

REPREZENTACJA DANYCH O NARZĘDZIACH OBRÓBKOWYCH W STANDARDZIE STEP-NC

Streszczenie: Powszechnie stosowany język programowania obrabiarek sterowanych numerycznie, oparty na funkcjach G (ISO 6983), nie pozwala na zapis danych o narzędziach używanych do obróbki. Wady tej nie posiada nowo wprowadzony standard programowania obrabiarek STEP-NC, zdefiniowany w normie ISO 14649. W referacie przedstawiono w syntetyczny sposób strukturę danych standardu STEP-NC oraz szczegółowo omówiono reprezentację danych narzędziowych. Całość zilustrowano przykładem. Przedstawiony opis danych jest fragmentem prac mających na celu budowę systemu CAM opartego na standardzie STEP-NC.

Słowa kluczowe: STEP-NC, ISO 14649, ISO 6983, modele narzędzi skrawających, CAD/CAM

TOOL DATA REPRESENTATION IN STEP-NC STANDARD

Summary: The widely used CNC machine tool programming language based on G codes (ISO 6983) does not allow to store the data about the cutting tools. This shortcoming is no longer exists in the case of new CNC machine tool programming standard STEP-NC, defined in ISO 14649. The paper presents the synthetic data model of STEP-NC standard and the detailed data model of tools. Also the example of data representation is given. The presented description is the part of the work aimed to develop the CAM system based on STEP-NC standard.

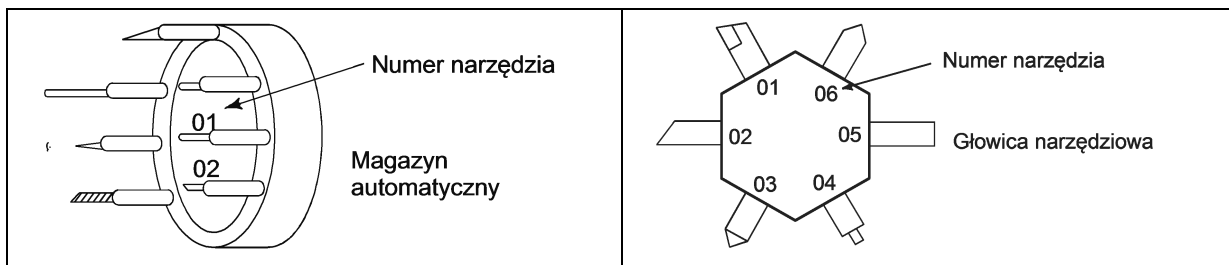
Keywords: STEP-NC, ISO 14649, ISO 6983, cutting tools model, CAD/CAM

1. WPROWADZENIE

Obrabiarki CNC zapoczątkowały swego rodzaju rewolucję w przemyśle wytwórczym. Posiadają szereg zalet, spośród których najważniejsze to:

- Niższe koszty robocizny, ponieważ kilka obrabiarek może być obsługiwanych przez jednego pracownika. Po uzbrojeniu obrabiarki program może być wykonywany przez większą część czasu bez dozoru.
- Wymagane niższe kwalifikacje pracowników obsługujących obrabiarki. Dzięki automatycznemu wykonywaniu programu, pracownik ma mniejszy wpływ na jakość przedmiotu uzyskiwanego w wyniku obróbki.
- Możliwość matematycznego zapisu w programie sterującym kształtu obrabianej części, co umożliwia obróbkę przedmiotów o bardzo złożonych kształtach, przykładowo powierzchni swobodnych. Korzystając z oprogramowania CAM (Computer Aided Manufacturing) można przygotować programy obróbki części, których obróbka przy sterowaniu ręcznym byłaby niemożliwa, przykładowo chociażby z uwagi na konieczność jednoczesnej synchronizacji ruchu wielu osi.
- Program sterujący może być wykonywany dowolną liczbę razy, a wynik obróbki będzie zawsze taki sam, co pozwala produkować setki i tysiące identycznych części.
- Aktualizacja oprogramowania obrabiarki pozwala zwiększyć jej możliwości technologiczne. Przykładem mogą być wprowadzane w nowoczesnych układach sterowania CNC funkcje do inteligentnej korekcji wartości posuwu przy zmianie kierunków ruchu, w celu zwiększenia szybkości obróbki przy zachowaniu tej samej jakości.

- Pracownicy obsługujący obrabiarkę mogą być szkoleni za pomocą oprogramowania emulującego funkcjonalność układu CNC. Zmniejsza to koszty szkolenia oraz nie powoduje wyłączenia obrabiarek z pracy na czas szkolenia.

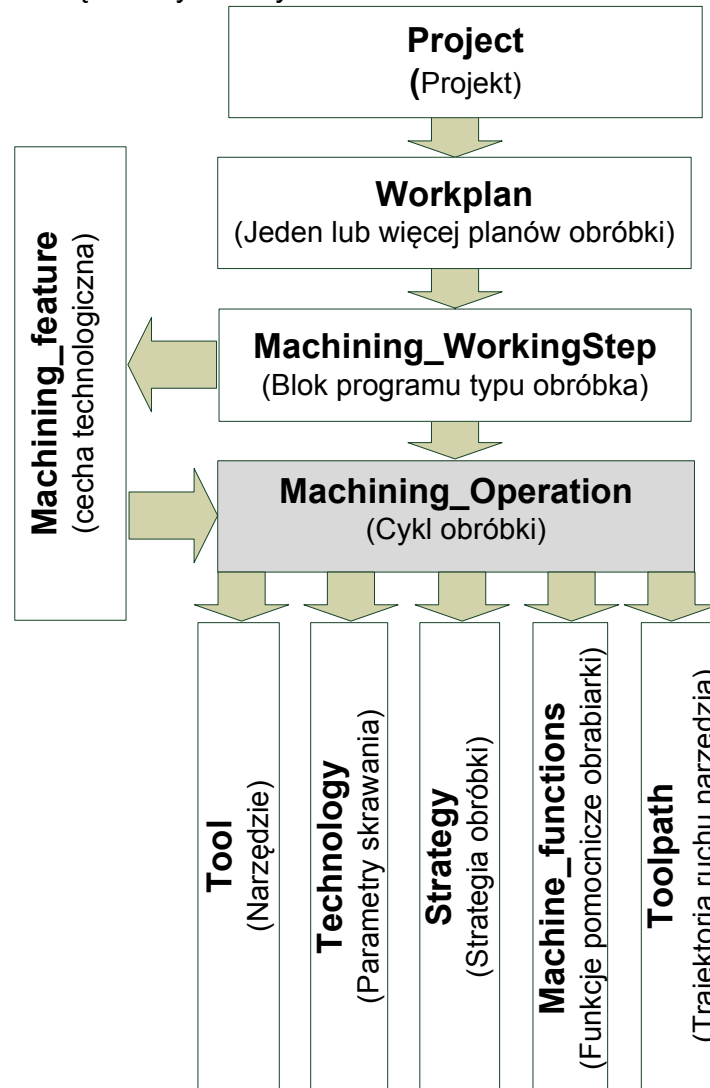


Rys. 1.1 Magazyn automatyczny dla centrum obróbczego i głowica narzędziowa tokarki z zaznaczonymi numerami narzędzi

Do programowania nadal powszechnie używany jest język zdefiniowany w normie ISO 6983 [7]. Jedną z wad tego języka jest brak danych o narzędziu stosowanym do obróbki. W programach tych, dane o narzędziach są podawane za pomocą adresu T [2]. Po adresie T podawane są dwie grupy cyfr. Pierwsza grupa oznacza numer gniazda zajmowanego przez narzędzie w głowicy/magazynie narzędzi, a druga grupa podaje numer korektora. Przykładowo, zapis T0202 (Rys. 1.1) oznacza wybranie narzędzia z gniazda numer 02 oraz pobranie danych narzędziowych z korektora nr 2. Sam program sterujący nie zawiera żadnych informacji o narzędziach, poza tymi dwoma grupami cyfr. W systemach CAM, używanych do tworzenia programów CNC, można definiować szereg informacji geometrycznych o narzędziach, jak również można korzystać z modeli 3D narzędzi. Często, takie modele narzędzi są udostępniane bezpośrednio przez ich producenta, jak to ma miejsce w przypadku firmy Sandvik Coromant [8]. Posiadanie dokładnych modeli narzędzi pozwala wykryć szereg błędów w trakcie programowania, przykładowo pozwala odszukać kolizję pomiędzy narzędziem a przedmiotem, niepotrzebnie usunięty naddatek materiału czy też ilość naddatku wciąż pozostającego do usunięcia. Program obróbki w standardzie ISO 6983 nie posiada właściwości samodokumentowania się. Na podstawie samego programu, nie można nawet sprawdzić, jaki rodzaj narzędzie ma być użyty. Dodatkowo, w zależności od rozwiązań przyjętych w trakcie programowania, często nie jest możliwa zmiana narzędzia na narzędzie o innej średnicy. Przykładowo, w programach ISO6983 nie ma możliwości powiązania odległości pomiędzy kolejnymi ścieżkami skrawania ze średnicą narzędzia. Bardzo często przyjmuje się, że materiał ma być usuwany przez połowę średnicy frezu (parametr a_e). Niestety, jeżeli zamiast frezu przyjętego w programie zostanie użyte narzędzie o mniejszej średnicy, to w najlepszej sytuacji materiał po prostu nie zostanie usunięty w całości. Zamontowanie narzędzia o zbyt dużej średnicy może z kolei prowadzić do kolizji i podcięć.

Wad tych nie ma nowy standard STEP-NC, który jest zastosowaniem metod STEP w odniesieniu do programowania obrabiarek sterowanych numerycznie. Jest to nowy model danych do komunikacji pomiędzy systemami CAD/CAM oraz obrabiarkami CNC. Usuwa szereg ograniczeń języka zdefiniowanego w normie ISO 6983. Jedną z jego istotnych cech jest uwzględnianie szeregu danych narzędziowych. Norma ISO 14649 składa się z wielu części. ISO 14649-1 [4] zawiera wprowadzenie i podstawowe informacje o modelu danych, ISO 14649-10 [5] zawiera opis elementów geometrycznych, definicję cech oraz danych związanych ze strukturą programu obróbki. Dane specyficzne dla technologii obróbki frezowaniem zostały opisane w normie ISO 14649-11 [6] i ISO 14649-111. Dane specyficzne dla technologii obróbki toczeniem zostały opisane w ISO 14649-12 oraz ISO 14649-121. Dostępna jest również norma uwzględniająca specyficzne cechy obróbki elektroerozyjnej oraz przygotowywana jest norma dla obróbki szlifowaniem.

Oprócz samych norm dotyczących standardu STEP-NC, dostępnych jest wiele prac omawiających strukturę danych samego programu obróbki czy cech technologicznych [1, 10, 9]. Brakuje jednak prac omawiających strukturę danych o narzędziach. Celem niniejszego referatu jest opisanie struktury danych o narzędziach w normie STEP-NC. Z uwagi na dużą objętość tych norm, podjęto próbę syntetycznego przedstawienia tych informacji. Punktem wyjścia jest przedstawienie struktury danych STEP-NC, z uwzględnieniem informacji o narzędziach. W kolejnej części przedstawiono sposób reprezentacji danych narzędziowych w tym standardzie.



Rys. 2.1 Poglądowy model danych standardu STEP-NC

2. STRUKTURA DANYCH STANDARDU STEP-NC

Uproszczony model danych przedstawiono na Rys. 2.1. Elementem nadrzędnym jest obiekt reprezentujący projekt (Project). Obiekt ten zawiera odsyłacze do informacji o właścicielu projektu, wersji, statusie, do modelu przedmiotu oraz planu obróbki (Workplan). Plan obróbki jest listą, która zawiera bloki programu (WorkingStep), funkcje pomocnicze NC (np. opcjonalne zatrzymanie) lub wyrażenia warunkowe, uzależniającą wykonanie elementów programu. 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, cykle pomiarów, lub bloki programu typu obróbka powodujące usuwanie materiału (Machining_WorkingStep). W tym ostatnim przypadku, bloki programu typu obróbka reprezentują powiązanie pomiędzy cechą technologiczną

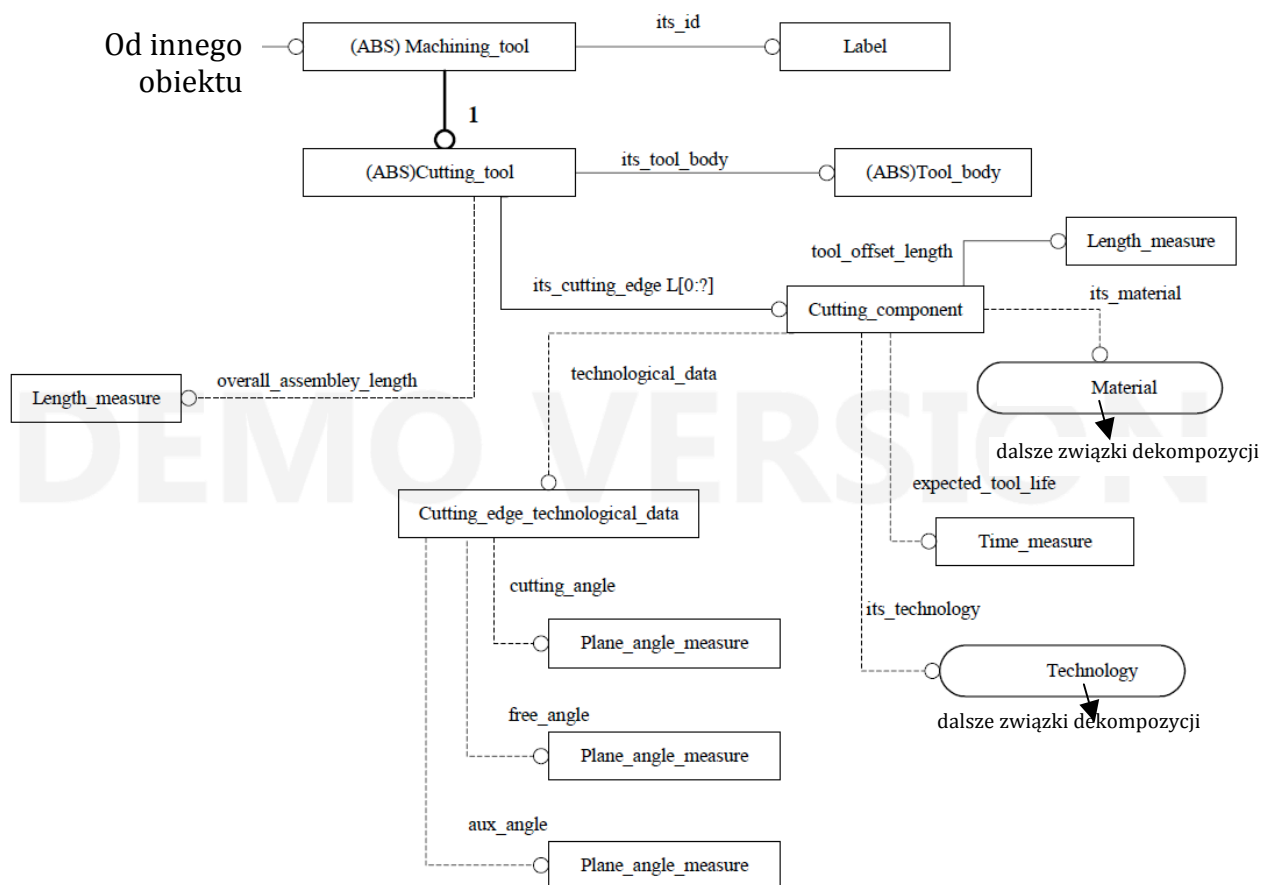
(Machining_Feature), a realizowanym na niej cyklem obróbki (Machining_Operation). Jeżeli dla danej cechy realizowany jest więcej niż jeden cykl obróbki, plan obróbki zawiera odpowiednią liczbę bloków programu typu obróbka (po jednym dla każdego cyklu obróbki).

Każdy cykl obróbki jest uszczegóławiany poprzez przypisane obiekty reprezentujące narzędzie (Tool), parametry skrawania (Technology), strategię obróbki (Strategy), stan funkcji pomocniczych obrabiarki (Machine_functions) oraz opcjonalną ścieżkę narzędzia (Toolpath). 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. W okresie przejściowym, ścieżka narzędzia może być jawnie reprezentowana przez obiekt Toolpath. Ma to na celu ułatwić wdrażanie tego nowego standardu, zanim układy sterowania osiągną wymaganą funkcjonalność.

3. MODEL DANYCH NARZĘDZIOWYCH

Dane o narzędziach są modelowane za pomocą języka Express, który jest standardowym językiem modelowania danych o produkcie, zdefiniowanym w normie ISO 10303 "Automation systems and integration — Product data representation and exchange", zwanej nieformalnie standardem STEP (Standard for the Exchange of Product model data). Język ten pozwala zdefiniować obiekty oraz zależności pomiędzy tymi obiektami w rozpatrywanym obszarze. Model danych może być przedstawiany w postaci tekstowej, szczególnie użytecznej przy korzystaniu z systemów komputerowych oraz w postaci graficznej. Rys. 3.1 przedstawia fragment obiektowego modelu danych narzędziowych, przedstawionego w postaci graficznej za pomocą języka EXPRESS-G. Język EXPRESS-G to standardowa notacja graficzna dla modeli informacyjnych. Dane narzędziowe są reprezentowane przez szereg połączonych ze sobą obiektów. Obiekty są ze sobą powiązane zależnościami. Można wyróżnić dwa charakterystyczne rodzaje zależności pomiędzy obiektami: związki typu całość- część (dekompozycji) oraz związki typu uogólnienie- uszczegółowienie (specjalizacji). Związki dekompozycji reprezentują zależności pomiędzy całością i jej składnikami. Związek ten jest reprezentowany w języku EXPRESS-G za pomocą linii cienkiej, zakończonej okręgiem. Jeżeli dany związek jest opcjonalny, jest on reprezentowany linią przerywaną. Związek specjalizacji oznacza zależność typu "A-jest-B". Umożliwia ona modelowanie podobieństw pomiędzy obiektami. Związek ten występuje między daną klasą (nazywaną klasą nadrzędną) oraz jej uszczegółowieniem (nazywanym klasą podrzędną). Dzięki temu, przy definiowaniu klasy podrzędnej nie ma potrzeby powtarzania cech przypisanych klasie nadrzędnej. Zamiast tego klasa podrzędna dziedziczy cechy klasy nadrzędnej, poprzez związek specjalizacji. Związek ten jest reprezentowany w języku G za pomocą linii grubej zakończonej okręgiem. Obiektem głównym jest obiekt reprezentujący narzędzie. W nomenklaturze STEP-NC, w odniesieniu do technologii frezowania, jest to obiekt o nazwie MACHINING_TOOL, który jest abstrakcyjnym obiektem, reprezentującym wszystkie narzędzia, jakie mogą być wymagane do obróbki, bez względu na zastosowaną technologię. Obiekty abstrakcyjne posiadają w nazwie przyrostek (ABS). Obiekt ten zawiera tylko jeden atrybut, którym jest identyfikator(its_id). Uszczegółowieniem tego obiektu, jest obiekt CUTTING_TOOL, zawierający podstawowe informacje dla narzędzi wykorzystywanych w technologii obróbki wiórowej (narzędzia tokarskie, frezy, oraz narzędzia do obróbki otworów jak przykładowo wiertła). Obiekt ten jest uszczegółowiony przez obiekt MILLING_CUTTING_TOOL (nie pokazany na rysunku), który zawiera atrybuty właściwe dla frezów. Obiekt CUTTING_TOOL jest połączony związkami dekompozycji z obiektem TOOL_BODY, reprezentującym oprawkę narzędzia oraz obiektem (-ami) CUTTING_COMPONNET, reprezentującymi płytki skrawające. Obiekt

TOOL_BODY, jest również obiektem abstrakcyjnym. Jest on uszczegóławiany przez obiekty reprezentujące poszczególne rodzaje narzędzi. Dla technologii frezowania, zdefiniowane zostały obiekty reprezentujące wiertła, rozwiertaki, frezy trzpieniowe, tarczowe, itp. Przewidziano również możliwość zdefiniowania nowych narzędzi przez użytkownika. Jak widać ze schematu danych, narzędzie może więc posiadać zero lub więcej płytek skrawających. Każda płytka skrawająca (CUTTING_COMPONENT) może być połączona związkiem dekompozycji z obiektami CUTTING_EDGE_TECHNOLOGICAL_DATA oraz TECHNOLOGY. Obiekt CUTTING_EDGE_TECHNOLOGICAL_DATA zawiera przykładowo takie dane jak kąt nachylenia krawędzi skrawającej płytki (cutting_angle). Obiekt Technology, którego związki dekompozycji nie są pokazane na rysunku, zawiera zalecane parametry skrawania dla tego narzędzia. Należy zwrócić uwagę, że dla płytki skrawającej zapisywany jest nawet oczekiwany okres trwałości narzędzia (EXPECTED_TOOL_LIFE) oraz materiał, z którego wykonana jest płytka.



Rys. 3.1 Obiekty reprezentujące dane narzędziowe w standardzie STEP-NC

4. PRZYKŁAD REPREZENTACJI DANYCH NARZĘDZIOWYCH

Przykład reprezentacji danych narzędziowych podjęte Rys. 4.1. Przedstawiono tam reprezentację danych dla frezu kulistego. Pierwsza linia każdego obiektu zawiera numer i nazwę instancji obiektu wraz z jej parametrami. Jest to zapis zgodny z normą ISO 10303-21 [3]. Jest to po prostu reprezentacja tekstowa danych, definiowanych zgodnie z językiem EXPRESS (lub EXPRESS-G). Każdy wiersz danych rozpoczyna się od identyfikatora "@", po którym podawany jest numer obiektu, znak równości oraz nazwa klasy obiektu. Parametry podawane są w nawiasach, po nazwie obiektu. Jeżeli jest to wartość parametru, podawana jest wartość liczbowa lub ciąg znaków. Jeżeli parametr jest

listą, elementy tej listy podawane są w nawiasach okrągłych. Związki typu uszczegółowienie są definiowane poprzez podanie numeru obiektu poprzedzonego znakiem "@". W celu ułatwienia śledzenia, w kolejnych wierszach podano nazwy parametrów, znak równości (=), wartość parametru, dwukropek (:) oraz typ parametru. W przypadku parametrów opcjonalnych, których wartości nie zostały podane, jako wartość wstawiany jest znak (\$). Ponieważ parametry posiadają mnemoniczne nazwy, nie są one dalej opisywane.

Przedstawiony na Rys. 3.1 obiekt CUTTING_TOOL jest uszczegóławiany przez obiekt MILLING_CUTTING_TOOL, reprezentujący narzędzie frezarskie. Abstrakcyjny obiekt Tool_body z Rys. 3.1 jest uszczegóławiany przez obiekt BALL_ENDMILL, reprezentujący frez kulisty. Jak widać uszczegółowienie zawiera szereg dodatkowych danych typowych dla narzędzi frezarskich, jak średnica narzędzia (dimension) czy liczba płytek skrawających (number_of_teeth). Dodatkowo, uszczegółowienie to posiada związek dekompozycji z obiektem Tool_dimension, zawierającym dodatkowe parametry oprawki narzędziowej. Pozostałe obiekty posiadają zależności i dane zgodnie ze schematem danych na Rys. 3.1.



Rys. 4.1 Przykład reprezentacji danych narzędziowych w standardzie STEP-NC

5. WNIOSKI

W referacie przedstawiono wady reprezentacji danych narzędziowych w powszechnie stosowanym języku programowania zdefiniowanym w normie ISO 6983. Wad tych nie ma nowo wprowadzony standard STEP-NC, zdefiniowany w normie ISO 14649. Duża objętość tych norm, utrudniony dostęp do nich oraz konieczność zapoznania się z szeregiem nowych koncepcji utrudniają rozpowszechnianie się tego standardu. Przedstawiony w referacie syntetyczny opis struktury danych standardu STEP-NC, omówiony szczegółowo modelu danych narzędziowych oraz opracowany przykład

pozwalają zapoznać się z tym nowym standardem, co powinno przyczynić się do wzrostu jego popularności. Przedstawiony opis danych jest fragmentem prac mających na celu budowę systemu CAM opartego na standardzie STEP-NC.

LITERATURA

- 1 Amaitik Saleh M., Kilic Enging S., Intelligent process planning system for prismatic parts using STEP features, International Journal of Manufacturing Technology, Vol. 31, 2007
- 2 Fanuc, Podręcznik użytkownika dla systemów tokarkowych/centrów obróbczych, Seria 30i/300i/300is-MODEL A, Seria 31i/310i/310is-MODEL A, Seria 32i/320i/320is-MODEL A
- 3 ISO 10303-21:2002 Industrial automation systems and integration -- Product data representation and exchange -- Part 21: Implementation methods: Clear text encoding of the exchange structure
- 4 ISO 14649-1. 2003. Industrial automation systems and integration – Physical device control – Data model for computerized numerical controllers – Part 1: Overview and fundamental principles, 2003
- 5 ISO 14649-10. 2004. Industrial automation systems and integration – Physical device control – Data model for computerized numerical controllers – Part 10: General process data, 2004
- 6 ISO 14649-11:2004 Industrial automation systems and integration – Physical device control – Data model for computerized numerical controllers – Part 11: Process data for milling
- 7 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.
- 8 Pobożniak J., Baza danych narzędzi do obróbki materiałów trudnoskrawalnych na użytek symulacji programów CNC, Inżynieria Maszyn, R. 18, z. 4, 2013
- 9 Xu, Xun, Nee, Andrew Yeh Ching (Eds.), Advanced Design and Manufacturing Based on STEP, Springer, 2010
- 10 Yusof Y., Review of STEP-compliant Manufacturing for Turning Operation, Asian Journal of Industrial Engineering, vol. 2, 2010