

Ćwiczenie nr 4 Ocena jakości powierzchni

Jakość elementów krawędziowych

W modelowaniu powierzchniowym występują krawędzie lub krzywe, które definiują brzeg powierzchni lub zmiany kształtu powierzchni (wypukłość). Ich jakość wpływa na końcowy efekt uzyskanej powierzchni. Rozróżnia się 4 klasy krzywych

- Krzywa klasy G0 (ciągłość geometryczna) – poszczególne elementy krzywej są ciągłe tzn. brak jest przerw lub nieciągłości a poszczególne fragmenty są ze sobą połączone.
- Krzywa klasy G1 (styczność) – jest to krzywa klasy G0 dodatkowo z warunkiem styczności w punkcie połączenia. Przykładem takiej krzywej jest połączenie odcinka linii z łukiem stycznym do tej linii.
- Krzywa klasy G2 (ciągłość krzywizny) – jest to krzywa klasy G1 dodatkowo z warunkiem ciągłości promienia krzywizny. Promień krzywizny w danym punkcie krzywej jest rozumiany jako promień łuku przybliżającego daną krzywą w tym punkcie. Przy krzywej klasy G2 promień krzywizny zmienia się wzdłuż krzywej –nie może być to połączenie linii i łuku stycznego gdzie następuje zmiana promienia krzywej z nieskończoności do R (promień łuku)
- Krzywa klasy G3 (ciągłość gradientu krzywizny) – jest to krzywa klasy G2 dodatkowo z zapewnieniem ciągłości szybkości zmian promienia krzywej.

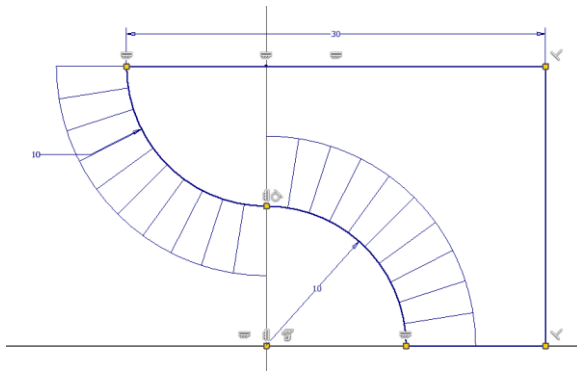
W projektowaniu większości urządzeń wystarczające jest zastosowanie krzywych klasy G2. Krzywe G3 stosuje się głównie w projektowaniu karoserii samochodowych i innych elementów o dużych gabarytach i najwyższych wymaganiach estetycznych. Dla elementów konstrukcyjnych (niewidocznych dla użytkownika) stosuje się krzywe klasy G1 lub nawet G0.

Narzędzia do oceny jakości krzywej

Do oceny jakości krzywej (łuków, splajnów) należy zastosować narzędzie **Wyświetl krzywiznę** (dostępne po kliknięciu na krzywą). Narzędzie to jest dostępne w menu kontekstowym.

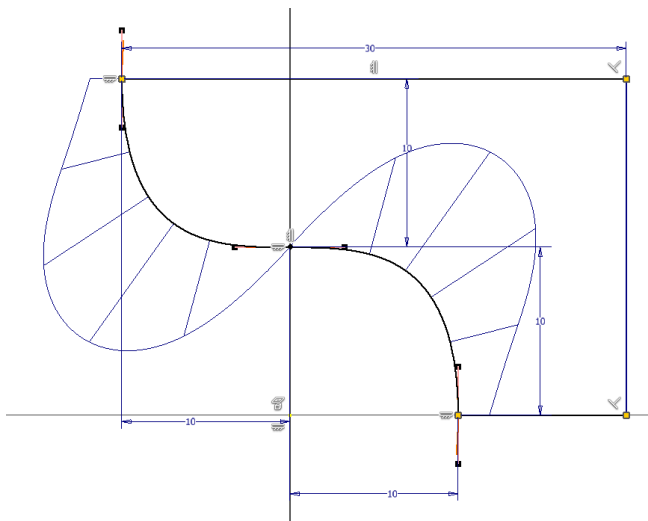
Do wytworzenia krzywej o odpowiedniej klasie w programie stosowane mogą być różne narzędzia:

- Krzywą klasy G0 (łuki i linie) uzyskamy stosując wiązanie połączenia (wiązanie geometryczne)
- Krzywą klasy G1 (łuki i linie) uzyskamy stosując w miejscu połączenia warunek styczności (wiązanie geometryczne).

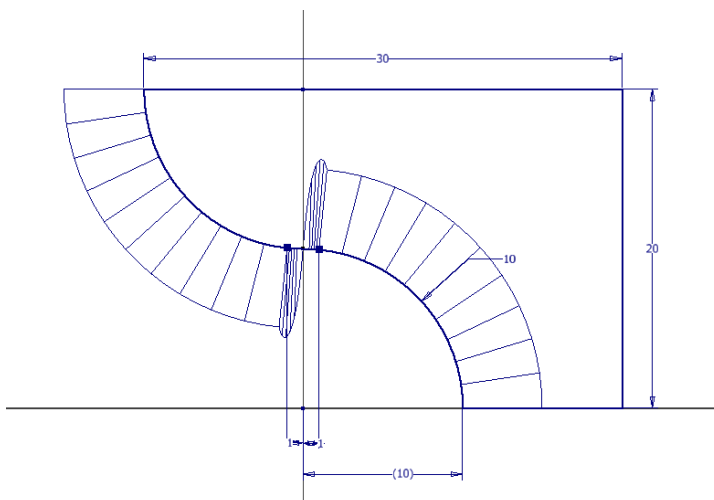


Rys. 1. Profil z zastosowaniem dwóch łuków stycznych (krzywa klasy G1).

- Krzywą klasy G2 uzyskamy stosując krzywe wyższego rzędu niż łuk (splajn, krzywą pomostu lub krzywą zdefiniowaną parametrycznie). Można zastosować krzywą pomostu do łączenia dwóch linii lub łuków.



Rys. 2. Krzywa typu G2 – wykonana splajnem przez wierzchołki umieszczone w tych samych punktach co łuki z rys. 1



Rys. 3. Krzywa typu G2 – wykonana fragmentami łuków z częścią styku zastąpioną krzywą pomostu

- Krzywe klasy G3 nie uzyskamy bezpośrednio w Inventorze

Jakość elementów powierzchniowych

Istnieją podobne klasy elementów powierzchniowych jak elementów krawędziowych (G0-G3) Klasa elementu zależy od wyglądu elementu w miejscu styku elementów składowych:

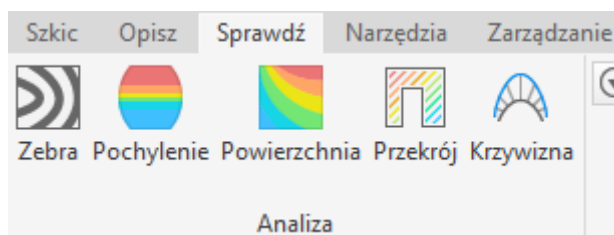
- ciągłość geometryczna (G0): dwie powierzchnie mają wspólną krawędź i w miejscu styku powierzchni nie występują przerwy;
- styczność (G1): dwie powierzchnie ciągłe według kryterium G0 są wzajemnie styczne we wszystkich punktach wspólnej krawędzi; - spotykają się pod tym samym kątem we wszystkich punktach wspólnych.
- ciągłość krzywizny (G2): dwie powierzchnie klasy G1 są połączone w każdym punkcie z tym samym promieniem krzywizny ;
- ciągłość gradientu zmian krzywizny (G3): dwie powierzchnie ciągłe według kryterium G2 mają w obszarach przyległych do krawędzi wspólnej podobny charakter (gradient) zmian krzywizny - co oznacza, że powierzchnie mają wspólną krawędź, że spotykają się pod tym samym kątem, mają ten sam promień krzywizny i że zmiana krzywizny wzdłuż krawędzi zachodzi ze stałą wartością (pochodna krzywizny jest stała) .

Do oceny jakości powierzchni mogą być stosowane różne narzędzia dostępne w programie (rys. 4):

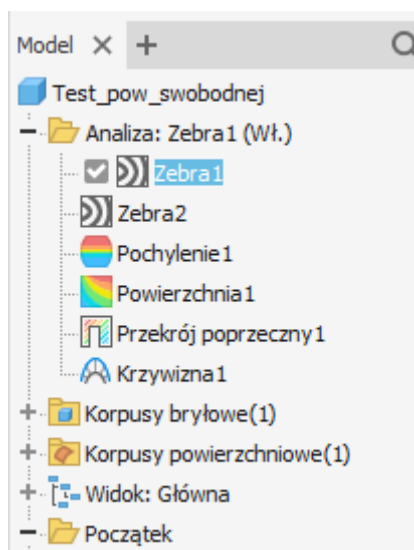
- Zebra - analiza gładkości, służy do sprawdzania ciągłości powierzchni poprzez rzutowanie linii równoległych na model. Wyniki pokazują, jak światło odbija się od powierzchni wskazując obszary o zakłóceniach w „gładkich” przejściach. Przesunięcia pasów względem siebie na krawędzi styku wskazują na wystąpienie ostrego połączenia (G0), W przypadku połączenia klasy G1 pasy pokrywają się ale widać na nich załamanie. Przy klasie G2 zmiana kierunku wyświetlania pasów analizy jest gładka bez załamań
- Pochylenie - pozwala ocenić kąt pochylenia wybranych powierzchni modelu względem powierzchni odniesienia (np. w celu sprawdzenia czy model zawiera odpowiednie pochylenie pomiędzy częścią a formą i czy może podlegać odlewaniu). Spektrum ukazuje zmiany kąta pochylenia w określonym zakresie.
- Powierzchnia - pozwala na wyświetlenie krzywizny powierzchni przy użyciu gradientu koloru. Wyświetlany kolor jest odwzwierciedleniem krzywizny powierzchni, wykorzystującym jeden z trzech dostępnych rodzajów analizy — Gaussa, Średnia i Maksymalna krzywizna.
- Przekrój - dostarcza podstawowe (proste) lub szczegółowe (zaawansowane) informacje o co najmniej jednym przekroju wnętrza bryły. Pozwala np. sprawdzić, czy część jest zgodna z wymaganymi wartościami minimalnej i maksymalnej grubości ściany. Analiza Prosta tworzy widok części na pojedynczej płaszczyźnie przekroju. W analizie zaawansowanej tworzona jest tabela zawierającą bardziej szczegółowe informacje na temat wielu powierzchni przekroju modelu oraz odpowiedni obraz przekroju poprzecznego (rys. 6).
- Krzywizna - przedstawia rzut grzebieniowy ukazujący krzywiznę wraz z liniami rozchodzącymi się promieniowo z powierzchni. Analizowana jest krzywizna względem każdego z boków i po

wyborze w 1 lub 2 kierunkach równoległych do wybranych krawędzi. Względna długość promienia (linii grzebienia) jest równa krzywiznie krzywej w miejscu, gdzie wychodzi promień. Dłuższe wektory wskazują obszary wysokiej krzywizny (elementy bardziej zakrzywione), a krótsze niskiej (elementy bardziej płaskie).

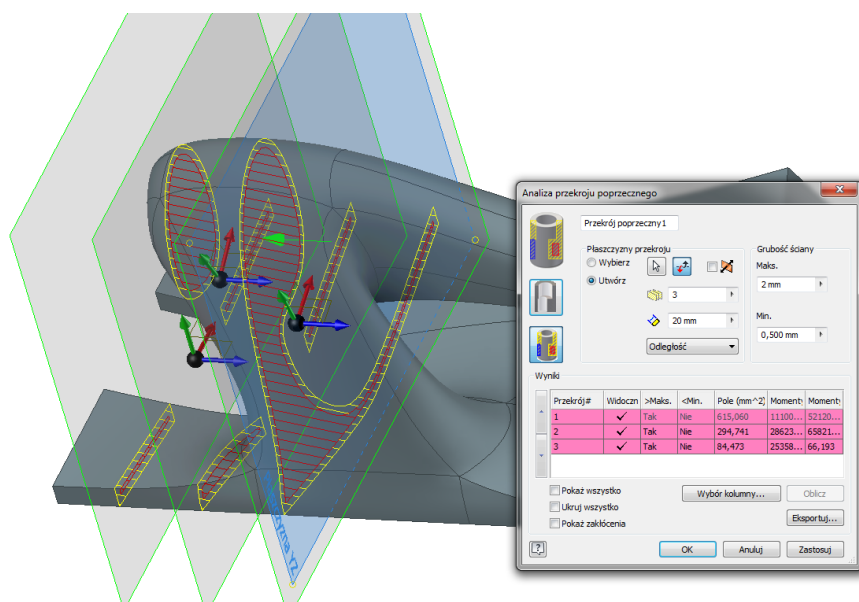
Włączanie/wyłączanie analizy odbywa się przez kartę Widok/sekcja Widoczność. Istnieje możliwość użycia wielu analiz. Przełączanie pomiędzy poszczególnymi widokami realizuje się w przeglądarce modelu w sekcji analiza (rys. 5)



Rys. 4. Narzędzia analizy powierzchni dostępne w programie Inventor (Karta Sprawdz, sekcja Analiza)



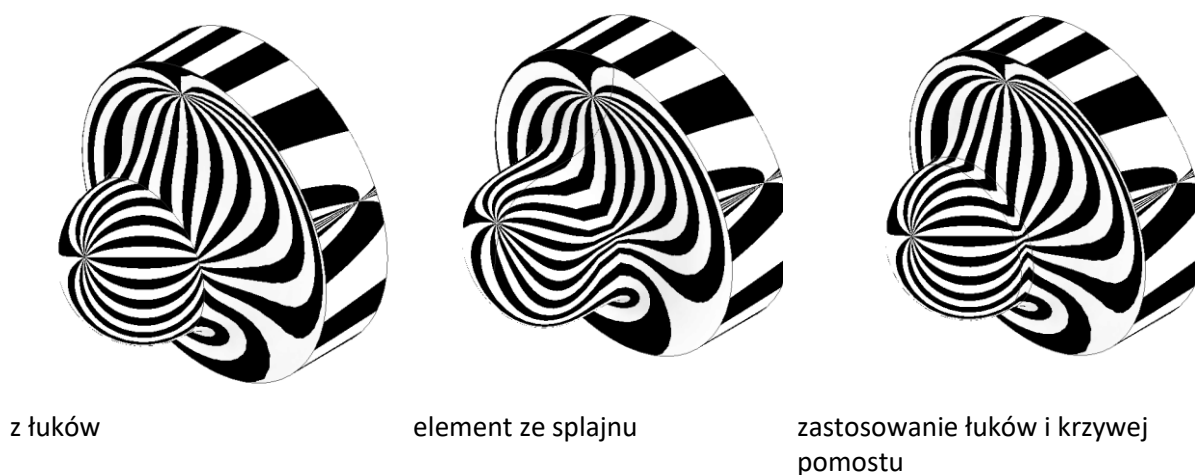
Rys. 5. Zrealizowane analizy powierzchni i połączeń w przeglądarce modelu



Rys. 6 Analiza złożona przekroju poprzecznego (Przekrój)

Na wygląd projektowanej powierzchni główny wpływ ma rodzaj (klasa) elementów służących do ich utworzenia. Na rys. 7 pokazano wyniki analizy Zebra dla elementu utworzonego przy pomocy obrotu łuków, splajnu czy łuków modyfikowanych krzywą pomostu (pokazane na rys. 1-3). Zastosowanie elementów wyższej klasy pozwala na uzyskanie powierzchni o lepszych parametrach.

Zastosowanie analiz jakości powierzchni oraz krzywych służących do ich tworzenia jest koniecznym etapem procesu projektowania elementów o wysokich wymaganiach jakości powierzchni.



Rys. 7. Porównanie jakości elementu na przykładzie analizy zebra dla elementu uzyskanego z różnych wariantów krzywych (rys.1-3)

Ćwiczenie nr 4 Analiza powierzchni - Zadania do wykonania

Zadanie 1 – analiza jakości krzywych.

Wykonać trzy szkice (w trzech osobnych plikach) w oparciu o punkty A, B, C, D i E. Poszczególne punkty mają współrzędne: A(-10,20), B(20,20), C(20,0), D(10,0), E(0,10).

We wszystkich przypadkach połączyć liniami punkty A i B, B i C oraz C i D.

Dla poszczególnych wariantów poprowadzić

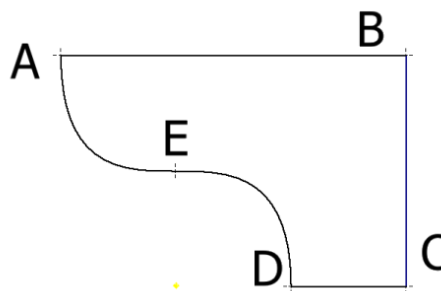
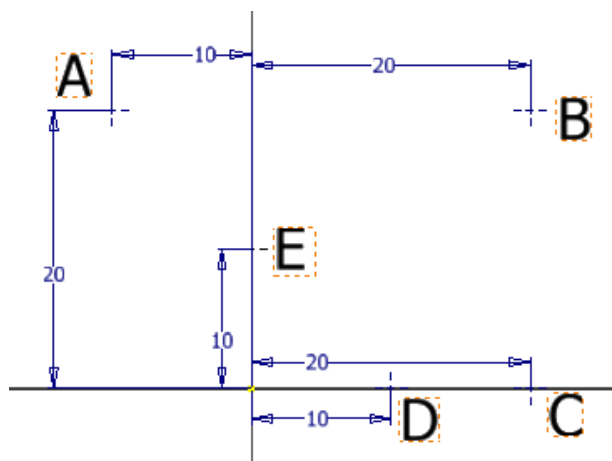
1) pomiędzy A i E łuk o promieniu 10 (lewa dolna ćwiartka okręgu)

i pomiędzy E i D łuk o promieniu 10 (prawa górna ćwiartka okręgu)

2) splajn przez wierzchołki A, E i D z kierunkiem stycznej w punkcie A pionowo i w punkcie D poziomo. Dodatkowo założyć warunek stycznej w punkcie E poziomo.

3) Wykonać łuki jak w wariantcie 1, obciąć fragmenty łuków przy punkcie E (na odległość 1 względem osi X w obu kierunkach). W utworzonej przerwie wstawić krzywą pomostu

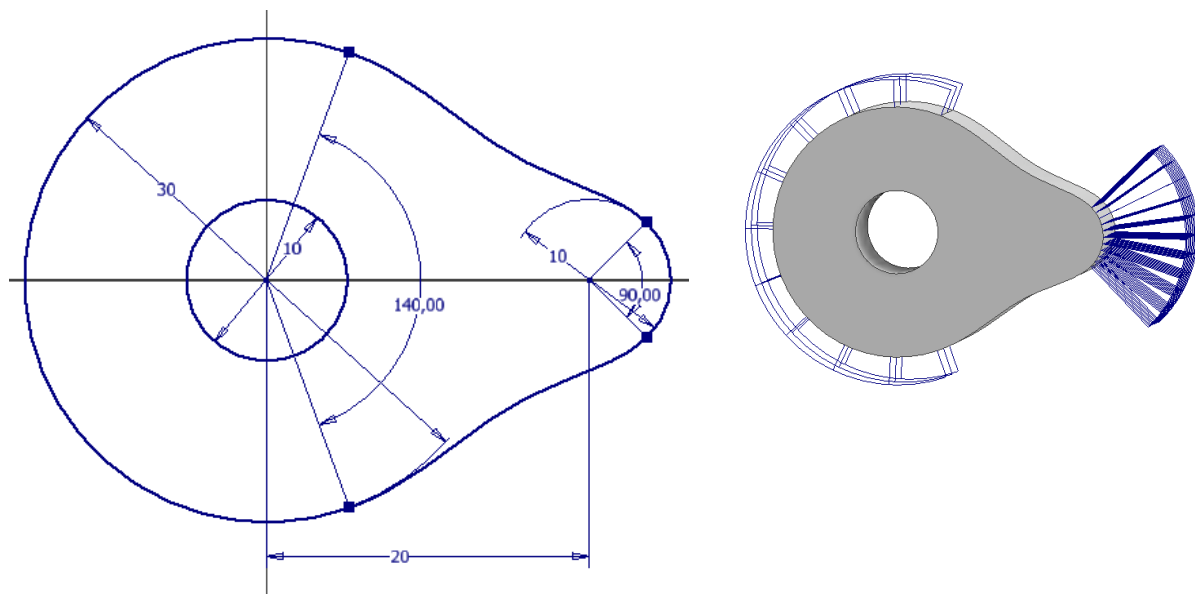
Dla wszystkich 3 szkiców wyświetlić krzywiznę elementów krzywoliniowych. Porównać wykonane elementy



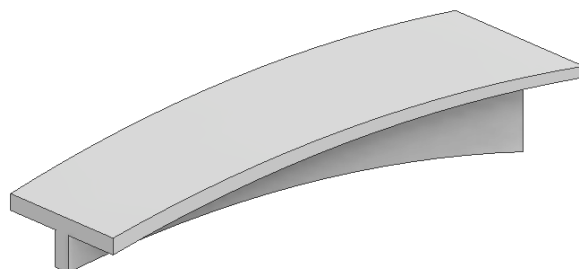
Zadanie 2 – Analiza Zebra. Ze szkiców z zadania 1 wykonać 3 elementy obrotowe wykorzystując bok AB jako oś obrotu. Przeprowadzić analizę Zebra dla każdego z elementów.

Zadanie 3 – Analiza krzywizny powierzchni.

Wykonać krzywkę wg szkicu (grubość 10). Bazą są dwa łuki R5 i R15, których środki są odsunięte o 20mm. Manipulując kątami rozwarcia łuków połączyć je różnymi metodami (linia, łuk, splajn, krzywa pomostu) i przeprowadzić analizę krzywizny. Ocenic która metoda da najlepszą (bez gwałtownych zmian krzywizny) pracę mechanizmu – na rys. po prawej krzywizna pokazana bez powierzchni łączących



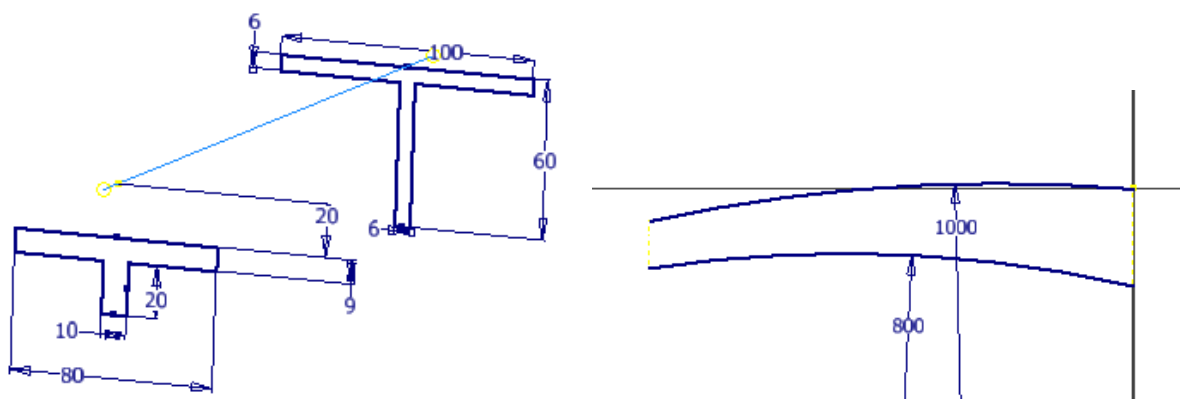
Zadanie 4 – Analiza przekroju



Wykonać element – poleceniem Wyciągnięcie złożone.

W tym celu narysować dwa szkice przekrojów (na płaszczyznach odsuniętych od siebie o 300 mm tj. XY i XY+300) oraz szkic w płaszczyźnie YZ zawierający 2 tory.

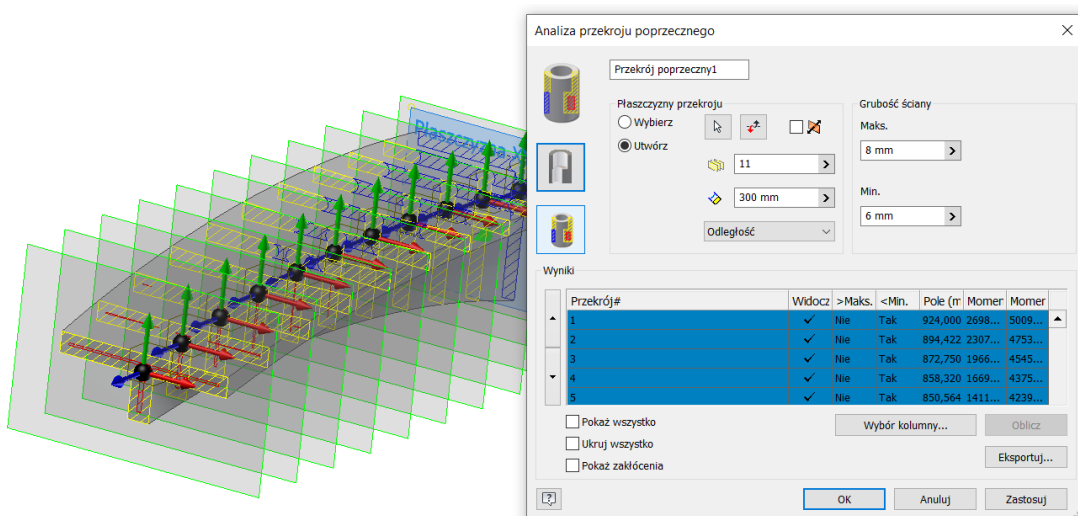
Tory są łukami, które mają odpowiednio początek i koniec w obu punktach środkowych górnej i dolnej krawędzi przekrojów (R1000 i R800) odpowiednio.



1) Wykonać Przekrój prosty względem płaszczyzny Równoległej do Xy (odsunięcie np. o 45).
Zmienić położenie płaszczyzny i zaobserwować zmiany wyglądu przekroju

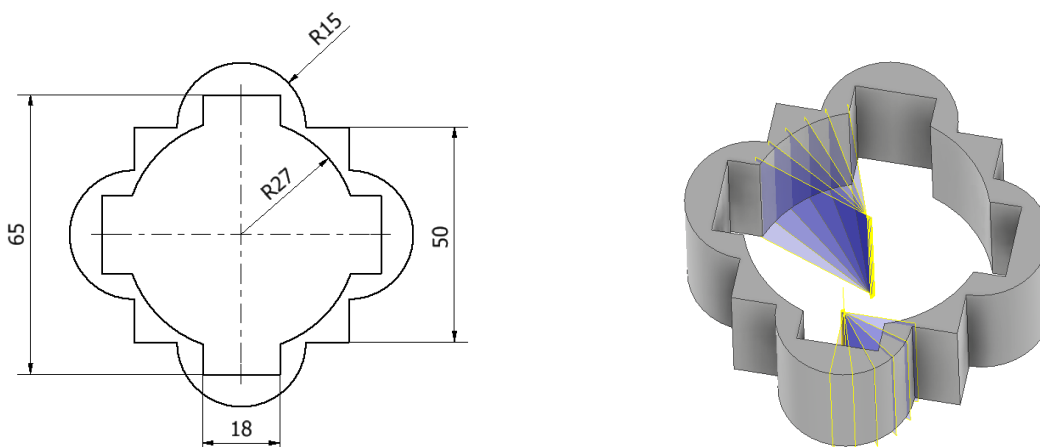


2) Przekrój szczegółowy od płaszczyzny XY - znaleźć położenie gdzie występuje minimalny przekrój elementu - Przykład analizy przy 10 przekrojach



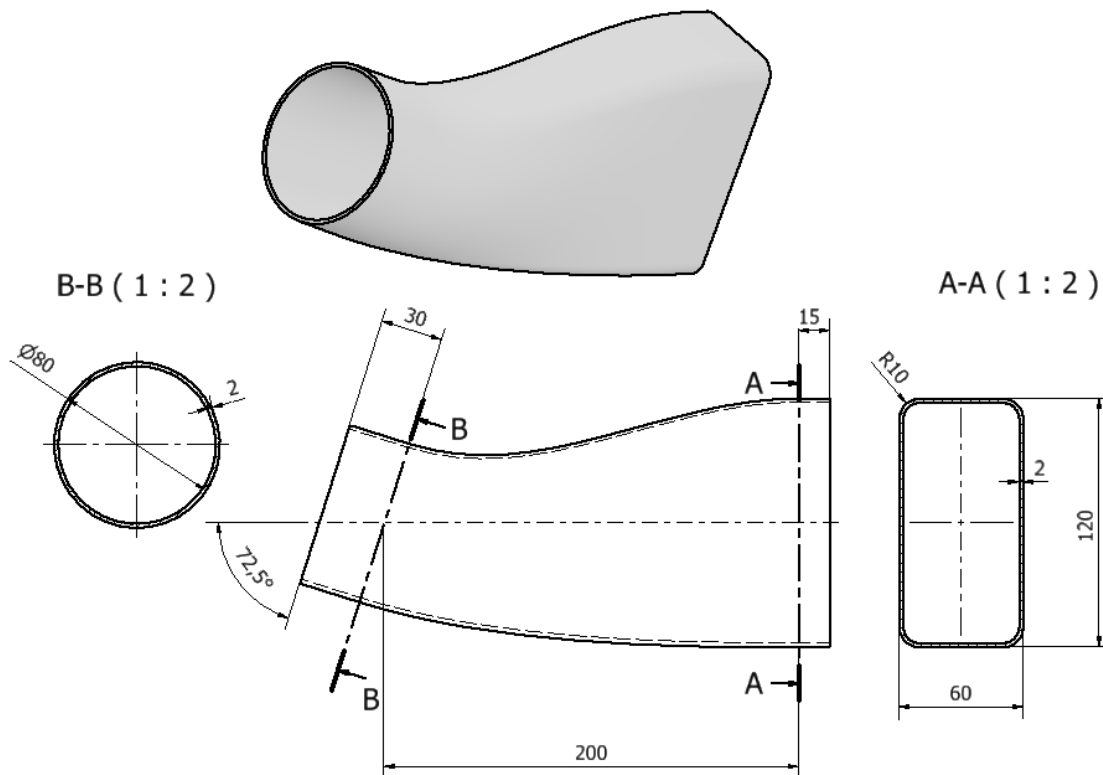
Zadanie 5 – Analiza przekroju

Wykonać element jak na rysunku – wyciągnięcie proste na wysokość 30. Przeprowadzić analizę grubości ścianek w kierunku normalnym do łuków. Wykorzystać do tego rodzinę płaszczyzn (uzyskanych przez np. szysk kołowy)

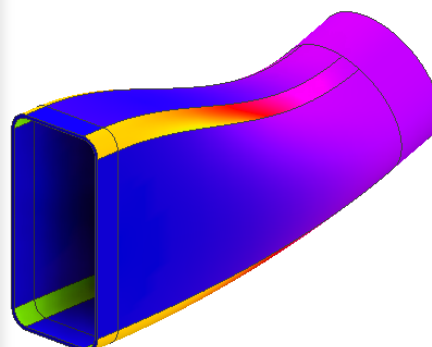
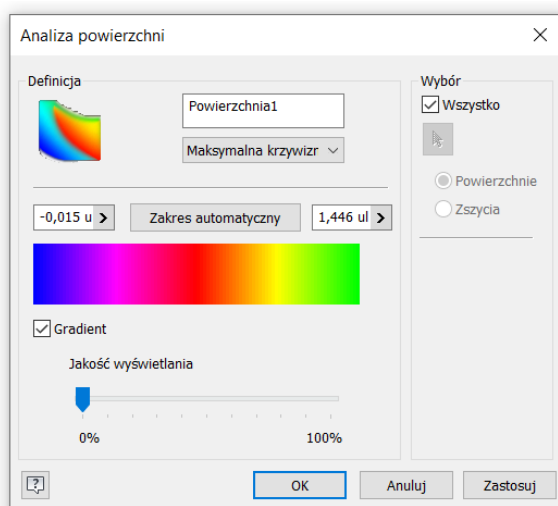


Zadanie 6 – Analiza powierzchni

Wykonać element jak na rysunku

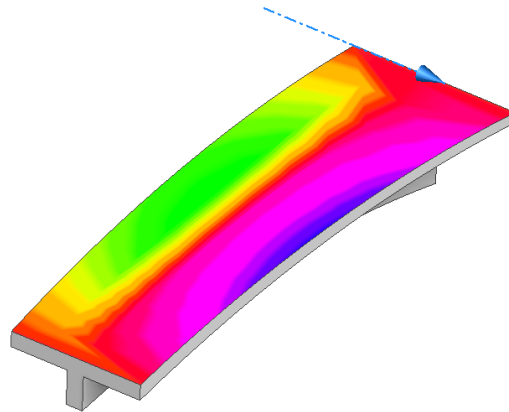
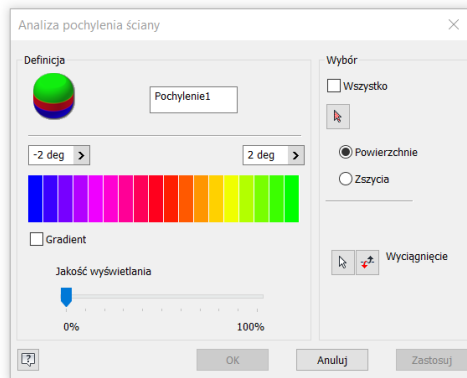


Przeprowadzić analizę powierzchni utworzonego elementu. Dobrać ustawienia analizy w celu uzyskania widoczności krzywizny w pełnym zakresie barw.

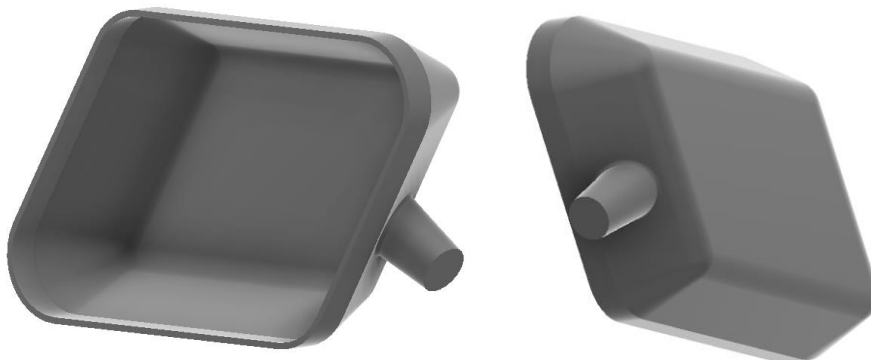


Zadanie 7 – Analiza pochylenia

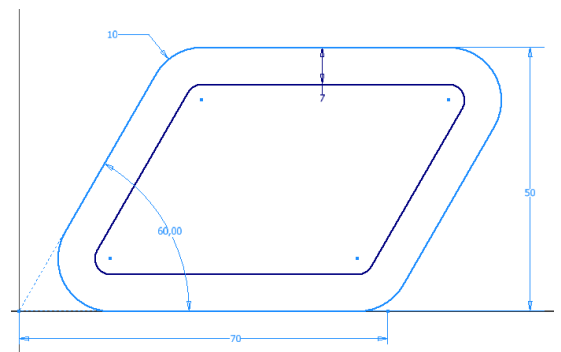
Wykorzystać element z zadania 4. Przeprowadzić analizę pochylenia górnego lica względem płaszczyzn podstawowych układu XYZ.

**Zadanie 7 – Analiza kształtu.**

Wykonać obudowę lusterka zgodnie z załączonym rysunkiem

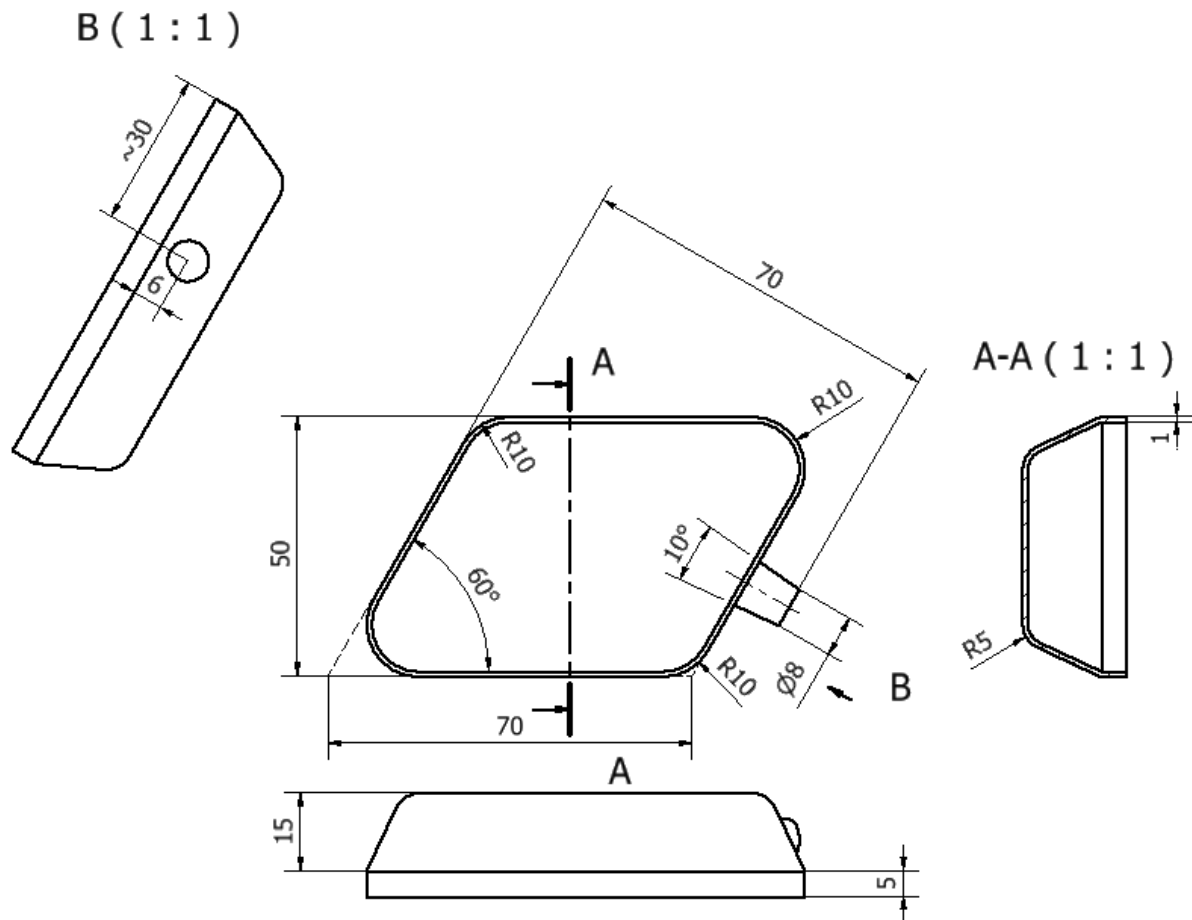


Wskazówka: Model wykonać przez wyciągnięcie złożone (powierzchniowo) dwóch profili odsuniętych od siebie o 15mm. Profil większy jest równoległobokiem o wymiarach 70mm (podstawa), kącie pomiędzy bokami 60° i wysokości 50mm z zaokrąglonymi narożnikami (R10). Profil mniejszy jest kopią (odsunięcie) większego profilu do wewnątrz o 7mm



Po wyciągnięciu złożonym zamknąć dolną część (zamknij obwiednię) a w części czołowej wykonać wyciągnięcie (powierzchnia prostokreślna) w kierunku prostopadłym do płaszczyzny szkicu. Zaokrąglić dolną część - krawędź (R5). Uzyskać element bryłowy przez pogrubienie 1mm (do środka)

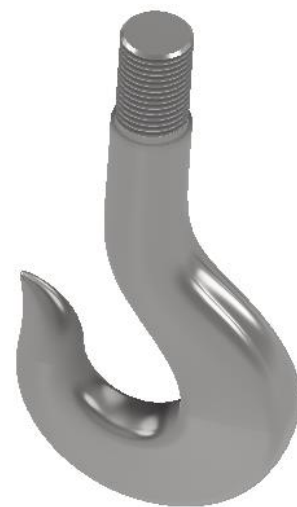
Dodać mocowanie w kształcie stożka ściętego o średnicy 8 (kąt rozwarcia 10°)



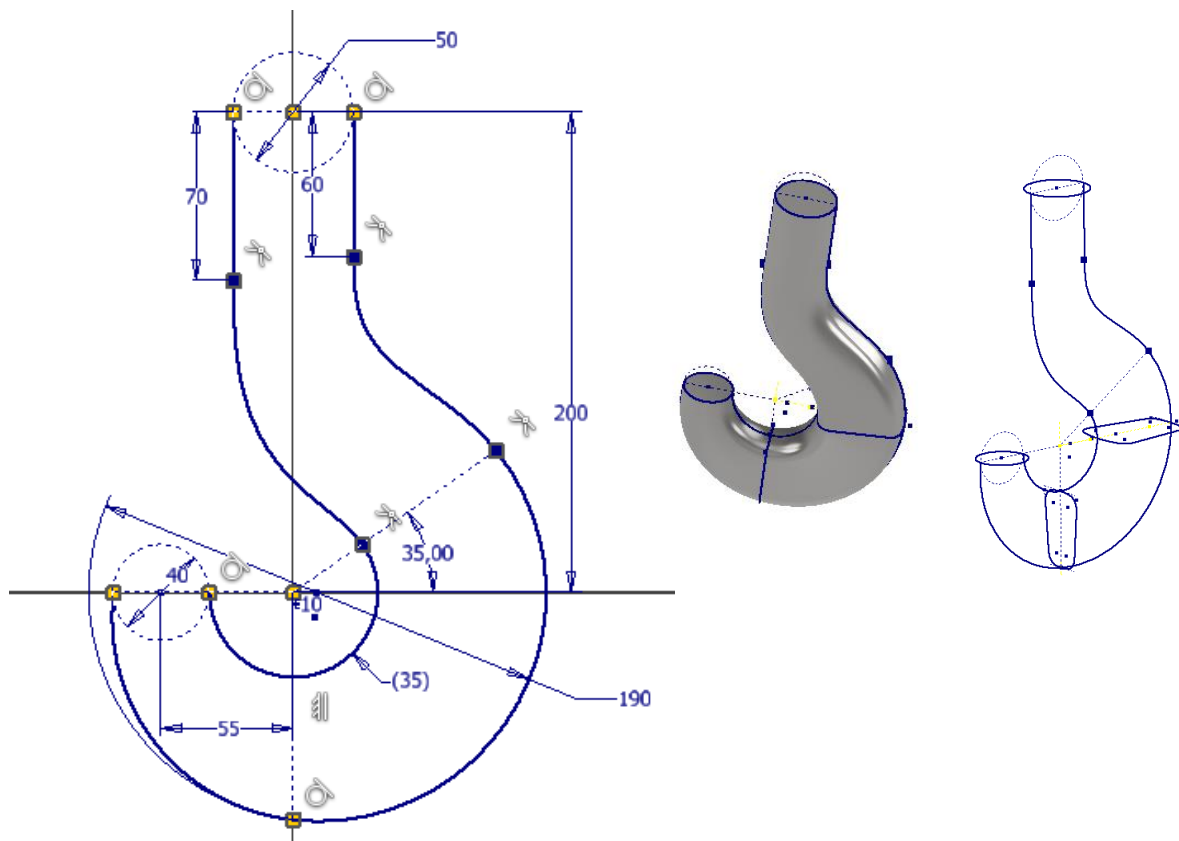
Przeprowadzić analizę kształtu i wprowadzić poprawki

Zadanie 8 – Analiza poprawności konstrukcji i korekta kształtu

Wykonać hak zgodnie z załączonymi wymiarami. Główna część haka wykonana jest przeciągnięciem złożonym z w skład którego wchodzi 4 profile oraz 2 tory.

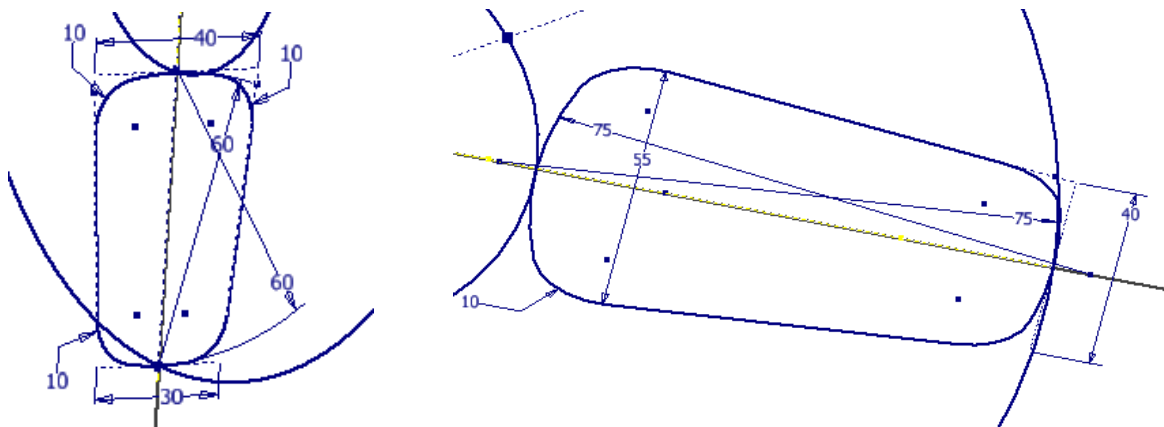


Szkic torów wyciągnięcia złożonego (zastosowano dwie krzywe pomostu) (płaszczyzna XY)



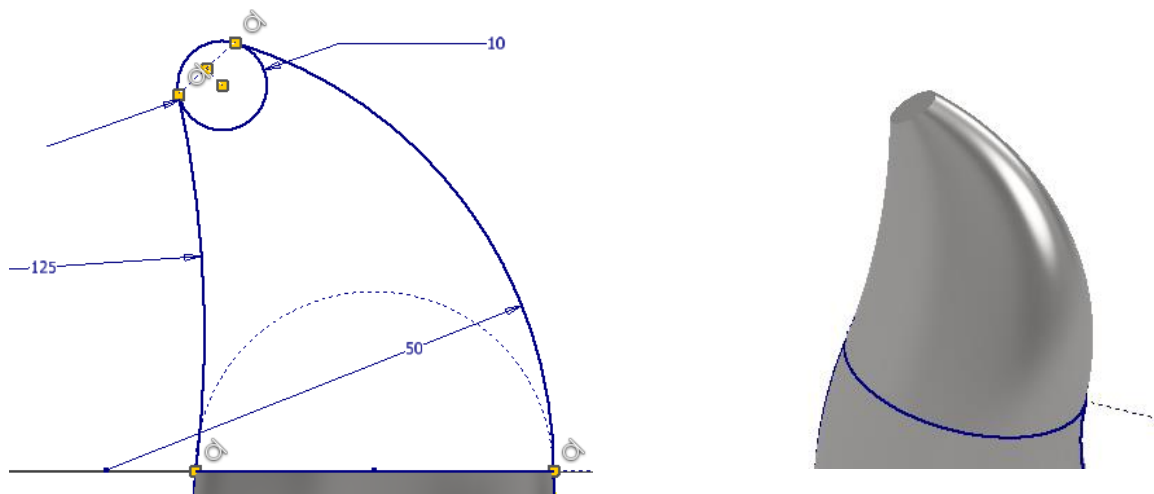
Profile 1 i 4 są okręgami o średnicy 40 i 50 mm odpowiednio. Profile 2 i 3 wykonać wg szkiców.

Profil 2 jest zbudowany na bazie trapezu o podstawach 40 i 30, który został przekształcony do profilu z łukami i liniami. Łuki mają promienie 60 i 10 odpowiednio. Profil 3 ma podobny kształt ale jego bazą jest trapez o podstawach 55 i 40 a łuki mają promienie 75 i 10 odpowiednio.

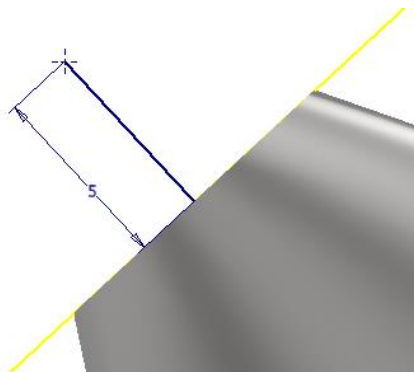


Część przednia haka jest wykonana również przeciągnięciem złożonym w oparciu o profil 1 (o średnicy 40) z poprzedniego wyciągnięcia i drugi profil (okrąg) uzyskany konstrukcyjnie. Podstawą jego konstrukcji jest szkic torów wyciągnięcia składającego się z dwóch łuków (R50 i R125) stycznych do okręgu o średnicy 10 i torów poprzedniego wyciągnięcia. Punkty

styczności tego okręgu z łukami R50 i R125 wyznaczają cięciwę, która jest średnicą drugiego profilu wyciągnięcia (konieczne jest wykonanie płaszczyzny prostopadłej do płaszczyzny tego szkicu przechodzącą przez cięciwę)



Czubek haka wykonać kolejnym wyciągnięciem złożonych z okręgu i punktu (odległego o np. 5 mm od okręgu) . W poleceniu założyć warunki styczności w celu uzyskania prawidłowego kształtu.



Mocowanie haka składa się wałka o średnicy 45mm i długości 70mm. W górnej części faza 2x2. Wałek nagwintowany na długość 60mm.

Przeprowadzić analizę kształtu i wprowadzić korekty w wyglądzie elementu