

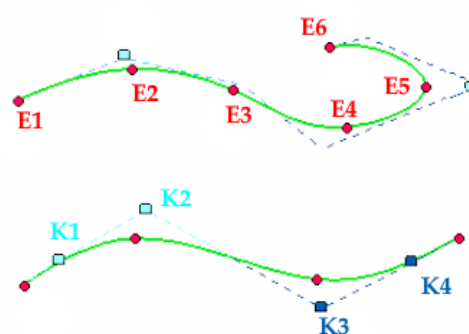
Ćwiczenie 2. Elementy liniowe w szkicach 2D i 3D

Zbiór krzywych opisujących rzeczywiste obiekty jest bardzo duży. Takich krzywych nie da się na ogół przedstawić w postaci analitycznej, a jedynie w postaci skończonego zbioru wybranych z nich punktów tzw. węzłów. W tym ostatnim przypadku krzywe muszą być interpolowane. Krzywe służą do reprezentowania profili definiujących bryły, krawędzi brył i krawędzi definiujących powierzchnie w modelowaniu powierzchniowym oraz, jako elementy pomocnicze, do konstruowania innych obiektów. SE wyróżnia dwa rodzaje krzywych:

- Krzywe analityczne – prosta oraz okrąg, elipsa, krzywe stożkowe i ich łuki.
- Krzywe B-sklejane 2D i 3D (ang. b-spline)

Krzywe (splajny)

W SE pojęcie *krzywa* odnosi się do stosowanej w grafice komputerowej krzywej B-sklejanej. Krzywe w SE są opisane parametrycznie wielomianami, tak dobranymi, by przechodziły gładko przez szereg wskazanych punktów, w użyciu są najczęściej wielomiany stopnia trzeciego. Z krzywymi związane są dwa rodzaje punktów: *punkty edycji* (E), przez które przechodzi krzywa oraz *punkty kontrolne* (K), które z wyjątkiem pierwszego i ostatniego nie należą do krzywej, a które określają jej kształt. Krzywa jest jednoznacznie określona punktami kontrolnymi, a punkty edycji stanowią jedynie ułatwienie w jej kształtowaniu.

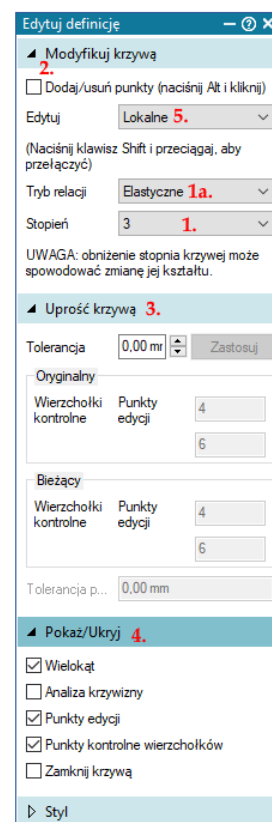


Krzywa planarne (2D)

W SE do rysowania krzywych B-sklejanych planarnych służy polecenie

Krzywa dostępne w trybie TT w środowisku szkicownika oraz bezpośrednio w trybie ST w panelu Szkicowanie. Krzywą prowadzi się podając kolejne jej węzły E_i , których wprowadzanie kończy się kliknięciem prawego przycisku myszy PPM. Nie ma możliwości narysowania krzywej przez podawanie tylko jej punktów kontrolnych K_i . Po rozpoczęciu rysowania krzywej, w opcjach (1) polecenia można wybrać jej stopień z zakresu 2 – 10. Przy pominięciu tego punktu standardową wartością jest 3. Do narysowania krzywej, bez względu na jej stopień, trzeba określić co najmniej 3 punkty edycji E_i . W czasie tworzenia krzywej pozycje (2-5) są niedostępne. Uzyskujemy do nich dostęp w czasie edycji krzywej (po jej kliknięciu myszą).

Opcja (2) pozwala na dodanie/usunięcie punktów edycji stworzonej krzywej. Sposób prezentacji punktów E oraz K (ich widoczność) i linii wielokąt kontrolny wybieramy w pozycji (4). Edycji krzywej dokonujemy poprzez wskazanie punktu E lub K myszą i jego przesunięcie. Sposób reakcji krzywej na zmianę położenia punktu określają menu (5). Opcja edytuj **Lokalne** powoduje lokalną zmianę krzywej, tzn. ograniczoną tylko do jej fragmentu między sąsiednimi punktami kontrolnymi. Opcja edytuj **Kształt** powoduje zmianę położenia wszystkich punktów, przy czym zmiany są tym mniejsze im dalej od punktu zmienianego. Punkty krańcowe nie ulegają przesunięciu w czasie edycji punktów wewnętrznych. **Oba rodzaje punktów mogą być**



użyte do zakładania relacji i wymiarów. W ten sposób można kontrolować przebieg krzywej. Liczbę punktów sterujących można zmienić przez zmianę stopnia krzywej w opcjach polecenia **(1)**. Po podwyższeniu stopnia, krzywa zachowuje swój kształt, ale po obniżeniu już nie. W opcjach można też ustawić tryb relacji, czyli jaki jest wpływ więzów geometrycznych i wymiarowych na kształt krzywej **(1a)**. Dostępne opcje to Elastyczne i Sztywne. W trybie elastycznym wpływ na kształt krzywej mają relacje zewnętrzne (np. przy nadaniu wymiaru charakterystycznego dopuszczana jest zmiana kształtu krzywej), a w trybie sztywnym nie (np. przy nadaniu wymiaru charakterystycznego kształt pozostaje bez zmian, ale zmieniała się orientacja krzywej). Zbyt wijącą się krzywą można uprościć aktywując opcję uprość krzywą **(3)**. Za pomocą przycisków strzałek w pozycji **Tolerancja** (W górę/W dół) można zmienić liczbę punktów edycji i wierzchołków kontrolnych i uprościć narysowaną krzywą (może to doprowadzić do zmiany jej kształtu).

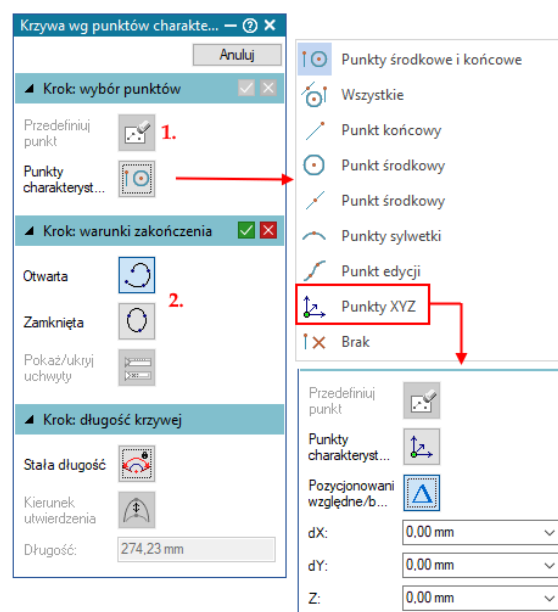
Alternatywną metodą tworzenia krzywej jest przekształcenie istniejących linii analitycznych (prosta, okrąg, elipsa itd.) w krzywe za pomocą polecenia  **Konwertuj do krzywej** (panel **Rysuj**). Po wykonaniu polecenia linia nie zmienia kształtu, a tylko staje się splajnem. Wykorzystując to polecenie można utworzyć krzywą bez punktów edycji. W tym celu należy narysować odcinek i przekształcić go w krzywą. Otrzymana krzywa będzie stopnia 2 i będzie opisana 3 współliniowymi punktami sterującymi, stąd dalej będzie wyglądała jak odcinek. Dla uzyskania efektu trzeba jeden z punktów przesunąć. Po zmianie jej stopnia na wyższy zostaną dodane nowe punkty sterujące. Uzyskana w ten sposób krzywa jest krzywą Béziera, czyli jednosegmentową krzywą B-sklejaną.

Krzywe przestrzenne (3D)

Są dwie metody ich tworzenia: poleceniami rysowania bezpośredniego lub metodami pośrednimi. Do metod rysowania bezpośredniego zalicza się polecenia **Krzywa wg punktów charakterystycznych**, **Krzywa według tabeli** i **Na powierzchni**. Metody pośrednie to polecenia przekształcające istniejące krzywe w inne krzywe. Zalicza się do nich polecenia: **Rzutowana**, **Owiń szkic** (umieszczające szkice planarne na powierzchniach zakrzywionych), **Wypadkowa**, **Pochodna** oraz polecenia wykorzystujące lica i powierzchnie do generowania krzywych takie jak **Przenikanie** oraz **Izoklina**. Wszystkie polecenia zebrane są na wstążce **Powierzchnie**.

Krzywa wg punktów charakterystycznych

Polecenie  **Krzywa wg punktów charakterystycznych** tworzy krzywą przestrzenną biegnącą przez wskazane punkty. W trakcie polecenia wyświetlana jest triada *OrientXpres*. Wybór punktów polega na wskazywaniu kolejnych punktów, przez które ma przechodzić krzywa. Wprowadzanie punktów można realizować na trzy sposoby. Kliknięcie myszą w przestrzeni rysunkowej (po wcześniejszym wyborze płaszczyzny/osi w narzędziu *OrientXpres*) lub wskazywanie punktów kluczowych, których wybór można ograniczyć do typów wskazanych po użyciu przycisku **(1)** tj. Punkty charakterystyczne obiektów, które muszą być wcześniej utworzone. Wpisywanie współrzędnych punktów w polach X, Y, Z przycisk **(1 czerwona ramka)**. Te pola są dostępne, kiedy przyciskiem **Punkty charakterystyczne** wybierze się

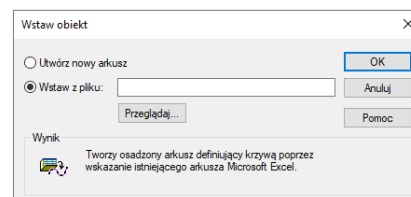


pozycje Wszystkie albo Pozycje XYZ. Wprowadzenie punktu następuje po naciśnięciu ENTER niezależnie od tego w jakim polu jest kursor, dlatego dopóki wszystkie dane nie zostaną wypełnione, po polach edycyjnych należy poruszać się myszą lub klawiszami: TAB (przejdzie w prawo) albo SHIFT+TAB (przejdzie w lewo). Współrzędne podaje się względem początku głównego układu współrzędnych (Base) lub jeżeli wybierzemy opcję , to punkty podaje się względem ostatniego punktu. W czasie edycji utworzonej krzywej do korekcji położenia wprowadzonych punktów służy przycisk (1). Krok: **Warunki zakończenia** (2) określa czy krzywa ma być zamknięta czy otwarta oraz warunki styczności w punktach krańcowych. Ustala się to albo na ekranie posługując się uchwytyami kontroli styczności, albo w pasku za pomocą pól, które są wyświetlane po wyłączeniu przycisku . Wybierając z listy pozycję Ciągłość styczności lub krzywizny możemy wskazać krawędź, do której krzywa ma być styczna a w polu obok długość wektora styczności. Krok: **długość krzywej** służy do ustawienia całkowitej długości krzywej i jej zablokowania na czas edycji. Przycisk  **Stała długość** blokuje długość krzywej na wartość wpisaną obok. Przycisk  **Kierunek utwierdzenia** umożliwia zdefiniowanie kierunku, w którym będą się przesuwać punkty kontrolne podczas zmiany długości krzywej. Kierunek można określić osiami X, Y, Z bądź z dowolną krawędzią liniową.

W **trybie synchronicznym (ST)** po zakończeniu modelowania krzywej nie ma możliwości jej edycji przez korekcję punktów wprowadzonych podczas jej tworzenia. Jedyną operacją jaką można wykonać jest zmiana jej położenia i orientacji przy pomocy koła sterującego.

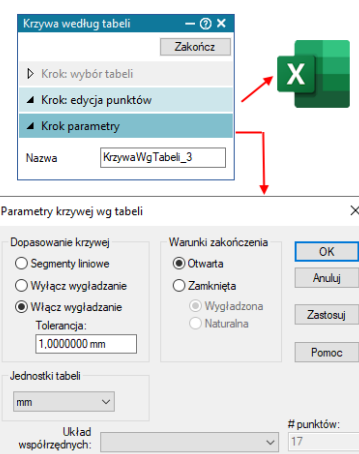
Krzywa według tabeli

Polecenie  **Krzywa według tabeli** służy do zdefiniowania krzywej punktami węzłowymi, których współrzędne są pobrane z arkusza kalkulacyjnego Excel, przy czym arkusz może znajdować się we wcześniej przygotowanym pliku xls... lub być utworzonym trakcie polecenia. Ustalane jest to w kroku pierwszym zaraz po uruchomieniu polecenia.



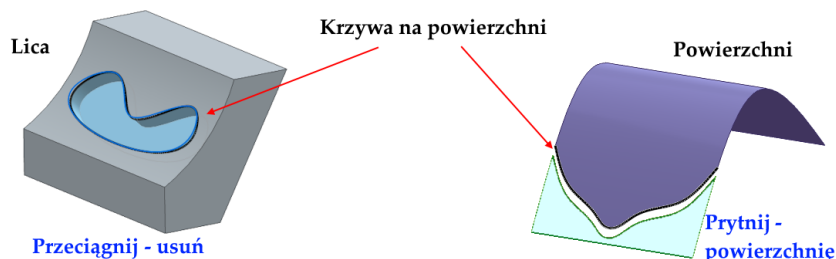
Kolumny A, B, C arkusza Excel są przeznaczone tylko na współrzędne punktów krzywej, odpowiednio (x, y, z). Każdy wiersz, począwszy od pierwszego, definiuje dokładnie jeden punkt. Pod uwagę brany jest tylko pierwszy arkusz i zakres A1:Cn (n – liczba punktów). **Nie wolno umieszczać w pierwszym wierszu opisów kolumn.**

Część arkusza poza obszarem pierwszych 3 kolumn jest do dyspozycji użytkownika i może służyć do zdefiniowania danych pomocniczych. Arkusz na podstawie, którego utworzono krzywą (nawet ten z pliku zewnętrznego) staje się częścią pliku (**par**). Edycji danych w arkuszu dokonuje w **Kroku: edycja punktów**, wtedy SE otwiera wczytany/stworzony arkusz Excel do edycji. **Krok parametry** pozwala określić dopasowanie krzywej (segmentami liniowymi lub krzywoliniowymi wygładzanymi lub nie) oraz warunki zakończenia (zamknięta, otwarta) a także układ współrzędnych, do którego odnoszą się współrzędne punktów. Skalowanie utworzonego profilu można zrealizować na dwa sposoby tj. poprzez modyfikację danych wejściowych zgromadzonych w Excelu lub po utworzeniu na bazie krzywej bryły, którą następnie poddajemy skalowaniu poleceniem  **Skaluj bryłę**.



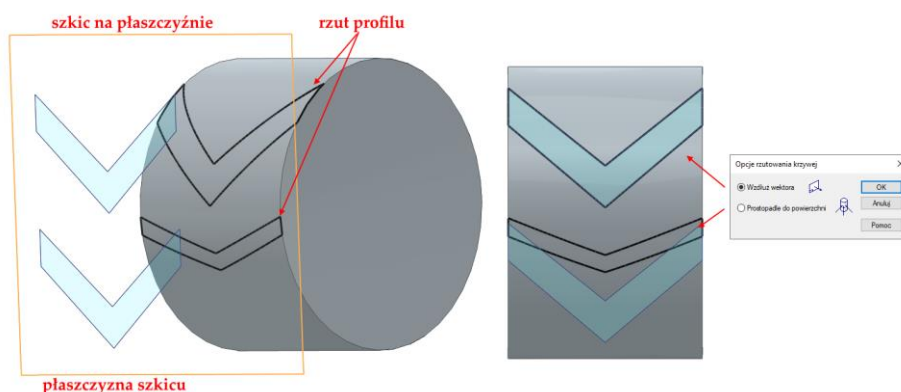
Krzywa na powierzchni

Polecenie  **Na powierzchni** służy do rysowania krzywej bezpośrednio na elementach typu powierzchni lub lico bryły. Podczas definiowania lic docelowych, na których ma być rysowana krzywa można wybrać zarówno jedno lico, jak i wiele lic. Rysowanie jest ograniczone wyłącznie do pokazanego na ekranie regionu. Krzywe wykraczające poza niego zostaną przycięte. Do definiowania punktów krzywej można użyć istniejących punktów definiowania powierzchni, takich jak wierzchołki, punkty środkowe linii oraz krawędzie powierzchni. Można dodawać i usuwać punkty przebiegu krzywej, a także dowolnie przeciągać je po powierzchni. Uzyskana krzywa może posłużyć do dalszej obróbki lica, powierzchni.



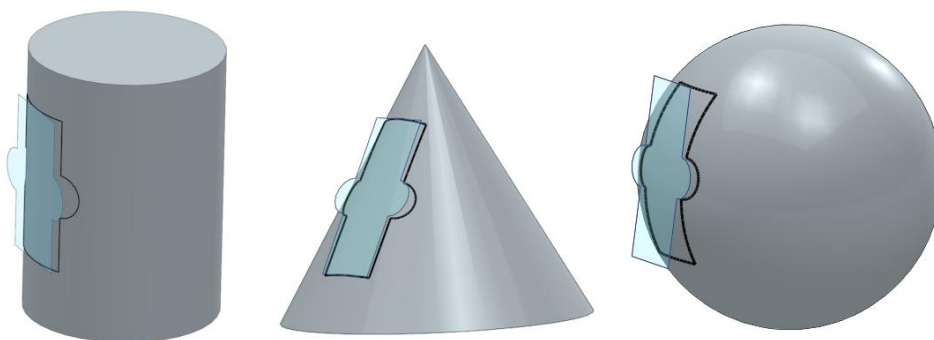
Krzywa rzutowana

Polecenie  **Rzutowana** tworzy krzywą powstałą z rzutowania szkicu 2D na lico bryły lub innej powierzchni. Rzutowanie wykonuje się dwoma sposobami: albo wzdłuż wektora albo wzdłuż prostopadłych do powierzchni. Sposób rzutowania określa się w opcjach polecenia. Kolejne kroki polegają na wskazaniu: **1** – szkicu; **2** – lica, na które się je rzutuje. W ostatnim kroku umieszczając kursor nad punktem początkowym dynamicznej strzałki kierunku można uzyskać rzut w dwóch kierunkach jednocześnie, o ile jest to możliwe.



Owijanie szkicu na powierzchni

Polecenie  **Owiń szkic** stosuje się tylko do powierzchni obrotowych i krzywych zdefiniowanych szkicem 2D. **Powierzchnia, na której tworzony jest szkic MUSI być styczna do bryły obrotowej.** Należy pamiętać, że w przypadku niektórych brył obrotowych owinięty szkic może być odkształcony. Polecenie wykonuje się w dwóch prostych krokach. Krok **1** to wybór powierzchni, na której będzie owinięty szkic oraz krok **2** wybór szkicu do owinięcia.



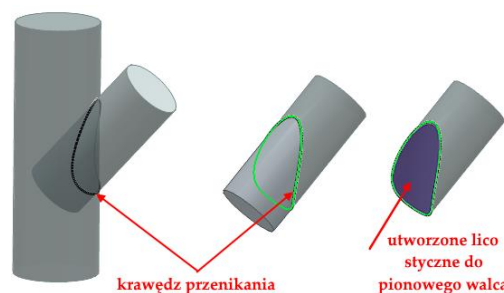
Krzywa wypadkowa

Polecenie  **Wypadkowa** tworzy krzywą przestrzenną na bazie dwóch zestawów krzywych należących do dwóch osobnych szkiców. Wykonuje się je w dwóch krokach i w każdym z nich wskazuje się lub rysuje szkice składowe. W kroku pierwszym wskazuje się pierwszy zbiór krzywych ze szkicu a w drugim drugi zbiór z drugiego szkicu. Najprościej szkice te interpretować jako rzut krzywej przebiegającej w przestrzeni na dwie prostopadłe względem siebie płaszczyzny. Powstała krzywa jest krzywą przenikania dwóch hipotetycznych powierzchni uzyskanych przez wyciągnięcie każdego ze zbiorów krzywych wzdłuż normalnych do ich płaszczyzn. Zasadę tworzenia ilustruje lewa część rysunku.



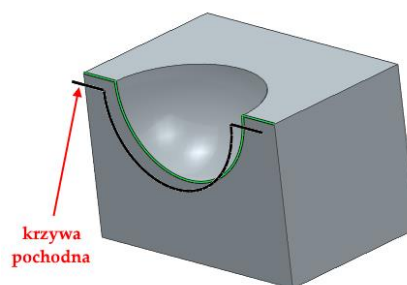
Krzywa przenikania

Polecenie  **Przenikanie** umożliwia utworzenie krzywej powiązanej w punkcie przecięcia dwóch zestawów powierzchni. Zestawy te mogą być dowolnymi kombinacjami płaszczyzn odniesienia, lic modeli lub powierzchni konstrukcyjnych. Krzywa przenikania jest powiązana z powierzchniami, na podstawie których powstała, tak więc zmiana któregośkolwiek zestawu powierzchni pociąga za sobą aktualizację krzywej. Jak widać na rys. obok krawędź przenikania to obrys wyznaczający lico styczne przenikających się walców.



Krzywa pochodna

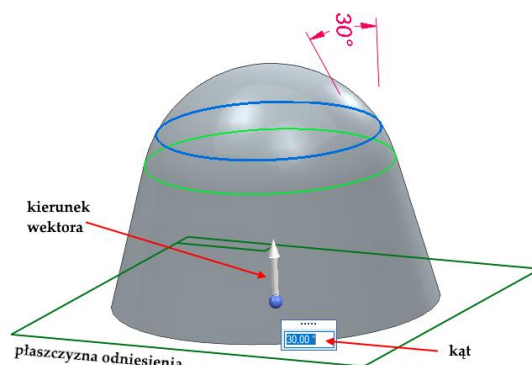
Polecenia  **Pochodna** tworzy nową krzywą, która jest pochodną jednej lub kilku krzywych lub krawędzi wejściowych. Jeżeli wszystkie krzywe lub krawędzie wejściowe są połączone końcami, krzywa pochodna może być pojedynczą krzywą sklejaną. Jeżeli krzywe wejściowe są połączone, ale nie styczne, do tworzonej krzywej pochodnej dodane zostaną niewielkie



krzywizny, tak aby w wyniku powstała gładka krzywa sklejana. Możesz utworzyć jedną krzywą pochodną z kilku obiektów (wybierając opcję: Krzywa pojedyncza).

Izoklina

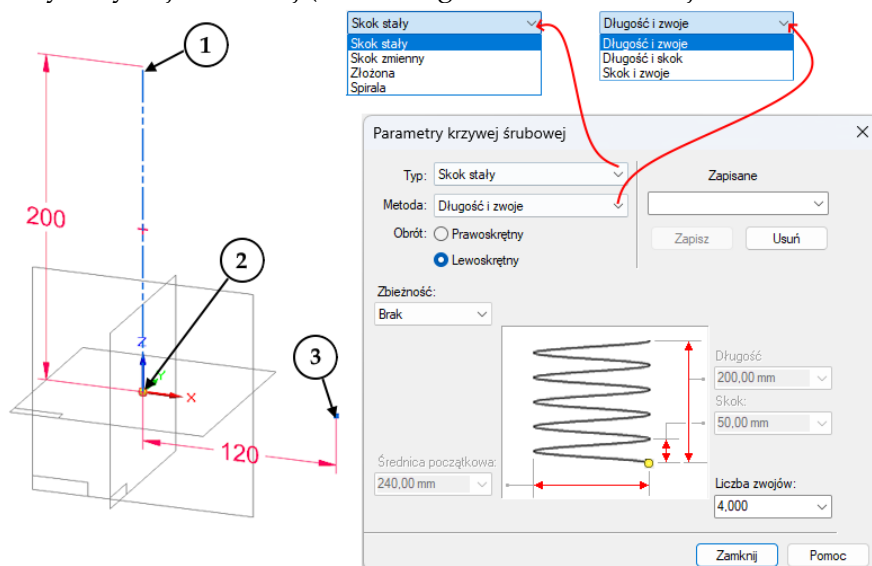
Polecenie umożliwia umieszczenie linii zwanej izokliną na co najmniej jednym wybranym licu. Program SE definiuje izoklinę jako krzywą łączącą punkty powierzchni, w których płaszczyzna styczna (lub normalna) do powierzchni tworzy stały kąt względem wektora normalnego do wybranej płaszczyzny. Wymagane dane wejściowe to: płaszczyzna odniesienia, obiekt powierzchniowy i kąt. Krok pierwszy 1 polecenia polega na wskazaniu płaszczyzny odniesienia, krok drugi 2 na wskazaniu obiektu i podaniu kąta oraz kierunku wektora (kierunek wektora zmieniamy klawiszem F). Powstała krzywa może nie być ciągła.



Krzywa śrubowa

Polecenie (tzw. helisy) pozwala utworzyć linię śrubową. Krzywą śrubową można utworzyć przy użyciu różnych typów danych wejściowych, takich jak okręgi, linia i punkt, trzy punkty, lico walcowe lub lico stożkowe. Krzywa wynikowa może być oparta na długości i liczbie zwojów, długości i skoku lub skoku i liczbie zwojów. Można również określić zbieżność krzywej, używając kąta lub średnicy, i ustawić obrót prawoskrętny lub lewoskrętny. Tworzona krzywa śrubowa jest obsługiwana w środowiskach części i części blaszanej. Krzywa wynikowa może zostać użyta jako punkt wyjścia dla wyciągnięcia po krzywej, wycięcia, powierzchni konstrukcyjnej i innych podobnych działań.

Ułatwieniem rysowania krzywej śrubowej jest przygotowanie szkicu zawierającego oś krzywej (punkt początkowy 1, końcowy 2) oraz promień krzywej śrubowej (3). Po poprawnym zdefiniowaniu tych elementów przechodzimy do okna **Parametry krzywej śrubowej**, gdzie możemy ustawić pozostałe parametry krzywej śrubowej (skok, długość, kierunek zwojów, zbieżność).



Polecenia tworzenia brył wykorzystujące krzywe

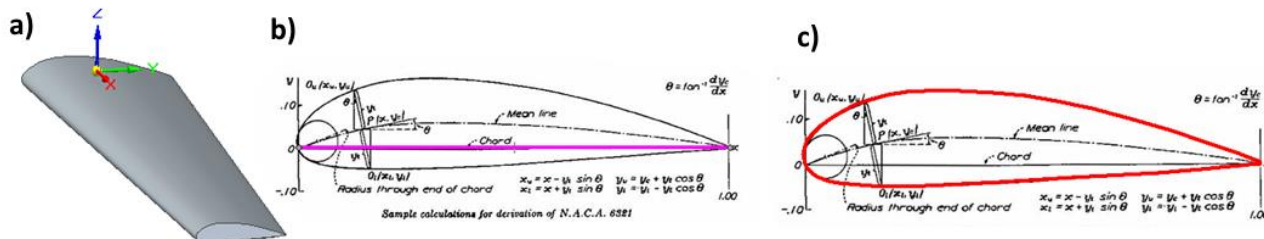
Do poleceń tych zaliczają się polecenia **Po krzywej** i **Przez przekroje** zgromadzone na karcie Narzędzia **główne** w sekcji **Bryły**, w dwóch podgrupach: **Dodaj** – wypełnianie materiałem i **Wytnij**

– usuwanie materiału. Oba mają charakter uniwersalny, tzn. mogą zastąpić poznane wcześniej polecenia wyciągania/wycinania, gdyż odpowiednio dobierając profile i ścieżki, da się przy ich pomocy uzyskać te same efekty.

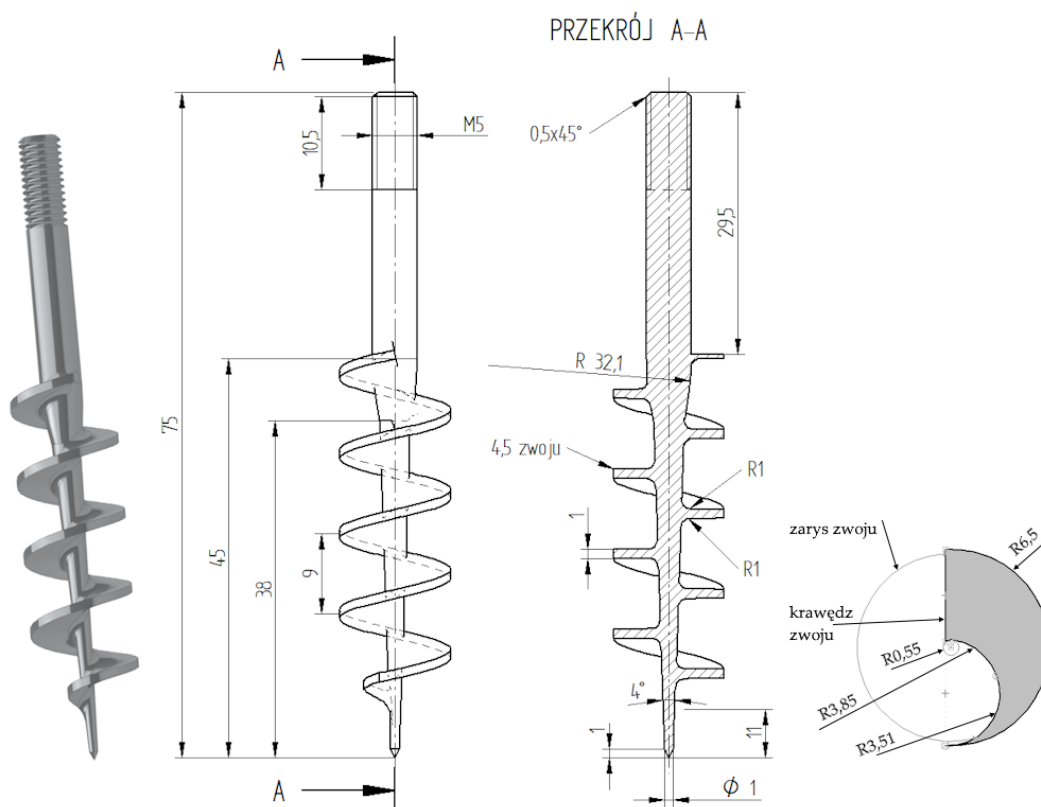
Ćwiczenie 2 – zadania do wykonania

Korzystając ze środowiska Część (moduł par) wykonaj zadania

- Wykonać model skrzydła samolotowego w oparciu o rzeczywisty rysunek profilu z użyciem krzywych.



- Utworzyć nowy projekt w module **Rysunek** (ISO metryczne). Uruchomić zakładkę **Model 2D** i wstawić plik **Lab.2_NACA 6521.jpg** (Narzędzia główne - Wstawianie – Obraz).
 - Narysować na tle obrazu pomocniczą linię rozciągającą się od krawędzi natarcia do krawędzi spływu profilu, z pola *Długość* skopiować długość narysowanej linii do schowka (bez jednostki).
 - Poleceniem **Skala**, zaznaczyć całość jako środek skali wskazać jeden z końców odcinka. W polu skala wpisać: **700/wklejona_wartość_ze_schowka** i zatwierdzić. Rysunek zostanie przeskalowany.
 - Poleceniem **Krzywa** obrysować profil z opcją **Zamknij krzywą**.
 - Wywołać polecenie **Narzędzia - Pomoce - Utwórz 3D** i utworzyć plik części przenosząc do niego narysowany profil.
 - Stworzyć model skrzydła, utworzyć szkic prostopadły do profilu z linią o długości 3000 mm, ustawić skalę **Wyciągnięcie po krzywej** na początkową 1 i końcową 0,6.
- Korzystając z danych zawartych w pliku **Lab.2_NACA M18.xlsx** stworzyć skrzydło o profilu NACAM M18 i pozostałych parametrach jak w zadaniu 1 (**Krzywa wg. tabeli**).
 - Wykonać model wiertła do drewna.

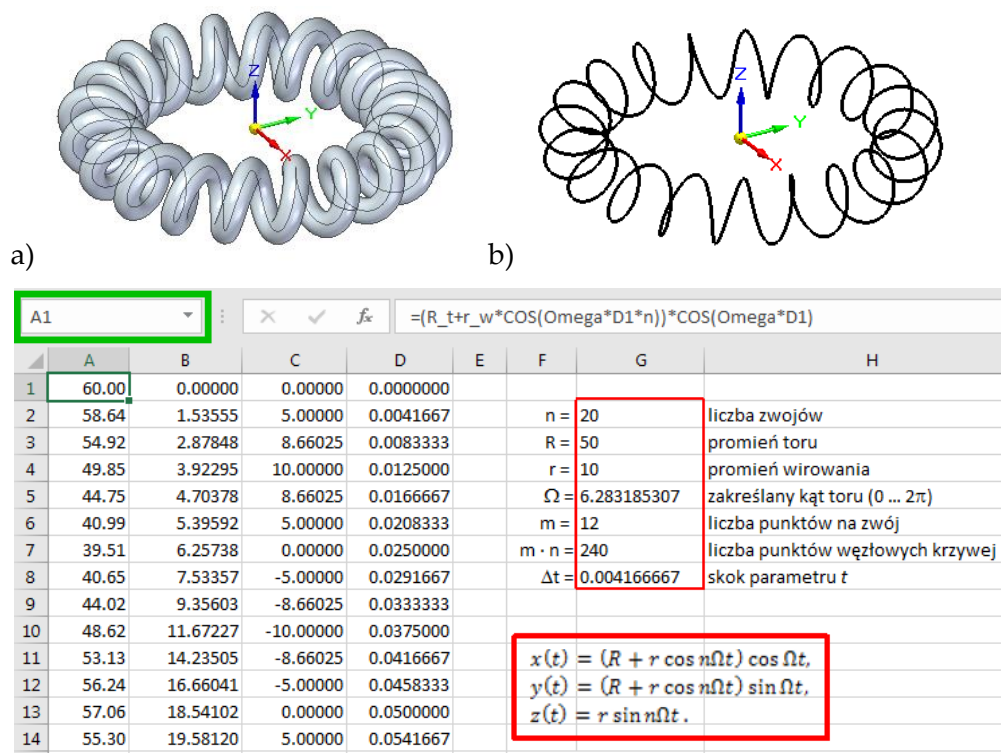


Pierwszy zwoj przyciąć profilem pokazanym powyżej na wysokość 11 mm (zachować styczność łuków R3,85; R3,51 względem okręgu R0,55; R6,5 oraz pozostałe relacja profilu).

4. Wykonać spiralę owiniętą na torusie. Spiralę wykonać w dwóch krokach:

1. Ścieżki wyciągnięcia - **Krzywa według tabeli**.
2. Poleceniem **Wyciągnięcie po krzywej** wykonać spiralę.

Uwaga! Ćwiczenie wymaga posiadania zainstalowanego MS Excel.



Oznaczenia: R – promień torusa, r – promień spirali (promień przekroju poprzecznego torusa), n – liczba zwojów, Ω – kąt pokrycia (owinięcia) torusa $[0, 2\pi]$ (dla spirali: $\Omega = 2\pi$ – pełne owinięcie). Arkusz wypełnić tak by w kolumnach **A**, **B**, **C** znalazła się wystarczająca liczba punktów węzłowych ścieżki pozwalająca na jej gładkie rysowanie, co reguluje liczba m punktów na zwoj. Sensowna liczba to $m = 12 \dots 24$. Liczba wszystkich punktów krzywej wynosi $m \cdot n$, a wynikający stąd krok przyrostu parametru t wynosi $\Delta t = 1/(m \cdot n)$ – gdzie $t \in [0; 1]$. Przebieg czynności jest następujący:

- W dokumencie **Część (ISO metryczne)** należy wykonać spiralę poleceniem **Krzywa według tabeli**. W oknie **Wstaw obiekt** należy zaznaczyć opcję **Utwórz nowy arkusz** a następnie wypełnić tabelę jak na rysunku. Kolumna **G** przechowuje parametry do generowania krzywej. W podanym przykładzie komórkom od **G2** do **G5** przypisano następujące nazwy kolejno: **n**, **R_t**, **r_w**, **Omega** a komórce **G8** nazwę **dt**. Nazwy te, dla aktywnej komórki, nadaje się w polu nazwy znajdującym się obok paska formuł (rysunek - zielona ramka, lewy górny narożnik) a ich zarządzanie w oknie wywołanym skrótem CTRL-F3 (**Menedżer nazw**). Najpierw należy wypełnić kolumnę **G** (cienka czerwona ramka). Do komórek **G2:G6** wpisać odpowiednie wartości (użyć danych z rys.). Uzupełnić formuły:
 - $G7 \rightarrow =G2*G6$
 - $G8 \rightarrow =1/G7$
 - $D1 \rightarrow = 0$
 - $D2 \rightarrow = D1+dt$ lub $D1+\$G\8

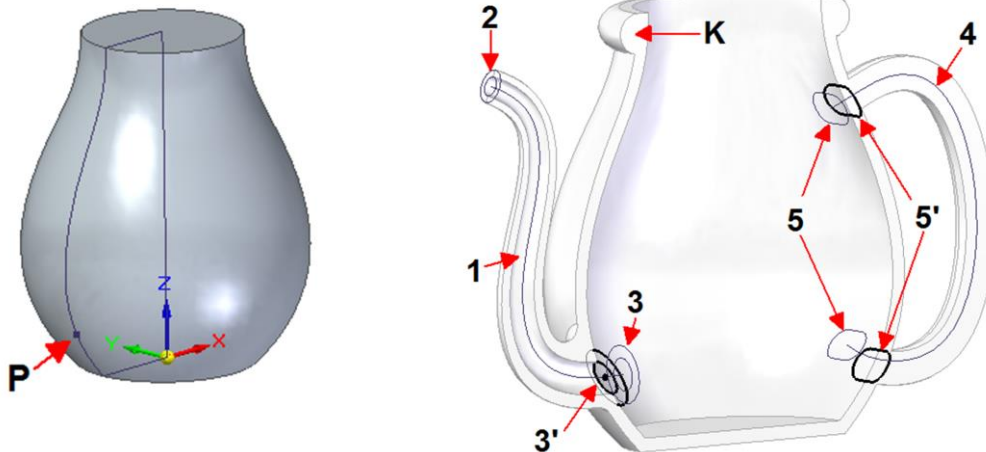
Następnie powielić zawartość komórki **D2** aż do uzyskania wartości 1, którą po wypełnieniu NALEŻY USUNĄĆ. Kolumna ta służy do przechowywania wartości parametru t występującego w równaniach parametrycznych. Dalej w pierwszym wierszu wpisać formuły:

- $A1 \rightarrow =(R_t + r_w*\text{COS}(n*\text{Omega}*D1)) * \text{COS}(\text{Omega}*D1)$
- $B1 \rightarrow =(R_t + r_w*\text{COS}(n*\text{Omega}*D1)) * \text{SIN}(\text{Omega}*D1)$

- $C1 \rightarrow = r_w * \sin(n * \Omega * D1)$

Potem zaznaczyć blok **A1:C1** i powielić aż do zrównania się z ostatnią pozycją kolumny **D**. Kolumny **F** i **H** zawierają tylko teksty komentarza. Można je nie wypełniać, ale dla czytelności lepiej pozostawić przynajmniej kolumnę **F**.

5. Korzystając z krzywych skonstruować model dzbanka o wysokości 250 mm, pozostałe wymiarów dobrać wg uznania.



- Wykonać bryłę obrotową, na tworzącej wstawić punkt **P**.
- Bryłę pocienić z opcją **pogrubienie na zewnątrz**, dodać górny kołnierz **K**.
- Na osobnym szkicu umieścić linię **1** (splajn) reprezentującą oś dziubka. Linia powinna przechodzić przez punkt **P** i wchodzić z zapasem do wnętrza dzbanka.
- Na obu końcach osi **1** utworzyć dwa osobne szkice **2** i **3** na płaszczyznach normalnych do krzywej. Na obu szkicach wykonać dwa współśrodkowe okręgi. Należy pilnować, aby linie szkicu **3** nie dotykały wewnętrznego lica dzbanka.
- Zrzutować szkic **3** (oba okręgi) poleceniem **Rzutowania** na wewnętrzne lico dzbanka, tworząc krzywe **3'**. Szkic **3** należy ukryć.
- Wykonać polecenie **Wyciągnięcie po krzywej** z opcją *Wiele ścieżek i przekrojów*, wskazując jako ścieżkę oś dziubka **1** a następnie wskazać większe koła ze szkiców **2** i **3**.
- Powtórzyć to samo, ale stosując polecenie **Wycięcie po krzywej**. Jako profile początkowy i końcowy wskazać mniejsze koła w szkicach **2** i **3**.
- Zaokrąglić krawędź łączenia dziubka z licem dzbanka.
- Wykonać analogiczne czynności by ukształtować ucho dzbanka.