

ANALIZA TECHNOLOGII OBRÓBKII SWORZNIA W ASPEKCIE POPRAWY DOKŁADNOŚCI WYMIAROWEJ GOTOWEGO WYROBU

ANALYZING THE MACHINING TECHNOLOGY OF THE BOLT FOR IMPROVEMENT DIMENSIONAL ACCURACY OF THE FINISHED PRODUCT

W artykule zaprezentowano proces optymalizacji technologii obróbki elementu podatnego typu walek. Jako kryteria optymalizacji przyjęto dokładność wymiarową gotowego wyrobu oraz główny czas obróbki. Do symulacji wartości ugięcia toczonego elementu wykorzystano metodę elementów skończonych MES. Wyniki zamieszczono w postaci rysunków, tabel i wykresów.

Słowa kluczowe: optymalizacja, technologia, ugięcie, metoda elementów skończonych MES.

In the article are presented optimization process of cutting technology flexible element type shaft. As criteria of the optimization are accepted the dimension- accuracy finished product and the main cut time. To the simulation of the value of deflection turned element are used The Finite Elements Method (FEM). Results of conducted research were showed with the aid of diagrams, tables and some illustrations.

Keywords: optimization, technology, deflection, The Finite Elements Method (FEM).

1. Wstęp

Obróbka skrawaniem jest obecnie jedną z najważniejszych metod kształtowania części maszyn i urządzeń. Nawet w przypadku stosowania innego rodzaju obróbki wiele końcowych zabiegów technologicznych wykonuje się przez usunięcie zewnętrznej warstwy materiału przez skrawanie. Jak ważnym czynnikiem w procesie wytwarzania wyrobu jest przygotowanie technologii, świadczy definicja procesu technologicznego: „Proces technologiczny jest to podstawowa część procesu produkcyjnego związana bezpośrednio ze zmianą kształtu, wymiarów, jakości powierzchni i właściwości fizykochemicznych przedmiotu obrabianego” [5]. Oczekiwania i wymagania klientów co do dokładności wymiarowo – kształtowej wytwarzanych elementów ciągle rosną.

Stan końcowy wyrobu można zapisać w postaci zależności (1) [5]:

$$S_k = (I, W, M, G) \quad (1)$$

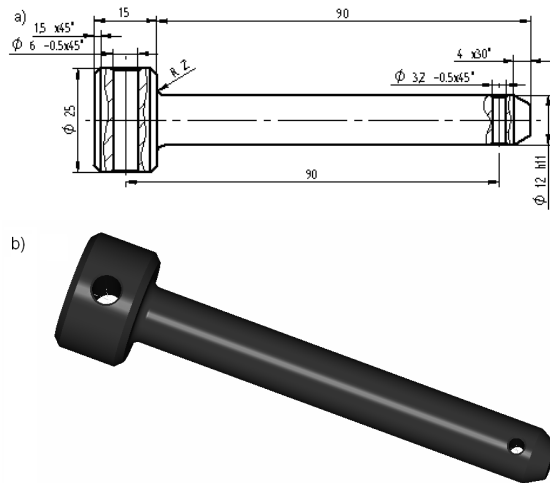
gdzie: I - dane identyfikujące rysunek, W - wskazówki specjalne, M - materiał i obróbka cieplna, G - cechy geometryczne i fizyczne przedmiotu.

Wynika stąd, że ugięcia elementu podczas obróbki stanowią jeden z najistotniejszych czynników mających wpływ na stan końcowy produktu, a przez to na jego wysoką jakość oczekiwaną przez klientów. Dlatego bardzo istotnym czynnikiem jest optymalizacja technologii obróbki w aspekcie poprawy dokładności wymiarowej gotowego wyrobu. Duże możliwości daje tu zastosowanie w procesie produkcyjnym obrabiarek sterowanych numerycznie jak również zastosowanie Metody Elementów Skończonych do analizy procesu skrawania na etapie planowania technologii obróbki, o czym świadczą opracowania literaturowe [3,4].

W świetle jasno skryształizowanych trendów rozwojowych obróbki skrawaniem (obróbki wysokowydajnej z dużymi prędkościami skrawania, obróbki materiałów trudnoskrawalnych i w stanie utwardzonym, ze zminimalizowanym chłodzeniem) jest ciągle problem osiągania wysokiej dokładności geometrycznej odrabianych elementów [1]. Stanowi to duże wyzwanie dla technologa.

2. Metodyka badań

Analizę technologii obróbki prowadzono dla elementu typu wałek przedstawionego na rys.1.



Rys.1. Parametry geometryczne przedmiotu obrabianego (a), widok 3D (b)

Fig.1. Geometrical parameters of the workpiece (a), view 3D (b)

Materiałem wyjściowym był pręt ciągniony o średnicy $d=25\text{mm}$ wykonany ze stali węglowej konstrukcyjnej wyższej jakości 45 o $R_m=610\text{Mpa}$ i $KF=2,5$ [6].

Oceny ugięć badanego sworznia dokonano z uwzględnieniem składowej promieniowej siły skrawania F_p . Dane do analizy zaczerpnięto z wcześniej prowadzonych badań eksperymentalnych [2]. Przyjęto: posuw $f=0,1\text{mm/obr.}$, głębokość skrawania $a_p=1,5\text{mm}$ oraz prędkość skrawania $v_c=85\text{m/min.}$ Wartość składowej obwodowej siły skrawania F_c wyznaczono z zależności (2):

$$F_c = KF \cdot R_m \cdot f \cdot a_p \quad (2)$$

Na podstawie zależności (3) obliczono wartość promieniowej siły skrawania

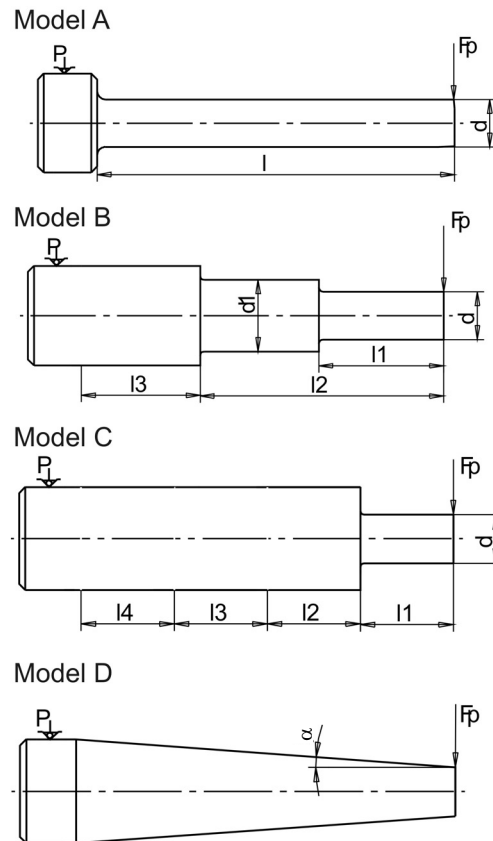
$$F_p = 0,4 \cdot F_c \quad (3)$$

Otrzymano następujące wyniki:

- składowa obwodowa $F_c=228,75\text{N}$;
- składowa promieniowa $F_p=91,5\text{N}$.

Do analizy przyjęto cztery modele technologii obróbki, których parametry geometryczne i schematy obciążenia przedstawiono na rys. 2.

W każdym z modeli przyjęto różne sposoby otrzymania końcowej geometrii wyrobu. W modelu „A” założono tradycyjny sposób obróbki wieloprześciowej jednocześnie na całej długości sworznia. Dla



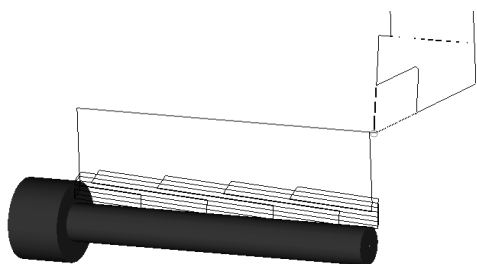
Rys. 2. Schematy obciążenia i parametry geometryczne przyjętych modeli (objaśnienia w tekście)

Fig. 2. Schemas of the weight and geometrical parameters of accepted models (explanations in the text)

modelu „B” obróbka została podzielona na cztery etapy. W pierwszym z nich kształtowany jest odcinek l_2 na $\varnothing 18$. Kolejnym etapem jest wykonanie odcinka l_1 na $\varnothing 12$. Następnie toczony jest odcinek l_2-l_1 i kolejno l_3 na $\varnothing 12$.

Model „C” został podzielony na cztery odcinki l_1, l_2, l_3, l_4 które zostały obrabiane na $\varnothing 12$ w kolejności od l_1 do l_4 . W modelu „D” zaproponowano sposób obróbki pod kątem według ścieżki narzędzia jak na rysunku 3.

Modele bryłowe oraz modele dyskretne z zadanym obciążeniem i utwierdzeniem wykonano w programie I-deas. Do dyskretyzacji modeli użyto elementów typu-solid eight-node tetrahedron [7]. Siatkę zagęszczono w przewidywanym miejscu występowania największych odkształceń sprężystych. Ścieżki narzędzia wygenerowano programie I-deas. Jako kryteria optymalizacji technologii obróbki przyjęto dokładność wymiarową gotowego wyrobu oraz główny czas obróbki.



Rys.3. Ścieżka narzędzia dla modelu „D”
Fig.3. The path tools for the model „D”

Ugięcia obrabianych elementów powstałe pod wpływem składowej odporowej siły skrawania obliczono z wykorzystaniem Metody Elementów Skończonych.

3. Wyniki badań

Analizy przeprowadzono w programie I-deas. Otrzymane dla poszczególnych modeli ugięcia oraz obszary występowania naprężeń przedstawiono na rysunku 4. Dla celów poprawy wizualizacji

przyjęto parametr: Maximum Deformation % of model = 10, co uwytatniło odkształcenia elementów [7].

Uzyskane w efekcie obliczeń numerycznych wartości ugięć obrabianego elementu dla schematów obciążenia jak na rys. 2 oraz główne czasy skrawania otrzymane w programie I-deas zestawiono w tab. 2.

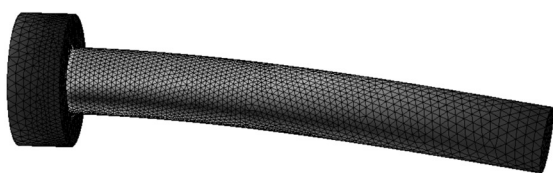
Z przedstawionych analiz wynika, że najkorzystniejszym modelem pod względem czasu obróbki jest przypadek „A”, lecz jego ugięcia są największe. Najkorzystniejszym modelem pod względem ugięć jest model „C”, lecz czas jego obróbki jest najdłuższy. Optymalnym modelem jest model „D”. Model ten jest również korzystny ze względu na czas skrawania. Czas ten jest dłuższy niż w modelu „A” i „B”, ale krótszy niż w przypadku „C”. Ponadto ugięcia są mniejsze niż dla modeli „B” i „C”.

Dla modelu „D”, w tabeli 3 zestawiono wartości ugięć w płaszczyźnie działania siły promieniowej oraz sporządzono charakterystykę rozkładu tych odkształceń na całej długości skrawania - rys.5.

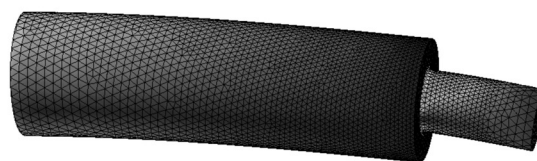
Tab. 2. Wartości ugięć i główne czasy skrawania.
Tab. 2. Values of deflections and main times of cutting.

Model	Ugięcie δ_y [μm]	Czas główny skrawania t_s [min]
Model A	101	4,59
Model B	21	4,89
Model C	11	5,38
Model D	15,5	5,07

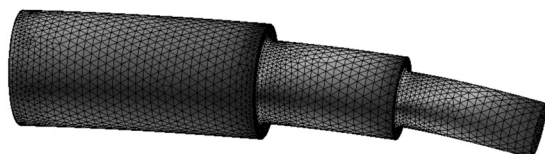
Model A



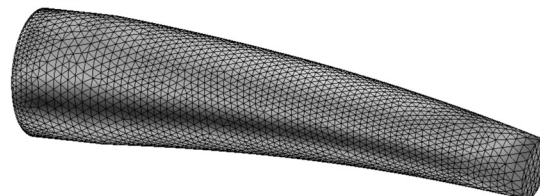
Model C



Model B



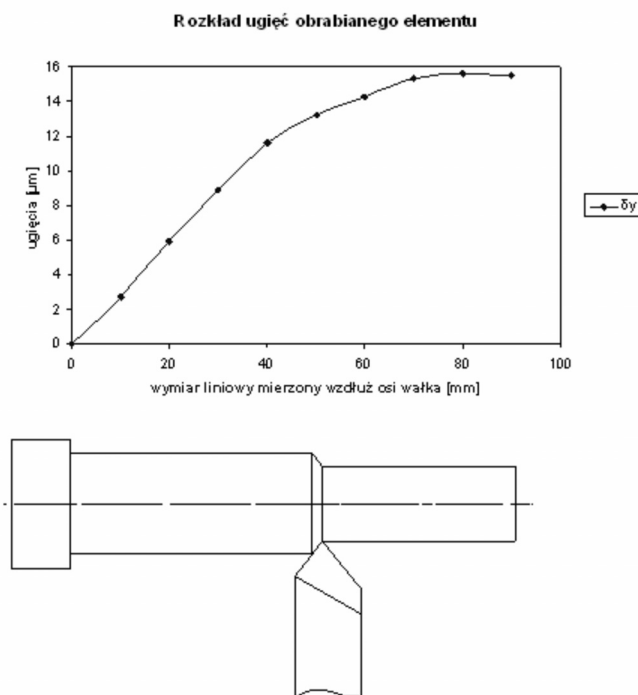
Model D



Rys.4. Ugięcia oraz obszary występowania naprężeń dla poszczególnych modeli
Fig.4. Deflections and areas of stresses appearing for each models

Tab. 3. Wartości ugięć w płaszczyźnie działania siły promieniowej.
 Tab. 3. Values of deflections in the surface of acting the radial force.

l [mm]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
δ_y [μm]	0	2,7	5,9	8,9	11,6	13,2	14,3	15,3	15,6	15,5



Rys. 5. Rozkład ugięć: δ_y – wartość ugięcia w płaszczyźnie działania siły promieniowej

Fig. 5. Distribution of deflections: δ_y - the value of the deflection in the surface of acting the radial force

Na podstawie tak sporządzonej charakterystyki możemy określić wymiary elementu po obróbce. Pozwala to na edycję technologii obróbki przed wprowadzeniem elementu do produkcji i poprawę jego dokładności wymiarowej.

4. Wnioski

Modelowanie ugięć przedmiotu obrabianego w trakcie obróbki w aspekcie optymalizacji technologii obróbki elementów podatnych jest jednym z priorytetowych zadań. Uzyskane w wyniku przeprowadzonych analiz wyniki modelowania z wykorzystaniem Metody Elementów Skończonych dają optymistyczne przesłanki co do możliwości zbudowania użytecznego modelu mechanicznego,

pozwalającego na wiarygodną predykcję błędów geometrycznych obrabianych części. Z punktu widzenia powstających odkształceń sprężystych opracowany model procesu skrawania pozwala na przewidywanie stanu geometrycznego przedmiotu na etapie opracowywania technologii obróbki. Przeprowadzone analizy i uzyskane wyniki ukazują nowe możliwości optymalizacji procesu obróbki przez technologa. Ukazane podejście jest możliwe do realizacji dzięki powszechnemu stosowaniu obrabiarek sterowanych numerycznie CNC. Umożliwia to technologowi wybór sposobu otrzymania końcowej geometrii wyrobu. W połączeniu z optymalnym doбором parametrów technologicznych obróbki pozwoli to na minimalizację braków i poprawę jakości wykonywanych elementów.

5. Literatura

- [1] Józwick J., Lipski J.: *Prognozowanie odkształceń przedmiotu obrabianego podczas skrawania z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych*. Materiały II Sympozjum Mechaniki Zniszczenia Materiałów i Konstrukcji. Augustów, 4-7 czerwca 2003.
- [2] Madej R., Misztal P., Józwick J.: *Ocena błędów kształtu i wymiaru wałka obrabianego na automacie tokarskim CNC*. Inżynierowie nowej ery wobec problemów technologii i materiałów. Monografia pod redakcją Gardyński

- L. Lublin 2004.
- [3] Grama L., Breeanu L.C.: *Analytical and F.E.M. in the processing's precision at longitudinal turning*. Development of metal cutting. The 3rd International Scientific Conference DMC 2000. Kosice 3-4.07.2004. Slovakia.
 - [4] Jóźwik J., Flisiak J., Lipski J.: *Numeryczna ocena odkształceń sprężystych przedmiotów cienkościennych kształtowanych w procesie skrawania toczeniem*. Z.N.P Rzeszów, Z.N.P Żytomierz Ukraina; 2004.
 - [5] Feld M.: *Technologia budowy maszyn*. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 2000.
 - [6] Grzesik W.: *Podstawy skrawania materiałów metalowych*. WNT Warszawa 1998.
 - [7] I-DEAS Master Series STUDENT GUIDE 2000.

Mgr inż. Jarosław FLISIAK

Dr inż. Jerzy JÓZWIK

Mgr inż. Maciej WŁODARCZYK

Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji

Wydział Mechaniczny

Politechnika Lubelska

ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin

e-mail j.flisiak@pollub.pl
