

Dr inż. Pobożniak Janusz, email: pobozniak@mech.pk.edu.pl
Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji
Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny

NOWY STANDARD PROGRAMOWANIA OBRABIAREK STEROWANYCH NUMERYCZNIE: STEP-NC

Streszczenie: W artykule przeanalizowano przepływ informacji pomiędzy systemami CAD/CAM/CNC przy korzystaniu z języka programowania obrabiarek CNC opartego na normie ISO 6983. Następnie scharakteryzowano strukturę danych w nowym standardzie programowania OSN STEP-NC, zdefiniowanym w normie ISO 14649 i również przeprowadzono dla tego standardu analizę przepływu informacji. Uzyskane wyniki analizy wskazują w jaki sposób można wykorzystać ten standard do dalszej automatyzacji programowania obrabiarek sterowanych numerycznie.

Słowa kluczowe: Programowanie obrabiarek CNC, STEP-NC, ISO 14649

NEW STANDARD FOR CNC MACHINE TOOL PROGRAMMING: STEP-NC

Abstract: The paper presents the information flow between CAD/CAM/CNC systems when using the CNC machine tool programming language based on ISO 6983. Next, the data structure of the new programming standard STEP-NC, defined in ISO 14649, is presented. The information flow for this new standard is also discussed. The results of analysis show how this standard can be used for the increase of the automation of CNC machine tool programming.

Keywords: CNC machine tool programming, STEP-NC, ISO 14649

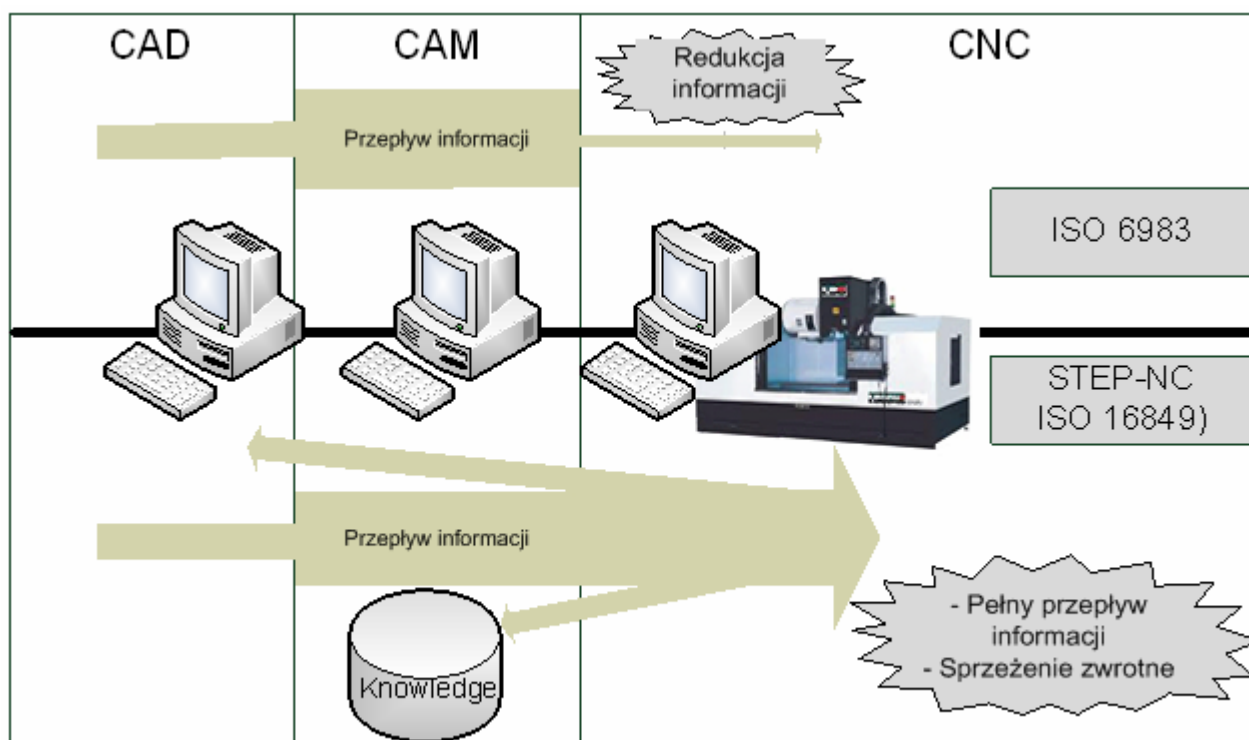
1. PRZEPLÝW INFORMACJI W ŁAŃCUCHU CAD/CAM/CNC PRZY PROGRAMOWANIE OBRABIAREK W JĘZYKU ISO 6983

Do programowania obrabiarek nadal powszechnie używany jest język zdefiniowany w normie ISO 6983 [6], który jest nadal uaktualniany, ale zasadniczo nie zmieniony od ponad 50 lat. Język ISO 6983 jest ukierunkowany na programowanie trajektorii punktu charakterystycznego narzędzia, a nie na opis faktycznych zadań obróbki realizowanych na przedmiocie. Aktualnie, utworzony w systemie CAD model jest używany przez system CAM do programowania obróbki. Stosowane obecnie systemy CAM są bardzo zaawansowane. Analizują przedmiot nie na poziomie podstawowych elementów geometrycznych, ale na poziomie elementów istotnych z punktu widzenia technologa, tzn. cech technologicznych. Przykładem cech technologicznych są rowki, kieszeni zamknięte, kieszenie otwarte, otwory pogłębiane, itp. Niestety, wygenerowany program ISO, zawierający głównie funkcje G i M, nie zawiera tych wszystkich informacji o przedmiocie, cechach technologicznych, zdefiniowanych cyklach, czy zasobach przewidywanych do produkcji. Wszystkie cykle obróbki, jak przykładowo cykl wiercenia głębokich otworów z łamaniem i usuwaniem wióra, czy cykl frezowania kieszeni, są konwertowane na serie ruchów elementarnych. Nie jest możliwa konwersja w drugą stronę, tzn. zamiana tych ruchów elementarnych na cykle obróbki. W efekcie program ISO 6983 traci całą strukturę utworzoną w systemie CAM i nie można w nim wprowadzić żadnych zmian, nawet najprostszych, polegających przykładowo na zmianie głębokości skrawania.

Tracona jest również informacja o narzędziach używanych w trakcie obróbki. Systemy CAM pozwalają definiować zarówno oprawki, płytki skrawające jak i uchwyty narzędziowe. Możliwe jest definiowanie nie tylko parametrów geometrycznych, ale również korzystanie z modeli 3D narzędzi. Często zresztą takie modele 3D oferuje sam producent,

jak chociażby firma Sandvik Coromant. Tak dokładne modele narzędzi pozwalają równie dokładnie sprawdzić ilość materiału wciąż pozostającego do usunięcia, materiał niepotrzebnie usunięty czy wyszukać wszystkie kolizje z przedmiotem obrabianym. W programie sterującym ISO, narzędzie jest reprezentowane wyłącznie przez numer. Aby operator mógł prawidłowo uzbroić obrabiarkę, konieczne jest dostarczenie dodatkowej dokumentacji. Jeszcze raz świadczy to o małej ilości informacji przechowywanych w programach ISO. Program przetworzony przez postprocesor staje się programem dostosowanym do danej obrabiarki i układu sterowania, traci całą elastyczność. Wynika to z faktu, że współczesne obrabiarki zawierają wiele funkcji i możliwości nie ujętych w normie ISO 6983. Aby umożliwić pełne wykorzystanie oferowanej funkcjonalności obrabiarek, producenci wprowadzają swoje własne adresy oraz funkcje przygotowawcze i pomocnicze. Jest to rozwiązanie skuteczne, ale powoduje utratę elastyczności i ograniczenie zakresu stosowania danego programu sterującego.

W czasie tworzenia programu obróbki, programista może korzystać z rozbudowanych baz danych narzędzi, zawierających używane w trakcie obróbki narzędzia. Zanim program zostanie uruchomiony na fizycznej obrabiarce, może być symulowany z użyciem modelu obrabiarki. Tak więc, raz podjęta decyzja w momencie tworzenia programu, nie może być zmieniona na realizowanym później etapie uruchamiania programu z powodu zamiany informacji wyższego rzędu na elementarne ruchy osi sterowanych numerycznie. Informacje o projekcie zapisane w systemie CAD, a następnie uzupełnione o dane technologiczne, opisujące proces obróbki przedmiotu oraz używane do tego celu wyposażenie ulegają drastycznej redukcji w momencie przesyłania do systemu CNC (Rys. 1).



Rys. 1 Porównanie programowania OSN wg normy ISO 6983 i normy STEP-NC

Podsumowując, zasadniczą wadą programów sterujących ISO 6983 to redukcja informacji dostępnych w systemie CAM, brak współpracy z systemami CAD/CAM i jednokierunkowy przepływ informacji. Mając gotowy program ISO 6983 przygotowany na konkretną obrabiarkę, z reguły nie jest również możliwa zmiana środowiska dla którego

pierwotnie program był projektowany. Programy sterujące ISO 6983 to zdecydowanie ogniwo rozrywające łańcuch CAD/CAM/CNC.

2. NORMA ISO-14649 (STEP-NC)

Kompletny i jednoznaczny opis produktu w całym cyklu jego życia został ujęty w normie standardzie STEP (STandard for the Exchange of Product Model Data), będącym zbiorem norm ISO 10303 [1, 2]. STEP-NC jest zastosowaniem metod STEP w odniesieniu do programowania obrabiarek sterowanych numerycznie. W odróżnieniu od języka ISO 6983, który opisując ruchy narzędzia względem przedmiotu informuje jak należy wykonać dany przedmiot, standard STEP-NC informuje co należy wykonać, w jakiej kolejności obrabiać poszczególne cechy technologiczne, jaki zastosować schemat ruchu narzędzia, jaka jest wymagana dokładność obróbki oraz jakie narzędzia można zastosować. Cały standard STEP-NC bazuje na cechach technologicznych.

Standard STEP-NC ma strukturę obiektową. Elementem nadrzędnym jest obiekt Project. Obiekt ten posiada przypisaną obiektowi reprezentującą właściciela projektu, wersję, status oraz przedmiot obrabiany. Oprócz informacji podstawowych jak materiał czy klasa dokładności, dla przedmiotu obrabianego może być również opcjonalnie pamiętana reprezentacja w formacie B-Rep. Opcjonalność wynika z faktu, że przedmiot jest opisywany przez zbiór cech technologicznych. Projekt posiada również przypisany plan obróbki (Workplan). Do planu obróbki przypisany jest Setup reprezentujący informacje o zamocowaniu. Przypisana jest również lista zawierająca tzw. Executables, reprezentujące działania wykonywane przez obrabiarkę. Relacja dziedziczenia wyróżnia trzy rodzaje executables, a mianowicie bloki programu (WorkingStep), funkcje pomocnicze NC (realizowane przez obrabiarkę ale nie powodujące ruchu osi interpolowanych, np. opcjonalne zatrzymanie lub zatrzymanie programu) lub struktury warunkowe, uzależniającą wykonanie przypisanych executables od spełnienia określonych warunków. Obiekt Program_structure pozwala przykładowo wykonywać executables równolegle. Jest to więc istotne rozwiązanie z punktu widzenia obrabiarek wielotorowych. Bloki programu (WorkingStep) są podstawowymi elementami składowymi standardu STEP-NC. Bloki programu opisują działania, których realizacja wymaga korzystania z osi sterowanych numerycznie. Mogą one reprezentować ruchy liniowe z posuwem szybkim (Rapid_Movement), cykle pomiarów (Touch_Probing) lub bloki programu typu obróbka powodujące usuwanie materiału (Machining_WorkingStep). W tym ostatnim przypadku, WorkingStep definiują powiązanie pomiędzy cechą technologiczną (Machining_Feature), a realizowanym na niej cyklem obróbki (Machining_Operation). Jeżeli dla danej cechy realizowany jest więcej niż jeden cykl obróbki, plan obróbki zawiera odpowiednią liczbę bloków programu typu obróbka (po jednym dla każdego cyklu obróbki).

Każdy cykl obróbki jest uszczegóławiany poprzez przypisane obiektowi reprezentujące parametry skrawania (Technology), strategię obróbki (Strategy), stan funkcji pomocniczych obrabiarki (Machine_functions) oraz opcjonalną ścieżkę narzędzia (Toolpath). Obiekt Technology może mieć przypisane takie dane jako posuw, szybkość skrawania, szybkość obrotowa wrzeciona, synchronizacja wrzeciona zakaz korekty posuwu i szybkości skrawania. Obiekt Strategy może mieć przypisane takie informacje jak redukcja posuwu w momencie rozpoczynania ruchu skrawania, frezowanie współbieżne, frezowania przeciwbieżne, kąt opasania narzędzia, itp. Obiekt Machine_Functions decyduje o załączeniu chłodziwa, ustawiania ciśnienie w systemie chłodzenia, uruchamiania automatycznego usuwania wiórów, etc. Obiekt narzędzie reprezentujący narzędzie zawiera informacje o oprawce narzędziowej, listę płytek skrawających oraz całkowitą długość oprawek zespołu narzędziowego. Dla płytek skrawających podawane są informacje o ich materiale oraz dane do zarządzania trwałością. Pomo tych informacji,

pewną bolączką wydaje się brak reprezentacji B-Rep narzędzia, z podziałem an część skrawającą i nie skrawającą. Oczywiście taki model opisać przy użyciu standardu STEP, będzie ona jednak przechowywany poza plikiem STEP-NC. Zwiększyłyby to samodokumentujące właściwości tego formatu. Obiekt Machining_operation może posiada przypisaną opcjonalnie ścieżkę narzędzia. Program przesyłany do układu CNC nie zawiera ścieżki narzędzia, jest ona generowana przez procedury tego układu CNC, na podstawie informacji o zadaniu obróbkowym, zawartych w samym programie STEP-NC. Nie mniej jednak, w okresie przejściowym, w celu ułatwienia wdrażania tego nowego standardu, ścieżka narzędzia może być jawnie zdefiniowana przez system CAM. Zwalania to układ sterowania CNC z konieczności jej generowania.

Obiekty reprezentujące cykle obróbkowe dzielą się w zależności od technologii obróbki. Każda technologia obróbki jest tematem oddzielnej części normy STEP-NC. Aktualnie dostępne są normy dla frezowania [4] oraz toczenia [5]. W zakresie frezowania, norma wyróżnia cykle frezarskie i wiertarskie. Cykle frezarskie dzielą się na cykle frezowania cech typu 2.5D, wymagające jednoczesnej interpolacji dwóch osi sterowanych numerycznie oraz cykle frezowania powierzchni, wymagające jednoczesnej interpolacji co najmniej 3 osi sterowanych numerycznie.

Każdy obiekty Machining_WorkingStep jest związany z cechą technologiczną. Wyróżniono dwie grupy cech. Pierwsza dotyczy obróbki powierzchni swobodnych (Region), a drugi cech 2.5D (Two5D_ManufacturingFeature). Sposób reprezentacji danych dotyczących cech technologicznych nie odbiega od powszechnie stosowanych standardów.

3. WNIOSKI

Ponieważ standard STEP-NC nie opisuje "jak" należy zrobić (jak dotychczasowe programy ISO 6983), ale "co" należy zrobić, układy sterowania CNC mają więcej możliwości inteligentnej optymalizacji programu. Układy sterowania CNC posiadają też dostatecznie dużo danych, aby takie działania realizować. Same decydują o sposobie zamiany opisanego zadania obróbkowego na ruchy osi sterowanych numerycznie. Sposób realizacji zadania może być wybierany przez sam układ sterownia CNC, który na podstawie zebranych w czasie rzeczywistym informacji może szybko wprowadzić zmiany w programie obróbki. Wprowadzone zmiany mogą być przesłane z powrotem do systemu CAM i tam zapisane w bibliotece standardowych procesów obróbki. Umożliwia to aktualizacje i rozbudowę bazy wiedzy technologicznej, używanej przez ten system CAM. Dwukierunkowa komunikacja za pomocą standardu STEP-NC nie powoduje przerwania ciągłości łańcucha CAM-CNC. Co więcej, w ten sam sposób mogą być przesyłane zmiany zaproponowane przez operatora obrabiarki (Rys. 1).

Istnieje wiele przeszkód blokujących wdrażanie standardu STEP-NC: koszty inwestycji w tą nową technologię, brak komercyjnych, sprawdzonych w praktyce przemysłowej układów sterowania CNC obsługujących standard STEP NC, przyzwyczajenie do dotychczas stosowanych rozwiązań oraz brak rozwiązań wykorzystujących pełen potencjał tego standardu. Biorąc jednak pod uwagę przedstawione wcześniej możliwości standardu STEP-NC, zwłaszcza w zakresie integracji łańcucha CAD/CAM/CNC, braku redukcji informacji przesyłanych do systemu CNC oraz możliwość przesyłania informacji wstecz, przyszłość zdecydowanie należy do tego standardu. Przedstawiona analiza standardu STEP-NC i jego możliwości jest podstawą do podjęcia przez autora decyzji o kontynuowaniu prac w zakresie automatyzacji systemów technologicznego przygotowania produkcji, których integralnym elementem będzie standard STEP-NC.

4. LITERATURA

1. ISO 10303-1:1994 Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 1: Overview and fundamental principles, 1994
2. ISO 10303-203:2011 Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 203: Application protocol: Configuration controlled 3D design of mechanical parts and assemblies, 2011
3. ISO 14649-10. 2004. Industrial automation systems and integration – Physical device control – Data model for computerized numerical controllers – Part 10: General process data, 2004
4. ISO 14649-11:2004 Industrial automation systems and integration – Physical device control – Data model for computerized numerical controllers – Part 11: Process data for milling, 2004
5. ISO 14649-12:2005 Industrial automation systems and integration – Physical device control – Data model for computerized numerical controllers – Part 12: Process data for turning, 2005
6. ISO 6983-1:2009 Numerical Control of Machines – Program Format and Definition of Address Words – Part 1: Data Format for Positioning, Line Motion and Contouring Control Systems, 2009.
7. Pobożniak J., Programowanie obrabiarek sterowanych numerycznie w systemie CAD/CAM Catia, Helion 2014 (w przygotowaniu do druku)
8. Pobożniak J.: Two stage approach to feature recognition for Computer Aided Process Planning, Advances in Manufacturing and Science Technology, Vol. 29 4/2005.