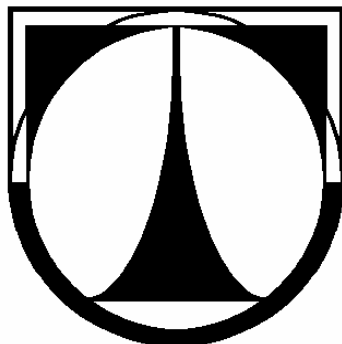


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

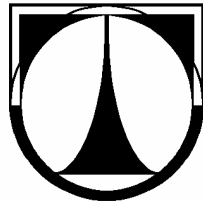


DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2008

EVA LETKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



**KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ AUTOSEDAČEK
POMOCÍ SOFTWARE DESIGNCONCEPT 3D**

**CONSTRUCTIONAL SOLUTION OF CAR
SEATS USING DESIGNCONCEPT 3D**

Diplomantka: Eva Letková
Vedoucí diplomové práce: Ing. Renáta Nemčoková
Konzultant: Ing. Alžbeta Svítková

Katedra: Oděvnictví
Zaměření: Oděvní technologie

Rozsah diplomové práce
Počet stran: 119
Počet obrázků: 225
Počet tabulek: 22
Počet příloh: 5

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 12. května 2008

.....

Podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí diplomové práce Ing. Renátě Nemčokové za konzultace a podporu při realizaci experimentální části, Ing. Alžbete Svítkové za poskytnuté odborné rady a pomoc při poznávání softwaru DesignConcept 3D, společnosti Proseat s. r. o. Mladá Boleslav za poskytnutí pěnového sedáku, Milanu Pluhařovi a jeho kolegům ze společnosti HMB, spol. s r. o. Liberec za praktickou pomoc při realizaci experimentální části a v neposlední řadě i svým rodičům za umožnění studia na vysoké škole.

Abstrakt

Tato diplomová práce vznikla za účelem poznání a porozumění softwaru DesignConcept 3D a rovněž je průzkumem do oblasti průmyslového designu. Software DesignConcept 3D od francouzské společnosti Lectra je jeden z mnoha CAD systémů, který dokáže vytvořit model a rozložit jej do 2D. Tento software byl převážně navržen pro automobilový průmyslový design, konkrétně pro konstrukční řešení autosedaček. Diplomová práce je rozdělena do čtyř částí.

První část pojednává o historii a vývoji CAD až po současnost. Je v ní možné nalézt charakteristiky nejznámějších a nepoužívanějších CAD/CAM/CAE systémů. Zabývá se i hardwarovým zařízením, digitalizací (snímací zařízení a metody snímání) a technologií Rapid Prototyping, která je důležitá právě v oblasti průmyslového designu.

Druhá a třetí část je zaměřena na rozbor základních funkcí při tvorbě 3D modelů v programu DesignConcept 3D. Jsou zde i postupy u jednotlivých funkcí a 3D modelů. Na přiloženém DVD jsou výuková videa jednoduchých konstrukcí reálných 3D modelů.

Čtvrtá část je experimentální. Obsahuje stručný postup konstrukčního řešení spodního sedáku z reálné autosedačky v softwaru DesignConcept 3D. Podrobný postup je na přiloženém DVD.

Diplomová práce byla vytvořena z dostupných pramenů a konzultací v oblasti 3D modelování.

Abstract

This master thesis has been put down in order to gain knowledge and understanding of the DesignConcept 3D software and represents also a research in the industrial design sphere. Developed by the French company Lectra, the DesignConcept 3D software is one of the many CAD systems which are able to develop a model and display it in 2D. This software has been predominantly put up for the uses of the car-oriented industrial design, specifically for the construction solutions of car seats. The diploma thesis is divided into four parts.

The first part explores the history and development of CAD until the present. Further, characteristics of the best known and most used CAD/CAM/CAE systems are to be found here. This section also discusses hardware equipment, digitalisation (scan equipment and scanning methods) and the Rapid Prototyping technology which is important specifically in the industrial design.

The second and third parts are focused on the analysis of the functions for designing 3D models in the DesignConcept 3D programme. Furthermore, the sections include processes of the specific functions and 3D models. On the enclosed DVD, tutorial videos showing easy constructions of real 3D models can be found.

The fourth part is experimental. It includes a brief process description of a construction solution of a lower seat of a real car seat according to the DesignConcept 3D software. A detailed process description can be found on the enclosed DVD.

The diploma thesis has been completed with the help of available resources and consultations in the 3D modelling area.

KLÍČOVÁ SLOVA

CAD/CAM/CAE systémy

Digitalizace

Rapid Prototyping

2D entity

3D tvary

Booleovské operace

KEY WORDS

CAD/CAM/CAE systems

Digitizing

Rapid Prototyping

2D entities

3D shapes

Boolean operations

OBSAH

Software a hardware používané pro průmyslový design

1	Software a hardware používané pro průmyslový design	str.14
1.1	Historie CAD	str.15
1.1.1	Rastrová grafika	str.16
1.1.2	Začlenění ploch	str.16
1.1.3	Standardizace hardware	str.16
1.1.4	Kreslení a modelování	str.17
1.1.5	Současnost CAD	str.17
1.2	Nejpoužívanější CAD systémy pro 3D modelování	str.18
1.2.1	AutoCAD	str.18
1.2.2	Catia V5	str.19
1.2.2.1	Vlastnosti a přednosti softwaru CATIA	str.21
1.2.3	Inventor od společnosti Autodesk	str.22
1.2.4	Pro/Engineer	str.23
1.2.5	Rhino	str.24
1.2.6	SolidWorks	str.26
1.2.7	Unigraphic (dnes již NX)	str.26
1.2.8	Vstupní a výstupní zařízení CAD systémů	str.27
1.2.8.1	Trackball	str.27
1.2.8.2	Spaceball	str.27
1.2.8.3	Spacemouse	str.28
1.2.9	Digitalizace	str.28
1.2.9.1	Mechanické skenery	str.28
1.2.9.2	Optické skenery	str.29
1.2.9.3	Laserové skenery	str.30
1.2.9.4	Destruktivní skenery	str.30
1.2.9.5	Ultrazvukové 3D skenery	str.31
1.2.9.6	Rentgenové 3D skenery	str.31
1.2.8.4	Plotter	str.32
1.2.8.5	„3D Tiskárna“ Rapid Prototyping	str.32
1.2.8.5.1	Stereolitografie	str.33

1.2.8.5.2	Selective Laser Sintering	str.33
1.2.8.5.3	Laminated Manufacturing	str.34
1.2.8.5.4	Solid Ground Curing	str.35
1.2.8.5.5	Fused Deposition Modeling FDM	str.36

Rozbor základních funkcí pro realizaci 3D objektů v programu DesignConcept 3D

2	Rozbor základních funkcí pro realizaci 3D objektů	str.37
2.1	Geometrie a grafika	str.39
2.1.1	Záložka CURVE (Křivka) – výpis funkcí z menu (entity)	str.39
2.1.1.1	Contour	str.44
2.1.1.2	Splines	str.45
2.1.1.3	Line	str.47
2.1.1.4	Sketch line	str.48
2.1.1.5	Rectangle	str.49
2.1.1.6	Circle	str.50
2.1.1.7	Arc Blend	str.50
2.1.1.8	Axes	str.51
2.1.1.9	Offset curve	str.51
2.1.1.10	Thickened curve	str.52
2.1.1.11	Standard curve	str.53
2.1.1.12	Copy edge	str.53
2.1.1.13	Isoparametric	str.54
2.1.1.14	Projection	str.55
2.1.1.15	Intersection	str.55
2.1.1.16	Planar section	str.55
2.1.1.17	Silhouette	str.56
2.1.1.18	Lines	str.56
2.1.1.19	Circles	str.57
2.1.1.20	Other curves	str.59
2.1.1.21	Trim	str.64
2.1.1.22	Extend	str.65
2.1.1.23	Cut	str.65

2.1.1.24	Merge	str.65
2.1.1.25	Chamfer	str.65
2.1.1.26	Spline link	str.66
2.1.1.27	Smooth	str.66
2.1.1.28	Sew	str.66
2.1.1.29	Transform	str.66
2.1.1.30	Souřadnicové systémy v záložce Tools	str.67
2.1.2	Záložka SHAPE (Těleso) – výpis funkcí z menu (entity)	str.68
2.1.2.1	Extruded	str.73
2.1.2.2	Revolved	str.73
2.1.2.3	Pipe	str.74
2.1.2.4	Flat	str.74
2.1.2.5	3-4 curves	str.75
2.1.2.6	Swept	str.76
2.1.2.7	Ruled	str.79
2.1.2.8	Loft	str.79
2.1.2.9	Constrained	str.79
2.1.2.10	Patchwork	str.80
2.1.2.11	Copy face	str.80
2.1.2.12	Block	str.80
2.1.2.13	Cylinder	str.81
2.1.2.14	Cone	str.81
2.1.2.15	Sphere	str.81
2.1.2.16	Dome	str.81
2.1.2.17	Draft sheet	str.82
2.1.2.18	Ruled Circular	str.83
2.1.2.19	Bottle	str.83
2.1.2.20	Booleovské operace	str.83
2.1.2.21	Trim	str.85
2.1.2.22	Transform	str.85
2.1.3	Ostatní důležité ikony a funkce	str.86

Výukové příklady tvorby 3D modelů podle vzorů

3	Výukové příklady tvorby 3D modelů podle vzorů	str.88
3.1	2D->3D	str.88
3.2	3D modelování na základě Booleovských operací	str.91
3.3	3D plošné modelování	str.100

Konstrukční řešení spodního sedáku autosedačky

4	Konstrukční řešení spodního sedáku autosedačky	str.108
4.1	Autosedačky	str.108
4.2	Experiment	str.108
4.3	Metoda řezů	str.109
4.4	Stručný grafický postup	str.110
5	Závěr	str.114
6	Seznam použité literatury	str.115
7	Seznam použitých obrázků	str.117
	Přílohy	

PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

\$	dolar (americký dolar je tvrdá měna)
2D	2 Dimension (2-rozměrné)
3D	3rd Dimension (třírozměrné, prostorové)
ACIS	Alan-Chris-Ian-Spatial (ACIS je registrovaná ochranná známka Spatial Technology, Boulder, CO a slouží pro ukládání drátěných modelů, popisů ploch a těles v jednoduché datové struktuře.)
BMP	Bitmapový obrázek (1/4/8/24 bit) nekomprimovaný
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
DWF a DWFX	typy souborů vyvinutých společností Autodesk
DWG	vektorový obrázek programu AutoCAD Graphics Interchange Format (komprimovaný bitmapový obrázek (8 bit), může být animovaný LZW kompresí)
GIF	kompresí)
HMD	Head Mounted Display
HW	Hardware (technické vybavení počítače)
IAM	počáteční adresa, obsazení, zpráva o počáteční adrese
IBM	International Business Machine
IGES	Initial Graphics Exchange Specification (reprezentace dvou nebo třírozměrných objektů) International Standardisation Organization, Deutsche Industrie Norm, American National Standards Institute
ISO, DIN, ANSI	Institute
Java	objektově orientovaný programovací jazyk, který vyvinula firma Sun Microsystems
JPG	Joint Photographic Experts Group (komprimovaný bitmapový obrázek (8/24 bit))
MKP/FEM	Metoda konečných prvků/Finite Element Method
NT	Network Termination (síťové zakončení)
NURBS	Non-Uniform Rational B-Spline representation (Open Graphics Library) je průmyslový standard specifikující multiplatformní rozhraní (API) pro tvorbu aplikací
OpenGL,	tvorbu aplikací
OS	Operační Systém
P1, P2, P3	Platforma 1, Platforma 2, Platforma 3
PCX	Z-Soft RLE komprimovaný bitmapový obrázek (8/24 bit)
PDP-11	Parallel Data Processing
PNG	Portable Network Graphics - LZ77 komprimovaný obrázek (8 bit/24bit)
PTC	Parametric Technology Corporation
RISC	Reduced Instruction Set Computer
SGI	Silicon Graphics Inc.
SQL	Structured Query Language (databázový soubor) (též označovaný jako Targa) jeden ze souborových formátů pro ukládání rastrové počítačové grafiky
TGA	grafiky
TIF	Tagged Image File (Bitmapový komprimovaný obrázek (8/16/24 bit))
UNIX	původně Unics, podle Unary Information and Computing Service, OS

\cap	matematický symbol pro průnik
U	matematický symbol pro sjednocení
°C	stupeň Celsia (vedlejší jednotka SI)
aj.	a jiné
algoritmy	posloupnost konečného počtu elementárních kroků vedoucí k vyřešení úlohy
atd.	a tak dále
CAx	obecný termín pro skupinu softwarových nástrojů CAD, CAM a CAE (Computer Aided Engineering)
CMM	Control Measuring Machine
CNC	Computer Numerical Control
df	ohnisková vzdálenost
digitalizace	převod analogového signálu na digitální
element	prvek
entita	zcela obecně může obsahovat jakoukoliv přesně definovanou množinu dat
evolventa	tvořena množinou bodů, kterými prochází bod přímky
FDM	Fused Deposition Modelling
LM	Laminated Manufacturing
lokální	těž lokální extrém, bod, ve kterém funkční hodnota vyšší než funkční hodnota bodu v okolí
maximum	
mm	milimetr – tisícina metru v SI
např.	například
NC	Network computer
NX	(dříve Unigraphics) je komplexní CAD/CAM/CAE systém
Obr.	obrázek
PDM	Product Data Management (Databázový systém využívaný pro řízení veškeré dokumentace, výkresů a ostatních dat, která jsou relevantní k výrobku.)
primitiva	geometrické prvky
prototyp	první zkušební výrobek
Př.	příklad
PUR	značka pro polyuretanu
rendering	tvorba reálného obrazu na základě počítačového modelu, nejčastěji 3D.
RP	Rapid Prototyping
s. r. o.	společnost ručením omezeným
SGC	Solid Ground Curing
SLS	Selective Laser Sintering
STL	výstupní formát z CAD, který se používá při stereolitografii
tab.	tabulka
triangulace	geodetická metoda určování polohy důležitých měřických bodů zaměřováním trojúhelníkové sítě
tzv.	tak zvané
USA	United States of America
UV	UltraViolet (ultrafialové záření)
vč.	včetně

Úvod

Průmyslový design vznikl během průmyslové revoluce. Na rozdíl od grafického či oděvního, měl průmyslový design již od samého vzniku s lidmi problém. Novost. Člověk nebyl zvyklý „tahať“ si stroje domů, vynálezy se hromadily, měšťané jim příliš nerozuměli a rozhodně neměli chuť se na ně dívat. Na druhou stranu je ale lákaly a zvyšovaly úroveň jejich života.

[Citace z <http://www.czechdesign.cz/index.php?status=c&clanek=1409&lang=1>]

Tato citace z webových stránek organizace českých designérů vypovídá o tom, že průmyslový design není žádný nově vzniklý obor. Práce je tvořena způsobem, který má neznalému čtenáři ukázat všechny potřebné oblasti tohoto oboru. Jednou z oblastí průmyslového designu je i geometrie a grafika.

V současné době, ne jako za dob průmyslové revoluce, se pro tvorbu návrhu používají počítače s dokonalým softwarovým a hardwarovým vybavením. Tato práce nabízí čtenáři stručný pohled do historie využívání prvních počítačů pro geometrii a grafiku. Dále nabízí přehled nejznámějších a nejpoužívanějších softwarů pro průmyslový design. U softwarů jsou vybrány vlastnosti, možnosti použití, principy a zároveň porovnání s ostatními softwary stejné skupiny tak, aby i neznalý čtenář věděl o nejpoužívanějších softwarech na českém trhu alespoň něco.

Stejně jako je software důležitý pro práci na vytvářeném návrhu, či modelu, tak je i dobrým pomocníkem přizpůsobený hardware. Při práci v CAD systémech usnadňují manipulaci přídatná zařízení; jako Trackball, Spaceball aj. O těchto přídatných zařízeních běžný uživatel ani neví, neboť si vystačí jen s myší. Zařízení byla uzpůsobena pro konstruktéry a designéry, kterým usnadňují manipulaci s vytvářenými modely, návrhy. Jsou zahrnuta v této práci.

Hotový návrh, model se musí prezentovat a to umožňují výstupní hardwarová zařízení. U 2D návrhů jsou to výkresy tištěné na plotteru a u 3D modelů se používá metoda Rapid Prototyping. Typy a hlavní principy této metody jsou obsaženy v práci, aby okouzlili neznalého čtenáře.

Dokonalost tvořeného modelu zaručují i přesná data jako rozměry vzoru. Získat co nejpřesnější rozměry o vytvářeném vzoru umožňuje digitalizace. Co je to digitalizace? A jaké metody a typy se používají? Je obsaženo v této práci.

Název práce; Konstrukční řešení autosedaček pomocí softwaru DesignConcept 3D, naznačuje, že se tato práce zabývá konkrétním softwarem pro průmyslový design. Software DesignConcept 3D je na trhu neznalá novinka. Dosud neexistuje žádný stručný ani podrobný český manuál k tomuto softwaru. Proto tato práce obsahuje alespoň základní (obsah softwaru je rozsáhlá záležitost) rozbor a popis funkcí pro tvorbu 3D modelu. Snaží se ukázat a popsat čtenáři a budoucímu uživateli softwaru, co nejnadhěji funkce a vlastnosti funkcí na příkladech tvorby jednoduchých 3D modelu. Příklady a některé postupy u jednotlivých funkcí byly čerpány z anglického manuálu programu. Tyto postupy byly přeloženy, odzkoušeny, neboť i sama autorka byla nováčkem pro software DesignConcept 3D.

Dalo by se říci, že půl rok práce v softwaru DesignConcept 3D stačí k tomu, aby byl čtenář schopen zhotovit 3D model sedáku z přední autosedačky podle skutečného vzoru za pomoci základních konstrukčních znalostí, anglického manuálu a konzultací se softwarovou podporou.

1 Software a hardware používané pro průmyslový design

1

Průmyslový design je dynamicky se rozvíjející obor na rozhraní průmyslu a umění se vztahem k reklamě a módě. Po designérovi se vyžaduje nejen technická znalost softwaru, kreativita, ale hlavně tvůrčí a samostatná činnost. V současné době je trendem nejen kvalitní a funkční produkt, ale aby ten produkt i vzhledově dobře vypadal. Tzv. aby měl dobrý „*Styling*“¹, neboť i to hraje velkou roli při prodeji navrhovaného produktu.

Software, který je používán pro průmyslový design, neobsahuje jen speciální skupinu modulů určenou jen pro návrháře vzhledu produktu. Většinou jsou v něm zaintegrované moduly pro další zpracování, kdy na řadu přichází konstruktér, který požadovaný návrh zabezpečí zkvalitní a zfunkční. Tím se zkracuje čas a náklady na celkovou potřebnou přípravu výroby produktu.

Software pak obsahuje tzv. CAD/ CAM/ CAE, kdy v praxi to vypadá tak, že již v určité rozpracovanosti modelu lze současně provádět pevnostní a kinematické výpočty, v případě i další analýzy a simulace. Souběžně s projektanty mohou konstruktéři zpracovávat výkresovou dokumentaci, technologové mohou připravovat NC programy. To znamená, že model, který je určujícím prvkem, na němž jsou prováděny všechny modifikace, které se přenášejí do všech rozpracovaných aplikací.

CAD (Computer Aided Design) = počítačem podporované projektování nebo také počítačem podporovaný návrh, používá se počítačových programů místo rýsovacího prkna. Nabízený software pro CAD lze rozdělit na 2D nástroje a 3D modeláře. Využívá se speciálních verzí pro strojírenství, architekturu, stavebnictví, mapování a dalších.

CAE (Computer Aided Engineering) = počítačem podporované konstruování, kde se jedná o technické výpočty a navrhování (simulace, testování, analýzy MKP/FEM²)

CAM (Computer Aided Manufacturing) = počítačem podporovaná výroba, což znamená řízení a automatizace výroby např. obráběcích strojů, cutterů, robotů

1 [stajling] tvarování předmětů pro vnější estetický dojem a funkčnost

2 MKP/FEM = Finite Element Metod/Metoda Konečných Prvků-numerická metoda umožňující analytické řešení řady inženýrských problémů. Nalezení aproximovaného řešení jakýkoliv dějů, které lze popsat diferenciálními rovnicemi.

1.1 Historie CAD

1.1

Prvopočátek kreslení na počítači je spojen s vynálezem světelného pera v roce 1950. Namalovaný obraz zůstával elektrostaticky zachycen na stínítku obrazovky, která sloužila zároveň jako paměť. Nápadu se, jak už to bývá, ujala armáda a tento vynález využila u protivzdušné obrany. Počítač TX-2 (nejsilnější počítač světa, v té době) vypočítával budoucí trasu letadla na základě dat vložených právě světelným perem.

Myš, jak ji známe dnes, byla v té době neznámá a do roku 1965 se kreslilo světelným perem na obrazovku jako na digitální papír. Světelné pero později nahradil tablet.

V roce 1960 se mladý student, Ivan Sutherland pracující jako asistent v MIT, rozhodl udělat svojí Ph.D. disertační práci zaměřenou na aplikaci počítačů v počítačové grafice a návrhu. Projektem byl kreslící program dokončený v r. 1962 a nazýval se Sketchpad. Mnohými je označován za začátek historie CAD. Podobné aktivity v tomto oboru vyvíjela i firma General Motors ve spolupráci s IBM (DAC-1). V r. 1966 Sutherland vynalezl HMD (Head Mounted Display), jak název napovídá, jednalo se o prapředka virtuální reality. Toto období je charakteristické použitím velkých počítačů, vektorově zobrazujících terminálů a softwarem napsaným v assembleru² velmi primitivním způsobem. Vlastnictví takového zařízení bylo výsadou velkých automobilek a vývojových laboratoří. Širšímu použití bránila obrovská cena.

Nástup minipočítačů a hardwarová zlepšení zobrazovačů firmou Tektronix pomohla snížit cenu a akcelarovat rozšíření. Typický systém řady PDP-11 byl v roce 1970 složen z 16-ti bitového počítače s 8-16 kB hlavní paměti, diskem o velikosti 2,5-10 MB pro data a 11-ti palcovou obrazovkou. Kreslící software se většinou omezoval na jednoduché 2-rozměrné úlohy. Operační systém si buď výrobce počítače napsal od začátku podle svého návrhu, nebo prostě zmodifikoval konkurenční produkt. O systém se dělili až 4 uživatelé. Cena se pohybovala od \$100 000 do \$600 000. Grafika dlouho zůstávala vektorová. O větší rychlosti práce proti klasickému rýsování se příliš nedalo mluvit, například chtěl-li konstruktér smazat 1 čáru, musel celou obrazovku smazat a pak dlouho čekat než se znovu všechno zpátky postupně vykreslí na obrazovku.

2. assembler je programovací jazyk velice blízký strojovému kódu, též se nazývá jazyk symbolických adres. Název *assembler* se používá i pro překladač, který tento jazyk překládá do strojového kódu.

1.1.1 Rastrová grafika

1.1.1

Použití rastrové grafiky jak ji známe dnes se poprvé objevuje až koncem roku 1978. Na obrázku je CAD pracovní stanice IBM 6090, obrazovka má už poměrně dobré rozlišení 1024x1280 s 24bitovou hloubkou barev.



Obr. 1 CAD pracovní stanice IBM 6090 [1]

V tuto dobu se začínají hýbat ledy také v počítačové grafice, vymýšlí se výpočetní algoritmy pro zobrazování skrytých ploch. Významným způsobem na zrodu klasické grafiky se podílela Univerzita ve státě Utah, přitahující budoucí zakladatele a manažery velkých firem jako je SGI, Adobe, atd. V roce 1979 je specifikován známý 3D průmyslový standard pro výměnu dat mezi konstrukčními systémy - IGES (Initial Graphic Exchange Specification), který je do dnes uznáván.

1.1.2 Začlenění ploch

1.1.2

Modelování těles s trojrozměrnou grafikou ploch a renderováním se objevuje v kreslicím programu typu ARCH MODEL v roce 1980 jako nadstandardní modul. Do té doby samotný model existoval pouze v drátěné podobě. Iluze plochy modelu se vytvářela sítí čar.

1.1.3 Standardizace hardware

1.1.3

V tuto dobu Intel zahajuje novou generaci procesorů x86. Vyvíjí se pracovní stanice založené především na procesorech typu RISC od firem známých jmen jako např. Apollo, Sun, Hewlett-Packard, IBM, Digital, a později Silicon Graphics. Výpočetně náročné, stále dokola opakující se výpočty transformací grafických souřadnic se postupně implementují přímo do HW grafické karty, takže se ušetří výpočetní čas procesoru. Několik organizací tou dobou začalo vyvíjet kreslicí software schopný provozu také na počítačích „laciné třídy“. Objevují se grafické editory typu VersaCAD, AutoCAD, CADkey, MicroCADAM, atd.

1.1.4 Kreslení a modelování

1.1.4

Postavení takovýchto grafických editorů bylo dominantní především ve 2D. Modelování ve 3D sloužilo především k ověření základní myšlenky návrhu, nikoliv jako konstrukční přístup. Jestliže se po namalování základního obrysu vytvořil trojrozměrný model, pak jakékoliv dodatečné změny ve tvaru nebo rozměrech modelu se daly dělat dost komplikovaně. Někdy bylo výhodnější celý model prostě smazat a vytvořit znovu. Takový způsob návrhu postrádá eleganci, je časově náročný a pracný. Velkou část času určenému k návrhu designér musel využít neefektivním způsobem. Často objemový model z důvodu nedostatku času designér ani nevytvářel, což se nedobře projevovalo v realitě. A tak se začíná rodit myšlenka parametrického modelování. Základní paradigma parametrického modelování spočívá ve hrubém naskicování tvaru, zakótování (definují se takto parametry) a pak postupného zpřesňování návrhu přes parametry až do konečné podoby. Kóty jsou atributy tvaru na rozdíl od staršího paradigmatu, kde se rozměry modelu zadávaly jaksi natvrdo, výkresová část modelu nemusela vždy odrážet skutečný stav modelu. To často vedlo k fatálním chybám. Se systémy tohoto typu je možné se setkat do dnes. V roce 1988 se na trhu objevuje produkt firmy PTC Pro/Engineer. Koncepti parametrického modelování brzo přejímají další produkty jako např. Solid Edge, SolidWorks, Unigraphics, atd.. Od roku 1993 se postupně mění dominantní platforma založená na operačním systému UNIX. Stále více CAD systémů pracuje pod operačním systémem Windows NT, který je do jisté míry schopen zajistit stabilitu.

1.1.5 Současnost CAD

1.1.5

Na provoz CAD systému už dávno není potřeba speciální grafická pracovní stanice. V podstatě výkonem dnes postačuje běžný kancelářský počítač s přiměřeně výkonnou grafickou kartou. Samozřejmě lepší monitor s úhlopříčkou nad 17 palců je pro takovou práci vhodnou investicí. Současné CAD software se snaží svojí koncepcí nezatěžovat designéra příliš speciálními znalostmi. Umožňuje tak tvůrčí síly soustředit především na samotný problém.

1.2 Nejpoužívanější CAD systémy pro 3D modelování

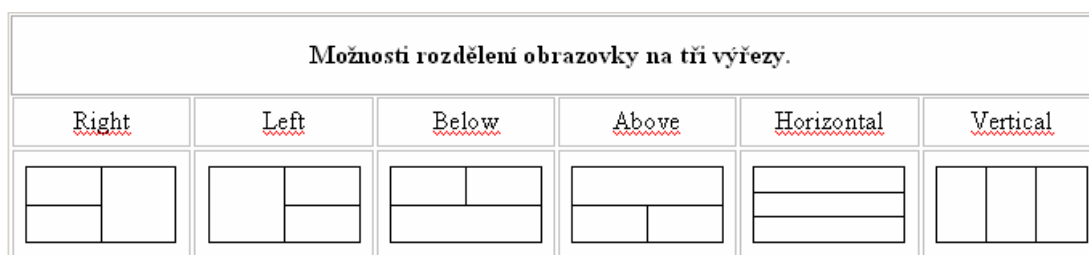
1.2

1.2.1 AutoCAD

1.2.1

CAD systém firmy Autodesk, který se ovládá z nabídky menu, ikonkami a nebo příkazy. Umožňuje vytvářet tři různé typy prostorových objektů, které se liší zejména svými vlastnostmi a možnostmi dalších úprav. Tyto objekty jsou předdefinované programem.

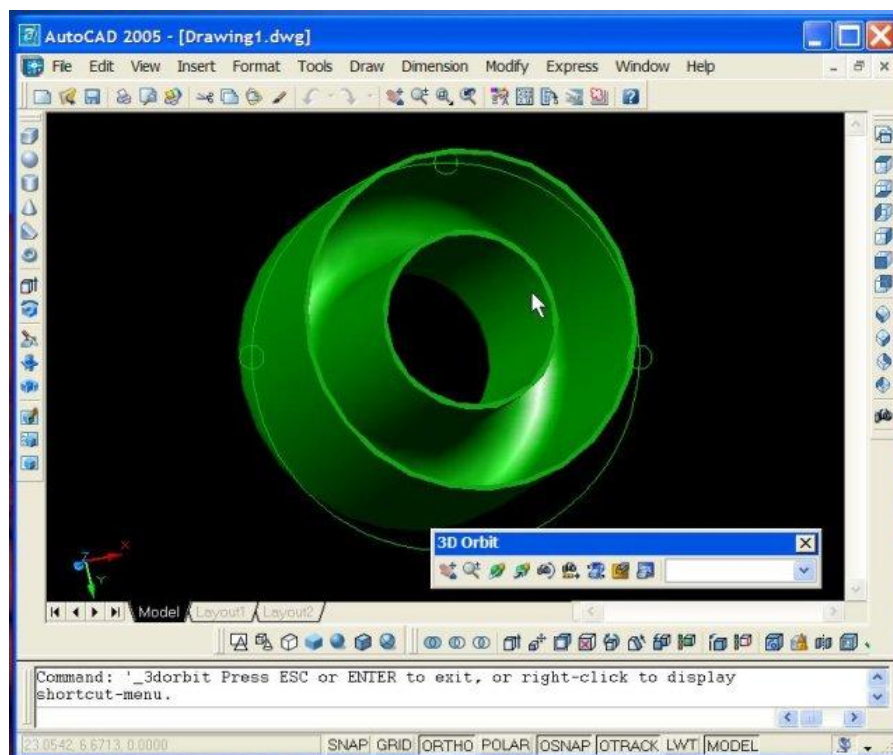
AutoCAD podobně jako jiné programy používá možnosti rozdělení obrazovky na několik částí tzv. View Ports. Kreslený model je pak možno zobrazit do několika různých pohledů, které je možno vidět současně (půdorys, nárys, či výřez detailu). Pozor si je dávat na změnu souřadnicového systému u různých pohledů. Na obrázku je možno vidět několik možných variant rozdělení obrazovky. Do jednotlivých výřezu se přepíná myší.



Obr. 2 Rozdělení obrazovky [2]

V oblasti vizualizace je AutoCAD vybaven perspektivními pohledy, což jsou pohledy z různých úhlů, vzdáleností, dále si je možnost zvolit materiál, z kterého bude konstruovaný výrobek vyroben. Je možnost si vybrat v nabízené knihovně materiálů a nebo vložit svůj materiál ve formě vytvořených grafických formátů BMP, PNG, JPG, TGA, TIF, GIF, PCX. AutoCAD dokáže modelovanému tělesu, výrobku, přitvořit umělé barevné pozadí (př. stromy, lidi, auta, jedná-li se o oblast architektury)

Podrobnosti o tvoření 3D modelů v programu AutoCAD viz. *Příloha A*



Obr. 3 Pracovní plocha programu AutoCAD 3D [3]

1.2.2 Catia V5

1.2.2

(Computer-Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application)

Je na rozdíl od programu AutoCAD vyspělý 3D plně integrovaný CAD/CAM/CAE/ systém softwarové francouzské firmy Dassault Systemes a v současné době představuje špičku mezi softwary v oblasti průmyslového designu a následně inženýrsky, konstrukčně řešeného 3D modelu. Využívá přehledného a uživatelsky nenáročného pracovního prostředí. Je to systém, který se používá v široké škále průmyslových oborů, kde si zachovává své Know-how, výrobní parametry normy apod. V modelářském prostředí, je možnost následné generace sestav a výkresů. Plochy je možné intuitivně modelovat, vyhlazovat a renderovat. Konstrukteři mohou využít možné analýzy namáhání a simulace modelu. Jádro softwaru CATIA je uspořádáno do tří různých platform: P1, P2, P3, které specifikují požadavky designéra, konstruktéra.

- Platforma P1 – je určena pro základní modelování, pro malé a středně procesně orientované zákazníky
- Platforma P2 – je určena pro vytvoření unikátního digitálního prostředí podniku, čímž podporuje celý životní cyklus výrobku (počínaje návrhem až po provoz)
- Platforma P3 – obsahuje vysokou specifickou úroveň funkční výbavy pro designéry, konstruktéry a průmyslové komplexy

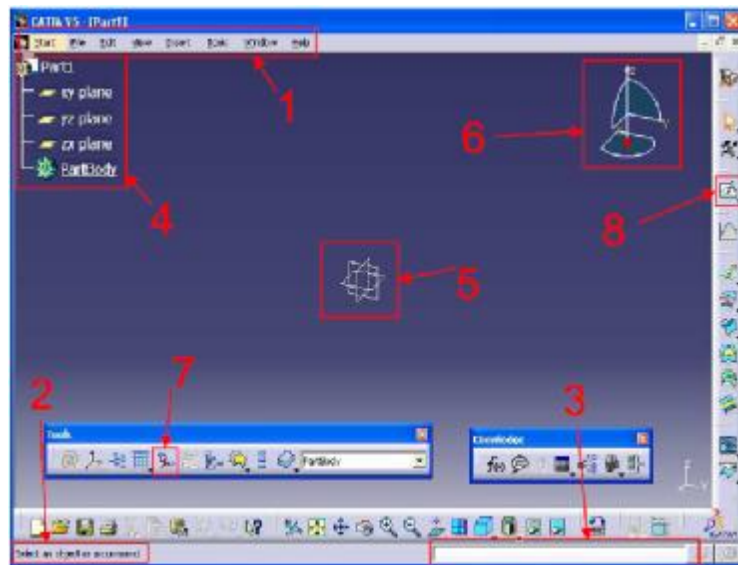
Konfigurace softwaru CATIA je speciálně sestavena pro jednotlivé profese a může obsahovat pouze moduly, které jsou vyžadovány, čímž se může snížit i pořizovací cena softwaru.

Typy modulů, vyskytujících se v softwaru CATIA viz. *Příloha B*

Pracovní prostředí softwaru CATIA a vůbec celá postupná konstrukce v ní vychází ze „hierarchické struktury“, kde je možnost, při jakékoliv změně, chybě či opravě provést krok zpět. Celkové ovládání softwaru CATIA je uživatelsky snadné, neboť po vybrání jednotlivého modulu, se zobrazí zabudované funkce ve formě grafických ikon na liště kolem pracovní plochy. Jediné, co se dá softwaru CATIA vytknout je barevné uživatelské rozhraní, vhodnější by bylo standardní „windows prostředí“ jako u většiny CAD systémů.

Záložka Start (první zleva) umožní vybrat požadovaný modul, který zobrazí dokola v pracovní liště používané grafické ikony. V pravém horním rohu se nachází orbit nebo kompas, kterým se otáčí konstruovaným modelem a vlevo je možné vidět historii konstruovaného modelu v hierarchické struktuře tzv. historii.

Na obrázku je ukázka pracovního prostředí z softwaru CATIA V5 po jeho spuštění. Okno **1** je **základní menu**, **2** **řádková nápověda**, **3** **příkazový řádek**, **4** – **strom** (hierarchická struktura), **5** **Part Body**, do kterého se zapisují všechny provedené operace, **6** **kompas** kterým se manipuluje s vytvářeným modelem, **7** je **ikona Create Datum**, jejíž aktivací se vypíná parametrizace tvorby součástí, dané operace pak je možno tvořit bez návaznosti (historie) na ostatní prvky. **8** je **ikona Sketcher**, po vybrání roviny nebo plochy se touto ikonou nastaví režim pro tvorbu náčrtu, ze kterého se vytváří 3D modely.



Obr. 4 pracovní plocha softwaru CATIA [4]

1.2.2.1 Vlastnosti a přednosti softwaru CATIA

1.2.2.1

Jak již bylo řečeno CATIA je "hybridní modelář", což znamená, že kombinuje v jednom modelu jak plošné (surface) tak i objemové (solid) elementy. Právě tato volnost při výběru modelářských technik a možnost je kdykoliv kombinovat, činí software CATIA tak silným systémem. Velkou výhodou je také možnost nepovinné parametrizace. Díky tomu se konstruktér může rozhodnout jestli díl zparametrizuje a využije tím výhod parametrických modifikací, nebo bude provádět změny prostřednictvím modifikací jednotlivých elementů. Všechny moduly a modelářské techniky jsou integrovány, takže změny jednotlivých modelů či elementů se okamžitě projeví i na souvisejících dílech. Samozřejmostí je podpora tvorby digitálního prototypu (Digital Mock-Up) a souběžného konstruování (Concurrent Engineering). CATIA V5 je systém založený na nových technologiích (OpenGL, Java ...), a používá tzv. specifikační modelářský systém. Ten umožňuje uchovávat designérské, konstrukční i výrobní specifikace jako součást modelu. Tím, že konstruktérovo i firemní know-how je uchováno v modelu, se usnadňují pozdější změny. Všechna uživatelská prostředí u různých typů platforem vypadají stejně, proto je snadné se je naučit používat.

CATIA podporuje UNIX-ové operační systémy nebo Windows.

1.2.3 Inventor od společnosti Autodesk (Inventor Suite, Inventor Professional)

1.2.3

Inventor Suite – je základní verze neobsahující CAE, ale pouze CAD

Inventor Professional - rozšířená verze obsahující navíc inženýrské výpočty MKP/FEM

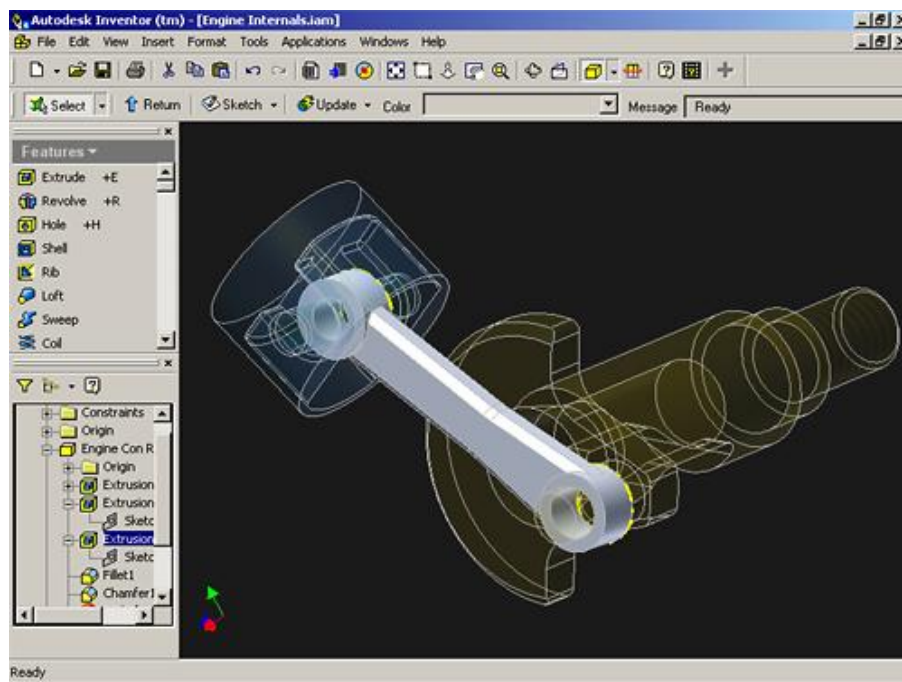
Inventor je parametrický, adaptivní 3D modelář, kterému konkurují softwary jako SolidWorks, Pro/ENGINEER, nebo Solid Edge. Tento software podporuje operační systémy Windows (Windows XP, Windows Vista) a je dodáván v 32bitové nebo 64bitové verzi.

Jeho předností je adaptivní a parametrické 3D navrhování a následná tvorba 2D výkresové dokumentace podobně jako u softwaru CATIA. Umí prezentovat, vizualizovat, animovat a spravovat konstrukční data a počítá s fyzikálními vlastnosti konstruovaného výrobku. Základ konstruování v softwaru Inventor tvoří součásti (parts, IPT), jejichž geometrie může být odvozena od parametrických 2D náčrtů (sketch). Tyto součásti pak mohou být kombinovány a vázány různými typy vazeb do sestav (assembly, IAM).

Při změně kóty, parametru nebo geometrie je automaticky přegenerována a aktualizována celá 3D sestava, včetně její výkresové dokumentace (pohledy, řezy, detaily, kusovníky). Vedle standardních nástrojů pro tvorbu objemových a povrchových 3D modelů obsahuje software Inventor rovněž funkce pro modelování plechových součástí, svařence, ocelové konstrukce. Modul Inventor Studio postavený na jádru mental ray nabízí pokročilý rendering a animace. Vestavěná SQL databáze "Obsahové centrum" obsahuje statisíce normalizovaných součástí (vč. ISO, DIN, ANSI) pro použití v sestavách.

Pro tvorbu výkresové dokumentace nabízí Inventor 2D funkce podobné programu AutoCAD a výkresy zpracovává ve formátu DWG (nebo IDW). Pracuje i s datovými formáty dalších 3D aplikací. Publikuje rovněž výkresy a modely do formátu DWF a DWFx (2D/3D).

I přesto je software Inventor vhodnější pro průmyslový design ve strojírenství. Jeho uživatelské rozhraní je sice o mnoho lepší než u předešlého softwaru CATIA, ale je poznat, že tento software je zcela uzpůsoben konstruování strojních součástí. Nabádá k tomu již zmiňovaná SQL databáze normalizovaných součástí. Snad jedině, co by se tomuto již dokonalému softwaru dalo vytknout je nepodporování UNIX-ových operačních systémů.



Obr. 5 Pracovní plocha softwaru Inventor – strojní součást [5]

1.2.4 Pro/Engineer

1.2.4

Je plně parametrický a asociativní CAD/CAM/CAE systém obsahující více jak 90 specializovaných modulů podporující celý proces vývoje nového výrobku od fáze návrhu konceptu až po přípravu výrobních dat a datový management. Jak již bylo řečeno, Pro/Engineer je konkurencí předchozího softwaru Inventor, a to počtem specializovaných modulů a hlavně podporováním UNIX-ových operačních systémů. Použití tohoto softwaru je všestranné jak je vidět na obrázcích.



Obr. 6- 8 Pro/ENGINEER by Dave Ehren

Pro/ENGINEER Version: **WF1**

Modelováno v Pro/Engineer [6-8]

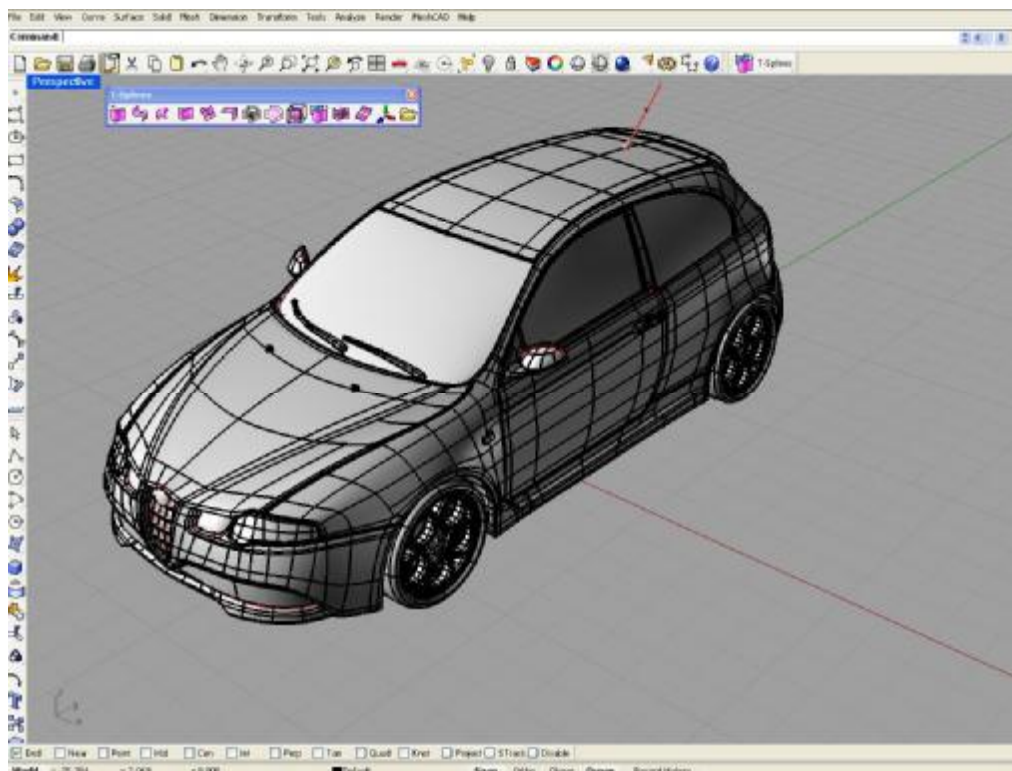
1.2.5 Rhino

1.2.5

Rhinoceros nebo Rhino 3D je software, o kterém píše výrobce, že umožní zhmotnit vaše fantazie od skici přes model a až po jeho konečnou výrobu. Rhino tedy patří mezi CAD/CAM systémy. Jeho využití je všestranné, neboť dokáže sdílet výkresy a modely ve formátu IGES, ACIS, Parasolid, DXF, DWG atd. s ostatními CAD softwary.

Software Rhino podobně jako ostatní CAD softwary dokáže vytvářet, editovat, analyzovat, dokumentovat, renderovat, animovat a převádět NURBS křivky, plochy, tělesa a polygonové sítě s neomezenou přesností, která je důležitá právě pro tvorbu designu, a výrobu prototypů od šperku až po letadlo. Jeho prioritou, oproti předešlému softwaru CATIA, a dalších softwarů je načítání a oprava extrémně poškozených souborů IGES. Liší se i cenou, je 20 až 50 krát levnější, dostupnější i na obyčejném domácím počítači a uživatelská podpora je i v češtině. Pro lepší zachycení fyzických modelů podporuje software Rhino i 3D digitizéry (MicroScribe, FaroArm, Romer/Cimcore).

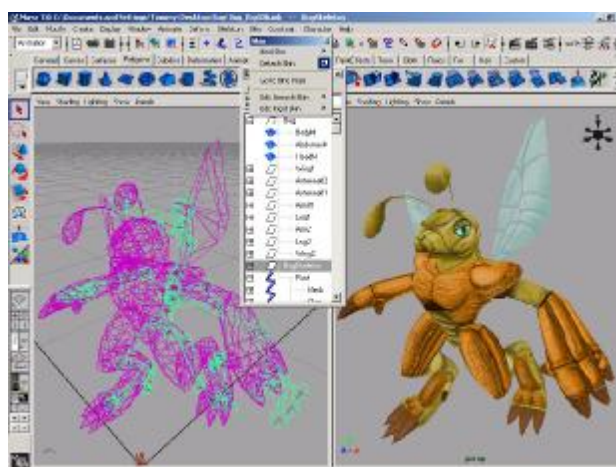
Software Rhino se také používá v animaci postav do filmů, k vytváření komplexních tvarových návrhů v architektuře, průmyslovém designu, automobilovém a leteckém průmyslu. Tyto tzv. T-Splines modely je možné vytvořit pomocí T-Splines křivek, které jsou součástí doplňkového modulu. Jedná se o moderní metodu modelování těles, kdy povrch nemusí být popisován pravidelnou sítí bodů, ale síť lze libovolně zhušťovat podle požadované přesnosti. Na obrázku je příklad T-Splines modelu automobilu.



Obr. 9 Pracovní plocha softwaru Rhino – T-Splines model [9]

Tento software je možné si zdarma stáhnout na stránkách výrobce a vyzkoušet.

Podobný software, který vytváří T-Splines modely je Maya od společnosti Autodesk, která se používá na 3D modelování, animaci a rendering v oblasti filmové a televizní grafiky, vývojem her a designu. Na obrázku je tvorba 3D postavičky do filmu.



Obr. 10 Pracovní plocha softwaru Maya – T-Splines model kreslené postavičky [10]

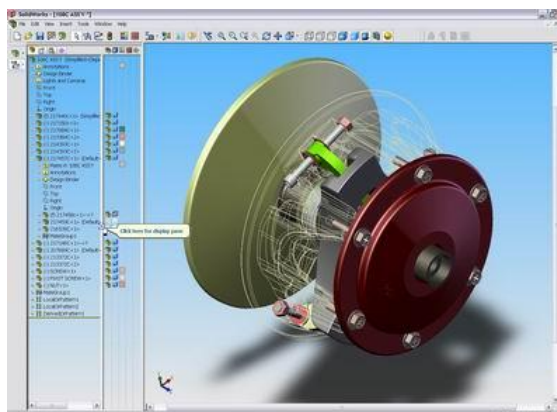
1.2.6 SolidWorks

1.2.6

Je v současné době nejúspěšnější strojírenský 3D CAD/CAM/CAE/PDM parametrický modelář objemových a plošných modelů postavených na jádře Parasolid⁴. Dokáže neomezeně pracovat s rozsáhlými sestavami a automaticky generovat výrobní výkresy. Pomocí PDM systému automaticky zaznamenává historii, revize a verze dokumentů výrazně snižuje množství chyb a opakované práce. Umožní přesně řídit přístup k dokumentům tak, že určí kdo může s jakým dokumentem pracovat či zjišťuje kdo, kdy provedl jaké změny. SolidWorks nabízí pro zvýšení efektivity práce a zvýšení záběru působnosti celou škálu rozšiřujících modulů, nadstaveb a aplikací z nejrůznějších oborů.

Na obrázku je příklad renderované strojní součásti v softwaru SolidWorks.

4. 3D modelovací jádro (technologie) používané některými CAD aplikacemi. Vyvíjeno společností UGS. Používá nativní souborový formát XT.



Obr. 11 Pracovní plocha softwaru SolidWorks – renderovaná strojní součást [11]

1.2.7 Unigraphics (dnes již NX)

1.2.7

Je další komplexní CAx systém zahrnující širokou podporu v konstrukci a výrobě od prvního návrhu přes výpočty, modelování, tvorbu dokumentace, programování NC obráběcích a měřících strojů, kontrolu kvality, správu dat a projektů a integraci do podnikového informačního systému. Používá se hlavně u složitých návrhů a konstrukcí, a to v oblasti leteckého a automobilového průmyslu. Software NX obsahuje následující moduly z těchto oblastí viz. *Příloha C*.

Z oblastí CAM/CAE obsahuje moduly týkající se převážně výpočtů, simulací a výroby strojů pomocí NC obráběcích automatických strojů v oblasti výroby dopravních prostředků. Díky svým modulům je převážně využitelný ve strojním průmyslu. Podobný software určený pro návrh strojírenských konstrukcí, ale jeho funkce však umožňují vytvářet mnohem více (od designu nábytku až po 3D modelování komplexních ploch) je Solid Edge. Tento CAD systém využívají ke konstrukci pneumatických tkacích strojů např. na VÚTS Liberec.

Software Solid Edge je od společnosti Siemens PLM Software (USA) a je možné si jej zdarma stáhnout na stránkách výrobce a na 30 dní vyzkoušet.

1.2.8 Vstupní a výstupní zařízení CAD systémů

1.2.8

Vstupní zařízení je základní rozhraní mezi počítačem a člověkem ve formě zadávání dat do počítače a komunikace s ním. Pro zadávání hodnot a manipulaci při konstrukci je důležitá klávesnice a nebo myš, která je běžnou součástí počítače, ale pro konstruování příliš nevhodná, neboť je „příliš rychlá“. Proto se používá „pomalejší“ obdoba myši jako je Trackball nebo Spaceball či Spacemouse.

1.2.8.1 Trackball je myš s kuličkou umístěnou navrchu, nikoliv zesponu jako v případě klasické myši. Výsledný pohyb přenášený prstem po kuličce je pomalý a vysoce přesný, což se právě ocení v počítačové grafice a při konstruování v CAD systémech.

1.2.8.1



Obr. 12 Trackball [12]



Obr. 13 Spaceball [13]



Obr. 14 Spacemouse [14]

1.2.8.2 Spaceball nebo také „3D myš“ je obdobou joystiku, ale v 3D. Rozlišuje pohyb ve 3 osách a rotaci kolem nich, má tedy 6 stupňů volnosti. Skládá se z koule, která snímá pohyb a je umístěna na podstavci s pomocnými tlačítky. Taktéž se hodí pro tvorbu modelů v CAD CAE CAM systémech.

1.2.8.2

1.2.8.3 Spacemouse je typem myši, která je tvarovaná přesně do ruky a její ovládací tlačítka jsou vytvořena přesně pro práci v CAD systémech, kdy při rutinním ovládním funkce zoom, posun, rotace mají maximální využití. V případě práce v 2D je možnost zamknutí nepoužívané osy.

1.2.8.3

1.2.9 Digitalizace

1.2.9

Nazývaná také trojrozměrná numerizace, je komplexním řešením pro různá použití při tvorbě modelů či rekonstrukci 3D fyzických předmětů do CAD systémů. Ať už šetří čas, zvyšuje produktivitu, tak je hlavně přesná, což zvyšuje kvalitu výroby prototypů. Využití nalezne v celé řadě výrobních sektorů; automobilový, letecký, lodní či v průmyslovém designu.

Využívá se měřících zařízení, tzv. digitizérů, skenerů, které snímají prostorové souřadnice bodů z povrchu snímané 3D fyzické součásti a zobrazují je v reálném čase. Body jsou snímány prostřednictvím systémů připojených k trojrozměrnému mobilnímu měřicímu zařízení. Výstupní veličinou z prostorové digitalizace je soubor 3D bodů, nazývaný *cloud of points* či jinak mrak bodů. Snímací zařízení se dělí podle snímání na kontaktní a nebo bezkontaktní. Nejčastěji používané jsou 3D digitizéry a stacionární souřadnicové systémy CMM (Control Measuring Machine). Dále zařízení pro digitalizaci 3D desktop (stolní) a systémy pro měření objektů až několik metrů velkých. Bezkontaktní systémy měření jsou skenery pracující nejčastěji na laserovém nebo optickém principu. Tato zařízení vytváří hustou síť bodů. Dělí podle dosaženého stupně přesnosti, a to na zařízení použitelná např. pro Rapid Prototyping nebo Rapid Inspection.

1.2.9.1 Mechanické 3D skenery

1.2.9.1

Objekt je fyzicky „osaháván“ hrotem, který je zavěšený na mechanickém rameni. V každém kloubu ramene je senzor, který zaznamenává natočení ramene v daném místě. Poloha skenovaného bodu se získá vyhodnocením ze všech kloubů ramene.

Nevýhodou je nutná dobrá znalost obsluhy, která předem na objekt vyznačí body, které musí nasnímat, aby se získal přesný digitální obraz fyzického objektu. A

časová náročnost. Výstupem z tohoto zařízení jsou body definované souřadnicemi (x, y, z). Na obrázku je vidět příklad kancelářského mechanického skeneru Microscribe. S jeho pomocí je do počítače snímán vytvořený plastelínový model pařátu, který se bude dále modifikovat pro použití do filmu.



Obr. 15 Dotykový skener Microscribe [15]

1.2.9.2 Optické skenery

1.2.9.2

Objekt je snímán z několika úhlů pomocí optického zařízení. Natáčení objektu se provádí ručně a nebo pomocí polohovacího (krokový motorek řízený počítačem). Princip je takový, že objekt se vyfotí a data se odešlou do počítače. Po získání snímků ze všech úhlů se data zpracují a pomocí metody aproximace se vytvoří digitalizovaný model. Většina skenerů umožňuje vytvářet modely užitím sejmutých bodů, polygonů, křivek typu spline a dalších standardních geometrických entit. Kvalita zdigitalizovaného objektu je ovlivněna počtem získaných snímků a jednobarevným pozadím kontrastujícím se skenovaným objektem. Výhodou tohoto snímacího zařízení je informace o povrchu objektu získaná na snímcích (2D fotografiích). Značnou nevýhodou je nedokonalost zreprodukování průchozích prohlubní na snímaném objektu. Zařízení je dokáže pouze rozeznat z 2D fotografií.



Obr. 16 Optický skener Atos II [16]

1.2.9.3 Laserové 3D skenery

1.2.9.3

Tato snímací zařízení pracují na principu jako např. sonar. Využívá se vlastnosti laserového paprsku. Skenování objektu spočívá v tom, že se kolmo proti předmětu vyšle laserový paprsek, který se od něj odrazí a vrátí se zpět do skenovacího zařízení, kde se vyhodnotí. Vyhodnocením doby, která uplyne od vyslání do vracení paprsku, získáme informaci o rozměru předmětu ve směru letu paprsku. Informace o zakřivení povrchu plyne z úhlu pod jakým se paprsek vrátí zpět do zařízení. Spojením těchto informací se získá přesná poloha bodu, která se odešle do počítače. Dochází k tzv. „obkroužení tělesa, které se popřípadě otáčí a skenovací zařízení stojí. Kvalita digitalizovaného objektu je dána hustotou s jakou laserový paprsek pokrývá plochu reálného tělesa. Výstupem je soubor dat o polygonech definující geometrii povrchu tělesa. Tato zařízení jsou vysoce přesná, nenáročná na obsluhu a v praxi nejvíce žádaná. Což se odráží na jejich ceně.



Obr. 17 Laserový skener Vivid 700 [17]

1.2.9.4 Destruktivní 3D skenery

1.2.9.4

Zařízení, která snímají jak vnitřní, tak i vnější povrch objektu. Jak už napovídá název, tak digitalizovaný objekt je po použití této metody zničen. Skenovaná součást je před procesem digitalizace pokryta speciálním materiálem, který při zpracování 2D snímků poskytne vysoký kontrast mezi součástmi a výplňovým materiálem. Poté se z prostoru vyčerpá vzduch, čímž vznikne vakuum, které způsobí, že se speciální materiál dostane do všech dutin skenovaného objektu. Takto připravený blok se přemístí do skenovacího zařízení, kde se připevní k frézovacímu stolu a vlastní skenování proběhne v okamžiku odfrézování ultratenké vrstvy materiálu. Nově vzniklý povrch se pak skenuje pomocí optického skeneru a získaná data se odešlou ke zpracování. Použití převážně při složité vnitřní digitalizaci objektu.



Obr. 18 Destruktivní skener RE 1000 [18]

1.2.9.5 Ultrazvukové 3D skenery

1.2.9.5

Tato zařízení fungují na principu bezkontaktního snímání povrchu objektu ultrazvukovou sondou. Skenování se provádí manuálně ultrazvukovou sondou ve tvaru pistole s kovovým hrotem. Ten přikládáme ke skenovanému povrchu objektu a stiskem spouště dojde k vyslání ultrazvukového signálu, který je dekodován pomocí ultrazvukových čidel do prostorových souřadnic. Nevýhodou zařízení je jeho relativně malá přesnost, která se pohybuje v rozmezí 0,3 až 0,5 mm. Tato malá přesnost je pro některé oblasti vytváření 3D modelů zanedbatelná.



Obr. 19 Ultrazvukový skener Freepoint [19]

1.2.9.6 Rentgenové 3D skenery

1.2.9.6

Tato zařízení se používají také na skenování vnitřní geometrie objektu, ale za použití rentgenového záření. Na rozdíl od destruktivních 3D skenerů nezpůsobují destrukci digitalizovaného objektu. Princip je stejný jako klasický rentgen používaný ve zdravotnictví s tím rozdílem, že se při záření používá vyšší intenzita. Většinou se používají spíše pro kontrolu objektů jako jsou potrubí, kotle a jiné uzavřené nádoby. Pro získání dat pro 3D model se převážně nepoužívají.

Výstupní zařízení je takové zařízení, které nějakým způsobem zobrazuje výstup z počítače. V případě 3D modelování je výstupem buďto 2D technický výkres vytištěný na plotteru nebo 3D model vytištěný na „3D tiskárně“ a nebo obráběcí CNC stroj, cutter, robot, který je pomocí CAM řízen a tvoří hotový 3D prototyp. Technický výkres nese normalizované informace, podle kterých se dá prototyp vyrobit. Jako medium se používá papír navinutý na velkých rolích. V případě vytvoření 3D modelů jako výstupu z CAD systému je důležitý následující postup. Navržený model musí nést dokonalé geometrické informace, poté je aproximován pomocí trojúhelníků (triangulace).

Parametry triangulace ovlivňují výslednou přesnost modelu a lze je nastavit. První volitelnou hodnotou je Chord Height, což je maximální přípustná tangenciální chyba v mm. Druhým parametrem je Angle Control, který určuje maximální přípustný úhel mezi dvěma trojúhelníky. Pak už následuje uložení do požadovaného formátu , který ovlivňuje metodu Rapid Prototyping.

1.2.8.4 Plotter

1.2.8.4

Grafické výstupní zařízení, které tiskne rozměrnější technické výkresy, které se nedají tisknout na klasické tiskárně. Plotter kreslí pomocí tužky nebo pera. Existují i plottery s inkoustovou tiskovou hlavou, ale ty se pro výstup z CAD systému nepoužívají.

1.2.8.5 „3D tiskárna“

1.2.8.5

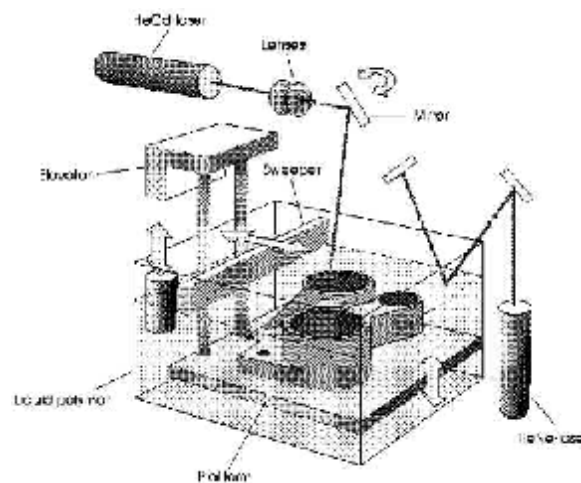
Rapid Prototyping (RP)

Je moderní technologie, která umožňuje rychlou a levnou výrobu prototypů vytvořených konstrukcí v dostupných CAD systémech a nebo načtením objektu prostorovým skenerem v příslušném formátu do výrobního zařízení, které prototyp vyrobí. Standardně se používá formát STL, do něhož umí převést model většina CAD systémů. Nejčastěji používanou technologií RP je Stereolitografie (formát STL) a Selective Laser Sintering (SLS), které pracují na stejném principu.

1.2.8.5.1 Stereolitografie

1.2.8.5.1

Je nejpřesnější metoda, která vytváří model postupným vytvrzováním fotopolymeru (plastická hmota citlivá na světlo) pomocí UV laseru, který je na základě dat (ve formátu STL) zaměřován poměrně složitou optickou soustavou. Na základě dříve vytvořených informací o rozměrech příčných řezů jednotlivými rovinami (vrstvami) jsou vypočítané řídicí údaje, které vedou paprsek laseru pomocí XY skenovací hlavy nad horní plochu nádoby s polymerem. Model je tak vytvářen na nosné desce, která se na začátku nachází přímo pod hladinou polymeru. Vytvarováním tekutého polymeru po vrstvách a následným odebráním z nosné desky vzniká trojrozměrné těleso (model). Výhodou je rychlost a přesnost v rozmezí $0,05 \div 0,2 \text{ mm}/100 \text{ mm}$ a široké spektrum použití. Nevýhodou stereolitografie je především pomalý proces tvrzení polymeru a u některých materiálů také malá tepelná odolnost vzniklého modelu.



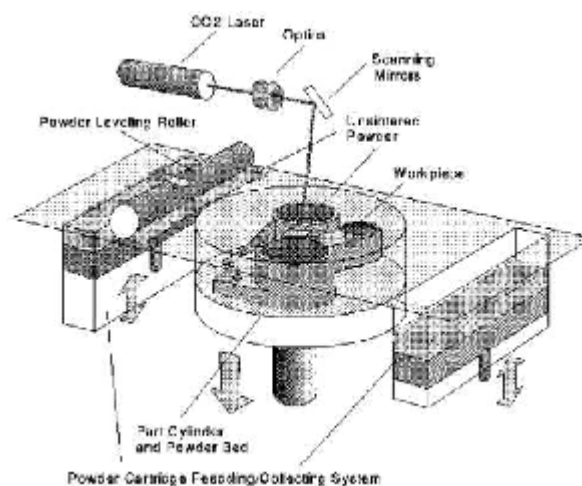
Obr. 20 Princip stereolitografie [20]

1.2.8.5.2 Selective Laser Sintering

1.2.8.5.2

Je technologie, při které je laserovým paprskem spékán do určitého tvaru slévárenský písek, plastový nebo kovový prášek. Přídavný materiál je nanášený na nosnou desku v inertní atmosféře po vrstvách. Podle vypočtených souřadnic bodů rovin řezů je řízená XY skenovací hlava, která vede laserový paprsek nad povrchem

prášku, který je nasypáný ve vaně. V místě působení laseru se přídavný materiál buď zapeče nebo roztaví. Okolní neosvětlený materiál slouží jako nosná konstrukce. Výroba modelu probíhá po vrstvách, po vytvoření jedné vrstvy se nosná deska sníží o hodnotu odpovídající hloubce vrstvy. Výhodou oproti předchozí starší metodě stereolitografie jsou modely vyrobené touto metodou pevné. Dá se použít několik druhů modelovacích materiálů jako; termoplastické materiály - polyamid, polyamid plněný skelnými vlákny, polycarbonát, polystyrén dále speciální nízkotavitelné slitiny z niklových bronzů nebo polymerem povlakovaný ocelový prášek. Každý model pak získá jiné vlastnosti.



Obr. 21 Princip metody Selective Laser Sintering [21]

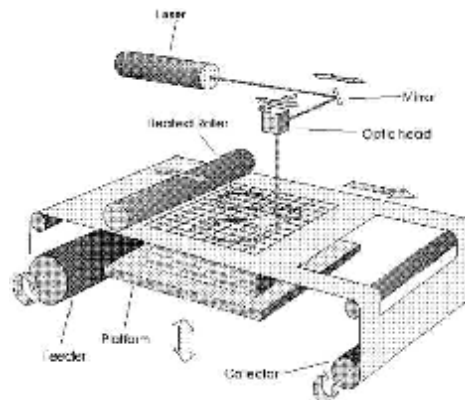
Mezi další metody RP technologie pak patří; Laminated Manufacturing (LM), Solid Ground Curing (SGC), Fused Deposition Modelling (FDM), Metody Model Maker 3D Plotting a Ballistic Particle Manufacturing, Multi-Jet Modelling

1.2.8.5.3 Laminated Manufacturing

1.2.8.5.3

Model se sestavuje z plastových folií nebo z mnoha vrstev papíru napuštěného zpevňující hmotou, které jsou ořezávány do správného tvaru paprskem laseru. Model je vytvářen svisle na pohybuující se podložce. Celý proces probíhá tak, že vyřezávanou vrstvu natáhne folie opatřená vrstvou polyetylenu, ta je přitlačena soustavou

vyhříváných válců, čímž dojde ke slepení a následnému ořezu. Proces se opakuje. Nevýhodou této metody je velké množství odpadu, proto se hodí na výrobu velkých modelů, kde je odpadu méně.

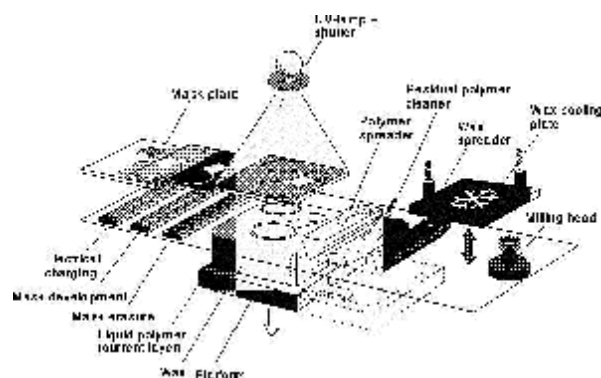


Obr. 22 Princip metody Laminated Manufacturing [22]

1.2.8.5.4 Solid Ground Curing

1.2.8.5.4

Model je vytvářen z jednotlivých vrstev („masek“), přes které se ultrafialovým světlem vytvrzuje fotocitlivý polymer. Vytváření modelu probíhá ve dvou oddělených současně probíhajících cyklech. Nejdříve se vytvoří negativní maska a potom dojde k osvětlení ftopolymeru, který ztvrdne. Neosvětlený tekutý ftopolymer je odsáván a vzniklý meziprostor se vyplní voskem. V dalším kroku je povrch vytvořené vrstvy opracovaný na požadovanou výšku vrstvy a tím je připravený na nanesení další tenké vrstvy tekutého ftopolymeru. Vosková výplň zůstane ve vytvářeném tělese až do konce procesu vytváření, potom je chemickou cestou (pomocí kyseliny citrónové) odstraněna.

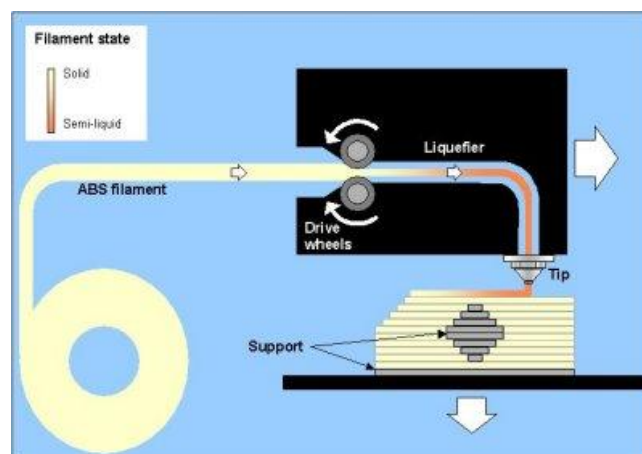


Obr. 23 Princip metody Solid Ground Curing [23]

1.2.8.5.5 Fused Deposition Modelling (FDM)

1.2.8.5.5

Model se vytváří nanášením jednotlivých vrstev z různých netoxických termoplastů nebo vosků systémem krok po kroku. Materiál je ve formě tenkého vlákna vycházejícího z vyhříváné trysky, která se pohybuje v rovině XY nad pracovním prostorem. V trysce je ohříván na teplotu o 1°C vyšší než je jeho teplota tavení. Při styku s povrchem vytvářeného modelu se vlákna vzájemně spojují a vytváří tak požadovanou ultratenkou vrstvu, která ihned ztuhne. Aby došlo k vytvoření modelu metodou FDM je zapotřebí vytvořené objekty v CAD systémech rozřezat pomocí speciálního software Slice-Software. Vzhledem k tomu, že se používá netoxický materiál je tato metoda často používaná v běžném kancelářském prostředí.



Obr. 24 Princip metody Fused Deposition Modelling [24]

V současné době v rámci globalizace je možné na internetu kupovat nebo i zdarma stahovat již hotové 3D modely, návrhy zkušených designérů, textury pro vytvořené 3D modely pro dokonalejší vizualizaci a další užitečné pomůcky pro design.

2 Rozbor základních funkcí pro realizaci 3D objektů v programu DesignConcept 3D

2

Program DesignConcept 3D APM je vytvořený na základě programu CDI, který pracuje pod operačním systémem WINDOWS NT anebo WINDOWS 2000. Program DesignConcept 3D se instaluje k programu TOP SOLID, který byl vyvinutý francouzskou firmou MISSLER, čím se navyšuje počet jeho funkcí. Jedná se o 3D nástroj, kterému je přímým konkurentem např. PRO ENGINEER a další programy, které pracují na jádru PARASOLID.

Software DesignConcept 3D Auto byl vyvinut pro automobilový průmyslový design, konkrétně pro konstrukci autosedaček. Umí vytvořit 3D model autosedačky, načíst nasnímaná data modelu ve formátu IGES nebo převzít model z jiného softwaru např. CATIA, Autodesk ve formátech DXF/DWG. S vytvořeným modelem dokáže dále pracovat a vytvořit tak stříhové šablony pro další softwary jako je např. Investronica.

Proces výroby potahů autosedačky je rozdělen do následujících fází:

a) 3D model

Konstrukce na základě naměřených hodnot či nasnímaných dat budoucího modelu.

b) Tvorba švových linií na již hotovém 3D modelu

Definování švových linií na hotovém modelu má vliv na celkový výsledný vzhled autosedačky, na technologii zpracování potahu autosedačky, ale i na její kvalitu a vlastnosti.

c) Analýza stříhových dílů

Software DesignConcept 3D umí vizualizovat komprese a napětí, které zobrazí barevně v procentech na grafu.

d) Měření 2D stříhů

Jednotlivé části jsou měřeny, aby odpovídaly spojovacímu procesu.

e) Modifikace

Možnost vkládání technologických prvků (záševky).

f) Švové přídatky a zástřihy

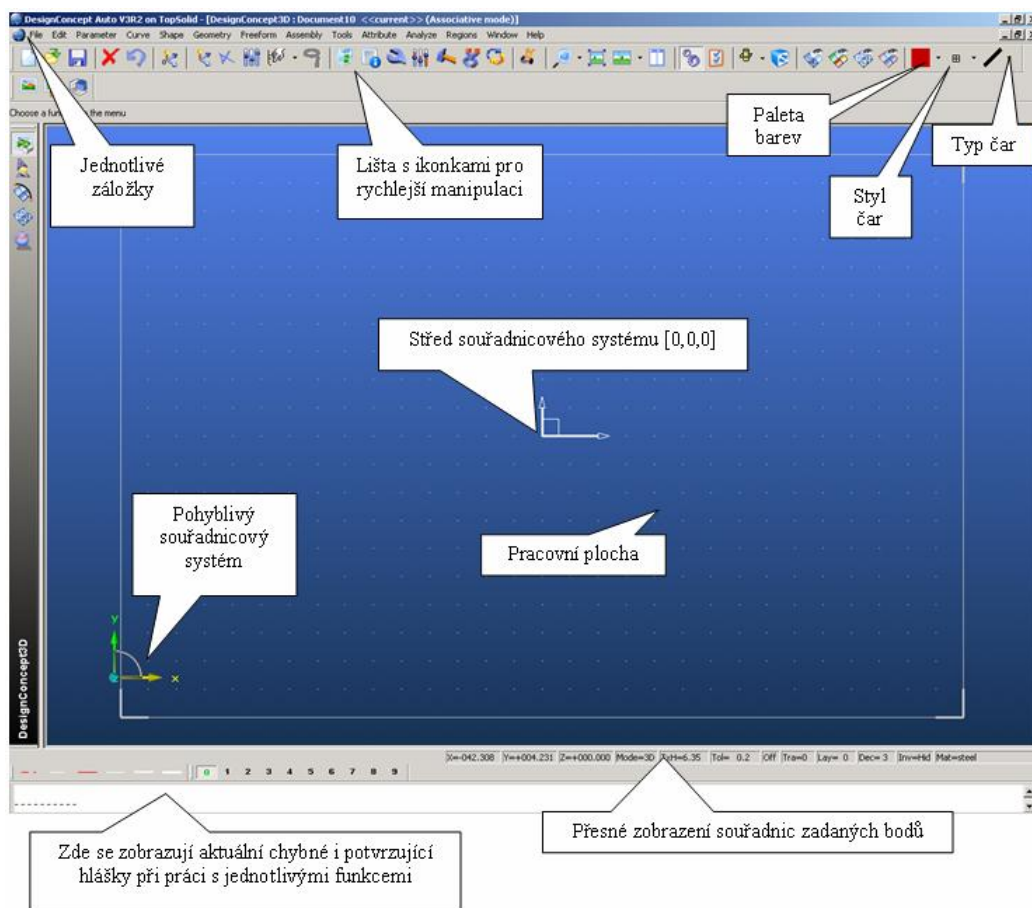
Tvorba stříhových šablon přidáním švových přídatků. Výstup pro 2D CAD systémy.



Obr. 25 Pro modelaci se zvolí modul hned nahoře první ikona a po vybraní >> práce v asociativním módu nebo neasociativním, potvrdit tlačítkem OK. Zobrazí se pracovní plocha viz. Obr. 26.

Associative mode – vytvořený model se dá zpětně modifikovat **No associative mode**- model nelze zpětně modifikovat

Obr. 25 modul 3D



Obr. 26 Pracovní plocha softwaru DesignConcept 3D

2.1 Geometrie a grafika

2.1

Každý grafický software používá jako základní stavební kameny při tvorbě modelu grafické elementy – entity (prvky, primitiva). Jsou to např. přímky (line) lomené čáry (polyline), křivky (curve), kružnice (circle), elipsy, polygony a další. Tyto entity mají své atributy, a to barvu, typ, sílu (čáry) a jiné. Je možné je rozdělit do dvou skupin; 2D elementy a 3D elementy. V programu DesignConcept 3D se tyto entity nacházejí v záložce Curve a Shape.

2.1.1 Záložka CURVE (Křivka) – výpis funkcí z menu (entity)

2.1.1

- Ø **Contour (Obrys)** – vytvoří obrys na základě proložení bodů
- Ø **Splines (Křivky)** – umožní vytvořit křivky užitím různých metod
- Ø **Line (Úsečka)** – úsečky limitované dvěma body
- Ø **Sketch line (Črtaná přímka)** – načrtnuté linky jsou tvořeny v rovině x,y aktuálního souřadnicového systému, procházejí bodem nebo jsou tečné ke křivce a svírají úhel (0° standardně) s osou x, jsou prostorově graficky omezené
- Ø **Rectangle (Obdélník)** – tvoří pravoúhelník zadaný dvěma body a dvěma stejně dlouhými stranami (čtverec, obdélník)
- Ø **Circle (Kružnice)** – tvoří kruhy a kruhové oblouky
- Ø **Arc blend (Oblouk)** – vytvoří mix ze dvou tečných úhlů o stejném poloměru nazvaný 'úhlový mix'. Použité dva úhly jsou tečné do dvou směrů (jeden pro každý konec)
- Ø **Axes (Osy)** - tato funkce umožní vytvořit různé osy jako osy kruhů, elips, válcových nebo kuželových ploch nebo je možné vytvořit i osu mezi dvěma čarami
- Ø **Offset curve (Ekvid křivky)** – vytvoří paralelu ke křivce
- Ø **Thickened curve** – vytvoří vnější křivku kolem neuzavřené křivky
- Ø **Standard curve** – umožní vytvořit vzorovou křivku
- Ø **Copy edge** – kopíruje okraj tělesa
- Ø **Isoparametric** – vytvoří isoparametrické křivky na ploše
- Ø **Projection** – promítne křivku na plochu z daného směru
- Ø **Intersection** – vytvoří průnik mezi plochou a tělesem

- ∅ **Planar section** – umožňuje vytvářet rovinné řezy tělesem, seskupené křivky jsou paralelní k základní rovině
- ∅ **Silhouette** – tvoří křivky, které určují siluetu jedné nebo několika ploch z daného směru

∅ **Lines**

- **Line by 2 points** - vytvoření přímky konečným bodem nebo okrajem křivky
- **Bisector line** - vytvoření přímky tzv. půlící osou dvou dalších přímek
- **Polar line** – vytvoření poláry délkou, úhlem s daným směrem a počátečním bodem
- **Line point angle point** – vytvoření přímky určené počátečním bodem, úhlem a hraničním bodem
- **Sketch polar line** – umožní načrtnout přímku užitím bodu a úhlu mezi přímkou a referenčním směrem. Načrtnuté přímky jsou tvořeny v rovině x,y aktuálního souřadnicového systému, procházejí bodem nebo jsou tečné ke křivce a svírají úhel (0° standardně) s osou x, jsou prostorově graficky omezené.
- **Sketch 2 points line** – tvoření načrtnuté přímky přes dva body
Načrtnuté přímky jsou tvořeny v rovině x,y aktuálního souřadnicového systému, procházejí bodem nebo jsou tečné ke křivce a svírají úhel (0° standardně) s osou x, jsou prostorově graficky omezené.

∅ **Circles**

- **Circle 2 points** – vytvoří půlkružnice nebo kružnice na základě dvou bodů, vzdálenost mezi dvěma body je průměr kružnice
- **Circle 3 points** – vytvoří kružnici třemi body
- **Circle center and point** – vytvoří kružnici užitím středu, bodu a úhlu
- **Circle center and 2 point** - vytvoří kružnici užitím středu a dvou bodů
- **Circle radius and 2 point** - vytvoří kružnici užitím rádiusu a dvou bodů
- **Circle radius and center** - vytvoří kružnici užitím rádiusu a středu
- **Circle radius center point** – vytvoří kružnici se středem na křivce
- **Circle radius center 2 angles** - vytvoří kružnici užitím středu a dvou úhlů



Ø Others curves (Ostatní křivky)

- **Line on curve** – vytvoří přímku vztaženou již k existující křivce
 - **Regular polygon** – vytvoří pravidelný mnohoúhelník
 - **Middle curve** – umožní vytvořit středovou křivku mezi dvěma křivkami stejného typu
 - **Ellipse** – umožní vytvořit elipsu
 - **C-spline** – vytvoří C-spline ze zadaných bodů, která je tvořena z přímek a oblouků
 - **Blend** – umožní vytvořit křivku spojením dvou oddělených křivek úkosem nebo proužkem
 - **Spiral / helix** – vytvoří šroubovici nebo spirálu
 - **Parabola** – umožní vytvořit parabolu v souřadnicovém systému při zadání jejího středu, (osami X a Z v aktuálním souřadnicovém systému)
 - **Gear involute** – umožní vytvořit evolventu k odpovídajícímu ozubenému soukolí
 - **Roll up** – umožní svinout a nebo ovinout křivku kolem pomyslného válce
 - **Division** – umožní rozdělit křivku na několik částí použitím různých metodik, dělení vytváří nové křivky a každá je originální
 - **Tangent comb** – umožní vytvořit křivku na konci tečné plochy, tato křivka je umístěna od křivky v určité vzdálenosti.
 - **Contour 3D** – umožní vytvořit 3D obrys následnou změnou kreslicí roviny, tato funkce je vhodná pro kreslení rour
 - **Around a point** - umožní vytvořit křivku užitím postupně křivky kolem bodu
 - **By expressions** - umožní vykreslit křivku přes soustavu rovnic
-
- Ø **Trim (Ořezat)** – umožní upravit nebo prodloužit křivku
 - Ø **Extend (Prodloužit)** – umožní prodloužit křivku
 - Ø **Cut (Řezat)** – umožní oříznout křivku (přímkou) jinou křivkou (přímkou)
 - Ø **Merge (Spojit)** – umožní spojit dvě křivky v jednu křivku
 - Ø **Filet (Zaoblit)**
 - Ø **Chamfer (Zkosit)** – umožní vytvořit zkosení tvaru křivky
 - Ø **Spline link** – umožní spojit dvě křivky transformováním do B-Spline curve

- Ø **Smooth (Vyhladit)** – umožní urovnat křivku pomocí metod z nabídky
- Ø **Adjust continuity** – tato funkce je užívaná pro nastavení tečny mezi dvěma tangentoidami
- Ø **Sew** – umožní sešít (spojit) křivky s určitou vlastností
- Ø **Transform** – umožní upravit křivku za pomoci metod přetvoření (přetočení)

V záložce Curve se dále nachází funkce, které souvisí s manipulací a modifikací entit (nejsou zvýrazněné). Mezi entity je možné zařadit i body, které je možné nalézt v Tools/Point viz. obrázek.



-  **Basic point** (Základní bod) – vytváří pevný bod vztažený k absolutnímu souřadnicovému systému
-  **Key point** (Klíčový bod) – určuje střed, roh tělesa
-  **Point on Curve** (Bod na křivce) – leží na křivce
-  **End of Point** (Koncový bod) – ohraničuje a leží na konci křivky
-  **Middle Point** (Středový bod) - určuje střed mezi dvěma body (koncové body)
-  **Offset Point** (Ekvidistantní bod) – umožňuje vytvořit rovnoběžný (ekvid.) bod
-  **Projected Point** (Projekční bod) – promítne bod na křivku, plochu, těleso
-  **Curve-Curve intersection point** (Průsečíkový bod)- průsečík křivek
-  **Center key point** (Středový klíčový bod)- označuje střed kružnice, oblouku
-  **Barycenter point** (Barycentrický bod) - leží uprostřed těles = těžiště
-  **Axis-curve / plane-face intersection point** – průsečík na ose čelní roviny
-  **Point on face** (Bod na ploše) – leží na ploše tělesa
-  **Point on tangent** (Tečný bod) – leží na tečně



Extremum point – lokální maximum

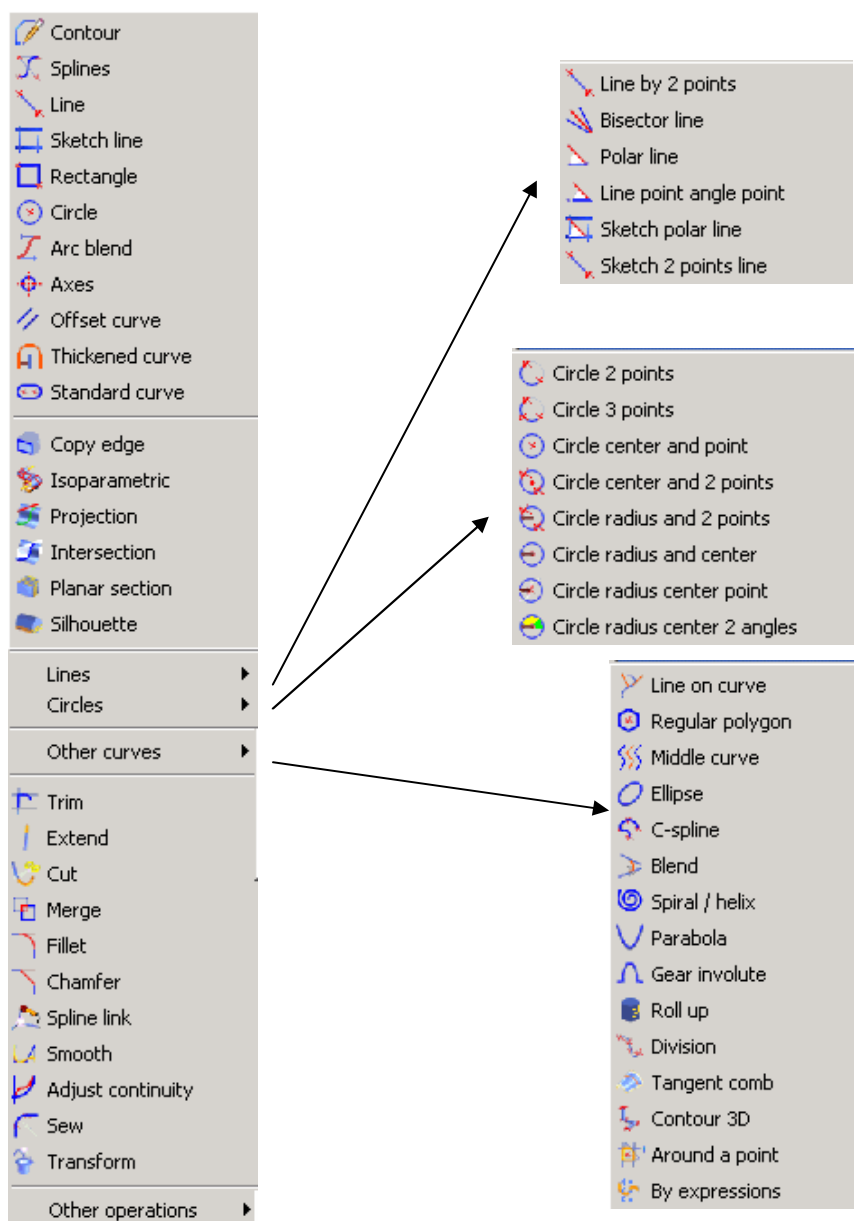


Duplicate point – kopie bodu



Cartesian point – kartézský bod aktuálního souřadnicového systému

Vizualizace záložky Curve (Křivka) - nabídka funkcí z menu



Popis vybraných funkcí ze záložky Curve a postup při jejich použití

2.1.1.1 Contour (Obrys)

2.1.1.1

Kreslí obrys ručním zadáváním do klávesnice pomocí bodů souřadnic [X,Y,Z] a nebo zadáváním bodů tvaru křivky - stisknutím levého tlačítka myši a následným pohybem.

Po zvolení této funkce se objeví nabídka "Start sketch or point", což znamená, začít náčrtem nebo bodem. Sketch (náčrt) se provádí kliknutím pomocí levého tlačítka myši na pracovní plochu, kdy nejsou známy parametry obrysu, ale pouze se od ruky „črtá“.

Př.

Pro **full coordinate system** (úplný souřadnicový systém) se zadává bod pomocí souřadnic $\pm [X,Y,Z]$

-5, 10, 2 v [mm]

Pro **XY coordinate system** (souřadnicový systém X,Y) v [mm]

20, 15

Zadaný bod se potvrzuje klávesou ENTER.

Po potvrzení se objeví nabídka "Next sketch, near to the fork", což znamená **Next sketch (další náčrt)**, který se opět provádí kliknutím pomocí levého tlačítka myši na pracovní plochu. Črtání se provádí plošně v jedné rovině nastaveného souřadnicového systému. **Near to the fork (další rozložení)** se zadává pomocí souřadnic, kdy mezi dvěma body vzniká úsečka. Každá křivka je tvořená malými úseky-úsečkami, které čím jsou menší, tím lépe tvarují obrys křivky.

Pro další bod křivky se funkce opakuje a nová křivka začíná novým "Start sketch or point"

Výstup z funkce se provádí klávesou ESC.

2.1.1.2 Splines

2.1.1.2

Splines křivky jsou jistým zobecněním polynomiálních interpolací a aproximací. Teorie Spline křivek je velice obsáhlá proto se konstruktéři s matematickým vyjádřením nesebkají. Stačí znát jen jejich způsob zadávání, neboť jsou součástí CAD systémů.

V podstatě se jedná o dva typy křivek: interpolační (procházejí danými řídicími body) a aproximační (neprocházejí řídicími body, ale kopírují tvar lomené čáry určené řídicími body).

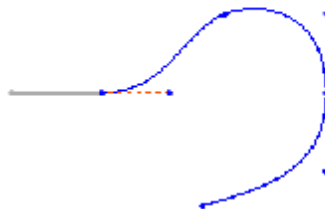
Základy modelování těchto křivek vytvořili v 60-tých letech matematici spolu s inženýry; a to např. P. Bezier (Bezierovy křivky) u firmy Renault, S. Clona na technické univerzitě M.I.T., J Fergusson u firmy Boeing a další. Ukázalo se, že pro modelování a počítačové zpracování je nejvhodnější parametrické zadání křivek, které používá polynomiální funkce.

Po zvolení této funkce Splines se objeví nabídka **Type** (druh), kde je možné si vybrat z:

- **Interpolation**

Postup:

1. Vybrat INTERPOLATION z nabídky rozkliknutím.
2. Zvolit počáteční bod křivky ručně nebo kliknutím pravého tlačítka myši na plochu.
3. Zvolit následující bod křivky.
4. Kliknout na tlačítko STOP WITH NULL CURVATURE po volbě posledního bodu.

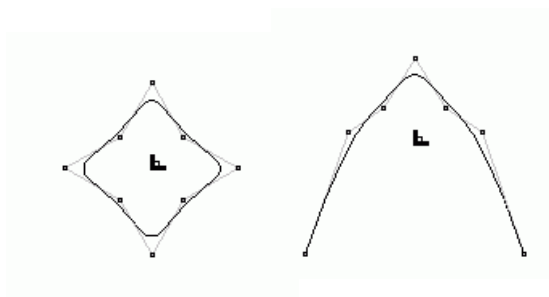


Obr. 27 Příklad interpolační Splines křivky [27]

- **Control**

Postup:

1. Vybrat CONTROL z nabídky rozkliknutím.
2. Zvolit počáteční bod křivky ručně nebo kliknutím pravého tlačítka myši na plochu.
3. Zvolit následující bod křivky.
4. Kliknout na tlačítko STOP po zvolení posledního bodu.



Obr. 28 Příklad Control Splines křivky (uzavřená, otevřená) [28]

- **Bezier**

Postup:


1. Vybrat BEZIER z nabídky rozkliknutím.
2. Zvolit počáteční bod křivky ručně nebo kliknutím pravého tlačítka myši na plochu.
3. Vybrat odlišné regulační body.
4. Kliknout na tlačítko STOP po zvolení posledního bodu.



Obr. 29 Příklad Bezier Splines křivky [29]

- **Scattered points** (rozptýlené body)

Postup:

1. Vybrat všechny body k použití (pro snazší výběr použít ikonku )
2. Vybrat první bod.
3. Vybrat poslední bod pro otevřenou křivku a nebo kliknout na tlačítko OK pro křivku uzavřenou.

Výstup z každé funkce se provádí klávesou ESC.

2.1.1.3 Line (Přímka)

2.1.1.3

Kreslí úsečky pomocí počátečních a koncových bodů. Zadávání bodů je možné pod kontaktním úhlem a pomocí dalších parametrů z nabídky.

Po zvolení této funkce se objeví nabídka "Starting point or curve", což znamená, začít výchozím bodem nebo křivkou. **Starting point (bod)** se zadává pomocí souřadnic, podle zvoleného aktuálního souřadnicového systému (**current coordinate system**)

Př.

Pro **full coordinate system** (úplný souřadnicový systém) se zadává bod pomocí souřadnic $\pm [X,Y,Z]$

-5, 10, 2 v [mm]

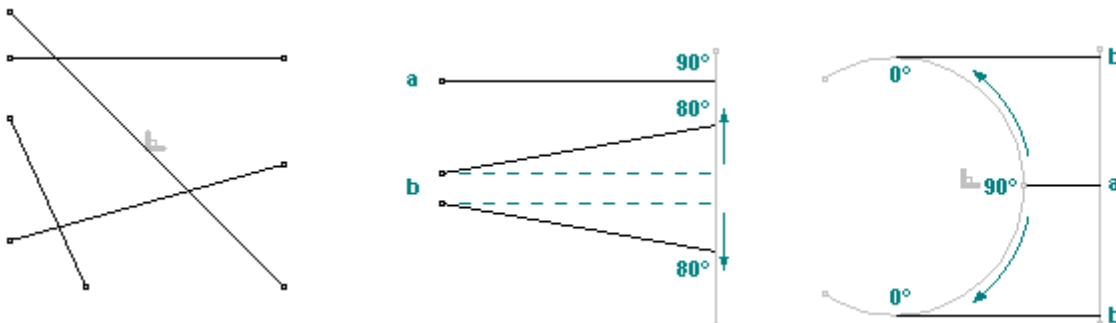
Pro **XY coordinate system** (souřadnicový systém X,Y) v [mm]

20, 15

Zadaný bod se potvrdí klávesou ENTER.

Po potvrzení se objeví nabídka "End point or curve", což znamená koncový bod přímky, který se opět zadává pomocí souřadnic. Součástí funkce je možnost zobrazení kontaktního úhlu mezi body v dané rovině.

Př:



Obr. 30-32 Příklad funkce Line [30-32]

Zadání mezi dvěma body = úsečka.

Zadání bodem a přímkou přes úhel.

Zadání mezi kružnicí a přímkou.

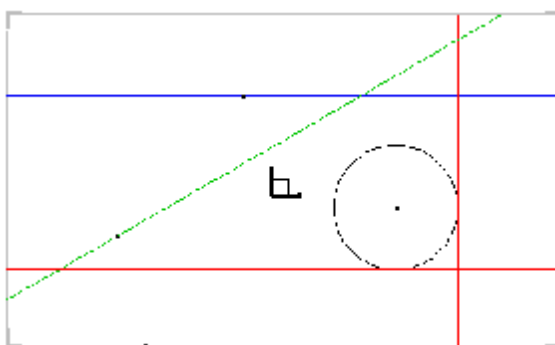
Výstup z každé funkce se provádí klávesou ESC.

2.1.1.4 Sketch line

2.1.1.4

Načrtnuté přímky jsou tvořeny v rovině x,y aktuálního souřadnicového systému, procházejí bodem nebo jsou tečné ke křivce a svírají úhel (0° standardně) s osou x, jsou prostorově graficky omezené.

Př:



Obr. 33 Sketch line [33]

Načrtnuté přímky procházející bodem (vertikální, horizontální)

Načrtnuté přímky tečné (vertikální, horizontální)

Načrtnuté přímky pod úhlem 30°

Výstup z každé funkce se provádí klávesou ESC.

2.1.1.5 Rectangle (Pravouhelník)

2.1.1.5

Kreslí pravouhelník (čtverec, obdélník) na základě hodnot vzdáleností X-ových a Y-ových souřadnic a zadání výchozího bodu souřadnicového systému.

Po zvolení této funkce se objeví nabídka X length (vzdálenost X-ové souřadnice) zadává se v [mm], potvrzení se provádí klávesou ENTER. Dále se objeví nabídka Y length (vzdálenost Y-ové souřadnice) zadává se v [mm], potvrzení klávesou ENTER. Poté se z nabídky "Alignment point" zvolí výchozí bod souřadnicového systému

buď to **a)** ručním zadáváním do klávesnice pomocí bodů souřadnic

b) stisknutím levého tlačítka myši výběrem umístění bodu na pracovní ploše

Takto předdefinovaný pravouhelník se zobrazí okótovaný v jakémkoliv místě kliknutí na pracovní plochu levým tlačítkem myši nebo je možné zadat nové souřadnice pro "Alignment point" (výchozí bod souřadnicového systému). Další možností výběru z nabídky je rozmístění takto předdefinovaného pravouhelníku pomocí jednoduché orientace v souřadnicovém systému.

X length

- **RIGHT** (+ X) umístění vzdálenosti souřadnice X v pravé části souřadnicového systému (kladné hodnoty bodů X)
- **LEFT** (- X) umístění vzdálenosti souřadnice X v levé části souřadnicového systému (záporné hodnoty bodů X)
- **CENTERED** vystředit vzdálenost souřadnice X

Y length

- **ABOVE** (+ Y) umístění vzdálenosti souřadnice Y v horní části souřadnicového systému (kladné hodnoty bodů Y)
- **BELOW** (- X) umístění vzdálenosti souřadnice Y v dolní části souřadnicového systému (záporné hodnoty bodů Y)
- **CENTERED** vystředit vzdálenost souřadnice Y

Výstup z každé funkce se provádí klávesou ESC.

2.1.1.6 Circle (Kružnice)

2.1.1.6

Kreslí kružnici na základě zadání průměru v [mm] a zadání středu kružnice, kruhu pomocí hodnot nastaveného souřadnicového systému.

Po zvolení této funkce se objeví nabídka "Diameter " (průměr) a "Center" (střed)

Př:

Diameter .. 20 [mm]

Center ... buď to

- a) ručním zadáváním do klávesnice pomocí bodů souřadnic

10, 25 [mm]

- b) stisknutím levého tlačítka myši výběrem umístění bodu na pracovní ploše

Ruční zadávání se potvrzuje klávesou ENTER.

Výstup a ukončení funkce se provádí klávesou ESC.

2.1.1.7 Arc blend

2.1.1.7

Vytvoří mix ze dvou tečných úhlů o stejném poloměru nazvaný 'úhlový mix'. Použité dva úhly jsou tečné do dvou směrů (jeden pro každý konec)

Postup:

1. Vybrat první bod.
2. Vybrat tečný směr prvního koncového bodu.
3. Vybrat druhý bod
4. Vybrat protější tečný směr druhého koncového bodu.

Př.



Obr. 34 Příklad Arc blend [34]

Výstup a ukončení funkce se provádí klávesou ESC.

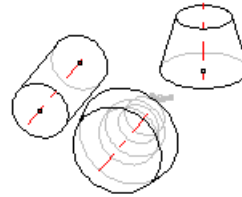
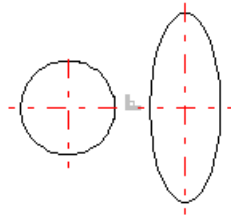
2.1.1.8 Axes (Osy)

2.1.1.8

Tato funkce umožňuje vytvořit různé osy jako osy kruhů, elips, válcových nebo kuželových ploch nebo může vytvořit osu mezi dvěma čarami

Postup: Vybrat prvky, kde se mají vytvořit osy.

Př:



Obr. 35 Vytvořené osy v 2D prvcích (kružnice, elipsa). [35]

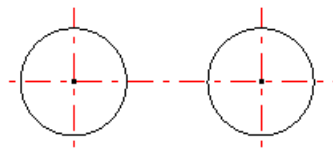
Obr. 36 Vytvořené osy v 3D prvcích (primitiva). [36]

Postup: K vytvoření os mezi dvěma prvky se dají použít dvě metody;

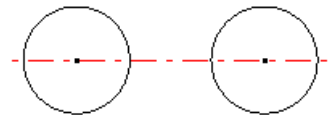
AXIS BETWEEN TWO ELEMENTS

a) Metoda všech os ALL AXES

b) Metoda jedné osy ONE AXIS



Obr. 37 Metoda ALL AXES [37]



Obr. 38 Metoda ONE AXIS [38]

Výstup a ukončení funkce se provádí klávesou ESC.

2.1.1.9 Offset curve (Ekvid křivky) - vytvoří paralelu ke křivce

2.1.1.9

Postup:

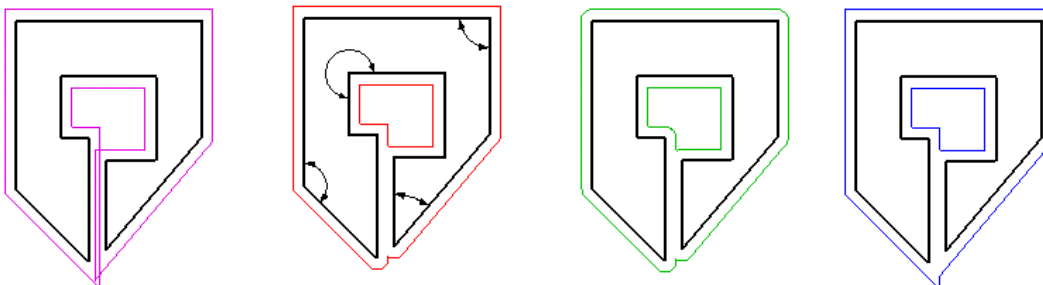
1. Vybrat křivku nebo okraj, který se má přemístit
2. Vybrat přemísťovací vzdálenost a zvolit nový bod přemístění.
3. Vybrat oblast přemístění

Je možné použít i přednastavené metody přemístění z nabídky.

Metody přemístění – a) Normal (pravidelný)

b) Machining (obrábění, nebo-li něco jako švový přídavek)

c) Normal to faces (kolmo k ploše)



Obr. 39 Offset curve [39]

a) Normal (pravidelné)

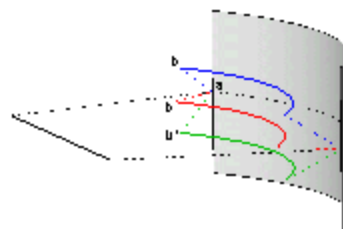
b) Machining (extended tangent, fillet, line)

c) Normal to faces

Křivka, která je základní, podle ní se ostatní křivky přemísťují
(svírá s rovinou úhel 0°)

Posunutá křivka o vzdálenost a úhel
(úhel – 30 ° a vzdálenost 20 mm)

Posunutá křivka o vzdálenost a úhel.
(úhel – 30 ° a vzdálenost 20 mm)



Obr. 40 Offset curve- Normal to face [40]

Výstup a ukončení funkce se provádí klávesou ESC.

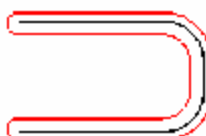
2.1.1.10 Thickened curve - vytvoří vnější křivku kolem neuzavřené křivky

2.1.1.10

Postup:

1. Vybrat referenční otevřenou křivku (černá křivka na Obr. 41)
2. Zadat tloušťku, která je vzdáleností od referenční křivky.

Př.



Obr. 41 Thickened curve [41]

Další možnosti – LINES

CIRCLES OUTSIDE (vnější kružnice)

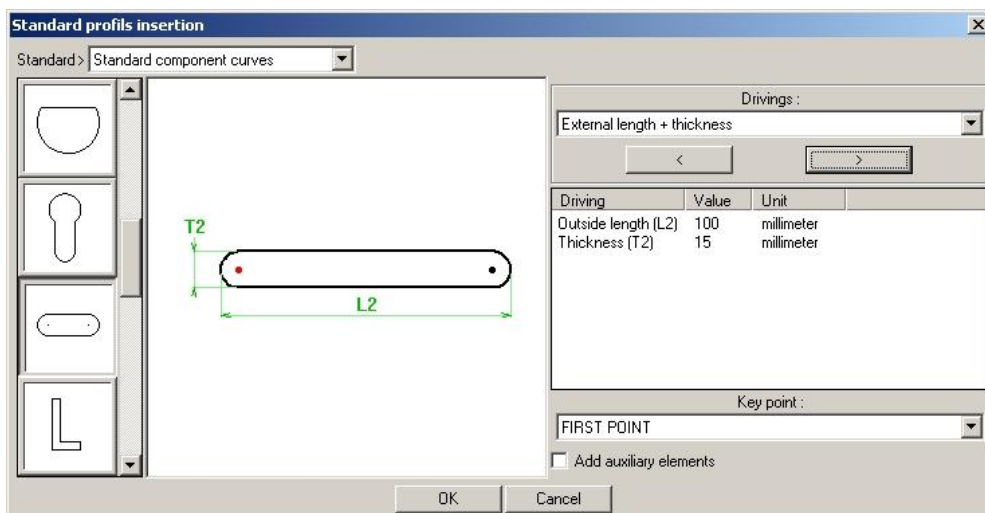
CIRCLES INSIDE (vnitřní kružnice)

Výstup a ukončení funkce se provádí klávesou ESC.**2.1.1.11 Standard curve** – umožní vytvořit vzorovou křivku

2.1.1.11

Potup:

1. Vybrat typ křivky z nabídky (viz. Obr. 42)



Obr. 42 Standard curve [42]

2. Vybrat místo určení souřadnicového systému nebo bodu.
3. Vybrat tlačítko STOP k ukončení umístění.

Výstup a ukončení funkce se provádí klávesou ESC.**2.1.1.12 Copy edge** - kopíruje okraj tělesa

2.1.1.12

Postup: Kliknout na okraje ke kopírování

V tabulce Tab. 1 jsou vypsány možnosti kopírování typů okrajů

Tab. 1 Možnosti Copy edge

EDGE(OKRAJ)	Kopíruje vybraný okraj.
BOUNDARY EDGES (HRANIČNÍ OKRAJE)	Kopíruje všechny okraje které představují hranici na vybrané upravované ploše tělesa.
ALL EDGES (VŠECHNY OKRAJE)	Kopíruje všechny okraje vybraného tvaru.
FACE CONTOUR	Kopíruje všechny okraje vybrané plochy.
EDGE PATH	Kopíruje všechny vybrané okraje a
HOLE LOOP	Kopíruje okraje vybrané díry i upravované ploše tělesa a sešívá je použitou danou tolerancí.

Výstup a ukončení funkce se provádí klávesou ESC.

2.1.1.13 Isoparametric - vytvoří isoparametrické křivky na ploše

2.1.1.13

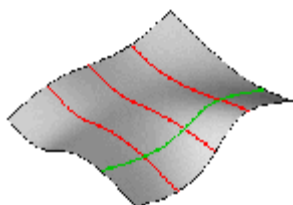
Typy:

a) BY PARAMETER – vytvořené křivky jsou určeny isoparametrickými koeficienty

Postup:

1. Zvolit tlačítko BY PARAMETER.
2. Vybrat referenční plochu.
3. Vybrat typ isoparametrické křivky a zadat její počáteční (Initial parameter) a konečný (Final parameter) parametr v dialogovém okně.

Př:



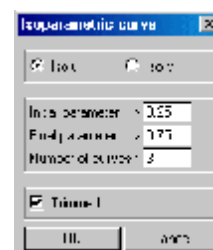
Obr. 43 Isoparametric [43]

Isoparametrická křivka V



Obr. 44 Isoparametric V [44]

Isoparametrická křivka U




Obr. 45 Isoparametric U [45]

b) BY POINT – vytvoří isoparametr. křivky na ploše ve směru U nebo V v daném bodě

- Postup:
1. Zvolit tlačítko BY POINT.
 2. Zvolit referenční plochu.
 3. Vybrat referenční bod.
 4. Vybrat směr promítnutí vybraného bodu na plochu.

2.1.1.14 Projection - promítne křivku na ploše z daného směru

2.1.1.14

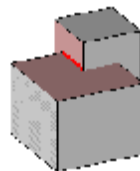
- Postup:
1. Vybrat křivku k promítnutí.
 2. Zadat směr promítnutí.
 3. Vybrat referenční plochu; je možné zadat i více ploch pomocí ikony 
 4. Vybrat jiné plochy.

2.1.1.15

2.1.1.15 Intersection – vytvoří průnik mezi plochou a tělesem

- Postup:
1. Vybrat plochu, která bude společně s druhou plochou vytvářet průnik.
 2. Vybrat druhou plochu.

Př: Průnik mezi dvěma plochami tělesa



Obr. 46 Intersection [46]

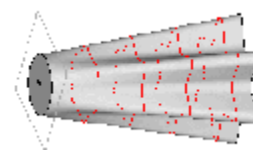
2.1.1.16 Planar section

2.1.1.16

Umožňuje vytvářet rovinné řezy tělesem, seskupené křivky jsou paralelní k základní rovině.

Př:

- Postup:
1. Vybrat základní rovinu.
 2. Zvolit počet řezů (sekcí).
 3. Vybrat tvar k rozčlenění.



Obr. 47 Planar section [47]

2.1.1.17 Silhouette

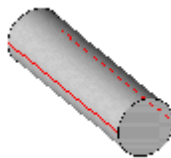
2.1.1.17

Tvoří křivky, které určují siluetu jedné nebo několika ploch z daného směru.

- Postup:
1. Zvolit směr.
 2. Vybrat plochu k vytvoření siluety.

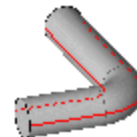
Je možné zvolit siluetu i na více plochách nebo použít více křivek.

Př: Silueta na jedné ploše válce.



Obr. 48 Silhouette [48]

Silueta na více plochách.



Obr. 49 Silhouette [49]

2.1.1.18 LINES

2.1.1.18

- **Line by 2 points** - vytvoří přímkou konečným bodem nebo okrajem křivky

- Postup:
1. Vybrat první bod přímky.
 2. Vybrat druhý bod přímky.

- **Bisector line** - vytvoří přímkou tzv. půlicí osu dvou dalších přímek

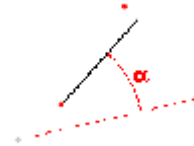
- Postup:
1. Vybrat první bod přímky.
 2. Vybrat druhý bod přímky.

- **Polar line** - vytvoří poláry dané délkou, úhlem s daným směrem a počátečním bodem

- Postup:
1. Zadat hodnotu úhlu.
 2. Zadat délku přímky.
 3. Zadat počáteční bod přímky.

- **Line point angle point** – vytvoří přímky určené počátečním bodem, úhlem a hraničním bodem

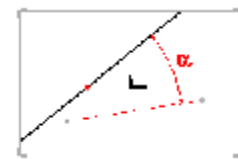
Postup: 1. Zadat hodnotu úhlu.
2. Vybrat základní bod nebo přímku.
3. Vybrat konečný bod, ležící na přímce.



Obr. 50 Lines [50]

- **Sketch polar line** – umožní načrtnout přímku užitím bodu a úhlu mezi přímkou a referenčním směrem

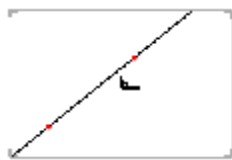
Postup: 1. Zadat hodnotu úhlu.
2. Vybrat bod nebo jinou přímku



Obr. 51 Lines [51]

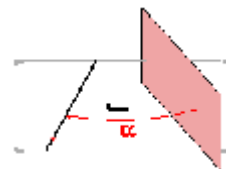
- **Sketch 2 points line** – tvoření načrtnuté přímky přes dva body

Postup: 1. Vybrat první bod přímky.
2. Vybrat druhý bod přímky.



Obr. 52 Lines [52]

Načrtnutá přímka mezi dvěma body.



Obr. 53 Lines [53]

Načrtnutá přímka mezi plochou a bodem.

2.1.1.19 CIRCLES

2.1.1.19

- **Circle 2 points** - vytvoří půlkružnice nebo kružnice na základě dvou bodů, vzdálenost mezi dvěma body je průměr kružnice

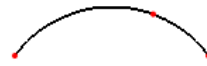
Postup: 1. Zadat první bod.
2. Zadat druhý bod.



Obr. 54 Circles [54]

- **Circle 3 points** - vytvoří kružnici třemi body

Postup: 1. Zadat první bod.
2. Zadat druhý bod.
3. Zadat třetí bod.



Obr. 55 Circles [55]

- **Circle center and point** - vytvoří kružnici užitím středu, bodu a úhlu

Postup: 1. Zadat střed kružnice.
2. Vybrat bod nebo přímku, křivku.
3. Zadat vnitřní úhel.



Obr. 56 Circles [56]

- **Circle center and 2 point** - vytvoří kružnici užitím středu a dvou bodů

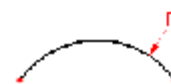
Postup: 1. Zadat střed kružnice.
2. Zadat první koncový bod.
3. Vybrat druhý bod, který leží na načrtnuté kružnici a určuje délku oblouku.



Obr. 57 Circles [57]

- **Circle radius and 2 point** - vytvoří kružnici užitím rádiusu a dvou bodů

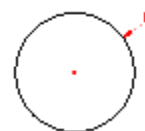
Postup: 1. Zadat rádius nebo hodnotu průměru.
2. Vybrat první koncový bod.
3. Vybrat druhý koncový bod.



Obr. 58 Circles [58]

- **Circle radius and center** - vytvoří kružnici užitím rádiusu a středu

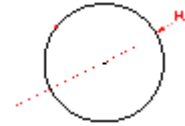
Postup: 1. Zadat rádius nebo hodnotu průměru.
2. Zadat střed kružnice.



Obr. 59 Circles [59]

- **Circle radius center point** – vytvoří kružnici se středem na křivce

Postup: 1. Zadat rádius nebo hodnotu průměru.
2. Vybrat přímku na které leží střed kružnice.
3. Vybrat bod nebo další přímku, která určuje pozici kružnice.



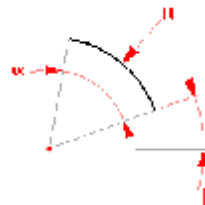
Obr. 60 Circles [60]

- **Circle radius center 2 angles** - vytvoří kružnici užitím středu a dvou úhlů

Postup: 1. Zadat rádius nebo hodnotu průměru.
2. Zadat střed kružnice.
3. Zadat počáteční úhel (úhel z osy X aktuálního souřadnicového systému).
4. Zadat vnitřní úhel.

Úhel α je vnitřní úhel.

Úhel β je počáteční úhel.



Obr. 61 Circles [61]

2.1.1.20 OTHER CURVES

2.1.1.20

- **Line on curve** - vytvoří přímku vztaženou již k existující křivce

Postup: 1. Vybrat referenční křivku.
2. Vybrat její kladný směr.
3. Nastavit úhel přímky a křivky.
4. Vložit délku přímky.
5. Vybrat bod blízko křivky.

- **Regular polygon** - vytvoří pravidelný mnohoúhelník

Postup: 1. Zadat počet hran (stran).
2. Vybrat pro mnohoúhelník: průměr nebo rádius, vnitřní nebo vnější.
3. Zadat bod umístění mnohoúhelníku.



Obr. 62 Polygon [62]

- **Middle curve** - umožní vytvořit středovou křivku mezi dvěma křivkami stejného typu

Postup: 1. Vybrat první křivku a zvolit její směr.
2. Vybrat druhou křivku a zvolit její směr.

- **Ellipse** – umožní vytvořit elipsu

Postup: 1. Zadat střed.
2. Zadat rádius podél osy x nebo vybrat bod.
3. Zadat rádius podél osy y nebo vybrat bod.



Obr. 63 Ellipse [63]

Je možné elipsu vytvořit zadáním dvou ohniskových bodů.

- **C-spline** – vytvoří C-spline ze zadaných bodů, která je tvořena z přímek a oblouků

Postup: 1. Zadat počáteční bod křivky.
2. Zadat další různé body.
3. Zvolit STOP OPEN nebo STOP CLOSED podle potřeby

Výběr z metod : **Automatic, Corner (rohový), Tangent, Smooth (hladký)**



Obr. 64 C-spline [64]



Obr. 65 C-spline [65]

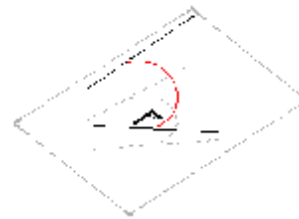


Obr. 66 C-spline [66]

- **Blend** – umožní vytvořit křivku spojením dvou oddělených křivek zkosením nebo zaoblením

Postup: 1. Zvolit 3D Fillet.
2. Vybrat první křivku.
3. Vybrat druhou křivku.
4. Zadat rádius.
5. Zvolit rovinu.

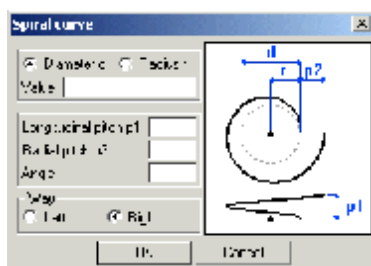
Př:



Obr. 67 Blend [67]

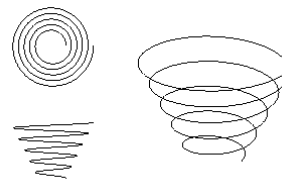
- **Spiral / helix** – vytvoří šroubovici nebo spirálu

Postup: 1. Zadat střed.
2. Zadat všechny vlastnosti spirály v okně, které se objeví.



Obr. 68 Spiral/helix [68]

Př:



Obr. 69 Spiral/helix [69]

- **Parabola** – umožní vytvořit parabolu v souřadnicovém systému při zadání jejího středu, (osami X a Z v aktuálním souřadnicovém systému)

Postup: 1. Označit středový bod.
2. Označit bod určující x-vou souřadnici paraboly.
3. Zadat ohniskovou vzdálenost.
4. Označit počátek paraboly.
5. Označit konečný bod paraboly.

Rovnice je:

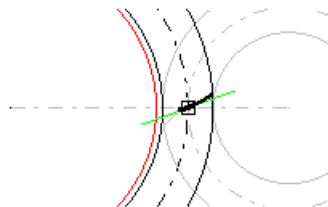
$$x = t$$

$$y = t / (4 * df) \text{ kde } df \text{ je ohnisková vzdálenost}$$

$$z = 0$$

- **Gear involute** – umožní vytvořit evolventu k odpovídajícímu ozubenému soukolí

Postup: Postup vychází ze základního postupu konstrukce evolventy.

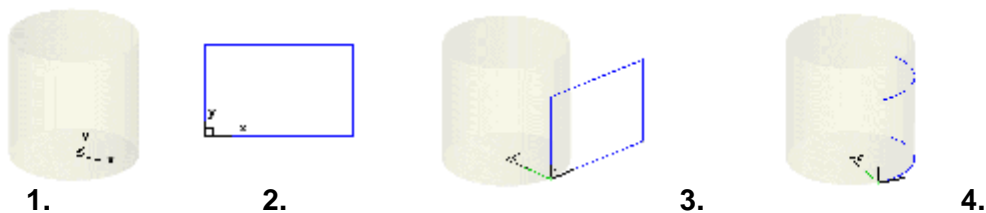


Obr. 70 Gear involute [70]

- **Roll up** - umožní svinout a nebo ovinout křivku kolem pomyslného válce

Postup: 1. Kliknout na >>
 2. Vybrat válcový nebo kónický souřadnicový systém.
 3. Vybrat model válce nebo kužele nebo zadat rádius či průměr válce.
 4. Vybrat souřadnicový systém křivky k ovinutí kolem válce, kužele.
 5. Vybrat křivku k ovinutí.

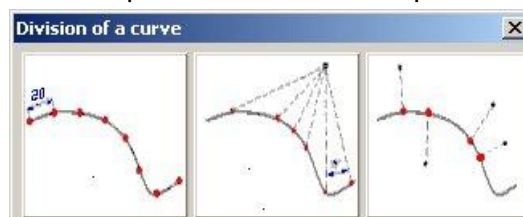
Př:



Obr. 71 Roll up [71]

- **Division** – umožní rozdělit křivku na několik částí použitím různých metod,

Metody: a) DIVISION USING LENGTH (rozdělení užitím délky)
 b) DIVISION USING ANGLE (rozdělení užitím úhlu)
 c) DIVISION USING PROJECTED POINT or INTERSECTING CURVES
 (rozdělení užitím promítnutí bodu nebo průsečíky přímek)



Obr. 72 Division [72]

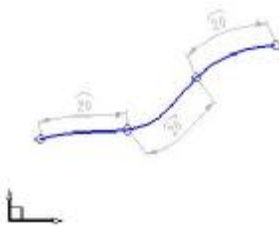
- Postup:
1. Zvolit metodu a) DIVISION USING LENGTH
(první obrázek v nabídce)
 2. Zvolit křivku pro rozdělení.
 3. Zvolit počáteční bod pro rozdělení.
 4. Zadat počet a délku pro jednotlivou část.

Délka se měří - **Arc length** (obloukově)

Chord length (délkově)

Axis length

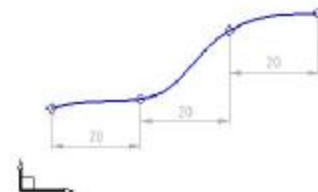
(vzdáleností souřadnice aktuálního souřadnicového systému)



Obr. 73 Division [73]



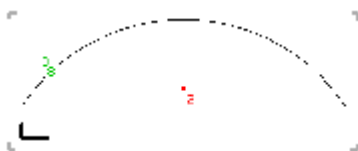
Obr. 74 Division [74]



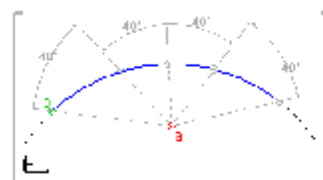
Obr. 75 Division [75]

- Postup:
1. Zvolit metodu b) DIVISION USING ANGLE (druhý obrázek v nabídce)
 2. Zvolit křivku pro rozdělení.
 3. Zvolit počáteční bod „b“ pro rozdělení.
 4. Zvolit ohnisko „a“ (počáteční bod úhlu).
 5. Zvolit počáteční rovinu.
 6. Zadat počet a úhel pro jednotlivou část.

Př:



Obr. 76 Division [76]

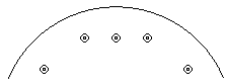


Obr. 77 Division [77]

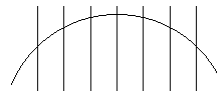
- Postup:
1. Zvolit metodu c) DIVISION USING PROJECTED POINT or INTERSECTING CURVES (třetí obrázek v nabídce)
 2. Zvolit křivku pro rozdělení.

3. Zvolit body, které se promítnou na křivku nebo se stanou průsečíky křivky s přímkou

Př:



Obr. 78 Division [78]



Obr. 79 Division [79]

- **Tangent comb** - umožní vytvořit křivku na konci tečné plochy, tato křivka je umístěna od křivky v určité vzdálenosti

- Postup:
1. Zvolit referenční plochu.
 2. Zadat vzdálenost od referenčního prvku.
 3. Zvolit referenční křivku.

Př:



Referenční plocha.

Okraj plochy, od které se počítá vzdálenost.

Tangent comb

Obr. 80 Tangent comb [80]

Tato funkce má stejný výsledek jako offset curve, používá se při již vytvořené ploše, kdy k její hraniční křivce je možné vytvořit rovnoběžnou křivku v určité vzdálenosti od hraniční křivky.

2.1.1.21 Trim - umožní oříznout křivku

2.1.1.21

- Metody: POINT/ CURVE (bodem, přímkou, křivkou)
 LENGTH (určitou délkou)
 RATIO (procentem)
 COORDINATE X, Y, Z
 FACE (plochou)
 PLANE (rovinou)

Př:



Obr. 81 Trim (před ořezem) [81]



Obr. 82 Trim (po ořezu) [82]

2.1.1.22 Extend - umožní prodloužit křivku

Př:

- a) CURVATURE (konstantně)
- b) TANGENT (tečně)
- c) EXACT



Obr. 83 Extend [83]

2.1.1.22

2.1.1.23 Cut - umožní oříznout křivku (přímku) jinou křivkou (přímkou)

- Postup:
1. Vybrat křivku (přímku) k ořezání.
 2. Vybrat křivku (přímku), která ji ořezává.

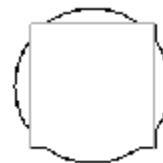
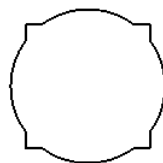
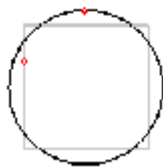
2.1.1.23

2.1.1.24 Merge - umožní spojit dvě křivky v jednu křivku

- Postup:
1. Vybrat křivku pro spojení.
 2. Vybrat křivku, která se s ní spojí v jeden celek.

Metoda HIDE TOOLS : **YES** (skrýt) **NO** (neskrýt)

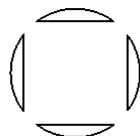
Př:



Obr. 84 Merge [84]

Obr. 85 Merge [85]

Metody :

ALL CURVES (všechny křivky)**ONE CURVE** (jedna křivka)

Obr. 86 Merge [86]

Obr. 87 Merge [87]

2.1.1.25 Chamfer – umožní zkosit tvar křivky

- Postup :
1. Zadat nejprve délku.
 2. Zadat úhel zkosení.
 3. Vybrat obrys ke zkosení.
 4. Potvrdit – Metody : GLOBAL- v celém obryse bez zadání míst
LOCAL- jen v místě zadání

2.1.1.25

2.1.1.26 Spline link

2.1.1.26

Umožní spojit dvě křivky transformováním do B-Spline curve

- Postup:
1. Zvolit první křivku.
 2. Zvolit druhou křivku.
 3. Potvrdit tlačítkem OK.

2.1.1.27 Smooth - umožní urovnat křivku pomocí metod z nabídky

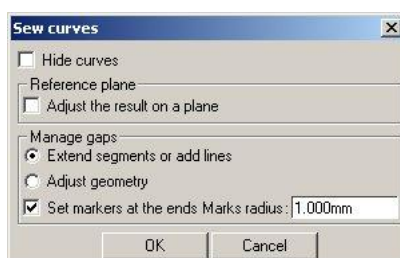
2.1.1.27

Metody: ARC LENGTH, LENGTH, RADIAL, MODEL, TOLERANCE, REDUCTION OF POINTS

2.1.1.28 Sew - umožní sešít (spojit) křivky s určitou vlastností

2.1.1.28

- Postup:
1. Zvolit křivky k sešití.
 2. Nastavit volbu sešití v dialogovém okně a potvrdíte.
(viz. obrázek)



Obr. 88 Sew [88]

3. Vybrat toleranci a potvrdit tlačítkem OK.

2.1.1.29 Transform

2.1.1.29

Umožní upravit křivku za pomoci metod přetvoření (přetočení).

Transform nebo-li transformace jsou nástrojem, který CAD systémy používají pro návrh geometrického modelu. Pro umístění modelu (otočení, posunutí, zrcadlení) a pro manipulaci s modelem. Transformace se používají ve dvou různých souvislostech, a to transformace souřadnicového systému, transformace bodů, množin bodů, modelů a elementů. V prostoru lze zvolit mnoho různých kartézských souřadnicových systémů.

2.1.1.30 Souřadnicové systémy v záložce Tools/coordinate system

2.1.1.30



Coordinate system on point - souřadnicový systém založený na bodu a vztahený na aktuální souřadnicový systém (current coordinate system)



Coordinate system on 3 points – souřadnicový systém založený na 3 bodech



Coordinate system on 2 axes – souřadnicový systém na dvou osách



Coordinate system on a plane – souřadnicový systém na jedné rovině



Coordinate system on 3 planes – souřadnicový systém na 3 rovinách



Coordinate system on curve – souřadnicový systém na křivce



Coordinate system on curve and point – souřadnicový systém bod na křivce



Coordinate system on face – souřadnicový systém na ploše tělesa



Coordinate system on face and point – souřadnicový systém na ploše a bodě



Constrained coordinate system on face – souřadnicový systém vytvořený na hraně tělesa nebo ploše tělesa



Duplicate coordinate systém – kopírování souřadnicového systému transformací

Transformace

Metody: POINT SYMMETRY (bodová souměrnost)

AXIS SYMMETRY (osová souměrnost)

MIRROR (zrcadlo)

SCALING FROM A POINT (změna velikosti bodu)

AXIS SCALING (změna velikosti osy)

PLANAR SCALING (změna velikosti roviny)

SCALING WITH 3 FACTORS (změna velikosti na 3 podnětech)

TRANSLATION + ROTATION (posunutí a otočení)

POSITIONING (určení polohy)

CONSTRAINT POSITIONING (vymezení polohy)

- Postup :
1. Vybrat metodu transformace z nabídky
 2. Zvolit transformovaný element, model

2.1.2 Záložka SHAPE (Těleso) – výpis funkcí z menu (entity)

2.1.2

Těleso je reálný objekt, který má nejrůznější geometrické a fyzikální vlastnosti (tvar, barvu, materiál). Model tělesa je soubor informací, které definují objekt, vytvořený abstrakcí geometrických vlastností modelovaného tělesa. Informace modelu tělesa se dělí na dvě skupiny. Geometrie modelu a Topologie modelu.

Geometrie modelu jsou informace, které definují tvar, rozměry tělesa a dále jeho umístění v prostoru. Jsou to zpravidla souřadnice vrcholů nebo rovnice ploch, které ohraničují těleso. Topologie modelu jsou informace, které popisují vazby mezi vrcholy, hranami a stěnami tělesa. Modely se dále dělí na plošné (surface) a objemové (solid). Plošné modely tělesa obsahují informace, které jednoznačně definují objekt, tvořený pláštěm tělesa tj. jeho vrcholy, hranami a stěnami. Objemové modely obsahují informace, které jednoznačně definují prostor vyplněný tělesem. Algoritmy nad objemovými modely rozpoznají hmotu tělesa, to znamená, že umí rozlišit vnitřní body, vnější body a body hranice tělesa. Pro aplikace v CAD systémech bylo vyvinuto několik typů objemových modelů, které se rozdělují do skupin:

Hraniční modely – reprezentují těleso popisem hranice

Konstrukční modely- reprezentují těleso popisem jeho konstrukce

Rozkladové modely – reprezentují těleso množinou objemových elementů např. krychlí

- Ø **Extruded (Vytáhnout)** - tato funkce umožní vytvořit plášť tělesa nebo pevné těleso vytažením křivky do prostoru
- Ø **Revolved (Rotovat)** - tato funkce umožní vytvořit plášť tělesa nebo pevné těleso rotací křivky kolem osy
- Ø **Pipe** – umožní vytvořit dutý nebo plný tvar pohybem uzavřené křivky po trajektorii druhé křivky
- Ø **Flat** – vytvoří povrch plochy z uzavřených křivek
- Ø **4 curves** - umožní vytvořit povrch používání **tří** nebo **čtyř křivek** se společnými body
- Ø **Swept (Šablonovat)** – umožní vytvořit tvary pohybem křivky podél trajektorie křivky nebo dvou křivek

- Ø **Ruled** – umožní vytvořit plášť tělesa nebo pevné těleso mezi dvěma křivkami hranami
- Ø **Loft** – umožní vytvořit tvar z více křivek nebo hran
- Ø **Constrained** – umožní vytvořit povrch výběrem křivek a bodů jako přechodných nebo vymežujících hranice
- Ø **Patchwork** – umožní vytvořit povrch nebo pevný tvar za užití sítě protknutých křivek (minimálně 4), křivka bude automaticky rozdělena do dvou kategorií hlavní a vedlejší křivky.
- Ø **Copy face** - umožní zkopírovat na místo ořezaný či neořezaný povrch pevného tělesa neb povrch prvku

Ø **Other shapes (další tvary)**

- **Block** – umožní vytvořit primitivní těleso zadáním třech délek - HRANOL
- **Cylinder** – umožní vytvořit primitivní těleso - VÁLEC
- **Cone** – umožní vytvořit primitivní těleso – KUŽEL
- **Sphere** – vytvoří KOULI
- **Dome** – umožní vytvořit vypouklý tvar s jednou průvodní křivkou a jednou nebo více členících křivek
- **Draft sheet** – umožní vytvořit náčrt plochy z křivky, referenčního směru a bodů s hodnotami přidruženého úhlu
- **Ruled Circular** – umožní vytvořit těleso nebo povrch tělesa rozložením oblouku mezi dvěma nebo třemi křivkami.
- **Bottle** – umožní vytvořit baňku za užití dvou podélných řezů a n (≥ 1) příčných řezů
- **Blend** – umožní vytvořit svár mezi dvěma nebo více plochami
- **Tangent** – umožní vytvořit tečnou plochu k existující ploše
- **Perpendicular** – umožní vytvořit kolmou plochu k existující
- **Offset shape** – vytvoří nový stejný tvar prvku v určité zadané vzdálenosti
- **Matrix** – umožní vytvořit těleso promítnutím plochy na rovinu
- **By expressions** – umožní vytvořit povrch pomocí třech výrazů

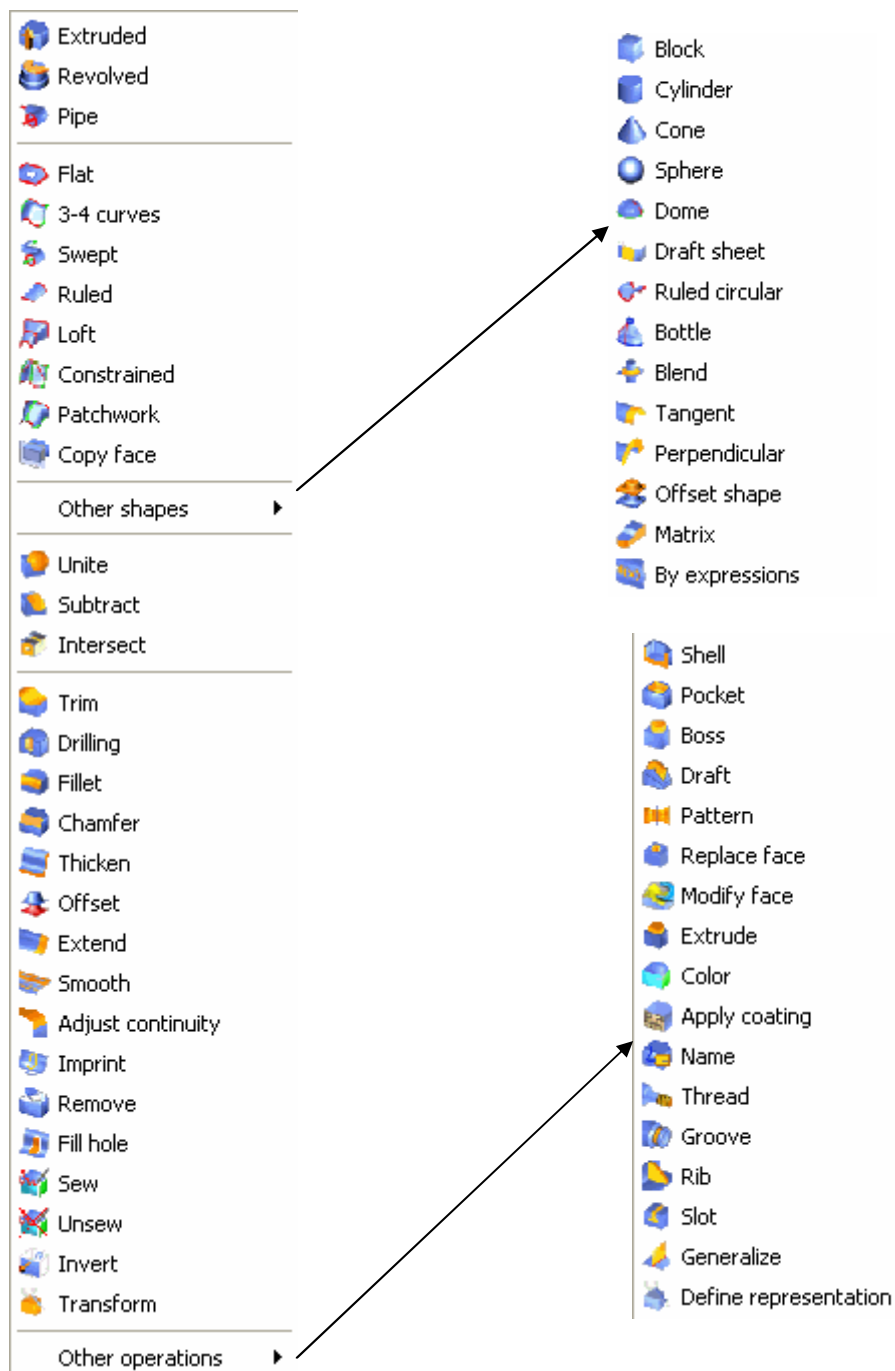
- Ø **Unite** – umožní spojit těleso nebo tvar s druhým tělesem nebo tvarem dohromady
- Ø **Subtract** – umožní odečíst těleso nebo tvar z jiného tělesa nebo tvaru
- Ø **Intersect** – umožní vytvořit průnik mezi několika tvary nebo tělesy
- Ø **Trim** – umožní oříznout těleso a nebo povrch tělesa dalším povrchem nebo tělesem
- Ø **Drilling** – umožní různé typy vrtání do tvaru tělesa
- Ø **Filet** – umožní vytvořit konstantní rádiusový okraj na tělese nebo hraně tělesa
- Ø **Chamfer** – umožní vytvořit zkosené hrany nebo okraje těles
- Ø **Thicken** – umožní ztuhit povrch tvaru, z kterého se stane pevné těleso
- Ø **Offset** – umožní upravit tvar tělesa, stejným způsobem jako offset curve
- Ø **Extend** – umožní prodloužit povrch užitím jeho tečny
- Ø **Smooth** – umožní přetvořit více povrchů za účelem dostat jednotlivý povrch
- Ø **Adjust continuity** – umožní nastavit souvislý povrch
- Ø **Imprint** – umožní vyznačit křivku jednoho nebo více tvarů, operace „imprint“ je jako promítání křivky na plochu, s topologickým spojením plochou a křivkou, vyznačená křivka leží na povrchu tělesa
- Ø **Remove** – umožní odstranit plochu, těleso nebo povrch tělesa
- Ø **Fill hole** – umožní vyplnit otvory v tělese nebo ploše za užití automatických metod
- Ø **Sew** – umožní sešít plochy tvaru dohromady

- Ø **Unsew** – umožní oddělit sešité plochy
- Ø **Invert** – umožní převracet plochy
- Ø **Transform** – umožní převrátit jeden nebo více prvků za použití metod vybraných z menu

- Ø **Other operations (Další operace)**
 - **Shell** – umožní vyhloubit tvar do tělesa
 - **Pocket** – umožní vytvořit dutinu v částech tělesa
 - **Boss** – umožní vytvořit výčnělek na částech tělesa

- **Draft** – umožní vytvořit vybraný úhel na jedné nebo více ploch nebo tvarů a nebo povrchů tvarů (vybrané plochy mohou být rovinné, válcové, kuželové)
- **Pattern** – umožní opakovat tvar a spojit výsledný tvar v jeden
- **Replace face** – umožní nahradit plochu tělesa jiným povrchem
- **Modify face** – upravuje plochy
- **Extrude** – umožní upravit tvar vytažením jedné nebo více ploch
- **Color** – umožní obarvit plochu nebo okraje tvaru
- **Apply coating** – umožní použít strukturu na povrchu dílu, struktura je viditelná metodou „classic shading“
- **Name** – umožní pojmenovat plochy nebo okraje tvarů, které pak mohou být použity při tvoření nového upravovaného modelu nebo jeho části
- **Thread** – umožní vytvořit závity na válcovitém tvaru
- **Groove** – vytváří osazení na válcovitém tvaru (hřídel)
- **Rib** – umožní vytvořit žebro na povrchu
- **Slot** – umožní vytvořit různé druhy drážek
- **Generalize**
- **Define representation** – umožní nahradit spodobněný tvar za jednodušší spodobněný tvar, a to použitím doplňkového tvaru

Vizualizace záložky Shape (Těleso) - nabídka funkcí z menu



Popis jednotlivých funkcí ze záložky Shape a postup při jejich použití

2.1.2.1 Extruded

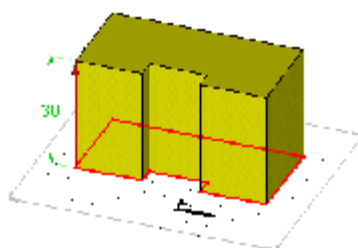
2.1.2.1

Tato funkce umožní vytvořit plášť tělesa nebo pevné těleso vytažením křivky do prostoru.

- Postup:
1. Vybrat křivku nebo tvar k vytažení.
 2. Zadat výšku a konečný bod vytažení.

Př:

Tvar pro vytažení.



Obr. 89 Extruded [89]

Je možné použít 2 metody – **SOLID (pevné těleso)** nebo **SURFACE TYPE (plášť tělesa)**.

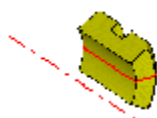
2.1.2.2 Revolved

2.1.2.2

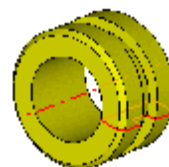
Tato funkce umožní vytvořit plášť tělesa nebo pevné těleso rotací křivky kolem osy

- Postup:
1. Vybrat křivku nebo tvar k rotaci.
 2. Zvolit osu a směr rotace (kladný nebo záporný)
 3. Zadat úhel o kolik se křivka nebo tvar otočí.

Př:



Obr. 90 Revolved [90]



Rotace 360°

Obr. 91 Revolved [91]

Je možné použít 2 metody – **SOLID (pevné těleso)** nebo **SURFACE TYPE (plášť tělesa)**.

2.1.2.3 Pipe

2.1.2.3

Umožní vytvořit dutý nebo plný tvar pohybem uzavřené křivky po trajektorii druhé křivky

- Postup:
1. Vybrat průvodní křivku.
 2. Vybrat směr.
 3. Vybrat křivku nebo tvar, která vytvoří 3D tvar

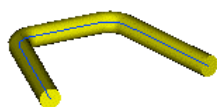
Je možné použít 2 metody – **SOLID (pevné těleso)** nebo **SURFACE TYPE (plášť tělesa)**.

Dále je možné vybrat si z automatických typů; **WIRE SHAPE (plný tvar)** nebo **TUBE SHAPE (dutý tvar)**.

V případě zahnutého tvaru se použije metoda **CORNER TYPE (roh)** nebo **ROUNDED**.

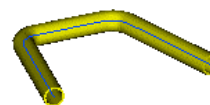
Př:

WIRE SHAPE



Obr. 92 Pipe [92]

TUBE SHAPE



Obr. 93 Pipe [93]

Postup:

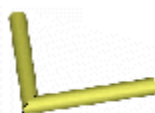
1. Vybrat průvodní křivku (modře na obrázku)
2. Zadat průměr v mm.

Postup:

1. Vybrat průvodní křivku (modře na obrázku)
2. Zadat průměr v mm.
3. Zadat tloušťku v mm.

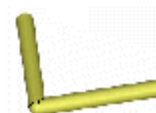
Př:

CORNER TYPE



Obr. 94 Pipe [94]

ROUNDED



Obr. 95 Pipe [95]

2.1.2.4 Flat – vytvoří povrch plochy z uzavřených křivek

2.1.2.4

- Postup:
1. Vybrat uzavřenou křivku.
 2. Plocha se vytvoří i mezi několika uzavřenými křivkami viz. Obr. 96

Na obrázku je plocha mezi třemi uzavřenými křivkami.



Obr. 96 Flat [96]

2.1.2.5 3 – 4 curves

2.1.2.5

Umožní vytvořit povrch tvořený **třemi, čtyřmi křivkami** se společnými cíly

Postup: 1. Vybrat křivky k vytvoření plochy.

Před vytvořením plochy je možné zvolit následující možnosti pro vytvoření plochy;

SMOOTH (hladký) nebo **TIGHT (přilnutý)**

Př: **SMOOTH** **TIGHT**



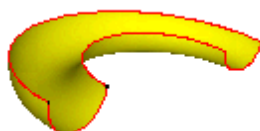
Obr. 97 3-4 curves [97]

Obr. 98 3-4 curves [98]

Z nabídky je možné vybrat i bližší určení tvaru plochy podle křivek;

- a) CURVE TO CURVE – vytvoří hladký tvar plochy mezi křivkami
- b) SEGMENT TO SEGMENT – vytvoří tvar plochy mezi úseky křivek
- c) POINT TO POINT - vytvoří ostřejší tvar mezi křivkami zadanými body
- d) PARALLEL PLANES – vytvoří tvar plochy posunem křivky po rovině
- e) ANGULAR – vytvoří tvar plochy se pomocí úhlu a současného natočení osy

Př:



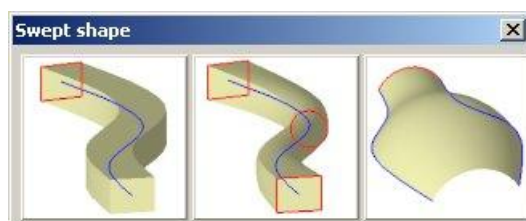
Plocha vytvořená mezi čtyřmi křivkami.

Obr. 99 3-4 curves [99]

2.1.2.6 Swept

Umožní vytvořit tvary pohybem křivky podél trajektorie křivky nebo dvou křivek.

Po zvolení této nabídky se zobrazí výběrové okno (viz. Obr. 100)



Obr. 100 Swept [100]

- 1) ONE GUIDE AND ONE SECTION CURVE
- 2) ONE GUIDE AND SEVERAL SECTION CURVES
- 3) TWO GUIDE CURVES

- ONE GUIDE AND ONE SECTION CURVE

Postup: 1. Kliknout na tlačítko ONE GUIDE AND ONE SECTION CURVE

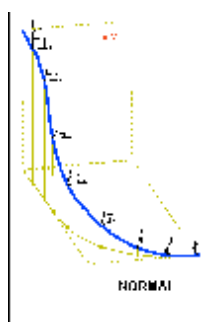
2. Vybrat metodu z nabídky : Normal, Vertical, Translated nebo On faces

3. Vybrat průvodní křivku a zvolit její směr.

4. Vybrat křivku, která se bude pohybovat podle zvolené metody po trajektorii průvodní křivky.

Př: **NORMAL**

Průvodní křivka (modře)

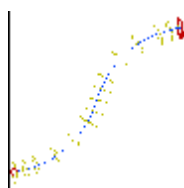
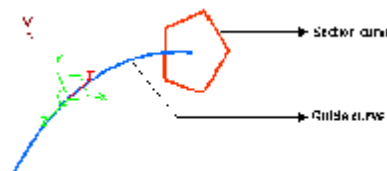


Obr. 101 Swept [101]

Souřadnicový systém XY na trajektorii křivky, osa Y je normála na křivku. Tato metoda je nejpoužívanější, neboť křivka ležící ve stejné rovině jako souřadnicový systém XY (viz. Obr.101) pohybem po trajektorii průvodní křivky vytváří 3D tvary (viz.Obr. 102), kde průvodní křivka se chová jako osa Z.

Section curve – křivka, která se bude pohybovat po trajektorii průvodní křivky.

Guide curve – průvodní křivka



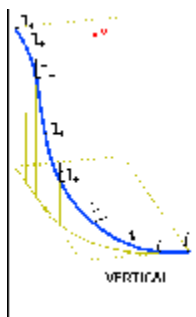
⇒ výsledný 3D



tvar

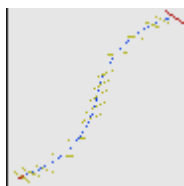
Obr. 102 Swept [102]

Př: VERTICAL



Průvodní křivka (modře)

Souřadnicový systém XY na trajektorii křivky, osa Y je kolmá na rovinu. Tato metoda vytváří 3D tvar pohybem křivky po trajektorii průvodní křivky, kdy mezi osou Y a křivkou je úhel.



=>

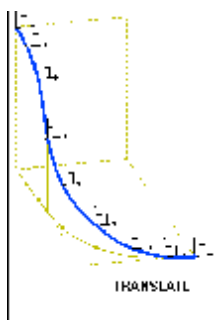


výsledný 3D tvar

Obr. 103 Swept [103]

Obr. 104 Swept [104]

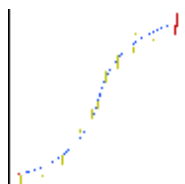
Př: TRANSLATE



Průvodní křivka (modře)

Souřadnicový systém XY na trajektorii křivky, osa X je rovnoběžná s osou X aktuálního souřadnicového systému.

Tato metoda vytváří 3D tvar pohybem křivky po trajektorii průvodní křivky.



=>



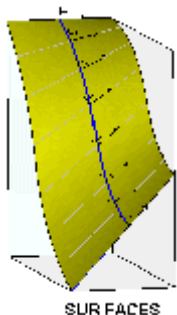
výsledný 3D tvar

Obr. 105 Swept [105]

Obr. 106 Swept [106]

Př: ON FACES

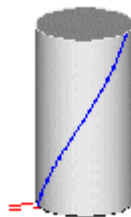
Tato funkce se používá k tvoření 3D tvaru viz. obrázek 108



Průvodní křivka (modře)

Křivka, která se pohybuje po průvodní trajektorii křivky.

Výsledný 3D tvar.



Obr. 107 Swept [107]

Obr. 108 Swept [108]

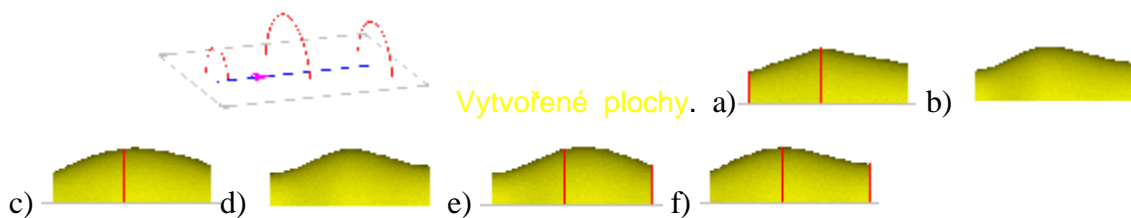
- **ONE GUIDE AND SEVERAL SECTION CURVES**

Postup stejný jako u předchozí ONE GUIDE AND ONE SECTION CURVE s rozdílem možnosti použití více křivek, které se budou pohybovat po průvodní křivce. Je možné vybrat si z metod, které budou určovat tvar povrchu.

Metody: a) LINEAR, b) NON LINEAR, c) SMOOTH FREE ENDS, d) SMOOTH CONSTANT ENDS, e) SMOOTH CONSTANT START, f) SMOOTH CONSTANT TERMINATION

Př.

Průvodní křivka, křivky, které se pohybují po průvodní trajektorii křivky.



Obr. 109 – 114 Swept [109-114]

- **TWO GUIDE CURVES**

Postup: 1. Kliknout na tlačítko TWO GUIDE CURVES
 2. Vybrat první průvodní křivku a zvolit její směr.
 3. Vybrat druhou průvodní křivku a zvolit její směr.
 4. Vybrat křivky, které se budou pohybovat po trajektorii průvodních křivek.

Je možnost si vybrat z metod AFFINITY (Obr. 116) a SCALING (Obr. 117)

Př:

Průvodní křivky

Křivky, které se pohybují po průvodní trajektorii křivky.

Vytvořená plocha



Obr. 115 Swept [115]



Obr. 116 Swept [116]



Obr. 117 Swept [117]

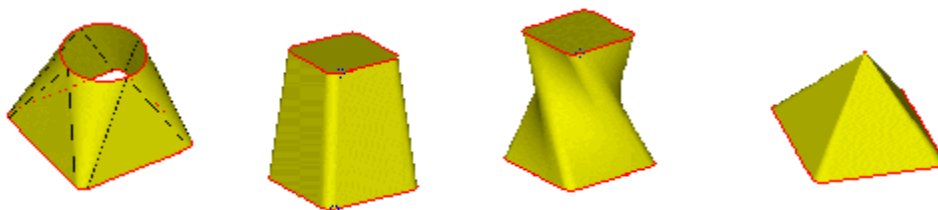
2.1.2.7 Ruled

2.1.2.7

Umožní vytvořit plášť tělesa nebo pevné těleso mezi dvěma křivkami či hranami.

- Postup:
1. Zvolit první křivku nebo hranu.
 2. Vybrat směr.
 3. Zvolit druhou křivku nebo hranu.
 4. Vybrat směr.
 5. Kliknout na OK k vytvoření pláště tělesa nebo pevného tvaru.

Př:



Obr. 118- 121 Ruled [118-121]

2.1.2.8 Loft – umožní vytvořit tvar z více křivek nebo hran

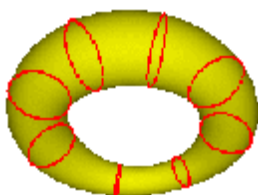
2.1.2.8

- Postup:
1. Zvolit první křivku nebo hranu a zvolit její směr.
 2. Zvolit nejbližší křivku nebo hranu a zvolit její směr (opakovat).
 3. Zvolit END konec, jakmile jsou zvoleny všechny potřebné křivky.

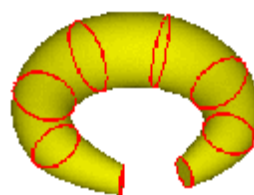
Metody:

CLOSED LOFT

OPENED LOFT



Obr. 122 Loft [122]



Obr. 123 Loft [123]

Je možné vytvořit pevné těleso SOLID a nebo pouze plášť tělesa SURFACE TYPE.

2.1.2.9 Constrained

2.1.2.9

Umožní vytvořit povrch výběrem bodů, vnitřních křivek nebo hraničních křivek.

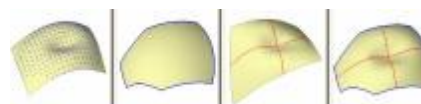
Je možné si vybrat z metod zobrazených po vybrání funkce Constrained (viz. Obr. 124)

Postup:

1. Vymezit hraniční křivky.

2. Zvolit vnitřní křivky.

3. Zvolit povrch a nebo použít přednastavený. Obr. 124 Constrained [124]



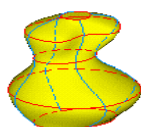
2.1.2.10 Patchwork

2.1.2.10

Umožní vytvořit povrch nebo pevný tvar za užití sítě protknutých křivek (min. 4) Křivky budou automaticky rozděleny do dvou kategorií; hlavní a vedlejší křivky.

Postup: Zvolit křivky, které budou tvořit pevné těleso nebo plášť tělesa.

Př:



Obr. 125 – 127 Patchwork [125 - 127]

2.1.2.11 Copy face

2.1.2.11

Umožní zkopírovat na místo ořezaný či neořezaný povrch pevného tělesa nebo povrch prvku.

Postup: Vybrat plochu ke kopírování

Metody: **ONE FACE** (jedna plocha) , **ALL FACES** (všechny plochy)

OTHER SHAPES (další tvary)

2.1.2.12 Block – umožní vytvořit primitivní těleso zadáním třech délek – HRANOL

2.1.2.12

Postup: 1. Zadat délku ve směru osy X podle aktuálního souřadnicového systému.
2. Zadat délku ve směru osy Y podle aktuálního souřadnicového systému.
3. Zadat délku ve směru osy Z podle aktuálního souřadnicového systému.
4. Zadat výchozí bod.

Je možnost i přesného umístění ve směru os, a to CENTERED, LEFT(-), RIGHT(+).

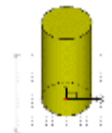
2.1.2.13 Cylinder – umožní vytvořit primitivní těleso – VÁLEC

2.1.2.13

- Postup:
1. Zadat rádius nebo průměr válce.
 2. Vybrat směr podle os.
 3. Zadat výšku válce.
 4. Zvolit výchozí bod – Metody **CENTERED**, **NORMAL**



Obr. 128 Cylinder [128]



Obr. 129 Cylinder [129]

2.1.2.14 Cone – umožní vytvořit primitivní těleso – KUŽEL

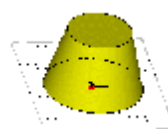
2.1.2.14

- Postup:
1. Vybrat druh kužele z nabídky POINTED, TRUNCATED (komolý kužel)
 2. Zadat průměr nebo rádius podstavy.
 3. Zadat střed podstavy a udat směr, ve kterém se bude kužel orientovat.
 4. Zadat všechny vlastnosti kužele.
 5. Zadat druhý bod kužele.

Metody:

CENTERED

Obr. 130 Cone [130]

NORMAL

Obr. 131 Cone [131]

2.1.2.15 Sphere – vytvoří KOULI

2.1.2.15

- Postup:
1. Zadat průměr nebo rádius koule.
 2. Zadat střed koule.

2.1.2.16 Dome

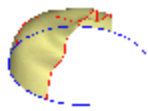
2.1.2.16

Umožní vytvořit vypouklý tvar s jednou průvodní křivkou a jednou nebo více členících křivek.

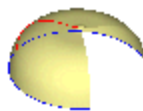
- Postup:
1. Zvolit **průvodní křivku** (to bude základna)
 2. Zvolit **křivky, úseky** a potvrdit OK.

Metody: **SOLID** (pevné těleso), **SURFACE TYPE** (plášť tělesa)

Př:



Obr. 132 Dome [132]



Obr.133 Dome [133]

2.1.2.17 Draft sheet

2.1.2.17

Umožní vytvořit náčrt plochy z křivky, referenčního směru a bodů s hodnotami přidruženého úhlu.

Postup:

1. Zvolit referenční křivku (jen u metody SILHOUETTE)
2. Vybrat referenční směr.
3. Upřesnit hodnoty úhlů (jen u metody CURVE)
4. Zadat délku nebo upravovací rovinu určující výšku povrchu.
5. Potvrdit OK.

Př:



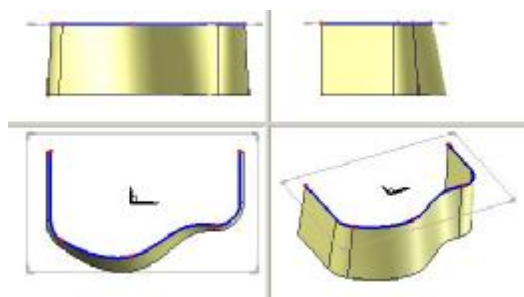
Referenční křivka

Hodnoty úhlů

Referenční směr Z

Obr. 134 Draft sheet [134]

Zobrazení v jednotlivých pohledech



Obr. 135 Draft sheet [135]

2.1.2.18

2.1.2.18 Ruled circular

Umožní vytvořit těleso nebo povrch tělesa rozložením oblouku mezi dvěmi nebo třemi křivkami.

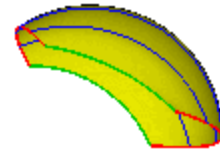
a) Ruled circular between 2 curves

- Postup:
1. Vybrat první křivku a zvolit její směr.
 2. Vybrat druhou křivku a zvolit její směr.
 3. Zvolit referenční rovinu.
 4. Zadat počáteční rádius.
 5. Zadat koncový rádius.

Křivky vypočtené počítačem

Vybrané křivky

Počáteční a koncový rádius



Obr. 136 Ruled circular [136]

b) Ruled circular between 3 curves

- Postup:
1. Vybrat první křivku a zvolit její směr.
 2. Vybrat druhou křivku a zvolit její směr.
 3. Vybrat třetí křivku a zvolit její směr.

Vybrané křivky



Obr. 137 Ruled circular [137]

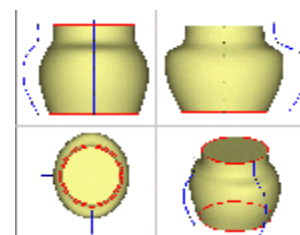
2.1.2.19 Bottle

2.1.2.19

Umožní vytvořit baňku za užití dvou podélných řezů a n (≥ 1) příčných řezů.

- Postup:
1. Vybrat osu pro směr tvaru baňky.
 2. Vybrat alespoň dva podélné řezy.
 3. Vybrat příčné řezy.
 4. Potvrdit OK.

Podélné řezy, příčné řezy



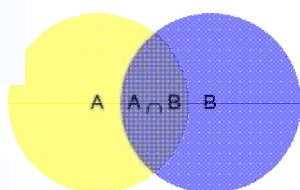
Obr. 138 Bottle [138]

2.1.2.20 Booleovské operace

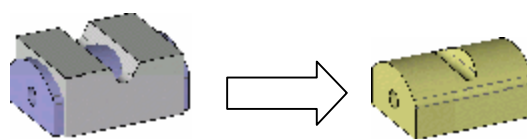
2.1.2.20

Booleovská logika je kompletní systém pro logické operace. Byla jmenována po Georgee Boole, (anglický matematik) a používá se i při modelování těles. Booleovské operace pracují minimálně se dvěmi tělesy, které podle konkrétních funkcí odvodí průnik (Intersect), rozdíl (Subtract) a nebo sjednocení (Unite).

Prvním příkladem je funkce **Intersect** (průnik). V matematice se jako průnik dvou nebo více množin označuje taková množina, která obsahuje pouze ty prvky, které se vyskytují ve všech těchto množinách a obsahuje všechny takové prvky. Průnik množin A a B se označuje symbolem $A \cap B$.



Obr. 139 Průnik [139]



Obr. 140 Intersect [140]

- Postup:
1. Vybrat těleso k průniku.
 2. Vybrat těleso se kterým bude mít průnik.

Druhým příkladem je funkce **Subtract** (rozdíl). V matematice se jako rozdíl dvou množin označuje taková množina, která obsahuje každý prvek, které se nachází v první z množin, ale nenachází se ve druhé z nich, a žádné další prvky. Rozdíl množin A a B se označuje symbolem $A - B$, případně $A \setminus B$.



Obr. 141 Subtract [141]

- Postup:
1. Vybrat těleso, od kterého se bude následující těleso odebrávat.
 2. Vybrat odebírané těleso.

Třetím příkladem je funkce **Unite** (sjednocení). V matematice se jako sjednocení dvou nebo více množin označuje taková množina, která obsahuje každý prvek, které se nachází alespoň v jedné ze sjednocovaných množin, a žádné další prvky. Sjednocení množin A a B se označuje symbolem $A \cup B$.



Obr. 142 Unite [142]

- Postup:
1. Vybrat těleso ke spojení.
 2. Vybrat těleso, se kterým se bude spojovat.

2.1.2.21 Trim

2.1.2.21

Umožní oříznout těleso a nebo povrch tělesa dalším povrchem nebo tělesem.

Postup:

1. Vybrat těleso k ořezu.
2. Vybrat ořezávající povrch nebo těleso.
3. Vybrat směr ořezu. (šipka musí ukazovat ve směru odřezávané části)

Metody ořezu: a) EXTENDED CUT (důkladný ořez)

b) BY FACES (plochou)

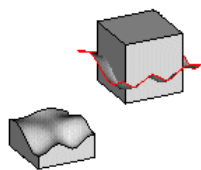
c) BY PLANE (rovinou)

d) BY SWEEPING CURVE (šablonováním křivky)

e) BY IMPRINTING CURVES (otisknutím křivek)

f) RECIPROCAL TRIMMING (vzájemné ořezání)

Př. a)



f)



Obr. 143 Trim [143]

Obr. 144 Trim [144]

2.1.2.22 Transform

2.1.2.22

Umožní převrátit hotové modely stejným způsobem vybraných metod jako Curve/Transform (viz.2.1.1.29)

2.1.3 Ostatní důležité ikony a funkce

2.1.3

a) Záložka **FILE** (soubor) obsahuje položky menu, které vytváří soubor, otevírají již existující soubor, zavírají soubor, ukládají, posílají elektronickou cestou, upravují, umožní tisknout zvolený soubor a určují jeho vlastnosti.

Vybrané funkce:

- Ø **New** (Nový) - otevře nový prázdný dokument
- Ø **Open** (Otevřít) - otevře existující dokument ze zvoleného adresáře
- Ø **Save** (Uložit) – uloží právě otevřený dokument
- Ø **Save as** (Uložit jako) - uloží právě otevřený dokument pod jiným jménem
- Ø **Page setup** (Vzhled stránky) – umožní přípravu pro tisk
- Ø **Print preview** (Náhled) – umožní vidět na obrazovce výslednou vytištěnou stránku
- Ø **Print** (Tisk) – umožní vytisknout právě zpracovávaný dokument

b) Záložka **EDIT** (upravit) obsahuje položky menu, které upravují vytvořené elementy v souboru. Pojmenovávají je, slučují do skupin, pohybují s nimi, vkládají, transformují a duplikují.



















Vybrané funkce:

- Ø **Name** – pojmenuje prvek
- Ø **Group** – seskupí prvky pospolu
- Ø **Break associativity** - zruší propojení na zvoleném elementu, který se stane základní jednotkou bez historie
- Ø **Modify** – úpravy na elementu
- Ø **Extract** – získání části nebo vlastnosti elementu
(př. bod na křivce, otvor nebo drážka v tělese)
- Ø **Insert** – vložení do již existujícího elementu
- Ø **Replace** – nahradí element jiným elementem
- Ø **Merge** – sloučí dva elementy

- Ø **Move parents** – posunování zdrojovým prvků
- Ø **Rotate parents** – točení zdrojových prvků
- Ø **Transform parents** – umožní přetvoření zdrojových elementů
- Ø **Copy paste** – kompletně kopíruje několik elementů a vloží je
- Ø **Copy** - kompletně kopíruje několik elementů a jejich zdroje a přemísťuje je nebo mění jejich souřadnicový systém
- Ø **Repeat** – zopakuje jeden nebo několik elementů
- Ø **Duplicate** – zdvojí bod, souřadnicový systém, křivku nebo element

Podrobný postup jednotlivých funkcí viz. *Příloha D*

Vybrané ikony:

-  - otevře nový prázdný dokument
-  - otevře existující dokument ze zvoleného adresáře
-  - uloží právě otevřený dokument
-  - tato funkce se chová jako ESC, po stisknutí ukončí právě konanou operaci!
-  - „laso“; umožní vybrat více elementů najednou
-  - Zoom + zvětšení vybrané oblasti nebo se dá použít scrollovací kolečko myši
-  - Zoom - zmenšení vybrané oblasti nebo se dá použít scrollovací kolečko myši
-  - vrací o operaci zpět (**ale pouze v oblasti vykonávané funkce!**)
-  - vybere elementy podle typu
-  - vybere elementy podle zvolené barvy
-  - maže vybrané elementy (**trvale!**)
-  - umožní připevnit pracovní plochu
-  - urovná pracovní plochu podle aktuálního souřadnicového systému
-  - paleta s výběrem barev (výběr rozkliknutím)
-  - nabídka s výběrem znázornění bodů (výběr rozkliknutím)
-  - nabídka s výběrem použití typu čar (výběr rozkliknutím)
-  - SEW nebo UNSEW (používá se při spojení nebo rozbití ploch)
-  - rendering (umožní fotorealizovat model výběrem textury a dalších funkcí)

3 Výukové příklady tvorby 3D modelů podle vzorů

3

3.1 2D -> 3D

3.1

Před začátkem modelování se doporučuje vzor řádně prozkoumat, vytyčit jeho vlastnosti a pak proměřit posuvným měřidlem. Zjištěné vlastnosti spolu se znalostmi funkcí v programu DesignConcept 3D povedou k postupu modelování tělesa. Mezi vlastnosti patří např. rotační symetrie, sestavení či odečtení ze základních geometrických útvarů, transformace v prostoru aj.

Model strojní šicí jehly – rotační symetrické těleso

- složené z : 1 komolý kužel:
- 2 válec
- 3 komolý kužel
- 4 válec
- 5 kužel



Obr. 145 Model šicí jehly

Potřebné funkce a jejich ikony pro modelování strojní šicí jehly:



- funkce pro nastavení absolutního souřadnicového systému



- funkce pro upevnění pracovní plochy



- paleta barev



Contour -funkce **Obrys** ze záložky **Curve**



Laso – funkce, která umožní vybrat více elementů najednou




Revolved - funkce **Točit** ze záložky **Shape**

Rozměry strojní šicí jehly v [mm]

Tab. 2 Rozměry jehly

	X	Y
1.	0	0
2.	0.55	3.7
3.	0.50	4.7
4.	0.50	22.7
5.	1	26.7
6.	1	38.2
7.	0.50	38.7
8.	0	38.7

POSTUP:

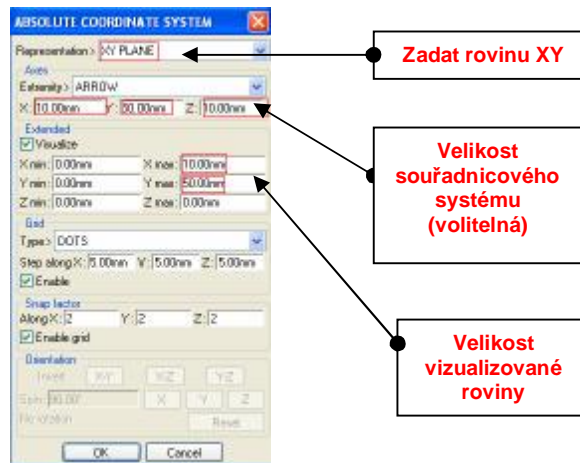
1) Kliknout na ikonku  a zadat hodnoty pro absolutní souřadnicový systém.
V případě modelování 2D -> 3D se použije rovina **XY PLANE** a jako maximální hodnoty **X-ové** a **Y-ové** souřadnice se za **X** zadá **maximální tloušťka jehly** a za **Y** **maximální délka jehly**.

2) Po vyplnění viz. Obr.146
potvrdit tlačítkem **OK**.

3) Výstup klávesou **ESC**.

4) Urovnat pracovní plochu

ikonkou 



Zadat rovinu XY

Velikost souřadnicového systému (volitelná)

Velikost vizualizované roviny

Obr. 146 Absolutní souřadnicový systém

5) Vybrat barvu z nabízené palety barev (třetí ikona zprava nahoře)

Vybrat modrou

6) Vybrat záložku **Curve** a z nabídky menu **Contour**.

7) Zadati „Start Sketch point“ (první bod z tabulky)

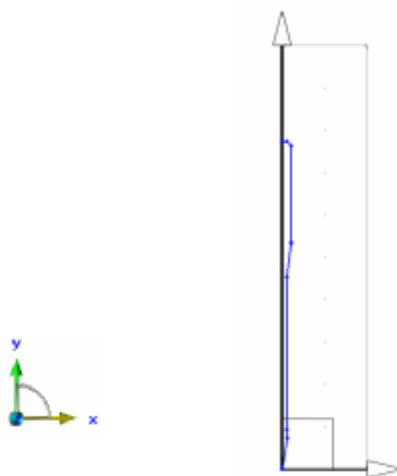
8) Potvrdit klávesou **ENTER**.

9) Zadati „Next sketch, near to the fork“ (další bod z tabulky)




10) Potvrdit klávesou **ENTER**.

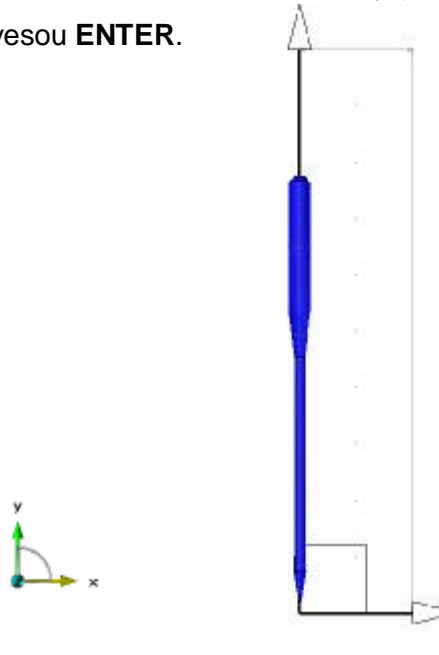
11) Opakovat až do zadání posledního bodu z tabulky. Poté stisknout tlačítko **STOP**.



Obr. 147 Obrys jehly

12) Výstup z funkce klávesou **ESC**.

- 13) Vybrat záložku **SHAPE** a z nabídky menu **Revolved**.
- 14) Kliknout na  kliknout na paletu barev (vybrat podle barvy **modrou**), čímž se všechny elementy modré barvy označí.
- 15) Zvolit osu a směr rotace (v tomto případě je to osa **+Y**)
- 16) Zadat úhel o kolik se bude točit kolem osy (v tomto případě **360°**)
- 17) Potvrdit klávesou **ENTER**.



Obr. 148 Výsledek funkce Revolved

- 18) Výstup z funkce klávesou **ESC**.

Další možné funkce po vytvoření modelu :

a) Attribute/Elements visibility

- Postup: 1) Kliknout na souřadnicový systém,
2) **QUIT** (tato funkce skryje souřadnicový systém)

b) File/Save as

(tato funkce uloží model př. jehla.top)

Obr. 149 Model jehly s texturou ocel

c) Attribute/Textur Postup: 1) Vybrat element na kterém bude textura.

- 2) Vybrat texturu.
- 3) Přidat vrstvu (**layer**)
- 4) Kliknout na **Preview**

3.2 3D modelování na základě Booleovských operací

3.2

Pro tento příklad byla vybrána cívka, která se skládá ze tří objemových primitiv stejného typu (válec), která budou pomocí Booleovských operací sloučena v jeden model. Dále zde je ukázána funkce Drilling (vrtání), která patří mezi reálné strojírenské úpravy polotovaru.



Obr. 150 Model cívky

Potřebné funkce a jejich ikony pro modelování cívky:



- funkce pro nastavení absolutního souřadnicového systému



- funkce pro upevnění pracovní plochy



- paleta barev



Cylinder - funkce **Válec** ze záložky **Shape**



Unite - funkce **Spojit** ze záložky **Shape**



- souřadnicový systém založený na jednom bodě



Drilling - funkce **Vrtání** ze záložky **Shape**




Subtract - funkce **Odebrat** ze záložky **Shape**

Rozměry cívky v [mm]

Tab. 3 Rozměry cívky

Číslo válce	Průměr válce	Výška válce	Ve směru osy	Výchozí bod
1	8.6	11.6	+Y	[0,0,0]
2	20.4	1	-Y	[0,0,0]
3	20.4	1	+Y	[0,11.6,0]
4	2	10	+Z	[0,0,5]
5	2	2	-Z	[0,0,-5]

POSTUP:

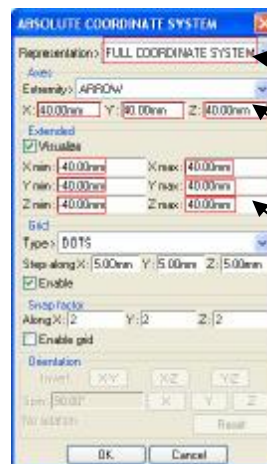
1) Kliknout na ikonku  a zadat hodnoty pro absolutní souřadnicový systém.
V případě modelování objemovými primitivy se použije úplný souřadnicový systém **FULL COORDINATE SYSTEM** a jako maximální a minimální hodnoty **X-ové**, **Y-ové**, **Z-ové** souřadnice se zadají hodnoty, které vytvoří prostorovou krychli, v které bude model vznikat.

2) Po vyplnění viz. Obr.151 potvrdit tlačítkem **OK**.

3) Výstup klávesou **ESC**.

4) Urovnat pracovní plochu

ikonkou 



Zadat **FULL COORDINATE SYSTEM**

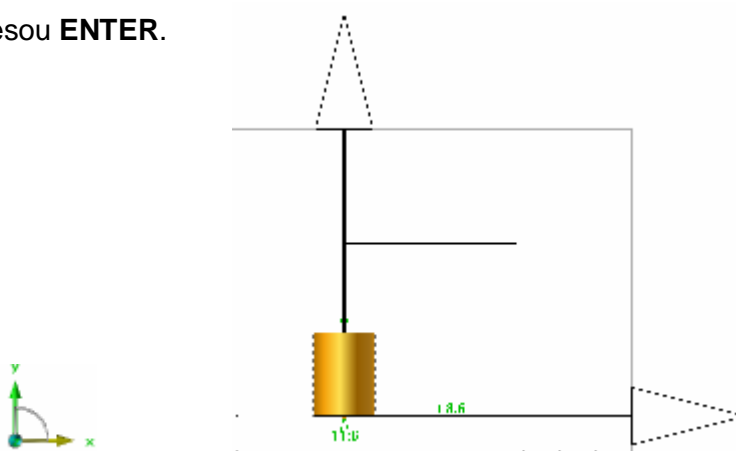
Velikost souřadnicového systému (volitelná)

Velikost vizualizované prostorové krychle

Obr. 151 Absolutní souřadnicový systém

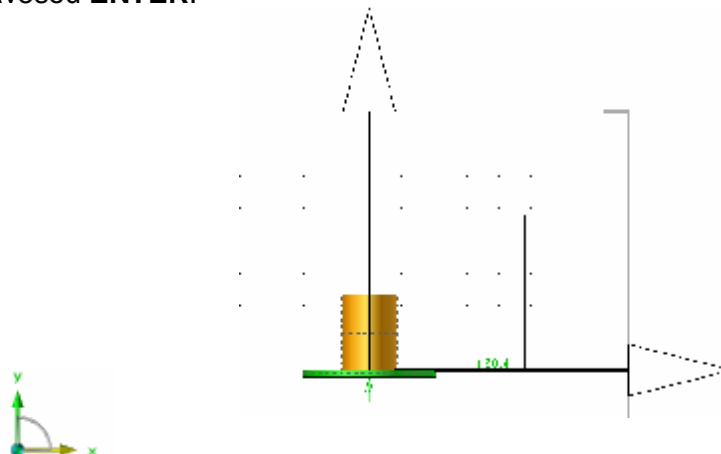
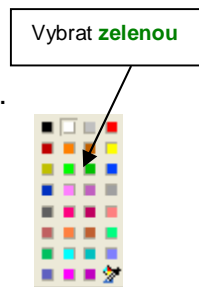
- 5) Vybrat barvu z nabízené palety barev (třetí ikona zprava nahoře)
- 6) Vybrat záložku **Shape** a z nabídky menu **Other shapes, Cylinder**.
- 7) Zadat průměr válce (Diameter)
- 8) Zadat výšku válce (Hight)
- 9) Zadat výchozí bod válce č. 1.
- 10) Potvrdit klávesou **ENTER**.

Vybrat **oranžovou**



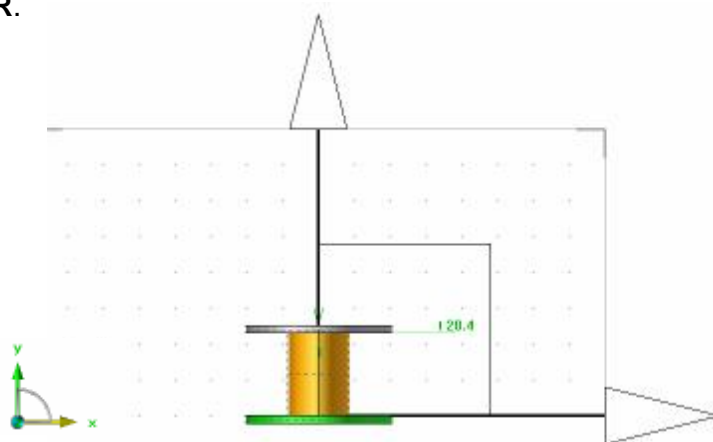
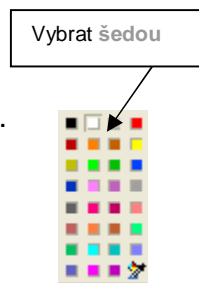
Obr. 152 Výsledek funkce Cylinder – válec 1

- 11) Výstup z funkce klávesou **ESC**.
- 12) Vybrat barvu z nabízené palety barev (třetí ikona zprava nahoře)
- 13) Vybrat záložku **Shape** a z nabídky menu **Other shapes, Cylinder**.
- 14) Zadat průměr válce (Diameter)
- 15) Zadat výšku válce (Hight)
- 16) Zadat výchozí bod válce č. 2.
- 17) Potvrdit klávesou **ENTER**.



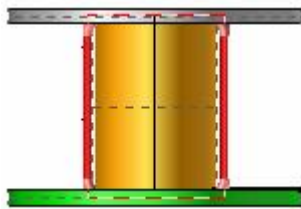
Obr. 153 Výsledek funkce Cylinder – válec 2

- 18) Výstup z funkce klávesou **ESC**.
- 19) Vybrat barvu z nabízené palety barev (třetí ikona zprava nahoře)
- 20) Vybrat záložku **Shape** a z nabídky menu **Other shapes, Cylinder**.
- 21) Zadat průměr válce (Diameter)
- 22) Zadat výšku válce (Hight)
- 23) Zadat výchozí bod válce č. 3.
- 24) Potvrdit klávesou **ENTER**.

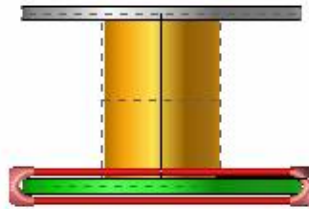


Obr. 154 Výsledek funkce Cylinder – válec 3

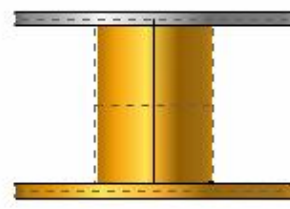
- 25) Vybrat záložku **Shape** a z nabídky menu **Unite**.
 26) Vybrat element ke spojení.
 27) Vybrat element se kterým se první element spojí.



Obr. 155 Bod 26)

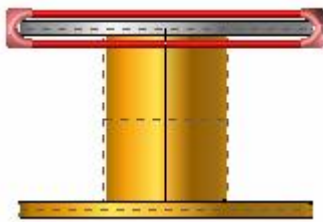


Obr. 156 Bod 27)

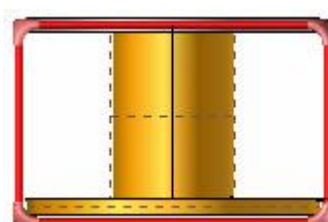


Obr. 157 Výsledek funkce Unite

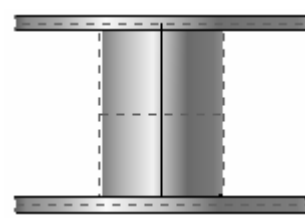
- 28) Vybrat element ke spojení.
 29) Vybrat element se kterým se první element spojí.



Obr. 158 Bod 28)

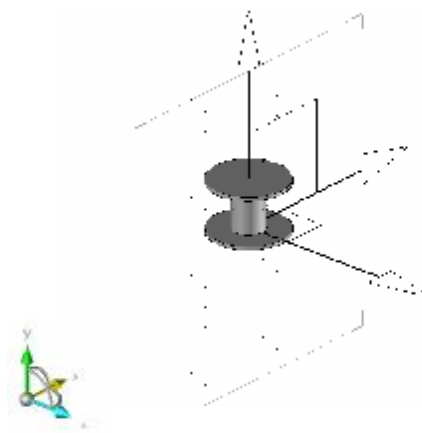


Obr. 159 Bod 29)




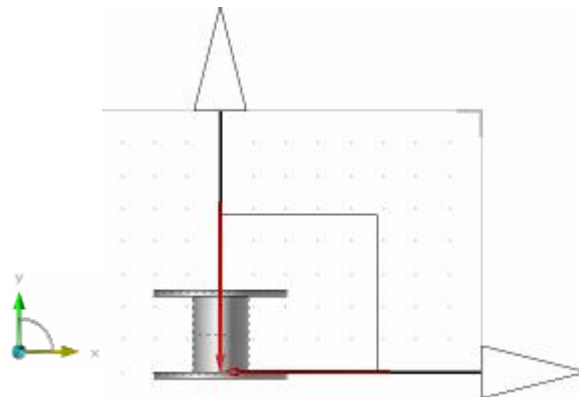
Obr. 160 Výsledek funkce Unite

- 30) Výstup z funkce klávesou **ESC**.



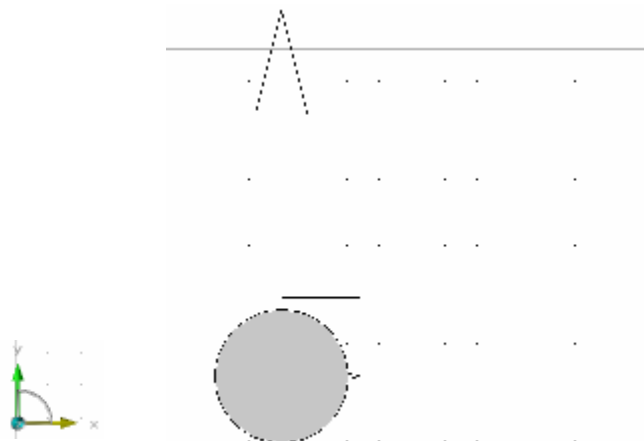
Obr. 161 Pohled na model natočením souřadnicového systému.

- 31) Vybrat v záložce **Tools** z menu **Coordinate System**.
- 32) Zvolit  souřadnicový systém založený na jednom bodě a vztažený k aktuálnímu souřadnicovému systému.
- 33) Zadat bod (Origin point) **0, 11.6, 0**.



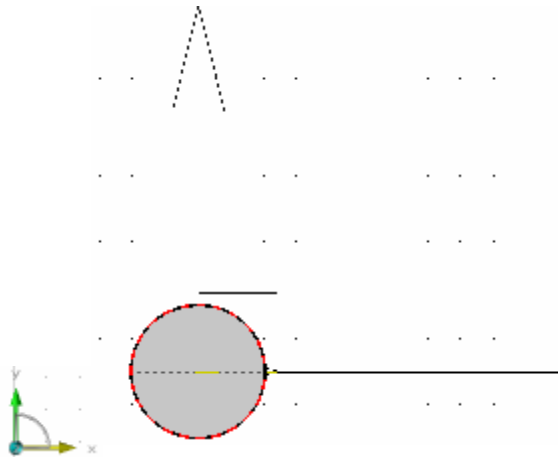
Obr. 162 Značení nového bodu souřadnicového systému

- 40) Kliknout na **3D Coordinate system**.
- 41) Kliknout na **SET A CURRANT**.
- 42) Kliknout na **TOP VIEW**.
- 43) Výstup z funkce klávesou **ESC**.



Obr. 163 Nový pohled na model použitím funkce Top View

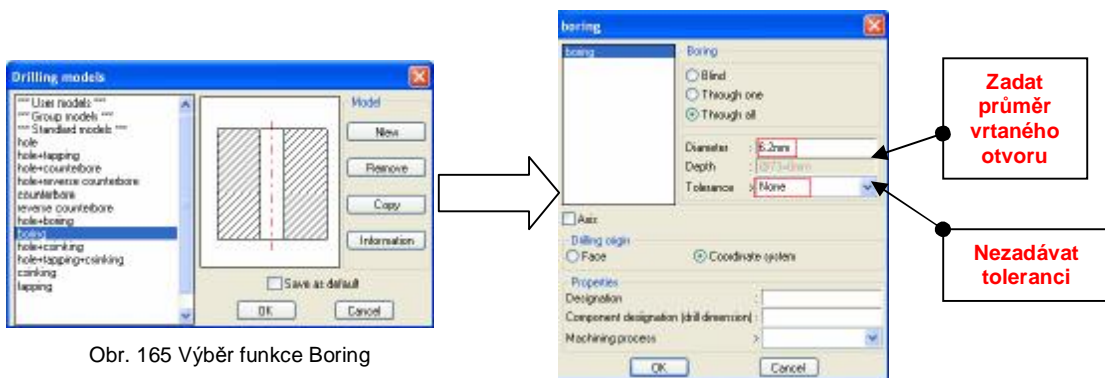
- 44) Vybrat v záložce **Shape** z menu **Drilling** (Vrtání).
- 45) Vybrat plochu pro vrtání.



Obr. 164 Označená plocha pro vrtání otvoru

46) Vybrat z nabídky viz. Obr. 165 **Boring**

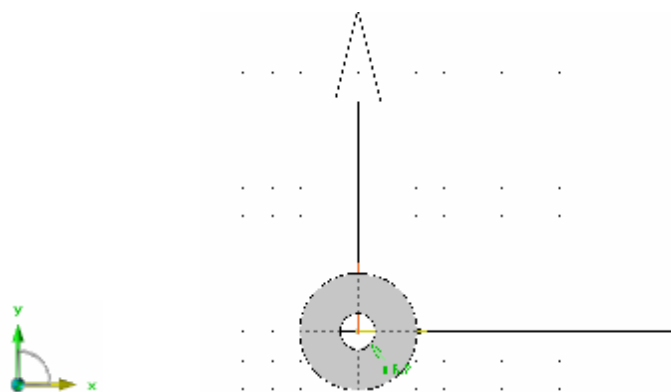
47) Potvrdit tlačítkem OK.



Obr. 165 Výběr funkce Boring


Obr. 166 Parametry pro vrtání

48) Potvrdit tlačítkem OK.

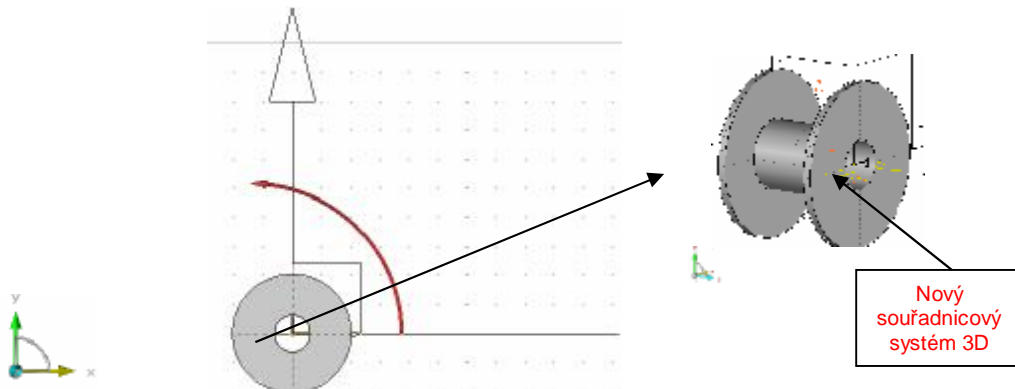


Obr. 167 Vyvrtaný otvor v modelu

49) Vybrat v záložce **Tools** z menu **Coordinate System**.

50) Zvolit  souřadnicový systém založený na jednom bodě a vztažený k aktuálnímu souřadnicovému systému.

51) Zadat bod (Origin point) **-7, 0, 0**.



Obr. 168 Nový bod souřadnicového systému

Obr. 169 Zvětšený natočený model

52) Kliknout na **3D Coordinate system**.

53) Kliknout na **SET A CURRANT**.

54) Kliknout na **TOP VIEW**.

55) Výstup z funkce klávesou **ESC**.

56) Vybrat barvu z nabízené palety barev (třetí ikona zprava nahoře)

Vybrat **fialovou**

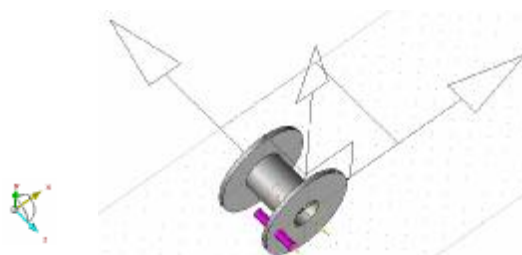
57) Vybrat záložku **Shape** a z nabídky menu **Other shapes, Cylinder**.

58) Zadat průměr válce (Diameter)

59) Zadat výšku válce (Hight)


60) Zadat výchozí bod válce č. 4.

61) Potvrdit klávesou **ENTER**.

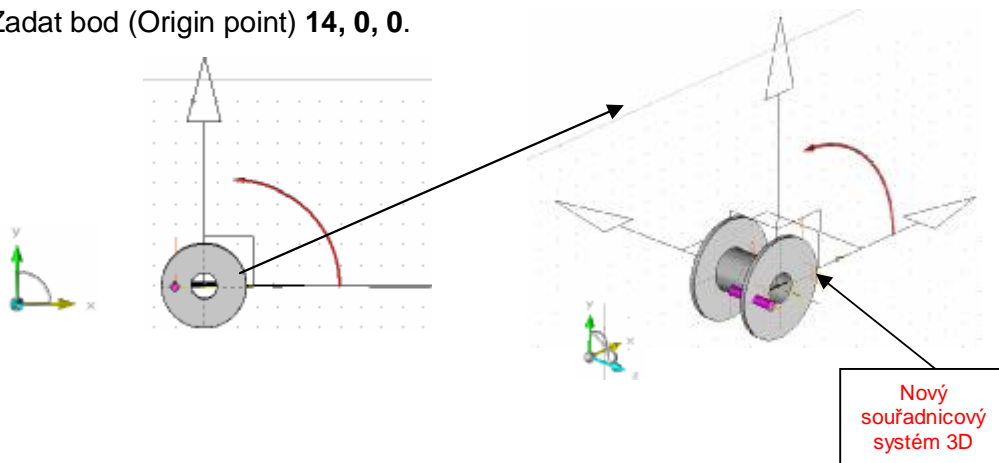


Obr. 170 Natočený model kvůli zviditelnění válce 4

49) Vybrat v záložce **Tools** z menu **Coordinate System**.

50) Zvolit  souřadnicový systém založený na jednom bodě a vztahený k aktuálnímu souřadnicovému systému.

51) Zadat bod (Origin point) **14, 0, 0**.



Obr. 171 Nový bod souřadnicového systému

Obr. 172 Zvětšený natočený model

52) Kliknout na **3D Coordinate system**.

53) Kliknout na **SET A CURRANT**.

54) Kliknout na **TOP VIEW**.

55) Výstup z funkce klávesou **ESC**.

56) Vybrat barvu z nabízené palety barev (třetí ikona zprava nahoře)

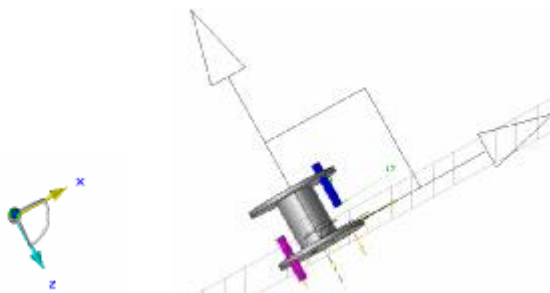
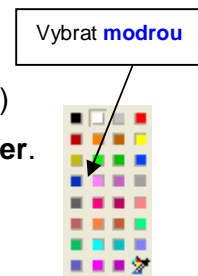
57) Vybrat záložku **Shape** a z nabídky menu **Other shapes, Cylinder**.

58) Zadat průměr válce (Diameter)

59) Zadat výšku válce (Hight)

60) Zadat výchozí bod válce č. 5.

61) Potvrdit klávesou **ENTER**.



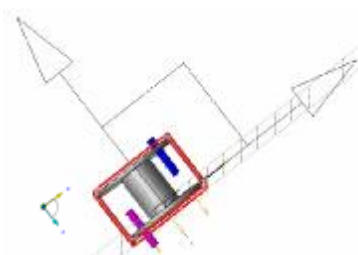
Obr. 173 Natočený model kvůli zviditelnění válce 5

62) Výstup z funkce klávesou **ESC**.

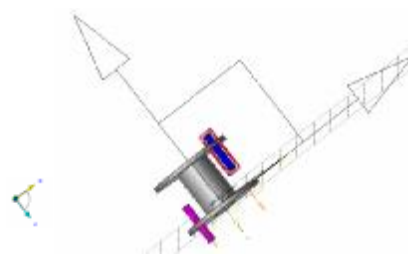
63) Vybrat záložku **Shape** a z nabídky menu **Subtract**.

64) Vybrat element, od kterého se bude následující element odebírat.

65) Vybrat odebíraný element.



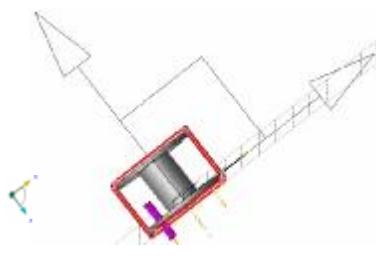
Obr. 174 Bod 63)



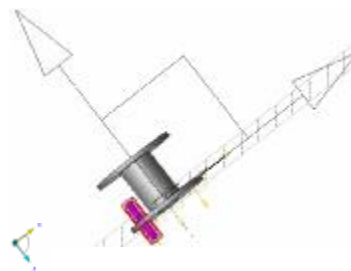
Obr. 175 Bod 64)

66) Vybrat element, od kterého se bude následující element odebírat.

67) Vybrat odebíraný element.

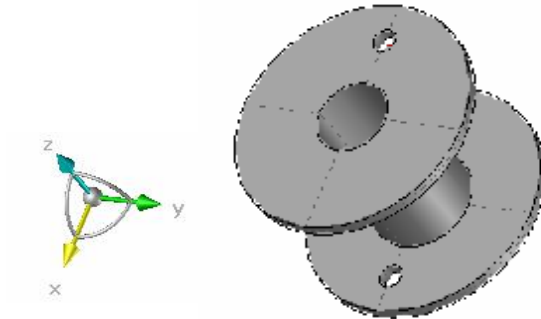


Obr. 176 Bod 65)



Obr. 177 Bod 66)

68) Výstup z funkce klávesou **ESC**.



Obr. 178 Hotový model cívky

3.3 3D plošné modelování

3.3













Pro tento příklad byla vybrána spona, která se skládá z 2D primitiv (kružnice, úsečka, oblouk), která vytvářejí plošný tvar. Při modelování se používalo opakované měnění souřadnicového systému.



Obr. 179 Model spony

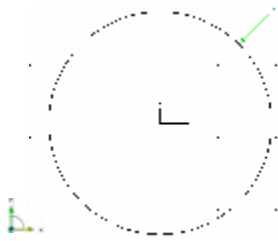
Potřebné funkce a jejich ikony pro modelování spony:

Jsou většinou stejné jako u předchozích příkladů.

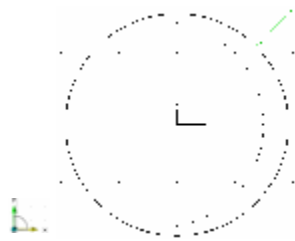
- | | |
|---|--|
|  Circle |  Loft |
|  Bisector line |  Coordinate system on curve |
|  Axes |  Bod – typy bodů |
|  Offset curve |  Curve-Curve intersection point (Průsečík) |
|  Circle 2 points | |
|  Circle 3 points | |
|  Duplicate | |
|  Pipe | |

POSTUP:

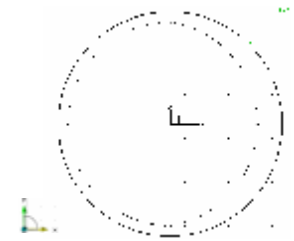
- 1) až 4) stejný jako u předchozích příkladů s rozdílem zadaných hodnot.
- 5) Vybrat záložku **Curve**, zvolit z nabídky **Circle** (kružnice)
- 6) Zadat průměr kružnice (Diameter) v mm.
- 7) Zadat střed kružnice (v tomto případě 0,0)
- 8) Potvrdit klávesou **ENTER**. (viz Obr.180)
- 9) Výstup z funkce klávesou **ESC**.
- 10) Rozkliknout nabídku typů čar a vybrat čerchovanou čáru.
- 11) Vybrat záložku **Curve**, zvolit z nabídky **Circles, Circle 3 points**.
- 12) Zadat první bod (v tomto případě 0, 35)
- 13) Zadat druhý (prostřední) bod (v tomto případě 30,0)
- 14) Zadat třetí (konečný) bod (v tomto případě 0, -35)
- 15) Potvrdit klávesou **ENTER**. (viz. Obr.181)
- 16) Stejným postupem zadat a vykreslit druhý oblouk bez ukončení funkce.
(první bod 0, 35 druhý bod -35,0 třetí bod 0, -35) viz. Obr. 182



Obr. 180 Kružnice

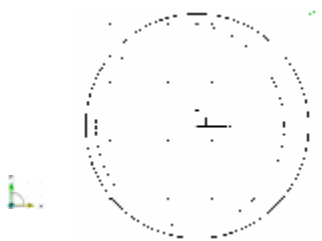


Obr. 181 První oblouk

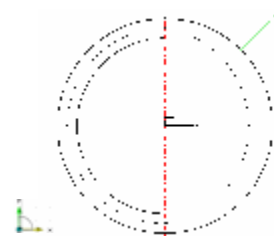


Obr. 182 Druhý oblouk

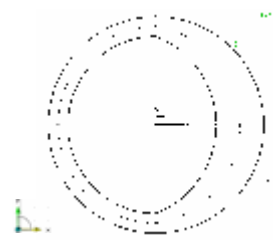
- 17) Výstup z funkce klávesou **ESC**.
- 18) Vybrat záložku **Curve**, z nabídky zvolit **Axes**.
- 19) Kliknout na element (kružnici). (výsledek viz Obr.183)
- 20) Výstup z funkce klávesou **ESC**.



Obr. 183 Kružnice rozdělená osami



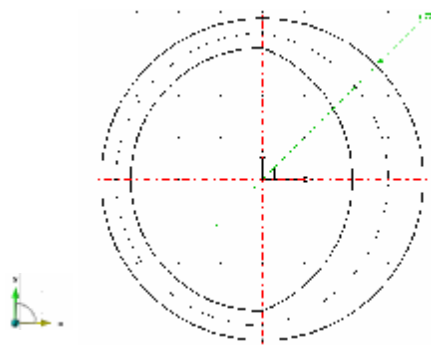
Obr. 184 Offset curve



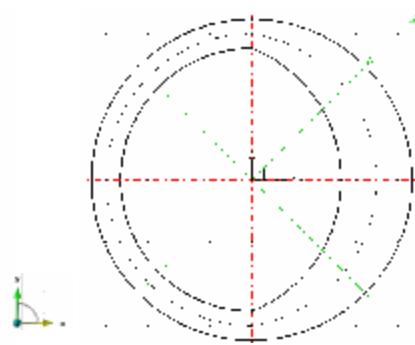
Obr. 185 Výsledek bodu 27)

- 21) Rozkliknout nabídku typů čar a vybrat zpět plnou čáru.
- 22) Vybrat záložku **Curve**, z nabídky **Offset curve**.
- 23) Vybrat křivku (druhý oblouk), který se má přemístit.
- 24) Vybrat směr a zadat vzdálenost přemístění (v tomto případě -3.5)
- 25) Potvrdit klávesou **ENTER**. (výsledek viz. Obr.184)
- 26) Výstup z funkce klávesou **ESC**.
- 27) Vybrat záložku **Curve**, zvolit z nabídky **Circles, Circle 3 points**.
- 28) Zadat první bod (v tomto případě 0, 35)
- 29) Zadat druhý (prostřední) bod (v tomto případě 21.5,0 neboť $30 - ((77/2) - 30)$)
- 30) Zadat třetí (konečný) bod (v tomto případě 0, -35)
- 30) Potvrdit klávesou **ENTER**. (viz. Obr.185)
- 31) Výstup z funkce klávesou **ESC**.
- 32) Rozkliknout nabídku typů čar a vybrat čerchovanou čáru.
- 33) Rozkliknout paletu barev a vybrat zelenou barvu.
- 32) Vybrat záložku **Curve**, z nabídky **Lines, Bisector line**.

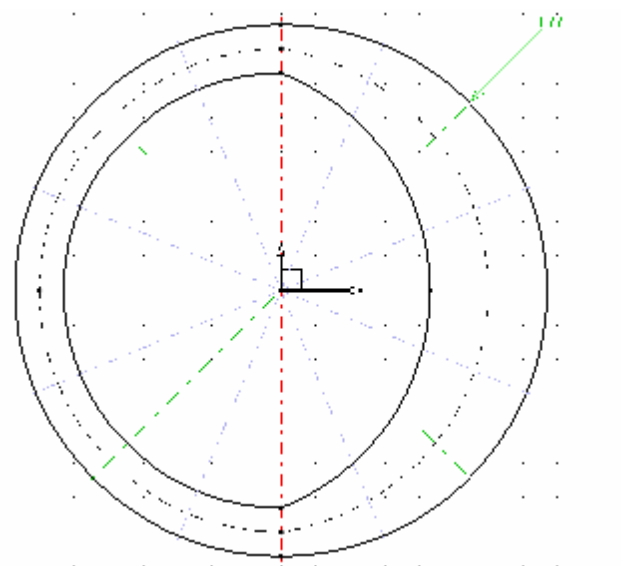
- 33) Kliknout na první přímku.
- 34) Kliknout na druhou přímku. (mezi nimi vznikne půlící osa viz. Obr.186)
- 35) Opakovat stejným postupem bez přerušení funkce. (viz. Obr.187)
- 36) Rozkliknout paletu barev a vybrat modrou barvu.
- 37) Opakovat stále stejným způsobem, ale půlit vzniklé zelené čáry. (viz. Obr.188)



Obr. 186 Půlící osa






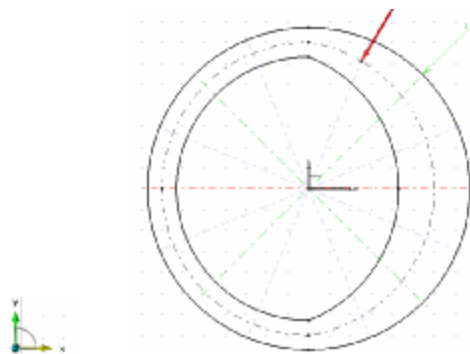
Obr. 187 Půlící osa



Obr. 188 Výsledná rozdělená kružnice

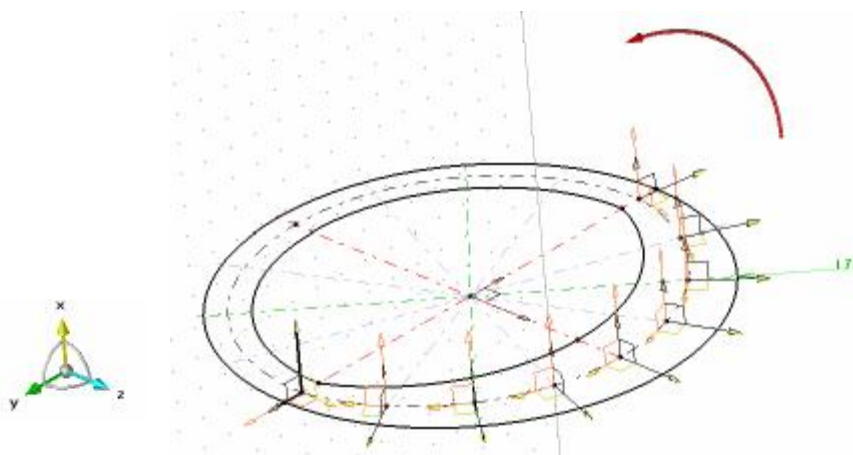
- 38) Výstup z funkce klávesou **ESC**.
- 39) Vybrat v záložce **Tools** z menu **Coordinate system**.

- 40) Zvolit  **Coordinate system on curve** (souřadnicový systém na křivce)
- 41) Kliknout na ikonu bod 
- 42) Zvolit  **Curve-Curve intersection point** (Průsečíkový bod-průsečík křivek)
- 43) Kliknout na křivku prvního oblouku (černá čerchovaná)
- 44) Kliknout na křivku modrou čerchovanou (průsečík a střed souřadnicového systému)
viz. Obr. 189







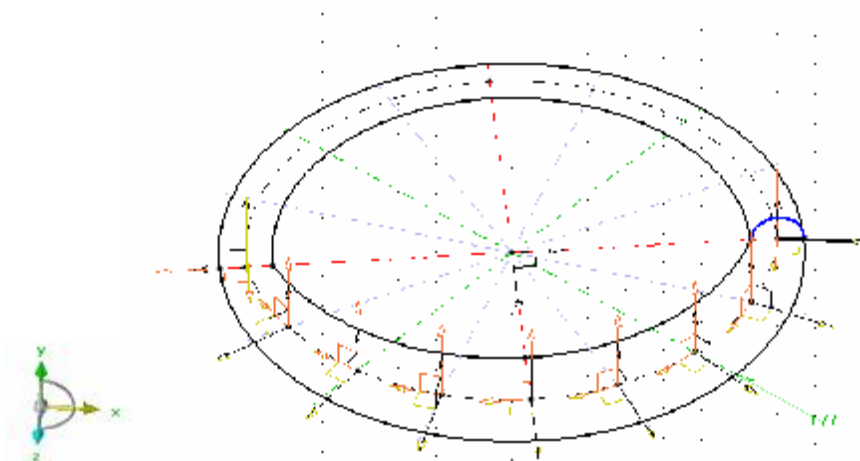
Obr. 189 Nový bod souřadnicového systému

- 45) Kliknout na **3D Coordinate system**.
- 53) Kliknout na **SET A CURRANT**.
- 55) Výstup z funkce klávesou **ESC**.
- 56) Postup opakovat na všech průsečících prvního oblouku, po **SET A CURRANT** nepoužívat **TOP VIEW** (není potřeba zatím) a ukončovat klávesou **ESC**.
- 57) Dbát na směr souřadnicových systémů viz Obr.190



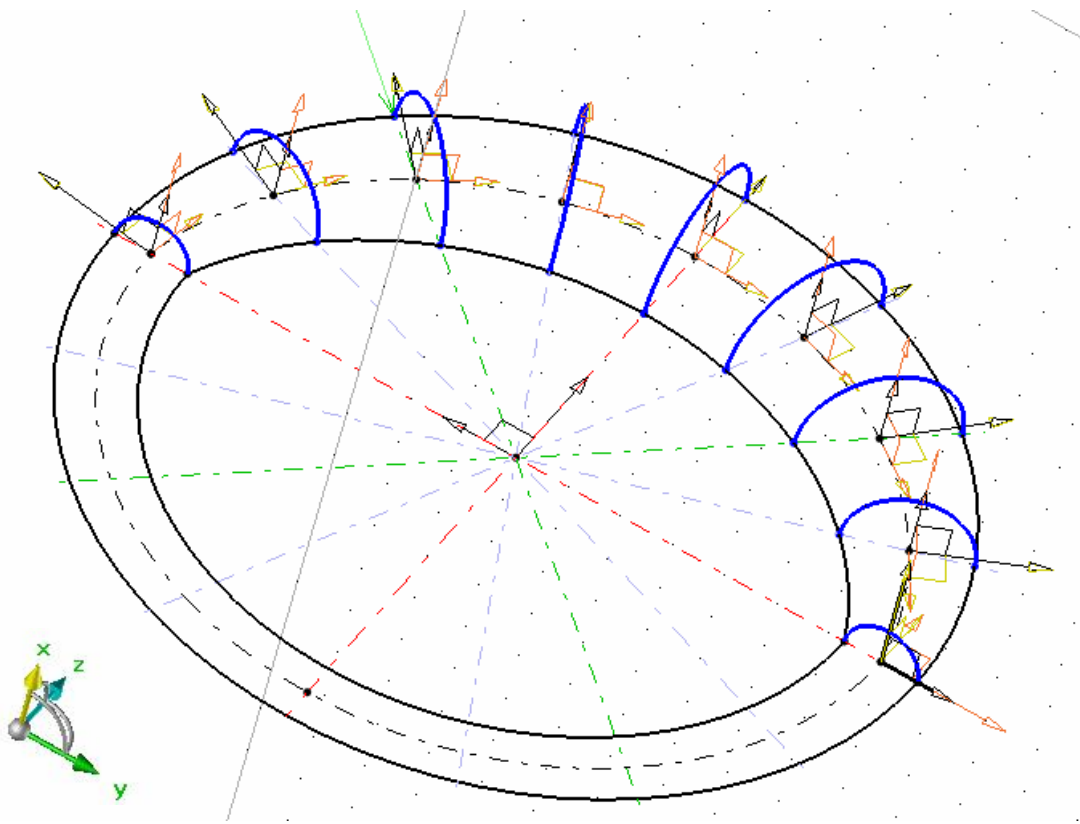
Obr. 190 Směr nového bodu souřadnicového systému

- 58) Vybrat v záložce **Tools** z menu **Coordinate system**.
- 59) Kliknout na jeden souřadnicový systém ležící na prvním oblouku.
- 60) Potvrdit **SET A CURRANT**.
- 61) Výstup klávesou **ESC**. (nemusí se zadávat **TOP VIEW**)
- 62) Rozkliknout paletu barev a vybrat modrou barvu.
- 63) Rozkliknout nabídku typů čar a vybrat plnou čáru.
- 64) Vybrat záložku Curve, zvolit z nabídky Circles, Circle 2 points.
- 65) Kliknout na ikonu bod 
- 66) Zvolit  **Curve-Curve intersection point** (Průsečíkový bod-průsečík křivek)
- 67) Kliknout na kružnici (plná černá čára)
- 68) Kliknout na červenou čerchovanou čáru (osa kružnice) společně tvoří průsečík, což je první bod oblouku (modrého) kružnice zadávaného dvěma body.
- 69) Kliknout na ikonu bod 
- 70) Zvolit  **Curve-Curve intersection point** (Průsečíkový bod-průsečík křivek)
- 71) Kliknout na první přímku čerchovanou přímkou.
- 72) Kliknout na černou plnou čáru prvního oblouku, společně tvoří průsečík, což je druhý bod oblouku (modrého) kružnice zadávané dvěma body.
(výsledek viz. Obr.191)



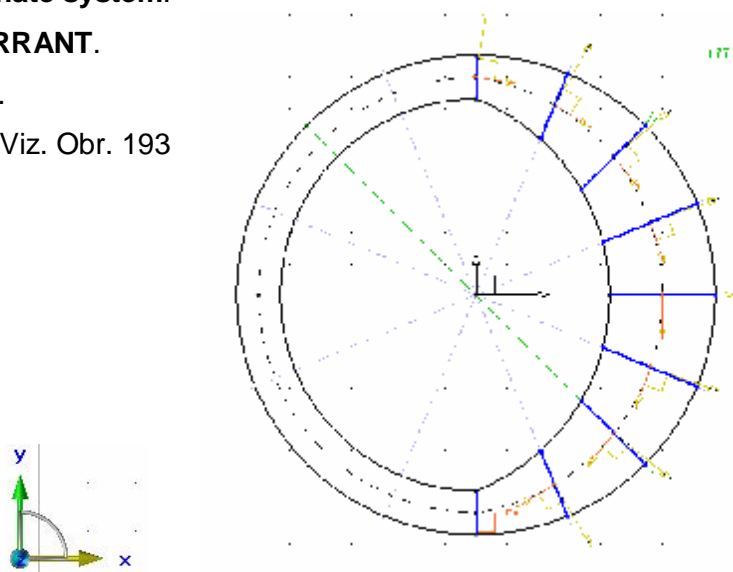
Obr. 191 Oblouk

- 73) Výstup z funkce klávesou **ESC**.
- 73) Celý postup opakovat od bodu 58) do 73) bez bodů 62) a 63) viz. Obr. 192



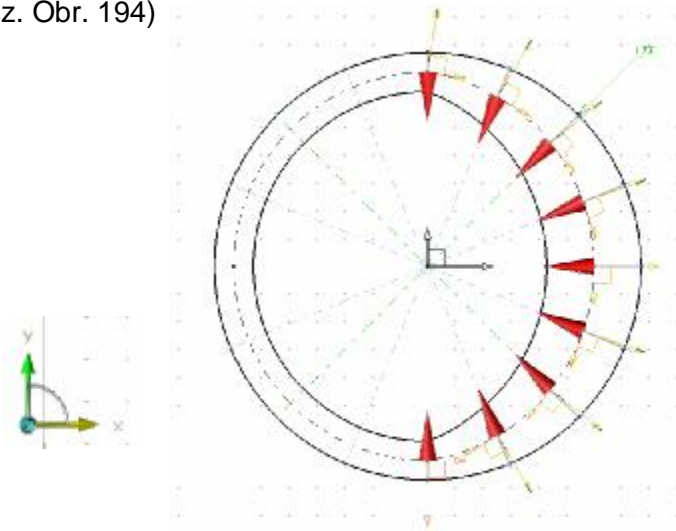
Obr. 192 Vytvoření všech oblouků

- 74) Vybrat v záložce **Tools** z menu **Coordinate system**.
- 75) Kliknout na původní souřadnicový systém ležící ve středu kružnice.
- 76) Kliknout na **3D Coordinate system**.
- 77) Kliknout na **SET A CURRANT**.
- 78) Kliknout na **TOP VIEW**.
- 79) Výstup klávesou **ESC**. Viz. Obr. 193



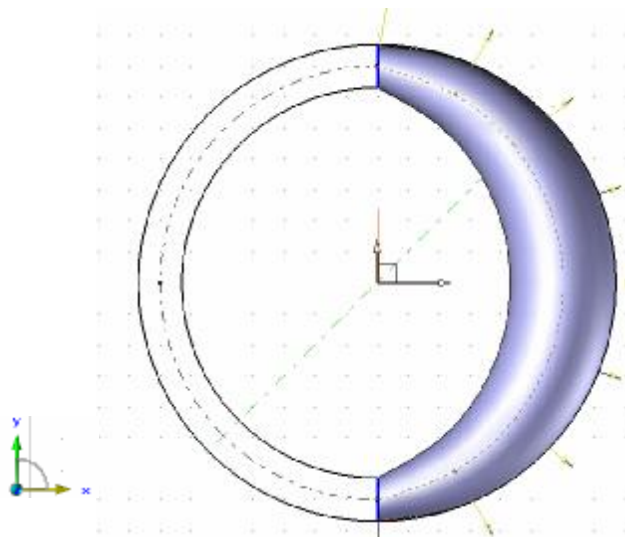
Obr. 193 Pohled v rovině x,y

- 80) Vybrat záložku **Edit** z nabídky menu **Duplicate**.
- 81) Zvolit Translation.
- 82) Vybrat směr osy +Z.
- 83) Zadat vzdálenost 0.
- 84) Kliknout alespoň 2x (musí se označit červeně) na každý element (oblouky), kde se bude vytvářet plocha (neboť každá plocha přijme jednu hraniční křivku)
- 85) Výstup z funkce klávesou **ESC**.
- 86) Vybrat záložku **Shape** a z nabídky menu **Loft**.
- 87) Kliknout na všechny modré oblouky, aby šipka pro rozvinutí plochy ukazovala stejný směr (viz. Obr. 194)



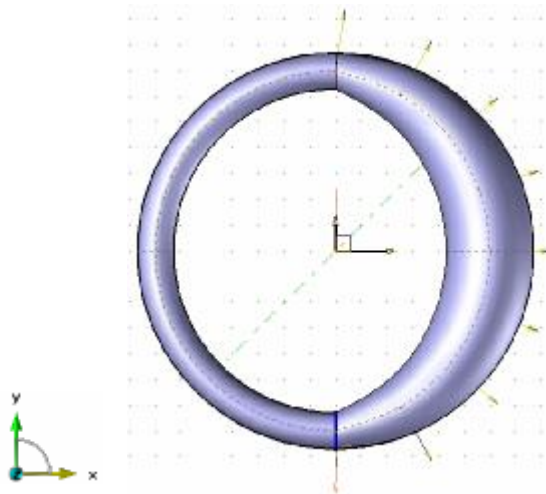
Obr. 194 Směr pro pokrytí plochou

- 88) Poté kliknout na **STOP WITH NULL CURVATURE**. Výsledek viz. Obr. 195




Obr. 195 Vytvořená plocha

- 89) Výstup z funkce klávesou **ESC**.
- 90) Vybrat záložku **Shape** a z nabídky menu **Pipe**.
- 91) Zvolit **ON CURVES**.
- 92) Zvolit guide curve (průvodní křivka) v tomto případě černý čerchovaný oblouk.
- 93) Zvolit směr.
- 94) Kliknout na křivky (oblouky), které budou tvořit plochu - stačí na první.
- 95) Potvrdit OK. Výsledek viz. Obr. 196



Obr. 196 Plošný model

- 96) Spojit plochy dohromady přes funkci **Unite** – postup jako u příkladu cívka.
- 97) Sponu dokončit přidáním elementu (přímka) **Curve/Line**, který se vymodeluje stejným postupem jako plochy obou oblouku (možnost funkce **Loft**, **Pipe**)
- 98) Hotovou sponu je možné pokrýt texturou v nabídce  - rendering viz. Obr.198



Obr. 197 Hotový model spony



Obr. 198 Model spony pokrytý texturou textilie

4 Konstrukční řešení spodního sedáku autosedačky

4

4.1 Autosedačky

4.1

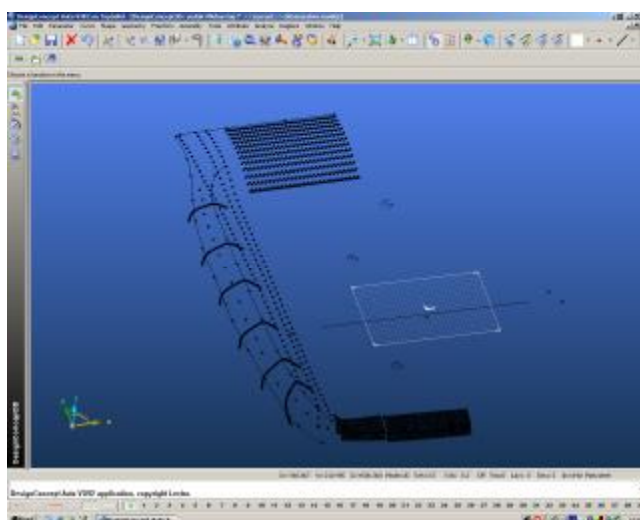
Autosedačky se dělí na přední a zadní, podle toho, kde jsou v automobilu umístěny. Přední se skládají ze tří dílů (hlavovka, (horní díl) opěra a (spodní díl) sedák). Zadní mají ještě loketku. Vyrábí se z PUR pěny odléváním z forem. Pro dokonalejší uchycení potahu se vyztužují kovovými dráty. V České Republice je výrobcem pěnových autosedaček nadnárodní společnost Proseat.

Pro experiment byla použita autosedačka přední, konkrétně spodní díl – sedák, který věnovala společnost Proseat s. r. o. Mladá Boleslav.

4.2 Experiment

4.2

Cílem experimentu bylo pokusit se vymodelovat sedák v programu DesignConcept 3D, aby odpovídal skutečnému vzoru. Bylo nutné sedák, co nejpřesněji změřit. Po konzultacích se strojními konstruktéry jak, co nejlépe změřit negeometrický tvar sedáku, se dospělo ke dvěma závěrům; zdigitalizovat vzor sedáku pomocí nějakého snímacího zařízení nebo rozřezat vzor na části. V tomto případě byla zvolena metoda řezů. Metoda digitalizace je sice přesnější, ale finančně náročnější. I přesto ale pak byla použita metoda mechanického snímání. Za pomoci společnosti HMB, která vlastní mechanický skener Zett mess byl sedák nasnímán. Ukázalo se ale, že v oblasti čela sedáku nebyl dostatečně zvolený počet naskenovaných bodů. Použila se tedy metoda řezů.



Obr. 199 Zobrazení naskenovaných bodů sedáku v programu DesignConcept 3D (data jsou ve formátu IGES na příloženém DVD)

4.3 Metoda řezů

Pozorováním tvaru sedáku se dospělo k názoru, že sedák je osově souměrný a v některých místech i stejně tvarovaný. Proto byl sedák nejprve rozříznut na pásové pile na dvě shodné poloviny dle naznačení (dále se už pracovalo jen s jednou polovinou sedáku). Před přípravou pro další řezání bylo nutné zajistit rovinu sedáku, neboť je v půdorysu tvarovaný viz. Obr.201 Sedák byl tedy přilepen k silné lepenkové podložce speciálním lepidlem. Byl po bocích zafixován a dutiny se vyplnily speciálním materiálem, který je schopen přilnout k PUR pění sedáku. Jako materiál se použila montážní PUR pěna, která po vytvrzení dokonale přilnula k pění sedáku. Výsledný tvar byl zarovnan na rotační brusce a poté rozřezán dle naznačení na pásové pile.

Sedák byl rozřezán na celých 14 řezů vč. 1 řezu (čelo), které se pro lepší zjištění rozměrů rozřezalo ještě na další tři díly. U výsledných řezů se měřil vrchní tvar křivky. Pro každý řez byl zvolen stejný souřadnicový systém X,Y, z kterého se vychází i při modelování v programu DesignConcept 3D. Naměřené hodnoty jednotlivých řezů jsou v *Příloze E*. Pro lepší orientaci při modelování dostaly jednotlivé křivky barvu. Tloušťka řezu je v 3D souřadnicovém systému vzdálenost osy Z.



Obr. 200 Sedák nárys



Obr. 201 Sedák půdorys



Obr. 202 Sedák čelní pohled



Obr. 203 Rozřezaná 1/2 sedáku



Obr. 204 Pohled na jednotlivý řez



Obr. 205 Řez čela sedáku

4.4 Stručný grafický postup (podrobnější postup na přiloženém DVD)

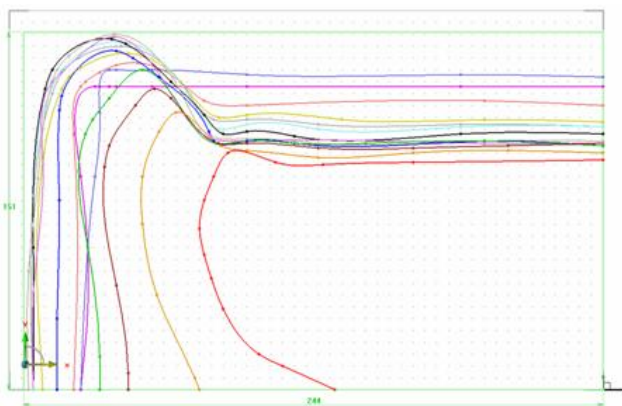
4.4

1) Zadat absolutní souřadnicový systém.



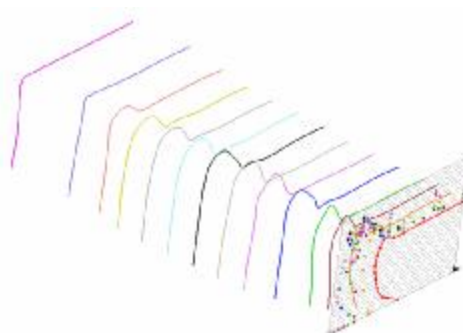
Obr. 206 Absolutní souřadnicový systém

2) Vykreslit jednotlivé křivky dle naměřených hodnot z *Přílohy E* pomocí **Splines** a ohraničit je rámcem (**Rectangle**) o velikosti lokálních maxim v ose X a Y.



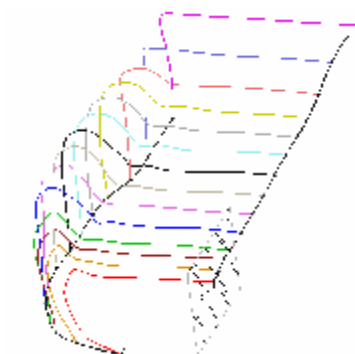
Obr. 207 Vykreslené křivky a obrysový obdélník

3) Skrýt souřadnicový systém a rámeček, transformovat křivky dle vzdálenosti z *Přílohy E* podle osy **-Z** funkcí **Transform/Translation**.



Obr. 208 Translace křivek

4) Vytvořit obrys změnou souřadnicového systému a pomocí funkce **Splines**.



Obr. 209 Vytvořený obrys pomocí křivek Splines

5) Vytvořit plochu buď pomocí funkce **a) Patchwork** a nebo funkce **b) Loft**.

a)



Obr. 210 Povrch funkcí Patchwork

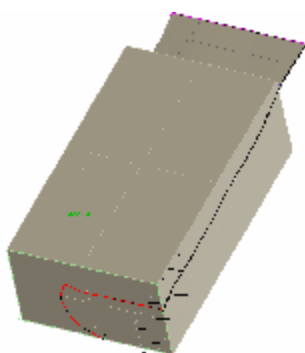
b)



Obr. 211 Povrch funkcí Loft

Několikerým pokusem o vytvoření, co nejlepšího tvaru plochy podobné vzoru byla zvolena funkce **Loft** jako nejpřijatelnější.

6) Po sešití plošek funkce **Loft**, vyvolat skrytý rámec a pomocí funkce **Extruded** vytvořit solid, který se pomocí funkce **Trim** ořeže.

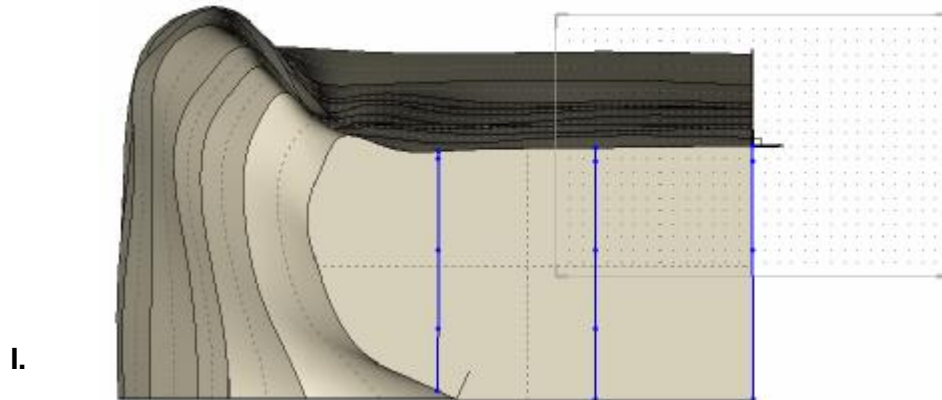


Obr. 212 Zobrazení funkce Extruded

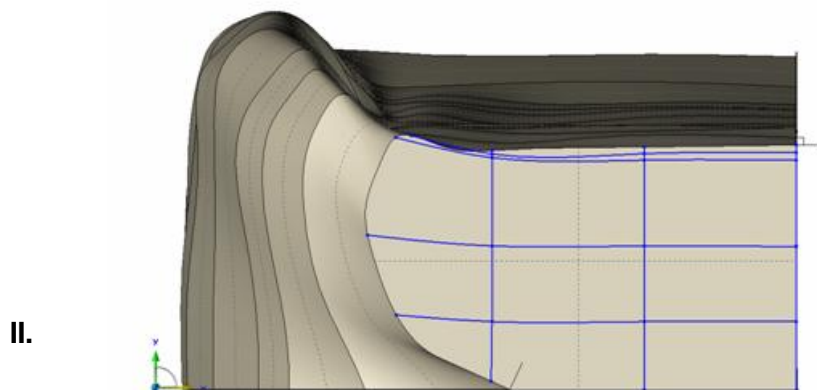


Obr. 213 Zobrazení modelu po funkci Trim (po ořezu)

- 7) Vytvořit čelo sedáku změnou souřadnicového systému z naměřených hodnot v Příloze E za použití **Splines**

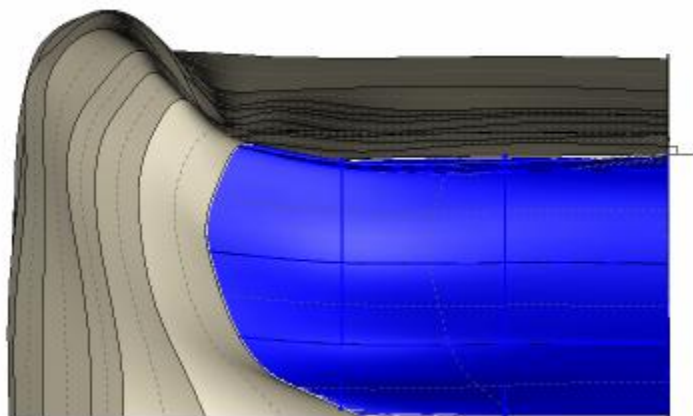


Obr. 214 Splines křivky tvarující čelo sedáku - vertikální



Obr. 215 Splines křivky tvarující čelo sedáku - horizontální

- 8) Pokrýt křivky plochou pomocí funkce **3-4 curves**.



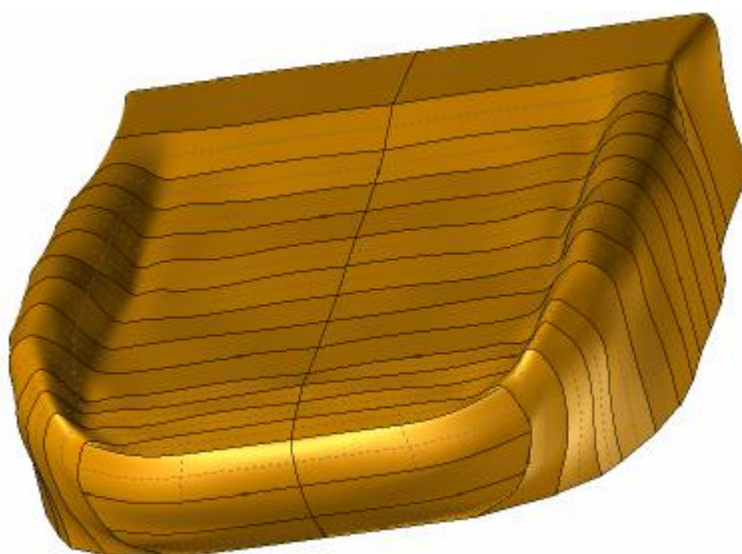
Obr. 216 Pokrytí čela sedáku plochou

- 9) Sešít plochy a znovu rozbít, odstranit středovou plochu, znovu sešít, poté transformovat model pomocí funkce **Duplicate/Transform** metodou **Mirror**.
(po sešítí dochází ke změně barvy modelu, čímž je zaručena správnost sešítí)



Obr. 217 Model po duplikaci a následné transformaci metodou Mirror

- 10) Znovu sešít plochy dohromady pro výsledný hotový model sedáku.



Obr. 218 Hotový model sedáku

5 Závěr

Zkoumaný software DesignConcept 3D se ukázal jako zajímavý, ale nadbytečně složitý modelář pro tvorbu 3D vzorů. V porovnání se softwarem CATIA V5 je jeho ovládání manipulačně složitější. Jednotlivé funkce je nutné dostatečně dobře znát a dopředu promýšlet jak je vhodně použít, aby nedocházelo k chybám vedoucím k nevykonání požadovaných operací. Přesto, ale nelze považovat tento názor na software DesignConcept 3D jako jednostranný, a to vzhledem ke krátké uživatelské době.

Cílem této diplomové práce bylo vytvořit 3D model autosedačky v programu DesignConcept 3D, který se bude moci dále použít pro oděvní účel. Jak již bylo řečeno, software DesignConcept 3D umí vytvořit pomocí náčrtu křivek na hotovém 3D modelu švové linie, které pomocí DesignConcept 3D-2D rozloží do stříhových dílů. Hotové stříhové díly se pak dají upravovat rozložením na textuře neskenovaného materiálu v programu DesignConcept 2D. Takto upravené díly je pak možné opět sešít a tak zvaně virtuálně jimi potáhnout vytvořený model sedáku.

Vytvořený model sedáku v této práci by se dal použít jako vstupní parametr pro další diplomové práce. Jeho přesnost by mohla být ověřena realizací sešití stříhových dílů a následného potažení sedáku.

Úvodní citace [on-line] Dostupné z

<http://www.czechdesign.cz/index.php?status=c&clanek=1409&lang=1>

[citováno 9. 5. 2008]

Historie CAD [on-line] Dostupné z

http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2_CAD-CAM.htm

[citováno 10. 4. 2008]

AutoCAD [on-line] Dostupné z

<http://www.cadforum.cz/cadforum/Vyuka%2DAutoCAD%2D3D/>

[citováno 11. 4. 2008]

Catia V5 [on-line] Dostupné z

<http://www.kks.zcu.cz/podklady/CATIA/studentske/>

[citováno 11. 4. 2008]

<http://www.dytron.cz/catia-popis/catia-v5.aspx>

[citováno 11. 4. 2008]

Inventor [on-line] Dostupné z

<http://www.xanadu.cz/prod/inventor.asp>

[citováno 11. 4. 2008]

Pro/Engineer [on-line] Dostupné z

<http://www.mmspektrum.com/clanek/konstrukce-forem-pro-plastove-dily>

[citováno 11. 4. 2008]

Rhino [on-line] Dostupné z

<http://www.cz.rhino3d.com/id.htm>

[citováno 10. 4. 2008]

Maya [on-line] Dostupné z

[http://cs.wikipedia.org/wiki/Maya_\(software\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Maya_(software))

[citováno 10. 4. 2008]

SolidWorks [on-line] Dostupné z

<http://www.solidvision.cz/pdmworks/workgroup/>

[citováno 10. 4. 2008]

Unigraphics (dnes již NX) [on-line] Dostupné z

<http://www.ugs.cz/default.aspx?section=31&server=1&article=1035>

[citováno 10. 4. 2008]

Výstupní zařízení [on-line] Dostupné z

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Trackball>

[citováno 10. 4. 2008]

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Spaceball>

[citováno 10. 4. 2008]

Digitalizace [on-line] Dostupné z

<http://robo.hyperlink.cz/3dskenery/main03.html>

[citováno 10. 4. 2008]

Rapid Prototyping [on-line] Dostupné z

<http://robo.hyperlink.cz/rapid/main05.html>

[citováno 10. 4. 2008]

Anglický manuál softwaru DesignConcept 3D Nedostupné-součást softwaru

[Topsolid HTML HELP](#)

[Basics of 3D Modeling.pdf](#)

Kargerová, M., Kopincová, E., Mertl, P., Nevrla: "**Geometrie a grafika pro CAD**" (skriptum FSI). ČVUT, Praha 2002.

1.1.1

Obr. 1 CAD pracovní stanice IBM 6090 [1] [on-line] Dostupné z

http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2_rastr_st.jpg [citováno 10. 4. 2008]

1.2.1

Obr. 2 Rozdělení obrazovky [2] [on-line] Dostupné z

http://www.cadforum.cz/cadforum/Vyuka%2DAutoCAD%2D3D/obrazky/vp_b.gif

[citováno 10. 4. 2008]

1.2.1

Obr. 3 Pracovní plocha programu AutoCAD 3D [3] [on-line]

Dostupné z http://www.learn cadfast.com/resources/images/solid_screenshot_small.jpg

[citováno 10. 4. 2008]

1.2.2

Obr. 4 pracovní plocha softwaru CATIA [4]

[off-line] [mancik2005.pdf](#)

1.2.3

Obr. 5 pracovní plocha softwaru Inventor – strojní součást [5]

Dostupné z <http://www.speak4cad.com/Image/Inventor.gif> [citováno 10. 4. 2008]

1.2.4

Obr. 6- 8 Pro/ENGINEER by Dave Ehren Pro/ENGINEER Version: WF1 Modelováno v Pro/Engineer [6-8] [citováno 10. 4. 2008]

Dostupné z <http://www.design-engine.com/photorealchairs/henning/chair01.jpg>

<http://go.3dlogix.com/exchange/images/uploads/10028-00021.jpg>

http://www.proetools.com/graphics/courses/z_08.jpg

1.2.5

Obr. 9 Pracovní plocha softwaru Rhino – T-Splines model [9]

Dostupné z <http://www.deskeng.com/Media/TSplinesCar.jpg> [citováno 10. 4. 2008]

1.2.5

Obr. 10 Pracovní plocha softwaru Maya – T-Splines model kreslené postavičky [10]

Dostupné z <http://www.illuminatedpixel.com/MayaToXAML/BugMayaBigPose.jpg>

[citováno 10. 4. 2008]

1.2.6

Obr. 11 pracovní plocha softwaru SolidWorks – renderovaná strojní součást [11]

Dostupné z <http://www.actiongroupinc.com/images/solidworks.jpg>[citováno 10. 4. 2008]

1.2.8.1

Obr. 12 Trackball Dostupné z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Logitech-trackball.jpg>

[citováno 10. 4. 2008]

1.2.8.1

Obr. 13 Spaceball Dostupné z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Space-Navigator.jpg>

[citováno 10. 4. 2008]

1.2.8.1

Obr. 14 Spacemouse Dostupné z <http://www.vrlogic.com/assets/images/SMCh100.jpg>

[citováno 10. 4. 2008]

1.2.9.1

Obr. 15 Dotykový skener Microscribe [15]

Dostupné z <http://robo.hyperlink.cz/re-teorie/obr07.jpg> [citováno 10. 4. 2008]

1.2.9.2

Obr. 16 Optický skener Atos II [16]

Dostupné z <http://robo.hyperlink.cz/re-teorie/obr08.jpg> [citováno 10. 4. 2008]

1.2.9.3

Obr. 17 Laserový skener Vivid 700 [17]

Dostupné z <http://www.fit.vutbr.cz/~dobsik/img/vivid700.jpg> [citováno 11. 4. 2008]

1.2.9.4

Obr. 18 Destruktivní skener RE 1000 [18]

Dostupné z <http://www.cadcamservices.com/images/cgimach1.jpg>

[citováno 11. 4. 2008]

1.2.9.5

Obr. 19 Ultrazvukový skener Freepoint [19]

Dostupné z http://vr.isdale.com/3DScanners/images/gtco_freepoint.jpg

[citováno 11. 4. 2008]

1.2.8.5.1

Obr. 20 Princip stereolitografie [20]

Dostupné z <http://robo.hyperlink.cz/rapid/obr01.jpg> [citováno 11. 4. 2008]

1.2.8.5.2

Obr. 21 Princip metody Selective Laser Sintering [21]

Dostupné z <http://robo.hyperlink.cz/rapid/obr02.jpg> [citováno 11. 4. 2008]

1.2.8.5.3

Obr. 22 Princip metody Laminated Manufacturing [22]

Dostupné z <http://robo.hyperlink.cz/rapid/obr03.jpg> [citováno 11. 4. 2008]

1.2.8.5.4

Obr. 23 Princip metody Solid Ground Curing [23]

Dostupné z <http://robo.hyperlink.cz/rapid/obr05.jpg> [citováno 11. 4. 2008]

1.2.8.5.5

Obr. 24 Princip metody Fused Deposition Modelling [24]

Dostupné z <http://robo.hyperlink.cz/rapid/obr06.jpg> [citováno 11. 4. 2008]

3

Obr. 27 – 140 mimo 124 a 139 [27-140 mimo 124 a 139] Obr. 141 a 142 [141-142]

[Topsolid HTML HELP, Basics of 3D Modeling.pdf](#)

[139] [citováno 5. 5. 2008] Dostupné z

http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Intersection_of_two_sets_A_and_B.svg

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A	2.2.1
Příloha B	2.2.2
Příloha C	2.2.7
Příloha D	3.1.3
Příloha E	4.3

Obrázky příloh

Obr. I Rotační těleso [I]	Příloha A
Obr. II Přímková plocha [II]	Příloha A
Obr. III Trajekční plocha [III]	Příloha A
Obr. IV Hraniční plocha [IV]	Příloha A
Obr. V Tvorba „myší díry do kostky [V]	Příloha A
Obr. VI Merge 1 [VI]	Příloha D
Obr. VII Merge 2 [VII]	Příloha D

[I – V] [on-line] Dostupné z

<http://www.cadforum.cz/cadforum/Vyuka%2DAutoCAD%2D3D/>

[citováno 10. 4. 2008]

Tabulky Přílohy E

Tab.I
Tab.II
Tab.III
Tab.IV
Tab.V
Tab.VI
Tab.VII
Tab.VIII
Tab.IX
Tab.X
Tab.XI
Tab.XII
Tab.XIII
Tab.XIV
Tab.XV
Tab.XVI
Tab.XVII
Tab.XVIII
Tab.XIX

Příloha A

AutoCAD umožňuje vytvářet tři různé typy prostorových objektů, které se liší zejména svými vlastnostmi a možnostmi dalších úprav. Tyto objekty jsou předdefinované programem. Jsou to:

- a) **Drátové modely** – jsou to rovinné útvary, kreslené a rozmístěné v prostoru, zadávané všemi třemi souřadnicemi x,y,z. Tímto způsobem se mohou vytvářet např. vedení potrubí domem, kresby na stěny apod. Ke kreslení těchto útvarů stačí znalosti o souřadných systémech a zadávání bodů v prostoru.
- b) **Plošné modely** – jsou tvořeny pomocí sítí, vytvořených z 3D ploch, tyto sítě se získají přímým zadáváním 3D ploch čtyřúhelníkových nebo trojúhelníkových desek v prostoru. Patří mezi ně plošná primitiva (kvádr, klín, jehlan, kužel, koule, vrchlík, anuloid), která se chovají jako dutá tělesa -> surface shapes

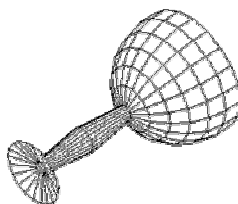


- c) **Objemové modely** – jsou reálná plná tělesa, která je možno sjednocovat tvořit rozdíly a průniky tzv. Booleovskými operacemi, ořezávat a prokládat rovinou Mezi objemové modely patří primitiva (kvádr, klín, kužel, koule, válec a anuloid), která se nazývají -> solid shapes



Kromě předdefinovaných těles umí AutoCAD vytvářet plochy : rotační, přímkové, trajekční, hraniční. Všechny tyto plochy se zadávají vždy pomocí řídicích křivek, které je nutné mít nakreslené před zadáváním příslušného příkazu. Všechny příkazy z nabídky Draw/Surfaces vygenerují 3D mesh (3D síť), kterou lze dále modifikovat. Hustota sítě je ovládána dvěma systémovými proměnnými SURFTAB1 a SURFTAB2, které určují hustotu sítě v poledníkovém a rovnoběžkovém směru.

- a) **Rotační plocha (REVOLVED SURFACE)** – generuje rotační plochu zadanou řídicí křivkou a osou rotace. Tímto způsobem je možné získat tělesa rotačního charakteru.



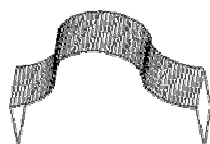
Obr. I Rotační těleso [I]

- b) **Přímková plocha (RULED SURFACE)** – vytvoří přímkovou plochu mezi dvěma řídicími křivkami. Obě křivky musí být buď otevřené nebo současně uzavřené. Pokud jsou otevřené, spojí se „kraje“ křivek.



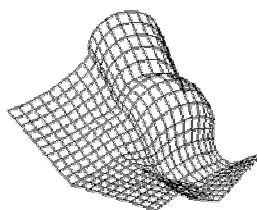
Obr. II Přímková plocha [II]

- c) **Trajekční plocha (TABULATED SURFACE)** - generuje plochu danou řídicí křivkou a směrovým vektorem



Obr. III Trajekční plocha [III]

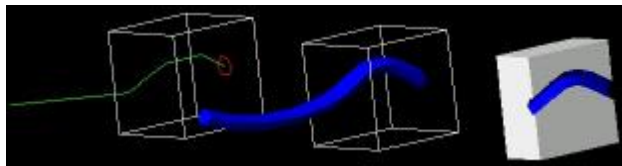
- d) **Hraniční plocha (EDGE SURFACE)** - je plocha určená čtyřmi hraničními křivkami. Mezi nimi se pomocí splajnů 2. stupně vygeneruje plocha. Křivky musí být kresleny velmi pečlivě tak, aby se v rozích přesně dotýkaly. Pokud se v rozích kříží nebo nemají dotyk, plocha se nevytvoří. Křivky je třeba ukazovat v pořadí jak na sebe navazují.



Obr. IV Hraniční plocha [IV]

Další funkce pro modifikaci modelovaných těles :

- 1) Modelování těles pomocí funkce **EXTRUDE** = vytažení uzavřené křivky do prostoru
- 2) Modelování vytažením uzavřené křivky po trajektorii – při tvorbě např. potrubí, je třeba mít předem nakresleny dvě křivky, jednu uzavřenou, která bude udávat průřez tělesa a druhou, která je cestou (trajektorií), po které bude průřez vytažen.



Obr. V Tvorba „myší díry“ do kostky [V]

- 3) Modifikace pomocí funkce **SLICE** = rozříznutí tělesa rovinou, přičemž je možné určit, zda ponechat obě části rozříznutého tělesa či jenom jednu
- 4) Modifikace pomocí funkce **SHELL** = skořepina
Skořepinu je možno vytvořit z libovolného objemového tělesa; zadáním tloušťky. Je-li zvolena nesmyslně (většinou moc velká) tak se příkaz neprovede. Skořepinu z tělesa je možné vytvořit pouze jednou.
- 5) Modifikace pomocí funkce **EXTRUDE FACES** = vysunutí plochy
Vysune plochy tělesa o určitou výšku (s případným zkosením) nebo podél připravené cesty.
- 6) Modifikace pomocí funkce **MOVE FACES** = posunutí ploch tělesa
Vybraná plocha se posune do nové polohy dané vektorem posunutí a těleso se doplní. Pozor na situace, kdy není geometricky možné těleso doplnit, pak se funkce neprovede.
- 7) Modifikace pomocí funkce **OFFSET FACES** = rovnoběžná plocha k ploše tělesa se vytvoří v zadané vzdálenosti.
- 8) Modifikace pomocí funkce **ROTATE FACES** = otočení ploch
- 9) Modifikace pomocí funkce **DELETE FACES** = umožní smazat vybranou plochu, čímž může vzniknout i nové těleso
- 10) Modifikace pomocí funkce **COLOR FACES** = obarvení ploch; plochy na tělese je možné obarvit pro označení použitého materiálu
- 11) Modifikace pomocí funkcí **COPY FACES** = kopírování ploch, **COPY COLOR EDGES** = kopírování obarvení hran je důležité při rendování
- 12) Modifikace pomocí funkce **TAPER FACES** = zkosení, zúžení ploch
- 13) Modifikace pomocí funkce **IMPRINT** = otisk; vytvoří na těleso novou plochu, která vznikne jako otisk připravené uzavřené křivky nebo jiného tělesa

Další možností zobrazení modelu je **HIDE** = viditelnost; funkce, která ve výkrese skryje neviditelné hrany. Skrytí neviditelných hran je nejrychlejší způsob, jak vidět prostorové objekty realisticky. **SHADE** = stínování; stav, kdy jsou vybarvovány plochy podle čtyř druhů stínování. **RENDER** = Fotorealistické zobrazení scény, což je nejlepší způsob zobrazení modelu, který by měl odpovídat fotografii reálného objektu. V tomto případě je třeba mít do modelu začleněny materiály, světla, pozadí...

Příloha B

Konfigurace softwaru CATIA je speciálně sestavena pro jednotlivé profese a může obsahovat pouze moduly, které jsou požadovány, čímž se může snížit i pořizovací cena softwaru. Zde jsou uvedeny některé typy modulů, vyskytujících se v softwaru CATIA.



MECHANICAL DESIGN SOLUTION (mechanická konstrukce) - 3D objemové modelování (Part Design), modelování ploch, práce s plechy, tvorba a práce se sestavami, tvorba výkresů. Mechanická konstrukce je skupina aplikačních modulů pro vývoj CAD modelů obecných strojírenských konstrukcí na bázi hybridního modelování s cílem vytvořit plně editovatelný parametrický model s řadou geometrických a technologických features a plnou asociativitou. Technická výkresová dokumentace vzniká projekcí modelů nebo přímým kreslením.



SHAPE DESIGN & STYLING SOLUTION (tvarování a styling) - vytváření, řízení a modifikace jednoduchých i složitých ploch - specializované aplikace pro nejvyšší požadavky v oblasti volného i parametrického designu na bázi povrchového modelování. Zahrnuje také specializované nástroje určené pro profesionální požadavky vývoje v oblasti automobilového karosářství.



PRODUCT SYNTHESIS (syntéza produktu) – obsahuje nástroje pro kontrolu digitálního prototypu a pro simulace jeho funkčnosti - aplikace určené pro virtuální analýzu a hodnocení funkčnosti komplexního průmyslového výrobku během celého jeho životního cyklu.



EQUIPMENT AND SYSTEM ENGINEERING SOLUTION (vnitřní zařízení a systémy) - návrhy elektrických zařízení, kabelových svazků a rozvodů - aplikace pro návrh, modifikaci a analýzu elektrických a kapalinových systémů s cílem řešit celkové uspořádání prostorových poměrů v rámci průmyslového výrobku.



ANALYSIS SOLUTION (inženýrské analýzy) - analýzy metodou konečných prvků, určených pro konstruktéry k prvotní analýze jednotlivých dílů nebo sestav.



MACHINIG (NC obrábění) – CAM aplikace vycházející z CAD modelů



INAFRASTRUCTURE SOLUTION (infrastruktura systému) – zahrnuje převodníky mezi CATIA V5 a dalšími standardními formáty a umožňuje výměnu dat

Příloha C

Unigrahpic (dnes již NX) obsahuje následující moduly z těchto oblastí.

Z oblasti CAD obsahuje moduly typu

- **Solid Modeling** – tvorba objemového modelu tažením a rotací, sešívání objemových těles z povrchů a provádění Booleovských operací s 3D tělesy
- **Features Modeling** - modelování pomocí plně asociativních a parametrických konstrukčních prvků
- **Freeform Modeling** - prostředek pro tvorbu asociativních ploch s vlastnostmi objemových těles.
- **User-Defined Features** - dovoluje vytvářet knihovny uživatelem definovaných vlastních konstrukčních prvků
- **Assembly Modeling** - sestavování komponentů do sestav pomocí připojovacích podmínek a práce v sestavách
- **Advanced Assemblies** - vytváření rozsáhlých sestav s možností kolizní a toleranční analýzy
- **Drafting** - tvorba asociativní výkresové dokumentace z objemového modelu podle ANSI, ISO standardů
- **WAVE Kontrol** - parametrické asociativní řízení alternativních variant produktu.
- **Geometric Tolerancing** - inteligentní definice geometrických tolerancí plně asociativních s modelem
- **Sheet Metal Design** - modelování a rozviny plechových dílů
- **Weld Asistent** - modul pro tvorbu svařovaných dílů
- **Web Express** - tvorba WEB (HTML) dokumentů (3D modely, výkresy, obrázky, kusovníky...) pro podnikovou i vnější komunikaci

- **Shape Studio** - integrovaný průmyslový design. Tvorba, import a vyhlazení skenovaných volně tvarovaných křivek a ploch.
- **Routing** - skupina modulů pro vytváření a sestavování potrubních systémů, kabelové svazky nebo příhradových konstrukcí
- **Mold Wizard** - modul pro konstrukci plastových forem. Automatizuje jednotlivé kroky a dodává knihovny standardních dílů
- **Progressive Die Wizard** - modul pro konstrukci postupujících forem pro ohýbané plechové díly
- **Stamping** - simulace postupových lisovacích nástrojů
- **Překladače** - STEP, DXF, DWG, IGES , STL

Příloha D**Ø Name** - pojmenuje prvek


- Postup: 1. Vybrat prvek k pojmenování.
2. Vložit název a nebo označení prvku.

! prvky v jednom dokumentu nesmějí mít stejný název !

Ø Group

Postup: Vybrat prvky i několik prvků ke smazání pomocí ikony 

Ø Break associativity

Postup: Vybrat prvky i několik prvků k zrušení propojení pomocí ikony 

Ø Modify – úpravy na elementu

- Postup: 1. Vybrat prvek k úpravě poblíž upravovaného bodu.
2. Poté program navrhne upravit vybraný prvek nebo vybrat operaci.

Ø Extract – získání části nebo vlastnosti elementu

(př. bod na křivce, otvor nebo drážka v tělese)

- Postup: 1. Vybrat bod k vyjmutí.
2. Vybrat prvek, kde bude bod vyjmut.

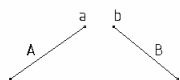
Ø Insert – vložení do již existujícího elementu

- Postup: 1. Vybrat obrys blízko místa vložení.
2. Vybrat bod k vložení.
3. Vykreslit nový tvar a ukončit klávesou ESC.

Ø Replace – nahradí element jiným elementem

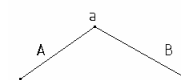
- Postup: 1. Vybrat prvek k nahrazení.
2. Vybrat prvek (prvky), které se mají nahradit.
3. Vybrat nahrazující prvek.
4. Vybrat prvek k vymazání nebo nenahrazení.

Ø Merge – sloučí dva elementy



Vybrat prvek **a** ke sloučení s prvkem **b**.

Obr. VI Merge 1 [VI]



Po provedení prvek **b** automaticky zaniká.

Obr. VII Merge 2 [VII]


Ø **Move parents** – posunování zdrojovým prvků

Postup: 1. Vybrat prvek k přemístění.
2. Zadat jeho nové místo.


Ø **Rotate parents** – točení zdrojových prvků

Postup: 1. Vybrat bod otočení.
2. Vybrat prvek k otočení.
3. Zadat výsledný bod otočení.


Ø **Transform parents** – umožní přetvoření zdrojových prvků

Postup: 1. Vybrat způsob přetvoření pro použití a definovat ho.
2. Vybrat prvky i několik prvků k přetvoření pomocí ikony 


Ø **Copy paste** – kompletně kopíruje několik prvků i s jejich parametry a vloží je

Postup: 1. Vybrat prvky ke kopírování pomocí ikony 
Pozor jedna kopie jeden typ souřadnicového systému - výjimkou je referenční souřadnicový systém.
2. Vybrat referenční bod, který je důležitý pro nové vložení
3. Prvky se kopírují v dočasném dokumentu.

Ø **Copy** - kompletně kopíruje několik elementů a jejich zdroje a přemísťuje je nebo mění jejich souřadnicový systém

Postup: 1. Vybrat způsob přetvoření a definovat ho.
2. Zadat počet kopií kopírovaných prvků.
3. Vybrat prvky ke kopírování pomocí ikony 

Ø **Repeat** – zopakuje jeden nebo několik elementů

Postup: 1. Vybrat způsob přenesení a definovat ho.
2. Vybrat prvky k přenesení použitím ikony 

Ø **Duplicate** – zdvojnásobí bod, souřadnicový systém, křivku nebo element (postup stejný jako u nabídky Copy - pouze jedna kopie)

Body pro vykreslení jednotlivých křivek zadané souřadnicemi X,Y**Červená křivka** Tab.I

X	0	-80	-118	-138	-158	-164	-168	-170	-168	-165	-160	-145	-135	-113
Y	97	96	95	96	100	90	80	68	57	47	34	15	10	0

Oranžová křivka Tab.II

X	0	-40	-80	-120	-150	-161	-180	-187	-194	-194	-188	-172	-170
Y	100	101	100	98	101	103	117	109	90	70	40	5	0

Tmavě červená křivka Tab.III

X	0	-40	-80	-120	-150	-162	-182	-189	-197	-208	-210	-205	-200	-200
Y	104	103	102	102	104	104	123	127	120	103	94	44	7	0

Zelená křivka Tab.IV

X	0	-50	-100	-130	-150	-163	-184	-194	-208	-215	-218	-217	-212	-212
Y	103	105	104	104	105	104	128	135	123	114	108	60	14	0

Modrá křivka Tab.V

X	0	-50	-130	-150	-164	-185	-198	-205	-228	-229	-229	-230	-230
Y	103	105	104	105	105	130	140	143	124	118	80	30	0

Růžová křivka Tab.VI

X	0	-50	-150	-165	-185	-206	-228	-232	-236	-240	-240
Y	104	104	105	106	130	149	134	130	98	41	0

Hnědá křivka Tab.VII

X	0	-50	-120	-150	-165	-177	-206	-225	-230	-232	-238	-242	-242
Y	105	105	104	106	107	124	150	141	135	130	89	50	0

Černá křivka Tab.VIII

X	0	-60	-130	-150	-160	-168	-182	-201	-207	-232	-235	-240	-240
Y	108	108	107	109	108	116	130	146	148	135	127	60	0

Světle modrá křivka Tab.IX

X	0	-60	-120	-150	-162	-175	-205	-228	-232	-240	-240
Y	111	111	110	112	110	125	147	135	128	70	0

Šedá křivka Tab.X

X	0	-60	-120	-150	-164	-178	-203	-221	-227	-232	-240	-240
Y	111	112	112	114	114	130	145	140	135	125	82	0

Tmavě žlutá křivka Tab.XI

X	0	-50	-110	-150	-162	-178	-200	-220	-225	-228	-236	-236
Y	113	114	114	116	115	130	142	136	132	127	97	0

Tmavě růžová křivka Tab.XII

X	0	-50	-150	-168	-178	-196	-205	-212	-218	-220	-223	-223
Y	120	122	120	122	130	138	137	134	130	128	108	0

Fialová (Navy) křivka Tab.XIII

X	0	-60	-150	-190	-205	-208	-212	-214	-220
Y	132	133	133	135	135	135	117	90	0

Magenta křivka Tab.XIV

X	0	-60	-150	-190	-205	-208	-212	-214	-220	-220
Y	128	128	128	128	128	128	128	128	90	0

Vzdálenosti křivek pro translaci v ose $-Z$ Tab.XV

Číslo řezu	Barva křivky	Translation v ose	Vzdálenost v [mm]
2	červená	-Z	0
3	oranžová	-Z	20
4	tmavě červená	-Z	40
5	zelená	-Z	60
6	modrá	-Z	100
7	růžová	-Z	140
8	hnědá	-Z	180
9	černá	-Z	220
10	světle modrá	-Z	260
11	šedá	-Z	300
12	tmavě žlutá	-Z	340
13	tmavě růžová	-Z	380
14	fialová	-Z	430
15	magenta	-Z	520

Obrysový obdélník Tab.XVI

Velikost obrysového obdélníku (Rectangle)					
Ve směru osy	Vzdálenost [mm]	Ve směru osy	Vzdálenost [mm]	Umístění	Výchozí bod X,Y
-X (LEFT)	244	+Y (ABOVE)	151	CENTER	0,0

První křivka čela sedáku Tab. XVII

První křivka tvarující čelo sedáku				
X	0	0	0	0
Y	0	-6	-40	-70
Z	0	22	30	20

Druhá křivka čela sedáku Tab.XVIII

Druhá křivka tvarující čelo sedáku				
X	-60	-60	-60	-60
Y	-60	-6	-40	-70
Z	-60	22	30	20

Třetí křivka čela sedáku Tab.XIX

Třetí křivka tvarující čelo sedáku				
X	-120	-120	-120	-120
Y	-120	-5	-40	-70
Z	-120	15	22	12

1.1.1		
Obr. 1 CAD pracovní stanice IBM 6090 [1]		str.16
1.2.1		
Obr. 2 Rozdělení obrazovky [2]		str.18
1.2.1		
Obr. 3 Pracovní plocha programu AutoCAD 3D [3]		str.19
1.2.2		
Obr. 4 Pracovní plocha softwaru CATIA [4]		str.21
1.2.3		
Obr. 5 Pracovní plocha softwaru Inventor – strojní součást [5]		str.23
1.2.4		
Obr. 6- 8 Pro/ENGINEER by Dave Ehren Pro/ENGINEER Version: WF1 Modelováno v Pro/Engineer [6-8]		str.24
1.2.5		
Obr. 9 Pracovní plocha softwaru Rhino – T-Splines model [9]		str.25
1.2.5		
Obr. 10 Pracovní plocha softwaru Maya – T-Splines model kreslené postavičky [10]		str.25
1.2.6		
Obr. 11 pracovní plocha softwaru SolidWorks – renderovaná strojní součást [11]		str.26
1.2.8.1		
Obr. 12 Trackball [12]		str.27
1.2.8.1		
Obr. 13 Spaceball [13]		str.27
1.2.8.1		
Obr. 14 Spacemouse [14]		str.27
1.2.9.1		
Obr. 15 Dotykový skener Microscribe [15]		str.29
1.2.9.2		
Obr. 16 Optický skener Atos II [16]		str.29
1.2.9.3		
Obr. 17 Laserový skener Vivid 700 [17]		str.30

1.2.9.4		
Obr. 18 Destruktivní skener RE 1000 [18]		str.31
1.2.9.5		
Obr. 19 Ultrazvukový skener Freepoint [19]		str.31
1.2.8.5.1		
Obr. 20 Princip stereolitografie [20]		str.33
1.2.8.5.2		
Obr. 21 Princip metody Selective Laser Sintering [21]		str.34
1.2.8.5.3		
Obr. 22 Princip metody Laminated Manufacturing [22]		str.35
1.2.8.5.4		
Obr. 23 Princip metody Solid Ground Curing [23]		str.35
1.2.8.5.5		
Obr. 24 Princip metody Fused Deposition Modelling [24]		str.36
2		
Obr. 25 modul 3D		str.38
2		
Obr. 26 Pracovní plocha softwaru DesignConcept 3D		str.38
2.1.1.2		
Obr. 27 Příklad interpolační Splines křivky [27]		str.45
2.1.1.2		
Obr. 28 Příklad Control Splines křivky (uzavřená, otevřená) [28]		str.46
2.1.1.2		
Obr. 29 Příklad Bezier Splines křivky [29]		str.46
2.1.1.3		
Obr. 30-32 Příklad funkce Line [30-32]		str.48
2.1.1.4		
Obr. 33 Sketch line [33]		str.48
2.1.1.7		
Obr. 34 Příklad Arc blend [34]		str.50
2.1.1.8		
Obr. 35 Vytvořené osy v 2D prvcích (kružnice, elipsa). [35]		str.51
2.1.1.8		
Obr. 36 Vytvořené osy v 3D prvcích (primitiva). [36]		str.51

2.1.1.8		
Obr. 37 Metoda ALL AXES [37]		str.51
2.1.1.8		
Obr. 38 Metoda ONE AXIS [38]		str.51
2.1.1.9		
Obr. 39 Offset curve [39]		str.52
2.1.1.9		
Obr. 40 Offset curve- Normal to face [40]		str.52
2.1.1.10		
Obr. 41 Thickened curve [41]		str.52
2.1.1.11		
Obr. 42 Standard curve [42]		str.53
2.1.1.13		
Obr. 43 Isoparametric [43]		str.54
2.1.1.13		
Obr. 44 Isoparametric V [44]		str.54
2.1.1.13		
Obr. 45 Isoparametric U [45]		str.54
2.1.1.15		
Obr. 46 Intersection [46]		str.55
2.1.1.16		
Obr. 47 Planar section [47]		str.55
2.1.1.17		
Obr. 48 Silhouette [48]		str.56
2.1.1.17		
Obr. 49 Silhouette [49]		str.56
2.1.1.18		
Obr. 50 Lines [50]		str.57
2.1.1.18		
Obr. 51 Lines [51]		str.57
2.1.1.18		
Obr. 52 Lines [52]		str.57
2.1.1.18		
Obr. 53 Lines [53]		str.57

2.1.1.19		
Obr. 54 Circles [54]		str.57
2.1.1.19		
Obr. 55 Circles [55]		str.58
2.1.1.19		
Obr. 56 Circles [56]		str.58
2.1.1.19		
Obr. 57 Circles [57]		str.58
2.1.1.19		
Obr. 58 Circles [58]		str.58
2.1.1.19		
Obr. 59 Circles [59]		str.58
2.1.1.19		
Obr. 60 Circles [60]		str.59
2.1.1.19		
Obr. 61 Circles [61]		str.59
2.1.1.20		
Obr. 62 Polygon [62]		str.60
2.1.1.20		
Obr. 63 Elipse [63]		str.60
2.1.1.20		
Obr. 64 C-spline [64]		str.60
2.1.1.20		
Obr. 65 C-spline [65]		str.60
2.1.1.20		
Obr. 66 C-spline [66]		str.60
2.1.1.20		
Obr. 67 Blend [67]		str.61
2.1.1.20		
Obr. 68 Spiral/helix [68]		str.61
2.1.1.20		
Obr. 69 Spiral/helix [69]		str.61
2.1.1.20		
Obr. 70 Gear involute [70]		str.62

2.1.1.20		
Obr. 71 Roll up [71]		str.62
2.1.1.20		
Obr. 72 Division [72]		str.62
2.1.1.20		
Obr. 73 Division [73]		str.63
2.1.1.20		
Obr. 74 Division [74]		str.63
2.1.1.20		
Obr. 75 Division [75]		str.63
2.1.1.20		
Obr. 76 Division [76]		str.63
2.1.1.20		
Obr. 77 Division [77]		str.63
2.1.1.20		
Obr. 78 Division [78]		str.64
2.1.1.20		
Obr. 79 Division [79]		str.64
2.1.1.20		
Obr. 80 Tangent comb [80]		str.64
2.1.1.21		
Obr. 81 Trim (před ořezem) [81]		str.64
2.1.1.21		
Obr. 82 Trim (po ořezu) [82]		str.64
2.1.1.22		
Obr. 83 Extend [83]		str.65
2.1.1.24		
Obr. 84 Merge [84]		str.65
2.1.1.24		
Obr. 85 Merge [85]		str.65
2.1.1.24		
Obr. 86 Merge [86]		str.65
2.1.1.24		
Obr. 87 Merge [87]		str.65

2.1.1.28	
Obr. 88 Sew [88]	str.66
2.1.2.1	
Obr. 89 Extruded [89]	str.73
2.1.2.2	
Obr. 90 Revolved [90]	str.73
2.1.2.2	
Obr. 91 Revolved [91]	str.73
2.1.2.3	
Obr. 92 Pipe [92]	str.74
2.1.2.3	
Obr. 93 Pipe [93]	str.74
2.1.2.3	
Obr. 94 Pipe [94]	str.74
2.1.2.3	
Obr. 95 Pipe [95]	str.74
2.1.2.4	
Obr. 96 Flat [96]	str.75
2.1.2.5	
Obr. 97 3-4 curves [97]	str.75
2.1.2.5	
Obr. 98 3-4 curves [98]	str.75
2.1.2.5	
Obr. 99 3-4 curves [99]	str.75
2.1.2.6	
Obr. 100 Swept [100]	str.76
2.1.2.6	
Obr. 101 Swept [101]	str.76
2.1.2.6	
Obr. 102 Swept [102]	str.76
2.1.2.6	
Obr. 103 Swept [103]	str.77
2.1.2.6	
Obr. 104 Swept [104]	str.77

2.1.2.6	
Obr. 105 Swept [105]	str.77
2.1.2.6	
Obr. 106 Swept [106]	str.77
2.1.2.6	
Obr. 107 Swept [107]	str.77
2.1.2.6	
Obr. 108 Swept [108]	str.77
2.1.2.6	
Obr. 109 – 114 Swept [109-114]	str.78
2.1.2.6	
Obr. 115 Swept [115]	str.78
2.1.2.6	
Obr. 116 Swept [116]	str.78
2.1.2.6	
Obr. 117 Swept [117]	str.78
2.1.2.7	
Obr. 118- 121 Ruled [118-121]	str.79
2.1.2.8	
Obr. 122 Loft [122]	str.79
2.1.2.8	
Obr. 123 Loft [123]	str.79
2.1.2.9	
Obr. 124 Constrained [124]	str.80
2.1.2.10	
Obr. 125 – 127 Patchwork [125 - 127]	str.80
2.1.2.13	
Obr. 128 Cylinder [128]	str.81
2.1.2.13	
Obr. 129 Cylinder [129]	str.81
2.1.2.14	
Obr. 130 Cone [130]	str.81

2.1.2.14		
Obr. 131 Cone [131]		str.81
2.1.2.16		
Obr. 132 Dome [132]		str.82
2.1.2.16		
Obr.133 Dome [133]		str.82
2.1.2.17		
Obr. 134 Draft sheet [134]		str.82
2.1.2.17		
Obr. 135 Draft sheet [135]		str.82
2.1.2.18		
Obr. 136 Ruled circular [136]		str.83
2.1.2.18		
Obr. 137 Ruled circular [137]		str.83
2.1.2.19		
Obr. 138 Bottle [138]		str.83
2.1.2.20		
Obr. 139 Průnik [139]		str.84
2.1.2.20		
Obr. 140 Intersect [140]		str.84
2.1.2.20		
Obr. 141 Subtract [141]		str.84
2.1.2.20		
Obr. 142 Unite [142]		str.85
2.1.2.21		
Obr. 143 Trim [143]		str.85
2.1.2.21		
Obr. 144 Trim [144]		str.85
3.1		
Obr. 145 Model šicí jehly		str.88
3.1		
Obr. 146 Absolutní souřadnicový systém		str.89
3.1		
Obr. 147 Obrys jehly		str.89

3.1		
Obr. 148	Výsledek funkce Revolved	str.90
3.1		
Obr. 149	Model jehly s texturou ocel	str.90
3.2		
Obr. 150	Model cívky	str.91
3.2		
Obr. 151	Absolutní souřadnicový systém	str.92
3.2		
Obr. 152	Výsledek funkce Cylinder – válec 1	str.92
3.2		
Obr. 153	Výsledek funkce Cylinder – válec 2	str.93
3.2		
Obr. 154	Výsledek funkce Cylinder – válec 3	str.93
3.2		
Obr. 155	Bod 26)	str.94
3.2		
Obr. 156	Bod 27)	str.94
3.2		
Obr. 157	Výsledek funkce Unite	str.94
3.2		
Obr. 158	Bod 28)	str.94
3.2		
Obr. 159	Bod 29)	str.94
3.2		
Obr. 160	Výsledek funkce Unite	str.94
3.2		
Obr. 161	Pohled na model natočením souřadnicového systému.	str.94
3.2		
Obr. 162	Značení nového bodu souřadnicového systému	str.95
3.2		
Obr. 163	Nový pohled na model použitím funkce Top View	str.95
3.2		
Obr. 164	Označená plocha pro vrtání otvoru	str.96

3.2		
Obr. 165	Výběr funkce Drilling	str.96
3.2		
Obr. 166	Parametry pro vrtání	str.96
3.2		
Obr. 167	Vyvrtaný otvor v modelu	str.96
3.2		
Obr. 168	Nový bod souřadnicového systému	str.97
3.2		
Obr. 169	Zvětšený natočený model	str.97
3.2		
Obr. 170	Natočený model kvůli zviditelnění válce 4	str.97
3.2		
Obr. 171	Nový bod souřadnicového systému	str.98
3.2		
Obr. 172	Zvětšený natočený model	str.98
3.2		
Obr. 173	Natočený model kvůli zviditelnění válce 5	str.98
3.2		
Obr. 174	Bod 63)	str.99
3.2		
Obr. 175	Bod 64)	str.99
3.2		
Obr. 176	Bod 65)	str.99
3.2		
Obr. 177	Bod 66)	str.99
3.2		
Obr. 178	Hotový model cívky	str.99
3.3		
Obr. 179	Model spony	str.100
3.3		
Obr. 180	Kružnice	str.101
3.3		
Obr. 181	První oblouk	str.101

3.3		
Obr. 182 Druhý oblouk		str.101
3.3		
Obr. 183 Kružnice rozdělená osami		str.101
3.3		
Obr. 184 Offset curve		str.101
3.3		
Obr. 185 Výsledek bodu 27)		str.101
3.3		
Obr. 186 Půlící osa		str.102
3.3		
Obr. 187 Půlící osa		str.102
3.3		
Obr. 188 Výsledná rozdělená kružnice		str.102
3.3		
Obr. 189 Nový bod souřadnicového systému		str.103
3.3		
Obr. 190 Směr nového bodu souřadnicového systému		str.103
3.3		
Obr. 191 Oblouk		str.104
3.3		
Obr. 192 Vytvoření všech oblouku		str.105
3.3		
Obr. 193 Pohled v rovině x,y		str.105
3.3		
Obr. 194 Směr pro pokrytí plochou		str.106
3.3		
Obr. 195 Vytvořená plocha		str.106
3.3		
Obr. 196 Plošný model		str.107
3.3		
Obr. 197 Hotový model spony		str.107
3.3		
Obr. 198 Model spony pokrytý texturou textlie		str.107

4.2

Obr. 199 Zobrazení naskenovaných bodů sedáku v programu DesignConcept 3D str.108

4.3

Obr. 200 Sedák nárys str.109

4.3

Obr. 201 Sedák půdorys str.109

4.3

Obr. 202 Sedák čelní pohled str.109

4.3

Obr. 203 Rozřezaná ½ sedáku str.109

4.3

Obr. 204 Pohled na jednotlivý řez str.109

4.3

Obr. 205 Řez čela sedáku str.109

4.4

Obr. 206 Absolutní souřadnicový systém str.110

4.4

Obr. 207 Vykreslené křivky a obrysový obdélník str.110

4.4

Obr. 208 Translace křivek str.110

4.4

Obr. 209 Vytvořený obrys pomocí křivek Splines str.111

4.4

Obr. 210 Povrch funkcí Patchwork str.111

4.4

Obr. 211 Povrch funkcí Loft str.111

4.4

Obr. 212 Zobrazení funkce Extruded str.111

4.4

Obr. 213 Zobrazení modelu po funkci Trim (po ořezu) str.111

4.4

Obr. 214 Splines křivky tvarující čelo sedáku – vertikální str.112

4.4

Obr. 215 Splines křivky tvarující čelo sedáku – horizontální str.112

4.4

Obr. 216 Pokrytí čela sedáku plochou str.112

4.4

Obr. 217 Model po duplikaci a následné transformaci metodou Mirror str.113

4.4

Obr. 218 Hotový model sedáku str.113

2.1.1.12

Tab.1 Možnosti Copy edge str.54

3.1

Tab.2 Rozměry jehly str.88

3.2

Tab.3 Rozměry cívky str.91