



Autorzy: **Przemysław Siemiński, Paweł Kamiński**
e-mail: p-sieminski@wp.pl

Politechnika Warszawska, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych
Instytut Podstaw Budowy Maszyn, <http://www.simr.pw.edu.pl/>

Program do symulacji frezowania w środowisku systemu 3D CAD z możliwością optymalizacji posuwów.

Wprowadzenie:

Frezowanie jest jedną z najpopularniejszych metod kształtowania oprzyrządowania technologicznego (formy, tłoczni, itd.), prototypy i części mechaniczne produkowane jednostkowo i małoseryjnie np. w przemyśle lotniczym. Z tego względu często są obrabiane materiały twarde. Obróbki odbywają się najczęściej na uniwersalnych frezarkach CNC lub centrach obróbkowych. Jako narzędzia stosuje się typowe frezy palcowe i kuliste z HSS lub węglików spiekanych. Programowanie najczęściej jest realizowane w systemach 3D CAM na podstawie geometrii 3D CAD. Po opracowaniu w systemie 3D CAM ścieżek narzędzi, zwykle prowadzona jest wirtualna symulacja obróbki. Najczęściej symulator pokazuje jak porusza się narzędzie względem przedmiotu obrabianego. Symulator wykrywa i pokazuje ewentualne kolizje narzędzia z przedmiotem obrabianym (jeśli zdarzyło się to podczas ruchu szybkiego), lub z geometrią uchwytów lub obrabiarki.

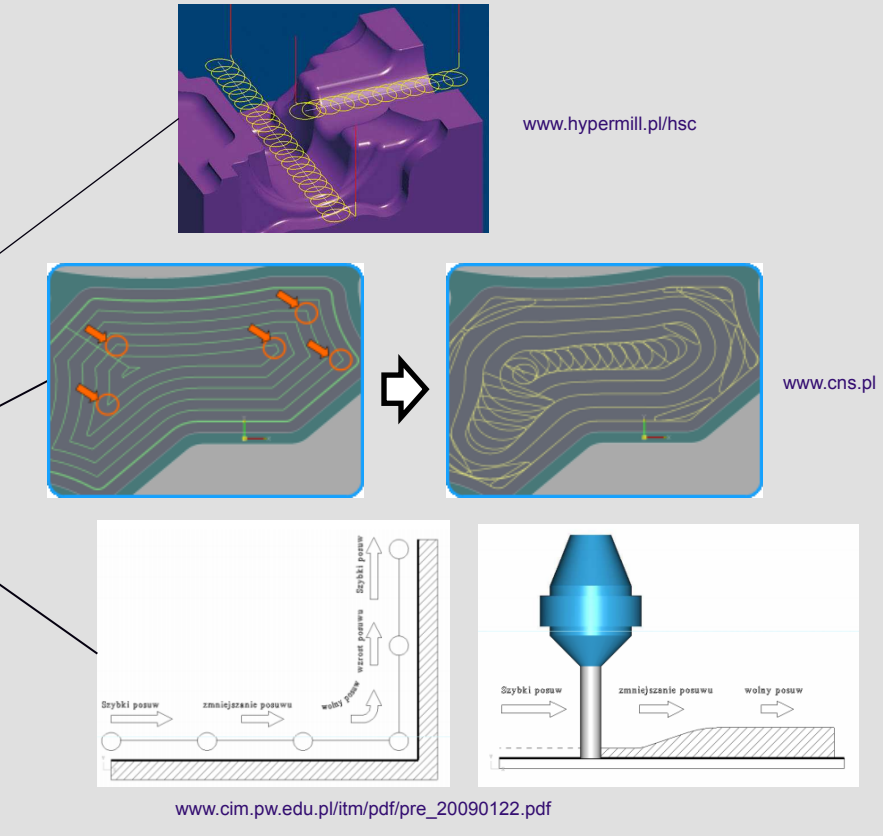


Postawienie problemu:

Niestety większość obecnie dostępnych systemów 3D CAM ma symulatory ścieżek, które nie sprawdzają poprawności obróbki od strony obciążenia narzędzia. Oznacza to, że kształt ścieżki może być dobry, ale dobrane parametry skrawania tj. posuw, głębokość i szerokość skrawania mogą być niepoprawne. Jeśli są zbyt duże, to można uszkodzić narzędzie, a jeśli za małe, to jest to strata czasu (i pieniędzy), gdyż obróbka mogłaby być krótsza.

Metody rozwiązania problemu:

- I. Pewnym rozwiązaniem jest tzw. obróbka trochoidalna w obróbkach zgrubnych lub elementów cienkościennych, czyli takie generowanie przez system 3D CAM kształtu ścieżek, aby narzędzie nigdy nie skrawało więcej niż połowę swojej szerokości ($50\% a_e$) – dot. frezowania niesymetrycznego. Dostępne jest to w wielu systemach 3D CAM m.in. w: EdgeCAM, hyperMILL (rys. obok), Esprit.
- II. Innym rozwiązaniem jest analiza kąta opasania dostępna w następujących komercyjnych systemach 3D CAM: SurfCAM (jako TrueMill) (rys. obok) oraz w Delcam PowerMILL (jako Vortex), Esprit i inne. Technologie te modyfikują kształt ścieżki, więc nie mogą być stosowane do czystego kodu G.
- III. Nowym rozwiązaniem jest optymalizacja posuwów. Producenci systemów 3D CAM dopiero od niedawna zaczynają wyposażać swoje produkty w moduły do optymalizacji posuwów. Autorowi są znane takie moduły w Siemens NX 7.5, MasterCAM X, VISI oraz Vericut OptiPath, który był pierwszy. Są też przykłady prac badawczych realizowanych własnymi programami m.in. T. Rudaś [3,7] z WIP PW (rys. obok).
- IV. Najlepszym rozwiązaniem byłaby ciągła analiza wytrzymałościowa (np. MES) narzędzia podczas symulacji obróbki. Przy obecnych mocach komputerów nie jest to realizowane w komercyjnych systemach CAM. Są próby takich analiz jako badania naukowe, ale uniwersalnych systemów komercyjnych jeszcze nie ma dostępnych na rynku.



Cel pracy:

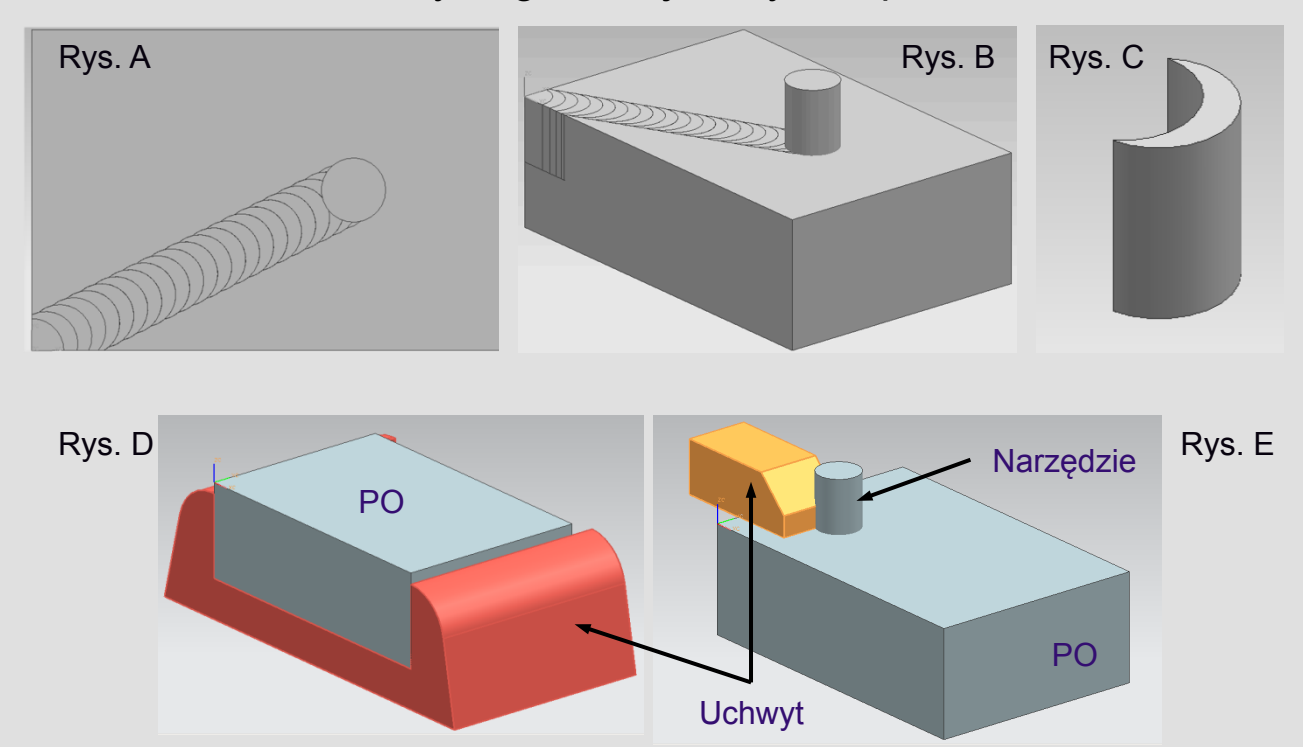
Opracować program sterujący środowiskiem komercyjnego systemu 3D CAD do symulacji programów obróbkowych (kodów G zgodnych ze standardami ISO 8211; ISO 6983 / DIN 66025) napisanych ręcznie lub opracowanych w systemach 3D CAM.

Założenia:

Symulacja ma dotyczyć obróbek zgrubnych, ze stałą głębokością skrawania, realizowanych na 3-osiowych frezarkach CNC, a jako narzędzia stosowane mają być frezy palcowe (możliwe są jednak dowolne kształty narzędzi). Docelowo ma być możliwość dodania geometrii oprawki i jej analizowania pod względem ewentualnej kolizji.

Sposób działania programu:

Program wykorzystuje standardowe funkcje systemu 3D CAD dot. algebry Boole'a, podobnie jak w symulacyjnym nacinaniu uzębień [4,5]). Funkcją *odejmowanie brył* realizowana jest symulacja skrawania (rys. A i B), a funkcją *część wspólna brył* wykonywane jest sprawdzanie objętości skrawanego materiału – rys. C i do analizy kolizji – rys. D i E). Krok symulacji może być zmieniany, tak aby zwiększyć dokładność analizy lub skrócić czas symulacji. Niestety obecnie symulacja w środowisku systemu 3D CAD jest stosunkowo wolna i wymaga dużej mocy komputera.

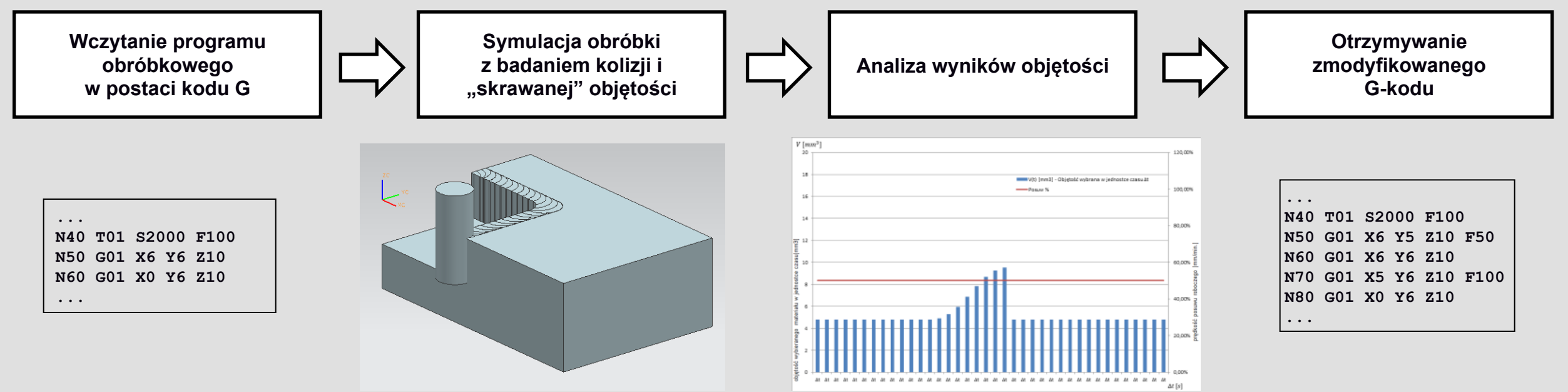


Dodatkowe prace badawcze:

Aby program do optymalizacji posuwów działał poprawnie, niezbędne jest ustalenie o jaką wartość prędkości posuwu można zwiększyć lub zmniejszyć względem wartości ustawionej przez technologa dla obróbki po linii prostej połową średnicy narzędzia. Program analizuje objętość „wybieranego” wirtualnie materiału w jednostce czasu. Jeśli w pewnym momencie symulacji obróbki okazuje się, że objętość się zwiększa, to prędkość posuwu powinna być zmniejszona. Odwrotnie, jeśli objętość się zmniejsza, to posuw powinien być zwiększony. Z obliczeń siły skrawania dostępnych w publikacjach [1,2,4,6] nie jest do końca jasne, jak w prosty sposób wyznaczyć zależność pomiędzy prędkością posuwu i objętością frezowanego materiału w jednostce czasu, tak aby obciążenie narzędzia (czyli siła skrawania) było stałe. Z tego względu przeprowadzono dodatkowo szereg badań sił skrawania z pomocą siłomierza Kistler 9257BA, który został użyty przez Instytut Techniki Wytwarzania Politechniki Warszawskiej. Część wyników analizy przedstawiono na osobnym plakacie autorstwa P. Siemińskiego i J. Małkińskiego pt. „Badanie sił skrawania celem wyznaczenia parametrów posuwu dla systemu symulacji frezowania w systemie 3D CAD”, który też ma być pokazany na Kongresie CAX Innovation 2014 w Krakowie.

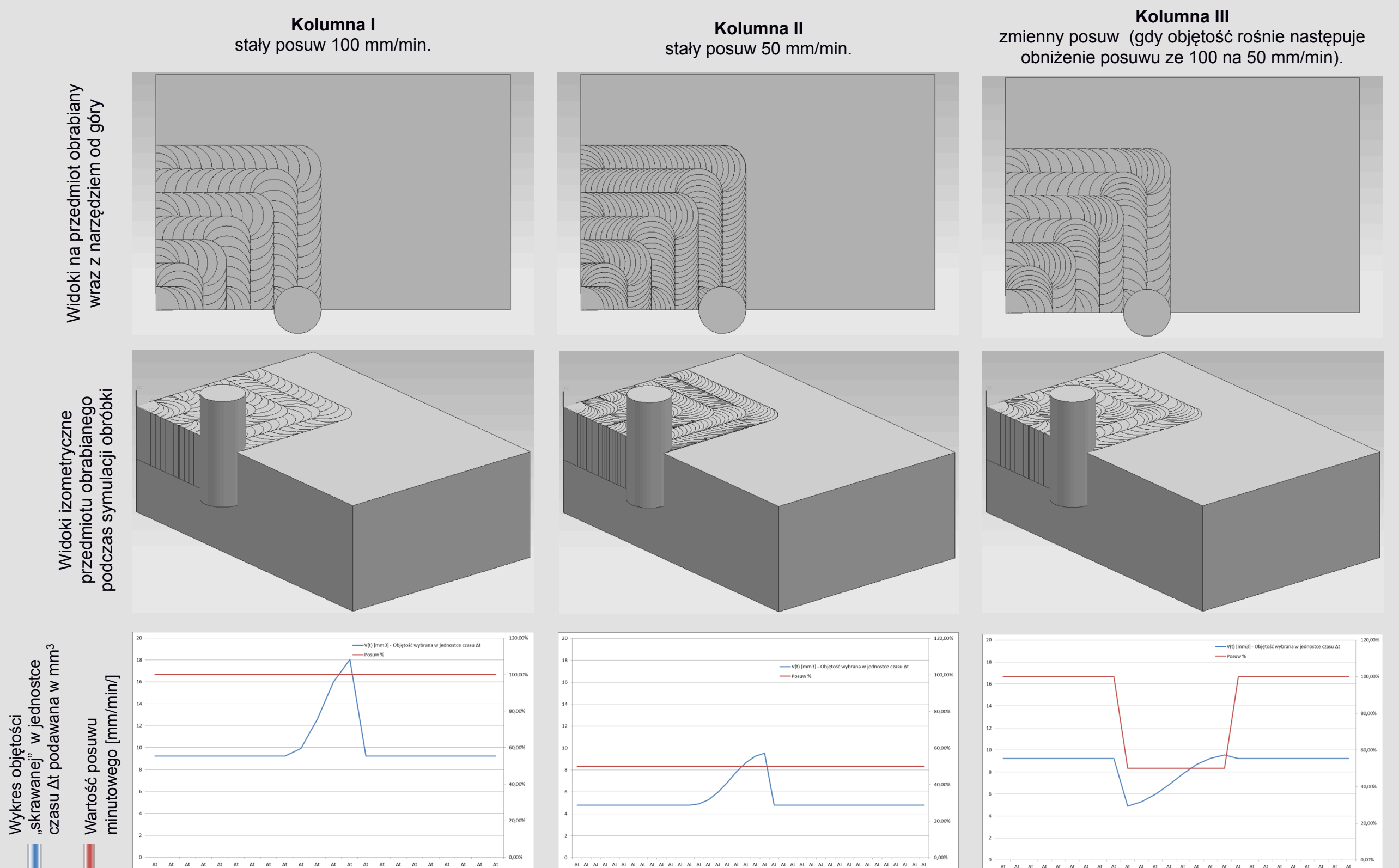
Opis działania programu:

Program napisano najpierw w języku GRIP sterującym środowiskiem systemu Siemens NX, a następnie w języku VisualBasic dla systemu SolidWorks. Pierwszym etapem działania programu jest wczytanie kodu G (obecnie analizowana jest interpolacja liniowa realizowana funkcją G1). Następnie kod ten jest podstawą symulacji obróbki (wirtualnego „skrawania”), realizowanego poprzez kopiowanie do następnego położenia bryły narzędzia (freza) i odejmowanie jej od bryły przedmiotu obrabianego (PO). Wynikiem tego jest nacięta geometria PO i informacja o potencjalnych kolizjach z geometrią zdefiniowaną jako uchwyty. Głównym efektem symulacji jest jednak informacja (wykres) o objętości „skrawanej” w jednostce czasu Δt (podawana w mm^3) w funkcji czasu. Na tej podstawie użytkownik może podjąć decyzję automatycznej modyfikacji kodu G, poprzez optymalizację posuwów, tak aby objętość usuwanego wirtualnie materiału w jednostce czasu była możliwie stała. Pozwoli to na skrócenie czasu realnej obróbki.



Przykładowe symulacje – wizualny efekt oraz wykresy (objętość „skrawana” w jednostce czasu):

Zwykle technolog wie jakie dobre parametry dla obróbek zgrubnych (przy stałej głębokości skrawania), ale dot. zwykle to przejazd po połowę średnicy narzędzia po linii prostej [2]. Gdy kształt detalu lub półfabrykatu jest skomplikowany, często jest tak, że narzędzie skrawa większą część niż połowę średnicy narzędzia. Jest tak np. w narozu kieszeni, co pokazano na rysunku i wykresach (kolumna I i II). W tych miejscach skokowo rośnie obciążenie narzędzia i może dojść nawet do jego złamania. Zdarzają się też sytuacje odmienne, gdy frez kończy obróbkę jakiegoś fragmentu, to skrawa mniejszą swoją częścią niż połowę średnicy narzędzia. Wtedy posuw mógłby być większy. Z tego względu najlepiej, aby objętość wybierana w jednostce czasu była możliwie stałą, co pokazano w kolumnie III.



Literatura:

1. Jemieliński K. Obróbka skrawaniem. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 1998.
2. Potrykus J. (tłum.): Poradnik mechanika. Wyd. REA S.J. Warszawa 2009.
3. Rudaś T.: Dwa slajdy w prezentacji A. Zalewskiego pobranej dnia 1.09.2014 roku ze strony internetowej: http://www.cim.pw.edu.pl/itm/pdf/pre_20090122.pdf;
4. Sandvic Coromant: materiały firmy nt. obróbki skrawaniem dostępne w publikacjach: „Poradnik CoreKey 2009” i „Metal Cutting Technology Guide” pobrane ze strony internetowej: <http://www.sandvik.coromant.com/>;
5. Skawiński P., Siemiński P., Pomianowski R.: Generowanie modeli brylowych uzębień stożkowych za pomocą symulacji oprogramowanych w systemie 3D CAD. Mechanik nr 11/2011;
6. Skawiński P., Siemiński P.: Badanie śladu współpracy i generowanie wykresów ruchowych spiralnych przekładni stożkowych w środowisku programów CAD. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Mechanika Tom 75. Rzeszów 2008;
7. Wrotny L.: Obrabiarki skrawające do metali. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 1979.
8. Zalewski A.: Obróbka trochoidalna na frezarkach CNC. Mechanik nr 4/2007.

Autorzy prac zaprezentują szerzej swoje dokonania podczas prezentacji w EXPO Kraków w dniach 15 i 16 października 2014 r. Więcej na www.procacx.org.pl

Plakat w postaci elektronicznej można pobrać ze strony: www.procacx.org.pl

Zapraszamy wszystkich zainteresowanych do prezentacji dokonań!

Najlepsze prace zostaną opublikowane jako typowe artykuły w miesięczniku **Mechanik** nr 2/2015