SERIA WYDAWNICZA CAx **DLA PRAKTYKÓW**

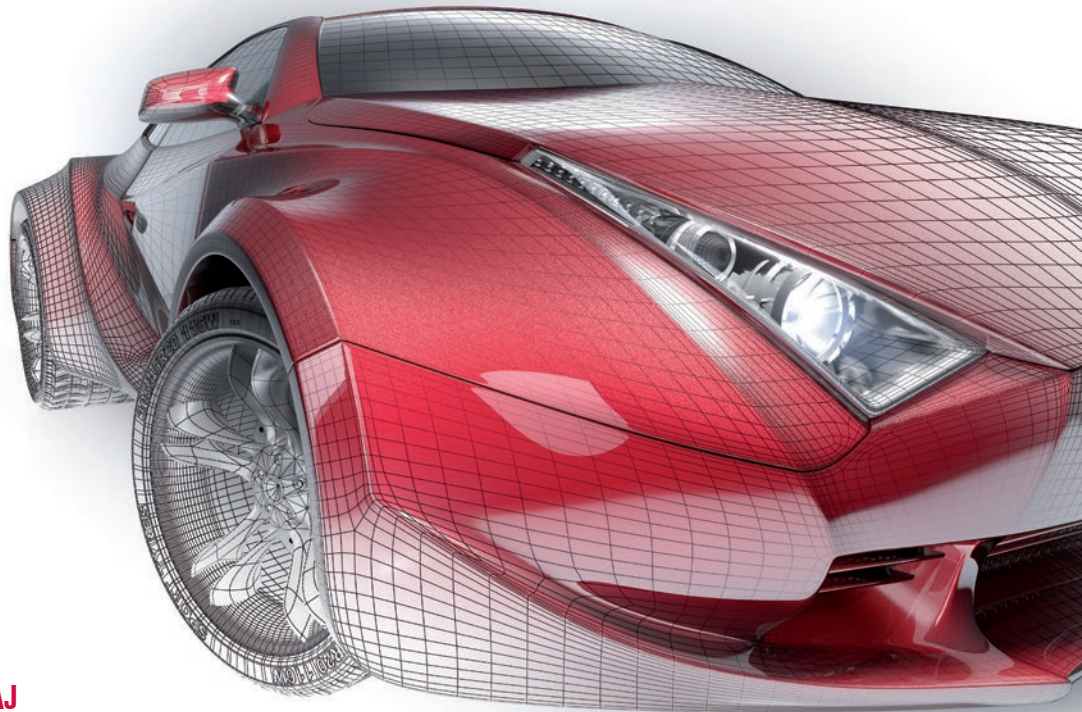
Biblioteka GM System

NX 8.5

ĆWICZENIA

NX WYZNACZA KIERUNKI ROZWOJU SYSTEMÓW CAD/CAM/CAE

Piotr Menchen, Adam Budzyński



POZNAJ
jego możliwości!

PRZEKONAJ SIĘ o łatwości obsługi!

SUKCES UŻYTKOWNIKÓW NX
gwarantują nowoczesne rozwiązania!

GM System
Integracja Systemów Inżynierskich Sp. z o.o.

NX 8.5

ĆWICZENIA

NX WYZNACZA KIERUNKI ROZWOJU SYSTEMÓW CAD/CAM/CAE

Piotr Menchen, Adam Budzyński

Biblioteka
GM System

SERIA WYDAWNICZA CAx DLA PRAKTYKÓW

Ćwiczenia opracowali:
Adam Budzyński (nr 1, 2)
Piotr Menchen (nr 3, 4, 5)

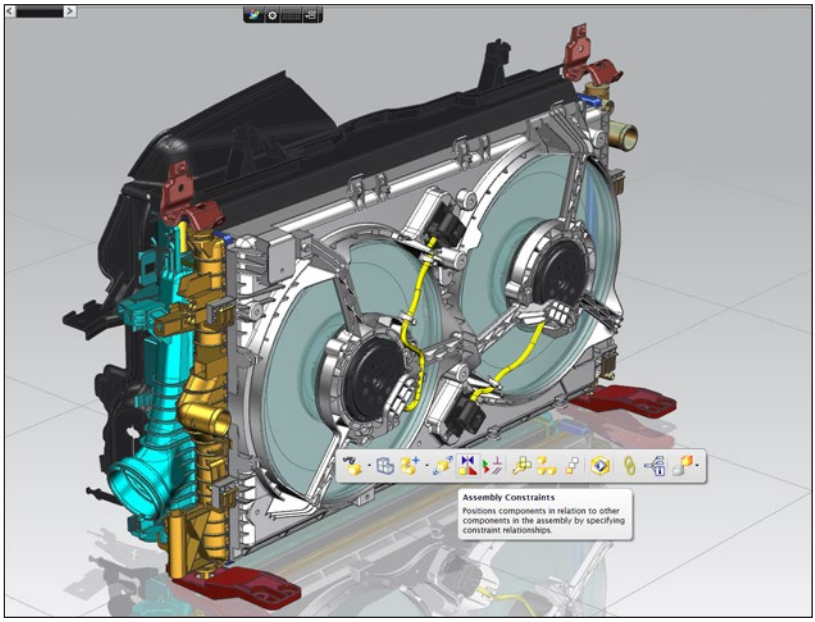
Redakcja:
Tomasz Luźniak

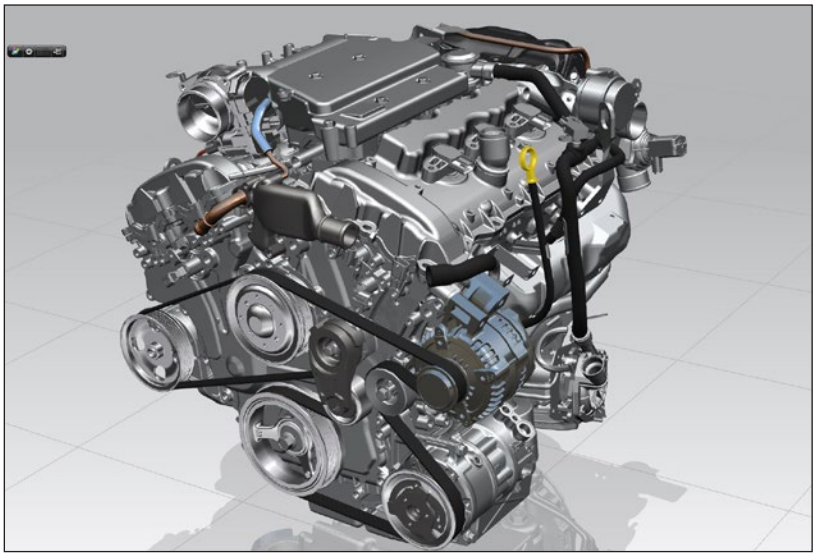
Korekta:
Justyna Kandulska
Aleksandra Sztobryn-Kwiecińska

Skład:
Szczepan Gwizdalewicz

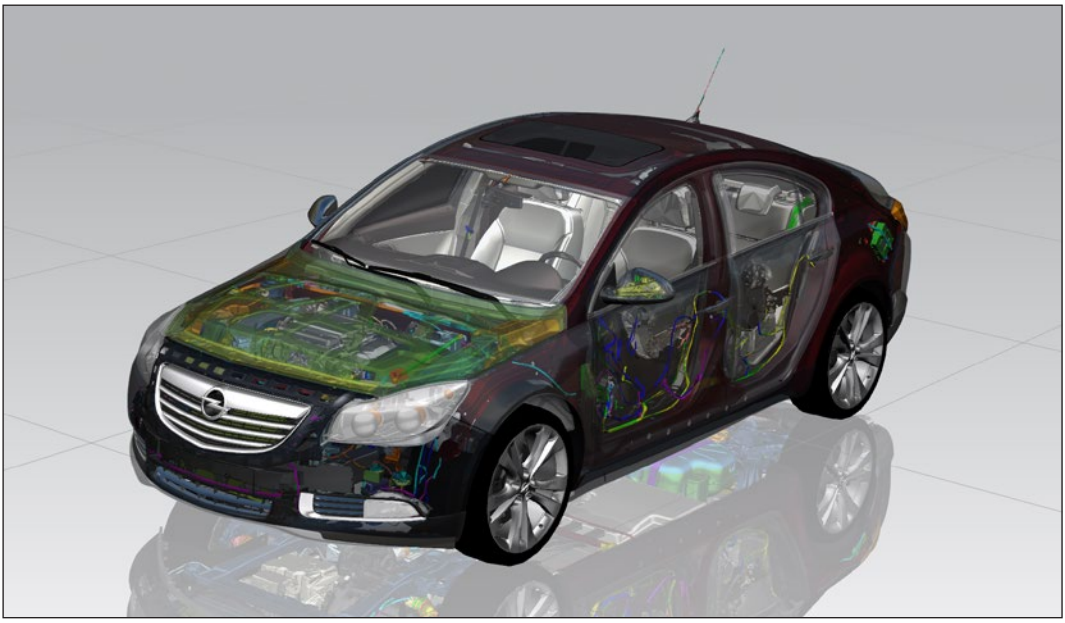
Wydanie 1
ISBN 978-83-928294-1-6

Oprogramowanie, które pomaga zwyciężać 5
O ćwiczeniach 7
Ćwiczenie nr 1: MODELOWANIE 3D ELEMENTU MASZYNOWEGO 11
Ćwiczenie nr 2: SYNCHRONICZNE MODELOWANIE SWOBODNE 87
Ćwiczenie nr 3: MODELOWANIE Z WYKORZYSTANIEM RÓWNANIA KRZYWEJ 121
Ćwiczenie nr 4: MODELOWANIE CZĘŚCI BLASZANEJ 145
Ćwiczenie nr 5: MODELOWANIE CZĘŚCI DEFORMOWALNEJ 189


Assembly Constraints
Positions components in relation to other components in the assembly by specifying constraint relationships.



NX Oprogramowanie, które pomaga zwyciężać



Rozwiązania stosowane w NX, systemie rozwijanym przez koncern Siemens PLM Software, wyznaczają standardy rozwoju systemów klasy CAD/CAM/CAE już od bardzo wielu lat. Jednym z powodów dominacji NX na światowym rynku systemów CAx jest nowoczesny modeler CAD, umożliwiający projektowanie dowolnych wyrobów oferowanych na dzisiejszym rynku, bez względu na stopień ich złożoności geometrycznej i funkcjonalnej.

Ze względu na swą szeroką funkcjonalność system NX wykorzystywany jest przez największych producentów, takich jak GENERAL MOTORS, BOEING oraz SAMSUNG ELECTRONICS. Łatwość obsługi NX powoduje, że jest on również doceniany przez tysiące użytkowników tworzących rynek małych i średnich przedsiębiorstw.

System NX jest stosowany we wszystkich branżach inżynierii mechanicznej, o czym świadczą wybrane przykłady z branży samochodowej, lotniczej, obronnej, budowy maszyn, marynistycznej, produktów konsumenckich, kolejowej oraz innych.

W ostatnich latach zauważa się też zwiększenie intensywności procesu wymiany konkurencyjnych systemów CAD, właśnie na NX, co ma miejsce w firmach o różnej wielkości i charakterystyce procesów inżynierskich, w tym także wśród dużych światowych producentów.

LOTNICTWO I OBRONNOŚĆ	9 z 10 największych światowych producentów
ELEKTRONIKA	4 z 5 największych światowych producentów
AUTOMOTIVE	14 z 15 największych światowych producentów
BR. MASZYNOWA	133 firmy na sumę ponad 750.000 EUR
BR. MEDYCZNA	29 z 30 największych producentów

BOEING	+45 000 używanych aplikacji Siemens PLM Software
GENERAL MOTORS	+30 000 używanych aplikacji Siemens PLM Software
PROCTER & GAMBLE	+60 000 używanych aplikacji Siemens PLM Software
BAXTER	+10 000 używanych aplikacji Siemens PLM Software
NISSAN	ostatnio wybrał Siemens jako globalną platformę PLM
INTEL	ostatnio wybrał Siemens jako globalną platformę PLM
CANON	ostatnio wybrał Siemens jako globalną platformę PLM

Szeroka funkcjonalność NX jest szczególnie zauważalna podczas pracy w specjalistycznych środowiskach projektowych. Są one przeznaczone do wspomagania konstruktorów w ściśle określonych segmentach działań inżynierskich, np. podczas projektowania 3D form wtryskowych, instalacji rurociągowych czy wyrobów o określonej charakterystyce wizualnej.

Ważną cechą tych środowisk jest wysoki stopień automatyzacji wykonywania zadań konstrukcyjnych CAD. Rozwiązania te reprezentują najwyższy poziom również w zakresie wykorzystania wiedzy w procesach konstrukcyjnych małych, średnich i dużych zespołów projektowych. Do opisywanych środowisk należą m.in.:

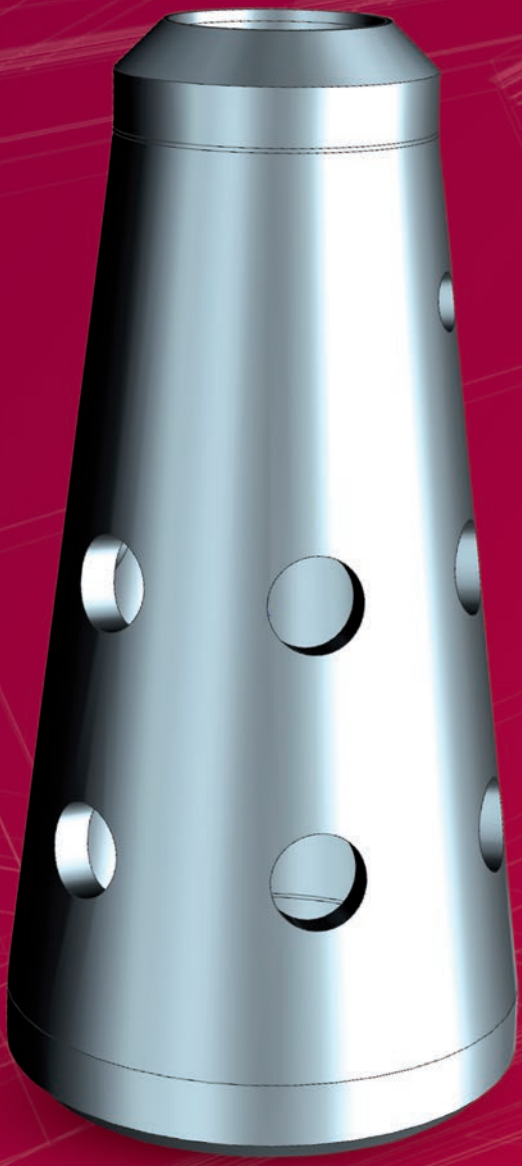
- NX Mold Wizard – projektowanie form wtryskowych,
- NX Electrode Design – projektowanie elektrod EDM,
- NX Progressive Die Wizard – projektowanie tłoczników wielotaktowych,
- NX Ship Design – projektowanie okrętów,
- NX Shape Studio – modelowanie wyrobów o złożonych kształtach,
- NX Human Modeling – projektowanie z uwzględnieniem ergonomii,
- NX Routing Mechanical – konstruowanie instalacji rurociągowych,
- NX Routing Electrical – projektowanie instalacji elektrycznych.

O ćwiczeniach

Z myślą o użytkownikach rozpoczynających pracę z systemem NX i poszukujących informacji na temat Technologii Synchronicznej przygotowany został niniejszy zbiór ćwiczeń projektowych, prezentujących różne metody modelowania z wykorzystaniem rozwiązań NX. Opracowanie to ma na celu przedstawienie szerokiej gamy narzędzi CAD, jakimi dysponuje ten nowoczesny i najbardziej kompleksowy system na rynku.

Ćwiczenia projektowe zostały opracowane w formie przewodnika, który krok po kroku przeprowadza użytkownika przez kolejne etapy procesu projektowego. Poszczególnym krokom towarzyszą komentarze do wykorzystywanych poleceń i narzędzi, dzięki czemu każde opracowanie skutecznie pełni rolę szkoleniową, łącząc w sobie cechy zwięzłej instrukcji do ćwiczenia i podręcznika CAx.

Firma GM System zachęca wszystkich do przesyłania propozycji tematyki opracowań, która jest szczególnie istotna w kluczowych procesach konstrukcyjnych, technologicznych oraz obliczeniowych, realizowanych w przedsiębiorstwach. Najciekawsze tematy zostaną ujęte w kolejnych edycjach opracowań.



Ćwiczenie nr 1:
MODELOWANIE 3D ELEMENTU MASZYNOWEGO

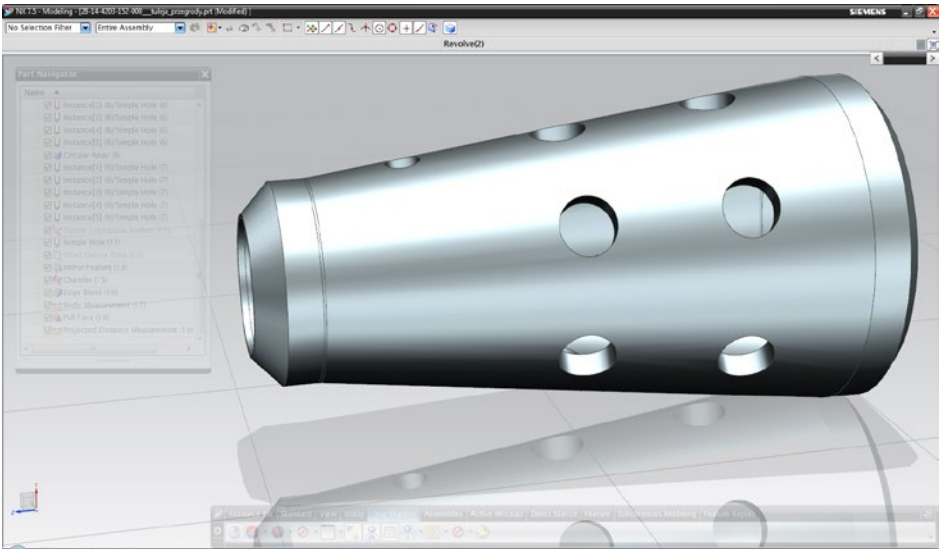
Ćwiczenie nr 1:
MODELOWANIE 3D ELEMENTU MASZYNOWEGO

Pierwsze ćwiczenie poświęcone jest projektowaniu 3D części maszynowej. Modelowanym wyrobem jest tuleja przegrody amortyzatora pracującego w warunkach dużych i zmiennych nacisków. Wykonując krok po kroku poniższe ćwiczenie, użytkownik pozna szereg narzędzi związanych ze szkicowaniem profili 2D i ogólne zasady modelowania bryłowego 3D. Nauczy się również, w jaki sposób wprowadzać zmiany bezpośrednio w geometrii modelu z wykorzystaniem poleceń **Technologii Synchronicznej**.

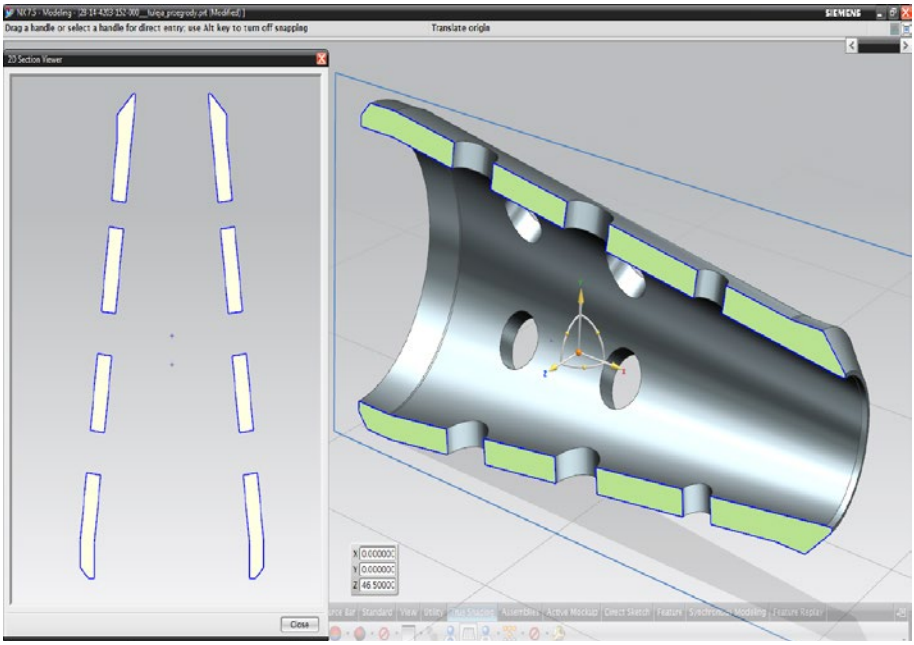
Podstawowym zadaniem jest wykonanie modelu 3D stożkowej tulejki amortyzatora olejowo-gazowego, przeznaczonego do pracy w warunkach wysokiej udarności (obraz 1).

Dla ułatwienia interpretacji kształtu tego komponentu, docelowy model przedstawiono również w przekroju 3D (obraz 2). Tworzenie i zastosowanie przedstawionych poniżej przekrojów 3D w NX będzie przedstawione w ostatnim etapie ćwiczenia.

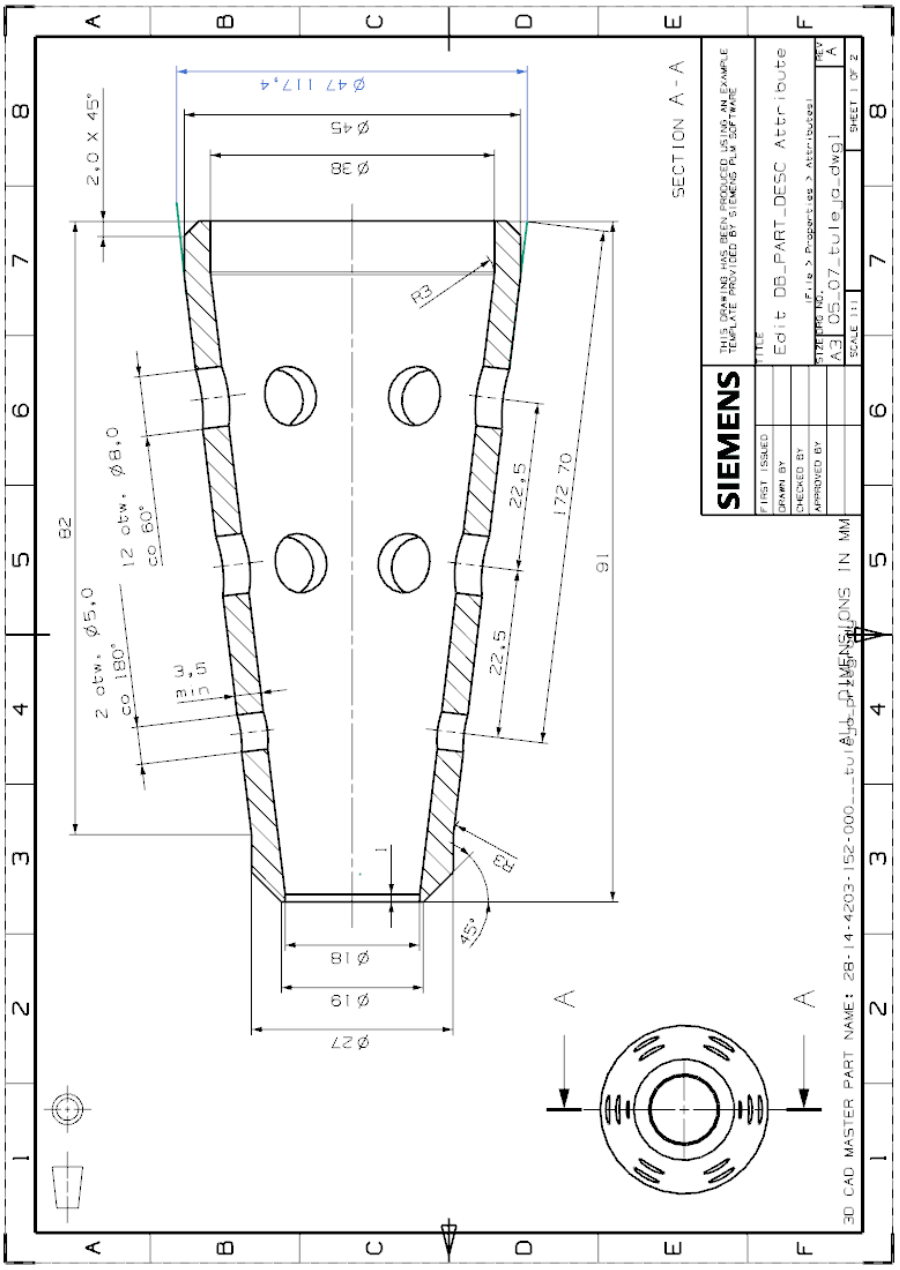
Do wykonania ćwiczenia konieczna jest znajomość odgórnie zakładanych wymiarów komponentu – niezbędne wymiary przedstawiono na obrazach 3 (kompletna dokumentacja) i 4 (przekrój główny w powiększeniu). Na rysunkach celowo ukryto oznaczenia technologiczne tolerancji kształtu i położenia, pasowań, parametrów chropowatości, etc., pozostawiając jedynie najistotniejsze wymiary z wartościami nominalnymi. Przedstawione poniżej kroki pozwalają na wykonanie modelu zgodnego z dokumentacją rysunkową.



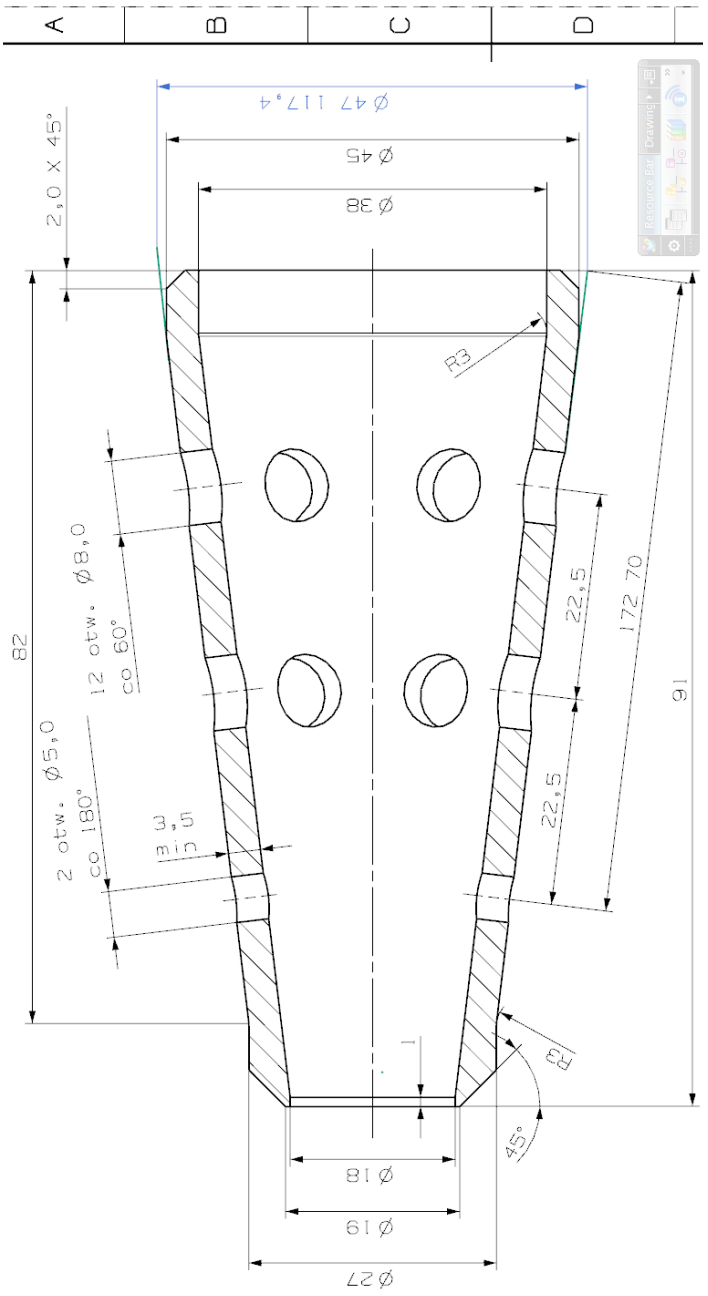
Obraz 1


Drag a handle or select a handle for direct entry; use Alt key to turn off snapping
Translate origin
2D Section Viewer
Close

Obraz 2

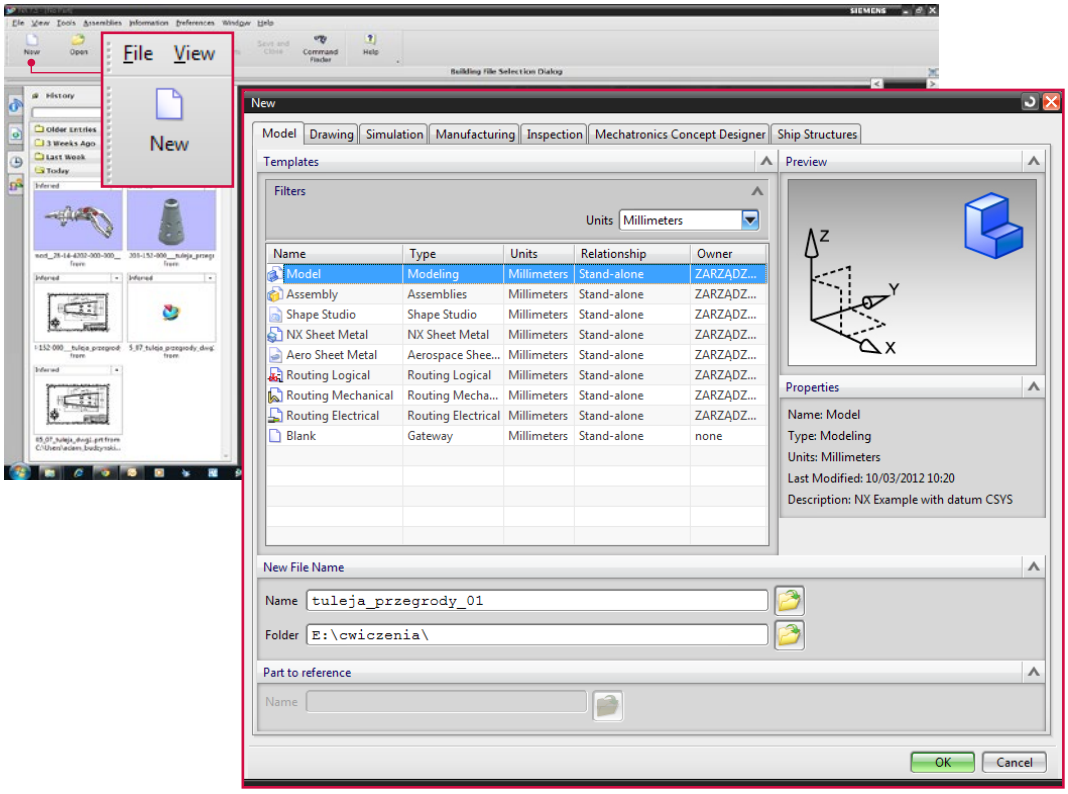

SECTION A-A
SIEMENS
Edit DB_PART_DESC Attribute
3D CAD MASTER PART NAME: 28-14-4203-152-000__tuleja_01
ALL DIMENSIONS IN MM
Ø47 117,4
Ø45
Ø38
2,0 X 45°
R3
12 otw. Ø8,0
co 60°
2 otw. Ø5,0
co 180°
13 w
15 gł
82
22,5
172,70
91
R3
45°
Ø18
Ø19
Ø27

Obraz 3


A
B
C
D
Ø 47 117,4
Ø 45
Ø 38
2,0 X 45°
R3
82
12 otw. Ø8,0
co 60°
2 otw. Ø5,0
co 180°
3,5
3,5
22,5
22,5
172 70
91
R3
1
45°
Ø 18
Ø 19
Ø 27

Obraz 4

- Uruchom system NX, następnie wybierz Menu->**New**.
- W oknie dialogowym dokonaj następujących ustawień (obraz 5):
  - szablon modelowania: pojedyncza część (w obszarze **Templates** wybierz **Model**),
  - ustawienie jednostek: metryczne (**Units**->**Millimeters**),
  - wprowadź nazwę tworzonego właśnie pliku NX (.PRT), np. **tuleja_przegrody_01.prt**,
  - wybierz lokalizację, w której zapiszesz plik (**New File Name**->**Folder**),
- Wciśnij przycisk **OK** – zapisany plik NX zostanie otwarty we właściwym środowisku projektowym (Modeling).

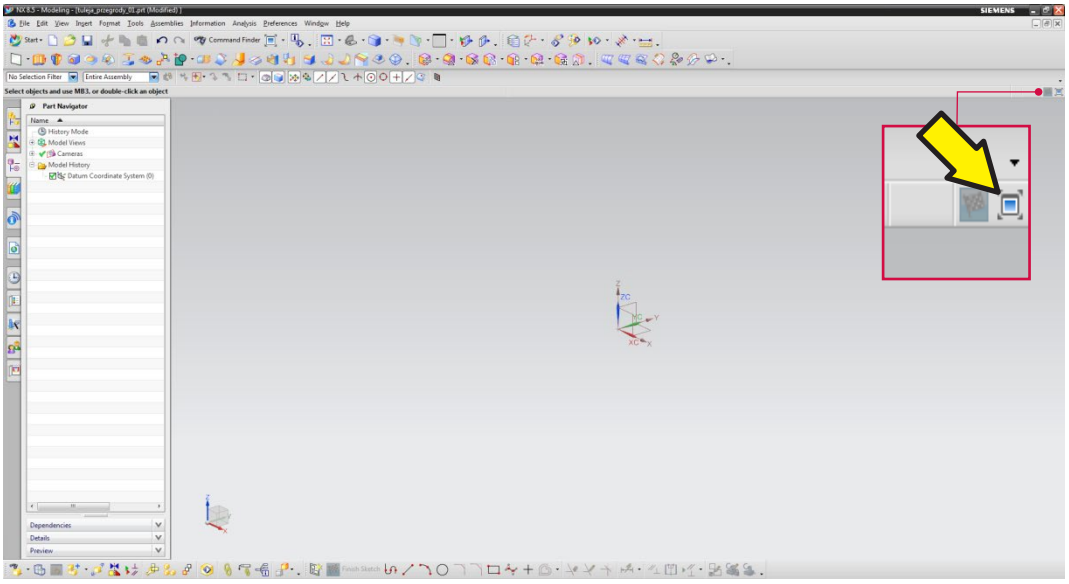


Obraz 5

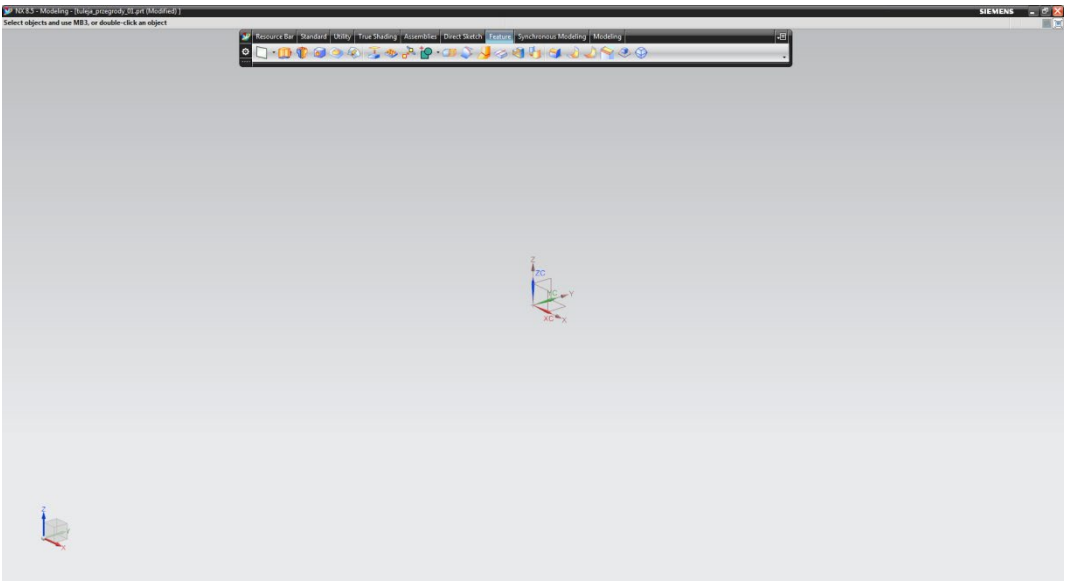
System NX posiada wiele różnorodnych środowisk (in. modułów), które zostały zintegrowane do postaci jednego spójnego rozwiązania. Moduł **Modeling** przeznaczony jest do realizacji różnorodnych zadań CAD, między innymi tworzenia modeli części oraz złożeń i wykonywania w nich pomiarów, analiz, wizualizacji itp. W tym przypadku moduł **Modeling** umożliwi modelowanie i analizę geometrii projektowanej tulei.

Z punktu widzenia interfejsu użytkownika modelowanie w NX może się odbywać w dwóch trybach ekranu: „normalnym" i tzw. **Full Screen** (obraz 7). Tryb Full Screen w wielu wypadkach daje większy komfort pracy poprzez „wygaszenie" nieużywanych w danej chwili elementów ekranu i zamianie wielu pasków poleceń w jeden pasek wstęgowy. Przełączanie pomiędzy trybami dokonuje się z wykorzystaniem przycisku Full Screen pokazanego na obrazie 6.

- Aby przełączyć się w tryb pełnoekranowy, wciśnij przycisk **Full Screen** pokazany na obrazie 6 – po przełączeniu trybu Twój ekran powinien być podobny do przedstawionego na obrazie 7.



Obraz 6

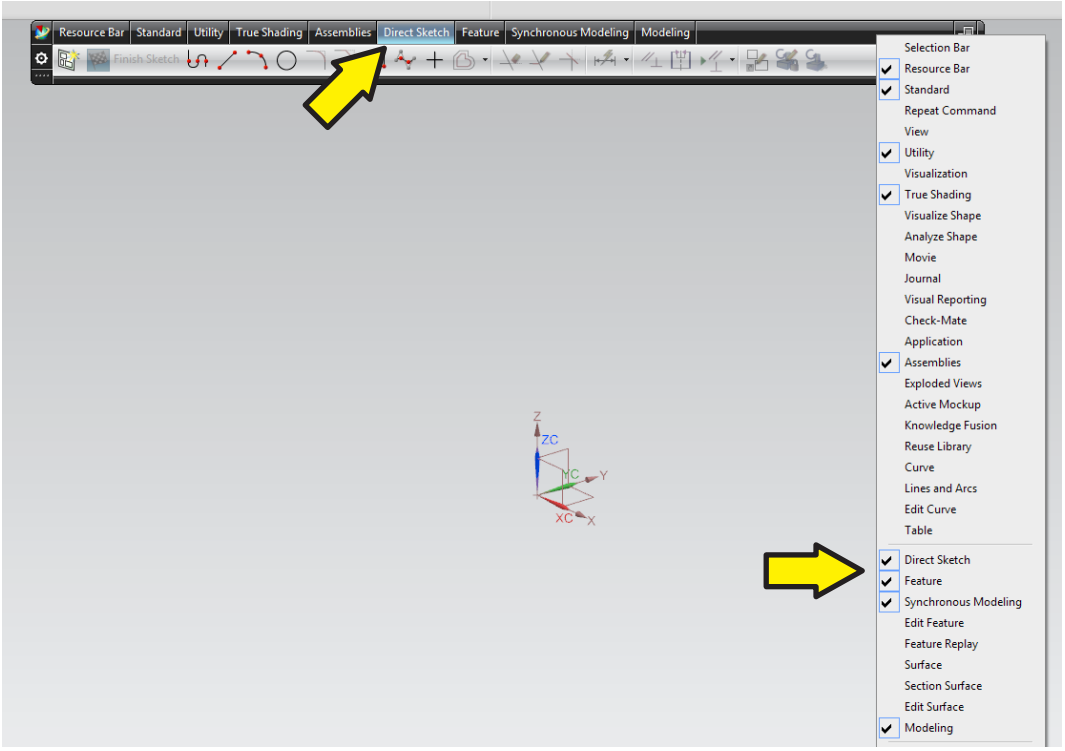


Obraz 7

Modelowanie obiektów osiowosymetrycznych, takich jak projektowana tuleja, opiera się na narysowaniu płaskiego zarysu (półprzekrój) i jego obrocie wokół osi symetrii. Poleceniem umożliwiającym utworzenie „wyciągnięcia obrotowego" jest **Revolve**. Profil 2D reprezentujący zarys elementu może być tworzony w trakcie pracy z poleceniem Revolve lub oddzielnie z wykorzystaniem poleceń **Sketch/Direct Sketch**. W ćwiczeniu zostanie zaprezentowana metoda druga.

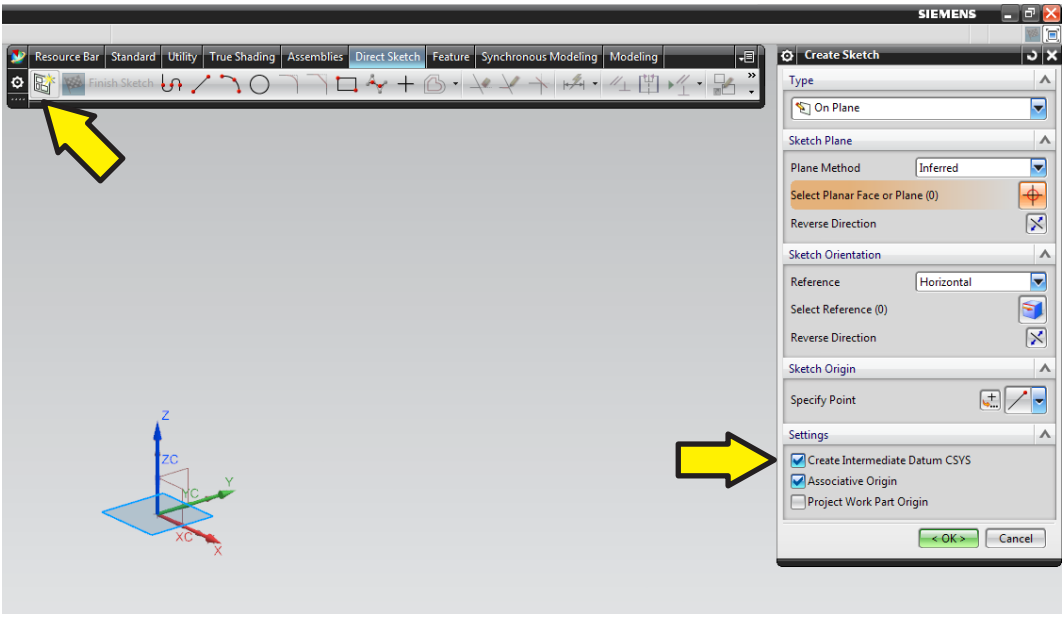
W NX dostępne są dwie podstawowe metody szkicowania: bezpośrednia (szkicowanie na licach/płaszczyznach z użyciem poleceń z grupy Direct Sketch) i pośrednia z wykorzystaniem polecenia Sketch. Zasadnicza różnica polega na tym, że korzystając z polecenia Sketch użytkownik ma dużo większe możliwości z punktu widzenia pozycjonowania profilu w przestrzeni, i pracy z układami współrzędnych. Sposób drugi zaprezentowano w niniejszym ćwiczeniu.

- Upewnij się, że na głównym pasku narzędzi **(Toolbar Manager)** znajduje się zakładka **Direct Sketch** – jeśli nie, kliknij prawym przyciskiem mysz w dowolnym miejscu paska (z wyjątkiem zakładek), następnie włącz opcję Direct Sketch (obraz 8).
- Na głównym pasku narzędzi kliknij zakładkę Direct Sketch, aby wyświetlić narzędzia do rysowania profili 2D.



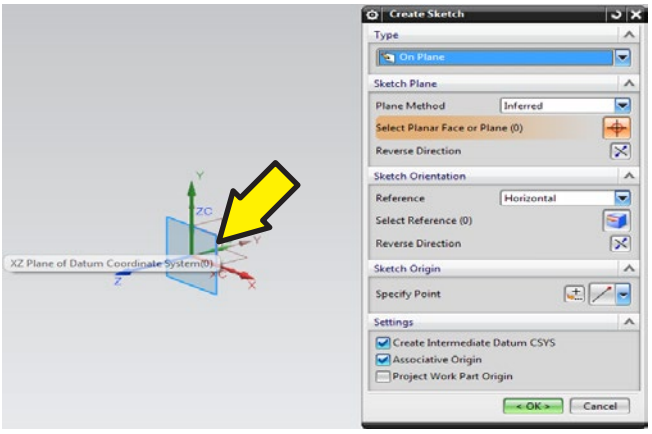
Obraz 8

- Wybierz polecenie **Sketch** (obraz 9), następnie w oknie polecenia zaznacz opcję Intermediate Datum CSYS.



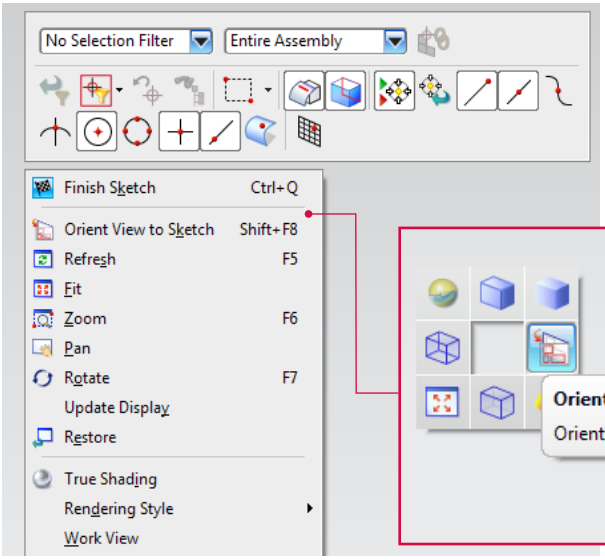
Obraz 9

- Włączenie opcji (**Intermediate Datum CSYS**) powoduje, że szkic zostanie umieszczony na układzie pośrednim – układ ten zachowa orientację istniejącego układu współrzędnych (obraz 11), ale będzie od niego zupełnie niezależny.
- Kliknij lewym przyciskiem myszy płaszczyznę **XZ** bazowego układu współrzędnych (obraz 10), następnie w oknie polecenia wciśnij **OK**.

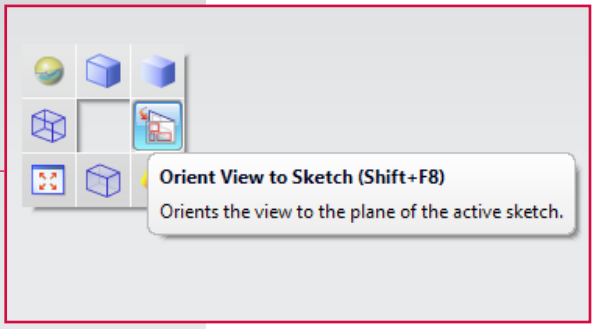


Obraz 10

Podczas szkicowania widok może być zorientowany dowolnie. W wielu przypadkach jednak wygodnie jest pracować ze szkicem, którego płaszczyzna jest zorientowana równolegle do płaszczyzny ekranu (widok prostopadły do płaszczyzny szkicu). Szybki dostęp do poleceń przeznaczonych do manipulowania widokiem zapewnia menu podręczne, uruchamiane przez kliknięcie prawego przycisku myszy w obszarze ekranu graficznego. Znajduje się tam między innymi polecenie **Orient View to Sketch** (obraz 11), które wyrównuje płaszczyznę szkicu z płaszczyzną ekranu. Opcjonalnie polecenie można wywołać, korzystając z tzw. gestów myszy – należy wówczas wcisnąć i przytrzymać prawy przycisk myszy, następnie wykonać myszą szybki ruch w prawo (obraz 12).



Obraz 11

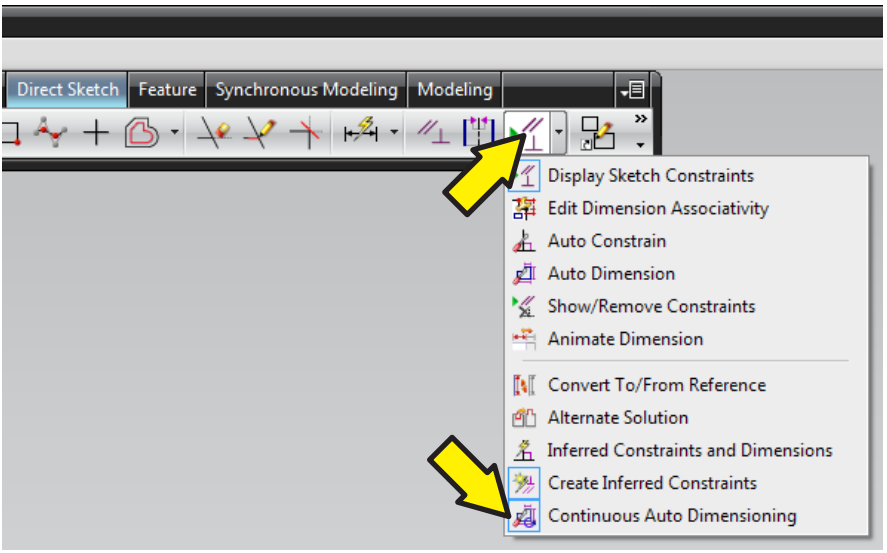


Obraz 12

- W obszarze ekranu graficznego kliknij prawy przycisk myszy, aby wywołać menu podręczne, następnie wybierz polecenie **Orient View to Sketch**.

W przypadku klasycznego modelowania z historią operacji, inteligencja (przewidywalne zachowanie) brył 3D w dużej mierze zależy od wiązań 2D (wymiary, relacje) wprowadzonych na poziomie profilu. Sterujące wymiary i relacje 2D (np. połączenia, styczność, wyrównanie w poziomie, równoległość itd.) odbierają odpowiednie stopnie swobody elementom szkicu i pozwalają im w trakcie edycji zachowywać się w sposób przewidywalny dla użytkownika. Podczas szkicowania relacje i wymiary mogą być wprowadzane automatycznie. Dla celów dydaktycznych automatyczne wymiarowanie zostanie wyłączone.

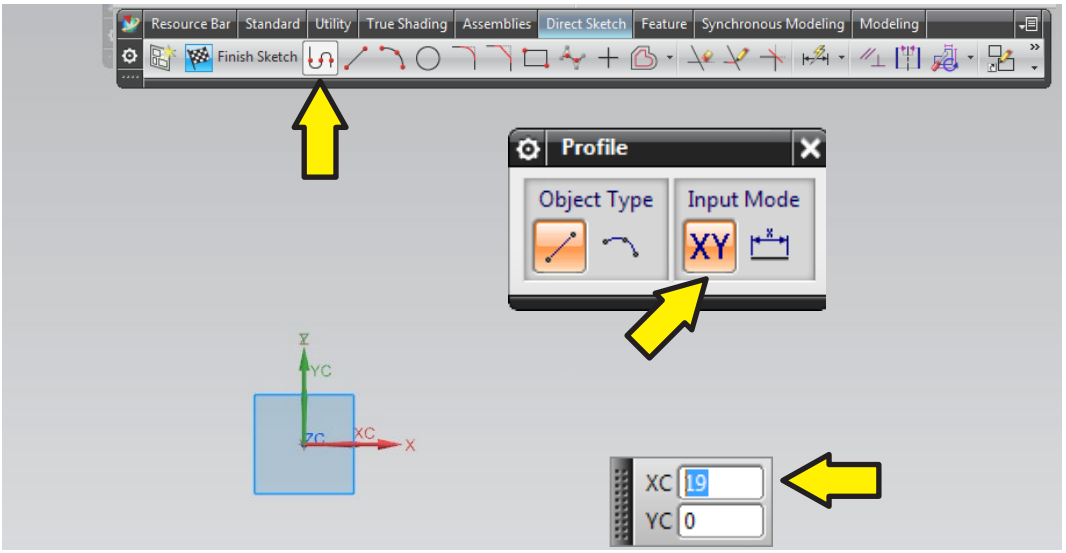
- Na głównym pasku narzędzi przejdź na zakładkę **Direct Sketch**[1], następnie zlokalizuj przycisk **Display Sketch Constraints**[1] – jeśli nie jest widoczny, rozciągnij pasek, aby go wyświetlić (obraz 13).
- Rozwiń przycisk **Show All Constraints**, następnie wyłącz (ikona powinna pozostać niepodświetlona) opcję **Continuous Auto Dimensioning** (obraz 13) – zwróć uwagę, że po wyłączeniu opcji, ikona przycisku się zmieniła.



Obraz 13

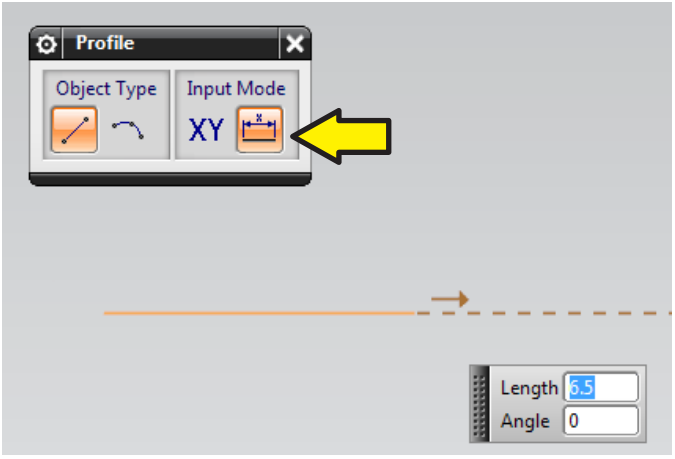
- Uruchom polecenie **Profile** i postaraj się tak zlokalizować kursor myszy, aby odczyt jego położenia przedstawiał wartości widoczne na obrazie 14 (**XC=19, YC=0**). Jeżeli zajdzie potrzeba zmniejszenia widoku, wywołaj menu podręczne i użyj polecenia **Fit**.
- Zwróć uwagę, iż przed zdefiniowaniem pierwszego punktu linii, polecenie domyślnie pracuje w trybie **Coordinate Mode**, wyświetlając współrzędne X oraz Y.

[1] Przyciski rozwijalne w systemie NX zmieniają swoją ikonę w zależności od ostatnio wybranego polecenia. Może się zatem zdarzyć, że obok rozwijalnej strzałki zamiast ikony polecenia Display Sketch Constraints, jest wyświetlana ikona jednego z poleceń z listy widocznej na obrazie 13.



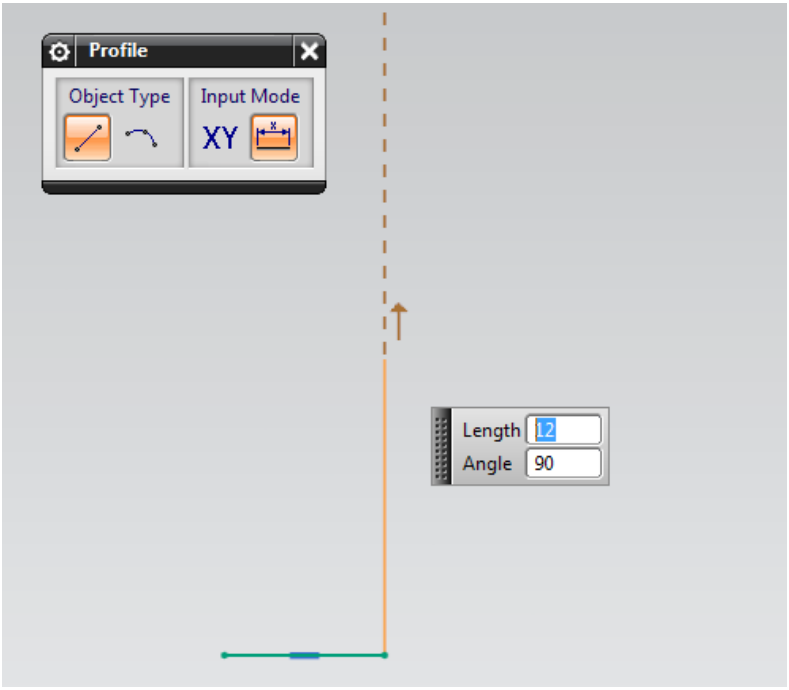
Obraz 14

- Kliknij w ustalonej pozycji, aby rozpocząć rysowanie linii – zwróć uwagę, że teraz system przełączył się do trybu **Parameter Mode**, umożliwiając wprowadzenie długości i kąta dla rysowanego odcinka (obraz 15).
- Przesuń kursor w prawo do pozycji (**6.5, 0**). Zauważ, że dokładność wyświetlania wartości długości jest zależna od aktualnej wielkości obiektów na ekranie. Po ustaleniu właściwego położenia kursora kliknij lewym przyciskiem myszy.



Obraz 15

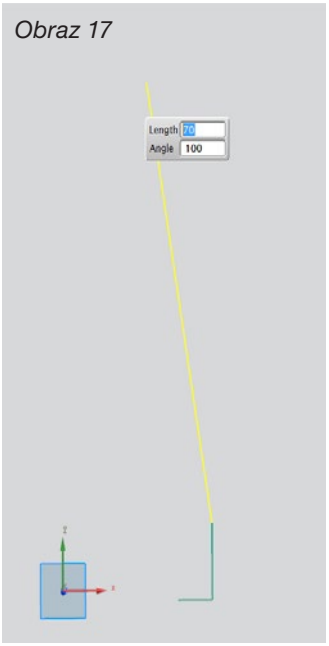
- Skieruj kursor w górę, tak aby odczyt długości i kąta wskazywał wartości jak na obrazie 16 (**12, 90**) – kliknij, aby utworzyć drugą linię.



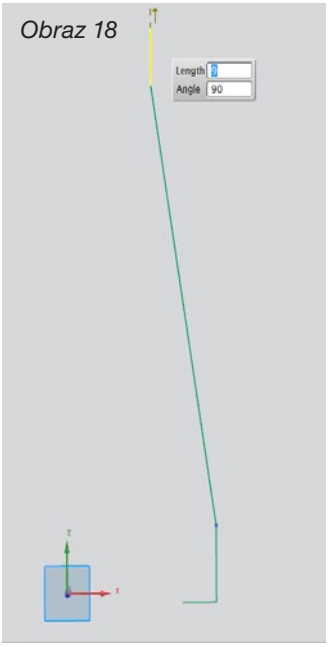
Obraz 16

- Narysuj kolejno odcinki zgodnie z obrazami 17-21.

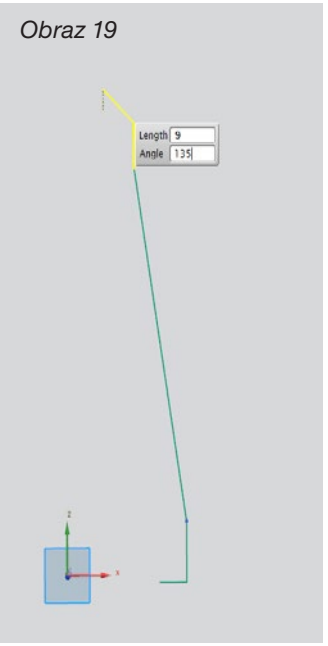
Obraz 17



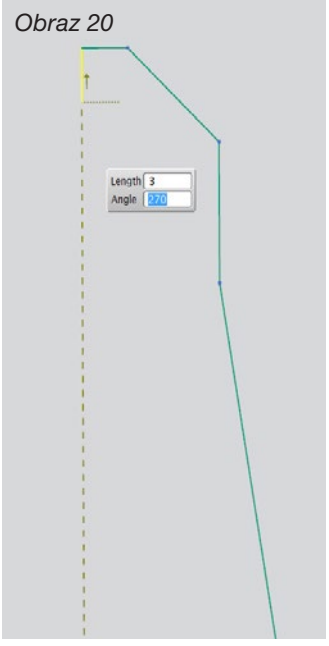
Obraz 18



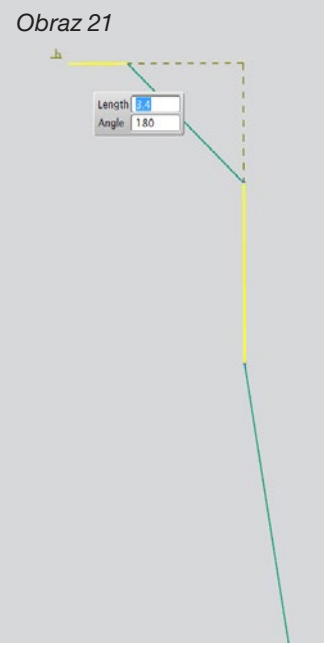
Obraz 19



Obraz 20

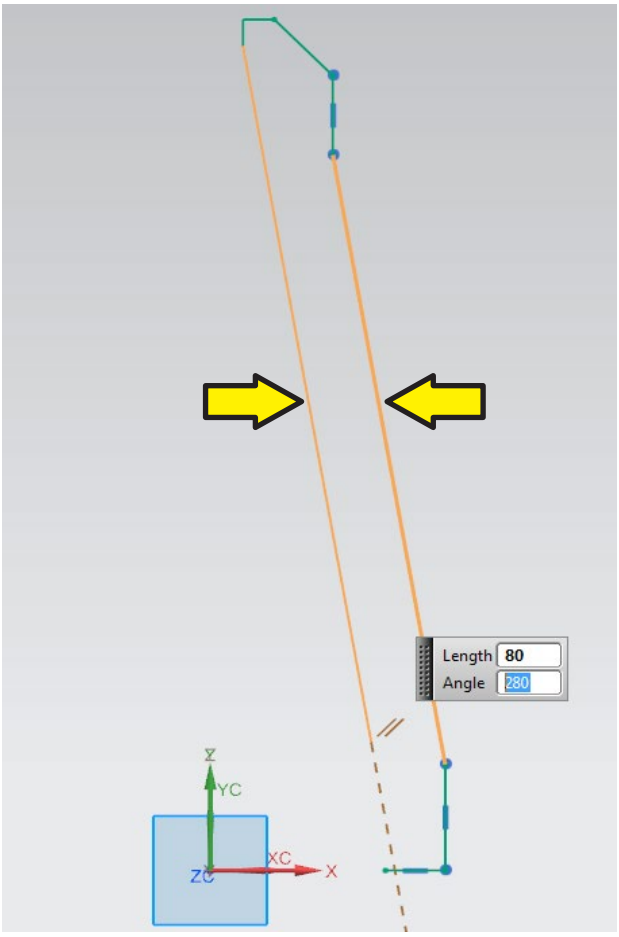


Obraz 21



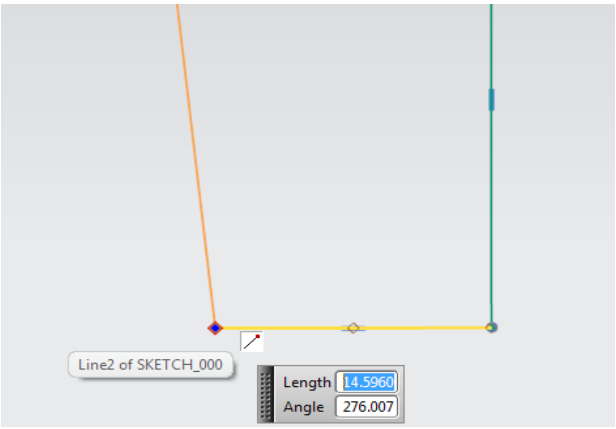
W trakcie rysowania system, poza łączeniem odpowiednich końców odcinków, proponuje również wprowadzanie innych relacji pomiędzy odcinkami, np. równoległość czy prostopadłość. W sytuacji, gdy w danej chwili nie jest to korzystne, możliwe jest zawieszenie rozpoznawania zależności przez wciśnięcie i przytrzymanie lewego przycisku **ALT**.

- W trakcie rysowania kolejnego z odcinków (obraz 22), **wprowadź wartość długości 80** (po wprowadzeniu kliknij ENTER), **ale nie wprowadzaj wartości kąta**.
- Skieruj kursor w dół i przesuwaj go w lewo i w prawo – zwróć uwagę, że system w pewnym momencie zaproponuje Ci utworzenie linii równoległej do już istniejącego obiektu (obraz 22).



Obraz 22

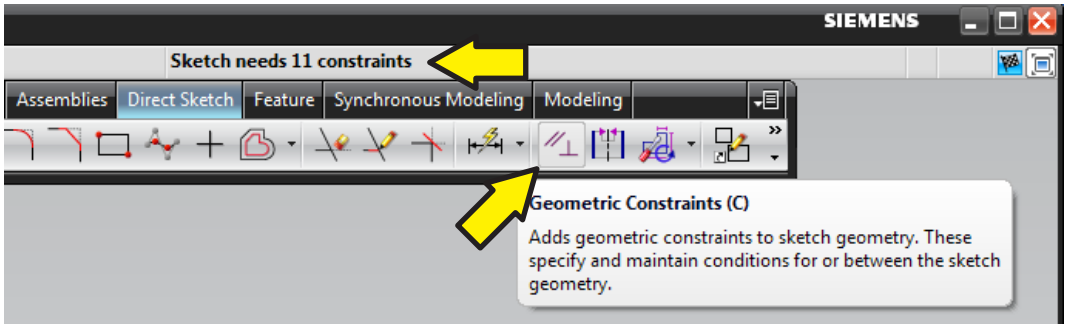
- Po automatycznym rozpoznaniu równoległości kliknij, aby utworzyć linię – zauważ, że system dodał do szkicu relację równoległości oraz stworzył wymiar o wartości wprowadzonej w poprzednim kroku.
- Zamknij profil, tworząc linię, której koniec połączony jest z początkiem pierwszej narysowanej linii (obraz 23).
- Kliknij dwukrotnie środkowy przycisk myszy (rolkę). Pierwszy raz, aby przerwać rysowanie linii i drugi raz, aby zakończyć działanie funkcji **Profile**.



Obraz 23

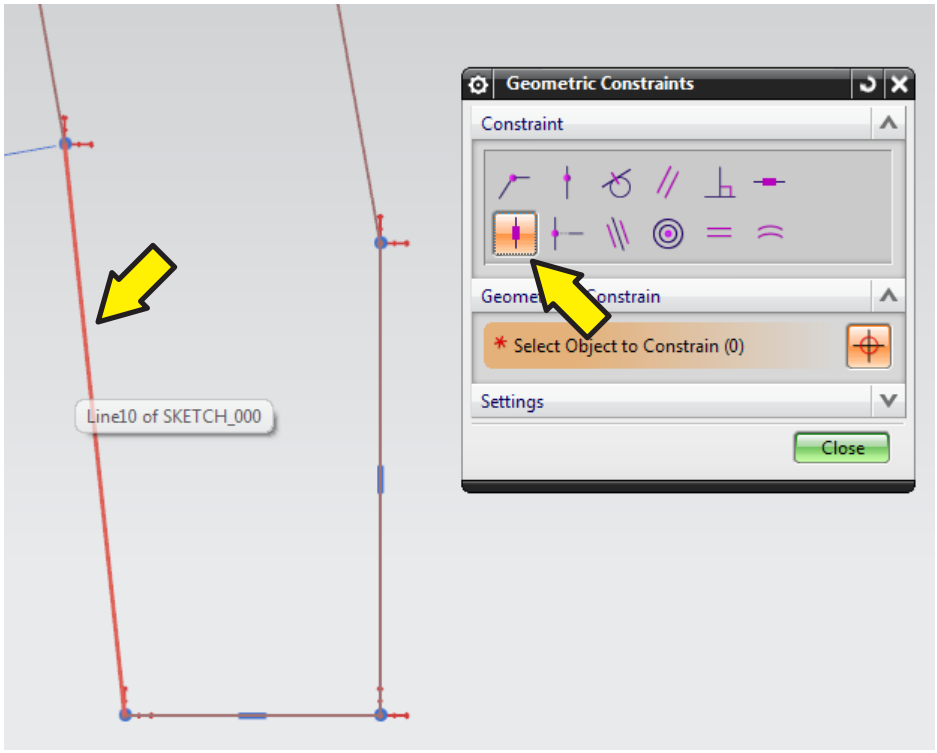
W trakcie rysowania profili nie wszystkie relacje mogą zostać wprowadzone automatycznie. Do manualnego definiowania zależności geometrycznych przeznaczone jest polecenie **Geometric Constraints**. Dla łatwiejszej analizy szkicu pod kątem wolnych stopni swobody w programie wyświetlana jest informacja o ilości brakujących wiązań. Natomiast po włączeniu funkcji nadawania wymiarowania wyświetlone zostają niewielkie układy współrzędnych pokazujące kierunki, w których elementy szkicu mogą się poruszać.

- Na głównym pasku narzędzi przejdź na zakładkę **Direct Sketch**, następnie wybierz polecenie **Geometric Constraints** (obraz 24).
- Zwróć uwagę, że w górnej części okna wyświetlana jest informacja o 11 brakujących wiązaniach.

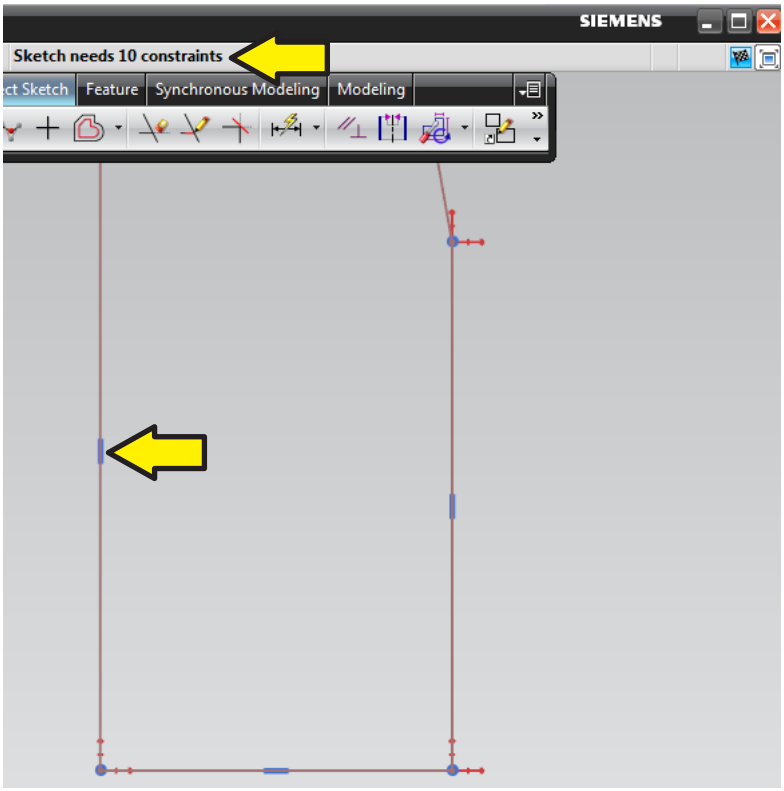


Obraz 24

- W celu wyrównania ostatniego narysowanego odcinka w pionie, w oknie **Geometric Constraints** zaznacz typ relacji **Vertical**, a następnie kliknij na linii (obraz 25).
- Zauważ, że po zastosowaniu nowej relacji system informuje już o 10 brakujących wiązaniach (obraz 26).



Obraz 25

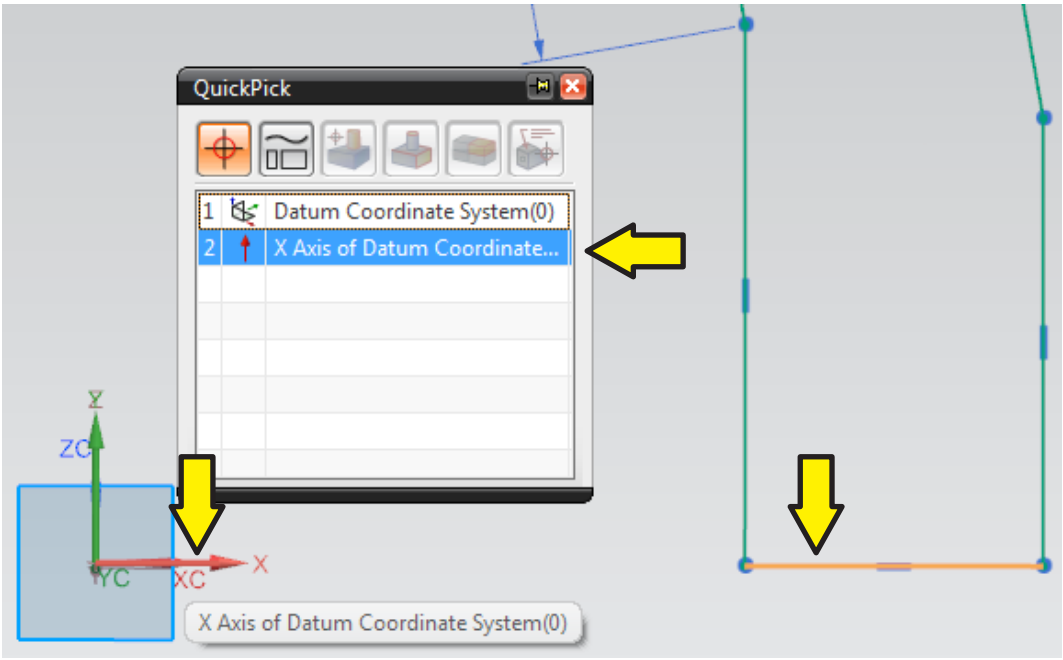


Obraz 26

- Zakończ działanie polecenia Geometric Constraints.

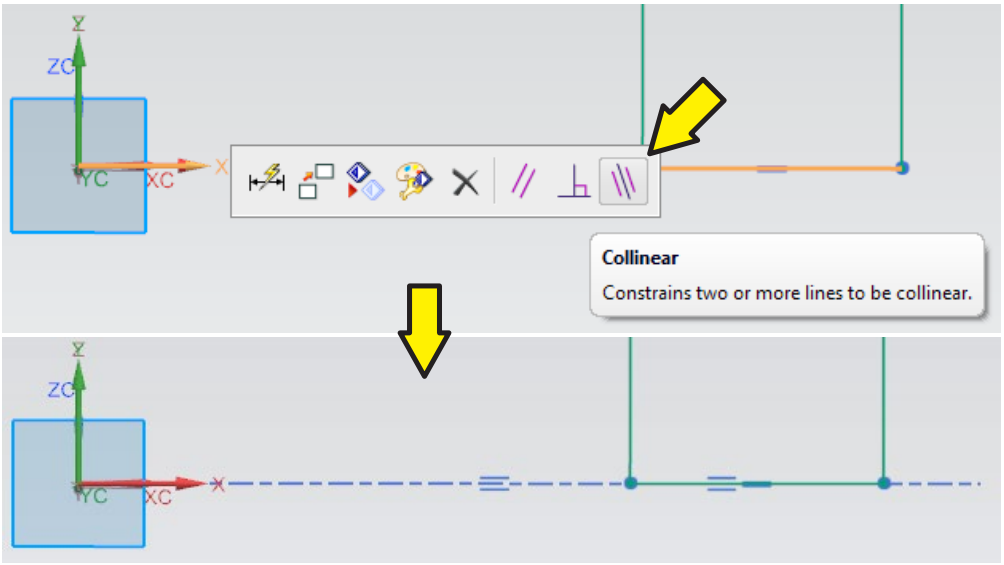
Więzy geometryczne mogą być również nadawane obiektom szkicu „w locie”, tuż po ich zaznaczeniu w oknie graficznym. Wykorzystuje się do tego celu kontekstowy pasek narzędzi, który pojawia sie automatycznie w pobliżu kursora i zawiera zbiór poleceń zdefiniowanych dla danego typu obiektu.

- Zaznacz dolną linię profilu oraz oś X układu współrzędnych. W zaznaczaniu osi może pomóc narzędzie **QuickPick**, które pojawia się, gdy przed kliknięciem na obiekcie zatrzymamy kursor przez chwilę nieruchomo, do czasu pojawienia się trzech kropek (obraz 27).



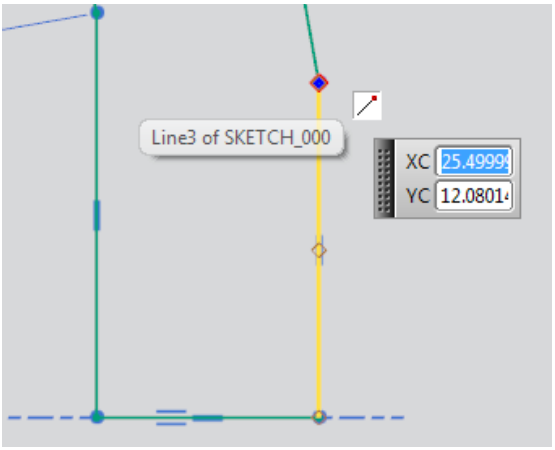
Obraz 27

- Z paska narzędzi wybierz relację **Collinear**. Zwróć uwagę na efekt wprowadzonej relacji (obraz 28). Sprawdź również, czy zmiana ta wpłynęła na zmniejszenie liczby stopni swobody w szkicu.



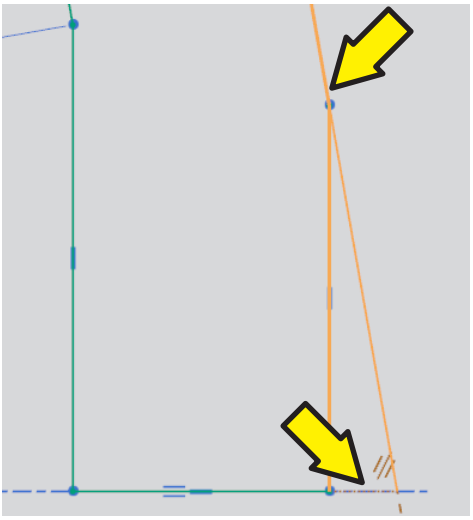
Obraz 28

- Uruchom ponownie polecenie **Profile**, aby uzupełnić profil o dwa odcinki stanowiące geometrię konstrukcyjną.
- Rozpocznij rysowanie pierwszego odcinka od kliknięcia w początek prawej pionowej linii profilu (obraz 29).



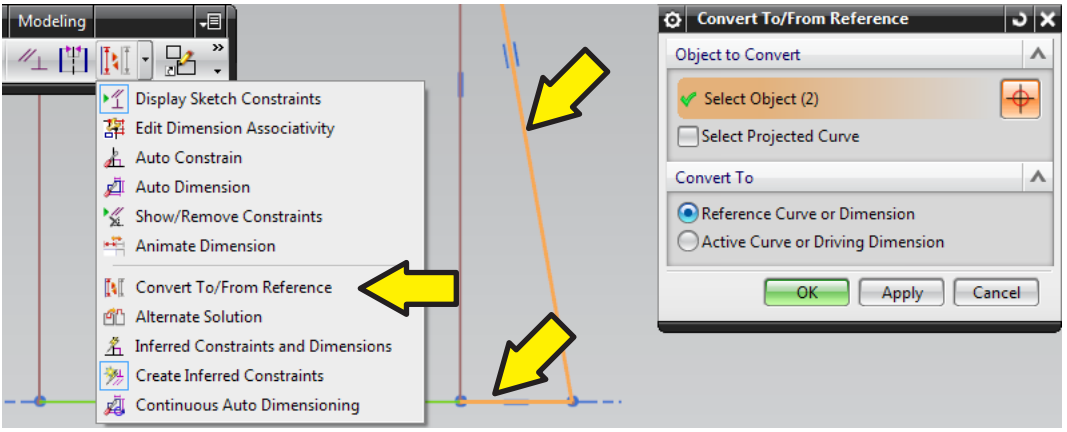
Obraz 29

- Umieść drugi punkt w taki sposób, aby tworzona linia była współliniowa z wyżej położoną pochyloną linią, a jej koniec był wyrównany w poziomie z osią X układu współrzędnych – do tego celu wykorzystaj automatyczne rozpoznawanie zależności lub polecenie **Geometric Constraints** (obraz 30).

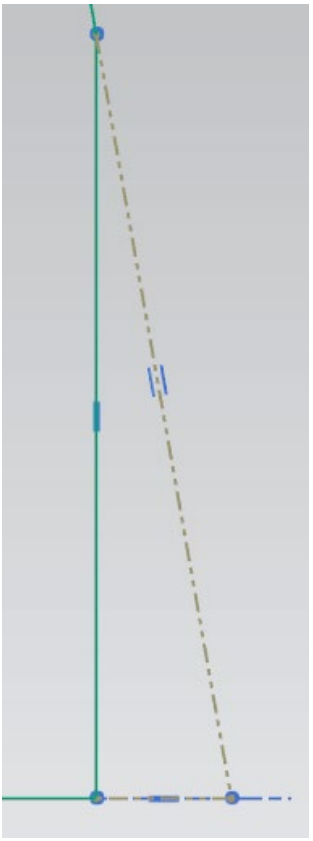


Obraz 30

- Nie przerywając polecenia, dodaj ostatni odcinek profilu, którego koniec będzie pokrywał się z końcem pionowego odcinka (obraz 31).
- Rozwiń przycisk **Continous Auto Domensioning/Display Sketch Constraints** i wybierz polecenie **Convert To/From Reference**, następnie zaznacz dwie narysowane przed chwilą linie (obraz 31) – efekt operacji powinien być zgodny z obrazem 32.



Obraz 31

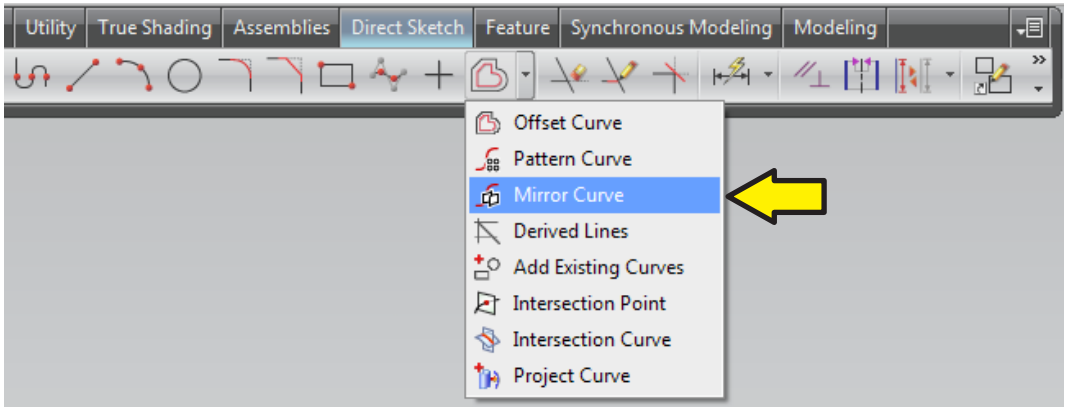


Obraz 32

Polecenie **Convert To/From Reference** przeznaczone jest do konwertowania elementów profilu na elementy konstrukcyjne i odwrotnie. W przeciwieństwie do elementów profilu, elementy konstrukcyjne pomijane są w procesie tworzenia obiektu 3D. Elementy konstrukcyjne są potrzebne w wielu przypadkach, np. mogą stanowić obiekty referencyjne do określenia położenia elementów profilu, mogą być też pomocne w procesie wymiarowania.

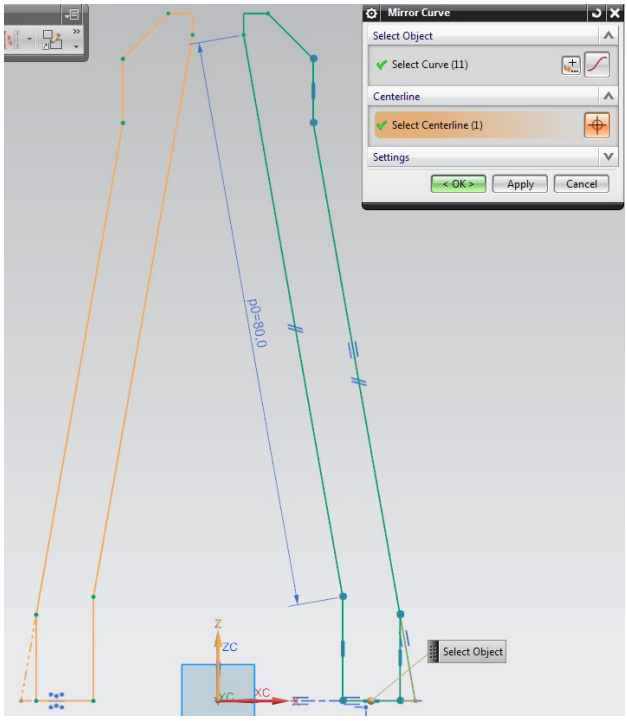
- Na pasku **Direct Sketch** rozwiń przycisk Offset Curve[2] i wybierz polecenie **Mirror Curve** (obraz 33).

[2] Przyciski rozwijalne w systemie NX zmieniają swoją ikonę w zależności od ostatnio wybranego polecenia. Może się zatem zdarzyć, że obok rozwijalnej strzałki zamiast ikony polecenia Mirror Curve, jest wyświetlana ikona jednego z poleceń z listy widocznej na obrazie 33.



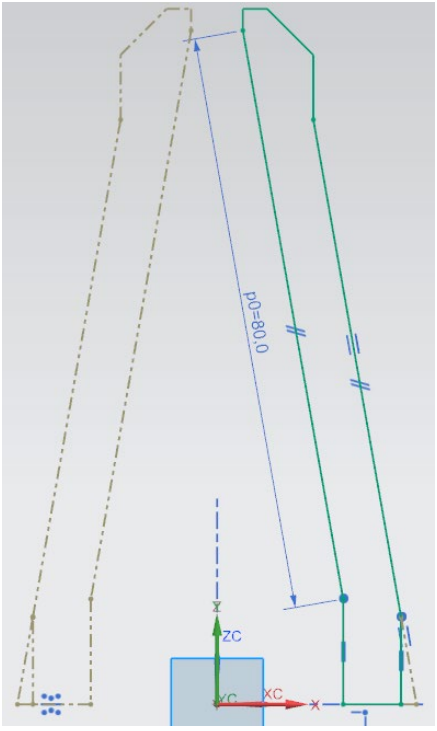
Obraz 33

- Zaznacz oknem wszystkie narysowane elementy i zaakceptuj wybór, wciskając środkowy przycisk myszy (rolkę).
- Kliknij oś **Y** jako oś symetrii – profil wraz z elementami konstrukcyjnym zostanie odbity (obraz 34), a następnie kliknij **OK**, aby zatwierdzić zmiany.

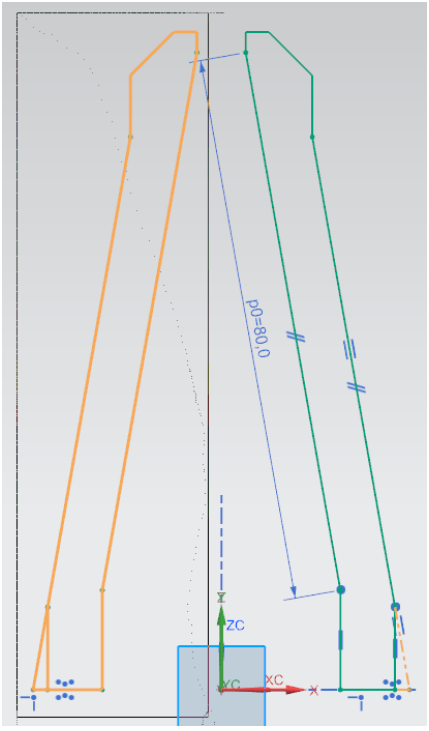


Obraz 34

- Dla obiektów z odbicia symetrycznego (po lewej stronie ww. osi Y) zastosuj polecenie **Convert To/From Reference**, aby zamienić je na geometrię konstrukcyjną (obraz 35). Podczas wyboru obiektów możesz użyć możliwości ich zaznaczania prostokątnym obszarem (obraz 36).

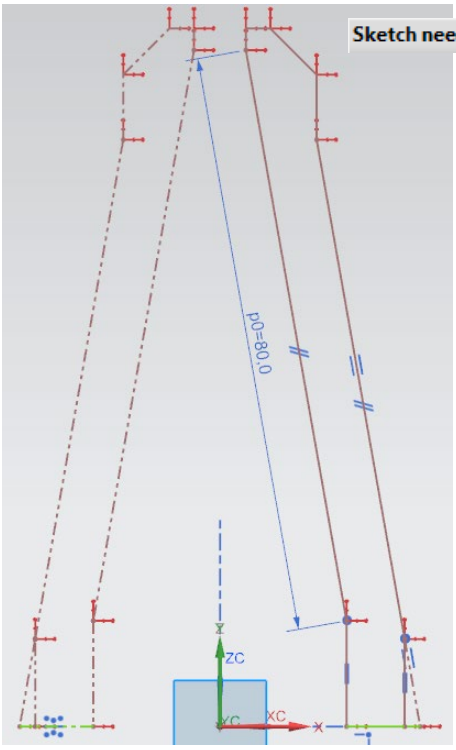


Obraz 35



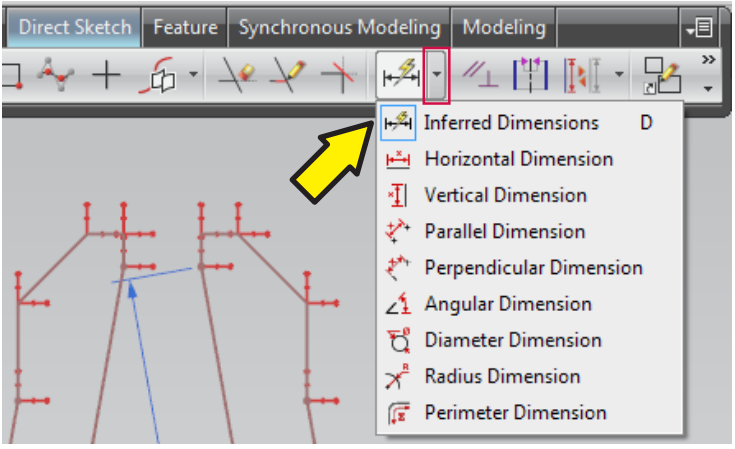
Obraz 36

Geometria, która jest wynikiem odbicia symetrycznego, zyskuje automatycznie relacje symetrii, co zapewnia względną asocjatywność z oryginałem. Polecenie nie odbiera jednak stopni swobody elementom profilu, co można zaobserwować również w bieżącym przykładzie *(obraz 37)*. W dalszej części ćwiczenia wprowadzone zostaną wymiary sterujące, które pozwolą w pełni zdefiniować szkic i odebrać pozostałe wolne stopnie swobody.



Obraz 37

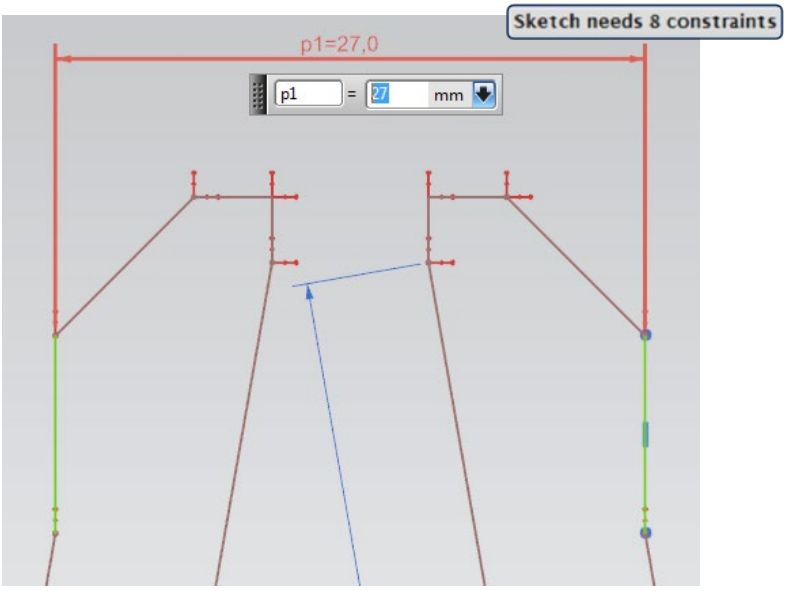
- Z paska **Direct Sketch**, z rozwijalnej listy narzędziowej dla wymiarów (domyślnie przycisk Inferred Dimensions), wybierz polecenie **Inferrred Dimensions** (obraz 38).



Obraz 38

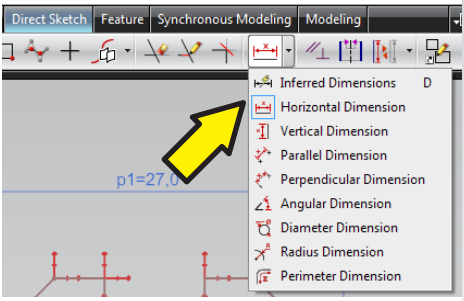
Istnieją dwa podstawowe sposoby wymiarowania geometrii 2D w NX: bezpośredni wybór konkretnego typu wymiaru lub użycie polecenia **Inferred Dimensions**. Polecenie Inferred Dimensions na podstawie zaznaczonych przez użytkownika elementów automatycznie wykrywa i stosuje najbardziej odpowiedni typ wymiaru.

- Zaznacz dwa pionowe odcinki po zewnętrznej stronie górnej części tulejki (obraz 39) – zostanie utworzony wymiar liniowy o poziomej orientacji, ale nie zostanie jeszcze zdefiniowane jego położenie.
- Przesuń wymiar we wskazane miejsce i kliknij lewym przyciskiem myszy, następnie wpisz wartość: **27** mm i kliknij ENTER (UWAGA: w tym przypadku, typowe wymiary średnicowe oraz znaki graficzne Ø zostały celowo pominięte dla uproszczenia opisywanych tutaj działań CAD).
- Zauważ zmianę koloru obiektów, którym odebrany został stopień swobody. Ponownie zbadaj liczbę stopni swobody, które posiada obecnie szkic.

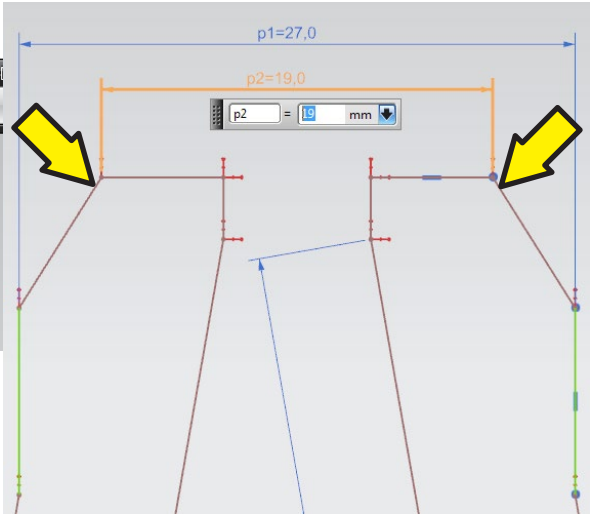


Obraz 39

- W celu zapoznania się z innymi narzędziami wymiarowymi, z listy wybierz polecenie **Horizontal Dimension** (obraz 40).
- Zaznacz dwa pochylone odcinki w pobliżu ich końców, a następnie umieść wymiar zgodnie z obrazem 41 i zdefiniuj jego wartość: **19 mm**.

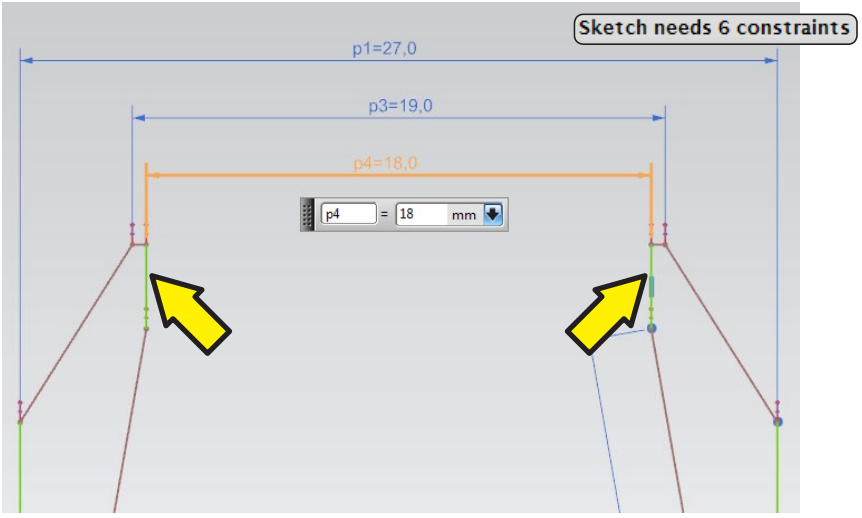


Obraz 40



Obraz 41

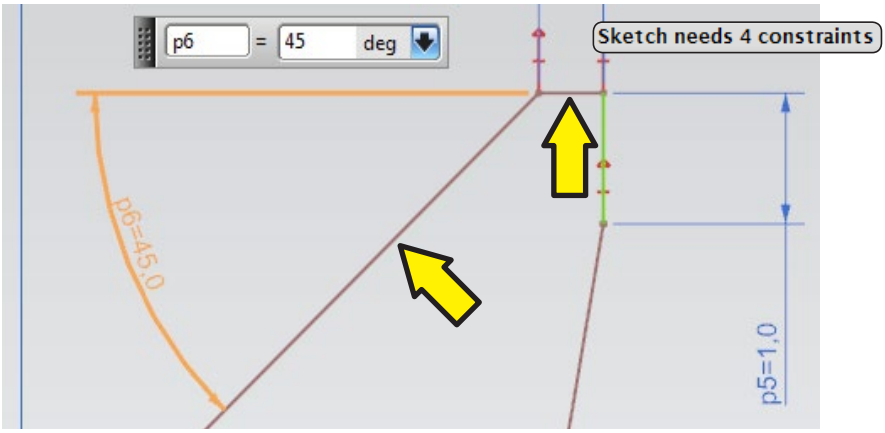
- Za pomocą polecenia **Inferred Dimensions** wprowadź wymiary dla wewnętrznej szyjki tulejki w najwęższym jej miejscu: średnicę **18 mm** i wysokość **1 mm** (obrazy 42 i 43). Zauważ, że zastosowana wcześniej funkcja odbicia lustrzanego zapewnia zachowanie symetrii profilu podczas dalszych jego modyfikacji również, gdy zmiany dokonywane są na obiektach skopiowanych. Obserwuj zmieniającą się liczbę stopni swobody w szkicu.



Obraz 42

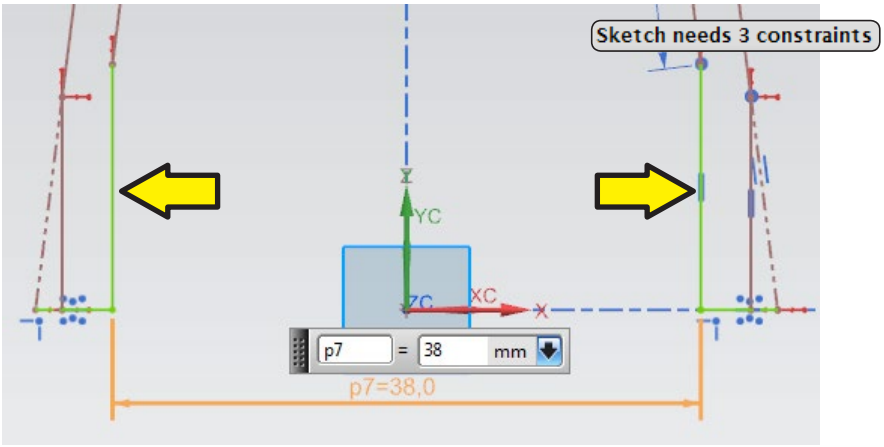
Obraz 43

- Kontynuując korzystanie z polecenia **Inferred Dimensions**, zaznacz jeden z pochylonych odcinków w rejonie szyjki tulejki oraz pobliski odcinek poziomy (obraz 44).



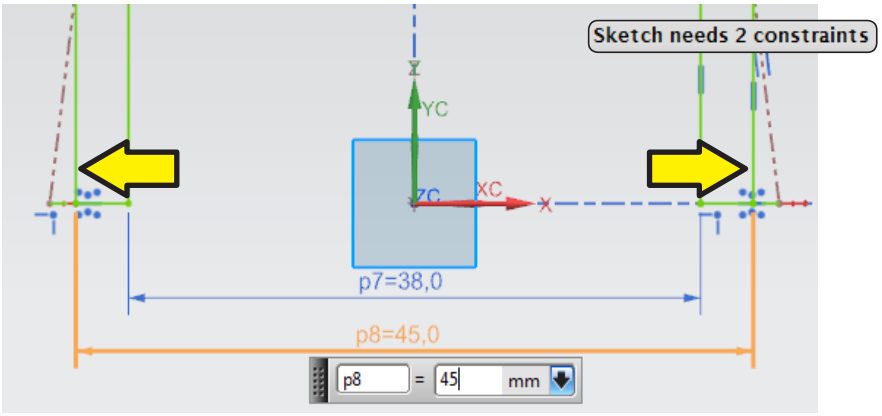
Obraz 44

- Zauważ, że program zastosował w tym przypadku wymiar kątowy. Umieść go i zdefiniuj wartość: **45°**.
- Wykorzystaj narzędzie **Inferred Dimensions** do zwymiarowania największej średnicy wewnętrznej u podstawy tulejki (obraz 45) i nadania jej wartości **38 mm**.



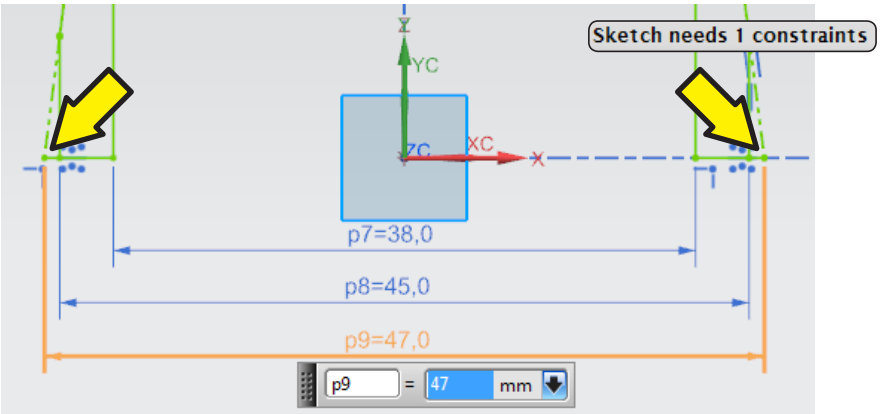
Obraz 45

- Wykorzystując to samo polecenie, dodaj wymiar pomiędzy dwoma pionowymi odcinkami równy **45 mm** (obraz 46), odpowiadający maksymalnej średnicy lica walcowego tulejki. Cały czas zwracaj uwagę na zmieniającą się liczbę stopni swobody w układzie.



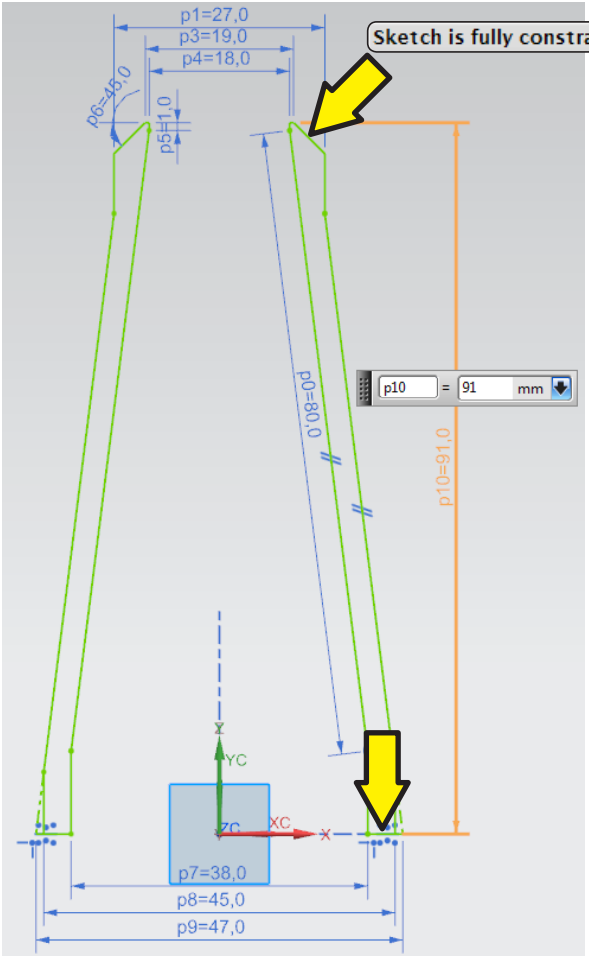
Obraz 46

- Włącz polecenie **Horizontal Dimension** i dodaj kolejny wymiar (obraz 47), tj. maksymalną odległość ukośnych tworzących stożka, przedłużonych do podstawy – ma ona wynosić **47 mm**.



Obraz 47

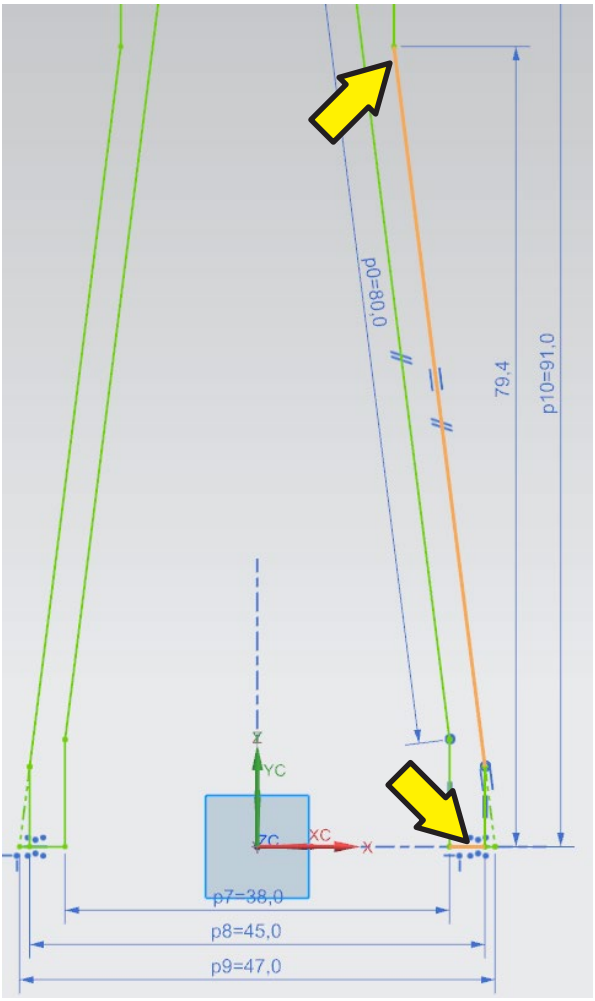
- Za pomocą polecenia **Vertical Dimension** wprowadź pionowy wymiar określający całkowitą wysokość profilu, zgodnie z obrazem 48.



Obraz 48

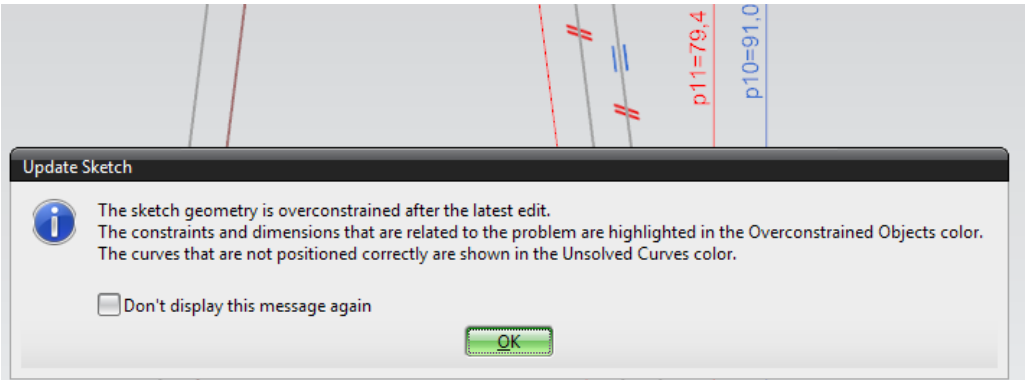
- Zwróć uwagę, że po wstawieniu tego wymiaru komunikat systemu nt. wolnych stopni swobody brzmi: „**Sketch is fully constrained**”, co można przetłumaczyć jako „**Szkic jest kompletnie zrelacjonowany i zwymiarowany**”. Zauważ też, że wszystkie linie szkicu mają teraz kolor oznaczający brak wolnych stopni swobody.

- Wstaw kolejny wymiar pionowy pomiędzy obiektami pokazanymi na obrazie 49.



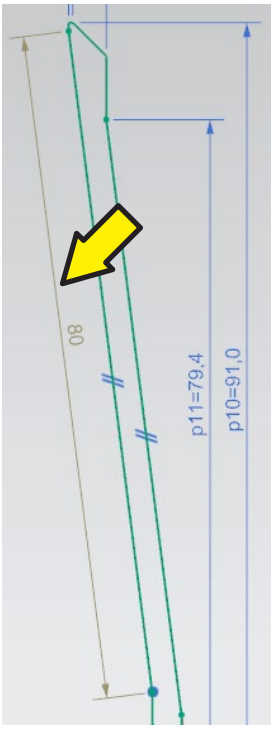
Obraz 49

- Zauważ, że podczas jego wstawiania system wyświetla komunikat o zbyt dużej liczbie zastosowanych wymiarów i więzów geometrycznych. Dodatkowo elementy nadmiarowe zostały oznaczone na szkicu kolorem czerwonym (obraz 50).

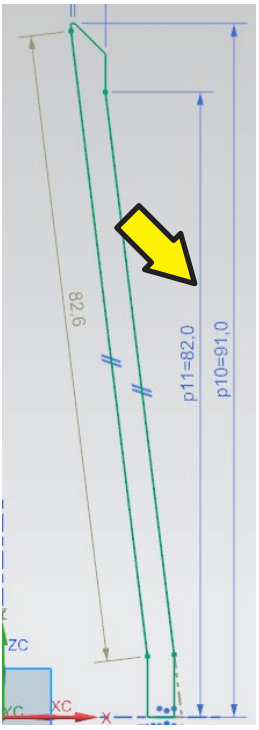


Obraz 50

- Kliknij prawym przyciskiem myszy na wymiarze **p0=80** i z listy wybierz polecenie **Convert to Reference**. Spowoduje to zamianę charakteru tego wymiaru, ze sterującego na informacyjny (obraz 51).
- Kliknij dwukrotnie na ostatnio wstawianym wymiarze i zmodyfikuj jego wartość na **82 mm** (obraz 52). Zauważ, że zmianie uległa wartość zdefiniowanego przed chwilą wymiaru informacyjnego.

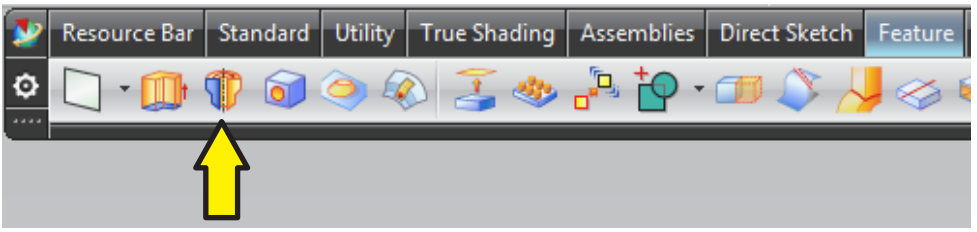


Obraz 51



Obraz 52

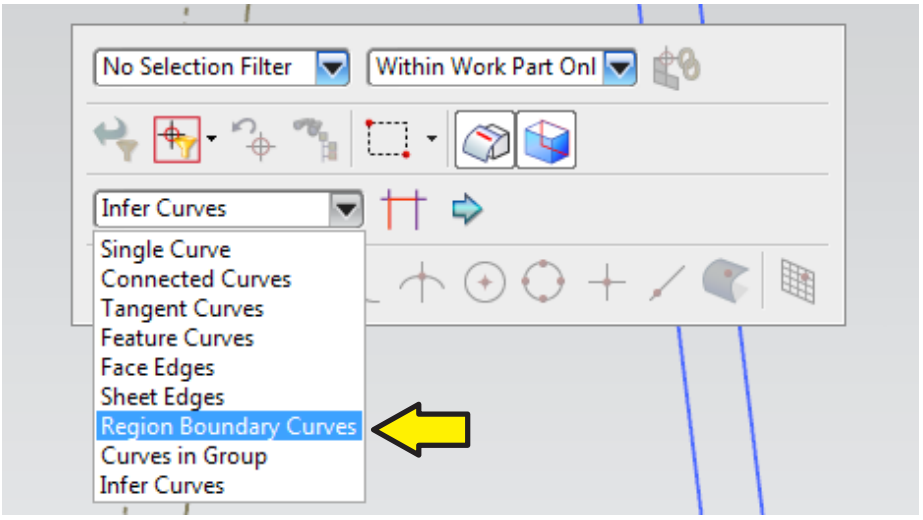
- Na pasku **Direct Sketch** wciśnij przycisk **Finish Sketch**, aby opuścić środowisko szkicownika.
- Na głównym pasku narzędziowym przejdź na zakładkę **Feature**, a następnie wciśnij przycisk wyciągnięcia obrotowego **Revolve** (obraz 53).



Obraz 53

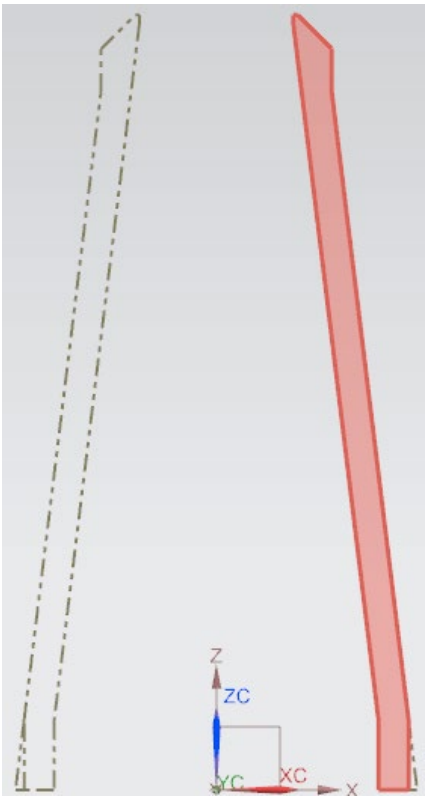
W systemie NX istnieje wiele narzędzi ułatwiających zaznaczanie elementów 2D i 3D. W celu przyspieszenia zaznaczania wielu elementów 2D profilu, wprowadzono narzędzie o nazwie **Selection Intent**. Narzędzie pozwala z listy wybrać odpowiednią opcję, która w momencie wskazywania jednego elementu 2D (np. linia) automatycznie zaznacza pozostałe elementy wg. ustalonego kryterium. W poniższym kroku ćwiczenia **Selection Intent** zostanie wykorzystany do szybkiego zaznaczenia zamkniętego konturu, który posłuży jako profil w operacji wyciągnięcia obrotowego (**Revolve**).

- Kliknij jednokrotnie prawym przyciskiem myszy w wolnym obszarze ekranu graficznego i z listy **Selection Intent** wybierz opcję **Region Boundary Curves** (obraz 54).

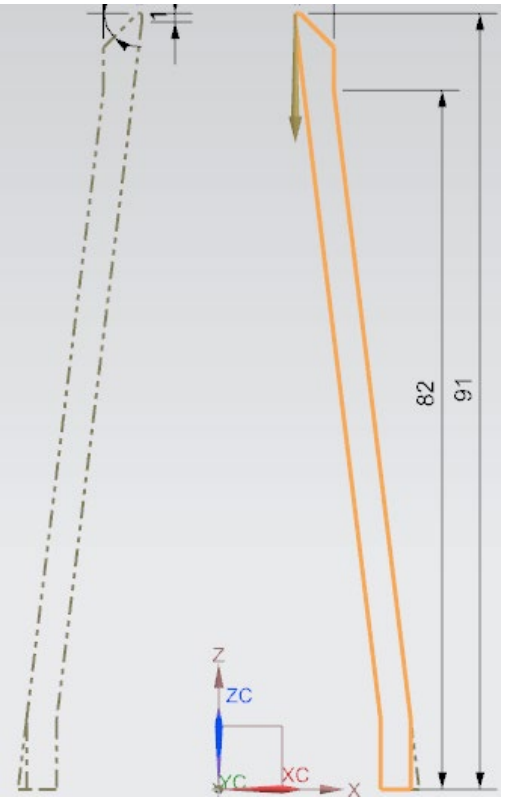


Obraz 54

- Kliknij w dowolnym miejscu wewnątrz zamkniętego profilu po prawej stronie – zwróć uwagę, że po najechaniu kursorem program podświetlił wskazywany obszar (obraz 55).
- Zauważ, że zaznaczone zostały wszystkie linie ograniczające wskazany obszar. Dodatkowo program wyświetlił wymiary sterujące zaznaczonym profilem, pozwalając na ich ewentualną modyfikację przez wykonaniem wyciągnięcia obrotowego (obraz 56).



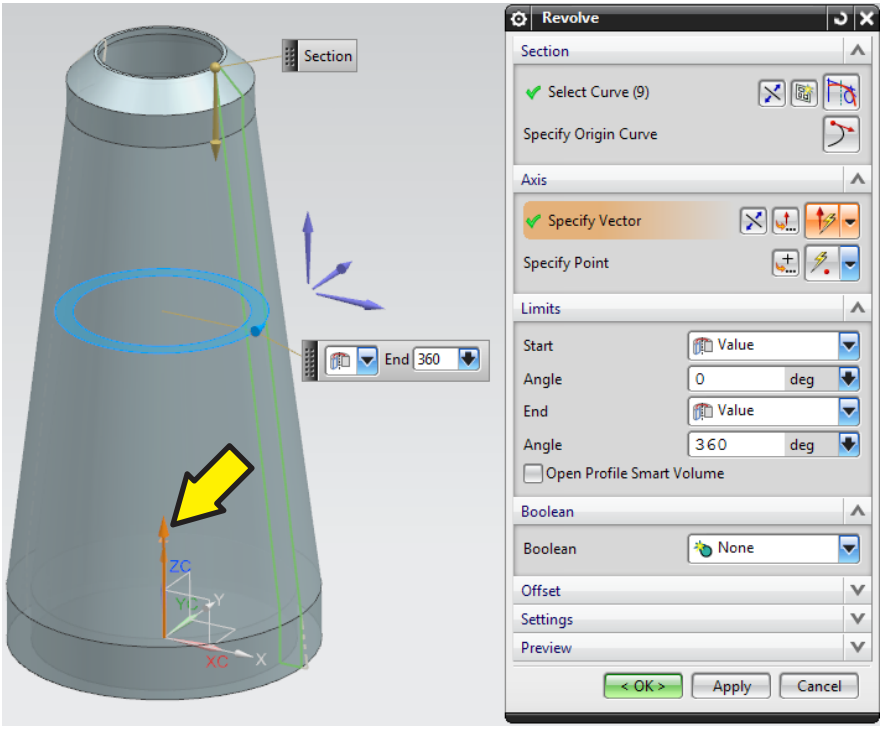
Obraz 55



Obraz 56

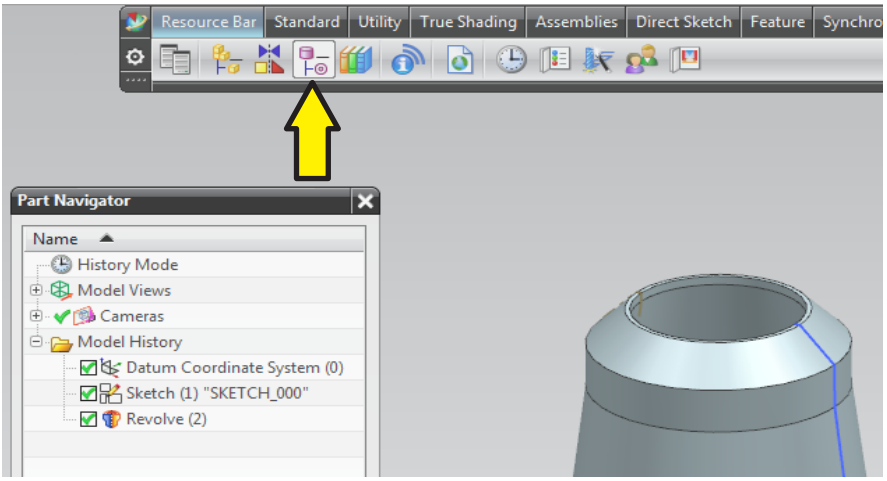
- Kliknij środkowy przycisk myszy, aby zaakceptować wybór profilu.

- **Zaznacz oś Z** układu współrzędnych jako oś obrotu – zostanie wyświetlony podgląd bryły obrotowej, jak na obrazie 57.



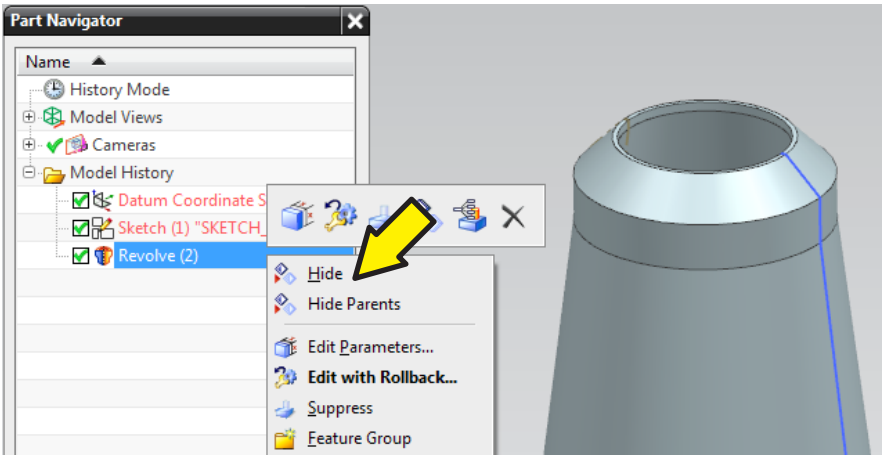
Obraz 57

- W oknie polecenia kliknij **OK**, aby zaakceptować wynik operacji. Możesz to również uczynić naciskając środkowy przycisk myszy.
- Na głównym pasku narzędzi przejdź do zakładki **Resource Bar** i włącz narzędzie **Part Navigator**, które służy do wyświetlania historii i zarządzania procesem modelowania części (obraz 58).



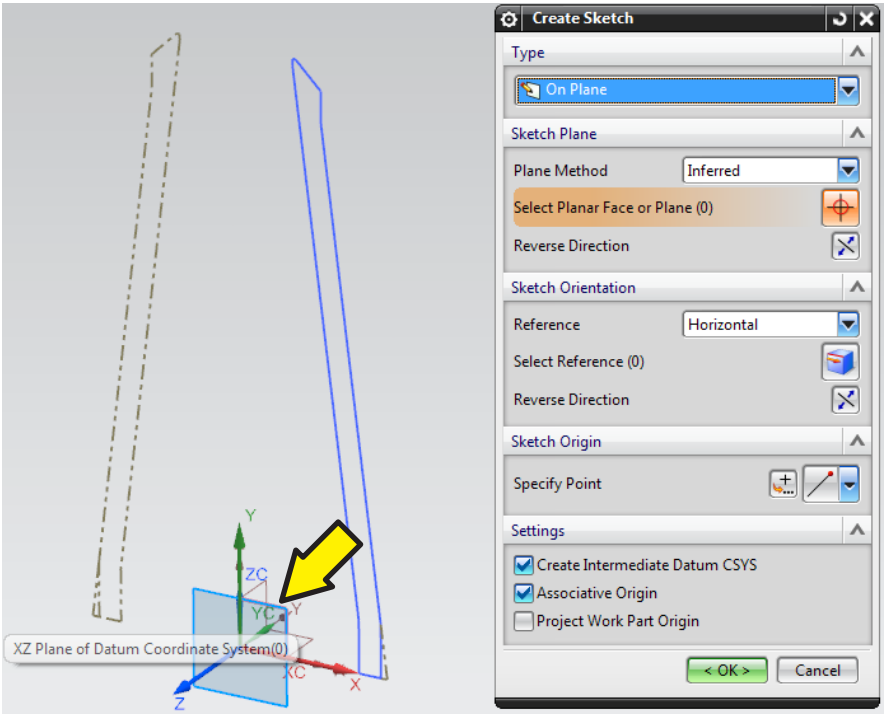
Obraz 58

- W oknie **Part Navigator** kliknij prawym przyciskiem myszy na operacji **Revolve**, następnie wybierz polecenie **Hide** – ukryjesz tym samym szybko obiekt bryłowy 3D (obrazy 59).



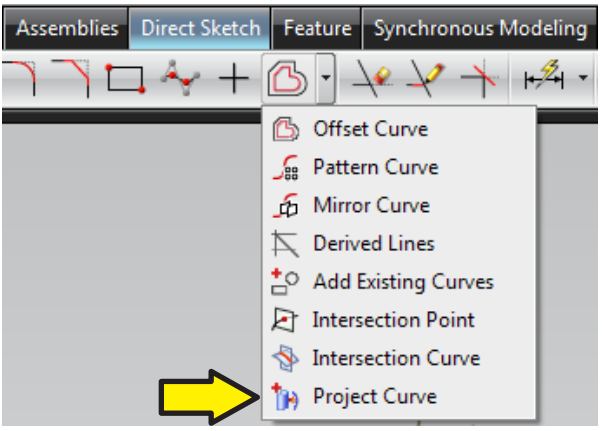
Obraz 59

- Na głównym pasku narzędzi z zakładki **Direct Sketch** wybierz polecenie **Sketch**, a następnie zaznacz płaszczyznę **XZ** i zatwierdź, klikając środowy przycisk myszy (obraz 60).



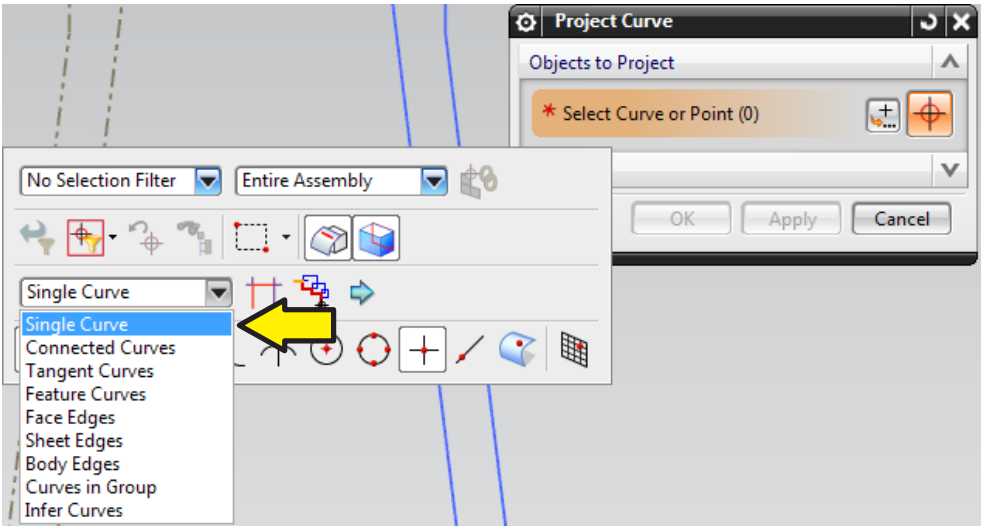
Obraz 60

- Na pasku narzędziowym **Direct Sketch** wybierz polecenie **Project Curve** (obraz 61).



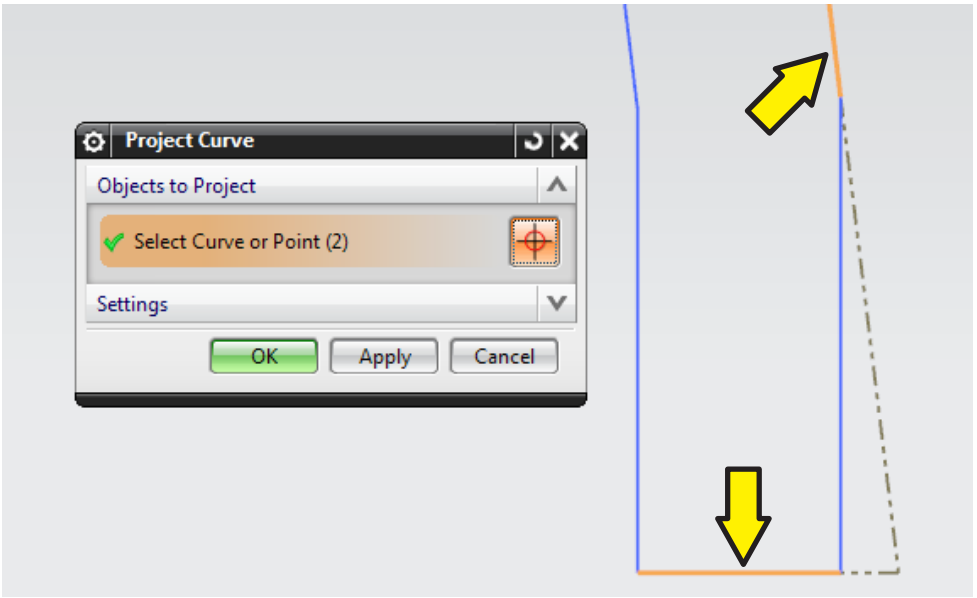
Obraz 61

- Wywołaj znane już Tobie narzędzie **Selection Intent** i wybierz opcję **Single Curve** (obraz 62).



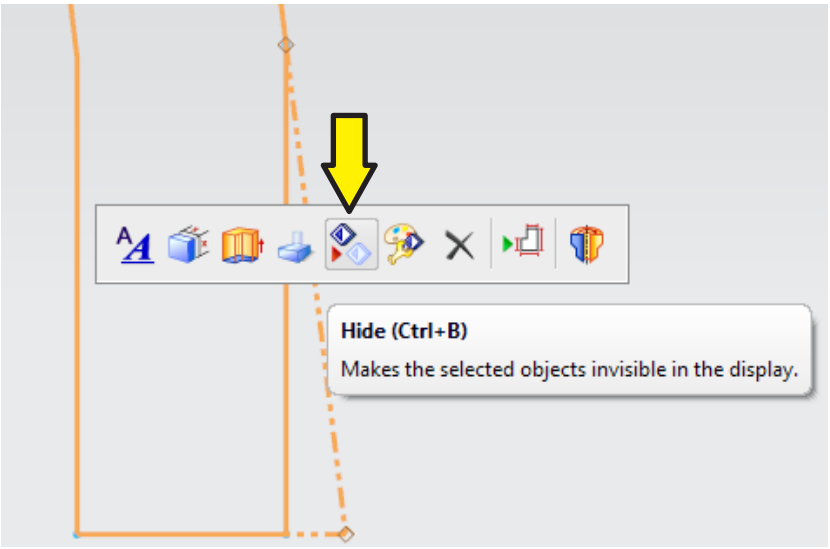
Obraz 62

- Skopiuj (kliknij kolejno, aby rzutować) do szkicu dwa odcinki z profilu pierwszej operacji zgodnie z obrazem 63 i zatwierdź operację środkowym przyciskiem myszy.



Obraz 63

- Ukryj szkic pierwszej operacji – kliknij na jednym z elementów tego szkicu i z podręcznego paska narzędzi wybierz polecenie **Hide** (obraz 64).

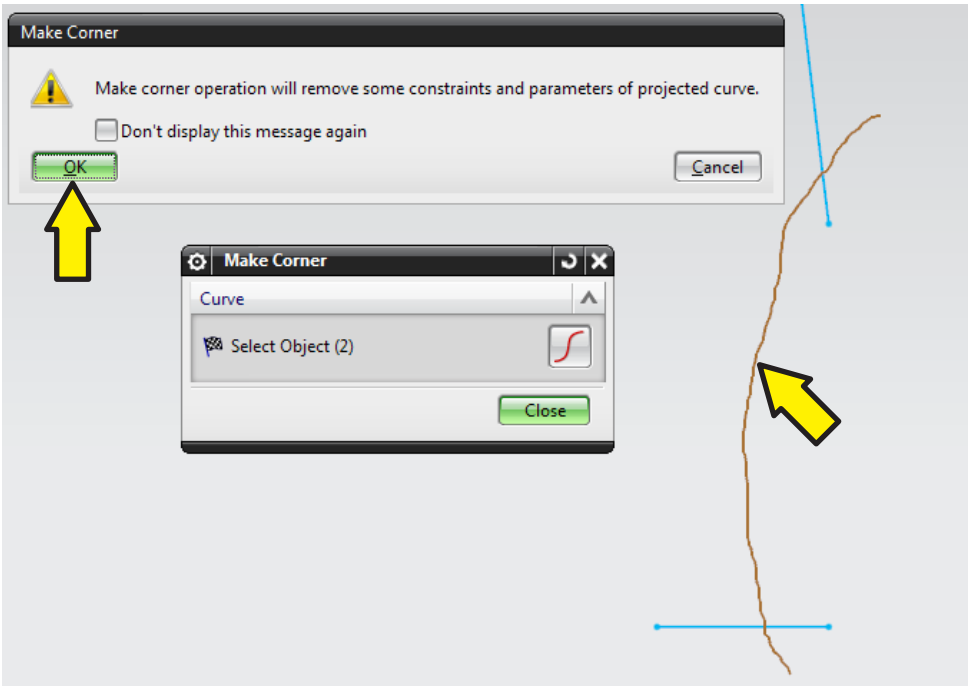


Obraz 64

- Na pasku **Direct Sketch** wybierz polecenie **Make Corner**.

Polecenie **Make Corner** to niezwykle wydajne narzędzie wspomagające rysowanie 2D. Przeznaczone jest do szybkiego tworzenia naroży 2D. W odróżnieniu od polecenia **Quick Trim** pozwala nie tylko odcinać niepotrzebne fragmenty przecinających się linii, ale również utworzyć naroże z dwóch linii niepołączonych ze sobą, ale posiadających wirtualny punkt przecięcia.

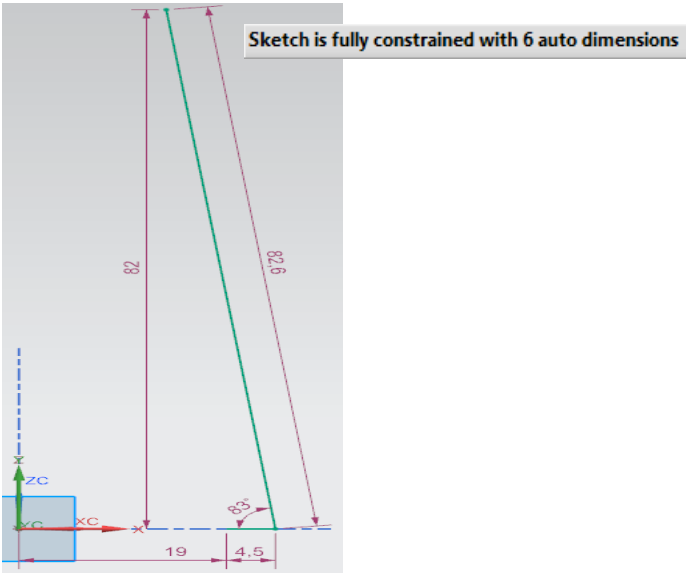
- **Wciśnij lewy przycisk myszy i przytrzymując go „przejedź" po dwóch odcinkach** od góry do dołu (pomarańczowa krzywa), jak pokazano na obrazie 65 (po wewnętrznej części tworzonego naroża).
- Kliknij **OK** w oknie informującym o usunięciu parametrów (powiązania z oryginałem) zrzutowanych krzywych.



Obraz 65

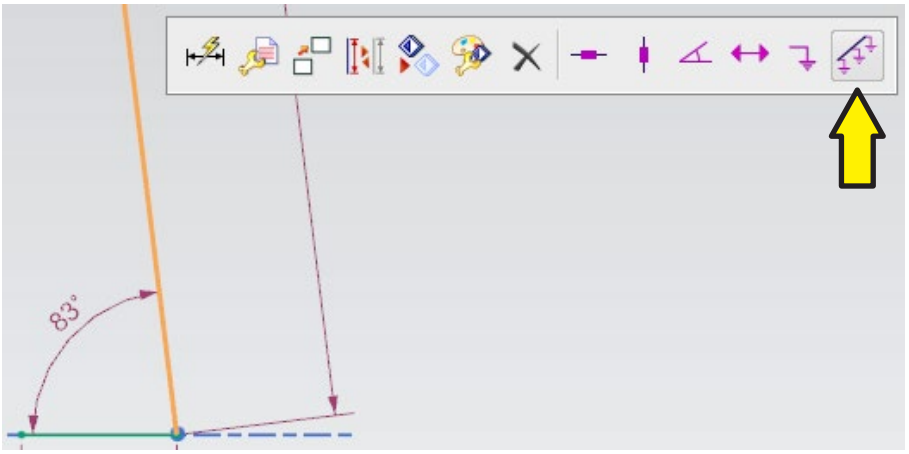
- W oknie polecenia **Make Corner** kliknij **Close**, aby je opuścić.

Zauważ, że stworzony właśnie fragment profilu został automatycznie zwymiarowany. Wynika to z faktu, że w tym szkicu nie została wyłączona funkcja **Continuous Auto Dimensioning**, jak to miało miejsce w przypadku pierwszego szkicu. Widoczne na ekranie **wymiary automatyczne** generowane są przez system w taki sposób, aby odebrać elementom szkicu wszystkie stopnie swobody (obraz 66). Należy jednak pamiętać, że **nie są one wymiarami sterującymi**, czyli nadal możliwe jest swobodne przemieszczanie poszczególnych elementów szkicu. Dopiero zamiana tych wymiarów na sterujące lub nadanie dodatkowych więzów geometrycznych zapewnia pełne zdefiniowanie stworzonego profilu.



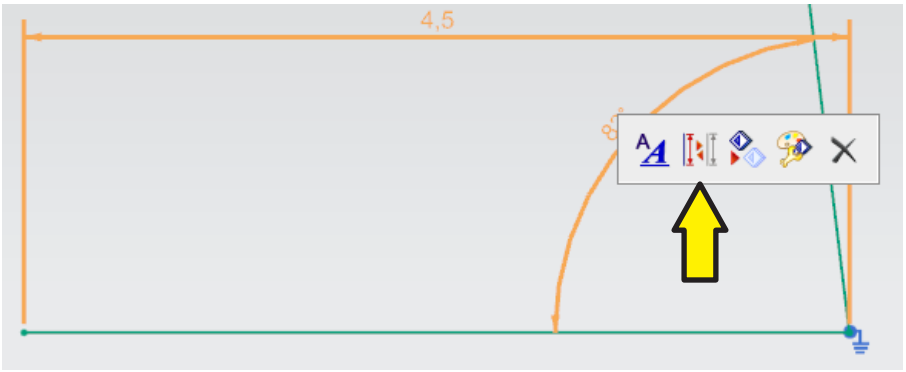
Obraz 66

- Zaznacz dłuższy z odcinków i z podręcznego paska narzędzi wybierz relację **Fully Fixed**, aby odebrać mu wszystkie stopnie swobody (obraz 67).



Obraz 67

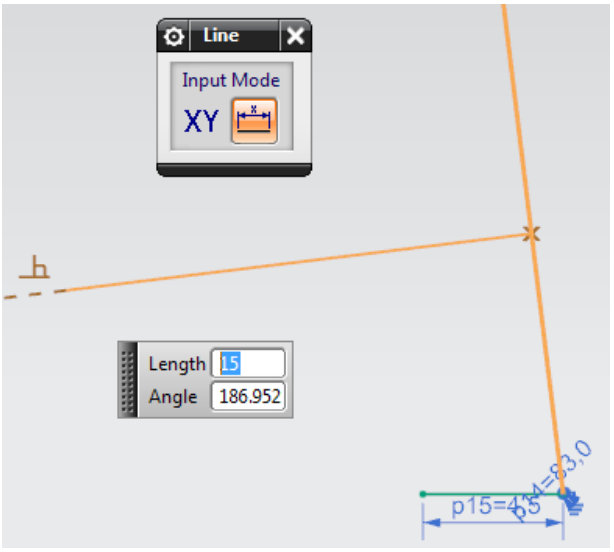
- Zaznacz dwa pozostałe wymiary automatyczne, a następnie na podręcznym pasku narzędzi kliknij funkcję **Convert to Driving**, aby zamienić je na sterujące (obraz 68).



Obraz 68

W ten sposób szkicowi zostały odebrane wszystkie stopnie swobody – na pasku informacyjnym pojawił się napis **Sketch is fully constrained**.

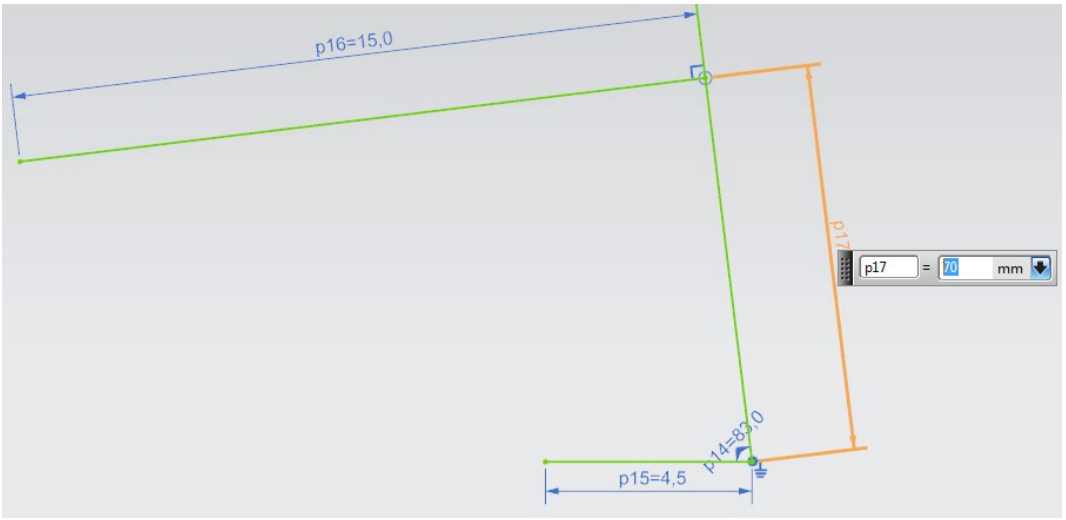
- Z paska narzędzi **Direct Sketch** wybierz polecenie **Line** i narysuj odcinek o długości **15 mm**, prostopadły do dłuższego z istniejących odcinków (obraz 69).



Obraz 69

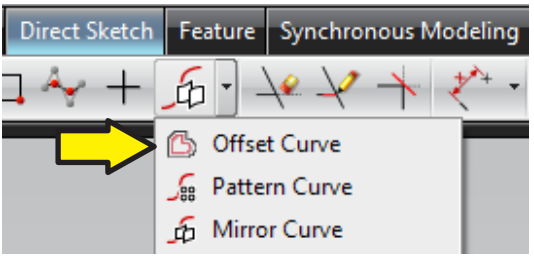
- Naciśnij środkowy przycisk myszy, aby zakończyć działanie funkcji **Line**.
- Zamień wymiar automatyczny o wartości **15 mm** na wymiar sterujący.

- Z paska **Direct Sketch** wybierz funkcję wymiarowania **Perpendicular Dimension** i zwymiaruj odległość prostopadłego odcinka od dolnego punktu końcowego najdłuższego odcinka (obraz 70). Wpisz wartość nowego wymiaru **70 mm**.



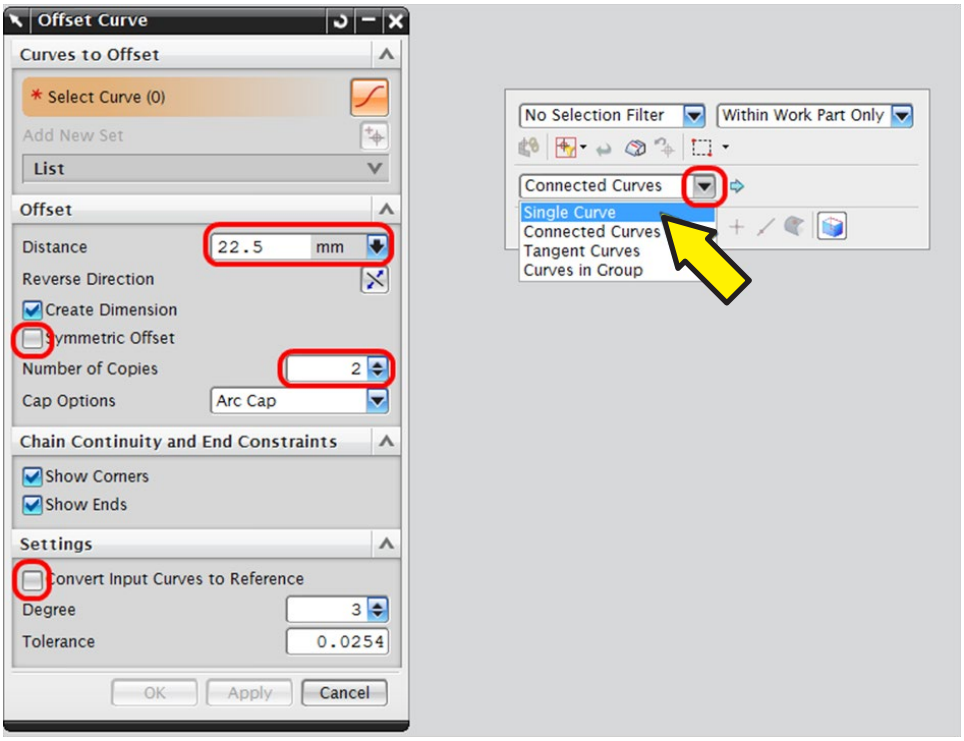
Obraz 70

- Z listy, którą wcześniej wykorzystałeś do wyboru polecenia **Mirror Curve**, wybierz narzędzie służące do tworzenia odsunięć: **Offset Curve** (obraz 71).



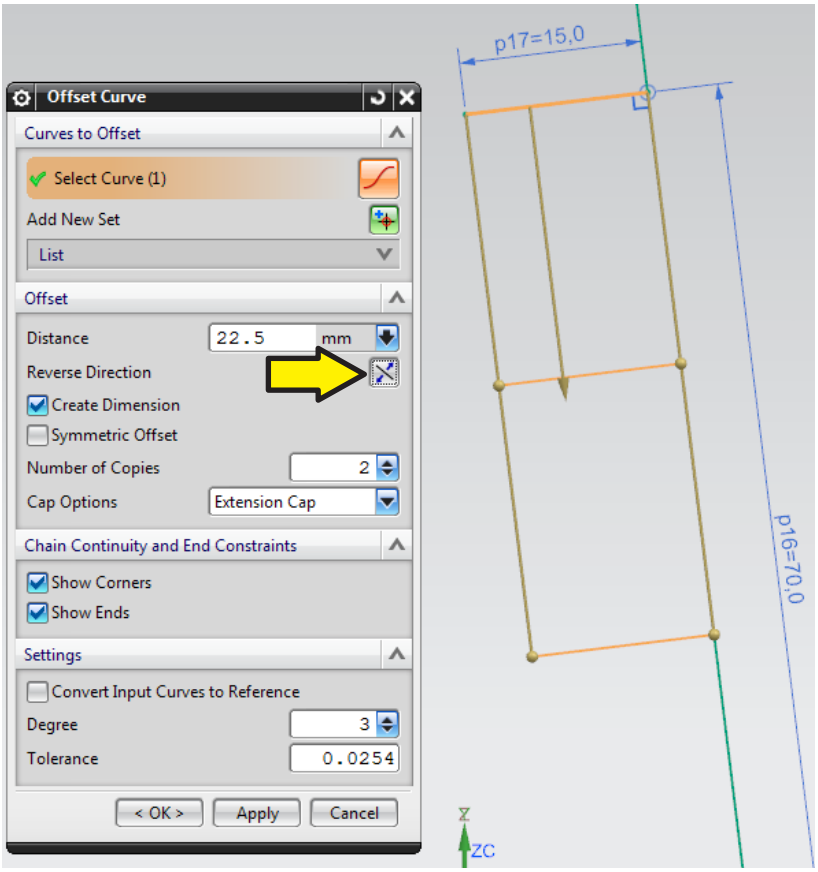
Obraz 71

- Ustaw opcje w oknie polecenia zgodnie z obrazem 72 (upewnij się, że opcje zaznaczone na czerwono są wyłączone).
- Zmień sposób zaznaczania krzywych, klikając prawym przyciskiem myszy w oknie graficznym i wybierając opcję **Single Curve** (obraz 72).



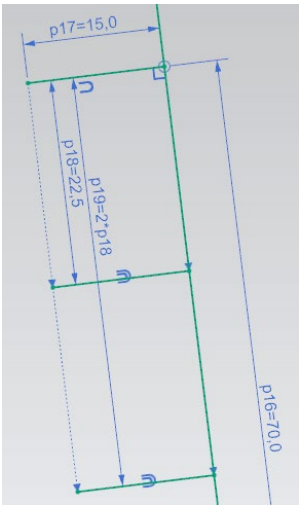
Obraz 72

- Kliknij krótszą linię (**15 mm**), aby utworzyć kolejne dwie, odsunięte od niej co **22,5 mm**. Odsunięte linie powinny wyglądać, jak na obrazie 73 – jeśli są odsunięte w górę, kliknij przycisk **Reverse Direction**, aby ustawić je zgodnie z ilustracją.



Obraz 73

- Kliknij **OK**, aby dokończyć operację – zwróć uwagę, że system automatycznie wprowadził odpowiednie wymiary (obraz 74).

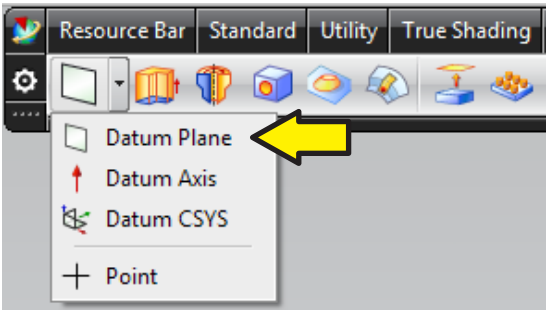


Obraz 74

- Wyjdź ze szkicownika, wybierając **Finish Sketch**.
- Wykorzystując tę samą metodę, jak w przypadku ukrywania obiektu, pokaż model bryłowy (**Part Navigator**->**Revolve**->**Show**).

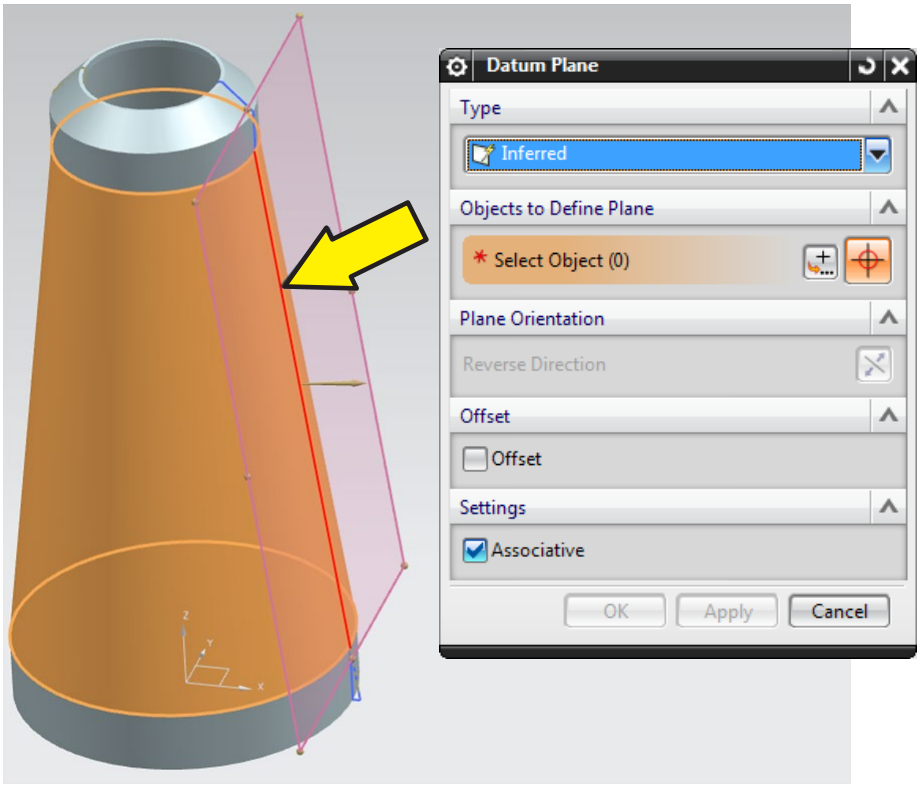
W kilku poprzednich krokach wykonany został szkic, który będzie pomocą do wykonania otworów w tulei. W dalszej części ćwiczenia pokazano tok postępowania w przypadku tworzenia otworów na licach niepłaskich, gdzie do ich pozycjonowania wykorzystywane są dodatkowe płaszczyzny, szkice oraz układy współrzędnych.

- Na głównym pasku narzędzi przejdź do zakładki **Feature**, następnie wybierz polecenie **Datum Plane** (obraz 75).



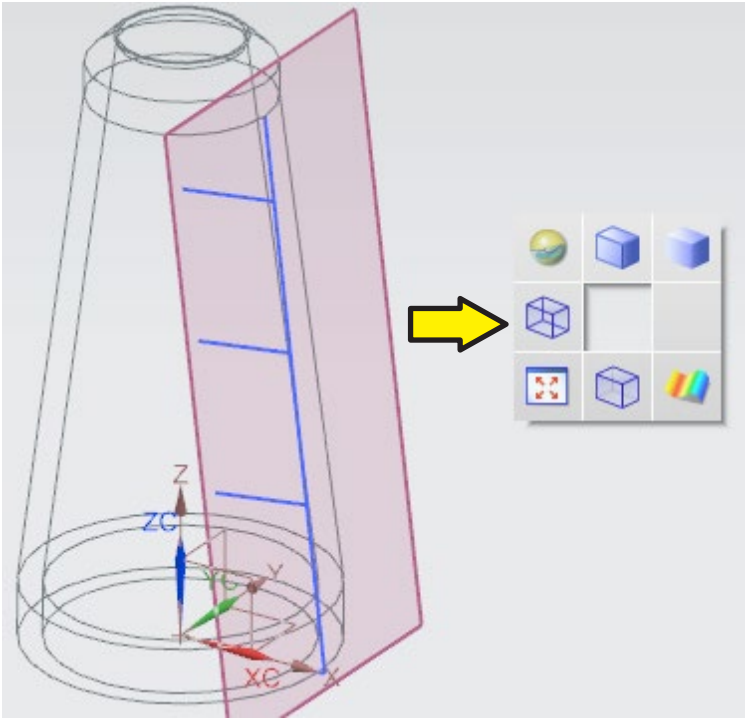
Obraz 75

- Zwróć uwagę, że w oknie dialogowym spośród bardzo wielu trybów działania polecenia (rozwiń listę **Type**), domyślny tryb to **Inferred** (wybór automatyczny).
- Upewnij się, że opcje w oknie dialogowym są identyczne do przedstawionych na obrazie 76 i wskaż **zewnętrzne lico stożkowe tulejki**, a następnie długą linię szkicu (zaznaczona na czerwono), aby właściwie zlokalizować tworzoną płaszczyznę.



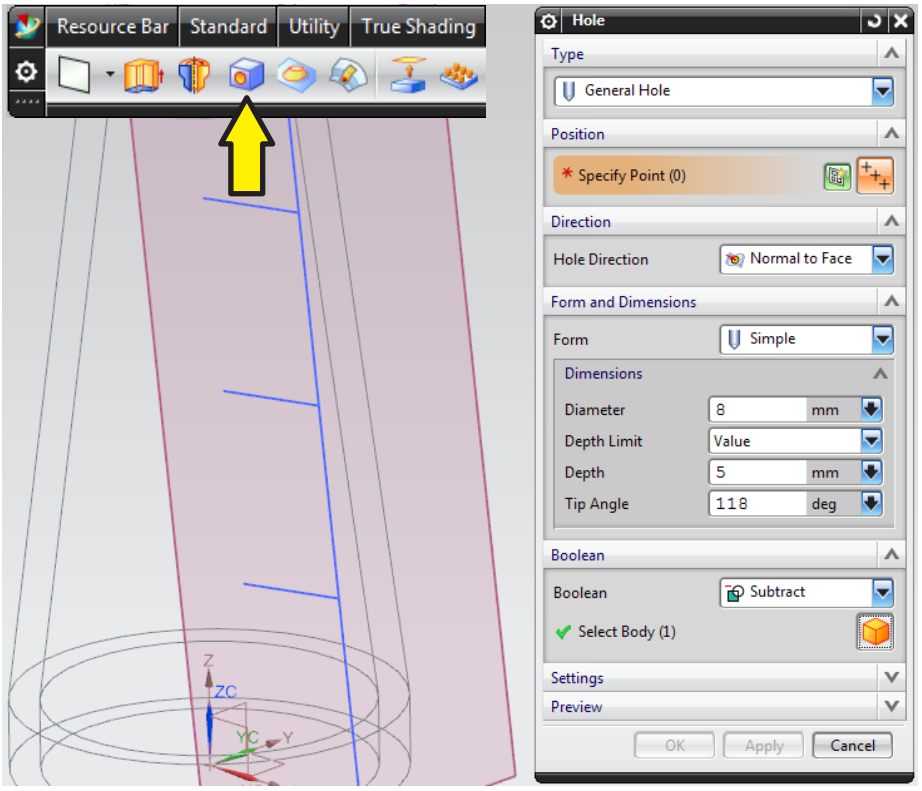
Obraz 76

- Kliknij **OK**, aby zakończyć polecenie.
- Wykorzystując poznane wcześniej gesty myszy lub menu podręczne, przełącz się do widoku krawędziowego **Static Wireframe** (obraz 77).



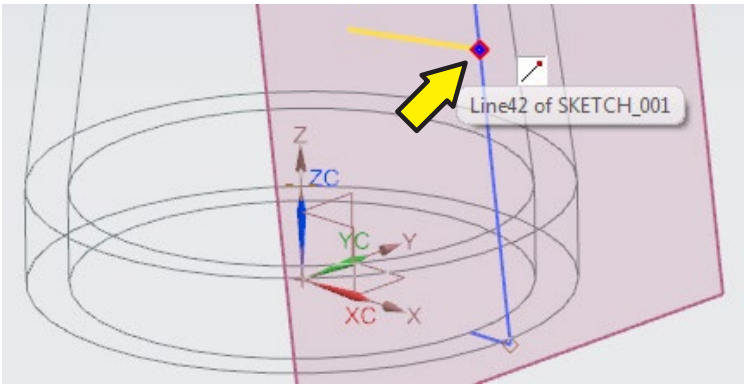
Obraz 77

- Z głównego paska narzędzi, z zakładki **Feature** wybierz polecenie **Hole**, następnie dokonaj ustawień w oknie polecenia zgodnie z obrazem 78 (**Diameter = 8 mm; Depth Limit = Value; Depth = 5 mm**).



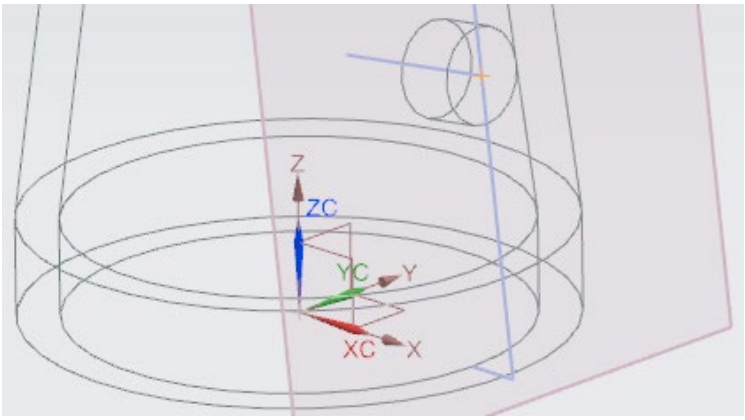
Obraz 78

- Po dokonaniu ustawień kliknij na polu **Specify Point** w grupie **Position**.
- Kliknij na „prawym" końcu najniższego z odsuniętych odcinków szkicu wchodzących w skład drugiego szkicu, zgodnie z obrazem 79.



Obraz 79

- W oknie polecenia kliknij **OK**, aby zakończyć tworzenie otworu – efekt powinien być taki, jak na obrazie 80.



Obraz 80

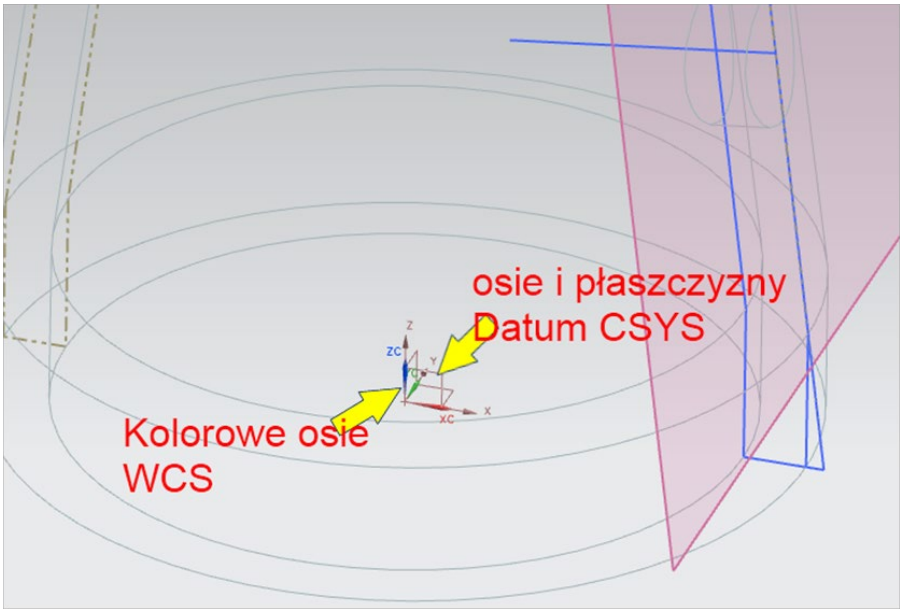
- Zwróć uwagę na okno **Part Navigator** i zapoznaj się z możliwościami pokazywania i ukrywania elementów – zaznaczaj wybrane operacje (**Feature**), szkice (**Sketch**) i płaszczyznę (**Datum Plane**) i wykorzystując menu podręczne, spróbuj je ukrywać i ponownie wyświetlać.

W systemie NX do tworzenia operacji, między innymi otworów, wykorzystuje się dwa typy układów współrzędnych (obraz 81):
- roboczy układ współrzędnych **WCS (Work Coordinate System)**,
- lokalny układ współrzędnych **(Datum Coordinate System)**.

Najważniejsze cechy poszczególnych układów, to:
a) **WCS:**
- wizualnie reprezentowany przez wyraźne, kolorowe i pogrubione osie,
- domyślnie nie występuje w **Part Navigator**,
- jeżeli nie jest widoczny, można go pokazać wciskając na klawiaturze przycisk **W** lub wybierając menu **Format**->**WCS**->**Display**,
- położenie WCS może być zmieniane w dowolnej chwili bez wpływu na inne obiekty,
- występuje tylko jeden WCS,
- przeznaczony m.in. do pozycjonowania innych obiektów (np. układów Datum CSYS) i ustalania kierunków w operacjach.

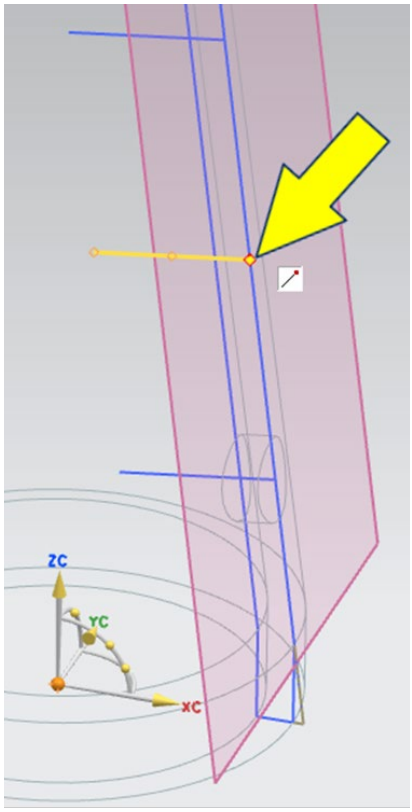
b) **Datum Coordinate System:**

- wizualnie reprezentowany przez trzy osie i płaszczyzny,
- pierwszy bazowy występuje w **Part Navigator** jako **Datum Coordinate System (0)**,
- jeżeli jest ukryty, można go pokazać poprzez zaznaczenie w Part Navigator i wybór polecenia **Show**,
- zmiana położenia zależna jest od sposobu utworzenia, może być asocjatywny względem innych obiektów lub nie,
- istnieje możliwość wprowadzenia dowolnej ilości układów **Datum CSYS**,
- przeznaczony głównie jako baza do wykonywania operacji.

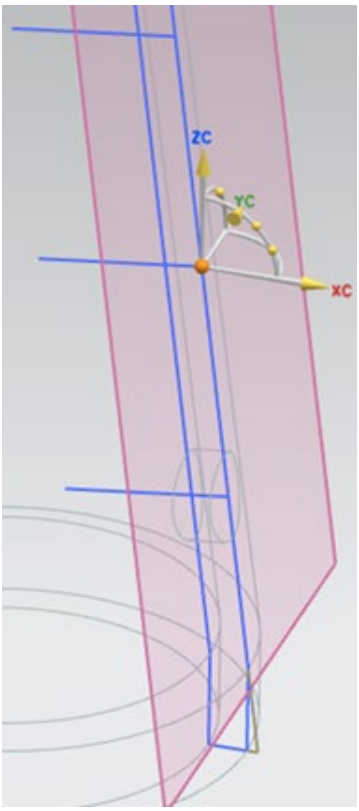


Obraz 81

- Jeśli **WCS** nie jest widoczny, kliknij **W**, aby go pokazać.
- Ukryj **Datum Coordinate System (0)** (**Part Navigator**->**Hide**) – w położeniu bazowym pozostanie jedynie **WCS**.
- Kliknij dwa razy lewym przyciskiem myszy na jego wybranej osi – **WCS** przejdzie w tryb zmiany położenia.
- Kliknij na „prawym" końcu środkowego odcinka drugiego szkicu, jak pokazano na obrazie 82 – WCS zmieni współrzędne swojego początku z domyślnych [0,0,0] na współrzędne tego punktu, czego efekt przedstawia obraz 83.

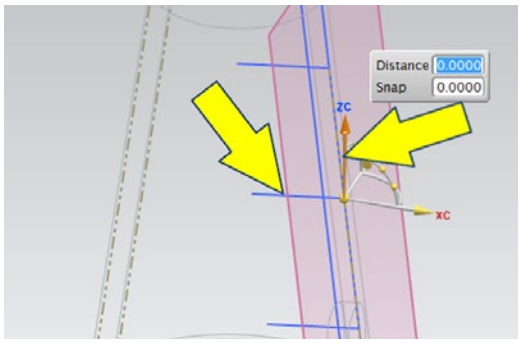


Obraz 82



Obraz 83

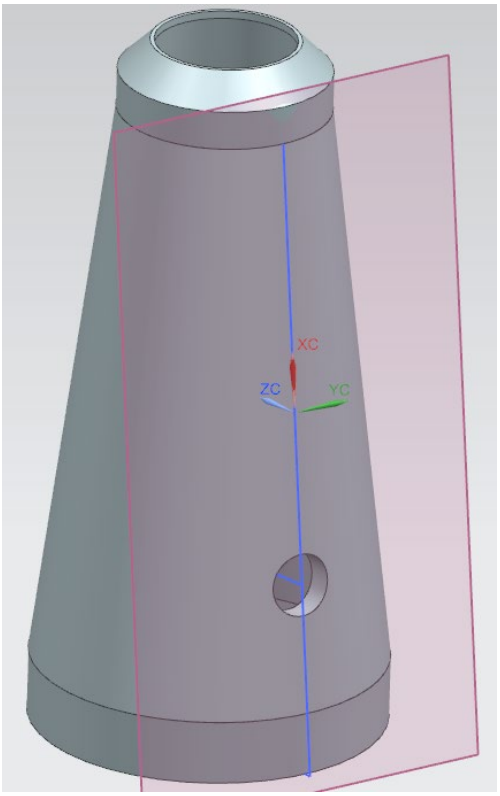
- Kliiknij **oś Z** WCS, a następnie ww. odcinek (obraz 84) – efekt zmiany przedstawiono na obrazie 85.



Obraz 84

Obraz 85

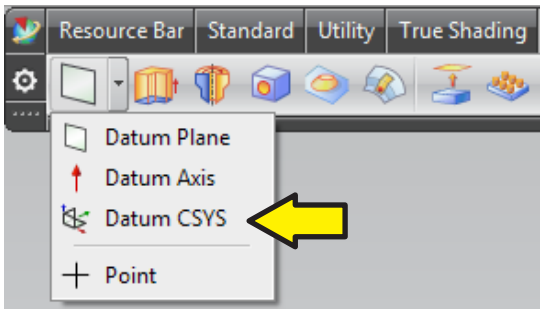
- Kliknij środkowy przycisk myszy (rolka), aby zatwierdzić zmiany.
- Wykorzystując menu podręczne lub gesty myszy, zmień rodzaj widoku na cieniowany z krawędziami (**„Shaded with Edges”**), aby model prezentował się jak na obrazie 86.



Obraz 86

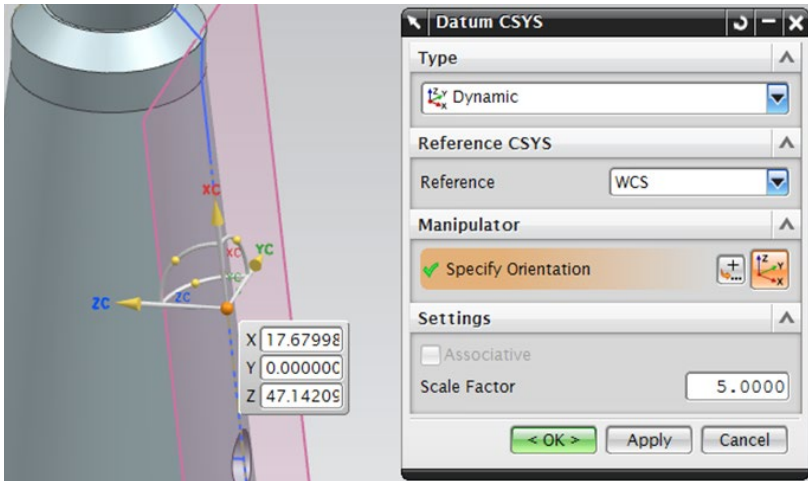
Pomimo, że pozycjonowanie **Datum CSYS** może się odbywać na wiele sposobów, wielu doświadczonych użytkowników NX stosuje w tym celu układ **WCS**. WCS wykorzystuje tzw. uchwyty, dzięki którym zmiana orientacji układu jest szybka i intuicyjna (technika przeciągnij i upuść). W dalszej części ćwiczenia przedstawiono najważniejsze możliwości manipulacji układem WCS, wykorzystując go jako referencję do zorientowania nowego układu Datum CSYS.

- Na głównym pasku narzędziowym, z zakładki **Feature** wybierz polecenie **Datum CSYS** (obraz 87).



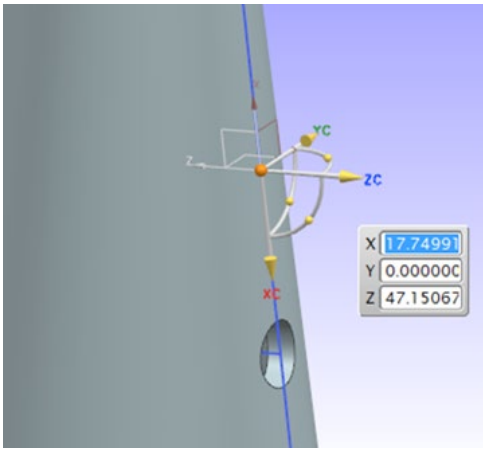
Obraz 87

- W oknie polecenia dokonaj ustawień jak na obrazie 88 – zwróć też uwagę na możliwość ponownego wykorzystania narzędzi z grupy **Inferred** (lista rozwijalna **Type**). **Nie klikaj OK.**



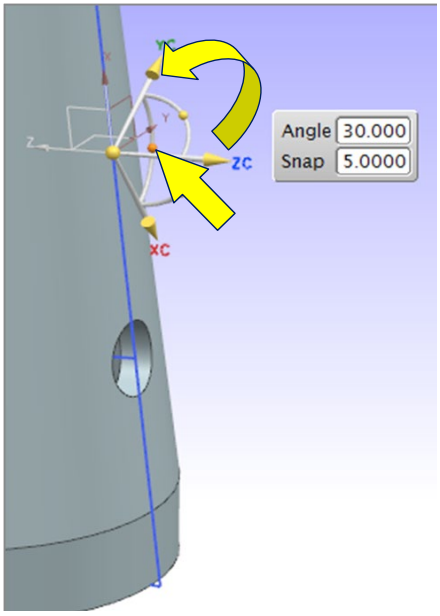
Obraz 88

- Kliknij dwukrotnie na **osi Z** układu **Datum CSYS/WCS**.
- Zauważ, że układ zmienił **zwrot osi Z** (obraz 89).

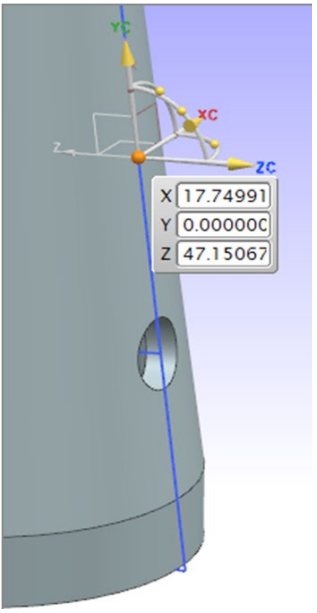


Obraz 89

- Aby obrócić tworzony układ względem **osi Z o 90° w kierunku odwrotnym do ruch wskazówek zegara, chwyć (kliknij i przytrzymaj) uchwyt na łuku zbudowanym pomiędzy osiami Y i X układu** i **rozpocznij obrót** w ww. kierunku (obraz 90). Efekt widoczny jest na obrazie 91.
- Zauważ, że jest możliwe wpisanie wartości konkretnego obrotu (**Angle**), a także określenie skoku dla obrotu manualnego (**Snap**).

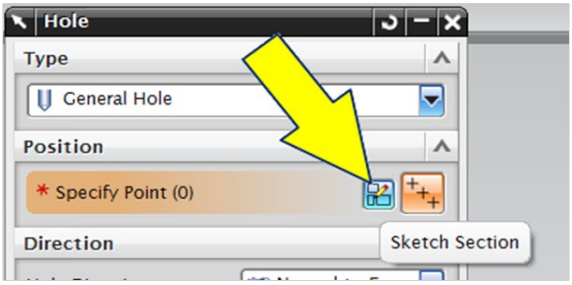


Obraz 90



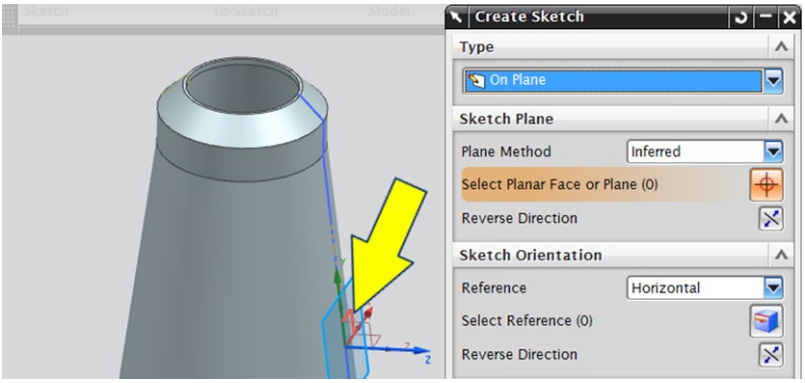
Obraz 91

- Kliknij OK, aby zaakceptować orientację nowego układu.
- Ukryj WCS, klikając klawisz **W**.
- Wykorzystując **Part Navigator**, ukryj płaszczyznę (**Datum Plane**), którą wykorzystywałeś do wstawienia pierwszego otworu.
- Wybierz polecenie **Hole**, następnie w oknie polecenia w grupie **Position** wciśnij przycisk **Sketch Section** – w odróżnieniu od poprzednio zastosowanej metody, tym razem wstawisz otwór z wykorzystaniem szkicownika (obraz 92).



Obraz 92

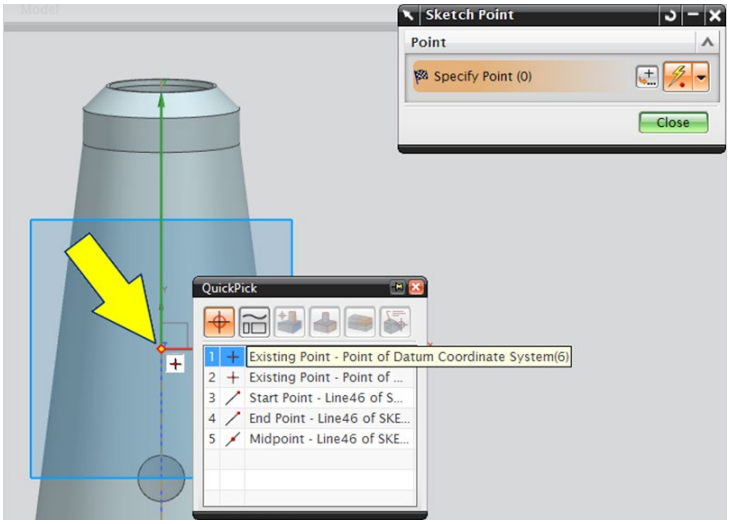
- Upewnij się, że opcje w oknie polecenia są zgodne z pokazanymi na obrazie 93.
- Wskaż płaszczyznę **XY** ostatnio utworzonego układu współrzędnych jako płaszczyznę szkicowania, następnie wciśnij **OK**, aby wejść do szkicu (obraz 93).



Obraz 93

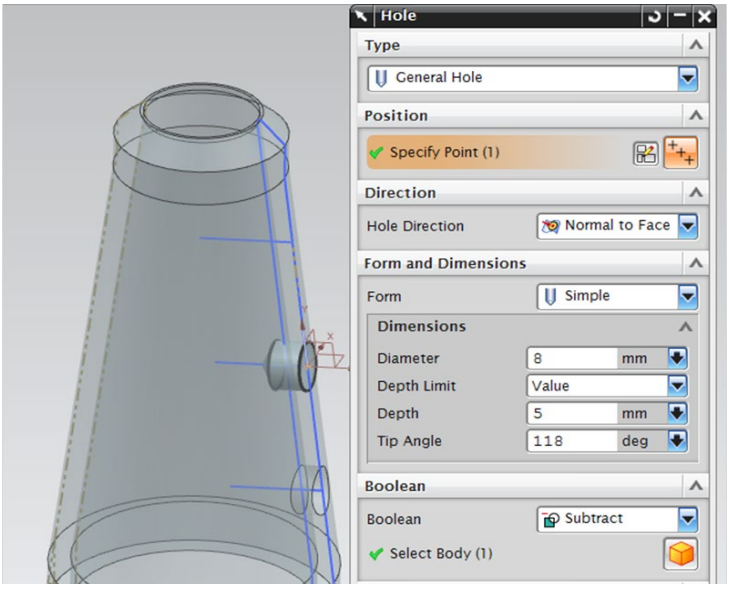
- Jeśli nie jest włączona funkcja **Sketch Point**, przejdź na zakładkę **Sketch Tools** i wybierz **Point**.

- Kliknij w początek układu współrzędnych, aby wstawić punkt – chcąc mieć pewność dotyczącą dokładnego położenia punktu, możesz wykorzystać znane już narzędzie **QuickPick** (obraz 94).



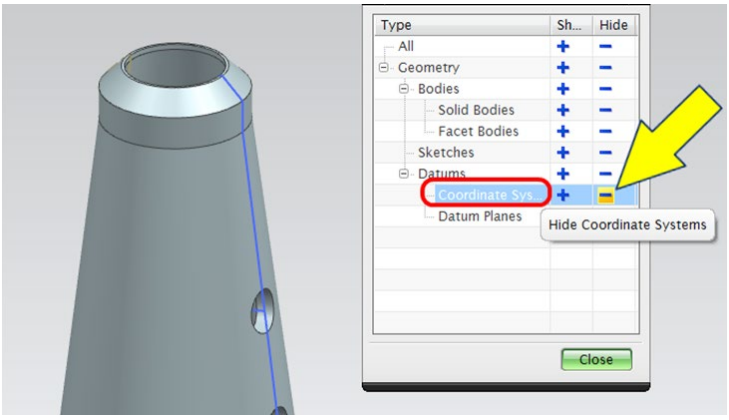
Obraz 94

- Wyjdź ze szkicownika (zakładka **Sketch**->**Finish Sketch**).
- Upewnij się, że opcje otworu odpowiadają opcjom na obrazie 95 (okno dialogowe) i wciśnij **OK**.



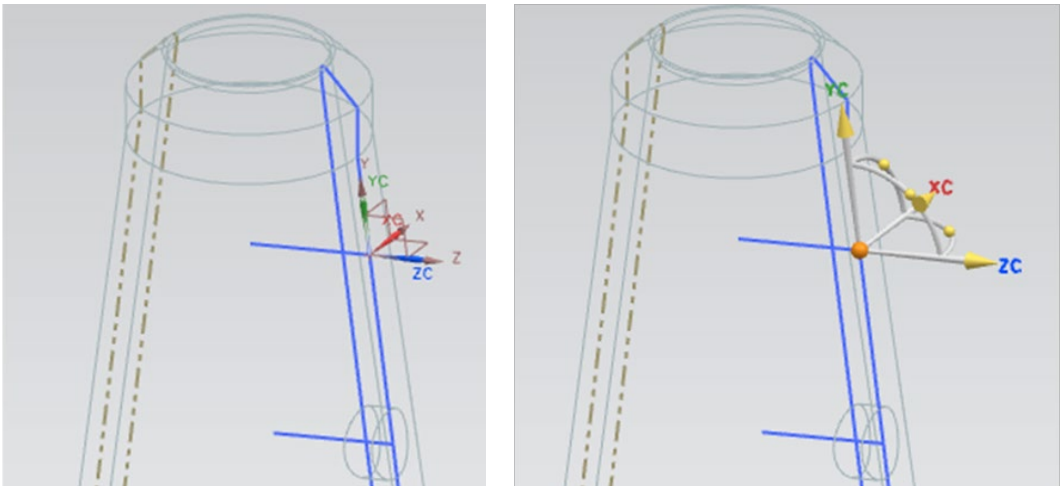
Obraz 95

- Wciśnij i przytrzymaj klawisze **CTRL** i **W**, aby uruchomić polecenie **Show and Hide** (polecenie dostępne też na zakładce **Utility** na pasku głównym).
- W oknie **Show and Hide** przy pozycji **Coordinate Systems** kliknij przycisk z symbolem „–" i zwróć uwagę, że ukryte zostały wszystkie układy Datum CSYS (obraz 96).



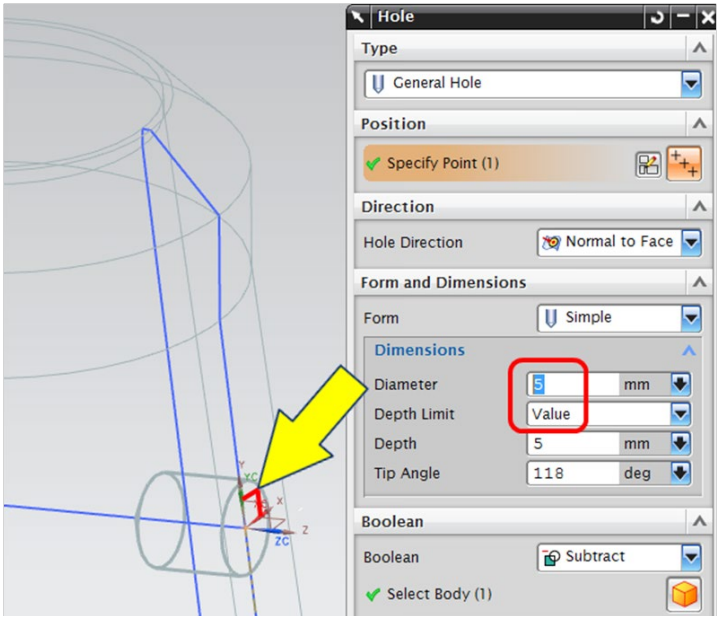
Obraz 96

- Pokaż układ **WCS** (klawisz **W**).
- Włącz widok krawędziowy – **Static Wireframe** (np. gestem myszy).
- Wykorzystując poznane wcześniej techniki, przenieś **WCS** w miejsce pokazane na obrazie 97 (upewnij się że oś Z jest wyrównana z „krótką" linią szkicu), następnie **wstaw pokrywający się z WCS nowy układ Datum CSYS** (obraz 98).



Obraz 98

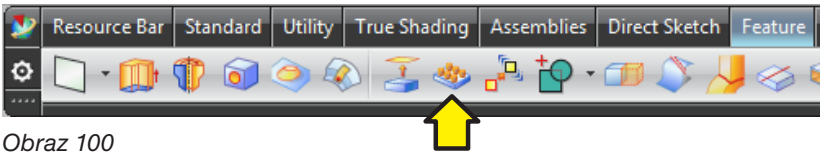
- Stosując drugą z poznanych metod, wstaw nowy otwór (**Hole**) na wskazanej płaszczyźnie (**XY**) nowego **Datum CSYS** – ustal parametry zgodnie z ilustracją (obraz 99).



Obraz 99

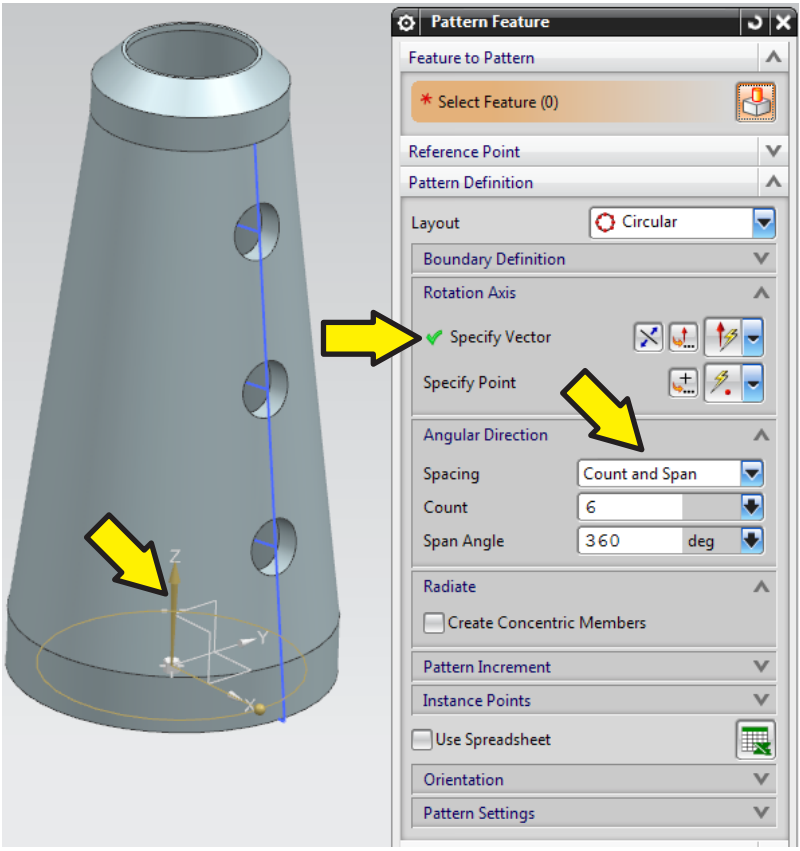
W przypadku powtarzających się elementów geometrii nie ma sensu tworzyć kolejnych identycznych operacji. Operacje czy też lica będące fragmentami geometrii mogą być powielane w różny sposób. System NX oferuje wiele narzędzi umożliwiających powielanie geometrii, tj. tworzenia kopii geometrii, kopii lustrzanych czy szyków. Do powielenia otworów tulei w ćwiczeniu zostanie wykorzystane polecenie **Pattern Feature**.

- Korzystając z okna **Part Navigator**, pokaż bazowy układ **Datum Coordinate System (0)**.
- Na pasku narzędzi przejdź na zakładkę Feature i wybierz polecenie Pattern Feature (obraz 100).



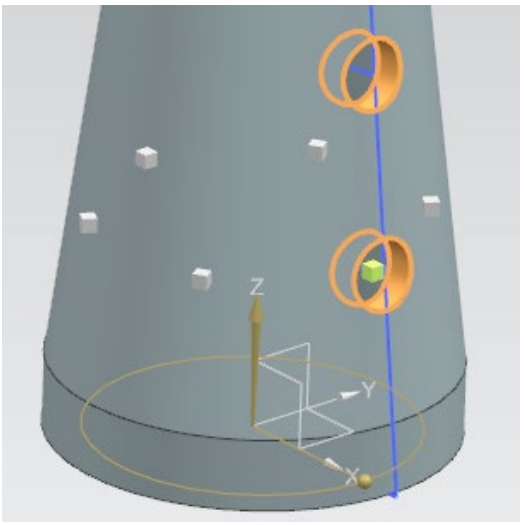
Obraz 100

- W oknie dialogowym funkcji **Pattern Feature**, w zakładce **Pattern Definition**, z listy rozwijalnej **Layout** wybierz opcję **Circular** (szyk kołowy).
- Zdefiniuj parametry szyku, tj. liczbę wystąpień (6) oraz kąt rozmieszczenia (360), a następnie kliknij w zakładce **Rotation Axis** na pozycji **Specify Vector** i zaznacz oś Z układu współrzędnych (obraz 101).

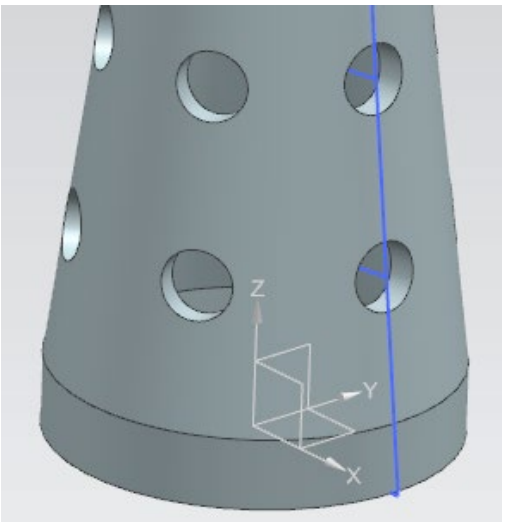


Obraz 101

- Zaznacz dwa dolne otwory. Po pojawieniu się na podglądzie punktów określających położenie kolejnych wystąpień szyku, kliknij OK, aby uzyskać efekt jak na obrazie 103.

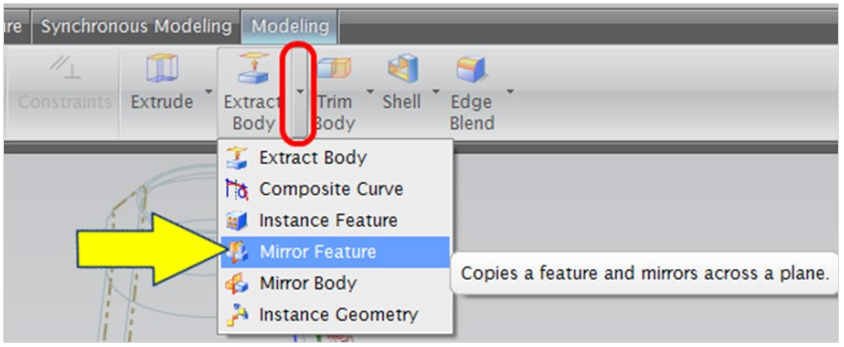


Obraz 102



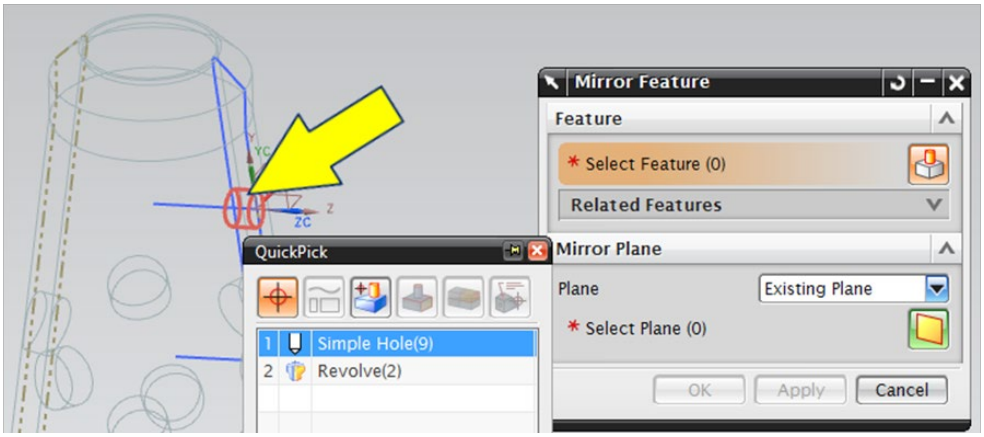
Obraz 103

- Na pasku głównym przejdź na zakładkę **Modeling**.
- W zakładce **Modeling** rozwiń przycisk **Extract Body** i wybierz **Mirror Feature** (obraz 104).



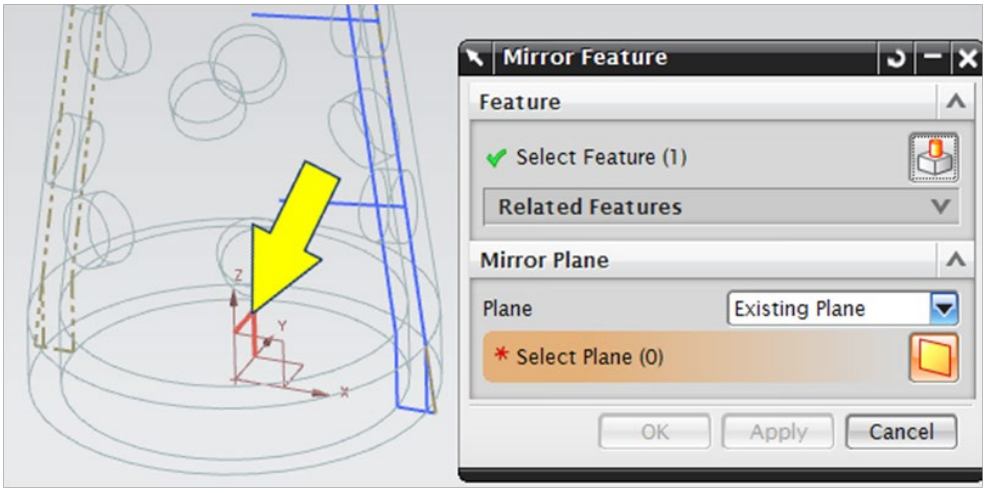
Obraz 104

- Kliknij w górny otwór **Ø 5** (obraz 105), następnie kliknij środkowym klawiszem myszy (rolka), aby przejść do kroku wyboru płaszczyzny odbicia.



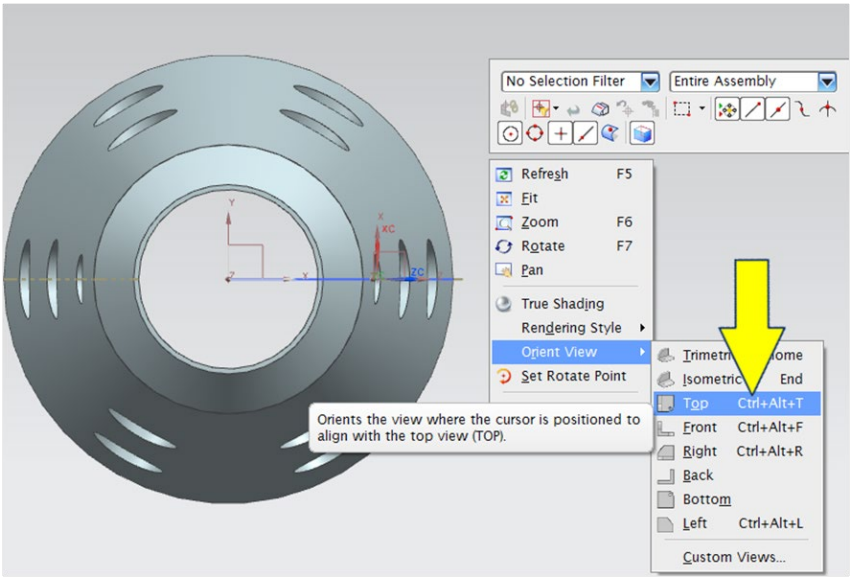
Obraz 105

- Zaznacz płaszczyznę **YZ** bazowego układu współrzędnych jako płaszczyznę symetrii dla tego elementu, następnie wciśnij **OK** (obraz 106).



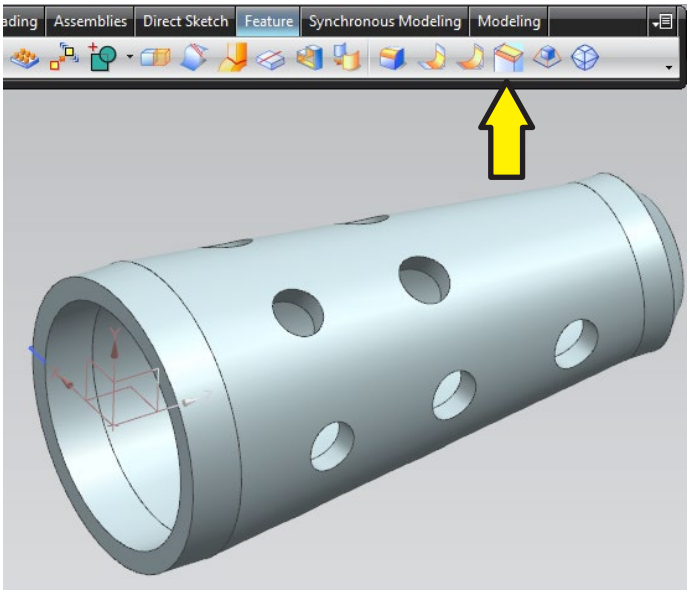
Obraz 106

- Powróć do widoku cieniowanego z krawędziami (**Shaded with Edges**).
- W oknie graficznym wywołaj **menu podręczne**, następnie wybierz **Orient View**->**TOP**, aby przeanalizować geometrię tulei w widoku z góry (obraz 107).



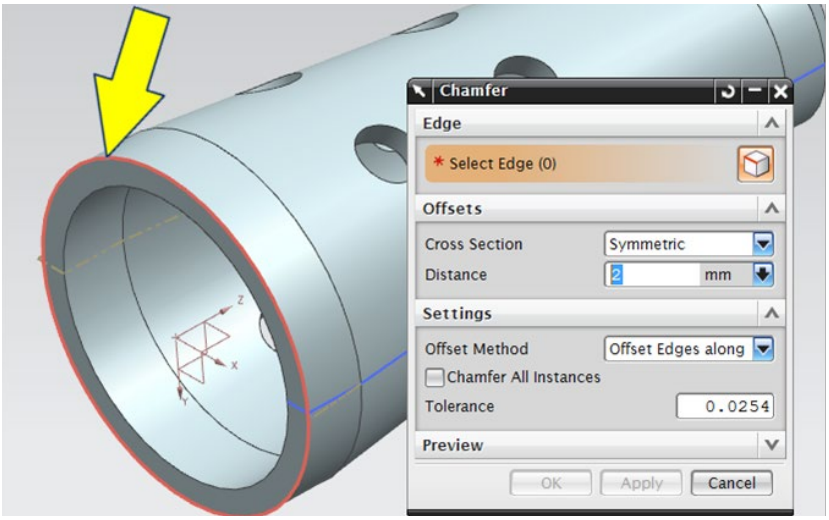
Obraz 107

- Wciśnij i **przytrzymaj środkowy przycisk myszy, następnie poruszaj myszą** tak, aby uzyskać widok modelu zbliżony do przedstawionego na obrazie 108.
- Na pasku głównym z zakładki **Feature** wybierz polecenie **Chamfer** służące do fazowania krawędzi.

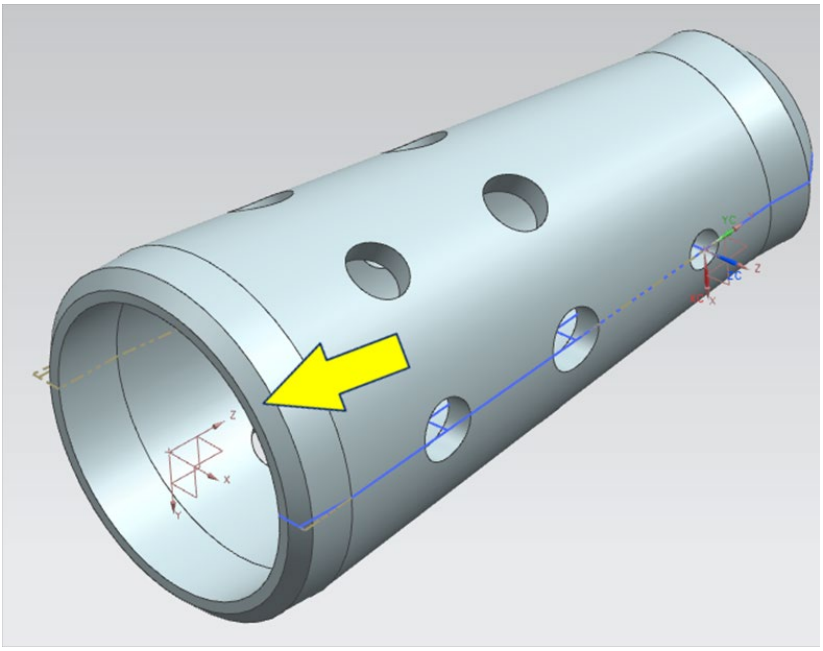


Obraz 108

- Wprowadź wartość fazy jak na obrazie 109 i zaznacz zewnętrzną krawędź podstawy tulejki. Efekt przedstawiono na obrazie 110.

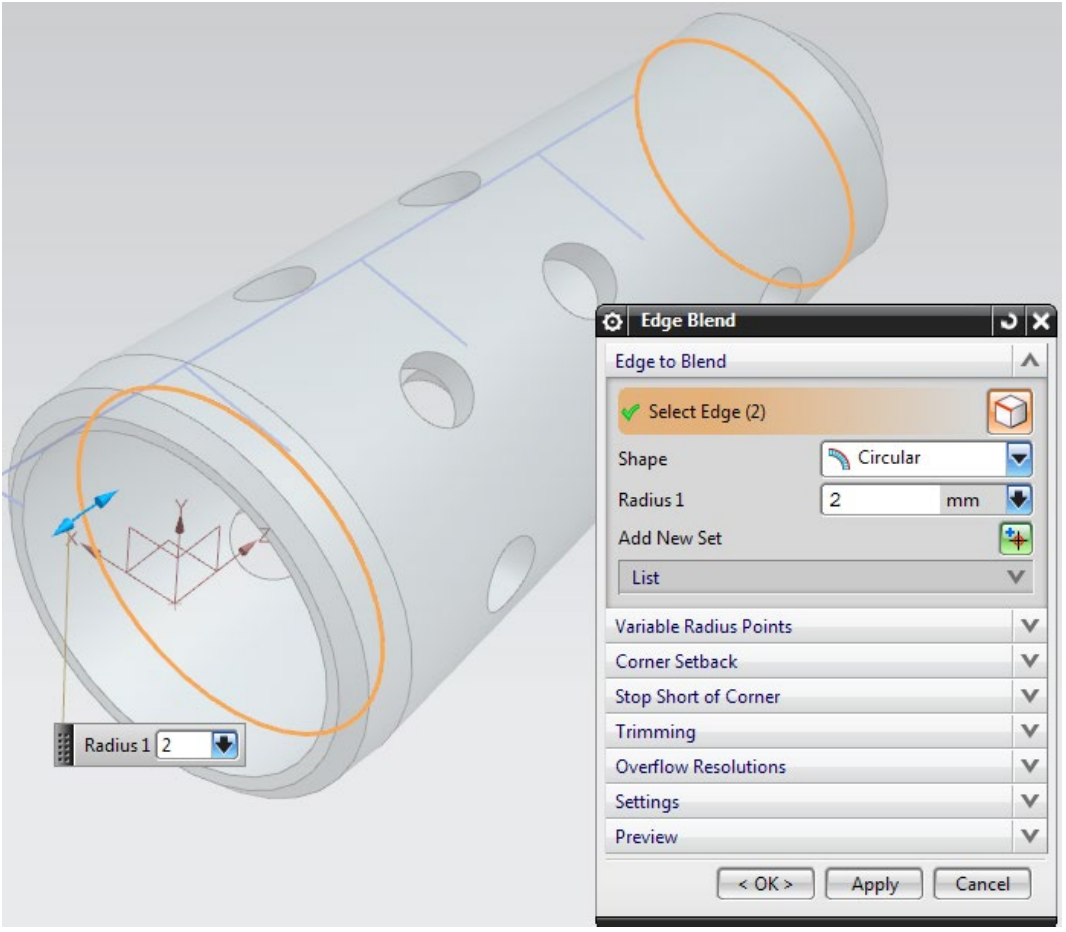


Obraz 109



Obraz 110

- Korzystając z tego samego paska narzędzi, wybierz polecenie **Edge Blend**, przeznaczone do tworzenia różnego rodzaju zaokrągleń.
- Ustal wartość promienia (2 mm) i zaznacz wewnętrzną i zewnętrzną krawędź, jak pokazano na obrazie 111. Przyciskiem **OK** zatwierdź wprowadzane zmiany.



Obraz 111

Ostatnia faza modelowania tulei amortyzatora celowo zakłada **wprowadzenie nieprzewidzianej zmiany**, tj. zwiększenie wysokości walcowej podstawy, zawierającej fazowaną krawędź.

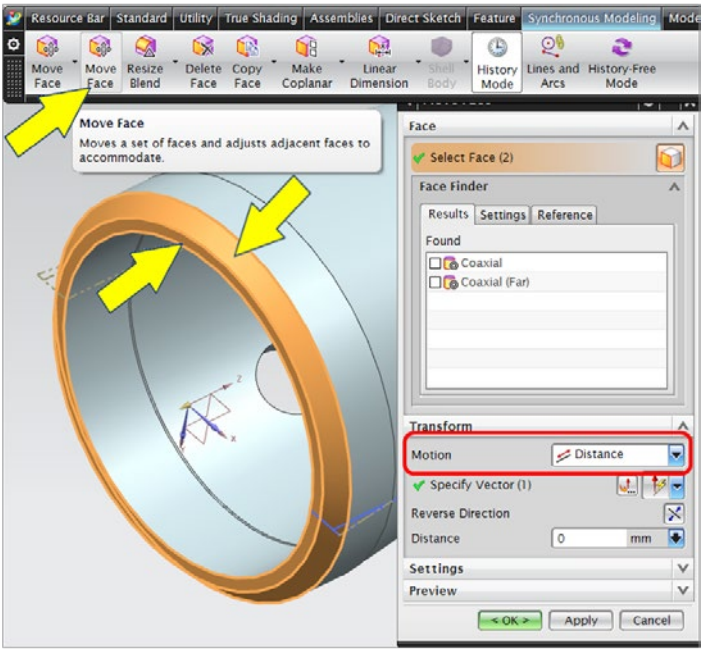
Klasycznym sposobem takiej modyfikacji byłaby edycja odpowiedniej operacji (**Feature**) na drzewie (**Part Navigator**) i przebudowa geometrii całego modelu. Można sobie jednak wyobrazić, jak trudne może być odszukanie odpowiedniej operacji w sytuacji, gdy model jest skomplikowany

(duża ilość operacji na drzewie), a wprowadzający zmianę nie jest autorem projektu. Wówczas przeprowadzenie analizy powiązań pomiędzy operacjami (**Parent-Child relationships**) staje się czasochłonne, a dowolne zmiany z punktu widzenia konstrukcji drzewa operacji mogą doprowadzić do błędów geometrii. Doskonałym rozwiązaniem w takiej sytuacji jest brak bezpośrednia edycja modelu z wykorzystaniem narzędzi **Technologii Synchronicznej**.

Polecenia z grupy **Synchronous Technology** umożliwiają użytkownikom NX wykonywanie bezpośrednich modyfikacji geometrii modelu bez ingerencji w drzewo operacji. Oznacza to, że zmiany można wprowadzać nie tylko w modelach natywnych (utworzonych w NX), **ale również w modelach importowanych z innych systemów**. Jest to niewątpliwie jedna z największych zalet NX, dająca użytkownikowi swobodę i pełną niezależność w odniesieniu do projektów, w których należy przeprowadzać zmiany na dowolnym etapie ich cyklu życia.

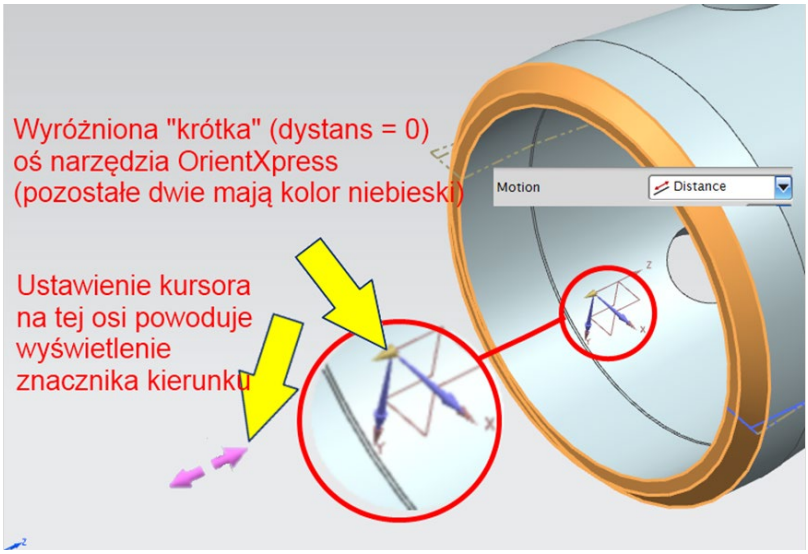
Polecenie **Move Face** z grupy **Synchronous Technology** zostanie w ćwiczeniu wykorzystane do zmiany wysokości omawianego wcześniej walcowego fragmentu geometrii tulei.

- Na głównym pasku narzędziowym przejdź na zakładkę **Synchronous Technology** – włącz ją, jeśli została ukryta.
- Wybierz polecenie **Move Face**, w oknie polecenia ustaw opcję **Transform**->**Motion** na wartość **Distance** i zaznacz 2 lica zgodnie z obrazem 112 (wyróżnione na pomarańczowo).

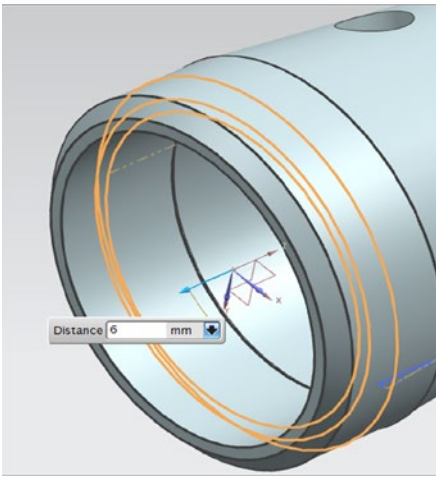


Obraz 112

- Zwróć uwagę na narzędzie **OrientXpress**, wyświetlane w tym momencie **w formie trzech ortogonalnych osi** układu (wynika z ustawienia **Distance**), z których jedna (równoległa do **Z** bazowego układu Datum CSYS) jest wyróżniona – **wyróżniona oś definiuje kierunek zmiany i pełni jednocześnie rolę uchwytu**, który można wykorzystać do zmian techniką przeciągnij i upuść (obraz 113).

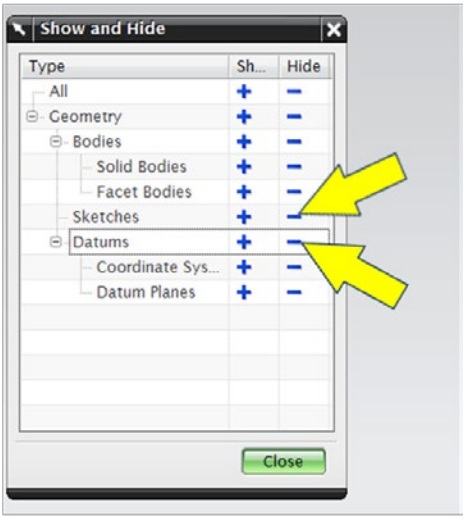


Obraz 113



Obraz 114

- Skieruj kursor na **wyróżnioną krótką oś** narzędzia **OrientXpress** i po pojawieniu się znacznika kierunku (obraz 113) chwyć tę oś (kliknij i przytrzymaj), następnie **przeciągaj ją w lewo** do momentu ustalenia **dystansu 6 mm** (obraz 114).
- Zatwierdź zmianę, wciskając **OK** lub rolkę myszy.
- Kliknij klawisze **CTRL** i **W**, następnie kliknij przyciski „–” przy pozycjach **Sketches** i **Datums** – ukryjesz w ten sposób odpowiednio wszystkie szkice oraz układy i płaszczyzny (obraz 115). Kliknij **Close** w celu zamknięcia okna.

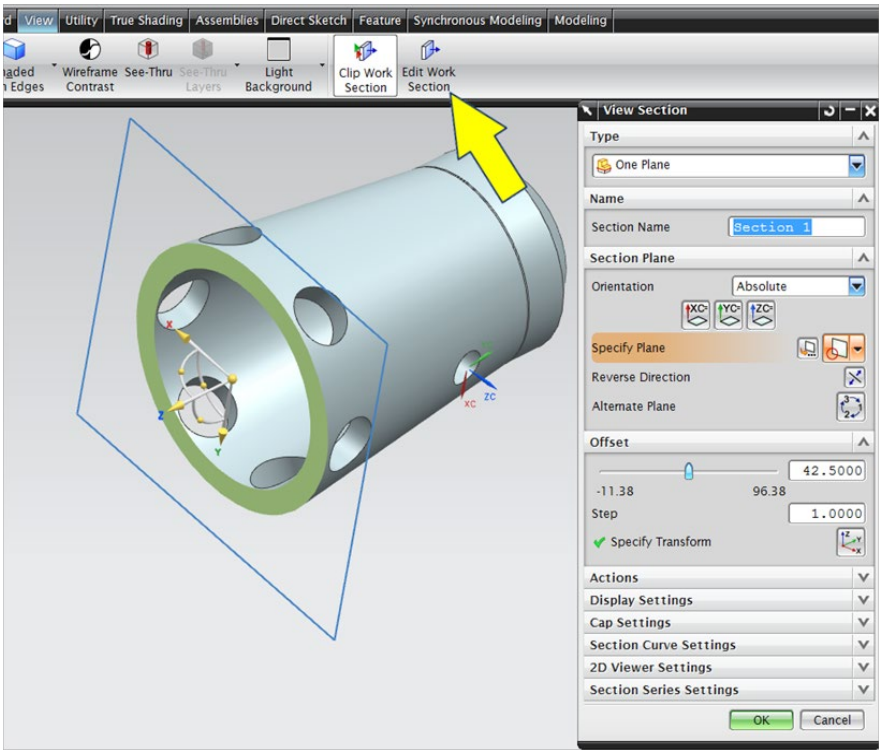


Obraz 115

W przypadku modeli 3D wyrobów o skompikowanej geometrii, często pojawia się konieczność zapoznania się z jej szczegółami. NX do tego celu oferuje swoim użytkownikom wiele narzędzi – jednym z nich jest polecenie **Edit Work Section**, pozwalające na wykonanie przekroju w bryle 3D.

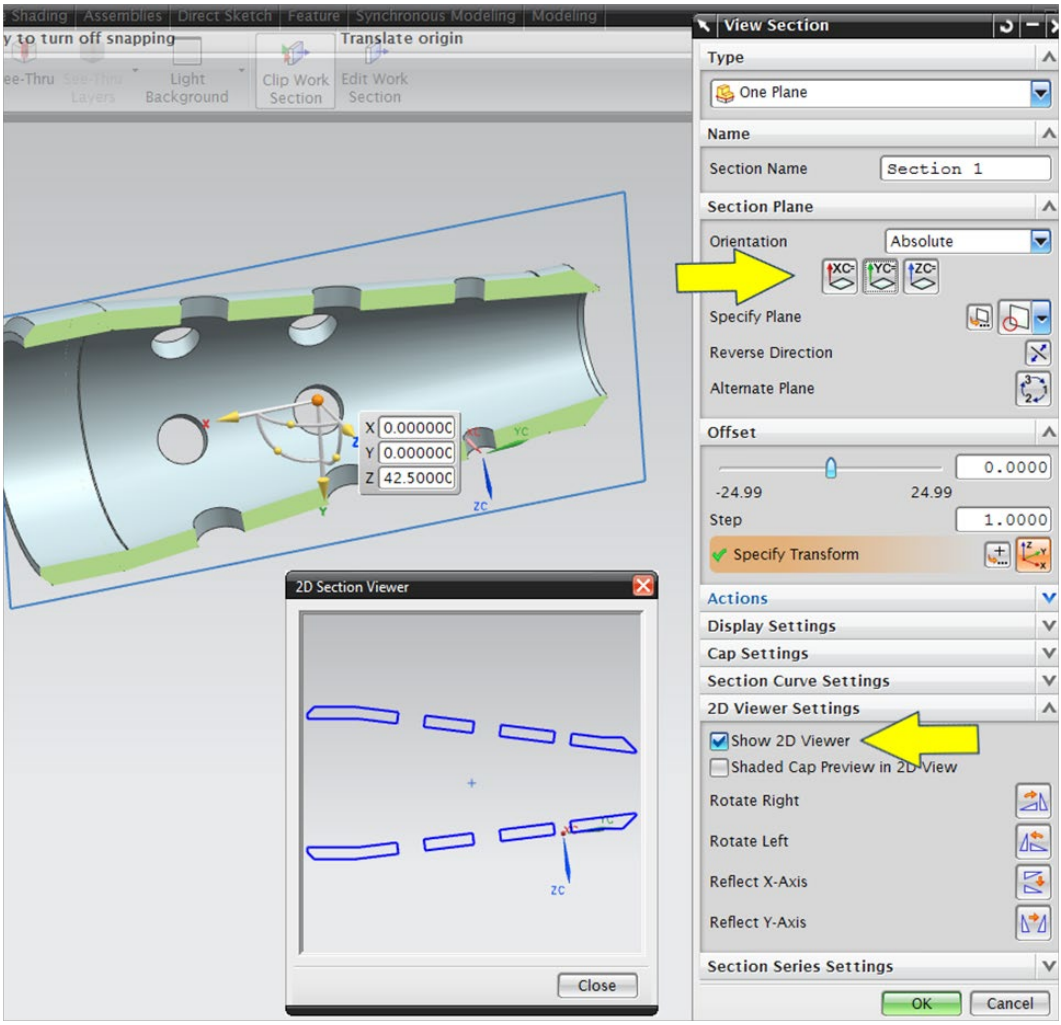
Za pomocą tego polecenia, w ostatnim etapie ćwiczenia, wykonane zostaną wybrane przekroje modelu, w celu stwierdzenia poprawności zaprojektowanej tulei.

- Na głównym pasku narzędziowym włącz zakładkę **View**, a na niej wciśnij przycisk **Edit Work Section** – wyświetlony zostanie przekrój tulei przy domyślnych ustawieniach polecenia (obraz 116).



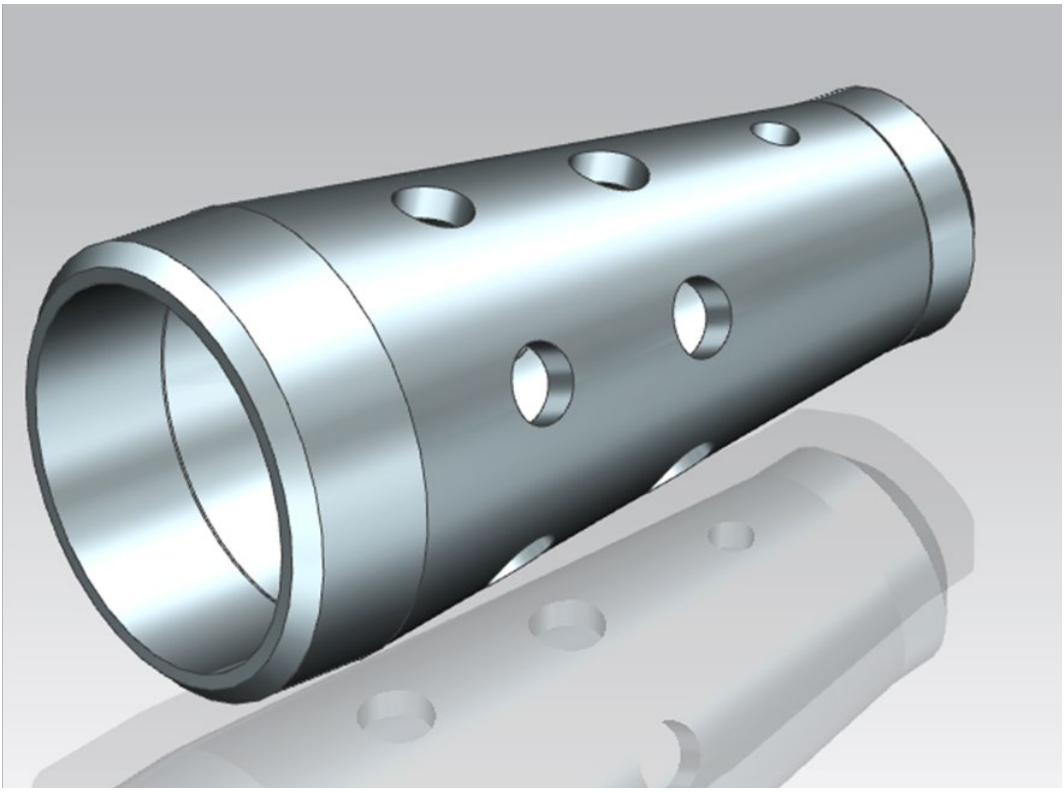
Obraz 116

- Korzystając z opcji **Section Plane** oraz **2D Viewer Settings**, postaraj się wykonać samodzielnie przekrój przedstawiony na obrazie 117.


Shading
Assemblies
Direct Sketch
Feature
Synchronous Modeling
Modeling
y to turn off snapping
Translate origin
Light Background
Clip Work Section
Edit Work Section
X 0.000000
Y 0.000000
Z 42.500000
2D Section Viewer
Close
View Section
Type
One Plane
Name
Section Name
Section 1
Section Plane
Orientation
Absolute
Specify Plane
Reverse Direction
Alternate Plane
Offset
0.0000
-24.99
24.99
Step
1.0000
Specify Transform
Actions
Display Settings
Cap Settings
Section Curve Settings
2D Viewer Settings
Show 2D Viewer
Shaded Cap Preview in 2D View
Rotate Right
Rotate Left
Reflect X-Axis
Reflect Y-Axis
Section Series Settings
OK
Cancel

Obraz 117

Utworzyłeś w systemie NX model tulei przegrody amortyzatora przepływowego (obraz 118). Wykonując ćwiczenie, poznałeś m.in. podstawy tworzenia płaszczyzn i układów współrzędnych, metody tworzenia szkiców (profili) oraz podstawowe operacje modelowania bryłowego. Zaznajomiłeś się również z metodą wprowadzania bezpośrednich zmian w geometrii z wykorzystaniem Technologii Synchronicznej oraz wyświetlaniem przekrojów w modelu 3D.



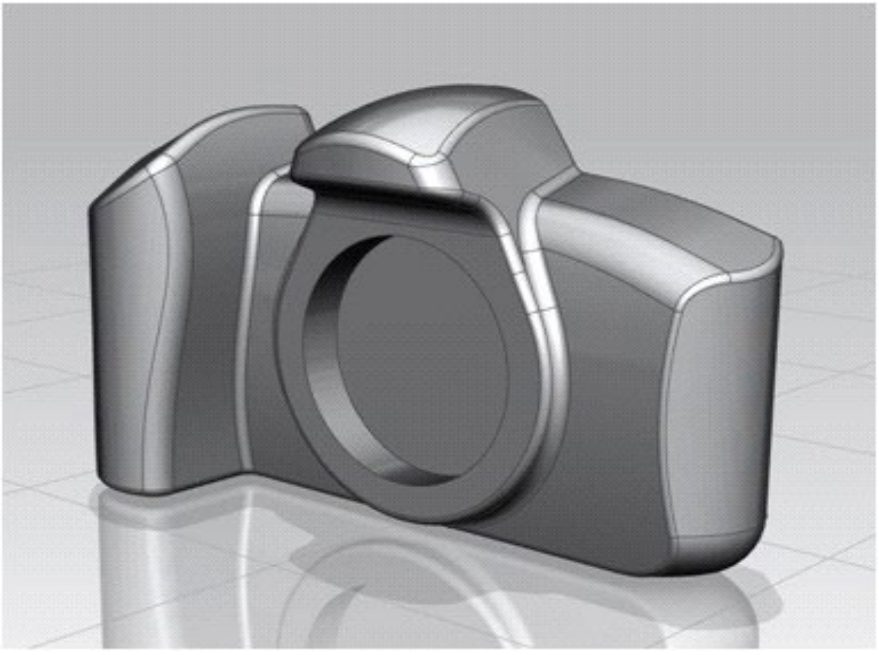
Obraz 118

Ćwiczenie nr 2:
SYNCHRONICZNE MODELOWANIE SWOBODNE

Ćwiczenie nr 2:
SYNCHRONICZNE MODELOWANIE SWOBODNE

Niniejsze ćwiczenie dotyczy zagadnienia modelowania swobodnego z wykorzystaniem zaawansowanych narzędzi **Technologii Synchronicznej**. Podczas wykonywania ćwiczenia, użytkownik zastosuje polecenia umożliwiające swobodną modyfikację kształtu brył i utworzy model, którego geometria będzie stosunkowo skomplikowana.

Zadanie polega na wykonaniu trójwymiarowego modelu obudowy aparatu fotograficznego (obraz 1), której geometria będzie spełniać wymagania zarówno pod względem ergonomii, jak i estetyki kształtu. Celowo nie określono wytycznych, co do dokładnych wymiarów obudowy. Projektowany wyrób ma zostać zamodelowany jako obiekt bryłowy, a jego geometria ma być poddana edycji z wykorzystaniem łatwych w użyciu poleceń do edycji powierzchni. Przedstawione poniżej kroki pozwalają na poprawne wykonanie modelu zgodnie z powyższymi założeniami.

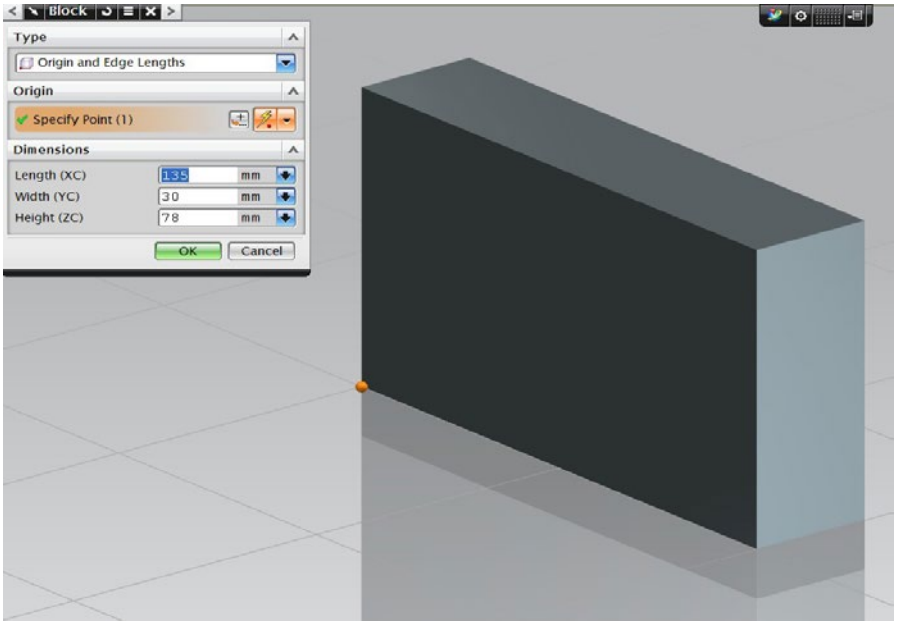


Obraz 1

- Uruchom system NX, następnie wybierz **File**->**New**.
- W oknie dialogowym dokonaj następujących ustawień:
  - szablon modelowania: pojedyncza część (w obszarze **Templates** wybierz **Model**),
  - ustawienie jednostek: metryczne (**Units**->**Millimeters**),
  - wprowadź nazwę tworzonego właśnie pliku NX (.PRT), np. **obudowa_aparatu_01.prt**,
  - wybierz lokalizację, w której zapiszesz plik (**New File Name**->**Folder**),
- Wciśnij przycisk **OK** – zapisany plik NX zostanie otwarty we właściwym środowisku projektowym (**Modeling**).

Jak wspomniano już w ćwiczeniu pierwszym, system NX posiada wiele różnorodnych środowisk (in. modułów), które zostały zintegrowane w jedno spójne rozwiązanie. Moduł **Modeling** przeznaczony jest do realizacji różnorodnych zadań CAD, między innymi tworzenia modeli części oraz złożeń i wykonywania w nich pomiarów, analiz, wizualizacji itp. Jednym ze sposobów tworzenia tzw. bryły podstawowej jest wstawianie tzw. prymitywów (prostopadłościan, walec, kula, stożek itd.) o zadanych parametrach.

- Modelowanie rozpocznij od wstawienia prostego prostopadłościanu – w tym celu wybierz **Insert**->**Design Feature**->**Block**.
- W oknie polecenia ustaw parametry prostopadłościanu (135x30x78) zgodnie z obrazem 2, następnie wciśnij **OK**.

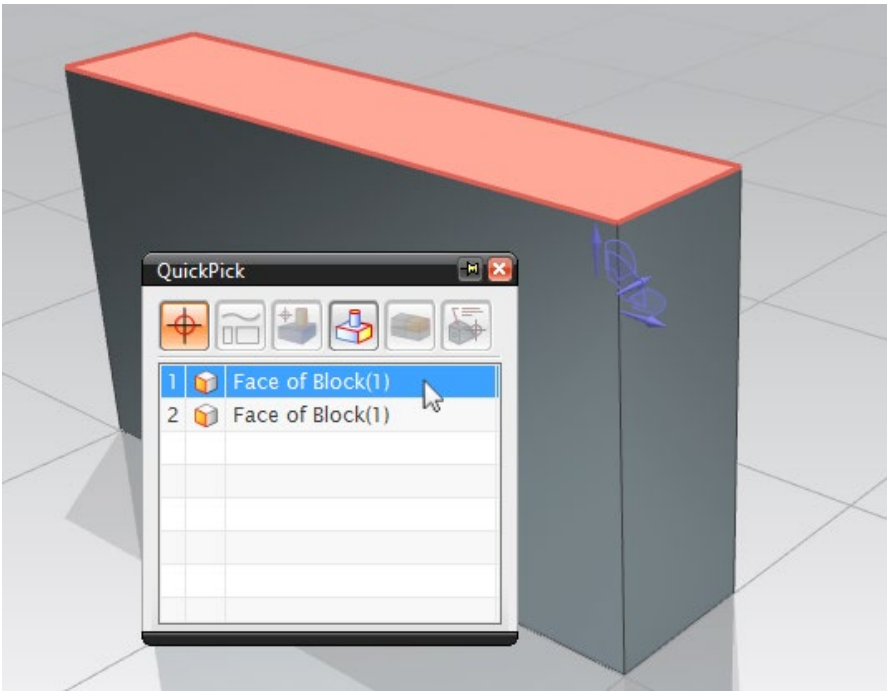


Obraz 2

W dalszej części ćwiczenia zaprezentowano narzędzia dostępne w pakiecie **Freeform Shape**, umożliwiające swobodną zmianę kształtu np. zmianę standardowych lic płaskich (lub innych) w dowolne lica niepłaskie. Należy pamiętać, że opisywane narzędzia mogą być stosowane również dla zaimportowanych obiektów, które nie posiadają żadnej historii modelowania. Oznacza to, że możliwe jest wprowadzanie żądanych zmian w odniesieniu do dowolnych modeli CAD, bez względu na sposób ich tworzenia oraz źródło pochodzenia.

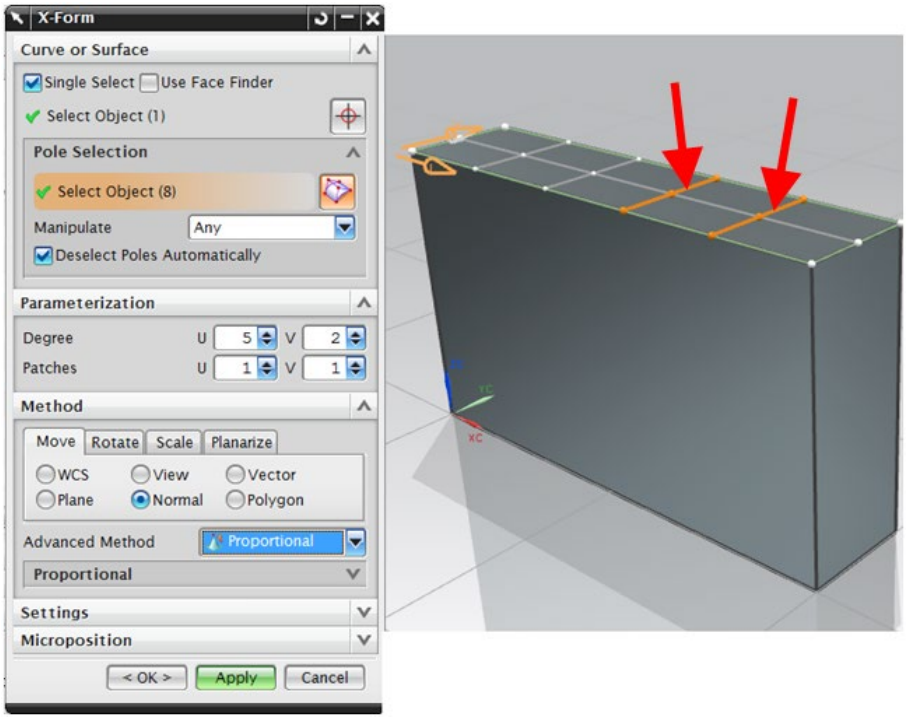
Polecenie **X-Form** (menu **Edit**->**Surface**), umożliwi zamianę górnego lica płaskiego wstawionego prostopadłościanu na lico swobodne. Lico, które było uprzednio definiowane płaszczyzną po zaznaczeniu i ustaleniu parametrów modyfikacji (obraz 3), definiowane będzie przez swobodną powierzchnię z określoną liczbą punktów charakterystycznych (biegunów), połączonych siecią ortogonalnych krzywych (w chwili początkowej są fragmentami prostej). Pojedyncze punkty, grupy punktów lub całe krzywe (wraz z punktami na nich leżącymi) mogą być przemieszczane w dowolnym kierunku o żądaną wartość.

- Wybierz **Edit**->**Surface**->**X-Form**.
- Zaznacz górne lico prostopadłościanu (obraz 3) – pomoże Ci w tym narzędzie **QuickPick** (po wyświetleniu „3 kropek” obok kursora, kliknij lewym przyciskiem myszy).



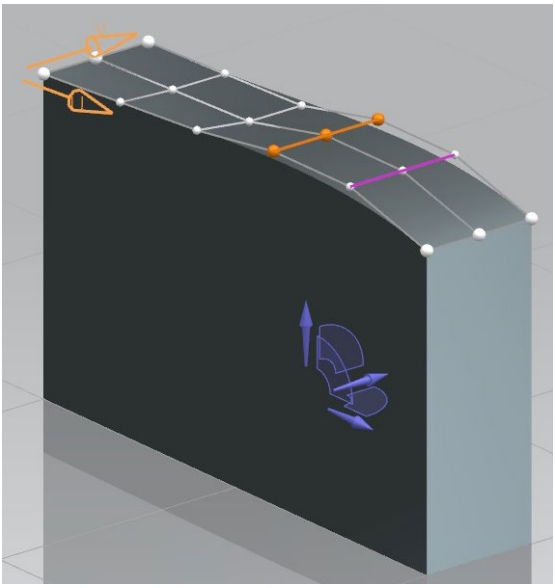
Obraz 3

- Zgodnie z obrazem 4 ustaw parametry polecenia, następnie zaznacz dwie krzywe (z wciśniętym przyciskiem **Ctrl**).



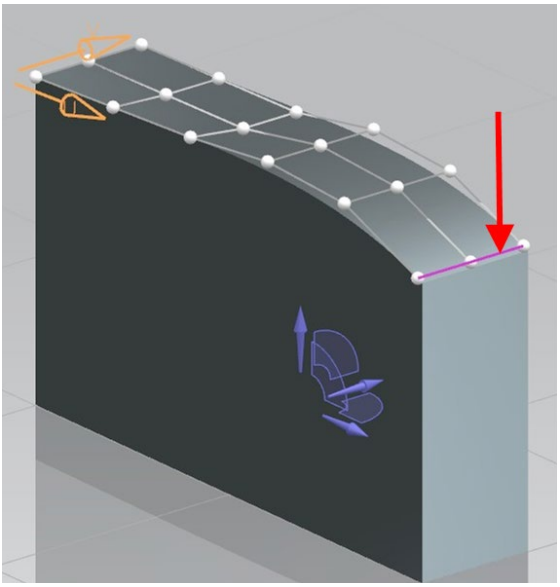
Obraz 4

- Skieruj kursor na jedną z zaznaczonych krzywych (nie na punkty krzywej!), następnie po jej podświetleniu wciśnij lewy przycisk myszy i przesuń (pociągnij) krzywe ku górze, tak jak na obrazie 5.



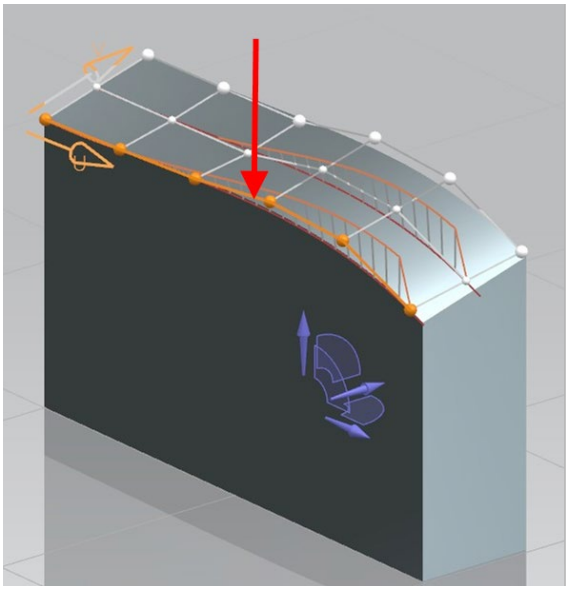
Obraz 5

- Wskaż sąsiadującą z nimi skrajną krzywą i pociągnij ją lekko w dół (obraz 6) – nie zmieniaj parametrów w oknie polecenia.



Obraz 6

- Zaznacz i pociągnij w dół krzywą pokazaną na obrazie 7 – nie zmieniaj parametrów w oknie polecenia.

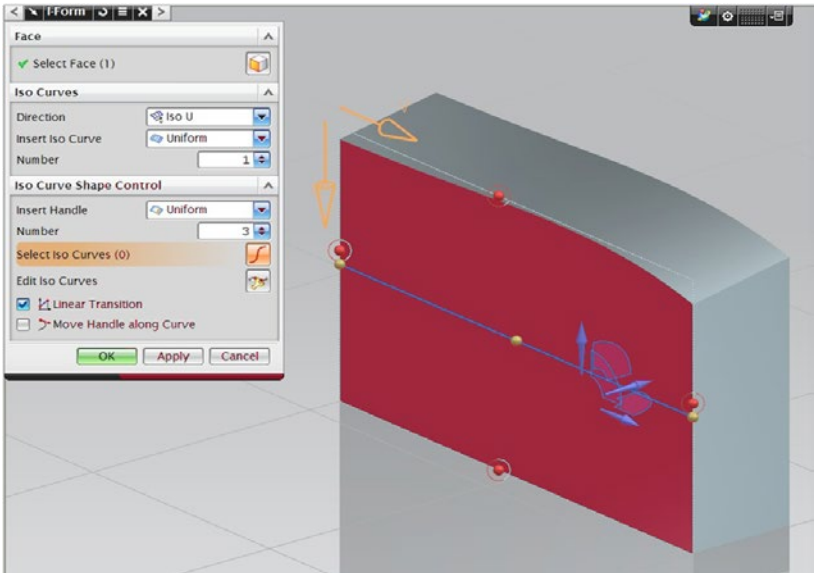


Obraz7

- W oknie polecenia wciśnij **OK**, aby opuścić polecenie **X-Form**.

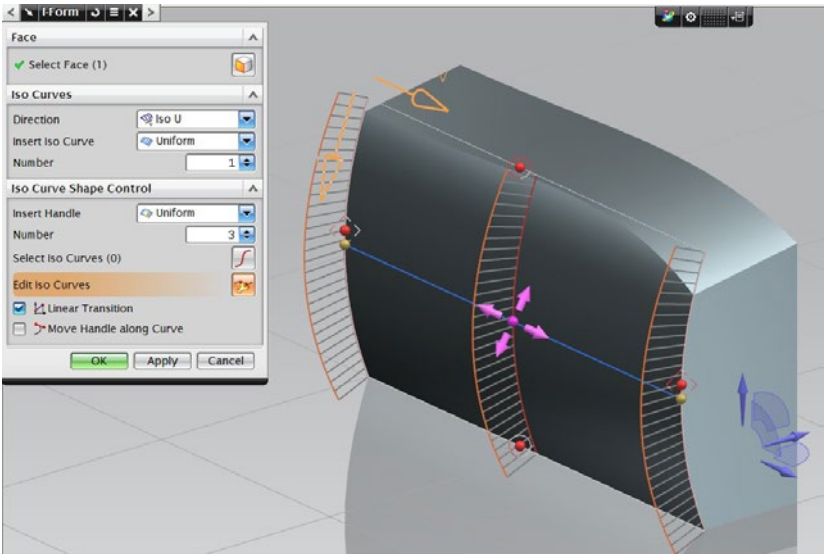
Swobodne zmiany kształtu modelu mogą być dokonywane w podobny sposób przy pomocy polecenia **I-Form** (**Edit**->**Surface**). Polecenie to umożliwia edycję kształtu powierzchni z wykorzystaniem definiujących ją krzywych izoparametrycznych (obraz 8 i 9). W niniejszym ćwiczeniu polecenie **I-Form** wykorzystane zostanie do zmiany parametrów powierzchni definiującej czołowe lico modelu.

- Wybierz **Edit**->**Surface**->**I-Form**.
- Zaznacz lico frontowe (kolor czerwony), następnie ustaw parametry zgodnie z obrazem 8.



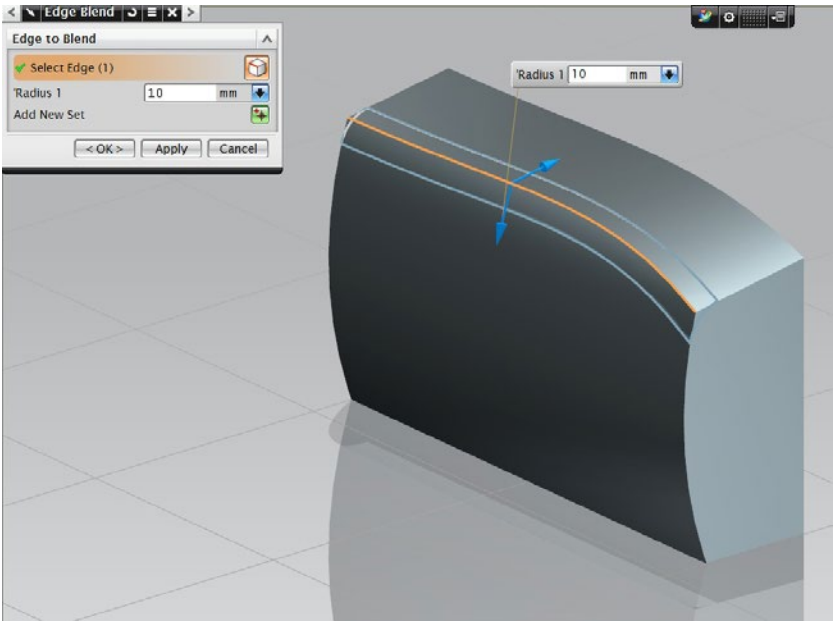
Obraz 8

- Pociągnij za środkowy uchwyt krzywej, aby uzyskać wynik zgodny z obrazem 9. Zwróć uwagę na tworzące się tzw. grzebienie krzywych niepłaskich, których kształt wynika z charakteru zakrzywienia.



Obraz 9

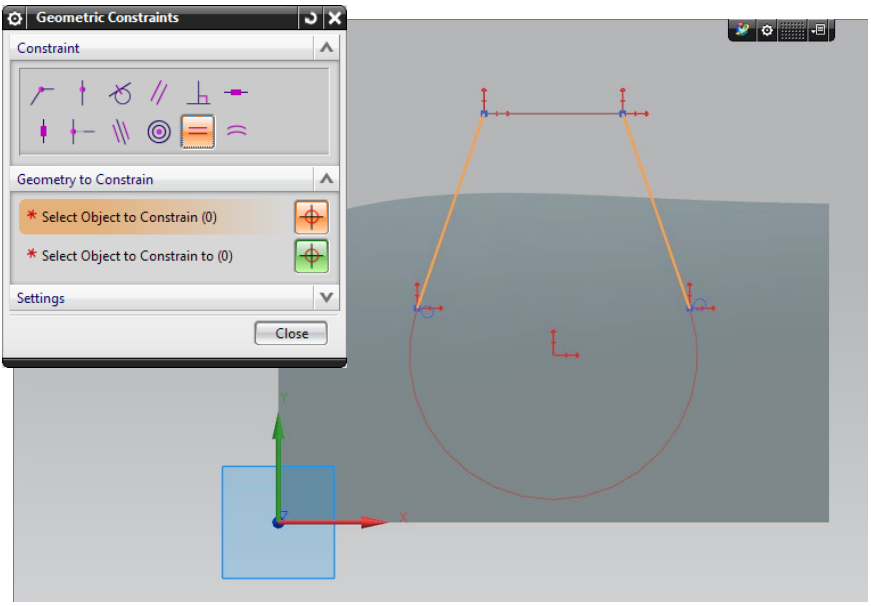
- Aby zaokrąglić krawędź łączącą modyfikowane lica, wybierz **Insert**->**Detailed Feature**->**Edge Blend**.
- Wprowadź zaokrąglenie o promieniu **10 mm** zgodnie z obrazem 10.



Obraz 10

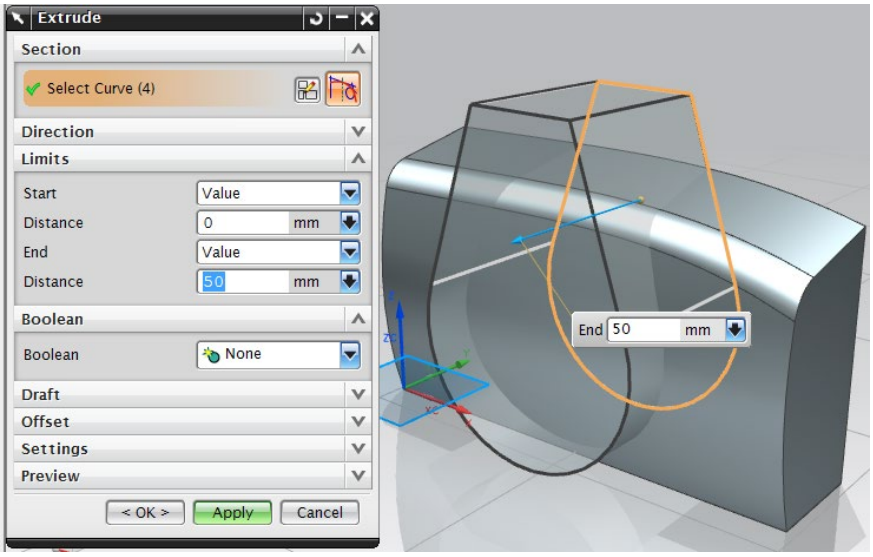
Następnym etapem ćwiczenia będzie wykonanie wyciągnięcia narysowanego profilu wzdłuż wektora z wykorzystaniem polecenia **Extrude**. Wyciągnięcie odzwierciedli fragment obudowy aparatu, w której zabudowany będzie jego obiektyw.

- Wybierz **Insert**->**Design Feature**->**Extrude**.
- Wskaż tylne lico bryły jako płaszczyznę szkicowania.
- Na poziomie szkicownika upewnij się, że opcja **Continuous Auto Dimensioning** jest wyłączona (niepodświetlona).
- Naszkicuj profil zbliżony do przedstawionego na obrazie 11. Możesz tutaj wykorzystać informacje poznane w ćwiczeniu nr 1.
- Wybierz **Insert**->**Geometric Constraints**. W wyświetlonym oknie dialogowym wybierz relację równej długości – **Equal Length**, a następnie zaznacz (bez Ctrl) dwie boczne linie profilu (obraz 11).
- W podobny sposób wprowadź relację styczności **Tangent** pomiędzy liniami a łukiem.



Obraz 11

- Zakończ szkic, wybierając **Finish Sketch** (menu **Task** lub przycisk na pasku **Sketch**).
- Ustaw kierunek (przeciągnij niebieski uchwyt lub użyj przycisku **Reverse Direction**) i granicę tworzonego wyciągnięcia jak na obrazie 12 – w oknie polecenia opcję **Boolean** ustaw na wariant **None**.

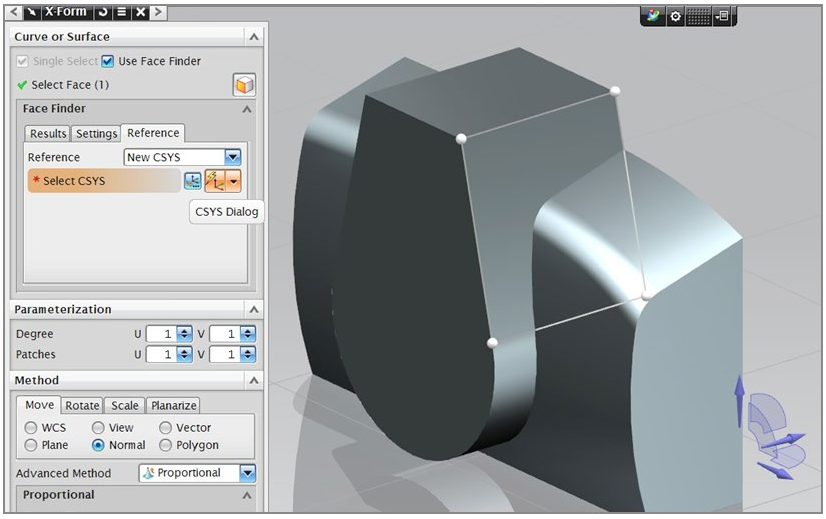


Obraz 12

System NX posiada funkcjonalność wieloobiektowego modelowania bryłowego. Opcja **Boolean** ustawiona na wariant **None** (brak wykonywania operacji **Boole'a** na obiektach bryłowych) jest jednym z dostępnych narzędzi umożliwiających tworzenie oddzielnych obiektów bryłowych. Oddzielne bryły można w dowolnym momencie połączyć w jeden obiekt bryłowy z wykorzystaniem poleceń dostępnych w **Insert**->**Combine**. Połączenie korpusu obudowy i fragmentu zabudowy obiektywu zostanie wykonane w dalszej części ćwiczenia.

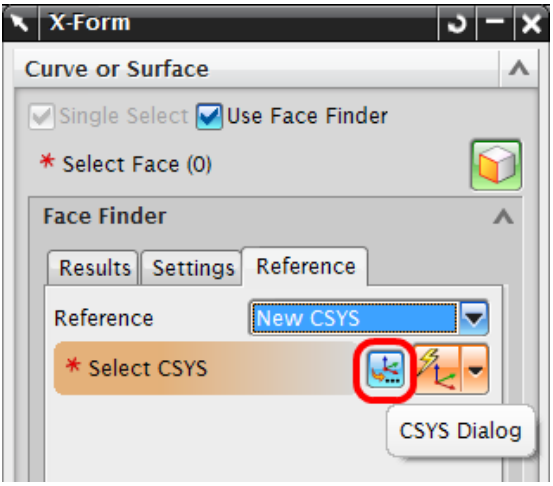
W następnych krokach zmodyfikowane zostaną lica boczne obudowy obiektywu z wykorzystaniem poznanego już polecenia **X-Form**. Należy zwrócić szczególną uwagę na fakt, że **dzięki narzędziom Technologii Synchronicznej obecnej w NX**, możliwa będzie jednoczesna modyfikacja dwóch lic, poprzez zmianę tylko jednego z nich. Wbudowana inteligencja systemu NX, polegająca m.in. na **automatycznym rozpoznawaniu symetrii lic i synchronicznym wprowadzaniu zmian**, znacząco przyspiesza proces projektowy, czyniąc go niezwykle intuicyjnym.

- Wybierz polecenie **X-Form**.
- Zaznacz lico zgodnie z obrazem 13, następnie w oknie polecenia zaznacz opcję **Use Face Finder**.



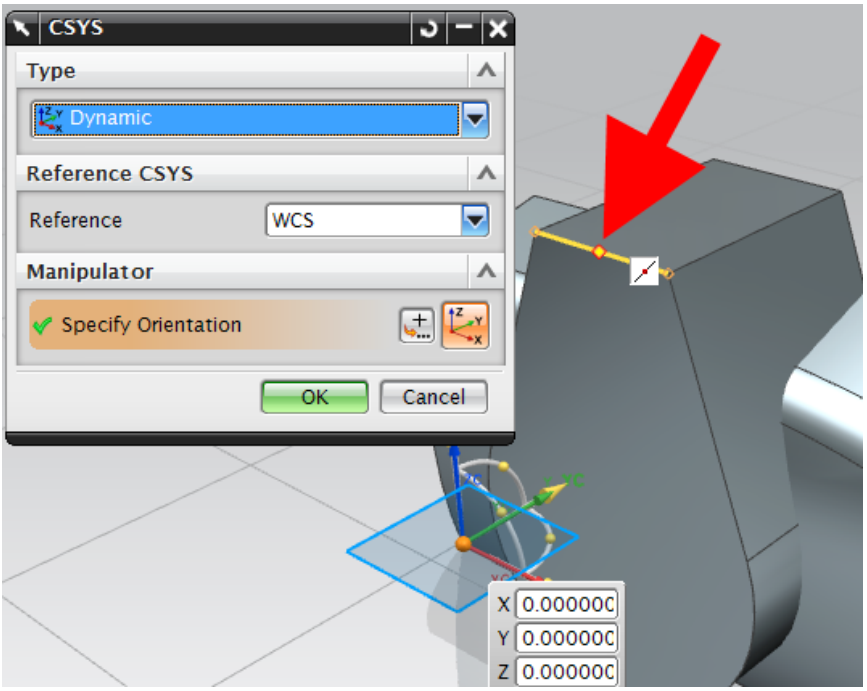
Obraz 13

- W oknie polecenia w sekcji **Face Finder** przejdź na zakładkę **Reference**, następnie ustaw opcję Reference na wariant **New CSYS** i wciśnij przycisk **CSYS Dialog** (obraz 14).



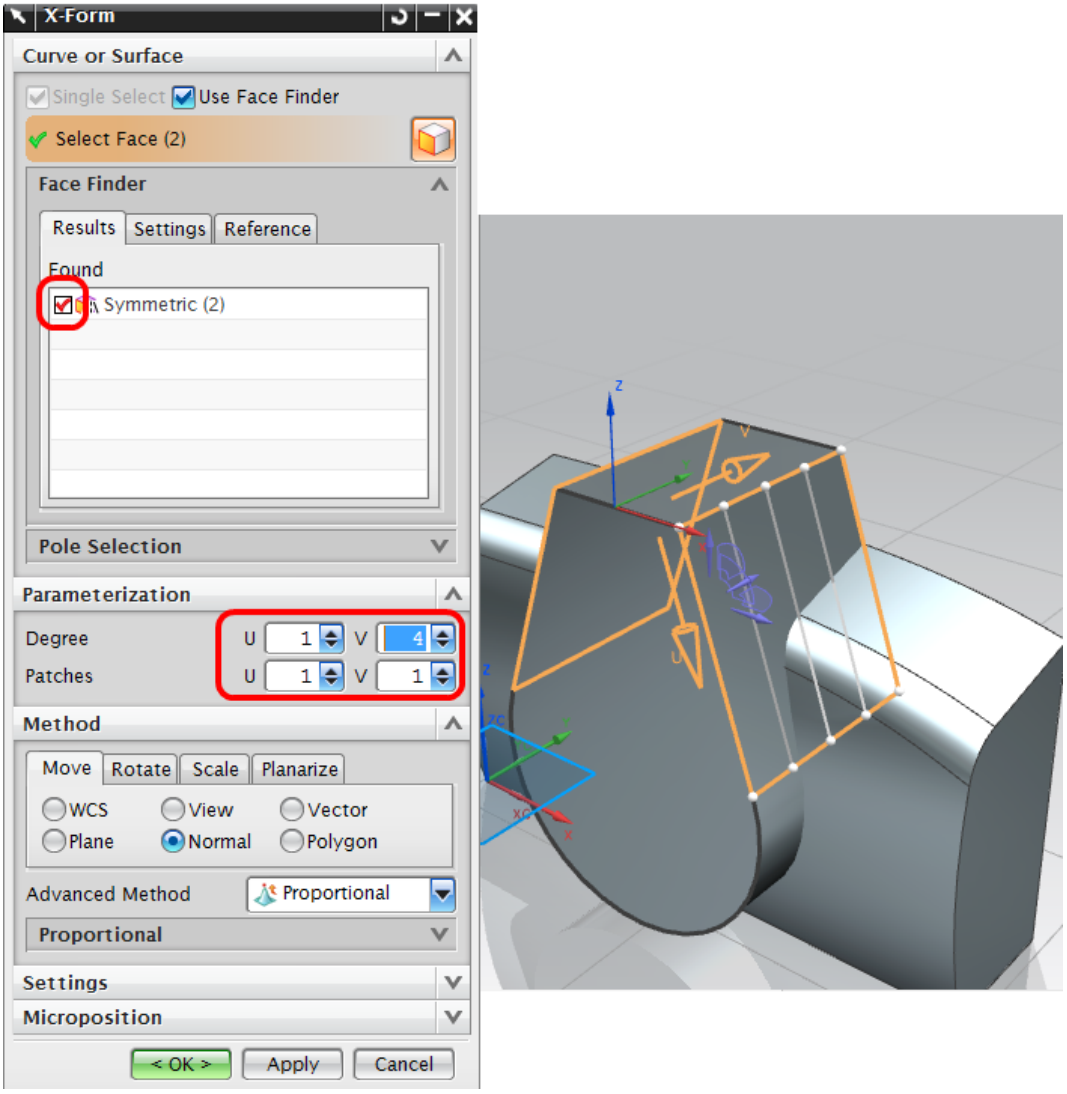
Obraz 14

- Aby zdefiniować położenie układu odniesienia, **kliknij w środkowym punkcie przedniej, prostej krawędzi** modelu, następnie wciśnij przycisk **OK** (obraz 15).



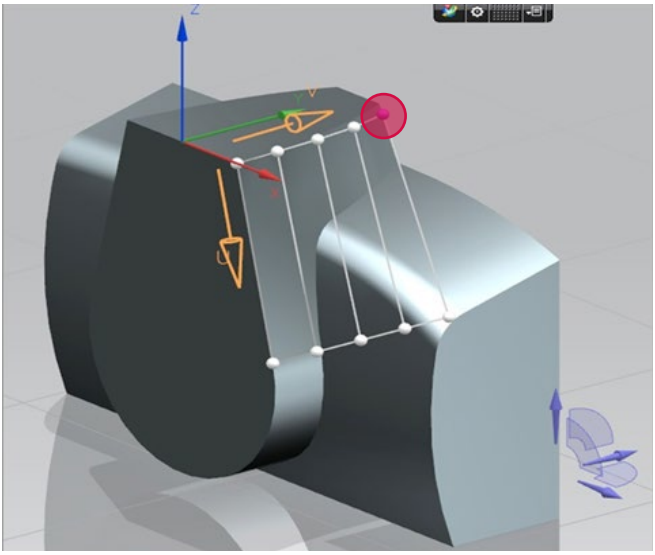
Obraz 15

- Przejdź na zakładkę **Results** i zwróć uwagę, że system automatycznie wykrywa obiekty symetryczne względem zdefiniowanego układu.
- Zaznacz pozycję **Symmetric**, następnie ustaw pożądaną liczbę punktów na krzywych oraz pozostałe opcje jak na obrazie 16.



Obraz 16

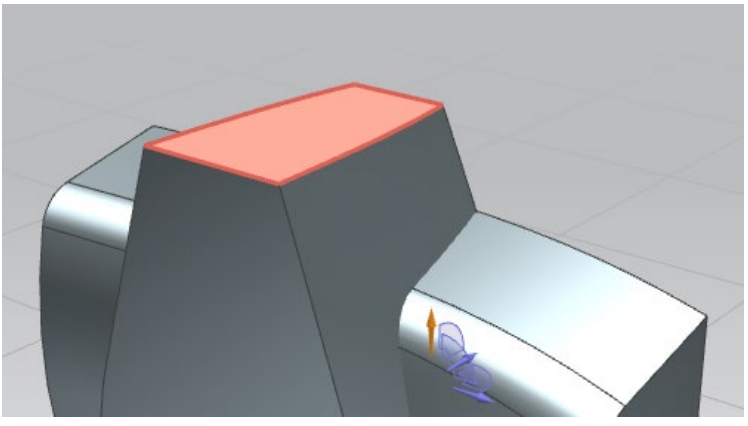
- Przesuń zaznaczony punkt „w stronę materiału” zgodnie z obrazem 17 – zauważ, że zmiana kształtu wskazanego lica jest automatycznie odzwierciedlana na licu symetrycznym.



Obraz 17

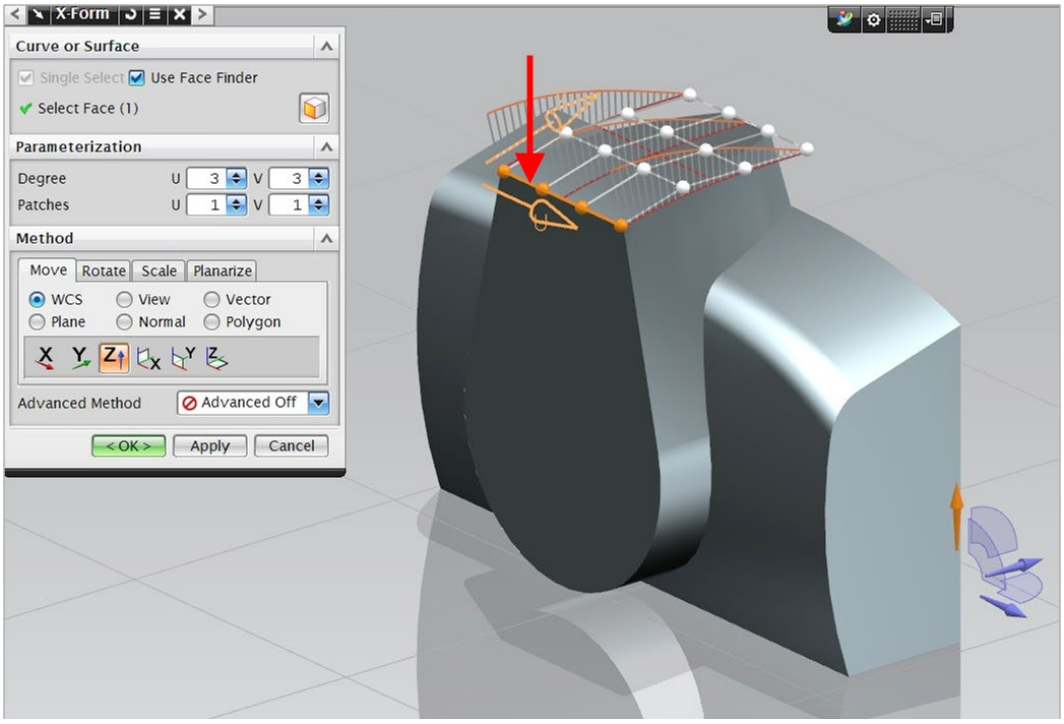
W celu zwiększenia atrakcyjności wizualnej modelowanego wyrobu, dokonana zostanie konwersja górnego planarnego lica obiektywu do powierzchni zakrzywionej.

- Uruchom polecenie **X-Form**, następnie wskaż górne lico (obraz 18).



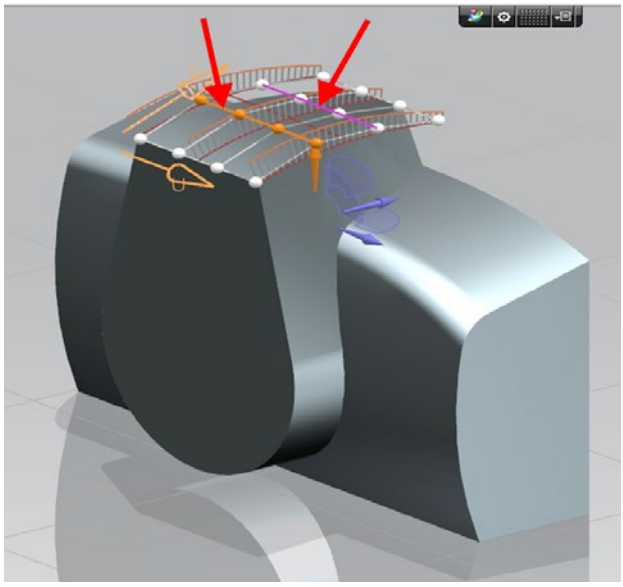
Obraz 18

- Zgodnie z obrazem 19 ustaw parametry w oknie polecenia, następnie zaznacz krzywą w przedniej części obudowy i przesuń ją w dół.



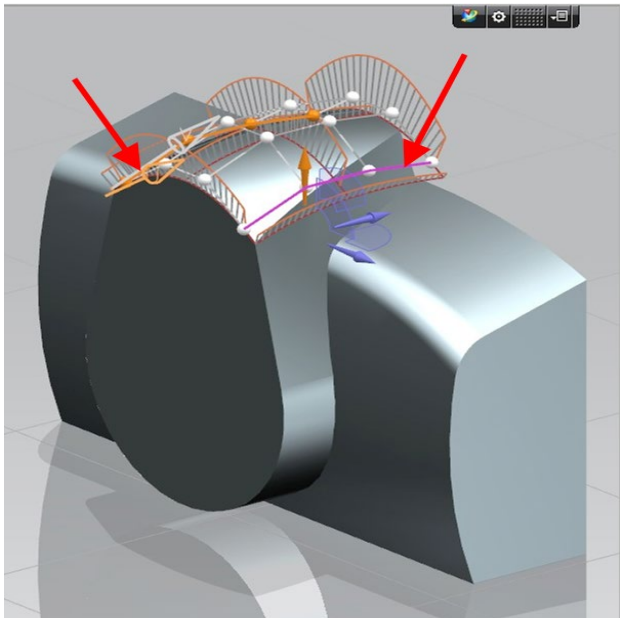
Obraz 19

- Zaznacz dwie środkowe krzywe (trzymając wciśnięty **Ctrl**) i przesuń je w górę (obraz 20) – nie zmieniaj parametrów polecenia.



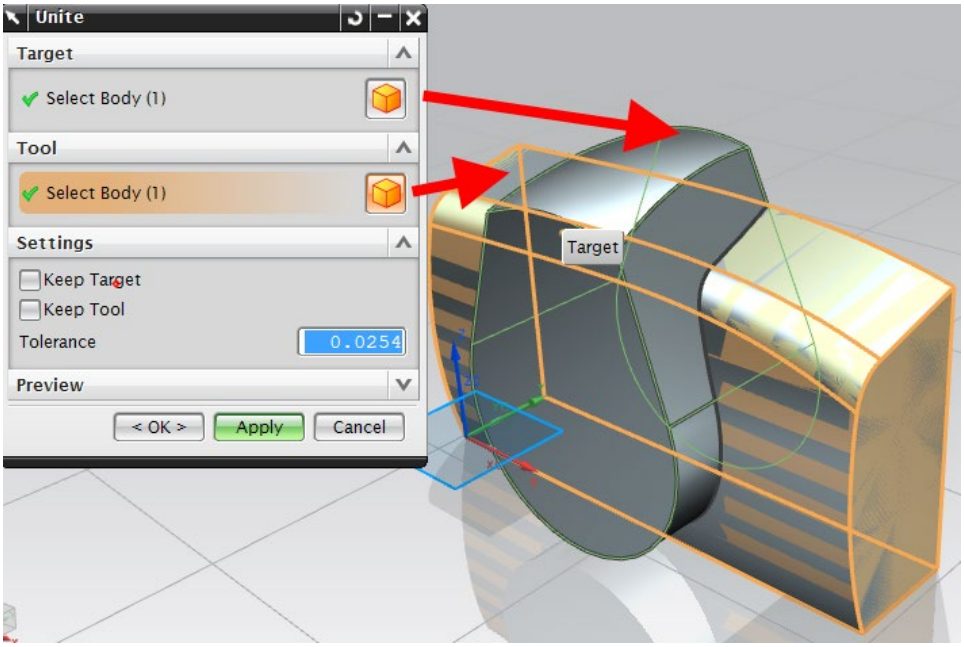
Obraz 20

- Zaznacz skrajne boczne krzywe i pociągnij je w dół (obraz 21).



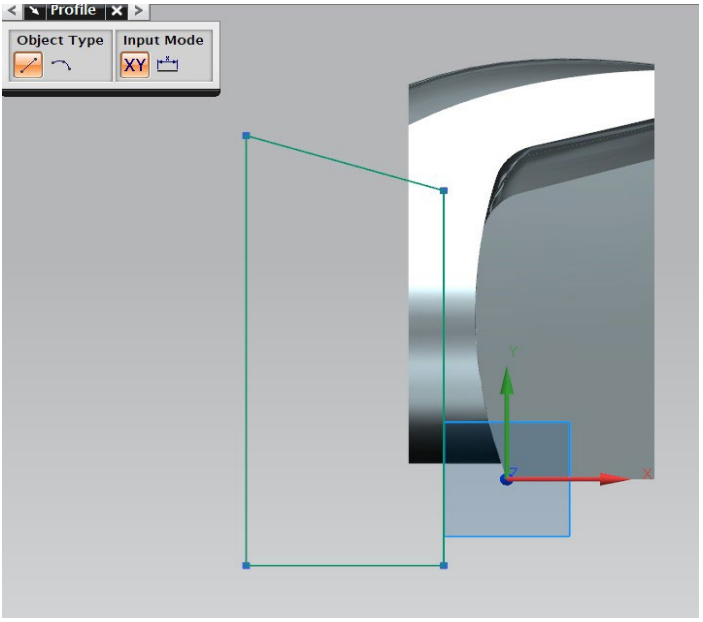
Obraz 21

- Aby połączyć dwa istniejące obiekty bryłowe, wybierz **Insert**->**Combine**->**Unite**.
- Upewnij się, że w oknie polecenia wyłączone są opcje **Keep Target** i **Keep Tool**, następnie zaznacz w dowolnej kolejności istniejące obiekty bryłowe (korpus obudowy i obudowę obiektywu) i wciśnij **OK** (obraz 22).



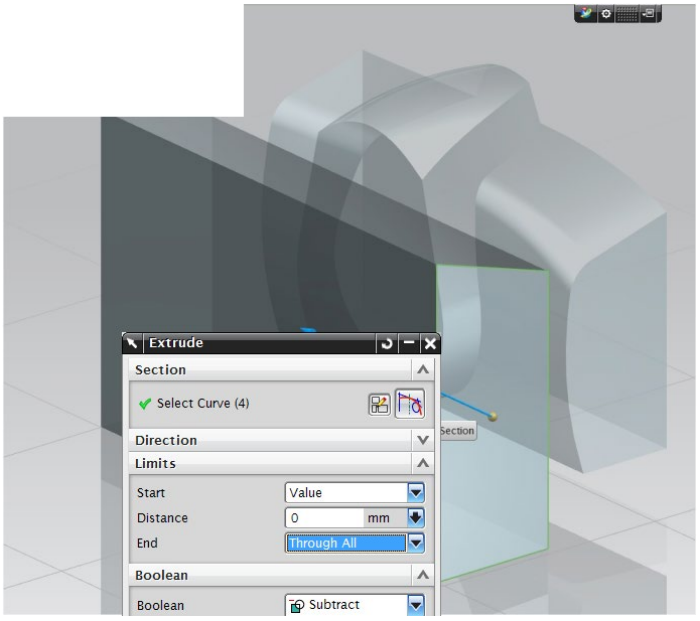
Obraz 22

- W celu wykonania przycięcia obudowy obiektywu, wybierz polecenie **Extrude**.
- Wskaż boczne płaskie lico obudowy, następnie naszkicuj profil jak na obrazie 23.



Obraz 23

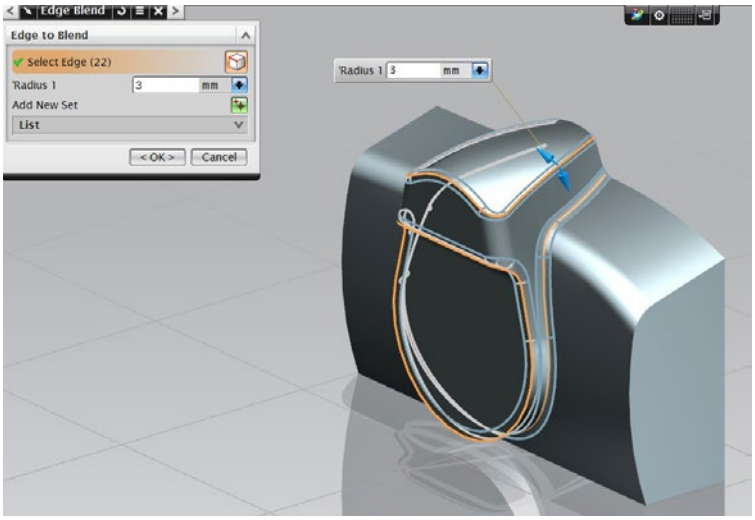
- Dokonaj wycięcia, ustawiając parametry zgodnie z obrazem 24.



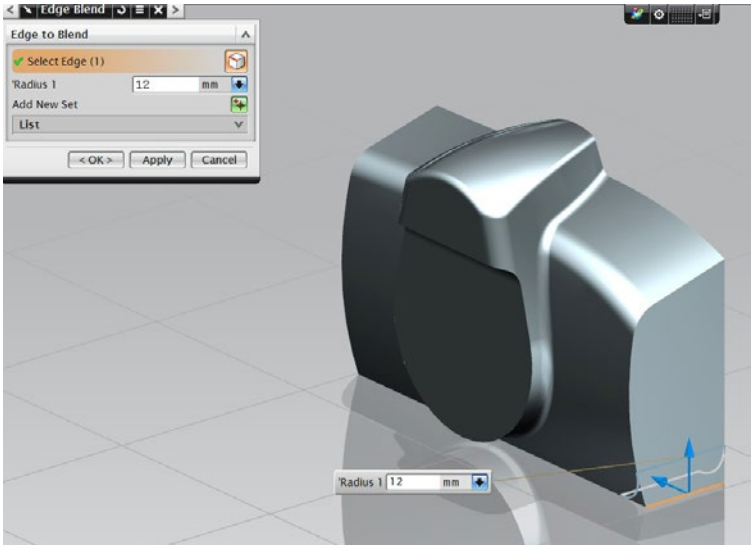
Obraz 24

Następnym etapem pracy nad projektem obudowy aparatu będzie wprowadzenie zaokrągleń na wybranych krawędziach bryły. Zapewnią one między innymi „płynne przejście" pomiędzy korpusem aparatu, a obudową obiektywu (obraz 25).

- Za pomocą polecenia **Edge Blend** wprowadź zaokrąglenia pokazane na obrazach 25 i 26.



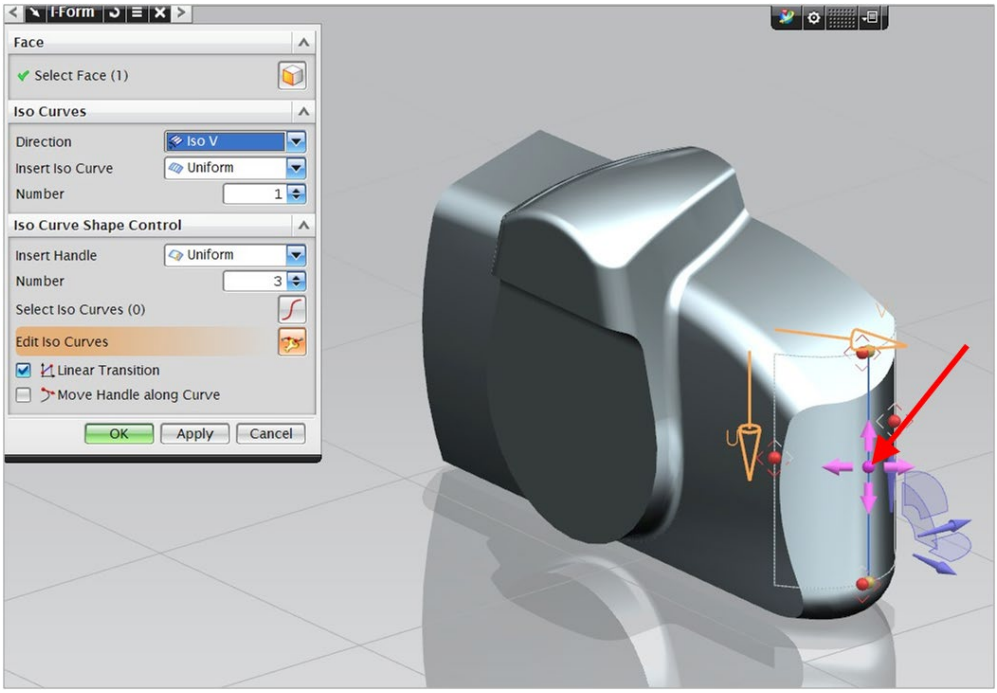
Obraz 25



Obraz 26

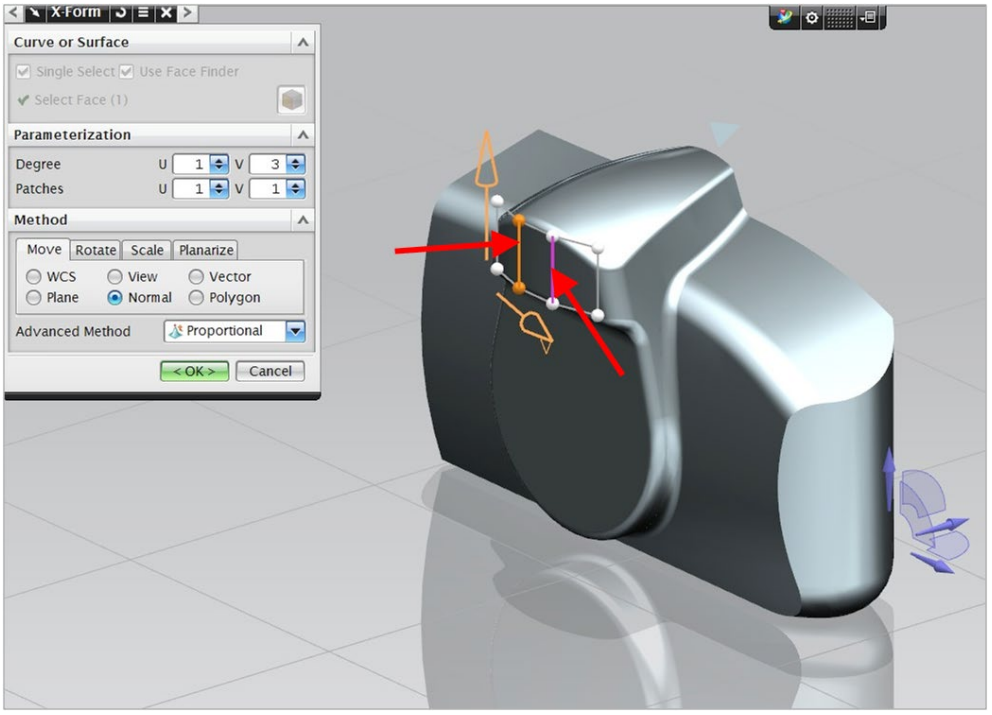
Obok kwestii estetyki wyrobu bardzo ważną cechę stanowi jego ergonomia. Przedstawiona poniżej zamiana bocznych lic płaskich korpusu w lica zakrzywione przy użyciu polecenia **I-Form**, zapewni użytkownikowi rzeczywistego wyrobu komfort utrzymywania aparatu w dłoniach.

- Uruchom polecenie **I-Form** i wskaż prawe boczne lico korpusu.
- Zgodnie z obrazem 27 ustal parametry polecenia, następnie pociągnij środkowy uchwyt krzywej „na zewnątrz bryły”.



Obraz 27

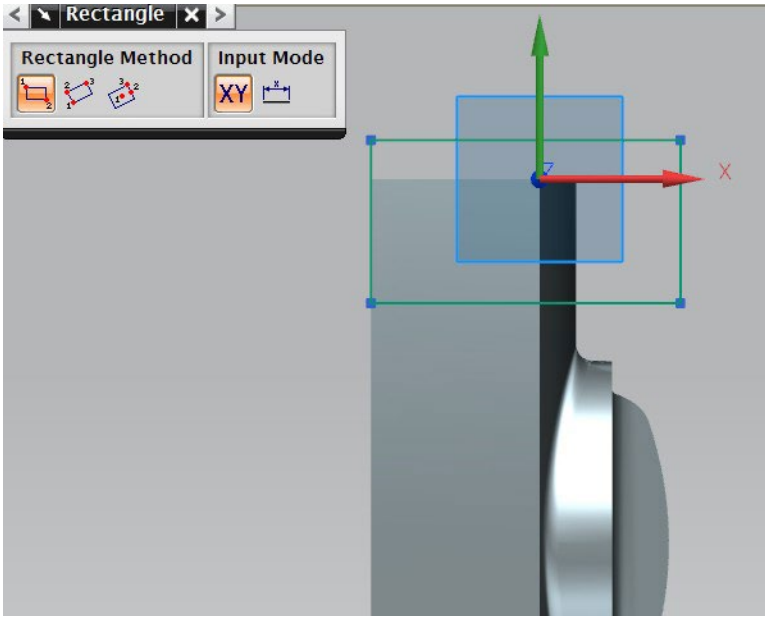
- Wykorzystując polecenie **X-Form**, zmodyfikuj kształt mniejszego lica czołowego, przesuwając nieznacznie zaznaczone krzywe „na zewnątrz” bryły (obraz 28).



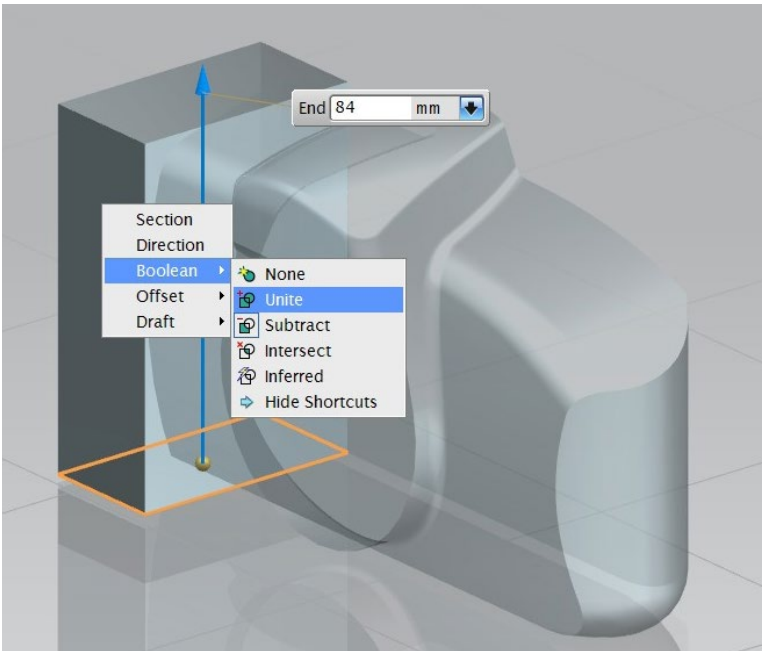
Obraz 28

W poniższej części opracowania przedstawiono kroki prowadzące do utworzenia uchwytu aparatu. Do istniejącej bryły dodany zostanie prostopadłościan, który będzie stanowił bazę dla dalszych działań stylizacyjnych.

- Za pomocą polecenia **Extrude**, utwórz prostopadłościan zgodnie z obrazami 29 i 30.



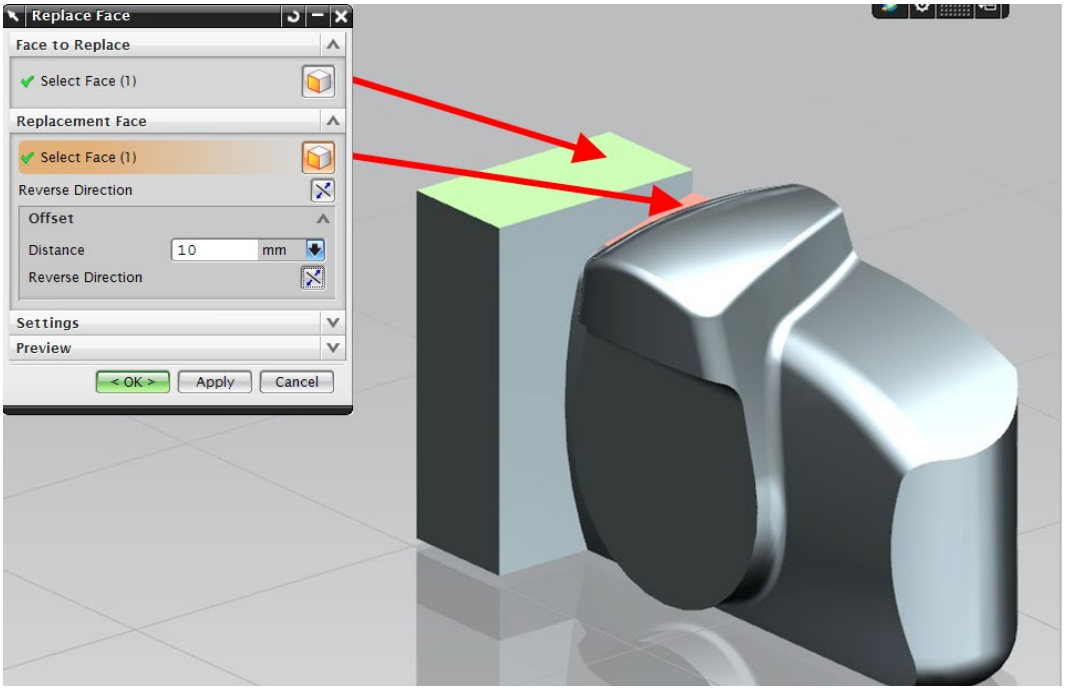
Obraz 29



Obraz 30

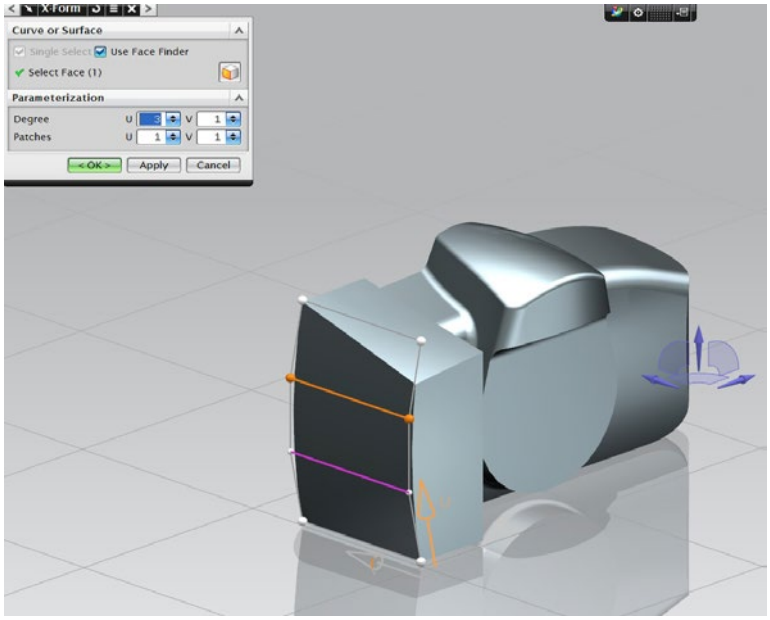
Pasek narzędziowy **Synchronous Modeling** oferuje użytkownikowi polecenie **Replace Face**, dzięki któremu może on modyfikować lica obiektu w jeszcze inny sposób, tj. przy wykorzystaniu geometrii innych istniejących lic lub powierzchni występujących w modelu. Zabieg taki zostanie wykonany w odniesieniu do górnego lica utworzonego przed momentem prostopadłościanu *(obraz 31*).

- Wybierz **Insert**->**Synchronous Modeling**->**Replace Face** (lub pasek **Synchronous Modeling**).
- Zaznacz lico, które będzie modyfikowane: górne płaskie lico prostopadłościanu (kolor zielony).
- Zaakceptuj wybór, naciskając rolkę myszy.
- Zaznacz lico zastępujące: sąsiadujące krzywoliniowe lico obudowy (kolor różowy).
- Ustal odstęp **20 mm** (**Distance**).
- Kliknij **OK**, aby ukończyć operację.

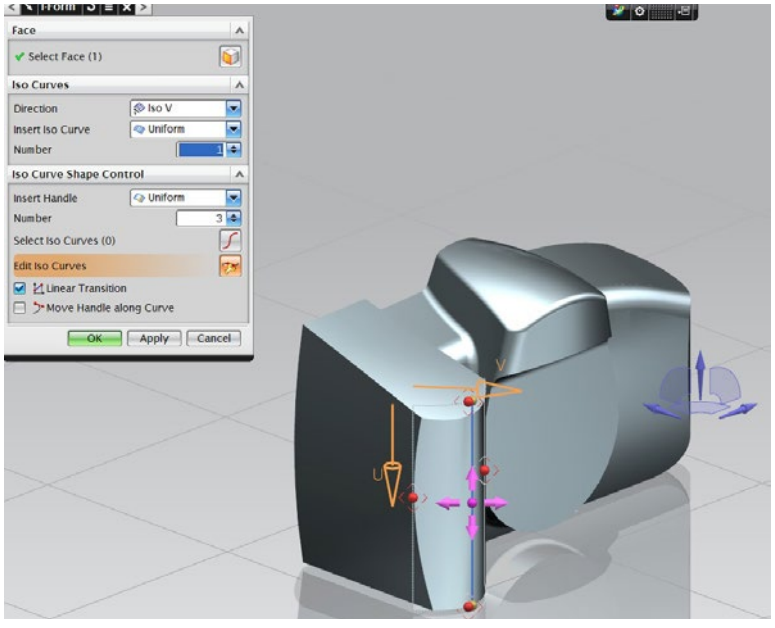


Obraz 31

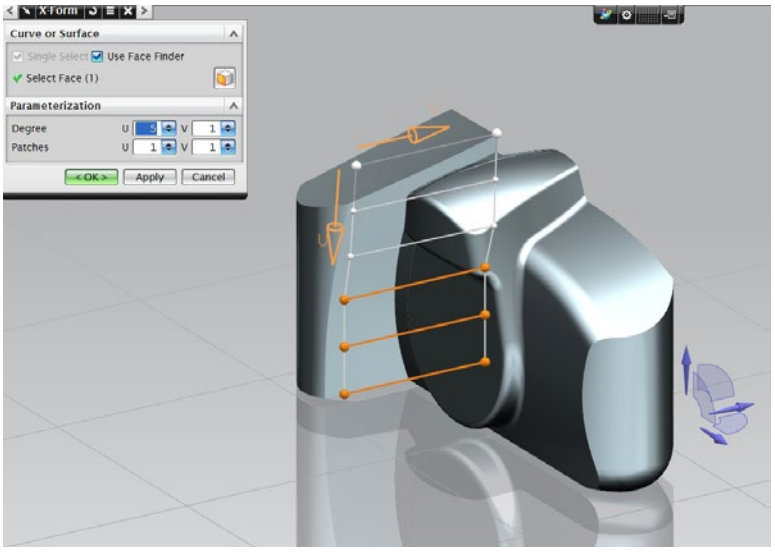
- Używając poznanych wcześniej poleceń **X-Form** i **I-Form**, zamodeluj estetyczny i ergonomiczny kształt dla części uchwytowej korpusu – postaraj się uzyskać kształt zbliżony do przedstawionego na obrazach 32-35.



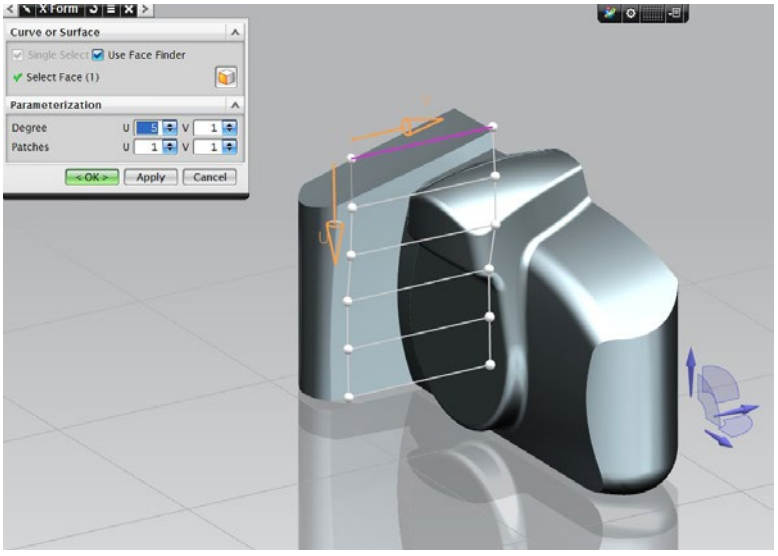
Obraz 32



Obraz 33

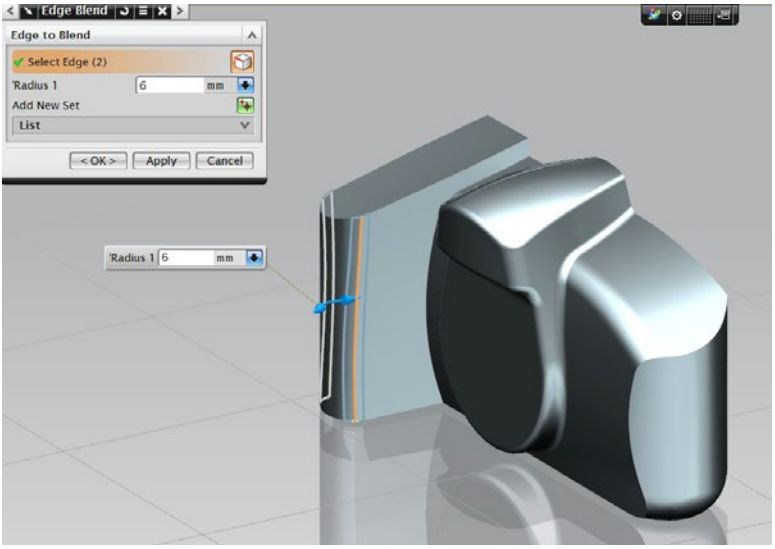


Obraz 34



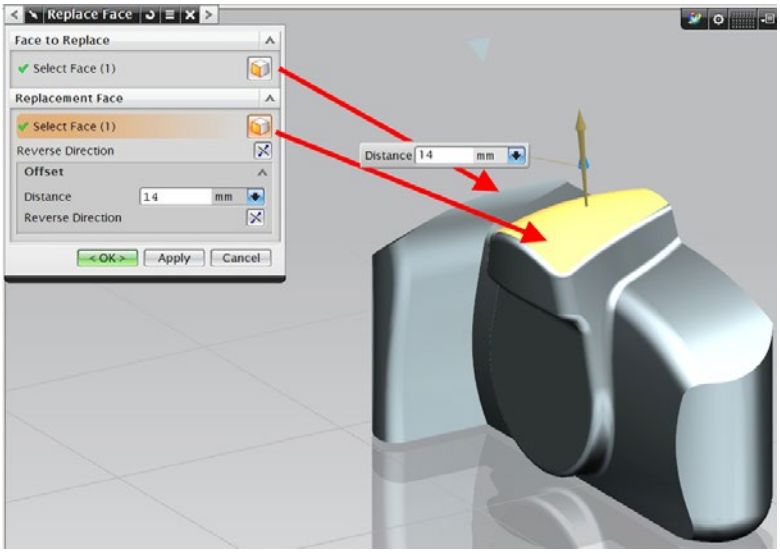
Obraz 35

- Przy użyciu polecenia **Edge Blend** dodaj zaokrąglenia na wybranych krawędziach uchwytu (obraz 36).



Obraz 36

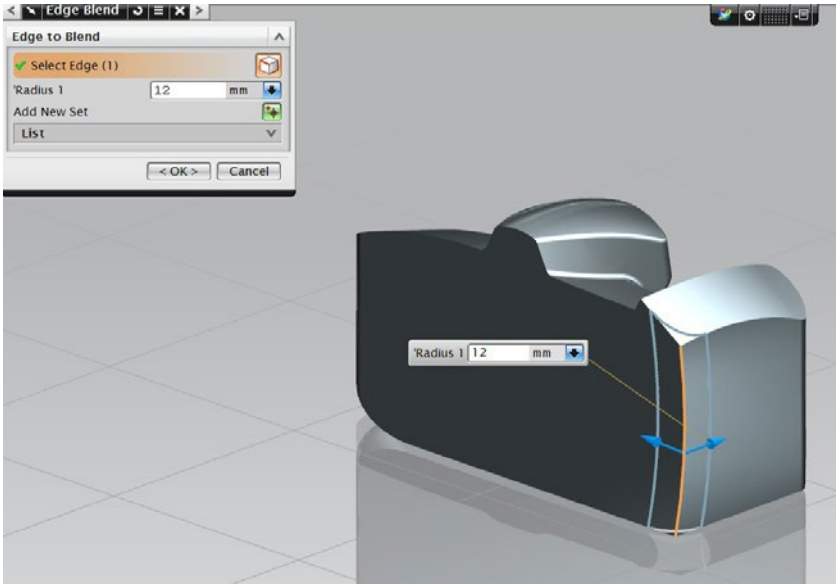
- Raz jeszcze zmodyfikuj geometrię górnego lica uchwytu korpusu, zastępując ją geometrią górnego lica należącego do obudowy obiektywu – użyj poznanego wcześniej polecenia **Replace Face** z odstępem **14 mm** w dowolnym kierunku (obraz 37).



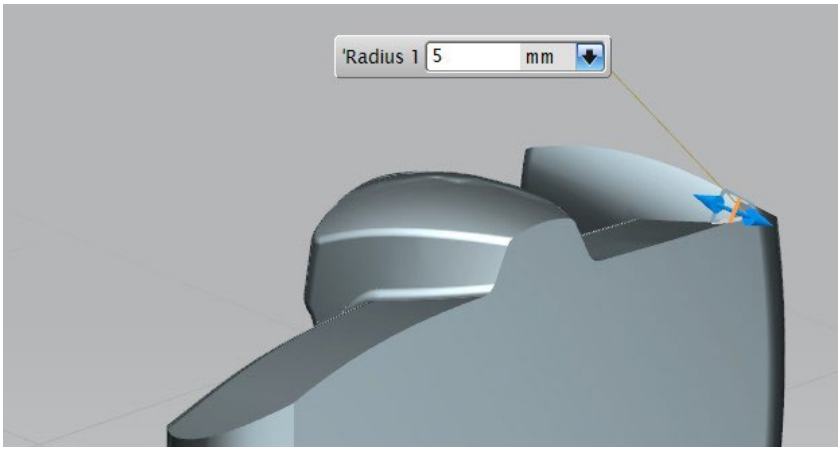
Obraz 37

Końcowa faza modelowania obudowy aparatu wymaga wprowadzenia brakujących zaokrągleń na ostrych krawędziach. W celu uzyskania efektów przedstawionych na poniższych ilustracjach nie są potrzebne żadne specjalizowane polecenia – poznane już polecenie **Edge Blend** umożliwi zamodelowanie wszystkich wymaganych „płynnych przejść”.

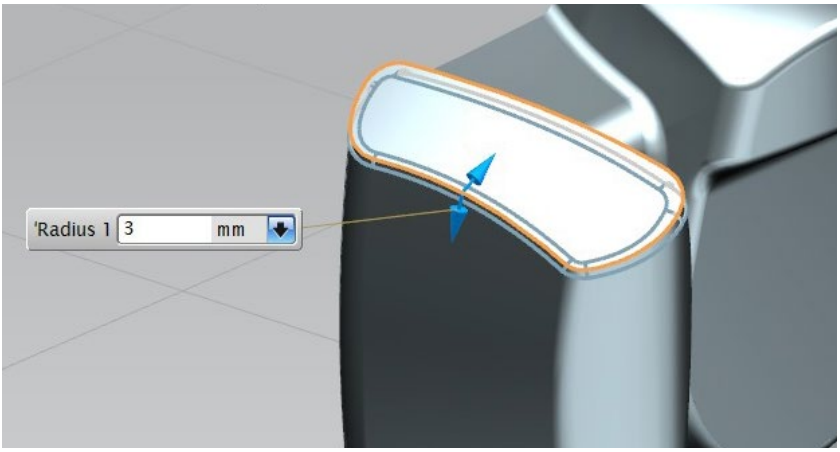
- Wybierz polecenie **Edge Blend** i utwórz zaokrąglenia przedstawione na obrazach 38-42.



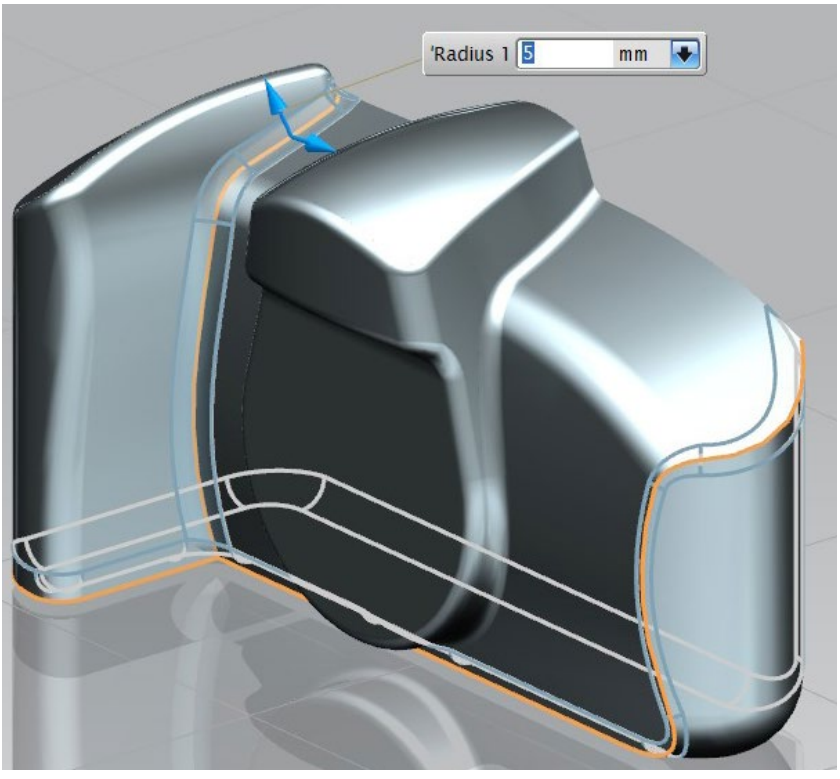
Obraz 38



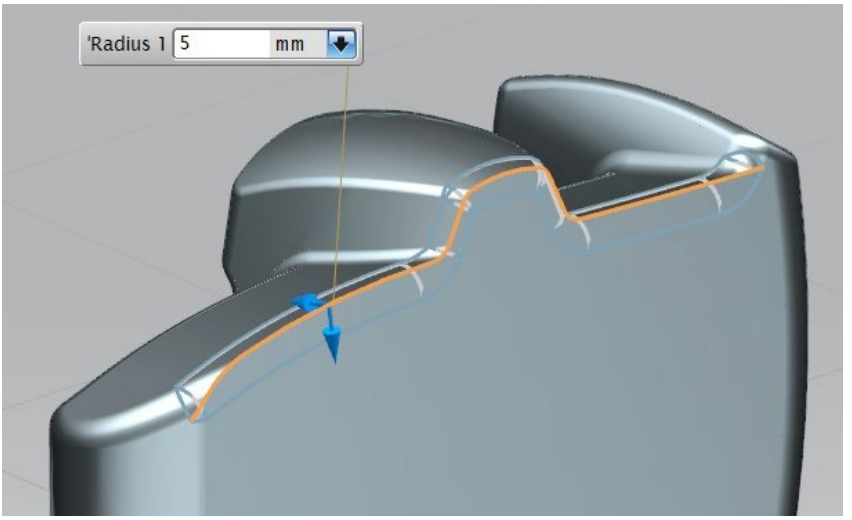
Obraz 39



Obraz 40



Obraz 41



Obraz 42

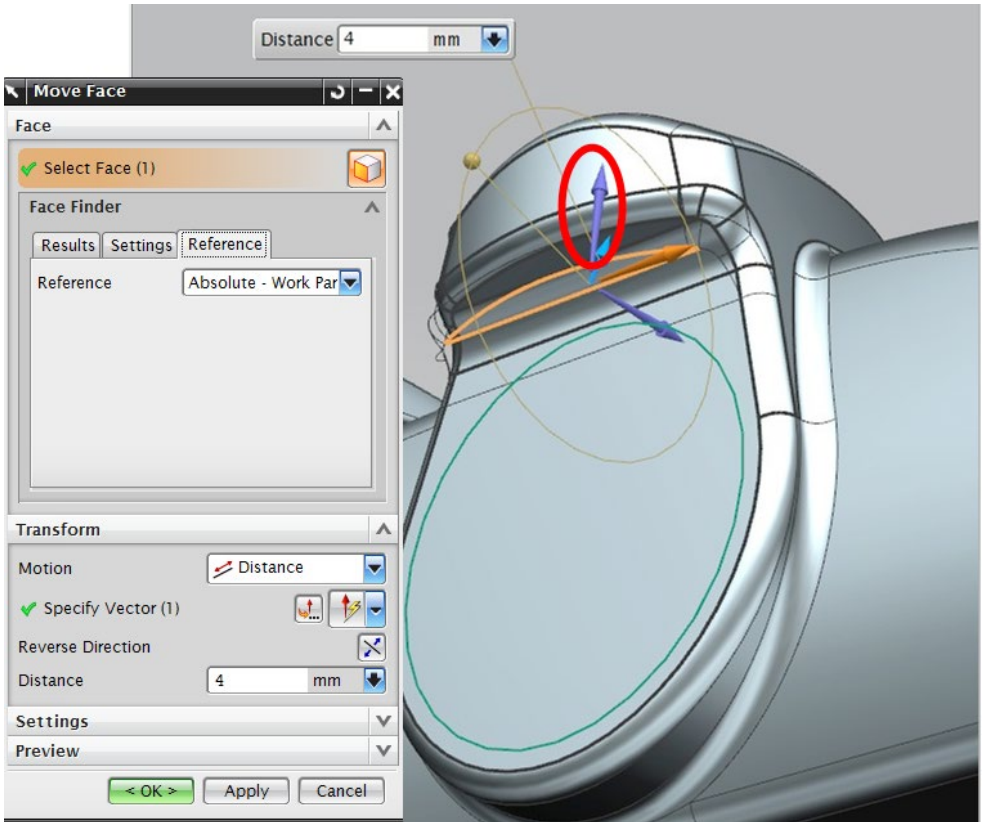
Ze względu na wymogi wzornictwa przemysłowego, ergonomii lub technologiczności, może pojawiać się potrzeba przemieszczania (przesunięcia lub obrotu) określonych ścian modelu w końcowej fazie projektowania. W takich przypadkach stosuje się tzw. bezpośrednią edycję geometrii modelu, która eliminuje konieczność ingerencji w drzewo operacji (żmudna analiza powiązań, błędy przebudowy itd.).

Narzędzia umożliwiające bezpośrednią modyfikację geometrii dostępne są wielu systemach CAD, jednak większość z nich ma problemy z edycją geometrii zawierającą zaokrąglenia. Zaokrąglenia muszą dynamicznie dopasowywać się do zmian geometrii, a to z reguły się nie udaje i zmusza użytkowników innych systemów do usuwania istniejących zaokrągleń i/lub dokonywania czasochłonnych zmian w drzewie operacji.

W NX, dzięki Technologii Synchronicznej i wbudowanej inteligencji systemu (obecność rozwiązań do obsługi zaawansowanych zmian topologii modelu), **problem modyfikacji geometrii zawierającej zaokrąglenia nie istnieje**. W trakcie dokonywania bezpośrednich zmian geometrii modelu, istniejące zaokrąglenia są w czasie rzeczywistym poprawnie przeliczane, nawet w bardzo skomplikowanych przypadkach.

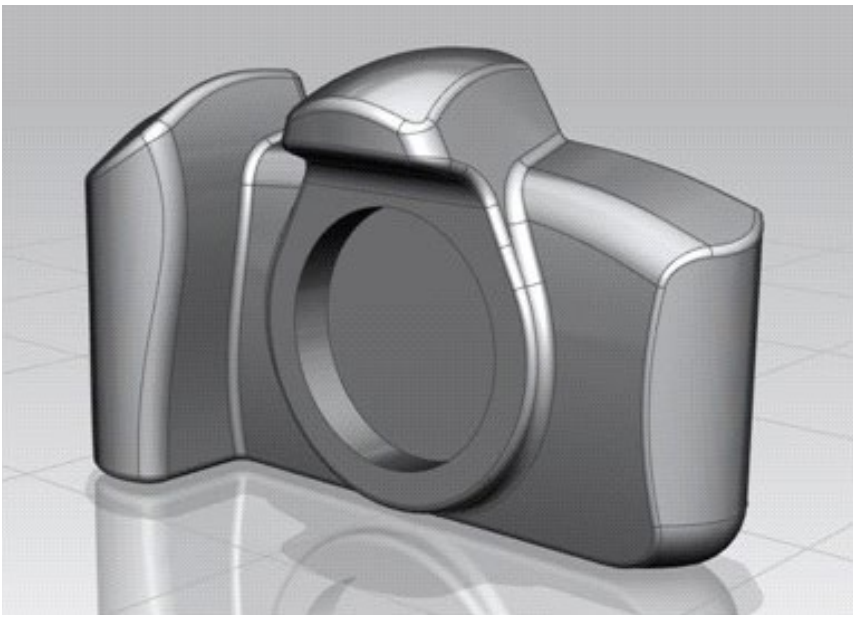
Opisane powyżej funkcjonalności zostaną w ćwiczeniu zaprezentowane na przykładzie bezpośredniej modyfikacji geometrii obudowy, w celu powiększenia obszaru korpusu przeznaczonego na zamocowanie obiektywu.

- Wybierz **Insert**->**Synchronous Modeling**-> **Move Face**.
- Zaznacz lico do przeniesienia (kolor pomarańczowy) i ustaw parametry w oknie polecenia zgodnie z obrazem 43.
- Kliknij w zaznaczoną na ilustracji (czerwona obwiednia) oś narzędzia **Orient Xpress**, aby zdefiniować kierunek przesunięcia.
- Kliknij **OK**, aby zatwierdzić zmiany i opuścić polecenie.
- Zwróć uwagę na poprawne dopasowanie istniejących zaokrągleń.



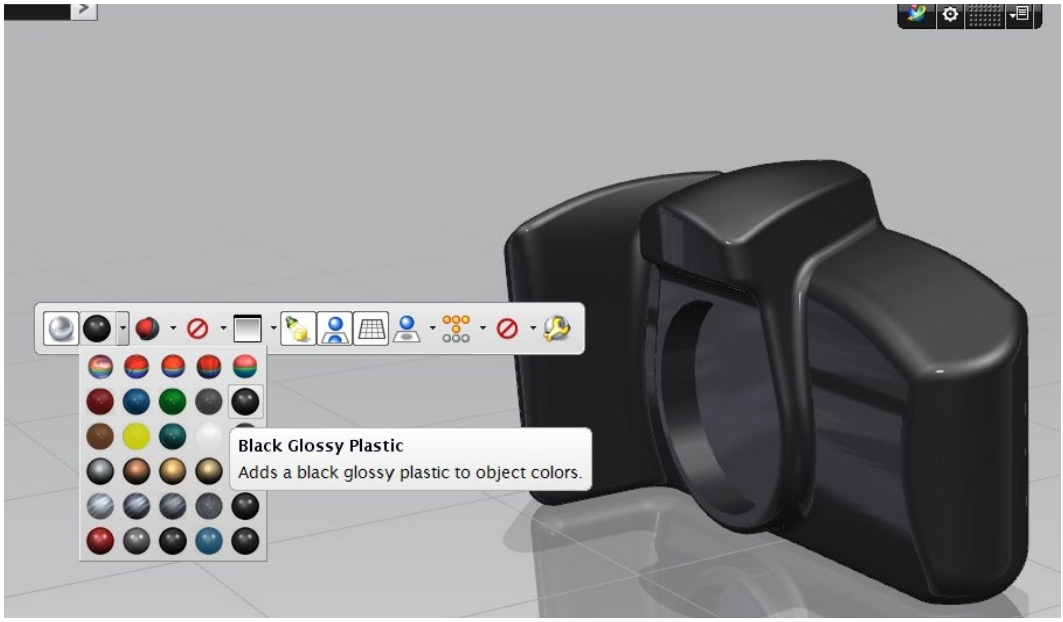
Obraz 43

- Na zakończenie ćwiczenia wykorzystaj poznane polecenia i samodzielnie wykonaj otwór na przedniej ścianie w sposób zbliżony do przedstawionego na obrazie 44.

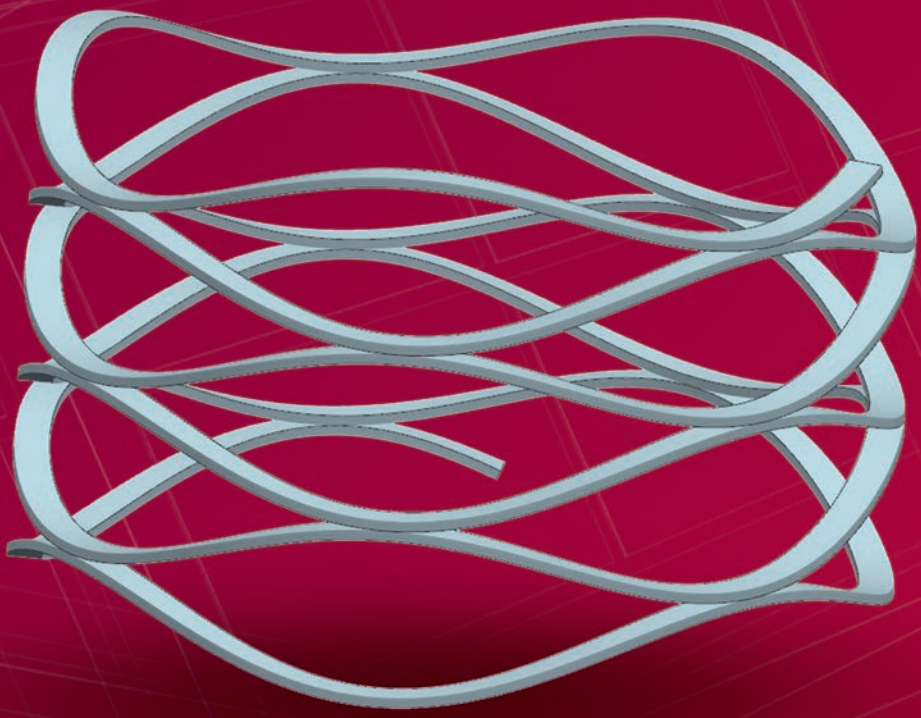


Obraz 44

Wykonałeś w systemie NX model obudowy aparatu fotograficznego, charakteryzujący się nowoczesnym, ciekawym i oryginalnym kształtem. Zauważ, że proces projektowy nie trwał długo, a skomplikowany kształt geometrii uzyskałeś, wykorzystując zaledwie kilka łatwych w użyciu poleceń. Jeśli masz ochotę, spróbuj we własnym zakresie odnaleźć polecenia związane z wizualizacją projektu i zmień sposób wyświetlania Twojego modelu.


Black Glossy Plastic
Adds a black glossy plastic to object colors.

Obraz 45



Ćwiczenie nr 3:
MODELOWANIE Z WYKORZYSTANIEM RÓWNANIA KRZYWEJ

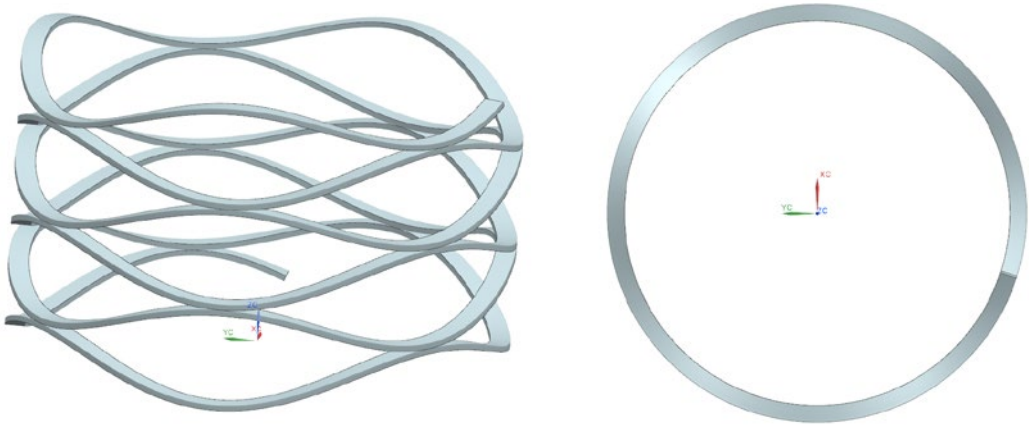
Ćwiczenie nr 3:
MODELOWANIE Z WYKORZYSTANIEM RÓWNANIA KRZYWEJ

Niniejsze ćwiczenie poświęcone jest projektowaniu 3D sprężyny falistej, o kształcie takim, jak pokazano na obrazie 1. W programie NX tego typu złożone kształty można szybko zamodelować korzystając z jednej z zaawansowanych opcji wykreślania krzywych przestrzennych. Funkcja ta umożliwia precyzyjne zamodelowanie krzywej poprzez zdefiniowanie jej równania analitycznego.

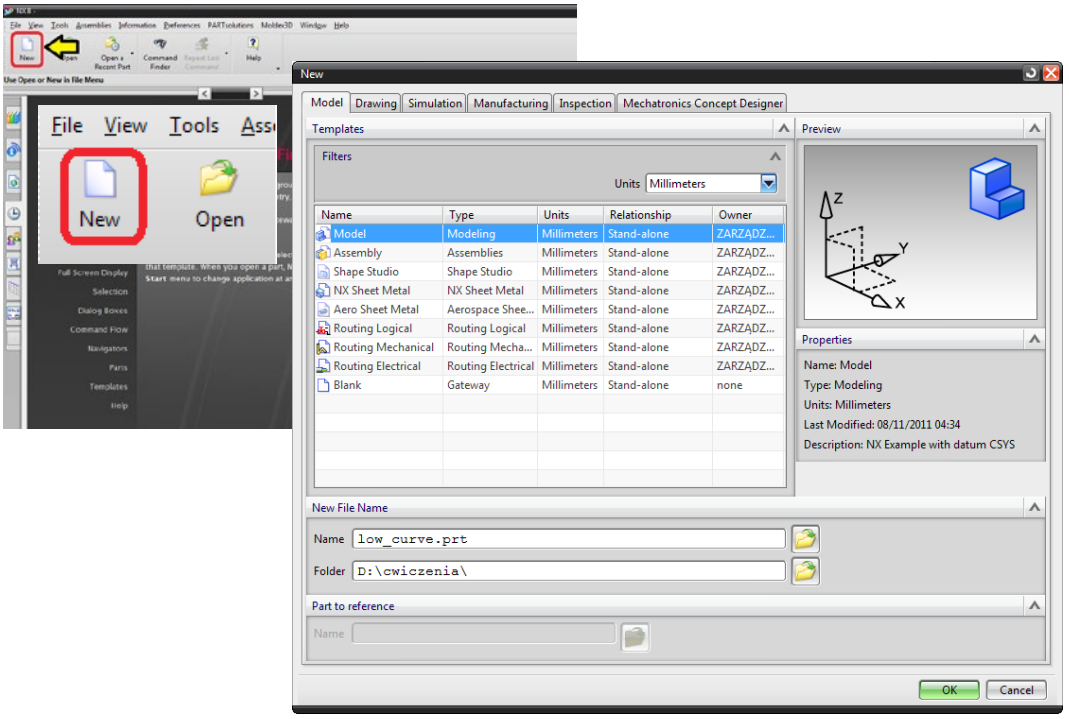
W pierwszym kroku należy utworzyć nowy plik części, w którym zamodelowana zostanie geometria sprężyny.

- Uruchom system NX, a następnie na pasku narzędzi Standard wybierz **New** (obraz 2).
- W oknie dialogowym **New** dokonaj następujących ustawień:
  - szablon modelowania: pojedyncza część (w obszarze **Templates** wybierz **Model**),
  - ustawienie jednostek: metryczne (**Units**->**Millimeters**),
  - wprowadź nazwę tworzonego właśnie pliku NX (.prt), np. **law_curve.prt**,
  - wybierz lokalizację, w której zapiszesz plik (**New File Name**->**Folder**).

Uwaga: W nazwie pliku i nazwach folderów nie używaj polskich znaków!



Obraz 1



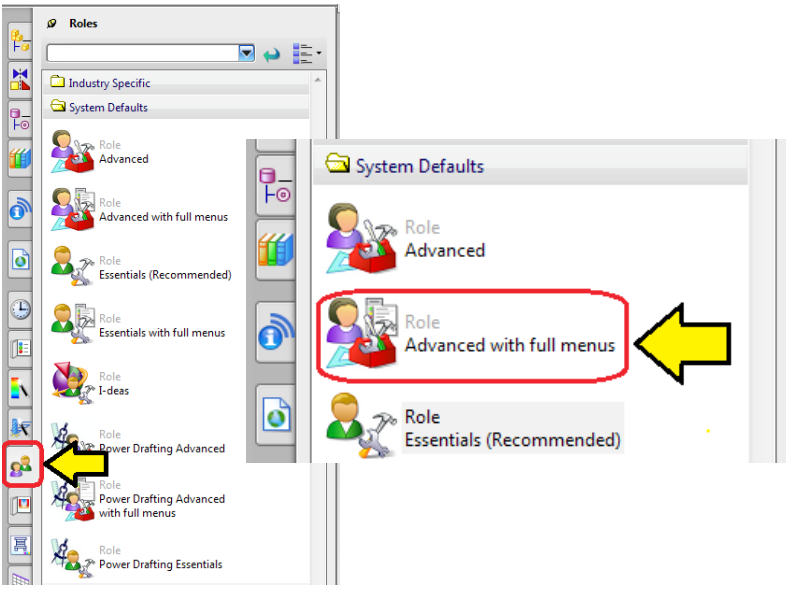
Obraz 2

- Wciśnij przycisk **OK** – zdefiniowany plik NX zostanie otwarty we właściwym środowisku projektowym (**Modeling**).

Wygląd interfejsu programu NX może być w szerokim zakresie zmieniany przez użytkownika i dostosowywany do jego potrzeb i preferencji. Dodatkowo każdy wariant ustawień interfejsu można zapisać w tzw. **Rolach**, czyli indywidualnych profilach użytkownika. System NX posiada szereg predefiniowanych profili (**Ról**), dedykowanych dla użytkowników o różnym stopniu zaawansowania lub dla różnych branż przemysłu.

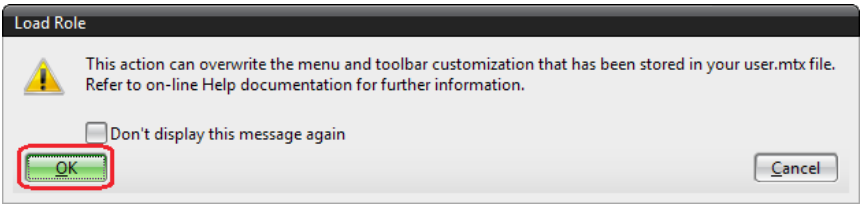
Ilustracje w niniejszej instrukcji zostały wykonane w interfejsie programu uzyskanym po włączeniu Roli o nazwie **Advanced with full menus**. Włącz taki profil w swojej instalacji NX.

- Na pionowym pasku narzędzi **Resource Bar**, znajdującym się po lewej stronie okna graficznego, kliknij przycisk **Roles**.
- W zakładce **System Defaults** kliknij na pozycję **Advanced with full menus** (obraz 3).



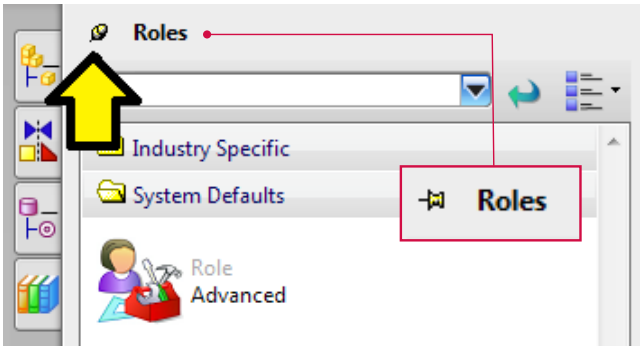
Obraz 3

- W oknie informacyjnym **Load Role** kliknij **OK** *(obraz 4)*.



Obraz 4

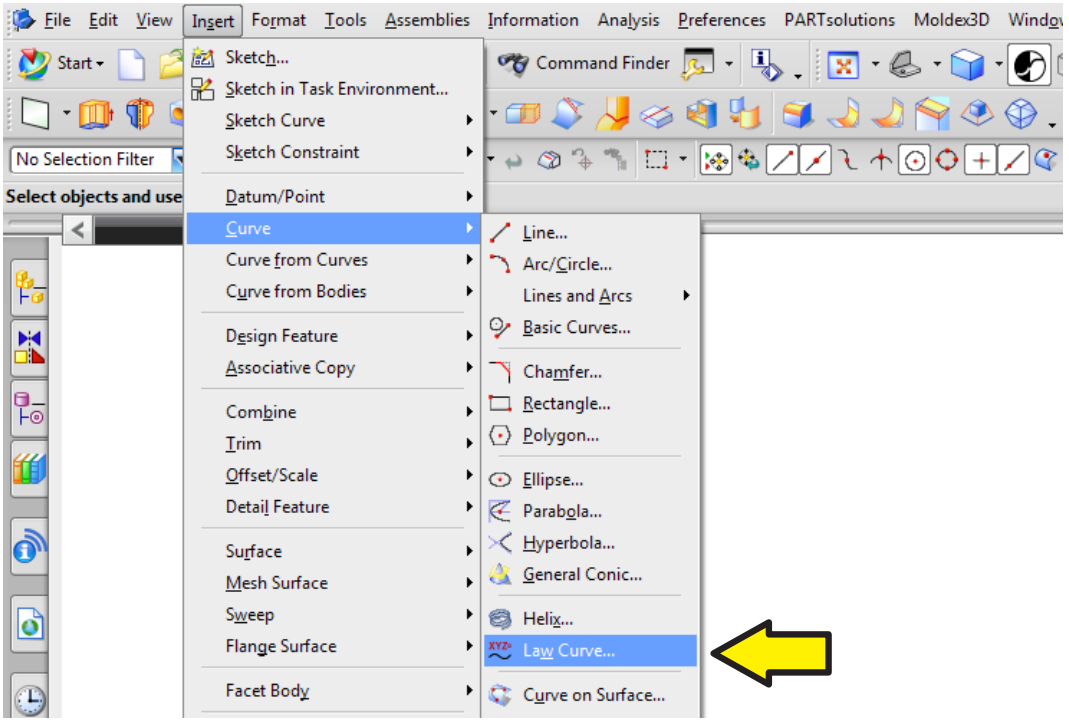
W NX możliwe jest zwiększenie obszaru okna graficznego poprzez włączenie automatycznego ukrywania nieużywanych okien **Resource Bar**. W tym celu klikamy na „pinezkę" w górnej części **Resource Bar**, zmieniając jej status (obraz 5).



Obraz 5

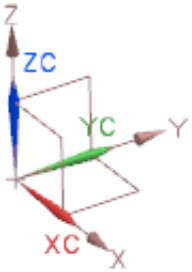
Proces modelowania sprężyny falistej rozpoczynamy od narysowania krzywej przestrzennej o pożądanym kształcie. Do tego celu wykorzystana zostanie funkcja **Law Curve**.

- W głównym menu kliknij **Insert**->**Curve**->**Law Curve…** (obraz 6).



Obraz 6

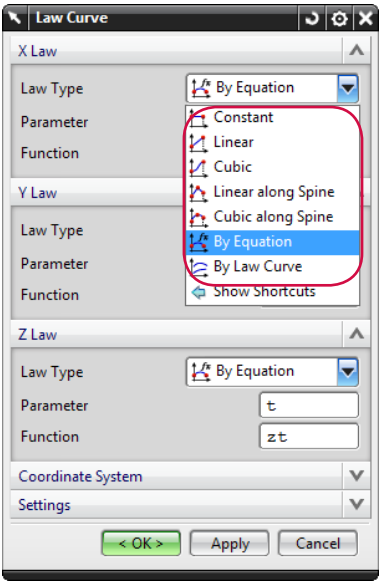
Funkcja **Law Curve** generuje krzywą na podstawie kombinacji trzech składowych, z których każda definiuje jej przebieg w kierunku jednej z trzech osi wskazanego układu współrzędnych. Jeśli układ współrzędnych nie zostanie wskazany, krzywa zostanie wykreślona dla bieżącego położenia **Roboczego Układu Współrzędnych** (WCS – z ang. **Work Coordinate System**), którego kolorowy symbol wyświetlany jest w środkowej części okna graficznego (obraz 7).



Obraz 7

Każda ze składowych definiowanego równania krzywej może być określona za pomocą reguł dostępnych w oknie dialogowym funkcji.

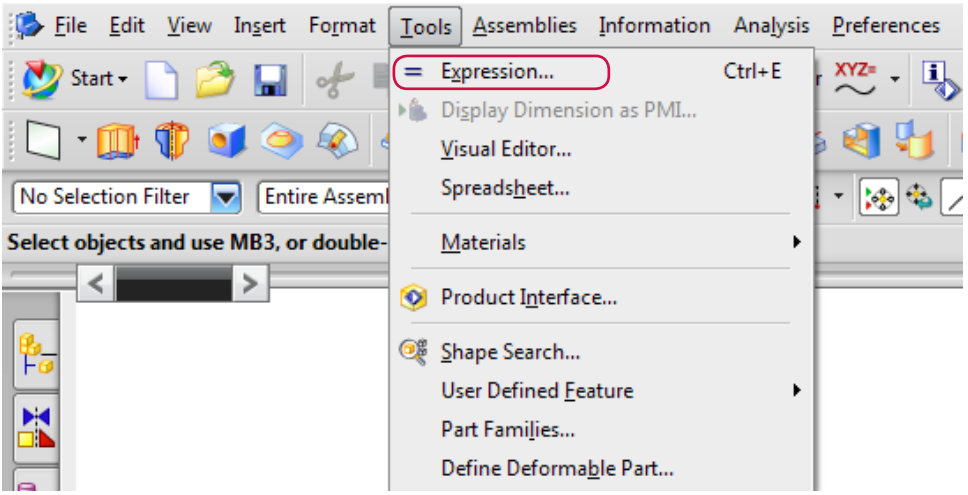
- W oknie dialogowym funkcji **Law Curve** kliknij na opcję **Law Type**, aby rozwinąć listę wszystkich dostępnych reguł (obraz 8).



Obraz 8

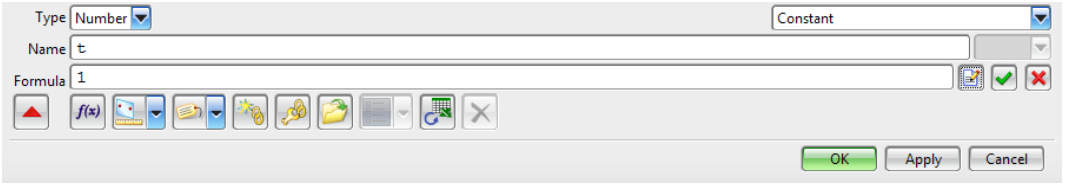
Ponieważ tworzona w tym ćwiczeniu krzywa ma złożony kształt przestrzenny, w przypadku wszystkich trzech składowych równania wykorzystana zostanie opcja **By Equation**. Aby ją zastosować, konieczne jest wcześniejsze zdefiniowanie odpowiednich formuł dla zmiennych **xt**, **yt** i **zt**.

- W oknie dialogowym **Law Curve** kliknij **Cancel**.
- W głównym menu kliknij **Tools**->**Expression...** (obraz 9).



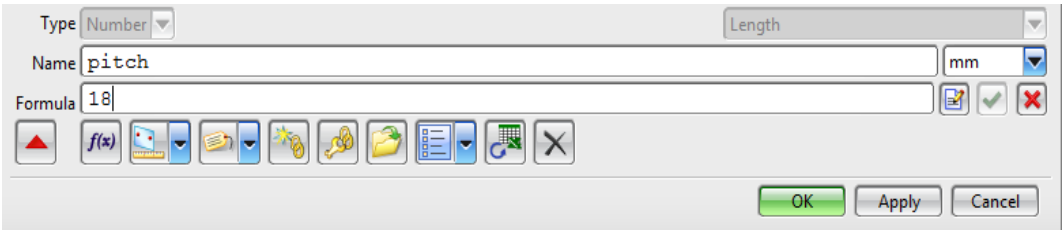
Obraz 9

- W oknie dialogowym **Expressions**, w polach **Name** i **Formula** wpisz nazwę tworzonego parametru t oraz jego wartość, jak przedstawiono na obrazie 10. Zwróć uwagę na typ stosowanych jednostek.



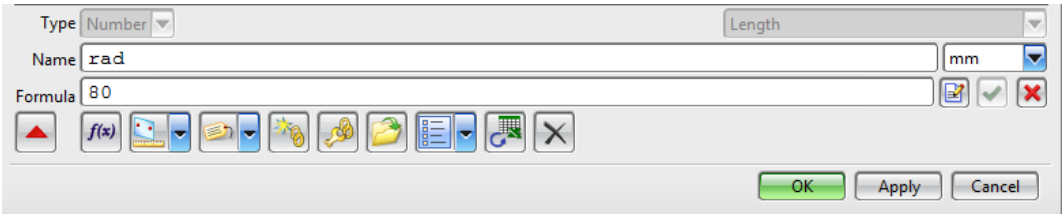
Obraz 10

- Zatwierdź nową zmienną klikając **Enter**.
- W analogiczny sposób utwórz parametr określający skok modelowanej sprężyny (obraz 11).



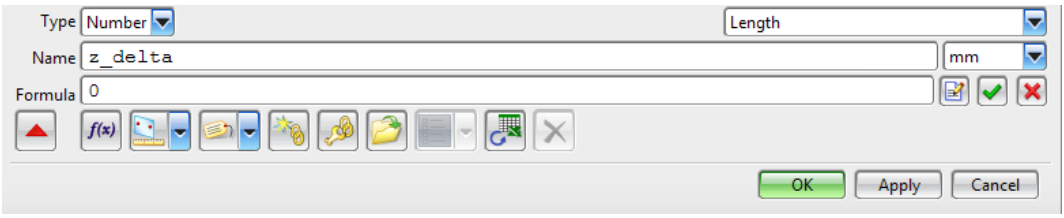
Obraz 11

- Utwórz parametr określający promień modelowanej krzywej spiralnej (obraz 12).



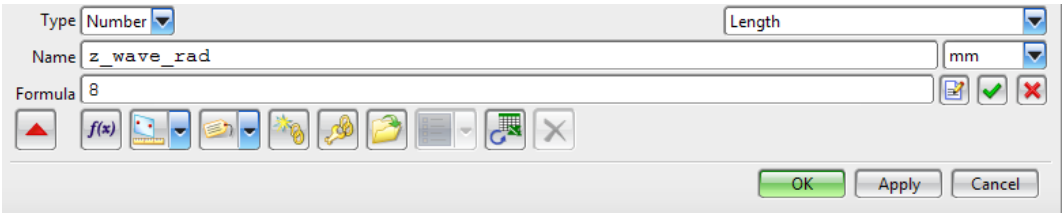
Obraz 12

- Utwórz parametr określający położenie punktu początkowego krzywej na osi Z układu współrzędnych (obraz 13).



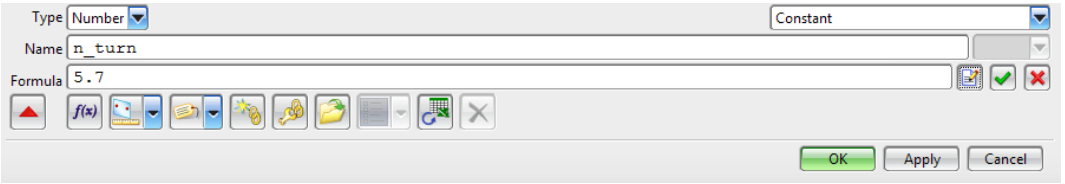
Obraz 13

- Utwórz parametr definiujący wartość amplitudy „pofalowania” krzywej (obraz 14).



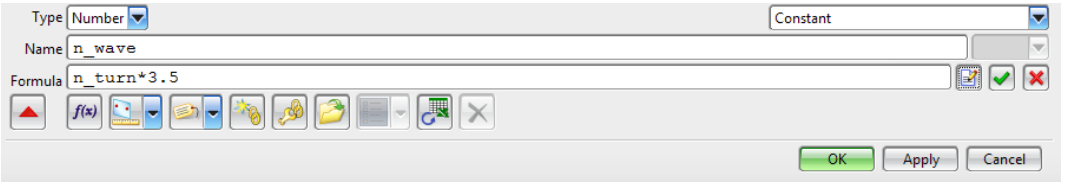
Obraz 14

- Utwórz parametr definiujący liczbę zwojów modelowanej spirali (obraz 15).



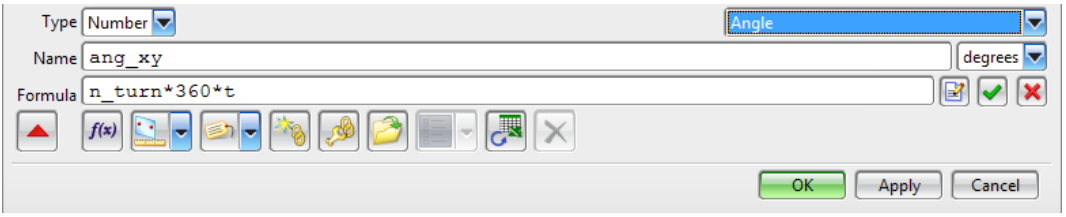
Obraz 15

- Utwórz parametr określający liczbę „fal" występujących na krzywej (obraz 16).



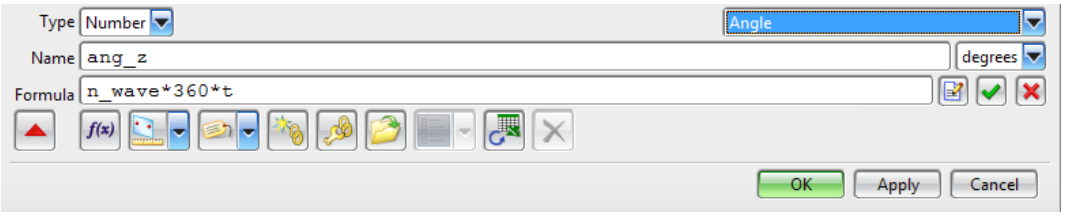
Obraz 16

- Utwórz zmienną definiującą całkowity kąt pomiędzy punktem początkowym, a końcowym generowanej krzywej (obraz 17).



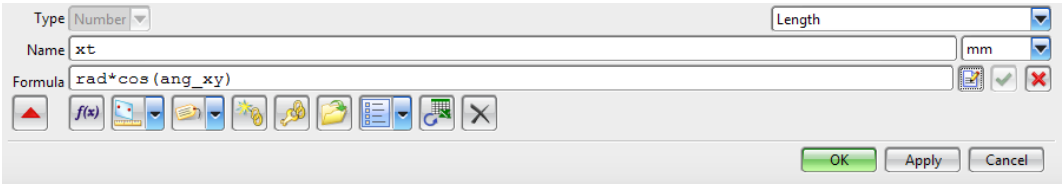
Obraz 17

- Utwórz parametr określający całkowity kąt wykorzystywany do obliczenia pofalowania krzywej (obraz 18).



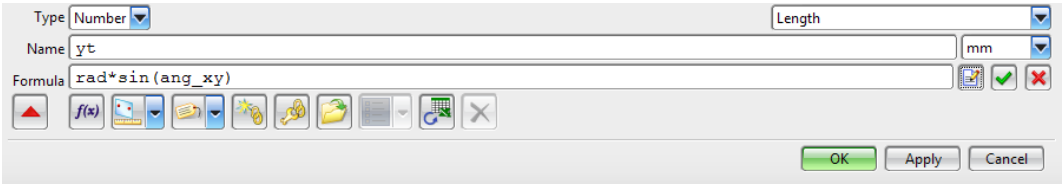
Obraz 18

- Utwórz zmienną definiującą składową xt równania krzywej (obraz 19).



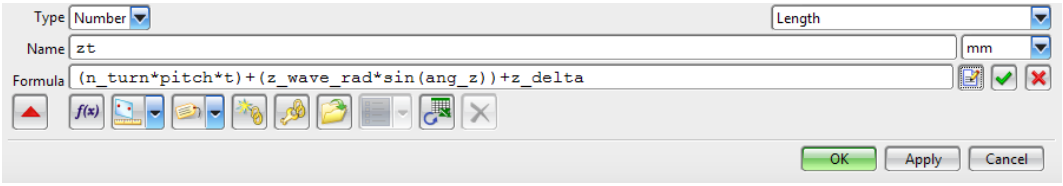
Obraz 19

- Utwórz zmienną definiującą składową yt równania krzywej (obraz 20).



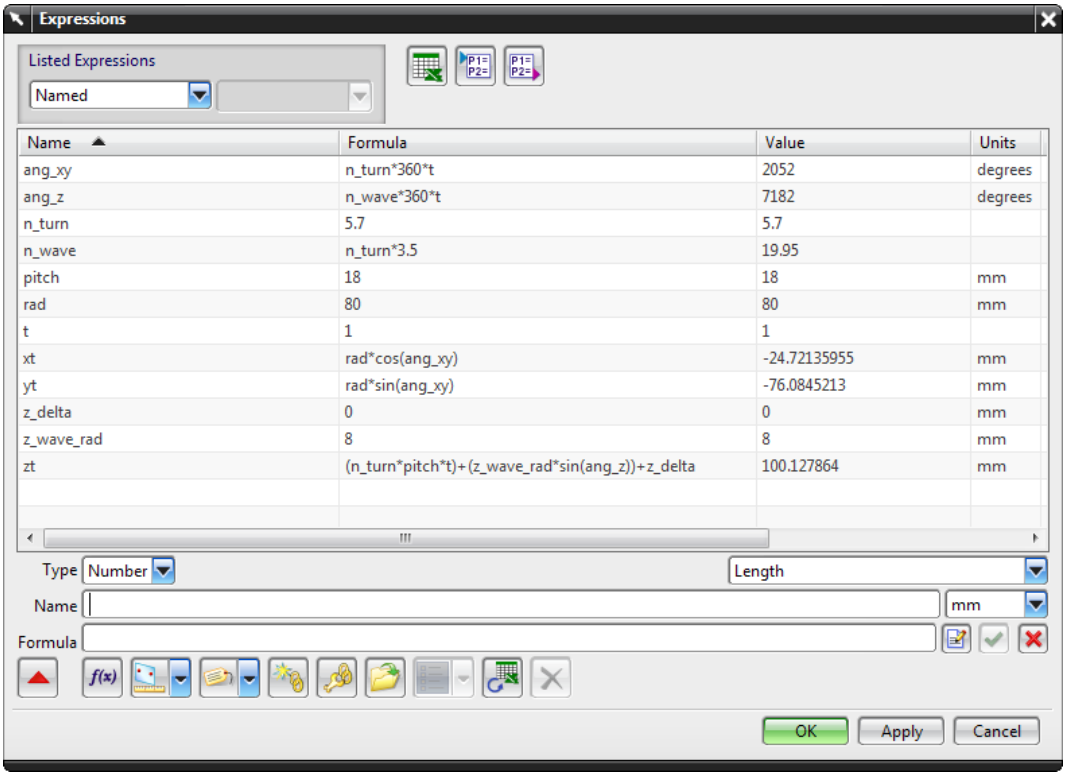
Obraz 20

- Utwórz zmienną definiującą składową zt równania krzywej (obraz 21).



Obraz 21

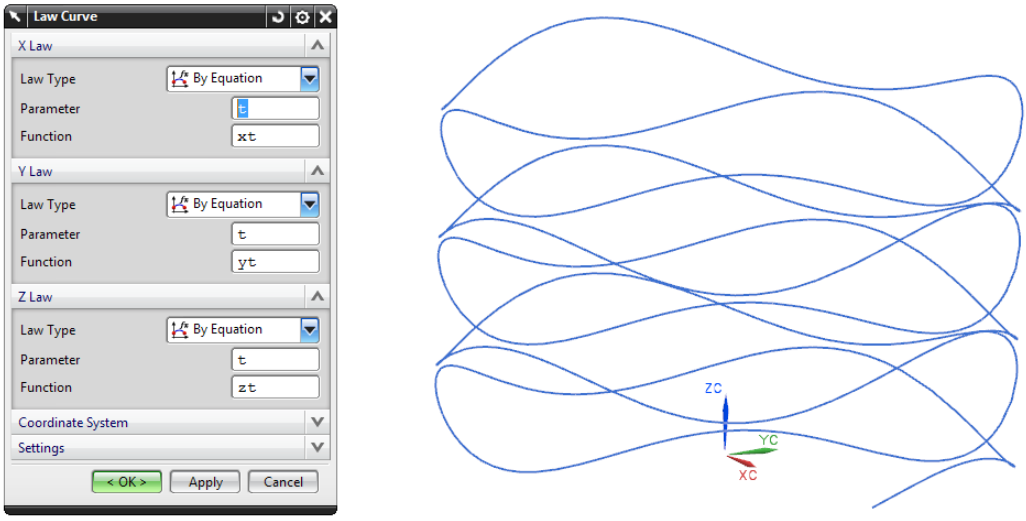
- Upewnij się, że w oknie **Expressions** zostały utworzone wszystkie niezbędne zmienne, a następnie kliknij **OK** (obraz 22).



Obraz 22

- W głównym menu kliknij **Insert**->**Curve**->**Law Curve...**, a następnie **OK** w oknie dialogowym **Law Curve**.

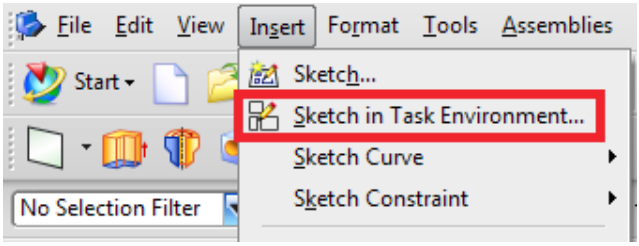
Dzięki wcześniejszemu zdefiniowaniu formuł opisujących składowe **xt**, **yt** i **zt**, natychmiast po włączeniu funkcji **Law Curve** pojawia się podgląd generowanej krzywej (obraz 23).



Obraz 23

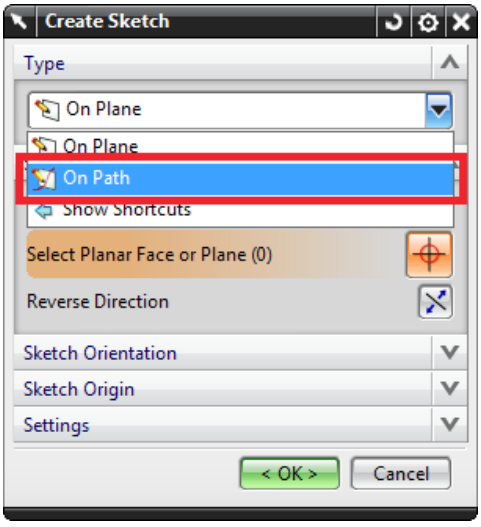
Kolejnym krokiem ćwiczenia jest stworzenie zarysu przekroju poprzecznego pręta modelowanej sprężyny, który zostanie wyciągnięty wzdłuż stworzonej krzywej.

- W głównym menu kliknij **Insert**->**Sketch In Task Environment…** (obraz 24).



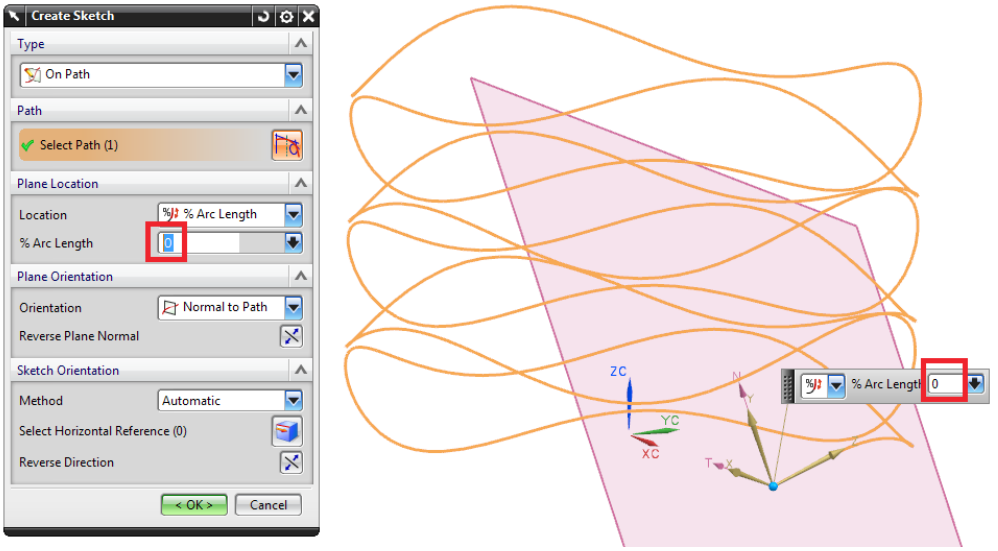
Obraz 24

- W oknie dialogowym **Create Sketch** wybierz typ szkicu **On Path**, co pozwoli na stworzenie szkicu przypisanego do krzywej przestrzennej (obraz 25).



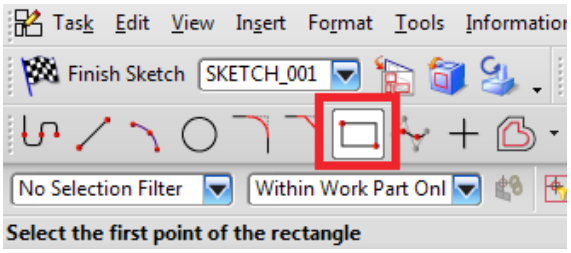
Obraz 25

- Zaznacz spiralę, a następnie wpisz wartość **0** w polu **% Arc Length** (obraz 26). Dzięki temu płaszczyzna tworzenia szkicu będzie znajdowała się w punkcie początkowym krzywej



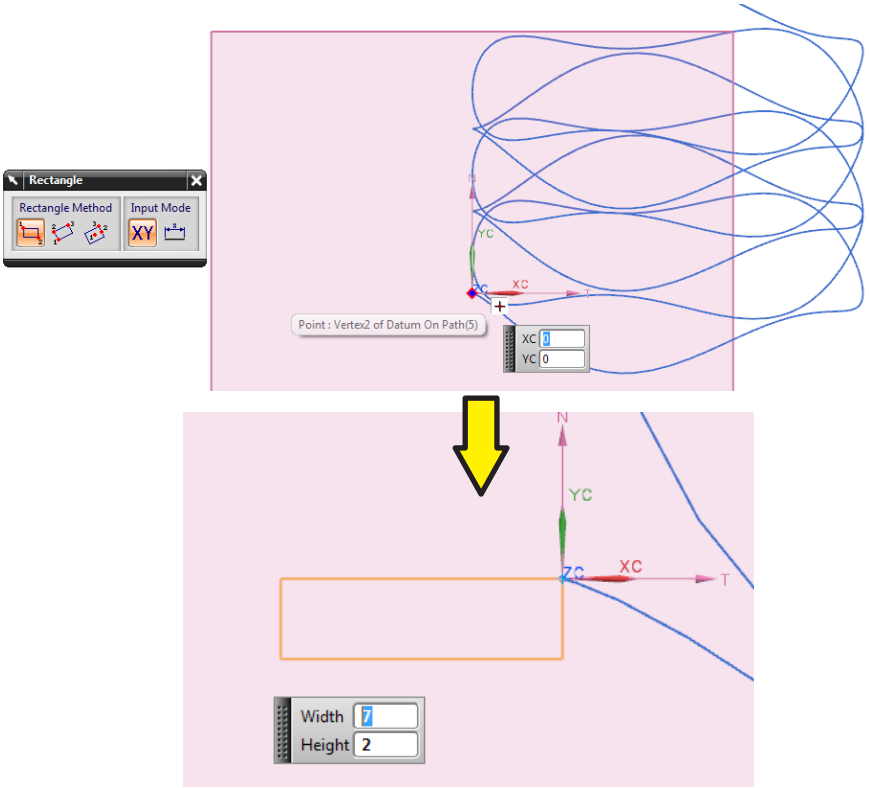
Obraz 26

- Kliknij **OK** w oknie dialogowym **Create Sketch**, a zostanie uruchomione środowisko szkicownika (**Sketch**).
- Z paska narzędzi **Sketch Tools** wybierz polecenie **Rectangle** (obraz 27).



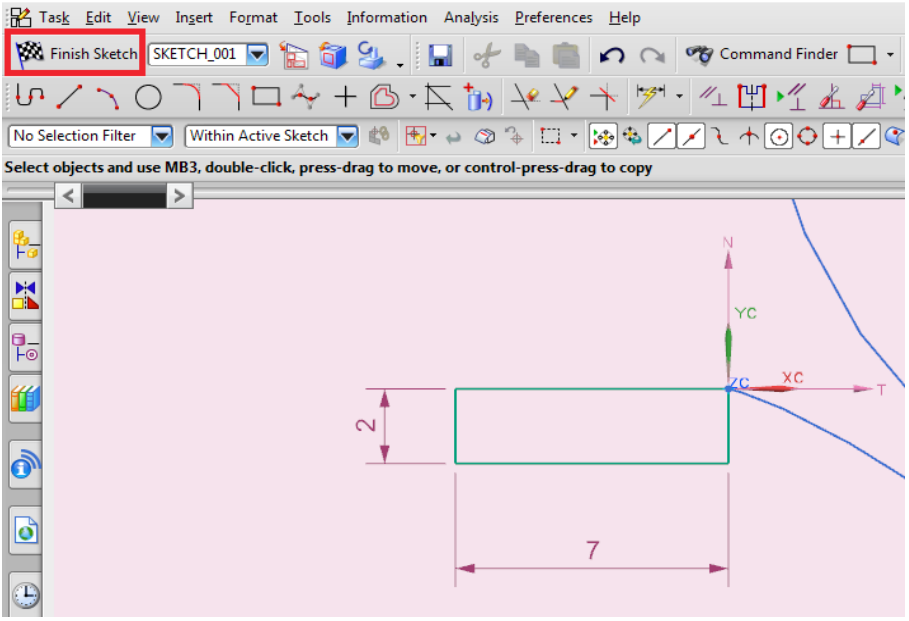
Obraz 27

- Narysuj prostokąt o wymiarach 7 mm x 2 mm, rozpoczynając od punktu początkowego spirali (obraz 28).



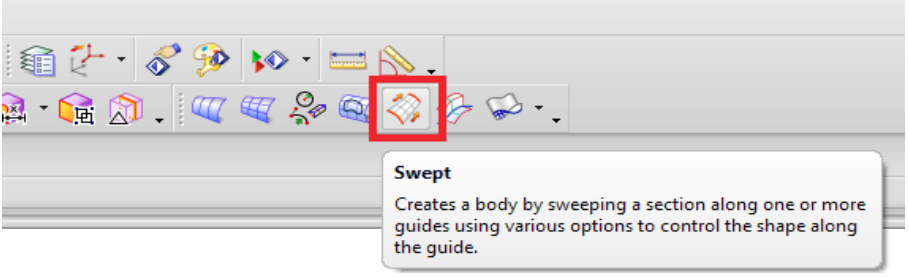
Obraz 28

- Kliknij **Finish Sketch**, aby zakończyć szkicowanie i powrócić do widoku przestrzennego modelu (obraz 29).



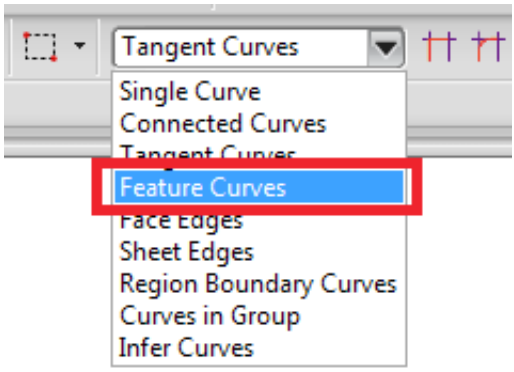
Obraz 29

- Na pasku narzędzi **Surface** kliknij na funkcję **Swept** (obraz 30).



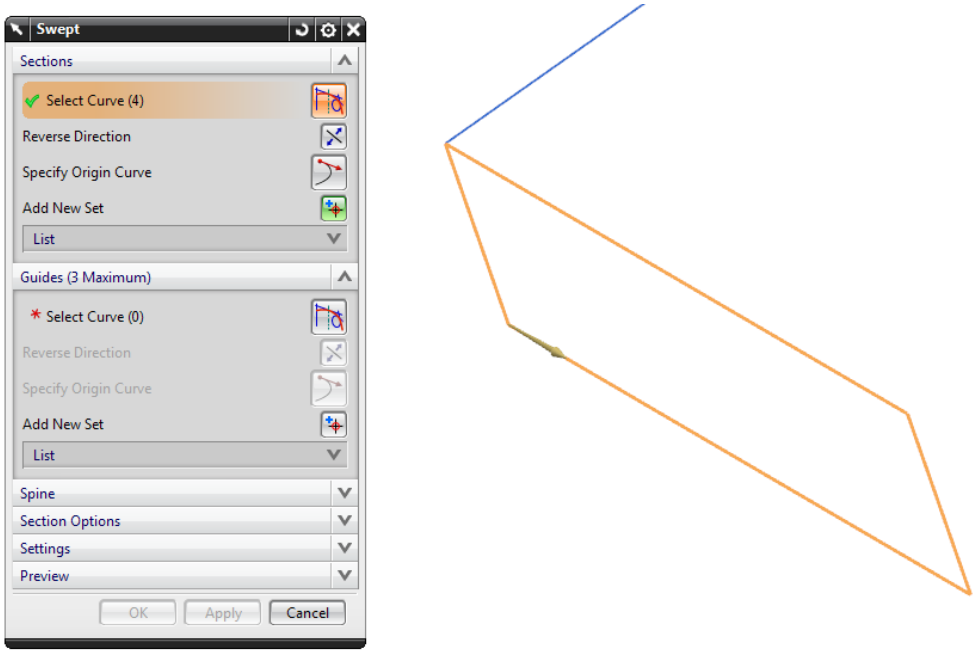
Obraz 30

- Zmień ustawienie filtra zaznaczania krzywych na opcję **Feature Curves**, dzięki czemu możliwe będzie szybkie zaznaczenie wszystkich krzywych wchodzących w skład utworzonego właśnie szkicu (obraz 31).



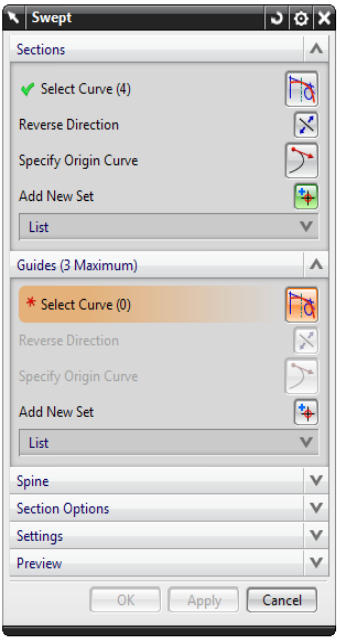
Obraz 31

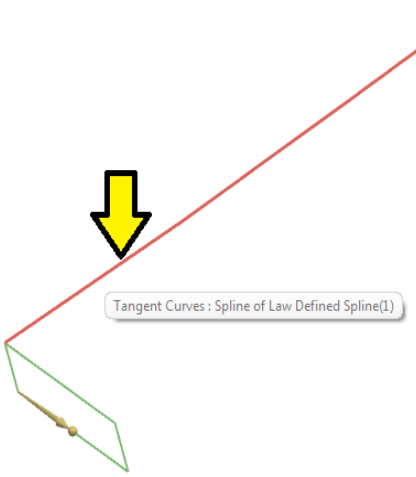
- Kliknij na jednym z boków prostokąta. Zauważ, że zaznaczeniu uległy wszystkie odcinki znajdujące się w tym szkicu (obraz 32).



Obraz 32

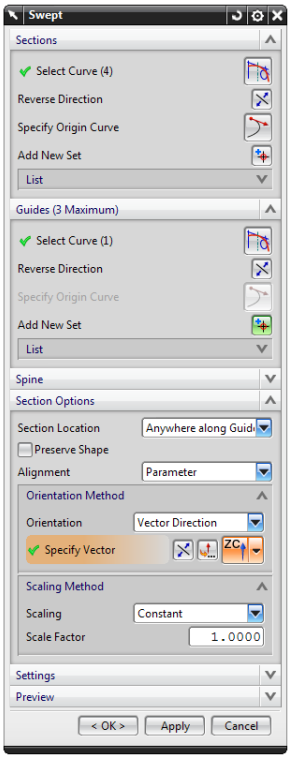
- Kliknij na **Select Curve** w zakładce **Guides** okna dialogowego **Swept**, a następnie zaznacz krzywą spiralną (obraz 33).

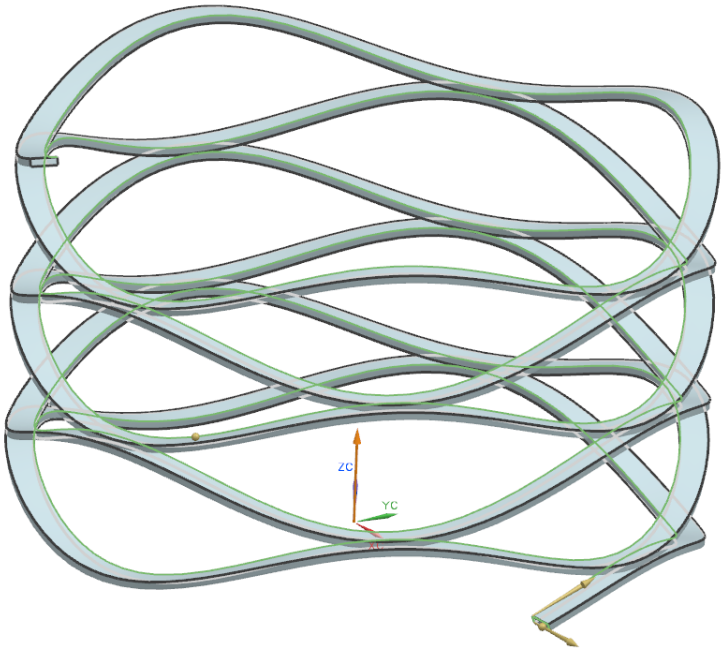




Obraz 33

- W oknie dialogowym **Swept**, w zakładce **Section Options**, grupie **Orientation Method** wybierz opcję **Vector Direction**, a następnie wybierz z listy wektor **+ZC** (obraz 34).

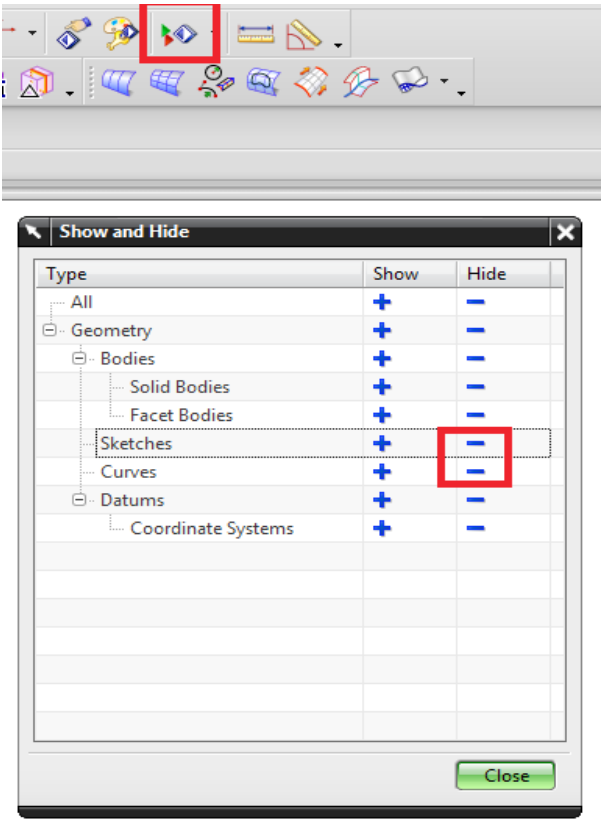




Obraz 34

- Kliknij **OK**.

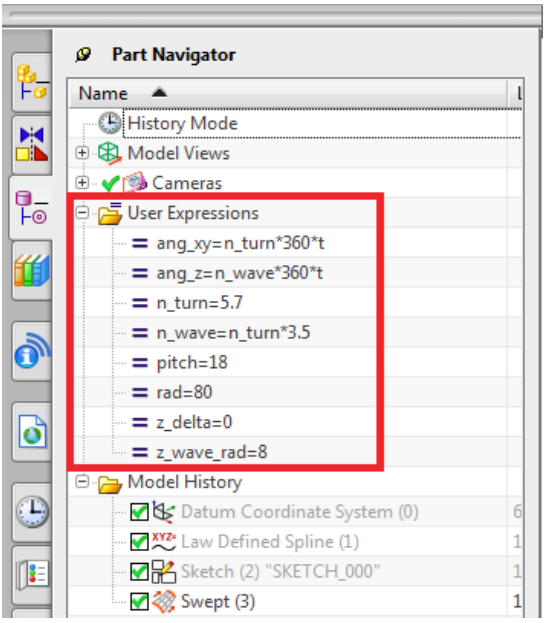
- Przy pomocy funkcji **Show and Hide** ukryj wszystkie szkice i krzywe przestrzenne modelu, klikając na symbol „–” w oznaczonych na ilustracji wierszach (obraz 35).



Obraz 35

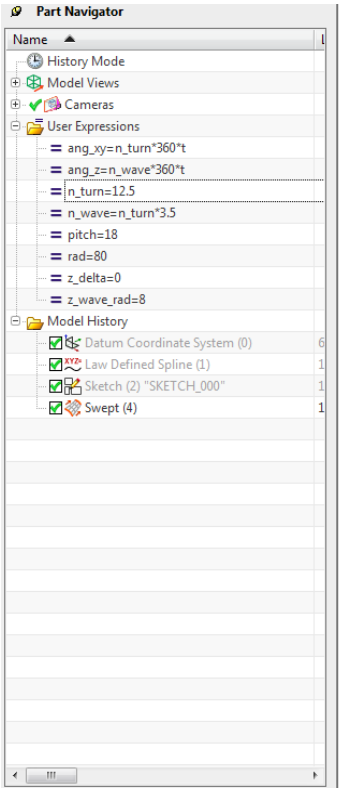
Był to ostatni krok tworzenia modelu sprężyny falistej. Model ten jest w pełni parametryczny i dzięki zdefiniowaniu zmiennych sterujących możliwa jest bardzo szybka jego edycja.

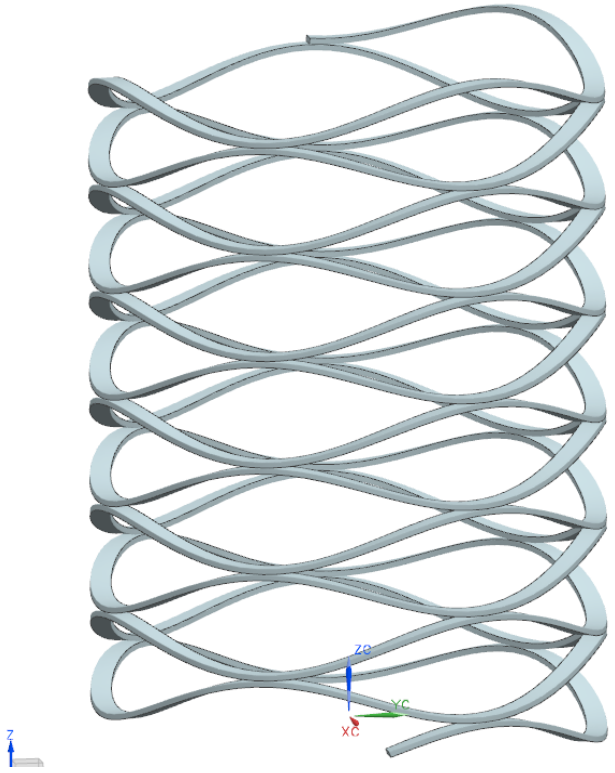
- Na pasku **Resource Bar** kliknij na narzędziu **Part Navigator**, a następnie rozwiń zakładkę **User Expressions**, w której znajduje się zbiór zmiennych zdefiniowanych przez użytkownika (obraz 36).



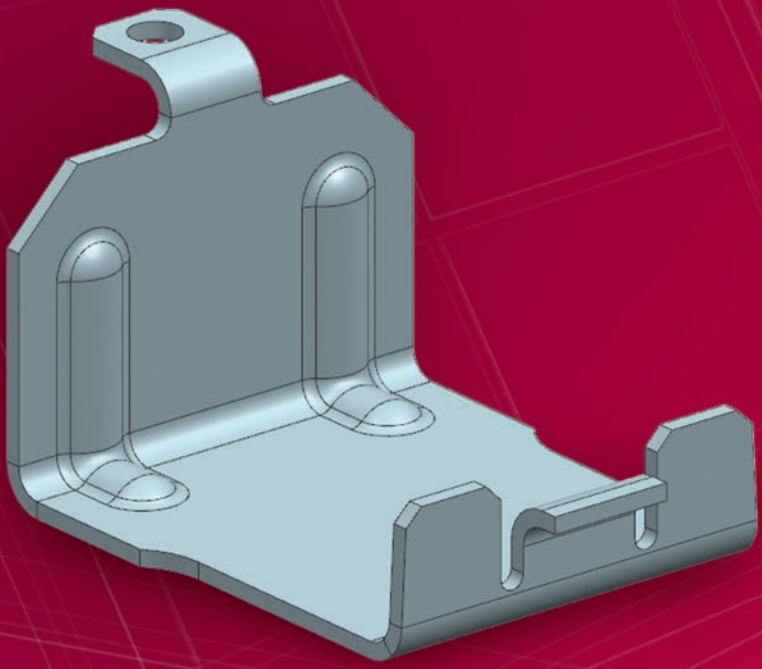
Obraz 36

- Kliknij dwukrotnie na zmiennej **n_turn** i zmień jej wartość na 12.5. Zatwierdź **Enterem** i zauważ, jak zmieniła się liczba zwojów sprężyny (obraz 37).





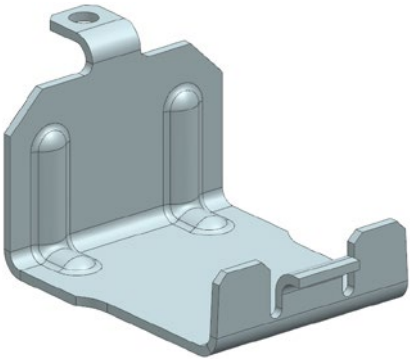
Obraz 37



Ćwiczenie nr 4:
MODELOWANIE CZĘŚCI BLASZANEJ

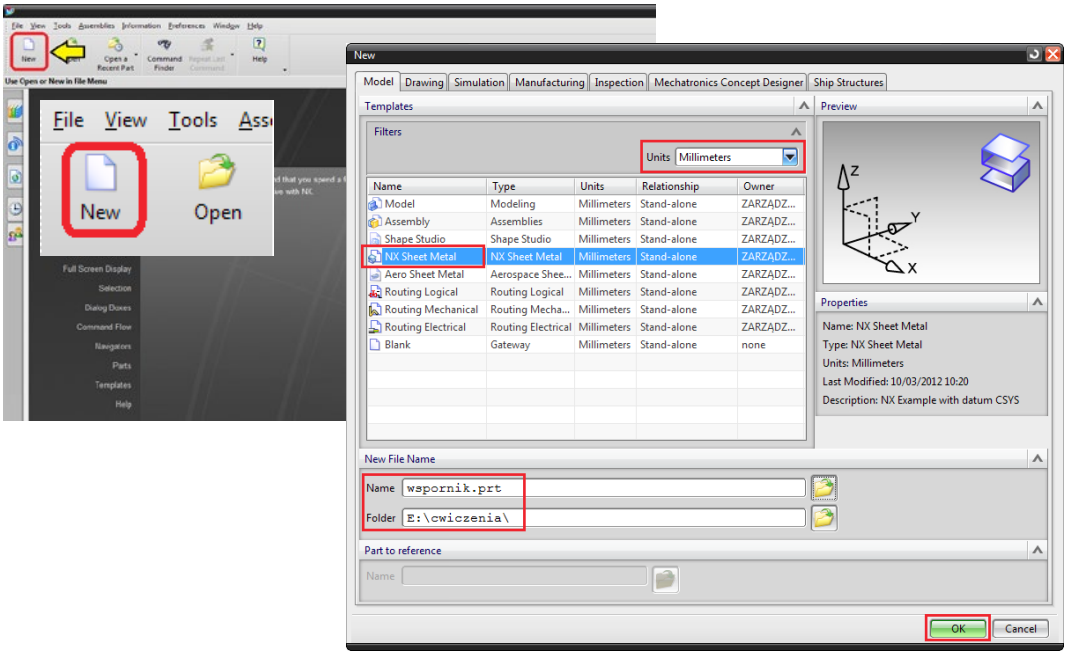
Ćwiczenie nr 4:
MODELOWANIE CZĘŚCI BLASZANEJ

W wielu gałęziach przemysłu powszechnie wykorzystuje się części wykonywane w procesie gięcia i tłoczenia blach. System NX dysponuje zestawem narzędzi, które pozwalają na szybkie i wygodne projektowanie tego typu elementów. Niniejsze ćwiczenie prezentuje sposób wykorzystania niektórych z tych funkcjonalności do wykonania modelu części blaszanej (obraz 1).



Obraz 1

- Uruchom system NX, następnie uruchom polecenie **New**.
- W oknie dialogowym **New** dokonaj następujących ustawień (obraz 2):
  - szablon modelowania: część blaszana (w obszarze **Templates** wybierz **NX Sheet Metal**),
  - ustawienie jednostek: metryczne (**Units**->**Millimeters**),
  - wprowadź nazwę tworzonego właśnie pliku NX (.PRT), np. **wspornik.prt**,
  - wybierz lokalizację, w której zapiszesz plik (**New File Name**->**Folder**).



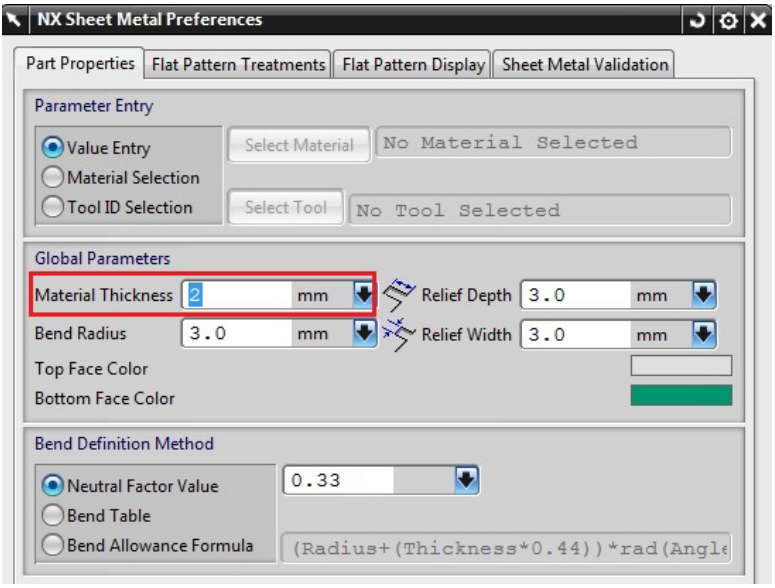
Obraz 2

- Wciśnij przycisk **OK** – utworzony plik NX zostanie otwarty we właściwym środowisku projektowym (w tym przypadku **Sheet Metal**).

System NX posiada wiele różnorodnych środowisk (modułów), które zostały zintegrowane w jedno spójne rozwiązanie. Moduł **Sheet Metal** przeznaczony jest do tworzenia modeli części blaszanych wraz ze wszystkimi cechami charakterystycznymi dla tego typu elementów.

Pierwszym krokiem przed przystąpieniem do modelowania poszczególnych cech detalu będzie ustawienie podstawowych parametrów technologicznych tworzonej części, takich jak grubość blachy, promień gięcia, współczynnik warstwy obojętnej itp. Zapewni to zachowanie zadanych wartości we wszystkich operacjach gięć tworzonych w całym procesie modelowania.

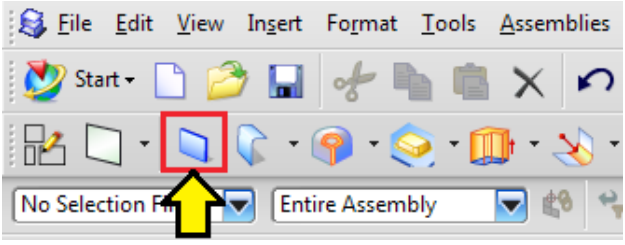
- Z menu **Preferences** wybierz polecenie **NX Sheet Metal...**
- W oknie dialogowym ustaw domyślną grubość blachy na wartość 2 mm (**Global Parameters** ->**Material Thickness**) jak na obrazie 3.



Obraz 3

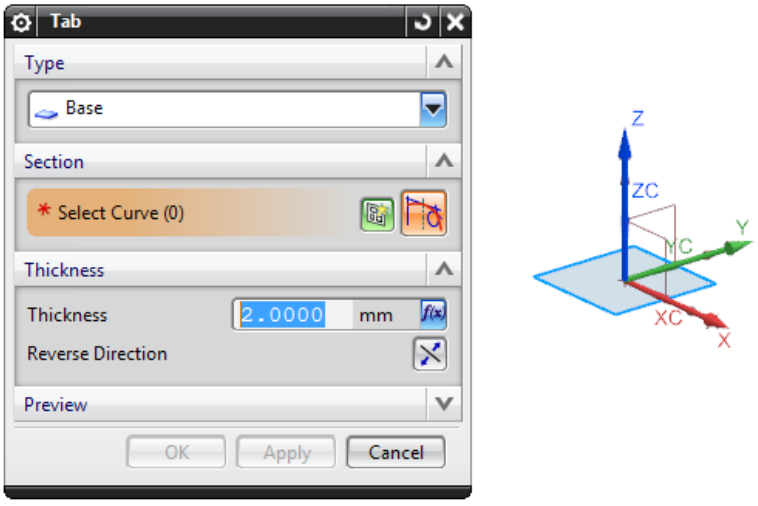
Proces modelowania części blaszanej można rozpocząć na kilka sposobów. W opisywanym przypadku pierwszą operacją będzie utworzenie modelu blaszanej płytki, na której w dalszych krokach definiowane będą kolejne zagięcia.

- Z paska narzędzi **NX Sheet Metal** wybierz polecenie **Tab** (obraz 4).



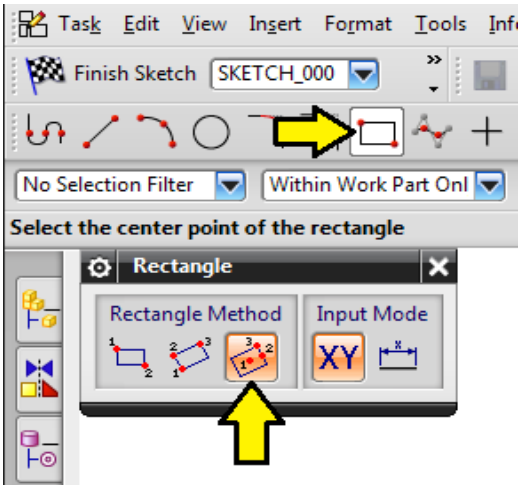
Obraz 4

- Wskaż płaszczyznę **XY** pomocniczego układu współrzędnych w celu umieszczenia na niej szkicu definiującego zarys tworzonej płytki (obraz 5).



Obraz 5

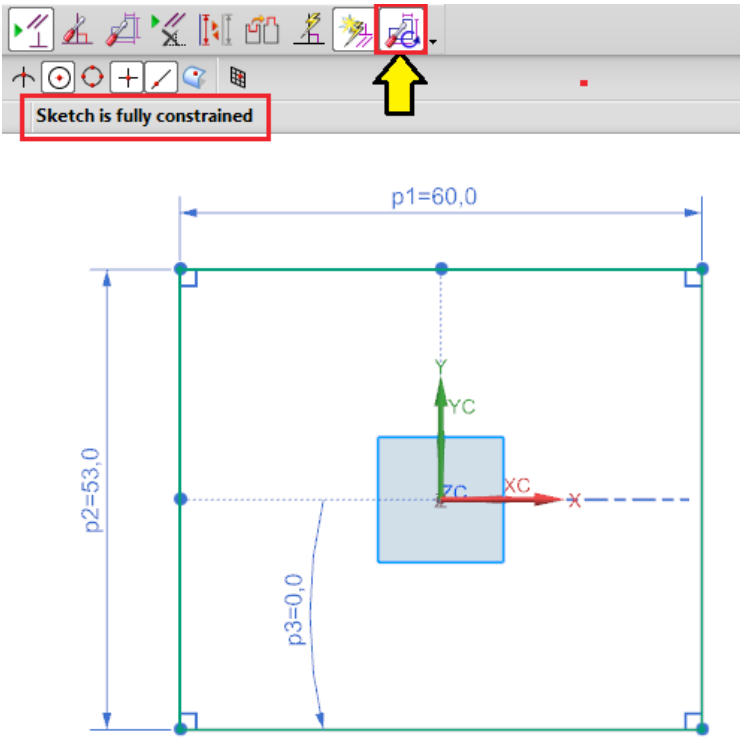
- Po wejściu do Szkicownika kliknij środkowym przyciskiem myszy (**MB2**) lub naciśnij **Esc**, aby wyłączyć automatycznie wywołaną funkcję **Profile**.
- Z paska narzędzi **Sketch Tools** wybierz polecenie **Rectangle**, a następnie w oknie dialogowym zaznacz opcję **Rectangle Method**->**From Center** (obraz 6).



Obraz 6

- Kliknij na punkt początku układu współrzędnych, a następnie wpisz wartości **Width = 60**, **Height = 53**, **Angle = 0**, zatwierdzając je Enterem.

Można zauważyć, że stworzony profil został automatycznie zwymiarowany w taki sposób, aby odebrane były jego wszystkie stopnie swobody. Jeśli nie chcemy, aby program dokonywał tej czynności automatycznie, możemy wyłączyć tę funkcjonalność klikając na polecenie **Continuous Auto Dimensioning** (obraz 7).

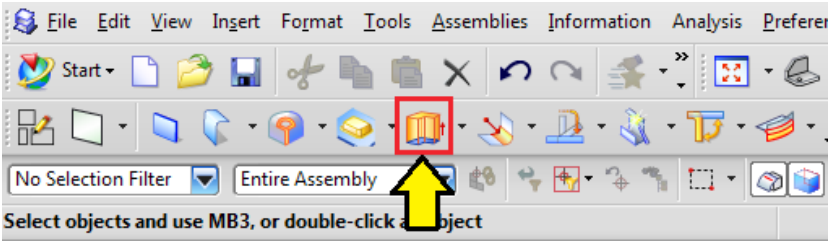


Obraz 7

- Wyjdź ze szkicownika (**Task**->**Finish Sketch** lub **MB3** (prawy przycisk myszy)->**Finish Sketch**).
- W oknie dialogowym **Tab** kliknij **OK**.

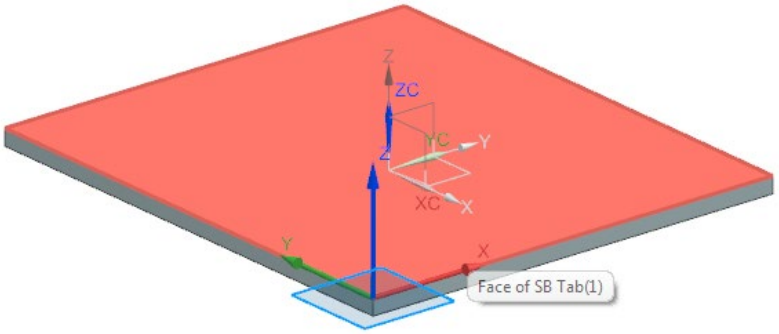
Kolejnym krokiem ćwiczenia jest nadanie stworzonej płytce odpowiedniego kształtu poprzez wykonanie wycięcia. Wycięcie można zrealizować na dwa sposoby: poprzez wyciągnięcie proste (**Extrude**) lub jako wycięcie normalne (**Normal Cutout**). Na tym etapie procesu projektowania zastosowane zostanie wycięcie proste.

- Na pasku narzędzi **NX Sheet Metal** wybierz polecenie **Extrude** (obraz 8).



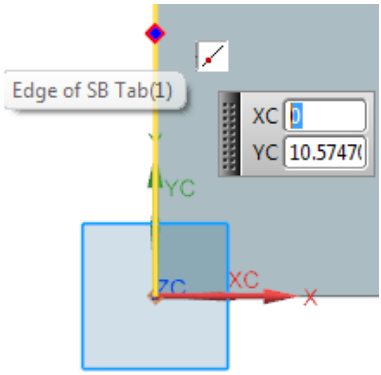
Obraz 8

- Wskaż górną powierzchnię płytki, aby naszkicować na niej profil wycięcia (obraz 9).

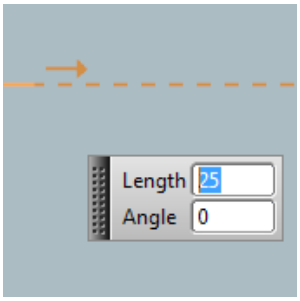


Obraz 9

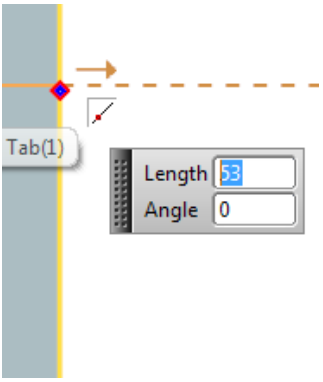
- Po wejściu do szkicownika wyłącz funkcję automatycznego wymiarowania (**Pasek narzędzi Sketch Tools->Contunuous Auto Dimensioning**).
- Za pomocą funkcji **Profile** (włącza się ona automatycznie po wejściu do szkicownika – jeśli nie jest aktywna, znajdziesz ją na pasku **Sketch Tools**) narysujesz poziomy odcinek łączący krawędzie płytki. Rozpocznij od punktu na lewej krawędzi (obraz 10). Upewnij się, że wyświetlany jest symbol punktu na linii.
- Gdy podczas rysowania wyświetlony zostanie symbol relacji kierunku poziomego, naciśnij **MB2**. Dzięki temu wykryta relacja będzie zachowywana niezależnie od położenia kursora (obraz 11).
- Kliknij na punkt leżący na prawej krawędzi płytki (obraz 12), a następnie naciśnij raz **MB2**, aby zakończyć rysowanie tej części profilu.



Obraz 10

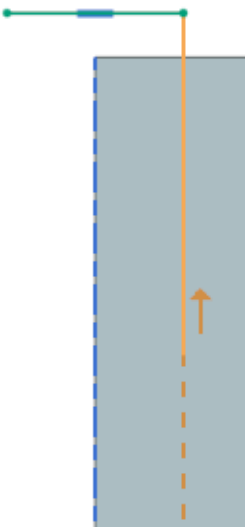


Obraz 11

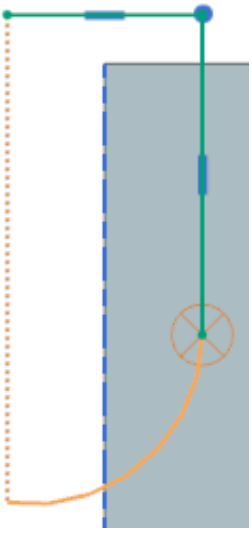


Obraz 12

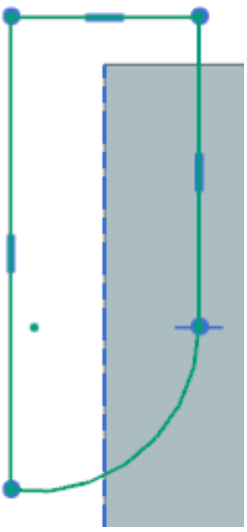
- Korzystając z relacji kierunku poziomego i pionowego narysuj dwa odcinki prostopadłe (obraz 13), a następnie wciśnij i przytrzymaj przez chwilę **MB1** (lewy przycisk myszy). Zauważ, że zmienił się tryb rysowania – z linii na łuk.
- Ustaw kursor w taki sposób, aby końcowy punkt tworzonego łuku był wyrównany z początkiem pierwszego narysowanego odcinka (obraz 14).
- Naciśnij **MB1** i gdy funkcja Profile przejdzie ponownie do trybu rysowania linii, dorysuj ostatni odcinek profilu (obraz 15).
- Naciśnij dwukrotnie **MB2** lub **Esc**, aby zakończyć rysowanie profilu i wyłączyć funkcję Profile.



Obraz 13



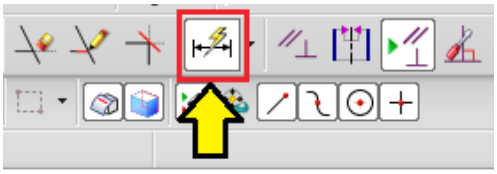
Obraz 14



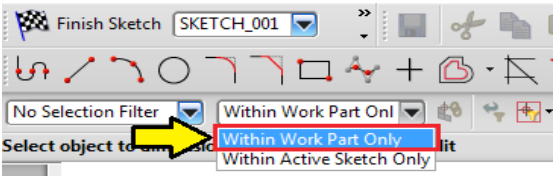
Obraz 15

W kolejnych krokach zostanie określone dokładne położenie profilu za pomocą wymiarów i relacji geometrycznych.

- Z paska **Sketch Tools** wybierz polecenie **Inferred Dimensions** (obraz 16).
- Na pasku narzędzi **Selection** wybierz opcję filtra wyboru **Within Work Part Only**, aby umożliwić zaznaczanie obiektów nie należących do aktywnego szkicu (obraz 17).

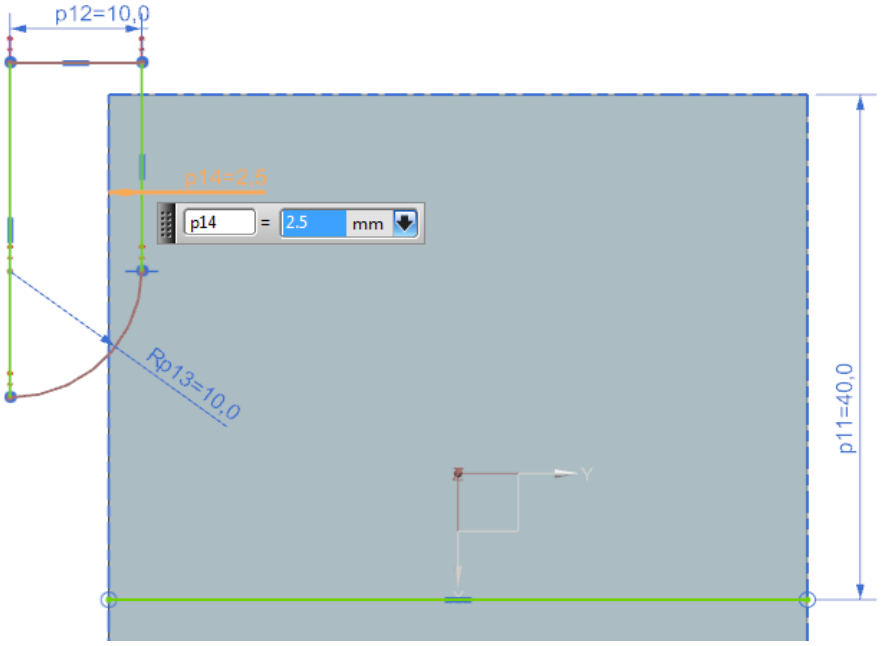


Obraz 16



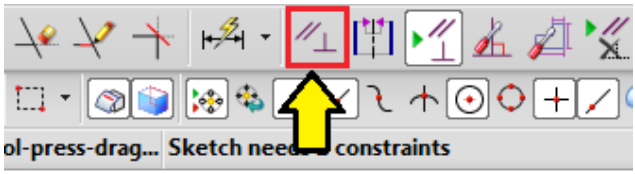
Obraz 17

- Kliknij na dolną poziomą linię i górną krawędź płytki. W okienku wymiaru wprowadź wartość 40 mm i zatwierdź naciskając **Enter**.
- Kliknij na krótką pozioma linię i nadaj jej długość 10 mm, a następnie w ten sam sposób zmień wartość promienia łuku na 10 mm. Na koniec utwórz wymiar 2,5 mm pomiędzy krótszą pionową linią a pionową krawędzią płytki (obraz 18).



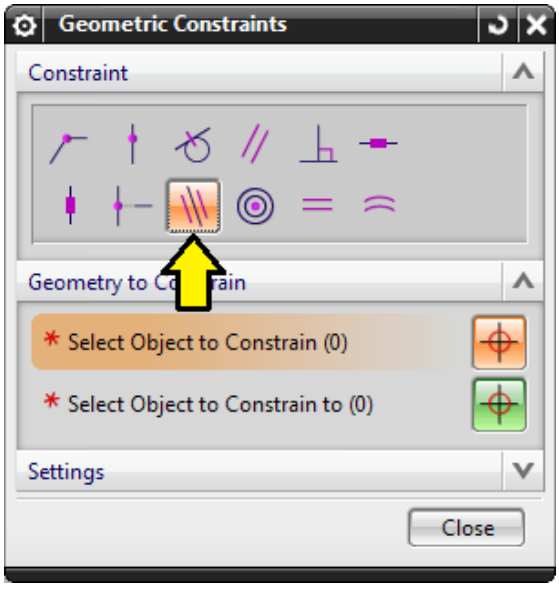
Obraz 18

- Z paska **Sketch Tools** wybierz polecenie **Constraints**, służące do nadawania relacji geometrycznych (obraz 19).

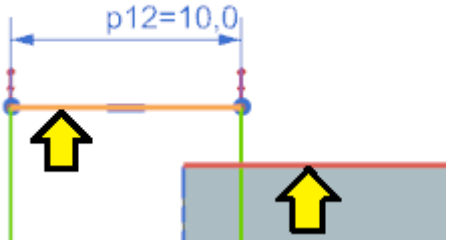


Obraz 19

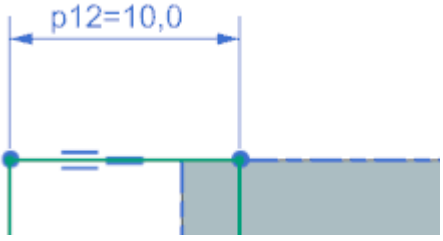
- W oknie dialogowym **Geometric Constraints** zaznacz typ relacji **Collinear** (obraz 20).
- Zaznacz górną poziomą linię szkicu, zatwierdź naciskając **MB2**, a następnie zaznacz górną krawędź płytki (obraz 21), aby uczynić te obiekty współliniowymi (obraz 22). Podczas zaznaczania może być konieczna zmiana ustawienia filtra wyboru, jak to miało miejsce podczas nadawania wymiarów.



Obraz 20



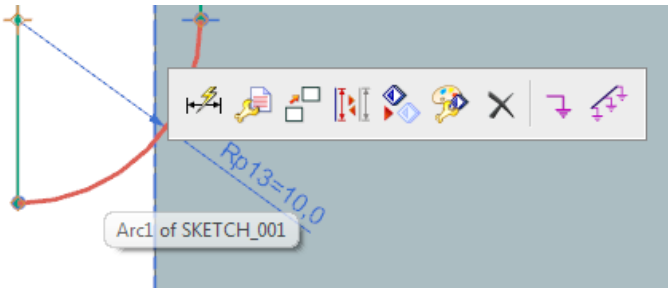
Obraz 21



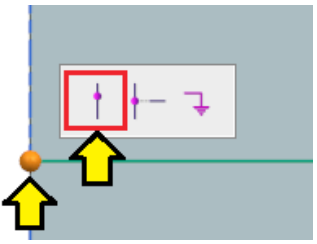
Obraz 22

- Zamknij okno dialogowe **Geometric Constraints**.

- Zaznacz łuk szkicu (obraz 23) i punkt końcowy dłuższej linii poziomej, a następnie kliknij na symbol relacji **Point on Curve** na pasku narzędzi, który pojawił się w pobliżu kursora (obraz 24).

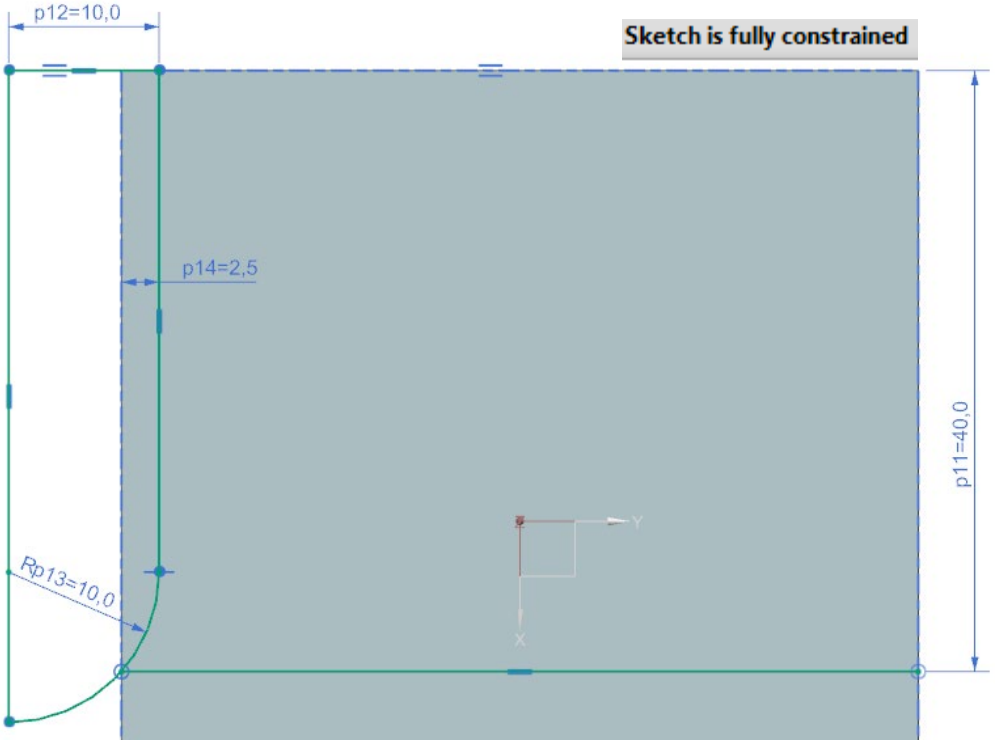


Obraz 23



Obraz 24

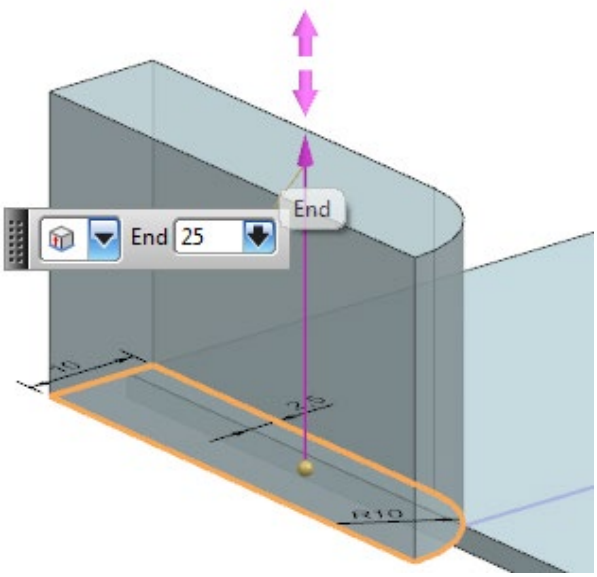
W wyniku nadania wymiarów i relacji geometrycznych szkic przyjął postać jak na obrazie 25, a wszystkie jego stopnie swobody zostały odebrane, o czym informuje komunikat pojawiający się na pasku informacyjnym.



Obraz 25

- Zakończ szkicowanie (**MB3**->**Finish Sketch**).

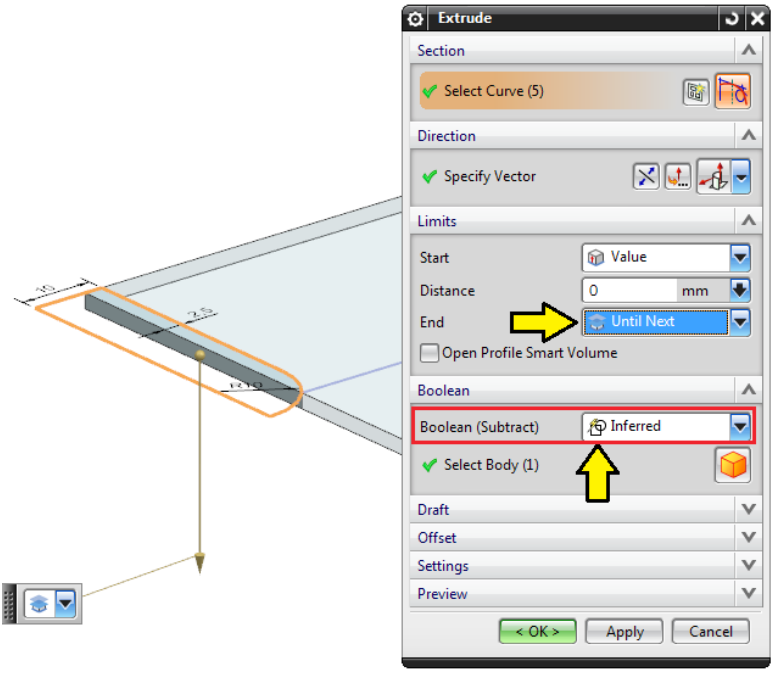
Jeśli na podglądzie wyciągnięcie narysowanego profilu nie jest skierowane w stronę materiału płytki, kliknij dwukrotnie strzałkę oznaczoną jako **End** (obraz 26).



Obraz 26

- W oknie dialogowym **Extrude** wybierz **Limits**->**End**->**Until Next** (obraz 27).

Zauważ, że program automatycznie zastosował opcję usuwania materiału (**Substract**). W zakładce Boolean możliwy jest też wybór innych opcji, np. dodawania materiału lub uzyskania części wspólnej.

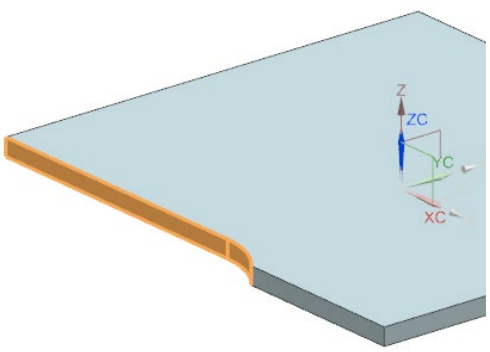


Obraz 27

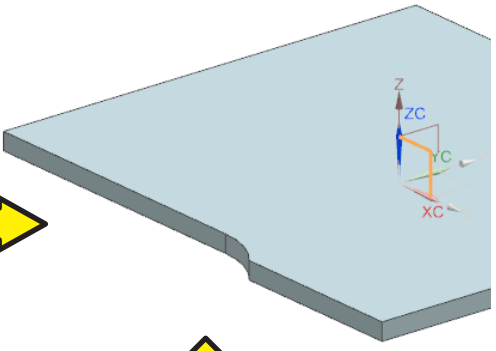
- Naciśnij **OK**.

Kolejnym krokiem ćwiczenia jest skopiowanie uzyskanego wycięcia przy pomocy funkcji odbicia lustrzanego.

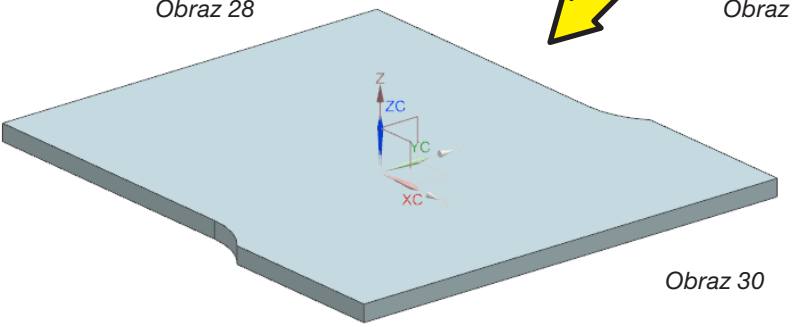
- Wybierz z głównego menu polecenie odbicia lustrzanego cechy (**Insert**->**Associative Copy** ->**Mirror Feature…**).
- Zaznacz wycięcie (obraz 28) i kliknij **MB2**, aby przejść do kroku wskazywania płaszczyzny odbicia.
- Wskaż płaszczyznę pomocniczego układu współrzędnych (obraz 29).
- Zatwierdź klikając **OK** lub **MB2**. Uzyskasz wycięcia rozmieszczone symetrycznie po obu stronach płytki (obraz 30).



Obraz 28



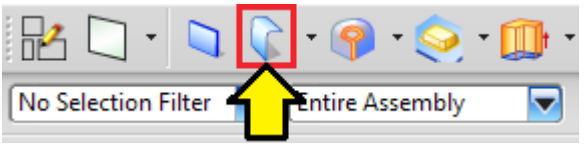
Obraz 29



Obraz 30

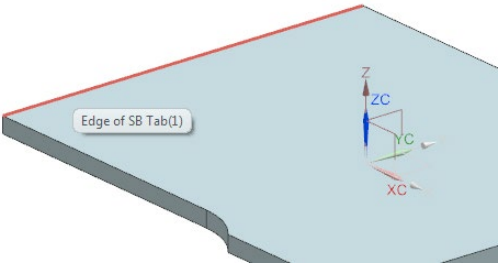
W następnym kroku zostanie zdefiniowane pierwsze zagięcie modelowanej części blaszanej.

- Z paska narzędzi **NX Sheet Metal** wybierz polecenie **Flange** (obraz 31).

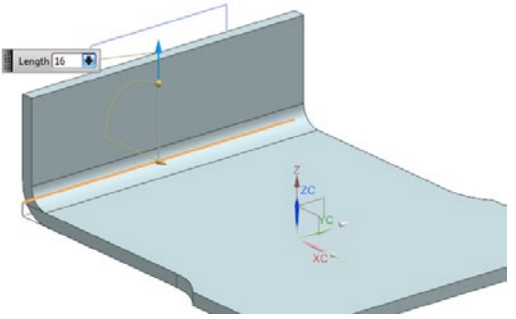


Obraz 31

- Wskaż krawędź, na której ma powstać zagięcie (obraz 32).
- Jeśli zagięcie nie jest skierowane jak na obrazie 33, w oknie dialogowym zmień jego kierunek za pomocą opcji **Flange Properties**->**Reverse Direction**.
- W oknie dialogowym wpisz wartość **Length** = 16 mm.



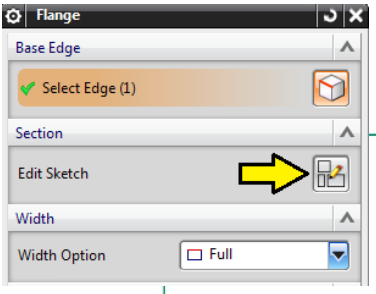
Obraz 32



Obraz 33

Funkcja **Flange**, poza definiowaniem zagięć o określonej długości, pozwala również na modyfikację ich zarysu. W niniejszym przykładzie wykonane zostanie zagięcie z pochylonymi ściankami bocznymi.

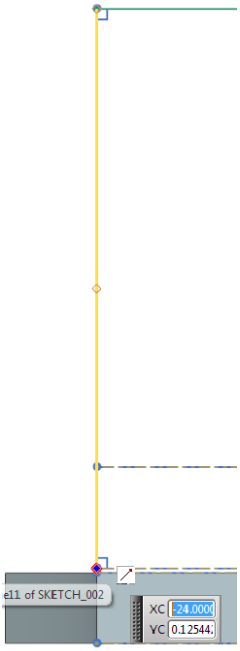
- W oknie dialogowym rozwiń zakładkę **Section** i wybierz polecenie **Edit Sketch** (obraz 34), tak aby w środowisku szkicownika ukazał się zarys tworzonego zagięcia, który można modyfikować według potrzeb (obraz 35).



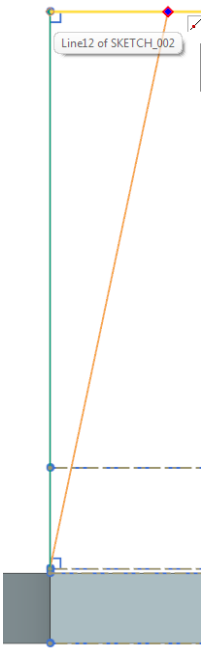
Obraz 34

Obraz 35

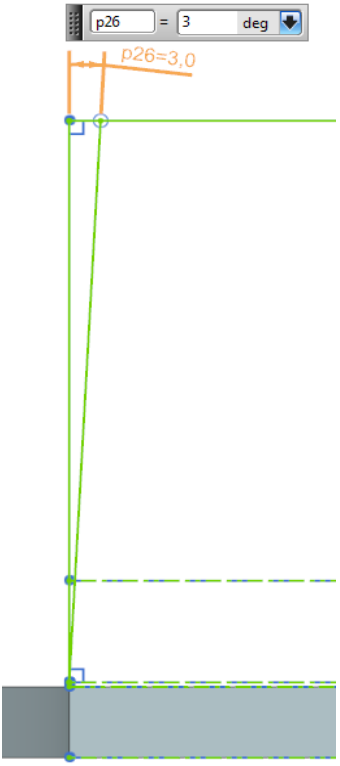
- Z paska narzędzi **Sketch Tools** wybierz polecenie **Line**.
- Narysuj odcinek pomiędzy dolnym punktem końcowym pionowej linii (obraz 36), a punktem leżącym na linii poziomej (obraz 37).
- Używając polecenia **Inferred Dimensions**, nadaj wymiar kątowy pomiędzy narysowanym odcinkiem a linią pionową i wprowadź wartość **3** (obraz 38).



Obraz 36



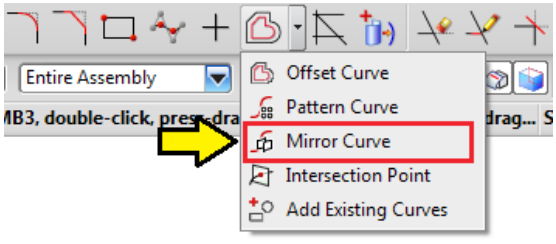
Obraz 37



Obraz 38

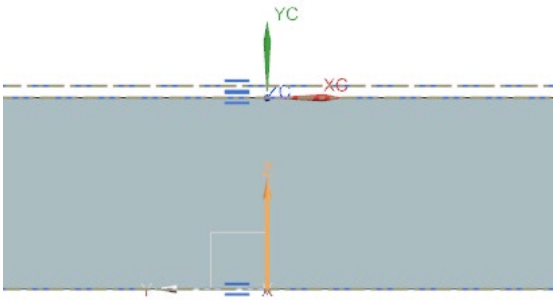
W celu utworzenia analogicznego obiektu po przeciwnej stronie szkicu zastosujemy funkcję odbicia lustrzanego krzywej.

- Z paska narzędzi **Sketch Tools** wybierz polecenie **Mirror Curve** (obraz 39).

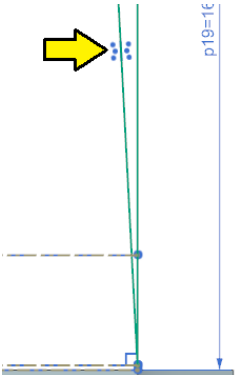


Obraz 39

- Zaznacz narysowany odcinek jako obiekt do skopiowania.
- Naciśnij **MB2**, aby przejść do etapu definiowania linii odbicia (**Centerline**).
- Zaznacz pionową oś układu współrzędnych (obraz 40) i wciśnij **OK**. Po przeciwnej stronie szkicu pojawił się skopiowany obiekt oznaczony symbolem kopii lustrzanej (obraz 41).

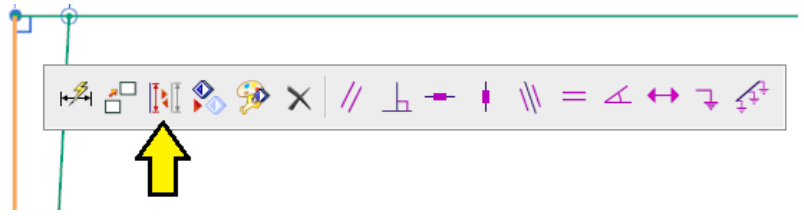


Obraz 40



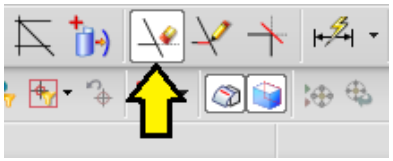
Obraz 41

- Zaznacz dwie pionowe linie szkicu, a następnie z kontekstowego paska narzędzi wybierz polecenie **Convert to Reference** (obraz 42). Linie te będą traktowane w szkicu jako pomocnicze elementy konstrukcyjne.

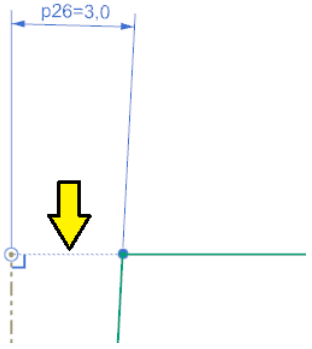


Obraz 42

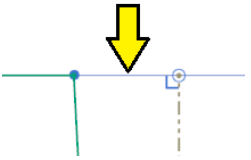
- Z paska narzędzi **Sketch Tools** wybierz polecenie **Quick Trim** i wskaż fragmenty linii poziomej przeznaczone do odcięcia (obrazy 43-45).



Obraz 43

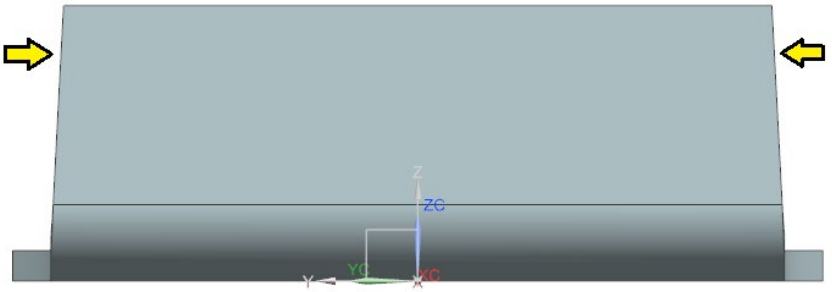


Obraz 44



Obraz 45

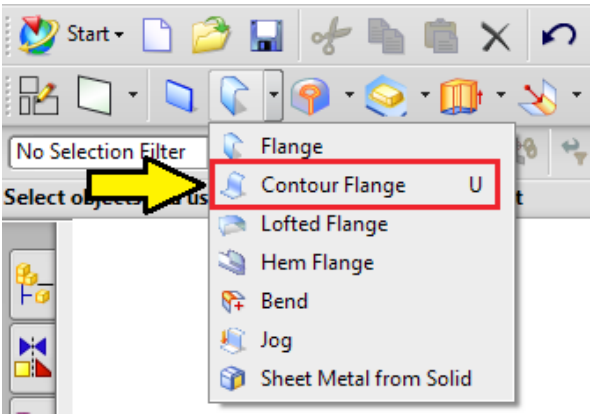
- Zakończ pracę w szkicowniku (**MB3**->**Finish Sketch**) i kliknij **OK** w oknie dialogowym **Flange**.
- Zauważ, że boczne ścianki stworzonego zagięcia są pochylone pod zadanym kątem (obraz 46).



Obraz 46

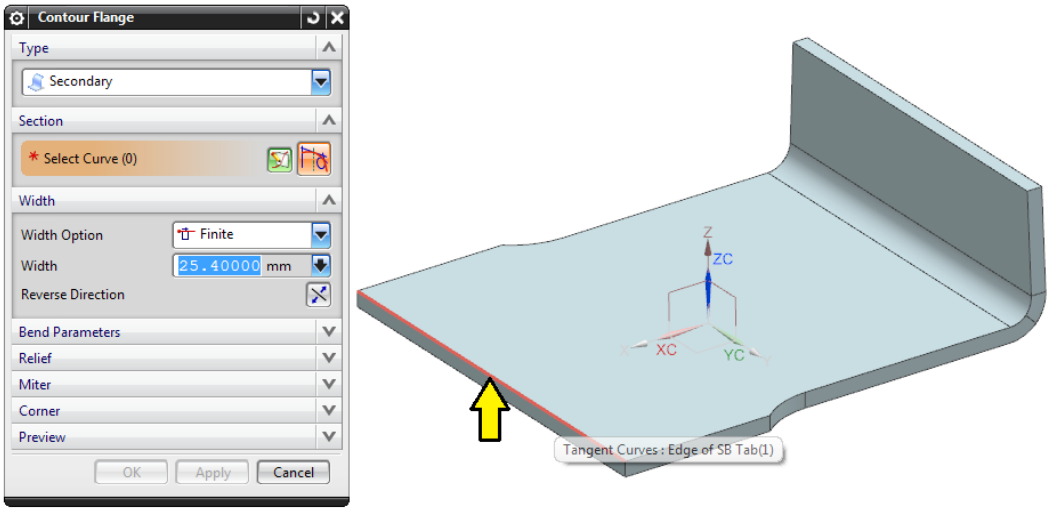
W następnym etapie modelowania tej części blaszanej utworzone zostaną dwa kolejne zagięcia. Wykonane zostaną one w jednej operacji przy wykorzystaniu polecenia **Contour Flange**. Polecenie to pozwala na definiowanie wielu sąsiadujących zagięć jednocześnie.

- Z paska narzędzi **NX Sheet Metal** wybierz polecenie **Contour Flange** (obraz 47).



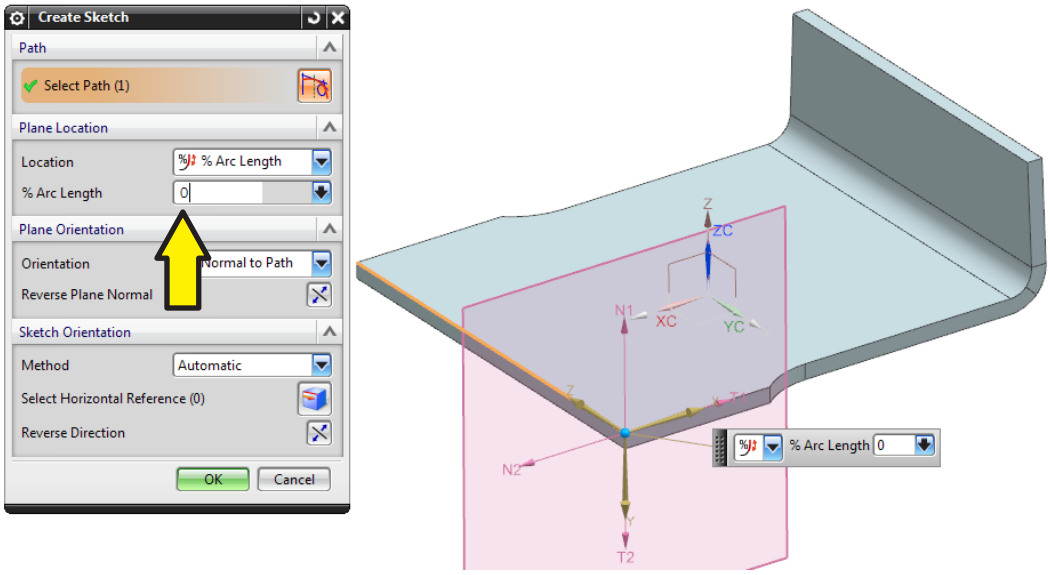
Obraz 47

- Wskaż krawędź, na której ma powstać zagięcie (obraz 48).



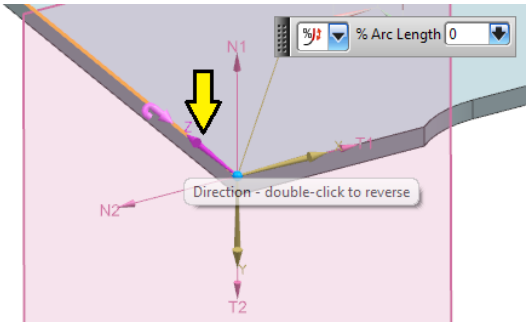
Obraz 48

- W oknie dialogowym **Create Sketch**, w zakładce **Plane Location** wpisz wartość **%Arc Length = 0**. Spowoduje to przesunięcie tworzonej płaszczyzny szkicu do punktu początkowego zaznaczonej krawędzi (obraz 49).

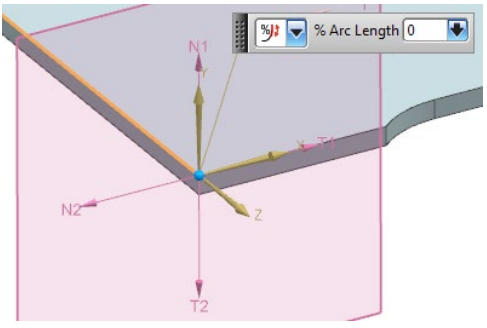


Obraz 49

- Kliknij dwukrotnie na osi Z układu współrzędnych znajdującego się na edytowanej płaszczyźnie (obraz 50), aby był on zorientowany jak na obrazie 51.



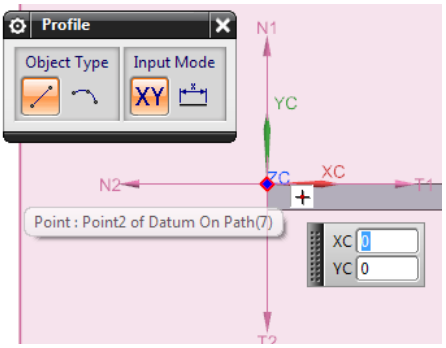
Obraz 50



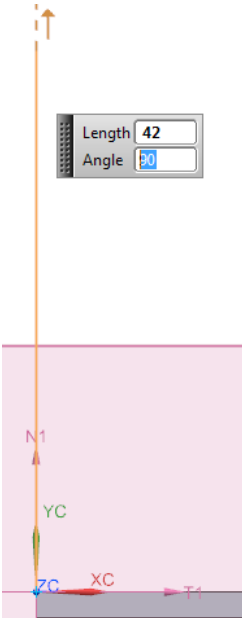
Obraz 51

- Naciśnij OK, aby przejść do tworzenia szkicu definiującego zagięcia.

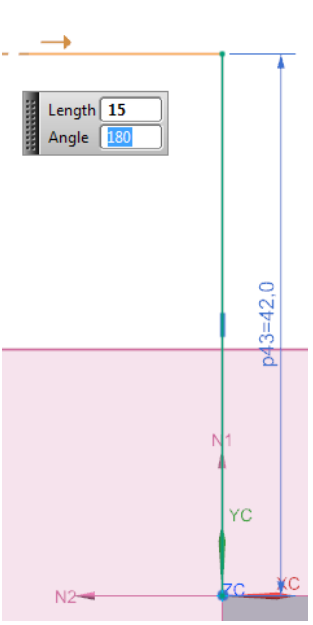
- Za pomocą włączonej automatycznie funkcji **Profile** narysuj dwa odcinki, jak pokazano na obrazach 52-55, wpisując z klawiatury wartości długości kolejnych elementów. Zakończ rysowanie klikając **MB2**.



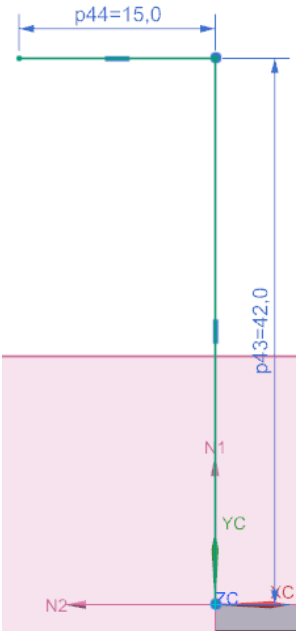
Obraz 52



Obraz 53



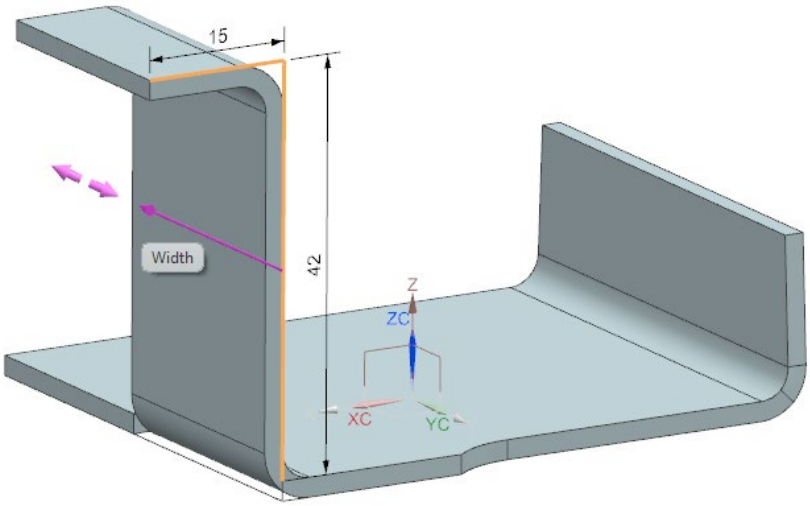
Obraz 54



Obraz 55

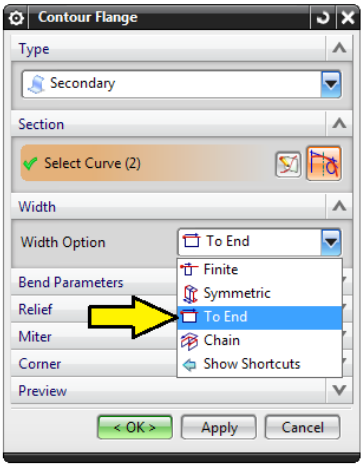
- Zakończ szkic (**MB3**->**Finish Sketch**).

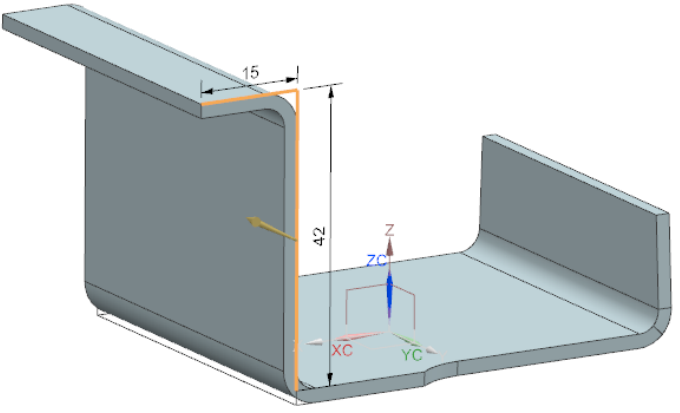
- Jeśli nie pojawił się podgląd tworzonego zagięcia, kliknij dwukrotnie na grocie strzałki **Width**, aby zmienić jej kierunek i uzyskać efekt jak na obrazie 56.



Obraz 56

- Ponieważ zagięcie ma być utworzone na całej długości krawędzi, w oknie dialogowym zmień opcję **Width Option** na **To End** (obraz 57).



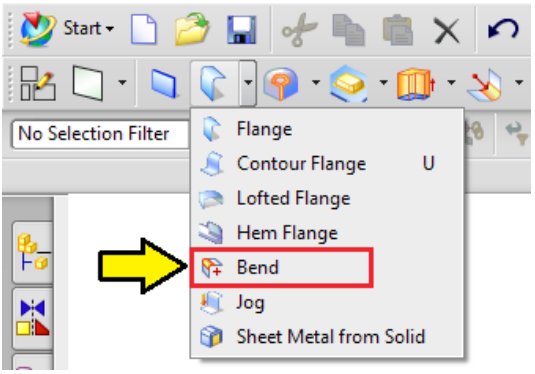


Obraz 57

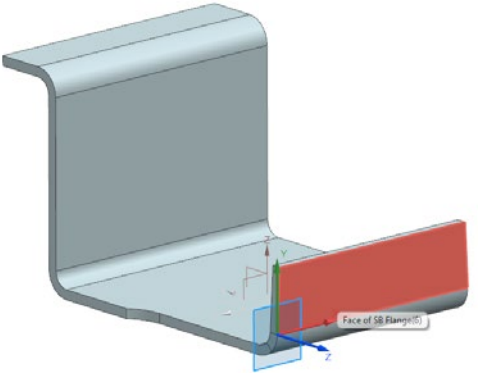
- Zakończ operację klikając **OK** lub **MB2**.

W kolejnym kroku wykonane zostanie zagięcie istniejącego fragmentu blachy wzdłuż zdefiniowanej przez użytkownika linii gięcia.

- Z paska narzędzi **NX Sheet Metal** wybierz polecenie **Bend** (obraz 58).
- Zaznacz ściankę modelu, na której zdefiniowana będzie linia gięcia (obraz 59).

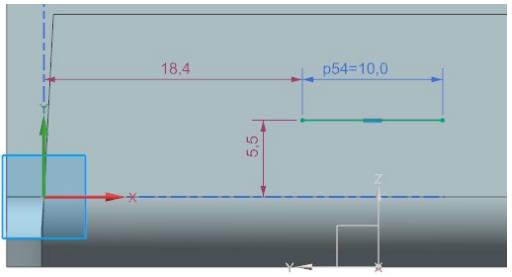


Obraz 58

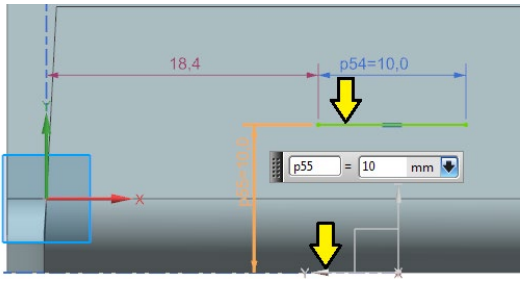


Obraz 59

- Za pomocą funkcji **Line** narysuj poziomy odcinek o długości 10 mm, zlokalizowany w przybliżeniu jak na obrazie 60.
- Włącz funkcję **Inferred Dimensions** i nadaj wymiar równy 10 mm pomiędzy narysowanym odcinkiem a poziomą osią układu współrzędnych (obraz 61).



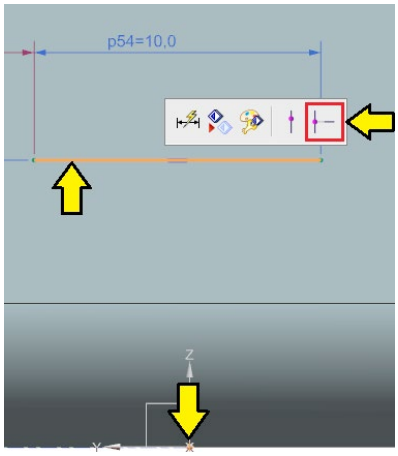
Obraz 60



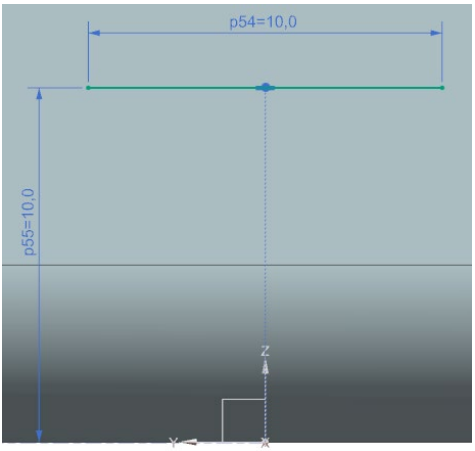
Obraz 61

- Zakończ funkcję wymiarowania naciskając **MB2**.
- Zaznacz punkt początku układu współrzędnych oraz narysowany odcinek, a następnie kliknij na symbolu relacji **Midpoint**, znajdującym się na kontekstowym pasku narzędzi (obraz 62).

- Zauważ, że w wyniku tej operacji punkt środkowy odcinka został wyrównany do punktu początkowego układu współrzędnych (obraz 63).

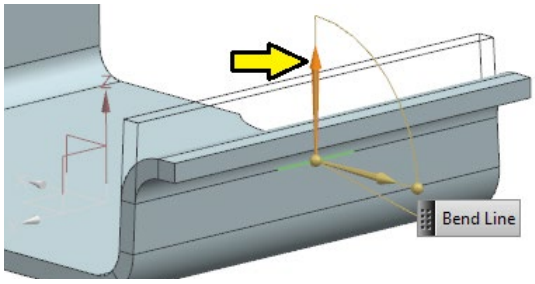


Obraz 62



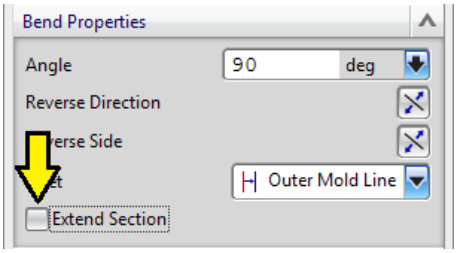
Obraz 63

- Zakończ szkic (**MB3**->**Finish Sketch**).
- Upewnij się, że wektor kierunku bazowego funkcji **Bend** jest skierowany jak na obrazie 64.

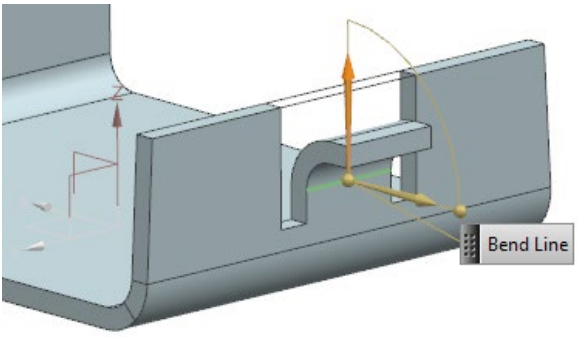


Obraz 64

- W oknie dialogowym **Bend** odznacz opcję **Extend Section**, odpowiedzialną za rozszerzenie linii gięcia na całą szerokość blachy (obraz 65). Uzyskasz w ten sposób zagięcie o szerokości zdefiniowanej długością narysowanej linii gięcia (obraz 66).

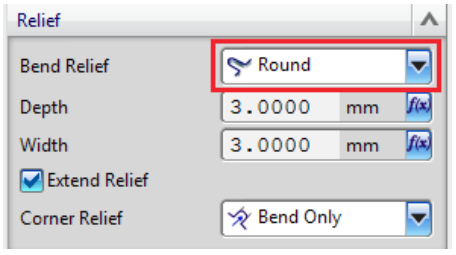


Obraz 65

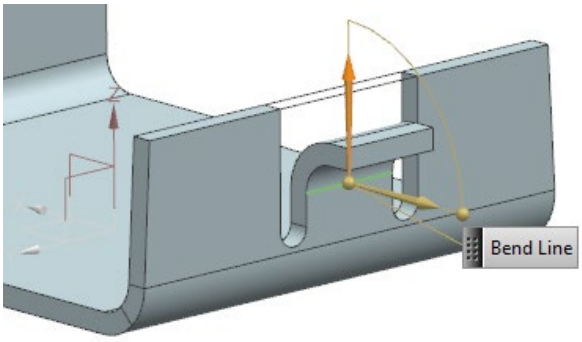


Obraz 66

- W oknie dialogowym **Bend**, w zakładce **Relief**, zmień opcję **Bend Relief** na **Round** (obraz 67), aby uzyskać podcięcia o zaokrąglonych krawędziach (obraz 68).



Obraz 67

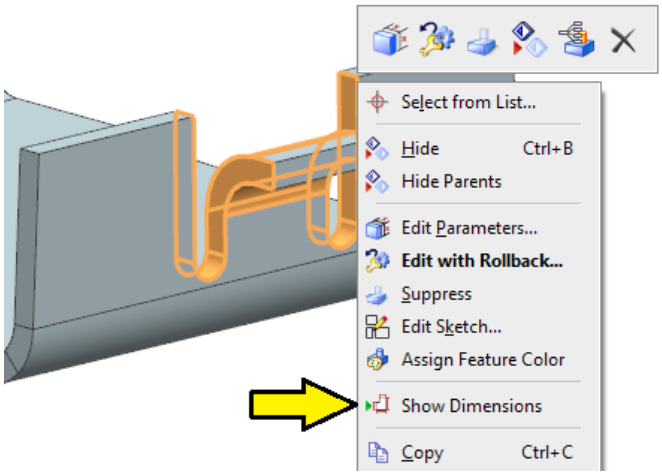


Obraz 68

- Kliknij **OK**, aby zakończyć działanie funkcji **Bend**.

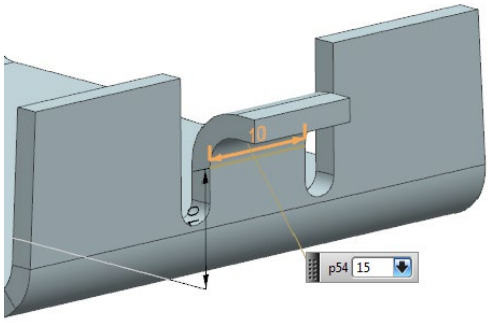
Główne wymiary stworzonego zagięcia można łatwo edytować wykorzystując funkcję przywołującą wymiary szkicu do przestrzeni 3D modelu.

- Kliknij **MB3** na zagięciu i z menu kontekstowego wybierz polecenie **Show Dimensions** (obraz 69).

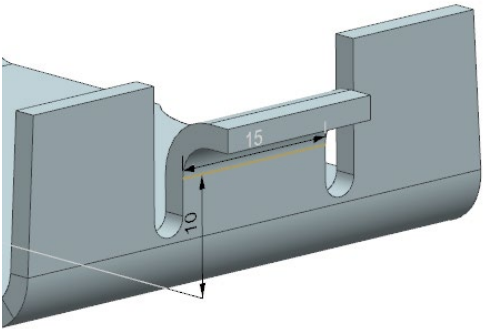


Obraz 69

- Kliknij dwukrotnie na wymiarze definiującym szerokość zagięcia i zmień jego wartość na 15 (obraz 70).
- Zatwierdź zmianę naciskając **MB2**, aby uzyskać zagięcie o nowej szerokości (obraz 71).



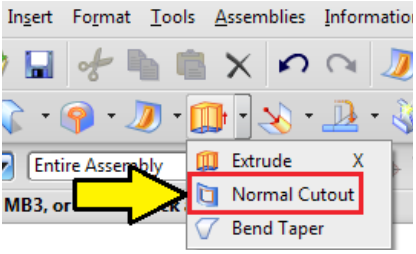
Obraz 70



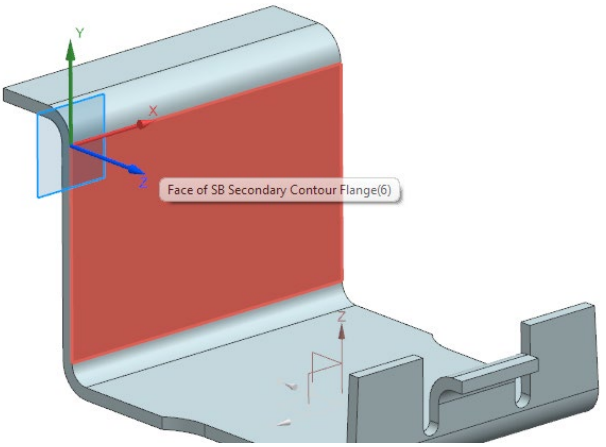
Obraz 71

W następnym kroku wykonane zostanie przycięcie fragmentu jednego z zagięć, aby posiadało ono pożądaną szerokość. Tym razem do wycinania wykorzystamy funkcję **Normal Cutout**, która zapewnia zachowanie prostopadłości ścian bocznych blachy powstałych w wyniku cięcia.

- Z paska narzędzi **NX Sheet Metal** wybierz polecenie **Normal Cutout** (obraz 72).
- Zaznacz płaskie lico modelu jako płaszczyznę szkicowania (obraz 73).

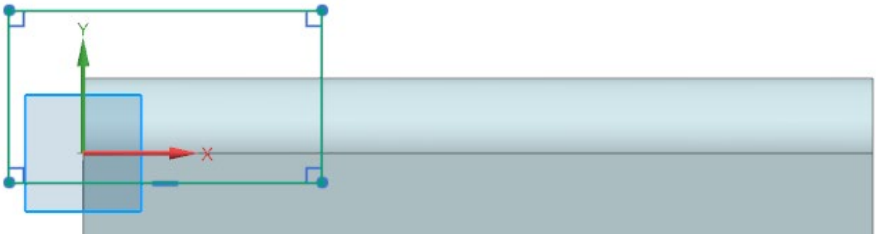


Obraz 72



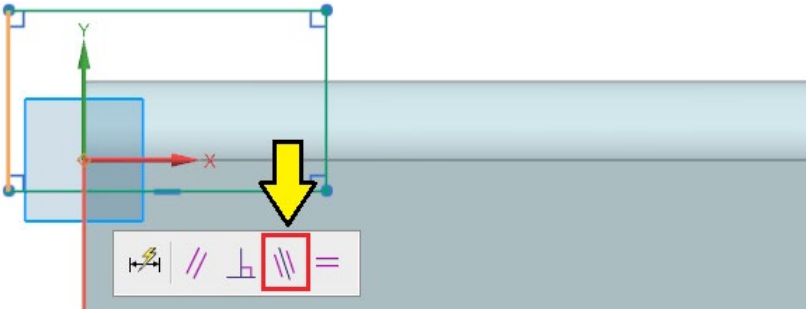
Obraz 73

- Po wejściu do szkicownika wyłącz funkcję automatycznego wymiarowania (**Pasek narzędzi Sketch Tools->Contunuous Auto Dimensioning**).
- Z paska narzędzi **Sketch Tools** wybierz polecenie **Rectangle** i narysuj prostokąt jak na obrazie 74. Zakończ funkcję **Rectangle** naciskając **MB2**.



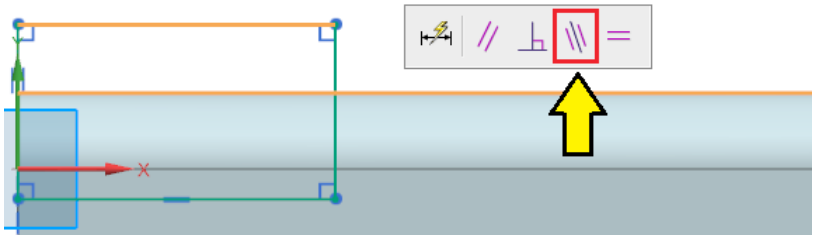
Obraz 74

- Nadaj relację współliniowości pomiędzy pionowym bokiem prostokąta a krawędzią bryły, zaznaczając uprzednio oba te obiekty (obraz 75).



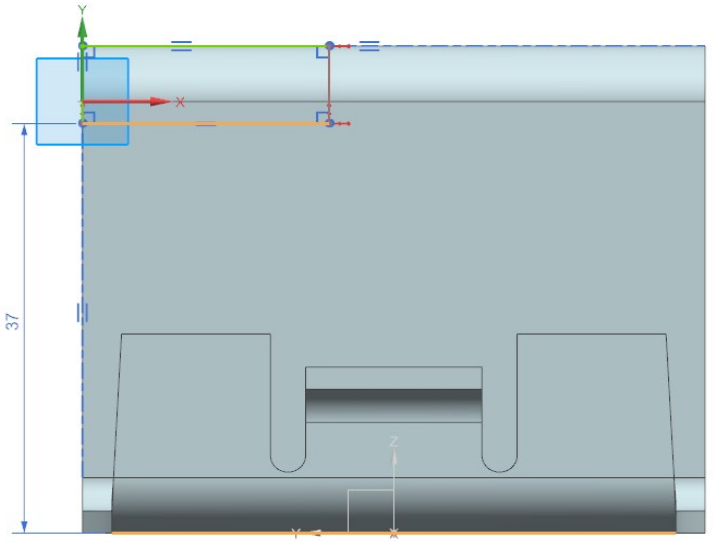
Obraz 75

- Nadaj analogiczną relację dla poziomego boku prostokąta (obraz 76).



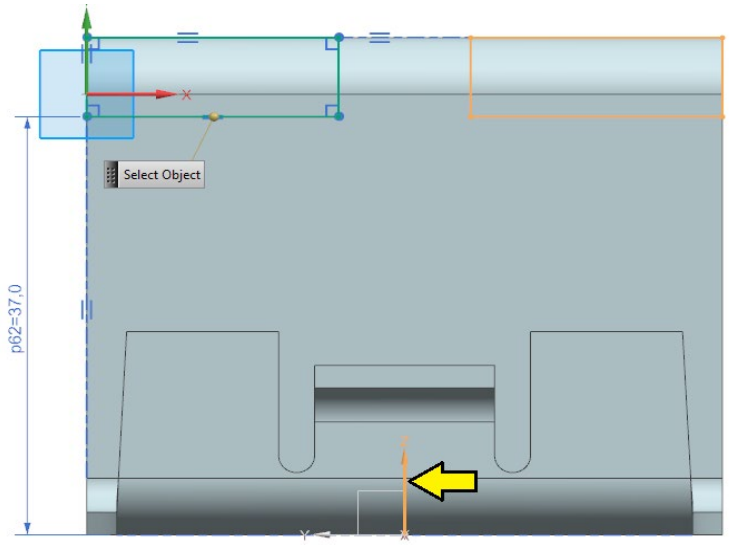
Obraz 76

- Nadaj wymiar (**Sketch Tools**->**Inferred Dimensions**) równy 37 mm, określający położenie dolnego, poziomego boku prostokąta (obraz 77). Zatwierdź naciskając **MB2**.



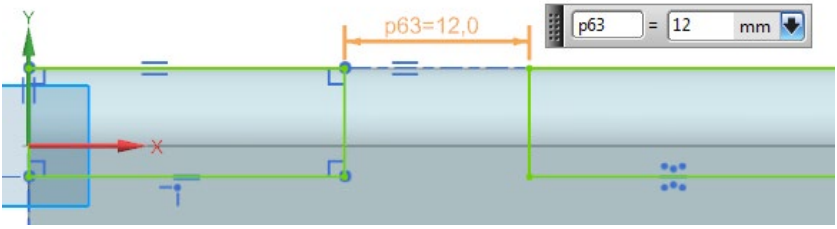
Obraz 77

- Stwórz odbicie lustrzane prostokąta względem osi pionowej układu współrzędnych (obraz 78).



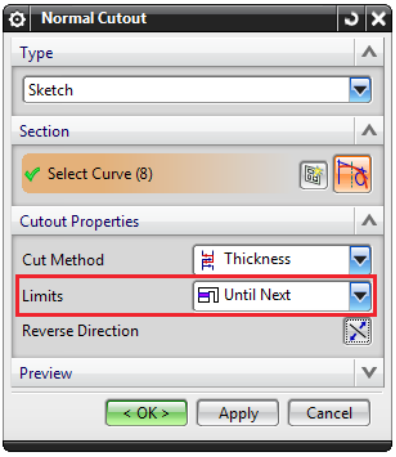
Obraz 78

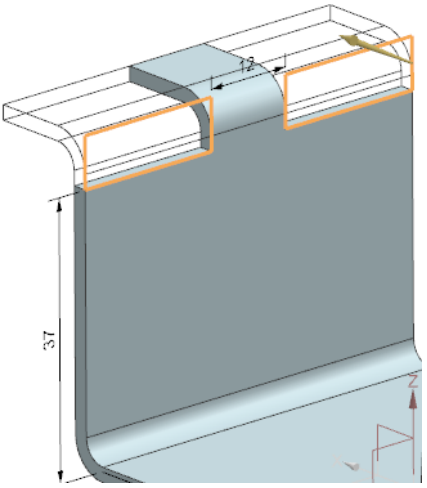
- Nadaj wymiar równy 12 mm, określający odległość pomiędzy prostokątami (obraz 79).



Obraz 79

- Zakończ szkic (**Sketch Tools**->**Finish Sketch**).
- W oknie dialogowym **Normal Cutout** ustaw opcję **Limits** na pozycję **Until Next** (obraz 80) i naciśnij przycisk **OK**.

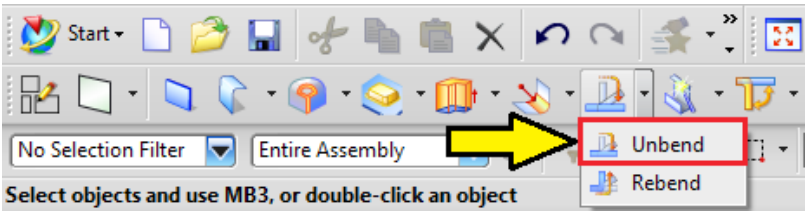




Obraz 80

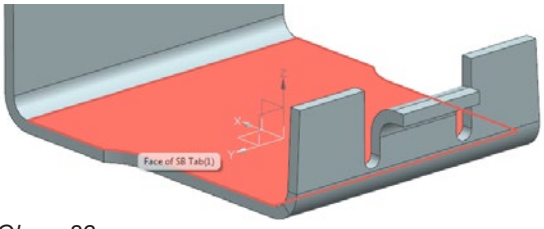
Po zdefiniowaniu poszczególnych zagięć możliwe jest ich odgięcie i ponowne zagięcie w celu wprowadzenia różnego rodzaju operacji pośrednich (otworów, wycięć, przetłoczeń), przechodzących przez geometrię zagięcia. W niniejszym ćwiczeniu funkcjonalność ta zostanie wykorzystana do zdefiniowania przetłoczeń wzmacniających.

- Z paska narzędzi **NX Sheet Metal** wybierz polecenie **Unbend** (obraz 81).

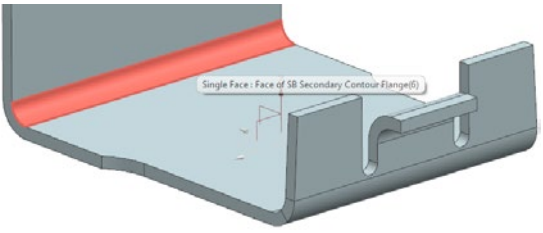


Obraz 81

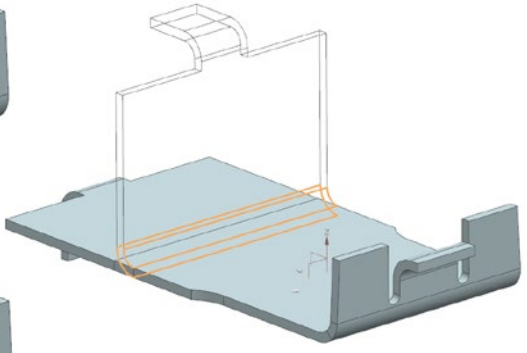
- Zaznacz ściankę stacjonarną dla edytowanego zagięcia (obraz 82), a następnie wskaż zagięcie do rozwinięcia (obraz 83). Po uzyskaniu podglądu (jak na obrazie 84) kliknij **OK** lub **MB2**, aby zatwierdzić.



Obraz 82

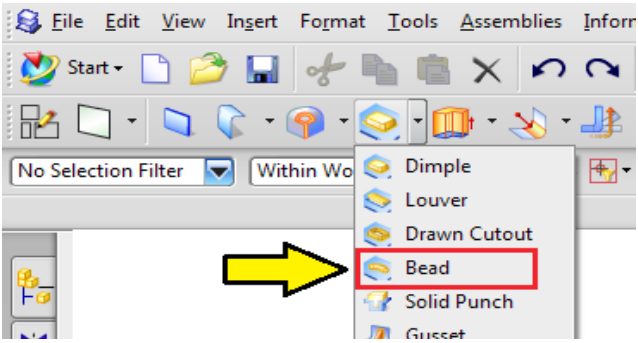


Obraz 83



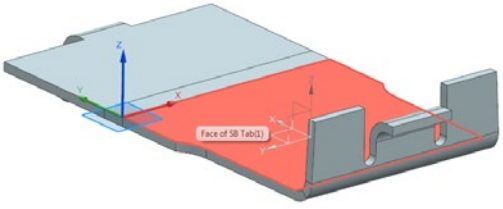
Obraz 84

- Z paska narzędzi **NX Sheet Metal** wybierz polecenie **Bead** (obraz 85).

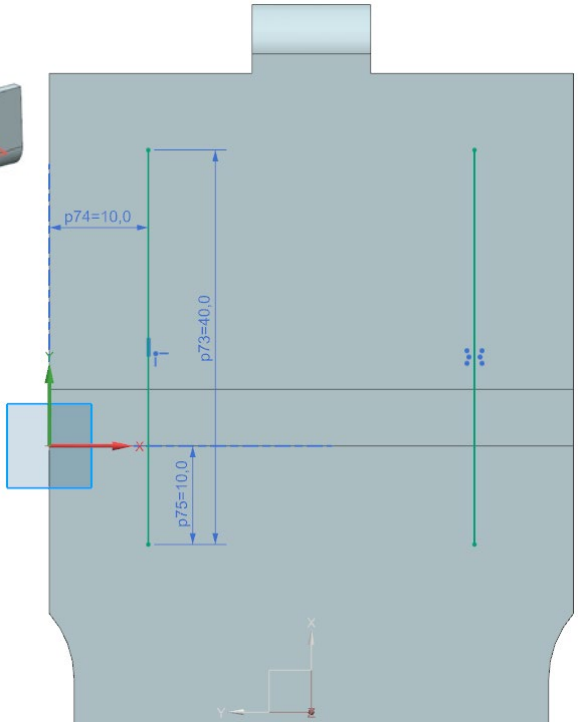


Obraz 85

- Zaznacz płaszczyznę, na której zostanie zdefiniowany przebieg przetłoczeń (obraz 86).
- Po wejściu do szkicownika narysuj pionową linię (jak na obrazie 87), a następnie wykonaj jej odbicie lustrzane względem pionowej osi układu współrzędnych.



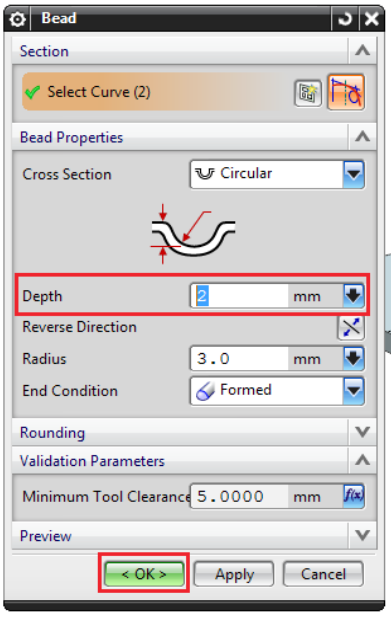
Obraz 86

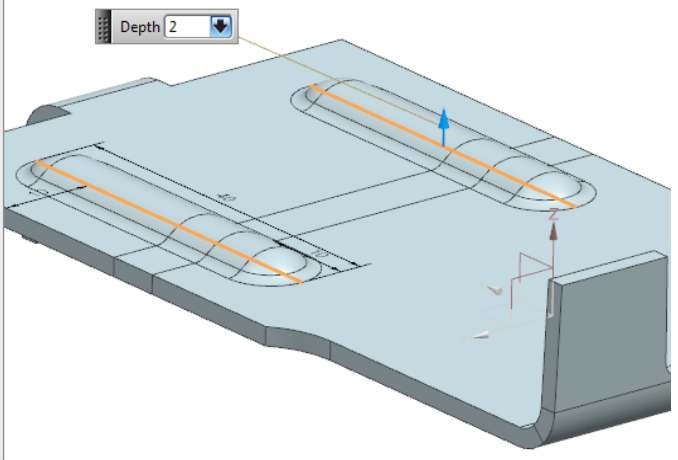


Obraz 87

- Zakończ szkic (**MB3**->**Finish Sketch**).

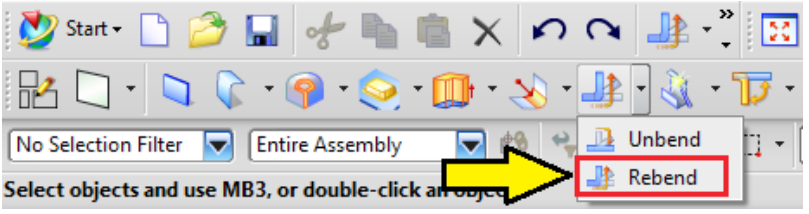
- W oknie dialogowym **Bead** ustaw wartość głębokości przetłoczenia **Depth = 2 mm**, a następnie kliknij **OK** (obraz 88).





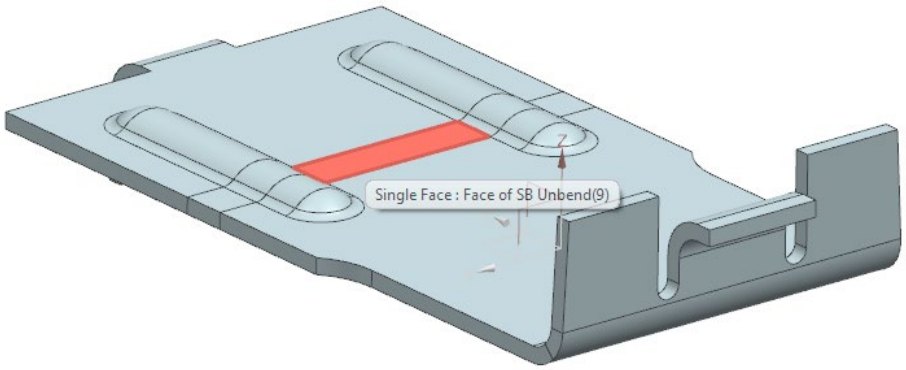
Obraz 88

- Z paska narzędzi **NX Sheet Metal** wybierz polecenie **Rebend** (obraz 89).

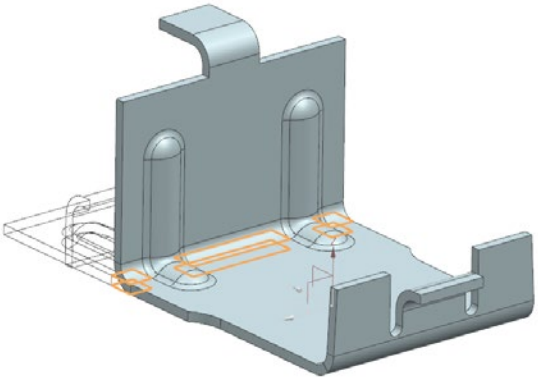


Obraz 89

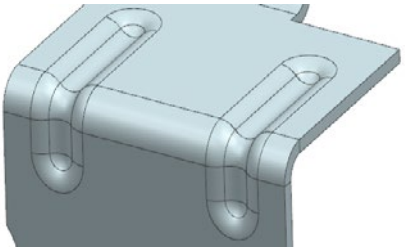
- Zaznacz ściankę zagięcia, które zostało wcześniej odgięte (obraz 90), a po uzyskaniu podglądu (jak na obrazie 91) zakończ działanie funkcji naciskając **MB2** lub **OK**. Zwróć uwagę, jak przetłoczenie dodane do modelu dopasowało sie do wykonanego wcześniej zagięcia (obraz 92).



Obraz 90



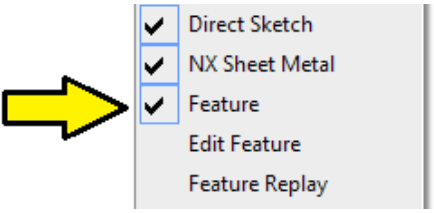
Obraz 91



Obraz 92

W kolejnym kroku w modelu zostanie wykonany otwór. Do tego celu wykorzystana zostanie funkcja tworzenia otworów znana z pracy w module **Modeling**.

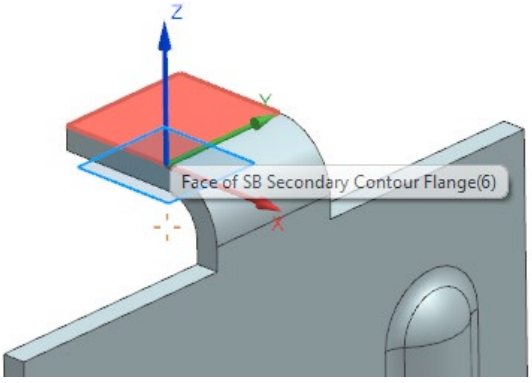
- Kliknij **MB3** w dowolnym miejscu poza obszarem okna graficznego i włącz wyświetlanie paska narzędzi **Feature** (obraz 93).
- Z paska **Feature** wybierz polecenie tworzenia otworów **Hole** (obraz 94).



Obraz 93

Obraz 94

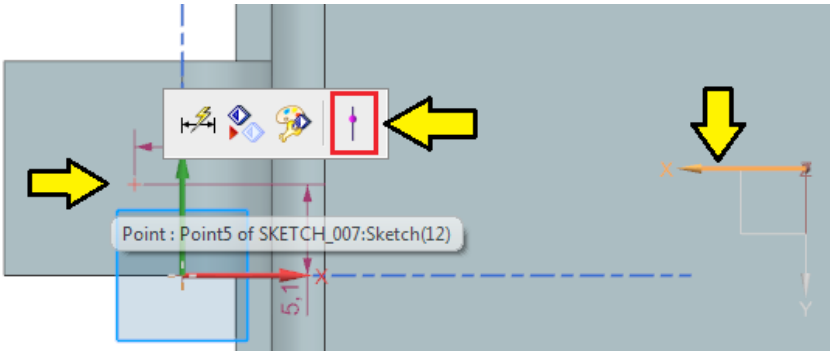
- Wskaż ściankę, na której określone zostanie położenie tworzonego otworu (obraz 95).



Obraz 95

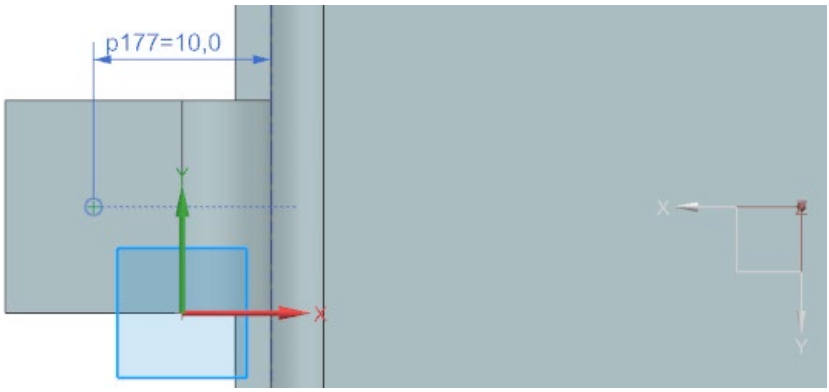
W szkicowniku lokalizacja punktu definiującego położenie osi otworu zostanie określona poprzez nadanie wymiaru i relacji geometrycznej.

- Zamknij okno dialogowe **Sketch Point**.
- Zaznacz oś X układu współrzędnych oraz utworzony punkt, a następnie kliknij symbol relacji **Point on Curve**, znajdujący się na kontekstowym pasku narzędzi (obraz 96).



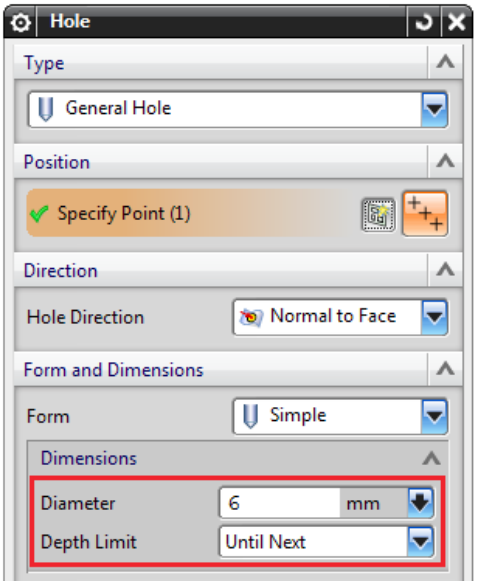
Obraz 96

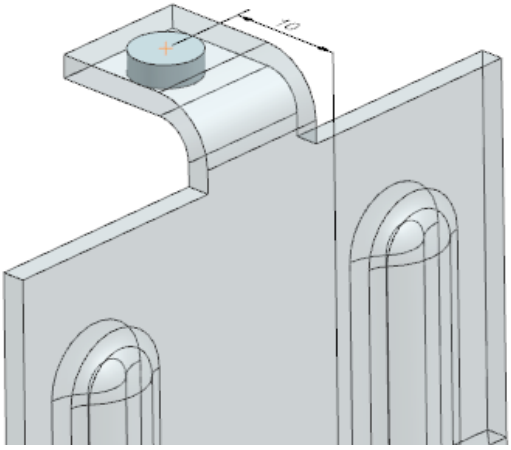
- Dodaj wymiar o wartości 10 mm pomiędzy punktem a krawędzią modelu (obraz 97).



Obraz 97

- Zakończ szkic (**MB3**->**Finish Sketch**).
- W oknie dialogowym funkcji **Hole** zmień wartość średnicy otworu **Diameter = 6 mm** oraz opcję głębokości **Depth Limit = Until Next** (obraz 98), a następnie naciśnij **OK**.

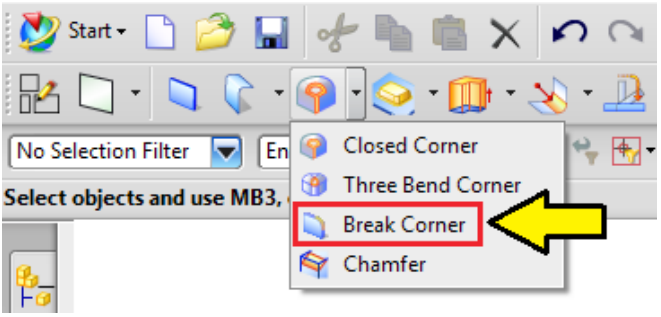




Obraz 98

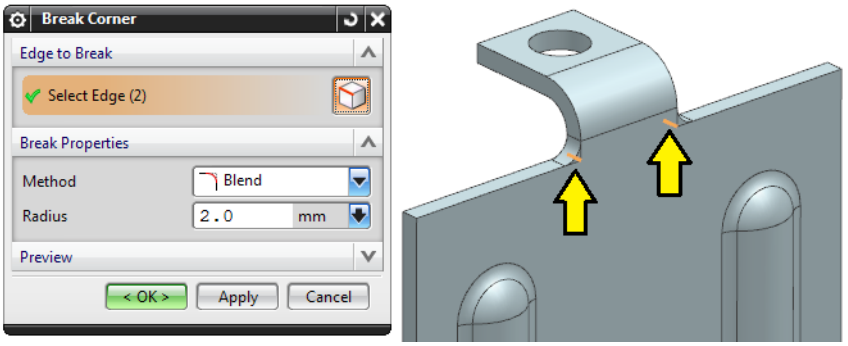
Moduł modelowania części blaszanych posiada również funkcję służącą do usuwania ostrych krawędzi blachy poprzez ich zaokrąglanie lub fazowanie.

- Z paska narzędzi **NX Sheet Metal** wybierz polecenie **Break Corner** (obraz 99).



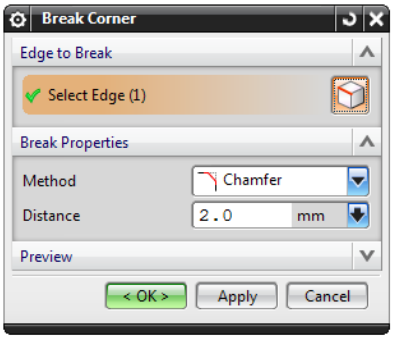
Obraz 99

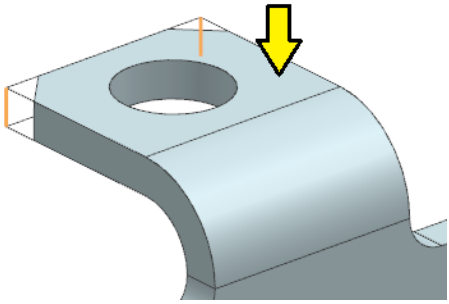
- W zakładce **Break Properties** okna dialogowego **Break Corner** wybierz metodę **Blend**, ustaw **Radius = 2 mm**, a następnie zaznacz dwie krawędzie pokazane na obrazie 100 i naciśnij **Apply**.



Obraz 100

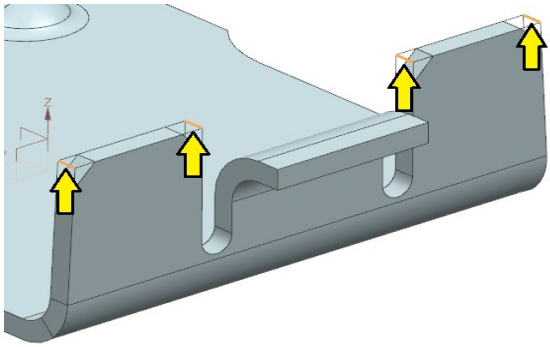
- W oknie dialogowym **Break Corner** zmień metodę na **Chamfer**, ustaw **Distance = 2 mm**, a następnie kliknij na górne lico, zaznaczając w ten sposób wszystkie ostre krawędzie leżące na jego obwodzie (obraz 101). Naciśnij **Apply**, aby zatwierdzić.





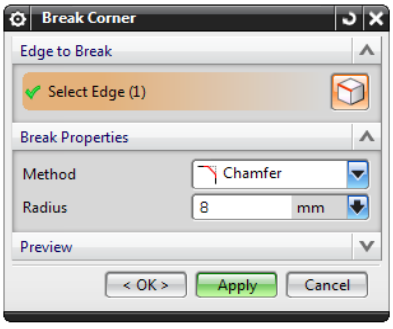
Obraz 101

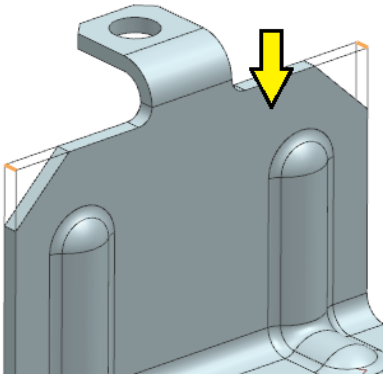
- Wykonaj analogiczną fazę dla czterech krawędzi pokazanych na obrazie 102.



Obraz 102

- W oknie dialogowym **Break Corner** zmień **Distance** na wartość 8 mm, a następnie kliknij na lico pokazane na obrazie 103 i naciśnij **OK**.

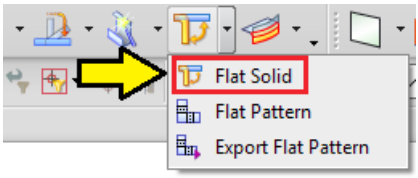




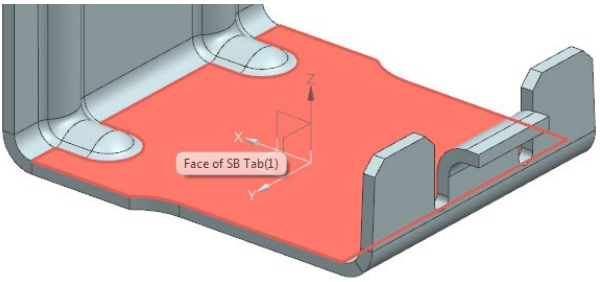
Obraz 103

Na tym etapie proces modelowania części blaszanej został zakończony. W kolejnym kroku wykonane zostanie rozwinięcie tej części, które jest niezbędne w procesie produkcyjnym tego typu wyrobów.

- Z paska narzędzi **NX Sheet Metal** wybierz funkcję **Flat Solid** (obraz 104) i wskaż poziomą ściankę modelu jako lico stacjonarne (obraz 105).

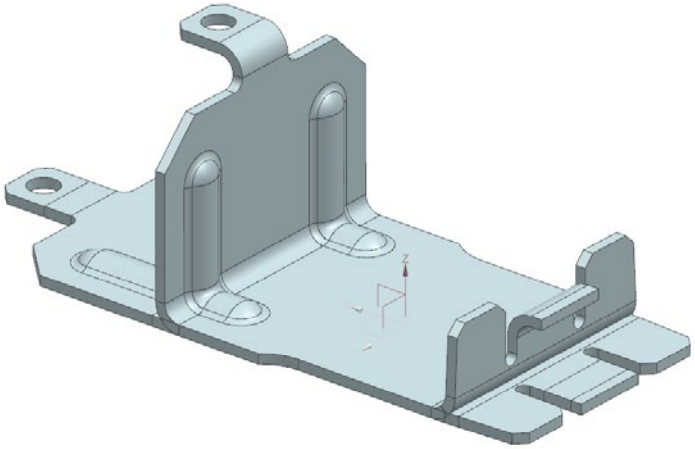


Obraz 104



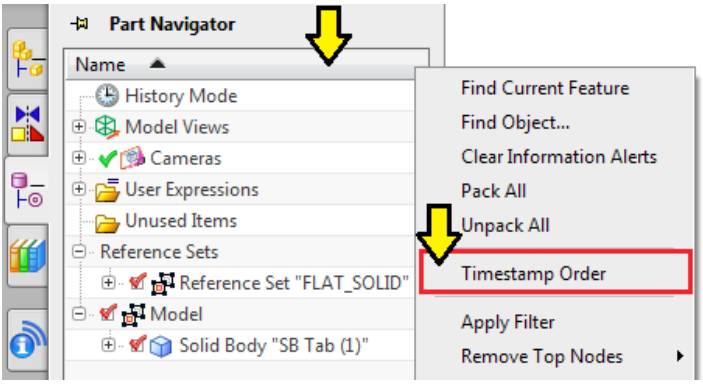
Obraz 105

- Kliknij **OK**, aby ukazał się model 3D rozwinięcia (obraz 106).



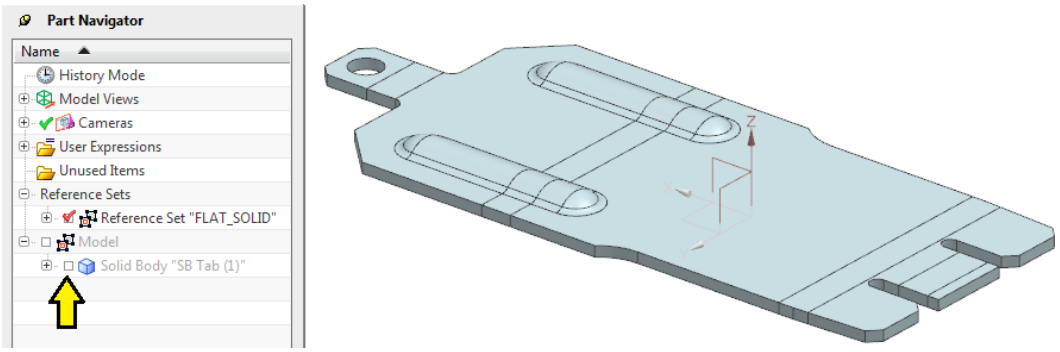
Obraz 106

- W oknie **Part Navigator** kliknij **MB3** na nagłówku kolumny **Name** i wyłącz tryb **Timestamp Order**, aby mieć możliwość włączania/wyłączania wyświetlania stworzonego właśnie rozwinięcia (obraz 107).



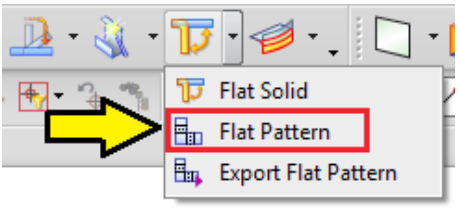
Obraz 107

- Aby ukryć model części i wyświetlić tylko model rozwinięcia, kliknij na czerwony znacznik przy pozycji **Model->Solid Body „SB Tab (1)”** (obraz 108).



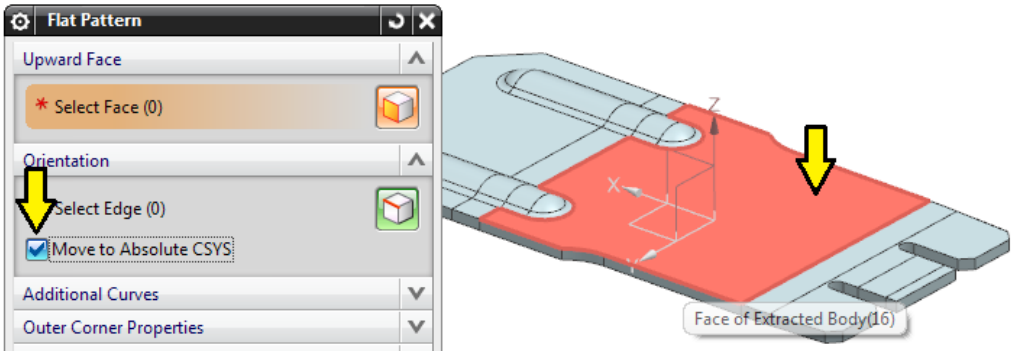
Obraz 108

- Z paska narzędzi **NX Sheet Metal** wybierz funkcję **Flat Pattern** (obraz 109).



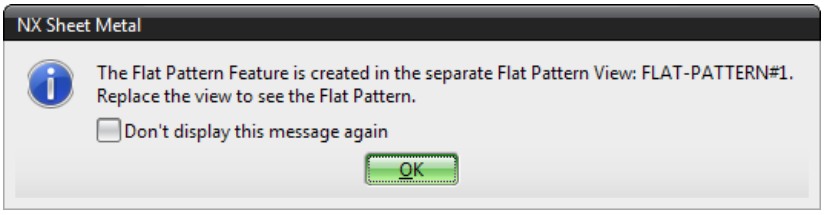
Obraz 109

- Zaznacz opcję **Move to Absolute CSYS** i wskaż poziomą ściankę modelu (obraz 110).



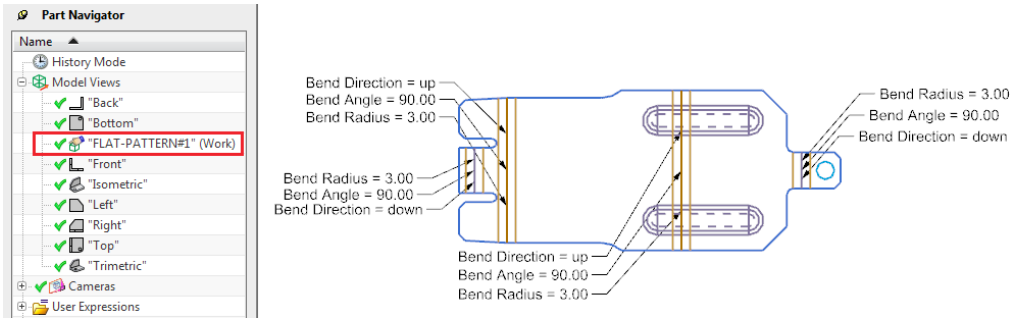
Obraz 110

- Kliknij **OK**. Pojawi się komunikat o utworzeniu dodatkowego widoku zawierającego obraz rozwinięcia (obraz 111).



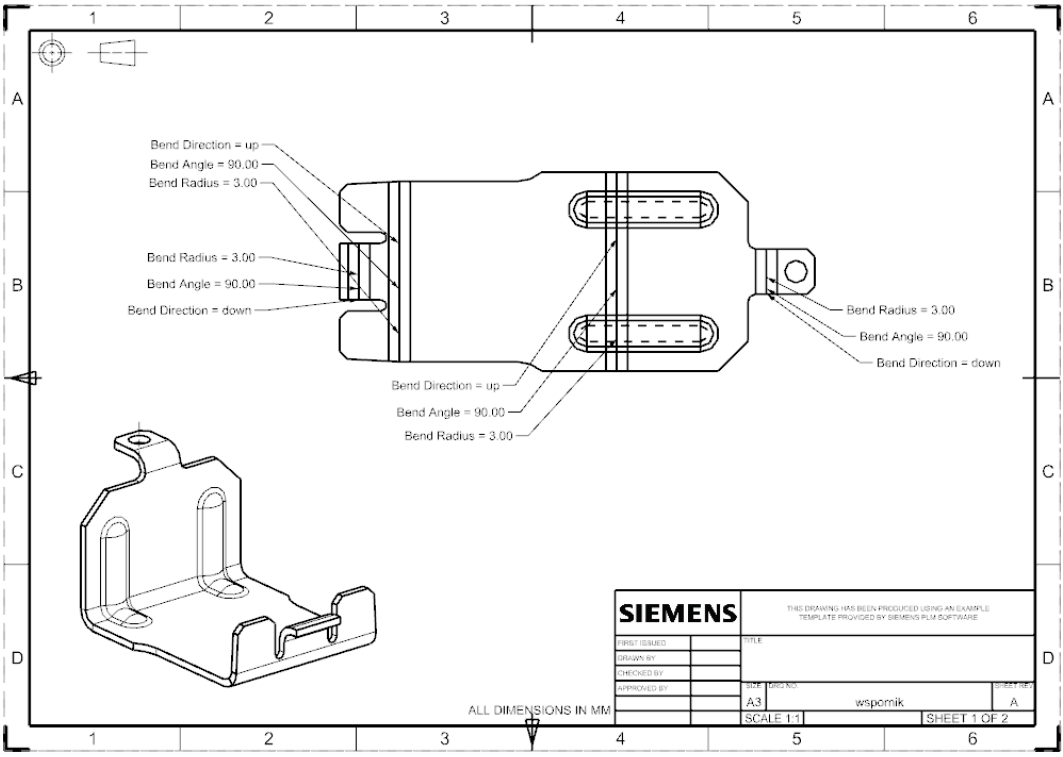
Obraz 111

- W oknie **Part Navigator** rozwiń zakładkę **Model Views** i kliknij dwukrotnie na pozycji „**FLAT--PATTERN#1**”. W oknie graficznym pojawi się widok rozwinięcia z oznaczeniem poszczególnych gięć (obraz 112).

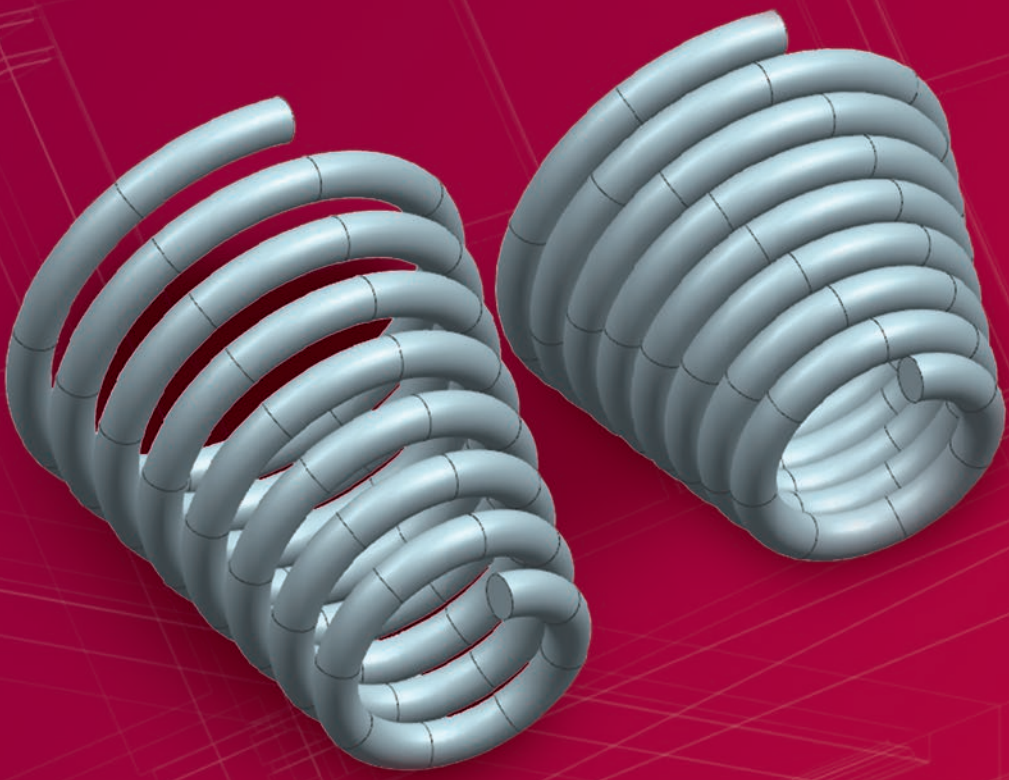


Obraz 112

Utworzony w ten sposób widok może zostać wykorzystany podczas tworzenia dokumentacji technicznej 2D zamodelowanej części blaszanej *(obraz 113)*. Szczegóły dotyczące pracy z dokumentacją techniczną w module Drafting zostaną przedstawione w kolejnych wydaniach ćwiczeń.



Obraz 113

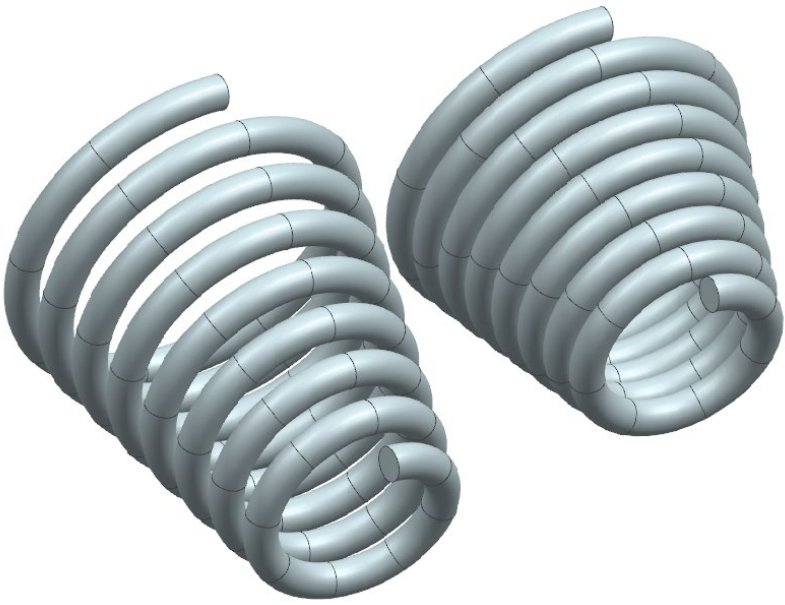


Ćwiczenie nr 5:
MODELOWANIE CZĘŚCI DEFORMOWALNEJ

Ćwiczenie nr 5:
MODELOWANIE CZĘŚCI DEFORMOWALNEJ

Niniejsze ćwiczenie poświęcone jest projektowaniu 3D części deformowalnych, czyli takich, które po umieszczeniu w złożeniu będą miały możliwość zmiany swojego kształtu i/lub rozmiaru. Z sytuacją taką można się spotkać w przypadku takich elementów maszynowych jak: sprężyny, przewody elastyczne czy też uszczelnienia, które muszą być dopasowywane do istniejącej struktury złożenia. Wykonując kroku po kroku poniższe ćwiczenie, użytkownik pozna narzędzia związane z modelowaniem sprężyn, definiowaniem części deformowalnej i wykorzystaniem jej w środowisku złożenia.

Podstawowym zadaniem tego ćwiczenia jest wykonanie modelu 3D sprężyny stożkowej i zdefiniowanie jej jako części deformowalnej, tak aby w złożeniu można było dostosowywać jej rozmiar do aktualnych potrzeb (obraz 1).

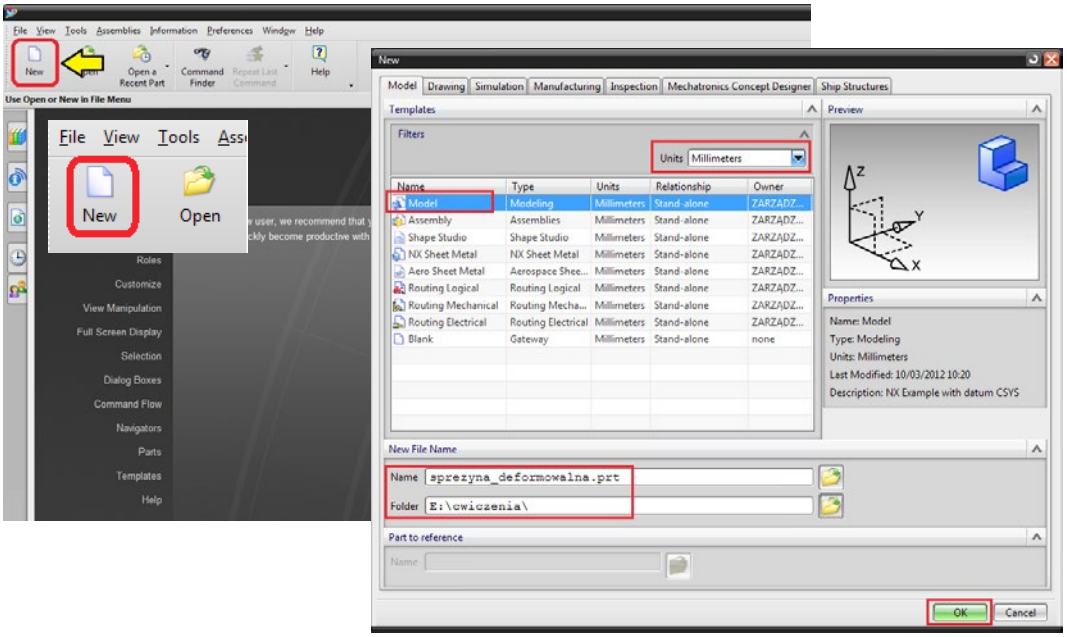


Obraz 1

Pracę rozpoczynamy od utworzenia nowego pliku części, w którym zamodelujemy geometrię sprężyny.

- Uruchom system NX, a następnie na pasku narzędzi **Standard** wybierz **New** (obraz 2).
- W oknie dialogowym **New** dokonaj następujących ustawień:
  - szablon modelowania: pojedyncza część (w obszarze **Templates** wybierz **Model**),
  - ustawienie jednostek: metryczne (**Units**->**Millimeters**),
  - wprowadź nazwę tworzonego właśnie pliku NX (.prt), np. **sprezyna_deformowalna.prt**,
  - wybierz lokalizację, w której zapiszesz plik (**New File Name**->**Folder**).

Uwaga: W nazwie pliku i nazwach folderów nie używaj polskich znaków!



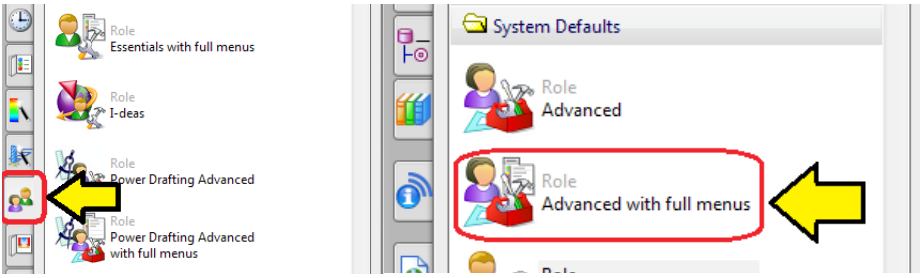
Obraz 2

- Wciśnij przycisk **OK** – zdefiniowany plik NX zostanie otwarty we właściwym środowisku projektowym (**Modeling**).

Wygląd interfejsu programu NX może być w szerokim zakresie zmieniany przez użytkownika i dostosowywany do jego potrzeb i preferencji. Dodatkowo każdy wariant ustawień interfejsu można zapisać w tzw. **Rolach**, czyli indywidualnych profilach użytkownika. System NX posiada szereg predefiniowanych profili (**Ról**), dedykowanych dla użytkowników o różnym stopniu zaawansowania lub dla różnych branż przemysłowych.

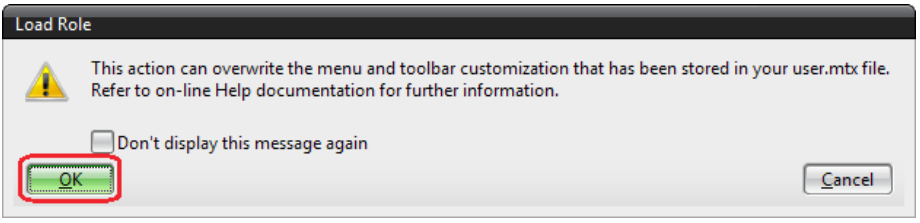
Ilustracje w niniejszej instrukcji zostały wykonane w interfejsie programu uzyskanym po włączeniu **Roli** o nazwie **Advanced with full menus**. Włącz taki profil w swojej instalacji NX.

- Na pionowym pasku narzędzi **Resource Bar**, znajdującym się po lewej stronie okna graficznego, kliknij przycisk **Roles**.
- W zakładce **System Defaults** kliknij na pozycję **Advanced with full menus** (obraz 3).



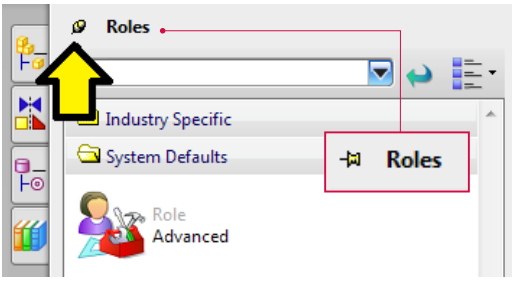
Obraz 3

- W oknie informacyjnym **Load Role** kliknij **OK** (obraz 4).



Obraz 4

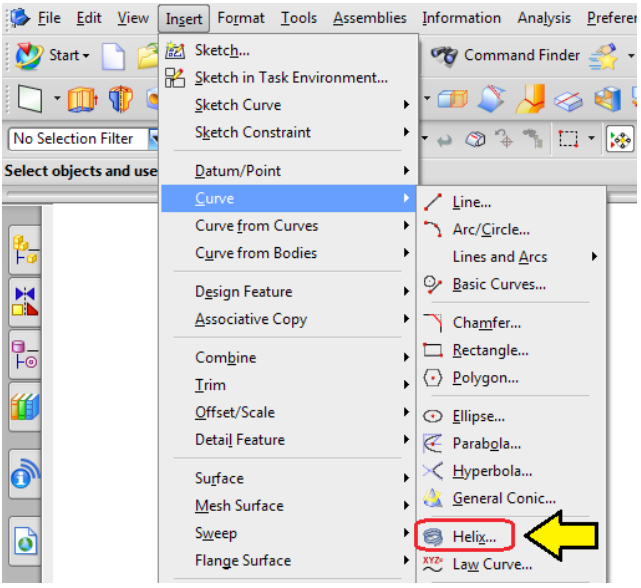
W NX możliwe jest zwiększenie obszaru okna graficznego poprzez włączenie automatycznego ukrywania nieużywanych okien **Resource Bar**. W tym celu klikamy na „pinezkę” w górnej części **Resource Bar**, zmieniając jej status (obraz 5).



Obraz 5

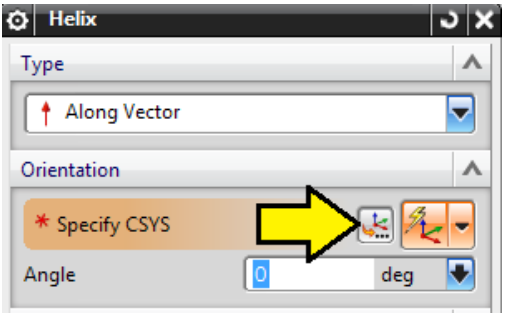
Proces modelowania sprężyny rozpoczynamy od narysowania spirali o pożądanych parametrach.

- W głównym menu kliknij **Insert**->**Curve**->**Helix…** (obraz 6).



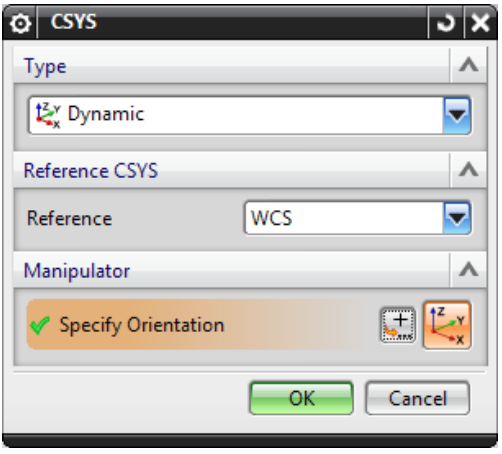
Obraz 6

- W oknie **Helix** kliknij przycisk **CSYS Dialog** znajdujący się w zakładce **Orientation** (obraz 7).



Obraz 7

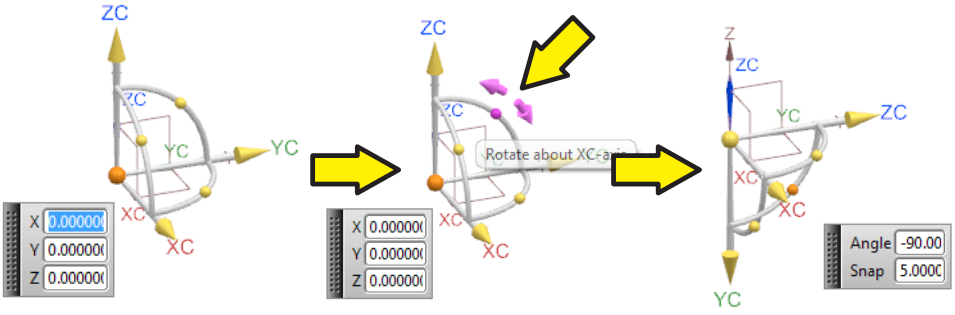
W programie NX spirala domyślnie tworzona jest w taki sposób, że jej oś jest równoległa do osi Z roboczego układu współrzędnych (**WCS**), a początek tej osi znajduje się w punkcie zerowym tego układu. W oknie dialogowym **CSYS** (obraz 8) możliwe jest również wykorzystanie jako układu odniesienia układu bezwzględnego lub wskazanego układu pomocniczego.



Obraz 8

W niniejszym przykładzie zobaczymy, w jaki sposób można szybko zmieniać orientację tworzonej spirali poprzez modyfikację położenia układu roboczego.

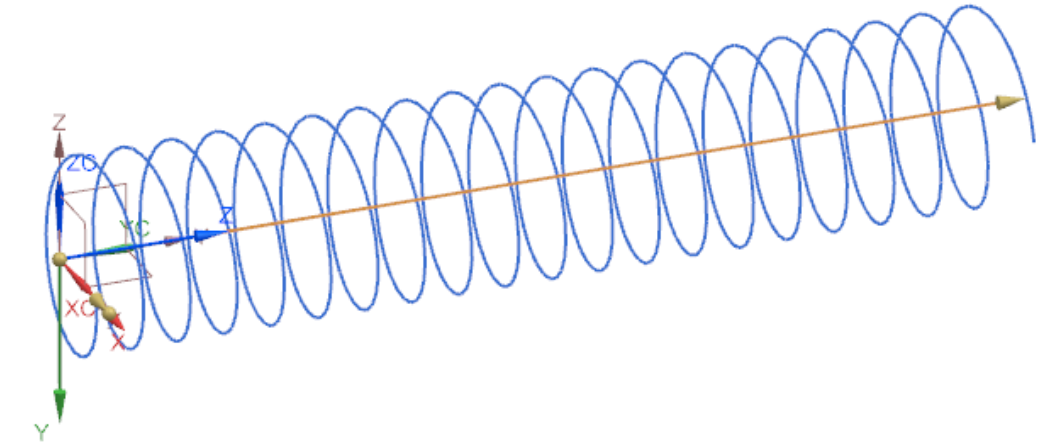
- Przy pomocy uchwytu obróć układ współrzędnych o wartość 90 stopni wokół osi XC, jak pokazano na obrazie 9.



Obraz 9

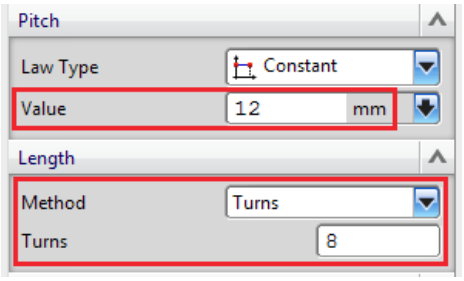
- Kliknij **OK** w oknie dialogowym **CSYS**.

Po zdefiniowaniu orientacji w oknie graficznym programu pojawia się podgląd spirali o domyślnych wartościach parametrów (obraz 10). W kolejnych krokach ustawione zostaną wartości parametrów zapewniające uzyskanie pożądanego kształtu i gabarytów spirali.



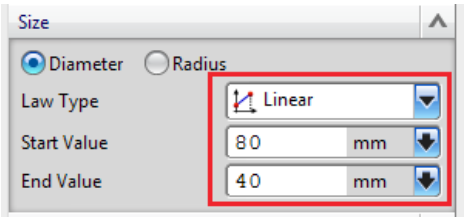
Obraz 10

- W oknie dialogowym **Helix** (obraz 11), w zakładce **Pitch**, ustaw metodę definicji skoku spirali (**Law Type =Constant**) i wpisz jego wartość (**Value = 12**).
- W tym samym oknie, w zakładce **Length**, wybierz metodę definicji długości spirali (**Method = Turns**) i wpisz wartość liczby zwojów (**Turns = 8**).



Obraz 11

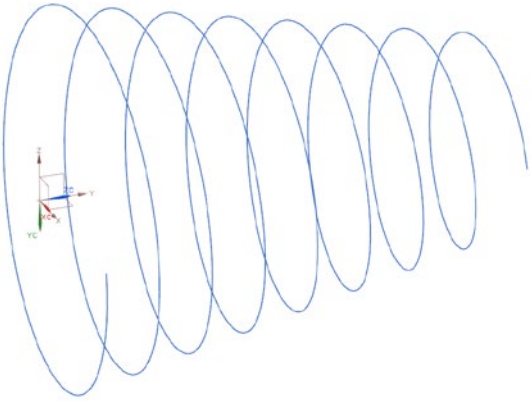
- W zakładce **Size** (obraz 12), wybierz metodę definicji średnicy spirali (**Law Type = Linear**) i wpisz wartość początkową (**Start Value = 80**) i wartość końcową (**End Value = 40**).



Obraz 12

- Kliknij **OK** w oknie dialogowym **Helix**.

Wynikiem wykonanej właśnie operacji jest spirala o zadanych parametrach i orientacji (obraz 13).



Obraz 13

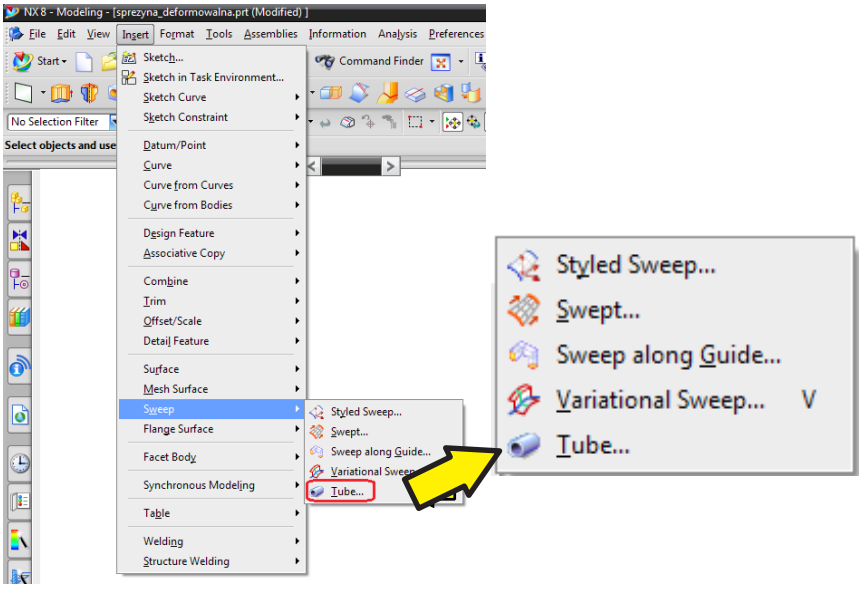
Jeśli widok stworzonej geometrii jest zbyt duży lub za mały, możesz szybko dopasować go do rozmiaru ekranu, korzystając z funkcji **Fit** dostępnej m.in. w menu radialnym.

- Umieść kursor w dowolnym miejscu tła okna graficznego, a następnie naciśnij i przytrzymaj prawy przycisk myszy.
- W pojawiającym się menu radialnym skieruj kursor w kierunku wybranej funkcji, w tym przypadku w lewy, dolny róg (obraz 14).

Obraz 14

W kolejnym kroku na podstawie wykonanej wcześniej spirali stworzony zostanie model bryłowy sprężyny. Ponieważ modelowana sprężyna ma być wykonana z pręta o przekroju kołowym, do tego celu zostanie wykorzystana funkcja **Tube**, służąca do modelowania prętów i rur.

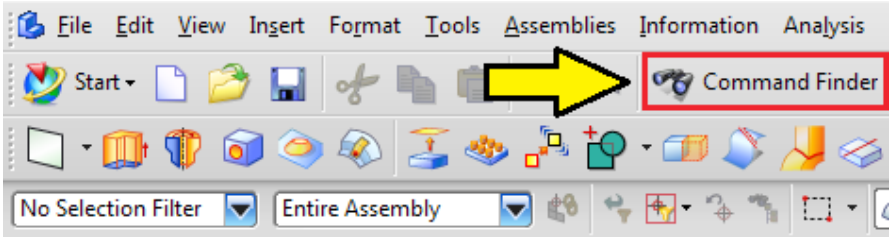
- Polecenie **Tube** można uruchomić korzystając z menu **Insert**->**Sweep**->**Tube…** (obraz 15).



Obraz 15

Jeśli chcemy szybko odnaleźć tę samą funkcję na pasku narzędzi, możemy skorzystać z funkcji **Command Finder**.

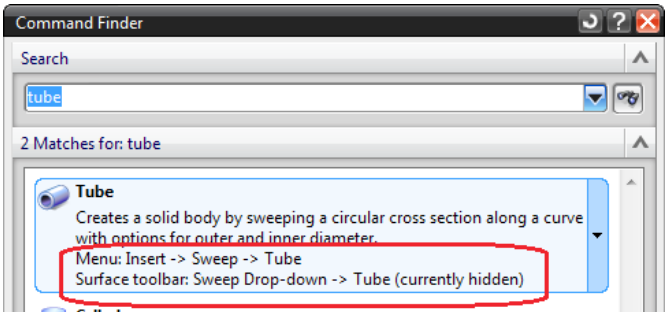
- Na pasku narzędzi Standard kliknij **Command Finder** (obraz 16).



Obraz 16

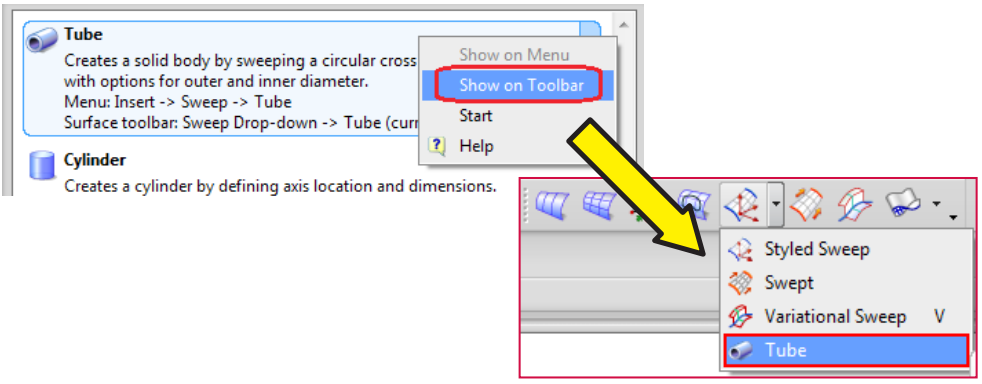
- W oknie dialogowym **Command Finder**, w polu **Search**, wpisz „**tube**” i naciśnij Enter.

Program wyszuka wszystkie funkcje związane z wpisanym słowem i wyświetli informację o ich położeniu w menu i na paskach narzędzi (obraz 17). W opisywanym przypadku możemy zauważyć, że funkcja **Tube** jest obecnie niedostępna na pasku narzędzi, o czym świadczy opis „**currently hidden**”. Wynika to z domyślnych ustawień bieżącej konfiguracji interfejsu (Roli). Możemy jednak w łatwy sposób przywołać potrzebną nam funkcję na pasek narzędzi.



Obraz 17

- Kliknij prawym przyciskiem myszy na pozycji **Tube** na liście wyników i wybierz polecenie **Show on Toolbar**, a funkcja **Tube** pojawi się na pasku narzędzi **Surface** (obraz 18).

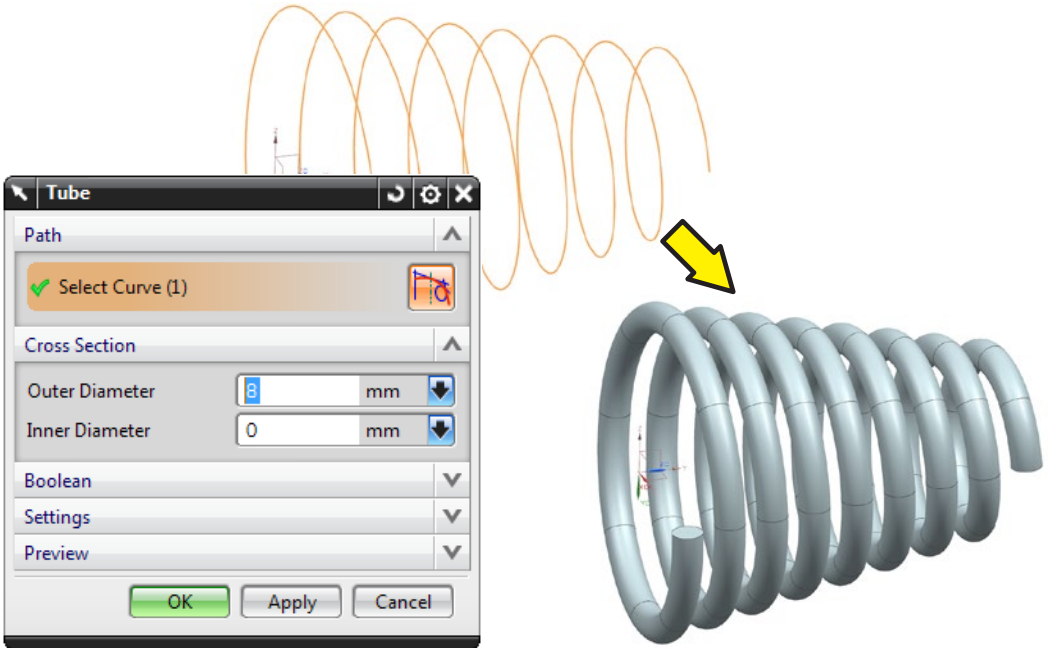


Obraz 18

- Kliknij **OK** w oknie dialogowym **Command Finder**.

Przystępujemy do tworzenia modelu bryłowego sprężyny:

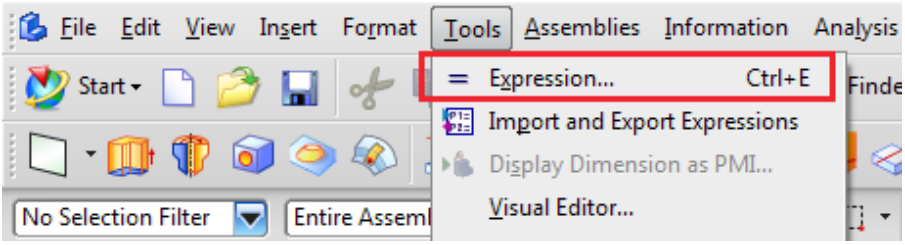
- Kliknij **Tube** na pasku narzędzi **Surface**.
- Zaznacz narysowaną wcześniej spiralę i wpisz wartość średnicy zewnętrznej **Outer Diameter = 8** (obraz 19).
- Kliknij **OK**, a na ekranie pojawi się model bryłowy sprężyny.



Obraz 19

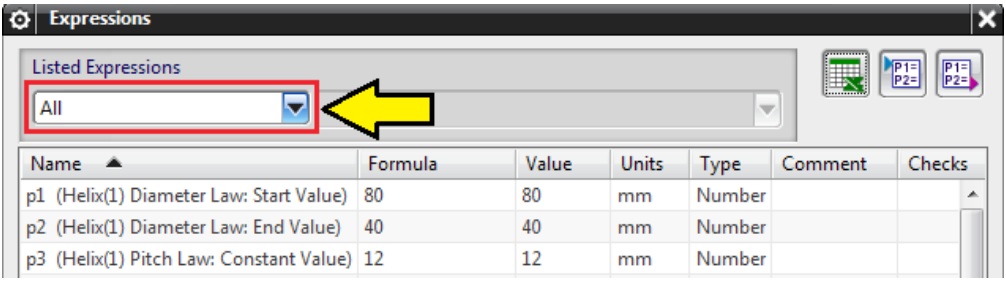
W kolejnym kroku tego ćwiczenia dokonamy operacji na parametrach modelu, tak aby sterować rozmiarem sprężyny poprzez określenie jej długości.

- W menu głównym kliknij **Tools**->**Expression…** (obraz 20).



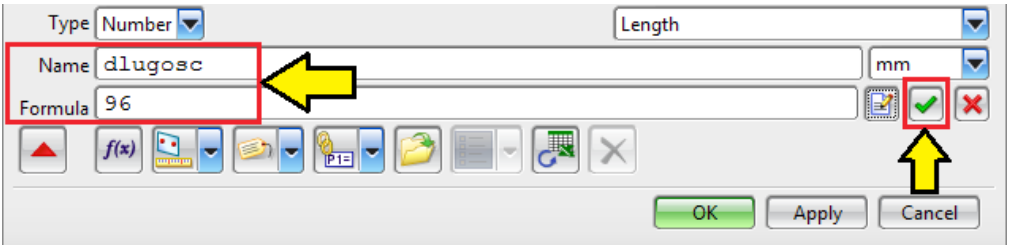
Obraz 20

- W oknie dialogowym **Expressions** rozwiń listę w polu **Listed Expressions** i wybierz opcję **All**, aby wyświetlić wszystkie parametry znajdujące się w bieżącym pliku (obraz 21).



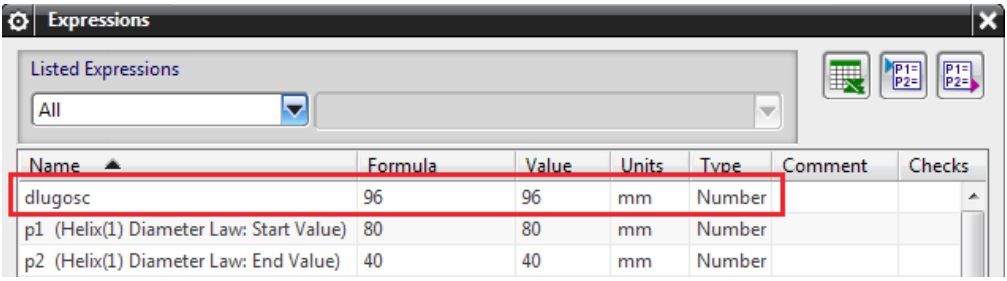
Obraz 21

- W polu **Name** wpisz słowo „dlugosc” (pamiętając o nie stosowaniu polskich znaków), a w polu **Formula** liczbę „96”, a następnie kliknij na przycisk zatwierdzenia (obraz 22).



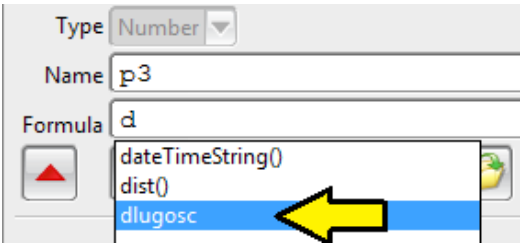
Obraz 22

Na liście parametrów pojawił się nowy parametr o nazwie „dlugosc”, który wykorzystany zostanie do sterowania parametrami definiującymi spiralę (obraz 23).



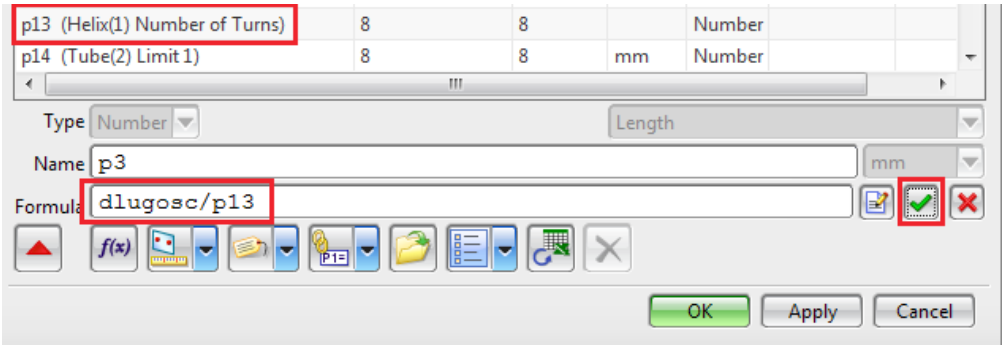
Obraz 23

- Na liście parametrów zaznacz parametr p3, odpowiedzialny za skok spirali, a następnie w polu **Formula** usuń występującą tam wartość i wpisz literę „d”.
- Z pojawiającej się listy funkcji i parametrów, których nazwy rozpoczynają się na literę „d”, wybierz parametr „dlugosc” (obraz 24).



Obraz 24

- W edytowanej formule dopisz znak „/”, a następnie kliknij dwukrotnie na parametrze „p13”, aby wprowadzić do formuły nazwę parametru odpowiedzialnego za liczbę zwojów spirali. Na koniec kliknij na znacznik zatwierdzenia (obraz 25).



Obraz 25

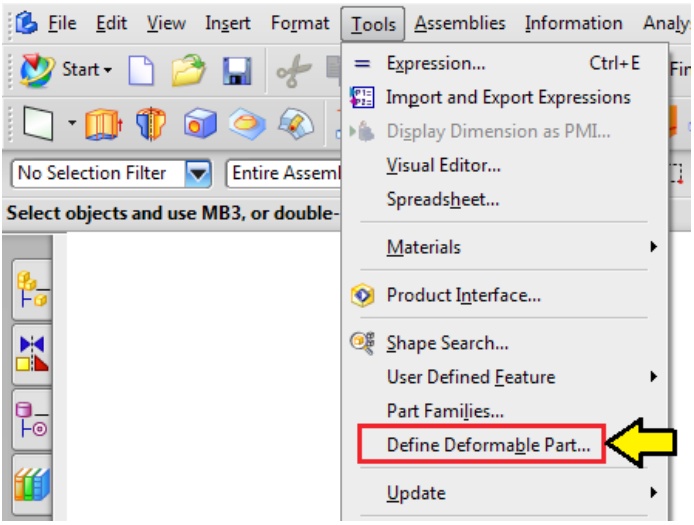
Otrzymaliśmy sytuację, w której parametr skoku spirali jest uzależniony od wartości parametru „dlugosc” (obraz 26).

Name	Formula	Value	Units	Type	Comment	Checks
dlugosc	96	96	mm	Number		
p1 (Helix(1) Diameter Law: Start Value)	80	80	mm	Number		
p2 (Helix(1) Diameter Law: End Value)	40	40	mm	Number		
p3 (Helix(1) Pitch Law: Constant Value)	dlugosc/p13	12	mm	Number		
p6 (Helix(1) Starting Angle)	0	0	degrees	Number		
p11	1	1	mm	Number		
p12	1	1	mm	Number		
p13 (Helix(1) Number of Turns)	8	8		Number		
p14 (Tube(2) Limit 1)	8	8	mm	Number		

Obraz 26

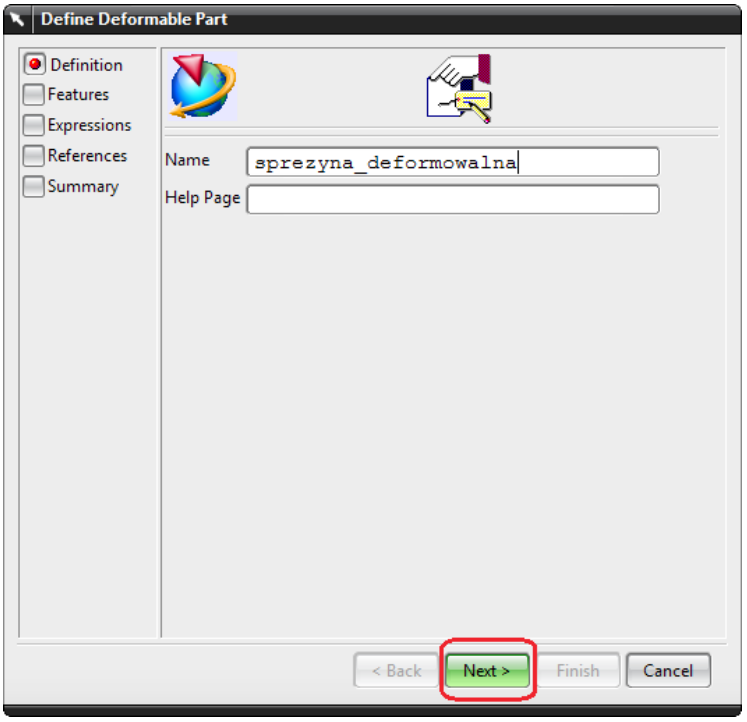
Przystępujemy teraz do procesu definiowania stworzonego modelu jako części deformowalnej.

- Kliknij w menu **Tools**->**Define Deformable Part** (obraz 27).



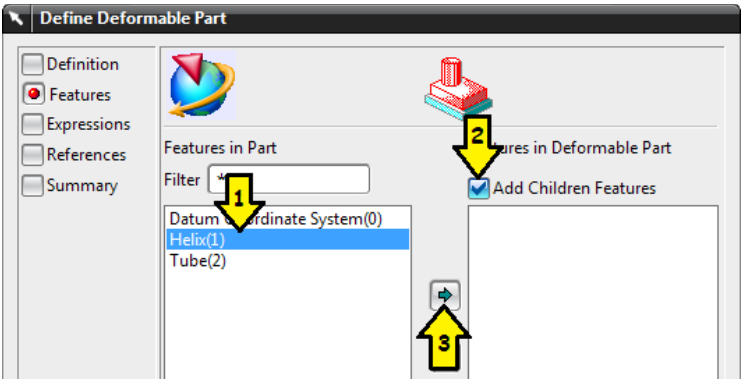
Obraz 27

- W oknie kreatora **Define Deformable Part**, w kroku **Definition**, wpisz nazwę dla tworzonej części deformowalnej i kliknij **Next** (obraz 28).



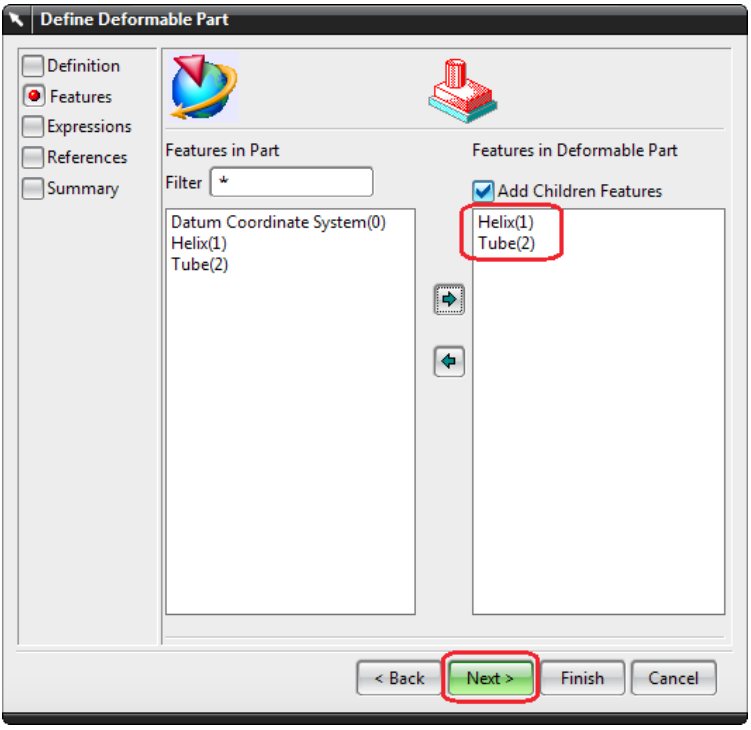
Obraz 28

- W kroku **Features** wskaż, które cechy modelu mają ulegać zmianom podczas deformacji. Na liście **Features in Part** zaznacz operację **Helix(1)**.
- Zaznacz opcję **Add Children Features**, a następnie kliknij na strzałkę, aby przenieść wskazane operacje do kolumny **Features in Deformable Part** (obraz 29).



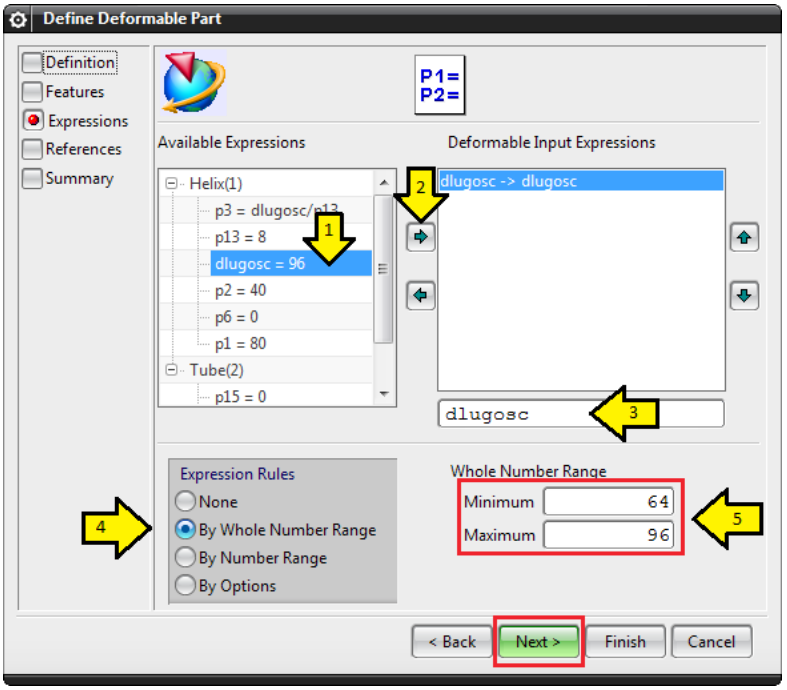
Obraz 29

- Przejdź do kolejnego kroku, klikając **Next** (obraz 30).



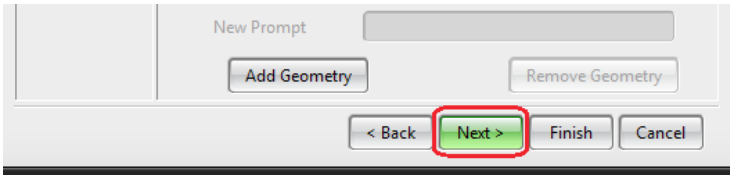
Obraz 30

- W kroku **Expressions** definiujemy, które parametry modelu mogą zmieniać wartości podczas deformacji i w jakim zakresie (obraz 31).
  - Na liście **Available Expressions** zaznacz parametr **dlugosc=96** (1), a następnie kliknij na strzałkę (2), aby dodać go do listy **Deformable Input Expressions**.
  - W oknie poniżej możesz opcjonalnie zmienić wyświetlaną nazwę parametru (3).
  - W oknie **Expression Rules** wybierz opcję **By Whole Number Range** (4), a następnie wpisz wartości graniczne dla definiowanego zakresu zmian parametru (5).



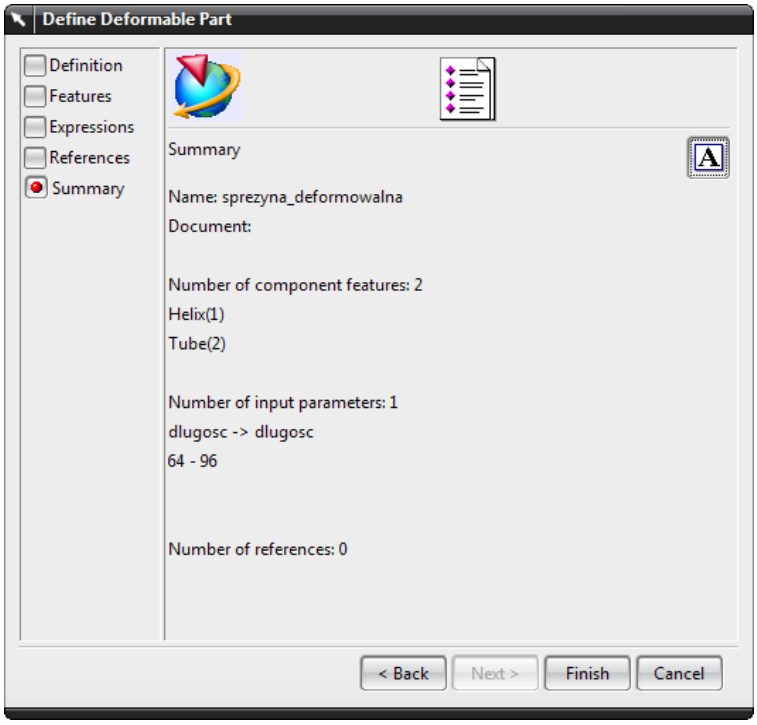
Obraz 31

- W kroku **References**, służącym do definiowania obiektów odniesienia, kliknij **Next** (obraz 32).



Obraz 32

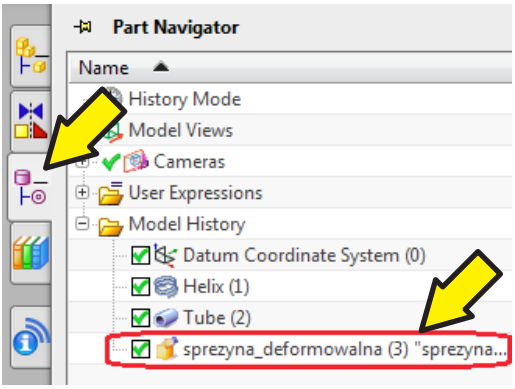
- W kroku **Summary** możesz zweryfikować dotychczasowe działania związane z definiowaniem części deformowalnej. Jeśli stwierdzisz, że wszystkie parametry zostały wprowadzone prawidłowo, kliknij **Finish** (obraz 33).



Obraz 33

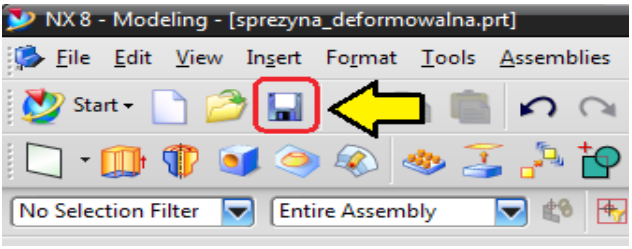
W ten oto sposób zamodelowana wcześniej sprężyna została zdefiniowana jako część deformowalna. O tym, że dany model jest traktowany jako część deformawalna świadczy nowa pozycja w historii modelowania.

- Na pasku **Resource Bar** kliknij na przycisk **Part Navigator** i zauważ nową operację w drzewie historii modelowania (obraz 34).



Obraz 34

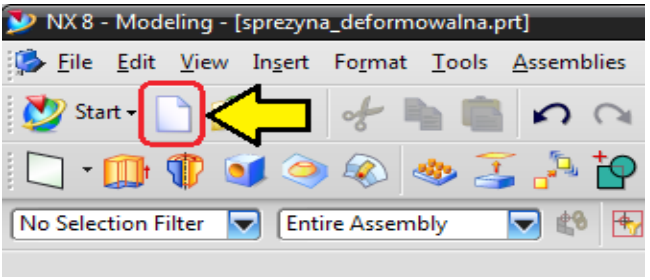
- Kliknij **Save** na pasku narzędzi **Standard**, aby zapisać zmiany dokonane w pliku (obraz 35).



Obraz 35

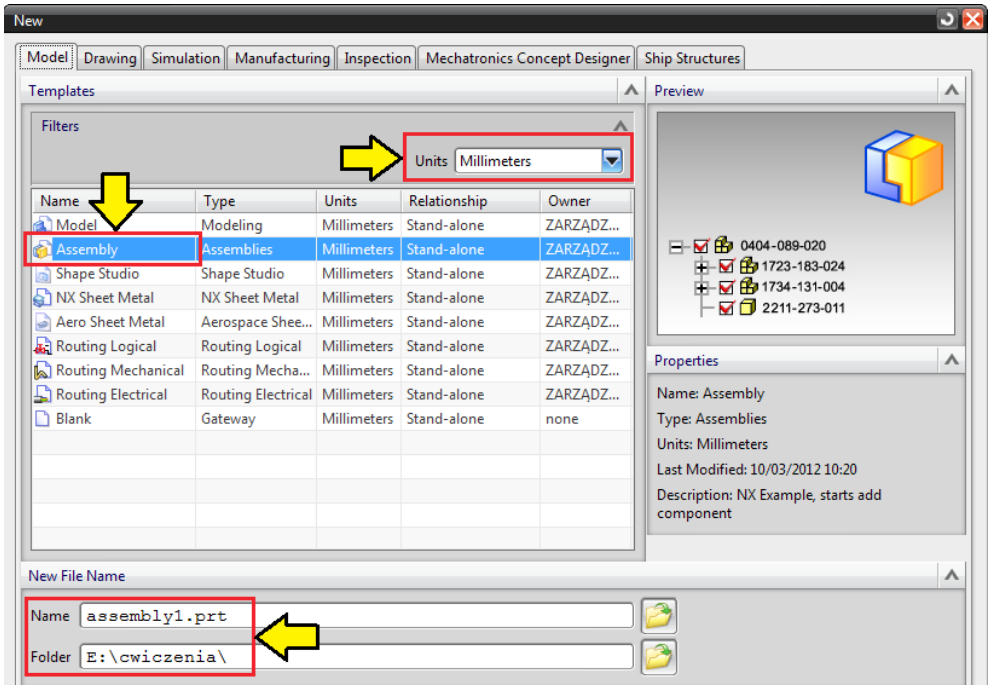
W kolejnym etapie tego ćwiczenia przedstawiony zostanie sposób wykorzystania zamodelowanej części deformowalnej w środowisku złożenia. W pierwszym kroku należy utworzyć nowy plik złożenia.

- Na pasku narzędzi **Standard** kliknij **New** (obraz 36).



Obraz 36

- W oknie dialogowym **New** dokonaj następujących ustawień (obraz 37):
  - szablon modelowania: złożenie (w obszarze **Templates** wybierz **Assembly**),
  - ustawienie jednostek: metryczne (**Units**->**Millimeters**),
  - wprowadź nazwę tworzonego właśnie pliku NX (.prt) lub pozostaw nazwę domyślną tj. **assembly1.prt**,
  - wybierz lokalizację, w której zapiszesz plik (**New File Name**->**Folder**).



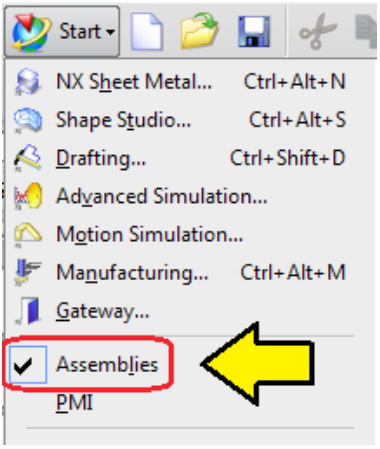
Obraz 37

- Kliknij **OK**.

Program NX utworzył nowy plik o rozszerzeniu takim samym jak w przypadku pliku części. Wynika to z faktu, że złożenia tworzy się w tym samym środowisku, co części (**Modeling**), mając włączony w tle moduł **Assemblies**. Ponieważ skorzystaliśmy z odpowiedniego szablonu, moduł **Assemblies** włączył się automatycznie.

W innym przypadku należy sprawdzić, czy moduł **Assemblies** jest aktywny.

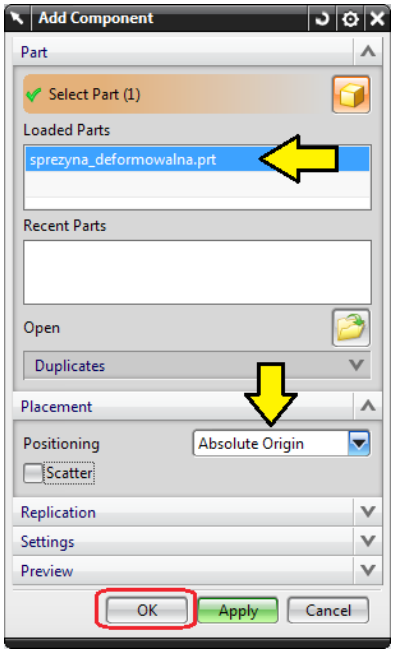
- Na pasku narzędzi **Standard** kliknij **Start** i sprawdź, czy moduł **Assemblies** jest zaznaczony (obraz 38).



Obraz 38

Użycie szablonu **Assembly** spowodowało także, że automatycznie została włączona funkcja dodawania nowego komponentu do złożenia. Dzięki niej wstawimy utworzoną wcześniej sprężynę do złożenia jako jego komponent.

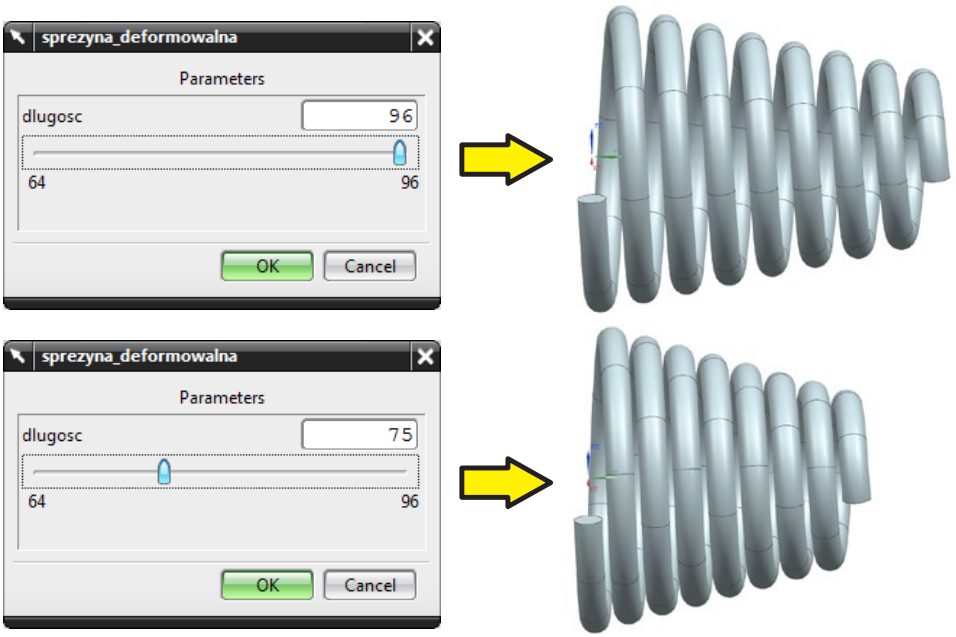
- W oknie dialogowym **Add Component**, w zakładce **Loaded Parts**, zaznacz nazwę pliku do wstawienia (**sprezyna_deformowalna.prt**) (obraz 39).
- W zakładce **Placement** wybierz metodę pozycjonowania **Positioning**->**Absolute Origin**.
- Kliknij **OK**.



Obraz 39

W wyniku tej operacji powstało złożenie zawierające komponent w postaci sprężyny. Program automatycznie wykrywa, że jest to część deformowalna i wyświetla okno dialogowe umożliwiające wprowadzenie deformacji.

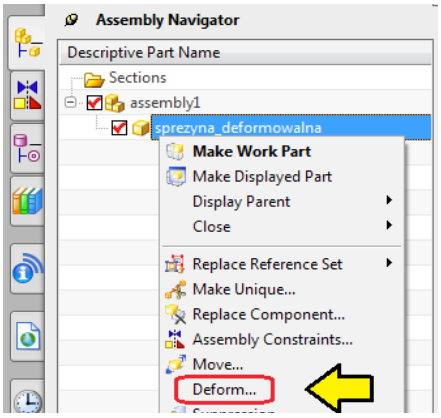
- W oknie dialogowym deformacji, w pozycji „dlugosc”, wpisz wartość 75 lub przesuń suwak w odpowiednie położenie i kliknij **OK** (obraz 40).



Obraz 40

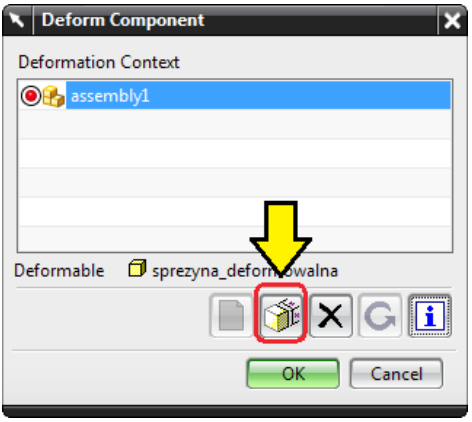
Część deformowalna może być modyfikowana w złożeniu w dowolnej chwili.

- Na pasku **Resource Bar** kliknij zakładkę **Assembly Navigator**.
- Kliknij prawym przyciskiem myszy na komponencie „sprężyna_deformowalna” i wybierz polecenie **Deform…** (obraz 41).



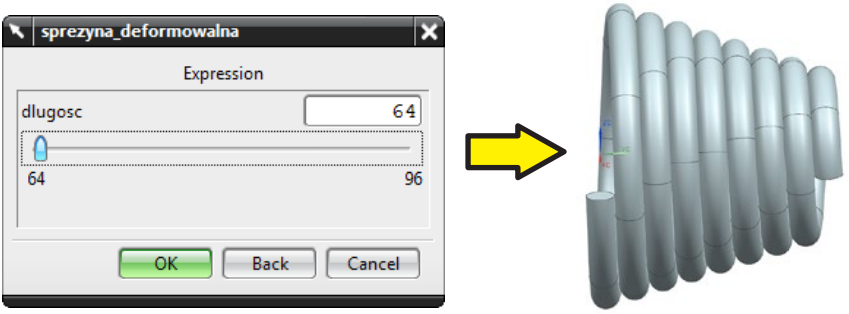
Obraz 41

- W oknie dialogowym **Deform Component** kliknij **Edit** (obraz 42).



Obraz 42

- Przesuń suwak zmiany wartości parametru w lewe skrajne położenie i naciśnij **OK** (obraz 43).

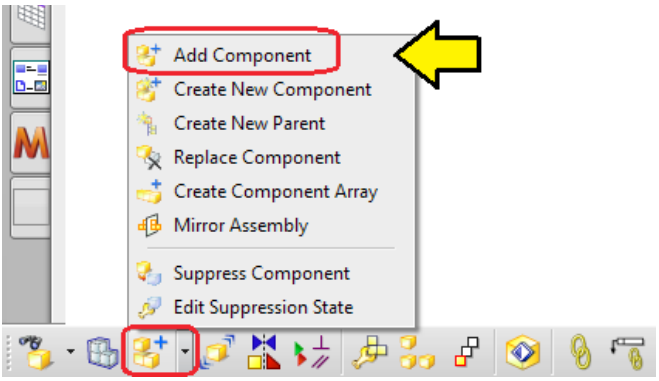


Obraz 43

- W oknie dialogowym **Deform Component** kliknij **OK**.

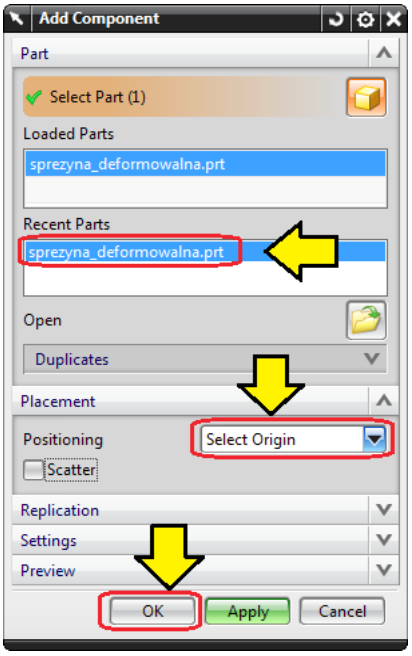
Dzięki funkcjonalności części deformowalnej możliwe jest wprowadzenie do złożenia wielu takich samych komponentów i nadanie każdemu z nich innej wartości deformacji.

- Z paska narzędzi **Assemblies** wybierz polecenie **Add Component** (obraz 44).



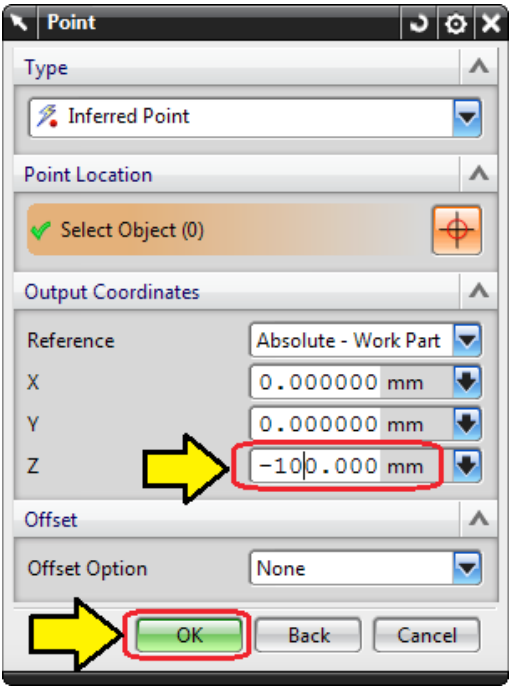
Obraz 44

- W oknie dialogowym **Add Component** zaznacz plik sprężyny, wybierz metodę pozycjonowania **Select Origin**, a następnie kliknij **OK** (obraz 45).



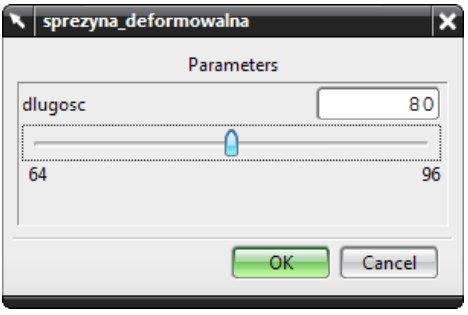
Obraz 45

- W oknie dialogowym **Point** zmień wartość współrzędnej Z = -100 i kliknij **OK** (obraz 46).



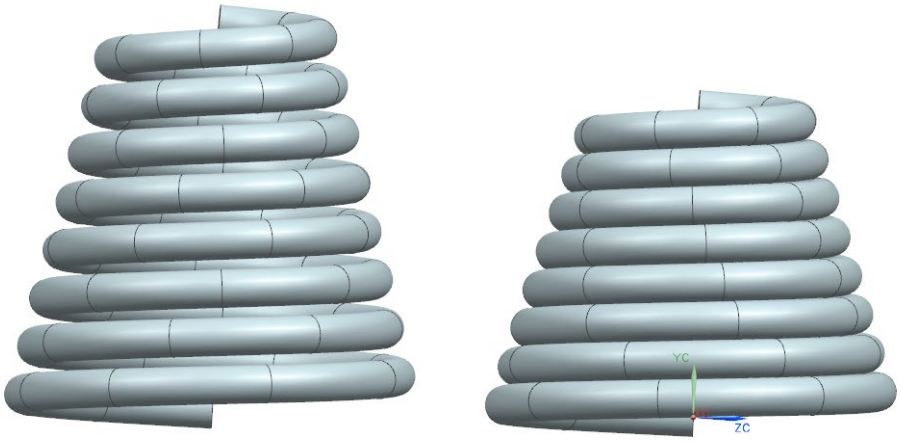
Obraz 46

- W oknie dialogowym deformacji ustaw parametr długości na wartość 80 i kliknij **OK** (obraz 47).



Obraz 47

W ten sposób w pliku złożenia otrzymaliśmy dwie sprężyny o różnym stopniu ugięcia (obraz 48).



Obraz 48

Utworzyłeś w systemie NX kilka modeli. Aby uzyskać więcej informacji na temat projektowania w NX, śledź kolejne wydania Ćwiczeń NX i odwiedzaj regularnie stronę internetową www.gmsystem.pl

Seria wydawnicza Biblioteka GM System

Seria przeznaczona jest dla wszystkich osób zainteresowanych najnowszymi rozwiązaniami systemów **CAx**:

- użytkowników systemów CAD/CAM/CAE w pracy zawodowej (projektanci, technolodzy),
- osób zamierzających pracować w technologii CAx 3D,
- studentów i wykładowców akademickich.

Wśród książek wydawanych w Bibliotece GM System znajdą Państwo zarówno publikacje o charakterze praktycznym, przede wszystkim w formie ćwiczeń, jak i ogólnym – jako wprowadzenie do wybranych zagadnień z zakresu systemów CAx.

O autorach:

mgr inż. Piotr Menchen
Inżynier aplikacyjny i trener specjalizujący się w systemach CAD/CAM/CAE.
Posiada wieloletnie doświadczenie w zakresie wykorzystania systemów komputerowych do projektowania maszyn i narzędzi oraz symulacji procesu wtrysku tworzyw polimerowych.

dr inż. Adam Budzyński
Od 15 lat w branży CAD. Specjalizuje się w projektowaniu dotyczącym budowy maszyn oraz lotnictwa wojskowego, ze szczególnym uwzględnieniem parametryzacji konstrukcji.
Inżynier aplikacyjny, trener, autor i współautor wielu opracowań oraz artykułów nt. CAD.

GM System
Integracja Systemów Inżynierskich Sp. z o.o.

Firma GM System Integracja Systemów Inżynierskich Sp. z o.o. powstała w 2001 roku. Zajmujemy się dostarczaniem zintegrowanych systemów CAD/CAM/CAE/PDM. Jesteśmy jednym z największych polskich dostawców tego rodzaju rozwiązań i kluczowym Partnerem Handlowym Siemens Industry Software (polski oddział firmy Siemens PLM Software). Zajmujemy się doradztwem przy wyborze oprogramowania, sprzedażą oraz wdrożeniem (w tym m.in. szkoleniami, dostosowaniem oprogramowania do indywidualnych potrzeb użytkownika, doborem sprzętu komputerowego). Nasi specjaliści publikują liczne opracowania z zakresu oprogramowania CAx.