

inż. Mariusz Jabłoński
jab_mar0@gmail.com
Politechnika Białostocka

Dr inż. Andrzej Łukaszewicz
a.lukaszewicz@pb.edu.pl
Politechnika Białostocka

PROJEKT PÓŁAUTOMATYCZNEGO URZĄDZENIA DO UKOSOWANIA PRĘTÓW ORAZ RUR Z WYKORZYSTANIEM NARZĘDZI CAX

Streszczenie: W artykule zaprezentowano projekt półautomatycznego urządzenia, sterowanego numerycznie, przeznaczonego do wykonywania operacji ukosowania wewnętrznych oraz zewnętrznych krawędzi rur i prętów. Przedstawiona została krótka charakterystyka ukosowania oraz procesu przygotowania brzegów złączy czołowych. Wyniki przeprowadzonych obliczeń kinematycznych i wytrzymałościowych określonych podzespołów urządzenia, przy pomocy oprogramowania SolidWorks umożliwiły stworzenie modelu 3D CAD, który posłużył następnie do wykonania dokumentacji konstrukcyjnej urządzenia.

Słowa kluczowe: Projektowanie CAD, konstrukcje mechaniczne, obróbka skrawaniem, ukosowanie.

DESIGN OF SEMI-AUTOMATIC MACHINE FOR BEVELING PIPES AND TUBES USING CAX TOOLS

Summary: In this paper project of semi-automatic device which is numerical controlled and designed to perform the beveling operations of the outer and inner edges of pipes and rods is presented. The brief characteristic of beveling operation and method of preparing butt joint edge was introduced. Basing on the kinematical and strength calculations of the specified subassemblies and using the SolidWorks software there was created a 3D CAD model applied for a technical documentation of the device afterwards.

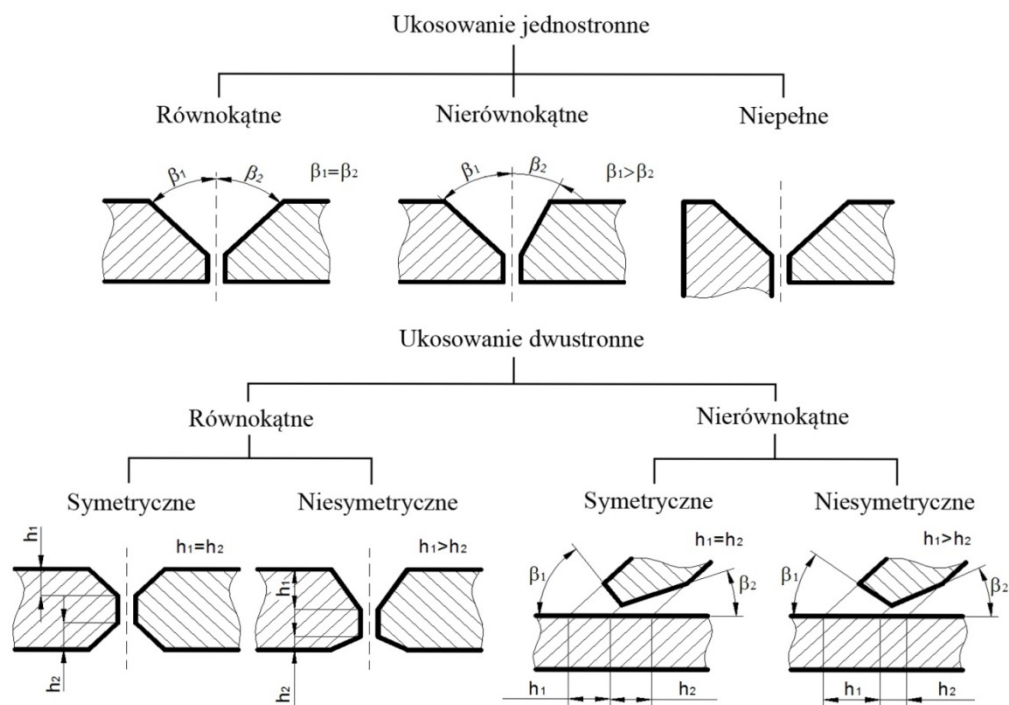
Keywords: Computer aided design, mechanical design, beveling machine, beveling.

1. WPROWADZENIE

Ukosowanie jest operacją polegającą na utworzeniu ścianki rowka w płaszczyźnie pod kątem innym niż 90° lub ścianki mającej krzywiznę. Ukosowanie wykonywane jest w celu uzyskania właściwości funkcjonalnych. Usunięcie materiału na krawędziach sworzni bądź też otworów tulei znacznie ułatwia późniejszy montaż. Operacja ta stosowana jest też często dla poprawienia walorów wizualnych oraz estetycznych.

Ukosowanie najczęściej wykorzystywane jest w dziedzinie spawalnictwa dla przygotowania brzegów złączy do spawania. Celem tej operacji jest zapewnienie otrzymania żądanego przetopu a także ułatwienie spawania, co zapewni, że otrzymana spoina będzie poprawna pod względem kształtu oraz jakości [1].

Z uwagi na możliwość dostępu do spoiny, stosowanie określonych metod i pozycji spawania stosuje się ukosowanie jedno- i dwustronne, równokątne i nierównokątne, symetryczne i niesymetryczne (rys. 1.1).



Rys. 1.1 Sposoby ukosowania brzegów spoin czołowych. (Pilarczyk 2003)

Urządzenia służące do przygotowania brzegów złączy czołowych wykorzystują różne metody obróbki ubytkowej. Najczęściej jednak operacja ta odbywa się za pomocą obróbki skrawaniem. Złożoność procesu obróbki, jakość otrzymanej powierzchni czy też wydajność operacji jest ściśle związana z wykorzystanymi maszynami, sposobem obróbki oraz parametrami procesu.

2. SFORMUŁOWANIE ZAŁOŻEŃ

Jednym z pierwszych kroków podczas tworzenia projektu urządzenia jest sformułowanie założeń konstrukcyjnych oraz funkcjonalnych, dzięki którym możliwe jest przeprowadzenie niezbędnych obliczeń podzespołów danego urządzenia. Przed urządzeniem postawiono pewne wymagania dotyczące sterowania jak i samego procesu obróbki (tab. 2.2).

Założenia ogólne	Założenia sterowania
<ul style="list-style-type: none"> - urządzenie stacjonarne, - zasilanie elektryczne jednofazowe, - obróbka skrawaniem, - praca w cyklu półautomatycznym - obróbka różnych materiałów, - wymiary obrabianych elementów dla ϕ 40mm - ϕ 100mm, - $L_{min} = 130\text{mm}$, - dla ϕ 101mm - ϕ 315mm, - $L_{min} = 130\text{mm}$, $L_{max} = 315\text{mm}$, - masa do 300 kg. 	<ul style="list-style-type: none"> - regulowane obroty przedmiotu obrabianego, - regulowane obroty i posuw narzędzia, - napęd elektryczny pozycji wrzeciona w układzie XY, - wyświetlacz zawierający informacje o prędkości obrotowej elementu obrabianego oraz prędkości obrotowej wrzeciona i jego pozycji, - wyłączanie urządzenia podczas przeciążenia, - wyłącznik awaryjny.

Tab. 2.2 Założenia projektowe urządzenia

Obliczenia rozpoczęto od wyznaczenia sił skrawania występujących podczas procesu ukosowania (1.1).

$$F_c = k_c \cdot \frac{B \cdot a_p \cdot f_z \cdot z}{\pi \cdot d} \quad [N] \quad (1.1)$$

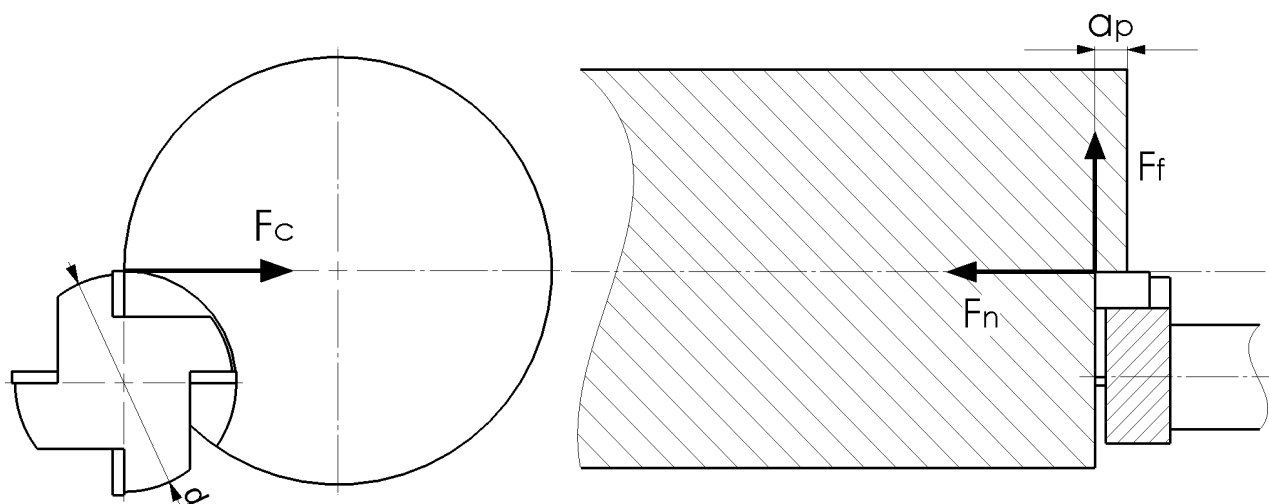
$$F_f = 0,6 \cdot F_c \quad [N]$$

$$F_n = 0,35 \cdot F_c \quad [N]$$

Gdzie:

- F_c – obwodowa siła skrawania [N],
- F_f, F_n – składowe siły skrawania [N],
- k_c – opór właściwy skrawania [MPa],
- B – szerokość skrawania [mm],
- a_p – głębokość skrawania [mm],
- f_z – posuw na ostrze [mm],
- z – liczba ostrzy,
- d – średnica głowicy frezu [mm],

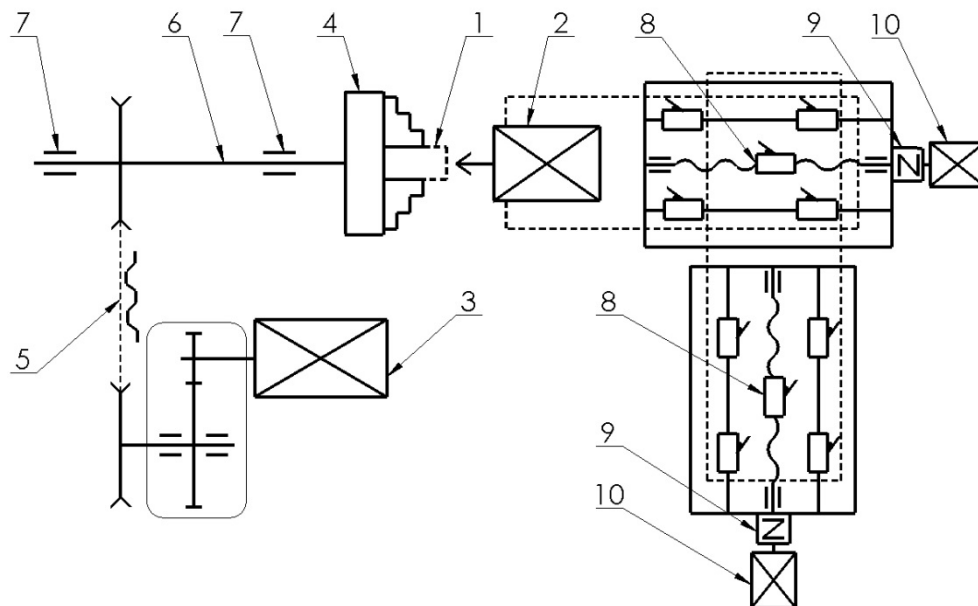
Podczas obróbki skrawaniem występują obwodowe siły skrawania oraz siły składowe (rys. 2.1).



Rys. 2.1. Rozkład sił podczas frezowania [2].

3. WYBÓR ROZWIĄZANIA

Rysunek 3.1 przedstawia schemat kinematyczny własnego rozwiązania konstrukcji urządzenia przeznaczonego do ukosowania i planowania rur oraz prętów metodą frezowania tocznego za pomocą frezów z wymiennymi płytkami skrawającymi [6]. Ukosowanie odbywa się za pomocą wymiennych głowic frezujących pozwalających na wykonanie fazy pod kątem 15°, 30°, 40°, 45°, 60° i 75°.



Rys. 3.1. Schemat kinematyczny urządzenia.

1 – przedmiot obrabiany, 2 – napęd narzędzia, 3 – motoreduktor napędu uchwytu, 4 – uchwyt tokarski, 5 – przekładnia pasowa zębata, 6 – wał główny, 7 – łożyska kulkowe, 8 – przekładnia śrubowa, 9 – sprzęgło mieszkowe, 10 – napęd przekładni śrubowej.

Napędem głównym uchwytu tokarskiego jest motoreduktor o mocy 0,18 kW. Moment obrotowy z motoreduktora przeniesiony jest za pomocą przekładni pasowej zębatej na wał drążony, który podparty jest na dwóch łożyskach kulkowych. Narzędzie skrawające zamocowane jest bezpośrednio do silnika napędowego o mocy 2 kW oraz obrotach maksymalnych wynoszących 2780 obr/min. Zespół skrawający ma możliwość posuwu wzdłużnego oraz poprzecznego dzięki zastosowaniu układu krzyżowego, złożonego z dwóch przekładni śrubowych, które napędzane są motoreduktorem. Wał wyjściowy napędu połączony jest ze śrubą pociągową za pomocą sprzęgła mieszkowego. Posuw odbywa się w zakresie 200mm i wynosi maksymalnie 890 mm/min.

4. BUDOWA URZĄDZENIA

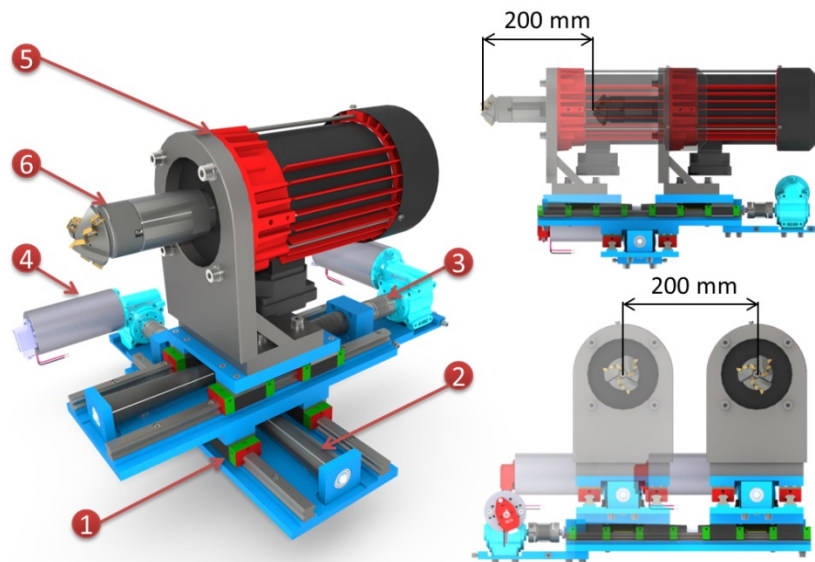
Podstawę urządzenia (rys. 4.1) stanowi rama, której konstrukcja powstała z profili prostokątnych o wymiarach 100x80x8 wykonanych ze stali konstrukcyjnej S355. Na górnej powierzchni ramy znajduje się zespół frezujący oraz zespół uchwytu, który napędzany jest za pomocą motoreduktora. Sercem całego urządzenia jest szafa elektryczna wyposażona w komputer wyświetlający informacje o prędkości obrotowej elementu obrabianego oraz prędkości obrotowej wrzeciona i jego pozycji. Na szafie zamontowany jest również włącznik główny zasilania, włącznik sterowania oraz wyłącznik bezpieczeństwa. Bezpośrednio pod uchwytym tokarskim umieszczony jest zbiornik na wióry wyposażony w cztery zestawy kołowe. Całość urządzenia ustawiona jest na stopkach wahliwych, posiadających wkładkę tłumiącą, która minimalizuje drgania pochodzące z otoczenia mogące wpłynąć na jakość powierzchni otrzymanej w wyniku obróbki.



Rys. 4.1. Podstawowe elementy urządzenia.

1 – rama, 2 – zespół uchwytu, 3 – zespół frezujący, 4 – motoreduktor napędu głównego, 5 – szafa elektryczna, 6 – zbiornik na wióry, 7 – stopki wahliwe.

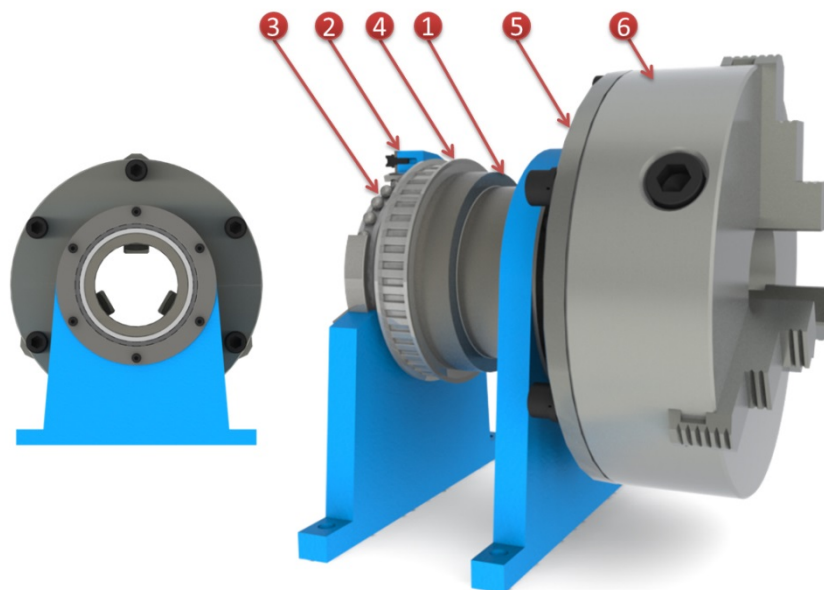
Zespół frezujący (rys. 4.2) złożony jest z dwóch jednakowych przekładni śrubowych połączonych ze sobą. Każda przekładnia wyposażona jest w dwa łożyska oraz śrubę trapezową wraz z nakrętką. Napęd z motoreduktora przekazywany jest za pomocą sprzęgła mieszkowego bezpośrednio na śrubę. Zastosowanie prowadnic z szyną profilową umożliwia liniowe przemieszczanie układu. Zastosowanie kulek między szyną a wózkiem, pozwala na uzyskanie precyzyjnego ruchu liniowego. W porównaniu z konwencjonalną prowadnicą ślizgową, współczynnik tarcia układu jest 50-krotnie mniejszy. Dzięki wymuszonemu prowadzeniu wózka na szynie, prowadnice z szyną profilową mogą przenosić obciążenia zarówno w poziomie jak i w pionie. Aby zabezpieczyć śrubę napędową przed możliwością dostania się na jej powierzchnię wiórów powstałych w wyniku procesu obróbki zastosowano sprężynową osłonę teleskopową wykonaną z taśmy stalowej. Górna przekładnia śrubowa jest obrócona względem dolnej o 90° dzięki czemu możliwe jest uzyskanie posuwu wzdłużnego oraz poprzecznego, których zakres wynosi 200mm. Narzędzie skrawające zamocowane jest bezpośrednio na wale silnika napędowego.



Rys. 4.2. Zespół frezujący

1 – prowadnice, 2 – osłona teleskopowa, 3 – sprzęgło mieszkowe, 4 – motoreduktor, 5 – napęd narzędzia, 6 – głowica frezująca.

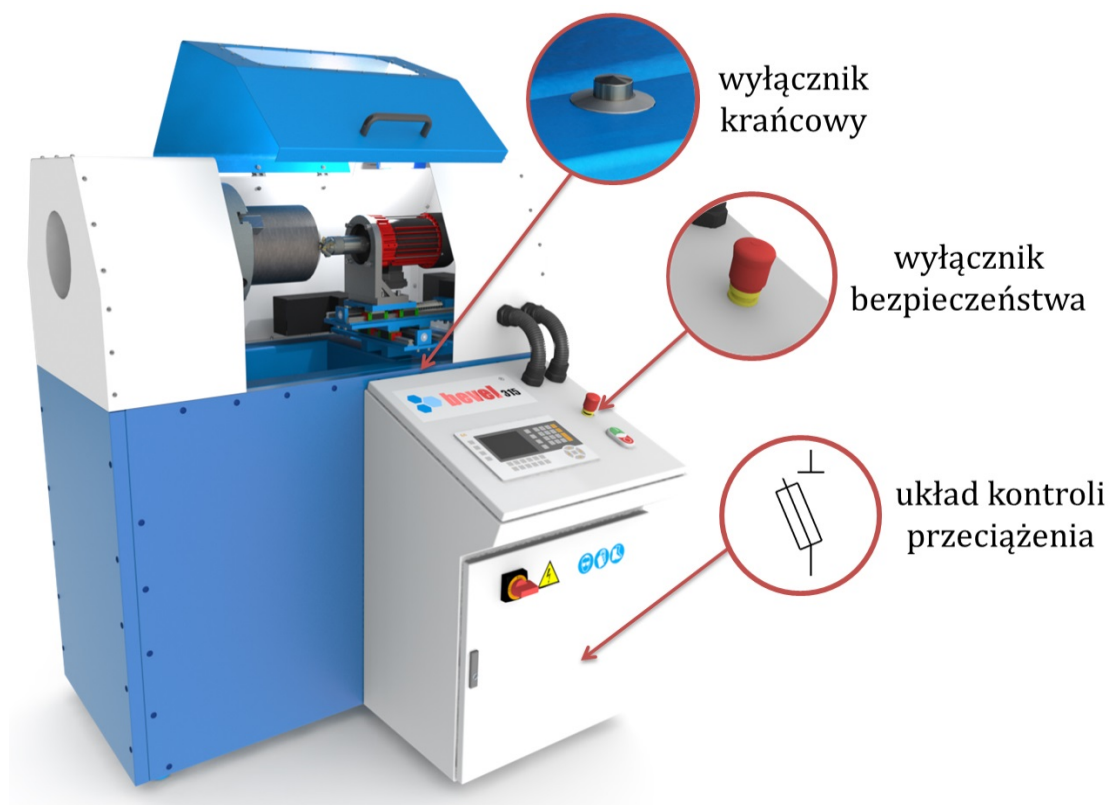
Zespół uchwytu (rys. 4.3) złożony jest z wału drążonego wykonanego ze stali C45, połączonego bezpośrednio ze specjalną tarczą zabierakową, do której przykręcony jest trójścżkowy uchwyt tokarski z mocowaniem samocentrującym. Średnica uchwytu wynosi 315mm, natomiast przelot 103mm. Dzięki zastosowaniu wału drążonego oraz uchwytu z przelotem możliwa jest obróbka elementów o długości przekraczającej zakres powierzchni roboczej wewnątrz urządzenia. Na wale umieszczone jest koło pasowe zębate, którego zadaniem jest przeniesienie momentu obrotowego z motoreduktora za pomocą pasa synchronicznego. Łożyska kulkowe osadzone w obudowach, stanowią podporę dla całego zespołu uchwytu zapewniając jednocześnie sztywność układu co przekłada się na jakość otrzymanej powierzchni w wyniku procesu obróbki.



Rys. 4.3. Zespół uchwytu.

1 – wał drążony, 2 – obudowa łożyska, 3 – łożysko kulkowe, 4 – koło pasowe zębate, 5 – tarcza zabierakowa, 6 – uchwyt tokarski.

W urządzeniu zastosowano systemy bezpieczeństwa, które mają na celu zapewnienie pełnego bezpieczeństwa osób obsługujących urządzenie, oraz jego poszczególnych podzespołów (rys. 4.4).

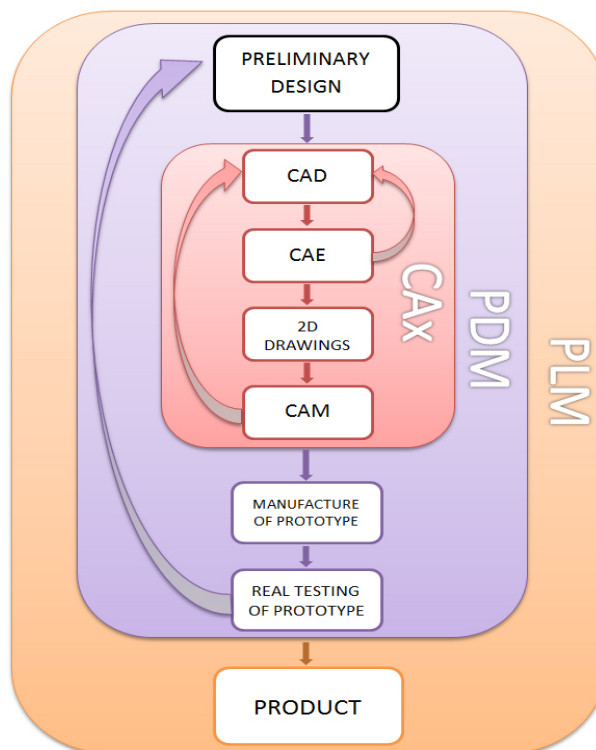


Rys. 4.4. Systemy bezpieczeństwa zastosowane w urządzeniu

- Wyłącznik krańcowy ma za zadanie zatrzymanie pracy maszyny w chwili gdy osłona górna zostanie podniesiona. Zapewnia to bezpieczeństwo dla operatora urządzenia.
- Wyłącznik awaryjny bezpieczeństwa przerywa pracę maszyny przez odcięcie zasilania. Używany jest gdy sytuacja wymaga natychmiastowego zatrzymania urządzenia (np.: kontakt narzędzia z uchwytem).
- Elektroniczny układ kontroli przeciążenia chroni zespoły napędowe oraz narzędzie skrawające przed uszkodzeniem. W momencie przeciążenia któregoś z napędów następuje zatrzymanie urządzenia.

5. ROLA SYSTEMÓW CAx W PROCESIE PROJEKTOWANIA

W trakcie projektowania produktu niezwykle pomocne stają się narzędzia CAx, które w obecnych czasach stanowią ogromną część procesu projektowania, analizowania oraz wytwarzania produktów. Główną tendencją w przemyśle jest elastycznie zautomatyzowane wytwarzanie, które wymaga jednocześnie komputerowego wspomaganie procesów wytwarzania a także odpowiedniej struktury organizacyjnej. Konstruowanie wspomagane komputerowo CAD jest nie odłącznym elementem komputerowo zintegrowanej produkcji (rys. 5.1). Możliwości jakie daje modelowanie geometryczne 3D spowodowało, że standardem jest projektowanie oparte na parametrycznym sposobie modelowania.[3]



Rys. 5.1 Proces projektowania z zastosowaniem metod wspomaganie komputerowego.[4]

Model wirtualny, wykonany w skali rzeczywistej zgodnie z założeniami konstrukcyjnymi, poddawany jest pełnej analizie kinematycznej, statycznej oraz funkcjonalnej. Możliwa jest ciągła optymalizacja kształtu oraz dokonywanie symulacji odwzorujące zachowanie gotowego wyrobu poddanego próbom na stanowiskach pomiarowych czy też podczas jego eksploatacji [5].

6. PODSUMOWANIE

Zaprojektowana ukosowarka jest urządzeniem półautomatycznym przeznaczonym do wykonywania operacji planowania powierzchni a także skosów krawędzi wewnętrznych oraz zewnętrznych rur i prętów. Ukosowanie odbywa się za pomocą wymiennych głowic frezujących pozwalających na wykonanie fazy pod kątem 15°, 30°, 40°, 45°, 60° i 75°. Obróbka może być wykonywana dla elementów o średnicy 40mm – 100mm, gdzie długość minimalna wynosi 130mm oraz o średnicy 101mm – 315mm dla elementów o długości z zakresu 130mm – 315mm. Sterowanie numeryczne urządzeniem oraz komputer z wyświetlaczem pozwalają na szczegółowe zaprogramowanie obróbki poprzez wprowadzenie do systemu operacyjnego urządzenia szczegółowych parametrów procesu. Model konstrukcji powstał w postaci modelu CAD wykonanego za pomocą programu SolidWorks. Podczas tworzenia modelu 3D korzystano między innymi z opcji konstrukcji spawanych, arkuszy blachy czy też narzędzi renderowania służących do wykonywania fotorealistycznych wizualizacji. Model składa się z 1200 komponentów z czego 160 są to unikatowe części. Za pomocą programu SolidWorks przeprowadzono analizę wytrzymałościową poszczególnych elementów konstrukcji a także stworzono dokumentację konstrukcyjną urządzenia.

7. LITERATURA

1. Pilarczyk J.: Poradnik inżyniera – Spawalnictwo T1. Wydawnictwo Naukowo – Techniczne. Warszawa 2003.
2. Górski E.: Poradnik inżyniera – Obróbka skrawaniem. Wydawnictwo Naukowo – Techniczne. Warszawa 1991.
3. Jabłoński M., Łukaszewicz A.: Approaches to Assemblies Modelling in MCAD Systems. Machine Dynamics Research, Vol. 37, nr 2 (2013), s. 34-41.
4. Jabłoński M., Łukaszewicz A. (2013): Strategies of assemblies modelling in parametric CAD systems, W: "Computer aided designing, engineering, manufacturing and data analysis: Selected problems" (ed. T. Jachowicz, M. Kłonica), 30-39;
5. Bis J., Markiewicz R.: Komputerowe wspomaganie projektowania CAD. Wydawnictwo REA s.j., Warszawa 2008.
6. Jabłoński M.: "Półautomatyczne urządzenie do ukosowania rur i prętów", praca dyplomowa inżynierska, Politechnika Białostocka, Białystok 2014

Niniejsza artykuł został wykonany w ramach pracy S/WM/1/2013 realizowanej w Politechnice Białostockiej.