

Modelování součástí v softwaru Pro/ENGINEER

Tomáš Chovanec

Bakalářská práce
2011

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš CHOVANEC**
Osobní číslo: **T08561**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Modelování součástí v softwaru Pro/ENGINEER**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte řešení na dané téma
2. Připravte stručného průvodce základním rozhraním programu Pro/ENGINEER a průvodce tvorbou profilů a dílů
3. Tyto materiály budou umístěny na internetových stránkách Ústavu výrobního inženýrství volně ke stažení

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

dle pokynů vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. David Sámek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

14. února 2011


Termín odevzdání bakalářské práce:

3. června 2011

Ve Zlíně dne 11. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: CHOVANEK TOMÁŠ

Obor: TZ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 18.5.2011

Chovan Tomáš

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

²⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).*

³⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na tvorbu dílů v programu Pro/ENGINEER. Práce obsahuje stručného průvodce základním rozhraním programu Pro/ENGINEER a průvodce tvorbou profilů a dílů. Jedná se o základní popis a vysvětlení jednotlivých příkazů a nástrojů. Jedním z výstupů této bakalářské práce jsou internetové stránky obsahující popis práce se softwarem Pro/ENGINEER a cvičení, které jsou umístěny na webu Ústavu výrobního inženýrství volně ke stažení. Studenti je mohou využít pro svou domácí přípravu v programu Pro/ENGINEER.

Klíčová slova: CAD, Pro/ENGINEER, 3D modelování

ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on part designer of software Pro/ENGINEER. The thesis contains brief guide to basic interface of Pro/ENGINEER and guide to creation of profiles and parts. It treats of elementary description and explanation of particular commands and tools. These materials are also published on the web pages of Department of Production Engineering for free use. Thus, students can use them for their learning Pro/ENGINEER.

Keywords: CAD, Pro/ENGINEER, 3D modelling

Poděkování:

Děkuji panu Ing. Davidu Sámkovi, Ph.D. za poskytnutí všech rad, materiálů, odborné vedení mé bakalářské práce a za pomoc při umístění elektronických podkladů na internetové stránky.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POČÍTAČEM PODPOROVANÉ SYSTÉMY	12
2 O PROGRAMU PRO/ENGINEER	16
2.1 NEJNOVĚJŠÍ VERZE - WILDFIRE 5.0.....	16
II PRAKTICKÁ ČÁST	18
3 ZÁKLADNÍ OVLÁDÁNÍ	19
3.1 VYTVOŘENÍ NOVÉHO SOUBORU	19
3.2 ZÁKLADNÍ NÁSTROJOVÝ PANEL.....	20
3.3 OVLÁDÁNÍ POMOCÍ MYŠI.....	22
4 TVORBA NÁČRTU	23
5 TVORBA MODELU	34
5.1 POMOCNÉ PRVKY	34
5.2 VYSUNUTÍ (EXTRUDE).....	36
5.3 ROTOVÁNÍ (REVOLVE)	37
5.4 DÍRA (HOLE)	38
5.5 SKOŘEPINA (SHEEL)	39
5.6 ŽEBRO (RIB).....	39
5.7 ZKOSENÍ (DRAFT).....	41
5.8 ZAOBLNĚNÍ HRAN (ROUND).....	41
5.9 SRAŽENÍ HRAN (EDGE CHAMFER).....	41
5.10 ZRCADLENÍ (MIRROR).....	42
5.11 POLE (PATTERN).....	42
5.12 TAŽENÍ (SWEEP).....	43
5.13 ŠABLONOVÁNÍ (BLEND)	45
5.14 SWEPT BLEND	46
5.15 HELICAL SWEEP	47
5.16 BOUNDARY BLEND.....	48
5.17 VARIABLE SECTION SWEEP	49
5.18 ZÁVIT (THREAD)	49
6 DALŠÍ UŽITEČNÉ PŘÍKAZY	51

6.1	PRÁCE SE STROMEM MODELU	51
6.2	PRÁCE S OKNY	52
	ZÁVĚR	53
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	54
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	55
	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
	SEZNAM TABULEK.....	58
	SEZNAM PŘÍLOH.....	59

ÚVOD

Téma bakalářské práce je zaměřeno na modelování součástí v softwaru Pro/ENGINEER. Tento program je určen pro podporu celého vývojového procesu výrobků od počátečního návrhu až po výrobu. V konstrukci se uplatní moduly pro tvorbu výkresové dokumentace (modelování součástí a tvorba sestav). Pro technology jsou důležité funkce, které podporují výrobu (určení dráhy nástroje při obrábění, atd.).

Počítačová podpora pomáhá zjednodušit a zrychlit konstruování, které bývalo vždy velmi časově náročné. V posledních letech lidstvo zaznamenalo velký rozmach v této oblasti. Na trhu se objevilo několik firem, které vyvíjí softwary pro podporu konstrukce i výroby. Tyto softwary jsou si v mnoha prvcích velice podobné.

V teoretické části této bakalářské práce je vysvětlen význam jednotlivých systémů počítačové podpory s uvedením výhod a nevýhod. Dále je zde uveden popis softwaru Pro/ENGINEER a novinky, které dokáže nejnovější verze tohoto softwaru.

V praktické části je v několika kapitolách popsán postup modelování součástí. To zahrnuje seznámení s prostředím a ovládáním softwaru, popis jednotlivých funkcí při tvorbě náčrtu a popis metod, které se využívají pro modelování součástí. Práce se opírá o spoustu názorných obrázků, které usnadní pochopení složitých příkazů.

Tyto materiály jsou umístěny na stránkách Ústavu výrobního inženýrství. Jsou tam navíc vytvořené vzorové součásti, které můžou sloužit jako příklady pro cvičení. Pro studenty je vše volně ke stažení. Věřím, že studenti využijí tyto materiály a budou jim pomůckou při seznamování se s programem Pro/ENGINEER.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POČÍTAČEM PODPOROVANÉ SYSTÉMY

CAD – počítačová podpora konstrukce

S rozvojem výpočetní techniky se dnes běžně setkáváme s velmi produktivní formou konstruování. Trend je jednoznačně určen požadavky výroby na přesnost, možnost rychlé tvorby variant a usnadnění lidské práce. Programů pro počítačovou konstrukci je celá řada a nazýváme je Computer Aided Design, zkráceně CAD. [1]

Tyto systémy jsou jednou z dynamicky se rozvíjejících oblastí software, které společně s dalšími oblastmi počítačové grafiky jako např. počítačová animace, grafické simulace, virtuální realita atd. zásadním způsobem ovlivňují vývoj hardware. Jejich počátky je možné najít již v 50. letech 20. století. V té době byly vyvinuty první NC (Numerical Control) obráběcí stroje a programy pro řízení jejich práce. [2]

CAD systémy poskytují moderní tvorbu výkresové dokumentace a možnost tvorby prostorových modelů navrhovaných výrobků a součástí. Dnešní CAD systémy jsou založeny na principu interakční počítačové grafiky. Tímto principem je využití tvorby a transformaci dat ve formě symbolů či obrazů. Komunikace s programem je zajištěna pomocí příkazů a dat, které jsou přenášeny přes některý z prostředků vstupu. Následná reakce a komunikace programu s uživatelem-konstruktérem je realizována přes výstupní část počítač-obrazovku. [3]

Protože programy CAD jsou založeny na náročné matematice, vyžadují také odpovídající výpočetní výkon kvalitních grafických stanic. [2]

Mezi mnoho CAD softwarů patří například AutoCAD, Inventor a CATIA.

CAM – počítačová podpora výroby

Výroba s podporou počítače (CAM) zahrnuje současné nasazení počítačů ve všech oblastech produkce. Produkce přitom zahrnuje vedle číslicově řízených strojů a robotů i automatické zakladače ve skladech a automatické transportní systémy. Při řízení pružných výrobních systémů má zvlášť velký význam soustava řídicích počítačů propojených do jedné sítě.

K nejdůležitějším úlohám systému CAM patří:

- výměna dat mezi počítačem pro plánování a řízení výroby a systémy pro přímé řízení strojů, robotů, skladových a transportních zařízení,
- automatické získávání údajů o průběhu a stavu výroby,
- kontrola zabezpečení výroby,
- správa a kontrola objednávek a smluv,
- zásahy do organizace výroby, např. při změnách termínů, průběžná optimalizace využití kapacit a plnění termínů,
- průběžná dokumentace stavu nedokončené výroby,
- aktualizace dat pro obnovu a vyřazování strojů a náradí.

DNC systém nadřízený CNC systémům obráběcích strojů často slouží jako File-Server, ve kterém jsou uloženy všechny potřebné NC programy pro jednotlivé obráběcí stroje. Server posílá aktuální programy řídicím systémům strojů a následně sleduje pohyb toku výrobků. [2]

Mezi nejznámější CAM softwary patří SurfCAM, EdgeCAM, MasterCAM a NX CAM.

CAP – počítačová podpora plánování

Plánování nebo též příprava výroby tvoří spojovací článek mezi konstrukcí a výrobou. K nejdůležitějším úlohám přípravy výroby patří konzultace s konstruktéry a požadavky na konstrukci, sestavení plánů výroby, sestavení plánů montáže, sestavení plánů kontrol, vytvoření programů pro NC stroje a manipulační systémy a v neposlední řadě sestavení plánů výrobních prostředků.

Rozvoj výpočetní techniky přinesl CNC - řízení založené na spojení NC - řízení s řídicím počítačem (DNC, Direct Numerical Control = přímé číslicové řízení). Při propojení činností systému CAD a CAP mluvíme o inženýrské činnosti s podporou počítačů CAE (Computer Aided Engineering). Propojením CAD, CAE a systému pro řízení výroby a montáže vznikají systémy CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing). Pojem označuje kompletní návrhářský proces, při kterém se objekty navržené v CAD pro-

gramu převedou do speciálních příkazů pro stroje, schopné požadovaný výrobek vytvořit. [2]

CIM - výroba integrovaná pomocí počítačů

Snaha vyrábět velké série kvalitních, ale zároveň levných výrobků, vedla k využívání výpočetní techniky pro řízení strojů. Počítače jsou v současné době využívány ve všech fázích výrobního procesu. Výroba s podporou počítačů ve všech fázích se označuje při vzájemném propojení a spolupráci všech použitých počítačů CIM – Computer Integrated Manufacturing.

Síť propojených počítačů zahrnuje veškeré činnosti související s výrobou, počínající marketingem a končící dodávkami produktů zákazníkům. Propojení počítačů výrobní organizace do sítě záleží na typu organizace a na mnoha jiných faktorech jako např. sortiment produkce, organizační struktura atd.

Počítačovou integrací výroby lze dosáhnout jak zvýšení produktivity, zvýšení pružnosti výroby, zvýšení jakosti a snížení výrobních nákladů, tak zlepšení přehledu o stavu výroby a možnosti zefektivnění odstraňování chyb výroby. [2]

Další počítačem podporované systémy

CAE (Computer Aided Engineering) – počítačová podpora inženýrských výpočtů

CAQ (Computer Aided Quality check) – počítačová podpora kontroly kvality

CAA (Computer Aided Assembly) – počítačová podpora montáže

Klady a zápory využití systémů

Výhody: - pružnost - možnost rychlé reakce na měnící se požadavky trhu a módy

- výkonnost systému a s tím spojená zvýšená produktivita práce
- přehlednost a plánovitost při zařazování prací
- přesnost a kvalita tvorby výkresové dokumentace
- úspora materiálu
- úspora pracovníků

- možnost operativní kontroly

Nevýhody: - vysoká cena produktů

- náročnost hardwarových prostředků

- nekompatibilita softwarových produktů [2]

2 O PROGRAMU PRO/ENGINEER

Pro/ENGINEER byl uveden na trh v roce 1988 a zásadně změnil CAD trh. Je označován jako zakladatel parametrického asociativního modelování pomocí konstrukčních prvků. Pro/ENGINEER je produktem americké firmy PTC (Parametric Technology Corporation) <<http://www.ptc.com>>. Jedná se o plně parametrický CAD/CAM/CAE systém založený na objemovém modelování s využitím konstrukčních prvků a pojmů z konstrukční praxe. Je určen pro podporu celého vývojového procesu výrobků od počátečního návrhu až po výrobu. Rodina produktů Pro/ENGINEER zahrnuje sadu aplikací, které jsou zaměřeny na všechny fáze vývojového cyklu – od koncepčního návrhu po výrobu.

V prostředí systému Pro/ENGINEER lze jednoduše a rychle vytvářet úplné, jednoznačné, vysoce přesné prostorové modely těles, jež jsou reprezentovány svou hranicí. Tyto modely dovolují automatické provádění výpočtů těžiště, momentů setrvačnosti a dalších hmotnostních charakteristik, detekce kolizních stavů, výpočty tolerancí součástí a sestav a také výpočty drah nástrojů pro účely NC-obrábění.

Velkou výhodou tohoto programu je koncepce plné provázanosti (asociativity), jež zaručuje, že změny počítačového modelu provedené v kterékoliv fázi vývoje produktu se automaticky promítnou do všech ostatních oblastí projektu. Výsledkem je podstatné zkrácení vývojového cyklu. [1]

2.1 Nejnovější verze - Wildfire 5.0

Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 je jubilejní 30. verze z řady systémů Pro/ENGINEER, který nabízí celou řadu nových a zajímavých vlastností, které umožňují zvýšit efektivitu při vývoji výrobku v 3D. [7]

PTC si uvědomuje sílu, kterou přináší uživatelský interface Wildfire, a proto jej záměrně nechala beze změny. Přehledně umístěné ikony, sdružené funkce a nejpoužívanější příkazy pod pravým tlačítkem myši. [8]

Uživatel může vytvářet a editovat návrhy výrobků rychleji, v intuitivním pracovním prostředí. Model výrobku lze modifikovat v reálném čase se zachováním všech jeho parametrů a historie. Přináší také nové konstrukční nástroje pro automatizovaný návrh plastových dílů, především v oblasti tvorby žeber. Nyní lze vytvořit automaticky v jednom kroku žebra, jejich nezbytná zaoblení a úkopy. Nové možnosti v oblasti svarů umožní navrhovat,

dokumentovat a analyzovat svařované díly jednodušeji a rychleji. Nový modul pro elektromechaniku identifikuje místa na výrobku, kde může přeskočit elektrická jiskra a kudy se může šířit elektrický výboj. K dispozici je zde více špičkových funkcí pro provádění analýz a simulací. [7]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

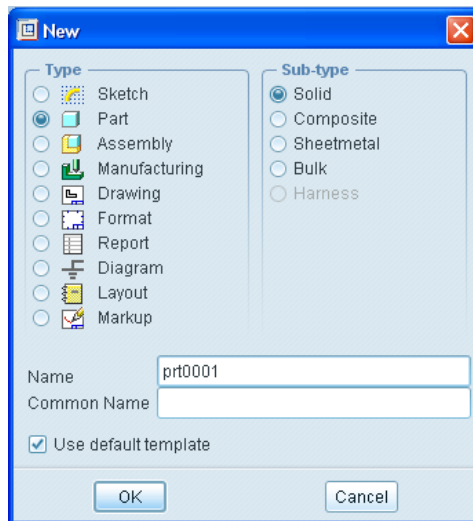
3 ZÁKLADNÍ OVLÁDÁNÍ

Tato kapitola obsahuje seznámení s prostředím programu Pro/ENGINEER a jeho základní ovládání.

3.1 Vytvoření nového souboru

Jako první krok hned po spuštění programu je třeba nastavit pracovní adresář. Uživatel klikne na **File - Set Working Directory...** Zobrazí se okno průzkumníka, ve kterém je potřeba vybrat složku, kde se budou vytvořené soubory ukládat.

Při vytvoření nového souboru (**File – New**) je na výběr několik typů objektu.



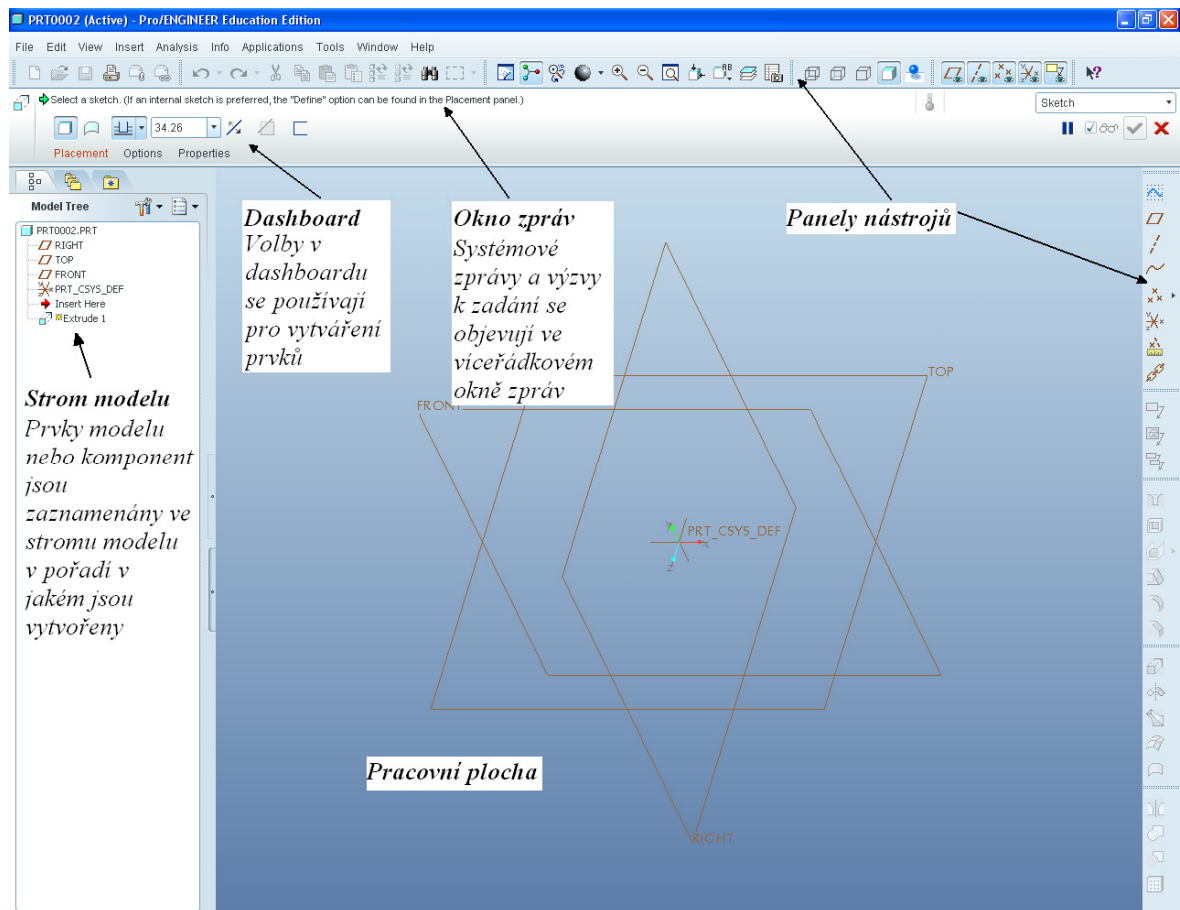
Obr. 1. Typy objektu

Nejpoužívanější typy:

- **Sketch** – skicář, většinou bude spuštěn až při vytváření prvků v Partu nebo Assembly
- **Part** – součást dále nerozebíratelná klasickými montážními postupy
- **Assembly** – sestava sestávající se ze součástí
- **Manufacturing** – výroba (většinou programování dráhy nástroje při obrábění)
- **Drawing** – výkres součásti, sestavy nebo samostatné 2D-entity [4]

Některé typy objektů mají své podoblasti. Např. typ Part nabízí podoblasti Solid (objemová součást), Sheetmetal (plechová součást), atd.

Název souboru se píše bez mezer a diakritiky. Po kliknutí na tlačítko **OK** se uživatel dostane do prostředí vybraného typu souboru. Pro/ENGINEER má ve verzi Wildfire 5.0 nastavenou šablonu s jednotkami hodnot milimetry, Newtony, sekundy. Pokud uživatel chce zvolit jinou šablonu, nezahrne možnost **Use default template**. V následujícím okně **New File Options** vybere jinou šablonu. V nabídce jsou šablony, které pracují v jednotkách palce, libry, sekundy a jiné.



Obr. 2. Pracovní prostředí programu

3.2 Základní nástrojový panel

Zde jsou popsány nástroje základního nástrojového panelu. Pod každým obrázkem jsou vysvětlivky seřazeny tak, aby odpovídaly jednotlivým funkcím na obrázku zleva doprava.



Obr. 3. Nástroje úprava

Undo - zpět

Redo – vpřed

Cut - vyjmout

Copy - kopírovat

Paste – vložit

Paste special – vložení s rozšířenými možnostmi

Regenerate model – regenerace modelu, používá se po úpravě rozměrů součásti

Search tool – nástroj hledání

Selection types – typy výběru, můžeme zvolit, jak budou vybírány objekty např. do rámečku, do kruhu, atd.



Obr. 4. Nástroje pohled

Redraw the current view – překreslit obrazovku

Spin center – přepnout střed otáčení

Orient mode – přepnout režim zobrazení

Appearance gallery – výběr barvy nebo materiálu modelu

Zoom in – přiblížení

Zoom out – vzdálení

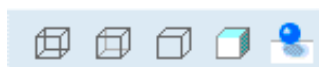
Refit – přizpůsobit model oknu

Reorient view – zorientovat model

Saved view – uložené pohledy

Layers – nastavení vrstev

View manager – správce pohledů



Obr. 5. Zobrazení modelu

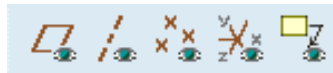
Wireframe – drátěný model

Hidden line – model s neviditelnými hranami

No hidden – model bez neviditelných hran

Shading – stínovaný model

Enhanced realism – zobrazení perspektivy



Obr. 6. Zobrazení pomocných prvků

Datum planes – zobrazit/skrýt pomocné roviny

Datum axis – zobrazit/skrýt osy

Datum points – zobrazit/skrýt body

Coordinate systém – zobrazit/skrýt souřadnicový systém

3.3 Ovládání pomocí myši

Výběr prvku se provádí kliknutím na daný prvek. Při výběru více prvků lze využít taženého okna. Entity budou vybrány, pokud budou úplně zahrnuty do rámečku.

Vybrat více položek lze i přidržením klávesy **CTRL** a klikáním levého tlačítka myši. Tímto způsobem se prvky z výběru i odstraňují.


ZOOM	»		CTRL +
ROTACE	»		
POSUN	»	SHIFT +	
OTÁČENÍ	»	CTRL +	

Obr. 7. Ovládání pomocí myši [5]

4 TVORBA NÁČRTU

Při modelování součástí se musí nejdříve vytvořit náčrt. Pomocí funkcí, které budou popsány v další kapitole, se z náčrtu vytváří model.

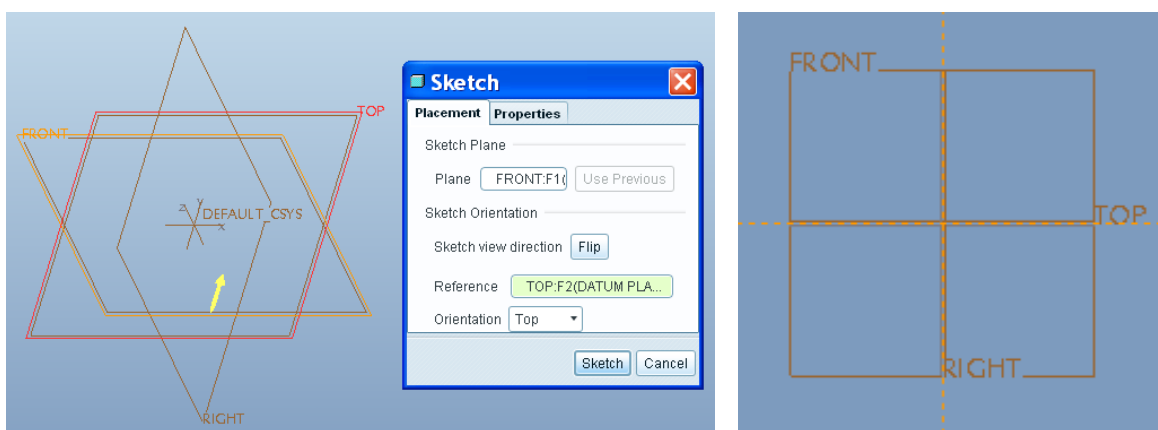
Do náčrtové roviny se lze dostat dvěma způsoby.

První možností je kliknout na ikonu Sketch , dále je třeba vybrat rovinu a potvrdit tlačítkem **sketch**. U tohoto postupu uživatel vybírá funkci pro modelování součástí až po ukončení náčrtu.

Při druhé možnosti se nejdříve zvolí funkce, pomocí níž se bude vytvářet součást okamžitě po ukončení náčrtu. Přidržením pravého tlačítka myši se zobrazí nabídka, ve které se zvolí možnost **Define Internal Sketch**, vybere se rovina a potvrdí se tlačítkem **sketch** nebo prostředním tlačítkem myši. Prostřední tlačítko myši má většinou potvrzovací význam. Jeho používání urychluje práci.

Směr a orientaci pohledu na vybranou rovinu si uživatel volí v okně **Sketch**. Kliknutím na tlačítko **Flip** nebo na žlutou šipku se volí směr pohledu na danou rovinu.

Orientaci pohledu se určuje pomocí referenční roviny, kterou lze nastavit vzhledem k náčrtové rovině jako horní, spodní, pravou nebo levou. Na obr. 8. je jako referenční rovina červeně označena rovina top. Orientována je jako horní (top). Tzn. že z pohledu roviny top na vytvořený model bude odpovídat v pravouhlém promítání pohledu shora.




Obr. 8. Volba směru a orientace pohledu na náčrtovou rovinu


Pro/ENGINEER uplatňuje rychlý styl tvorby náčrtu. Nejprve se načrtne přibližný tvar geometrie, teprve až potom se zadávají přesné rozměry.




Obr. 9. Panel nástrojů


VOLBY PRO OVLÁDÁNÍ


Kurzor výběru (One-by-one)  - Používá se pro výběr prvků. Pokud je aktivní jiná funkce, vyvolá se tato volba kliknutím na ikonu v panelu nástrojů nebo kliknutím prostředního tlačítka myši.

Dokončení náčrtu (Done)  - Touto volbou se dokončuje náčrt, se kterým může uživatel dále pracovat.


Zrušení náčrtu (Quit)  - Použitím této volby se zruší všechny provedené práce v náčrtu a uživatel se dostane z náčrtové roviny.



VOLBY PRO VYTVÁŘENÍ GEOMETRIE

Úsečka (Line)  – Levým tlačítkem myši se zadávají koncové body úseček. Kliknutím prostředního tlačítka myši se ukončí vytváření úsečky.

Tečná úsečka (Line Tangent)  - Vytváří se kliknutím na kružnici nebo oblouk přibližně do míst, kde má být úsečka tečně připojena.

Osa (Geometry Centerline)  - Zde je důležité zadat dva body, kudy má osa procházet.


Čtýřúhelník (Rectangle)  - Umístí se jeden vrchol a potáhne se čtýřúhelník do požadované velikosti. Dalším kliknutím se umístí protějšší vrchol. Strany čtýřúhelníka budou vždy rovnoběžné s osami.

Šikmý čtýřúhelník (slant rectangle)  a **rovnoběžník (parallelogram)**  - Dvěma body se zadá jedna strana čtýřúhelníku. Dalším kliknutím se umístí protějšší strana.






Obr. 10. Možnosti tvorby čtýřúhelníků


Kružnice (Center and point)  - Zvolí se střed kružnice a jeden bod na ní. [9]


Soustředná kružnice (Concentric)  - Zvolením referenční kružnice nebo oblouku se definuje střed. Poté stačí zvolit jeden bod na kružnici. Prostředním tlačítkem myši se ukončí vytváření kružnice. [9]


Kružnice definovaná třemi body (3 Point)  - Zvolíme tři body, které mají ležet na kružnici.


Trojsečná kružnice (3 Tangent)  - Zvolí se tři body, ke kterým bude kružnice tečně připojena.


Elipsa definovaná délkou osy (Axis ends ellipse)  a **elipsa definovaná délkou poloosy (Center and axis ellipse)**  - těmito dvěma způsoby lze vytvářet elipsy.



Oblouk definovaný třemi body (3 Point)  - Zvolí se krajní body oblouku a jeden bod na něm. [9]

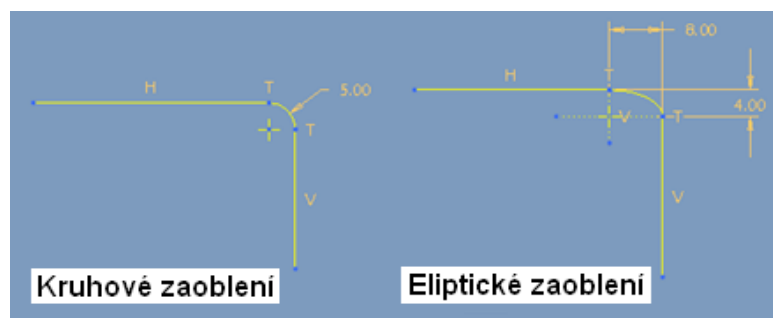
Soustředný oblouk (Concentric)  - Nejprve se vybere referenční kružnice nebo oblouk, čímž se definuje střed. Nyní zbývá zadat koncové body oblouku. Prostředním tlačítkem myši se ukončí vytváření oblouku.

Oblouk daný středem a koncovými body (Center and Ends)  - Zvolí se střed a krajní body oblouku. [9]


Tečný oblouk (3 Tangent)  - Zvolí se tři body, ke kterým bude oblouk tečně připojen.

Kuželosečka (Conic)  - Zvolí se počáteční a koncový bod, protažením myši do požadované polohy dokončíme geometrii. [9]

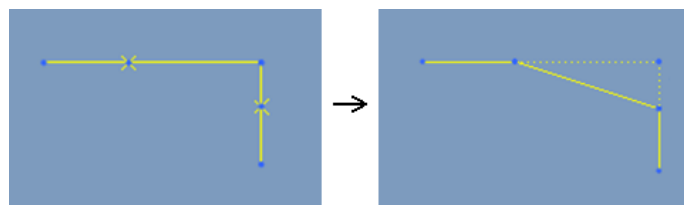
Kruhové zaoblení (Circular)  a **eliptické zaoblení (Elliptical)**  - Kliknutím na dvě úsečky se vytvoří zaoblení.




Obr. 11. Zaoblení hran

Sražení (Chamfer)  - Kliknutím na dvě úsečky se vytvoří sražení.


Zaoblení a sražení hran lze vytvářet různě velké. Záleží na tom, v kterém místě se klikne na obě úsečky. Velikost se určuje i kótami.

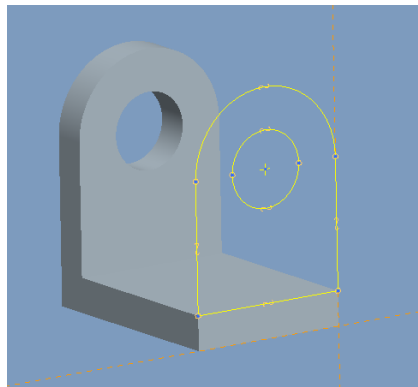


Obr. 12. Určení velikosti sražení


Křivka (Spline)  - Levým tlačítkem myši se zadávají body. Kliknutím prostředního tlačítka myši se ukončí vytváření křivky.


Bod (Point)  a **souřadnicový systém (Coordinate systém)**  jsou prvky, které mohou usnadnit nakreslení složité geometrie.


Promítnutí geometrie (Use)  - Vyberou se existující hrany, řetězec nebo smyčky, které se v náčrtové rovině zobrazí jako plnohodnotné úsečky a křivky.




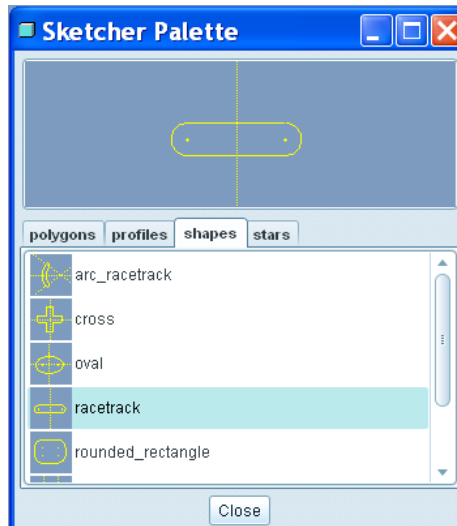
Obr. 13. Promítnutí geometrie

Promítnutí s odsazením (Offset)  - U tohoto promítnutí je třeba zadat vzdálenost odsazení od zvolené hrany. Zadá-li se záporná hodnota, odsadí se geometrie v protisměru žluté šipky.

Promítnutí s odsazením na obě strany (Thicken)  - Poté, co uživatel klikne na geometrii, zadá vzdálenost dvojice čar, které budou vytvořeny, a následně zadá vzdálenost jedné čáry od původní geometrie.

Text (Text)  - Výška textu se zadává manuálně. Pomocí klávesnice se napíše text, který se upraví do požadovaných rozměrů.

Paleta geometrických tvarů (Palette)  - Tato paleta nabízí různé geometrické tvary a profily. Pro vytvoření stačí přetáhnout jeden vybraný tvar do náčrtu. Následným zakótováním dostane tvar požadované rozměry.



Obr. 14. Paleta geometrických tvarů

Zobrazení referencí

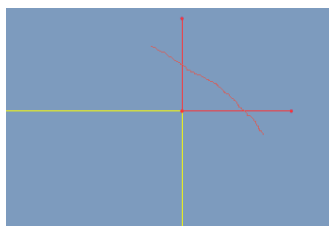
Při vytváření dalších prvků na modelu lze využít jeho hran tím, že se promítnou do nové náčrtové roviny. V hlavní liště se zvolí **Sketch – References** a klikne se na hrany, které mají být promítnuty. Hrany se zobrazí čárkovaně a lze k nim s pomocí vazeb přichytit geometrii.

VOLBY PRO ÚPRAVU GEOMETRIE

Oříznutí geometrie (Delete segment)



- Ořeže prvky, které jsou vybrány kliknutím nebo protnutím tažené čáry při stisknutém levém tlačítku myši.



Obr. 15. Výběr prvků pomocí tažené čáry

Rozdělení geometrie (Divide)




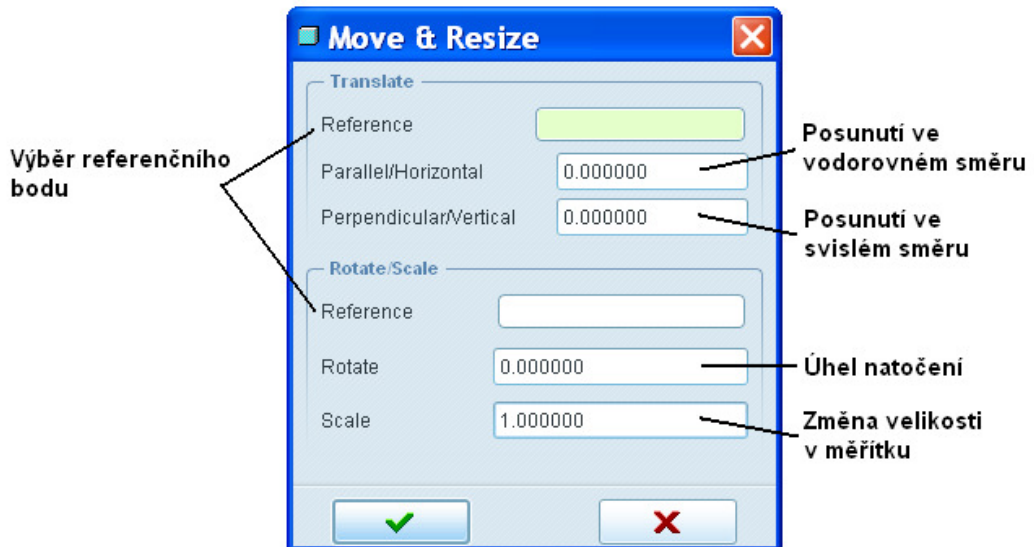
- Rozdělí geometrii v bodě, kde je kliknuto na danou geometrii.

Zrcadlení (Mirror)



- Zrcadlí prvek okolo osy.

Posun a otočení (Move & resize)  - Tímto příkazem lze posunout, otočit a změnit velikost vybraného prvku. Prvek mění své atributy vzhledem k bodu ve svém těžišti. Je zde možno vybrat jiný referenční bod.







Obr. 16. Okno příkazu posun a otočení

VAZBY

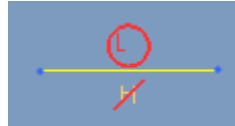
Při skicování geometrie používá systém určité omezení a vztahy, které pomáhají vytvářet geometrii.

Tab. 1. Grafické zobrazení vazeb

Omezení	Symbol
Vodorovné entity	H
Svislé entity	V
Střed	M
Bod na entitě	
Tečné entity	T
Kolmé entity	
Rovnoběžné úsečky	//
Totožné kružnice, oblouky	R s indexem
Úsečky totožné délky	L s indexem
Vodorovné zarovnání	
Svislé zarovnání	

Práce s vazbami


- Kliknutím pravého tlačítka myši se vazba zamkne (symbol vazby v kružnici). Systém neumožní nakreslení geometrie, která by neodpovídala zamknuté vazbě. Opakovaným kliknutím pravého tlačítka myši se vazba zruší (přeškrtnutý symbol vazby). Tzn. že se geometrie nepřichytává podle zrušené vazby. Třetím kliknutím pravého tlačítka myši se vrátíme do původního stavu.




Obr. 17. Zamknutá
a zrušená vazba


- Podržení klávesy **Shift** se zruší všechny nabízené vazby.
- Zobrazuje-li systém více vazeb, můžeme mezi nimi přepínat pomocí klávesy **Tab**. Aktuální vazba je zobrazena červeně.
- Zrušit vybranou vazbu u již nakreslené geometrie provádíme stiskem klávesy **Delete**. Systém automaticky přidá k dané skici kótu.
- Novou vazbu lze vybrat z panelu nástrojů a kliknout na dané entity, které se okamžitě přizpůsobí.


Nabídka vazeb z panelu nástrojů:

Vertikála (Vertical)  - vytvoří úsečku nebo dva vrcholy svisle.

Horizontála (Horizontal)  - vytvoří úsečku nebo dva vrcholy vodorovně.


Kolmost (Perpendicular)  - dvě entity jsou navzájem kolmé.

Tečnost (Tangent)  - dvě entity jsou navzájem tečné.

Střed (Mid-point)  - umístí bod do středu úsečky.

Bod (Coincident)  - umístí bod na entitu.

Symetrie (Symmetric)  - vybrané prvky jsou symetrické okolo osy.

Rovnost (Equal)  - vytváří stejné délky, poloměry nebo stejnou křivost.

Rovnoběžnost (Parallel)  - vytvoří dvě vzájemně rovnoběžné úsečky.

KÓTOVÁNÍ GEOMETRIE

Při vytváření skici systém automaticky kótuje její geometrii. Tyto kóty se nazývají volné a jsou zobrazeny šedou barvou.

Do kótovacího schématu lze přidávat vlastní – pevné kóty. Pokud uživatel přidá pevné kóty, systém automaticky vymaže nadbytečné volné kóty.

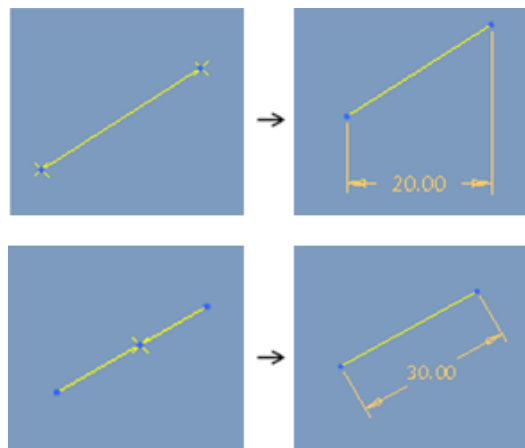
Editace kót

Dvojklikem je umožněno přepsání hodnoty. Potvrdí se tlačítkem **Enter** a geometrie se přizpůsobí novému rozměru.

Tvorba kót (Normal)

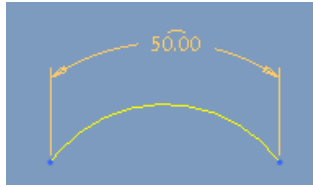
Klikne se na prvky, které jsou rozhodující pro vytvoření daného typu kót. Prostředním tlačítkem myši se umístí kóta.

- Kóta úsečky – stačí vybrat úsečku nebo koncové body úsečky a umístit kótu.



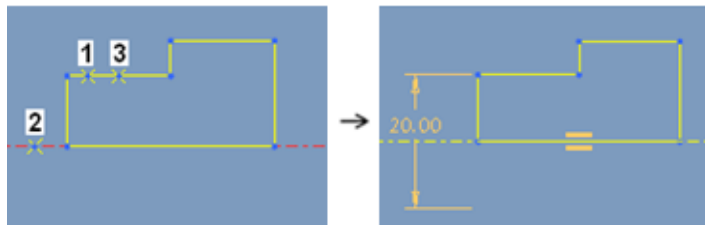
Obr. 18. Způsoby kótování šikmé úsečky

- Kóta průměru, poloměru – vybere se oblouk a umístí se kóta.
- Kóta délky oblouku – vybere se oblouk a jeho koncové body.



Obr. 19. Kóta délky oblouku

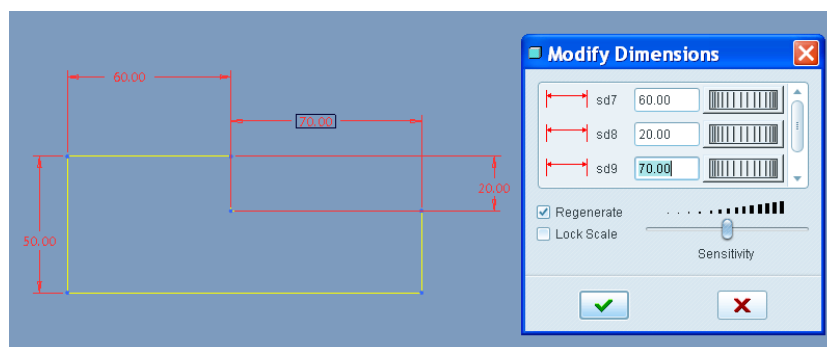
- Kóta úhlu – vyberou se dvě přímkové, které svírají kótovaný úhel, a umístí se kóta.
- Kóta průměru rotační skici – vybere se hrana, osa rotace, znovu hrana a umístí se kóta.



Obr. 20. Kótování průměru rotační skici

Správce rozměrů (Modify)

Další možností jak editovat kóty je pomocí této funkce. Vyberou se kóty, které mají být editovány a spustí se správce rozměrů. V okně **Modify dimensions** se přepisují hodnoty kót. Editovaná kóta je zobrazena v rámečku.

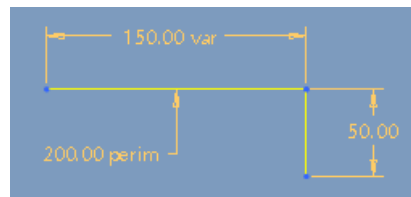


Obr. 21. Kótování pomocí správce rozměrů

Perimeter kóta (Perimeter)

Tato kóta se používá pro okótování celkové délky řetězce hran. Pro vytvoření se musí vybrat entity, potvrdit prostředním tlačítkem myši a následně vybrat kótu, která bude pro-

měnná. Při editaci perimeter kóty (označena perim.) se mění velikost geometrie pouze v místě kde je proměnná kóta (označena var.).




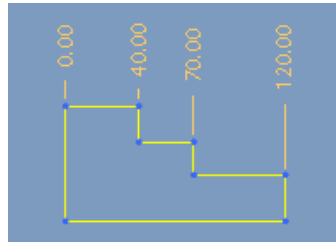
Obr. 22. Perimeter kóta

Referenční kóta (Reference)

Tato kóta je pouze orientační, je zobrazena v závorce a nelze ji přepisovat.

Kótování od společné základny (Baseline)

Volbou **Baseline** se vytvoří základna tak, že se vybere hrana a umístí se text kóty. Další kóty se přidávají pomocí volby **Normal** . Klikne se na text kóty u základny, potom na hranu, která má být zakótovaná a umístí se kóta.



Obr. 23. Kótování od základny

5 TVORBA MODELU

V této kapitole jsou popsány funkce, které slouží pro vytváření pomocných prvků a modelování 3D geometrií.

5.1 Pomocné prvky

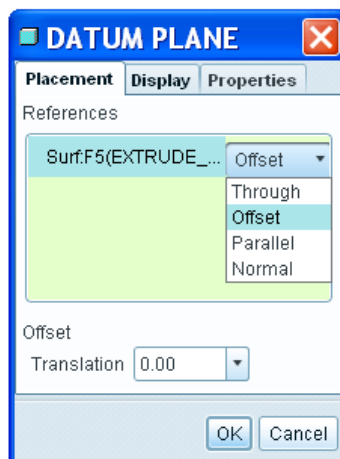
ROVINA (PLANE)

Pomocné roviny se využívají při přidávání dalších konstrukčních prvků k součásti, která nemá dostatek vhodných rovinných ploch. Pro vytvoření pomocné roviny se musí zadat řada podmínek, které musí rovinu jednoznačně určovat.

Vytvoření roviny

Vyberou se prvky, které jsou rozhodující pro určení roviny. Při výběru více prvků se musí podržet tlačítko **Ctrl**. V okně **Datum plane** se určují v záložce **Placement** další podmínky. U každého vybraného prvku (References) je na výběr několik vlastností:

- **Through** – rovina bude obsahovat nebo bude procházet vybraným prvkem.
- **Offset** – rovina bude odsazená nebo natočená vzhledem k vybranému prvku o zadanou hodnotu.
- **Parallel** – rovina bude rovnoběžná s vybranou plochou.
- **Normal** – rovina bude kolmá na vybranou plochu.
- **Tangent** – rovina bude tečná k vybrané válcové ploše.

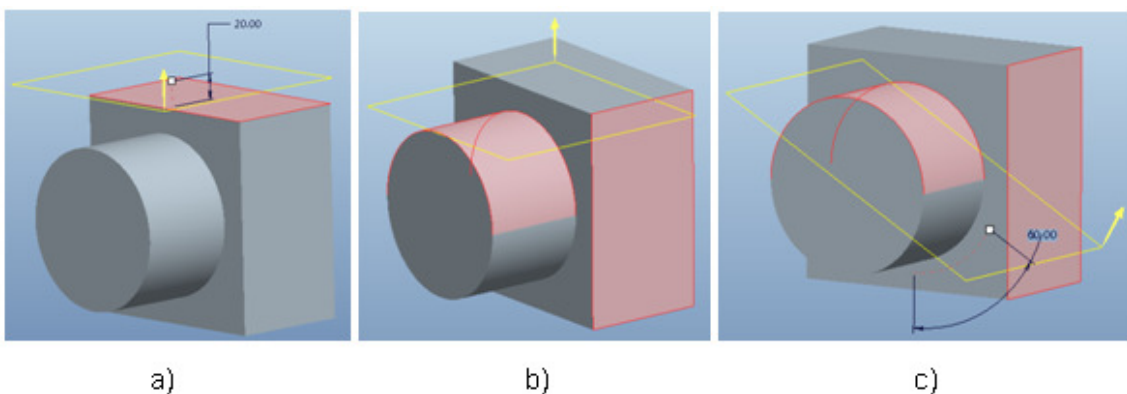


Obr. 24. Okno datum plane

Kombinací těchto podmínek a vybraných prvků se docílí požadovaných vlastností nové roviny.

Příklady vytvoření rovin:

- Rovinná plocha se zadaným odsazením ve volbě Offset.
- Válcová plocha určena podmínkou Tangent, rovinná plocha podmínkou Normal.
- Válcová plocha určena podmínkou Through, rovinná plocha se zadaným natočením ve volbě Offset.



Obr. 25. Příklady vytvoření rovin

OSA (AXIS)

Pomocné osy jsou také používány jako reference při vytváření dalších prvků. Jsou užitečné rovněž při vytváření pomocných rovin, při umísťování soustředných objektů a při vytváření znásobených objektů ležících na kružnici.

BOD (POINT)


Pomocné body jsou používány pro připojování dalších pomocných prvků a poznámek ve výkresech. S jejich pomocí lze také vytvářet potrubní trajektorii a umísťovat díry.

SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM (COORDINATE SYSTEM)

Souřadnicové systémy se umísťují do součástí a sestav pro výpočet hmotnostních charakteristik, sestavení komponent, podporu operaci obrábění a jako reference pro umístění dalších pomocných prvků.



Ostatní pomocné prvky se vytvářejí podobně jako roviny. Je třeba určit prvky a zadat podmínky.

5.2 Vysunutí (Extrude)

Nejpoužívanější metoda modelování součástí. V panelu nástrojů vybere uživatel funkci vysunutí  a vytvoří, popř. vybere náčrt. V dashboardu se určují vlastnosti vysunutí.




Obr. 26. Vysunutí - dashboard

Ikona **Extrude as solid**  znamená vytvoření objemové součásti, zatímco **Extrude as surface**  vytváří pouze plochy.


Délka vysunutí se určí podmínkami:

 - délka vysunutí je určena zadanou hodnotou.

 - vytváří vysunutí symetricky na obě strany od náčrtové roviny, délka je určena zadanou hodnotou.


 - vysunutí geometrie po další plochu.


 - vysunutí geometrie skrz všechny plochy.

 - vysunutí geometrie skrz vybranou plochu.

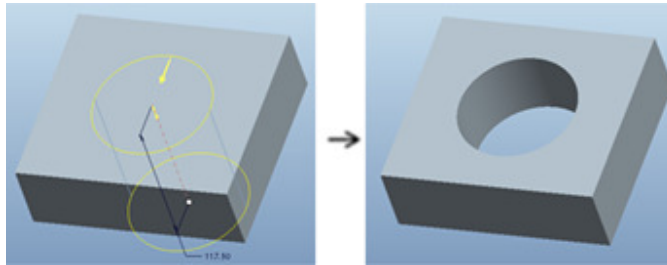
 - vysunutí geometrie k prvku (bod, křivka, plocha), který se musí následně označit.

U prvních dvou podmínek se musí zadat přesná hodnota délky vysunutí do rámečku nebo kliknut na bílý čtvereček na modelu a protáhnout myší model do požadované délky vysunutí.

Směr vysunutí se určuje kliknutím na ikonu změny směru  nebo kliknutím na žlutou šipku v modelu.

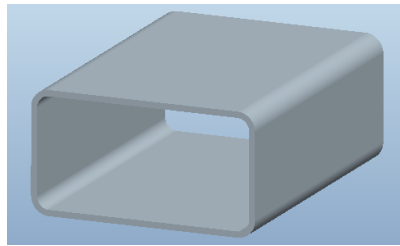
Odběr materiálu  se využívá, pokud má být ve směru vysunutí materiál odstraněn např. při vytváření díry. Zároveň se dá určit, jestli má být odebrán materiál uvnitř nebo vně

náčrtu. To zobrazuje žlutá šipka rovnoběžná s náčrtovou rovinou. Změna jejího směru se provádí stejně jako v předchozích případech.



Obr. 27. Vysunutí – odběr materiálu


Vysunutí tenkostěnného profilu . Stačí pouze zadat tloušťku stěny.



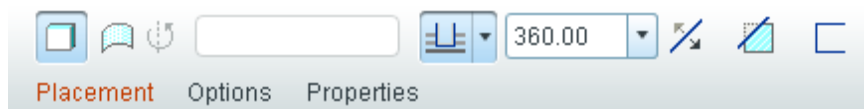
Obr. 28. Vysunutí tenkostěnného profilu

Pro vytvoření nadefinovaných vlastností se potvrdí tlačítkem nebo prostředním tlačítkem myši.

5.3 Rotování (Revolve)

Metoda rotování  se používá pro vytváření rotačních modelů. Náčrt musí obsahovat osu.

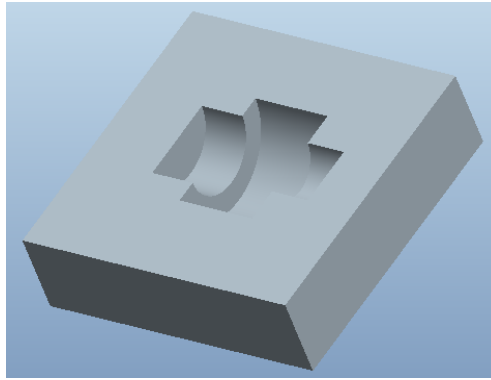
Volby v dashboardu jsou stejné jako u metody vysunutí.




Obr. 29. Rotování – dashboard

Délka rotované geometrie se určí zadáním hodnoty úhlu ve stupních.

Odběr materiálu  umožní vytvořit vybrání v již vytvořeném modelu.





Obr. 30. Rotování – odběr materiálu

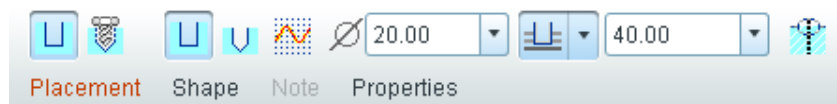
Rotování tenkostěnného profilu . Stejný výsledek jako u vysunutí tenkostěnného profilu.

5.4 Díra (Hole)

Vytváření průchozích i neprůchozích děr se závitem nebo bez závitu.

V panelu nástrojů zvolí uživatel funkci pro tvorbu děr , klikne na plochu přibližně do míst, kde má díra ležet a v dashboardu je třeba zadat její velikost a přesné umístění.

Pod volbou vytváření **jednoduché díry**  lze vytvořit díru bez vrcholového kužele - stopa po vrtáku.





Obr. 31. Jednoduchá díra - dashboard

Druhá volba vytváření **standardní díry**  tuto možnost nemá. Ale má navíc možnost tvorby závitu  a zahloubení  .



Obr. 32. Standardní díra - dashboard

Velikost díry

Průměr jednoduché díry se píše do rámečku  , u standardní díry se velikost určí vybráním závitů  .


Délka se určí podmínkami, popř. se zadá přesná hodnota.


V dashboardu v záložce **Shape** se zobrazuje aktuální nastavení díry. To může sloužit pro kontrolu i editaci velikosti díry.

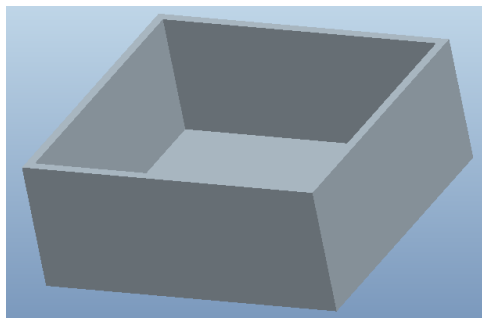
Umístění díry

System neumožní vytvoření díry bez přesného zakótování její polohy. V záložce **Placement** je třeba kliknout na nápis **Click here to...** a vybrat dva prvky, ke kterým se bude vztahovat poloha díry. Při výběru je třeba podržet tlačítko **Ctrl**.

5.5 Skořepina (Sheel)

Nástroj skořepina  slouží pro vytvoření tenkých stěn na již vytvořeném modelu.

Je třeba zadat tloušťku stěny a směr odsazení stěny, který se mění tlačítkem pro změnu směru . Nakonec se označí stěna tělesa, která má být odstraněna, aby byl umožněn přístup dovnitř skořepiny.



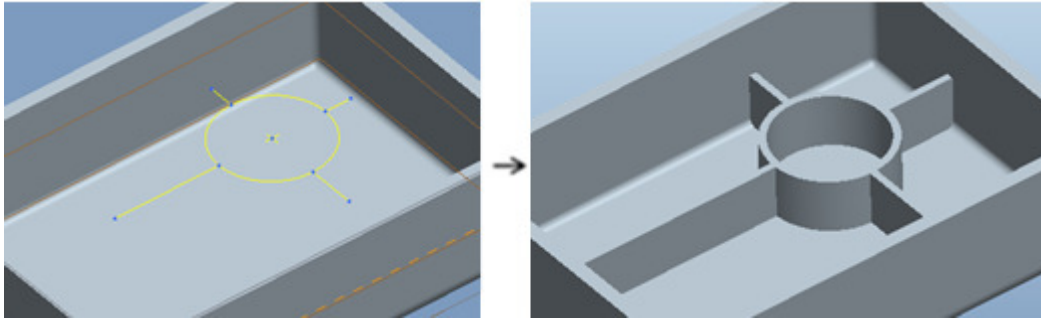
Obr. 33. Skořepina

5.6 Žebro (Rib)

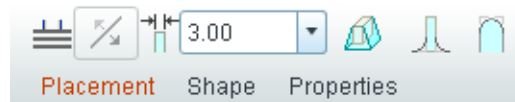
Pro/ENGINEER nabízí dvě metody vytváření žeber.

Trajectory rib


Při této metodě se v náčrtové rovině nakreslí geometrie. Žebro se vytvoří podle geometrie pod náčrtovou rovinou a zasahuje až k dalším stěnám. Klasické využití je na obr. 34.





Obr. 34. Trajectory rib



Obr. 35. Trajectory rib – dashboard

Pokud je náčrt předem vytvořený, musí se kliknout v záložce **Placement** do rámečku  a vybrat geometrii náčrtu.

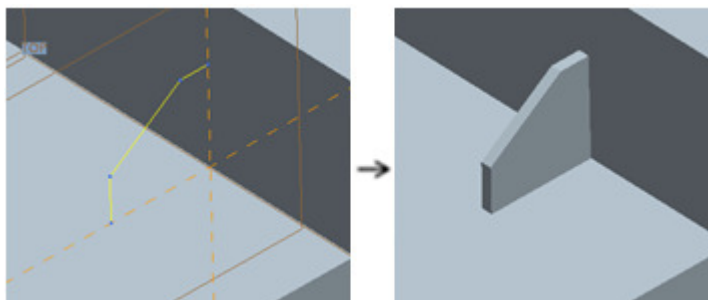
Náčrt lze vytvářet přímo v tomto příkazu. V tom případě se musí kliknout v záložce **Placement** na tlačítko **Define** a vytvořit náčrt v předem připravené rovině.

Důležité je zadat tloušťku žebra. Je zde možnost využít úkosu  nebo zaoblení .

V záložce **Shape** se zobrazují všechny parametry tvaru a tloušťky.

Profile rib

Náčrtová rovina musí být rovnoběžná se žebrem.





Obr. 36. Profile rib

U této metody se vybírá, popř. vytváří náčrt stejným způsobem.

V dashboardu se pouze zadá tloušťka žebra. Zde nelze vytvářet úkosity nebo zaoblení.


5.7 Zkosení (Draft)

Při tvorbě zkosení  je třeba vybrat stěnu tělesa, které se úkosem nezmění velikost. Systém umožní výběr po kliknutí na nápis do rámečku  .


V dalším kroku se v záložce **References** se vyberou plochy, které mají být zkoseny (**Draft surfaces**).

Nakonec se zadá hodnota úhlu zkosení  a směr zkosení .

5.8 Zaoblení hran (Round)

Nástroj pro zaoblení hran  je velice jednoduchý. Vyberou se hrany, které mají být zaobleny a určí se poloměr zaoblení.

5.9 Sražení hran (Edge chamfer)

Při vytváření sražení hran  se nejdříve určí tvar a potom rozměry sražení. Z tvarů je zde mimo jiné na výběr:

D x D – rovnoměrné sražení z obou stran

D1 x D2 – sražení s různým odsazením na obou stranách

Angle x D – sražení pod určitým úhlem

Set

Různé velikosti zaoblení nebo sražení lze vytvořit při jedné operaci. Jednotlivé velikosti zaoblení (sražení) se musí rozdělit do tzv. setů. Jeden set obsahuje pouze stejnou velikost zaoblení (sražení), které se musí vybrat s přidržením tlačítka **Ctrl**. Při tvorbě dalších zaoblení (sražení) o jiných velikostech se musí kliknout v Dashboardu v záložce **Sets** na nápis **New set**. Potom lze vybrat hrany a editovat jejich úpravu.

5.10 Zrcadlení (Mirror)

Před zvolením nástroje zrcadlení  se musí zrcadlené prvky vybrat.

Pak už jen stačí vybrat rovinu zrcadlení a potvrdit.

5.11 Pole (Pattern)

Ikona pro pole  je stejně jako pro zrcadlení vysvícená až když jsou vybrány prvky.

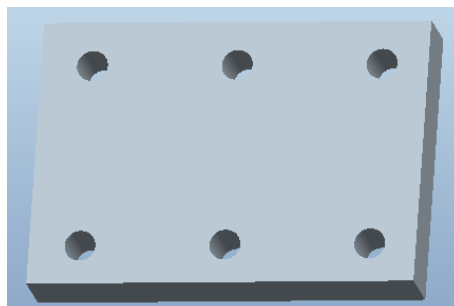
V dashboardu je na výběr několik možností polí.

Direction – obdélníkové pole



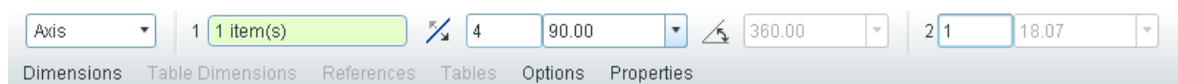
Obr. 37. Obdélníkové pole – dashboard

Pro obdélníkové pole se musí určit dva směry. Jako směr lze vybrat plochu, osu nebo hranu modelu. V každém směru se zadá počet prvků a vzdálenost mezi jednotlivými prvky.



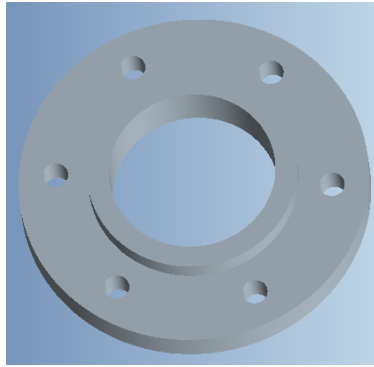
Obr. 38. Příklad obdélníkového pole

Axis – kruhové pole



Obr. 39. Kruhové pole – dashboard

Zde se musí vybrat osa, kolem které se budou vytvářet prvky. Stejně jako u obdélníkového pole se zadá počet prvků a vzdálenost mezi nimi tentokrát ve stupních.



Obr. 40. Příklad kruhového pole

Group

Pokud se má vytvořit pole při výběru více prvků např. díra a sražení hrany, musí se tyto dvě operace seskupit do jedné. To se provádí ve stromu modelu. Vyberou se určité operace s přidržetím tlačítka **Ctrl**, kliknutím pravého tlačítka myši se zobrazí nabídka, ve které se zvolí **Group**. Vybrané operace se sbalí do jedné položky. Teprve potom lze vytvořit pole ze skupiny operací.

Kliknutím pravého tlačítka myši ve stromu modelu na skupinu operací a zvolením možnosti **Ungroup** se rozdělí skupina na jednotlivé operace.

5.12 Tažení (Sweep)

Vytváření součástí určitého profilu vysunutého po určité trajektorii. Nachází se v záložce **Insert – Sweep**. Na výběr jsou tyto možnosti tažení:

- **Protrusion** – tažení objemové součásti
- **Thin protrusion** – tažení tenkostěnného profilu
- **Cut** – odebírání materiálu metodou tažení
- **Thin cut** – odebírání materiálu tenkostěnným profilem metodou tažení
- **Surface** – tvorba plochy
- **Surface trim** – oříznutí plochy metodou tažení
- **Thin surface trim** – oříznutí plochy tenkostěnným profilem

Při zvolení jedné z těchto možností se zobrazí dvě okna, kde se definuje postup tvorby, náčrtové roviny, atd. Důležité je sledovat okno **Menu manager**. Postup tvorby je stejný u všech možností tažení.

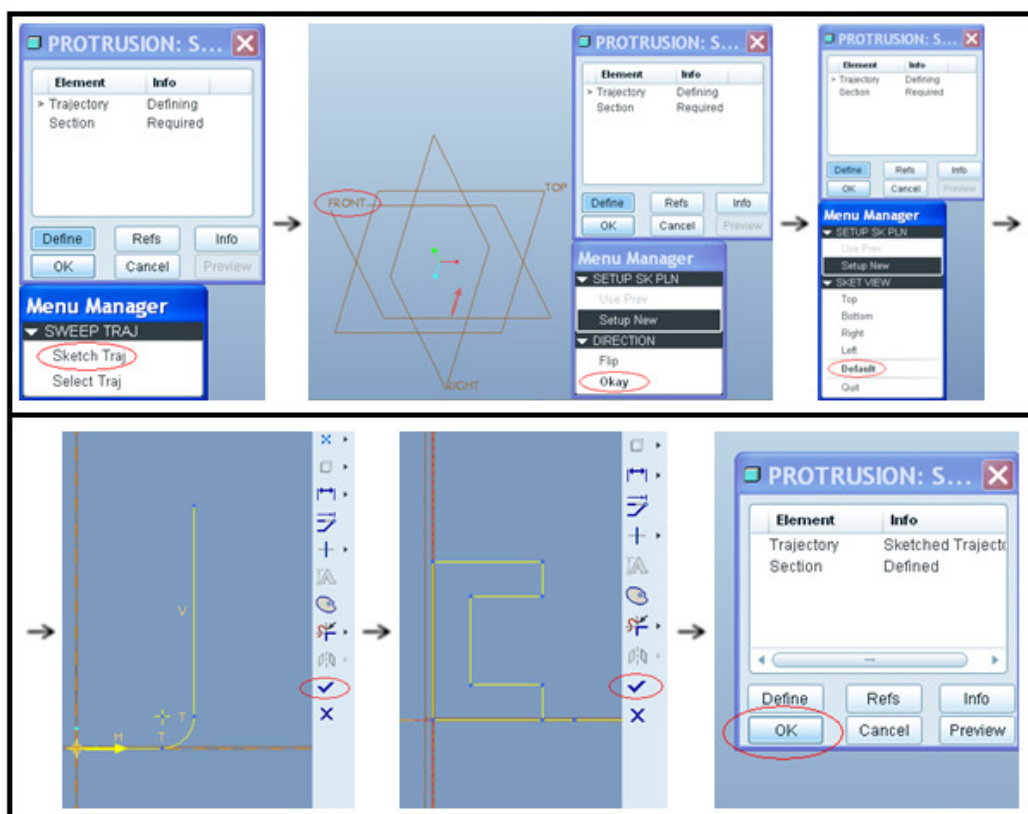
Trajektorie

Pokud se musí trajektorie nakreslit, zvolí se možnost **Sketch traj**. Následně se musí vybrat rovina, potvrdit prostředním tlačítkem myši nebo kliknout na tlačítko **Okey**. Nyní je možnost zvolit směr pohledu na náčrtovou rovinu. Kliknutím na tlačítko **Default** se uživatel dostane do skicáře, kde nakreslí trajektorii. Potom náčrt ukončí.

Pokud je trajektorie předem nakreslena, zvolí se možnost **Select traj**. Vybere se požadovaná geometrie a klikne se na tlačítko **Done**.

Profil

Podle postupu, který je popsán při nakreslení nebo výběru trajektorie, se potom uživatel dostane do náčrtové roviny, ve které nakreslí profil. Náčrtovou rovinu systém automaticky vytvoří v místě počátku trajektorie kolmo na geometrii trajektorie. Po ukončení náčrtu a kliknutím na tlačítko **OK** se vytvoří model.



Obr. 41. Postup vytváření tažené součásti

5.13 Šablonování (Blend)

Při šablonování se vytváří plynulý přechod mezi profily nakreslenými v určité vzdálenosti. Nachází se v záložce **Insert – Blend**. Nabízí stejné možnosti jako tažení (Protrusion, Cut,...).

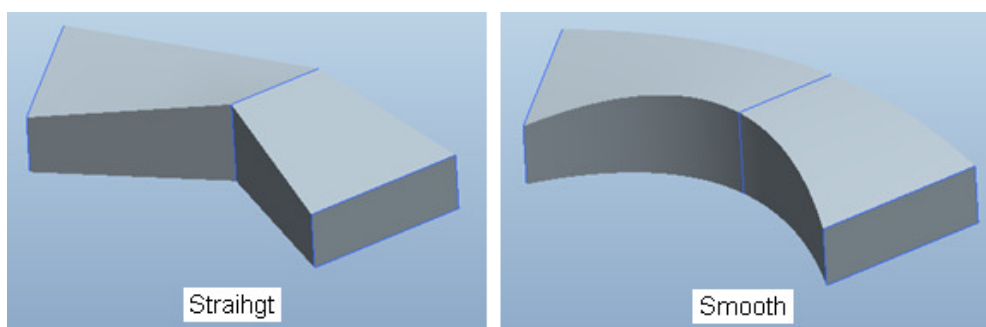
V okně **Menu manager** se nejprve vybere jedna ze tří možností:

- **Parallel** – náčrtové roviny, ve kterých jsou nakresleny profily, musí být rovnoběžné
- **Rotational** – šablonování vytvářené rotováním okolo osy
- **General** – náčrtové roviny nemusí být rovnoběžné, univerzální způsob, který je zde popsán

Profily musí být složeny ze stejného počtu křivek. Např. kruh nelze šablonováním spojit se čtvercem. Je třeba kruh rozdělit pomocí příkazu rozdělení geometrie (Divide) na čtyři části v místech, kde jsou rohy čtverce.

Je zde možnost nakreslit profily až přímo v příkazu šablonování (**Sketch sec**), ale pohodlnější je mít náčrtové roviny a profily předem připravené. V tom případě se zvolí možnost vybrat profily (**Select sec**). Následující postup popisuje způsob, kdy se profily vybírají. Potvrzuje se tlačítkem **Done**.

Další nabídka okna **Menu manager** se týká výběru přechodu mezi profily. Na výběr je přímočarý přechod (**Straight**) nebo hladký přechod (**Smooth**).



Obr. 42. Rozdíl mezi přechody při šablonování

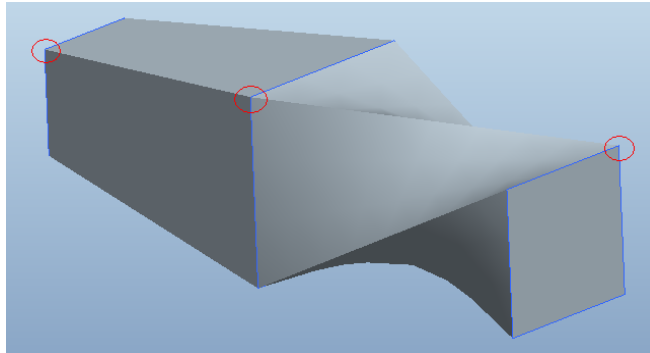
Po potvrzení se musí vybrat jednotlivé profily. V okně **Menu manager** v sekci **Pick curve** se dá zvolit způsob výběru profilu po křivkách (**Sel curve/edge**) nebo výběr celé geometrie (**Sel look**).

Pokud je vybrán jeden profil, potvrdí se tlačítkem **Done**, a vybere se další profil.

System přiděluje ke každému profilu tzv. startovací bod, označený žlutou šipkou.



Ten znázorňuje, které body budou mít mezi jednotlivými profily společnou hranu. Pokud nemá být model zkroucený, musí být startovací body ve stejné úrovni. Pro změnu startovacího bodu stačí kliknout v okně **Menu manager** na tlačítko **Start point** a vybrat jiný bod.







Obr. 43. Vliv polohy startovacího bodu

Když jsou vybrány všechny profily, dokončí se šablonování kliknutím na tlačítko **OK**.

5.14 Swept Blend

Nachází se v záložce **Insert – Swept blend**. Je to šablonování řízené trajektorií.

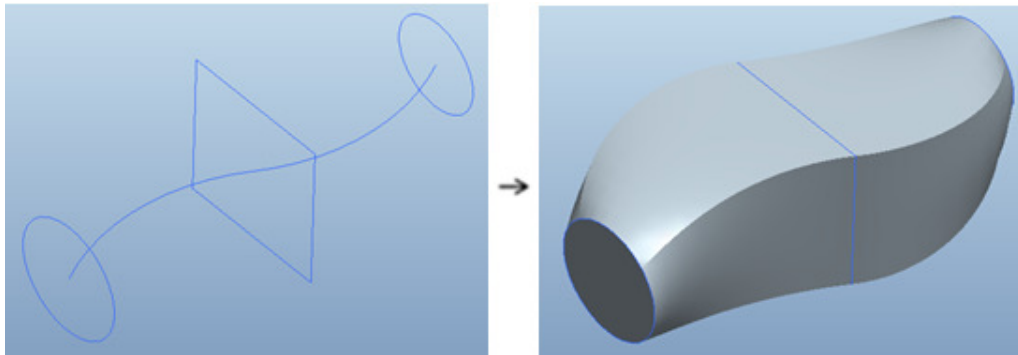
V dashboardu jsou možnosti pro vytváření objemové součásti , plochy , tenkostěnné součásti  anebo odebrání materiálu . Pro vytvoření je důležité vybrat trajektorii a profily.

Trajektorie

Musí být předem nakreslená. Možnosti výběru jsou v záložce **References**.

Profil

Může být nakreslen až v tomto příkazu nebo předem, což je pohodlnější způsob. V záložce **Sections** se zvolí možnost **Selected sections**. Vybere se jeden profil, klikne se na tlačítko **Insert** a vybere se další profil. Je třeba dávat pozor na startovací bod, který lze přemísťovat přetáhnutím myši do jiného koncového bodu.



Obr. 44. Swept blend

5.15 Helical Sweep

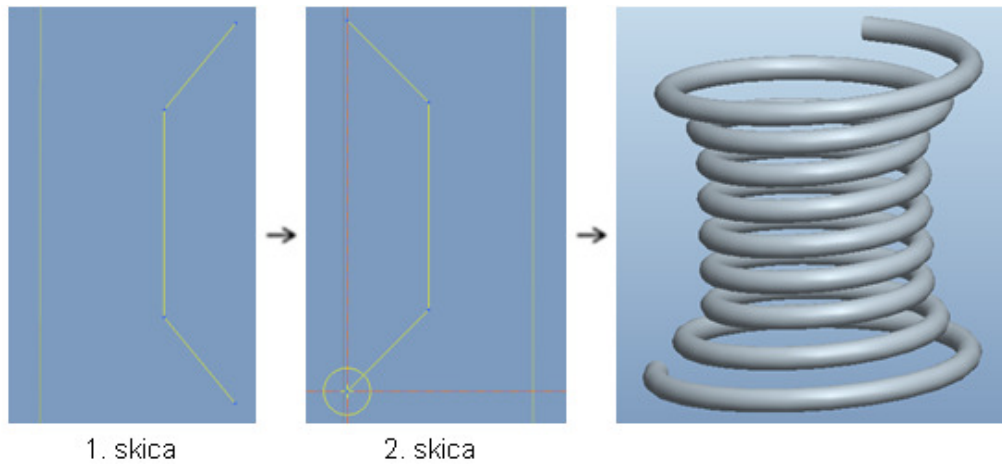
Speciální způsob tažení, kdy musí být zadaná osa, řídicí křivka a profil. Výsledkem je šroubovice. Touto metodou se mimo jiné modelují pružiny. Nachází se v záložce **Insert – Helical sweep**. Stejně jako u tažení a šablonování jsou zde možnosti pro tvorbu objemové součásti, odebrání materiálu atd.

Nejdříve se musí zadat atributy. V okně **Menu manager** je na výběr **Constant** (konstantní stoupání), **Variable** (proměnné stoupání), **Right handed** (pravotočivý), **Left handed** (levotočivý). Potom se musí kliknout na tlačítko **Done**.

Dále se vybere rovina, potvrdí se tlačítkem **Okey** a následně tlačítkem **Default**. Tím se uživatel dostane do skicáře, ve kterém nakreslí osu a řídicí křivku. Osa bude osou šroubovice. Řídicí křivka znázorňuje dráhu stoupání šroubovice. Pokud bude řídicí křivka úsečka rovnoběžná s osou, bude mít šroubovice po celé své délce stejný průměr.


Po ukončení náčrtu se zadá stoupání šroubovice. Při proměnném stoupání se zadá stoupání na začátku a na konci šroubovice.


Ve druhé skici se nakreslí profil. Dokončením náčrtu a kliknutím na tlačítko **OK** se vytvoří šroubovice.

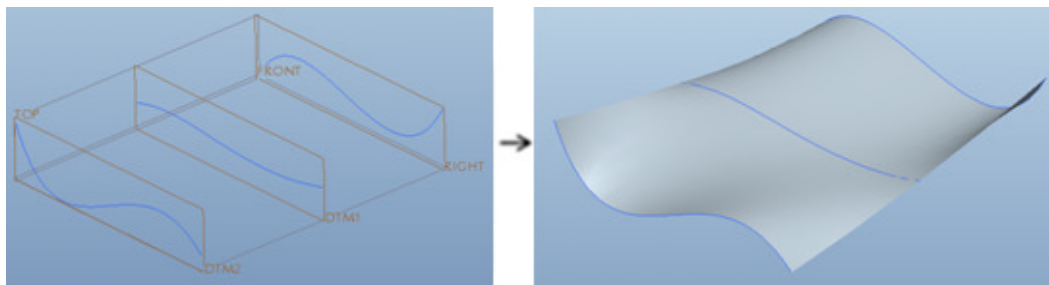


Obr. 45. Pružina

5.16 Boundary Blend

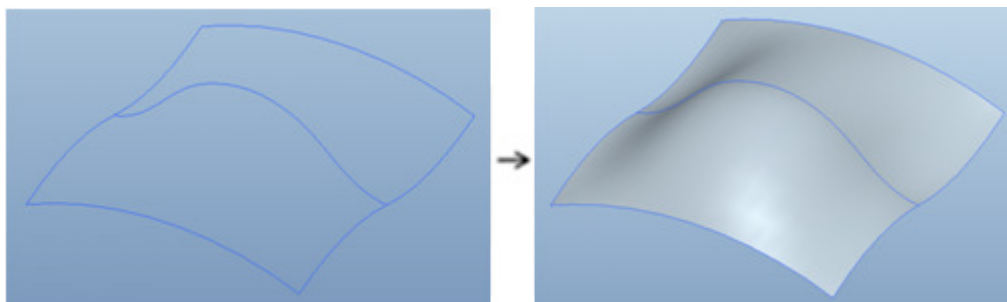
Vytváření ploch pomocí šablonování. Nachází se v panelu nástrojů . Plocha se vytváří z profilů (křivek), které jsou nakresleny v rovnoběžných nebo na sebe kolmých rovinách.

V dashboardu jsou pouze volby pro výběr křivek ve dvou směrech . Každý směr se vybírá zvlášť. Při výběru je třeba podržet tlačítko **Ctrl**.




Obr. 46. Boundary blend – příklad 1





Křivky v obou směrech zajistí přesnější vytvoření ploch. Přesnost lze také zvýšit hustší sítí křivek.




Obr. 47. Boundary blend – příklad 2

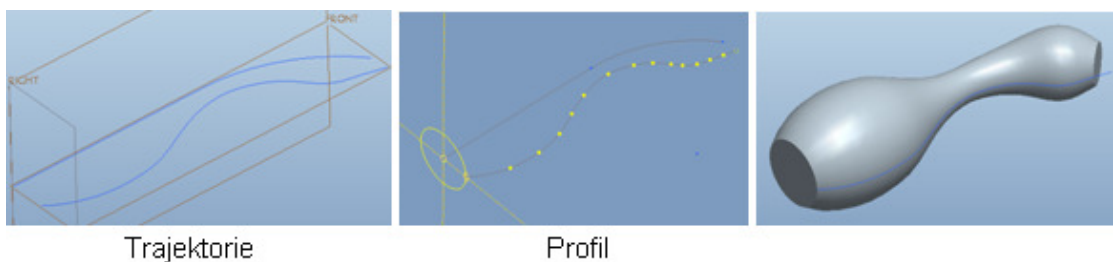
5.17 Variable Section Sweep

Jde o tažení, při kterém se mění velikost profilu. Využívá se zde více trajektorií. Hlavní určuje směr tažení, vedlejší řídí, jak se bude měnit velikost profilu. Nachází se v panelu nástrojů .

Volby v dashboardu jsou stejné jako u jiných metod. Objemová součást , tvorba ploch , tenkostěnná součást , odběr materiálu .

Před spuštěním tohoto nástroje se musí nakreslit minimálně dvě trajektorie. Správce pro výběr trajektorií je v dashboardu v záložce **References**. U hlavní trajektorie (Origin) znázorňuje žlutá šipka počátek tažení. Kliknutím na ni lze počátek změnit. S přidržení tlačítka **Ctrl** se vybere vedlejší trajektorie (Chain).

Nyní je třeba nakreslit profil. Kliknutím na ikonu pro vytvoření náčrtu  se automaticky vytvoří náčrtová rovina v místě počátku tažení kolmo na geometrii trajektorie. Geometrie profilu musí být spojena s vedlejší trajektorií. Po uzavření náčrtu se vytvoří model.



Obr. 48. Variable section sweep

5.18 Závit (Thread)

Nástroj pro tvorbu závitu je v záložce **Insert – Cosmetic – Thread**. Systém vyžaduje následující postup.

Označí se plocha, na které má být závit.

Potom se označí plocha, která určuje počátek závitu.

Uřídí se směr závitu a klikne se na tlačítko **Okey**.

Potom se musí určit délka závitu. Lze využít možnosti **Blind** (délka se zadá hodnotou), **Up to surface** (k další ploše), **Up to curve** (k další křivce). U možnosti **Blind** se po potvrzení

tlačítkem **Done** napíše hodnota do příslušného okna. Ostatní možnosti vyžadují označení plochy či křivky.


Do připraveného okna se zadá průměr závitu.

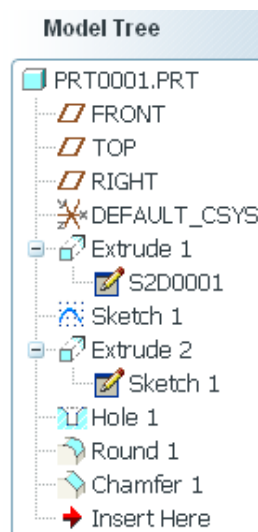
V posledním kroku se vše potvrdí tlačítky **Done/Return** a **OK**.

6 DALŠÍ UŽITEČNÉ PŘÍKAZY

V této kapitole je popsána práce se stromem modelu a s okny.

6.1 Práce se stromem modelu

Ve stromu modelu se zaznamenávají všechny provedené operace a lze je dodatečně upravovat. Po jakékoliv změně je třeba regenerovat model .



Obr. 49. Strom modelu

Kliknutím pravého tlačítka myši ve stromu modelu na určitou operaci se zobrazí nabídka, ve které jsou možnosti pro úpravu.

Edit

Pouze pro úpravu rozměrů v náčrtu nebo v operaci pro tvorbu modelu.

Edit definition

U náčrtu se uživatel dostane přímo do skicáře. Může upravovat nejen rozměry, ale i geometrii. Stejně tak u operace pro tvorbu modelu. Zobrazí se dashboard, kde lze měnit všechny vlastnosti modelu.

Delete

Vymaže vybranou operaci.

Suppress

Vybraná operace bude vypnutá (potlačena).

Resume

Zobrazí vypnutou operaci.

Hide

Vybraný náčrt bude neviditelný.

Unhide

Zobrazí neviditelný náčrt.

Group

Vybrané operace se zabalí do jedné skupiny.

Ungroup

Skupina operací se rozdělí na jednotlivé operace.

Přesouvání operací

Položka s nápisem **Insert here** znázorňuje konec tvorby součásti. Pokud je přesunuta o úroveň výše, operace pod ní budou vypnuté.



Obr. 50. Přesouvání operací

6.2 Práce s okny

Příkazy pro práci s okny se nachází v záložce **Window**. Jsou zde klasické příkazy, které jsou známé z jiných softwarů jako například zavřít (**Close**) nebo maximalizovat (**Maximize**). Pokud je otevřeno více souborů najednou, jednotlivé okna se vzájemně překrývají. Ve stejné záložce je možnost přepínání mezi jednotlivými okny. Velmi užitečná je také funkce aktivovat (**Activate**). Není možné pracovat v neaktivním okně. Aktivní může být vždy jen jedno okno.

ZÁVĚR

V této bakalářské práci je objasněno rozdělení CAD systémů a popsán postup při modelování součástí v softwaru Pro/ENGINEER. Na stránkách Ústavu výrobního inženýrství - <http://uvi.ft.utb.cz/> je umístěn průvodce základním rozhraním programu Pro/ENGINEER a průvodce tvorbou profilů a dílů. Na těchto stránkách jsou také přiloženy příklady na procvičení ve formě výrobního výkresu a vzorové vymodelované součásti. Dále jsou tam ukázky některých prací, které jsem vytvořil a také příklady použité v textu bakalářské práce. Vše je volně ke stažení. Student by měl být schopen po nastudování této bakalářské práce a samostatném procvičení znalostí umět vymodelovat i tvarově složité součásti. Pro ještě větší zdokonalení může student využít nápovědu, která je součástí programu. V nápovědě jsou dokonale vysvětleny funkce všech příkazů.

Na trhu je několik konkurenčních programů. Měl jsem možnost pracovat v Autodesk Inventor 11 a Solid Edge ST. Tyto programy nejsou přímým konkurentem programu Pro/ENGINEER a řadí se do střední kategorie CAD systémů. Pro/ENGINEER, který patří do kategorie vyšších CAD systémů, má navíc návaznost na podporu výroby a inženýrských výpočtů. Nicméně můžu porovnávat modelářskou část těchto programů. Autodesk Inventor je celosvětově nejrozšířenějším softwarem pro podporu navrhování. Poskytuje nejkompaktnější nástroje. Má pěkný vzhled, je rychlý a intuitivní. Z těchto dvou programů je nejdražší. Solid Edge obsahuje pokročilé nástroje pro práci s rozsáhlými sestavami. Podporuje výměnu dat s ostatními CAD systémy. Patří mezi nejlevnější programy. Pro/ENGINEER podporuje nejvíce operačních systémů a má nízké nároky na hardwarové vybavení. Díky tomu je velice stabilní. Uplatnění najde ve všech oblastech strojírenství pro návrh tvarově složitých strojních součástí. Jeho velkou předností je ovládání pohledu, kdy si uživatel vystačí pouze s prostředním tlačítkem myši. Nevýhodu bych viděl v nepříliš příjemném uživatelském rozhraní a ve složitosti některých funkcí. Svou cenou je dostupný pro většinu firem.

Při výběru softwaru pro podporu ve strojírenství zohledňují firmy několik faktorů. Důležitý je výkon, oblast použití a kompatibilita systému. Některé firmy vyžadují rozšiřitelnost, nastavby a doplňky programů. Samozřejmě velkou roli hraje cena.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KLETEČKA, Jaroslav; FOŘT, Petr. *Technické kreslení*. Praha 4 : Computer Press, 1999. 193 s. ISBN 80-7226-542-3.
- [2] *CAD systémy v oděvní výrobě*. [online]. [cit. 2011-01-10]. Dostupné z WWW: <http://www.kod.tul.cz/ucebni_materialy/CAD/index.asp?file=uvod&c=0&t=p>.
- [3] SOCHOR, Jakub. *Cesty automobilového designu*. [online]. [cit. 2011-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://cardesignclub.7x.cz/skoly/?offset=10>>.
- [4] Procházka, J. *Pro/Engineer 2000i2*. [online]. [cit. 2002-08-24] Dostupné z WWW: <http://proc.centrum.cz/webpark/default.htm>
- [5] *Quick reference card*. [online]. [cit. 2011-04-05] Dostupné z WWW: <http://www.ptc.com/WCMS/files/65853/en/WF4QRC-Web.pdf>
- [6] *Úvod do parametrického 3D modelování*. [online]. [cit. 2011-04-15] Dostupné z WWW: http://www.kst.tul.cz/podklady/cad/w4/Cviceni_1_wildfire4.pdf
- [7] *10 důvodů proč si pořídit Pro/ENGINEER Wildfire 5.0*. [online]. [cit. 2011-04-15] Dostupné z WWW: <http://www.aveng.cz/technologie/proengineer/10-duvodu-proc-poridit-proengineer-wildfire-50.aspx>
- [8] *Pro/ENGINEER Wildfire 5.0*. [online]. [cit. 2011-04-15] Dostupné z WWW: <http://www.cad.cz/component/content/article/1872.html>
- [9] *Pro/ENGINEER Wildfire : Úvod do objemového modelování II*. Přerov : RAND Technologies a.s., 2003. 312 s.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CAD	Computer Aided Design
NC	Numerical Control
CAM	Computer Aided Manufacturing
DNC	Direct Numerical Control
CNC	Central Numerical Control
CAP	Computer Aided Planing
CAE	Computer Aided Engineering
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CAQ	Computer Aided Quality check
CAA	Computer Aided Assembly
PTC	Parametric Technology Corporation

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Typy objektu	19
Obr. 2. Pracovní prostředí programu	20
Obr. 3. Nástroje úprava	20
Obr. 4. Nástroje pohled	21
Obr. 5. Zobrazení modelu	21
Obr. 6. Zobrazení pomocných prvků	22
Obr. 7. Ovládání pomocí myši [5]	22
Obr. 8. Volba směru a orientace pohledu na náčrtovou rovinu	23
Obr. 9. Panel nástrojů	24
Obr. 10. Možnosti tvorby čtyřúhelníků	25
Obr. 11. Zaoblení hran	26
Obr. 12. Určení velikosti sražení	26
Obr. 13. Promítnutí geometrie	27
Obr. 14. Paleta geometrických tvarů	28
Obr. 15. Výběr prvků pomocí tažené čáry	28
Obr. 16. Okno příkazu posun a otočení	29
Obr. 17. Zamknutá a zrušená vazba	30
Obr. 18. Způsoby kótování šikmé úsečky	31
Obr. 19. Kóta délky oblouku	32
Obr. 20. Kótování průměru rotační skici	32
Obr. 21. Kótování pomocí správce rozměrů	32
Obr. 22. Perimeter kóta	33
Obr. 23. Kótování od základny	33
Obr. 24. Okno datum plane	34
Obr. 25. Příklady vytvoření rovin	35
Obr. 26. Vysunutí - dashboard	36
Obr. 27. Vysunutí – odběr materiálu	37
Obr. 28. Vysunutí tenkostěnného profilu	37
Obr. 29. Rotování – dashboard	37
Obr. 30. Rotování – odběr materiálu	38
Obr. 31. Jednoduchá díra - dashboard	38

Obr. 32. Standardní díra - dashboard	38
Obr. 33. Skořepina	39
Obr. 34. Trajectory rib	40
Obr. 35. Trajectory rib – dashboard	40
Obr. 36. Profile rib	40
Obr. 37. Obdélníkové pole – dashboard	42
Obr. 38. Příklad obdélníkového pole	42
Obr. 39. Kruhové pole – dashboard	42
Obr. 40. Příklad kruhového pole	43
Obr. 41. Postup vytváření tažené součásti	44
Obr. 42. Rozdíl mezi přechody při šablonování	45
Obr. 43. Vliv polohy startovacího bodu	46
Obr. 44. Swept blend	47
Obr. 45. Pružina	48
Obr. 46. Boundary blend – příklad 1	48
Obr. 47. Boundary blend – příklad 2	48
Obr. 48. Variable section sweep	49
Obr. 49. Strom modelu	51
Obr. 50. Přesouvání operací	52

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Grafické zobrazení vazeb	29
--	----

SEZNAM PŘÍLOH

Součástí této bakalářské práce jsou internetové stránky obsahující elektronického průvodce základním rozhraním programu Pro/ENGINEER, tvorbou skic a dílů včetně příkladů a cvičení. Tyto stránky jsou přístupné z domovské stránky Ústavu výrobního inženýrství: <http://uvi.ft.utb.cz/>

Vložené CD ROM obsahuje tyto přílohy:

- P1: Elektronická verze bakalářské práce ve formátu pdf.
- P2: Vymodelované příklady a díly spolu s výkresy ke cvičením.