

I Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie prototypowanie
Modelowanie - Wytwarzanie - Pomiary
 Rzeszów - Pstrągowa, 16 - 18 września 2015



Organizatorzy:



CENTRUM NAUKOWO TECHNICZNE

KLASTER SZYBKIEGO PROTOTYPOWANIA
RAPIDROM

Opracowanie modelu 3D CAD prototypu uchwytu specjalnego do szlifierki do kołowo-łukowych kół stożkowych

Development of 3D CAD model prototype of special holding fixture for spiral bevel gear grinding machine

JADWIGA PISULA
 PIOTR POŁOWNIAK
 ROBERT BUSZ*

DOI:10.17814/mechanik.2015.12.578

W artykule przedstawiono model 3D CAD prototypu uchwytu specjalnego do szlifierki kół stożkowych. Omówiono założenia poprawnego wykonania uchwytu montażowego dla otoczek kół zębatych. Wykonano model podstawy uniwersalnej oraz zespołu dedykowanych opravek dla danych otoczek. Przeprowadzono analizę poprawności uchwytu pod kątem kolizji z narzędziem.

SŁOWA KLUCZOWE: uchwyt montażowy, szlifowanie uzębienia kół stożkowych, modelowanie CAD

The paper presents the 3D CAD prototype of special holding fixture for spiral bevel gear grinding machine. Guidelines of the correct execution of the envelope holding fixture of gears was discussed. A model of universal base and an assembly of envelope dedicated holder was executed. An analysis of the accuracy of the holding fixture in terms of collision with the tool was made.

KEYWORDS: holding fixture, teeth bevel gear grinding, CAD modeling

1. WPROWADZENIE

Główne prace badawcze związane z lotniczymi przekładniami stożkowymi obejmują zagadnienia związane z podwyższeniem wskaźników wytrzymałościowych oraz właściwości eksploatacyjnych przekładni. Istotne jest także skrócenie czasu wdrażania do produkcji nowych przekładni, a także obniżenie kosztów produkcji i podniesienie wydajności obróbki [4].

Na Politechnice Rzeszowskiej powstało Laboratorium Badań Kół Zębatych. Wyposażenie laboratorium umożliwia podejmowanie kompleksowych prac naukowo-badawczych z zakresu napędów lotniczych oraz wszechstronne analizy w obszarach konstrukcji, technologii, pomiarów i badań przekładni zębatych stożkowych i hipoidalnych.

Jednym z urządzeń wyposażenia jest szlifierka G27 firmy Klingelberg. Szlifierka jest przeznaczona do wykonywania uzębienia kołowo-łukowych kół stożkowych o wysokiej dokładności. Przeznaczeniem szlifierki w laboratorium jest jednostkowe wytwarzanie kół do celów badawczych przekładni. Szlifierka umożliwia obróbkę kół stożkowych o maksymalnej średnicy zewnętrznej 300 mm i w zakresie modułów od 0,7 do 8 mm. Dodatkowo szlifierka pozwala na obrót osi wrzeczona przedmiotu obrabianego dla przedziału $\pm 90^\circ$ oraz szlifowanie kół z pełnego materiału, a także wykonanie wklęsłej i wypukłej strony zęba w tym samym zamocowaniu.

Szlifierka G27 firmy Klingelberg (rys. 1.1) jest jedną z najnowocześniejszych obrabiarek tego typu w Polsce. Oprogramowanie umożliwia obsługę danych ustawczych przeznaczonych dla obrabiarek różnych producentów. Szlifierka pracuje w pętli sprzężenia zwrotnego z maszyną pomiarową P40. Oznacza to, że wykonane wstępnie koło jest mierzone na maszynie pomiarowej i na podstawie parametrów uzębienia oraz topografii powierzchni bocznej zębów wprowadzane są poprawki do ustawień szlifierki. Dzięki temu uzyskuje się założoną w procesie projektowania geometrię zębów kół stożkowych w bardzo wysokiej klasie dokładności.

Przed wykonaniem uzębienia lotniczej przekładni stożkowej należy sporządzić technologię wykonania kół oraz opracować konstrukcję uchwytów do obróbki uzębienia. Obróbka uzębienia należy do tych procesów technologicznych, które powinny być wykonane ze szczególną starannością. Dotyczy to szczególnie nacinania uzębienia kół zębatych o zwiększonych wymaganiach dokładności [7]. Przemysł lotniczy stawia wysokie wymagania przekładniom zębatym,

* Dr inż. Jadwiga Pisula (jpisula@prz.edu.pl), mgr inż. Piotr Połowniak (piotrp@prz.edu.pl), mgr inż. Robert Busz (robert.b000@wp.pl)

co do wysokiej wytrzymałości i cichobieżności przy wysokich prędkościach obrotowych, które można spełnić jedynie poprzez wykonanie kół wg założonych restrykcyjnych wymagań.



Rys. 1.1. Szlifierka G27 firmy Klingelberg oraz wrzeciono przedmiotu obrabianego z zamocowanym szlifowanym zębniakiem

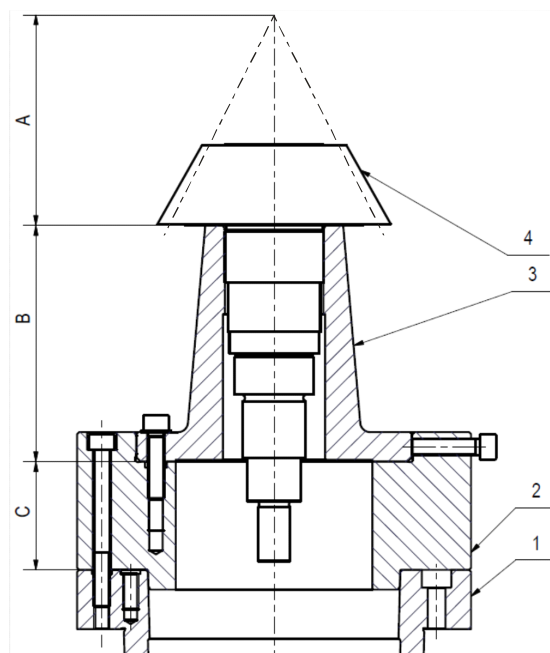
Poprawne zaprojektowanie uchwytu musi zapewnić dużą sztywność, dokładne ustalenie i właściwe zamocowanie otoczki, co w głównej mierze przekłada się na wysoką jakość obrabianego detalu [2][3][8].

2. ANALIZA WARUNKÓW MODELOWANIA PROTOTYPU UCHWYTU DO MOCOWANIA OTOCZEK NA SZLIFIERCE G27 FIRMY KLINGELBERG

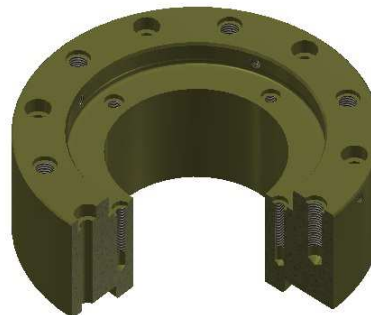
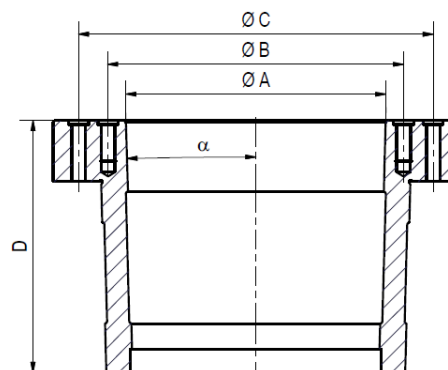
Do prawidłowego zaprojektowania uchwytu konieczna jest znajomość geometrii otoczki koła, wielkość serii produkcyjnej oraz możliwości i ograniczenia obrabiarki. Modelując uchwyt, należy brać pod uwagę sposób wprowadzania parametrów geometrycznych zespołu montażowego. Istotne jest wprowadzanie wysokości elementów pośrednich uchwytu od płaszczyzny bazowej wrzeciona przedmiotu obrabianego do powierzchni bazowej otoczki (rys. 2.1) (powierzchni do określenia wymiaru montażowego MD - mounting distance).

Przy opracowaniu prototypu uchwytu specjalnego do szlifierki założono wykonanie podstawy montowanej bezpośrednio do wrzeciona obrabiarki traktowanej jako uniwersalna (element 1, rys. 2.1) oraz stworzenie szeregu specjalnych opravek dla danej otoczki (obrabianego koła zębatego) (element 2, rys. 2.1). Zasadą konstruowania uchwytu jest jego wykonanie przy jak najmniejszej liczbie

elementów pośrednich. Każdy dodatkowy element ma wpływ na błąd ustalenia przedmiotu obrabianego [9]. Niedokładności wykonania każdej części uchwytu sumują się. Otoczka koła stożkowego jest podpierana jednostronnie. Dlatego też uchwyt musi zapewniać odpowiednią sztywność mocowania. Dodatkowym warunkiem geometrycznym uchwytu jest jego wysokość, przy której nie dochodzi do kolizji uchwytu z ściernicą w trakcie nacinania koła. Dlatego konieczne jest wstępne rysowanie ściernicy na rysunku z zespołem uchwytów i otoczką oraz przeprowadzenie symulacji obróbki do wykonania analizy kolizji [5].



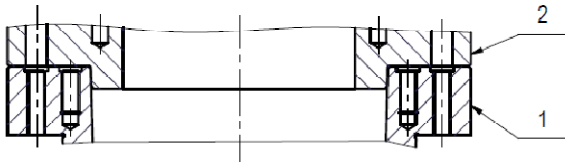
Rys. 2.1. Parametry urządzenia mocującego; 1 – fragment wrzeciona, 2 – podstawa uchwytu; 3 – oprawka, 4 – otoczka; A – wymiar montażowy (MD), B, C – wymiary pośrednie uchwytu do bazy otoczki



Rys. 2.2. Dane geometryczne tulei wrzeciona oraz model 3D CAD tulei wrzeciona; $\varnothing A$ – podstawa otworu stożkowego, $\varnothing B$, $\varnothing C$ – rozmieszczenie otworów montażowych, D – wysokość wrzeciona, α – kąt zbieżności

Na podstawie dokumentacji dostawcy szlifierki zamodelowano bazę do mocowania uchwytu (rys. 2.2). Otwór ustalający we wrzecionie jest wykonany po stożku. Stanowi to spory problem do jednoczesnego bazowania na otworze stożkowym i przylegania powierzchni płaskich – powierzchni płaskiej pierwszego elementu uchwytu (podstawy) do powierzchni wrzeciona. Wymóg ten jest determinowany parametrami mocowania (rys. 2.1).

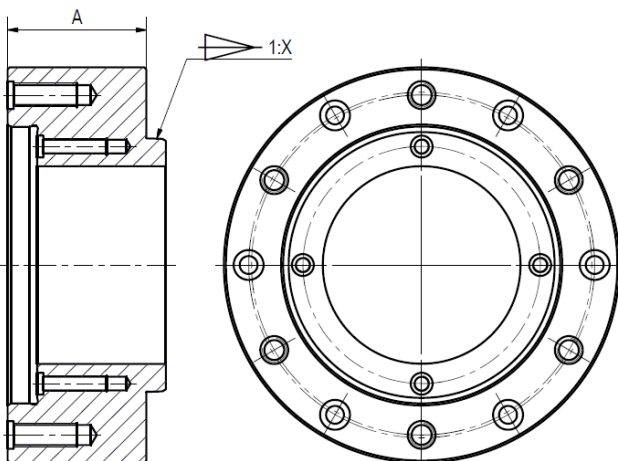
Równoczesne ustalenie przedmiotu 2 w otworze stożkowym i na płaszczyźnie jest trudne do wykonania i uważane za błąd konstrukcyjny (rys. 2.3) [1][6].



Rys. 2.3. Fragment podstawy uchwytu i tulei wrzeciona; ustalenie podstawy na otworze stożkowym i powierzchni płaskiej; 1 – wrzeciono, 2 – podstawa

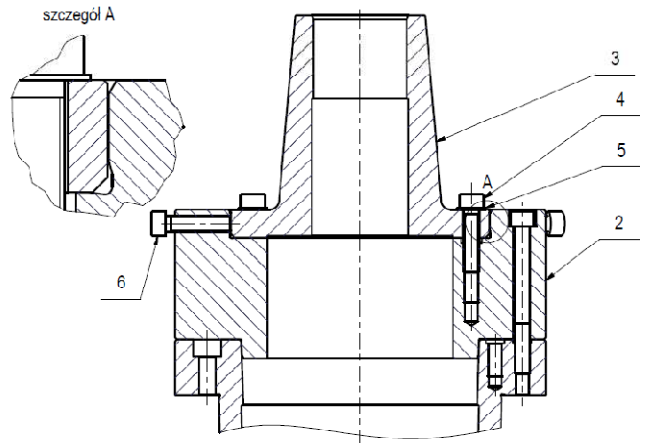
Zastosowanie takiego ustalenia jest uzasadnione zaletami takiego połączenia oraz jednostkowemu wykonaniu takiego elementu. Uzyskanie takiego połączenia jest możliwe tylko przez indywidualne pasowanie powierzchni zewnętrznej stożkowej podstawy do otworu stożkowego wrzeciona obrabiarki. Wykonanie powierzchni stożkowej podstawy (rys. 2.4) odbywać się może w następujących operacjach: wykonanie powierzchni walcowej z wymiarem $\varnothing A$, (rys. 2.2), nałożenie tuszu na tę powierzchnię, zamocowanie przedmiotu obrabianego na szlifierce z podzielnicą kątową i obrócenie go wg zbieżności otworu stożkowego wrzeciona. W trakcie obróbki następuje stopniowe usuwanie materiału i skracanie długości zatuszowanej. W przypadku powierzchni stożkowej bazowej o większej długości występuje kłopot z utrzymaniem wymiaru wysokości A. Po wykonaniu detalu geometria podstawy powinna być sprawdzona na maszynie pomiarowej. Otrzymany wymiar A powinien być podany na uchwycie, ponieważ stanowi parametr montażowy dla obrabiarki. Na rys. 2.4 przedstawiono zaproponowaną podstawę uniwersalną uchwytu.

Podstawę uniwersalną uchwytu należy przymocować śrubami do wrzeciona obrabiarki, następnie ustalić oprawkę mocując ją do podstawy. Podstawa ma wykonane dwa zestawy otworów gwintowanych na powierzchniach płaskich do mocowania oprawek na otoczki zębników oraz oprawki na koła talerzowe (rys. 2.4).



Rys. 2.4. Podstawa uniwersalna uchwytu

Poprzez zastosowanie 4 śrub bocznych (rys. 2.5) w podstawie oraz luzu promieniowego między oprawką i podstawą (rys. 2.5, szczegół A) jest możliwe centrowanie oprawki względem osi obrotu wrzeciona przy pomocy czujnika mikrometrycznego. Można wykorzystać pod śruby mocujące otoczkę podkładki podatne faliste 5, które ułatwiają centrowanie przy wstępnym zacisku wywołanym śrubami 4. Śrubami 6 ustala się położenie promieniowe otoczki. Wysokość oprawki zależy od średnicy ściernicy i jej nachylenia względem osi otoczki. Przy nacinaniu koła nie jest wymagane przeprowadzanie takiej analizy.



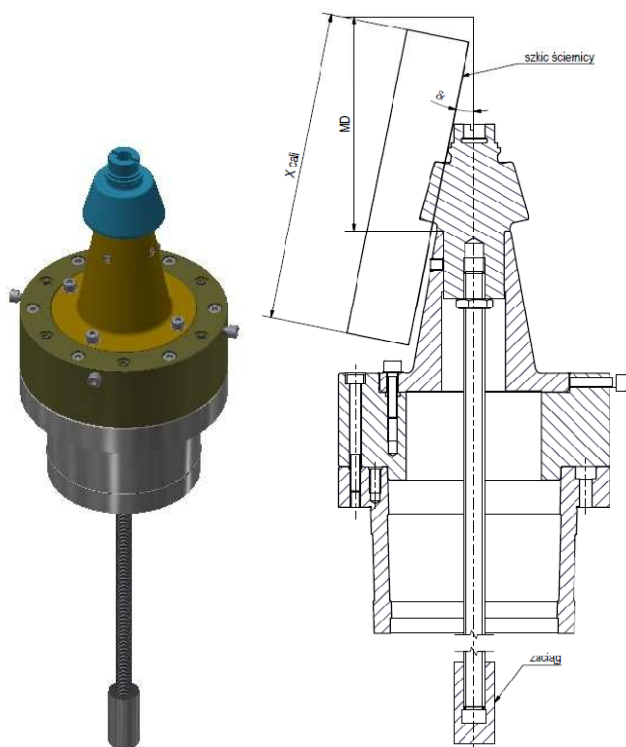
Rys. 2.5. Zespół uchwytu; 2 – podstawa, 3 – oprawka, 4 – śruby mocujące, 5 – podkładki podatne faliste, 6 – śruby ustalające

Następnie przygotowany zespół składający się z otoczki, pręta i nakrętki kontruującej montuje się w oprawce i realizuje zacisk poprzez zaciąg hydrauliczny maszyny. Blokada obrotu otoczki w trakcie obróbki jest realizowany tarciovo poprzez wywołanie odpowiedniego zacisku na powierzchniach czołowych oprawki i otoczki. Otoczka jest ustalana przez pasowanie w otworze oprawki.

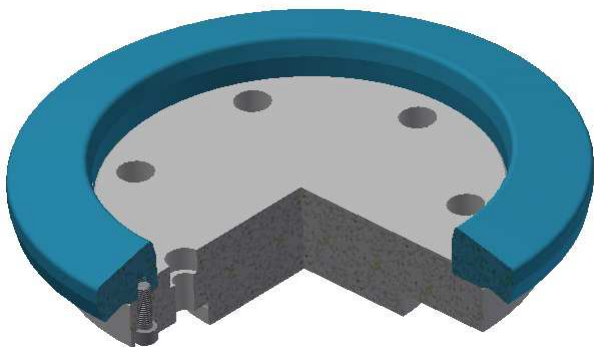
3. MODEL UCHWYTU

Na rys. 3.1 przedstawiono model uchwytu do mocowania otoczki zębniaka wraz z rysunkiem płaskim i wrysowaną na nim ściernicą do analizy kolizji. Natomiast na rys. 3.2 pokazano model oprawki z otoczką koła gotowy do zamocowania na podstawie uniwersalnej. W przypadku obróbki koła montowana jest otoczka z oprawką, a następnie zakładana na podstawę uniwersalną i centrowana śrubami bocznymi. Możliwe obroty względne elementów są blokowane przez tarcie wywołane zaciskiem śrub.

Do mocowania otoczek wykorzystano dwa elementy pośrednie: podstawę i oprawkę. Dokładność mocowania zależy od dokładności wykonania powierzchni płaskich tych elementów (ich równoległości) oraz dokładności osadzenia otoczki w otworze oprawki. Suma tych błędów ma wpływ na dokładność wykonanego uzębienia.



Rys. 3.1. Uchwyt do mocowania otoczki zębniaka – model i rysunek płaski



Rys. 3.2. Oprawka z otoczką koła talerzowego przygotowana do montażu na podstawie uniwersalnej uchwyty

4. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych analiz warunków geometrycznych otoczek kół oraz możliwości szlifierki do uzębienia kół stożkowych o kołowej linii zęba, a także zasad konstruowania uchwyty, wykonano modele zespoły uchwyty dla zębniaka i koła. Dla poszczególnych części zespoły uchwyty zaproponowano dokumentację konstrukcyjną i technologiczną. Dodatkowym osiągnięciem jest opracowanie uniwersalnej podstawy dla szlifierki G27, do której można mocować oprawki do otoczek zębniaków i kół talerzowych o innej geometrii niż prezentowana.

Szlifierka pozwala na wykonanie uzębienia z pełnego materiału. Zęby w pierwszej kolejności nacinane są na miękko, a następnie po obróbce cieplej obrabiane wykańczająco. Powierzchnie bazowe kół chroni się przy obróbce cieplej np. poprzez naddatek materiału, który po obróbce cieplej zostanie usunięty przez ostatecznym wykonaniem uzębienia. Z tego powodu należy wykonać dla danej otoczki dwie oprawki. Będą się one różnić tylko średnicą otworu ustalającącego otoczkę.

PODZIĘKOWANIA

Badania realizowane w ramach Projektu "Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym", Nr POIG.01.01.02--00--015/08--00 w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (PO IG). Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

LITERATURA

1. Dobrzański Tadeusz: „Uchwyty obróbkowe. Poradnik konstruktora”. Warszawa: WNT, 1987.
2. Feld Mieczysław: „Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn”. Warszawa: WNT, 2009.
3. Feld Mieczysław: „Uchwyty obróbkowe”. Warszawa: WNT, 2002.
4. Marciniec Adam, Pisula Jadwiga, Płocica Mieczysław, Połowniak Piotr: „Doświadczalna weryfikacja symulacji obróbki i współpracy stożkowych przekładni lotniczych”. *Mechanik* (2015)2 - artykuł na płycie CD, s. 1-6.
5. Marciniec Adam, Pisula Jadwiga, Sobolewski Bartłomiej: Modelowanie kół zębnych w środowisku systemowym 3D-CAD, rozdział I monografii pod red. G. Budzika „Określenie chwilowego śladu styku przekładni zębnych z zastosowaniem metod szybkiego prototypowania”. Rzeszów: Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2011, s. 9-47.
6. Mermon Włodzimierz., Feld Mieczysław, Jungst Maciej: „Zasady konstrukcji przyrządów, uchwyty i sprawdzianów specjalnych”. Warszawa: WNT, 1980.
7. Radzevich Stephen P.: „Dudley's Handbook of Practical Gear Design and Manufacture”. CRC Press, 2012.
8. Shailesh S. Pachbhai, Laukik P.Raut: "A Review on Design of Fixtures". *International Journal of Engineering Research and General Science*, Volume 2, Issue 2, Feb-Mar 2014, s. 126-146.
9. Wang Yan, Chen Xun, Gindy Nabil: "Surface error decomposition for fixture development". *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. (2007)31, Issue 9-10, s. 948-956.