

Jerzy Montusiewicz*

METODY WIZUALIZACJI WNĘTRZA OBIEKTÓW 3D W PROGRAMIE AUTOCAD

WSTĘP

Dynamiczny rozwój technik komputerowych oraz oprogramowania w obszarze komputerowego wspomagania procesu projektowania spowodował, że obecnie trudno sobie wyobrazić działalność inżynierską bez trójwymiarowego modelowania. W wielu przypadkach modelowanie 3D staje się podstawowym sposobem zainicjowania procesu projektowania, zaś rysowanie na płaszczyźnie jest działaniem uzupełniającym i koniecznym ze względu na przyzwyczajenia starszej kadry inżynierskiej [5, 6, 7]. W modelowaniu trójwymiarowym wszelkie zmiany geometryczne dokonywane w parametrach modelu bryłowego wywołują automatyczną aktualizację rzutów i przekrojów, dzięki temu nie ma potrzeby przygotowywania wielu rzutów i przekrojów w klasycznym tego słowa rozumieniu. Ponadto projektowanie 3D pozwala na opracowywanie wariantowych rozwiązań oraz szybką ich ocenę w wirtualnym świecie komputerów zarówno pod względem funkcjonalnym, jak i estetycznym. Modelowanie 3D pozwala także na rezygnację z budowy wielu prototypów, ponieważ fotorealistyczna wizualizacja przygotowanych projektów przy dobrze wykonanym renderingu umożliwia wykonanie koniecznych symulacji w celu określenia poprawności proponowanych rozwiązań. Ponadto wykonany model 3D może być łatwo przetworzony na procedury wytwarzające część przy użyciu obrabiarek sterowanych numerycznie lub centrów obróbczych [9].

Rozwój oprogramowania do modelowania obiektów trójwymiarowych doprowadził do sytuacji, w której użytkownik musi szczególnie uważnie zastanowić się nad prawidłowym wyborem narzędzia do pracy. Obecnie mamy wiele specjalistycznych programów do modelowania obiektów technicznych, np.: AutoCAD, Inventor, Catia, Soliwords, I-DEAS, a także programów uniwersalnych, w których można także modelować postaci, np.: Maya, 3ds max, Softimage, Blender. Wiele z tych programów posiada również narzędzia do przeprowadzania animacji, dzięki czemu mogą być przydatne w wirtualnym sprawdzeniu poprawności zaprojektowanej konstrukcji.

W programach do modelowania obiektów 3D proces projektowania kompletnej konstruowanej części maszynowej jest podzielony na następujące fazy: modelowanie

* Jerzy MONTUSIEWICZ – Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska; Wyższa Szkoła Umiejętności, Kielce.

kształtu obiektu, projektowanie realistycznych materiałów do powlekania powierzchni obiektu, projektowanie oświetlenia oraz sceny, na której model będzie prezentowany, oraz wykonanie jego fotorealistycznych widoków.

W pracy opisano i zilustrowano różne metody, które umożliwiają pokazanie wnętrza elementów modelowanych obiektów trójwymiarowych w programie AutoCAD. Ponadto zamieszczono przykłady pokazujące sposoby prezentacji konstrukcji złożonych z wielu elementów składowych.

TWORZENIE PRZEKROJÓW W TRADYCYJNYCH DOKUMENTACJACH TECHNICZNYCH

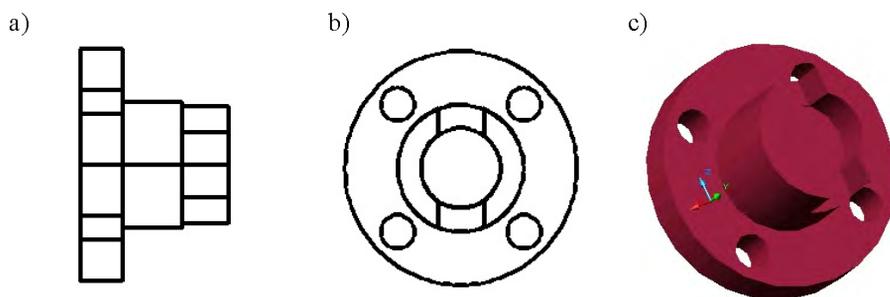
Prezentacja obiektu technicznego przy zastosowaniu standardowego zestawu widoków (rzutnia z góry, z przodu i z boku) często nie jest wystarczająca z uwagi na fakt, że nie ujawnia szczegółów wewnętrznych. Normy odnoszące się do przygotowywania dokumentacji technicznej pozwalają przedstawiać wewnętrzne elementy obiektów poprzez umieszczanie na rysunku linii niewidocznych (linia kreskowa), ale nie zawsze to pomaga. Skomplikowana struktura wnętrza modelowanego obiektu generuje pajęczynę linii, którą trudno zinterpretować. W takich sytuacjach stosujemy przekroje. Najogólniej mówiąc przekrój jest widokiem obiektu powstałym po jego myślowym przecięciu płaszczyzną i odrzuceniu fragmentu znajdującego się między płaszczyzną przekroju a obserwatorem. Tak zdefiniowany przekrój nie pozwala jednak skutecznie odsłonić wszystkich wewnętrznych szczegółów projektowanej konstrukcji. Aby usprawnić stosowanie przekrojów w praktyce i oszczędzić pracy projektantom, wprowadzono różne typy przekrojów, dzięki czemu opracowywana dokumentacja rysunkowa jest bardziej zwarta i łatwiejsza do szybkiego przeanalizowania. W rysunku technicznym można wyodrębnić następujące typy przekrojów: pełny, półprzekrój, cząstkowy, obrocony (kład miejscowy), przesunięty (kład przesunięty), stopniowy, złożeniowy, pomocniczy (wyrwanie), łamany, niewidoczny. Zagadnienia te – definicje i przykłady – w odniesieniu do rysunku technicznego na płaszczyźnie zostały opisane w wielu pozycjach literaturowych [1, 10] i dlatego nie będą tutaj prezentowane.

PRZESTRZENNA WIZUALIZACJA WNĘTRZA KONSTRUKCJI 3D

Tworząc modele trójwymiarowe obiektów technicznych również spotykamy się z zagadnieniem właściwego pokazania szczegółów wewnętrznych. Nie chodzi jednak w tym przypadku tylko o możliwość utworzenia stosownego przekroju, który będzie rzutowany na płaszczyznę. Celem pracy jest pokazanie metod i narzędzi służących do odsłonięcia wewnętrznej budowy pojedynczych obiektów oraz konstrukcji składających się z wielu elementów, i przedstawienie ich w trójwymiarowej wirtualnej prze-

strzeni. Należy w tym miejscu wyjaśnić, że tworzenie przekrojów jest możliwe, gdy w procesie generowania trójwymiarowych obiektów posługiwaliśmy się modelowaniem bryłowym. Model bryłowy, jako jedyny, składa się z powierzchni oraz wnętrza ograniczonego przez te powierzchnie. Nie można więc uzyskiwać przekrojów w przypadku, gdy zastosowano modelowanie powierzchniowe lub szkieletowe. Należy przy tym odróżnić zagadnienie techniki modelowania od sposobu wizualizacji obiektu 3D na monitorze komputerowym [2, 3, 8, 10].

W modelowaniu trójwymiarowym istnieje niepowtarzalna sytuacja, w której możemy szybko i bez zbytecznych nakładów pokazać w jednym ujęciu modelowany obiekt tak, aby widoczne były wszystkie istotne szczegóły. Włączenie widoku poprzez polecenie ORBITA umożliwia takie obrócenie obiektu, że wszystkie istotne elementy zostaną pokazane w jednym ujęciu, rys. 1.



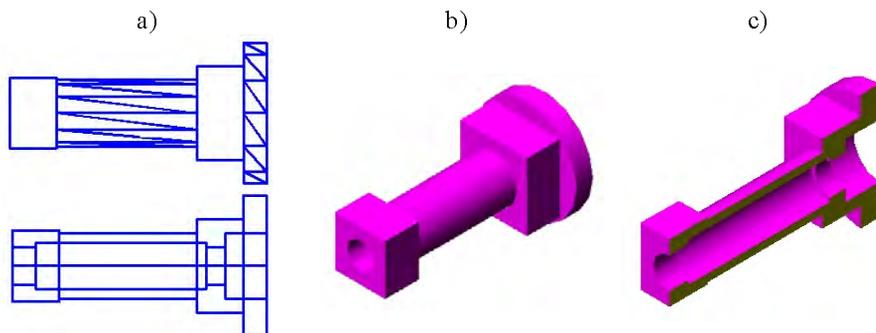
Rys. 1. Tarcza a) model krawędziowy 2D widok z boku; b) widok z góry; c) widok izometryczny obiekt po renderingu

Metody generowania przekrojów trójwymiarowych

Przekrój pełny powstaje po przecięciu płaszczyzną przekroju całego obiektu. W tym celu możemy użyć polecenia PŁAT. Opcje tego polecenia umożliwiają nam zachowanie tylko jednej części obiektu lub obu, jak to pokazano na rys. 2.

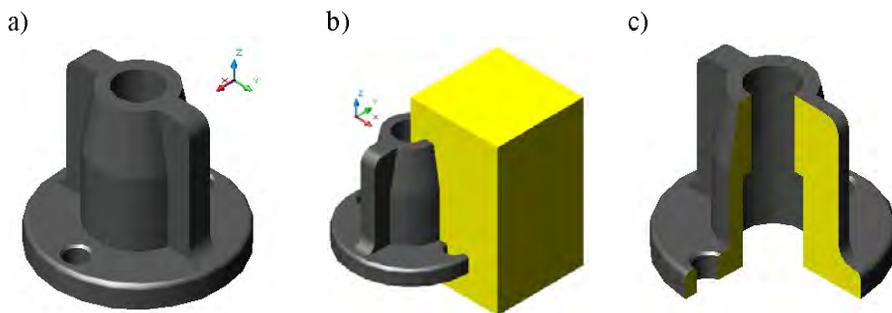
Uzyskanie właściwego końcowego efektu prezentowania przekroju w przestrzeni związane jest z poprawnym zastosowaniem procesu fotorealistycznej wizualizacji. Do tego celu można zastosować cieniowanie albo rendering. Na etapie przygotowywania przekrojów cieniowanie daje dobry efekt w krótkim czasie, ponieważ uzyskany obraz jest dodatkowo uplastyczniony poprzez wygenerowanie cienia. W przypadku stosowania polecenia RENDER, aby uzyskać realistyczny wygląd, należy dodatkowo zdefiniować między innymi typy i parametry oświetlenia.

W praktyce dobrym rozwiązaniem przy tworzeniu fotorealistycznego przekroju obiektu trójwymiarowego jest zastosowanie innego koloru do powlekania miejsca cięcia. Można to uzyskać wykorzystując polecenie KOLORUJ POWIERZCHNIĘ znajdujące się w pasku edycja brył, rys. 2c, lub rysując odejmowaną bryłę w tym kolorze, rys. 3b.



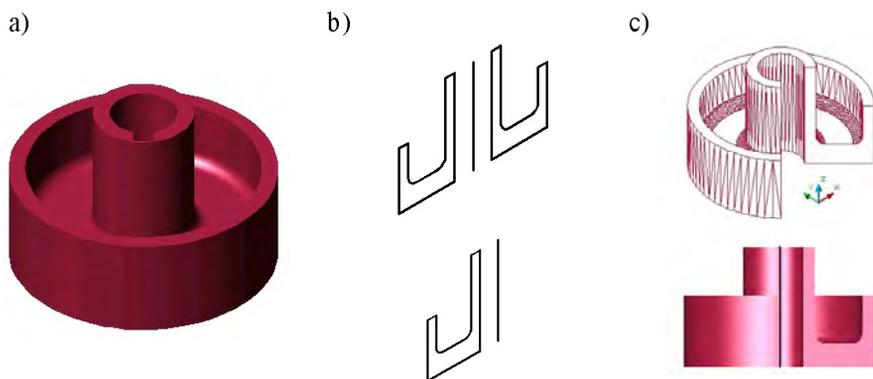
Rys. 2. Modelowany obiekt a) widok z boku, u góry model krawędziowy 3D, u dołu model krawędziowy 2D; b) widok izometryczny; c) widok izometryczny – przekrój

Półprzekroje stosujemy przedstawiając obiekty symetryczne. Taki przekrój tworzymy po przecięciu obiektu płaszczyzną przekroju tylko do osi symetrii. Pozostała część – półwidok – pozostaje bez zmian. W programie do tego celu nie możemy zastosować polecenia PŁAT, ponieważ nie ma opcji pozwalającej nam zdefiniować półpłaszczyznę. Półprzekrój możemy wykonać wykorzystując polecenie RÓŻNICA. W tym celu należy narysować prostopadłościan o wymiarach większych niż modelowany obiekt i umieścić go tak, aby jego krawędź znajdowała się w osi, jak pokazano to na rys. 3.



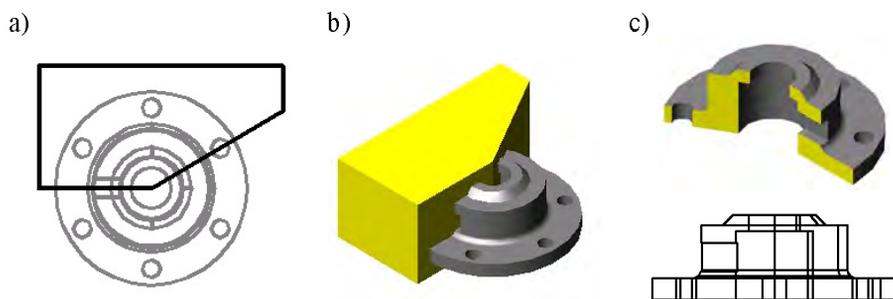
Rys. 3. Fazy tworzenia półprzekroju a) widok izometryczny obiektu; b) obiekt i kostka; c) półprzekrój

W przypadku obiektów w pełni symetrycznych, rysowanie półprzekrojów można z powodzeniem wykonać stosując polecenie PRZEKRĘĆ, rys. 4. Do uzyskania profilu obiektu należy wykorzystać polecenie PRZEKRÓJ, rys. 4b. Uzyskany profil należy rozdzielić stosując polecenie ROZBIJ, a następnie obrócić go względem osi własnej obiektu o kąt 270° , rys. 4c. Aby uzyskać dokładniejsze odwzorowanie kształtów obiektów obrotowych, należy wpisać wyższą wartość zmiennej systemowej FACE-TRES. Standardowa wartość zmiennej to 0.5, zaś zakres jej zmienności wynosi od 0.01 do 10 [4, 8].



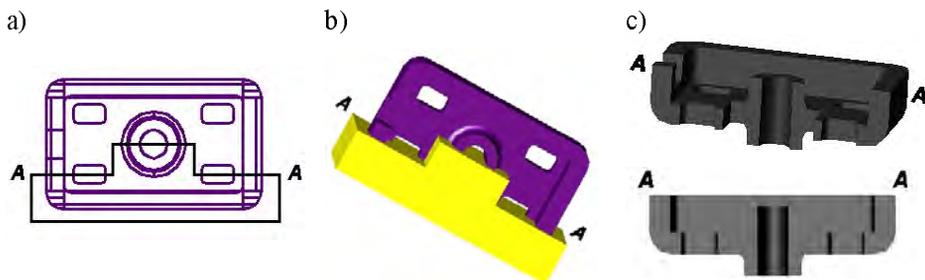
Rys. 4. Fazy tworzenia półprzekroju z wykorzystaniem polecenia PRZEKRĘĆ a) widok izometryczny obiektu; b) profil obiektu; c) półprzekrój

Przekrój łamany powstaje wtedy, gdy płaszczyzna przekroju zostaje załamana i dalej jest prowadzona pod zmienionym kątem. Na płaszczyźnie przekrój kreślony jest tak, jakby załamania nie było. Ten typ przekroju bardzo często stosowany jest do obiektów obrotowych. Do uzyskania takiego przekroju należy wykreślić wielokąt zamknięty, którego dwa boki będą pokrywały się z płaszczyznami przekroju (polecenia POLILINIA i REGION), rys. 5a. Następnie poleceniem WYCIĄGNIJ tworzymy bryłę o wysokości większej niż projektowany obiekt, rys.5b. Poleceniem RÓŻNICA odejmujemy ją od obiektu, rys.5c.



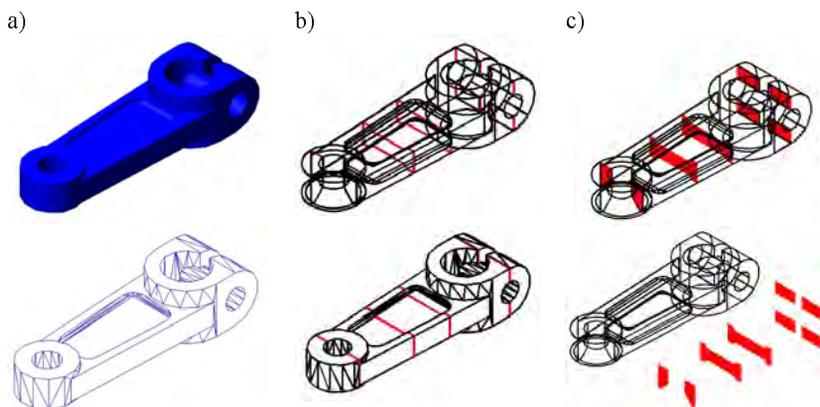
Rys. 5. Fazy tworzenia przekroju łamanego tarczy a) wykreślanie obrysu bryły; b) tworzenie bryły; c) przekrój łamany, widok izometryczny i rzut z boku

Przekrój stopniowy jest rodzajem przekroju pełnego, wykorzystującego płaszczyzny równoległe przesunięte względem siebie i przechodzące tak przez obiekt, aby pokazać jego ważne szczegóły. Przy rysowaniu przekroju odcinki prostopadłe do płaszczyzn przekroju są pomijane, rys. 6.



Rys. 6. Fazy tworzenia przekroju stopniowego a) wykreślanie obrysu bryły; b) generowanie bryły; c) przekrój stopniowy: widok izometryczny i rzut z boku

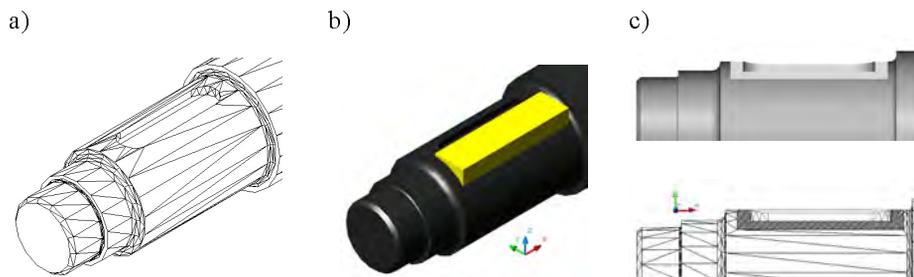
Przekrój obrócony różni się tym od przekroju zwykłego, że zostaje obrócony o kąt 90° . Natomiast przekrój przesunięty tworzymy w sytuacji, gdy nie ma na rzucie wystarczająco dużo miejsca na umieszczenie przekroju obróconego, rys.7c. W obu przypadkach należy wykorzystać polecenie PRZEKRÓJ. Wygenerowane automatycznie przekroje należy zakreskować poprzez zastosowanie polecenia KRESKUJ. W procesie tworzenia tych przekrojów należy pamiętać o właściwym ustawianiu lokalnego układu współrzędnych LUW i wskazywaniu miejsca generowania przekroju.



Rys. 7. Etapy generowania przekrojów a) modelowany obiekt w widoku po renderingu oraz obiekt z ukrytymi liniami; b) obiekt po wykonaniu polecenia PRZEKRÓJ; c) przekrój obrócony oraz przekrój przesunięty po zakreskowaniu

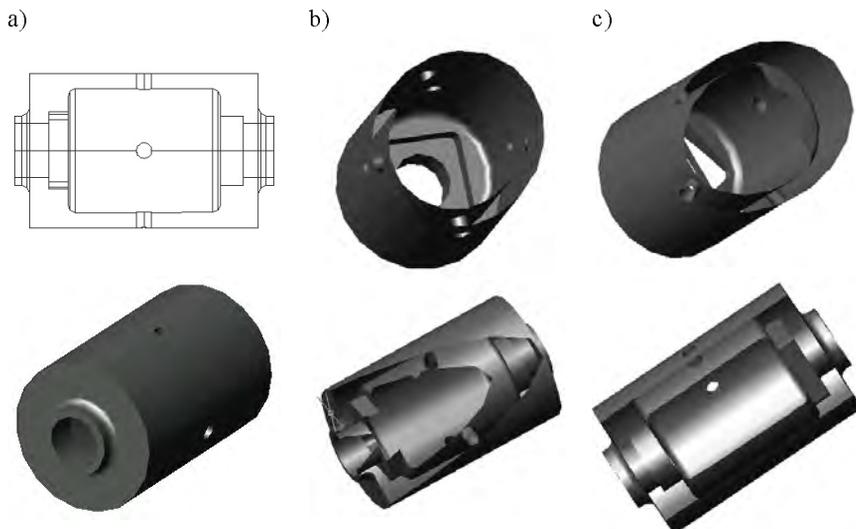
W przypadku prezentacji obiektu przy wykorzystaniu modelu krawędziowego bardzo często ułożenie linii zaciemnia obraz całości. Natomiast pokazanie przekrojów uplastycznia jego wygląd, rys. 7c.

Przekrój cząstkowy projektowanego elementu, zwany popularnie wyrwanieniem, stosowany jest do pokazania pojedynczego szczegółu. Możemy go wykonać generując prostopadłościan (polecenie KOSTKA) o odpowiednich wymiarach, wstawiając we właściwe miejsce modelowanego obiektu i odejmując, rys. 8.



Rys. 8. Fazy tworzenia przekroju cząstkowego a) modelowany obiekt; b) generowanie prostopadłościanu; c) przekrój cząstkowy, widok z boku

Pokazanie wewnętrznej budowy obiektu jest możliwe również bez wykonywania przekrojów. Można to zrealizować poprzez włączenie PŁASZCZYZN TNĄCYCH i uruchomienie polecenia ORBITA 3D. Dzięki temu mamy możliwość przedstawienia odpowiedniego widoku, a ustawione płaszczyzny tnące odetną wirtualnie przód i tył modelowanego obiektu, rys.9. Przy włączeniu płaszczyzn tnących można wykorzystać również polecenie CIĄGŁE KRAŻENIE 3D. Dzięki temu modelowany obiekt będzie krążył wokół zdefiniowanej przez projektanta osi obrotu, a płaszczyzny tnące będą odsłaniały jego wnętrze.

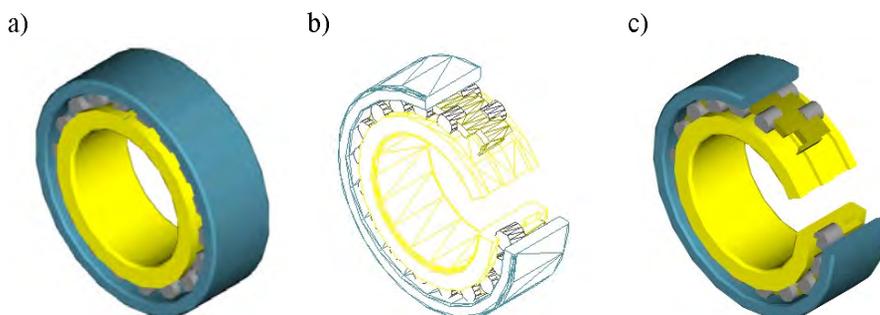


Rys. 9. Obiekt o skomplikowanym kształcie wnętrza a) widok z boku – model krawedziowy 2D oraz widok izometryczny po renderingu; b) widoki izometryczne po włączeniu przedniej płaszczyzny tnącej; c) u góry – widok izometryczny po włączeniu przedniej i tylnej płaszczyzny tnącej oraz, u dołu – przekrój wzdłuż osi

Metody wizualizacji obiektów złożonych

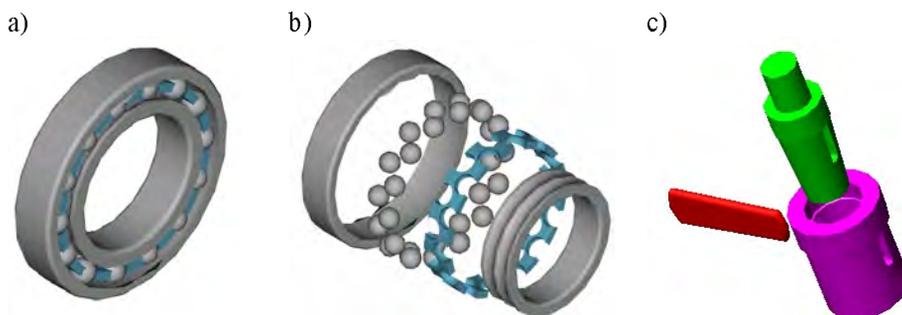
W przypadku prezentowania obiektów złożonych z wielu elementów składowych nie wystarczy zazwyczaj zastosowanie widoku izometrycznego nawet przy wykonaniu widoku w wielu rzutniach. Często stosowanym rozwiązaniem, które tylko częściowo ułatwia rozpoznanie elementów składowych, jest użycie różnych kolorów w trakcie rysowania. W brylowym modelowaniu 3D należy bezwzględnie pamiętać, aby nie sumować elementów składowych w jeden obiekt.

Praktycznym sposobem w przypadku przedstawienia obiektów złożonych posiadających oś symetrii jest pokazywanie poszczególnych elementów składowych tylko we fragmencie tak, aby nie zasłaniały one innych elementów, rys. 10. W tym celu należy wygenerować przekroje składowych elementów obrotowych (polecenie PRZEKRÓJ), a następnie stosując polecenie PRZEKREĆ wykonać obroty uzyskanych zarysów o kąt mniejszy niż 360° . Zarys elementu zewnętrznego powinien być obracany o mniejszy kąt niż zarys elementu wewnętrznego. Inne elementy konstrukcji powinny być odpowiednio odcinane lub usuwane, aby nie zasłaniały pozostałych elementów składowych, rys. 10b oraz 10c.



Rys. 10. Łożysko walczkowe dwurzędowe – widok izometryczny a) łożysko zmontowane; łożysko po wycięciu fragmentów elementów składowych: b) model krawędziowy 3D; c) model po renderingu

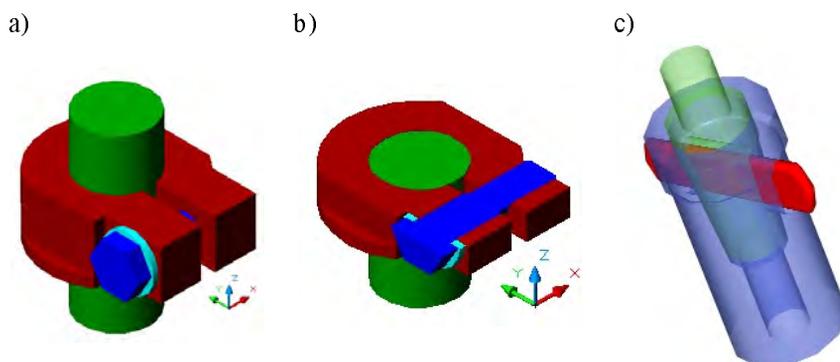
Często stosowanym sposobem pokazania wszystkich elementów składowych konstrukcji złożonej jest utworzenie widoku izometrycznego, w którym poszczególne części będą przesunięte względem siebie tak, aby nie zasłaniały się nawzajem, rys. 11. W tym celu należy użyć polecenia PRZESUŃ przy włączonej ortogonalności, dzięki czemu wykonywane przemieszczenia będą zawsze przeprowadzane wzdłuż osi układu współrzędnych.



Rys. 11. Obiekty złożone – widoki izometryczne: łożysko kulkowe dwurzędowe wahliwe a) zmontowane, b) rozmontowane; c) połączenie klinowe

Przekroje na rysunkach złożeniowych charakteryzują się tym, że w płaszczyźnie przekroju znajdują się niezależne od siebie elementy składowe. Przy rysowaniu takich przekrojów na płaszczyźnie, dla rozróżnienia poszczególnych części, stosujemy zróżnicowane kąty pochylenia oraz gęstości linii kreskowania, a w przypadku, gdy części wykonane są z różnych materiałów konstrukcyjnych, różne style kreskowania. Przy wizualizacji przestrzennej przekroju zmontowanego obiektu najlepiej jest odróżnić elementy składowe poprzez zastosowanie odmiennej kolorystyki części. Do wykonania przekroju należy zastosować polecenie PŁAT, rys. 12b. Do właściwego kolorowania powierzchni przekrojów elementów używamy poleceń zgrupowanych w pakiecie narzędziowym EDYCJA BRYŁ.

Nietypowym podejściem do przedstawienia wnętrza obiektów trójwymiarowych jest wykorzystanie polecenia RENDER i włączenie częściowej przezroczystości materiałów pokrywających model. W tym celu do generowania realistycznego pokrycia projektowanego modelu należy zastosować technikę występującą pod nazwą



Rys. 12. Obiekty po montażu – widoki izometryczne: połączenie zaciskowe a) obiekt kompletny, b) przekrój; c) połączenie klinowe – rendering z włączeniem przezroczystości kolorów

ŚLEDZENIE PROMIENI. W tym przypadku mamy możliwość dołączenia z biblioteki materiałów bitmap reprezentujących rzeczywiste materiały pokryciowe. Program AutoCAD pozwala projektantowi na ustawienie wielu parametrów zastosowanego materiału, między innymi – stopnia przezroczystości. Na rys. 12c pokazano wygląd zmontowanego połączenia z użyciem klina poprzecznego po zastosowaniu materiałów powlekających typu kolorowe szkła z właściwie ustawionymi przezroczystościami.

WNIOSKI

Poprawne pokazywanie wewnętrznej budowy modelowanych obiektów 3D nie jest sprawą prostą i oczywistą. Wymaga zarówno wiedzy o stosowanych w technice różnych typach przekrojów, a także sposobach ich tworzenia w wirtualnej przestrzeni. Praktyczne wykonanie takich przekrojów prowadzi do jednoczesnego zastosowania wielu narzędzi należących do różnych kategorii: narzędzi do rysowania, edycji, lokalizacji precyzyjnej, do definiowania i zarządzania warstwami, do sterowania położeniem i orientacją lokalnego układu współrzędnych, a także narzędzi do uzyskiwania końcowego widoku modelowanego obiektu (rzutnie, widok, cieniuj, render, orbita).

Czytelne przedstawianie w przestrzeni obiektów złożonych z wielu elementów składowych jest istotne z punktu widzenia zrozumienia budowy i zasady działania modelowanej konstrukcji. Najprostszym sposobem wydaje się zastosowanie przesuwania elementów składowych konstrukcji względem siebie. Takie działanie nie wymaga od konstruktora stosowania skomplikowanych poleceń oraz procedur, i szybko prowadzi do uzyskania właściwego efektu końcowego. Oryginalnym podejściem jest wykonywanie renderowania modelu z włączoną częściowo przezroczystością materiałów pokrywających go.

Literatura

1. Dobrzański T.: *Rysunek techniczny maszynowy*. WNT, Warszawa 2005.
2. Kania L.: *Podstawy programu AutoCAD – modelowanie 3D*. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2007.
3. Matthews B.: *Podstawy rysowania w przestrzeni. AutoCAD 2000 3D*. wyd. Helion, Gliwice 2001.
4. Montusiewicz J.: *Komputerowe modelowanie obiektów 3D, zestaw ćwiczeń laboratoryjnych do programu AutoCAD*. Lublin-Snopków 2003.
5. Montusiewicz J.: *Metodologia nauczania komputerowego modelowania trójwymiarowego*. [W:] Świć A. (red.): *Systemy informatyczne w kształceniu technicznym*. Monografia. Societas Scientiarum Lublinensis, ss. 78–83, Lublin 2005.
6. Montusiewicz J., Czerkawska A.: *Specyfika tworzenia komputerowego zapisu obiektów technicznych*. [W:] Lenik K., Borowski G. (red.): *Komputerowe wspomaganie w technice*. Monografia. Societas Scientiarum Lublinensis, ss. 5–13, Lublin 2006.

7. Montusiewicz J., Drapała R.: Uwagi metodologiczne do trójwymiarowego modelowania stolarki budowlanej. [W:] Lenik K. Borowski G. (red.) *Komputerowe wspomaganie w kształceniu*. Monografia. Societas Scientarium Lublinitis, ss. 41–49, Lublin 2006.
8. Pikoń A.: *AutoCAD 2007*. Helion, Gliwice 2007.
9. Przybylski W., Deja M.: *Komputerowo wspomagane wytwarzanie maszyn, podstawy i zastosowanie*. WNT, Warszawa 2007.
10. Winkler T.: *Komputerowy zapis konstrukcji*. WNT, Warszawa 1997.

Streszczenie

W pracy zaprezentowano zagadnienia dotyczące wykonywania przekrojów obiektów modelowanych w przestrzeni trójwymiarowej oraz sposobów pokazywania obiektów złożonych. Opisano różne typy przekrojów, które są wykonywane podczas przygotowywania dokumentacji technicznej projektowanych części maszyn. Przedstawiono sposoby generowania tych przekrojów, prezentując narzędzia i algorytmy postępowania, a także liczne przykłady ilustrujące poszczególne fazy postępowania.

METHODS OF VISUALISATION OF THE INTERIOR OF 3D OBJECTS IN THE AUTOCAD PROGRAM

Summary

The study presents issues concerning making sections of objects modeled in three-dimensional space as well as ways of showing complex objects. Different types of sections are described, used in preparing the technical documentation of manufactured machine parts. The study shows ways of generating such sections, presenting tools and procedure algorithms as well as many examples illustrating individual stages of the procedures.