodem trudności w trakcie rozpoznawania. Jeżeli cechy przecinają się, niektóre z ich powierzchni są usuwane lub dzielone. W efekcie nie można zastosować prostych zasad logicznych typu „rowek przelotowy składa

* Dr inż. Janusz Pobożniak (pobozniak@mech.pk.edu.pl) – Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska; Sergiusz Sobieski, Prezes (ssobieski@tizimplements.com), TIZ Implements Sp. z o.o.



Rys. 1. Przykład poprawnego rozpoznania cech technologicznych i wyniki symulacji

się z powierzchni dna i dwóch identycznych powierzchni bocznych”. Jeżeli cechy technologiczne przecinają się, zwykle istnieje możliwość rozpoznania różnych cech technologicznych (tzn. możemy otrzymać różne zbiory rozpoznanych cech). Zbiór cech wybrany przez oprogramowanie, nie zawsze jest zgodny z oczekiwaniami technologa programisty. Każda z cech przedstawionych w tym przykładzie (rys. 1) jest obrabiana za pomocą jednego narzędzia (wyłączając obróbkę wykańczającą kolejnym narzędziem). Ułatwia to też rozpoznawanie cech. W wielu przypadkach, w celu zwiększenia efektywności obróbki, konieczny jest podział cechy na cechy składowe, z uwagi na konieczność obróbki narzędziem o większej średnicy i usuwania resztek za pomocą narzędzi o mniejszych średnicach.

W celu lepszego zbadania funkcjonalności systemów CAM w rozważanym zakresie podjęto próby rozpoznawania dla przykładowych przedmiotów. Wyniki uzyskane w czasie jednego z testów przedstawiono na rys. 2. W przykładzie tym jednoznacznie widać, jaki problem stanowią cechy przecinające się. Obydwie kolumny umieszczone są na tej samej płaszczyźnie (na tej samej wysokości). Płaszczyzna ta w przestrzeni pomiędzy kolumnami jest jednak przedzielona kieszenią. Zapewne z tego powodu wystąpiły trudności w rozpoznaniu tych kolumn oraz przestrzeni pomiędzy nimi. Należy zwrócić uwagę, że przestrzeń pomiędzy kolumnami powinna być rozpoznana i usuwana jako pierwsza, a dopiero następnie powinny być frezowane kieszenie. Niestety, odpowiednia cecha technologiczna nie została rozpoznana. Uwagę zwraca też brak rozpoznania rowków na powierzchniach kolumn i rowków wewnątrz kolumn. Nie zostały rozpoznane również fazy wewnętrzne w kolumnach.

Przedstawione przykłady są obrazem typowych możliwości w zakresie rozpoznawania dostępnych na rynku komercyjnych systemów CAM. Z uwagi na fakt, że celem prac nie była analiza możliwości konkretnego systemu, nie podano nazw systemów używanych do testowania.

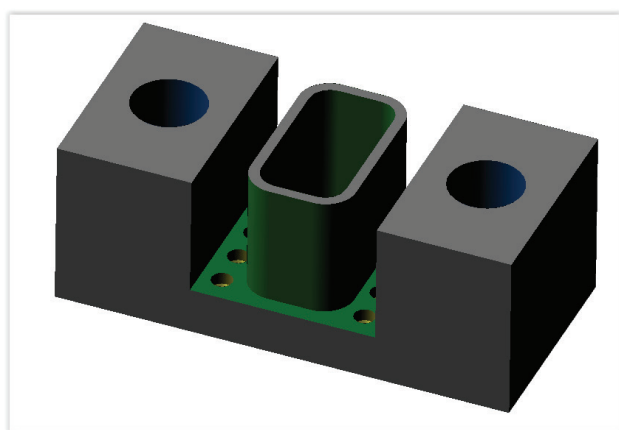
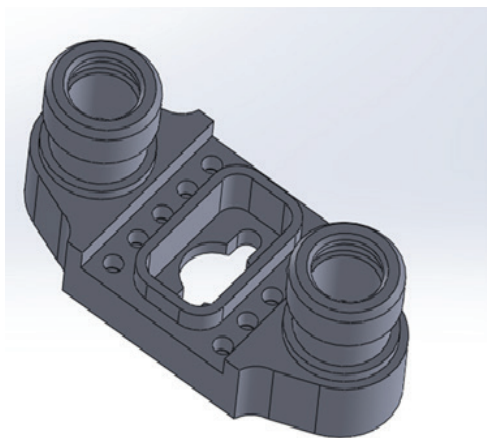
Propozycje zwiększenia funkcjonalności rozpoznawania cech technologicznych

Pierwszą propozycją zwiększenia funkcjonalności rozpoznawania cech technologicznych jest zastosowanie wiedzy technologicznej w tym procesie. Dwa przecinające się rowki w przedmiocie pokazanym na rys. 3 mogą być zdekomponowane na różne cechy technologiczne, przykładowo jedną kieszeń otwartą lub trzy rowki przelotowe. Prace z zakresu rozpoznawania analizują geometrię i strukturę topologiczną przedmiotu, natomiast nie biorą pod uwagę możliwości technologicznych systemu wytwarzania. Jeżeli rowki w tym przedmiocie mają mniej więcej tę samą szerokość, to naturalnym rozwiązaniem jest rozpoznanie ich jako tzw. kieszeni otwartej, która jest wykonywana frezowaniem za pomocą frezu o średnicy mniejszej lub równej od szerokości rowków. Jeżeli jednak jeden z przecinających się rowków ma znacznie większą szerokość, to celowe jest rozpoznanie tego szerszego rowka jako jednej cechy i dodatkowo rozpoznanie dwóch rowków o mniejszej szerokości. Ten szerszy rowek będzie obrabiany za pomocą narzędzia o większej średnicy niż frez używany do obróbki węższych rowków. Należy zwrócić uwagę, że zapewne wszystkie komercyjne systemy CAM rozpoznają w rozważanym przykładzie tylko jedną cechę. Zadanie to może być rozwiązane poprzez wprowadzenie tzw. funkcji kształtowania cech technologicznych. Przy takim podejściu:

- przedmiot jest dopompowany na wstępny zbiór cech technologicznych,
- w czasie doboru cyklu obróbki każda cecha może być podzielona na więcej cech składowych, stosownie do możliwości konkretnego systemu wytwarzania,
- w czasie doboru cyklu obróbki cechy mogą być również połączone w jedną cechę, również stosownie do możliwości konkretnego systemu wytwarzania.

Zadanie podziału cechy na cechy składowe lub łączenie cech jest realizowane przez funkcję kształtowania cech technologicznych. Funkcja ta jest bardzo użyteczna przy doborze cykli obróbki dla otworów stopniowanych, jak również sprawdza się przy obróbce toczeniem. Ogólnie ujmując, przy obróbce toczeniem, przedmiot jest zdekomponowany na kontur zewnętrzny, kontur wewnętrzny oraz cechy uzupełniające (otwory niesiowe, rowki, itp.). Funkcja kształtowania cech technologicznych wyróżnia w konturze zewnętrznym takie cechy składowe, jak: rowki, kieszenie, kontury jednostronnie malejące czy kontury pozbawione rowków, stanowiące geometrię dla cykli toczenia wykańczającego.

Kolejna propozycja zwiększenia funkcjonalności rozpoznawania cech technologicznych to zastosowanie rozpoznawania stanów pośrednich przedmiotu. We wszystkich znanych autorowi komercyjnych systemach CAM przedmiotem rozpoznawania jest stan końcowy przedmiotu. Z tego powodu nie jest widocznych wiele cech technologicznych, które występują w stanach pośrednich. Rozpoznane są tylko cechy widoczne w stanie końcowym przedmiotu obrabianego (po obróbce). Rozpoznawanie stanów pośrednich musi być stosowane w połączeniu z metodą rewersyjną tworzenia programu sterującego na obrabiarkę CNC. W metodzie rewersyjnej, z powodzeniem stosowanej



Rys. 2. Przykład niepoprawnego rozpoznania cech technologicznych i wyniki symulacji

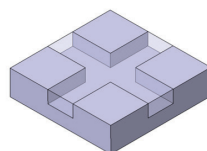
od wielu lat w pracach naukowych [6], przedmiot jest transformowany od stanu końcowego do stanu półfabrykatu poprzez dodawanie naddatków. Wstępny zarys procedury projektowania jest następujący:

- przeprowadzić rozpoznanie cech w stanie końcowym przedmiotu,
- przeprowadzić transformację wybranej cechy technologicznej,
- jeżeli transformowana cecha technologiczna posiadała część wspólną z inną cechą technologiczną, przeprowadzić rozpoznanie stanu pośredniego obejmujące powierzchnie należące do przecinających się cech technologicznych,
- jeżeli aktualny stan różni się od stanu półfabrykatu, przejść do kroku b)

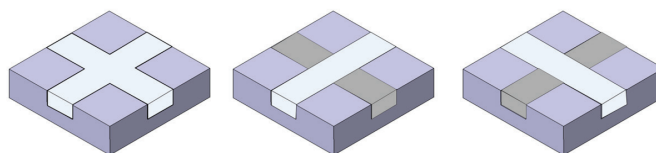
Zastosowanie takiego podejścia pozwoli przykładowo rozpoznać czop okrągły (rys. 4) czy powierzchnię do planowania, które nie są bezpośrednio widoczne w przedmiocie w stanie końcowym. Należy zwrócić uwagę, że żaden ze znanych autorowi komercyjnych systemów CAM nie rozpozna w tym przedmiocie cechy typu czop okrągły, a tylko jeden rozpoznaje powierzchnię do planowania. Jeżeli jednak konieczne byłoby wyróżnienie dwóch takich cech jak powierzchnie do planowania (do obróbki zgrubnej i obróbki wykańczającej), to przekracza to możliwości aktualnie oferowanych systemów CAM.

Wnioski

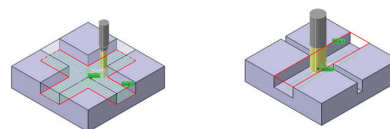
Funkcja rozpoznawania cech technologicznych pozwala skrócić czas programowania. Prawidłowo rozpoznane cechy technologiczne to kluczowy warunek możliwości korzystania z baz wiedzy technologicznej, pozwalającej



Dwa przecinające się rowki

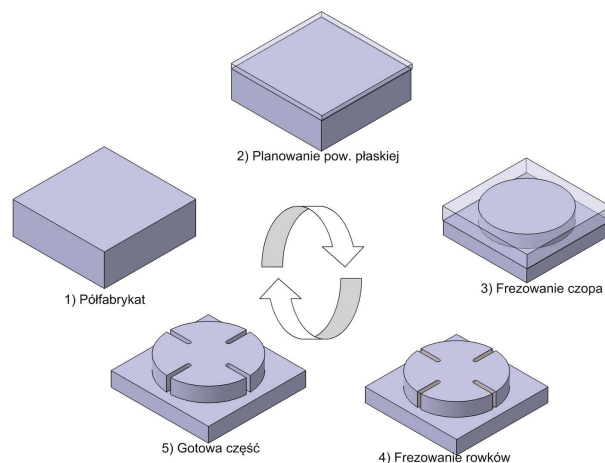


Przykład podziału na cechy technologiczne



Przykłady użycia różnych cykli obróbki w zależności od podziału na cechy technologiczne

Rys. 3. Zastosowanie wiedzy technologicznej w procesie rozpoznawania cech



Rys. 4. Rozpoznawanie cech w stanach pośrednich

zapisać wiedzę przedsiębiorstwa. Przedstawione wyniki wyraźnie podkreślają ograniczone w tym zakresie możliwości komercyjnych systemów CAM. Przedstawiono dwie propozycje pozwalające usunąć te okraczenia: zastosowanie wiedzy technologicznej w procesie rozpoznawania oraz rozpoznawanie stanów pośrednich.

Przeprowadzana analiza funkcjonalności systemów CAM w zakresie rozpoznawania cech technologicznych została przeprowadzana w ramach prac dotyczących budowy systemu ekspertowego CYBERTECH [5] do wspomaganie projektowania procesów technologicznych dla części z branży lotniczej.

LITERATURA

1. Babic B., Nesic N., Miljkovic Z. "A review of automated feature recognition with rule-based pattern recognition". *Computers in Industry*. Vol. 59, No. 4 (2008).
2. Chlebus E., Krot K. "CAD 3D models decomposition in manufacturing processes". *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. Vol. (2016).
3. Pobożniak J. "Algorithm for ISO 14649 (STEP-NC) feature recognition". *Management and Production Engineering Review R*. Vol. 4, No. 4 (2013): pp. 50–58.
4. Verma A.K., Rajotia S. "A review of machining feature recognition methodologies". *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. Vol. 23, No. 4 (2010): pp. 353–368.
5. www.tizimplements.eu/cybertech (dostęp: 05.10.2016 r.).
6. Xu X., Wang L., Newman S.T. "Computer-aided process planning – A critical review of recent developments and future trends". *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. Vol. 24, No. 1 (2011): pp. 1–31.