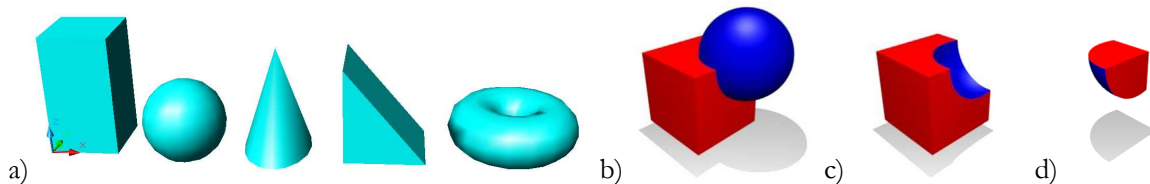


Ćwiczenie nr 17 - Modelowanie bryłowe

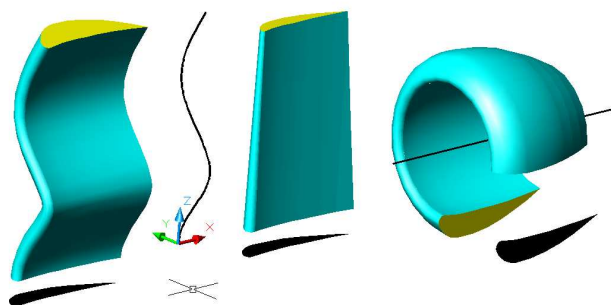
Tworzenie modeli bryłowych

Modelowanie bryłowe jest najbardziej przydatne w projektowaniu maszynowym. Do tworzenia brył stosuje się technikę CSG (Constructive Solid Geometry). Polega ona na składaniu modelu z bazowych elementów zwanych *prymitywami* przy pomocy tzw. operacji boolowskich. Operacje te odpowiadają trzem podstawowym działaniom na zbiorach: sumie, różnicy i iloczynowi (części wspólnej) (rys. 1 **b,c,d**). Program oferuje następujące prymitywy (rys. 1a): *prostopadłościan, stożek, walec, kula, torus i klin*, które tworzy się odpowiednio poleceniami: **kostka, stożek, walec, sfera, torus** oraz **klin**.



Rys. 1. Prymitywy (a) oraz podstawowe operacje na nich: b – suma, c – różnica, d – iloczyn kostki i kuli

Operacje boolowskie na bryłach wykonuje się tymi samymi poleceniami, co na regionach czyli **suma, różnica** oraz **iloczyn**. Operacje te pozwalają na „warsztatowe” podejście do modelowania. Polecenie sumowania odpowiada łączeniu „stapianiu” brył, zaś polecenia różnicy i iloczynu operacjom „skrawania” i „wycinania”. W dwóch ostatnich przypadkach pewne bryły wybrane do operacji pełnią rolę „narzędzia”. Dla różnicy będą to zawsze bryły odejmowane, zaś dla iloczynu jest to kwestią uznania. W obu przypadkach obrabiana bryła jest cięta wzdłuż ścian „narzędzia” przy czym, dla różnicy jej część objęta „narzędziem” jest odrzucana zaś przy iloczynie zatrzymywana. Skutki ich zastosowania pokazano na rysunku 1 **b,c,d**. Na przykład na (c – różnica) narzędziem skrawającym „wirtualnym frezem” jest kula, która usuwa część kostki, która znalazła się w zasięgu kuli. Z kolei na (d – iloczyn) nie ma znaczenia co wybierzemy za narzędzie „wycinające”.



Rys. 2. Efekty wyciągnięcia profilu lotniczego (od lewej) wzdłuż splajnu, wzdłuż osi OZ ze zwiężeniem, oraz obrotu wokół osi o kat 270°.

Jeżeli uznamy że będzie to kostka to ona wycina z kuli tą część, która znalazła się wewnątrz kostki, a jeżeli będzie to kula to ona wycina z kostki tą część, która znalazła się wewnątrz kuli. W obu przypadkach skutek jest ten sam.

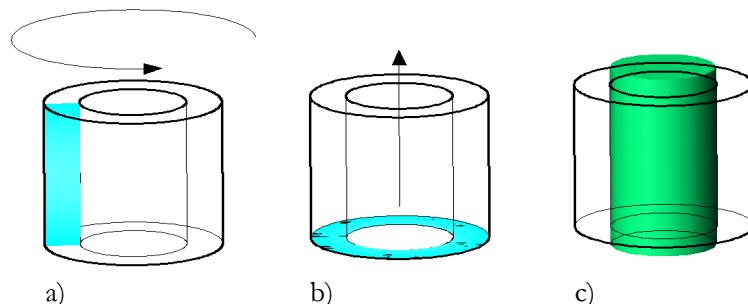
Innym sposobem na tworzenie już całkiem skomplikowanych w kształcie brył jest użycie poleceń **wyciągnij** oraz **przekręć**. Pierwsze z nich pozwala na tworzenie brył walcowych i stożkowych. Robi się to przez wyciągnięcie **regionu (wyciągnij)** wzdłuż określonej krzywej lub prostej normalnej do regionu. Wybierając odpowiedni kąt zwiężania tworzy dostajemy bryły walcowe (kat

zwiężania 0°) oraz stożkowe (kat zwiężania różny od 0°). Drugie z tych poleceń (**przekręć**) służy do robienia brył obrotowych, które tworzy się przez obrót **regionu** wokół wybranej osi o zadany kąt wypełnienia. Wszystkie wymienione wcześniej prymitywy można utworzyć przez jedno z tych dwóch poleceń. Na przykład kulę utworzymy przez obrót regionu w kształcie półkola względem jego średnicy, walec przez wyciągnięcie regionu okrągłego prostopadle do jego płaszczyzny, zaś torus przez obrót tegoż regionu względem osi zawartej w jego płaszczyźnie. Na rys. 2 pokazano możliwości omawianych poleceń. Jako punkt wyjścia użyto regionu w kształcie profilu lotniczego, który wyciągnięto wzdłuż splajnu oraz wzdłuż osi OZ ze zwiężeniem 1° . Ostatnia bryła powstała w wyniku obrócenia regionu wokół pokazanej osi o kąt 270° .

Podsumowaniem niech będzie rysunek 3, na którym pokazano trzy sposoby utworzenia tulei. Pierwszy (a) polega na przekręceniu prostokątnego regionu wokół osi tulei, drugi (b) na wyciągnięciu regionu w kształcie pierścienia wzdłuż jej osi oraz trzeci (c) na odjęciu od siebie dwóch walców (prymitywów) o

średnicach odpowiednio równych średnicy zewnętrznej i wewnętrznej tulei. Drugi walec pełni rolę „wirtualnego wiertła” mającego przejść na wylot, dlatego może on być wyższy od tulei. Warto zauważyć, że zarówno metoda (b) jak i (c) wymaga użycia polecenia **różnica** przy czym w (b) w zastosowaniu do regionów a w (c) do brył. Jest więc to kwestią wygody, który z tych sposobów użyjemy w konkretnej sytuacji.

Region jest tym dla modelowania bryłowego czym krawędź dla modelowania powierzchniowego i wraz z operacjami wyciągania, przekręcania oraz operacjami bool'owskimi jest podstawą modelowania bryłowego.



Rys. 3. Sposoby utworzenia tulei: a – przez przekręcenie prostokątnego regionu; b – przez wyciągnięcie regionu w kształcie pierścienia oraz c – przez odjęcie od siebie dwóch walców.

Warto dodać, że zmienna systemowa ISOLINES steruje liczbą linii siatki stosowanej do odwzorowania ścian zakrzywionych w krawędziowej prezentacji modelu zaś zmienna FACETRES steruje wygładzeniem obiektów podczas cieniowania i ukrywania niewidocznych krawędzi.

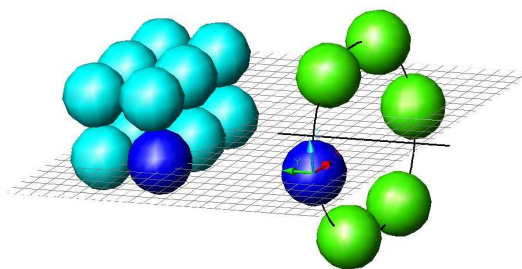
Porównując różne rodzaje modeli należy stwierdzić, że modelowanie bryłowe jest łatwiejsze i bardziej intuicyjne. Dla przykładu bryłowe utworzenie kostki o zaokrąglonych narożnikach sprowadza się do wyznaczenia części wspólnej sześcianu i kuli co można zrobić w czasie krótszym od minuty. Modelując to powierzchniowo musimy sami wyznaczyć krawędzie przenikania. To wymaga wykonania całego szeregu pomocniczych krzywych, LUW'ów i widoków nie licząc dobrej znajomości geometrii. Realizacja tego zadania tym sposobem może już zająć nawet godzinę.

Operacje 3D

Podstawowe polecenia edycyjne: kopiowanie, obrót, skalowanie, przesuwanie, rozciąganie lustro i szyk działają na obiektach umieszczonych dowolnie w przestrzeni. W tym przypadku trzeba jednak pamiętać o dodatkowym wymiarze. Na przykład polecenie **obróć** faktycznie wykonuje obrót wybranych obiektów wokół normalnej do płaszczyzny konstrukcyjnej przechodzącej przez wskazany punkt obrotu. Podobnie polecenie **lustro** faktycznie realizuje symetrię płaszczyznową wybranych obiektów względem płaszczyzny prostopadłej do płaszczyzny konstrukcyjnej, której śladem jest właśnie prosta odbicia. Jediną trudnością jaką stwarzają te polecenia jest potrzeba dopasowaniu płaszczyzny konstrukcyjnej do żądanej osi obrotu lub płaszczyzny odbicia przy pomocy polecenia **luw**.

Obok poznanych już poleceń sterowanych parametrami podawanymi z płaszczyzny konstrukcyjnej występują polecenia **3dszyk**, **lustro3d**, **obroty3d** pozwalające wykonać przekształcenia wg parametrów ustalanych poza płaszczyzną konstrukcyjną. Polecenia 3D pozwalają wykonać wspomniane operacje bez konieczności zmiany płaszczyzny konstrukcyjnej.

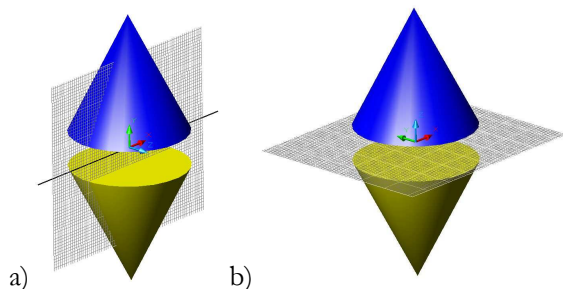
Polecenie **3dszyk**, w wersji szyku prostokątnego tworzy macierz trójwymiarową czyli ustawia obiekty w kolumnach rzędach i poziomach generując coś na kształt „sieci krystalicznej”, zaś w wersji szyku kołowego kopiuje obiekty wokół osi zadanej dwoma punktami. Kolejność wskazywania punktów ma znaczenie jeśli nie wybieramy szyku w kącie pełnym. Kierunek dodatni kąta wypełnienia jest ustalany zgodnie z regułą śruby prawoskrętnej, gdzie wektor ruchu śruby przy wkręcaniu



Rys. 4. Polecenie **3dszyk** – prostokątny $2 \times 3 \times 2$ i kołowy wokół osi równoległej do Y.

pokrywa się z wektorem wyznaczonym przez wskazane punkty – od pierwszego do drugiego. Efekty stosowania polecenia **3dszyk** w wersji prostokątnej i kołowej oraz położenie płaszczyzny konstrukcyjnej i osi obrotu pokazuje rysunek 4.

W poleceniu **lustro3d** płaszczyznę odbicia można wyznaczyć płaszczyzną płaskiego obiektu (okrąg, elipsa itp.) – **Obiekt**; jej normalną i punktem – **oś Z**; płaszczyzną widoku i punktem – **Widok**;



Rys. 5 Polecenie a - **lustro** oraz b - **lustro3d**

płaszczyznami układu współrzędnych i punktem – **XY, YZ, ZX** lub trzema punktami – **3punkty**. Na rys. 5 pokazano, ten sam efekt osiągnięty poleceniem **lustro** (a) po przestawieniu płaszczyzny konstrukcyjnej lub (b) **lustro3d** bez przestawiania.

W poleceniu **obrot3d** oś obrotu ustala się jako normalna do obiektu i punkt – **Obiekt**; normalna do płaszczyzny widoku i punkt – **Widok**; równoległa do jednej z osi i punkt – **ośX, ośY, ośZ** lub przez dwa punkty – **2punkty**.

Wykaz poleceń

Polecenie	Opis
kostka (_box), sfera (_sphere), walec (_cylinder), stożek (_cone), klin (_wedge), torus (_torus) M: Rysuj – Bryły ▶ Bryły 	Zespół poleceń do tworzenia brył. Patrz opis w tekście.
wyciągnij , _extrude M: Rysuj – Bryły – Wyciągnij Bryły –	Polecenie tworzy bryłę walcową przez wyciągnięcie regionu wzdłuż normalnej do niego, z ewentualnym zwężeniem co umożliwia utworzenie bryły stożkowej lub przez [ścieszka] wyciągnięcie go wzdłuż krzywej.
przekręć , _revolve M: Rysuj – Bryły – Przekręć Bryły –	Polecenie tworzy bryłę obrotową przez obrócenie regionu wokół osi wybranej dwoma punktami obiektem [Obiekt] lub równoległej od osi X albo Y opcje oś X, oś Y .
suma (_union), różnica (_subtract), iloczyn (_intersect) M: Zmiana – Edycja brył ▶ Edycja brył –	Łączy, odejmuje lub wyznacza wspólną część brył. Wskazane bryły składowe są usuwane a na ich miejsce powstaje nowa bryła zgodna z wykonaną operacją.
3dszyk , _3darray M: Zmiana - Operacje 3D - Szyk 3D	Wykonuje szyk prostokątny lub kołowy. Opis w tekście.
lustro3d , _mirror3d M: Zmiana - Operacje 3D - Lustro 3D	Wykonuje lustro względem wybranej płaszczyzny. Opis w tekście.
obrot3d , _rotata3d M: Zmiana - Operacje 3D - Obrót 3D	Wykonuje lustro względem wybranej osi. Opis w tekście

Legenda: – linia poleceń; **M:** – menu; – pasek narzędziowy

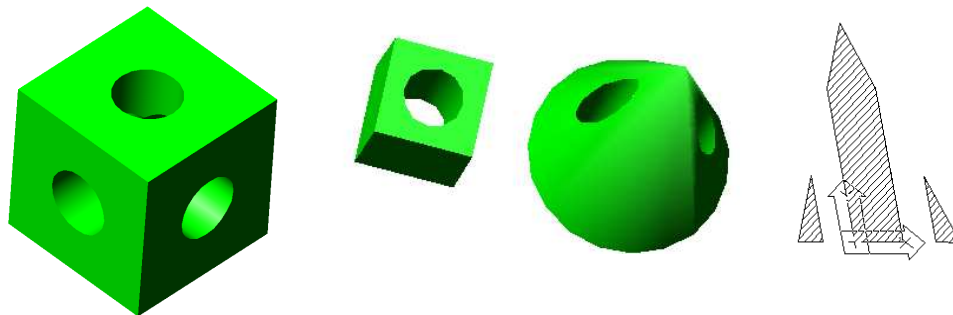
Ćwiczenie nr 17 – zadania do wykonania

1. Na nowym rysunku narysuj prymitywy oferowane przez AutoCAD'a: *prostopadłościan, stożek, walec, kula, torus* i *klin* poleceniami **kostka, stożek, walec, sfera, torus** oraz **klin**. Wymiary brył:

- sześcian o boku 100,
- prostopadłościan o wymiarach 60 x 80 x 200,
- stożek o promieniu podstawy 50 i wysokości 150,
- walec o promieniu podstawy 40 i wysokości 200,
- sfera o promieniu 30,
- torus o promieniu 50 i promieniu okręgu 10,
- klin o długości 100, szerokości 50 i wysokości 30.

2. Wykonaj:

- Kostkę o boku 100 przewierconą przez wszystkie środki ścian. W celu wykonania otworu w środku podstawy narysować walec o wysokości 100 i promieniu podstawy 30. Odjąć od kostki walec aby uzyskać kostkę z otworem o promieniu 30 (użyć dwóch warstw osobnych na kostkę i walec). Powtórzyć wykonane operacje dla pozostałych otworów tworząc pomocnicze układy współrzędnych.
- Stożek o promieniu podstawy 100 i wysokości 300 z dwoma otworami. W tym celu po utworzeniu stożka narysować dwa walce na średnicy podstawy stożka każdy w połowie promienia podstawy, promień walca 20, wysokość np. 300. Odjąć walce od stożka.



a) bryły

Fig.1. *Bryły i ich przecięcie oraz przekrój*

b) Przekrój stożka.

- Na stożku z otworami wykonać polecenie przekrój (fig. 1b). W tym celu załóż nową warstwę na przekrój. Na warstwie tej wykonaj polecenie **przekrój** wskazując trzy punkty wyznaczające płaszczyznę przekroju (np. wierzchołek stożka, środek podstawy i środek jednego z walców).
- Ustaw LUW na powierzchni przekroju i zakresuj go.

3. Wykonaj bryłowo nakrętkę sześciokątną wg wymiarów z poniższego rysunku

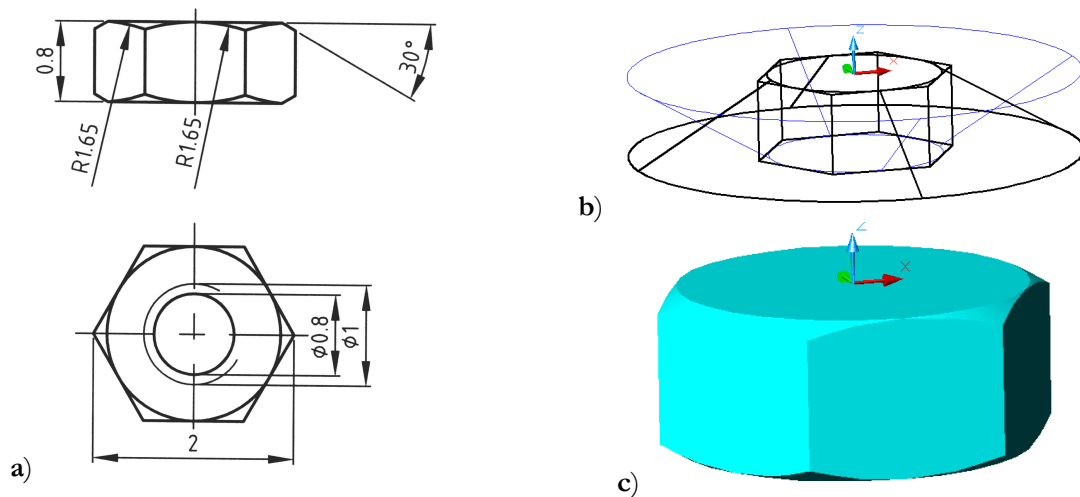


Fig. 2. Tworzenie nakrętki sześciokątnej

Wskazówki. Narysuj sześciokąt i okrąg i zamień je na region. Wyciągnij sześciokąt na wys. -0.8 oraz koło na wys. -0.8 z kątem zweźzania -60° . Otrzymasz tak graniastosłup i ścięty stożek. Wykonaj **lustró3d** stożka względem pł. przechodzącej przez połowę wysokości graniastosłupa (wskaz środki jego 3 krawędzi pionowych) fig. 2b. Na wszystkich bryłach wykonaj polecenie iloczyn w efekcie, którego otrzymasz bryłę jak na fig. 2c. Do zakończenia zadania wystarczy odjąć od niej walec.

4. Wykonaj bryłowo kolnierz wg wymiarów z fig. 3.

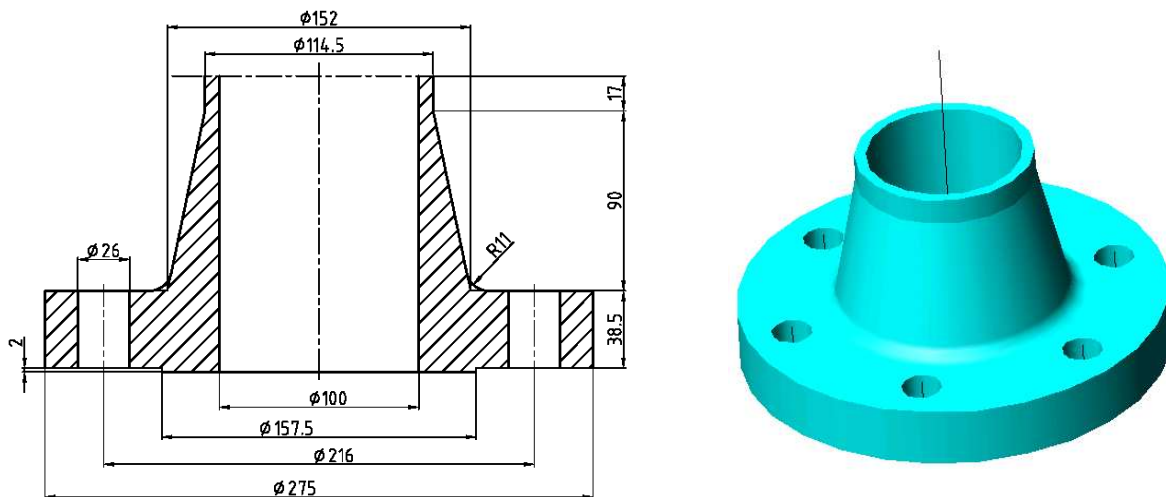


Fig. 3. Kolnierz

Wskazówki. Narysuj jedną połówkę przekroju (bez otworu) zamień ja na region i przekręć. Przetaw LUW na pow. czołową kolnierza. Wykonaj walec jako „narzędzie” do wiercenia o średnicy otworu i wysokości większej od grubości kolnierza. Skopiuj go na średnicy podziałowej 6 razy (szyk kołowy) i odejmij od bryły.