

Komputerowa weryfikacja cyklu produkcyjnego realizowanego na automacie wzdłużnym

Computer verification of the production cycle implemented on swiss-type lathe

PIOTR SIKORA
MARCIN SOBIEGRAJ
ANDRZEJ ZABORSKI*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.7.83>

Prezentujemy możliwość wykorzystania systemów CAD/CAM do komputerowej symulacji procesu wykonania detalu na obrabiarce sterowanej numerycznie. Opisano przykładowy proces weryfikacji wykonania elementu za pomocą oprogramowania SD EDITOR oraz realizację rzeczywistego wyrobu na automacie wzdłużnym Star ECAS-20 w oparciu o zweryfikowany kod NC.

SŁOWA KLUCZOWE: komputerowo wspomaganie przygotowanie produkcji, systemy CAD/CAM

The study presents the possibility of using CAD/CAM systems for computer simulation of the process of making the detail on a numeric processing machine. The paper describes an exemplary process of verification of the element's creation using SD EDITOR software and the actual creation of the product on the Star ECAS-20 longitudinal automatic machine based on the verified NC code.

KEYWORDS: computer-aided production preparation, CAD/CAM systems

Procesy przygotowania produkcji w przemyśle maszynowym są coraz częściej realizowane z wykorzystaniem zaawansowanych systemów CAD i CAD/CAM [1,6]. Obejmują one zarówno etap projektowo-konstrukcyjnego przygotowania wyrobów, jak i komputerowo wspomaganie wytwarzanie [3, 4].

Integralną częścią komputerowo wspomaganego wytwarzania jest etap technologicznego przygotowania wytwarzania produktów. Na tym etapie wykorzystywane są coraz częściej systemy CAD/CAM, umożliwiające komputerową generację kodu sterującego NC dla wybranej obrabiarki i wspomagające dobór właściwych parametrów obróbki skrawaniem [3,5]. Znacznie mniejsze wykorzystanie przemysłowe znajdują symulatory obróbki, które nie generują automatycznie kodu sterującego obrabiarką, a jedynie służą do weryfikacji kodu opracowanego przez programistę.

Rozwój sterowanych numerycznie automatów wykorzystywanych do obróbki coraz bardziej skomplikowanych detali oraz stosowanie coraz bardziej wyspecjalizowanych opravek narzędziowych i narzędzi wymagają od programistów rozwiniętej wyobraźni przestrzennej. Problem ten zauważyli producenci oprogramowania, którzy przygotowali aplikację do symulacji obróbki, pozwalającą na zweryfikowanie w wirtualnym środowisku napisanego ręcznie przez programistę kodu NC.

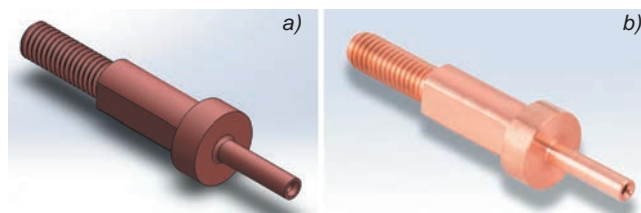
Umożliwia ona przygotowanie wykonania detalu, począwszy od wyboru obrabiarki, poprzez opracowanie poszczególnych etapów technologicznych obróbki, dobór optymalnych narzędzi aż do weryfikacji parametrów obróbki. Wirtualna weryfikacja obróbki pozwala na bezpieczne i szybkie wykrycie oraz skorygowanie ewentualnych pomyłek pojawiających się na etapie opracowania i edytowania kodu sterującego NC [3, 4].

W opracowaniu wykorzystano program symulacyjny SD-Editor firmy Star Micronics Co. LTD [2].

Przygotowanie procesu obróbki z wykorzystaniem komputera

W prezentowanym przykładzie obróbkowym do symulacji procesu wybrano detal (rys. 1) wykonany z miedzi w gatunku M1E. Poprawna realizacja obróbki tego elementu wiąże się z wykorzystaniem znacznej liczby narzędzi, przy czym część zabiegów wymaga jednoczesnej obróbki dwoma frezami oraz zaangażowania dwóch noży tokarskich jednocześnie. Pojawia się więc zwiększone ryzyko kolizji narzędzia z obrabianym materiałem.

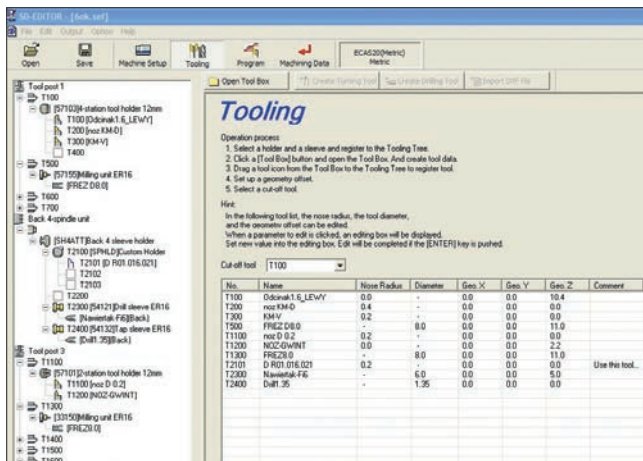
Proces symulacji komputerowej pozwala z dużym prawdopodobieństwem wykryć i wyeliminować to niebezpieczeństwo. Model bryłowy prezentowanego detalu i rzeczywisty detal otrzymany w wyniku zrealizowanego procesu obróbki zestawiono na rys. 1.



Rys. 1. Wykonywany detal: a) model wirtualny, b) rzeczywisty detal otrzymany w wyniku obróbki

Praca w programie SD-Editor zaczyna się od wyboru obrabiarki w oknie dialogowym „Machine Setup”. Następnie dokonuje się wyboru rodzaju tulejki prowadzącej i wpisuje się dane dotyczące obrabianego materiału wyjściowego. W prezentowanym przykładzie był to pręt podawany przez wrzeciono do przestrzeni obróbkowej za pomocą podajnika pręta, który pozwala użyć do obróbki pręty o średnicy od $\varnothing 3$ do $\varnothing 20$ mm i długości do 3000 mm. W ustawieniach podajnika pręta możliwe jest wprowadzenie takich parametrów, jak: średnica wyjściowa materiału, długość elementu, pozycja startowa w osi Z oraz pozycja, z jakiej wrzeciono rozpoczyna pracę.

* Mgr Piotr Sikora (psikora@wimii.pcz.pl), mgr inż. Marcin Sobiegraj (msobiegraj@wimii.pcz.pl), dr hab. inż. Andrzej Zaborski prof. PCz (zaborski@itm.pcz.czesz.pl) – Instytut Technologii Mechanicznych Politechniki Częstochowskiej



Rys. 2. Okno dialogowe „Tooling” umożliwiające definiowanie wykorzystanych narzędzi

Na kolejnym etapie przechodzi się do zakładki „Tooling” umożliwiającej wybór oprawki oraz narzędzia skrajającego do obróbki detalu (rys. 2). Wprowadzenie tych danych umożliwia realizację procesu symulacji obróbki prowadzącą do wykrycia ewentualnych kolizji oraz wyeliminowanie błędów pojawiających się w kodzie maszynowym.

Rozwijalne drzewo narzędziowe, znajdujące się po lewej stronie ekranu, umożliwia wybór pozycji narzędzia oznaczonej za pomocą numeru gniazda narzędziowego (opisanego wielką literą „T”). Następnie wybiera się rodzaj oprawki narzędziowej, która zostanie zamontowana w danym gnieździe.

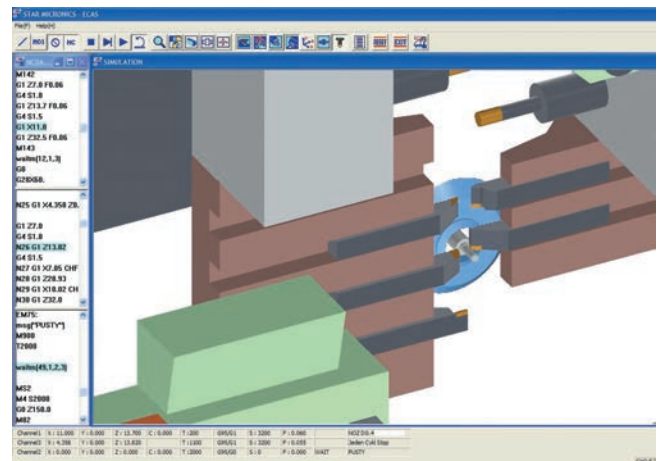
Kolejnym krokiem jest wybranie narzędzia pracującego w wybranej oprawce i opisanie go za pomocą jego geometrii. Prawa strona okna dialogowego umożliwia przegląd stabelaryzowanych wypełnionych gniazd narzędziowych.

Poprawne zdefiniowanie wybranej obrabiarki sterowanej numerycznie oraz narzędzi biorących udział w obróbce wraz z przypisanymi do nich oprawkami umożliwia przejście do etapu wpisania do symulatora programu sterującego edytowanego ręcznie za pomocą G-kodów. Możliwe staje się również wczytanie i symulacyjna weryfikacja wcześniej napisanego i zarchiwizowanego w pliku programu NC.

W przykładzie symulację obróbki detalu zrealizowano programie SD-Editor skonfigurowanym do wykorzystania automatu wzdłużnego Star ECAS-20, wyposażonego w podajnik pręta. Do wykonania tego detalu niezbędne było wykorzystanie zarówno wrzeciona głównego, jak i wrzeciona przechwytyjącego obrabiarki.

Na głównym wrzecionie zostały zamontowane narzędzia do obróbki detalu od strony gwintu, czyli dwa noże tokarskie do pracy symultanicznej typu DCMT (o promieniu naroża 0,4 mm oraz 0,2 mm), zamontowane w listwach narzędziowych sterowanych przez dwa kanały umożliwiające ich niezależne działanie. Kolejnymi wykorzystywanymi narzędziami były dwa frezy. One również były sterowane przez dwa oddzielne kanały sterujące. Wykorzystano narzynkę do wykonania gwintu metrycznego oraz nóż odcinak. Na wrzecionie przechwytyjącym zastosowano łapy do odbioru detali i trzy narzędzia: wiertło o średnicy $\varnothing 1,35$ mm, nawiertak oraz oprawkę pod nóż tokarski typu DCMT z narożem o promieniu zaokrąglenia 0,2 mm. Do symulatora zaimportowano program napisany przez programistę.

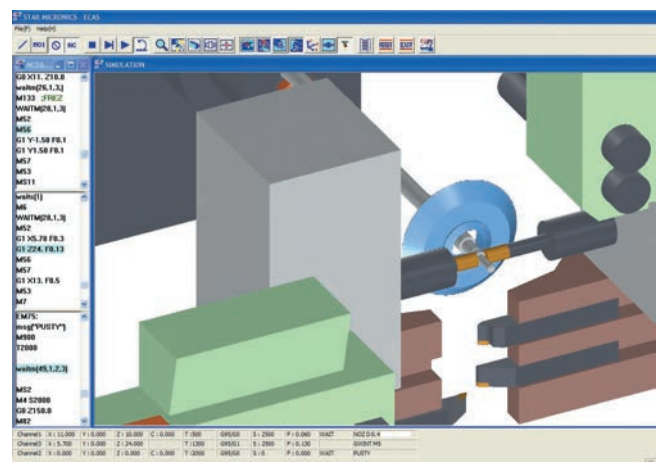
Po uzbrojeniu wirtualnej maszyny w narzędzia potrzebne do wykonania detalu i wczytaniu programu NC podle-



Rys. 3. Symulacja toczenia z jednoczesnym wykorzystaniem dwóch noży

gającego symulacyjnej weryfikacji, możliwe było przeprowadzenie symulacji wszystkich zabiegów obróbkowych przewidzianych w tej operacji technologicznej.

Jako pierwszy realizowany jest zabieg przetaczania na zadany wymiar z użyciem dwóch noży jednocześnie (rys. 3). Następnie realizowane jest gwintowanie elementu za pomocą specjalnej narzynki przeznaczanej do obróbki miedzi.

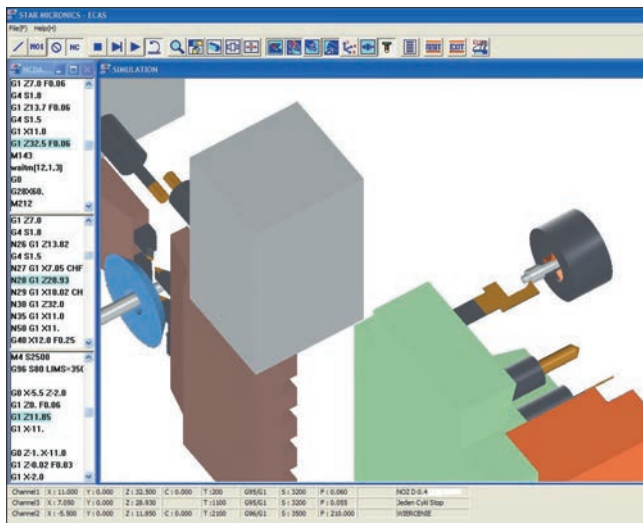


Rys. 4. Wykonanie symultanicznego frezowania płaszczyzn bocznych

Po tych zabiegach obróbkowych wykonywane jest technologiczne podcięcie według wymagań konstrukcyjnych detalu. Kolejnym weryfikowanym zabiegiem jest symultaniczne frezowanie płaszczyzn bocznych elementu z wykorzystaniem dwukanałowego sterowania (rys. 4). Następnie detal jest przygotowywany do przechwycenia. Następuje podjazd wrzeciona przechwytyjącego, złapanie detalu i jego odcięcie za pomocą noża odcinaka.

Po odjeździe przeciwwrzeciona na pozycję roboczą następuje obróbka pozostałych fragmentów detalu. Jako pierwsze po przechwycie wykonuje się nawiercenie, a następnie wykonanie otworu $\varnothing 1,35$ mm za pomocą wiertła HSS ze specjalnie przygotowaną geometrią dostosowaną do obróbki miedzi. Końcowym etapem obróbki realizowanej przed oddaniem elementu do łapy jest przetoczenie średnicy na zadany wymiar. Zabieg toczenia na przechwycie przedstawiono na rys. 5.

Zaprezentowany proces symulacji obróbki zrealizowany w programie SD-Editor miał na celu wykrycie ewentualnych kolizji narzędzi obrabiających i błędów w kodzie sterującym.



Rys. 5. Toczenie elementu na przechwycie

Realizacja zweryfikowanego procesu obróbki na automacie wzdłużnym

Zweryfikowany komputerowo proces obróbki został zrealizowany na automacie wzdłużnym Star ECAS-20 sterowanym numerycznie (rys. 6).

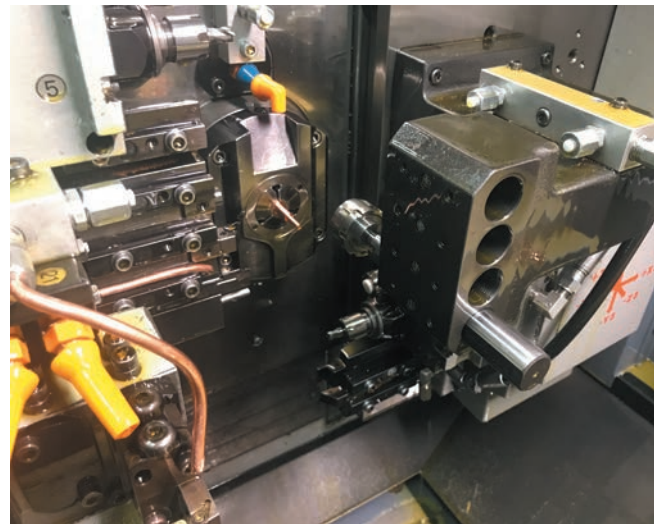


Rys. 6. Automat wzdłużny Star ECAS-20 [7]

Automat jest wyposażony w układ sterowania Siemens-Yaskawa oraz podajnik pręta, które umożliwiają pracę ciągłą, bez potrzeby załadunku do wrzeciona głównego przygotówek materiałowych [7]. Na tej maszynie można wykonywać detale z pręta o średnicach od $\varnothing 3$ mm do $\varnothing 20$ mm. Umożliwia ona: toczenie, frezowanie, wiercenie, wytaczanie, gwintowanie i moletowanie.

Automat jest wyposażony w 10 sterowanych numerycznie osi, w tym dwie osie C napędzane przez silniki elektryczne o mocy 2,2 kW, co pozwala na osiągnięcie 10 000 obr/min w pracy ciągłej. Maszyna ma także narzędzia napędzane o mocy 0,75 kW, co pozwala na rozpędzenie frezów oraz wiertel do 8000 obr/min. Obrabiarka ta może pracować jednocześnie dwoma nożami tokarskimi na wrzecionie głównym, dzięki zastosowaniu osi Z3 na prawej listwie narzędziowej oraz specjalnemu sterowaniu trójkanałowemu.

Wykorzystano automat Star ECAS-20 znajdujący się w wyposażeniu firmy APJ Sikora w Częstochowie, zajmującej się precyzyjną obróbką skrawaniem. Proces obróbki



Rys. 7. Przestrzeń robocza obrabiarki wraz z obrabianym elementem

zrealizowany uprzednio wirtualnie z wykorzystaniem symulatora SD-Editor został zaimplementowany na rzeczywistej obrabiarce i wdrożony do produkcji (rys. 7).

Podsumowanie

W opracowaniu przedstawiono możliwości wykorzystania jednego z symulatorów obróbki skrawaniem – programu SD-Editor do wirtualnej weryfikacji procesu technologicznego obróbki realizowanego na automacie wzdłużnym Star ECAS-20 ze sterowaniem Siemens-Yaskawa.

Przeprowadzono wirtualną analizę przejść narzędzi oraz ruchów szybkiej maszyny w celu wykrycia kolizji, a także optymalizację ścieżek dojścia narzędzi do obrabianego materiału. Symulacja obróbki pozwoliła na odwzorowanie rzeczywistego procesu obróbki detalu w przestrzeni maszyny. Jej przeprowadzenie było niezbędne w przypadku realizacji obróbki tak skomplikowanego detalu, wymagającego pracy kilku narzędzi jednocześnie, realizowanej w celu przyspieszenia seryjnej produkcji. Symulacja umożliwiła wykrycie i wyeliminowanie ewentualnych błędów występujących w trójkanałowym programie sterującym NC napisanym w trybie ręcznym przez operatora.

Wirtualna weryfikacja kodu jest szczególnie istotna w analizie możliwości wystąpienia sytuacji kolizyjnych. Przemysłowe wykorzystanie symulatorów obróbki realizowanej na obrabiarkach sterowanych numerycznie staje się interesującym uzupełnieniem oferty coraz powszechniej wykorzystywanych systemów CAD/CAM, automatycznie generujących kody sterujące NC.

LITERATURA

1. Dassault Systemes SolidWorks Corporation. „Podstawy SolidWorks”. Waltham, MA 02451 USA.
2. Star Micronics Co. Ltd. „SD-Editor No.2001E Operation Manual”.
3. Tagowski M., Zaborski A. „Przygotowanie produkcji wyrobów przy zastosowaniu systemów CAD i CAD/CAM”. *Mechanik*. 88, 7 (2015): s. 568/849–856 (CD).
4. Tagowski M., Zaborski A. 2016. „Przygotowanie produkcji wyrobów na OSN przy zastosowaniu systemów CAD/CAM”. *Mechanik*. 89, 7 (2016): s. 846–847.
5. Tagowski M., Zaborski A. „Komputerowo wspomaganie przygotowanie wykonania oprzyrządowania technologicznego przy wykorzystaniu systemów CAD/CAM”. *Mechanik*. 90, 7 (2017): s. 578–580.
6. Zaborski A., Tubielewicz K. „Zastosowanie systemów CAD/CAM do komputerowo wspomaganego przygotowania produkcji”. *Mechanik*. 77, 8–9 (2004): s. 588–591.
7. <http://starcnc.com/product/ecas-20/>