



MIKROMECHANIZMY I MIKRONAPĘDY – LABORATORIUM ĆWICZENIE NR 1

MIKROPRZEKŁADNIA – PROJEKT MIKROSYSTEMU DLA TECHNOLOGII DRUKU 3D

CEL I ZAKRES ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z podstawami projektowania przekładni zębatych, a następnie przy wykorzystaniu komputerowego oprogramowania *Autodesk Inventor 2020 Professional*, przygotowanie modelu mikromechanizmu możliwego do wykonania techniką druku 3D. Poprawnie zaprojektowany układ przekładni zostanie wydrukowany na urządzeniu *3dSystem ProJet 3510*. Podstawowe dane techniczne przedstawiono w tabeli poniżej:

Tabela 1 Dane techniczne drukarki 3D - ProJet 3510 SD

Pole robocze	298 x 185 x 203 mm
Rozdzielczość	375 x 375 x 790 DPI (xyz)
Grubość warstwy	32 μ m
Dokładność	50 μ m na cal wym. modelu (xy)*
Materiał budulcowy - tworzywo sztuczne utwardzalne promieniami UV	VisiJet M3-X
	VisiJet M3 Black
	VisiJet M3 Crystal
	VisiJet M3 Proplast
	VisiJet M3 Navy
VisiJet M3 Techplast	
Materiał podporowy - materiał woskowy. Bezobsługowy proces usuwania podpór	VisiJet S300
Obsługiwane formaty plików	*.stl

*dokładność może się różnić w zależności od parametrów wydruku, geometrii i rozmiaru modelu, orientacji modelu i dalszej obróbki.



Rysunek 1 Materiały plastikowe VisiJet M3 dla ProJet SD i HD [1]



Należy zaprojektować mikroprzekładnię zębatą, w której współpracują ze sobą 3 różne koła walcowe o osiach stałych. Posiadając modele wejściowe *kz1* i *podstawka* (folder na pulpicie *MiM_rok*) oraz znając podstawowe zależności projektowania przekładni zębatych [2], należy zamodelować i zestawić układ zgodny z zadanymi parametrami (Tab. nr 2).

Tabela 2 Dane do projektu

Koło zębate nr 1 (gotowy model): z_1 – ilość zębów, d_1 – średnica podziałowa,	odczytać z modelu <i>kz1</i>
Koło zębate nr 2 (zamodelować) z_2 – ilość zębów, d_2 – średnica podziałowa,	d_2 – obliczyć na podst. modelu <i>podstawka</i> , z_2 – obliczyć
Koło zębate nr 3 (zamodelować) z_3 – ilość zębów, d_3 – średnica podziałowa,	z_3 – podaje prowadzący, d_3 – obliczyć,
Proponowane parametry dla modelu złożeniowego elementów, uwzględniające ograniczenia techniki druku strumieniowego	
Dodatkowe odsunięcie osi obrotowych współpracujących zębatek	360 μm^*
Średnica nasadowa koła (otwór w zębatce)	1200 μm
Średnica trzpienia nasadowego (model podstawki)	1000 μm
Wysokość koła zębatego (grubość zęba)	512 μm
Wysokość trzpienia nasadowego (w modelu podstawki)	1000 μm
Odległość płaszczyzna koło zębate – podstawka	min. 200 μm

*odległość można zmodyfikować w przypadku 3go koła

ZAGADNIENIA DO SAMODZIELNEGO PRZYGOTOWANIA:

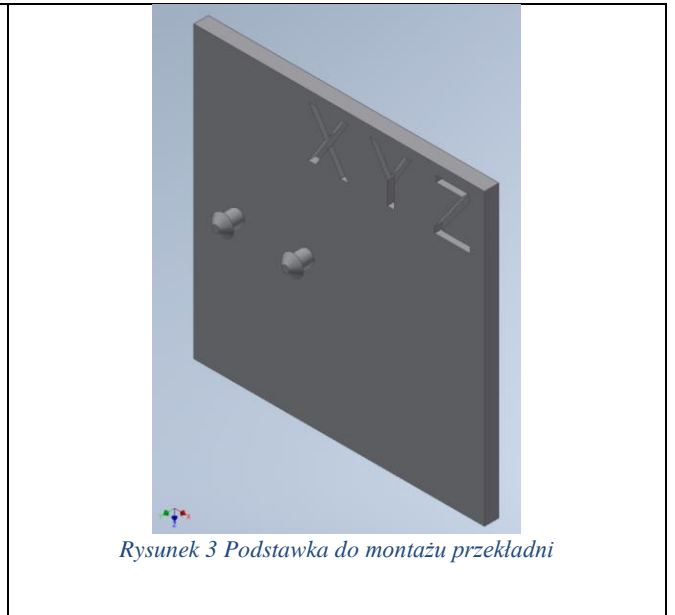
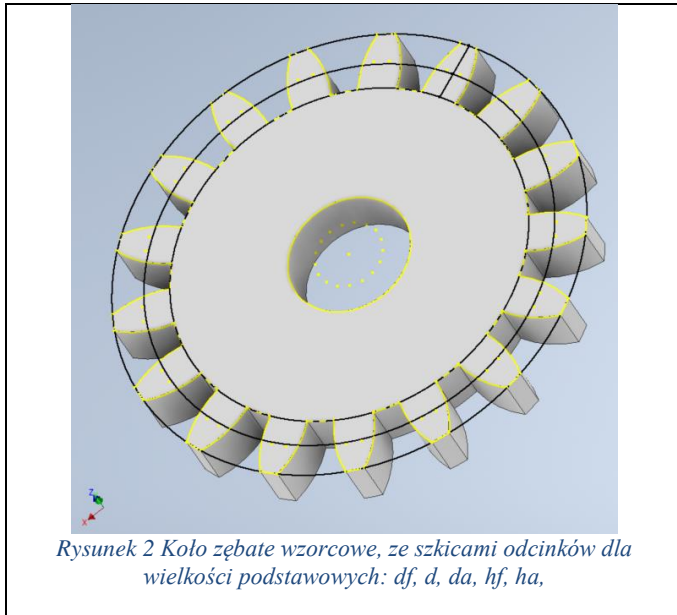
1. Rodzaje przekładni zębatych: opis, parametry, zastosowanie/występowanie.
2. Parametry koła zębatego: rysunek, oznaczenia, zależności; moduł zęba – interpretacja; warunki współpracy dwóch kół zębatych.
3. Ograniczenia i możliwości druku 3D; pojęcie *rapidprototyping*

PRACA W ŚRODOWISKU AUSTODESK INVENTOR:

Program *Inventor* jest jednym rodziny oprogramowania typu CAD (ang. *Computer Aided Design*), pozwala on na projektowanie brył trójwymiarowych bazujących na dwuwymiarowym rysunku (*sketch*) oraz ich późniejsze, wygodne edytowanie.

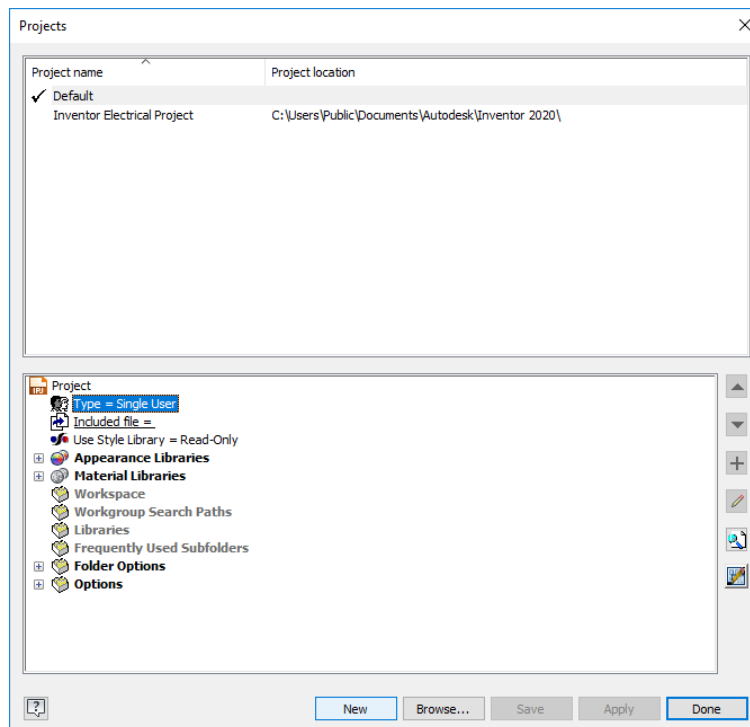
1. Wprowadzenie

Jako dane wejściowe podane zostają dwa modele: *kz1* oraz *podstawka*. Bazując na geometrii koła zadanego należy utworzyć dwa pozostałe. Plik *podstawka* posiada dwa trzpienie, które „na sztywno” definiują odległość osi kół 1 oraz 2, należy dodać 3ci w odległości zgodnej z obliczeniami i parametrami pozostałych elementów.



2. Tworzenie projektu

Pracę z programem należy rozpocząć od utworzenia nowego projektu. Ze wstążki *Get Started* wybierz *Projects*, a następnie *New/Type = Single User*, należy podać nazwę projektu, a następnie nacisnąć *Done*.

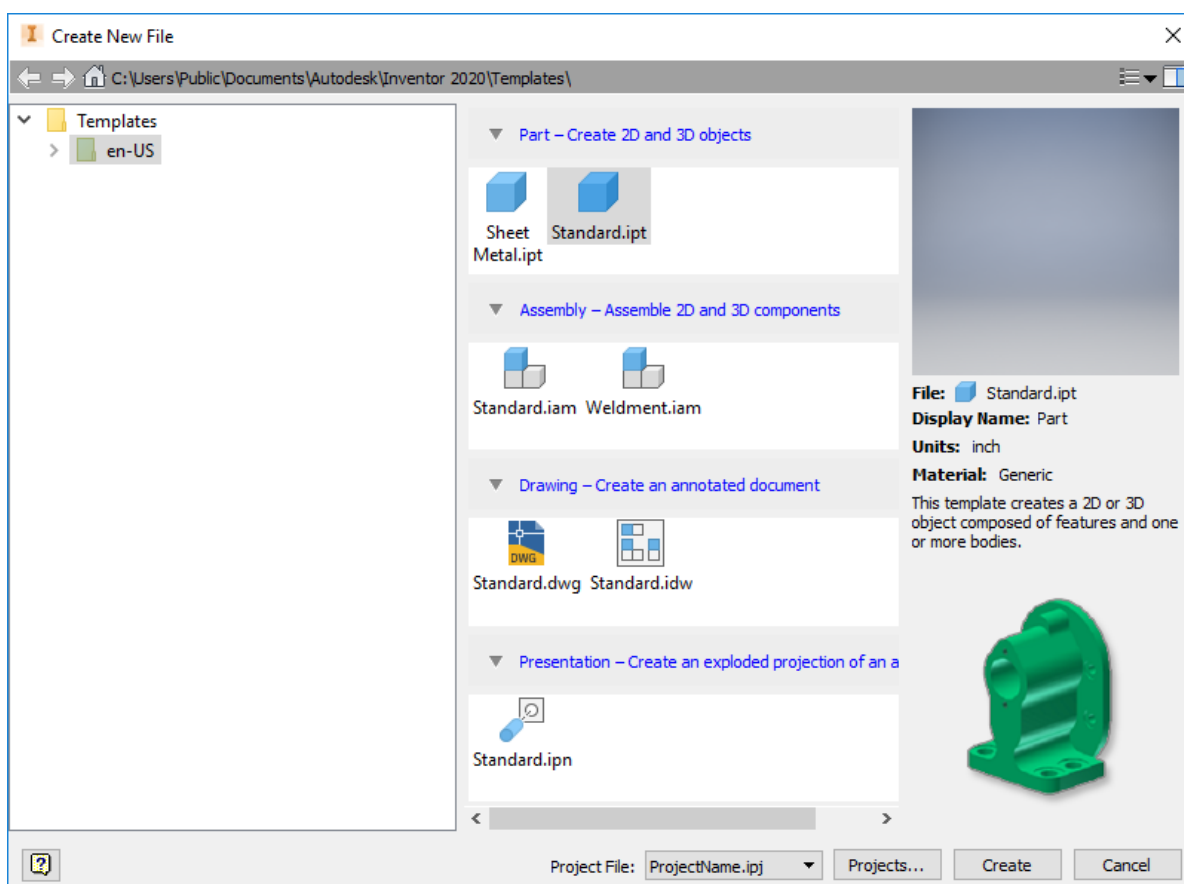


Rysunek 4 Tworzenie projektu/ścieżka pliku



3. Tworzenie nowego elementu

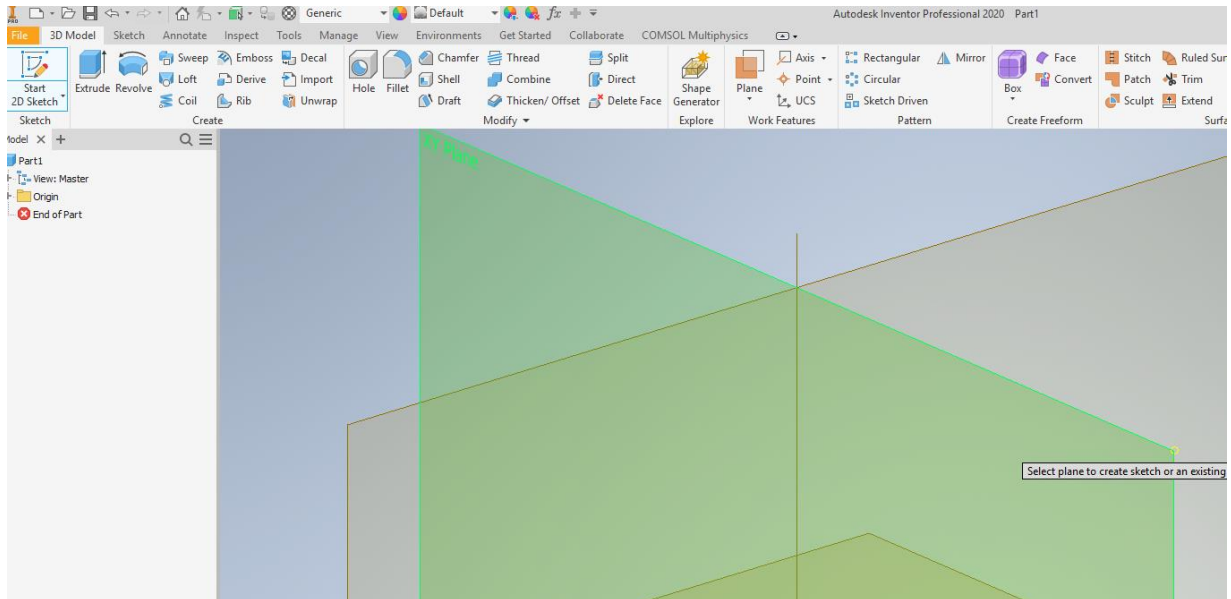
Projektowanie nowego elementu należy rozpocząć od wybrania z wstążki *Get Started* funkcji *New*, a następnie wybrać część *standard.ipt*. **Należy pamiętać, aby wybrany szablon był skalowany w układzie metrycznym.**



Rysunek 5 Nowy element

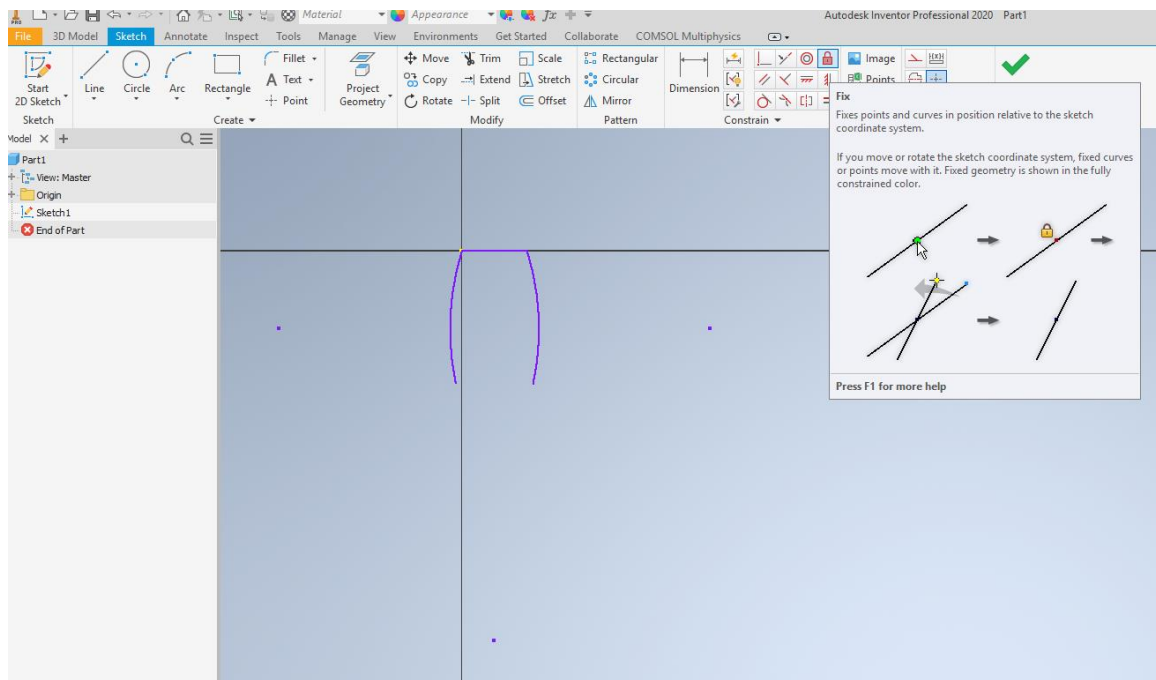
3.1. Zębatki nr 2 i 3

Projektowanie części należy rozpocząć od wybrania z wstążki *3D Model*, ikonki *Start 2D Sketch*, a następnie w oknie projektowym, płaszczyzny, w której ma powstać szkic (Rys. 6). Po wybraniu płaszczyzny otworzy się okno rysowania szkicu. Na liście wstążek pojawi się zasobnik z przybarami rysunkowymi, pozwalającymi na umieszczanie podstawowych figur geometrycznych. Na podstawie rysunków płaskich tworzone są następnie elementy trójwymiarowe (bryły) poprzez funkcje tj. wyciąganie, dodawanie lub odejmowanie ich od siebie.

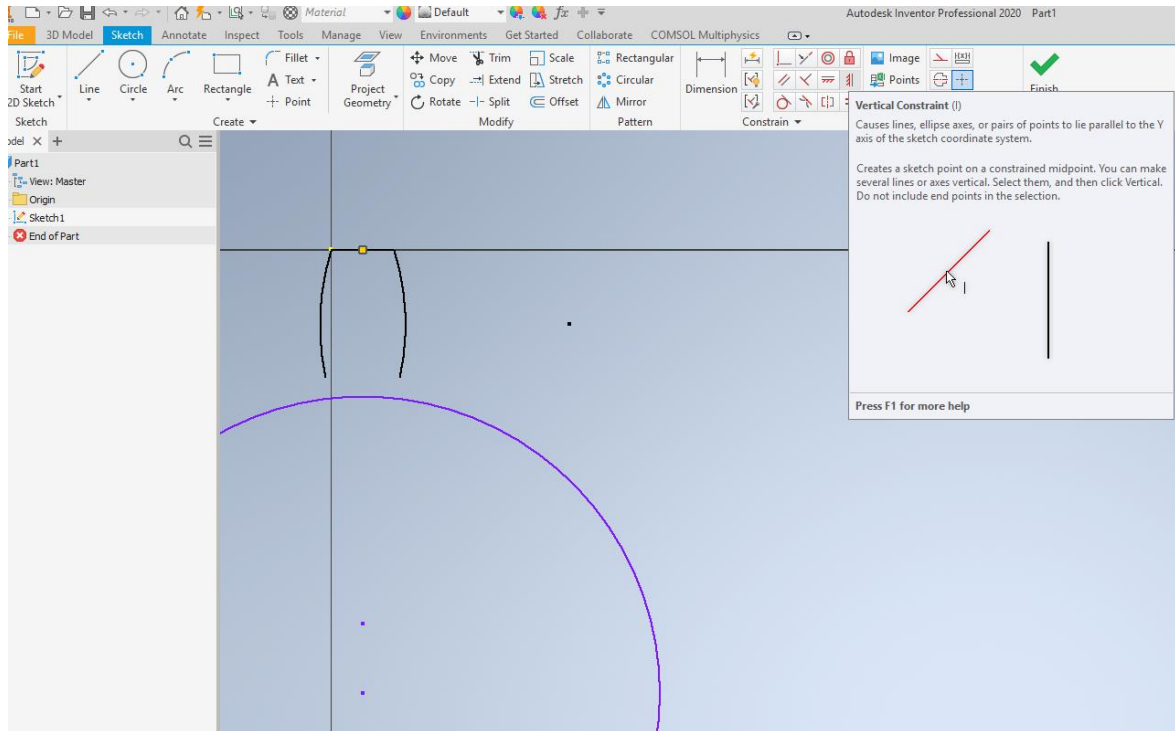


Rysunek 6 Wybór płaszczyzny

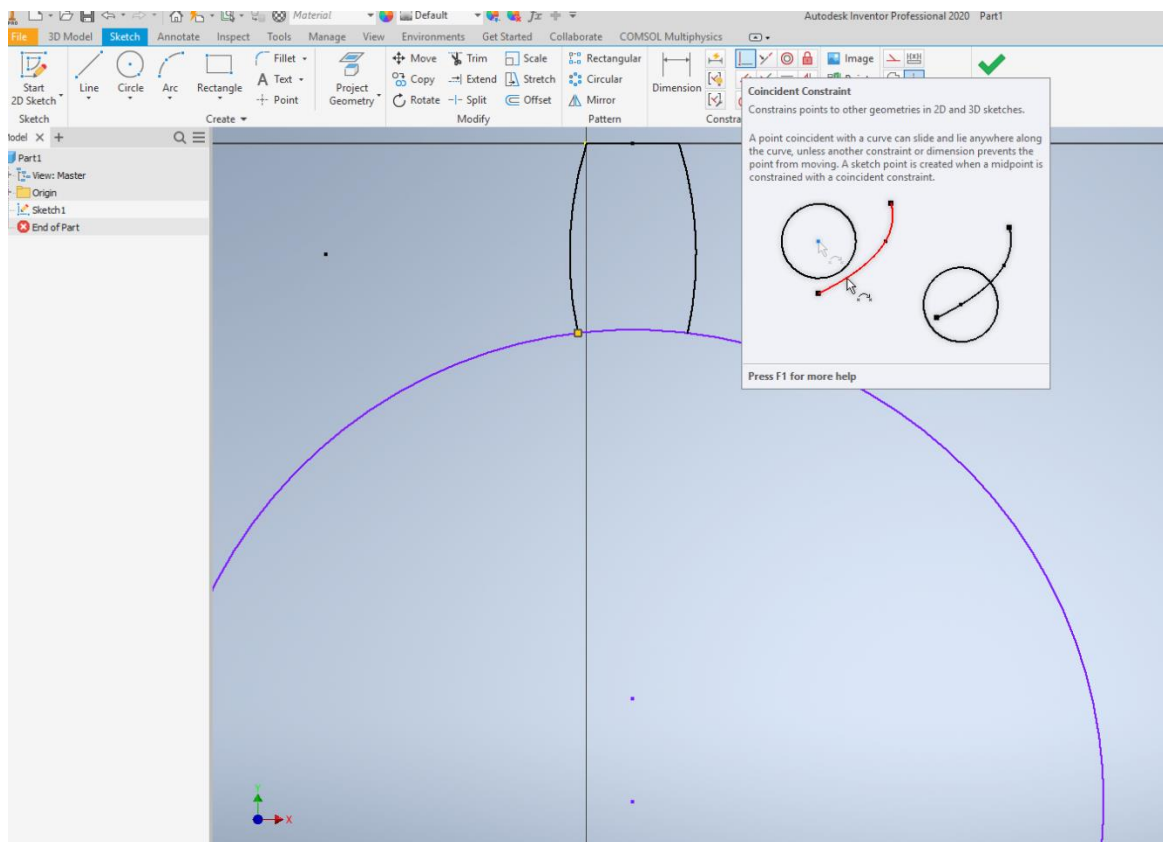
By mieć pewność, że zarysy zębów dla współpracujących kół będą identyczne, projektowanie drugiego koła zębatego można rozpocząć od skopiowania linii szkicu (zarys zęba) z modelu zadanego (Rys. 2), a następnie wkleić go na płaszczyznę szkicu w nowo utworzonym pliku. Linie zarysu zęba należy zablokować (symbol kłódki) – Rys. 7. Następnie narysować średnicę stóp, ze środkiem na tej samej prostej, co środek zarysu zęba i nadać wiązanie współliniowości – *Vertical Constraint* (Rys. 8). Z kolei wiązanie *Coincident Constraint* umożliwi połączenie szkicu zęba i średnicy (Rys. 9).



Rysunek 7 Kopia zarysu zęba, utwierdzenie



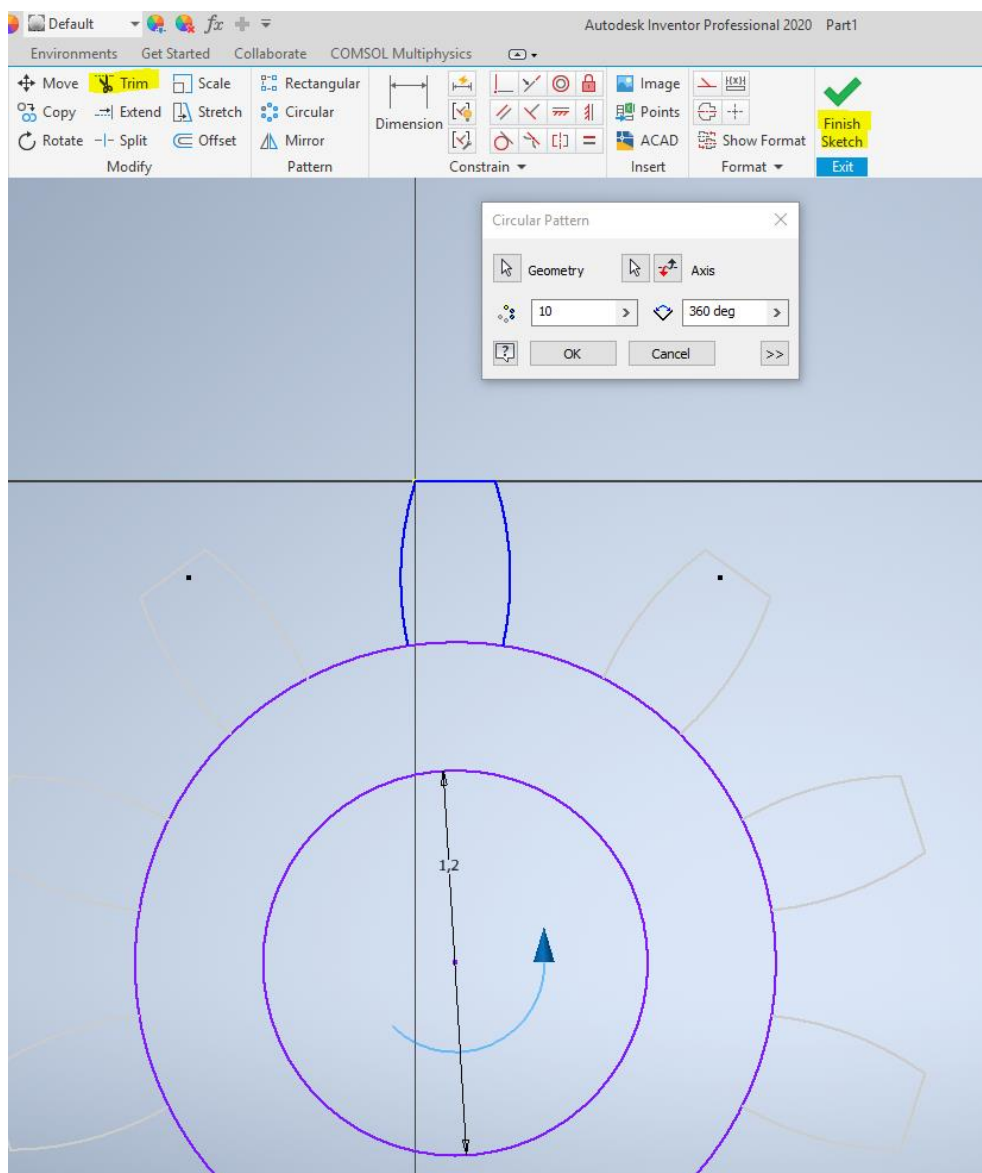
Rysunek 8 Vertical constraint - średnica stóp



Rysunek 9 Coincident constraint - łączenie szkiców

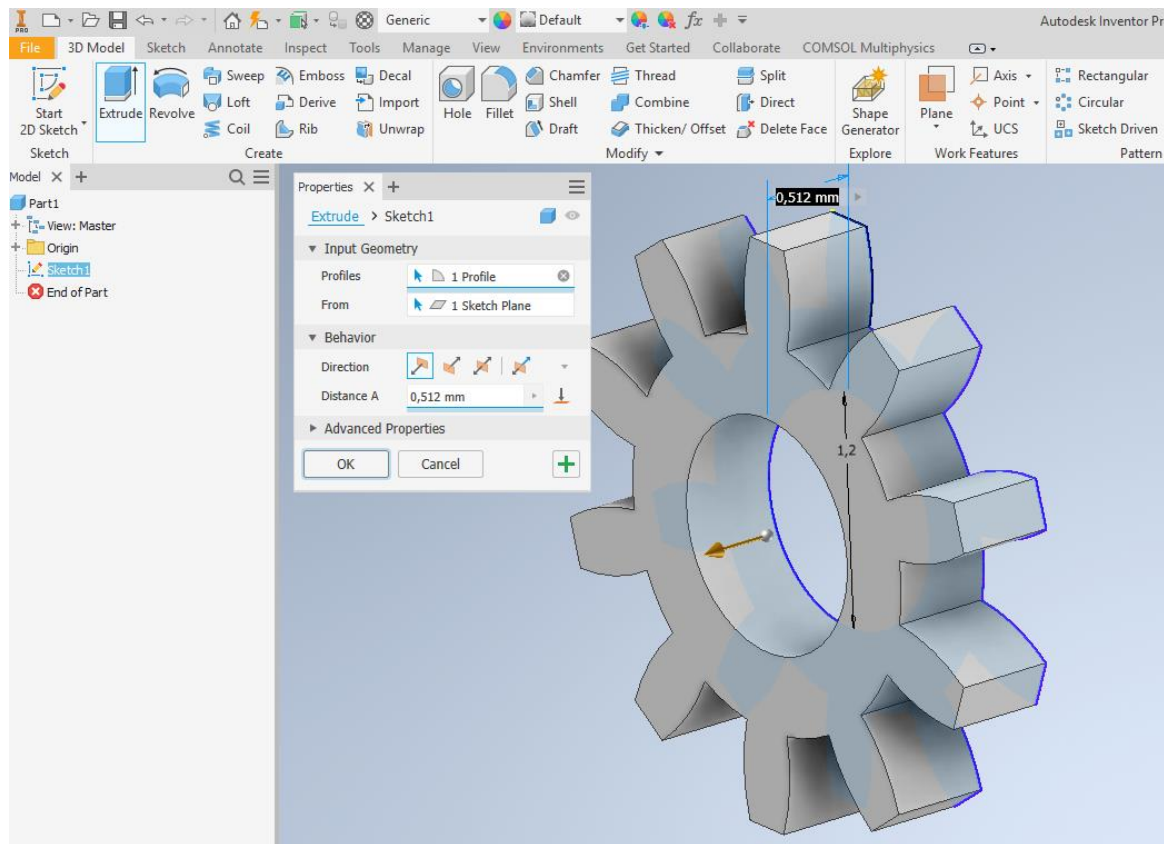


W kolejnym kroku narysować okrąg wewnątrz - średnicę nasadową dla trzpienia. Należy pamiętać, aby średnica otworu była co najmniej o 200 μm większa od średnicy trzpienia z uwagi na konieczność usunięcia materiału podporowego z gotowego zespołu. Następnie należy powielić ilość zębów na obwodzie okręgu średnicy stóp, zgodnie z obliczeniami, stosując funkcję *Circular Pattern*. Za pomocą narzędzia *Trim* usunąć linie oddzielające zęby od okręgu, by stworzyć jednolitą płaszczyznę rysunku. Zakończyć szkic stosując – *Finish Sketch* (Rys. 10).



Rysunek 10 Szyk zębów i zakończenie sekcji szkicu

Gdy szkic jest ukończony, można utworzyć z niego bryłę. Z otwartej wstążki *3D Model* wybrać wyciągnięcie proste (*Extrude*), a następnie powierzchnie do wyciągnięcia podając przy tym odległość zgodną z docelowym parametrem - grubość koła (Rys. 11).



Rysunek 11 Tworzenie bryły

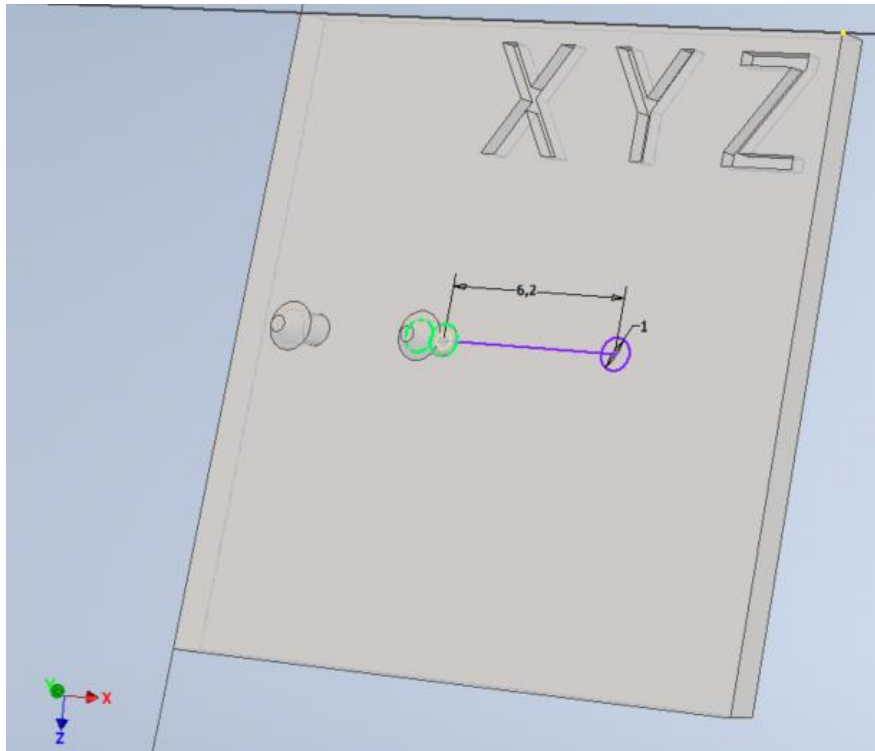
3.2. Podstawka

Do zaprojektowania pozostaje podstawka wraz z trzpieniami do zębatek. Gotowy plik *podstawka* posiada już 2 trzpienie, należy uwzględnić ich rozstaw projektując koło nr 2, a następnie dostawić w odpowiedniej odległości trzpień dla koła nr 3. Odległość trzpieni jest sumą dwóch wartości promieni podziałowych współpracujących kół oraz dystansu wymaganego dla technologii druku (Tabela 2). Bliźniaczy trzpień nr 3 zbudować na płaszczyźnie podstawki opisaną wcześniej metodą szkicu i wyciągnięcia (Rys 12). Dodatkowo **wybranie XYZ utworzyć lub zmodyfikować następująco:**

X – ostatnia litera kodu grupy, np. M01-03a; X = A,

Y – litera - oznaczenie grupy ćwiczeniowej,

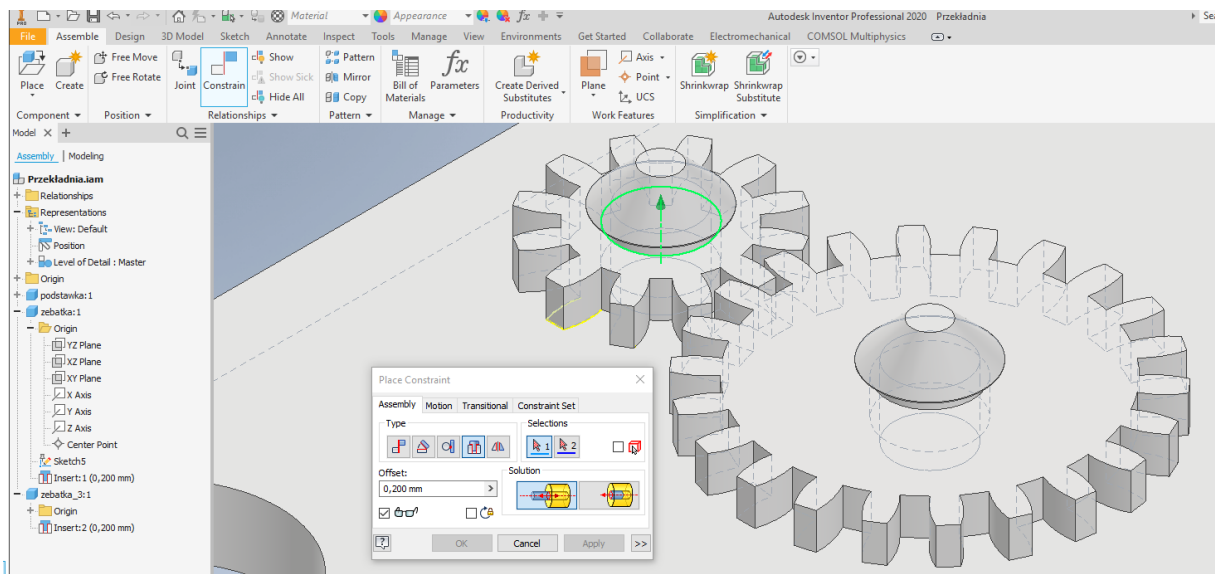
Z – ilość zębów koła nr 3 (z3).



Rysunek 12 Dostawianie 3go trzpienia

4. Złożenie projektu

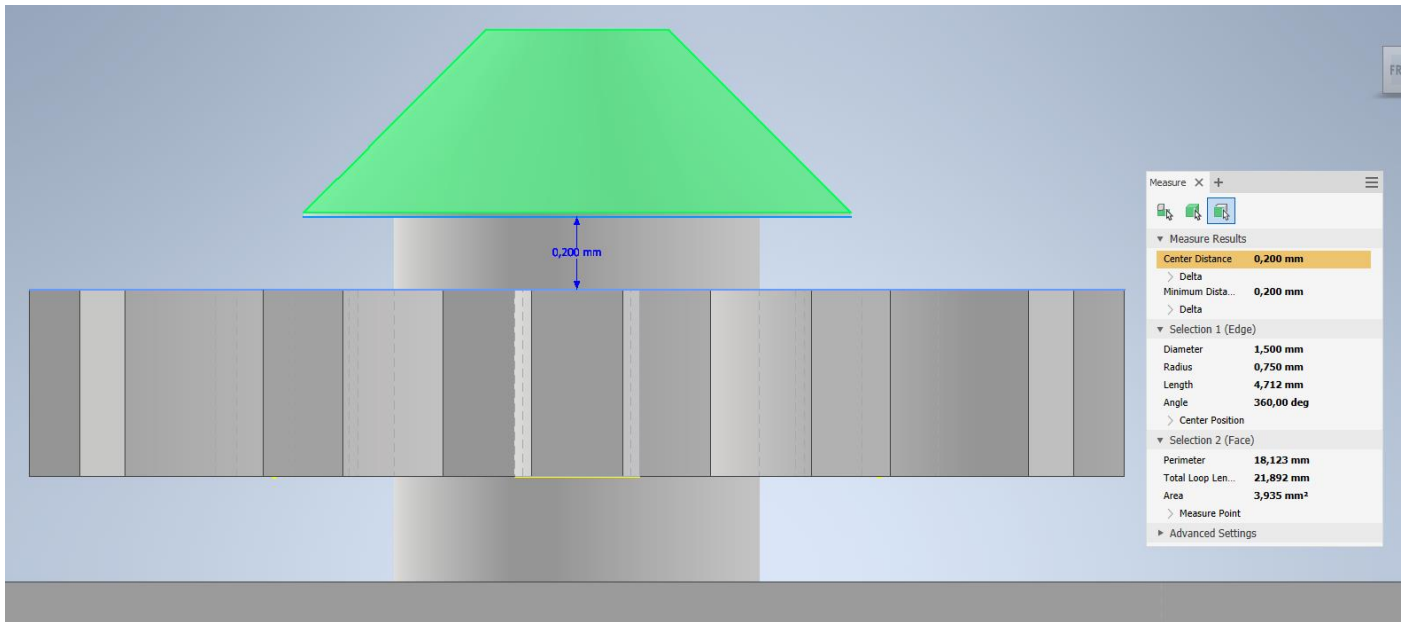
Z menu programu wybieramy *New/Standard.iam*. Ze wstążki *Assemble* wybieramy *Place*, a następnie wybieramy plik z gotową podstawką pod zębatki. Wybrany element upuszczamy na polu roboczym. Następnie znów wybieramy opcję *Place*, by umieścić w polu roboczym również zębatki. Aby połączyć współosiowo elementy wybieramy z palety *Assemble* -> *Constrain*, a następnie *Insert/Oppose* z *offsetem* 200 μ m (Rys. 13).



Rysunek 13 Zestawienie elementów

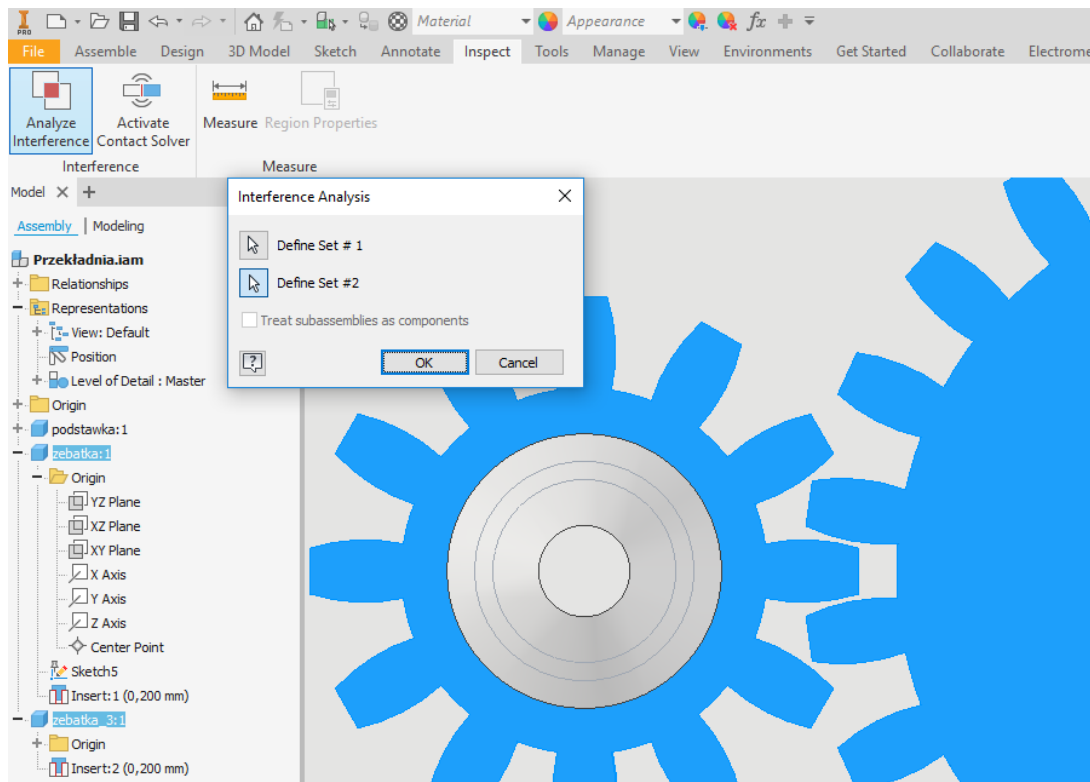


Należy ustawić odsunięcie na co najmniej $200\ \mu\text{m}$ z uwagi na konieczność późniejszego uwolnienia elementu. Brak odsunięcia będzie skutkował brakiem możliwości ruchu elementu (Rys. 14).



Rysunek 14 Zachowanie odległości elementów

Na gotowym projekcie przeprowadzić analizę kolizji. Ze wstążki *Inspect* wybrać *Analyze Interference*, a następnie zaznaczyć docelowe elementy (Rys. 15).

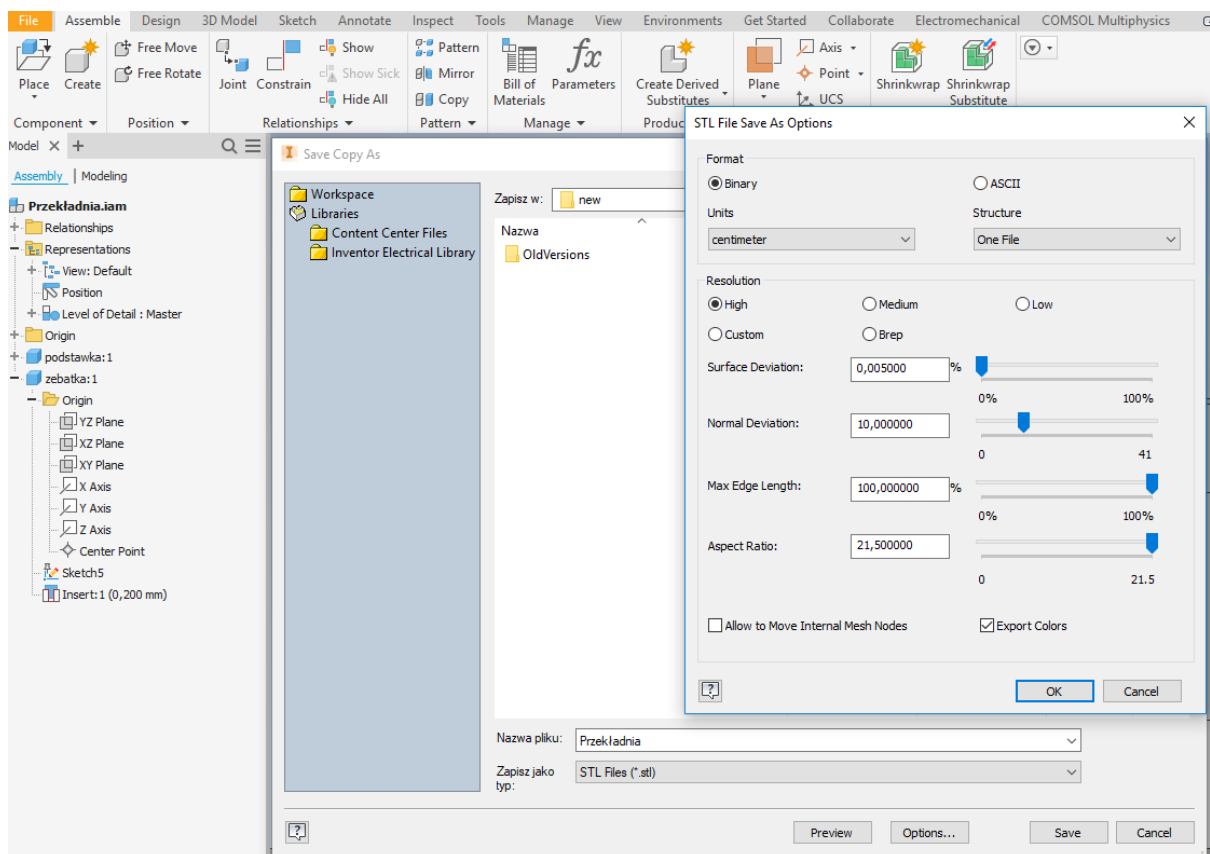


Rysunek 15 Inspekcja kolizji



5. Konwersja do formatu *.STL

Formatem pliku rozpoznawanym przez drukarki 3D jest format *.STL, zawiera on informacje o geometrii danego elementu. Zapis w programie odbywa się przez *File/Save as/Save Copy As*, następnie w oknie dialogowym należy wybrać format pliku jako *.stl oraz w opcjach zaznaczyć wysoką rozdzielczość. **Gotowe pliki zębatek (*.ipt), podstawki (*.ipt), złożeniowe (*.iam), oraz wygenerowaną geometrię (*.stl) należy wysłać prowadzącemu ćwiczenie do 3 dni od wykonania ćwiczenia.**



Rysunek 16 Konwersja *.stl

MATERIAŁY UZUPEŁNIAJĄCE

- [1] [Nota katalogowa ProJet 3500-3510 ze strony producenta 3DSystems](#)
- [2] [J. Czarnigowski, Podst. Konstrukcji Maszyn, Przekładnie zębate cz.1, Politechnika Lubelska](#)