

Bartłomiej PIECUCH¹, Krzysztof STANIAK², Łukasz TALIK³

Opiekun naukowy: Jarosław JANUSZ⁴

PROJEKT I WYKONANIE FREZARKI CNC

Streszczenie: W artykule przedstawiono amatorską konstrukcję frezarki sterowanej numerycznie. Głównym założeniem tego projektu było zaprojektowanie oraz wykonanie maszyny frezującej, przy ograniczonym budżecie przewyższającą możliwości konstrukcji chińskich producentów. Przeprowadzono testy gotowego urządzenia, co pozwoliło na określenie zalet i wad maszyny oraz możliwe modyfikacje konstrukcyjne, czy też problemy związane z zastosowanymi elementami w maszynie.

Słowa kluczowe: frezarka CNC, projekt, sterowania

DESIGN AND PERFORMANCE OF A CNC MILLING MACHINE

Summary: The article presents the amateur construction of a numerically controlled milling machine. The main assumption of this project was the design and implementation of a milling machine, with a limited budget exceeding the design capabilities of Chinese manufacturers. Tests of the finished device were carried out, which allowed to determine the advantages and disadvantages of the machine and possible structural modifications or problems related to the elements used in the machine.

Keywords: milling machine, CNC, project, control

1. Cel skonstruowania frezarki

Obrabiarki CNC (z ang. Computer Numerical Control) znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle w produkcji zarówno masowej jak i prototypowej. Sterowanie numeryczne obrabiarek jest sterowaniem programowym, w którym

1 Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, specjalność: Automatyka i Robotyka, piecuch.bartek@gmail.com

2 Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, specjalność: Automatyka i Robotyka,

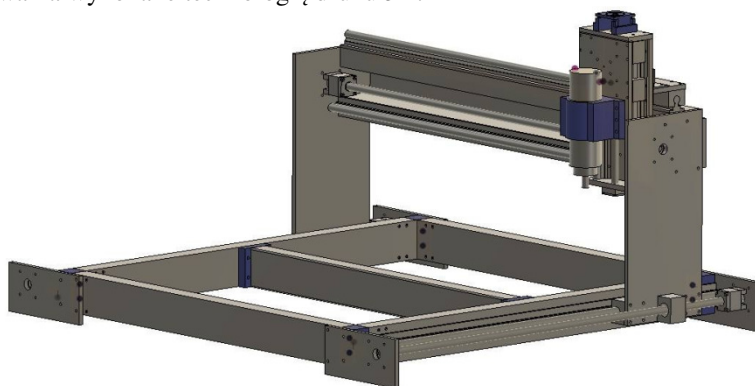
3 Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, specjalność: Automatyka i Robotyka, ltalik97@gmail.com

4 Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, jjanusz@ath.bielsko.pl

wszystkie informacje dotyczące kolejności ruchów, czynności, parametrów obróbki oraz informacje geometryczne są zakodowane w postaci alfanumerycznej [1]. Obrabiarki CNC zapewniają wysoką precyzję obrabianych elementów dzięki automatycznej regulacji programowej parametrów pracy w układzie zamkniętym. Dzięki zastosowaniu sterowania komputerowego oraz oprogramowania CAD/CAM do projektowania modeli geometrycznych elementów, obrabiarki CNC są elastycznym centrum obróbczym [2]. Tą zaletę wykorzystuje się szczególnie przy projektach prototypów urządzeń. Koszty zakupu profesjonalnej obrabiarki CNC niejednokrotnie przekraczają możliwości finansowe konstruktorów amatorów. Ze względu na to, iż jest to projekt niskobudżetowy, najwięcej problemów było z doбором komponentów, spełniających założenia konstrukcyjne oraz niskim koszcie zakupu. W celu ograniczenia kosztów produkcji maszyny większość elementów wykonano we własnym zakresie. Zastosowany został także druk 3D do wykonania różnych mocowań, czy bloków łożyskujących. Znaczna część elementów została zamówiona prosto od wschodniego producenta, co pozwoliło na zmniejszenie ceny końcowego całej konstrukcji, jednakże wadą tego działania jest jakość owych elementów. Wykonana konstrukcja przeznaczona jest głównie do obróbki skrawaniem w materiałach takich jak drewno, różnego rodzaju tworzywa sztuczne, czy też metale miękkie.

2. Projekt frezarki

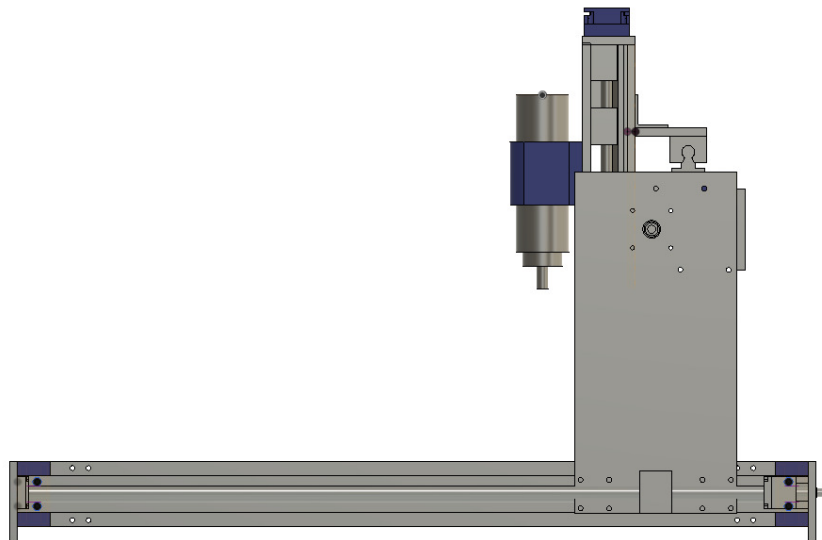
Projekt geometryczny frezarki wykonano w programie Autodesk - Fusion 360. Na rys. 1 przedstawiono cały projekt frezarki. Na rys. 2-6 modele wykonanych elementów konstrukcyjnych. Głównymi założeniami podczas projektowania frezarki CNC, było uzyskanie jak największego pola roboczego, maksymalnie sztywnej konstrukcji oraz jak największej dokładności podczas obróbki detalu. Dzięki temu oprogramowaniu wykonano model konstrukcji maszyny, a także różnego typu mocowania wykonane technologią druku 3D.



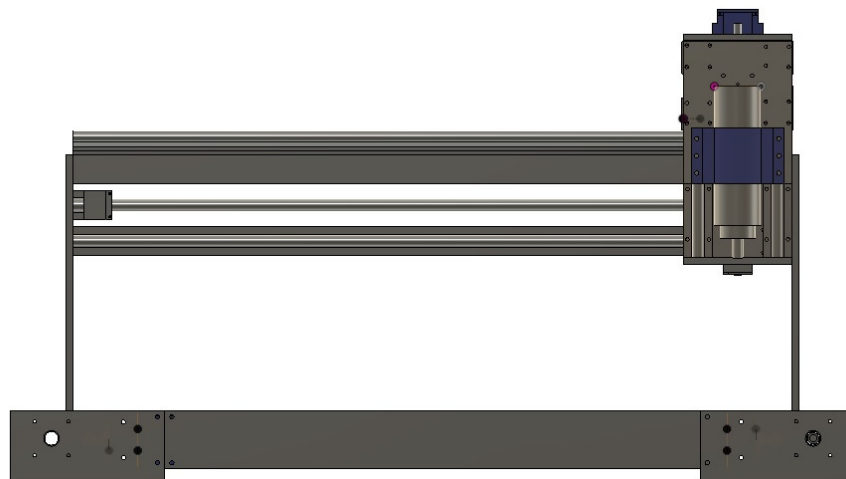
Rysunek 1. Rysunek złożeniowy wykonanej maszyny CNC

Program CAD/CAM umożliwił też wykonanie modelu płyt aluminiowych wykorzystanych do wykonania konstrukcji maszyny oraz przygotowanie pliku,

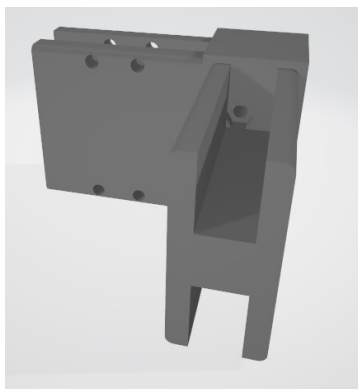
z kodem do wykonania otworów na innej frezarce CNC. Nawiercanie otworów przy użyciu maszyny sterowanej numerycznie pozwoliło na zwiększenie dokładności wykonania konstrukcji, co przeniosło się na dokładność samej maszyny w wykonywaniu detali.



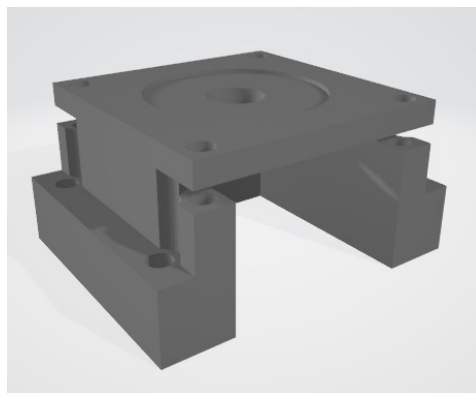
Rysunek 2. Widok urządzenia - kolumna



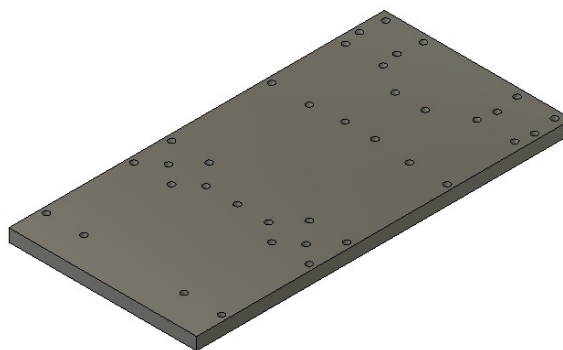
Rysunek 3. Widok urządzenia – obszar pracy



Rysunek 4. Model wkładki do połączenia profili aluminiowych



Rysunek 5. Dystans silnika krokowego w osi Z



Rysunek 6. Model płyty aluminiowej 300x150x10mm przygotowanej do wiercenia na frezarce CNC

Frezarka zbudowana jest głównie, z profili aluminiowych zamkniętych 40x80x3mm oraz płyt aluminiowych, o grubości 10mm. Urządzenie to posiada 3 osie sterowane XYZ. Pole robocze wynosi 780x780x140mm. Do napędzania poszczególnych osi zostały zastosowane śruby kulowe 1605 (śruba o średnicy 16mm i skoku gwintu 5mm). Śruby te charakteryzują się dużą dokładnością oraz bardzo małym luzem. Napędy osi jakie zostały zastosowane to silniki krokowe o momencie 3Nm połączone, ze śrubami w stosunku 1:1 przy pomocy sprzęgła elastycznego. Oś Y została wyposażona w dwa takie zespoły napędowe, po jednym z obu stron na tej płaszczyźnie. Rozwiązanie to niesie, ze sobą pewną wadę, gdyż przy ograniczonym budżecie nie zostały zastosowane enkodery, mierzące dokładnie, czy silniki w osi są ze sobą zsynchronizowane, czy nie zgubiły kroków. Brak synchronizacji powoduje błąd dokładności, podczas obróbki, a w najgorszym przypadku może doprowadzić do uszkodzenia maszyny.

By móc zsynchronizować ze sobą silniki w osi Y, zastosowane zostały krańcówki mechaniczne po każdej stronie by przy ich pomocy bazować maszynę, czyli wyznaczać punkt zerowy, z którego frezarka rozpoczyna swą pracę. Prowadnice użyte

do budowy to wałki podparte. Ich średnica na osi Y wynosi 25 mm, a na osiach X i Z: 20mm. W prowadnicach użyte są łożyska otwarte w obudowie (model SBR20U oraz SBR25U).

Obudowy nakrętki śrub kulowych oraz bloki łożyskujące zostały wykonane w technologii druku 3D. Narzędzie skrawające użyte w projekcie to wrzeciono 3 fazowe azjatyckiego producenta o mocy 1.5 kW, z zakresem obrotów 0 - 24000 obr/min oraz chłodzenie płaszczem wodnym dzięki czemu ograniczony jest hałas oraz drgania generowane podczas pracy urządzenia. Sterowanie obrotami lewo, prawo oraz zakresem prędkości obrotowej umożliwia falownik o mocy 1.5Kw. Urządzenie to zasilane jest napięciem 230V AC, co jest dużą zaletą, gdyż nie wymaga zasilania 3 fazowego.

3. Układ sterujący

Jednostka sterująca składa się płyty głównej, która połączona jest z komputerem i wysyła postprocesorem sygnał o pewnych wartościach procesowych do sterowników silników krokowych. Płyta ta wyposażona jest w wyjścia umożliwiające podłączenie 5 osi, wyłączników (krańcówek, awaryjny Stop), czujnika długości, narzędzia, a także manipulowanie wrzecionem z poziomu programu. Silniki krokowe są podłączone do sterowników TB6600, które umożliwiają podział kroku do 1/32.

Ich działanie odbywa się za pomocą trzech wejść sygnałowych:

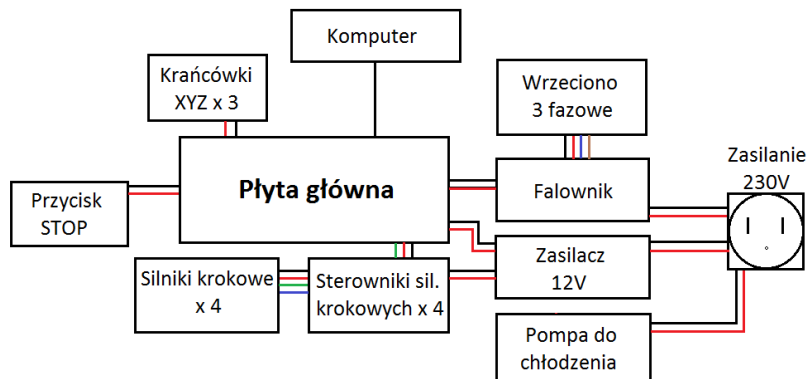
- a) DIR- odpowiada za kierunek obracania się wału silnika krokowego,
- b) CLK - podawany impuls na to wejście powoduje wprawienie silnika w ruch obrotowy,
- c) ENA - odpowiada za włączenie i wyłączenie silnika.

Zasilanie jednostki sterującej odbywa się, za pomocą zasilacza impulsowego 12V, 25A.

Jest to prostsze rozwiązanie od stosowania transformatora wraz z modułem zasilającym, lecz korzystanie, z takiego zasilacza może wprowadzać zakłócenia w układzie sterowania.

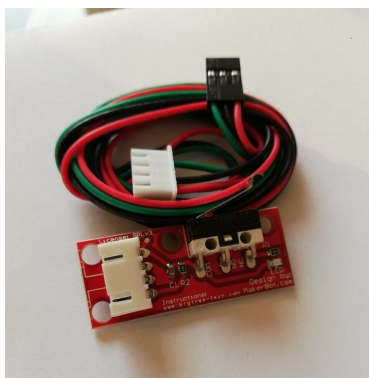
Cały układ został zamknięty w obudowie wykonanej z płyt MDF, co zapobiega osadzaniu się pyłu na sterownikach podczas pracy maszyny.

Wymiana ciepła i chłodzenie wrzeciona odbywa się za pomocą pompy wody chłodzącej o mocy 80w i maksymalnym przepływie 3500 l/h, zanurzonej w zbiorniku 10l napełnionym wodą. Ilość cieczy jest na tyle duża, że niepotrzebne jest stosowanie dodatkowego chłodzenia. Schemat blokowy sterowania przedstawiono na rys. 7.



Rysunek 7. Schemat podłączenia układu sterowania

Do bazowania osi X Y Z oraz synchronizacji silników osi Y, użyte zostały popularne moduły krańcówek mechanicznych. Dzięki zastosowaniu w modułach filtra RC, nie jest wymagane dodatkowe stosowanie takiego filtra przeciw zakłóceniom.



Rysunek 8.- Moduł wyłącznika krańcowego

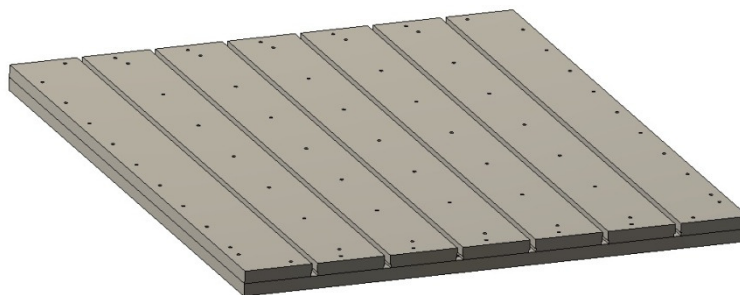
4. Wykonanie

Po sporządzeniu modelu konstrukcji maszyny CNC przystąpiono do nawiercania otworów przy pomocy innej amatorskiej frezarki. Budowa owej maszyny pozwalała jedynie na nawiercanie otworów pod dalszą obróbkę. Rozwiązanie to nie było zbyt oszczędnym w czasie, z racji możliwości maszyny jednak dużo dokładniejsze i szybsze niż ręczne trasowanie oraz wiercenie otworów. Po skompletowaniu wszystkich potrzebnych komponentów, przystąpiono do budowy maszyny. Dla ułatwienia kompletacji oraz budowy w projekcie, założono wykorzystanie śrub mocujących M5 oraz M6.



Rysunek 9. Proces budowy maszyny CNC

Podczas składania elementów konstrukcji napotkano problemy związane z małą dokładnością wykonania zamówionych elementów oraz cięcie profili z dokładnością $\pm 2\text{mm}$ przez zewnętrzne firmy. Do mocowania elementów na płaszczyźnie frezarki zaprojektowano stół teowy wykonany z płyt MDF o grubości 24mm. Wymiary stołu roboczego to 900x1000mm.



Rysunek 10. Model stołu teowego z płyt MDF

5. Oprogramowanie

Przy wykorzystanym modelu płyty głównej frezarka była testowana w programach Mach 3 i LinuxCNC.

Mach 3 (wersja darmowa):

Zalety:

- prostota w obsłudze programu,
- większe możliwości w porównaniu do programu na Linux.

Wady:

- wersja darmowa jest ograniczona do 500 linii kodu,
- koszt pełnej wersji jest dość duży dla prywatnego użytkownika,
- podczas testu wystąpiły problemy przypuszczalnie (nie zostało to dokładnie sprawdzone) wynikającego z jakości płyty głównej: silniki gubiły pozycje zerową w trakcie wykonywania programu.

LinuxCNC:

Zalety:

- oprogramowanie jest darmowe,
- możliwości programowe są wystarczające do wykonywania podstawowych obróbek,
- brak problemów w czasie wykonywania programu.

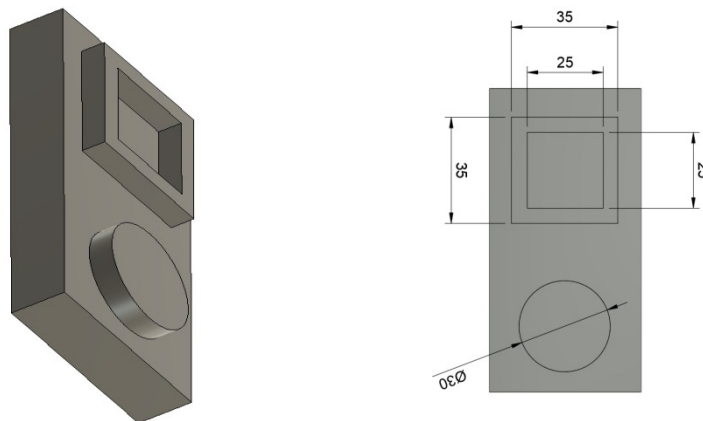
Wady:

- brak zaawansowanych możliwości jak w przypadku Mach 3.

Aktualnie w tej frezarce wykorzystywany jest program z systemem Linux przez co można korzystać ze starszych komputerów, które spełniają wymagania tego systemu które są znacznie mniejsze od oprogramowania Windows.

6. Testy frezarki

Do wykonania testów wykonano model (rys. 11) kwadratowej ramki oraz koła o wymiarach przedstawionych na rys. 11



Rysunek 11. Model testowy

Do wykonania detalu wykorzystano narzędzie frez płaski o średnicy 4mm. Użyty materiał to drewno.



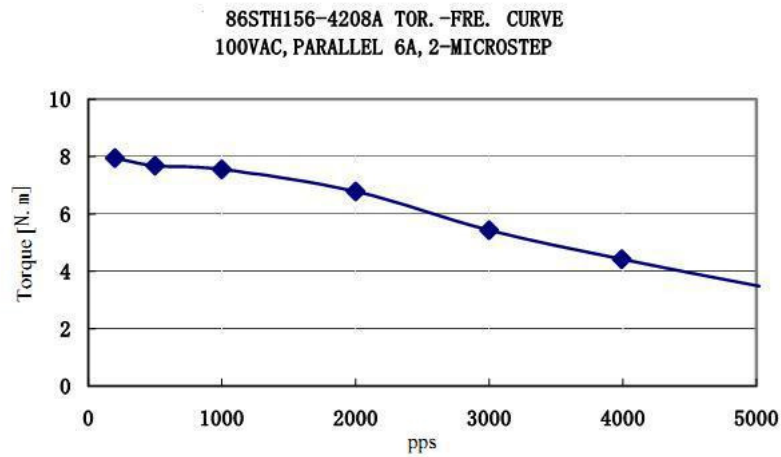
Rysunek 12. Model testowy wykonany w drewnie

Pomiary otrzymanego detalu wykazały, że dokładność maszyny oscyluje w granicach ± 0.05 do 0.1mm w osiach X i Y. Błędy te mogą wynikać z jakości wykonanych elementów a także z nieprecyzyjnego składania maszyny co skutkuje nieidealną prostokątnością osi względem siebie. Pomiar błędu w osi Z nie został wykonany, ponieważ frezarka nie jest wyposażona w czujnik długości narzędzia przez co ręczne ustawienie pozycji zerowej osi Z wnosi błąd rzędu 0.1 mm .

7. Podsumowanie i możliwe modyfikacje

W wykonanym projekcie zastosowane wcześniej wymienione silniki krokowe oraz śruby kulowe umożliwiły uzyskanie posuwu rzędu 800 mm/min . Wynik ten nie jest zadowalający co nasuwa możliwość modyfikacji układu napędowego a mianowicie wymianę silników krokowych na silniki NEMA 34 o momencie 12.5Nm . Taka zmiana konstrukcyjna wiąże się z wymianą także sterowników silników krokowych, sprzęgieł łączących wał silników z śrubami napędowymi a także wymiana elementów mocujących.

Zastosowanie silników krokowych SM 86/156-4208A umożliwi uzyskanie posuwu rzędu 3000 do 4000 mm/min co wynika z charakterystyki przedstawionej na rys.13.



Rysunek 13. Charakterystyka silnika krokowego SM 86/156-4208A[3]

Inne możliwe ulepszenia maszyny:

- Wykorzystanie wrzeciona o większej mocy do wykonywania wierceń w twardszych stopach metalu takich jak stal.
- Zastosowanie przewodnic liniowych oraz wózków liniowych zwiększy dokładność oraz sztywność konstrukcji.
- Wykorzystanie odkurzacza którego dysza wsysała by pozostałości po skrawaniu.
- Wykonanie szczelnej obudowy która umożliwiłaby korzystanie z frezarki bez obawy o zranienie skrawkami obrabianego materiału.

LITERATURA

1. GRZESIK W., NIEŚŁONY P., BARTOSZUK M.: Programowanie obrabiarek NC/CNC. Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa, 2000.
2. DRZYCIMSKI M.: Podstawy programowania obrabiarek sterowanych numerycznie Cz. 1 i 2, 2002.
3. Parametry silnika krokowego <https://www.ebmia.pl/silniki-krokowe/41082-silnik-krokowy-sm-86-156-4208a-125nm.html> (10.2019).