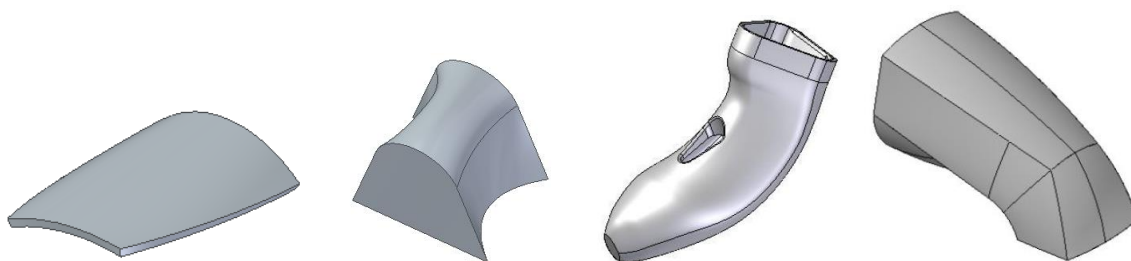


Modelowanie części za pomocą powierzchni

Wprowadzenie

W programie Solid Edge dostępne są dwie metody modelowania 3D: *modelowanie bryłowe* i modelowanie za pomocą powierzchni zwane dalej *modelowaniem powierzchniowym*. Modelowanie bryłowe było tematem pierwszej części kursu.

Metodę modelowania bryłowego stosuje się, gdy najważniejsza jest funkcjonalność produktu, a estetyka jest sprawą drugorzędną, natomiast modelowanie powierzchniowe, odwrotnie, gdy ergonomia i estetyka modelu są elementami kluczowymi. Modelowanie powierzchniowe ma również zastosowanie przy tworzeniu brył o złożonym kształcie, których lica nie da się opisać regularnymi powierzchniami (płaszczyzny, cylindry, stożki, kule itp.) jak np. kadłuby samolotów lub statków czy łopatki turbin. Niektórych brył nie da się wykonać inaczej jak tylko metodą modelowania powierzchniowego rys.1.



Rys. 1. Przykładowe bryły, które można wykonać tylko metodą powierzchniową.

W modelowaniu bryłowym bryła tworzona jest operacyjnie a jej zmiana jest dokonywana poprzez edycję parametrów operacji. W modelowaniu powierzchniowym bryła jest składana z *powierzchni konstrukcyjnych* (zwanych dalej powierzchniami), które są tworzone i kontrolowane przez elementy liniowe, głównie splajny, dlatego w tej metodzie kontrola kształtu odbywa się za pośrednictwem więzów wymiarowych założonych na elementach liniowych. Matematycznie powierzchnia konstrukcyjna w SE jest płatem¹. Bryła w modelowaniu powierzchniowym powstaje poprzez ograniczenie przestrzeni płatami „zszytymi” wzdłuż krawędzi. Przypomina to modele sklejjane z kartonu.

Kluczowe dla modelowania powierzchniowego są narzędzia tworzenia płatów powierzchni, zwanych dalej krótko powierzchniami. W programie SE do tego celu służą polecenia zebrane na karcie **Powierzchnie** w sekcji **Powierzchnie**, gdzie można wyróżnić:

- (i) Polecenia operacyjnego tworzenia powierzchni.
- (ii) Polecenia bezpośredniego tworzenia powierzchni z elementów liniowych.
- (iii) Polecenia tworzenia powierzchni z elementów powierzchniowych.







Powierzchnie można tworzyć w trybie modelowania sekwencyjnego (TT) i synchronicznego (ST). Utworzone powierzchnie rysowane są kolorem fioletowym lub innym ustawionym w opcjach programu² i widoczne są jako osobne pozycje w PF, które są umieszczone w odpowiednim węźle w zależności od metody tworzenia.

¹ Powierzchnie rozumiane w sensie geometrii analitycznej, czyli zbiory punktów (x, y, z) przestrzeni euklidesowej stanowiących ciągle odwzorowanie jakiegoś zbioru punktów (u, v) płaszczyzny, za pomocą trójki funkcji $x(u, v)$, $y(u, v)$, $z(u, v)$. Zalicza się do nich powierzchnie nieograniczone (niezamknięte) np. płaszczyzny, walce, stożki, powierzchnie prostokreślne i inne oraz zamknięte i ograniczone, jak kule, torusy, elipsoidy itp. Fragment powierzchni wydzielony zawartą na niej krzywą nazywa się *płatem*.



² Dla własnej wygody można je indywidualnie pokolorować poleceniem **Malarz kolorów**.

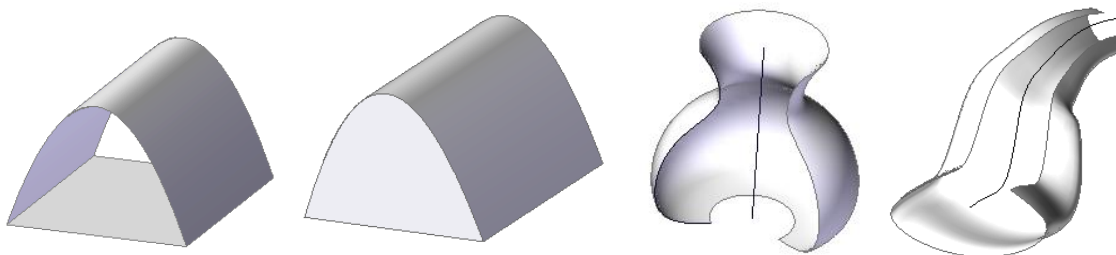
⚠ Powierzchnie oparte na krzywych (splajnach) lepiej tworzyć w trybie sekwencyjnym, bo tylko w nim możliwa jest późniejsza edycja ich **krzywizn** – w trybie synchronicznym takiej możliwości nie ma.

Operacyjne tworzenie powierzchni

Do tej grupy należą polecenia:  **Wyciągnięta**,  **Obrotowa** i  **Wyciągnięta po krzywej**. Polecenia te są odpowiednikami „bryłowych” poleceń:  **Przeciągnij**,  **Obróć** i  **Wyciągnięcie po krzywej**, w związku z czym przebieg wykonania jest praktycznie taki sam, z wykorzystaniem prawie identycznych pasków poleceń.



Główna różnica polega na tym, że nie tworzą one brył, ale płaty będące odpowiednikami lic. Poza tym mogą bazować na dowolnej liczbie profili otwartych (z wyjątkiem polecenia **Wyciągnięta po krzywej**), pod warunkiem, że nie przecinają się wzajemnie. Przykładowe powierzchnie pokazuje rys.2.

Jeżeli wyciągany jest profil zamknięty, to w ostatniej fazie wykonania tych poleceń za przyciskiem **Zakończ** aktywne stają się przyciski  **Otwórz końce** i  **Zamknij końce**, określające, czy skrajne krawędzie (pętle) utworzonej powierzchni mają posłużyć do utworzenia zamykających płatów. *Zamknięty zbiór płatów staje się automatycznie bryłą konstrukcyjną* – różnicę obrazują dwa pierwsze przykłady na rys.2.




Rys. 2. Przykładowe powierzchnie wykonane poleceniami: **Wyciągnięta** (dwa z lewej – otwarty i zamknięty), **Obrotowa** (trzeci) i **Wyciągnięta po krzywej** (czwarty).



Polecenia tworzenia powierzchni z elementów liniowych

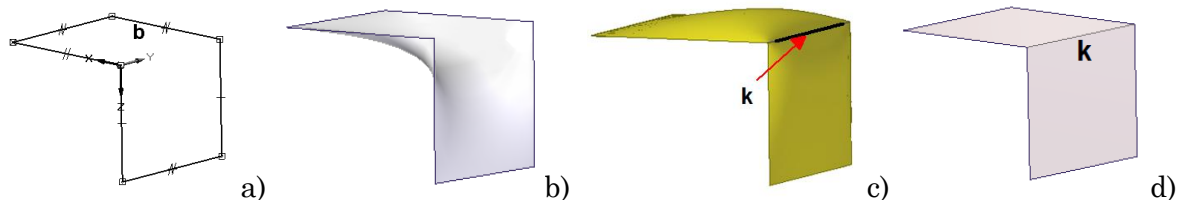
Do grupy tych poleceń zalicza się polecenia  **Powierzchnia BlueSurf** oraz  **Powierzchnia ograniczona**. Polecenia bazują na elementach liniowych (szkice, krzywe itp.), wykonanych dowolną metodą przed wydaniem polecenia, tak jak opisano to w ćwiczeniach poprzednich.

Powierzchnia ograniczona



Polecenie służy do tworzenia powierzchni opartej na pojedynczej zamkniętej linii przestrzennej, która ma stanowić jej brzeg. Elementami brzegu mogą być dowolne elementy liniowe (w tym krawędzie brył), które muszą łączyć się końcami – spełnienie tego sygnalizuje symbol relacji połączenia  w ich punktach końcowych. Brzeg trzeba zdefiniować przed wydaniem polecenia. Skutkiem wykonania polecenia jest płat³ rozpięty na zadanych liniach. Polecenie wykonywane jest w trzech krokach.

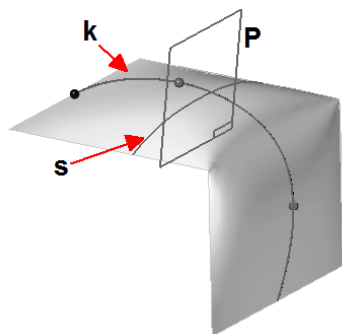
³ W instrukcji nie ma wzmianki, co do matematycznego charakteru płata. Najprawdopodobniej jest to tzw. *minimal surface* (https://en.wikipedia.org/wiki/Minimal_surface), czyli powierzchnia o minimalnym polu jaką można rozpiąć na danym brzegu. Taką powierzchnię tworzy błonka wody z mydłem rozpięta na drucianej ramce o kształcie reprezentowanym przez wskazane linie.

Krok 1 –  **wybór krawędzi** polega na wskazaniu łańcucha linii, które będą stanowić brzeg (pętla b na rys.3.) powierzchni. Sposób wyboru ustala się na liście Wybierz: **Metoda zaznaczenia**. Opcja  **Zamknij granicę** pozwala wskazać otwarty łańcuch, który będzie automatycznie domykany odcinkiem prostej łączącym jego skrajne punkty. Po zaakceptowaniu wyboru program proponuje zakończenie polecenia. Na tym etapie można ustalić warunki styczności na krawędziach powstałej powierzchni względem lic sąsiadujących (patrz „Kontrola styczności”). Do pominiętych kroków 2, 3 wraca się przyciskami *SmartStep*.




Rys.3. Działanie polecenia **Powierzchnia ograniczona** na bazie zamkniętej łamanej b .
a – krzywa wyjściowa; b – bez krzywej wiodącej; c – z krzywą wiodącą k i opcją powierzchni ograniczonej Pełna; d – jak (c), ale z opcją powierzchni Częściowa.


Krok 2 –  **krzywa wiodąca**, to wskazanie JEDNEJ linii tzw. *krzywej wiodącej* kształtującej utworzoną powierzchnię (linia k rys.3 c, d). Końce krzywej wiodącej muszą łączyć się z linią brzegową wybraną w kroku 1. Krzywą tą jest dowolnym elementem liniowym utworzonym PRZED WYWOŁANIEM polecenia. Jeśli do jej tworzenia użyje się polecenie **Szkic**, to do umieszczenia jej końców na krawędziach bryły trzeba wykorzystać punkty przebicia (oznakowane ikoną ). Krzywa wiodąca dzieli linię brzegową (linia b) na dwie pętle o wspólnej krawędzi, którą jest ona sama i tworzy na ich bazie dwie powierzchnie, które połączone są w całość. Przy opcji polecenia Pełna, łączenie zachowuje ciągłość krzywizny w poprzek krzywej wiodącej rys.3c, a przy opcji Częściowe lub Brak zachowuje tylko ciągłości powierzchni. Różnice widać na rys.3 c, d.




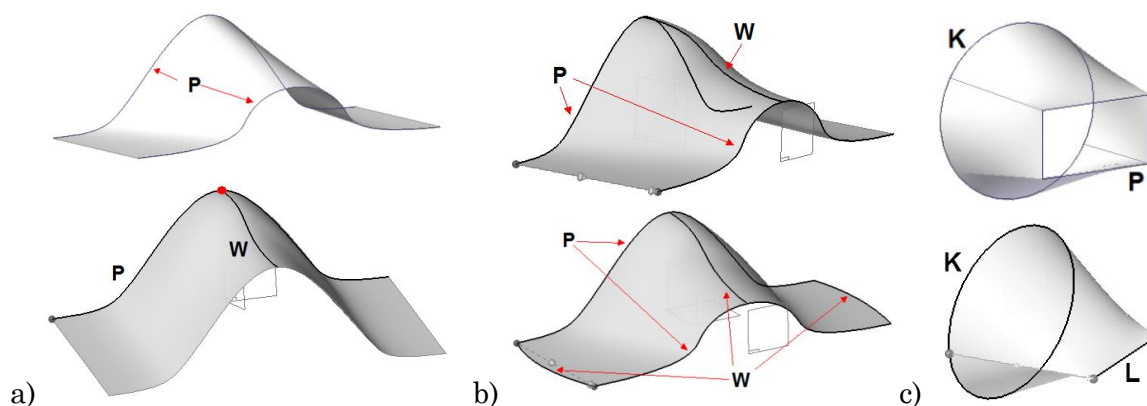
Rys.4. Szkic s na powierzchni wykonany w kroku 3 polecenia **Powierzchnia ograniczona**.

Krok 3 –  **wstaw szkic** pozwala dodać szkice, które zostaną utworzone jako krzywe przecięcia tworzonej powierzchni z płaszczyznami tnącymi. Sposób definiowania płaszczyzny tnącej wybiera się z listy **Opcje Twórz-Od** (ostatnia pozycja w pasku). Standardowo proponowana jest płaszczyzna normalna do krzywej, ale można wybrać inną opcję. Tworzenie szkicu dla opcji Płaszczyzna normalna do krzywej pokazuje rys.4.; k – wskazana w poleceniu krzywa, P – płaszczyzna tnąca definiowana przez krzywą k ; s – utworzony szkic. Ten krok można powtarzać wielokrotnie dodając za każdym razem nowy szkic. Szkice te są wstawiane do PF *przed* utworzoną tym poleceniem powierzchnią. Powstałe szkice plus ewentualna krzywa wiodąca tworzą siatkę, za pomocą której można kształtować później daną powierzchnię analogicznie jak powierzchnię *BlueSurf* (patrz „Powierzchnia *BlueSurf*”).

Powierzchnia *BlueSurf*

Powierzchnia *BlueSurf* jest powierzchnią rozpiętą na siatce składającej się z dwóch grup elementów liniowych. Linie jednej grupy zwane są *przekrojami*, a drugiej, biegnącymi poprzecznie do przekrojów *krzywymi wiodącymi*. Do utworzenia powierzchni *BlueSurf* potrzeba i wystarczy albo dwóch przekrojów, albo jednego przekroju i jednej krzywej wiodącej. *Krzywe wiodące muszą przecinać się z liniami przekrojów*, dlatego do ich prowadzenia często wykorzystuje się punkty przebicia  lub specjalny obiekt zwany *BlueDot* (patrz „Punkt *BlueDot*”). Rys. 5 demonstruje różne wersje wykonania powierzchni *BlueSurf*.

Polecenie **Powierzchnia *BlueSurf*** jest podobne w realizacji do bryłowego polecenia  **Wyciągnięcie przez przekroje** tyle tylko, że zamiast bryły generuje jej lica jako powierzchnię konstrukcyjne oraz oferuje dodatkowe opcje. Wykonuje się je w trzech krokach.








Rys.5. Powierzchnie *BlueSurf*. *P*, *K*, *L* – przekroje; *W* – krzywe wiodące.


a – wersja minimum: (górze) dwa przekroje otwarte i (dół) przekrój z krzywą wiodącą


b – dwa przekroje i krzywa lub krzywe wiodące


c – (górze) przekroje zamknięte *K*, *P* i (dół) przekrój zamknięty *K* z otwartym *L*

Krok 1 –  **przekrój** polega na wskazywaniu kolejnych przekrojów. W tym celu należy zbliżyć kursor do jednego z końców elementu liniowego, który ma być składnikiem przekroju. Jeśli program uzna go, to zostanie on wyróżniony, a na najbliższym końcu pojawi się pogrubiony punkt jest to tzw. *punkt początkowy*. Kliknięcie LPM zatwierdza wybór elementu, ale nie akceptuje⁴ jeszcze wyboru przekroju. Dalej można wskazywać kolejne elementy liniowe, które mają stanowić dany przekrój. Muszą one łączyć się końcami. Pomyłkowo wskazany element usuwa się ze zbioru wyboru, klikając LPM z przytrzymanym CTRL. Przyciskiem  kasuje się cały zbiór wyboru, ale tylko dla aktualnego przekroju. Wszystkie wybrane przekroje kasuje się przyciskiem , ale wtedy trzeba cały proces wyboru powtórzyć. Ostateczny wybór danego przekroju kończy akceptacja. Jeśli wskazane elementy utworzą pętlę lub element sam w sobie stanowi pętlę np. okrąg, to program bez akceptacji przejdzie do wyboru kolejnego przekroju. Punkt początkowy jaki ukazuje się po wyborze pierwszego elementu przekroju jest ważny, bo łączenie poszczególnych przekrojów rozpoczyna się od tych punktów. Program wyświetla na ekranie pomocniczą linię pokazującą sposób łączenia wierzchołków linii. Do zakończenia wyboru wszystkich profili służy przycisk **Dalej**, po którym program proponuje zakończenie polecenia. Na tym etapie, przed wciśnięciem przycisku **Zakończ**, można ustalić warunki styczności na skrajnych krawędziach powstałej powierzchni (patrz „Kontrola styczności”). Do pominiętych kroków 2, 3 wraca się przyciskami *SmartStep*.  Jeżeli w zestawie obok przekrojów otwartych znajdują się

⁴ Przypomnienie. Akceptacja polega na kliknięciu PPM, kliknięciu w przycisk  lub wciśnięciu ENTER – patrz pasek podpowiedzi.

okręgi lub elipsy, to przed wywołaniem polecenia należy je podzielić na dwie części (np. poleceniem  **Podziel** (edycja szkicu)) lub od razu utworzyć je z dwóch łuków.

Krok 2 –  **krzywa wiodąca** polega na wskazywaniu krzywych wiodących. Krok ten realizuje się identycznie jak krok poprzedni. Jedyna różnica to taka, że punkty początkowe krzywych są nieistotne i nie są wyświetlane.


Krok 3 –  **wstawienie szkicu** działa tak samo jak opisano to przy omawianiu polecenia **Powierzchnia ograniczona**, tyle tylko że program proponuje definiowanie płaszczyzn tnących w oparciu o płaszczyzny równoległe, co można oczywiście zmienić.

Edycja powierzchni BlueSurf

Zmianę kształtu powierzchni, a konkretnie jej krzywizny realizuje się edytując standardowymi metodami krzywie wiodące i przekroje – edycją dynamiczną lub edycją definicji. Jeżeli elementy liniowe są połączone punktem *BlueDot*, to edytuje się je za pośrednictwem punktu *BlueDot*.


Krzywie wiodące, przekroje oraz szkice można usunąć zwykłym poleceniem usuwania. Po usunięciu kształt powierzchni zostanie przeliczony na nowo.

Nowe krzywe wiodące, przekroje oraz szkice dodaje się w ramach edycji definicji powierzchni. Dodawane krzywe powinny znajdować się na karcie PF przed operacją *BlueSurf*. Jeżeli elementy te utworzono po powierzchni *BlueSurf*, to można próbować przeciągnąć je myszą tak, by znalazły się gdzieś przed operacją *BlueSurf*. Można też od razu wstawić je na właściwe miejsce korzystając z polecenia **Idź do**. Obie metody opisano w rozdz. „Zarządzanie modelem części na karcie PathFinder” instrukcji do kursu. Dodawanie nowych przekrojów wewnętrznych po utworzeniu *BlueSurf* jest problemem, bo dodawane są one za ostatnią pozycją w szeregu przekrojów, co może generować błędy tworzenia (sygnalizowane już w chwili zaznaczenia przekroju). Naprawia się to zmieniając kolejność przekrojów. Okno z komunikatem o błędzie należy zamknąć przyciskiem **Edytuj**.


Zmianę kolejności przekrojów wykonuje się w opcjach polecenia –  **Opcje powierzchni BlueSurf**. W wyświetlonym oknie, trzeba wybrać kartę Zaawansowane i kliknąć w przekrój do przesunięcia, a potem użyć przycisków **W górę**, **W dół**, aby ulokować go na właściwym miejscu listy. Zaznaczony na liście przekrój będzie dodatkowo wyróżniany na ekranie. Skutki edycji można podejrzeć przyciskiem **Zastosuj**. Warto zatem tak ustawić okno dialogowe i obiekt na ekranie by siebie nie zasłaniały.

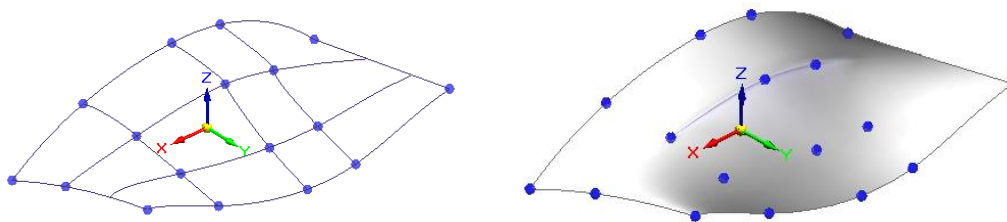
Punkt *BlueDot*

Punkt *BlueDot* jest obiektem kontrolnym, który służy do połączenia: dwóch krzywych, dwóch elementów analitycznych (linia, okrąg, elipsa i ich łuki) albo jednej krzywej i jednego elementu analitycznego. Połączenie tym punktem może być konieczne dla utworzenia powierzchni *BlueSurf*. Punkt *BlueDot* jest nadrzędny w stosunku do wszystkich innych powiązań pomiędzy elementami. Edycja położenia punktu *BlueDot* pozwala na zmianę elementów, które łączy, bez względu na kolejność ich tworzenia.

Punkt ten wstawia się poleceniem  **Punkt BlueDot** (sekcja Modyfikuj powierzchnie), które działa TYLKO W MODELOWANIU SEKWENCYJNYM. Przy jego pomocy wszystkie elementy liniowe można połączyć w punktach kluczowych (końce), a krzywe w punktach dowolnych. Jest wykonywane bez nadzoru *SmartStep*. Po jego wywołaniu należy tylko wskazać punkty kluczowe lub krzywe – informacja w pasku podpowiedzi.

Aby edytować położenie punktu *BlueDot*, należy go zaznaczyć, a następnie użyć przycisku **Edycja dynamiczna**. Podczas edycji położenia punktu *BlueDot* można użyć narzędzia *OrientXpres* (patrz ćw. „Elementy liniowe” rozdz. „Szkice 3D”), by ograniczyć możliwość ruchu do określonej osi lub płaszczyzny, oraz paska narzędziowego. Punkt *BlueDot* można





przeciągnąć do nowego położenia albo wpisać jego współrzędne w pola X,Y,Z względem globalnego układu odniesienia lub, po aktywacji przycisku  **Pozycjonowanie względne/bezwzględne**, w stosunku do aktualnego położenia w pola dX, dY, dZ. Zmiana położenia spowoduje aktualizację elementów liniowych oraz opartych na nich powierzchni.



Rys.6. Punkty BlueDot łączące krzywe i wygenerowana powierzchnia BlueSurf.

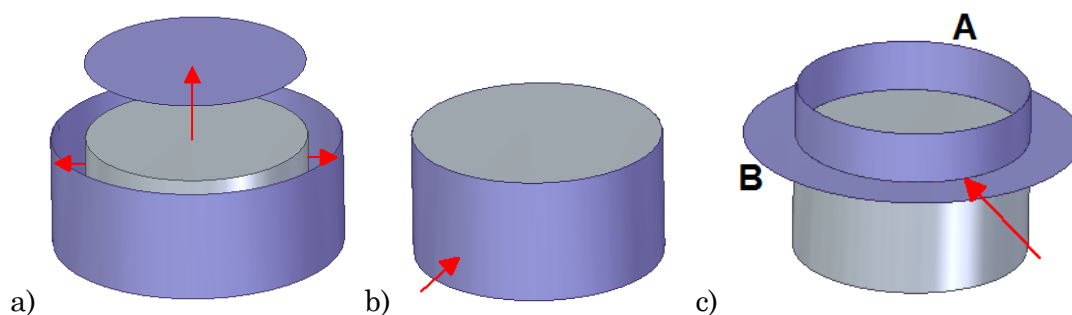
Punkt *BlueDot* można ukryć poleceniem **Ukryj** z menu kursora. Widoczność ukrytych punktów można przywrócić poleceniem **Widok | Pokaż → Wyświetlanie elementów konstrukcyjnych**.

Tworzenie powierzchni na bazie elementów powierzchniowych


Przez *element powierzchniowy* rozumie się powierzchnię konstrukcyjną lub lico bryły. Poleceniami z tej grupy są:  **Odsunięta**,  **Kopiuuj**,  **Z krawędzi** oraz  **Przeddefiniuj**. Na rys. 7. pokazano użycie trzech pierwszych.




Polecenie – Odsunięta

Polecenie **Odsunięta** tworzy powierzchnię będącą odsuniętą kopią wskazanych elementów powierzchniowych. Wskazywane w jednym poleceniu elementy powierzchniowe muszą być ze sobą połączone. Punkty nowej powierzchni powstają przez przesunięcie punktów powierzchni źródłowej wzdłuż normalnych do niej o podaną wartość. Realizowane jest to w dwóch krokach.






Rys. 7. Działanie poleceń: a – **Odsunięta**, b – **Kopiuj**, c – **Z krawędzi**.

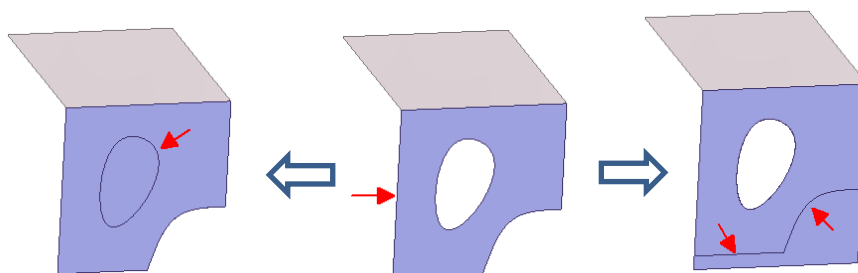
Krok 1 –  **Wybór** wskazuje się elementy powierzchniowe, które mają być odsunięte (z listy **Wybierz** można wybrać metodę zaznaczania), krok ten kończy zaakceptowanie wyboru.

Krok 2 –  **Odsunięcie** to wskazanie dynamiczną strzałką kierunku, a w polu **Odległość** wielkość odsunięcia. Jeżeli w odsuwającym elemencie są otwory, to można, za pomocą przycisków  **Pokaż otwory** lub  **Zakryj otwory**, wybrać czy tworzona powierzchnia ma je zawierać, czy nie. Wykonanie tego polecenia z podaniem wartości odsunięcia równej zero daje taki sam efekt jak polecenie **Kopiuj**.

⚠ W odsuniętej powierzchni, w zależności od kierunku odsunięcia, mogą pojawić się nieciągłości w postaci otworów, jeśli na powierzchni źródłowej występują „ostrza”. Takie ostrza mogą występować w powierzchniach obrotowych (np. stożek). Przy niewielkim odsunięciu małe nieciągłości są niezauważalne, co zwykle jest przyczyną kłopotów przy utworzenia bryły za pomocą zszywania. Problem usuwa się zamykając otwory poleceniem **Powierzchnia ograniczona**.

Polecenie – Kopiuj






Polecenie działa prawie identycznie jak **Odsuń**, z tą tylko różnicą, że wykonywane jest jednokrodkowo (sam krok  **Wybór**) i obok opcji  **Usuń granice wewnętrzne** posiada opcję  **Usuń granice zewnętrzne**. Działanie opcji prezentuje rys.8. Kopia elementu powierzchniowego pokrywa się z elementem źródłowym, ale jest dostępna jako osobny wpis w *PF*.





Rys.8. Działanie opcji **Usuń granice wewnętrzne** (lewy) i **Usuń granice zewnętrzne** (prawy) w poleceniu **Kopiuj**. W środku powierzchnia oryginalna.

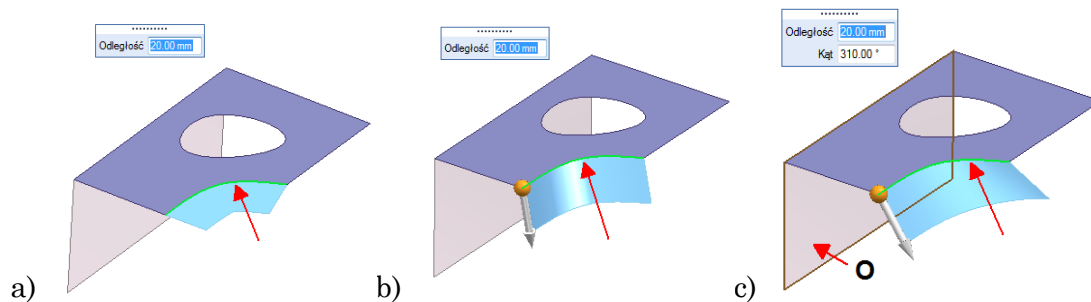
Polecenie – Z krawędzi

Polecenie dodaje powierzchnię, która jest zakresłona łańcuchem krawędzi poprzez przesunięcie każdego ich punktu w odpowiednim kierunku zależnym od wybranej opcji polecenia. Odległość przesunięcia wpisuje się w pływającym oknie.

Dla opcji  **Ciągłość styczna** każdy punkt krawędzi przesuwany jest w kierunku prostopadłym do stycznej w tym punkcie tak by zachować ciągłość krzywizny z przylegającym licem rys.9a. Dla opcji  **Normalna do lica** (rys.9b) punkty krawędzi przesuwane są w kierunku prostopadłym do przylegającego lica – stronę wyciągnięcia ustala się klikając w białą strzałkę. Dla opcji  **Nachylona do płaszczyzny oraz Wzdłuż osi** (rys.9c) punkty krawędzi przesuwane są w kierunku wyznaczonym przez normalną do wskazanej płaszczyzny lub równoległą do wskazanej osi pod podanym w pływającym oknie kątem – stronę ustala się klikając w białą strzałkę. Opcja  **Naturalna** określa, że nie istnieją warunki brzegowe na krawędzi. Zwykle przesunięcie jest podobne jak przy opcji **Ciągłość styczna**, ale efekty mogą być nieoczekiwane. W przypadku, gdy krawędź jest wspólna dla dwóch lic przyciskiem  **Alternatywne lico/strona**, można wybrać, do którego lica odnoszą się kierunki wyciągania. Polecenie składa się z jednego lub dwóch kroków wykonania w zależności od opcji.

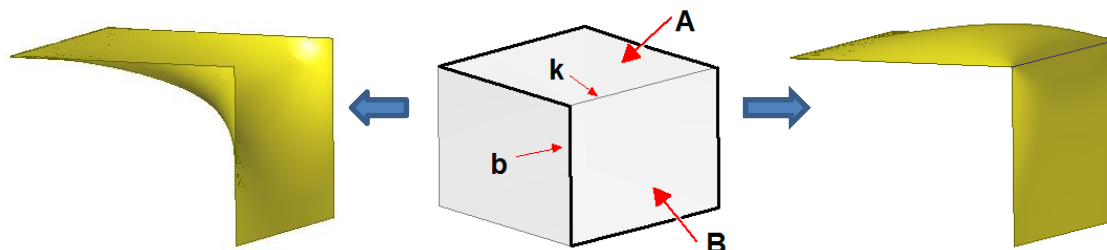
Krok 1 –  **Wybierz krawędzie** polega na wskazaniu krawędzi, które mają posłużyć do utworzenia powierzchni. Wybrane krawędzie muszą łączyć się gładko ze sobą (brak ostrzy).


Krok 2 – polega a wyborze płaszczyzny ( **Wybierz płaszczyznę**), albo osi odniesienia ( **Wybierz oś**), które wyznaczają kierunek przesuwania krawędzi.

Rys. 9. Działanie opcji w poleceniu **Z Krawędzi**.

Polecenie – Przedefiniuj


Polecenie służy do tworzenia powierzchni ograniczonej, analogicznie jak przy pomocy polecenia **Powierzchnia ograniczona**, powstałej na bazie linii brzegowej połączonych lic bryły (projektowej lub konstrukcyjnej). Ważne jest, by powierzchnia powstała z połączenia lic, posiadała tylko jedną linię brzegową (czyli nie posiadała otworów). Jeśli warunek ten nie jest spełniony, to zostanie zgłoszony błąd i polecenie nie zostanie wykonane. Zastosowanie polecenia do pojedynczego lica daje efekt identyczny jak w poleceniu kopiuj z usuniętymi granicami wewnętrznymi. Polecenie wykonywane jest w trzech krokach.

Rys.10. Działanie polecenia **Przedefiniuj** na bazie lic *A* i *B*. Lewa – bez krzywej wiodącej; prawa – z krzywą wiodącą *k* i opcją powierzchni ograniczonej Pełna.

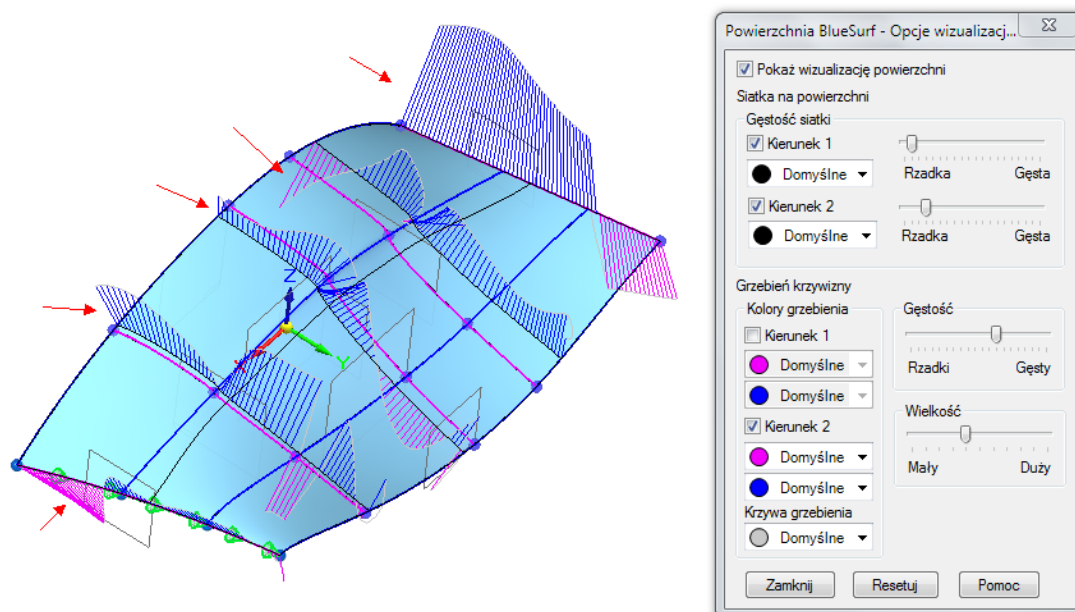
Krok 1 –  **wybór lica** polega na wskazaniu lic bryły, których wspólna linia brzegowa (linia pogrubiona *b* na rys.10) będzie podstawą do utworzenia nowej powierzchni ograniczonej. Po akceptacji lic program proponuje zakończenie polecenia. Na tym etapie można ustalić warunki styczności na krawędziach powstałej powierzchni względem lic sąsiadujących (patrz „Kontrola styczności”).

Kroki 2, 3 są pomijane i aby je wykonać należy użyć przycisków *SmartStep*. Wykonuje się identycznie jak przy poleceniu **Powierzchnia ograniczona**.

Wizualizacja krzywizny

Niektóre polecenia są wyposażone w przycisk  **Wizualizacja krzywizny**. Jego użycie powoduje wyświetlenie okna dialogowego pozwalającego włączyć wykresy krzywizn elementów liniowych.

Do włączenia/wyłączenia wizualizacji służy przycisk dwustanowy **Pokaż wizualizację powierzchni**. Pozostałe kontrolki określają parametry wyświetlania oraz kierunki które są brane pod uwagę. Po włączeniu wizualizacji na ekranie widoczne są tzw. *grzebienie krzywizn*. Orientacja odcinków grzebienia krzywizny pokazuje kierunek tzw. *binormalnej* do krzywej w danym punkcie zaś ich długości reprezentują wartości krzywizn.

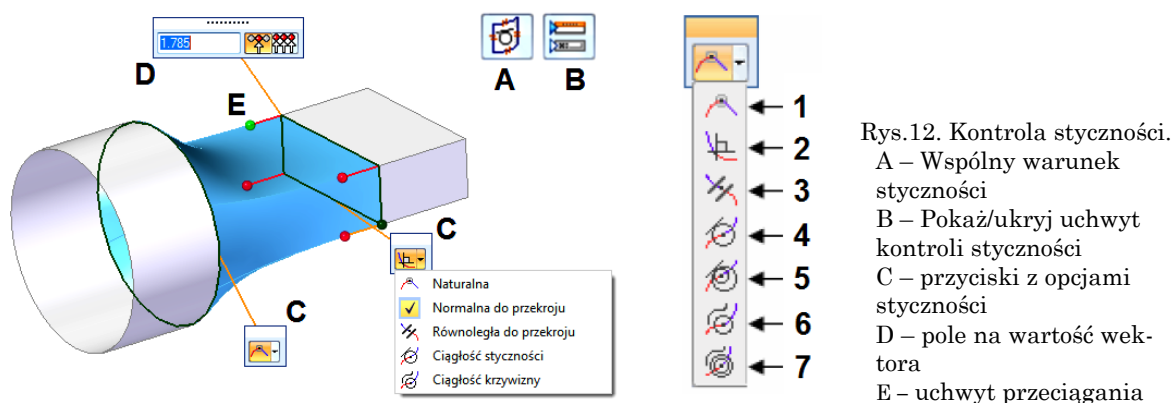


Rys. 11. Wizualizacja krzywizny, strzałki pokazują grzebień krzywizn

Krzywizna jest odwrotnością promienia okręgu ściśle stycznego do punktu krzywej lub powierzchni. Wizualizacja znika po zamknięciu paska polecenia. Do trwałego włączenia wizualizacji krzywizn stosuje się polecenia z paska Kontrola sekcja Analizuj.

Kontrola styczności

Niektóre polecenia tworzenia powierzchni oraz krzywych przestrzennych posiadają w pasku dwa przyciski rys.12 (A, B) uaktywniane przed zakończeniem polecenia i są to: **Pokaż/ukryj uchwyt kontroli styczności** oraz **Wspólny warunek styczności**. Δ Zmiana warunku styczności wpływa na kształt powierzchni.



Rys.12. Kontrola styczności.
 A – Wspólny warunek styczności
 B – Pokaż/ukryj uchwyt kontroli styczności
 C – przyciski z opcjami styczności
 D – pole na wartość wektora
 E – uchwyt przeciągania

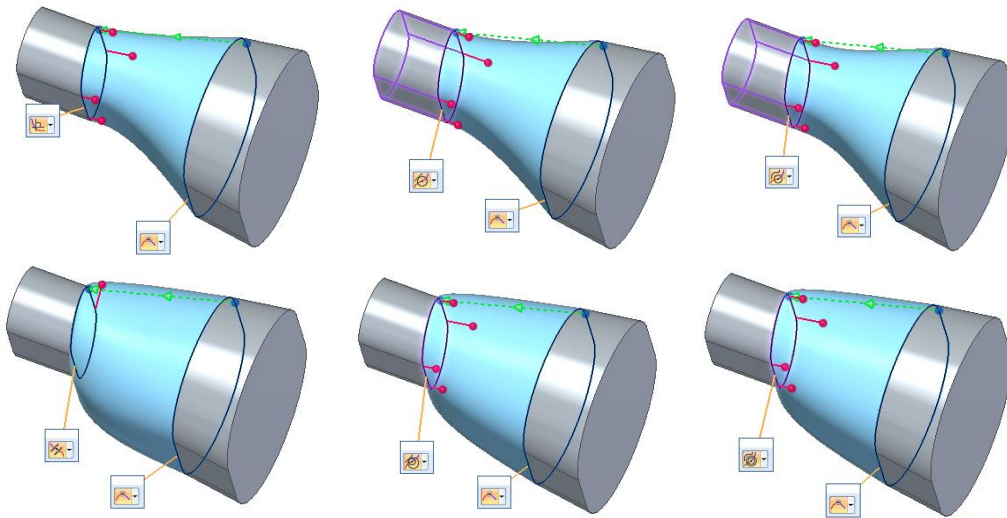
Przycisk B włącza/wyłącza widoczność pływających okienek C zwanych *uchwytemi kontroli styczności* (lista rozwijana), połączonych linią odniesienia poprowadzoną do krawędzi powierzchni lub końca krzywej. Okienka te zawierają listę, z której wybiera się warunek styczności krzywej lub powierzchni w danym miejscu. Konkretnie, ustalany jest kierunek stycznej do powierzchni względem lic/krzywych sąsiadujących. W zależności od wybranego warunku, na ekranie mogą pojawić się tzw. *uchwyty wielkości styczności E* (czerwone odcinki zakończone kulka) skojarzone z pływającym polem wprowadzenia danych D.

Pole to pojawia się po kliknięciu w uchwyt **E**. Przycisk **A** redukuje kilka uchwytów kontroli styczności **C** do jednego, jeżeli warunki styczności we wszystkich miejscach są takie same.

Uchwyt wielkości styczności **E** reprezentuje wektor styczny do tworzonej powierzchni na danym odcinku jej brzegu. Rozmiar wektora ustala się przeciągając uchwyt **E** za kulkę lub wprowadzając jego wartość w polu danych **D**. Przeciąganie powoduje dynamiczne dopasowanie powierzchni. Δ Wprowadzenie niewłaściwych wartości może generować błędy. Długością tego wektora można sterować też za pomocą tabeli zmiennych. Zmienne sterujące wektorami stycznymi mają nazwę w stylu:

Powierzchnia_BlueSurf_N_WielkośćStycznKońcM.

Gdzie N i M są liczbami. Im dłuższy wektor styczności tym na dłuższym odcinku powierzchni „trzyma” się wybranego kierunku.






Rys.13. Różne opcje styczności w stosunku do lica lewego – lico prawe opcja Naturalna. Po kolei: góra – Normalna do przekroju, Ciągłość styczności, Ciągłość krzywizny; dół – Równoległa do przekroju, Naprzemienna ciągłość styczności, Naprzemienna ciągłość krzywizny.

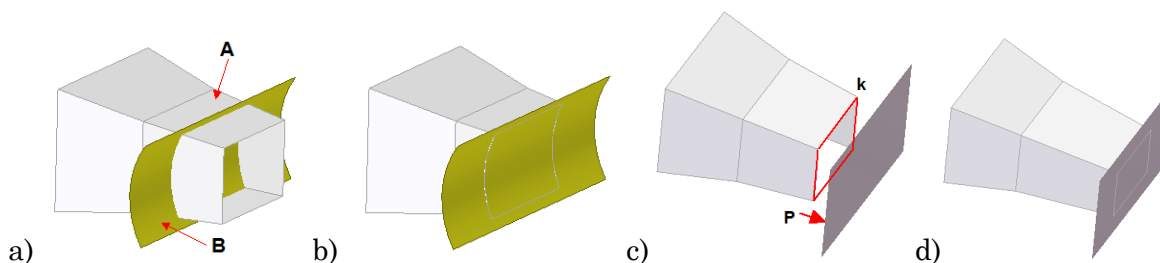
Opcje styczności określają jak ma być zorientowany wektor styczności i są to:

1. Naturalna – opcja domyślna, oznaczająca brak warunków
2. Normalna do przekroju – wektor prostopadły do przekroju
3. Równoległa do przekroju – wektor równoległy do przekroju
4. Ciągłość styczności – wektor styczny do lica
5. Naprzemienna ciągłość styczności (Styczne wewnętrznie)
6. Ciągłość krzywizny – wektor styczny do lica
7. Naprzemienna ciągłość krzywizny.

Opcje Naprzemienna... utrzymują wektor równoległy do przekroju. Wizualne różnice między ciągłością styczności a krzywizny są niewielkie – głównie jakościowe. Różnice geometryczne są natomiast takie, że w przypadku ciągłości styczności na krawędzi łączenia następuje skokowa zmiana krzywizny, a w przypadku ciągłości krzywizny zarówno zmiana krzywizny, jak i styczności jest płynna (ciągła). Wpływ wybranej opcji na kształt powierzchni ilustruje rys.13.


Modyfikacja powierzchni


Utworzone powierzchnie można zmodyfikować do czego służą polecenia zebrane w sekcji Modyfikuj powierzchnie i są to  **Przytnij**,  **Rozciągnij** oraz  **Przetnij**⁵. Inne polecenia z tej sekcji dokonują modyfikacji innej kategorii i będą omawiane w innych ćwiczeniach. Działanie poleceń demonstruje rys.14.





Rys.14. Prycinanie (a, b) oraz rozciąganie powierzchni (c, d).


Polecenie **Przytnij** służy do obcinania wybranych powierzchni przez inne elementy powierzchniowe lub krzywe.



Krok 1 –  **wyberz obiekty docelowe** rys.14 a,b wskazuje się elementy powierzchniowe A do przecięcia – wybór kończy standardowa akceptacja.


Krok 2 –  **wyбір narzędzia** wskazuje się albo elementy powierzchniowe B, albo krzywe, które powinny się znajdować na powierzchni docelowej A. Tu także krok kończy standardowa akceptacja.


Krok 3 –  **wyбір regionu** należy wskazać elementy od odrzucenia. Wybór można odwrócić przyciskiem  **Odwróć**. Ten krok i całe polecenie kończy standardowa akceptacja.

Polecenie **Rozciągnij** służy do rozciągania powierzchni przez przesunięcie wybranych krawędzi do danej powierzchni lub na zadaną odległość.

Krok 1 –  **wyбір krawędzi** rys.14 c,d wybiera się krawędzie k, które będą przesuwane. Wybór trzeba zaakceptować.

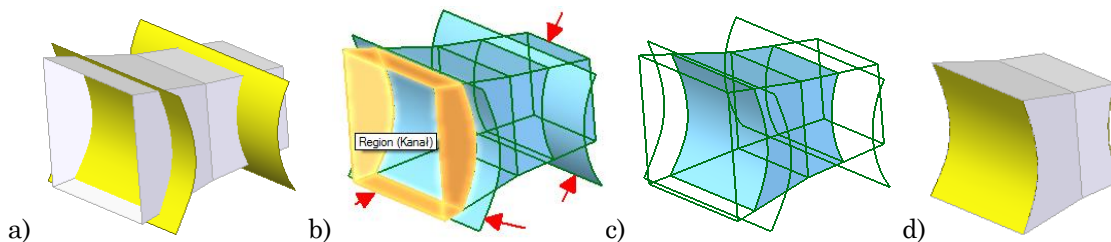
Krok 2 – ustalenie odległość rozciągnięcia. Do wyboru są dwie metody:  **Rozciągnięcie skończone** i  **Rozciągnij do**. W pierwszej podaje się odległość rozciągnięcia a w drugiej powierzchnię graniczną P, do której ma nastąpić rozciągnięcie. Na tym etapie można wybrać **Typ rozciągnięcia**. Do dyspozycji są: Rozciągnięcie liniowe – rozciąga wzdłuż stycznej do lica wejściowego; Ciągłość krzywizny – tworzy rozciągnięcie z zachowaniem ciągłości krzywizny i Odbicie – tworzy rozciągnięcie będące odbiciem lustrzanym powierzchni oryginalnej.

Polecenie **Przetnij** może być stosowane tylko do obiektów powierzchniowych, a wszystkie obiekty powierzchniowe pełnią rolę zarówno elementów docelowych, jak i narzędzi. Polecenie **Przetnij** ma trzy opcje. Opcja pierwsza  **Ręczne przycięcie/wydłużenie** służy do jednoczesnego przycięcia wielu przenikających się powierzchni rys.15. Jest to niejako wielopowierzchniowa wersja polecenia **Przytnij**. Realizacja polecenia w dwóch krokach.

Krok 1 –  **wyбір** wskazuje się zestaw powierzchni, które mają wziąć udział w operacji i kończy się go akceptacją. W tym kroku trzeba wybrać co najmniej dwie powierzchnie.

⁵ Nie mylić polecenia **Przetnij** (ang. *Intersect*) z poleceniem **Przytnij** (ang. *Trim*). Niestety, w polskiej wersji podpisy przy obu poleceniach są takie same Przytnij. W starszych wersjach polecenie Przetnij nazywało się **Część wspólna**. Prawidłowy opis jest w systemie pomocy.

Jeśli podczas wybierania obiektów powierzchniowych zostaną wybrane tylko dwa elementy, w kolejnym kroku polecenia dostępna będzie zarówno operacja Rozciągnij, jak i Przytnij. Wybranie więcej niż dwóch elementów powoduje, że dostępna jest tylko operacja Przytnij.



Rys.15. Polecenie **Przetnij** z opcją Ręczne przycięcie/wydłużenie. Kolejne fazy wykonania: a – stan początkowy; b – wskazanie regionów do usunięcia (strzałki), c – widok po wskazaniu; d – widok po zakończeniu polecenia.

Krok 2 – **Rozciągnij i przytnij** wskazują się regiony do usunięcia rys.15b. Krok ten i całe polecenie kończy akceptacja. Można odwrócić wybór przyciskiem **Odwróć** oraz uaktywnić opcję **Zszyj**, która sprawi, że po zakończeniu polecenia przecięte powierzchnie zostaną zszyte (patrz „Tworzenie brył z powierzchni konstrukcyjnych”).

Opcja trzecia **Przytnij automatycznie** działa jak pierwsza, tyle tylko, że dokonuje automatycznego wyboru regionów do usunięcia. Opcja druga jest omówiona w następnym rozdziale.

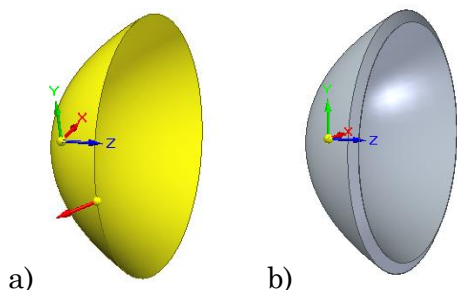
Tworzenie brył z powierzchni konstrukcyjnych

Obiekty bryłowe można utworzyć z powierzchni konstrukcyjnych na kilka sposobów. Generalnie metody można podzielić na dwie grupy.

1. Przekształcenie powierzchni w bryłę przez jej pogrubienie
2. Połączenie powierzchni tak by wydzieliły ograniczony obszar przestrzeni, który potem przekształcany jest bryłą.



Pogrubienie powierzchni

Pierwszą metodę stosuje się, gdy do dyspozycji są tylko powierzchnie nie wydzielające ograniczonego obszaru przestrzeni. Realizuje się ją poleceniem **Pogrubienie**.





Rys.16. Pogrubienie powierzchni konstrukcyjnej (a) w pokazanym kierunku i utworzenie na jej podstawie bryły (b).


Polecenie to (rys.16.) spowoduje utworzenie bryły przez odsunięcie powierzchni konstrukcyjnej na zadaną odległość i w zadanym kierunku (jednym lub dwóch przeciwnych) i wypełnienie przestrzeni między nimi materiałem. To polecenie może być też użyte w stosunku do brył i wówczas wskazuje się ich lica. Polecenie wykonuje się w dwóch krokach:

krok 1 –  **wybór** powierzchni oraz krok 2 –  **odsunięcie**. W kroku drugim do pola Odległość należy wpisać wielkość odsunięcia a przesuwając mysz po ekranie wybrać kierunek pogrubienia – można ustawić strzałki w dwóch kierunkach.

Tworzenie regionu bryłowego przez łączenie powierzchni


Drugą metodę stosuje się, gdy powierzchnie konstrukcyjne stykają się krawędziami lub przecinają się wzajemnie. W pierwszym przypadku stosuje się polecenie  **Zszywana**, które łączy zestaw powierzchni w jedną całość. W przypadku drugim można użyć polecenia  **Przetnij**, które automatycznie lub z udziałem użytkownika wyizoluje z przestrzeni bryłę. Użyte w obu przypadkach powierzchnie muszą wydzielić ograniczony obszar przestrzeni tzw. *region bryłowy*. Jeżeli to nie zachodzi, to konieczne jest dodanie powierzchni „domykających” opisanymi wcześniej poleceniami.

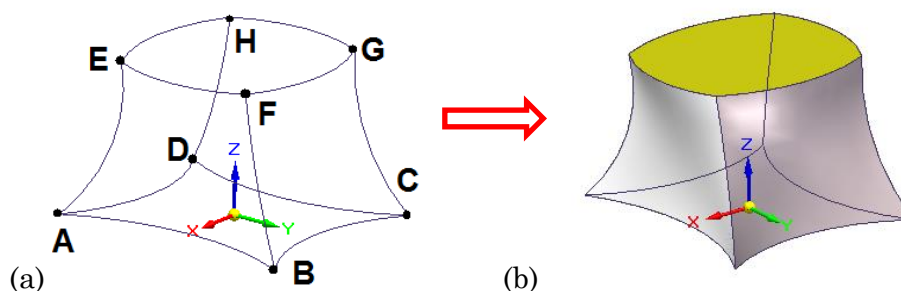
Jeżeli zestaw połączonych powierzchni wydzieli region bryłowy, to program proponuje zamienić go na obiekt podstawowy. W razie rezygnacji program utworzy konstrukcyjny obiekt bryłowy, który później można zamienić na podstawowy obiekt bryłowy.

Do utworzenia bryły projektowej na bazie konstrukcyjnego obiektu bryłowego służy polecenie  **Przełącz na obiekt bryłowy**, wydawane z menu kursora, po zaznaczeniu zestawu powierzchni. Te same polecenia stosuje się do konstrukcyjnego obiektu bryłowego utworzonego operacyjnie (patrz. „Operacyjne tworzenie powierzchni”) z opcją **Zamknij końce**.

Polecenie – Zszywana






To polecenie wymaga, aby łączone powierzchnie były oparte o te same krawędzie lub by ich krawędzie przebiegały bardzo blisko siebie – najlepiej jeśli się pokrywają. Spełnienie tego warunku można zagwarantować utworzeniem przestrzennej siatki (rys.17) połączonych ze sobą elementów liniowych, na których rozepnie się powierzchnie. Można też kombinacją poleceń **Przytnij** i **Rozciągnij** lub **Przetnij** z opcją Ręczne przycięcie/wydłużenie, tak ukształtować powierzchnie by stykały się tylko wzdłuż wspólnych krawędzi.

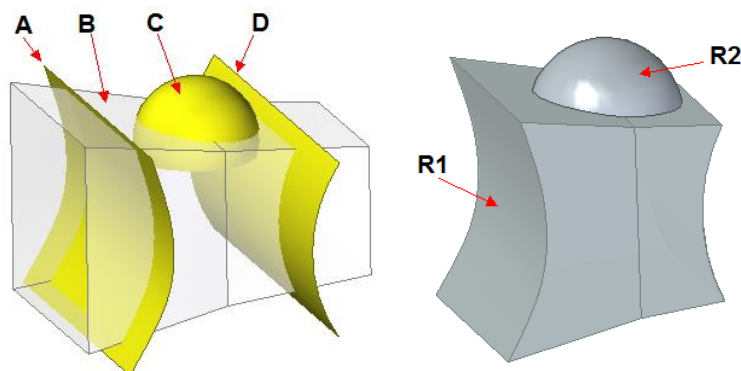
Jedyny krok tego polecenia  **wybór powierzchni** wymaga wskazania powierzchni do połączenia i kończy się go standardową akceptacją. Jeżeli powierzchnie zszywane nie są oparte na tych samych krzywych, to w opcjach polecenia można ustawić opcje tolerancji i naprawiania powierzchni. Po włączeniu opcji Napraw można zmienić tę wartość (w granicach od 1e-5 mm do 1 mm), jeśli krawędzie dwóch zszywanych powierzchni nie spełniają tolerancji domyślnej. Naprawianie polega na dodaniu powierzchni domykającej, ale wtedy mogą pojawić się uskoki o wysokości ustawionej tolerancji tj. maksimum 1 mm.



Rys.17. Powierzchnia zszywana (b) powstaje z sześciu powierzchni ograniczonych: *ABFE*, *BCGF*, *CGHD*, *ADHE* oraz *ABCD* i *EFGH* zbudowanych na wspólnych krawędziach (a). Np. pow. *ABFE* i *BCGF* korzystają z tych samego łuku \overline{FB} . Podobnie pozostałe.

Polecenie – Przetnij

Aby poleceniem **Przetnij** utworzyć bryłę trzeba użyć opcji  **Utwórz obiekty bryłowe**. Następnie w pierwszym kroku  **wybór** należy wskazać wszystkie powierzchnie wydzielające region lub regiony bryłowe. W kroku drugim  **Rozciągnij i przytnij** wyświetlane jest okno z listą rozpoznanych regionów. Okno to można zamknąć przyciskiem  **Regiony objętości**. W oknie należy odznaczyć niepotrzebne regiony. Jeżeli jest ich kilka, to aktywując opcję **Połącz regiony** można utworzyć jedną bryłę powstałą z sumowania rozpoznanych regionów. Jeżeli opcja ta jest niezaznaczona, to zostanie utworzonych kilka obiektów bryłowych. Wybór można odwrócić (tzn. zamienić zaznaczone na niezaznaczone i odwrotnie) albo przyciskiem **Odwróć**, albo w pasku  **Odwróć wybrane regiony**. Dodatkowo opcja **Zużyj powierzchnie** określa czy po wykonaniu polecenia zaznaczone powierzchnie powinny pozostać (np. do ponownego wykorzystania), czy mają być niedostępne.






Rys.18. Działanie polecenia **Przetnij** (powierzchnie *A*, *B*, *C* i *D*) z opcją **Utwórz obiekty bryłowe**.

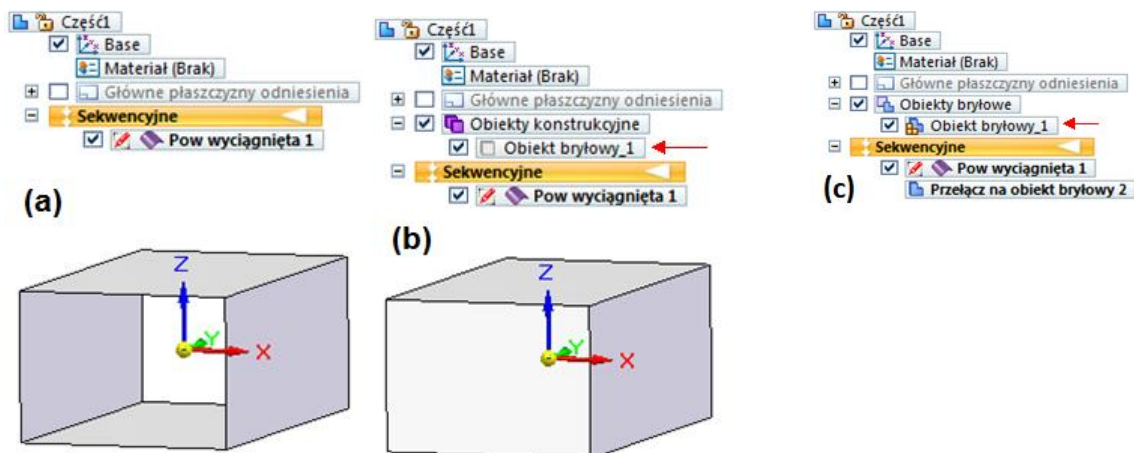
Działanie polecenia demonstruje rys.18. Po zaznaczeniu powierzchni *A* ... *D* powstają dwa regiony bryłowe *R1* – ograniczony przez *A*, *B* i *D* oraz *R2* – (czasza) ograniczony przez *B* i *C*. Przy włączeniu opcji **Połącz regiony** oba zostaną zsumowane w jedną bryłę.

Zadania – powierzchniowe modelowanie części

Zad. 1.

Wykonać zadanie w trybie sekwencyjnym (TT) wg poniższej instrukcji (rys. Z-1):

1. Poleceniem  **Wyciągnięta** utworzyć powierzchnię boczną prostopadłościanu (a) – wymiary dowolne.
2. Edycją definicji przekształć go w powierzchnię zamkniętą  **Zamknij końce** (b). Zauważ zmiany na karcie *PF* – powstał nowy **obiekt konstrukcyjny** Obiekt_bryłowy_1.
3. Kliknąć PPM na obiekcie i wybrać polecenie  **Przełącz na obiekt bryłowy**. Teraz jest obiekt bryłowy.





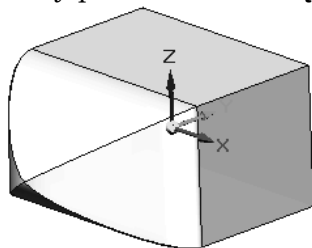
Rys. Z-1.

Powtórzyć w osobnym pliku powyższe operacje w trybie synchronicznym (ST). Uwaga w punkcie 1 należy zacząć od szkicu.

Zad. 2.

W nowym pliku w trybie sekwencyjnym wykonać:

1. Powierzchniowo prostopadłościan bez podstaw jak pokazano na rys. Z-1a.
2. Poleceniem  **Powierzchnia ograniczona** dodać dwie podstawy zamykające, tak by uzyskać element jak na rys. Z-1b. Warunek kontroli styczności – Naturalna. Zauważ, że tym razem mimo zamknięcia powierzchni nie powstał żaden obiekt konstrukcyjny, jak to miało miejsce w zad.1.
3. Kliknąć w jedną z dodanych podstaw i, za pomocą edycji definicji, zmienić warunek styczności na Ciągłość styczności lub krzywizny – poeksperymentuj i porównaj efekty.
4. Poleceniem  **Zszywana** połączyć wszystkie powierzchnie. Jeśli na pytanie czy utworzyć element podstawowy odpowie się „tak”, to uzyskuje się dwa obiekty: konstrukcyjny i bryłowy (*PF* jak na rys. Z-1c), jeśli odpowie się „nie”, to tylko obiekt konstrukcyjny (*PF* jak na rys. Z-1b). W tym drugim przypadku obiekt konstrukcyjny można zamienić na bryłowy poleceniem **Przełącz na obiekt bryłowy**.



Rys. Z-2. Zastosuj:
Ciągłość styczności;
Opcje → Łączenie lic: Częściowe.

Zad. 3.

Wykonanie dwoma sposobami lustro paraboliczne (jak na rys.16 – instrukcja).

1. Wykonaj w TT szkic zawierający jedną gałąź paraboli (opis w poprzednim ćw. Zad.4.) i oś (BF wierzchołek paraboli ognisko) wymiary $f = 420$ mm, $r = 800$ mm.
2. Wykonaj powierzchnie obrotową (**Obrotowa**) obracając ją wokół osi.
3. Pogrub (**Pogrubienie**) powierzchnię w kierunku zewnętrznym na odl. 3 mm.
4. Pokoloruj (**Malarz części**) powierzchnię wew. kolorem złotym.

Realizacja tych punktów doprowadziła do wykonania lustra pierwszy sposobem. Aby przejść do drugiego sposobu **zablokuj operację pogrubienia**, a potem:

5. Utwórz pow. odsuniętą (**Odsunięta**) na bazie pow. wykonanej w kroku 2 na odl. 3 mm.
6. Utwórz pow. *BlueSurf* rozpiętą między krawędziami obu powierzchni, która będzie domykać całość.
7. Zszyj wszystkie powierzchnie.
8. Zamień utworzoną bryłę konstrukcyjną na obiekt bryłowy np. **Utwórz element podstawowy**.

To kończy wykonanie lustra drugim sposobem.

Użyj jednego z wyżej wymienionych sposobów do wykonania lustra parabolicznego podłużnego (w kształcie rynny).

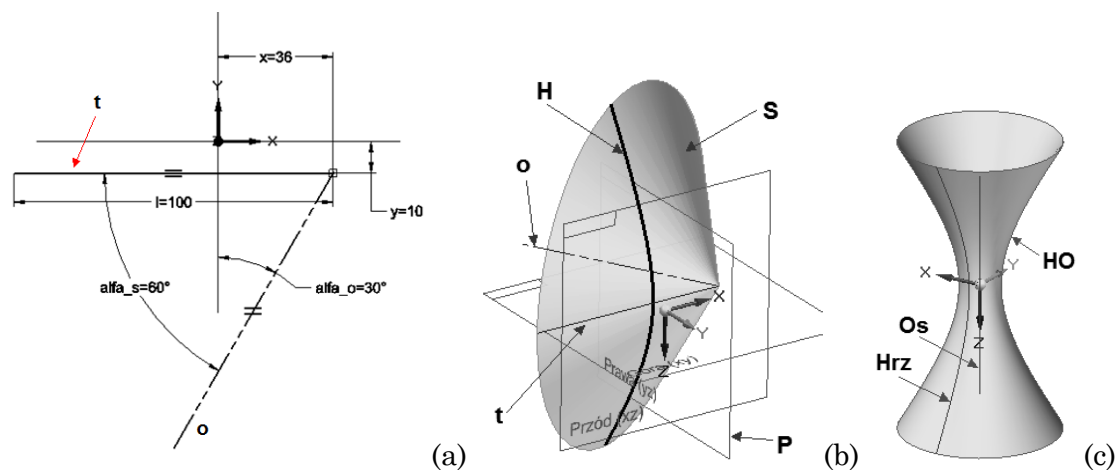
Zad. 4.

Wykonanie powierzchni hiperbolicznej – hiperboloidy jednopowłokowej⁶. Zadanie to demonstrowa wykorzystanie powierzchni konstrukcyjnych do tworzenia innych powierzchni konstrukcyjnych a potem brył (rys. Z-4). Wykonaj:

1. Na pł. XY szkic (a) składający się z dwóch odcinków równej długości odcinka „t”, który będzie tworzącą stożka oraz „o”, który będzie jego osią. Zwymiaruj szkic jak na rys. Z-4a.
2. Poleceniem **Obrotowa** utwórz pow. stożkową S przekracając o kąt pełny tworzącą „t” wokół osi „o” (rys. Z-4b).
3. Poleceniem **Przenikanie** między pow. stożkową S a pł. P utwórz linię H, która będzie hiperbolą jeśli $\alpha_s > \alpha_o$.
4. Wyłącz widoczność szkicu i pow. stożkowej.
5. Na pł. YZ utwórz nowy szkic (rys. Z-4c), do którego zrzutuj (**Rzutuj do szkicu**) linię H, która utworzy linię Hrz (będzie się pokrywać z linią H) oraz ślad pł. XZ, który utworzy linię Os, którą należy zaznaczyć jako oś obrotu.
6. Ukryj linię H.
7. Wykonaj powierzchnie obrotową (**Obrotowa**) obracając linię Hrz wokół linii Os. Wynikiem operacji będzie hiperboloida jednopowłokowa HO.
8. Wyłącz widoczność wszystkiego z wyjątkiem pow. HO. Cały zestaw poleceń można połączyć w grupę i nadać jej nazwę „hiperboloida”.

Uwagi. Bez utworzenia dodatkowego szkicu nie dałoby się wykonać hiperboloidy obrotowej, bo warunkiem wykonania pow. obrotowej jest to, by oś i tworząca były zawarte w tym samym szkicu.

⁶ <https://pl.wikipedia.org/wiki/Hiperboloida>

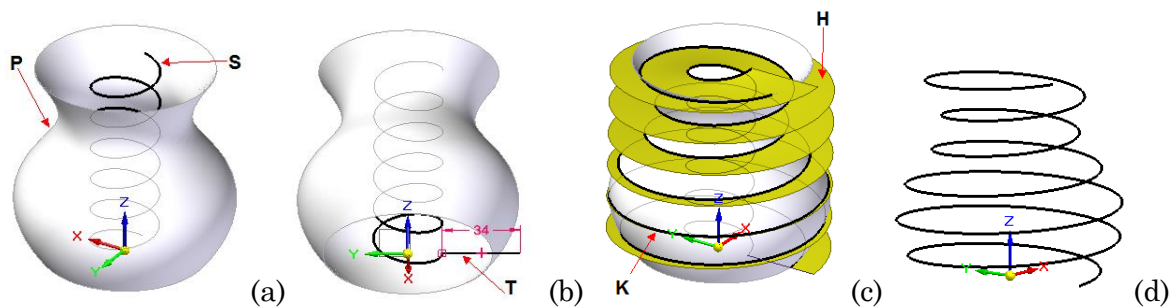


Rys. Z-4.

To zadanie pokazuje jak wykonać czwartą (po okręgu, elipsie i paraboli) z krzywych stożkowych – hiperbolę. Alternatywną metodą jest wykonanie hiperboli przy pomocy polecenia **Krzywa według tabeli** lub użycie polecenia krzywe stożkowe (dostępne od wersji 2021).

Zad. 5.

Wykonanie linii śrubowej o dowolnym zarysie. Zadanie to demonstruje wykorzystanie powierzchni konstrukcyjnych do tworzenia krzywych konstrukcyjnych – rys. Z-5.



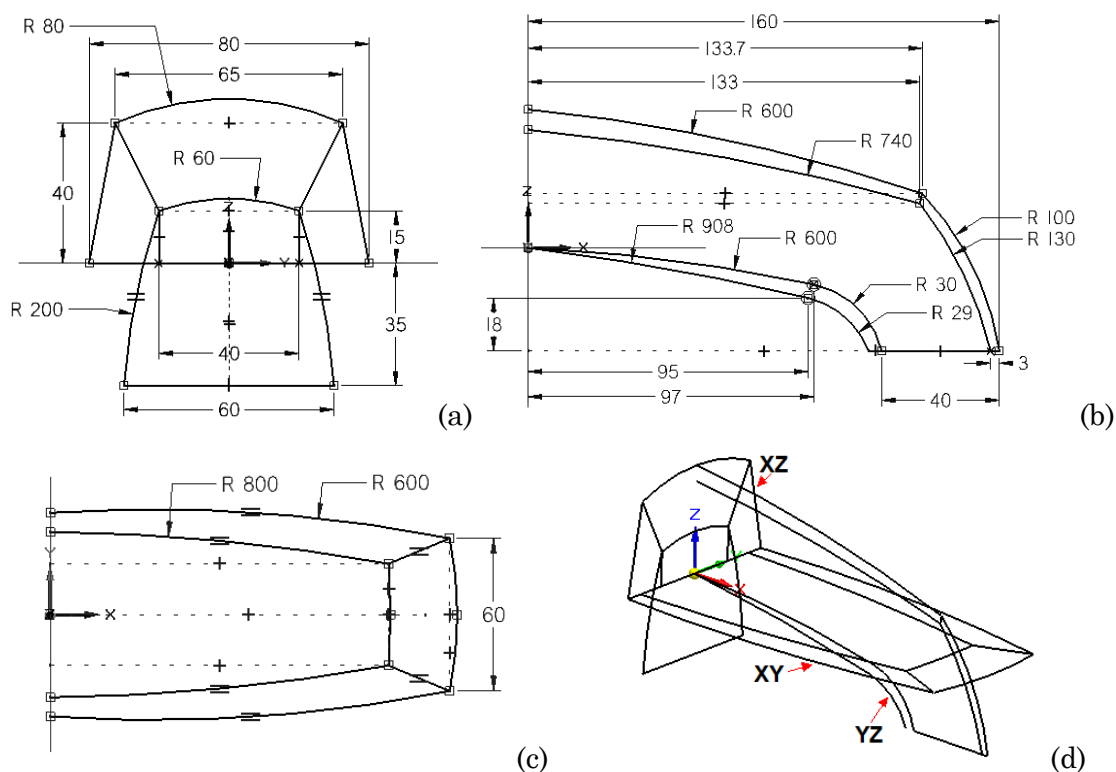
Rys. Z-5.

1. Wykonaj (a) dowolną powierzchnię obrotową P , której tworząca (obracana krzywa) jest splajnem (**Krzywa**) obróconą wokół osi Z .
2. Wykonaj wokół tej samej osi linię śrubową S (**Krzywa śrubowa**), mieszczącą się we wnętrzu powierzchni i co najmniej o tej samej wysokości.
3. Wykonaj (b, c) powierzchnię (**Wyciągnięta po krzywej**) przez wyciągnięcie odcinka prostego T (zawartego w pł. XY) wzdłuż linii śrubowej. Długość odcinka ma być tak dobrana, by powstała powierzchnia H przecinała pow. P .
4. Poleceniem przenikanie między H i P utwórz krzywą spiralną K , która będzie spiralą niejako nawiniętą na pow. obrotową P . Efekt pokazuje rys. Z-5d.

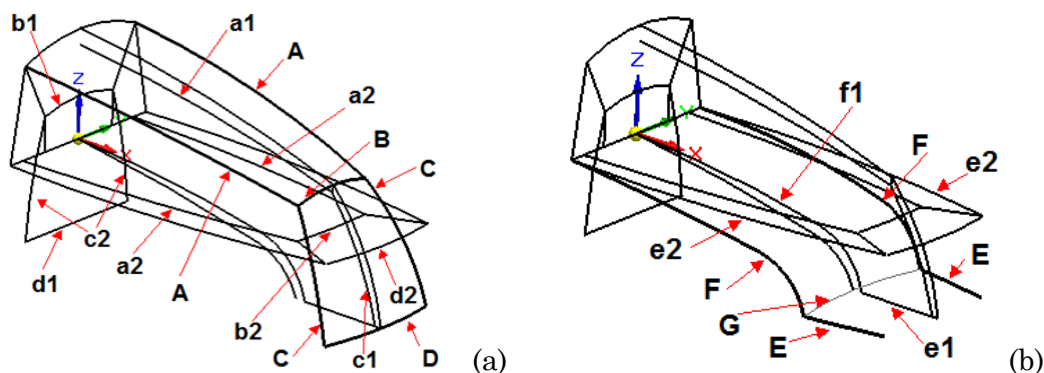
Zad. 6.

Modelowanie wylewki do kranu na podstawie jej widoków głównych z zastosowaniem krzywych konstrukcyjnych i powierzchni.

1. Najpierw na pł. głównego układu współrzędnych narysuj trzy rzuty wylewki wg. wymiarów pokazanych na rys. Z-6.1. Orientacja i położenie względem pł. głównych pokazane jest na (d). Należy przypilnować by krzyżujące się krzywe ze szkiców wzajemnie prostopadłych łączyły się ze sobą w punktach przecięcia.



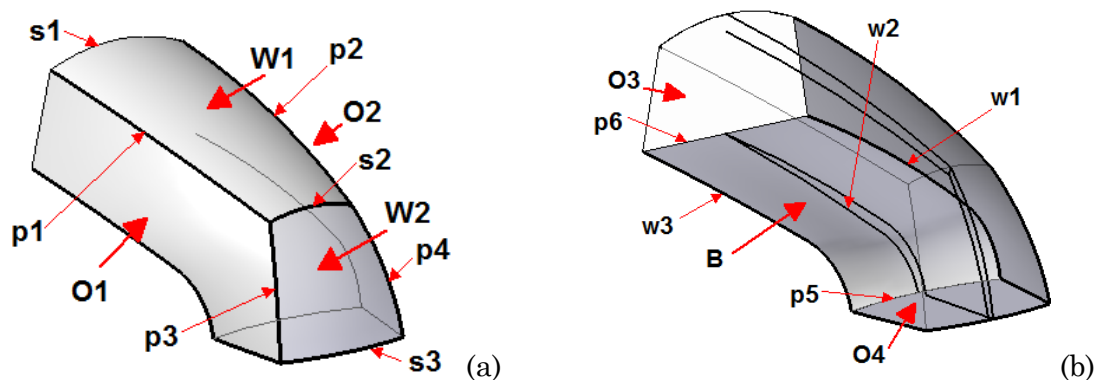
Rys. Z-6.1.



Rys. Z-6.2.

2. Utwórz krzywe oznakowane na rys. Z-6.2 dużymi literami. Do ich wykonania użyj polecenia **Wypadkowa** i wyknaj je w kolejności alfabetycznej. Wykorzystaj linie oznakowane małymi literami – tymi samymi, co krzywe wynikowe. Cyfry 1 i 2 przy symbolach lini wskazują nr krzywej jaką trzeba użyć odpowiednio w krokach **Krok: krzywa 1** i **Krok: krzywa 2**. Na przykład krzywe A (obie gałęzie) wykonasz wskazując jako pierwszą krzywą linię *a1* a jako drugą obie linie *a2* itd. **Wyjątkiem** są krzywe F, które powstają z lini *f1* oraz obu lini *e2* oraz krzywa G (łuk), którą trzeba utworzyć jako osobny szkic – pamiętaj o połączeniu z innymi krzywymi.
3. Utwórz powierzchnie zaznaczone na rys. Z-6.3 dużymi literami. Do utworzenia powierzchni oznaczonych literą W użyj polecenia **Wyciągnięta po krzywej**; do pow. oznakowanych literą O użyj polecenia **Ograniczona**; a do pow. B polecenia powierzchnia **BlueSurf**. Dla pow. W1 ścieżkami są linie *s1* i *s2* a rzekrojami linie *p1* i *p2*. Dla pow W2

ścieżkami są linie $s2$ i $s3$ a rzekrojami linie $p3$ i $p4$. Dla pow. B (*BlueSurf*) przekrojami są linie $p5$, $p6$ a krzywymi wiodącymi linie $w1$, $w2$ i $w3$.



Rys. Z-6.3.

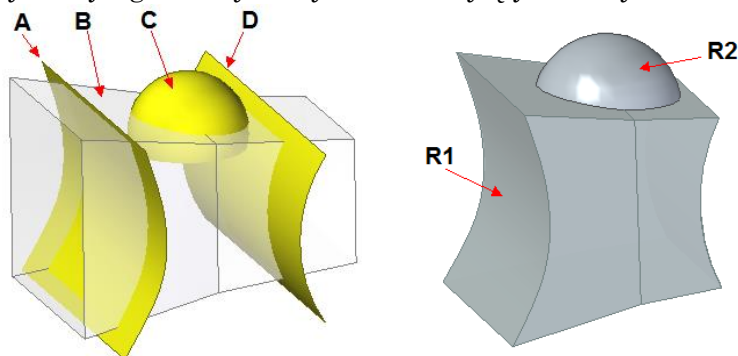
4. Zszyj wszystkie utworzone powierzchnie poleceniem **Zszywana** pozwalając na utworzenie obiektu bryłowego. Δ Może być konieczne włączenie opcji naprawiania pow.
5. Po utworzeniu obiektu oznakowanego na karcie PF jako **ObjektJednorodny 1** wywołaj polecenie **Kontrola | Ocena → Optymalizuj** aby zoptymalizować utworzony obiekt. To kończy zadanie

Zad. 7.

We wlewce z zad.6 wykonaj kanał o przekroju kołowym łączący lica $O3$ i $O4$ stosując polecenie **Wycięcie po krzywej** z opcją Wiele ścieżek i przekrojów. Rozmiar otworów wlotowego i wylotowego na licach $O3$ i $O4$ oraz przebieg ścieżki wyciągnięcia (na pł. XZ) zaprojektuj sam.

Zad. 8.

Wykonaj wg własnych wymiarów bryłę jak na rys. Z-8.

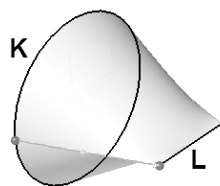


Rys. Z-8


1. Utwórz zestaw przecinających się powierzchni A , B , D – poleceniem **Wyciągnięta** oraz C – poleceniem **Obrotowa**.
2. Poleceniem **Przetnij** wykonaj bryłę będącą połączeniem regionów $R1$ i $R2$.

Zad. 9.

Wykonaj powierzchnię *BlueSurf* jak na rys. Z-9.

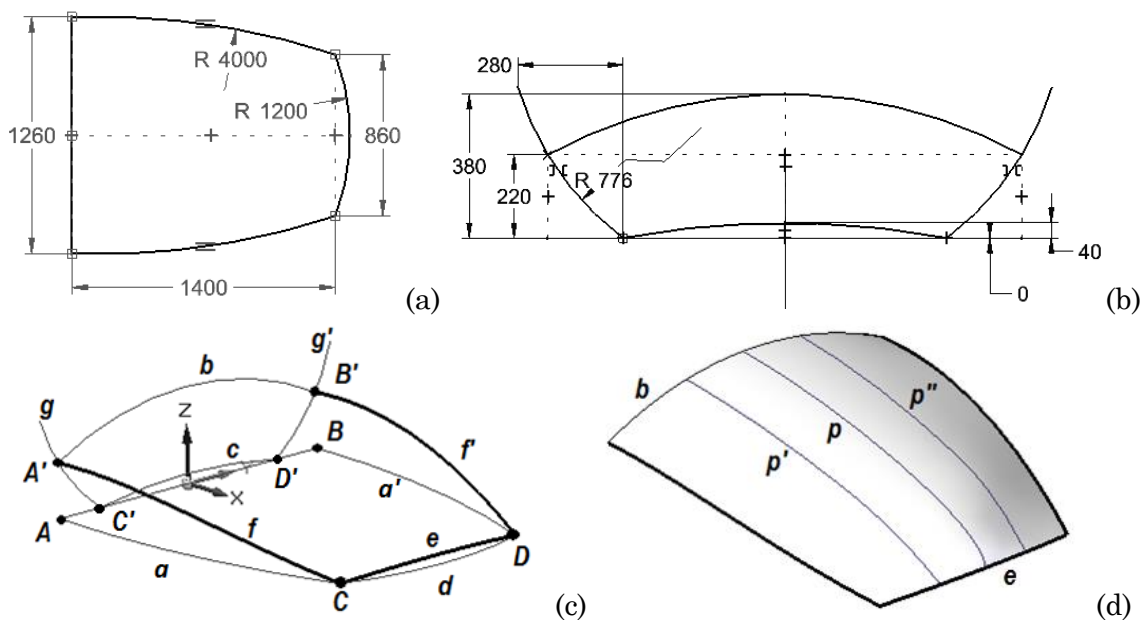


Rys. Z-9


1. Utwórz szkic zawierającego odcinek L na pł. równoległej do YZ leżący i na pł. XY symetrycznie względem osi Z .
2. Na pł. YZ utwórz drugi szkic, w którym okrąg K , o środku w pocz. układu współrzędnych, składa się z dwóch łuków opartych na kątach 180° w taki sposób, by punkty łączenia łuków leżały na pł. XY . Możesz to zrobić dwoma łukami albo okręgiem, który potem trzeba podzielić na połączone łuki poleceniem  **Podziel**.
3. Wykonaj pow. *BlueSurf* opartą na dwóch przekrojach.

Zad.10.

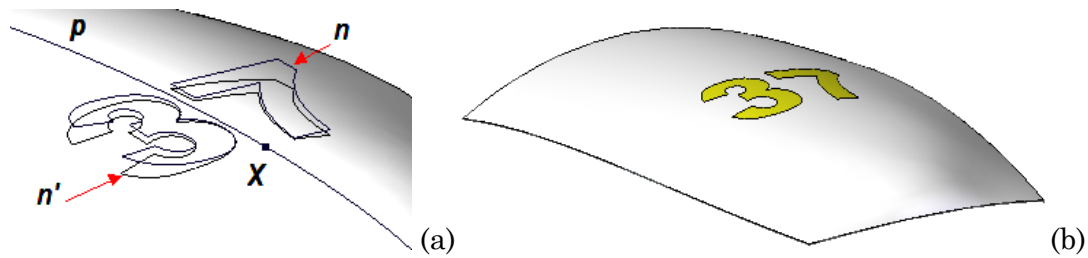
Wykonaj maskę samochodu – szczegóły na rys. Z-10.1 i Z-10.2.



Rys. Z-10.1

1. Na pł. XY wykonaj szkic wg rys. Z-10.1a a na pł. YZ wg rys. Z-10.1b. Rysując je posiłkuj się widokiem z Z-10.1c. Zadbaj by końce łuku b (punkty A i B') leżały na łukach g i g' (relacja połączenia ). Łuki oznakowane tą samą literą są symetryczne względem odp. osi. Pary punktów A, A' ; B, B' ; C, C' i D, D' leżą na liniach prostopadłych do osi Y . Pary punktów C, D i A, B leżą na liniach prostopadłych do osi X a ponadto punkty w parach C, D oraz A, B są rozmieszczone symetrycznie względem niej.
2. Poleceniem **Wypadkowa** utwórz krzywe f i f' na bazie łuków a i a' (zestaw 1) i łuków g i g' (zestaw 2).
3. Poleceniem **Wypadkowa** utwórz krzywą e na bazie krzywych d i c .
4. Poleceniem **Ograniczona** rys. Z-10.1d utwórz powierzchnię na bazie krzywych e, f, b, f' . W poleceniu użyj kroku wstawianie szkicu i wstaw krzywe p' , p i p'' w pozycjach odpowiednio 0,3; 0,5 i 0,7 odmierzanych wzdłuż krawędzi b . Krzywa p powinna wypaść na pł. XZ .
5. Edytuj krzywą p i ewentualnie p' i p'' by uzyskać wypukłość na powierzchni blisko krawędzi e .

6. Polecenie **Pogrubienie** utwórz na bazie wykonanej powierzchni bryłę (model maski) o grubości 3 mm. Wyłącz widoczność wszystkich linii z wyjątkiem linii p .

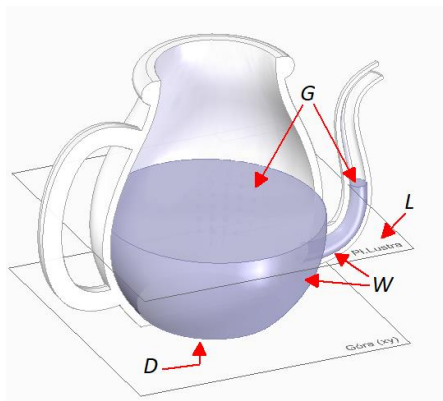


Rys. Z-10.2

7. Na pł. XZ utwórz szkic zawierający tylko punkt X umieszczony na krzywej p w wybranym przez siebie miejscu rys. Z-10.2a.
8. Na pł. stycznej do maski w punkcie X utwórz szkic zawierający napis n o wysokości 300 mm (rys. Z-10.2a.). Napis wyśrodkuj względem punktu X .
9. Poleceniem **Rzutowana** rzutuj napis n na górne lico bryły uzyskując krzywą n' . Wyłącz widoczność napisu n .
10. Poleceniem Powierzchnie | Modyfikuj powierzchnie → **Podziel**, podziel zrzutowanymi liniami n' górne lico bryły.
11. Poleceniem **Malarz części** pokoloruj rys. Z-10.2b wydzielony liniami n' obszar lica tworzący na nim napis.

Zad.11.

W „dzbanku” z zadania Zad.5. wykonanego w ćwiczeniu poprzednim „Elementy liniowe” wykonaj powierzchniowo bryłę reprezentującą wlaną ciecz do poziomu ustalonego płaszczyzną L równoległą do dna naczynia – rys. Z-11. Ustal maksymalną objętość cieczy, która nie wylewa się jeszcze z dzbanka.



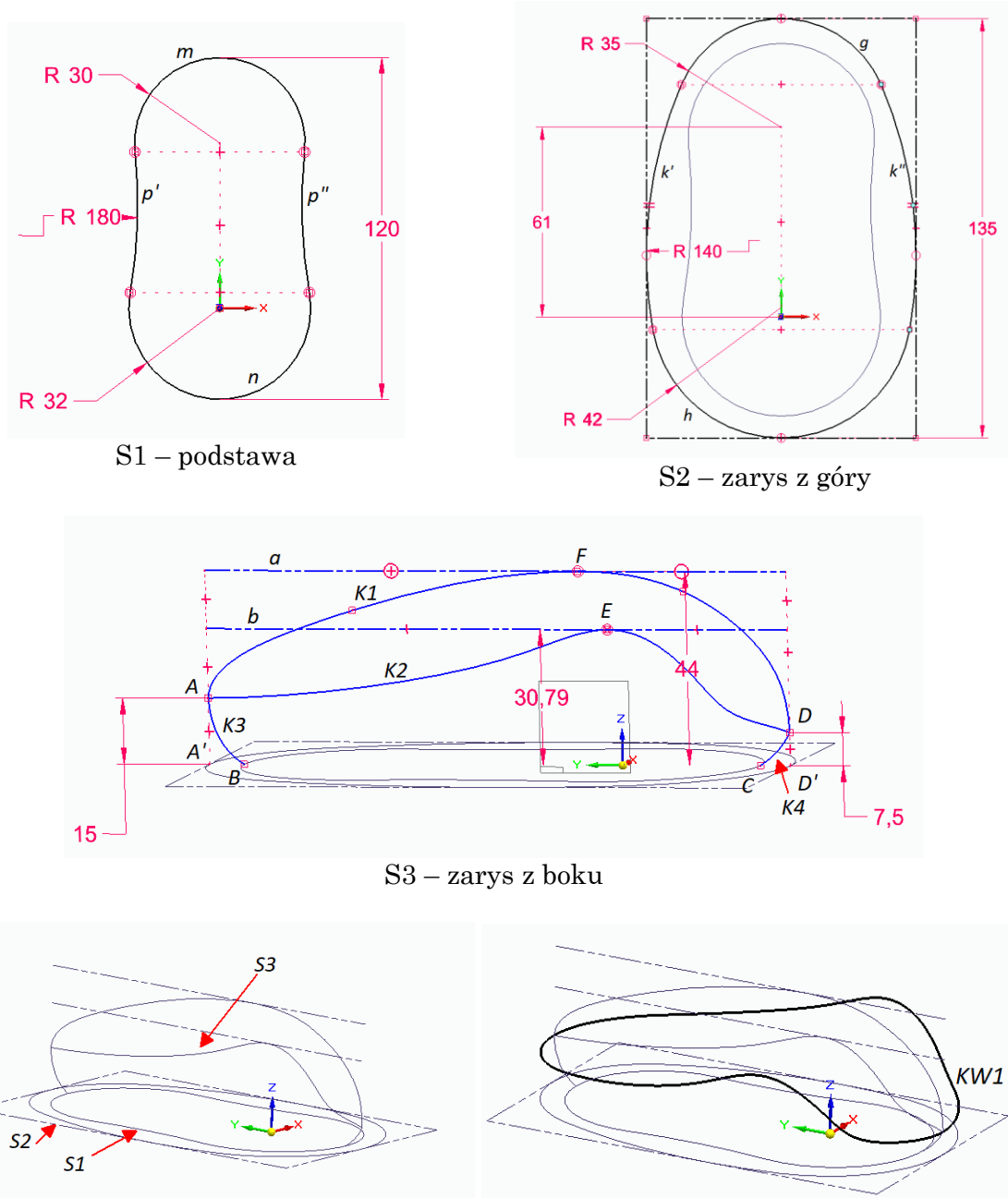
Rys. Z-11.

1. Utwórz pł. L równoległą do wewnętrznego lica dna naczynia.
2. Poleceniem **Kopiuj** wykonaj kopie lic wewnętrznych (naczynia i dziubka) W .
3. Poleceniem **Przycięcie** przytnij powierzchnię W zostawiając część poniżej pł. L .
4. Poleceniem **Powierzchnia ograniczona** domknij pow. W u góry G i u dołu D .
5. Zszyj wszystkie powierzchnie (W , G , D) uzyskując bryłę konstrukcyjną reprezentującą wlaną ciecz.
6. Wyłącz widoczność obiektu bryłowego dzbanka.
7. Poleceniem **Kontrola | Miara 3D** → **Pomiar** wyznacz objętość bryły konstrukcyjnej (cieczy).

8. Poeksperymentuj zmieniając położenie pł. **L**, tak by ustalić maksymalną objętość cieczy, która nie wylewa się jeszcze z dzbanka. Wyznacz jej objętość.

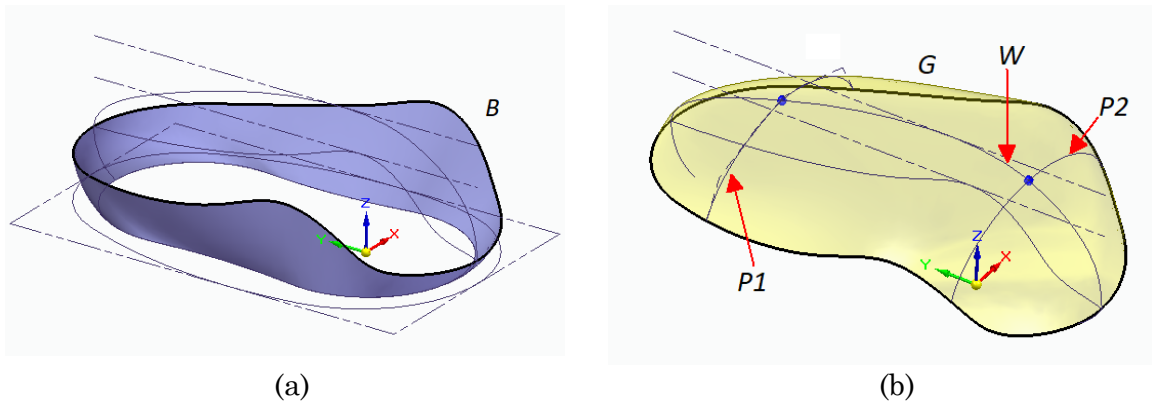
Zad.12.

Wykonaj obudowę myszy wg poniższego opisu. Podane na rys. wymiary są orientacyjne.



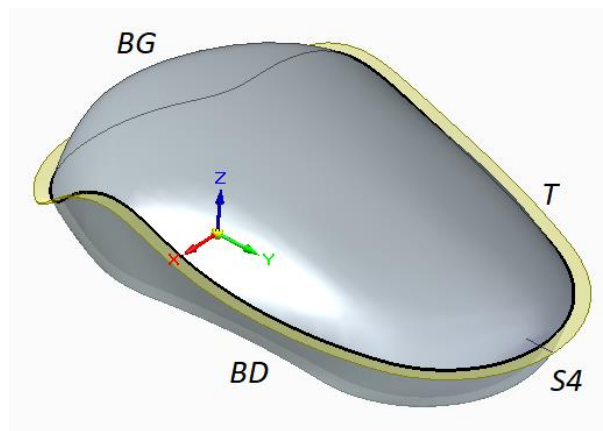
Rys. Z-12.1.

1. Najpierw utwórz szkice *S1* na pł. *XY*, *S2* na pł. *XY* oraz *S3* na pł. *YZ*. Szkic *S3* składa się linii *K1* ... *K4* utworzonych poleceniem **Krzywa**. Proste *a* i *b* pełnią funkcje pomocnicze dla zapewnienia styczności *K1* i *K2* w punktach *F* i *E*. Zauważ relację pionowości między *A-A'* i *D-D'*, gdzie *A'* i *D'* są punktami przebicia szkicu *S2*.
2. Utwórz krzywą *KW1* (polecenie **Wypadkowa**)
3. Na bazie szkicu *S1* oraz krzywej *KW1* utwórz powierzchnie boczną *B* (Rys. Z-12.2a)



Rys. Z-12.2.

4. Na bazie krzywej *KW1* oraz linii *W* ze szkicu *S3* poleceniem **Ograniczona** utwórz pow. *G*. Krzywą *W* użyj jako krzywą wiodącą. Wstaw szkice *P1* i *P2*. Powiąż je potem punktami BlueDot z krzywą *W*.
5. Poleceniem **Ograniczona** utwórz na bazie szkicu *S1* pow. domykającą od dołu i zszyj ją z pow. *B*.
6. Poleceniem **Pogrubienie** na bazie zszytych pow. utwórz dolną część myszy – grubość 2 mm.
7. Poleceniem **Dodaj obiekt** a potem poleceniem **Pogrubienie** na bazie pow. *G* utwórz górną część myszy o tej samej grubości.
8. Utwórz na krzywej *KW1* szkic *S4* na pł. normalnej do niej przechodzącej przez „czubek myszy” punkt *D* na szkicu *S3*. Szkic ma zawierać odcinek równoległy do podstawy i przechodzący przez punkt *D*.



Rys. Z-12.3.

9. Poleceniem **Wyciągnięta po krzywej** utwórz powierzchnię tnącą *T* (rys. Z-12.3.).
10. Poleceniem **Różnica** przytnij za pomocą pow. *T* górną *BG* i dolną *BD* część, tak by łączyły się bez przenikania.

Wariant II, to w pkt. 5 zszyć wszystkie powierzchnie, w pkt. 6 pogrubić już całość, pominać pkt. 7 a w pkt. 10 użyć polecenia **Podziel** (narzędziem będzie pow. *T*) aby utworzyć górną i dolną część obudowy myszy.