

Mateusz Kuś¹, Jakub Siuta², dr inż. Henryk Bąkowski³

kus.mate@gmail.com, kuba227d@wp.pl henryk.bakowski@polsl.pl

^{1,2} Koło Naukowe SR na Wydziale Transportu, w
Katedrze Eksploatacji Pojazdów Samochodowych,
ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice

³ Opiekun Koła Naukowego SR
Politechnika Śląska
Wydział Transportu
Katedra Eksploatacji Pojazdów
Samochodowych
ul. Krasińskiego 8
40-019 Katowice

Wykorzystanie sterowania numerycznego do obsługi trzosiowej frezarki CNC

W artykule przedstawiono amatorski projekt maszyny frezującej i elektronicznych układów sterujących pracą maszyny oraz proces technologiczny wytwarzania części z „miękkich” materiałów konstrukcyjnych. Przeprowadzono badania symulacyjne za pomocą MES pozwoliły na określenie rozkładów i wartości naprężeń/odkształceń oraz przemieszczeń całej maszyny skrawającej. Zastosowanie analizy MES pozwoliło na ocenę sztywności i stabilności konstrukcyjnej wykorzystywanych materiałów w budowie frezarki. Dzięki temu można było wykonać szczegółową weryfikację sztywności i wytrzymałości maszyny, a także dokonać wyboru odpowiedniego materiału do obróbki. W ten sposób określono parametry techniczne frezarki sterowanej numerycznie, które zadecydowały o możliwościach wykorzystania całego urządzenia.

Applications of the numerical control for three-axis milling machine CNC service

In this paper, showed the amateur project milling machine and electronic control systems of this machine which realized process technology with the "soft" materials. Simulation studies using MES determine the distribution the stresses/strains and displacements and their values the milling machine have been carried out. Application of FEM analysis allowed the estimation of the stiffness and stability in the construction of the milling machine. This allowed to perform detailed verification machine stiffness and strength, and also to choose a suitable material to be processed. In this way, the technical parameters specified numerically controlled milling machines which have decided to use the capabilities of the device.

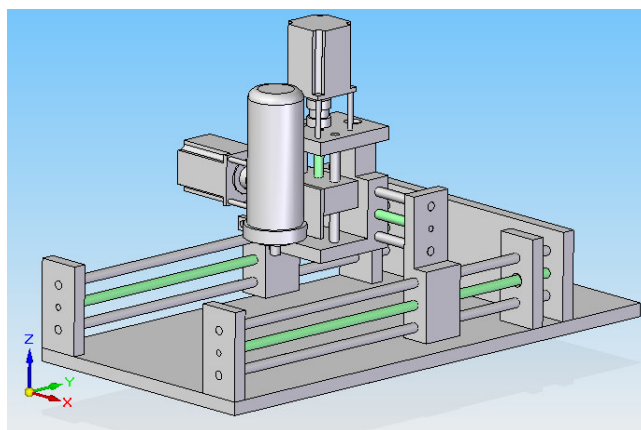
1. Wprowadzenie

Najważniejszym wymogiem, jakiego należało przestrzegać podczas projektowania obrabiarki było zachowanie niewielkiej masy oraz niskich oporów ruchu elementów ruchomych przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniej sztywności i stabilności konstrukcji [1, 2]. Dzięki właściwemu łożyskowaniu, a także ukształtowaniu podzespołów mechanicznych udało się uzyskać niewielkie opory ruchu każdej z osi, umożliwiające zastosowanie silników krokowych o mniejszej wydajności, a co za tym idzie mniejszej masie. W celu zapewnienia jak największej dokładności oraz powtarzalności wymiarów wytwarzanych i obrabianych elementów zarówno prowadnice, podstawa obrabiarki, jak również luzy elementów ruchomych zostały zaprojektowane tak, by cały układ charakteryzował się możliwie jak największą sztywnością oraz stabilnością. Ze względu na swoją konstrukcję i brak możliwości chłodzenia obrabianego materiału obrabiarka

przeznaczona jest wyłącznie do pracy z materiałami o nie dużej twardości takimi jak drewno, żywica modelarska, a także metalami nieżelaznymi.

2. Ogólna budowa frezarki

W celu zobrazowania zasad działania sterowania numerycznego oraz procesu technologicznego obejmującego wszystkie etapy pracy wykonano stanowisko dydaktyczne trzyosiowej frezarki sterowanej numerycznie o maksymalnym zakresie pracy: 200x140. W płycie służącej jako podstawę konstrukcji wykonano szereg otworów, które zapewniają redukcję masy, a jednocześnie umożliwiają zamocowanie obrabianego materiału (do płyty przyspawano od spodu nakrętki). Do napędu poszczególnych osi wykorzystano silniki krokowe, a układy liniowe stanowią śruby z gwintem trapezowym współpracujące z nakrętkami oraz prowadnice ze stali automatowej, po których dzięki łożyskom liniowym poruszają się elementy ruchome zapewniając jednocześnie niewielkie opory ruchu. Napęd przez oś X jest przekazywany na dwie równoległe śruby za pomocą przekładni łańcuchowej. Elementami sprzęgającymi silniki krokowe ze śrubą napędową (dla osi X z dwiema śrubami jednocześnie) są sprzęgła kłowe charakteryzujące się dużymi przenoszonymi momentami obrotowymi przy zachowaniu niewielkiej masy i rozmiarów. Dodatkowym ich atutem są wymienne wkładki, dzięki którym przy zerwaniu sprzęgła nie jest konieczna wymiana całego elementu lecz samej wkładki, a także możliwość zmiany przenoszonego momentu obrotowego, gdyż na rynku dostępne są różne rodzaje wkładek charakteryzujące się różnymi właściwościami wytrzymałościowymi. Dla osi Z wykorzystano mniej wytrzymałe sprzęgło mieszkowe (oś Z przenosi znacznie mniejsze obciążenia z racji płaszczyzny działania oraz mniejszej masy elementów poruszanych). Narzędziem roboczym jest elektrowrzeciono KRESS charakteryzujące się zakresem prędkości obrotowych od 10000 obr/min do 29000 obr/min (rys. 1).



Rys. 1. Model frezarki

Część elektroniczna składa się z jednostki sterującej oraz silników krokowych. Głównym elementem jednostki sterującej jest płyta główna, która połączona z komputerem, postprocesorem emituje sygnały o odpowiednich wartościach do sterowników silników krokowych. Sterowanie odbywa się poprzez trzy wejścia sygnałowe: wejście DIR odpowiada za kierunek obracania się silnika krokowego, podawanie impulsów na wejście CLK powoduje wprawienie silnika w ruch obrotowy, natomiast wejście ENA jest odpowiedzialne za

włączanie i wyłączanie zasilania uzwojeń silnika. W jednostce sterującej znajduje się również transformator oraz moduł zasilający umożliwiający uzyskanie prądów o odpowiednich parametrach niezbędnych do zasilania poszczególnych podzespołów. Wszystkie podzespoły elektroniczne umieszczone zostały w obudowie z systemem chłodzenia w celu utrzymania optymalnej temperatury pracy wszystkich elementów jednostki sterującej (rys. 2).



Rys. 2. Jednostka sterująca

Najważniejszym aspektem projektowania jest oczywiście koncepcja. Gdy posiadamy już pomysł należy wykonać jego dokładną dokumentację techniczną. Może być ona wykonywana na kilka różnych sposobów, takich jak klasyczne rysunki techniczne, czy trójwymiarowe modele wykonane w programach CAD. Od formy dokumentacji zależą kolejne etapy postępowania, a najdogodniejszą z nich w przypadku chęci wykorzystania do wytworzenia elementów w technologii CNC jest dokumentacja wykonana w środowisku CAD, z tego względu iż stanowi ona gotową bazę do dalszej obróbki w środowiskach CAM. Istnieje również możliwość zaimportowania plików w formatach JPG, czy BMP, którą oferują niektóre z aplikacji CAM, jednak w ten sposób niemożliwa będzie istotna ingerencja w parametry określające ostateczny wygląd wytwarzanego elementu (rys. 3) [3].



Rys. 3. Ogólny schemat postępowania w procesie wytwarzania w środowisku CAD/CAM/CNC

Kolejnym etapem pracy jest wytworzenie G-codu czyli ciągu komend w postaci liter i cyfr określającego parametry kształtu pożądanego przedmiotu, a także parametry obróbki (tablica 1).

Przykładowy kod sterujący:

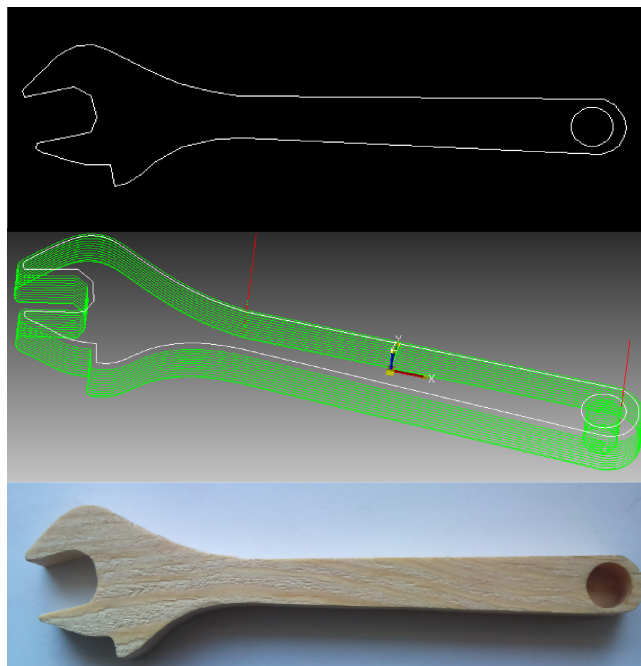
```
%
O0
G17 G40 G80 G90
T1 M6
M3 S3183
G0 G54 X-19.502 Y5.159
G43 Z25. H0
M8
G0 Z2.5
G1 Z-1.2 F649.352
X29.596 Y4.707 F1298.704
X31.127 Y3.884
X32.003 Y3.202
.....
M30
%
```

Tablica 1. Znaczenie symboli kodu sterującego

Symbol	Znaczenie
N	Numer bloku
G	Adresy przygotowawcze
X	Ruch po osi X
Y	Ruch po osi Y
Z	Ruch po osi Z
I,J,K	Interpolacje
F	Posuw

G-code można wytworzyć na kilka różnych sposobów: przy pomocy specjalistycznego oprogramowania, prostych narzędzi konwertujących pliki o różnych rozszerzeniach, a także ręcznie opisując poszczególne ruchy, parametry obrabiarki na podstawie rysunku technicznego. Aby wytworzyć optymalny kod, który będzie minimalizował czas pracy obrabiarki wskazane jest posługiwanie się profesjonalnym oprogramowaniem CAM. Większość aplikacji posiada moduły sterujące maszynami 2,3,4,5 osiowymi. Pierwszy etapem

pracy w przypadku, gdy aplikacja nie posiada wbudowanego modułu projektowania CAD jest zaimportowanie gotowego rysunku. Jeżeli program jest wyposażony w ten moduł, projektant ma możliwość wykonania dokumentacji oraz zadania ruchów maszyny za pomocą jednego narzędzia (rys. 4) [4].

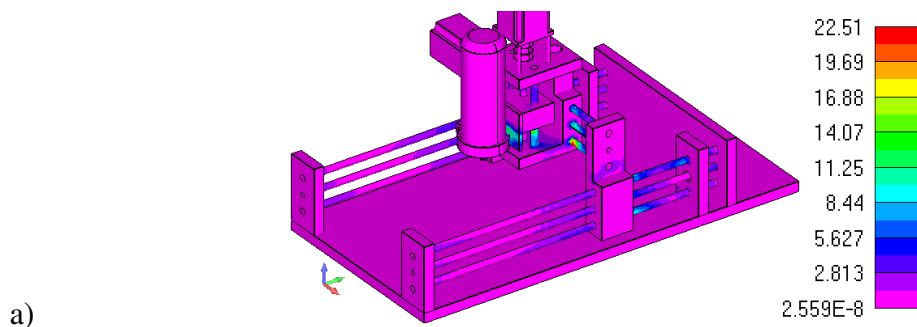


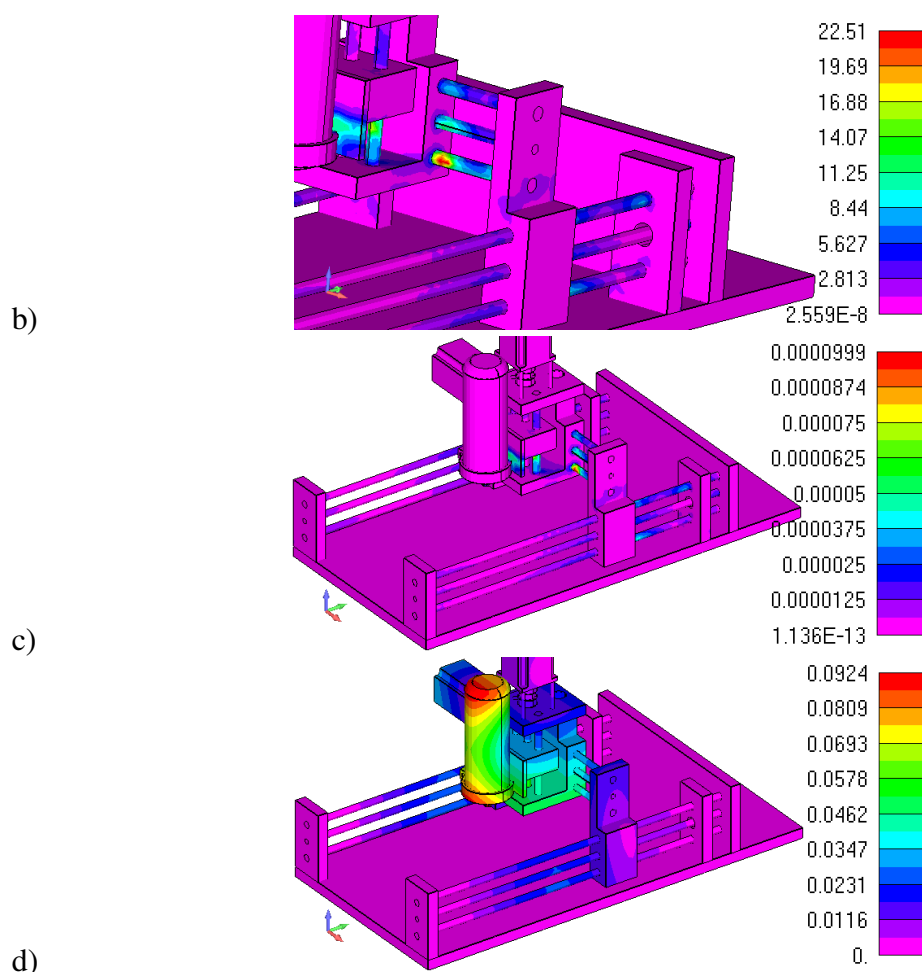
Rys. 4. Poszczególne etapy wykonania części: a) projekt 2D, b) ścieżka g-codu, c) gotowy element

Aplikacje typu CAM odczytują większość popularnych rozszerzeń plików środowiska CAD. Po uzyskaniu projektu można przystąpić do właściwej pracy. Czas przygotowania samego kodu jest zoptymalizowany dzięki rozbudowanym opcjom programów, np. zadawanie ruchów maszyny odbywa się poprzez wykorzystywanie gotowych funkcji takich jak wycinanie konturów, kieszeni, czy też wiercenia. Aplikacje środowiska CAM oferują praktycznie nieskończone możliwości doboru narzędzi roboczych. Korzystać można z gotowych katalogów lub ręcznie wprowadzić parametry narzędzia [5, 6].

3. Wyniki analizy wytrzymałościowej (MES)

Zastosowanie Metody Elementów Skończonych pozwoliło na wyznaczenie rozkładów i wartości naprężeń/odkształceń, a także przemieszczeń występujących w badanym modelu. Wyniki obliczeń przedstawiono na rysunku 5.





Rys. 5. Rozkłady: a), b) naprężeń zredukowanych, c) odkształceń, d) przemieszczeń

Naprężenia podczas obróbki drewna sosnowego (rys. 5, a i b) nie wykazują wartości przekraczających naprężenia dopuszczalne dla wykorzystywanych w budowie frezarki materiałów. Świadczy to o właściwym doborze materiałów i prawidłowym procesie obliczeń wytrzymałościowych gwarantujących stabilność i sztywność konstrukcji. Dokładność wykonywanych przez frezarkę części może zapewniać niska wartość przemieszczeń podczas pracy maszyny skrawającej (rys. 5, d).

4. Podsumowanie

Jednym z najważniejszych wymogów jakie stawia się współczesnym obrabiarkom jest ich sztywna i stabilna konstrukcja. W celu zapewnienia jak największej dokładności wykonywanych elementów oraz powtarzalności wymiarów wytwarzanych elementów, zarówno prowadnice jak i podstawa obrabiarki musi być tak zaprojektowana aby cały układ charakteryzował się jak największą sztywnością oraz stabilnością natomiast odkształcenia podczas pracy były jak najmniejsze, co potwierdziły badania symulacyjne MES. Trzeba przy tym pamiętać o zapewnieniu śrubom trapezowym i prowadnicom odpowiednich warunków pracy (smarowania). Aby sprostać tym wymaganiom podczas projektowania frezarki należy szczególną uwagę zwrócić na odpowiedni dobór materiałów, jak również na wymiary poszczególnych elementów nośnych (kryterium wytrzymałościowe). Kolejnym równie ważnym aspektem projektu jest zapewnienie jak najlepszej stabilności elementów

prowadzących wszystkich osi po których porusza się narzędzie robocze, poprzez określenie dopuszczalnych naprężeń i odkształceń. Ma to ogromny wpływ na dokładność wykonania obrabianego elementu, a co za tym idzie, większych możliwości wykorzystania maszyny oraz na trwałości samego urządzenia, co ma niebagatelne znaczenie pod względem ekonomicznym. Autorzy frezarki CNC oraz dr inż. Jan Bis udzielający wskazówek (rys. 6).



Rys. 6. Frezarka sterowana numerycznie na V Międzynarodowych Targach WIRTOTECHNOLOGIA w Sosnowcu, 2 – 4 październik 2012

5. Bibliografia

- [1] Habrat W.: Obsługa i programowanie obrabiarek CNC. Podręcznik operatora. Wydawnictwo KaBe Krosno (2007).
- [2] Poroszewski P., Siemiński P.: Projekt konstrukcji i napędu małej, przewoźnej frezarki CNC. Artykuł Autorski z Konferencji „X Forum Inżynierskie ProCAX”, Sosnowiec/Siewierz, (6-9.10.2011) s. 1-8.
- [3] Semotiuk L.: Analiza cech eksploatacyjnych innowacyjnych konstrukcji narzędzi wykorzystywanych w procesach frezowania zgrubnego z wykorzystaniem technologii HSM. Eksploatacja i niezawodność nr 1 (2009), s. 46 – 53.
- [4] Pieško P., Zagórski I.: Analiza porównawcza metod frezowania HSM, HPC oraz frezowania konwencjonalnego wysokokrzemowych stopów aluminium. Postępy nauki i techniki nr 7 (2011) s. 219-226.
- [5] Pajor M, Hoffmann M., Marchelek K.: Identyfikacja parametrów modeli procesu skrawania dla wielostrzowych narzędzi obrotowych. Modelowanie inżynierskie 41 (2011) , Gliwice s. 307-314.
- [6] Stachurski W., Midera S., Zgórnjak P.: Siła skrawania F_c podczas frezowania obwiedniowego kół zębatych z wybranymi metodami chłodzenia i smarowania. Archiwum technologii maszyn i automatyzacji vol. 30 nr 4 (2010), s. 37 – 46.