

Tvorba sestav s použitím programu Solid Edge

Marek Říha

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: **Marek ŘÍHA**
Osobní číslo: **T08648**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Tvorba sestav s použitím programu Solid Edge**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši na dané téma
2. Připravte stručného průvodce základním rozhraním softwaru Solid Edge
3. Vypracované 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 vyučujícího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. David Sámek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

14. února 2011

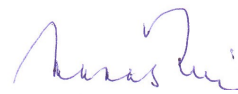
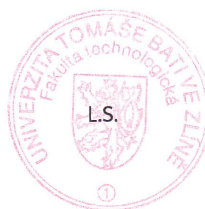
Termín odevzdání bakalářské práce:

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:

Obor:

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

.....

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 nevydělečně 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 přihlídá k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce bylo popsat tvorbu sestav v programu Solid Edge. V práci jsou popsány základní funkce toho programu i s cvičeními. Dále jsou v práci vysvětleny základní termíny jako CAD a další CA technologie. Výstupem této práce je také elektronická příloha, která je k dispozici na webu Ústavu výrobního inženýrství. Tyto webové stránky umožňují lepší pochopení problematiky, ať už CA technologií, nebo přímo tvorbu sestav v programu Solid Edge.

Klíčová slova: Solid Edge, sestava, CAD

ABSTRACT

The goal of the bachelor thesis was to describe assembly design in the program Solid Edge. In this thesis are described the basic functions of the program with the exercises. There are explained basic terms such as CAD and other CA technologies. This work with the attachments will be published on the website of the Department of Production Engineering. These web pages can help with understanding of the CA technologies and assembly design in Solid Edge itself.

Keywords: Solid Edge, assembly, CAD

Na tomto místě chci poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Ing. Davidu Sámkovi, Ph.D. za odborné vedení, pomoc při řešení vzniklých problémů a zájem při vypracování práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POSTUP PŘI NÁVRHU A VÝROBĚ SOUČÁSTÍ	12
2 CA TECHNOLOGIE	13
2.1 ZKRATKY POUŽÍVANÉ V CA APLIKACÍCH	13
2.2 ROZDĚLENÍ CAD SYSTÉMŮ	16
2.2.1 Malý CAD	16
2.2.2 Střední CAD	17
2.2.3 Velký CAD	17
2.3 VÝBĚR Z STŘEDNÍCH CAD SYSTÉMŮ	17
2.3.1 Autodesk Inventor	17
2.3.2 Solid Edge	18
2.3.3 T-Flex	19
2.4 PARAMETRICKÉ MODELOVÁNÍ	20
2.4.1 Souřadné systémy	21
2.5 ADAPTIVNÍ MODELOVÁNÍ	22
II PRAKTICKÁ ČÁST	23
3 ZÁKLADNÍ POPIS FUNKCÍ	24
3.1 PŘEPNUTÍ DO TVORBY NOVÝCH SESTAV	24
3.2 PROSTŘEDÍ VKLÁDÁNÍ SESTAV	25
3.2.1 Nastavení pohledu	25
3.2.2 Nastavení pohledu pomocí myši	26
3.2.3 Rychlý výběr pomocí myši	27
3.2.4 Práce s vloženými komponenty	27
3.2.5 Funkce stromu modelu	30
3.2.6 Výběr dílů v sestavě	30
3.2.7 Nastavení stylu pohledu	32
3.3 VKLÁDÁNÍ DÍLŮ	32
3.4 VAZBY MEZI DÍLY	33
3.5 DALŠÍ PRÁCE V SESTAVĚ	49
3.6 VKLÁDÁNÍ NORMALIZOVANÝCH DÍLŮ	53
3.7 VKLÁDÁNÍ VÍCE DÍLŮ A ZRCADLENÍ	54
3.8 GENEROVÁNÍ STROJNÍCH DÍLŮ	59
ZÁVĚR	64
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	65
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	66
SEZNAM OBRÁZKŮ	67

SEZNAM PŘÍLOH.....	69
---------------------------	-----------

ÚVOD

Teoretická část této bakalářské práce se zabývá základním rozdělením a popisem CAD programů, vhodných pro modelování povětšinou strojních součástí a to jak těch menších a středních, mezi které patří mimo jiné Inventor, Solid Edge a další, tak těch velkých, jako je například Catia, či Pro/ENGINEER. Tyto programy jsou dnes nedílnou součástí při tvorbě výkresové dokumentace, slouží k modelování budoucích výrobků a také u nich lze vytvářet animace, které jsou vhodné například k firemní prezentaci budoucích výrobků.

Součástí teoretické části je také stručný přehled zkratk používaný v oblasti CA technologií (computer aided technology), které jsou v současné době nepostradatelné pro firmy, zabývající se výrobou nových součástí. Pomocí CA technologií se šetří čas a je mnohem jednodušší komunikace mezi konstruktérem a technologem.

Praktická část této bakalářské práce je přiblížení problematiky týkající se přímo programu Solid Edge a to hlavně tvorby sestav. Poskytuje přehled a popis základních funkcí vkládání již navržených a vymodelovaných dílů, jejich skládání do sestav. Mezi výhody programu Solid Edge patří velmi rychlé a komunikativní ovládání, nebo přehledná grafika. Solid Edge je systém umožňující tvorbu 3D modelů, ze kterých lze vytvořit 2D výkresy. Skládáním jednotlivých 3D modelů do sebe, se dají vytvořit složité sestavy. Tyto sestavy se dají dále animovat a vytvořit tak video vhodné například jako firemní prezentace budoucích výrobků.

Praktická část bakalářské práce je umístěna na webových stránkách fakulty, odkud se bude dát stáhnout k procvičení pro studenty, kteří se budou chtít zdokonalit v tvorbě sestav v tomto zajímavém programu a to skládáním jednotlivých již hotových dílů do sestav různých obtížností, případně tyto díly budou muset studenti nejdříve vymodelovat podle výrobních výkresů, které Solid Edge umí taktéž vytvořit.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POSTUP PŘI NÁVRHU A VÝROBĚ SOUČÁSTÍ

Každá součást, která se dnes vyrábí, musí projít určitým technologickým postupem od samotného návrhu designu a rozměrů až k výrobě jednotlivých dílů. Tyto díly se většinou po spojení s dalšími součástmi stávají funkčními mechanismy, které pracují ve složitých zařízeních, bez kterých si dnešní člověk nedokáže představit žít. Navrhování a následné rýsování součástí na výrobní výkresy, podle kterých se potom tyto součásti vyrábí, prošlo za posledních několik desítek let podstatnou modernizací. Vše začalo u rýsovacích prken, kde konstruktér za pomoci tuže dával své myšlenky na papír. Toto řešení ovšem nebylo z hlediska případných úprav a oprav výkresu příliš výhodné a zabíralo drahocenný čas, který stál firmy peníze. S nástupem moderní výpočetní techniky a programů, které dokáží rýsovat a modelovat součásti, se práce konstruktérů velmi urychlila a zefektivnila. Již nemusí kvůli každé špatné čáře kreslit výkresy od začátku, stačí se pouze jedním klikem vrátit o krok zpět. Také lze výkresy snadno modifikovat a tím se práce podstatně zefektivní. V dnešní době se už od rýsovacích prken nadobro upustilo, vše se kreslí a modeluje pouze v digitální podobě a to také proto, že se již hotové výkresy dají elektronicky odeslat a poté vytisknout na libovolné tiskárně kdekoliv na světě.



Obr. 1 - Rozvoj rýsování

2 CA TECHNOLOGIE

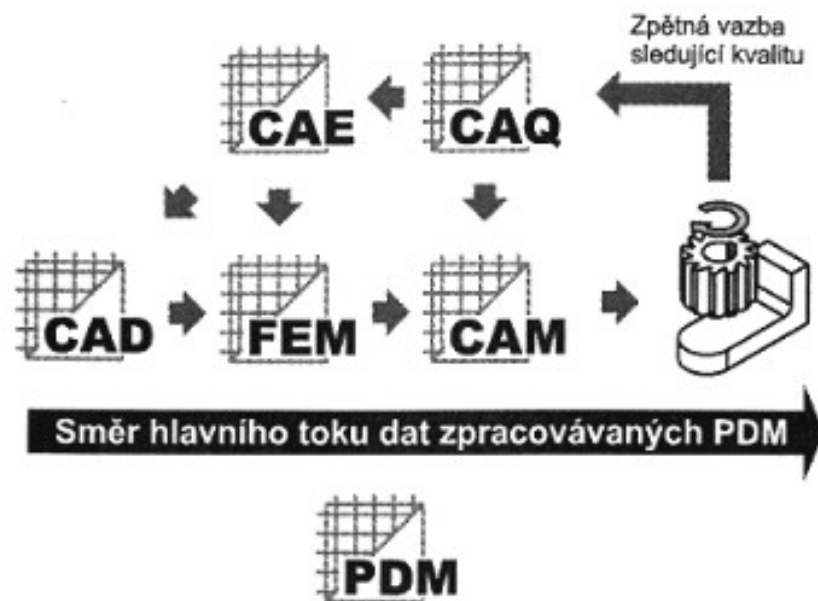
CA technologie (COMPUTER AIDED TECHNOLOGY) spočívá v digitálním navrhování a kreslení nových, případně modifikaci starých výrobků. Za pomoci výpočetní techniky se práce konstruktérů nebo technologů podstatně usnadnila a zefektivnila. Navržené díly jdou navíc skládat do rozsáhlých sestav, ze kterých se dají vytvořit názorné animace pohybu nebo rozkladu sestav.

Navrhování pomocí CA aplikací v praxi předcházelo naprosto odlišné přemýšlení. Při přechodu na 2D technologie se změnil pouze způsob kreslení, od rýsovacího prkna k počítači. S příchodem 3D aplikací se ale musel změnit i způsob kreslení pro snadnější modelování výrobků a následné skládání sestav.

Zavedení CA technologií do firem má za následek i daleko snadnější komunikaci mezi jednotlivými konstruktéry nebo technologi. Ti můžou za pomoci internetu posílat okamžitě 2D výkresy, 3D díly nebo celé sestavy svým kolegům a ušetřit tak drahocenný čas.

2.1 Zkratky používané v CA aplikacích

V CA aplikacích se používá poměrně velké množství zkratk, ve kterých je dobré mít přehled. V následujících bodech jsou shrnuty nejdůležitější zkratky, které jsou důležité pro základní pochopení CA aplikací.



Obr. 2 - Používané zkratky [1]

CAD (Computer Aided Design) počítačová podpora konstruování

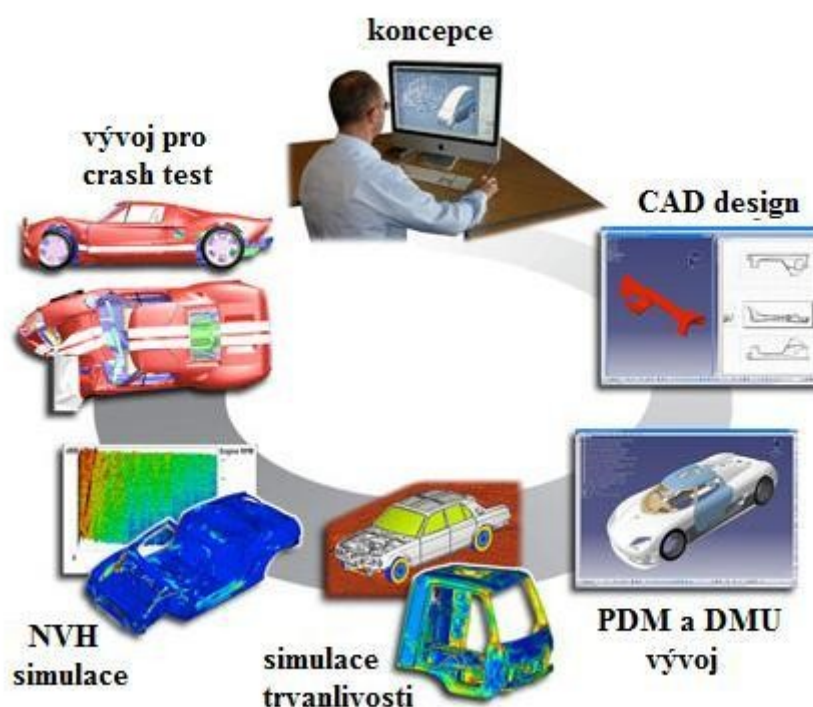
Jedná se o navrhování součástí pomocí složitých grafických programů na počítači místo u rýsovacího prkna. S jednotlivými programy lze vytvářet součásti v 2D nebo 3D prostoru. Výsledky práce můžou být výrobní výkresy, grafické modely součástí, případně celých sestav s možností animací nebo skládání sestav. Programy CAD jsou založeny na složité matematice, proto musí mít pro správnou funkci výkonné hardwarové vybavení.

CAM (Computer Aided Manufacturing) Přímé řízení výroby počítačem

Vstupní data jsou většinou modely vytvořené v trojrozměrném CAD programu. CAM aplikace vypočítá dráhu nástroje a převede data do NC (Numeral Control) kódu.

CAE (Computer Aided Engineering) Počítačová podpora inženýrských prací

Má široké využití pro vývoj produktů. Tyto nástroje jsou hlavně používány k řešení analýz komponentů nebo sestav. Zahrnují také simulace, validace a optimalizace výrobků. CAE systémy poskytují informace, které pomohou týmům v rozhodování o rozměrech a designu součástí. Největší uplatnění mají tyto systémy zřejmě v automobilovém průmyslu, kde se využitím analýz podařilo automobilkám razantně snížit náklady na vývoj produktů a času, při zlepšení trvanlivosti, bezpečnosti a pohodlí vozidel.



Obr. 3 - Počítačová podpora inženýrských prací [2]

FEM (Finite Element Method) Metoda konečných prvků

Metodě konečných prvků (FEM), v praxi často známý jako analýza konečných prvků, je numerická metoda, která hledá přibližné řešení za použití parciálních diferenciálních rovnic (PDE). Při řešení dochází buď na eliminaci diferenciální rovnice zcela nebo do obyčejných parciálních rovnic.

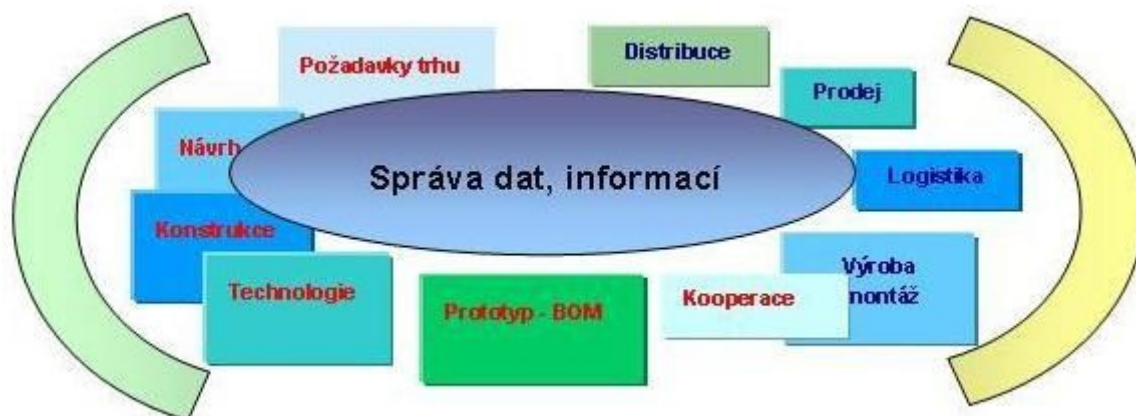
CAQ (Computer Aided Quality) Počítačem podporovaná kontrola kvality

Jedná se o počítačovou podporu kvality součástí. Tento informačně-řídící systém je nutno rozdělit do oblastí modulů a programů, podporující mezinárodní požadavky pro management jakosti.

PDM (Product Data Management) Správa dat o produktu

Pro správu dat o produktu se používá software nebo jiné nástroje, který sleduje a kontroluje data souvisejících s určitým výrobkem. Tato data obvykle zahrnují například specifikaci

produktu, druh materiálu a další informace, které jsou potřebné k výrobě součástí. Použití správy dat výrobku umožňuje společnosti sledovat náklady spojené s vyrobením a vpuštěním produktu na trh [3], [7].



Obr. 4 - Struktura podniku [3]

2.2 Rozdělení CAD systémů

CAD (z angličtiny computer aided design) systémy jsou jednou z dynamicky se rozvíjejících software oblastí. Jde o širokou činnost navrhování a konstruování za pomoci výpočetní techniky v grafických programech pro projektování. Rozdělení CAD systémů může být různé, ale nejčastěji se používá podle množství funkcí, tj. na malé, střední a velké CAD systémy. Marketingová strategie řady firem vede poslední dobou k tomu, že vedle úplného systému, vznikne i jeho odnož s různým omezením nebo vypuštěním některých funkcí za mnohem nižší cenu. Jasným příkladem je AutoCAD - AutoCAD LT.

2.2.1 Malý CAD

CAD systémy první generace, neboli malé CAD systémy, jsou nejjednodušší a nejlevnější, některé produkty jsou dokonce volně ke stažení jako např. progeCAD od italské společnosti Progesoft, který umí dokonce pracovat se soubory vytvořenými v AutoCADu. Jejich rozhraní je pouze dvourozměrné, často se používají pouze k tvorbě náčrtů. Ojedinele se zde objevují i velmi slušné rýsovací programy, jejichž špičkou v malých CAD systémech je program AutoCAD LT [1].

2.2.2 Střední CAD

Další skupinu tvoří tzv. střední CAD systémy, občas rozdělené ještě na nižší střední, vyšší střední apod. CAD s podporou modelování. Mohou zobrazovat trojrozměrně a mají otevřenou architekturu (možnost optimalizace programu, programování aplikací a spolupráce s jinými programy). Tato II. generace je dosud nejpoužívanější a patří sem například AutoCAD, Inventor nebo Solid Edge. Cena produktů je řádově 100 000 Kč. Jelikož jsou moderní osobní počítače již velmi výkonné, tato oblast se velmi rychle vyvíjí z důvodů jejich nasazení v mnoha firmách [3].

2.2.3 Velký CAD

Nejsložitější a graficky nejnáročnější jsou velké CAD systémy. Typické pro tyto systémy je propojení s realizací návrhu a modulární řešení celého systému. Cena těchto produktů je samozřejmě také nejvyšší a pohybuje se do statisíců korun. Mezi tyto programy patří programy jako Pro/ENGINEER od americké firmy Parametric Technology Corp., nebo třeba CATIA od Dassault Systemes a další [3].

2.3 Výběr z středních CAD systémů

Jak bylo uvedeno výše, mezi nejoblíbenější programy dnes patří produkty ze skupiny středních CAD systémů. Tyto programy zvládají trojrozměrné zobrazení, jsou provozovány na personálních počítačích a jejich cena je přijatelná. Vybral jsem již zaběhlé programy Inventor a Solid Edge, dále jako levnější variantu program T-Flex, který je u nás poměrně neznámý. Tyto systémy mají nástroje pro modelování dílů, které se následně dají skládat do rozsáhlých sestav obsahujících až tisíce jedinečných nebo normalizovaných součástí. Každý ze skupiny programů vyniká v určitých oblastech nad ostatními, ale jinde zase ztrácí. Obecně lze říct, že všechny moderní CAD systémy jsou již na úrovni plně dostatečné pro základní modelování součástí a následné skládání složitých sestav a je jen na uživateli, který si pro svou práci zvolí.

2.3.1 Autodesk Inventor

Inventor je svým způsobem nástupcem Mechanical Desktopu, ale je více zaměřen na práci s velkým počtem dílů ve 3D prostředí. Program má již dostatečný výkon pro tvorbu dílů a jejich následného skládání do sestav. Inventor tím rozšířil nabídku Autodesku o další stu-

peň. Největším pozitivem Inventoru je vlastně AutoCAD, který přesvědčil řadu uživatelů o své kvalitě a jednoduchosti kreslení 2D výkresů a Autodesk ho využil k oslovení těch, kteří chtěli začít pracovat ve 3D prostoru. Inventor tedy přišel na trh, přestože jeho nástroje nebyly ještě tak promyšlené, jako u konkurenčních programů. Inventor Professional 2010 je již propracovaný 3D CAD, který přichází se slibovaným modulem Tooling pro konstrukci vstřikovacích forem a nástrojového vybavení včetně katalogů předních výrobců těchto dílů. Tím se stává zajímavým i pro uživatele, kteří se zabývají tvorbou forem [3].



Obr. 5 - Ukázka práce v programu Inventor

2.3.2 Solid Edge

Program Solid Edge od společnosti SIEMENS umožňuje snadný přechod z 2D do 3D modelování. Na první pohled je v programu Solid Edge zřetelné podobné pracovní prostředí, jaké používá Microsoft Office 2007, což může spouště uživateli vyhovovat. Solid Edge má velmi rychlé a komunikativní ovládání při vytváření technické dokumentace. Model se vytváří pomocí skládání prvků bez jejich historické závislosti. Dále umožňuje modifikovat prvky pomocí parametrů definovaných při vytváření, jako jsou skořepiny, díry nebo pole

prvků. Tento program dokáže velmi rychle a lehce na 3D modely aplikovat sražení hran, přidávat díry nebo vytvářet úkosy. Solid Edge používá více než 50 000 komerčních uživatelů a také mnoho vzdělávacích institucí a i v České republice je hojně využíván. Nejnovější verze Solid Edge ST3 má navíc realističtější simulace pro analýz digitálních prototypů nových výrobků ještě před vyrobením nebo integrovanou správu technické dokumentace [4].



Obr. 6 - Ukázka práce v programu Solid Edge

2.3.3 T-Flex

Tento program je nová a levnější alternativa k známějším aplikacím ze skupiny parametrických CAD systémů. Tento plně funkční program umožňuje tvorbu 3D modelů a výkresů. Samozřejmostí jsou tvorby sestav obsahujících tisíce dílů. T-Flex je v české zemi poměrná novinka, ale ruští vývojáři pracují na jeho zdokonalení již od roku 1989. Tento pro-

gram kombinuje také objemové a plošné modelování - může rozvinout, zkosit, natáčet a prohýbat povrchy jako u objemových modelů. Umožňuje věci, na které samotné parametrické modelování nestačí. Například může konstruktér kreslit křivky a čáry v prostoru a umístit mezi ně povrchy. Mezi zajímavé funkce tohoto programu se řadí návrh forem s integrovanou knihovnou, návrh svařenců a v neposlední řadě analýza konečných prvků, nebo interaktivní simulace pohybu [5].



Obr. 7 - Ukázka práce v programu T-Flex[5]

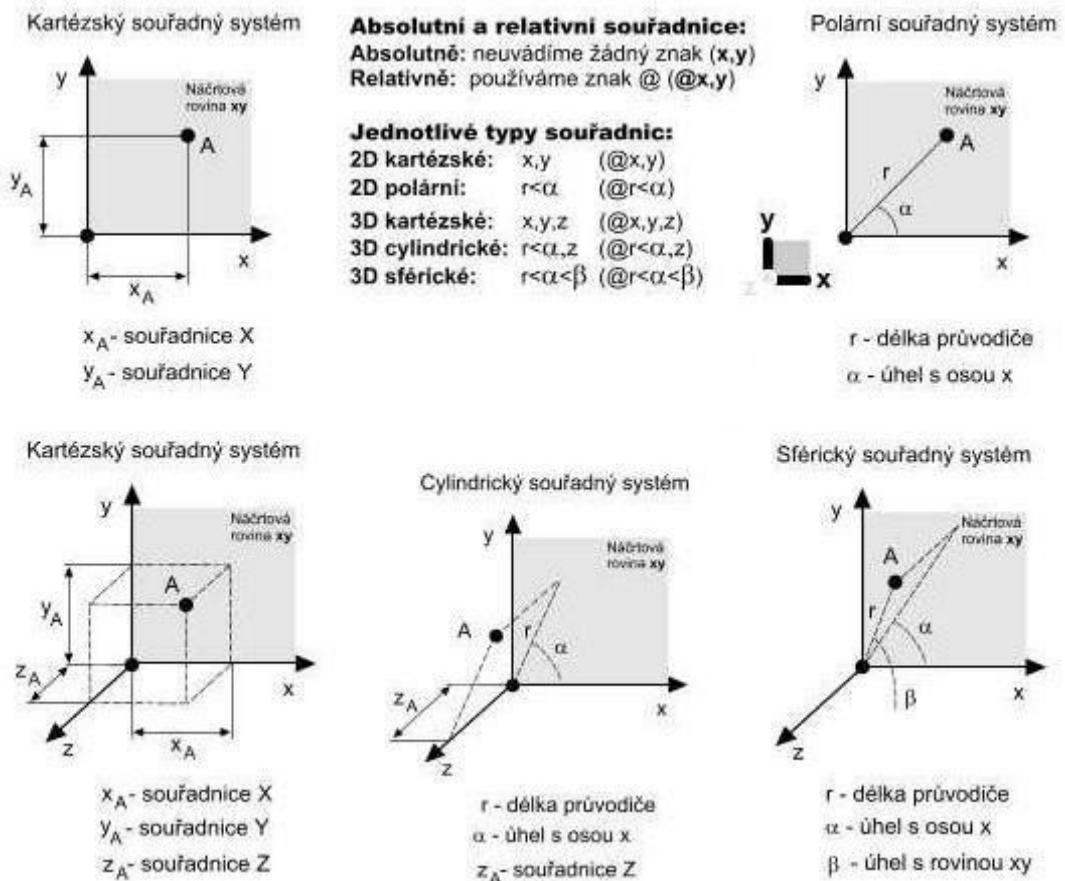
2.4 Parametrické modelování

Parametrické modelování je tvorba objektů, zadaná skrz parametry, které se dají později upravovat a s nimi i tvar a rozměry již vymodelovaných součástí. Způsob parametrizace ale není stanoven napevno, její tvorba se liší v různých systémech. Význam parametrického modelování je hlavně v CAD systémech. Zde totiž poskytuje vysokou efektivitu práce, automatické generování a přesné výpočty. U 3D animace nebo vizualizace naopak není příliš degradujícím parametrem, neboť zde jde hlavně o efekt a ne o přesné hodnoty. Vý-

stupem je totiž animace, na které se několik desetin milimetru nedá rozpoznat. I proto je i zde parametrizace vítaným pomocníkem, který dokáže usnadnit i případné pozdější změny.

2.4.1 Souřadné systémy

Díky souřadným systémům můžeme definovat přesnou polohu koncových bodů vektorových objektů. Daleko častěji než definice polohy objektu ve všech osách současně se více používá při modelování v rovině (dvou osách). Rozměry objektů jsou v prostoru zkráceny a není je jednoduché přesně definovat. Parametřiční modeláři obsahují velké množství pomůcek, které dokáží upravit polohy souřadných systémů definujících náčrtové, pracovní a pomocné souřadné roviny. Konstrukce parametrických modelů se většinou neprovádí v prostoru, ale pouze v rovině s upravenou polohou souřadnicového systému. Pro základní orientaci v prostoru slouží obrázek souřadných systémů (Obr. 8 - Souřadné systémy) [3].



Obr. 8 - Souřadné systémy[3]

2.5 Adaptivní modelování

Za pomoci adaptivního modelování můžeme kreslit inteligentní 2D náčrty, které jsou základem pro pozdější 3D modelů. Tyto adaptivní náčrty se jeden druhému dokáží přizpůsobit a tím se výrazně zredukuje čas na dokončení návrhu a tím i náklady. Finální výrobek se zhotovuje poté tak, že se jednotlivé části složí dohromady přes plochy, nebo hrany. Tyto sestavy se dají poté mnohem snadněji modifikovat než modely parametrické. V parametrických se musí vytvářet spousty rovnic a vztahů, aby je byla možnost naplno využít. Naproti tomu při adaptivním modelování lze vytvořit mnoho sestav bez nutnosti aplikovat jedinou rovnici nebo vzorec. U některých parametrických součástí je rychlejší, přímo danou součást znovu vymodelovat, než ji upravovat. Naopak u adaptivního modelování není problém součást kdykoliv zpětně upravit. Tím se stává adaptivní modelování daleko jednodušší, přehlednější a rychlejší než modelování parametrické [6].



Obr. 9 - Adaptivní modelování [6]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

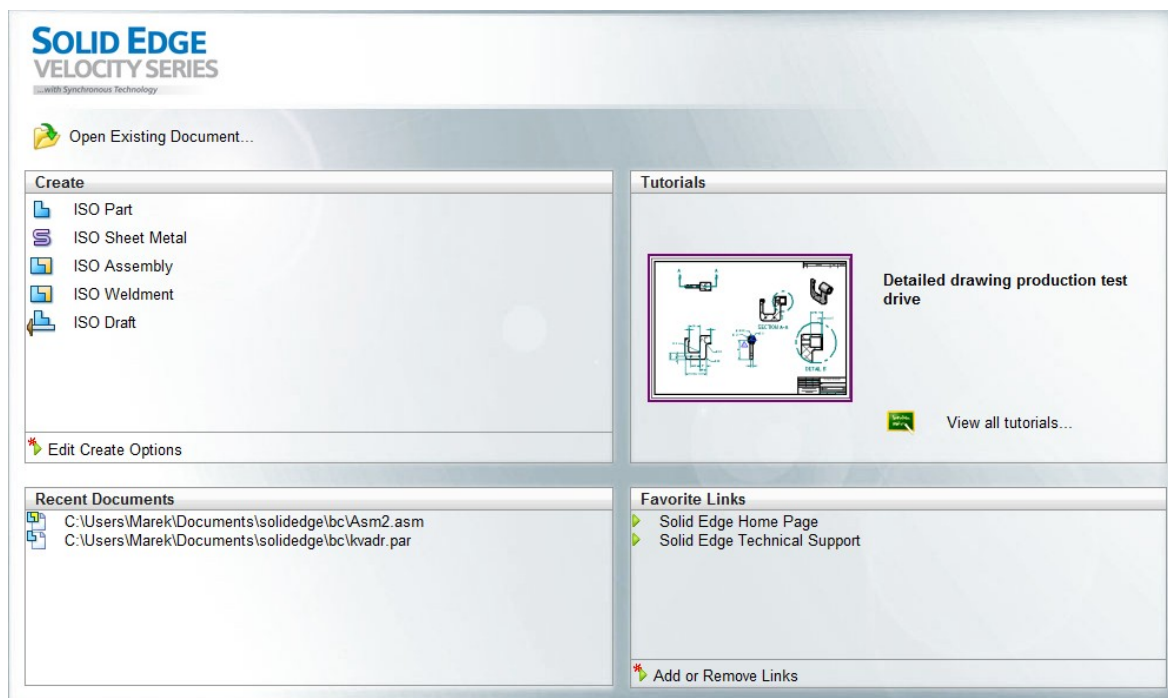
3 ZÁKLADNÍ POPIS FUNKCÍ

Program Solid Edge nabízí mnoho funkcí, v následující kapitole jsou popsány základní a nezbytné příkazy, které slouží k tvorbě sestav.

3.1 Přepnutí do tvorby nových sestav

Po každém zapnutí programu Solid Edge ST3 se spustí základní obrazovka. V okně Create je několik voleb, které umožňují přepnout program do tvorby:

- nových dílů (ISO PART)
- plechových dílů (ISO Sheet Metal)
- sestav (ISO Assembly)
- svařených sestav (ISO Weldment)
- výkresů (ISO Draft)

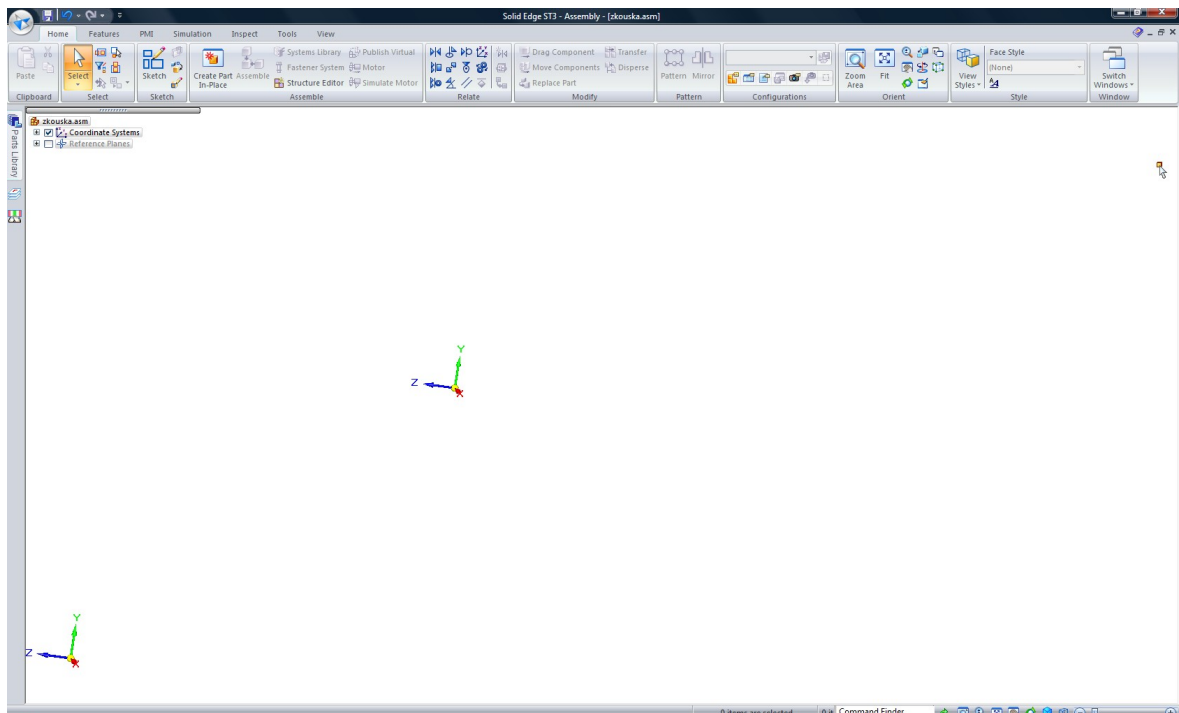


Obr. 10 - Základní okno po spuštění

Pro tvorbu sestav, kterou popisuje tato práce, je nutno kliknout na možnost ISO Assembly.

3.2 Prostředí vkládání sestav

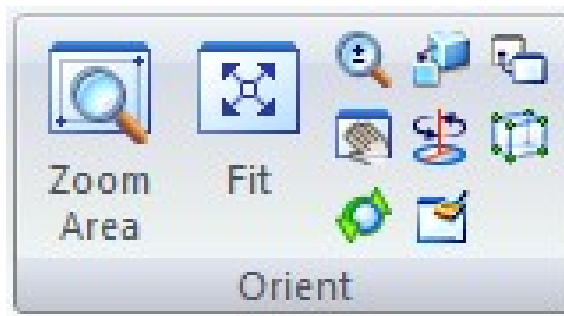
Pracovní prostředí tvoří plocha se stromem dílů, do které se vkládají jednotlivé díly a dále několik panelů, které se hlavně používají ke vkládání a tvoření vazeb mezi součástmi. Orientaci v prostoru znázorňují osy X,Y a Z. Program využívá podobné pracovní prostředí jako Microsoft Office, takže práce s ním je poměrně jednoduchá. Pro vkládání a práci sestavou povětšinou postačí záložka Home, která je nastavena standardně při každém spuštění.



Obr. 11 - Základní pracovní prostředí











3.2.1 Nastavení pohledu

Jednou z nejdůležitějších znalostí pro zacházení s programem je nastavení správného pohledu na součást. Po vložení se součást automaticky natočí do standardního pohledu ISO view. Tento pohled nemusí vyhovovat vazbě s další součástí. K pohybu pohledu na součást se používá panel Orient.



Obr. 12 - Panel Orient

Tlačítka jsou popsány v následujícím přehledu po řádcích podle ikon.

- **Zoom Area**  - pomocí dvou bodů se nastaví přiblížení k součásti
- **Fit**  - zobrazí všechny součásti v aktivním pohledu
- **Zoom**  - slouží ke zvětšování a zmenšování součásti
- **Look at Face**  - pohled na vybranou plochu
- **Previous View**  - vrátí předešlý pohled
- **Pan**  - pohyb součásti po pracovní ploše, ale součást drží v původním bodě vložení
- **Spin About**  - otočení podle vybrané plochy
- **Common Views**  - výběr přednastavených ortogonálních a izometrických pohledů na součást
- **Rotate**  - rotace kolem os X,Y,Z
- **Refresh**  - překreslení aktivního pohledu

3.2.2 Nastavení pohledu pomocí myši

Pro efektivnější práci v program se používá základní nastavení pohledu pomocí klávesových zkratk a myši. Tyto zkratky jsou popsány při zmáčknutém kolečku myši.

- **pohyb myši** - natáčení součásti
- **pohyb myši + Ctrl** - funkce Zoom

- pohyb myši + Shift - funkce Pan

3.2.3 Rychlý výběr pomocí myši

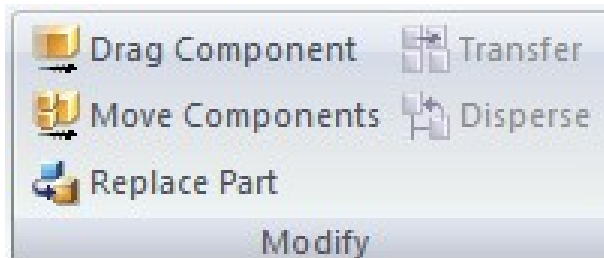
Pro zrychlený výběr nejpoužívanějších funkcí programu Solid Edge ST3 lze vyvolat zrychlenou volbu pomocí podržení pravého tlačítka myši. Za stálého držení pravého tlačítka lze vybrat požadovanou funkci a následným puštěním tlačítka se funkce aktivuje. Popis všech funkcí je uveden v této práci v rozmezí panelů, ve kterých jsou situovány.



Obr. 13 - Radiální menu

3.2.4 Práce s vloženými komponenty

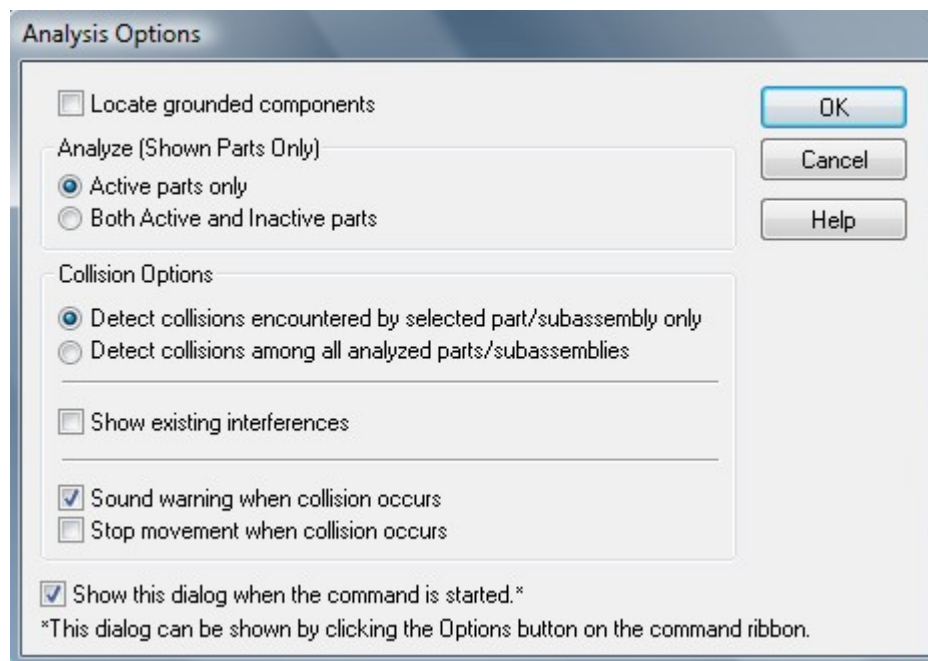
Jelikož je třeba občas vložený komponent někam odsunout, například z důvodů překrytí více dílů, je třeba znát funkce i panelu Modify. Všechny funkce tohoto panelu nejsou hned aktivní, ale po vložení dílů a následného klepnutí se zaktivní.



Obr. 14 - Panel Modify

Drag Component

Tlačítko sloužící pro pohyb součásti po pracovní ploše podle os, otáčením dle os nebo volným pohybem. Vyvoláním tohoto příkazu se otevře tabulka.



Obr. 15 - Analysis Options

Pro základní posouvání součástí lze nechat původní nastavení a pouze potvrdit volbu tlačítkem OK. Takto nastavený příkaz neumožňuje žádný pohyb první vložené součásti, která je napevno a na kterou se dále vážou další díly. Pokud chceme touto základní součástí hýbat, musíme zatrhnout první volbu Locate grounded components. Další nastavení jsou už pouze doplňková a pro základní používání nemají velký význam. Po potvrzení OK se otevře další okno s možnostmi pohybu.



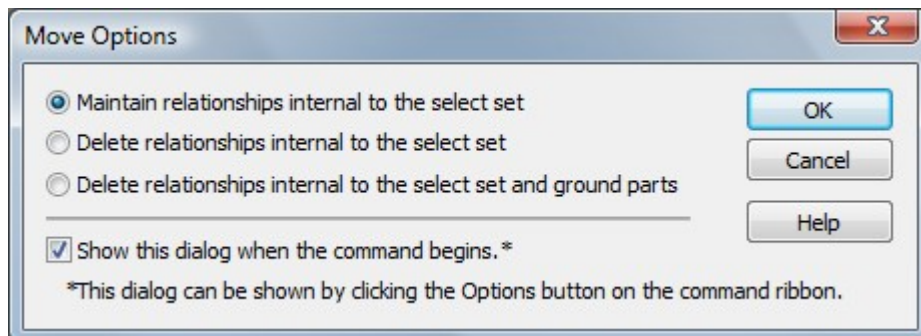
Obr. 16 - Drag Component

1. Vyvolá zpět tabulku Analysis Options.
2. V roletovém menu lze vybrat možnosti bez analýzy, což je základní nastavení, volba kolize barevně odliší případné vniknutí součástí do sebe, Physical motion změni pohyb součásti.
3. Slouží k výběru součásti, se kterou se bude pohybovat.
4. Vráti součást do polohy před posledním pohybem.
5. Vráti součást do poslední polohy.
6. Zruší veškerý pohyb součásti.

7. Slouží k posunu součásti v osách x,y nebo z.
8. Rotační pohyb součásti kolem os x,y nebo z.
9. Volný pohyb součásti po obrazovce.

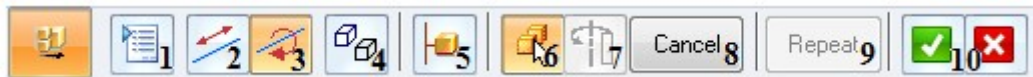
Move Components

Pohyb nebo kopírování vybraných komponentů. Pokud se příkaz spustí otevře se okno Move Options.



Obr. 17 - Move Options

Pro běžné používání pouze potvrdit OK. Tím se spustí další panel s tlačítky.



Obr. 18 - Move Components

1. Vyvolá tabulku Move Options.
2. Pohyb podél os, který je přesně zadaná hodnoty x,y a z.
3. Rotační pohyb podle vybrané osy, který je zadaný úhlem
4. Při aktivaci tlačítka vybrané objekty zůstanou ve své poloze a na místo, které zadáme, se vytvoří jejich kopie.
5. Aktivuje součást, která je právě deaktivována - šedá ve stromu.
6. Slouží k výběru součásti, se kterou se bude pohybovat.
7. Pod výběr k tlačítku 2 nebo 3, slouží k dalšímu nastavení pohybu.
8. Zruší výběr.
9. Zopakuje výběr.

10. Potvrdí vybranou součást a umožní její pohyb.

11. Zruší vybrání součásti.

Replace Part

Nahradí vybraný díl jiným, který se vybere.

Transfer

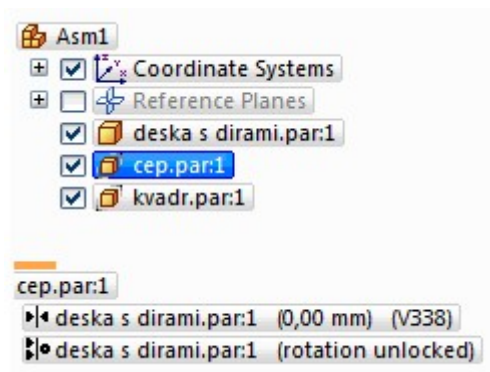
Přesunutí dílu do nové nebo existující sestavy.

Disperse

Odstranění dílu z podsestavy.

3.2.5 Funkce stromu modelu

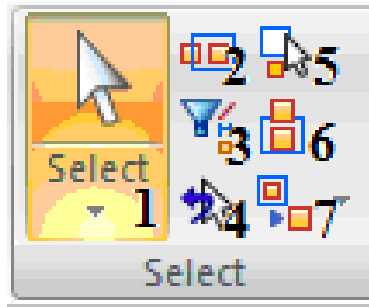
Pomocí stromu součástí vidíme, zda díly mají potřebné vazby, jestli jsou vůbec vloženy a můžeme je zde také vymazat. Pokud se na určitý díl klikne levým tlačítkem, zobrazí se jeho vazby, pokud jsou již vytvořeny pod stromem. Ve výběru stromu jde na příslušný díl kliknout také pravým tlačítkem a tím rozbalit menu, ve kterém jde například součást smazat, to se provede tlačítkem Delete, přejmenovat pomocí tlačítka Rename, nebo skrýt (hide) nebo znovu zobrazit (show) danou součást. Funkce skrytí se používá u složitějších sestav, kde nejde vidět dovnitř modelu a potřebujeme dovnitř vložit vazbu.



Obr. 19 - Strom sestavy

3.2.6 Výběr dílů v sestavě

Většinou se výběr součásti řeší pouze jedním klikem myši na potřebný díl, ale Solid Edge umožňuje i další volby výběru, která někdy může podstatně urychlit práci.



Obr. 20 - Panel Select

1. Select

Hlavní tlačítko, které je permanentně spuštěné. Pomocí něj se vybírá součást, se kterou se bude dále pracovat. Lze u něj nastavit, zda má vybírat pouze plochy, nebo celé díly.

2. Overlapping

Výběr více dílů naráz, pomocí výběrového okna. Toto okno vytvoříme kliknutím a tažením myši přes požadované díly.

3. Selection Filter

Umožňuje výběr pouze určitých typů objektů, jako například skici, dokumenty sestavy atd.

4. Clear Selection

Slouží ke zrušení výběru nechtěně vybrané součásti.

5. Select Small Parts

Vybere pouze malé díly. Velikost dílu lze specifikovat.

6. Select Visible Parts

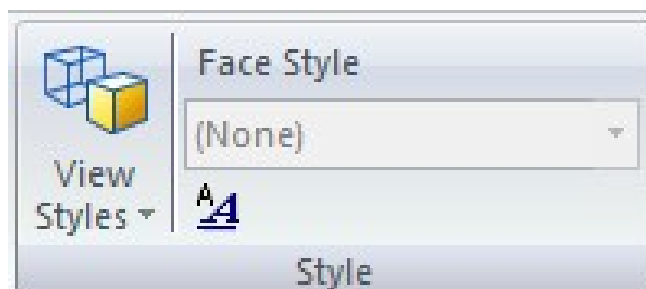
Vybere díly, které jsou viditelné na pracovní ploše v aktuálním pohledu.

7. Select Parts Constrained To, Select Subassembly Parts, Select All Identical Parts

Poslední ikona má po rozklepnutí 3 funkce, první funguje tak, že při výběru jedné části z dílů, které jsou již spojeny vazbami, se vyberou všechny svázané díly. Prostřední možnost vybere podsestavu. Poslední tlačítko slouží k vybrání všech stejných dílů na sestavě klepnutím pouze na jeden z nich.

3.2.7 Nastavení stylu pohledu

Pro bezproblémové vkládání více dílů, jako jsou například různých druhů šroubů, je nezbytné některé součásti barevně odlišit, případně zprůhlednit. Tyto funkce umožňuje panel Style.

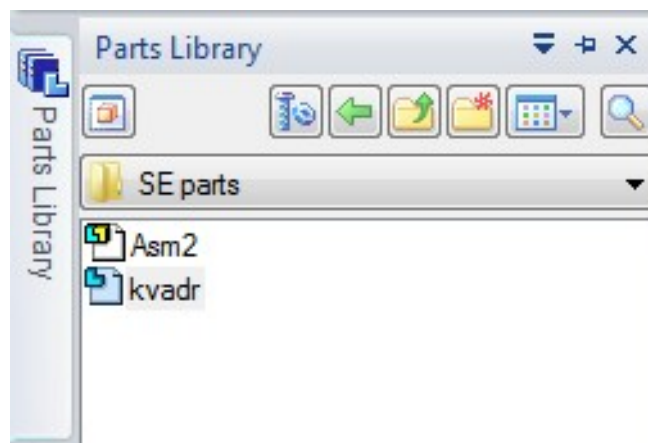


Obr. 21 - Panel Style

Pomocí tlačítka View Styles lze nastavit díl jako různé druhy drátových modelů, nebo plnou součást s vykreslenými plochami včetně, či bez stínování. Další volbou je tlačítko Styles, kde se pomocí roletového menu vybere záložka Faces Styles, kde program nabízí volbu již předdefinovaných stylů ploch, včetně skutečných materiálů, nebo čirých ploch, či možnost vytvoření vlastních stylů.

3.3 Vkládání dílů

Pro vkládání již vytvořených dílů slouží tlačítko Parts library(knihovna dílů). Toto tlačítko se nachází v horní části levého panelu. Po najetí ukazatele myši na toto tlačítko se rozbalí možnost vkládání dílů. Může se stát že se tato složka nechtěně vypne, poté je možné knihovnu dílů znovu spustit v záložce View, pomocí volby Panes v nabídce Show. Složka s dílem se vybere pomocí roletového menu a samotný díl poté přeneseme na pracovní plochu buďto přetažením pomocí levého tlačítka, nebo klasickým dvoj klikem. Pokud je třeba vložit normalizovanou součástku, jako je například šroub, matice, podložka nebo ložisko, použije se tlačítko Standart Parts (ikona šroubu), které přepne program do databáze normalizovaných součástí. Pro normalizované díly je třeba mít nainstalované knihovny dílů, jinak vkládání nefunguje.



Obr. 22 - Knihovna dílů

Jako první součást se doporučuje vložit hlavní díl sestavy, jako je například hřídel, nebo základní deska, na kterou se postupně připevňují vazbami další vymodelované, případně normalizované díly a postupně tak složit celou sestavu. V Solid Edge je možné vyzkoušet tvorbu sestav ze základních již před vytvořených dílů, které se nachází ve složce training.

3.4 Vazby mezi díly

Aby součásti držely při sobě a daly se vůbec k sobě nějakým způsobem spojit, používají se v programech pro tvorbu sestav vazby. Solid Edge není v tomto ohledu výjimkou. Pro tvorbu vazeb slouží panel *Relate*, který je situován v záložce *Home* uprostřed. Při vložení dílu se spustí automatické tvoření vazby. Toto řešení není vždy zcela ideální, i přestože pracuje velmi dobře, ale nabízí pouze tři základní druhy vazeb. V práci je ale uvedeno klasické vytváření vazeb, které funguje na stejném principu jako automatické, jen s tím rozdílem, že se musí vybrat manuálně druh použité vazby. Pro zrušení automatického vkládání vazeb stačí zmáčknout tlačítko *Esc*. Po správné zavazbení všech součástí by se sestava neměla rozpadnout, při použití příkazu *Drag component*.



Obr. 23 - Panel Relate

Stručný popis vazeb panelu Relate podle číselného označení:

1. **Mate - proti sobě**
2. **Planar Align - zarovnání podle roviny**
3. **Axial Align - zarovnání podle os**
4. **Insert - vložit**
5. **Connect - Spojení**
6. **Angle - úhel**
7. **Tangent - tečna**
8. **Cam - vačka**
9. **Parallel - rovnoběžně**
10. **Match coordinate systems - spojení souřadných systémů**
11. **Gear - převod**
12. **Ground - uzemnění**
13. **Assembly Relationship Assistant - Asistent pro tvorbu vazeb v sestavách**
14. **Capture Fit**
15. **Create Inter-Part Relationship**

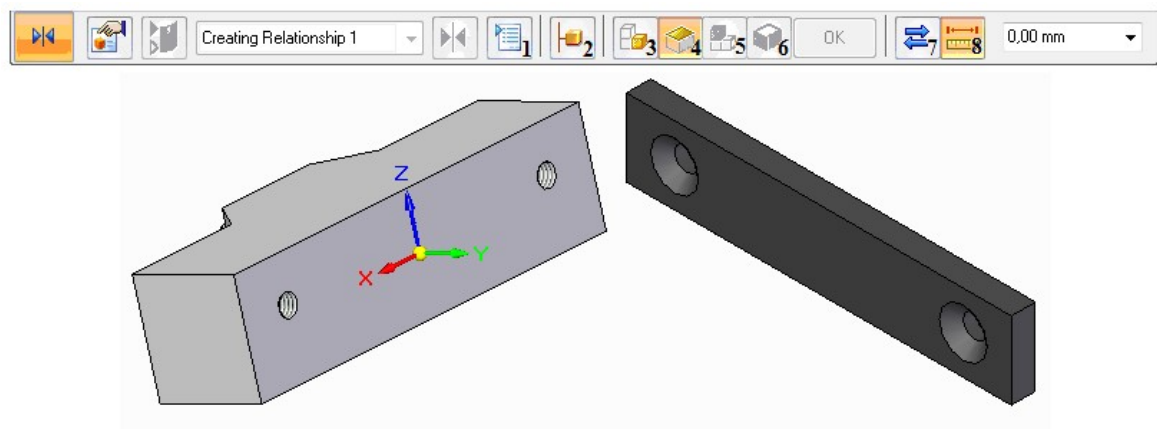
Vazby jsou vůbec nejdůležitější funkcí v tvorbě sestav v jakémkoliv programu pro tvorbu dílů a jejich následného skládání do sebe. Pro tvorbu sestav v programu Solid Edge bohatě

postačuje využití vazeb 1 - 9, tyto funkce bezpečně pokrývají většinu potřeb konstruktéra, jelikož se jedná o běžné spojení dílů v reálném světě. Další vazby jsou používány pouze pro speciální případy, se kterými se pravděpodobně lze setkat pouze u složitých sestav a jejich použití budou uvažovat pouze zkušení uživatelé tohoto programu. Základní typy vazeb jsou dopodrobna popsány na následujících stranách.

Pro úplné definování pozic dílů je nutné většinou použít dvě a více vazeb!

Mate - proti sobě

Tento příkaz nastaví dvě plochy proti sobě, základní nastavení je přímo na sebe - mezera mezi plochami je 0mm, tuto vzdálenost lze nastavit manuálně na jinou.

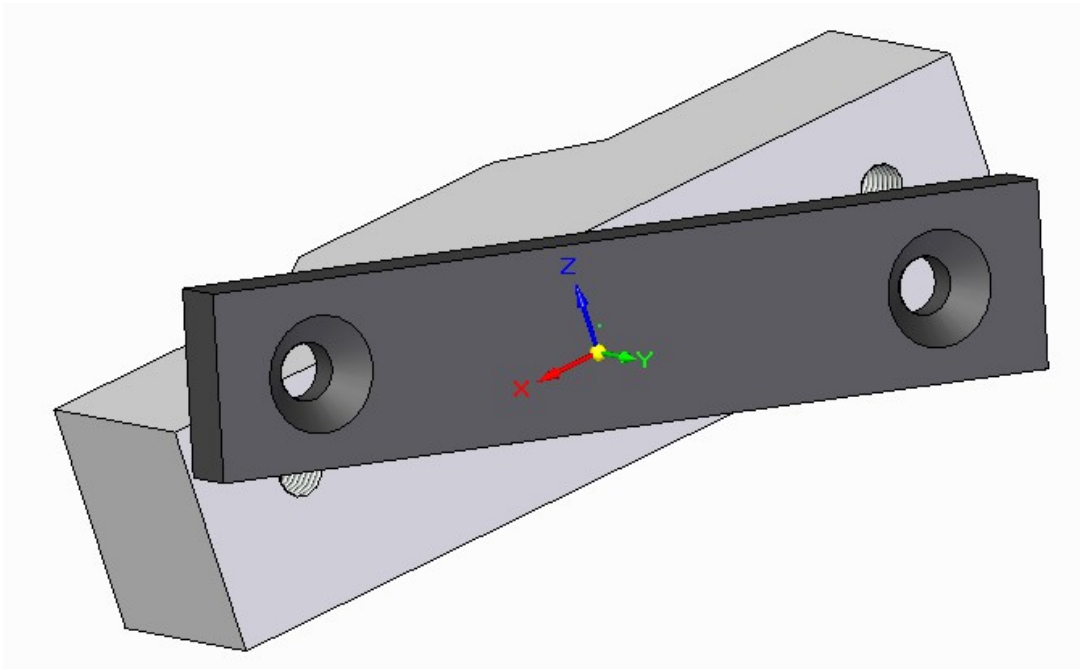


Obr. 24 - Mate

1. Vlastnosti vazby.
2. Aktivování deaktivované součásti.
3. Vybrání základního dílu vazby. Tato funkce se zapíná sama při spuštění příkazu.
4. Výběr plochy, kterou chceme spojit vazbou.
5. Vybrání druhé součásti.
6. Výběr plochy na druhé součásti.
7. Nastavení offsetu pohybem myši.
8. Nastavení offsetu číselně.

Při používání této vazby se většinou nenastavují žádné parametry, s výjimkou offsetu. Stačí tedy na zvolené plochy postupně klepnout levým tlačítkem myši a příkaz se poté sám pro-

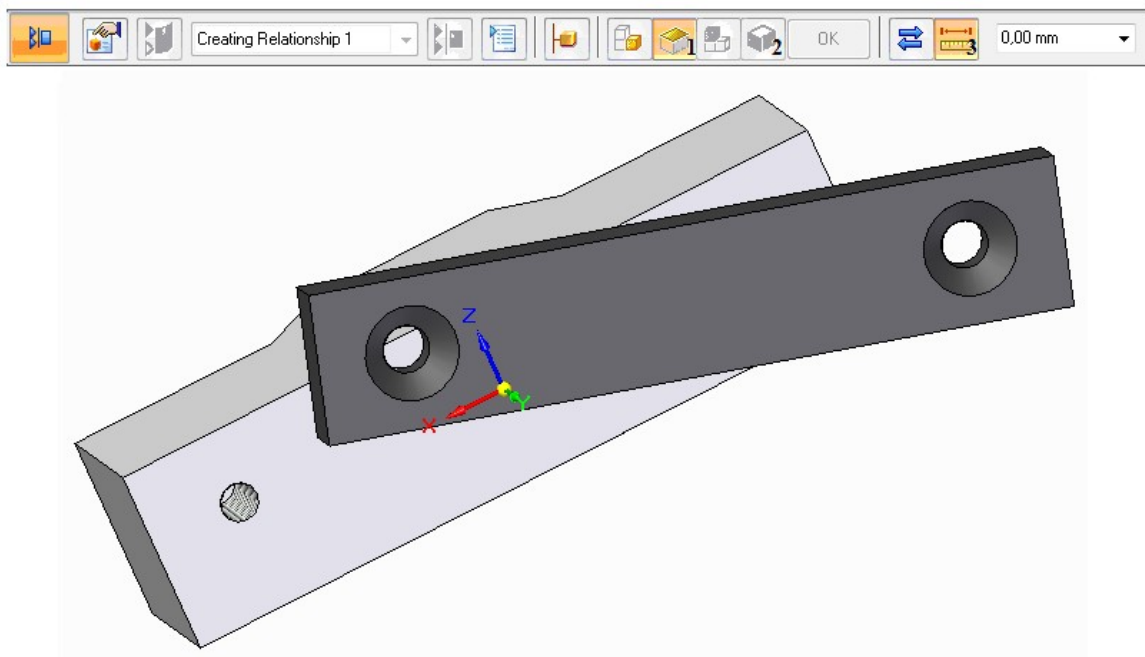
vede. výsledek po tomto příkazu pro zarovnání desky a pojízdné čelisti svěráku bude vypadat následovně.



Obr. 25 - Ukázka funkce Mate

Planar Align - zarovnání podle roviny

Příkaz slouží k zarovnání dvou rovin shodně, opět lze nastavit offset. Většinou se používá u zarovnání čel dvou na sobě ležících desek. V následujícím příkladu bude vazba použita pro zarovnání destičky k pojízdné čelisti svěráku.

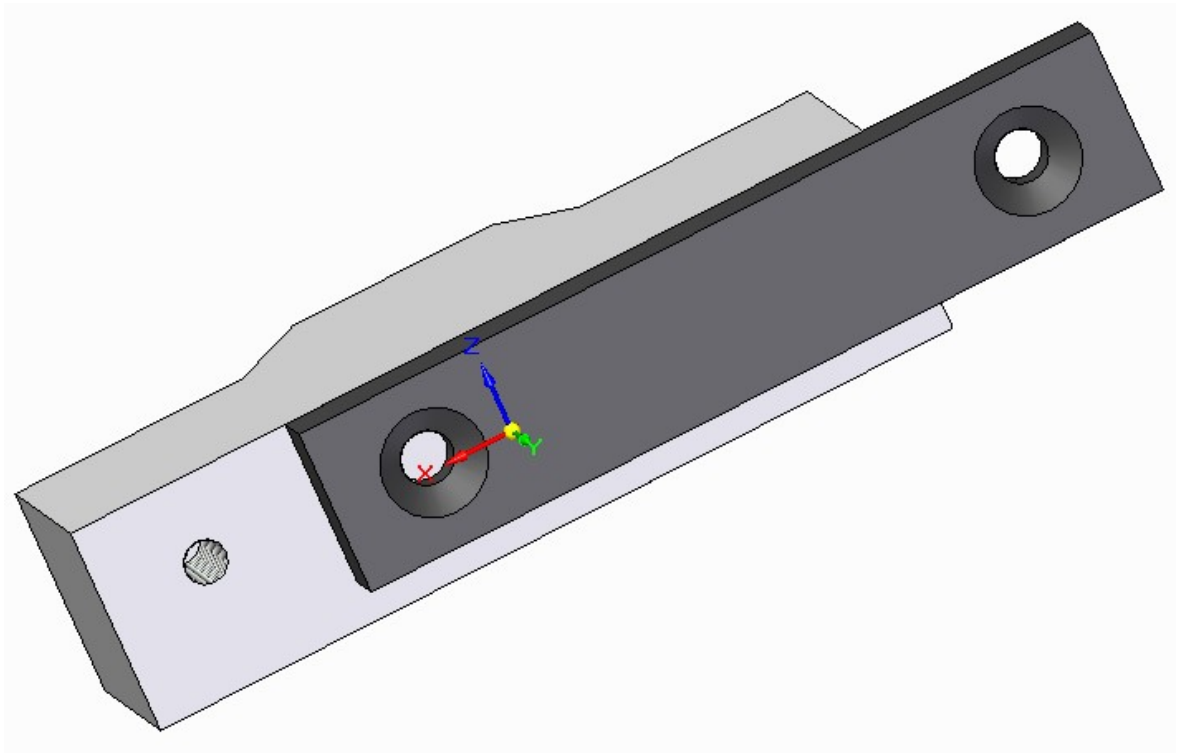


Obr. 26 - Planar Align

Jelikož jsou ikony shodné s funkcí Mate, jsou zde popsány jen důležité ikony, které jsou třeba ke správnému vytvoření vazby.

1. Vybrání hlavní roviny, na které bude vazba.
2. Nastavení druhé roviny, která se zarovná s rovinou hlavní.
3. Nastavení offsetu pomocí čísel

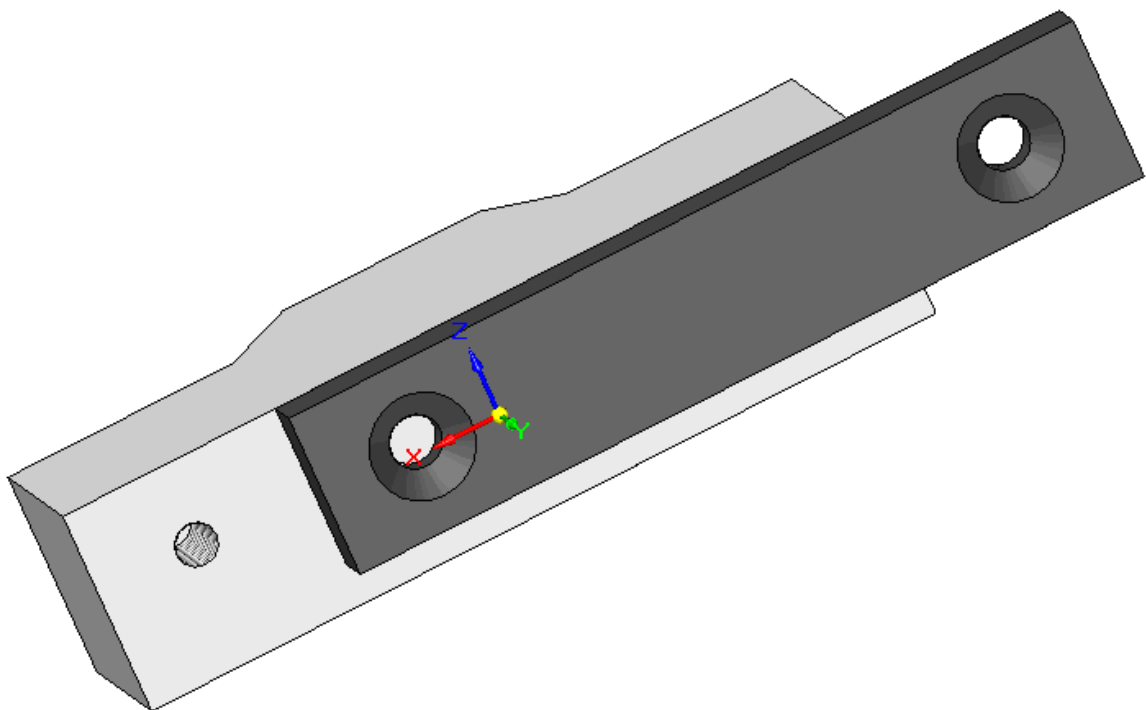
Tato vazba opět funguje bez jakéhokoliv výběru ve spuštěné liště, stačí postupně vybrat plochy dílů, které chceme srovnat v rovině. Po správném výběru budou díly srovnány.



Obr. 27 - Ukázka funkce Planar Align

Axial Align - zarovnání podle os

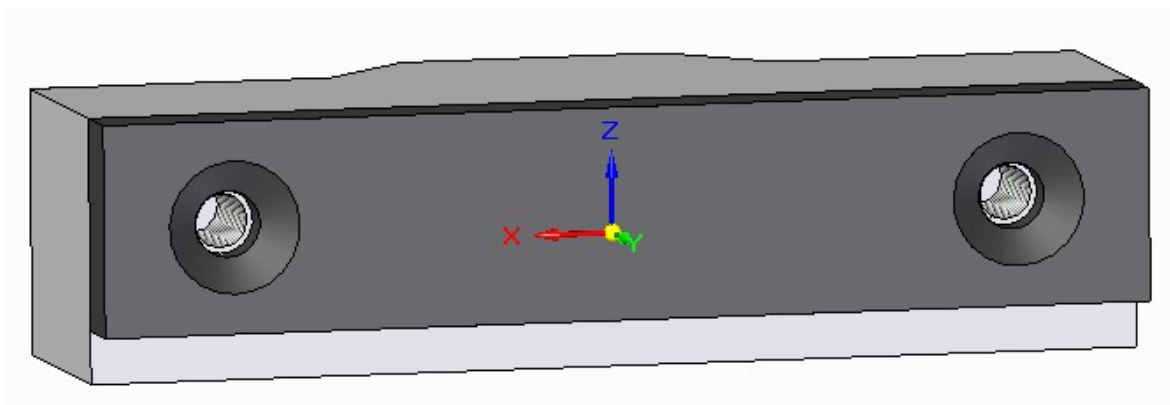
Zarovná dvě rotační součásti, jako jsou šrouby, čepy, či díry a jiné, do jedné osy. Pro ukázkou lze použít opět část svěráku a osově zarovnat díry a tím pevně stanovit polohu dílů mezi sebou.



Obr. 28 - Axial Align

1. Výběr první válcové části dílu.
2. Výběr druhé válcové části dílu.
3. Umožní otáčení dílů.
4. Zamkne otáčení, díly jsou napevno.

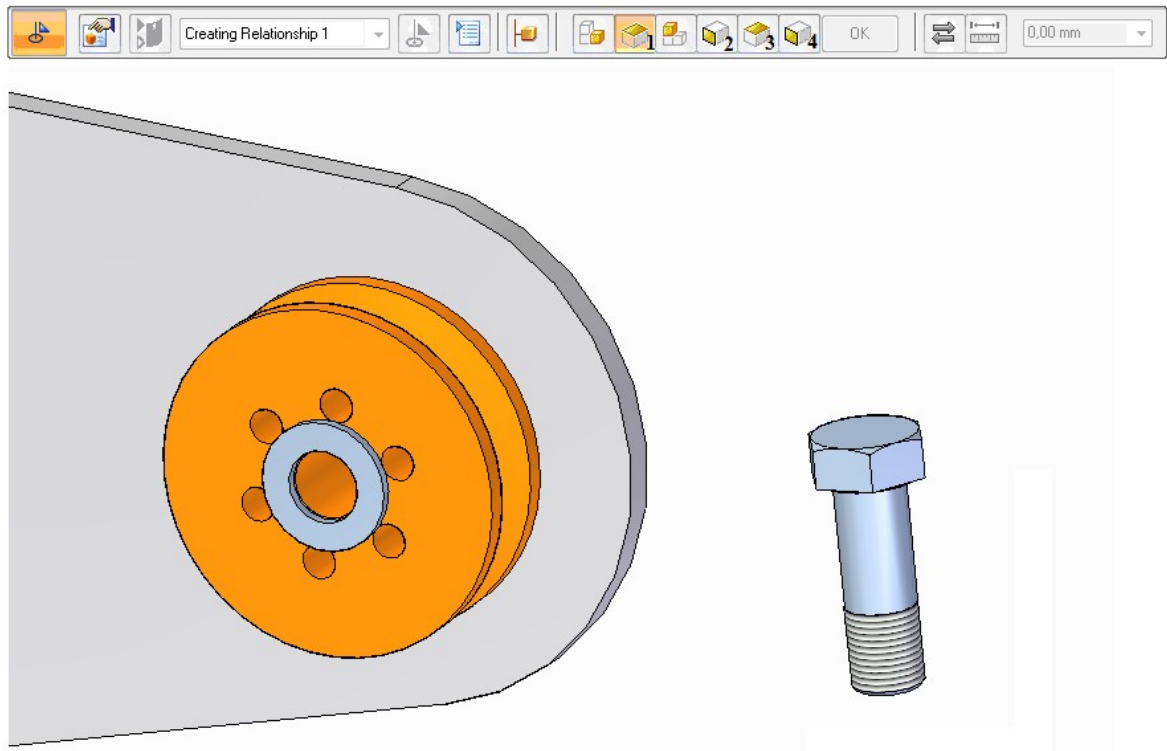
Po vytvoření této vazby vznikne již čelist, kterou po vložení šroubů, můžeme dále použít v sestavě svěráku, která je součástí přílohy.



Obr. 29 - Ukázka funkce Axial Align

Insert - vložit

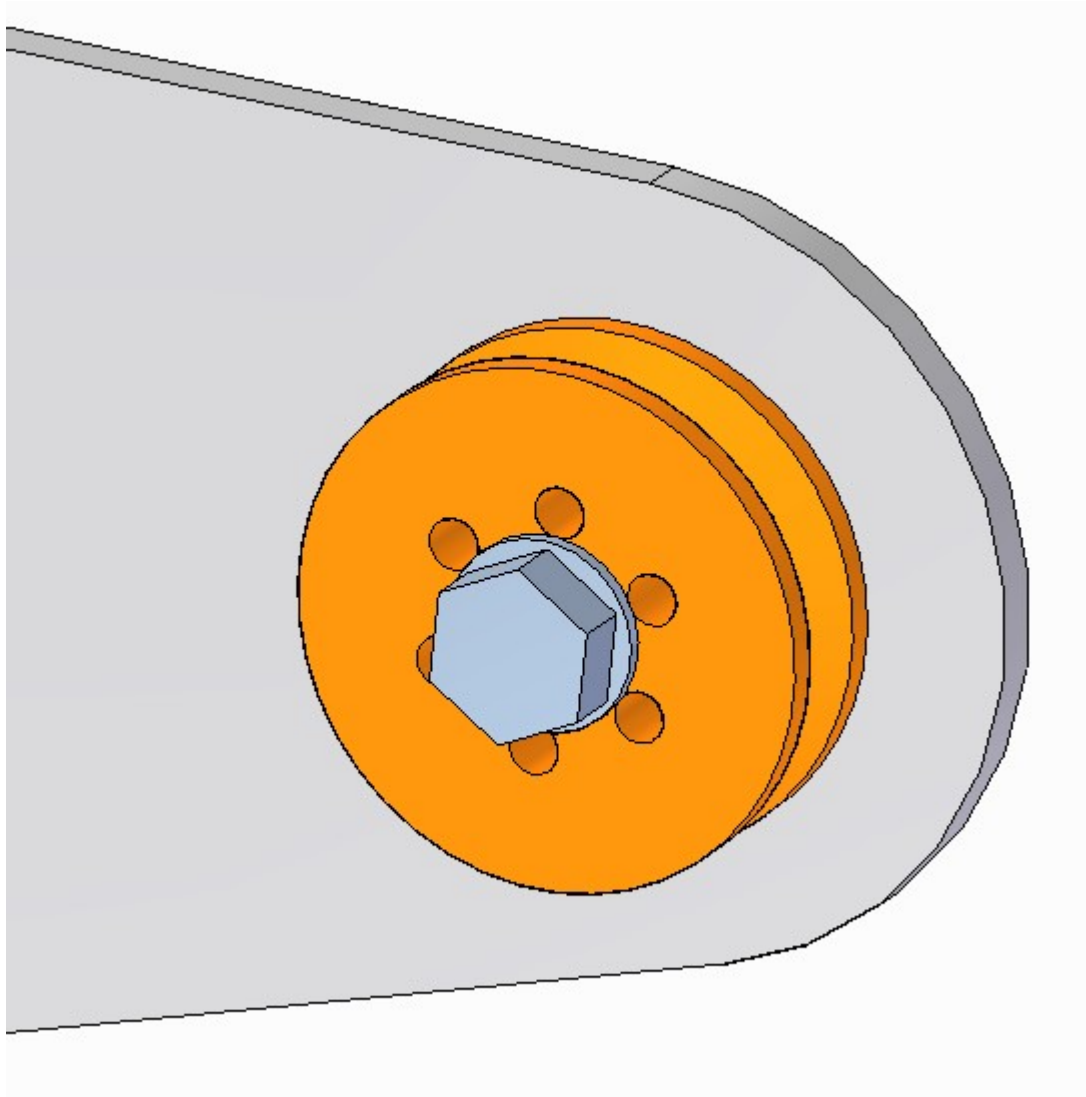
Tento příkaz se používá při vkládání například čepu do díry, nebo šroubů, kdy k zarovnání os a nastavení ploch proti sobě stačí pouze jeden příkaz.



Obr. 30 - Insert

1. Výběr první plochy prvního dílu, zvolí se buď rovinná nebo válcová.
2. Výběr první plochy druhého dílu, pokud se vybrala v prvním bodě plocha válcová, tak vybereme také válcovou a naopak.
3. Výběr druhé plochy na prvním dílu, pokud je již válcová označena tak vybereme rovinnou a naopak.
4. Výběr druhé plochy na druhé součásti.

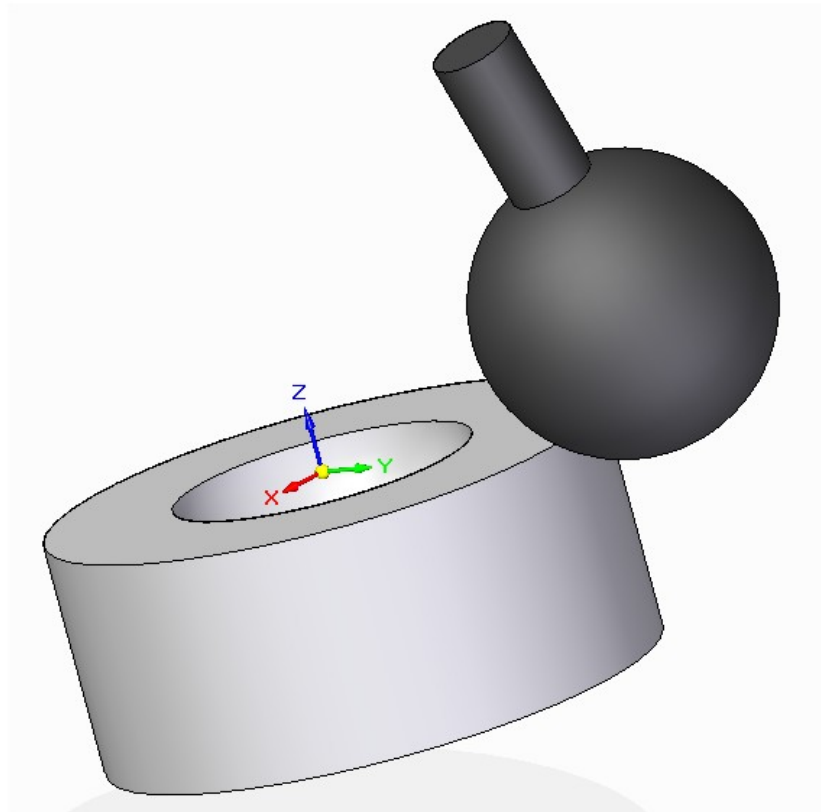
Tyto čtyři příkazy, které se sami přepínají mezi sebou umožní velmi efektivně vkládání různých kolíků do děr apod. Po výběru poslední plochy se příkaz sám ukončí a v tomto ukázkovém případě vznikne následující:



Obr. 31 - Ukázka funkce Insert

Connect - Spojení

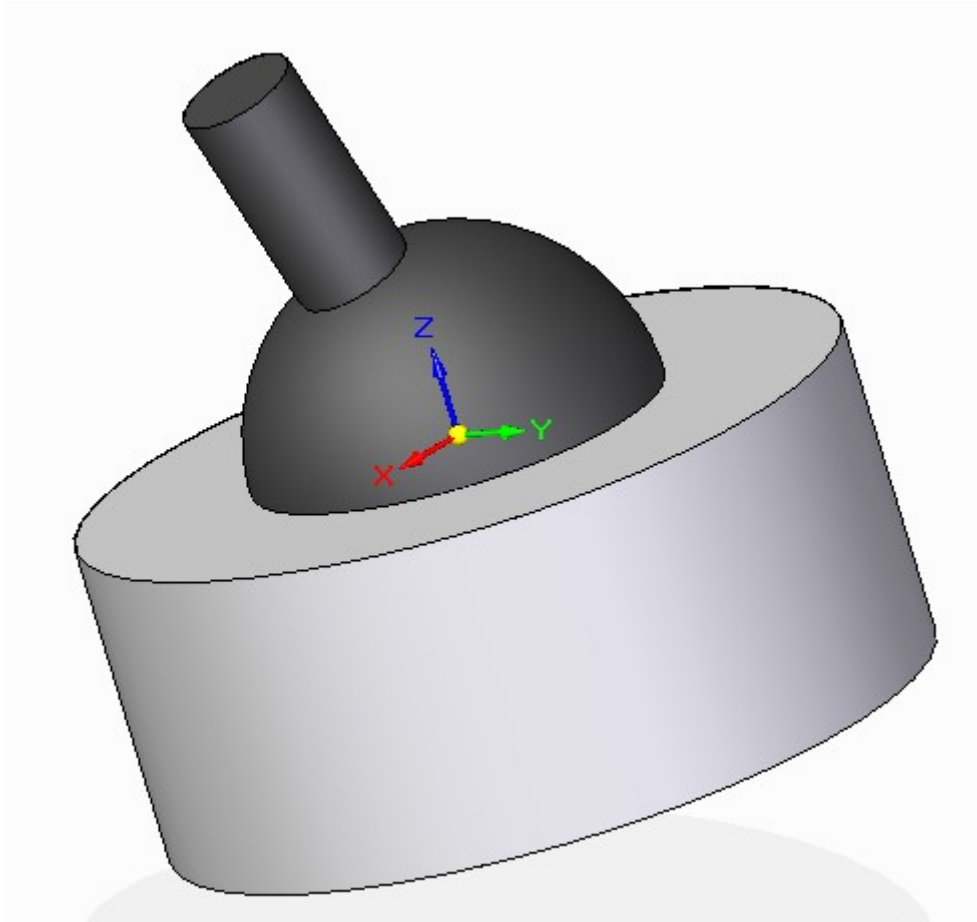
Spojí dva body různých dílů. Tento příkaz se hodí především pro spojení vnitřní a vnější kulové plochy, nebo dále vrcholů a jiných ostrých částí dílů. Connect spojí dvě kulové plochy, vrcholy nebo hrany v jeden. Součásti jsou k sobě tedy uchyceny plošně nebo jedním bodem, jinak se můžou volně pohybovat. tohoto řešení lze využít u modelování tažného zařízení nebo třeba kulisy řazení u osobního automobilu.



Obr. 32 - Connect

1. Výběr prvního kulové plochy, vrcholu, nebo hrany
2. Výběr druhého kulové plochy, vrcholu, nebo hrany

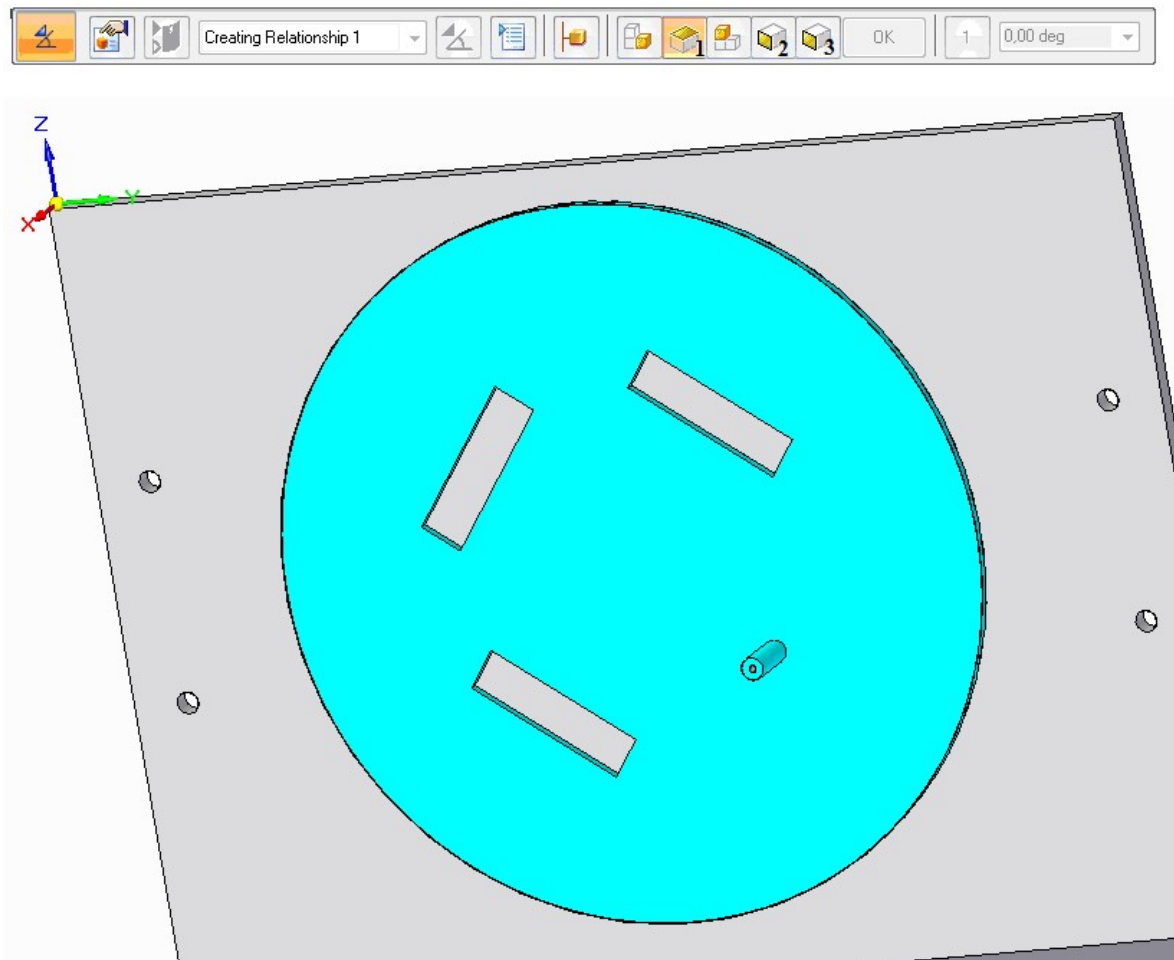
Při této úloze se při správném výběru kulových ploch díly spojí a výsledná vazba potom vypadá takto a umožňuje kulový pohyb:



Obr. 33 - Ukázka funkce Connect

Angle - úhel

Úhel mezi dvěma díly. Pro tuto funkci musí být díly srovnány, nelze udělat úhel mezi různě nakloněnými plochami součástí. Nejčastěji se tato funkce aplikuje až po použití vazeb Axial Align, což znamená že srovnáme osy součástí a dále se součásti zarovnají například pomocí vazby Planar Align, ale tyto vazby nejsou podmínkou, díly nemusí ležet přímo na sobě. Pro přehlednost použití příkazu je ovšem takový příklad ideální.

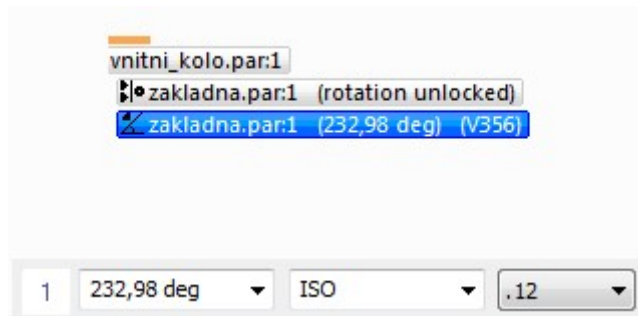


Obr. 34 - Angle

Na tomto příkladu je již použita vazba Insert. Úhly mezi součástmi už vlastně nyní je, ale není použita vazba, tudíž lze s díly stále točit kolem osy (za předpokladu vypnutého tlačítka rotace rotation unlocked). V tomto příkladu lze nastavit úhel mezi otvorem v rotačním dílu a základnou a tím otvory srovnat. Pro výběr vazby Angle je postup následující:

1. Výběr první plochy, která bude svírat úhel.
2. Výběr druhé plochy, která bude svírat úhel.
3. Výběr roviny, nebo plochy, ve které se bude úhel měřit. Tato rovina bývá kolmá k plochám které budou mezi sebou svírat úhel.

Po ukončení výběru se na první pohled nic nestane, ale vazba je již funkční a lze ji najít ve stromu vazeb po klepnutí na jeden z dílů.



Obr. 35 - Ukázka použití vazby Angle

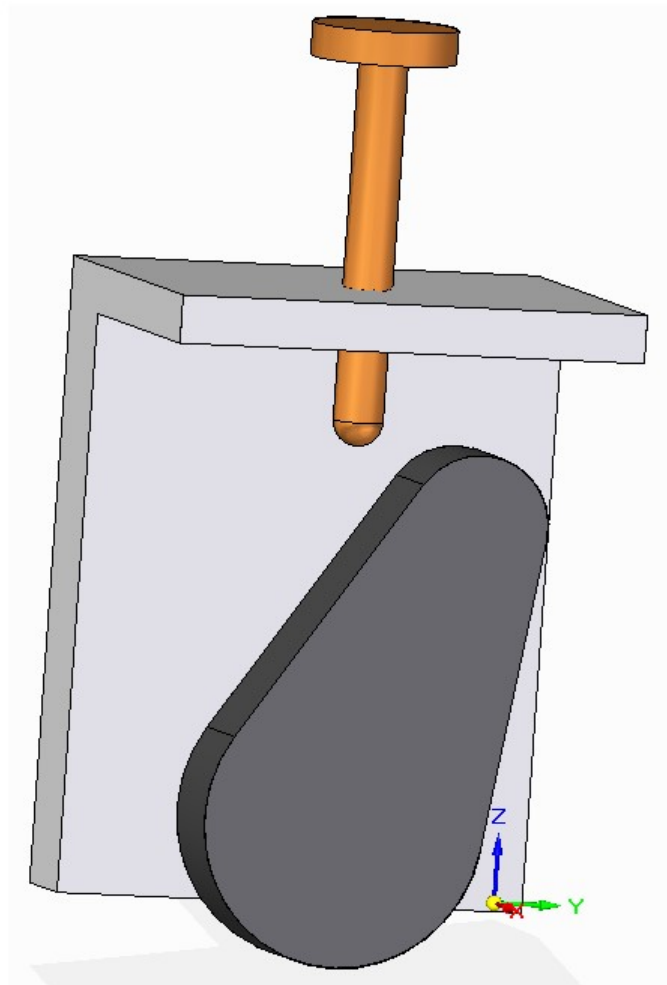
Zde je třeba poklepat myší na vazbu úhlu, vybereme ji pomocí symbolu před názvem. Po jejím spuštění lze úhel přesně nastavit pomocí malé tabulky, která se spustí ve spodní části obrazovky, ale pro přehlednost je zde uvedena na jednom obrázku se stromem vazeb.

Tangent - tečna

Tvoří tečnost mezi rotačním dílem a plochou druhého objektu. Příkaz tečna funguje obdobně jako příkaz Mate. Po jeho spuštění se postupně vybere první plocha, která je například rotační a poté plocha druhá, která je buď opět rotační, nebo rovinná. Po ukončení výběru se mezi díly vytvoří tečnost.

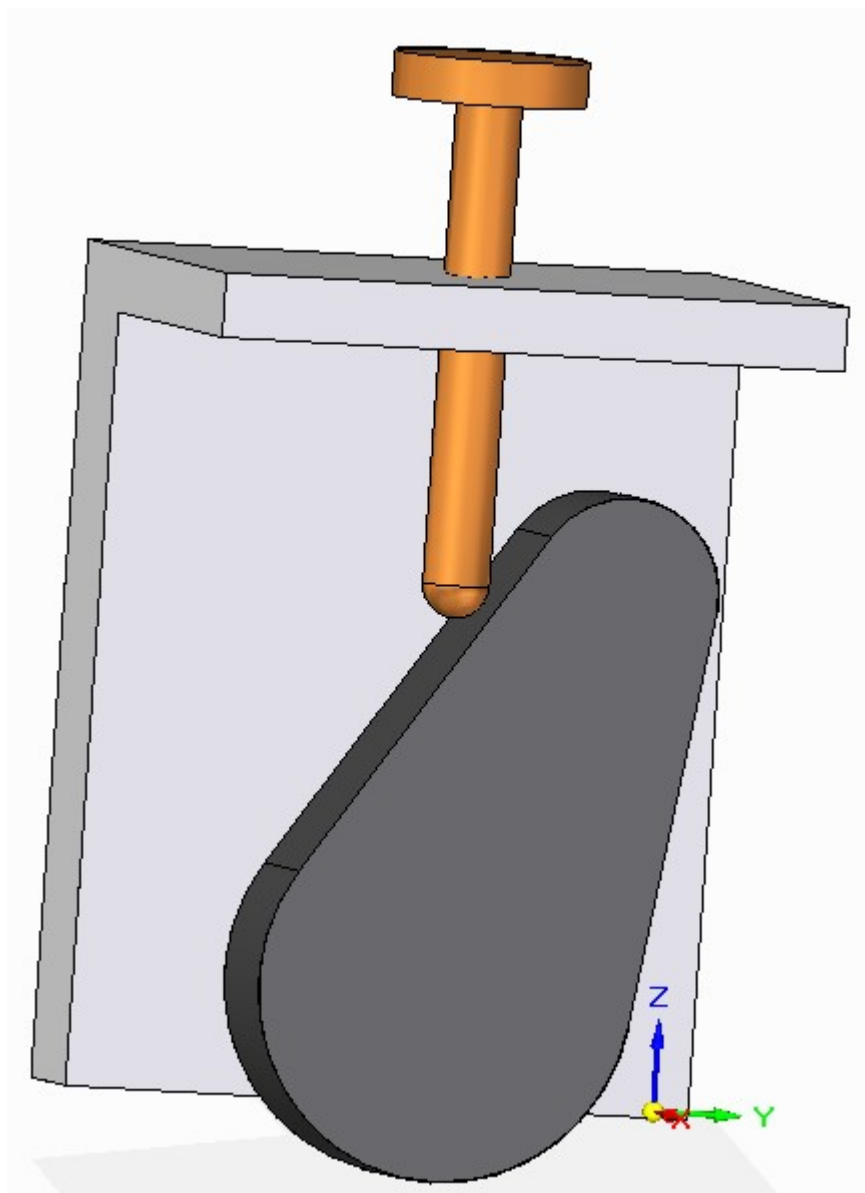
Cam - vačka

Vytvoří vazbu vačka. Vačky jsou nezbytné součásti strojů, proto je velmi dobré, že Solid Edge jejich tvorbu podporuje.



Obr. 36 - Cam

1. Výběr plochy vačky. Postupně se vybere plocha jedna po druhé, po které se bude pohybovat ventil. Pokud chceme aby se čep pohyboval po celém obvodu, musíme vybrat všechny plochy a výběr ukončit zelenou fajkou.
2. Jako druhá plocha se vybere kulová plocha ventilu.



Obr. 37 - ukázka funkce vačka

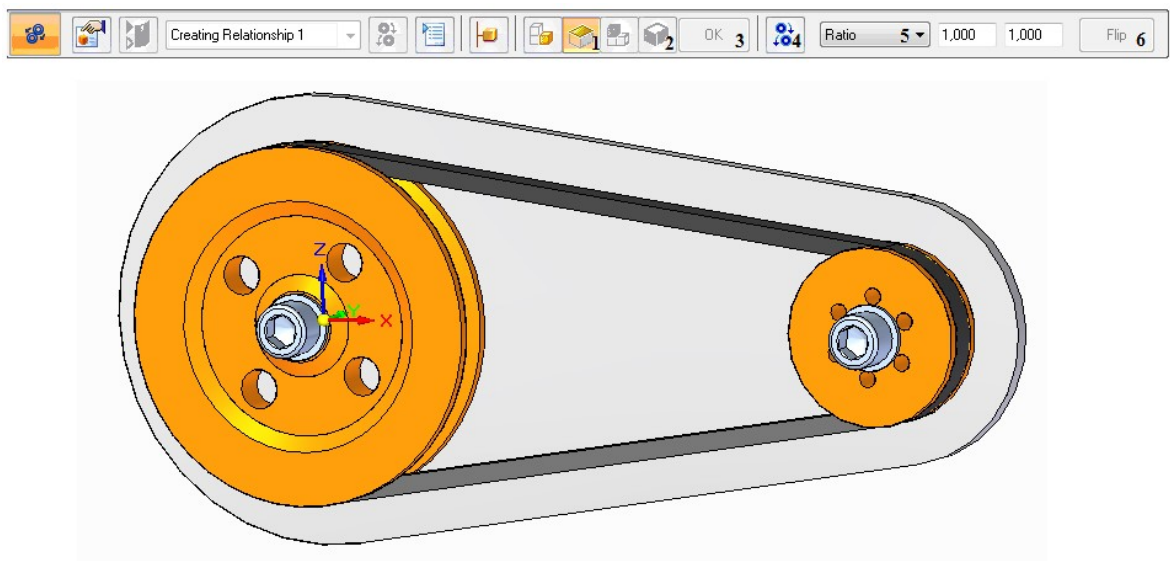
Po vytvoření příkazu podle tohoto stručného návodu by se mělo dát pomocí funkce Drag pohybovat ventilem pomocí obvodu vačky. Využití v praxi je většinou u motorů pro otevírání a zavírání sacích a výfukových ventilů. Na procvičení příkazu lze použít tato jednoduchá tréninková sestava, která je umístěna v příloze.

Parallel - rovnoběžně

Nastaví dvě hrany nebo osy rovnoběžně. Lze použít obdobně jako u příkazu Axial Align, pokud se jedná o osy rotačních součástí. Nastavení je velmi jednoduché, jedná se pouze o postupný výběr hrany a osy, případně dvou hran či dvou os.

Gear - převod

Nastaví převod mezi dvě rotační součásti. Tento příkaz se nastavuje v případě, pokud je nutné vytvořit například řemenový nebo třecí převod. Pro ukázkou je ukázán převod řemenový mezi řemenicemi, které jsou upevněny v desce. U této vazby pozor na uzamčenou rotaci, příkaz funguje pouze, pokud je rotace odemčena a řemenice se tedy můžou otáčet! Díly k sestavení této jednoduché sestavy jsou součástí přílohy, šrouby a podložky lze vygenerovat v Standard Parts.



Obr. 38 - Gear

1. Výběr první plochy.
2. Výběr druhé plochy.
3. Potvrzení výběru, před potvrzením se dají nastavit další parametry.
4. Styl převodu nabízí možnost volby mezi převody typu kolo-kolo, kolo-deska a deska-deska.
5. Rozbalovací nabídka dává možnost výběru mezi poměrem, který se hodí mezi třecí převody, nebo počtem zubů u ozubení, které definuje rychlost otáčení.
6. Tlačítko Flip mění smysl otáčení, který ukazují šipky.

Po vytvoření vazby, lze pomocí příkazu drag, vyzkoušet funkčnost. Pokud je příkaz nastaven správně, tak po otočení jednou řemenicí, by se měla začít točit i druhá po směru otáčení první, ale jinou rychlostí.

Ground - uzemnit

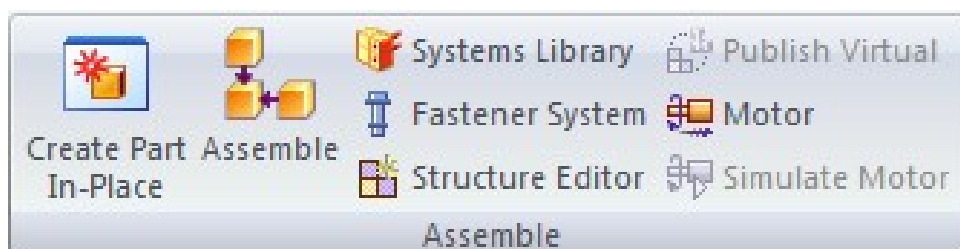
Uzemní součást - se součástí nelze dál hýbat, nemá žádný stupeň volnosti. Příkaz se automaticky vloží při vložení první součásti do sestavy, proto je vhodné vkládat jako první hlavní díl sestavy jako je například základna, rám stroje atd.

Assembly Relationship Assistant - Asistent pro tvorbu vazeb v sestavách

Automatická funkce, která se zapíná při vložení nového dílu do sestavy, zvládá rozpoznat jeden ze základních druhů vazby, která je potřeba. Funguje obdobně jako příkaz, který se spustí automaticky při vložení dílu do sestavy.

3.5 Další práce v sestavě

V sestavě lze kromě vytváření vazeb mezi díly využívat další funkce které jsou dostupné v panelu Assemble.



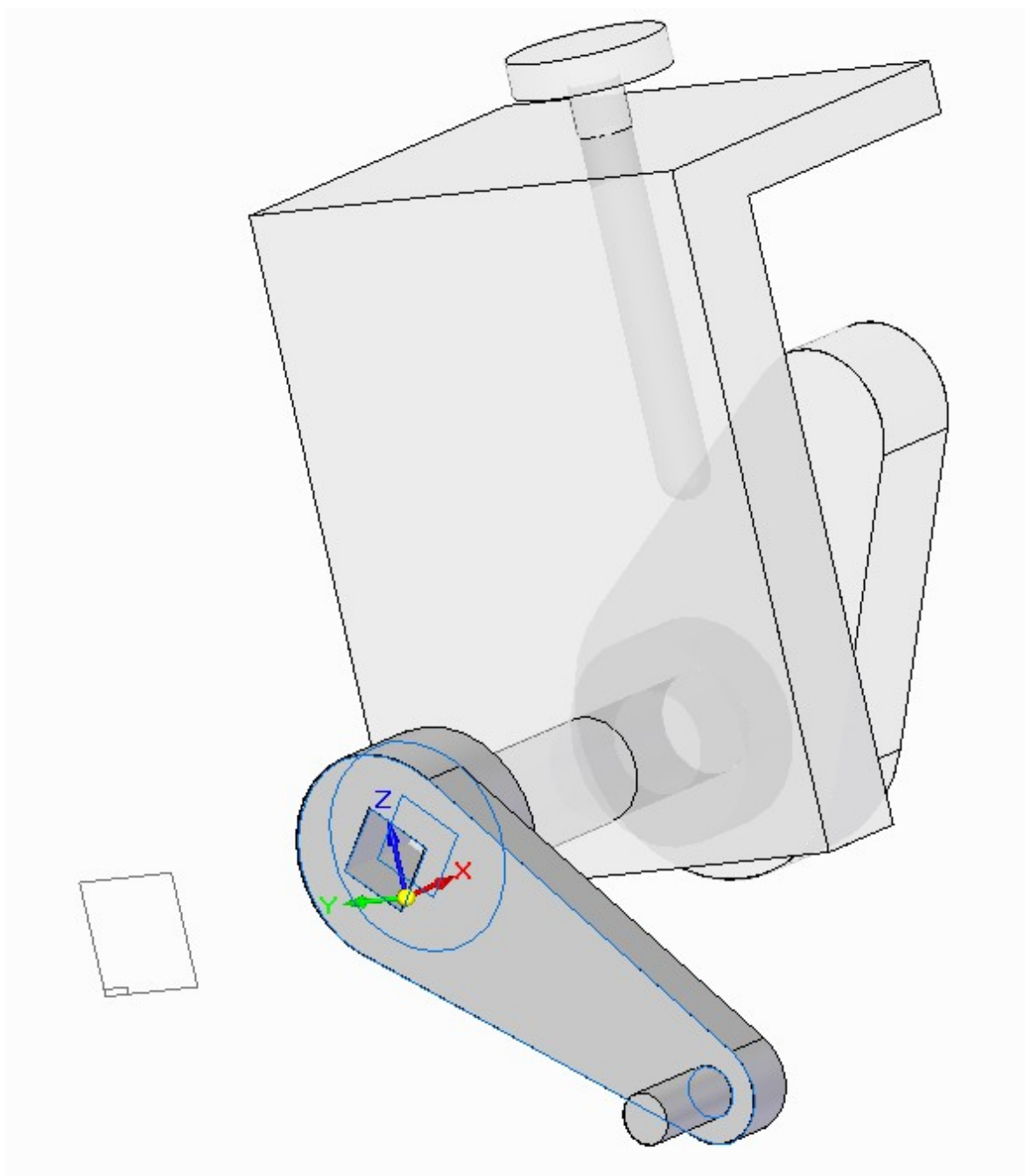
Obr. 39 - Panel Assemble

Create Part In-Place

Tato funkce umožňuje vytvoření nového jedinečného dílu přímo v prostředí sestavy, není třeba přepínat okna mezi sestavou a vytvářeným dílem.

Po spuštění příkazu se vyplní jméno nového dílu do kolonky New file name a potvrdí se tlačítkem Create and edit. Standardně se spustí synchronní tvorba dílů, která se přepne v panelu Tools a záložce Model na Ordered pro klasické modelování se skicami. Poté stačí již využít znalosti z klasické tvorby dílu a přímo v sestavě vytvořit další její díl. Velkou výhodou je, že konstruktér při použití tohoto příkazu přímo vidí a modeluje díl na místě,

kde bude později zavazbený. Tím se zjednodušuje zjištění potřebných rozměrů při návrhu nových dílů.



Obr. 40 - Ukázka práce s Create Part In-Place

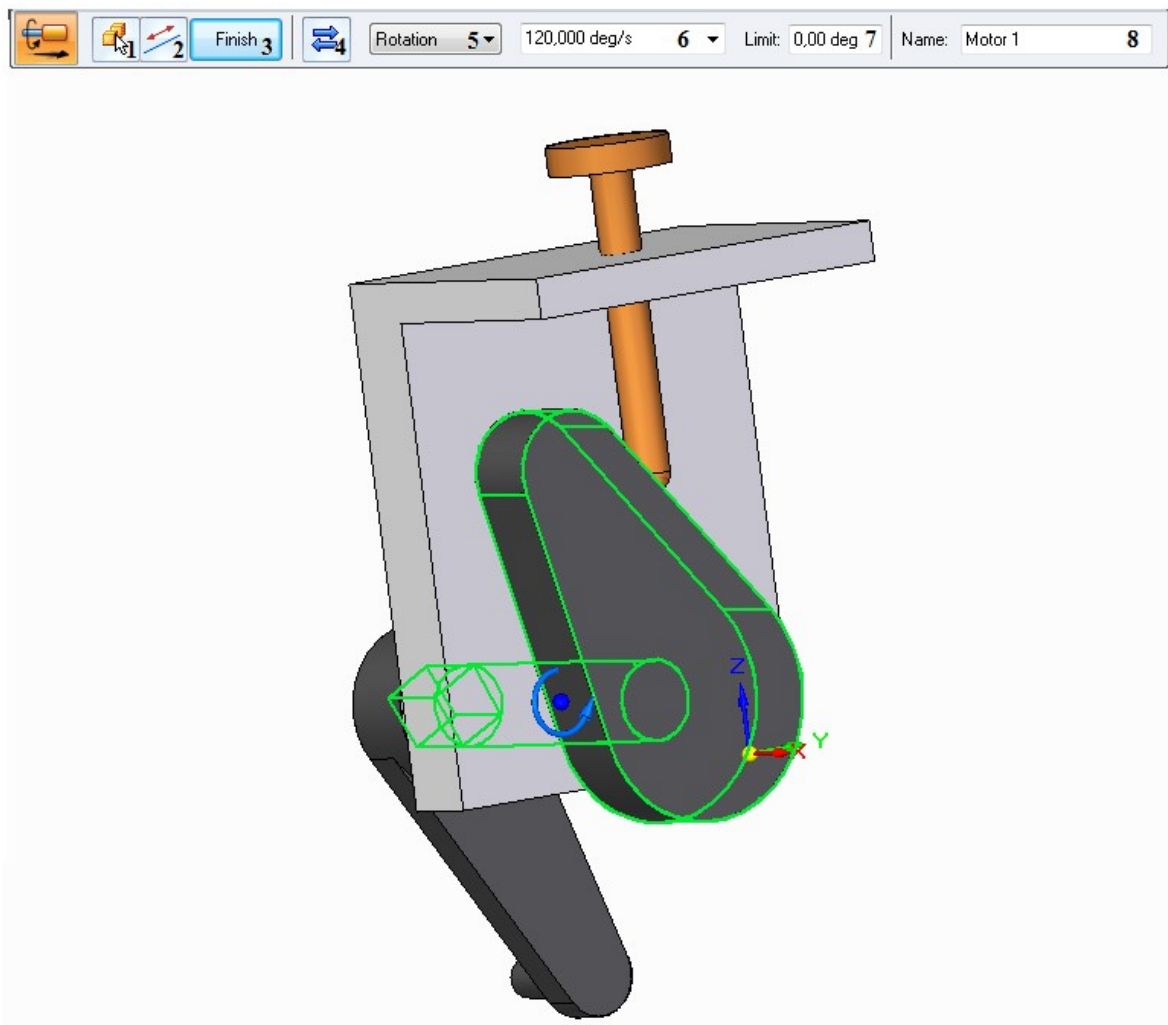
Po vytvoření dílu lze příkaz ukončit pomocí tlačítka Close and Return. Poté je dobré díl zrovna ukotvit vhodnými vazbami v sestavě.

Assemble

Funkce opět tvoří vazby mezi jednotlivými komponenty podobným způsobem, jako funkce v panelu Relate. Tato funkce zrychluje vytváření vazeb mezi komponenty sestavy. Tato funkce je u programu Solid Edge jedinečná, jiné CAD systémy tuto funkci nemají. Funkce zvládá rozpoznat vazby Mate, Planar Align a Axial Align. Tyto vazby zvládají vytvoření téměř všech běžných sestav, takže použití této funkce je velmi vhodné. Po označení součásti, na které chceme vazbu aplikovat, si funkce vybere vhodnou vazbu, dále lze nastavit offset, nebo uzamknutí proti pootočení, které se využívá například u šroubů.

Motor

Funkcí motor nastavíme pohyb součástí, ze kterých se posléze dá vytvořit video funkce, nebo skládání sestavy.



Obr. 41 - Funkce Motor

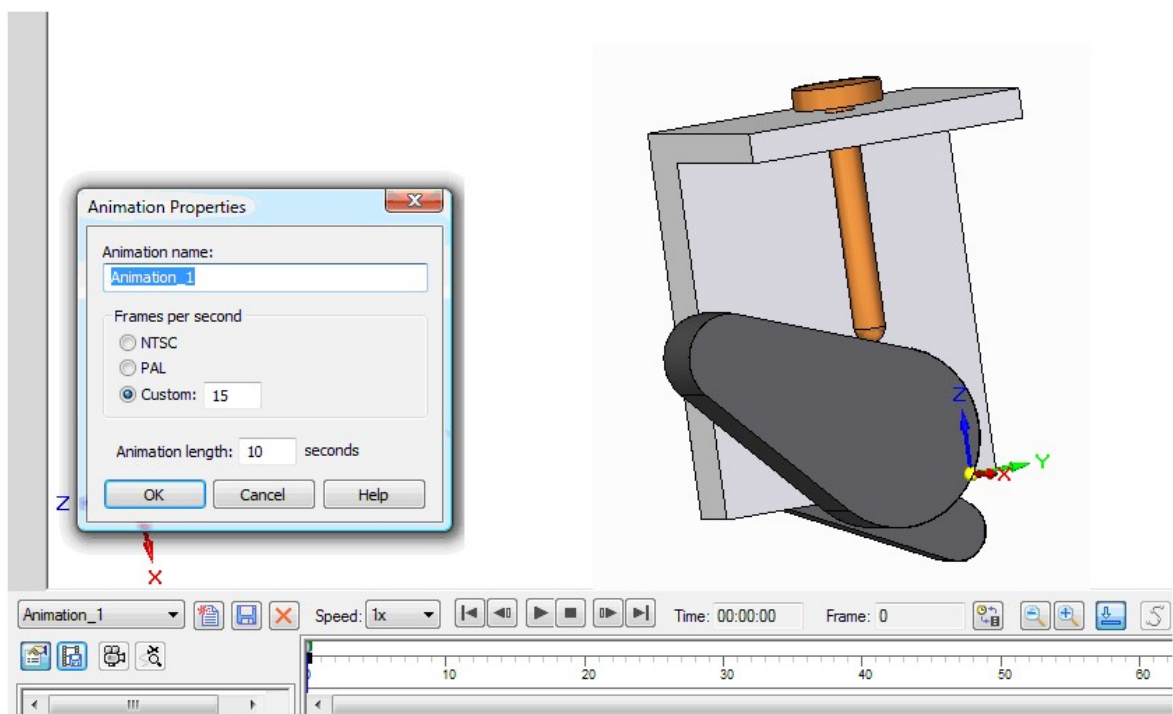
1. Výběr dílu, se kterým chceme pohybovat.

2. Výběr osy pohybu, její směr se poté zobrazí šipkou.
3. Ukončení výběru.
4. Změna směru pohybu.
5. Rozbalovací menu s možností výběru lineárního, či rotačního pohybu.
6. Nastavení rychlosti pohybu.
7. V okně limit se nastavuje vzdálenost, po kterou se bude díl hýbat.
8. Pojmenování funkce Motor.

Po ukončení funkce lze video vytvořit v příkazu Simulate Motor. Ve stromu tím vzniká nová položka Motors.

Simulate Motor

Pokud je správně nadefinována funkce motor, je možné zapnout tlačítko Simulate Motor, které spustí prostředí animace. Po spuštění příkazu se objeví tabulka, ve které vybereme simulace, které chceme použít. Poté se spustí možnosti simulace pohybu.



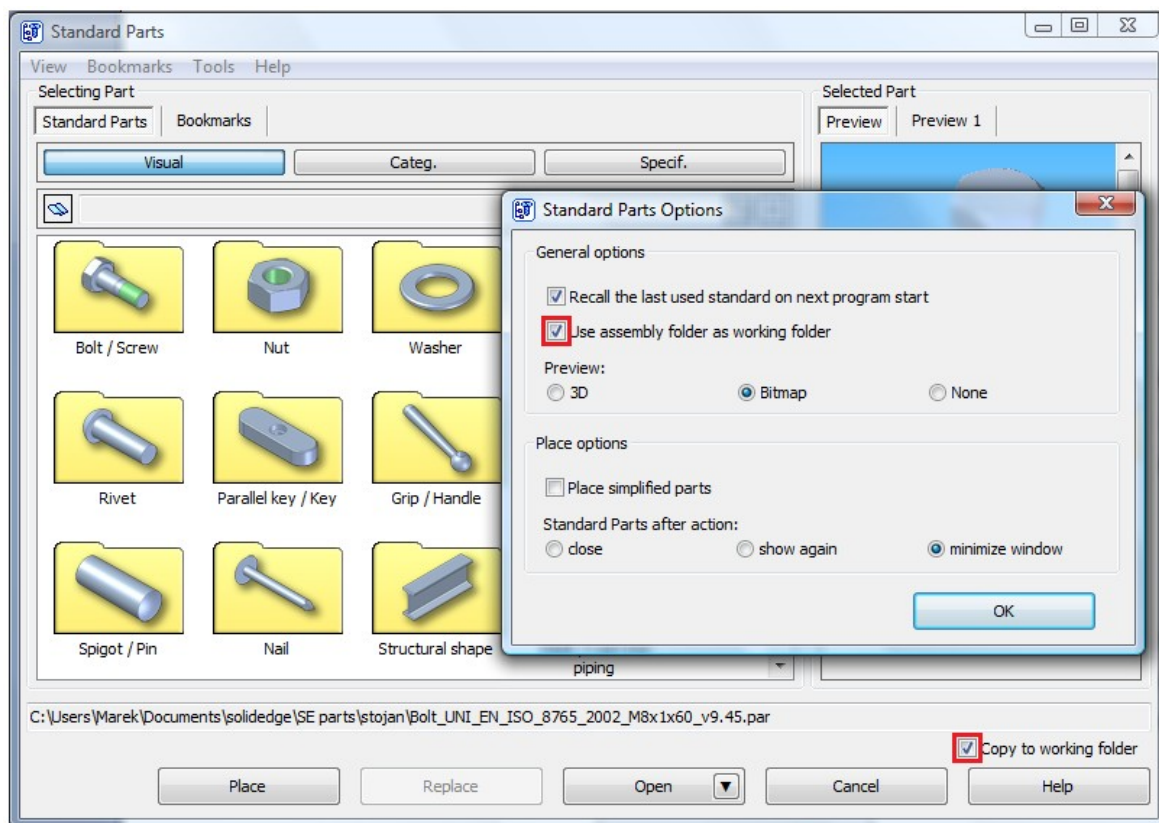
Obr. 42 - Příkaz Simulate Motor

Ve spodní části obrazovky se nachází panel s několika tlačítky a pod ním je časová osa animace. Pomocí tlačítka New Animation se dá vytvořit animace nová - opět se vybírá z tabulky, jako po vyvolání příkazu Simulate Motor. Miniaturou diskety jde animaci uložit, červeným křížkem odstranit. Animaci lze zrychlit, případně zpomalit, tlačítkem Speed. Dále jsou zde tlačítka pro běžnou práci s videem, jako je Go To Start, Previous Frame, Play, Stop, Next Frame a Go To End. Pomocí Toggle Scale je možné přepínat časovou osu z obrazů na sekundy a naopak, její měřítko lze korigovat pomocí lup. Tlačítkem Animation Properties lze animaci pojmenovat, zvolit NTSC, PAL případně vlastní hodnotu snímků za sekundu a délku animace. Animaci lze uložit tlačítkem Save As Movie. Je třeba mít na paměti, že video se tvoří přesně z toho, co je na obrazovce, tudíž je dobré vypnout viditelnost (pomocí show/hide) všech rušivých elementů, jako je například osový kříž. Při ukládání v záložce Options je dobré zvolit odpovídající rozlišení, přednastaveno na 320x240 pixelů, což je z dnešního hlediska naprosto neuspokojující a hodnotu zvolit minimálně o řád vyšší. Pomocí kodeků lze také nastavit kompresi, aby vygenerované video nezabíralo příliš mnoho místa na pevném disku. Video se vytvoří ve formátu avi., což je běžný, pro dnešní přehrávače bezproblémový formát.

3.6 Vkládání normalizovaných dílů

Jelikož by bylo naprosto nemyslitelné modelovat díly, které jsou běžné a potřebné ve většině strojních sestav, program Solid Edge nabízí rozsáhlou knihovnu normalizovaných dílů, jako jsou šrouby, matice, podložky, ložiska, čepy atd., které jdou vygenerovat pomocí pár kliků za zlomek času, potřebného k jejich vymodelování.

Pro otevření knihovny dílů se v nabídce Parts Library vybere možnost Standard Parts. Ještě před otevřením se musí sestava uložit. Poté je dobré nastavit umístění pro uložené standardní díly, protože jinak se budou ukládat do přednastaveného adresáře a při případném spuštění na jiném počítači se v sestavě nezobrazí. V nabídce Tools se vybere možnost Options. Tuto nabídku lze také vyvolat pomocí klávesové zkratky Ctrl+Shift+F.



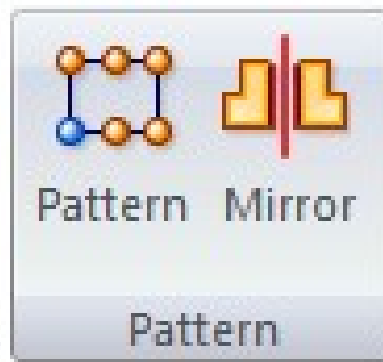
Obr. 43 - Nastavení knihovny normalizovaných dílů

Poté stačí aktivovat tlačítka podle Obr. 42, které jsou označeny červeným čtverečkem a nastavení se zkontroluje v řádku, který píše cestu k složce sestavy.

Po tomto nastavení lze vkládat požadované normalizované díly, nejdříve se vybere díl, nastaví se jeho rozměry a nakonec se vloží tlačítkem Place.

3.7 Vkládání více dílů a zrcadlení

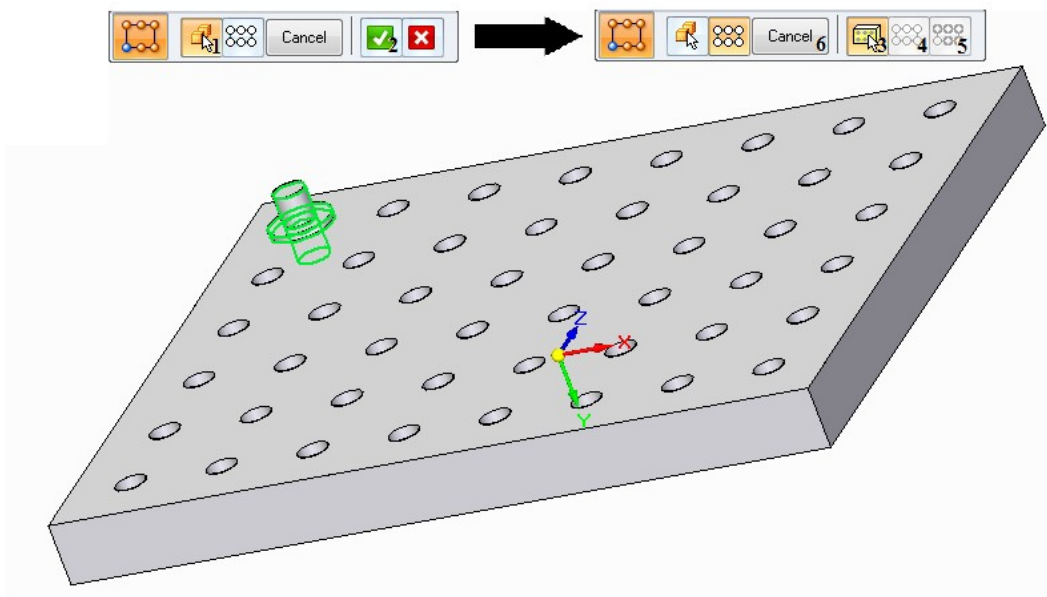
Pokud je potřeba vložit více než jeden díl, jako je například šroub do pole děr, není příliš časově ideální vkládat jeden šroub po druhém. Pokud je sestava zrcadlově shodná, není potřeba vytvářet obě její strany, ale pouze jednu a tu jednoduše zrcadlově překlópit. Proto program Solid Edge obsahuje panel Pattern, který tyto funkce obsahuje.



Obr. 44 - Panel Pattern

Pattern

Pro použití funkce Pattern je nezbytné, aby bylo na dílu vytvořeno pole. Toho lze dosáhnout buď přímo vytvořením pole kupříkladu děr, nebo vytvoření skici přímo v sestavě, pokud nejsou vytvořeny díry přímo pomocí pole. Pro první příklad je zde uvedeno jednoduché, již vytvořené pole děr a jako druhý složitější případ s nutností vytvoření pole.

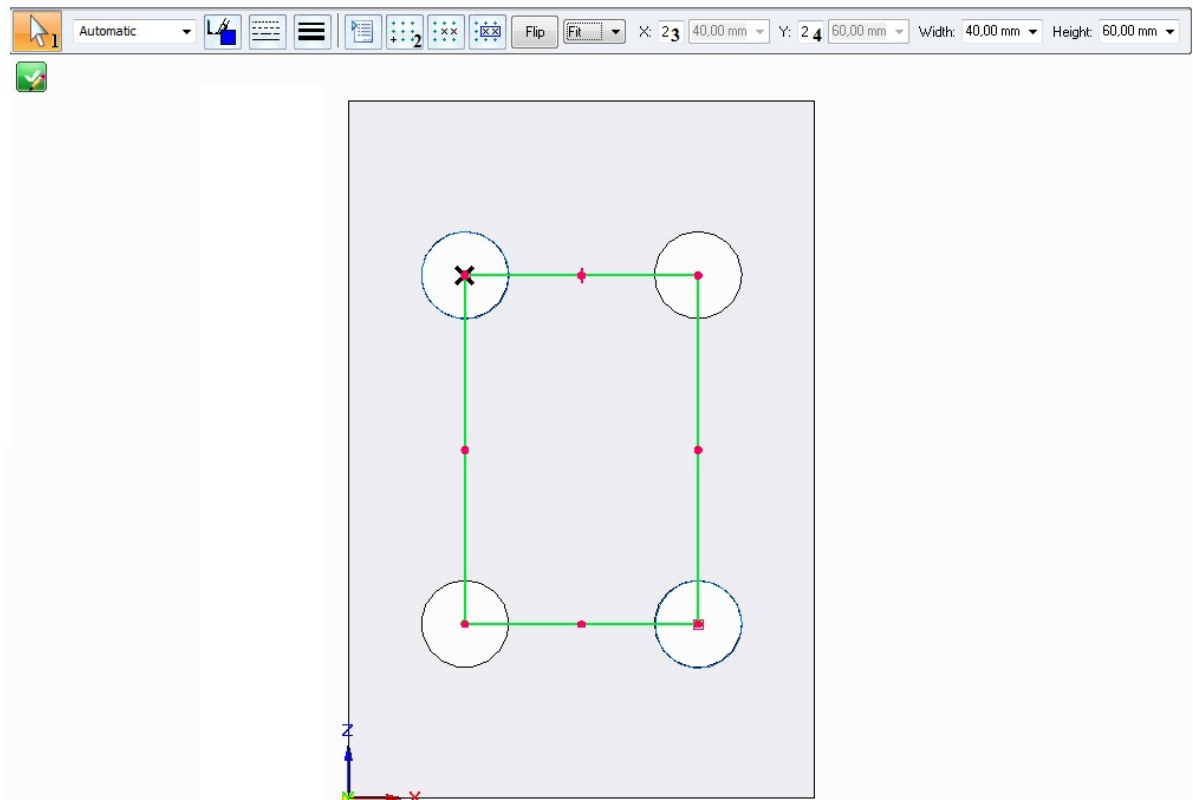


Obr. 45 - Funkce Pattern

1. Výběr dílu, který se má kopírovat a rozmístit do požadovaných pozic.
2. Výběr potvrdíme zeleným tlačítkem, tím se změní vzhled panelu na takový, který je znázorněn za černou šipkou.
3. Výběr součásti, v tomto případě desky, na které se bude příkaz používat.
4. Výběr pole, v tomto případě pole otvorů.

5. Výběr referenčního bodu, referenční bod určuje, od kterého otvoru se budou díly vkládat.
6. Tlačítko Cancel se změní na Finish, kterým tuto funkci potvrdíme.

Pole které je vytvořeno jinak než funkcí Pattern v tvorbě dílů, se nejdříve musí nadefinovat pomocí skici. Po spuštění příkazu skica se nejdřív vybere rovina na dílu, ve které chceme vytvořit pole. Poté se díl přepne do skicáře. Protože na dílu nejsou hrany aktivní a nelze je uchytit, je nejprve třeba v panelu Draw pomocí funkce Include hrany promítnout. Po promítnutí hran lze již začít se samotným polem. Nejdříve se v panelu Features zvolí požadovaný tvar pole.



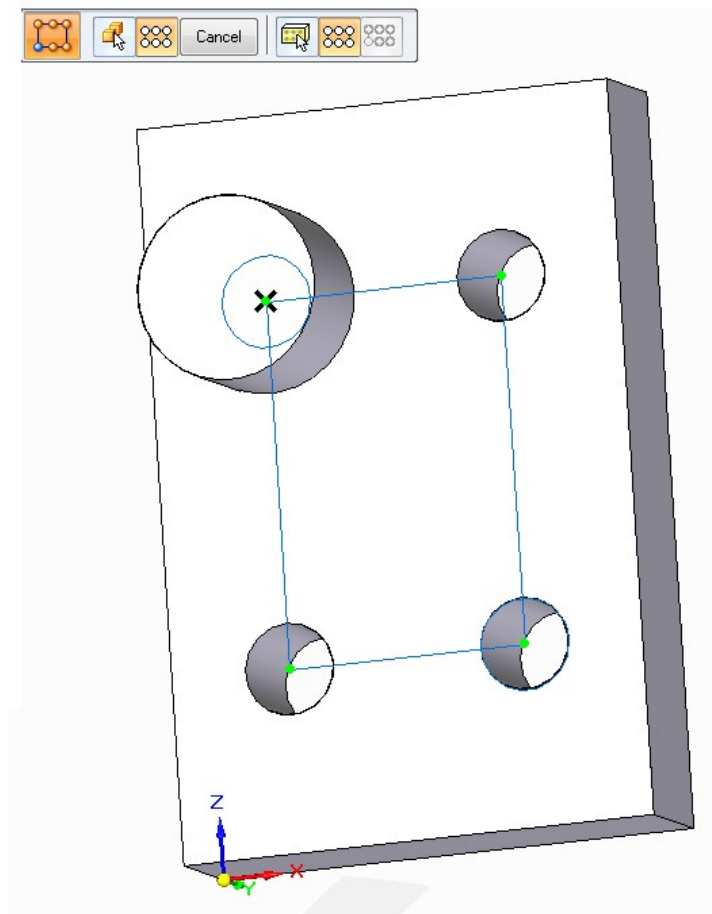
Obr. 46 - Tvorba pole

Je zde velmi jednoduchý příklad pro vytvoření pole na deskové součásti

1. V první řadě se vybere první bod pole a následně poslední, vytvoří se zelený obdélník, který pole znázorňuje.
2. Černý křížek označuje referenční bod, lze ho pomocí tohoto tlačítka přemístit, automaticky se vkládá do prvního bodu, který se vybere při definici pole v bodě 1.

3. Počet bodů pole v ose x.
4. Počet bodů pole v ose y.

Takto definované pole ve skici poté můžeme použít u funkce Pattern. Do jeho bodů se budou vkládat zvolené díly. Do prvního otvoru se vloží požadovaný díl, v tomto případě čep a spustí se příkaz Pattern.

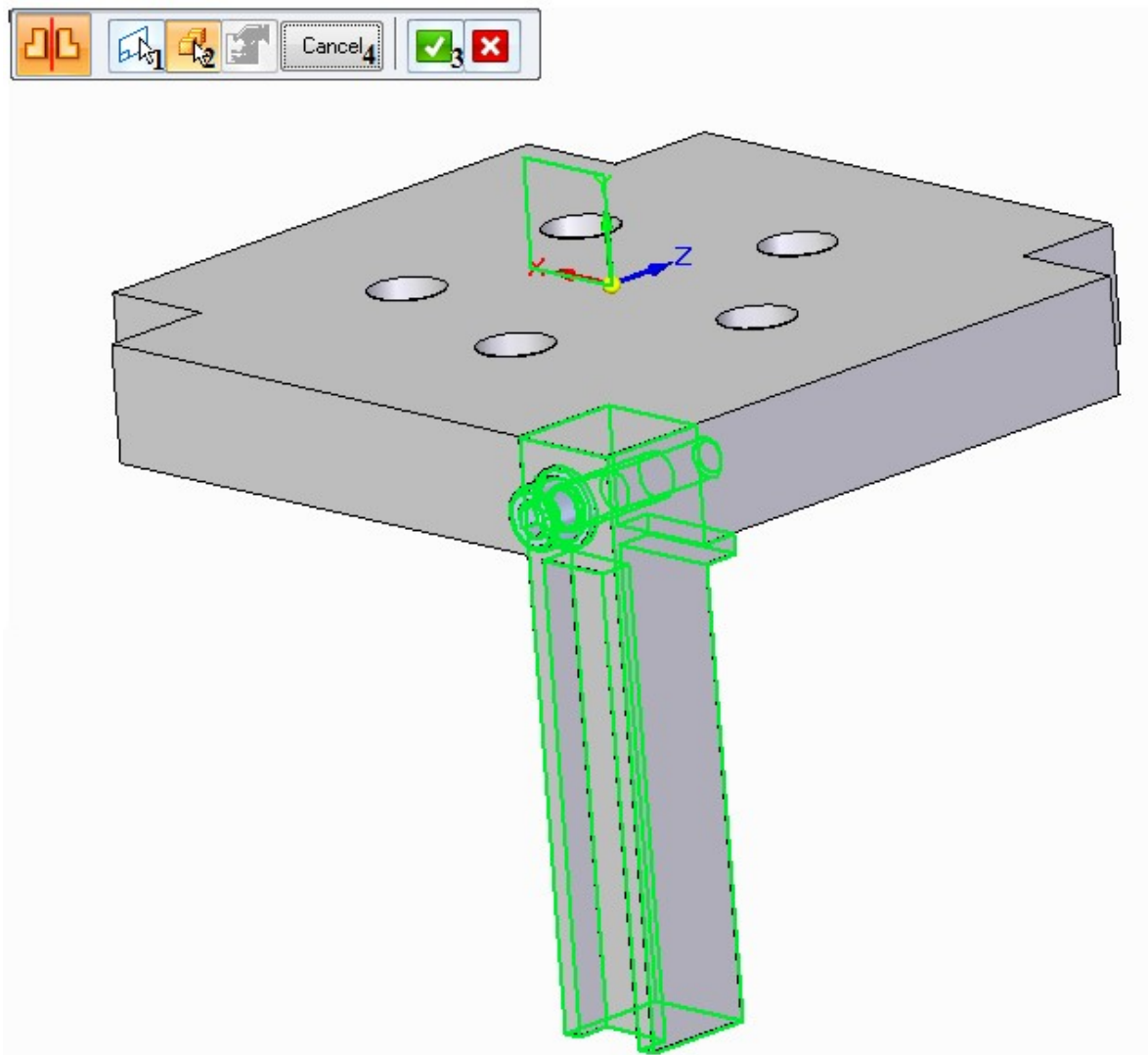


Obr. 47 - Funkce Pattern pomocí skici

Příkaz funguje naprosto stejně jako předešlý ukázkový příklad, akorát se místo pole děr vybere přímo skica. Toto řešení je ovšem celkově zdlouhavější a je možné se v něm dopustit chyb, které se u klasického použití příkazu nestanou.

Mirror

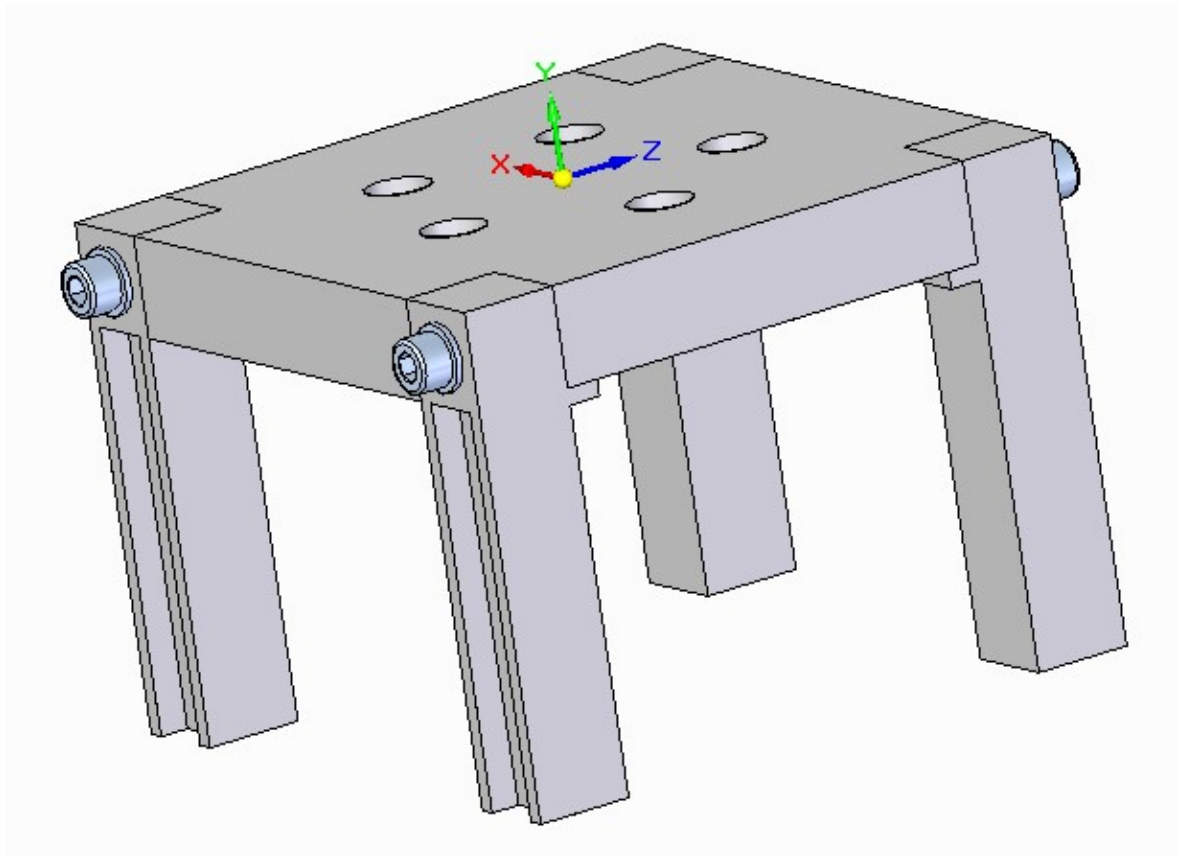
Zrcadlení se využívá u součástí, které jsou zrcadlově překlopené okolo středu dílu. Není tudíž potřeba vkládat díly na všechny pozice, ale pouze je jednoduše otočit kolem roviny.



Obr. 48 - Mirror

1. Výběr roviny, kolem které se bude zrcadlit.
2. Výběr dílů, které se budou zrcadlit.
3. Potvrzení vybraných dílů, objeví se tabulka ve které stačí zmáčknout OK.
4. Tlačítko Cancel se změní na Finish, kterým se příkaz potvrdí.

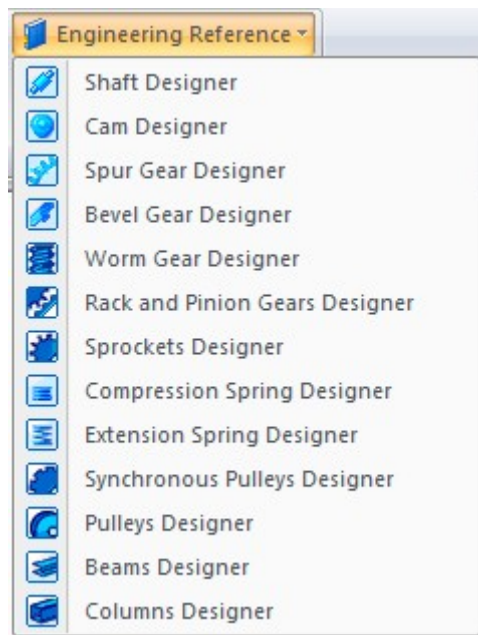
Tímto způsobem se vytvoří noha se šroubem na jedné polovině stojanu. Stejným postupem lze doplnit nohy i na druhé straně.



Obr. 49 - Ukázka funkce Mirror

3.8 Generování strojních dílů

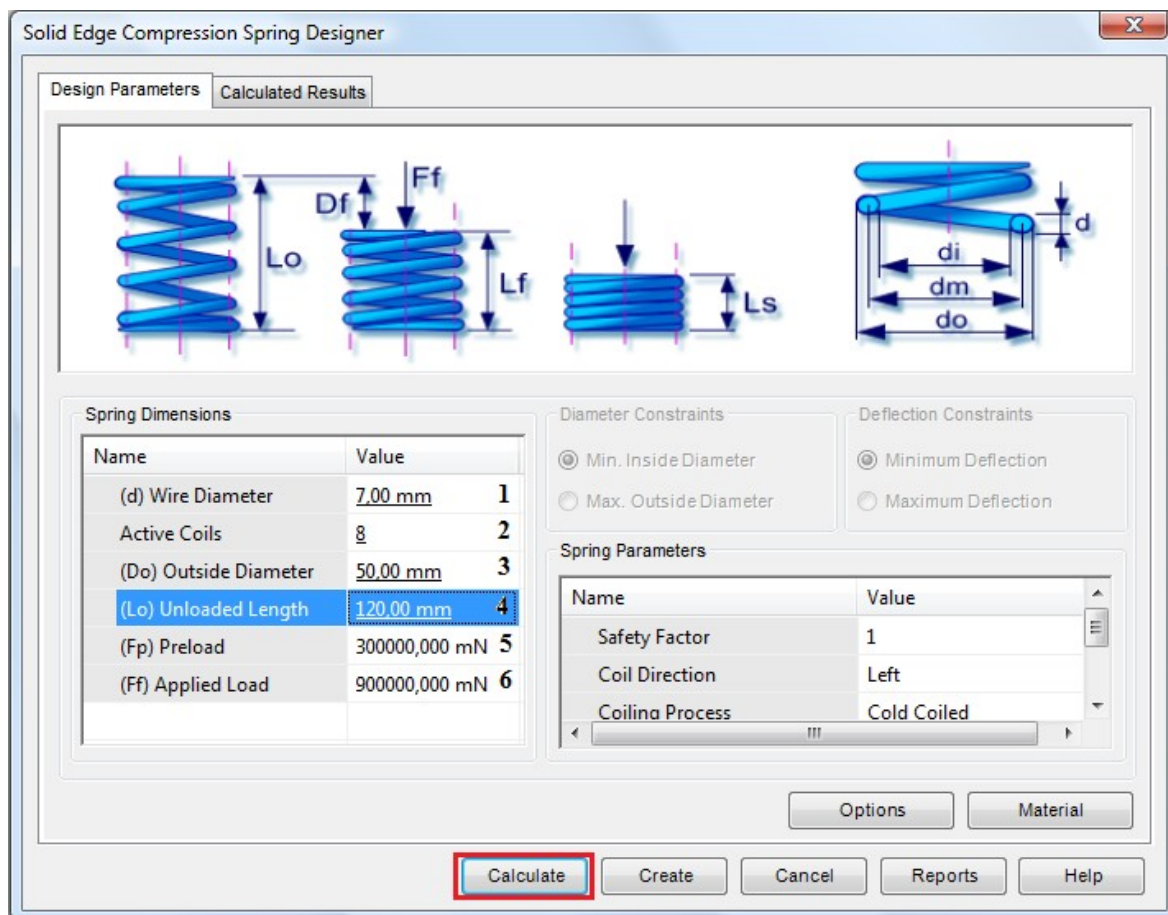
Solid Edge nabízí velmi zajímavou funkci, která zvládá vygenerovat spoustu běžných strojních dílů přímo v prostředí sestavy za minimální čas. Stačí si otevřít příkaz Engineering Reference, který je buď v panelu na levé straně obrazovky, nebo je umístěn v záložce Tools a panelu Environs.



Obr. 50 - Engineering Reference

Jak je patrné z obrázku, lze v Solid Edge jednoduše vytvořit hřídele, vačky, ozubená kola, kuželové soukolí, šnekové soukolí, hřebenové soukolí, převodové kola, pružiny tlačné i tažné, různé kladky a nebo nosníky. Práce s příkazem je velmi jednoduchá, stačí vyplnit požadované rozměry a program sám vygeneruje zadaný díl. Pro ukázkou je zde předvedeno vygenerování tlačné pružiny.

V první řadě je třeba si sestavu uložit a poté spustit v příkazu Engineering Reference možnost Compression Spring Designer.



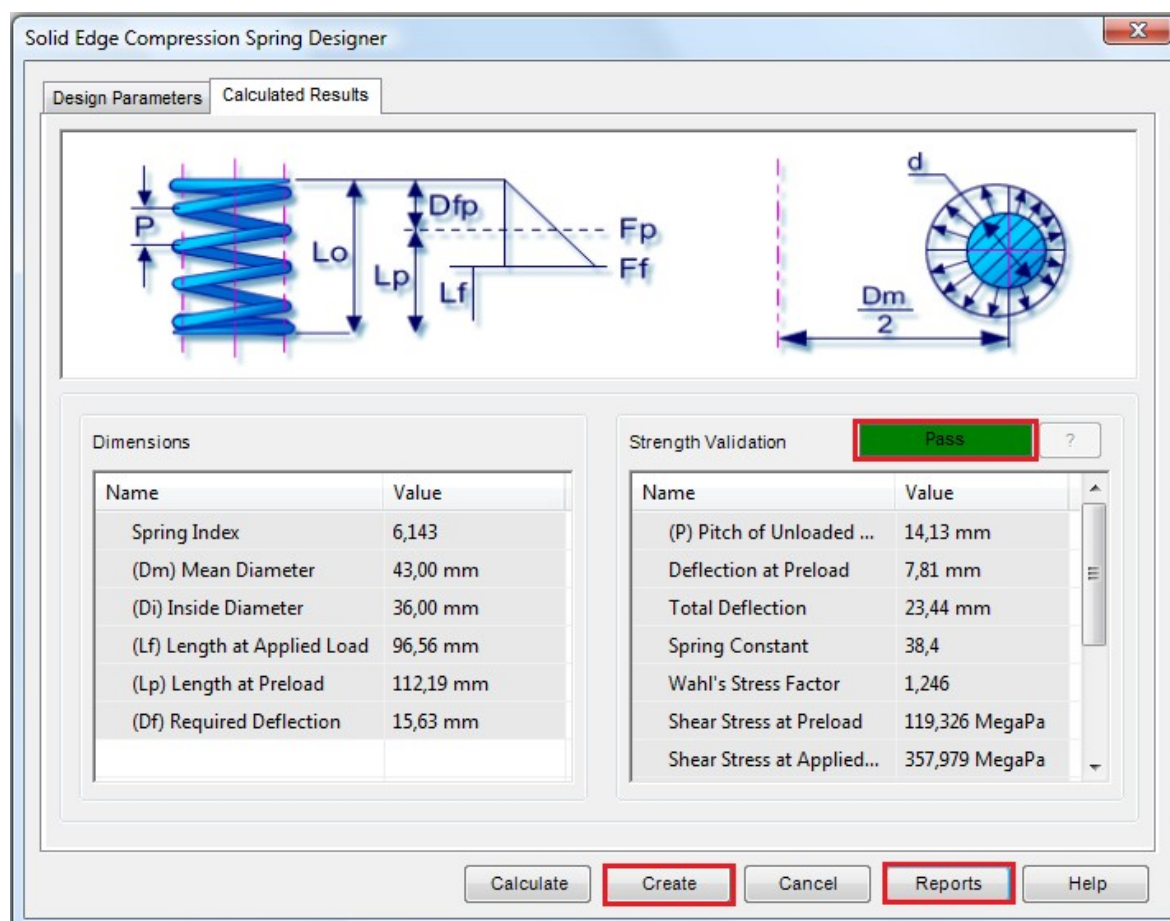
Obr. 51 - Ukázka vygenerování tlačné pružiny

Při generování jiných dílů jsou samozřejmě tabulky a jejich hodnoty jiné, ale jsou velmi názorné. U pružiny volíme tyto parametry

1. Průměr drátu pružiny.
2. Aktivní závity pružiny.
3. Vnější průměr pružiny.
4. Nezatížená délka pružiny.
5. Zatížení předepnuté pružiny.
6. Plné zatížení pružiny.

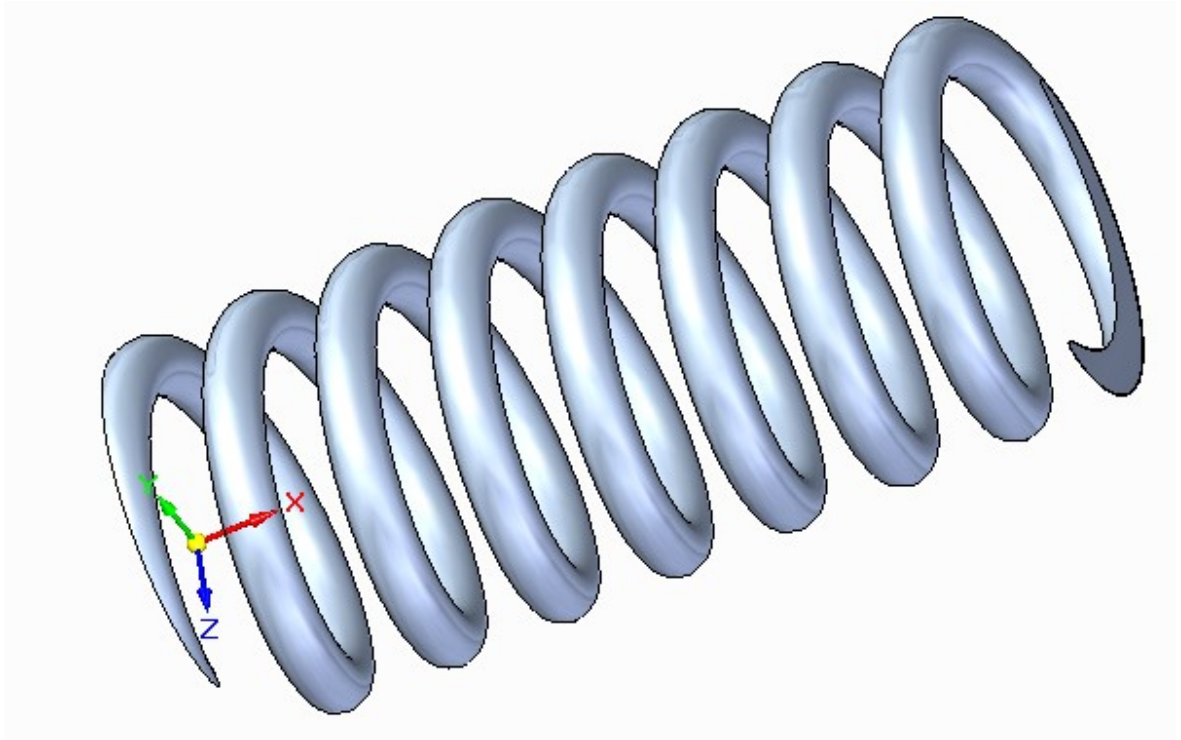
Dále lze nastavit bezpečnost výpočtu - velikost součinitele, směr vinutí závitů, zda bude pružina vytvořena za studena nebo za tepla a zakončení pružiny.

Po nastavení parametrů se klikne na tlačítko Calculate a program Solid Edge vypočítá pružinu a vyhodnotí, zda pružina vyhovuje.



Obr. 52 - Ukázka generování tlačné pružiny

Pokud svítí zeleně Pass, je pružina v pořádku a lze ji bez problému vytvořit pomocí tlačítka Create. Pokud svítí červeně Fail, musí se některé parametry pružiny upravit. Tlačítko Reports dokáže exportovat důležité veličiny pružiny do textového souboru, který se následně uloží na pevný disk. Po stisknutí tlačítka Create se spustí tabulka, zde lze vybrat zda se má vytvořit pružina v předepnuté délce nebo plně zatížená, po výběru se zmáčkne tlačítko Generate a tím se vytvoří pružina, pro kterou se ještě před vygenerováním musí nastavit místo, kde se uloží.



Obr. 53 - Vygenerovaná pružina

Tímto jednoduchým způsobem lze vytvořit všechny výše jmenované díly. Jak je z příkazu jasně vidět, je jejich tvorba otázkou pár vteřin, samotným modelováním by to trvalo mnohonásobně delší dobu.

ZÁVĚR

V teoretické části bakalářské práce je popsána základní problematika CAD systémů. Jsou zde vysvětleny základní pojmy, jako jsou zkratky v CA aplikacích, mezi které patří CAD, CAM atd. a dále rozdělení středních CAD systémů, mezi které je zde zařazen Solid Edge, Autodesk Inventor a T-Flex. Práce obsahuje jejich vzájemné porovnání s ostatními programy. S těmito programy se lze setkat v praxi a proto je takové malé srovnání důležitým faktorem při rozhodování, jaký z nich ke své práci používat. U každého programu je poukázáno na jeho hlavní výhody a nevýhody a také jsou zde předvedeny ukázky práce v každém z porovnávaných programů.

V praktické části je pak popsán program Solid Edge a to hlavně tvorba sestav. Je zde také uvedeno velké množství nastavení, ať už přímo pohledů, nebo novinka u verze ST3, kterou je rychlý výběr v radiálním menu. Nejdůležitější a nejrozsáhlejší částí je tvorba vazeb, bez kterých se žádná sestava neobejde. Všechny důležité vazby jsou dopodrobna rozepsány i s ukázkami za pomoci obrázků přímo z programu. Dále se práce zabývá vkládáním normalizovaných dílů z knihovny a generování běžných strojních dílů, kde jsou všechny důležité kroky popsány. Jedna z částí se také věnuje tvorbě pohyblivého videa sestavy, které lze následně uložit na pevný disk a poté jej použít jako prezentaci budoucího výrobku, bez nutnosti jeho výroby. Výsledkem práce jsou potom praktické ukázky v prostředí sestav programu Solid Edge, které jsou možné stáhnout z internetových stránek Ústavu výrobního inženýrství.

Závěrem bych chtěl ještě vyzdvihnout několik výhod u programu Solid Edge a to jeho uživatelskou přívětivost, možnost přímo v tvorbě sestav přejít do skicáře a upravit tvar a rozměry dílu, dále přehlednost menu a jeho logicky seřazené funkce s pěknou a názornou grafikou. Zajímavostí u programu je též možnost automatického vkládání vazeb, kdy program sám rozpozná jednu ze tří základních vazeb, což je zarovnání ploch proti sobě, zarovnání ploch souhlasně a zarovnání os součástí. S touto pomůckou lze složit velkou část sestav a zkrátí se tím potřebný čas k jejich tvorbě. Samozřejmostí je knihovna normalizovaných součástí, kde se používají hlavně šrouby, matice, podložky nebo ložiska. Další specialitou tohoto programu je možnost generování strojních dílů, jako jsou různé ozubené kola, pružiny, vačky atd., což opět urychluje v praxi čas potřebný k vytvoření kompletní sestavy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VOŠ a SPŠ elektrotechnická Františka Křižíka [online]. 2004 [cit. 2011-02-15]. CA technologie. Dostupné z WWW: <<http://www.vosaspsekrizik.cz/cs/download/studium/sps/vyp-technika/acad.pdf>>.
- [2] STADCO [online]. 2006 [cit. 2011-02-14]. Computer aided engineering. Dostupné z WWW: <<http://www.stadco.co.in/engineering/cae>>.
- [3] ŠIŠKA, L. *Elektronické podklady pro výuku tvorby sestav v Inventoru*. Zlín, 2006. 60 s. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně.
- [4] ROWE, J. *Cadalyst* [online]. 2009 [cit. 2011-02-15]. Software review : Solid Edge ST. Dostupné z WWW: <<http://www.cadalyst.com/manufacturing/software-review-solid-edge-st-part-2-11264>>.
- [5] GREGOR, J. *SoliCAD.com* [online]. 2007 [cit. 2011-02-15]. T-Flex : Alternativa k známějším CAD aplikacím . Dostupné z WWW: <www.solicad.com/CZ/clanek/tflex--alternativa-k-znamejsim-cad-aplikacim-34>.
- [6] FOŘT, P.; KLETEČKA, J. *DesignTech* [online]. 2005 [cit. 2011-02-15]. Navrhujeme v Inventoru, 1. díl - Adaptivní modelování. Dostupné z WWW: <<http://www.designtech.cz/c/cad/navrhujeme-v-inventoru--1--dil---uvod.htm>>.
- [7] FOŘT, P.; KLETEČKA, J. *Adaptivní modelování v praxi*. Brno : Computer Press, 2004. 272 s. ISBN 80-251-0389-7.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CAD Computer aided design - počítačem podporované konstruování

CA Computer aided - počítačová podpora

CAM Computer aided manufacturing - přímé řízení výroby počítačem

CAE Computer aided engineering - počítačová podpora inženýrských prací

FEM Finite Element Method - metoda konečných prvků

CAQ Computer aided quality - počítačem podporovaná kontrola kvality

PDM Product data management - správa dat o produktu

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 - Rozvoj rýsování</i>	12
<i>Obr. 2 - Používané zkratky [1]</i>	14
<i>Obr. 3 - Počítačová podpora inženýrských prací [2]</i>	15
<i>Obr. 4 - Struktura podniku [3]</i>	16
<i>Obr. 5 - Ukázka práce v programu Inventor</i>	18
<i>Obr. 6 - Ukázka práce v programu Solid Edge</i>	19
<i>Obr. 7 - Ukázka práce v programu T-Flex[5]</i>	20
<i>Obr. 8 - Souřadné systémy[3]</i>	21
<i>Obr. 9 - Adaptivní modelování [6]</i>	22
<i>Obr. 10 - Základní okno po spuštění</i>	24
<i>Obr. 11 - Základní pracovní prostředí</i>	25
<i>Obr. 12 - Panel Orient</i>	26
<i>Obr. 13 - Radiální menu</i>	27
<i>Obr. 14 - Panel Modify</i>	27
<i>Obr. 15 - Analysis Options</i>	28
<i>Obr. 16 - Drag Component</i>	28
<i>Obr. 17 - Move Options</i>	29
<i>Obr. 18 - Move Components</i>	29
<i>Obr. 19 - Strom sestavy</i>	30
<i>Obr. 20 - Panel Select</i>	31
<i>Obr. 21 - Panel Style</i>	32
<i>Obr. 22 - Knihovna dílů</i>	33
<i>Obr. 23 - Panel Relate</i>	34
<i>Obr. 24 - Mate</i>	35
<i>Obr. 25 - Ukázka funkce Mate</i>	36
<i>Obr. 26 - Planar Align</i>	37
<i>Obr. 27 - Ukázka funkce Planar Align</i>	38
<i>Obr. 28 - Axial Align</i>	39
<i>Obr. 29 - Ukázka funkce Axial Align</i>	39
<i>Obr. 30 - Insert</i>	40
<i>Obr. 31 - Ukázka funkce Insert</i>	41

<i>Obr. 32 - Connect</i>	42
<i>Obr. 33 - Ukázka funkce Connect</i>	43
<i>Obr. 34 - Angle</i>	44
<i>Obr. 35 - Ukázka použití vazby Angle</i>	45
<i>Obr. 36 - Cam</i>	46
<i>Obr. 37 - ukázka funkce vačka</i>	47
<i>Obr. 38 - Gear</i>	48
<i>Obr. 39 - Panel Assemble</i>	49
<i>Obr. 40 - Ukázka práce s Create Part In-Place</i>	50
<i>Obr. 41 - Funkce Motor</i>	51
<i>Obr. 42 - Příkaz Simulate Motor</i>	52
<i>Obr. 43 - Nastavení knihovny normalizovaných dílů</i>	54
<i>Obr. 44 - Panel Pattern</i>	55
<i>Obr. 45 - Funkce Pattern</i>	55
<i>Obr. 46 - Tvorba pole</i>	56
<i>Obr. 47 - Funkce Pattern pomocí skici</i>	57
<i>Obr. 48 - Mirror</i>	58
<i>Obr. 49 - Ukázka funkce Mirror</i>	59
<i>Obr. 50 - Engineering Reference</i>	60
<i>Obr. 51 - Ukázka vygenerování tlačné pružiny</i>	61
<i>Obr. 52 - Ukázka generování tlačné pružiny</i>	62
<i>Obr. 53 - Vygenerovaná pružina</i>	63

SEZNAM PŘÍLOH

PI Webové stránky dostupné na <http://uvi.ft.utb.cz>.

PII CD s elektronickou verzí práce.