

Studium využití programu Catia pro tvorbu vstřikovacích forem

Jaroslav Krpal

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jaroslav KRPAL

Osobní číslo: T09438

Studijní program: B 3909 Procesní inženýrství

Studijní obor: Technologická zařízení

**Téma práce: Studium využití programu Catia pro tvorbu
vstříkovacích forem.**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracování literární studie zaměřené na téma bakalářské práce**
- 2. Zpracování ovládání a možností zadaných částí programu**
- 3. Vypracování postupů používání daných modulů**
- 4. Tvorba modelových příkladů**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Luboš Rokyta

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

13. února 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

25. května 2012

Ve Zlíně dne 8. února 2012



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním 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 obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl jsem seznámen s tím, že na moji 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – 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 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 bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem 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 17. 5. 2012



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 nevydávěčně 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 nezahnuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užíje-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 užit 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 výdělků 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 přihlíží k výši výdělků dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá studiem využití programu CATIA pro tvorbu vstříkovačích forem. Práce obsahuje stručný popis nejpoužívanějších funkcí pro vytvoření dělicí roviny a vytvoření ploch tvárníku a tvárnice v modulu Core and Cavity Design. V další části se zabývám tvorbou samotné formy v modulu Mold Tooling Design se všemi náležitostmi. Tyto informace jsou doplněny modelovými příklady.

Klíčová slova: CATIA, Core and Cavity Design, Mold Tooling Design, vstříkovací forma

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the study of using the program CATIA for making injection molds. It contains a brief description of the most common functions for making divided planes and making cores and cavities in moduls Core and Cavity Design. In the next part I deal with the creation of an actual mold in modul Mold Tooling Design with all the requirements. This information is supported by given examples.

Keywords: CATIA, Core and Cavity Design, Mold Tooling Design, injection mold

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Luboši Rokytovi za cenné rady, jeho čas, připomínky a vedení práce. Dále chci poděkovat rodičům za psychickou i finanční podporu při studiu.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 OBECNĚ O PROGRAMU CATIA V5	12
1.1 INTEGROVANÝ CAX SYSTÉM CATIA V5	13
1.1.1 Mechanical Design Solution (Mechanická konstrukce)	14
1.1.2 Analysis Solution (Inženýrské analýzy).....	15
1.1.3 Equipment and System Engineering Solution (Vnitřní zařízení a systémy)	15
1.1.4 Machining (NC obrábění)	16
1.1.5 Product Synthesis (Syntéza produktu)	17
1.1.6 Shape Design & Styling Solution (Tvarování a styling).....	18
1.1.7 Infrastructure Solution (Infrastruktura systému).....	19
2 HISTORIE MODELOVACÍCH PROGRAMŮ	20
2.1 OBDOBÍ OD ROKU 1950 DO ROKU 1970	20
2.2 OBDOBÍ OD ROKU 1970 DO ROKU 1980	21
2.3 OBDOBÍ OD ROKU 1980 DO ROKU 1990	21
2.4 OBDOBÍ OD ROKU 1990 DO ROKU 2000	23
2.5 OBDOBÍ OD ROKU 2000 DO SOUČASNOSTI	25
3 VYBRANÉ APLIKACE MODULU MECHANICAL DESIGN	27
3.1 SKETCHER	27
3.2 PART DESIGN	28
3.3 ASSEMBLY DESIGN	28
3.4 DRAFTING	29
3.5 MOLD TOOLING DESIGN	30
3.6 CORE AND CAVITY DESIGN	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	33
5 CATIA	34
5.1 UŽIVATELSKÉ PROSTŘEDÍ CATIA.....	34
5.2 MANIPULACE S OBJEKTY V PROSTŘEDÍ CATIA.....	38
6 MODUL CORE AND CAVITY DESIGN	40
6.1 NÁSTROJOVÝ PANEĽ PULLING DIRECTION	41
6.2 NÁSTROJOVÉ PANEĽY SURFACES A OPERATIONS	42
7 MODUL MOLD TOOLING DESIGN	44
7.1 HASCO DAKO MODUL.....	44
7.2 NÁSTROJOVÉ PANEĽY MODULU MOLD TOOLING DESIGN.....	45
7.3 VKLÁDÁNÍ NORMALIZOVANÝCH SOUČÁSTÍ.....	49
ZÁVĚR	53
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	54
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	56
SEZNAM OBRÁZKŮ	57

SEZNAM PŘÍLOH.....	59
---------------------------	-----------

ÚVOD

Lidé mají stále větší nároky na kvalitu výrobků a dnešní moderní výrobní centra jim umožňují, díky vývoji počítačové techniky a samotných programů, tuto potřebu zajistit. Počátky vývoje CAD programů se datují na konec 60. let, kdy se velké automobilové, a především letecké společnosti snažily najít nové alternativy vývoje a výroby pro upevnění pozice na trhu a také zvýšení své konkurenceschopnosti. Nároky programů na techniku posouvaly také vývoj počítačové techniky, kde se postupně z velkých sálových počítačů stávali menší i výkonnější. Vývoj počítačové techniky a snížení finančních nároků na jejich pořízení nám umožňuje, že si v dnešní době můžeme téměř veškerý modelářský software pustit na stolním počítači.

Teoretická část této práce bude zpracována na základě literární rešerše, která bude pojednávat o programu Catia V5, jeho platformách, či o CAx systému Catia V5. Součástí této teoretické části bude také historický vývoj CAD programů. Budou zde také vybrány a popsány aplikace modulu Mechanical Design.

V další části bude popsán samotný modelovací program CATIA od francouzské firmy Dassault Systemes. CATIA disponuje veškerými funkcemi pro širokou oblast průmyslu pro návrh, analýzu a samotnou výrobu výrobku, proto je samotný program CATIA velmi důležitý. V navazující části budou popsány nejpoužívanější aplikace pro mechanickou konstrukci v automobilovém, leteckém a strojírenském průmyslu.

V praktické části se bude zabývat základním popisem funkcí a orientací v programu CATIA V5R18. Dále popisem prostředí pro tvorbu ploch tvárníku a tvárnice v modulu Core and Cavi-ty Design. Popis prostředí pro tvorbu vstříkovací formy v modulu Mold Tooling Design bude popsán v další kapitole.

Tuto bakalářskou práci budou dotvářet přílohy, kdy jedna bude obsahovat návod na tvorbu ploch tvárníku a tvárnice v modulu Core and Cavity Design na modelovém příkladu. Druhá příloha bude zaměřena na vytvoření vstříkovací formy v modulu Mold Tooling Design.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OBECNĚ O PROGRAMU CATIA V5

CATIA V5 je software pro 3D počítačové konstruování v oblastech CAD/CAM/CAE a nejrozšířenější CAx systém v automobilovém a leteckém průmyslu na světě. CATIA V5 pochází z dílny francouzské společnosti DSS (Dassault Systemes) a poskytuje nástroje, které umožňují pokrýt kompletní životní cyklus výrobku, a to od návrhu designu, vlastní konstrukce, přes různé analýzy, simulace a optimalizace, tvorbu dokumentace a NC programů pro vlastní výrobu až po údržbu a případnou recyklaci. Systém CATIA V5 se vyznačuje značnou úrovní průmyslové univerzality, tzn., že může být nasazen do zcela rozdílných oblastí strojírenství. Široké spektrum modulů, kterými CATIA V5 disponuje, umožňuje vytvářet softwarové řešení sladěné s konkrétními podmínkami a požadavky uživatelů. Může to být např. automobilový či letecký průmysl, výroba spotřebního zboží a stejně tak i výroba obráběcích strojů nebo investičních celků těžkého strojírenství. Pro konkrétní podmínky použití a požadavky zákazníků je CATIA V5 vyvíjena ve třech různých platformách: P1, P2 a P3.

- **Platforma P1**

Poskytuje soubor softwarových modulů pro objemové modelování. Je vhodným startovacím řešením pro nové uživatele a občasné uživatele, kteří nepotřebují plný rozsah aplikací a funkcí systému pro svou práci v rámci týmových struktur.

- **Platforma P2**

Zahrnuje rozšířený soubor konfigurací a aplikačních modulů založenou na hybridní modelovací technologii (kombinuje v jednom modelu jak plošné tak i objemové elementy) čím přináší standardní 3D modelářské prostředí pro modelování součástí a generování výkresů.

- **Platforma P3**

Je určena pro specialisty nebo programátory. Obsahuje např. specializované produkty pro konstruktéry karoserií automobilů. Přináší vysokou úroveň specializované funkční výbavy pro zákazníky se specifickými požadavky, nebo pro rozsáhlé průmyslové komplexy.

Všechny tři platformy používají stejné systémové jádro a mají obdobné uživatelské prostředí, což dává možnost použít data vytvořená v jedné platformě i v produktu druhé platformy. V rámci platformy lze uvádět odkazy na model z druhé platformy, což umožňuje

vytvoření kontextového návrhu. Všechny platformy jsou tvořeny jednotlivými produkty řazenými do konfigurací, které lze přizpůsobit potřebám zákazníka doplněním příslušných produktů, a tím sestavit platformu dle požadavku uživatele a potřeb procesu. Lze poskládat z modulů uživatelskou konfiguraci, a to spojením jedné ze základních konfigurací s moduly, které uživatel potřebuje.

[1]

1.1 Integrovaný CAx systém CATIA V5

Integrovaný CAx systém je software určený pro podporu týmové spolupráce, kde nad jednotným datovým modelem a v jednotném uživatelském prostředí mohou pracovat odborníci různých specializací na řadě rozličných vědecko-technických úloh, jejichž společným cílem je vyvinout a uvést na trh nový výrobek. Průmyslových výrobků je velmi široké spektrum, např. dopravní prostředky (automobily, letadla, lodě, kolejová vozidla), elektronika, výrobní stroje a zařízení, průmyslové spotřební zboží apod. V prvních verzích integrovaných CAx systémů nabízely pouze spojení 3D modeláře s projektovaným výkresem, později i strukturální analýzu a NC obrábění. Dnešní moderní systémy mají procesovou architekturu, tzn., jsou určeny k pokrytí průmyslových vývojových a výrobních procesů.

[2]

Catia V5 je software s modulární strukturou. Jednotlivé moduly jsou nazvány produkty nebo aplikace a jsou seřazeny do sedmi skupin. Každý uživatel (v tomto případě se rozumí podnik) si vytvoří uživatelskou konfiguraci softwaru, která bude v konečné fázi co nejlépe vyhovovat záměrům a pracovním procesům uplatňovaným vývojovými a inženýrskými týmy. Využívají se principy tzv. „plovoucích přístupů“ k jednotlivým produktům v síti pracovních stanic podniků a software se konfiguruje také s ohledem na jeho efektivní kapacitní využití [3].

Základní rozdělení produktů v integrovaném CAx systému Catia V5:

Mechanical Design Solution (Mechanická konstrukce)

Analysis Solution (Inženýrské analýzy)

Equipment and System Engineering Solution (Vnitřní zařízení a systémy)

Machining (NC obrábění)

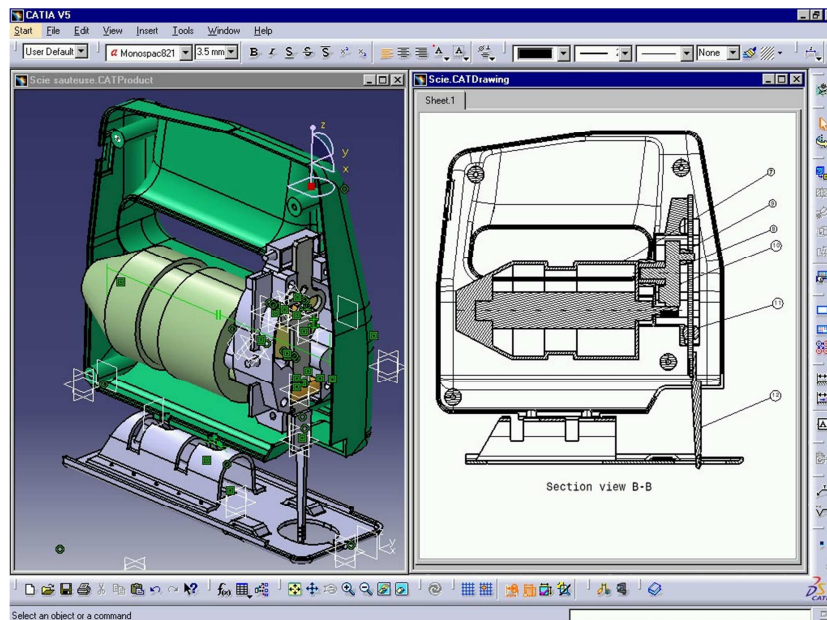
Product Synthesis (Syntéza produktu)

Shape Design & Styling Solution (Tvarování a styling)

Infrastructure Solution (Infrastruktura systému)

1.1.1 Mechanical Design Solution (Mechanická konstrukce)

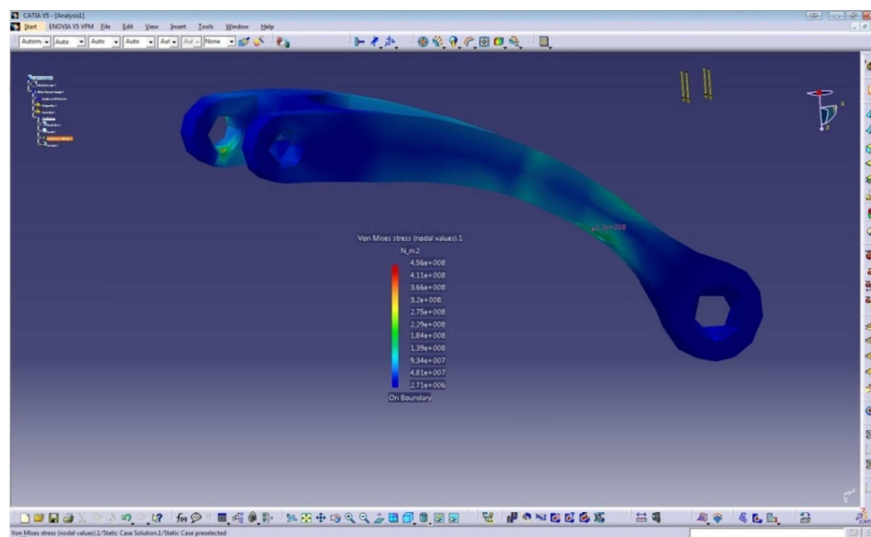
Mechanická konstrukce obsahuje 21 produktů, určených převážně pro tvorbu 3D geometrie. K dispozici jsou technologické i geometrické modeláře. Catia V5 umožňuje vytvářet hybridní geometrie, tj. geometrie u nichž byly použity objemové i plošné geometrické objekty s parametrickým i explicitním popisem. Z technologických modelářů nabízí návrh součástí z plechu, svařované sestavy a konstrukce z ocelových profilů. Pro účely specifických letadlových konstrukcí je určena aplikace, která umožňuje návrh plechových dílů tvářených pomocí tlakové kapaliny. Systém umožňuje navrhnout sestavy vstřikovacích plastikářských forem s použitím databází standardních dílů i celých celků od řady výrobců, např. HASCO. Speciální aplikace je určena pro navrhování vstřikovacích dutin forem s analýzou tvarové dělicí roviny pro zabezpečení vyhození plastové součásti. Z jednotlivých součástí lze definovat parametrické sestavy s různými typy vazeb mezi nimi a provádět tak konstrukci v kontextu sestavy. Ze strojírenských součástí a sestav lze snadno vytvářet asociativní výkresovou dokumentaci [3].



Obrázek 1. Ukázka vygenerování výkresu ze 3D modelu [12]

1.1.2 Analysis Solution (Inženýrské analýzy)

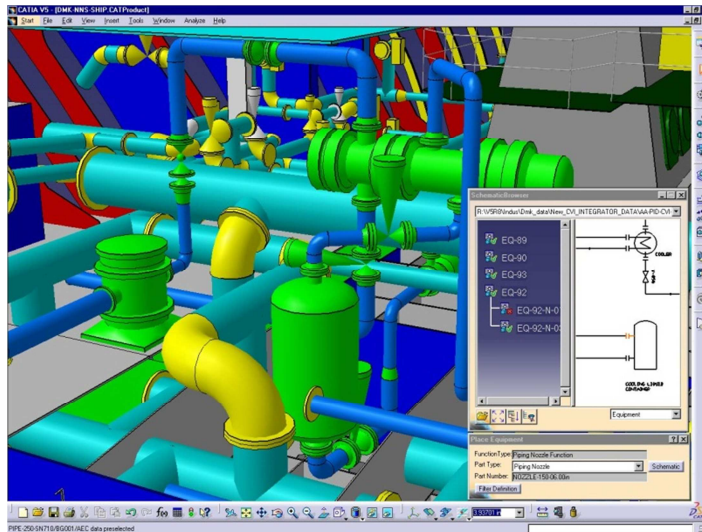
Inženýrské analýzy je skupina, která obsahuje 6 produktů. Najdeme zde zejména aplikace pro strukturální analýzu strojírenských součástí a sestav. Pro předběžné ověření správného dimenzování konstrukce, která se provádí bezprostředně během návrhu, není potřeba hlubokých znalostí FEM problematiky, což je výhodou pro konstruktéry. Catia V5 má také i nástroje pro následné hluboké posouzení konstrukce specialistou. Unikátem je aplikace pro toleranční analýzu deformovatelné sestavy, rychle dostupné informace o stabilitě konstrukce a analyzovat napětí i vibrace [3].



Obrázek 2. Ukázka deformace dílce při určitém zatížení a uložení
[vlastní zpracování]

1.1.3 Equipment and System Engineering Solution (Vnitřní zařízení a systémy)

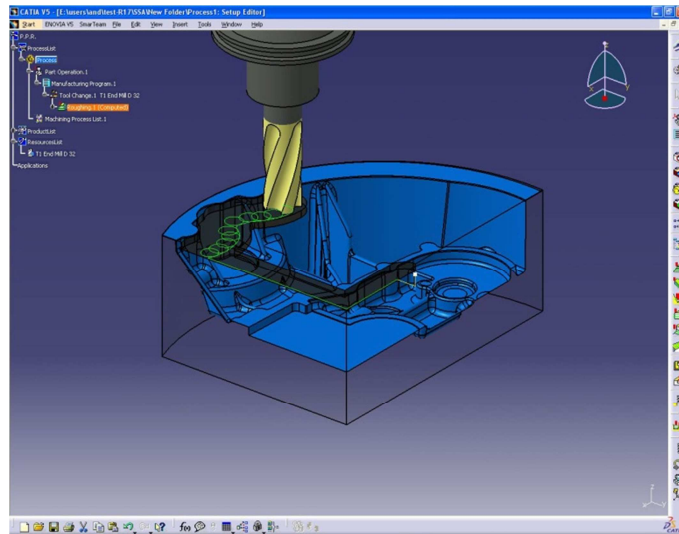
Vnitřní zařízení a systémy je nejrozsáhlejší skupinou aplikací obsahující 28 produktů. Tímto výrobce softwaru reaguje na trend, uplatňující se ve vývoji průmyslových výrobků, kdy klasické mechanické konstrukce zcela nahrazují mechatronické systémy, tj. kombinace mechanických, elektrických, elektronických a dalších systémů. Např. dnešní moderní automobily, kde v podstatě každý funkční prvek obsahuje kromě strojírenských součástí i automatizační a řídicí elektronické obvody, elektrické pohony a napájení, někdy systémy pneumatické a hydraulické. Catia V5 proto nabízí konstruktérům a designerům moderních výrobků specializované softwarové nástroje pro systémový návrh a konstrukci těchto systémů, a to jak pro sítě pracující uvnitř strojů, tak i celých výrobních celků, včetně rozmístění technologických zařízení a propojení příslušnými médii [3].



*Obrázek 3. Equipment and System Engineering
Solution [15]*

1.1.4 Machining (NC obrábění)

Numericky řízená výroba je skupina obsahující 13 aplikací. K dispozici jsou generátory řídicích programů pro nejčastěji používané výrobní technologie, mezi které nepatří pouze frézování a soustružení, ale také stereolitografii pro moderní výrobu tvarově složitých prototypů bez nutnosti zhotovení speciálního nářadí. Předmětem specializovaných CAM aplikací je tvorba numerických řídicích dat pro počítačově řízené výrobní technologie na základě geometrie CAD modelů. Generátory disponují nejmodernějšími nástroji, jako jsou vizualizace a simulace obráběcích procesů, asociativita technologických procesů s modely, automatické generování výrobní dokumentace apod. [3].



Obrázek 4. Ukázka frézování v NC machining [16]

1.1.5 Product Synthesis (Syntéza produktu)

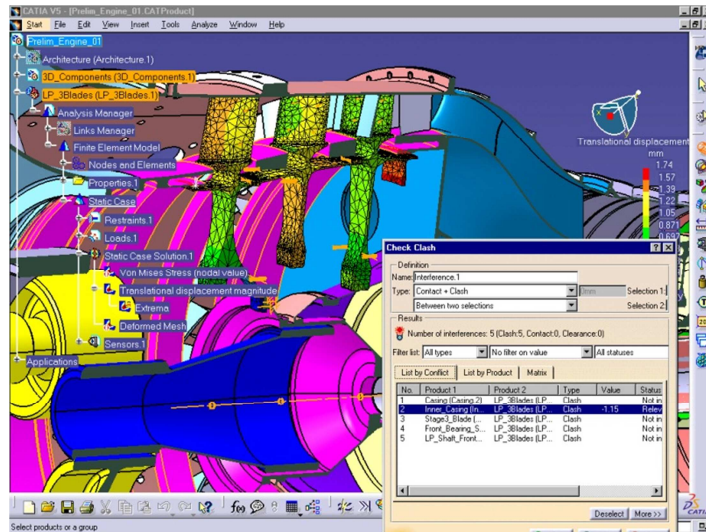
Syntéza produktu je skupina 23 aplikací a řadí se do tří podskupin.

V první podskupině nalezneme aplikace určené pro ověření prototypu výrobku v digitální formě. Pro tyto činnosti se používá anglický název Digital Mock-up (DMU). Hlavním úkolem DMU je redukovat rozsah reálných zkoušek a ověřovat fyzický prototyp. S tímto nám částečně pomůže DMU a to tak, že ověřování nahradí digitálním na počítačových modelech výrobku. Kontroluje se konzistentnost konstrukce, kolize součástí a sestav, přístupnost k montáži, demontáži a údržbě. U mechanismů a kinematických soustav můžeme simulovat a optimalizovat jejich pohyby a tím zjišťovat případné kolize.

V druhé podskupině jsou nástroje pro management znalostí a optimalizaci funkcí výrobku. Management znalostí umožňuje implementovat do systému důležité podnikové empirické znalosti tak, aby je bylo možno uchovat pro další inovační kroky, sdílet a používat všemi účastníky vývoje.

Poslední podskupinou jsou operace s digitálními lidmi (Human Engineering). Tato skupina aplikací umožňuje simulaci a analýzu vlivu průmyslových výrobků a celých komplexů na člověka. Modely postav jsou téměř reálné a umožňují možnost vlastní definice jejich vlastností. Tímto mohou být použity pro hodnocení nejen obslužného prostoru vozidel, letadel, ale i pro stroje a nástroje v průmyslu.

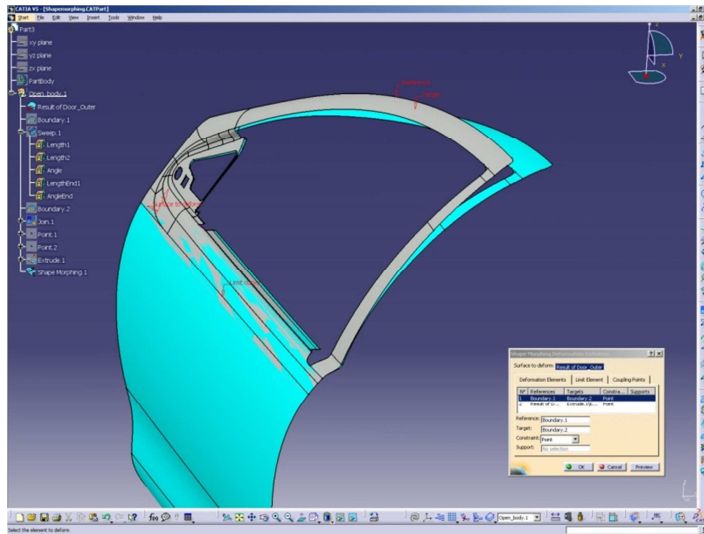
[3]



Obrázek 5. Ukázka virtuální analýzy [14]

1.1.6 Shape Design & Styling Solution (Tvarování a styling)

Tvarování a průmyslový design zahrnuje 17 produktů, kdy jeho využití je nejvíce v automobilovém průmyslu pro vytváření, řízení a modifikaci jednoduchých i složitých tvarů. Dále při vývoji tvarových částí u spotřebního zboží. Tvarové povrchy mohou být jak parametrické, tak i explicitní. Povrchy třídy A (Class A Surfaces) tvoří nejvyšší úroveň designu. Používají se na vnější pohledové části osobních automobilů a motocyklů. Uplatňují se zde nejvyspělejší nástroje a nejnovější technologie oboru průmyslového tvarování pro dosažení estetického vzhledu karoserie s ohledem na řadu parametrů a požadavků, např. odlesky světla apod. Další zajímavý nástroj je technologie reverzního inženýrství. Zabývá se převodem již vyrobeného výrobku do digitální podoby. Fyzické makety a prototypy se digitalizují optickými skenery a z naměřených dat (miliony bodů) se rekonstruuje hladká digitální geometrie, která slouží k dalšímu počítačovému zpracování. Další nástroj se nazývá fotorealistická vizualizace a slouží k digitálnímu výpočtu fotografie výrobku v reálném prostředí navržené scény s různými zdroji osvětlení a dalšími prvky [3].



Obrázek 6. Ukázka práce v Shape design & styling solution [13]

1.1.7 Infrastructure Solution (Infrastruktura systému)

Infrastruktura systému je poslední skupina aplikací systému Catia V5 obsahující 14 produktů. Obsahuje zejména standardní překladače pro přenos geometrických dat v několika formátech mezi různými systémy a také prostředky pro správu dat. Podporované standardní formáty zahrnují např. IGES (2D/3D), STEP, DXF a jiné CAD systémy. Vědeckotechnické poznatky vznikající a definované během vývojových procesů lze implementovat do systému jako soubor závazných pravidel a standardizovaných postupů, které následně sdílejí všichni účastníci vývoje. Cílem vývojářů systému je pokrýt softwarovými inženýrskými nástroji komplexní procesy potřebné ke vzniku nových průmyslových výrobků. A to od stádia prvotních studií a projektových záměrů přes detailní vývoj a samotnou konstrukci, analýzu funkcí, výrobní technologie až po stádium praktického užití, údržby a ekologické likvidace. Současný systém Catia V5 již splňuje tento záměr zejména pro vývoj automobilů, letounů, elektrotechnických výrobků, spotřebního zboží a výrobních prostředků pro jejich výrobu [3].

2 HISTORIE MODELOVACÍCH PROGRAMŮ

2.1 Období od roku 1950 do roku 1970

Počátek historie CAD programů se uvádí konec 60. let a začátek 70. let, kde se snažily upevnit svou pozici na trhu velké letecké, automobilové a elektrotechnické společnosti hledáním nové cesty pro konstrukci, vývoj a samotnou výrobu. Mezi první společnosti, které vkládaly velké finanční prostředky do výzkumu a vývoje CAD programů patří např. Boeing, General Motors a Ford. Dnešní velikost počítače nemůžeme porovnávat s tehdejšími, které byly právem nazývány jako sálové počítače.



Obrázek 7. Ukázka sálového počítače (IBM-702) [10]

Za úplný začátek grafických systémů je považován systém SAGE (Semi Automatic Ground Environment) v roce 1950, který sloužil jako radar u americké vzdušné obrany. V roce 1950 bylo vynalezeno světelné pero, které tento systém využívá. Namalovaný obraz světelným perem zůstal elektrostaticky zachycen na stínítku CRT obrazovky, stínítko sloužilo také jako paměť. Tento systém byl vyvinut v Lincolnově Laboratoři v Massachusetts Institute of Technology (MIT).

V roce 1957 vznikl první komerční číselně-ovládaný programovací systém PRONTO. Na jeho vzniku a vývoji se podílel Dr. Patrick J. Hanratty, označován za otce CAD/CAM za průkopnické příspěvky v oblasti počítačem podporované navrhování a výrobu.

Významným krokem byl počítač TX-2 vyvinutý roku 1959 v MIT. V roce 1963 byl pro tento počítač naprogramován Ivanem Surtherlandem program SKETCHPAD, který byl prvním programem využívajícím grafické možnosti počítače a tedy i prvním programem

s grafickým uživatelským rozhraním. Tento produkt demonstruje základní principy realizovatelnosti počítačového technického kreslení.

Vznik firmy Boeing v roce 1960 hrál velkou roli ve vývoji CAD. Pro navrhování letadlových dílů vyvinula software CADD, který byl v té době nejvýkonnějším CAD systémem. Souběžně pracovala i firma General Motors na vývoji podobného softwaru DAC-1 (Design automated by computer) ve spolupráci s IBM.

V roce 1969 byla založena firma Computervision pro vývoj CAD systémů a ve stejném roce prodala první komerční CAD systém nazvaný Xerox.

2.2 Období od roku 1970 do roku 1980

O masový vývoj nových CAD programů se zasloužila firma Tektronix, která se podílela na nástupu výkonnějších počítačů a pomohla snížit cenu a tím zvýšila dostupnost počítačů.

O pokrok v NC obrábění se zasloužil Dr. Patrick J. Hanratty, když založil v roce 1971 firmu MCS a zanedlouho uvedla na trh CAD aplikaci ADAM (Automated Drafting and Machining). Analytici odhadují, že 70% všech 3D mechanické CAD/CAM systémy používají originální kód MCS.

Do roku 1977 se pracovalo v CAD systémech pouze ve 2D. Až v tomto roce se rozhodl francouzský výrobce letadel Marcel Dassault a jeho tým, že vytvoří trojrozměrný program. Prvotinou byl systém CATI, který byl v roce 1981 přejmenován na CATIA (Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application), kdy byla založena dceřiná společnost DASSAULT vyvíjející a prodávající software.

Herb Voelcker vyvinul objemový modelář PADL (Part and Assembly Description Language), který se následně využíval v některých komerčních 3D objemových modelovacích programech.

Spolupráce firem Boeing, NIST a General Electric vedla v roce 1979 ke vzniku 3D průmyslového standardu IGES (Initial Graphic Exchange Standards), který je používán dodnes a slouží pro výměnu dat mezi konstrukčními systémy.

2.3 Období od roku 1980 do roku 1990

Prvním grafický program, který nepracoval pouze se síťovým modelem, ale byl schopný vykreslovat plochy těles a renderování, se objevuje na trhu v roce 1980 pod názvem ARCH MODEL. Počítače začali být osazeny 32-bitovým procesorem a náročné výpočty

transformací byly implementovány přímo na grafickou kartu. Ve 3D programech bylo ve-
lice komplikované dodatečné změny rozměrů nebo tvarů. Proto vznikla myšlenka parame-
trického modelování. Firma PTC použila parametrické modelování na produktu
Pro/Engineer, od kterého ho brzo přejaly konkurenční programy jako například Solid-
Works a Unigraphics.

V roce 1981 byl uveden na trh první systém pro modelování těles UniSolid od společnosti
Unigraphics založený na objemovém jádru PADL.

Ve stejném roce uvedla společnost Dassault Systemes systém Catia verze 1, produkt pro
3D návrh, plošné modelování a NC programování.



Obrázek 8. CATIA verze 1 z roku 1981 [4]

John Walker spolu s patnácti lidmi založil AUTODESK v roce 1982. Hlavní myšlenkou
bylo vytvoření CAD programu s cenou 1000 USD, použitelný na PC. První verze Au-
toCADu byla založena na CAD programu nazvaného MicroCAD od Mika Riddla z roku
1981. Současně byly definovány formáty DWG a DXF.

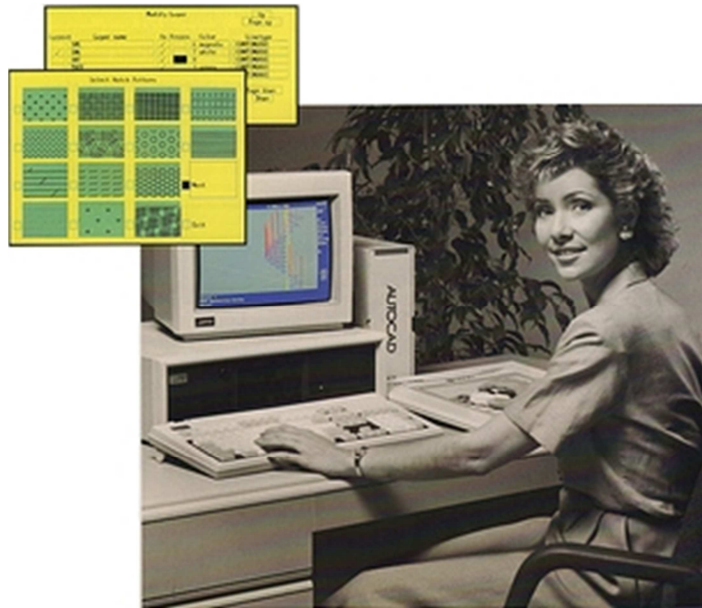
V roce 1983 byla vydána druhá generace Unigraphic II. T&W Systems se svým softwarem
CADapple začne konkurovat AutoCADu na PC, předělaný na platformu PC se nazývá
VersaCAD.

V roce 1984 byla uvolněna CATIA verze 2, která se stala ihned lídrem v navrhování pro
letecký průmysl.

V roce 1985 byl vydán AutoCAD verze 2.1 s prvními 3D možnostmi a také první verze
AutoSketch. MCS představila nový systém ANVIL-5000, 3D strojírenský

CADD/CAM/CAE systém, který byl nejvýkonnějším plně integrovaným CADD/CAM/CAE systémem použitelným pro všechny druhy počítačů.

V roce 1987 uvolněna CATIA verze 3, která se stala lídrem v navrhování pro automobilový průmysl. V témže roce byl vydán AutoCAD R9, který byl pouze pro DOS systémy využívající 80x87 matematický procesor v počítačích.



Obrázek 9. AutoCAD verze R9 [4]

V roce 1988 a 1989 došlo k největšímu rozmachu CAD systémů. Surfware Inc. Uvolnila první verzi SurfCAM. Společnost PTC spustila prodej parametrického systému Pro/Engineer, od kterého koncepti parametrického modelování rychle přebírají další systémy jako např. SolidWorks a Unigraphics. Autodesk uvolnil AutoSolid a AutoCAD R10, který již disponoval plnými 3D možnostmi. Větší společnosti začali skupovat menší systémy, jakožto zneškodnění konkurence. V Československu vznikl a byl spuštěn projekt AIP 2000, což znamenalo 2000 CAD pracovišť pro československé podniky. Výsledkem bylo nastartování práce s CADem v ČSR. Převaha AutoCAD v ČR přetrvává dodnes.

2.4 Období od roku 1990 do roku 2000

Vývoj systémů CAD v této době rapidně vzrostl. V polovině devadesátých let jsme schopni drtivou většinu CAD systémů spustit ve Windows, což znamenalo revoluci v jednoduchosti používání a vedl k plošnému rozšíření na trhu. K práci v CAD systému již není zapotřebí speciálních grafických stanic. Stále rostoucí výkon počítačů nám umožňuje spustit tyto systémy i na běžných kancelářských počítačích. Jedinou podmínkou je vyšší velikost

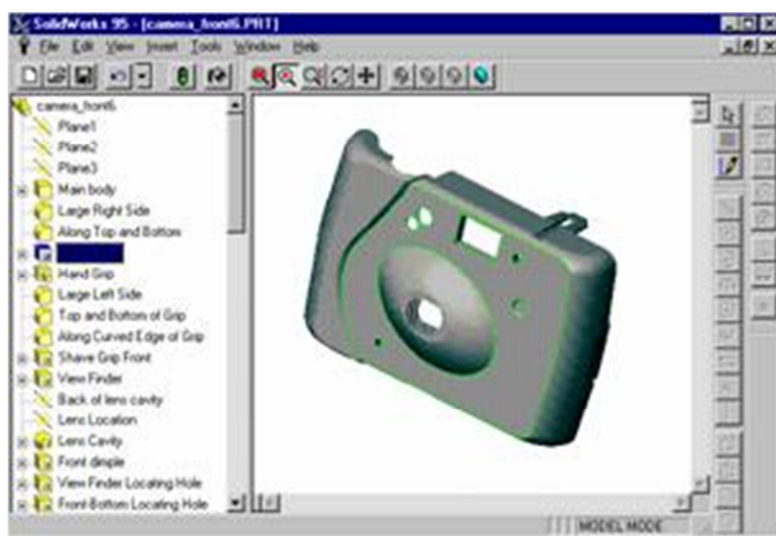
sběrnice u grafické karty. Největší novinkou v této době je tzv. synchronní modelování. Tato technologie je založena na přímém modelování, to znamená, že umožňuje uživatelům strávit méně času nad rozvahou a budoucí konstrukcí a soustředit se na samotné technické řešení. Novější verze kombinují v prostředí součásti synchronní a sekvenční prvky. Hlavní výhodou, která se nejčastěji využívá v plechařině, je přenášení kót z výkresů na 3D model. Další výhodou je kombinace parametrického a explicitního modelování, které nám umožňují rychlou a jednoduchou zpětnou úpravu již hotového modelu bez větších komplikací.

V roce 1990 Autodesk vydal první verzi 3D Studio a zároveň i AutoCAD verze R11, která byla podporována na platformách DOS, MAC i Unix. Největší novinkou u této verze je výkresový prostor a 3D modul AME. V roce 1992 verze R12 poskytuje i modul AVE.

Od roku 1993 se mění dominantní CAD platforma založená na systému UNIX a stále více systémů pracuje na operačním systému Windows NT. Trh s CAD systémy se rozrostl do takové míry, že se o něj začal zajímat i Bill Gates. Současně Autodesk vydává AutoCAD R13 umožňující export do formátu DWF. Dassault Systemes vydává novou verzi CATIE s označením CATIA 4.

O rok později kupuje Autodesk Micro Engineering Solution a přejmenovává jejich produkt Solution 3000 na AutoSurf verze 1, který je dostupný dostupný pro DOS a Windows 3.1. John Hischtick založil novou CAD společnost nazvanou SolidWorks, Inc. Příchod viceprezidenta vývoje společnosti PTC Machaela Payna do společnosti SolidWorks Inc. byl klíčovým obdobím. Vydali první verzi prototypu SolidWorks.

V roce 1995 vychází první oficiální verze SolidWorks s označením 95.

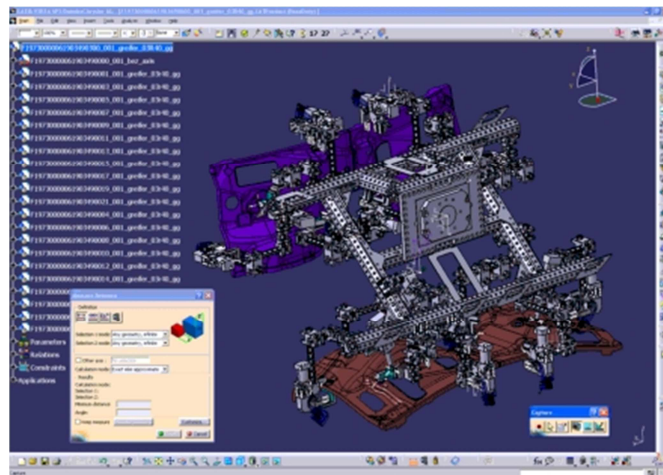


Obrázek 10. SolidWorks verze 95 [11]

V roce 1996 Intergraph přestavuje SolidEdge. Autodesk kupuje konkurenční společnost Softdesk, který pracoval na nadstavby pro AutoCAD.

Společnost Dassault systemes kupuje SolidWorks, Inc. V roce 1997 a vydává novou verzi SolidWorks 97. Federální obchodní komise nařídila Autodesku vzdát se IntelliCADu z důvodu tzv. monopolu AutoCADu. Vzniká společnost Boomerang Technology zabývající se vývojem IntelliCADu. Ještě v tomto roce společnost kupuje VISIO a tím také IntelliCAD.

Na konci devadesátých let společnost VISIO začíná prodávat IntelliCAD 98, který je klonem známějšího AutoCADu R14 od Autodesku. Rekordních 12 000 Licencí IntelliCADu 98 se prodalo za pouhé tři měsíce. To nastartovalo Autodesk a později vydává konkurenční software Actrix Technical. Dassault Systemes vydává dnešní podobu CATIE verzi V5.



Obrázek 11. CATIA V5 [4]

Na trh s CAD systémy se dostává společnost Microsoft koupením společnosti VISIO. VISIO se stalo divizí Microsoftu, která měla poskytovat IntelliCAD zdarma. Tím začal Microsoft konkurovat v tom čase šesté největší softwarové společnosti Autodesk v oblasti multimediálního softwaru.

2.5 Období od roku 2000 do současnosti

V tomto období vznikají další společnosti zabývající se vývojem CAD softwarů. Vycházejí verze CAD systémů nových společností a nové verze již dostupných systémů, čímž se stává trh s CAD produkty nepřehledný.

Autodesk v roce 2000 představuje první verzi produktu Inventor. V roce 2002 kupuje společnost Revit Inc., která byla velkou konkurencí Autodesku s jedinečným přístupem k pa-

parametrickému 3D AEC modelování s umělou inteligencí. Následně Autodesk vydává svou první verzi Autodesk Revit.

Ostatní velké společnosti s CAD systémy kupují menší firmy, aby získali cenné „know-how“ pro vylepšení svých produktů, nebo pro zneškodnění konkurence. Tímto se trh s CAD systémy zjednodušil a stal přehledným.

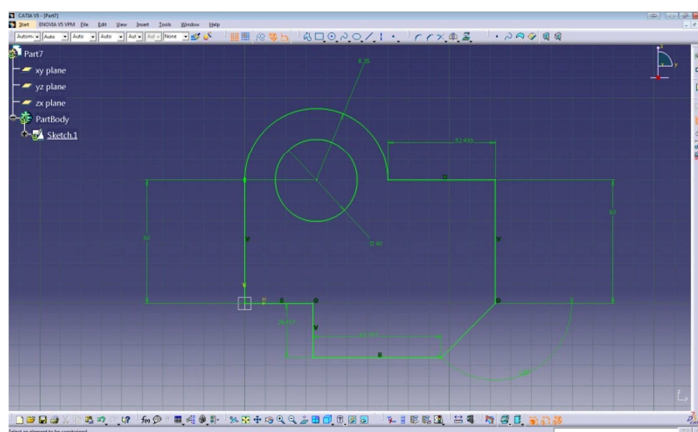
[4]

3 VYBRANÉ APLIKACE MODULU MECHANICAL DESIGN

Mechanická konstrukce (Mechanical Design) obsahuje 21 produktů určených převážně pro tvorbu 3D geometrie. K dispozici jsou technologické i geometrické modeláře. Z technologických modelářů nabízí návrh součástí z plechu, svařované sestavy a konstrukce z ocelových profilů. Systém umožňuje navrhnout sestavy vstřikovacích plastikářských forem s použitím databází standardních dílů i celých celků od řady výrobců, např. HASCO. Speciální aplikace je určena pro navrhování vstřikovacích dutin forem s analýzou tvarové dělicí roviny pro zabezpečení vyhození plastové součásti. Z jednotlivých součástí lze definovat parametrické sestavy s různými typy vazeb mezi nimi a provádět tak konstrukci v kontextu sestavy. Ze strojírenských součástí a sestav lze snadno vytvářet asociativní výkresovou dokumentaci. [3]

3.1 Sketcher

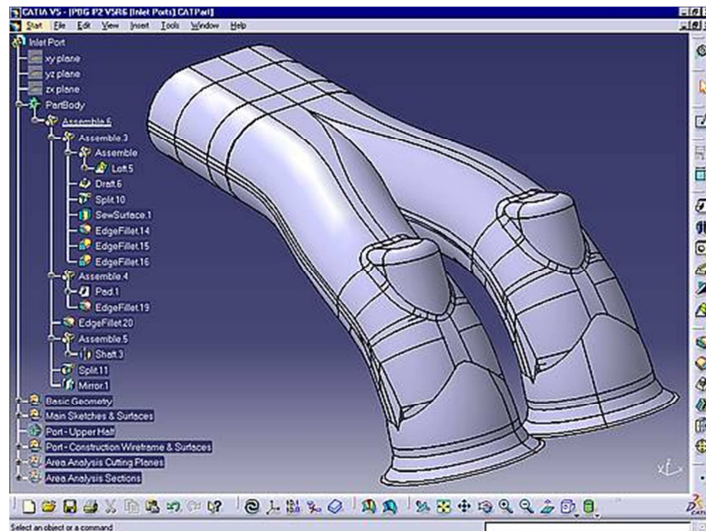
Sketcher (skicář) je nástroj pro vytvoření 2D geometrie, na níž jsou postavené následné plochy, solidy apod. Na výběr máme ze dvou možností - obyčejnou skicu a pozicovanou skicu. Sketcher obsahuje všechny potřebné funkce pro tvorbu skic. Tvorbu náčrtů lze uskutečnit dvěma způsoby. První způsob je přímo v aplikaci Sketcher pod modulem Mechanical Design. Tento způsob se většinou používá při tvorbě obecných skic, a je-li nutné nachečkat náčrty předem, například při modelování ploch. Běžnějším způsobem je tvoření náčrtu přímo v Part designu. Tento postup je snadnější.



Obrázek 12. Ukázka tvoření náčrtů ve Sketcheru
[vlastní zpracování]

3.2 Part Design

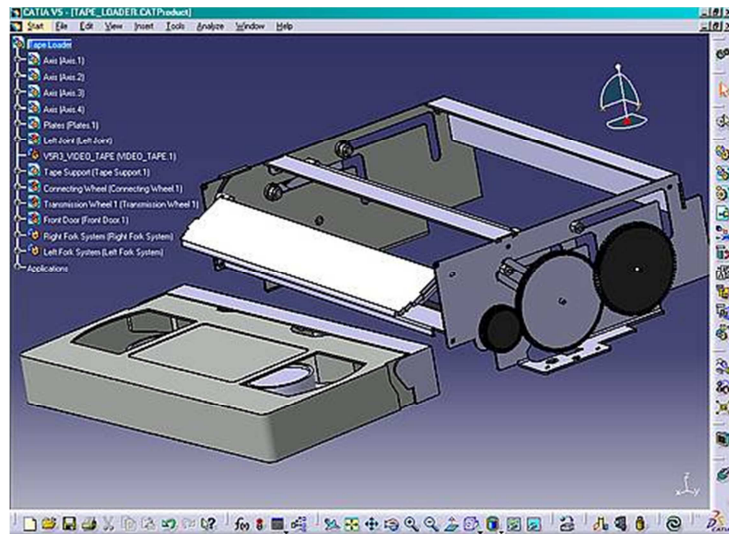
Part Design (tvorba součástí) je nejdůležitější část pro modelování přesných mechanických 3D součástí. Součást se tvoří za pomoci hybridního modelování. Part Design umožňuje přizpůsobit konstrukční požadavky pro díly různých složitostí od jednoduchých až po zpracované součásti. Poskytuje širokou škálu funkcí pro zjednodušení modelování, například automatická tvorba děr se závity, rychlé vytvoření žeber a mnoho dalších. [5]



Obrázek 13. Ukázka výrobku v Part design [5]

3.3 Assembly Design

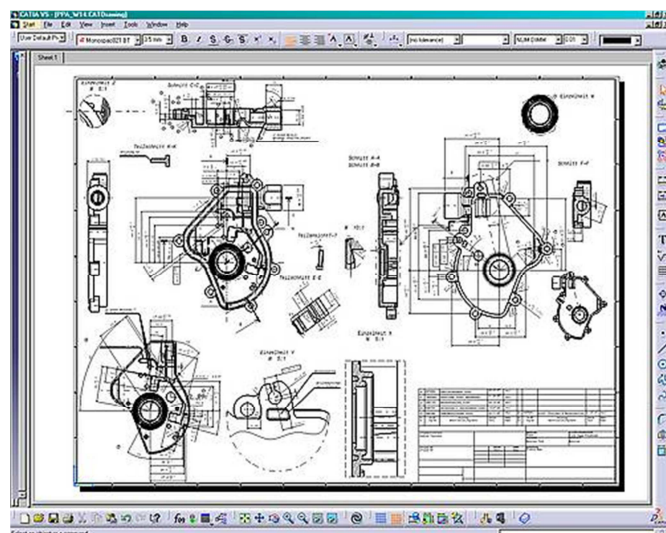
Assembly Design (tvorba sestav) slouží k vytvoření sestavy a to hned několika způsoby. Jeden z několika způsobů k vytvoření sestavy využívá přímé vkládání již vytvořených dílů v Part Designu. Druhá možnost je vytvoření nových dílů přímo v sestavě. Další možnost je sestavit sestavu s více tzv. podsestav. Velkou výhodou je vkládání standardizovaných součástí přímo z knihovny Catie. Další usnadnění nám přináší automatické generování kusovníku podle názvu vymodelovaných součástí. S poskládanou a zavazbenou sestavou lze v Assembly Designu vytvářet pohyby těles, renderování sestavy, vytvoření videa a apod. [6]



Obrázek 14. Ukázka sestavy v Assembly Design [6]

3.4 Drafting

Drafting nám umožňuje z modelu, nebo z celé sestavy vytvořit výkresovou dokumentaci se všemi náležitostmi včetně razítka, kót, tolerancí apod. Díky editoru lze do výkresu dokreslovat objekty, měnit typy čar a další úpravy týkající se konečného výkresu. Umožňuje vytváření jednoduchých pohledů od nárysu, půdorysu či bokorysu až po složité řezy sestav, detaily apod. Stejně jako u Assembly Designu lze vygenerovat kusovník. To vše lze poté vytisknout, nebo převést do různých formátů, jako je například DWF, nebo DWG. [7]



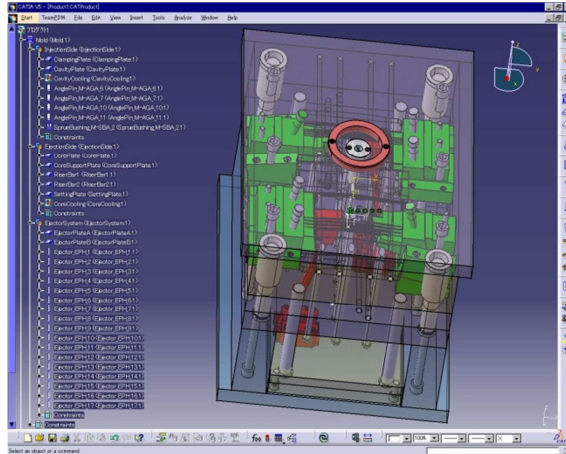
Obrázek 15. Ukázka výkresu součásti [7]

3.5 Mold Tooling Design

Mold tooling design je aplikace určená pro kompletní návrh vstřikovacích forem. Tato aplikace přichází na řadu po ukončení modelovacích úprav na tvarové dutině. K dispozici jsou standardy např. firmy Hasco, která se zabývá přímou výrobou vstřikovacích strojů, nebo je možné použít i vlastní systém, vytvořený uživatelem. Aplikace obsahuje kompletní řešení úloh, které je nutno pro návrh komplexní stavby formy vyřešit. Umožňuje nám zvolit vybraný stavebnicový systém a správný rozměr formy podle velikosti výsledného výrobku, nebo násobností formy. Tuto operaci lze vizuálně kontrolovat v interaktivním 3D náhledu. Máme několik možností, jakým způsobem vytvoříme základ formy:

- vytvoření nestandardní formy (vyplnění tabulky rozměrů, kde zadáváme rozměry formy, tloušťku desek a jejich počet)
- vytvoření standardní formy z vybrané stavebnice (Hasco, atd.)
- vytvoření formy kombinací obou předchozích možností, tzn. upravení standardní formy
- vytvoření formy ze své, předem vytvořené knihovny uživatelských komponentů

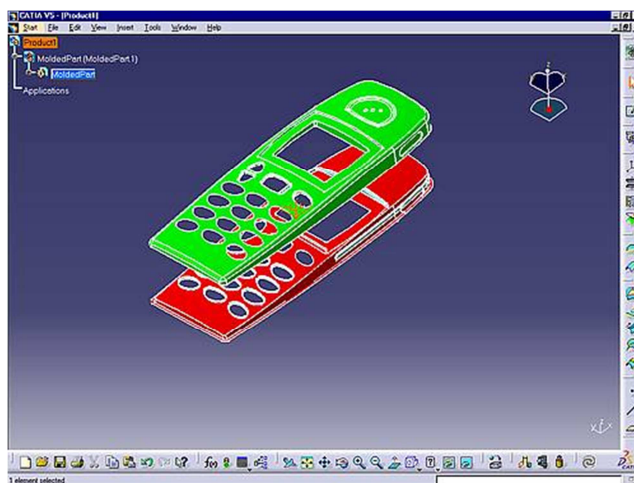
Po zadání všech hodnot systém automaticky vytvoří sestavu formy. Užitečným pomocníkem je možnost zadání různých grafických atributů všem komponentům, tzn. barevnost a průhlednost jednotlivých, což velmi zlepšuje přehlednost a orientaci v sestavě vstřikovací formy. Do vstřikovací formy lze vložit tvarové vložky dvěma způsoby. Pokud již máme vytvořeny tvarové vložky (tvárník a tvárnici), vložíme je do sestavy a zapustíme do desek. Pokud bude dutina přímo v deskách bez vložek, určíme dělicí plochu s tvarem a systém vše integruje do desek. Komponenty, jako jsou vodící sloupky, pouzdra, středící kroužky, šrouby apod. nalezneme v knihovně HASCO, nebo ve své vlastní. Poloha hlavních dílů je předdefinována normou. Každý díl vytvoří v deskách patřičné otvory. Tvorba standardních vyhazovačů je obdobná a systém umožňuje oříznout konce vyhazovačů tvárníkem. [8]



Obrázek 16. Ukázka Mold tooling Design
[vlastní zpracování]

3.6 Core and Cavity Design

Aplikace Core and Cavity Design (jádro a dutina formy) úzce spolupracuje s aplikací Mold Tooling Design a obsahuje speciálně sestavenou sadu nástrojů pro práci v tvarové dutině vstřikovací formy. Umožňuje odvodit od objemového nebo povrchového modelu součásti, vytvořenou například v Part designu, tvarovou dutinu včetně tvarových kluzných jader. Dále dokáže vytvořit dělicí rovinu s respektováním principu vyjímatelnosti součásti z dutiny. [9]



Obrázek 17. Ukázka Core and Cavity Design [9]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem praktické části je seznámení s uživatelským prostředím programu CATIA V5R18, základní popis funkcí a nástrojů daných modulů. Dále postup při tvoření vstřikovací formy v modulu Mold Tooling Design při použití předchystaného tvárníku a tvárnice v modulu Core and Cavity.

Z tohoto důvodu byly stanoveny tyto cíle:

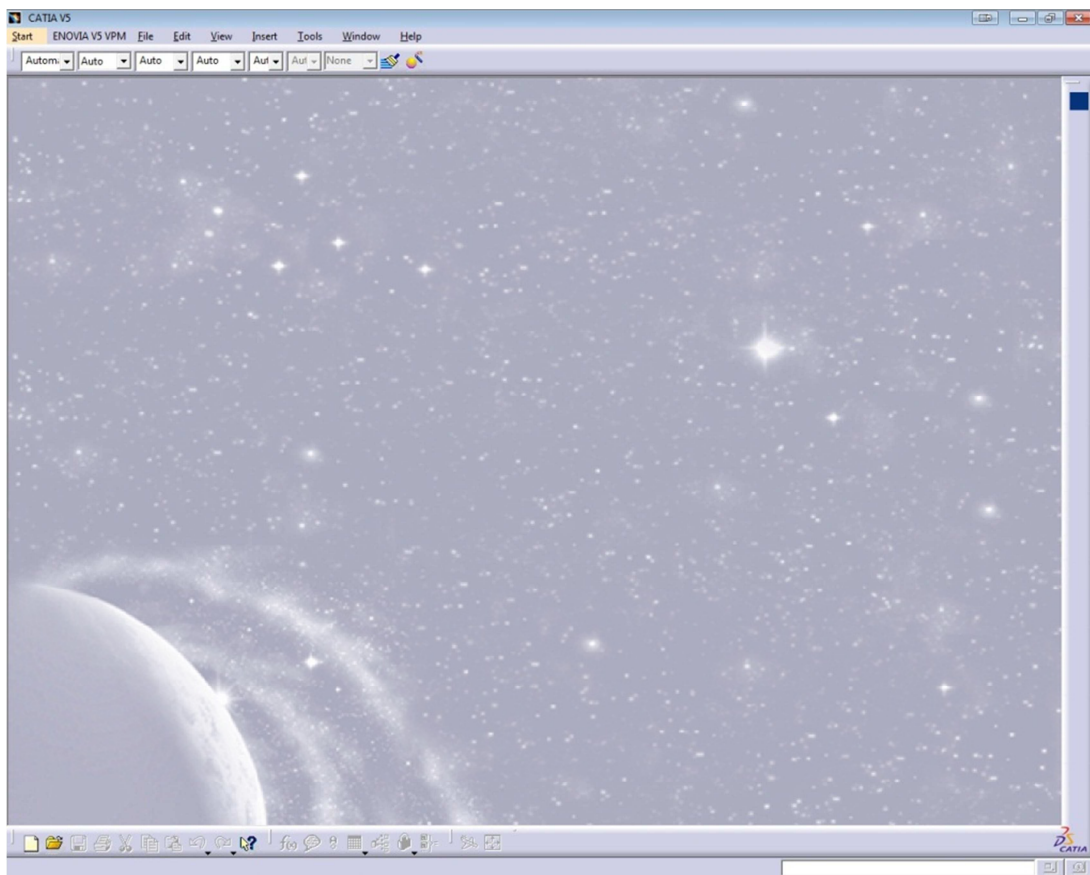
1. Základní popis funkcí a orientace v programu CATIA V5R18.
2. Popis prostředí Core and Cavity Design pro tvorbu ploch tvárníku a tvárnice vstřikovací formy.
3. Popis prostředí Mold Tooling Design pro vytvoření vstřikovací formy.
4. Podrobný postup vytvoření tvárnice a tvárníku vstřikovací formy.
5. Postup pro sestavení kompletní vstřikovací formy na vzorovém modelu.

5 CATIA

5.1 Uživatelské prostředí CATIA

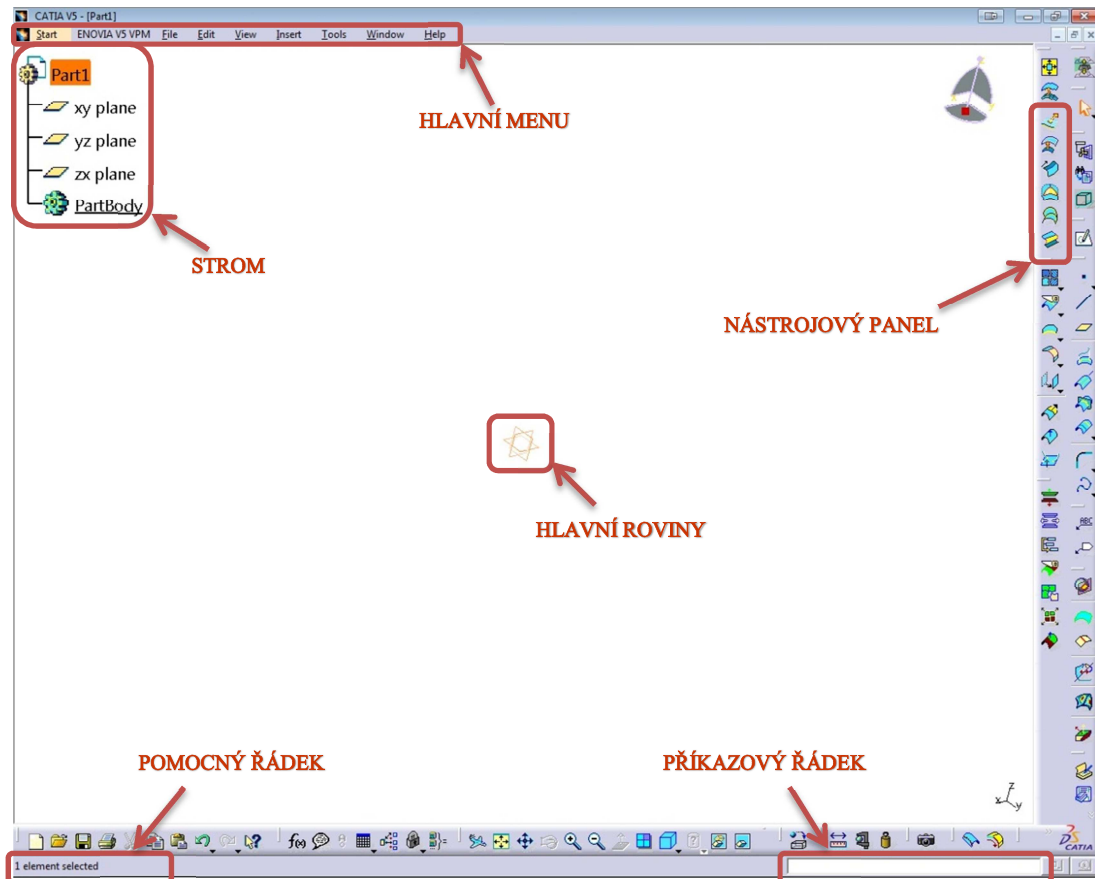
Tato část se zaměřuje na základní popis prostředí CATIE a orientaci v pracovním prostředí, která je ve všech modulech stejná.

Po spuštění programu se dostáváme do uživatelského prostředí (obr. 18), ve kterém můžeme začít se svou prací na novém projektu, nebo můžeme otevřít již hotový díl a upravit ho, spustit simulaci anebo pokračovat ve své nedokončené práci.



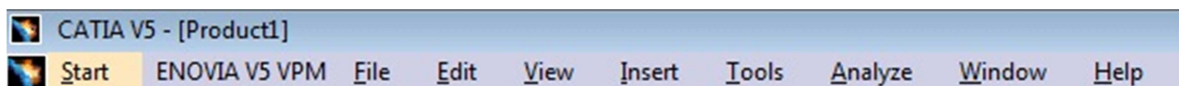
Obrázek 18. Uživatelské rozhraní programu CATIA V5R18

V pracovním prostředí CATIE se ve všech modulech zobrazují stejné části, a to hlavní menu, strom, nástrojové lišty, příkazový a pomocný řádek (obr. 19).



Obrázek 19. Pracovní prostředí Catia

V horní části se nachází hlavní lišta programu s rolovacím menu (obr. 19) podobné jako u většiny programů pracujících ve Windows.



Obrázek 20. Hlavní lišta programu

Start – jednotlivé moduly, ukončení programu

File – práce s dokumentem (otevření, uložení a tisk)

Edit – editace práce (krok zpět, kopírování, vkládání)

View – nastavení zobrazení, rozsvícení a zhasnutí ovládacích panelů

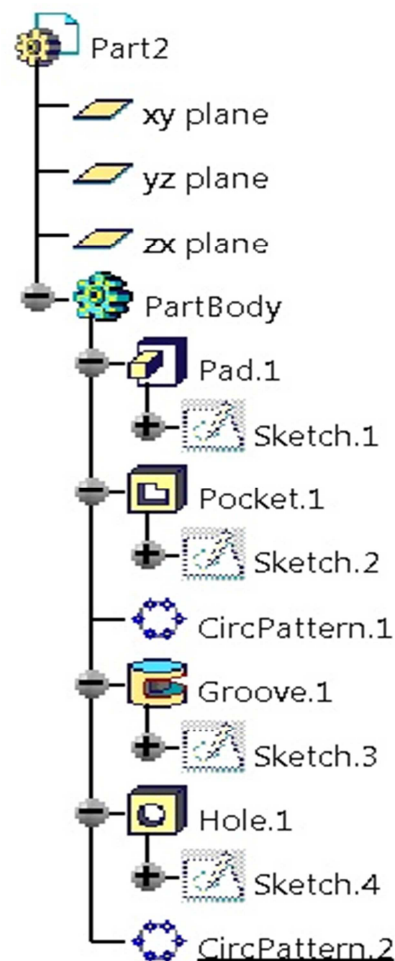
Insert – vkládání funkcí (v každém modulu jiné)

Tools – nastavení dokumentu a nástroje modulu

Window – přepínání mezi otevřenými dokumenty, nastavení počet spuštěných oken

Help – nápověda

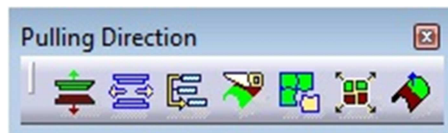
Strom součásti slouží uživateli pro jednoduchý přehled provedených operací. Operace na dílu se ukládají postupně tak, jak byly vytvořeny. Zpětná editace jednotlivých funkcí se provádí dvojklikem na LTM. V základní části stromu součásti se nacházejí hlavní roviny xy, yz, xz a „podsložka“ stromu, kde se ukládají vytvořené operace. U objemových součástí se nazývá PartBody, u plošných prvků je to Geometrical set. Zhasnutí a zpětné rozsvícení stromu v případě nutnosti se provádí stisknutím klávesy F3. Strom součásti se může nazývat historií tvorby konečného dílu.



Obrázek 21. Strom

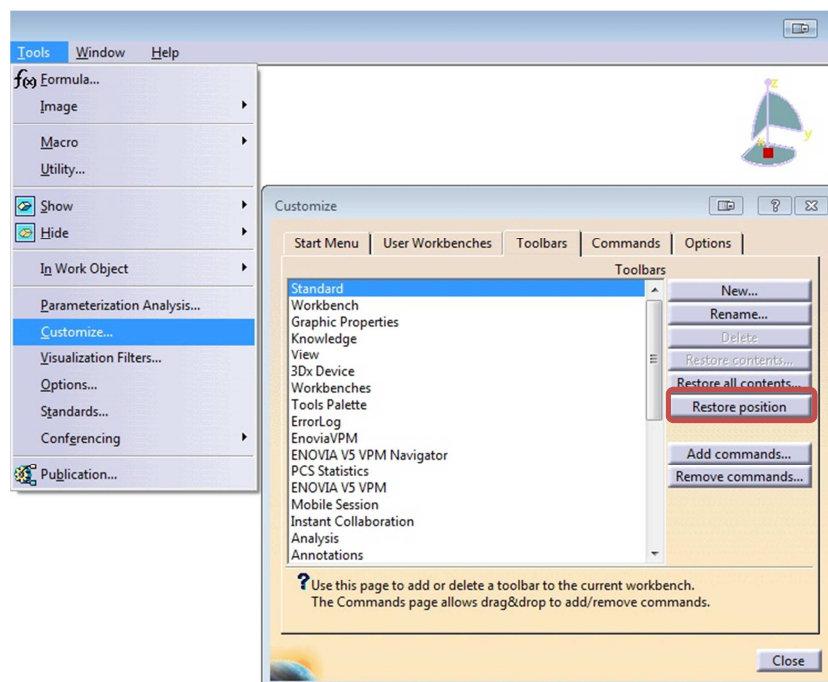
Nástrojové panely se nacházejí v nástrojové liště a lze je libovolně přesouvat pro pohodlí uživatele. Vyvolání jednotlivých panelů se provádí kliknutím PTM na nástrojovou lištu, nebo pomocí Toolbars v hlavním menu pod záložkou View. Pro přehlednost se dají vysvětlit pouze ty panely, které se používají nejčastěji. Tento krok lze uskutečnit pomocí nástroje Toolbars pod záložkou View v hlavním menu. Každý modul má jiné nástrojové panely s různými funkcemi, nebo se nepatrně liší. Na obrázku 22 je příklad nástrojového panelu

Pulling Direction z modulu Core and Cavity Design, který slouží k určení dělicí roviny vstříkovaného dílu. Jednotlivé příkazy každého panelu lze vyvolat také pomocí záložky Insert na liště v hlavním menu.



Obrázek 22. Nástrojový panel

V případě potřeby vrácení nástrojových panelů na výchozí pozici se použije funkce Restore position v záložce Toolbars při vyvolání nabídky přizpůsobení (Customize) na liště hlavního panelu pod Tools (obr. 23).














Obrázek 23. Vrácení nástrojových panelů na výchozí pozici

5.2 Manipulace s objekty v prostředí CATIA

Manipulace s objekty v prostředí CATIE lze dvěma způsoby. První způsob představuje nástrojový panel View (obr. 24).



Obrázek 24. Nástrojový panel View

- | | | |
|---|---------------------------|---|
|  | Fit All In | – zobrazení veškerých objektů. |
|  | Pan | – posouvání objektu pohybem myši. |
|  | Rotate | – rotace objektu pohybem myši. |
|  | Zoom In | – přiblížení objektu o jeden krok. |
|  | Zoom Out | – oddálení objektu o jeden krok. |
|  | Normal View | – kolmý pohled na vybranou plochu. |
|  | Create Multi-View | – zobrazení objektu v 3D pohledu, nárýsu, půdorysu a bokorysu. |
|  | Hide/Show | – skrytí vybraných objektů do pozadí nebo zpětné zobrazení. |
|  | Swap visible space | – přepnutí mezi pozadím a pracovním oknem. |
|  | Quick view | – výběr pohledu (3D, přední, zadní, levý, pravý, horní, spodní) |
|  | View mode | – zobrazení modelu (drátěný, viditelné hrany, vystínovaný) |

Druhý způsob manipulace s objekty je za pomoci počítačové myši s třemi hlavními tlačítky (LTM, RTM, PTM) a samotným pohybem myši.



Obrázek 25. Myš s tlačítky

LTM (levé tlačítko myši)

Pomocí LTM se vybírají funkce, prvky, nabídky a volby v dialogích. Výběr více prvků v jednom kroku lze uskutečnit za pomoci stisknutí klávesy Ctrl. Stejně tak odebrání jednotlivých prvků z hromadného výběru.

RTM (rolující tlačítko myši)

RTM umožňuje pohyb ve stromě. V kombinaci s dalšími tlačítky lze manipulovat s modelem:

- **posun modelu** = stlačením RTM a pohybem myši
- **zoom modelu** = stlačením RTM + kliknutím na PTM a pohybem myši nahoru (zvětšení) nebo dolů (zmenšení)
- **rotace modelu** = stlačením tlačítek RTM + PTM a pohybem myši

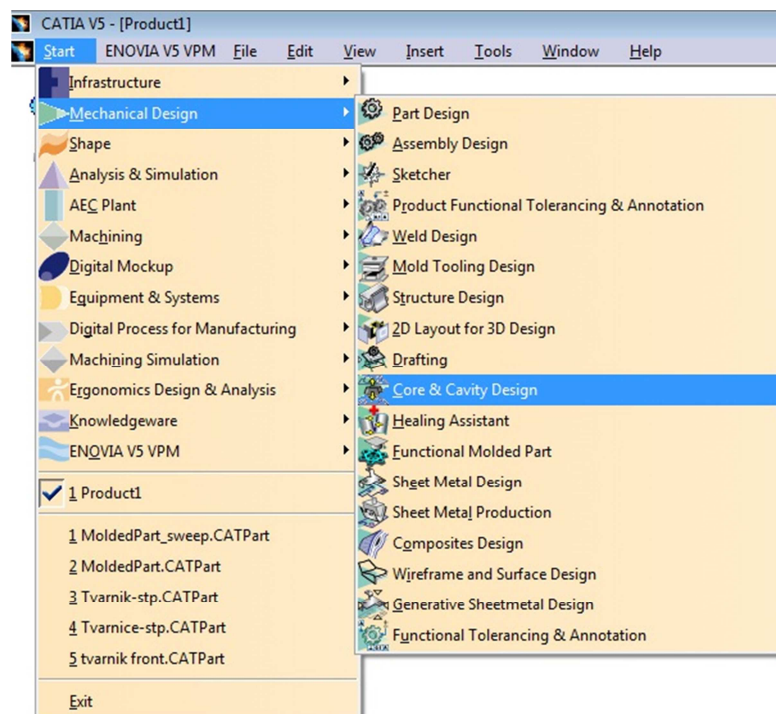
PTM (pravé tlačítko myši)

Kliknutím na PTM se zobrazí roletové menu editace a vlastností prvků ve stromě.

6 MODUL CORE AND CAVITY DESIGN

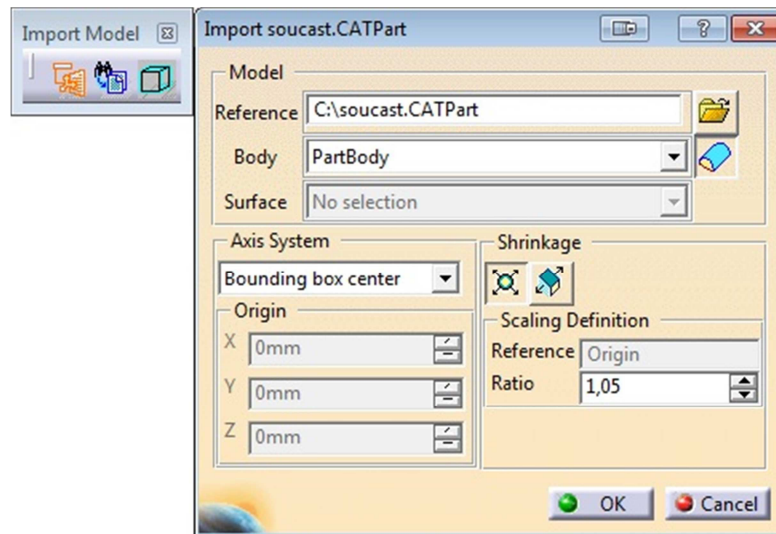
Prostředí Core and Cavity Design úzce spolupracuje s modulem Mold Tooling Design a obsahuje speciálně sestavenou sadu nástrojů pro práci v tvarové dutině vstřikovací formy. Umožňuje odvodit od objemového nebo plošného modelu součásti, vytvořenou např. v Part designu, tvárník a tvárnici. Dále vytvoří dělicí rovinu v místě, které je mu určeno a podle toho ukazuje, kde mají plochy úhel, aby se zachoval princip vyjímatelnosti součásti z dutiny, a rozdělí model na tvárník a tvárnici.

Prostředí Core and Cavity Design se spustí přes rolovací menu – START - Mechanical Design – Core and Cavity Design (obr. 26).



Obrázek 26. Spuštění prostředí Core and Cavity Design

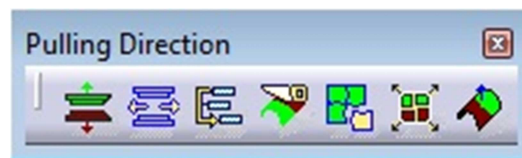
Do prostředí se musí nejprve vložit model, se kterým se bude pracovat a to přes ikonu Import model v nástrojovém panelu Import model (obr. 27), kde se vyhledá určitý model a nastaví vlastnosti.



Obrázek 27. Vložení modelu pomocí panelu Import model

6.1 Nástrojový panel Pulling Direction

Po vložení modelu do prostředí Core and Cavity Design se určí tvárník (core) a tvárnice (cavity) na modelu a definuje se dělicí rovina. Pro určení tvárníku a tvárnice z modelu se použije nástrojový panel Pulling Direction (obr. 28).



Obrázek 28. Panel Pulling Direction



Pulling Direction – rozdělení modelu na tvárník a tvárnici



Slider Lifter Direction – vytvoření posuvných kostek



Transfer An Element – zpětná editace jednotlivých elementů tvárníku a tvárnice



Split Mold Area – rozdělení plochy na více elementů dle náčrtu



Aggregate Mold Area – seskupení vybraných elementů do jednoho celku



Explode View – rozstřel součástí modelu

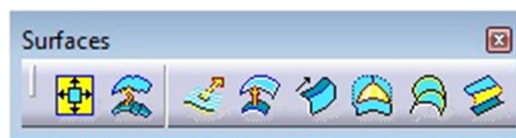
**Face Orientation**

– transformace elementů z hlavní dělicí roviny do vedlejší

6.2 Nástrojové panely Surfaces a Operations

Po určení tvárníku a tvárnice se rozdělí model ze solidu na plochy. Dále se pracuje s plochami a ne s objemovou součástí. Pro práci s plochami se využívají nástrojové panely Surfaces a Operations.

Nástrojový panel Surfaces (obr. 29) obsahuje funkce pro vytváření ploch.



Obrázek 29. Panel Surfaces

**Parting Surface**

– vytvoření dělicí roviny ohraničené náčrtem

**Light Surface**

– vytvoření jemných přechodů

**Extrude**

– vysunutí plochy z náčrtu

**Offset**

– vytvoření offsetu plochy

**Sweep**

– vytažení profilu po trajektorii

**Fill**

– vyplnění uzavřeného obrazce

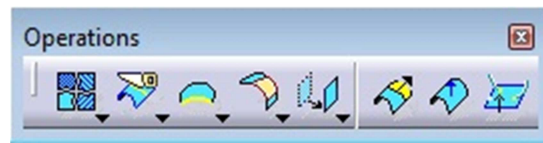
**Multi-section Surface**

– vyplnění složitějším ploch

**Blend**

– spojení dvou elementů plochou

Nástrojový panel Operations (obr. 30) se zabývá úpravou ploch u plošného modelu.



Obrázek 30. Panel Operations



Join Curves Or Surfaces – spojení čar nebo ploch do jednoho celku



Split – přerušení nebo rozříznutí součásti



Boundary – promítnutí hran a zjištění chyb neuzavřeného celku



Shape Fillet – zaoblení rohů určenou hodnotou

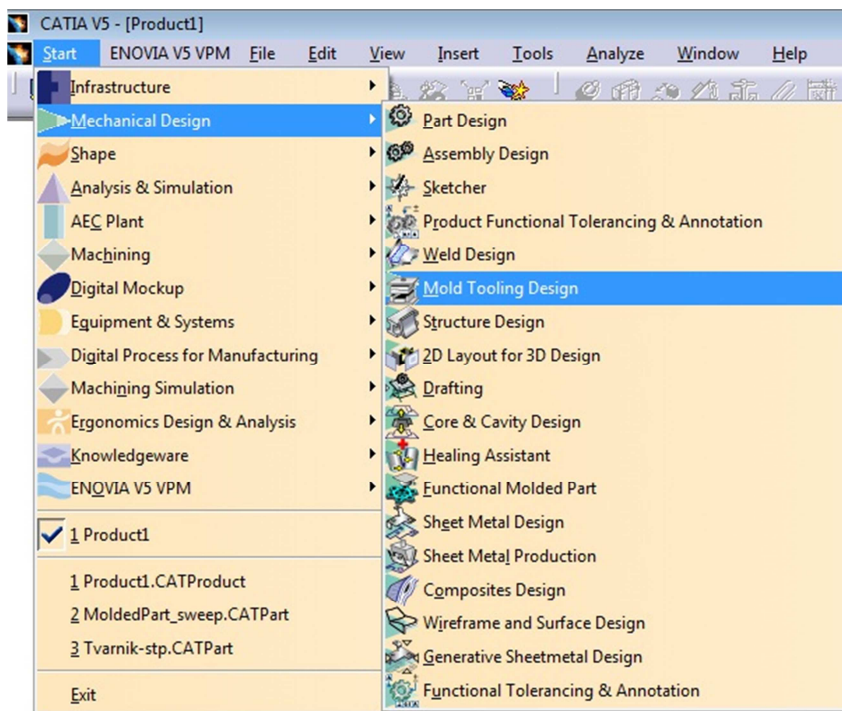


Translate – přenesení objektu o určitou vzdálenost a určitým směrem

7 MODUL MOLD TOOLING DESIGN

Modul Mold Tooling Design je určený pro kompletní návrh vstřikovací formy. Tato aplikace přichází na řadu po ukončení modelovacích úprav na tvarové dutině v modulu Core and Cavity Design. K dispozici jsou standardy např. firmy Hasco, která se zabývá přímo výrobou vstřikovacích strojů, nebo je možné použít i vlastní systém, vytvořený uživatelem. Aplikace obsahuje kompletní řešení úloh, které je nutno pro návrh komplexní stavby formy vyřešit. Umožňuje nám zvolit vybraný stavebnicový systém a správný rozměr formy podle velikosti výsledného výrobku, nebo násobností formy. Tuto operaci lze vizuálně kontrolovat v interaktivním 3D náhledu.

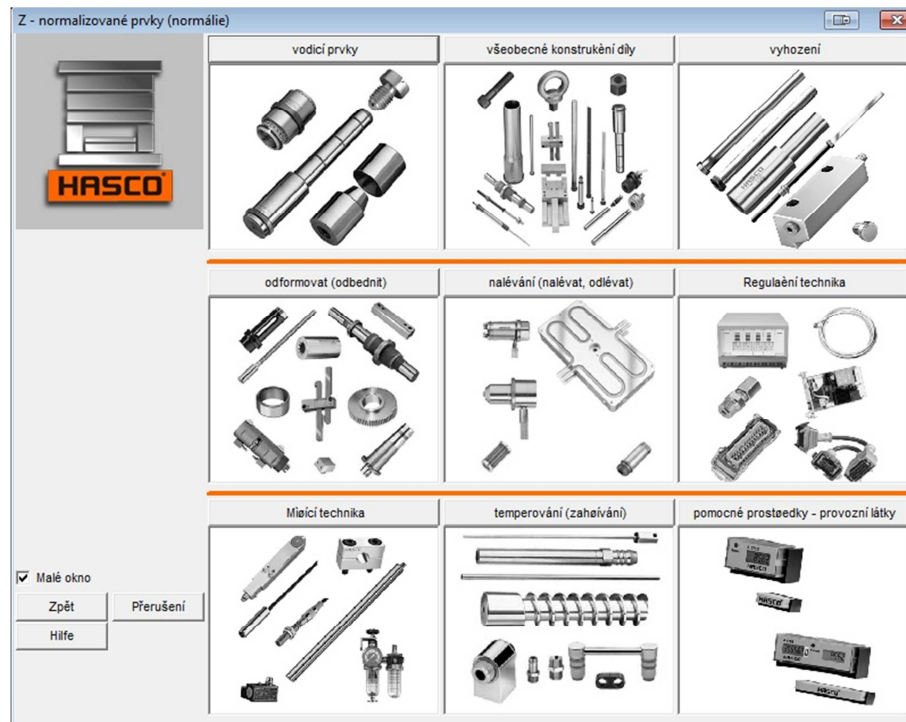
Prostředí Mold Tooling Design se spouští pře Start – Mechanical Design – Mold Tooling Design (obr. 31).



Obrázek 31. Spuštění modulu Mold Tooling Design

7.1 Hasco Dako modul

Nejdříve je potřeba se seznámit s katalogem Hasco, který bude nejvíce využíván při tvorbě samotné formy. Je to knihovna normalizovaných součástí, které jsou k dispozici. Knihovna není součástí programu CATIA a musí se instalovat zvlášť. Všechny produkty mají svoje označení a výkresovou dokumentaci.



Obrázek 32. Hasco Dako modul (Normalizované prvky)

V katalogu se nachází všechny komponenty důležité pro tvorbu vstřikovací formy. Katalog je rozdělený na několik částí pro snazší orientaci při hledání požadovaného prvku. Lze využít vyhledávání podle názvu nebo označení dle normy.

7.2 Nástrojové panely modulu Mold Tooling Design

Mezi základní nástrojový panel patří Mold Base Components, kde se zvolí druh a rozměry výsledné vstřikovací formy. Vytvářejí se pouze základní desky vstřikovací formy. Úzká spolupráce s Hasco modulem umožňuje vkládání formy s přednastavenými pozicemi pro zbylé komponenty formy.

Panel Mold Base Components obsahuje tyto ikony:



Create a new mold – vygenerování vstřikovací formy

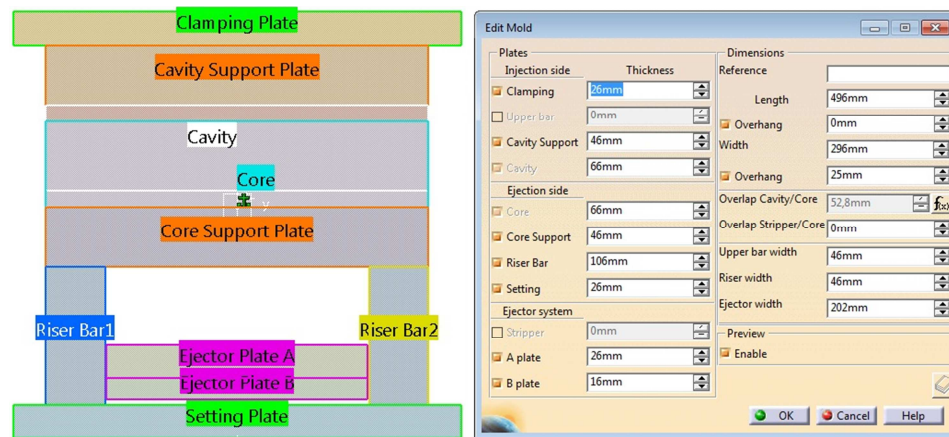


Add Mold Plate – přidání desky do formy



Add Slider – přidání vodících lišt

Forma vložená do prostředí pomocí funkce Create a new mold může být nenormalizovaná (obr. 33), což znamená, že rozměry jednotlivých desek může uživatel měnit podle potřeby.



Obrázek 33. Vložení nenormalizované formy


Druhý typ vložené formy je normalizovaná, která má rozměry jednotlivých desek již přednastavené a nedají se měnit. Normalizované formy se nacházejí v knihovně součástí. V případě nutnosti změny rozměru se může rozměr desky pouze vybrat z nabídky dostupných rozměrů.


U normalizované formy se vloží pozice pro vkládání dílů z knihovny. U nenormalizované formy se musí pozice dodělat.

Popis desek vstřikovací formy z obrázku 33:

- Clamping Plate** – upínací deska pravá
- Cavity Support Plate** – opěrná deska tvárnice
- Cavity** – deska tvárnice
- Core** – deska tvárníku
- Core Support Plate** – opěrná deska tvárníku
- Rise Bar 1, 2** – rozpěrné desky
- Ejector Plate A** – kotevní deska vyhazovače
- Ejector Plate B** – opěrná deska vyhazovače
- Setting Plate** – upínací deska levá


Další panel nese název Guiding Components a představuje vkládání vodících čepů a pouzder.


 **Add Bushing** – přidání vodících pouzder

 **Add Leader Pin** – přidání vodících čepů

Panel Fixing Components se využívá při spojování komponentů. Využívá knihovnu součástí a má tyto funkce:

 **Add CapSrew** – vložení šroubu

 **Add Counstersunk Screw** – vložení šroubu se zápustnou hlavou

 **Add Locking Screw** – vložení šroubu zabráňující pootočení rotační součásti

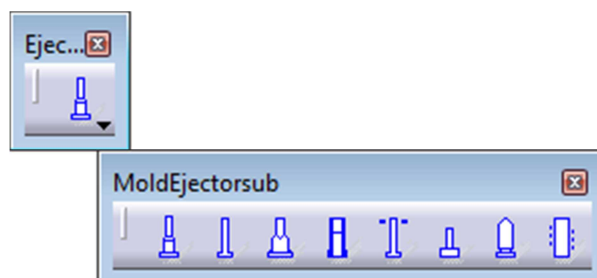
Nástrojový panel Locating Components umožňuje přidávat středící komponenty.

 **Add Sleeve** – vložení středící trubky

 **Add Locating Ring** – vložení středícího kroužku

 **Add Dowel Pin** – vložení kolíku

Nástrojový panel Ejection Components (obr. 33) poskytuje kompletní osazení vyhadzovacích desek.

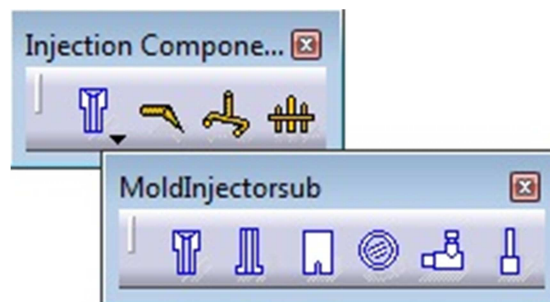


Obrázek 34. Panel Ejection Components





Z panelu lze vkládat do vyhadzovacího systému tyto komponenty:

-  **Add Ejector Pin** – vyhadzovací kolík
-  **Add Ejector** – válcový vyhadzoč
-  **Add Flat Ejector** – plochý prizmatický vyhadzoč
-  **Add Ejector Sleeve** – trubka vyhadzoče
-  **Add Core Pin** – jiný typ válcového vyhadzoče (není součástí katalogu Hasco)
-  **Add Stop Pin** – dorazy
-  **Add Angle Pin** – šikmý kolík
-  **Add Knock Out** – táhlo

Panel Injection Components se zaměřuje na vstřikovací část formy a temperační systém.



Obrázek 35. Panel Injection Components

-  **Add Sprue Bushing** – vtoková vložka
-  **Add Support Pillar** – podporný sloupek pro vyztužení formy
-  **Add O-ring** – těsnící O kroužek
-  **Add Plug** – zástrčky a koncovky pro temperační systém

**Add Baffle**

– přepážka

**Add Gate**

– vytvoření tvaru vtokového kanálu do dutiny formy

**Add Runner**


– vytvoření rozvodných kanálů

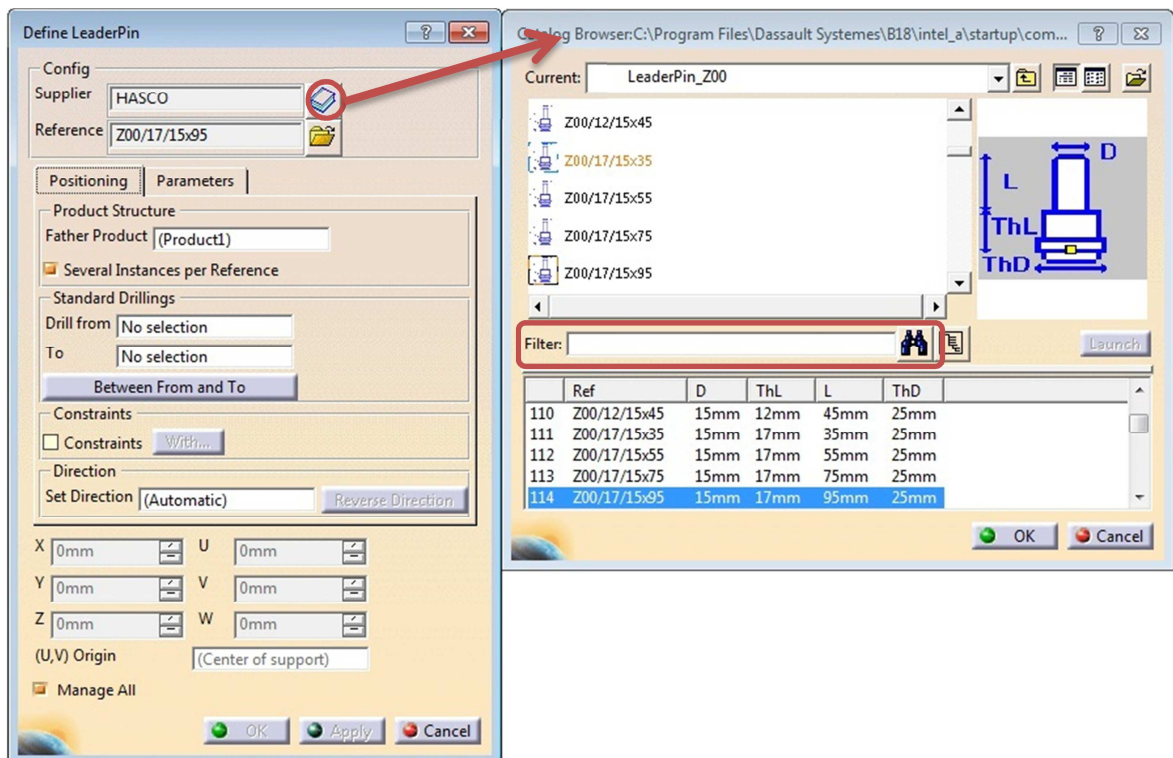
**Add Coolant Channel** – vytvoření sestavy kanálů pro temperaci

7.3 Vkládání normalizovaných součástí


Pro vkládání normalizovaných součástí se využívá knihovna součástí. Příklad vložení normalizovaných dílů je prezentováno na vložení vodícího čepu do vstřikovací formy v modulu Mold Tooling Design.

Pro vložení vodících čepů je určena funkce **Add Leader Pin** .

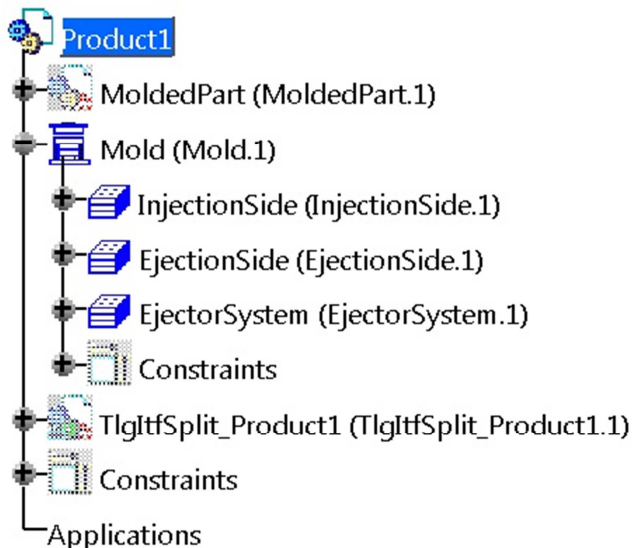
Po spuštění funkce se vybere čep z knihovny normalizovaných součástí kliknutím na ikonu knihovny . V knihovně se vybere katalog, ze kterého se má díl vložit.



Obrázek 36. Vložení normalizovaného dílu z katalogu Hasco

V knihovně se nachází políčko **Filter**, které umožňuje vyhledání určitého rozměru dílu pomocí ikony Search . Pro zobrazení všech možných rozměrů daného dílu se políčko Filter nechá prázdné.

Rozměry dílu jsou zakótovány v náhledu knihovny.



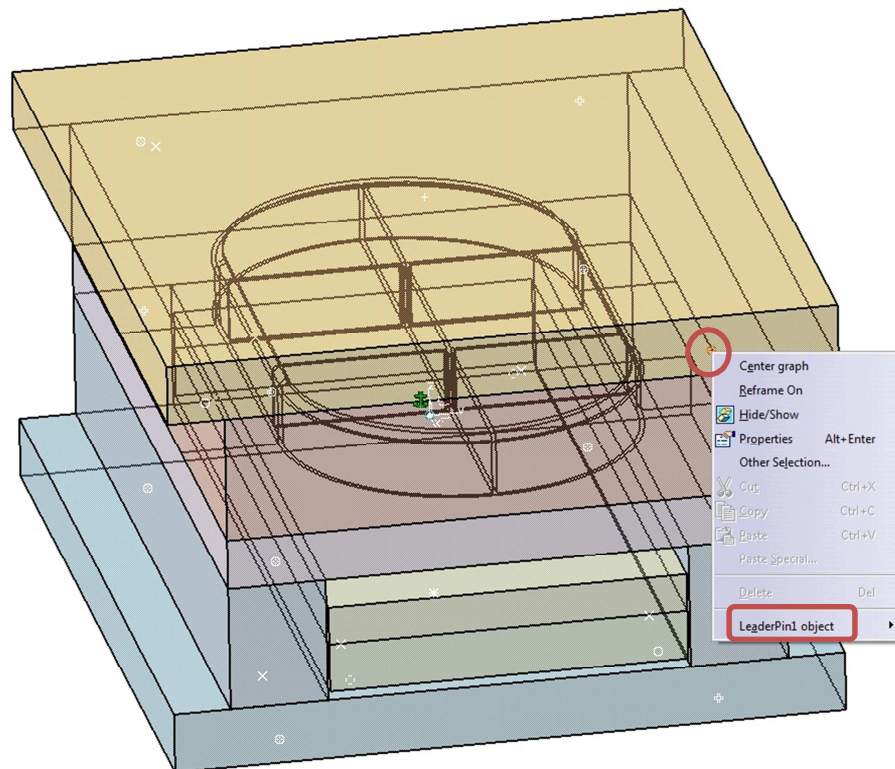
Po vybrání dílu se vybere **Father product**. Je to část vstřikovací formy (jedna z podsestav v záložce Mold), ve které se nachází deska, do které má být díl umístěn (pro Clamping Plate je to Injection Side). Na obrázku 37 je znázorněn strom s ukázkou podsestav vstřikovací formy.

Obrázek 37. Strom s podsestavami vstřikovací formy

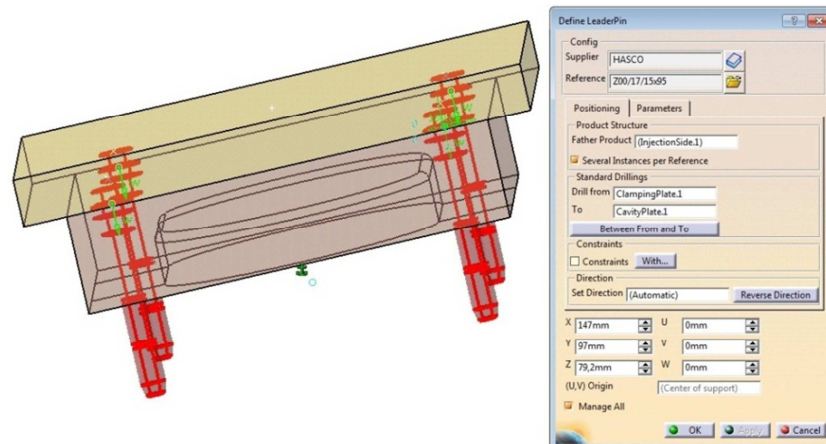
Rozdělení podsestav vstřikovací formy:

- Injection Side** – podsestava vstřikovací části formy
- Ejection Side** – podsestava vyhazovací části formy
- Ejector Side** – podsestava vyhazovacího systému formy

Poté se klikne na místo, kde má být čep umístěn. V tomto případě jsou pozice některých dílu již vytvořené při vložení formy. Při kliknutí na jednotlivé body PTM se zobrazí, co má v určitém bodu být (obr. 38). Každý prvek má jiný znak.



Obrázek 38. Bod pro vložení vodícího čepu (Leader pin)



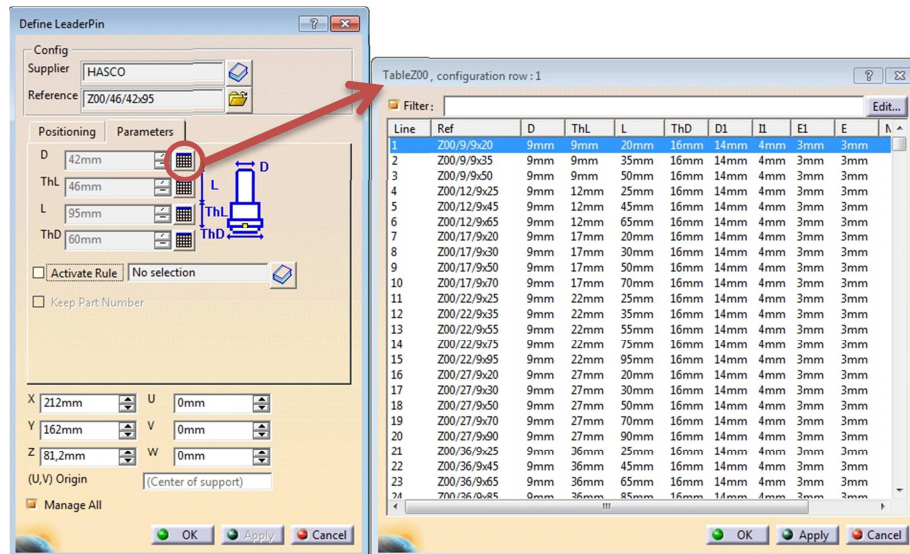
Při vložení dílu do formy se musí vytvořit otvory pro vložený díl. Aby se vyřezaly otvory v deskách, je potřeba v záložce **Positioning** nastavit:

Drill from – první element (deska) pro řezání (Clamping plate)

To – poslední element pro řezání (Cavity plate)

Tlačítko **Reverse Direction** otočí orientaci prvku.

V záložce Parameters se dají měnit velikosti daného dílu kliknutím na ikonu tabulky vedle rozměru, který se má upravit (obr. 39).



Obrázek 39. Změna rozměru dílu pomocí záložky Parameters

Příkaz je potvrzen stiskem tlačítka OK.

V příloze PII se nachází více informací pro vkládání normalizovaných součástí do sestavy vstřikovací formy.

ZÁVĚR

V teoretické části bakalářské práce je nejdříve obecné seznámení se samotným programem Catia V5. Dále bylo popsáno rozdělení programu do několika pracovních skupin s popisem, jaké produkty jednotlivá skupina obsahuje a jaký druh operací lze s touto skupinou provádět.

V další části pojednává o historii modelovacích programů od samotného vývoje prvních CAD programů, přes první verzi Catie až po skupování menších firem dominantnějšími společnostmi pro zničení konkurenčního boje a získání cenného „know-how“.

V poslední části této práce byly popsány nejpoužívanějších aplikací ze skupiny Mechanical Design, byly zde popsány aplikace od tvorby skic, modelování 3D součástí, tvorbu sestav přes vytváření výkresové dokumentace až po vytvoření vstřikovací formy.

Praktická část byla zaměřena na základní popis prostředí, orientaci v pracovním prostředí a vysvětlení základních funkcí v uživatelském prostředí programu Catia V5. Dále popis prostředí a jednotlivých příkazů v modulu Core and Cavity Design. Popis příkazů pro modul Mold Tooling Design je popsán v další kapitole.

V příloze jsou umístěny dva modelové příklady s vypracovaným postupem a grafickým doprovodem. Jeden je zaměřen na vytvoření ploch tvárnice a tvárníku v modulu Core and Cavity Design vytvořených ze 3D modelu (viz. Příloha PI). Druhou přílohu představuje modelový příklad vytvoření vstřikovací formy v modulu Mold Tooling Design (viz. Příloha PII).

Hlavním důvodem využití modulů Core and Cavity Design a Mold Tooling Design je ulehčení práce a zvýšení efektivity při vytvoření tvárnice, tvárníku a popřípadě celé vstřikovací formy ze 3D modelu. Moduly se využívají ve většině případů při výrobě vstřikovací formy, hlavně u složitějších dílů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] CATIA. *CATIA* [online]. 2008 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z: http://jsworld.hyperlink.cz/prezentace/CATIA_01.htm
- [2] CATIA V5 | Technodat. *TECHNODAT, integrátor CAD/CAM/CAE a 3D PLM řešení* [online]. 2002 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z: <http://www.technodat.cz/catia-v5>
- [3] Jak vypadá integrovaný CAD/CAM/CAE systém dnes. *Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum* [online]. 2002 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/jak-vypada-integrovaný-cad-cam-cae-system-dnes.html>
- [4] Free.tCAD.cz :: Historie CADu. *FREE.tCAD.cz :: Portál bezplatných CAD řešení* [online]. 2008 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z: http://free.tcad.cz/cad_historie.html.
- [5] CATIA – Part design - *Dassault Systèmes* [online]. 2008 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z: http://www.3ds.com/products/catia/portfolio/catia-v5/all-products/domain/Mechanical_Design/product/PD1/?cHash=c3ca82b993fc438943edbe8dec46808f
- [6] CATIA – Assembly design - *Dassault Systèmes* [online]. 2008 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z: http://www.3ds.com/products/catia/portfolio/catia-v5/all-products/domain/Mechanical_Design/product/AS1/?cHash=0631df031475683e4c7c0d9599cbb2a1
- [7] CATIA – Drafting - *Dassault Systèmes* [online]. 2008 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z: http://www.3ds.com/products/catia/portfolio/catia-v5/all-products/domain/Mechanical_Design/product/ID1/?cHash=b935e643398a448e54cae9016a0e2e4b
- [8] Vstřikovací formy v systému Catia. *Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum* [online]. 31.01.2001 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vstrikovaci-formy-v-systemu-catia.html>
- [9] CATIA – Core & Cavity design - *Dassault Systèmes* [online]. 2008 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z: <http://www.3ds.com/products/catia/portfolio/catia-v5/all-products/>

cts/domain/Mechanical_Design/product/CCV/?cHash=cc6694ffa5c458f4d040a654a99ebfc
d>

[10] Sálové počítače firmy IBM. [online]. [cit. 2012-02-28]. Dostupné z:

<<http://www.root.cz/clanky/salove-pocitace-firmy-ibm/>>

[11] Modular CAD: Objects of Desire. [online]. [cit. 2012-02-28]. Dostupné z:

<<http://www.theragens.com/misc/MR%20-%20Modular%20CAD.htm>>

[12] CATIA - Mechanical Design Domain. [online]. [cit. 2012-04-24]. Dostupné z:

<<http://www.catia.cz/Mechanical-Design-Domain.48.0.html>>

[13] CATIA – Shape Design Domain. [online]. [cit. 2012-04-24]. Dostupné z:

<<http://www.catia.cz/Shape-Design-Styling-Domain.49.0.html>>

[14] CATIA – Product Synthesis [online]. [cit. 2012-04-24]. Dostupné z:

<<http://www.catia.cz/Product-Synthesis.52.0.html>>

[15] CATIA – Equipment Systems [online]. [cit. 2012-04-24]. Dostupné z:

<<http://www.catia.cz/Equipment-Systems-Eng.53.0.html>>

[16] Catia: NC programování [online]. [cit. 2012-04-24]. Dostupné z:

<<http://catia.dytron.cz/skoleni/kursy/catia-nc-programovani.aspx>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAE	Computer Aided Engineering
CA	Computer Aided
FEM	Finite Element Method
DMU	Digital Mock-up
IGES	Initial Graphic Exchange Standards.
STEP	STandard for the Exchange of Product model data
CRT	Cathode Ray Tube
PADL	Part and Assembly Description Language.
DWF	Design Web Format
DWG	DraWinG
DXF	Data eXchange Format
AME	Advanced Modeling Extension
AEC	Architecture Engineering Construction
LTM	Levé tlačítko myši
RTM	Rolovací tlačítko myši
PTM	Pravé tlačítko myši

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1. Ukázka vygenerování výkresu ze 3D modelu [12]</i>	14
<i>Obrázek 2. Ukázka deformace dílce při určitém zatížení a uložení [vlastní zpracování]</i>	15
<i>Obrázek 3. Equipment and System Engineering</i>	16
<i>Obrázek 4. Ukázka frézování v NC machining [16]</i>	17
<i>Obrázek 5. Ukázka virtuální analýzy [14]</i>	18
<i>Obrázek 6. Ukázka práce v Shape design & styling solution [13]</i>	19
<i>Obrázek 7. Ukázka sálového počítače (IBM-702) [10]</i>	20
<i>Obrázek 8. CATIA verze 1 z roku 1981 [4]</i>	22
<i>Obrázek 9. AutoCAD verze R9 [4]</i>	23
<i>Obrázek 10. SolidWorks verze 95 [11]</i>	24
<i>Obrázek 11. CATIA V5 [4]</i>	25
<i>Obrázek 12. Ukázka tvoření náčrtů ve Sketcheru [vlastní zpracování]</i>	27
<i>Obrázek 13. Ukázka výrobku v Part design [5]</i>	28
<i>Obrázek 14. Ukázka sestavy v Assembly Design [6]</i>	29
<i>Obrázek 15. Ukázka výkresu součásti [7]</i>	29
<i>Obrázek 16. Ukázka Mold tooling Design [vlastní zpracování]</i>	31
<i>Obrázek 17. Ukázka Core and Cavity Design [9]</i>	31
<i>Obrázek 18. Uživatelské rozhraní programu CATIA V5R18</i>	34
<i>Obrázek 19. Pracovní prostředí Catia</i>	35
<i>Obrázek 20. Hlavní lišta programu</i>	35
<i>Obrázek 21. Strom</i>	36
<i>Obrázek 22. Nástrojový panel</i>	37
<i>Obrázek 23. Vrácení nástrojových panelů na výchozí pozici</i>	37
<i>Obrázek 24. Nástrojový panel View</i>	38
<i>Obrázek 25. Myš s tlačítky</i>	39
<i>Obrázek 26. Spuštění prostředí Core and Cavity Design</i>	40
<i>Obrázek 27. Vložení modelu pomocí panelu Import model</i>	41
<i>Obrázek 28. Panel Pulling Direction</i>	41
<i>Obrázek 29. Panel Surfaces</i>	42
<i>Obrázek 30. Panel Operations</i>	43
<i>Obrázek 31. Spuštění modulu Mold Tooling Design</i>	44

<i>Obrázek 32. Hasco Dako modul (Normalizované prvky)</i>	45
<i>Obrázek 33. Vložení nenormalizované formy</i>	46
<i>Obrázek 34. Panel Ejection Components</i>	47
<i>Obrázek 35. Panel Injection Components</i>	48
<i>Obrázek 36. Vložení normalizovaného dílu z katalogu Hasco</i>	49
<i>Obrázek 37. Strom s podsestavami vstřikovací formy</i>	50
<i>Obrázek 38. Bod pro vložení vodícího čepu (Leader pin)</i>	51
<i>Obrázek 39. Změna rozměru dílu pomocí záložky Parameters</i>	52

SEZNAM PŘÍLOH

**PŘÍLOHA PI: MODELOVÝ PŘÍKLAD VYTVOŘENÍ TVÁRNÍKU A
TVÁRNICE VSTŘIKOVACÍ FORMY V MODULU
CORE AND CAVITY DESIGN**

**PŘÍLOHA PII: MODELOVÝ PŘÍKLAD VYTVOŘENÍ KOMPLETNÍ
VSTŘIKOVACÍ FORMY V MODULU MOLD
TOOLING DESIGN**

PŘÍLOHA PI: MODELOVÝ PŘÍKLAD VYTVOŘENÍ TVÁRNÍKU A TVÁRNICE VSTŘIKOVACÍ FORMY V MODULU CORE AND CAVITY DESIGN

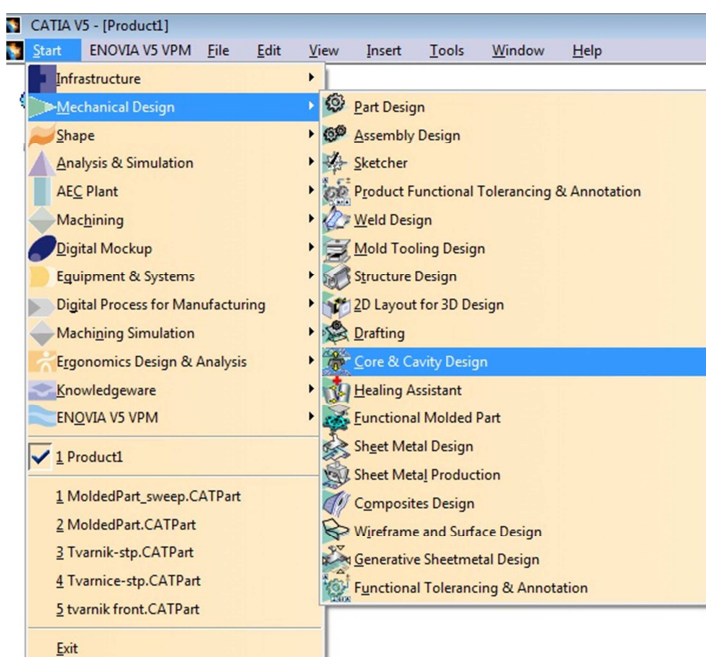
1 MODUL CORE AND CAVITY DESIGN

Modul Core and Cavity Design se využívá pro vytvoření tvárníku a tvárnice vstříkovací formy s použitím již vymodelované dílu například v modulu Part Design.

Tato kapitola by měla pomoci pochopit budoucímu uživateli Catie, jak vytvořit plochy tvárníku a tvárnice vstříkovací formy v modulu Core and Cavity Design.

1.1 Spuštění modulu Core and Cavity Design

Po zapnutí Catie se otevře prázdné prostředí nebo prostředí sestavy. V případě prázdného okna se musí nejprve vytvořit nový Product. Vytvoření se provádí přes hlavní menu na záložce File – New, kde se napíše Product a potvrdí tlačítkem OK. Modulu Core and Cavity Design se zapne přes Start – Mechanical Design – Core and Cavity Design (obr. 1). Před přepnutím do modulu Core and Cavity Design se musí označit Product (svítí oranžově)

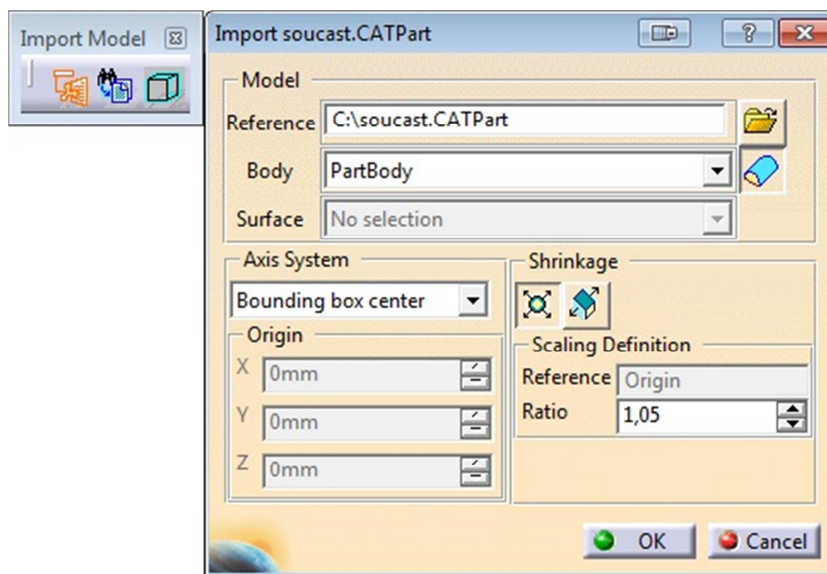


Obrázek 1: Spuštění modulu Core and Cavity Design

1.2 Vložení dílu (import)

Do prostředí se musí nejdříve vložit model, na kterém se bude pracovat.

Vložení modelu do prostředí se provádí ikonou **Import Model** na nástrojovém panelu Import Model (obr. 2), který se nachází v nástrojové liště, nebo v hlavním menu pod záložkou insert.



Obrázek 2: Import modelu do prostředí

V řádku Reference se vyhledá model, na kterém se bude pracovat. Před potvrzením vložení se může nastavit poloha osového systému v záložce Axis System. Z roletového menu je na výběr Bounding box center (střed součásti) nebo Coordinates, kde se nastavují vlastní souřadnice středu osového systému.

V záložce **Shrinkage** se nastavuje zvětšení součásti (smršťování vstříknutého dílu při ochlazování):

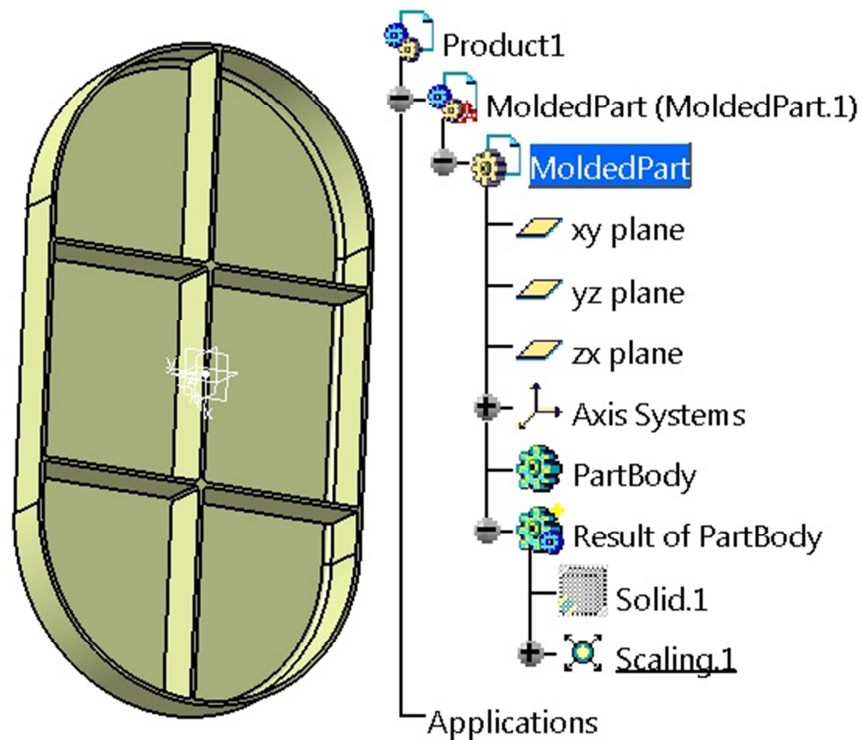


Scaling – jednotné zvětšení do všech směrů



Affinity – zvětšení lze zvolit rozdílné ve vybraném směru

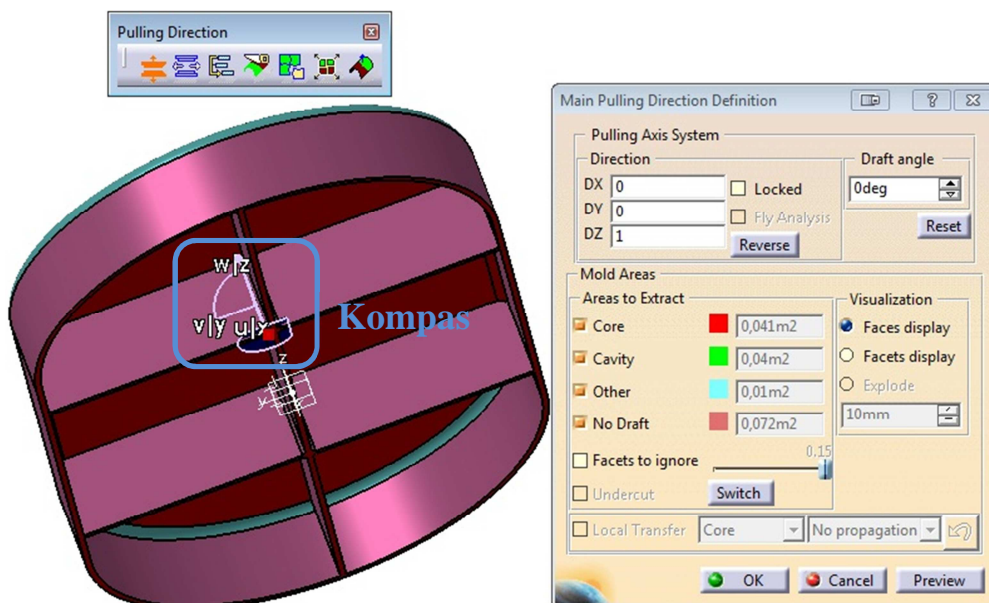
Po nastavení se potvrdí vložení kliknutím levým tlačítkem myši (dále jen LTM) na OK.



Obrázek 3: Importovaný model se stromem součástí

1.3 Určení tvárníku a tvárnice

Po vložení se díl rozdělí na plochu tvárníku a tvárnice pomocí nástroje **Pulling Direction** ve stejnojmenném nástrojovém panelu.



Obrázek 4: Rozdělení ploch

Po vyvolání příkazu se klikne LTM na model, který se rozdělí na plochy:

Core – plochy tvárníku, červená barva

Cavity – plochy tvárnice, zelená barva

Other – zbylé plochy, modrá barva

No Draft – plochy bez úkosu, fialová barva

Záložka Pulling Axis Systém nabízí výběr osy, na kterou bude dělicí rovina kolmá. Při označení tlačítka Locked dojde k uzamknutí os a určení směru dělicí roviny. Je nutné přesunout kompas (obr. 4) na plochu dělicí roviny tak, aby osa Z na ni byla kolmá. Pohyb s kompasem se provádí pomocí držení LTM na červenou tečku a pohybem myši.

Označení políčka **Facets to ignore** zanedbává drobné chyby podle zvolené hodnoty.

Undercut – vytvoří podkos na modelu

Switch – obrácení orientace ploch tvárnice a tvárníku

Transformace ploch do jiné kategorie se provádí označením políčka **Local Transfer**



. V prvním rolovacím menu se vybere, kam se budou vybrané plochy přesouvat (Core, Cavity, Other, No draft). Ve druhém rolovacím menu máme na výběr způsob výběru:

No propagation – výběr po jednou elementu

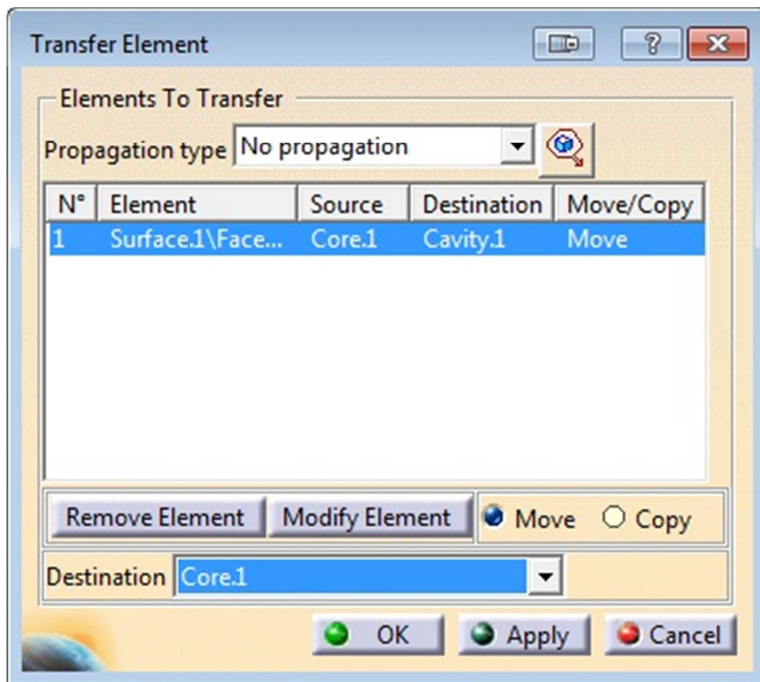
Point continuity – výběr části na sebe navazujících elementů

No Draft Faces – výběr všech ploch bez úkosu

By Area – výběr ploch určité oblasti

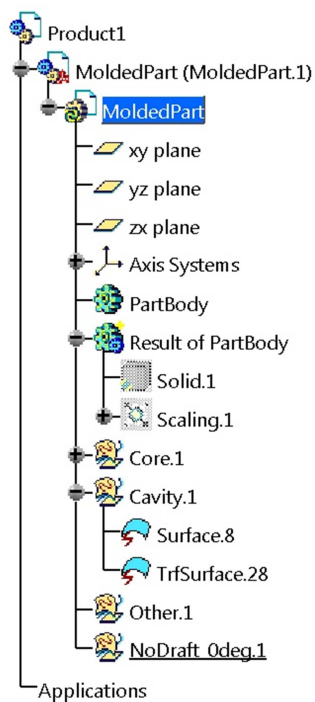
Po dokončení úprav se vytvoří plochy tvárníku a tvárnice potvrzením tlačítka OK.


Transformace ploch je možná i přes příkaz **Transfer an element** .

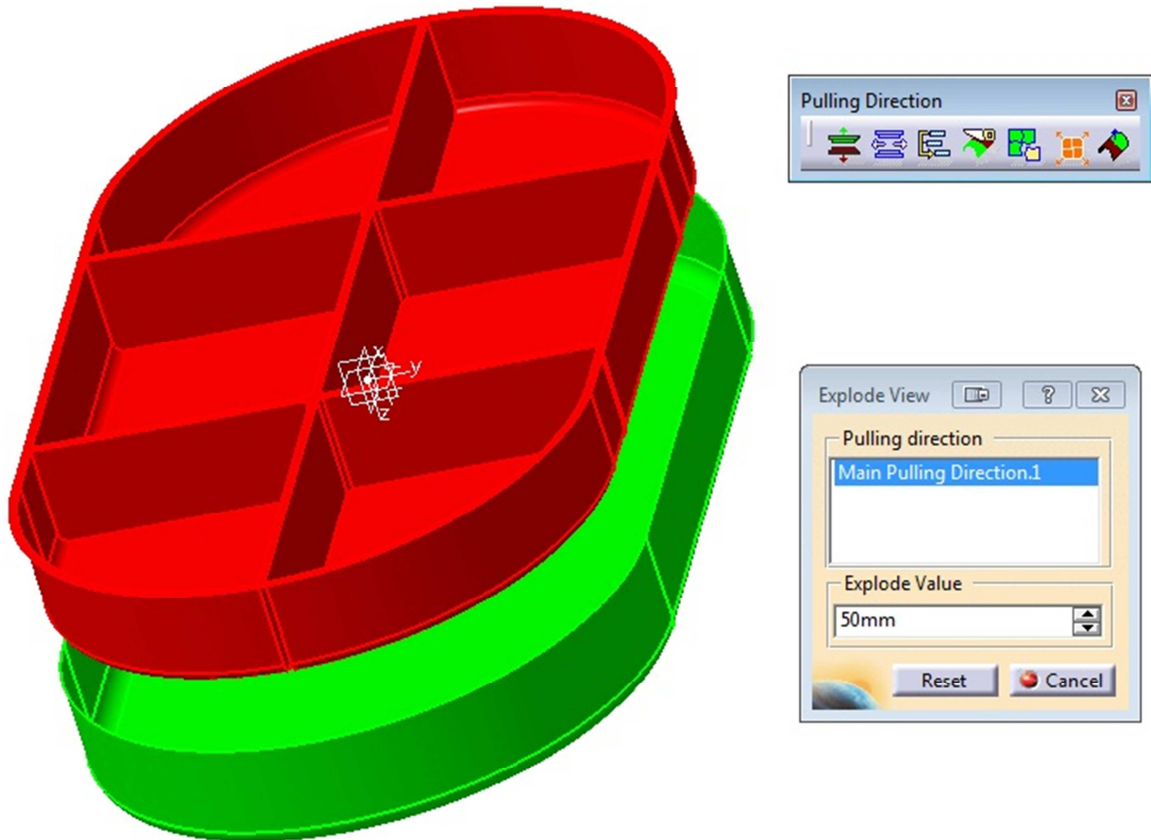


Transformace elementů je obdobná jako u Local Transfer s tím rozdílem, že tento příkaz neumožňuje pouze přesun částí, ale i kopírování vybraných ploch kliknutím na tlačítko Copy.

Po vytvoření ploch tvárníku a tvárnice se do stromu přidají další větve, pod kterými jsou plochy rozdělené podle výběru na Core, Cavity, Other a No Draft.



Příkaz **Explode view**  oddělí plochy od sebe ve směru osy Z (na modelu se nic nevytváří). Explode Value udává hodnotu, o kterou se od sebe plochy oddálí. Příkaz se vypne kliknutím na tlačítko Cancel.



Obrázek 5: Explode view – náhled na rozložené plochy

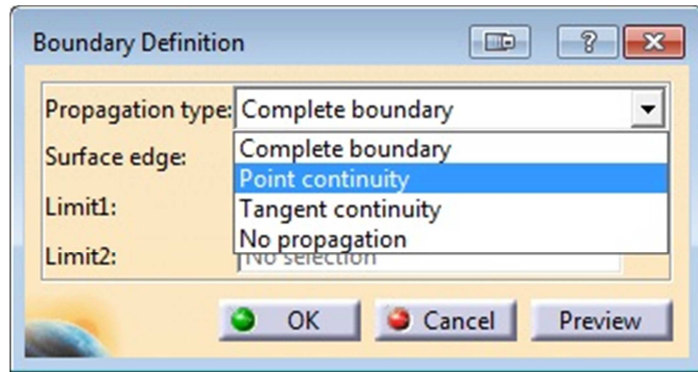
1.4 Vytvoření dělicí roviny

Pro takto vytvořené plochy se musí dodělat plochy dělicí roviny.

Pro snazší orientaci ve struktuře stromu součásti se nejdříve vloží **Geometrical set**. Vložení se provede přes hlavní menu pod záložkou Insert – Geometrical set.

Pro vytvoření ploch dělicí roviny se musí první promítnout hrana, na které se bude plocha nacházet.

Hrana se promítne příkazem **Boundary**  z nástrojového panelu Operations.



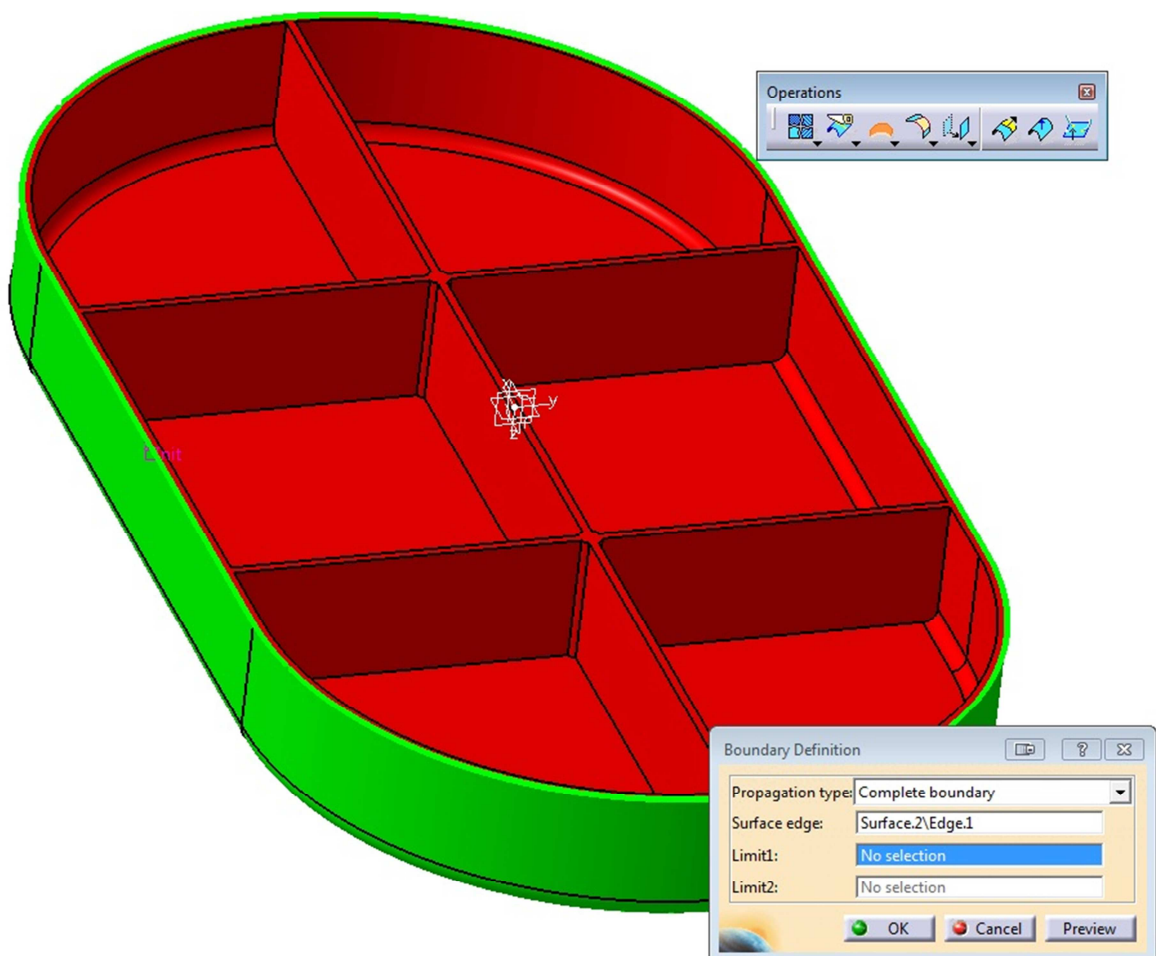
Výběr křivek se provádí různými typy podle potřeby:

Complete boundary – výběr všech hranic


Point continuity – výběr hrany

Tangent continuity – výběr na sebe navazujících křivek

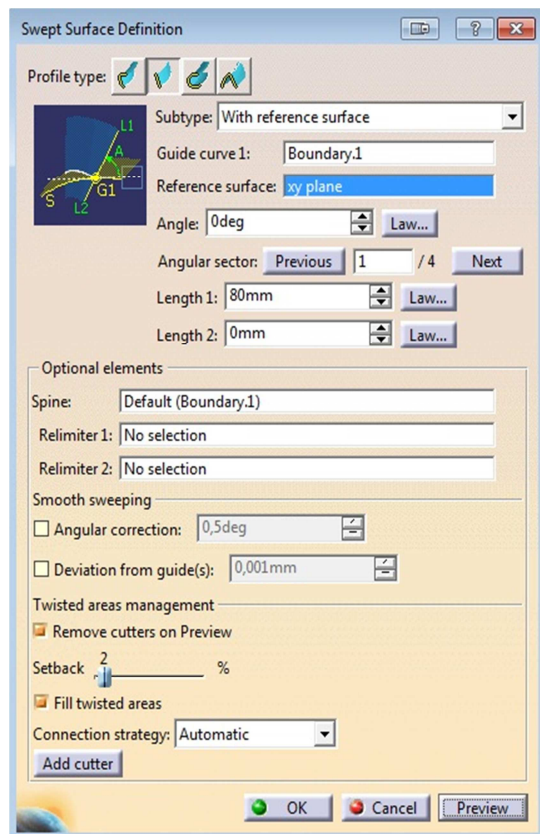
No propagation – výběr pouze jedné křivky



Obrázek 6: Promítnutí hran funkcí Boundary

Příkazem **Sweep**  v panelu Surfaces se promítnutá křivka vytáhne do prostoru a vytvoří plochu.

Pro vytažení plochy kopírující tvar křivky se zvolí ikona **LINE**  v nabídce Profile type.



V roletovém menu **Subtype** se zvolí **With reference surface** (směr udává zvolená rovina)

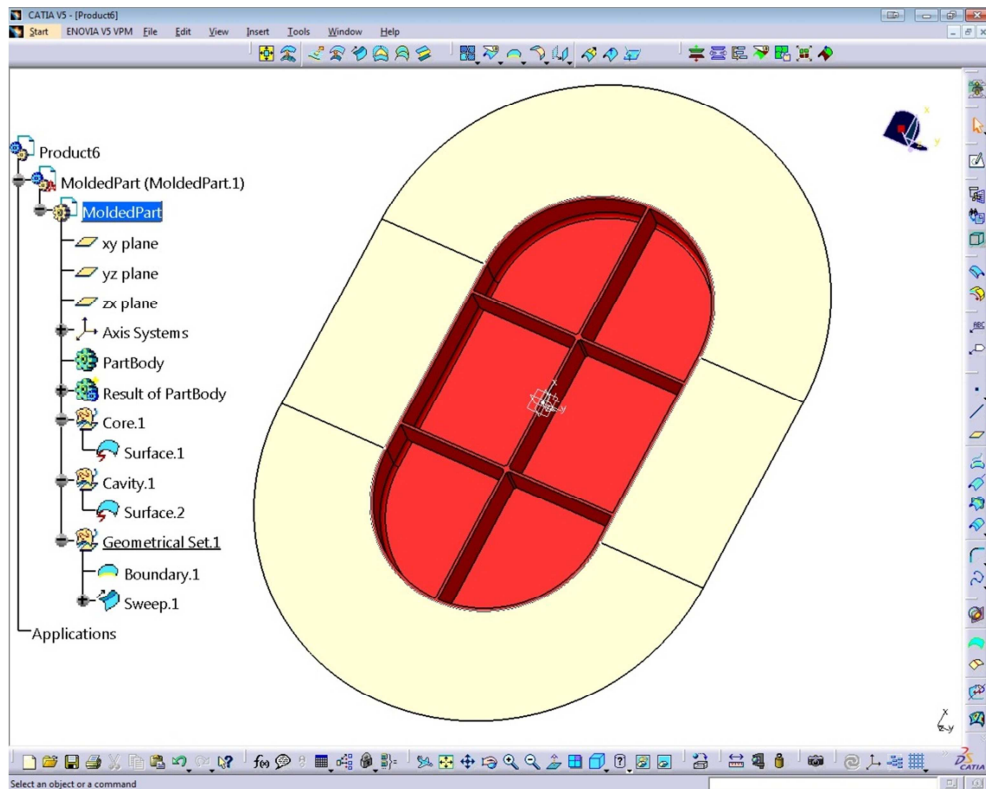
Guide curve je promítnutá hrana a **Reference surface** udává směr vytažení.

V poli **Angle** se určuje úhel naklonění vytažené plochy k referenční rovine.

Do pole **Length 1** se udává velikost vytažení od hrany jedním směrem (ven). Pole **Length 2** poté vytažení dovnitř.

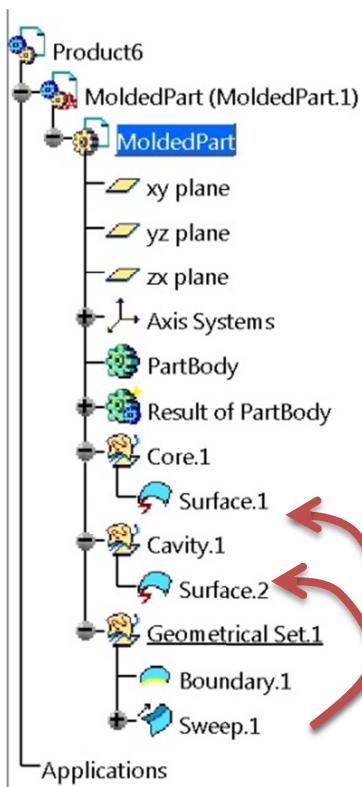
Pro náhled výsledného vytažení se použije tlačítko **Preview**.

Po potvrzení příkazu tlačítkem **OK** se vytvoří plocha s určenými hodnotami.



Obrázek 7: Vytvořená plocha pomocí příkazu Sweep

Na obrázku 7 je vytažená plocha, která se použije na dělicí rovinu. Takto vytvořenou plochu se musí spojit s tvárnici i tvárníkem.



Jako první se nakopíruje vytažená rovina do větví Core i Cavity.

Tato operace se provedeme kliknutím pravým tlačítkem myši (dále jen PTM) ve stromě součásti na vytvořenou plochu (sweep) a zvolí se možnost Copy



Poté se plocha kliknutím PTM na Core (tvárník) a výběrem Paste nakopíruje do větve. Poslední operace se opakujeme i pro Cavity (tvárnice).



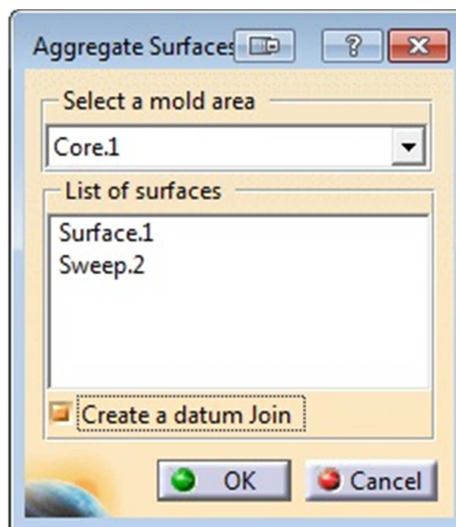
Geometrical set se může zhasnout a to kliknutím PTM a výběrem možnosti Hide/Show



V posledním kroku se musí plochy v každé větvi spojit do jedné výsledné plochy (u tvárníku a tvárnice zvlášť).

Využije se příkaz **Aggregate Mold Area**  z nástrojového panelu Pulling Direction.

Po spuštění příkazu se vyberou plochy, které se mají spojit a klikne se LTM na větev Core, resp. Cavity ve stromu součásti. Označí se políčko Create a datum join (vytvoření nulového bodu spojení), viz obr. 8.




Obrázek 8: Spojení ploch

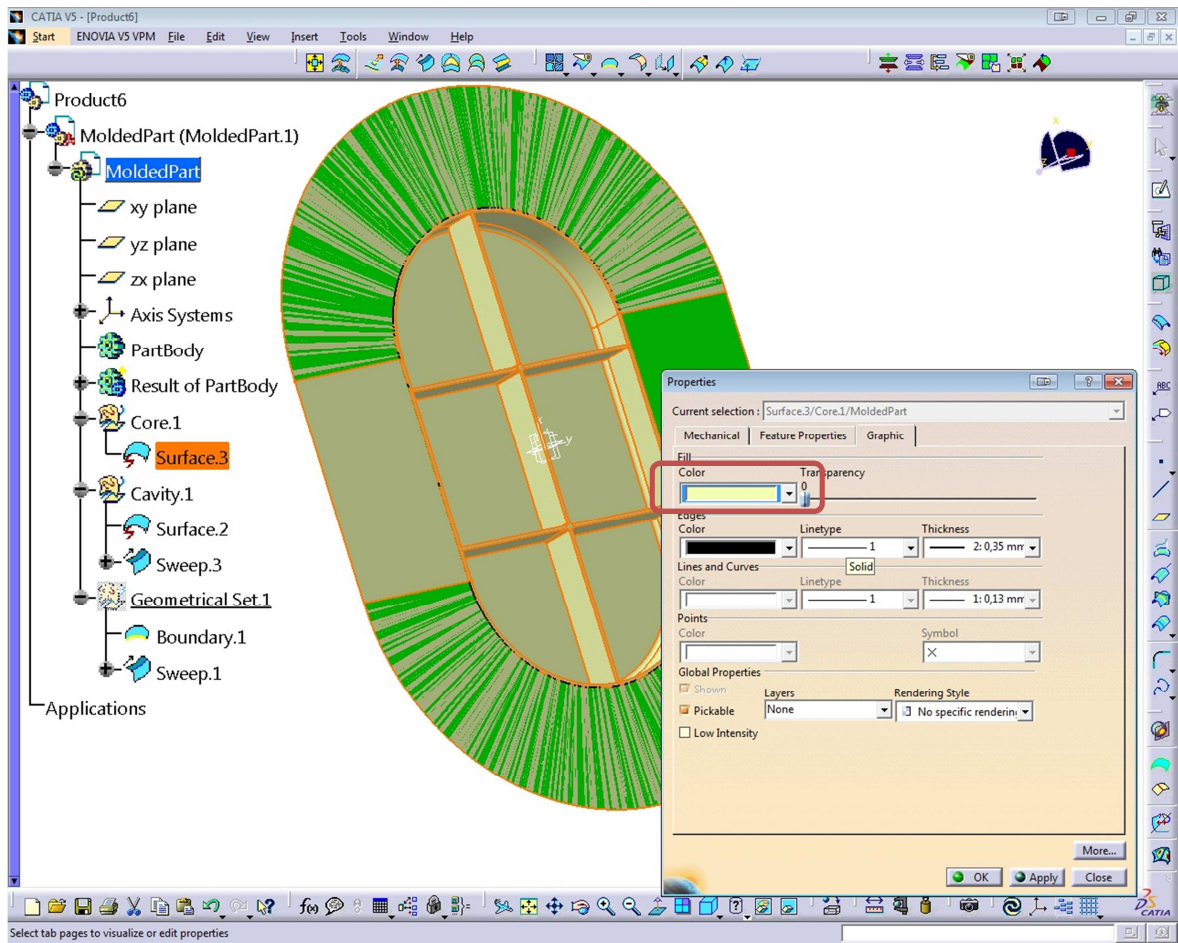
Plochy spojené do jednoho celku s využitím vytvoření nulového bodu se přebarví do výchozí barvy.

Pro lepší přehlednost se barvy tvárníku a tvárnice vrátí zpět.

Určení barvy jednotlivých prvků se provádí kliknutím PTM ve stromě součásti na prvek, kterému má být určena barva a výběrem možnosti **Properties**

 **Properties** Alt+Enter se otevřou vlastností určitého prvku.

V záložce **Graphic** – Fill Color se z rolovací nabídky vybere barva (u tvárníku červená, u tvárnice zelená) a potvrdí se tlačítkem OK (obr. 9).

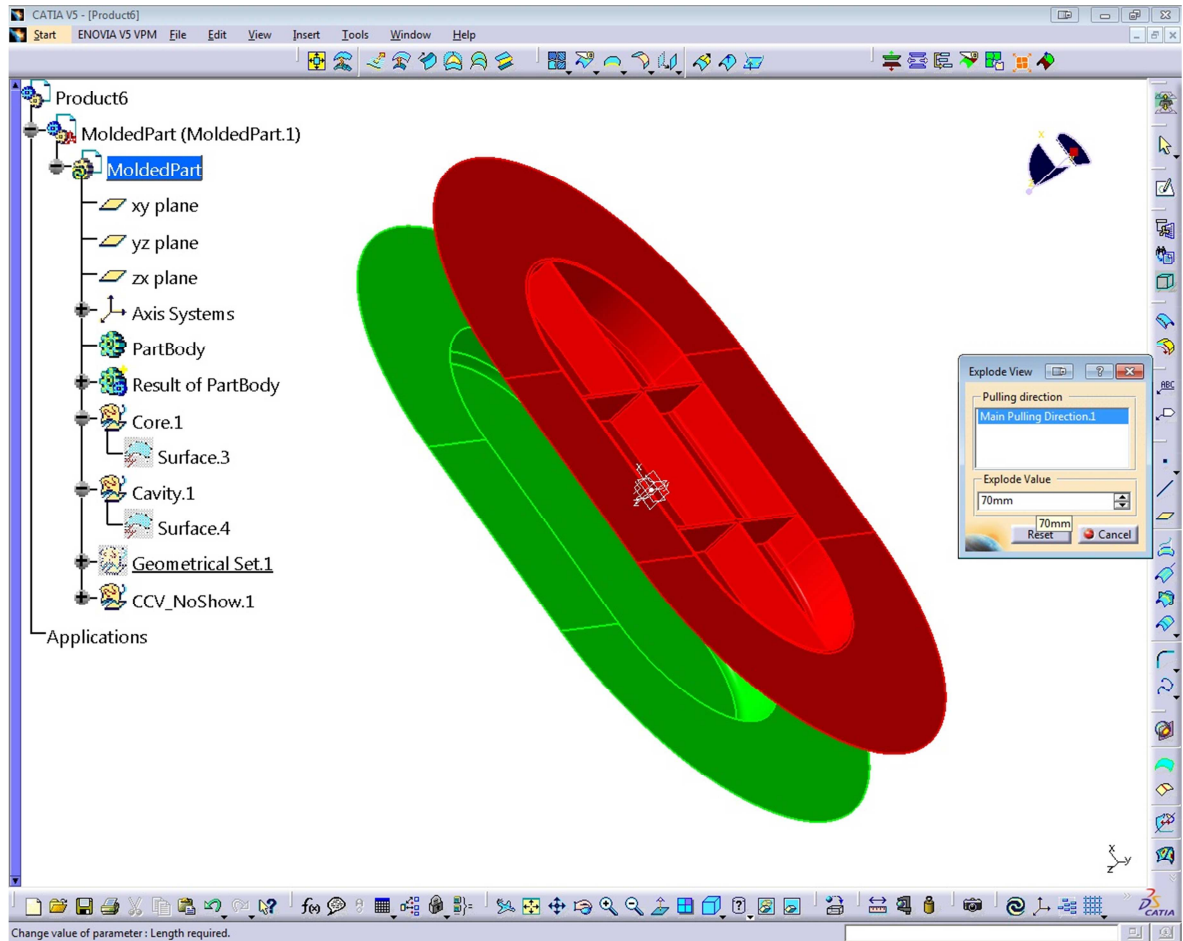


Obrázek 9: Určení barvy prvku

1.5 Hotové plochy tvárnice a tvárníku

Tímto je rozdělení součásti na plochy tvárníku a tvárnice hotové a jejich konečná podoba je zobrazena na obrázku 10.

Větvě Core i Cavity obsahují pouze jednu plochu, což je důležité při použití takto připraveného prvku v modulu Mold Tooling Design pro vytvoření desek tvárníku a tvárnice.



Obrázek 10: Hotový díl přichystaný pro tvorbu desek tvárníku a tvárnice

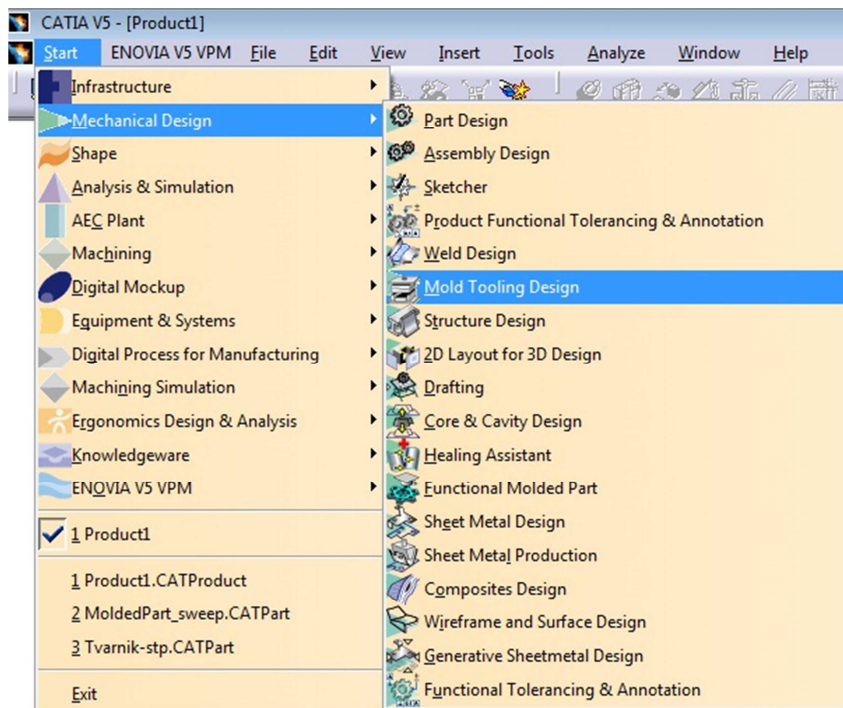
PŘÍLOHA P II: MODELOVÝ PŘÍKLAD VYTVOŘENÍ KOMPLETNÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY V MODULU MOLD TOOLING DESIGN

1. MODUL MOLD TOOLING DESIGN

Modul Mold Tooling Design je určený pro kompletní navržení vstřikovací formy. Tato aplikace přichází na řadu po ukončení modelovacích úprav na tvarové dutině v modulu Core and Cavity Design. K dispozici jsou standardy např. firmy Hasco, která se zabývá přímo výrobou vstřikovacích strojů, nebo je možné použít i vlastní systém, vytvořený uživatelem. Aplikace obsahuje kompletní řešení úloh, které je nutno pro návrh komplexní stavby formy vyřešit. Umožňuje zvolit vybraný stavebnicový systém a správný rozměr formy podle velikosti výsledného výrobku, nebo násobností formy. Tuto operaci lze vizuálně kontrolovat v interaktivním 3D náhledu.

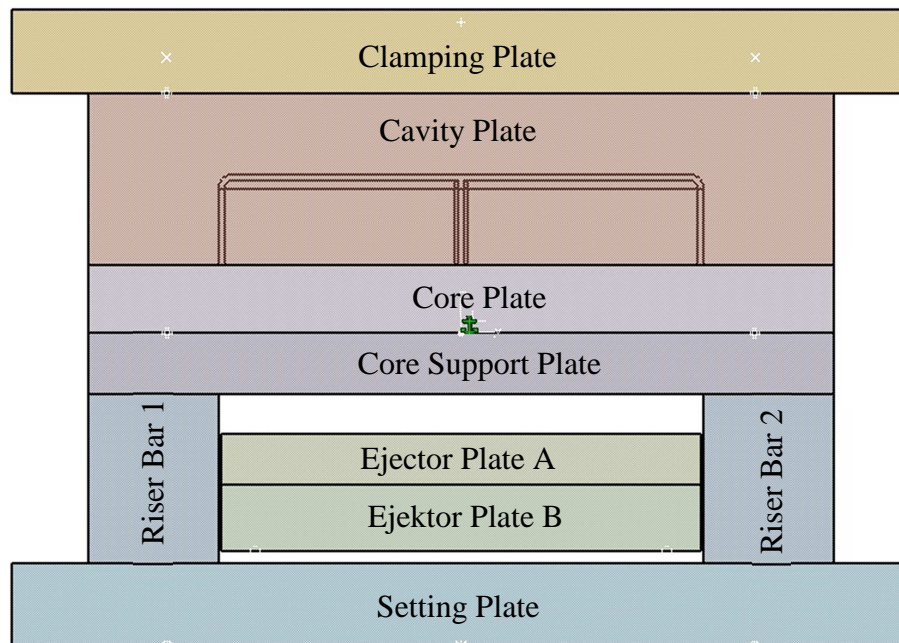
1.1 Spouštění modulu Mold Tooling Design

Prostředí Mold Tooling Design se spouští pře Start – Mechanical Design – Mold Tooling Design (obr. 1).



Obrázek 1. Spuštění Mold Tooling Design

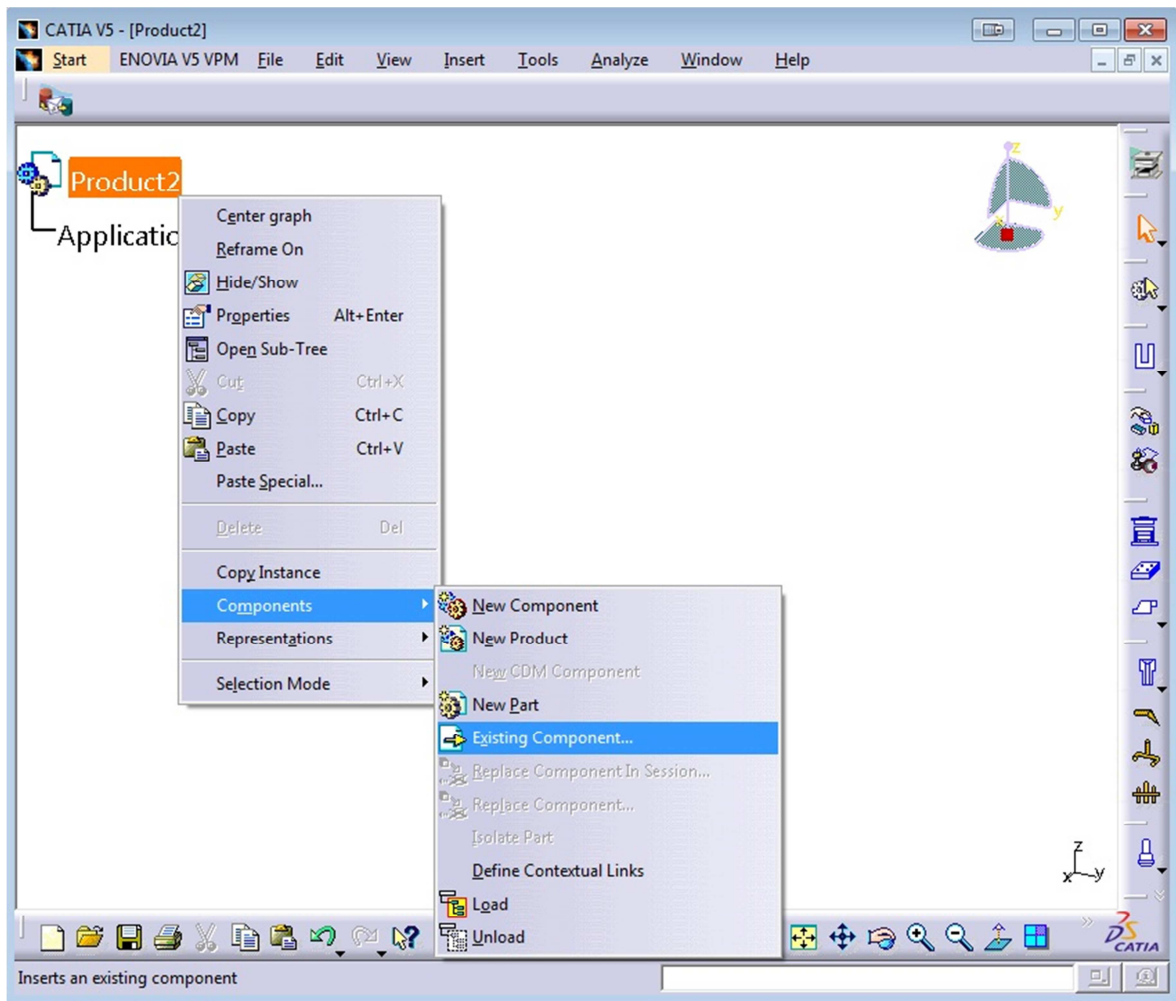
1.2 Popis jednotlivých desek formy



- **Clamping Plate** – upínací deska pravá.
- **Cavity Plate** – deska tvárnice.
- **Core Plate** – deska tvárníku.
- **Core Support Plate** – opěrná deska tvárníku.
- **Riser Bar 1, 2** – rozpěrné desky.
- **Setting Plate** – upínací deska levá.
- **Ejector Plate A** – vyhazovací deska.
- **Ejektor Plate B** – opěrná deska vyhazovače.


1.3 Vložení dílu

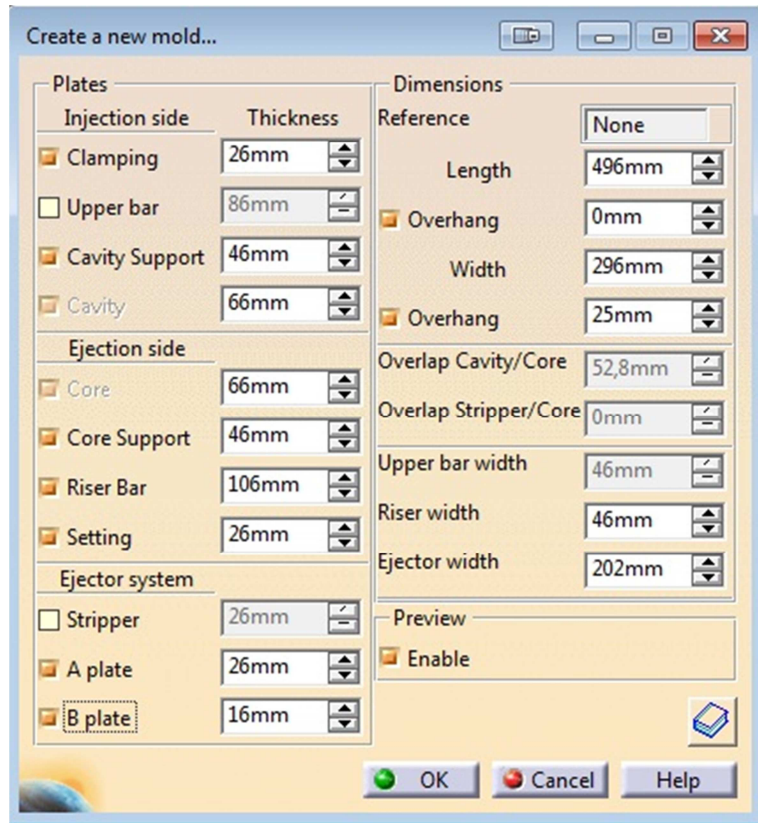
Pro vytvoření kompletní vstřikovací formy se použije ukázkový model vytvořený v Core and Cavity Design. Vložení dílu jde více způsoby. Jedním je přes záložku *Insert* na hlavní liště, kde se vybere možnost Existing component. Na obrázku je druhá možnost vložení dílu a to kliknutím *pravým tlačítkem myši* (dále jen PTM) ve stromu součástí na Product – Components – Existing Component.



Obrázek 2. Vložení existujícího dílu


1.4 Vložení formy

Při vkládání formy se využije modul Hasco. Základní tabulka (obr. 3) pro vložení formy se vyvolá příkazem **Create a New Mold**  z nástrojového panelu Mold Base Components.

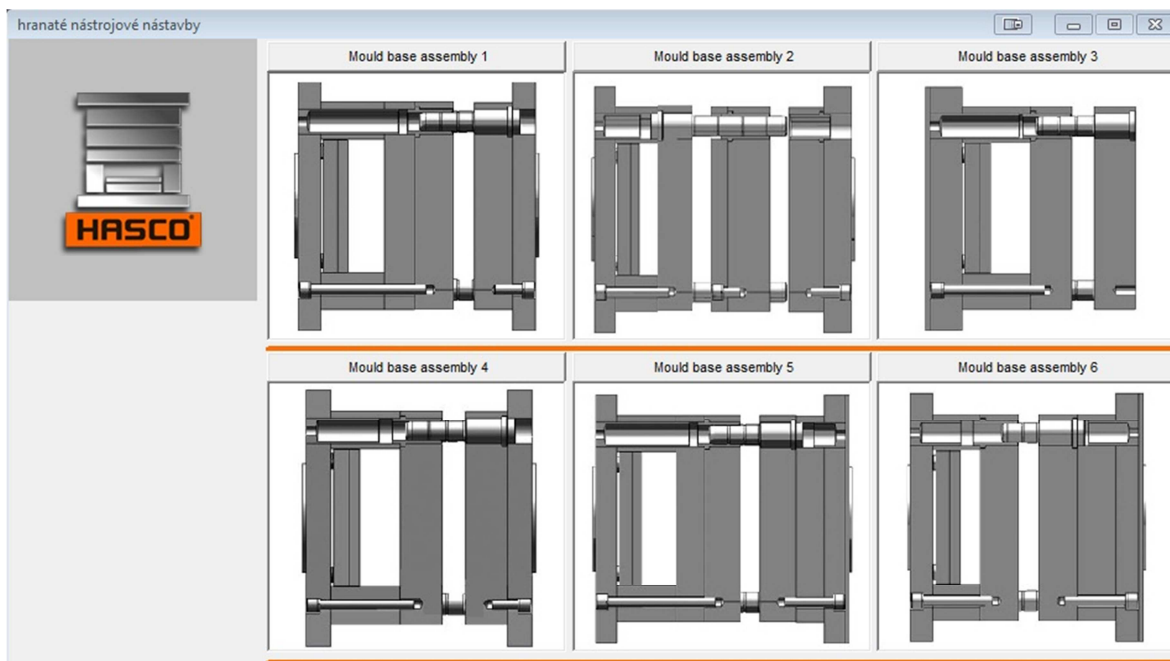


Obrázek 3. Základní tabulka pro vytvoření nové formy

V základní tabulce pro vytvoření nové vstřikovací formy se nastavují všechny rozměry na jednotlivých částech formy s podporou interaktivního náhledu (označení Enable v záložce Preview).

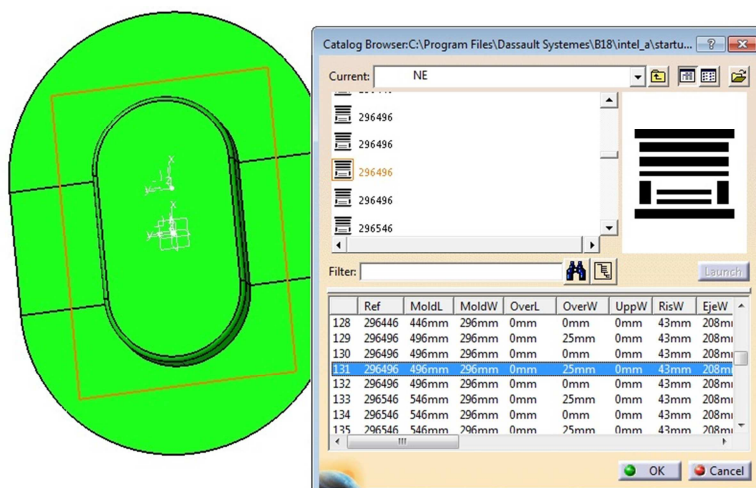
Pro rychlejší práci se využije katalog Hasco z knihovny součástí. Prohlížeč knihovny se spustí ikonou , kde se vloží forma z katalogu Hasco.

V knihovně součástí je více katalogů. V tomto případě se bude pracovat s katalogem Hasco. Po rozkliknutí katalogu se zobrazí typy formy (MBA1-MBA6). Zkratka MBA je Mould Base Assembly (základní typy sestavení). Při vložení normalizované formy z katalogu se vytvoří pozice základních prvků (šrouby, vodící pouzdra a čepy, středící kroužky apod.).



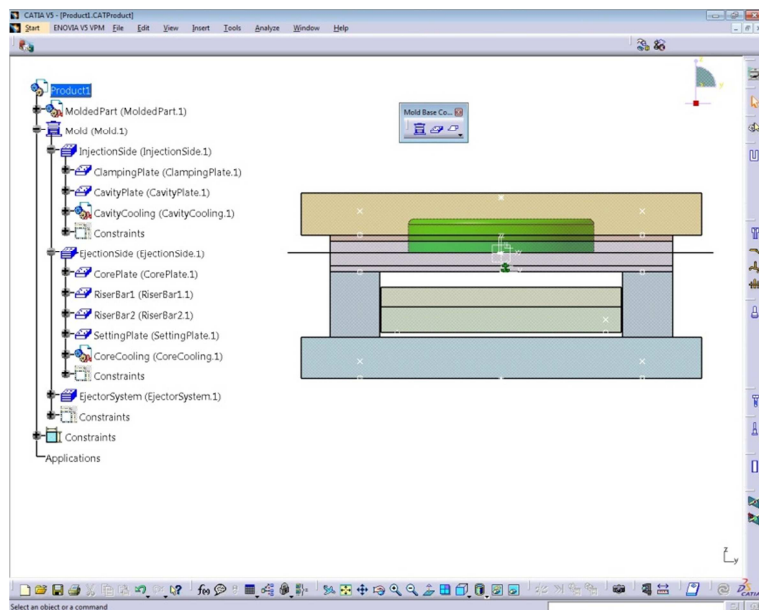
Obrázek 4. Typy sestavení formy

Po výběru typu formy (v tomto případě MBA 4 – ref. 296496) se otevře tabulka s rozměry jednotlivých desek. Po kliknutí na vybraný rozměr se zobrazí v náhledu rozměr tvarových desek s vloženým prvkem. Pokud je rozměr vybrán, stačí potvrdit OK.



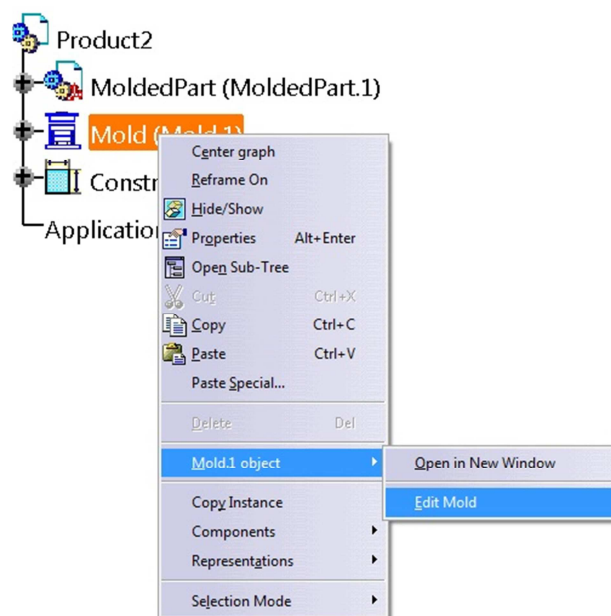
Obrázek 5. Výběr velikosti formy s náhledem

Vybraná forma se vygeneruje a stačí pouze potvrdit OK v okně Create a New Mold.



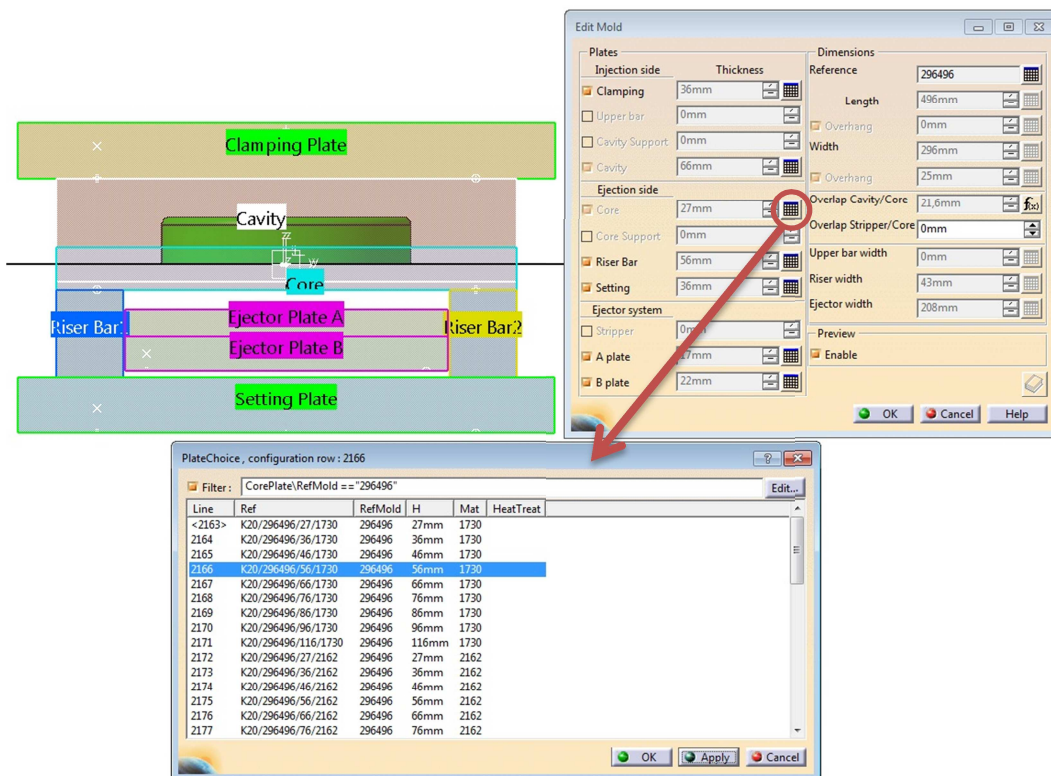
Obrázek 6. Ukázka chybného rozměru desek

Na vygenerované formě je vidět, že deska tvárnice (obr. 6) je menší než výrobek. Musí se tedy výška desky upravit. Veškeré úpravy na formě se provádí pomocí příkazu *Edit Mold*. Příkaz se nachází ve stromě kliknutím PTM na Mold – Mold.1 object – Edit Mold (obr. 7).




Obrázek 7. Úprava rozměrů formy

Po vyvolání příkazu se objeví stejná tabulka jako při vytváření formy. V náhledu se zobrazují popisky jednotlivých desek. Výšku jednotlivých desek lze upravovat kliknutím na ikonu tabulky vedle názvu příslušné desky (obr. 8). Po otevření seznamu desek se vybere požadovaný rozměr desky (cavity 66mm, Core 56mm) a potvrdí se OK.




Obrázek 8. Změna výšky desky

Přesunutí, nebo otáčení prvků se provádí pomocí příkazu *Manipulation*  v nástrojovém panelu Move. Manipulace se provádí pomocí držení levého tlačítka myši (dále jen LTM) a tažením s prvkem. Tato funkce se využívá při posouvání ploch tvárnice a tvárníku.




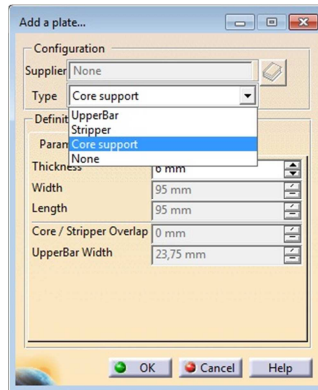
 **Drag along any axis** – posouvání po zvolené čáře (osa, hrana modelu).

 **Drag along any plane** – posouvání po ploše zvolené roviny.

 **Drag around any axis** – rotace kolem zvolené osy (osa, hrana modelu).

Tlačítko *With respect to constraints* se označuje v tom případě, když se posouvá díl, který musí zachovat vytvořené vazby s jiným prvkem.

V případě nutnosti přidání další desky se využívá příkaz **Add Mold Plate**  z nástrojového panelu Mold Base Components, kde se nastavuje typ a rozměry desky.



- **UpperBar** – rozpěrná deska
- **Stripper** – stírací deska
- **Core support** – opěrná deska tvárníku
- **Thickness** – výška desky

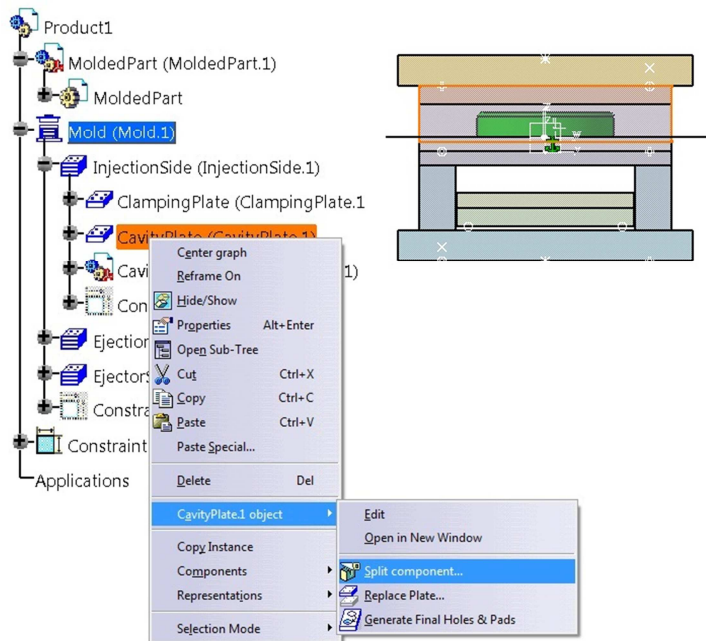
Šířka a délka desky jsou dány rozměry vložené formy.

Přidání Core Support Plane a o výšce 16 mm se potvrdí stisknutím OK.

1.5 Vytvoření desek tvárníku a tvárnice

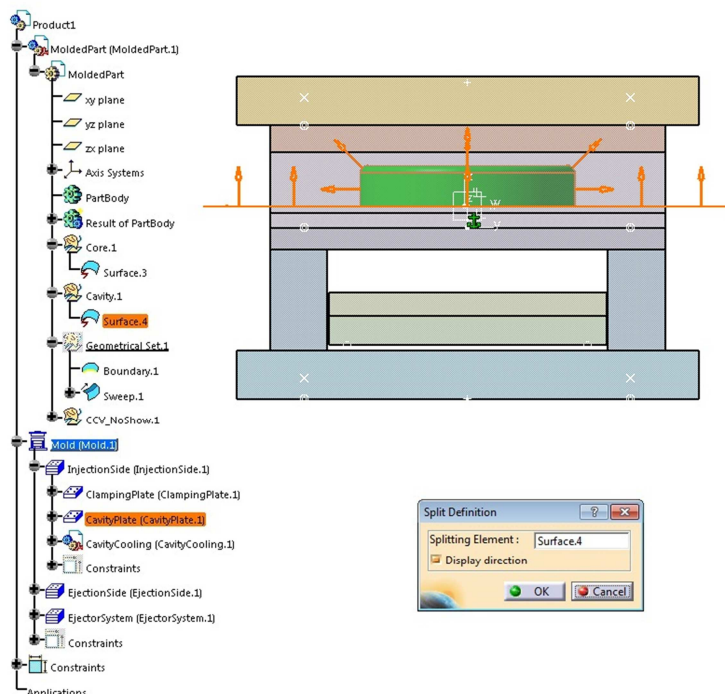
Dalším krokem je vytvoření dutiny. Tato opera se provádí příkazem **Split Component** .

Příkaz se vyvolá kliknutím PTM na větev určité desky (CavityPlate, CorePlate) – Cavity-Plate.1 object – Split component (obr. 9).



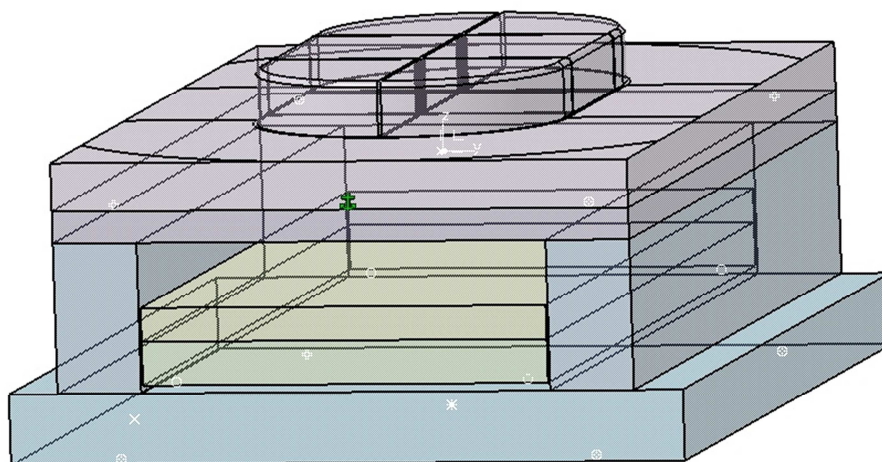
Obrázek 9. Spuštění příkazu Split Component

Po vyvolání příkazu se nastaví, čím se deska ořeže. Ořezává se deska Cavity, proto se musí vybrat plocha z větve Cavity (obr. 10). Šipky znázorňují, která část desky zůstane. Kliknutím na jakoukoli šipku se orientace otočí.



Obrázek 10. Vyřezání tvaru dutiny do desky

Operace se opakuje i u desky Core Plate, pouze šipky směřují dolů.





Obrázek 11. Ukázka vytvořeného tvárníku

1.6 Vkládání dílů z knihovny součástí

Vkládání jednotlivých dílů se provádí z knihovny součástí použitím příslušných ikon v nástrojové liště. Opět se bude využívat katalog Hasco.

1.6.1 Vložení vodícího čepu


Pro vložení vodících čepů je určená funkce **Add Leader Pin** . Po spuštění funkce se vybere čep z katalogu Hasco kliknutím na ikonu knihovny .

The 'Define LeaderPin' dialog box is shown on the left, and the 'Catalog Browser' window is on the right. The 'Define LeaderPin' dialog has the following fields:

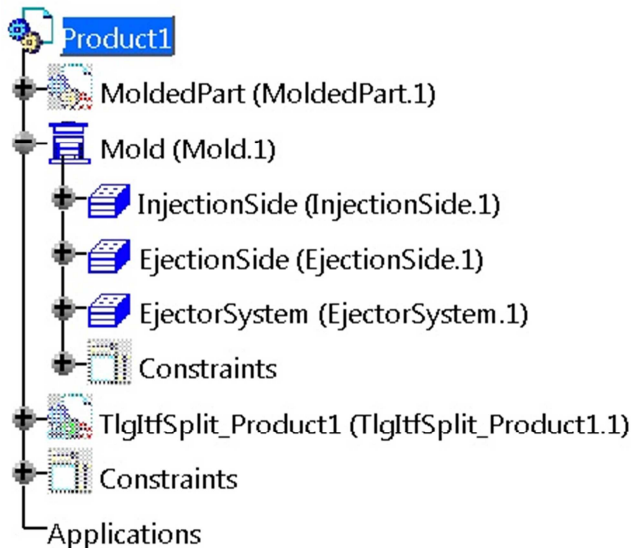
- Supplier: HASCO
- Reference: Z00/17/15x95
- Positioning: Parameters
- Product Structure: Father Product (Product1)
- Standard Drillings: Drill from (No selection), To (No selection)
- Constraints: Constraints (With...)
- Direction: Set Direction (Automatic)
- X: 0mm, Y: 0mm, Z: 0mm, U: 0mm, V: 0mm, W: 0mm
- (U,V) Origin: (Center of support)

The 'Catalog Browser' window shows the following table of parts:

Ref	D	ThL	L	ThD
110	Z00/12/15x45	15mm	12mm	45mm 25mm
111	Z00/17/15x35	15mm	17mm	35mm 25mm
112	Z00/17/15x55	15mm	17mm	55mm 25mm
113	Z00/17/15x75	15mm	17mm	75mm 25mm
114	Z00/17/15x95	15mm	17mm	95mm 25mm

V knihovně se nachází políčko **Filter**, které umožňuje vyhledání určitého rozměru dílu pomocí ikony Search . Pro zobrazení všech možných rozměrů daného dílu se políčka Filter nechá prázdné.

Rozměry dílu jsou zakótovány v náhledu knihovny.



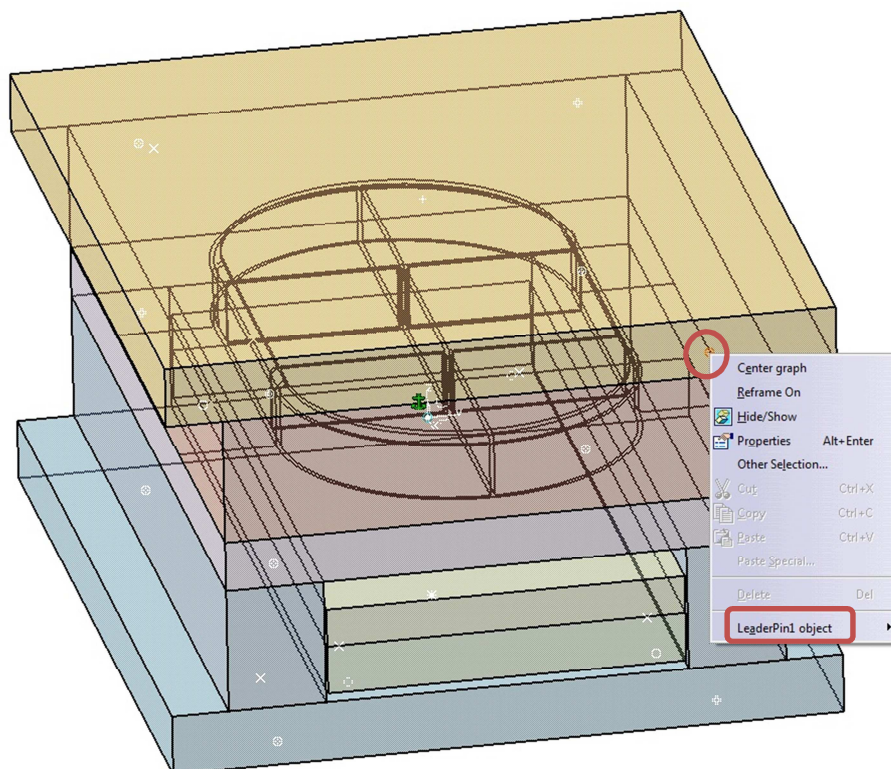
Po vybrání dílu se vybere **Father product**. Je to část vstříkovací formy (jedna z podsestav v záložce Mold), ve které se nachází deska, do které má být díl umístěn (pro Clamping Plate je to Injection Side). Na obrázku 37 je znázorněn strom s ukázkou podsestav vstříkovací formy.

Obrázek 12. Strom s podsestavami vstříkovací formy

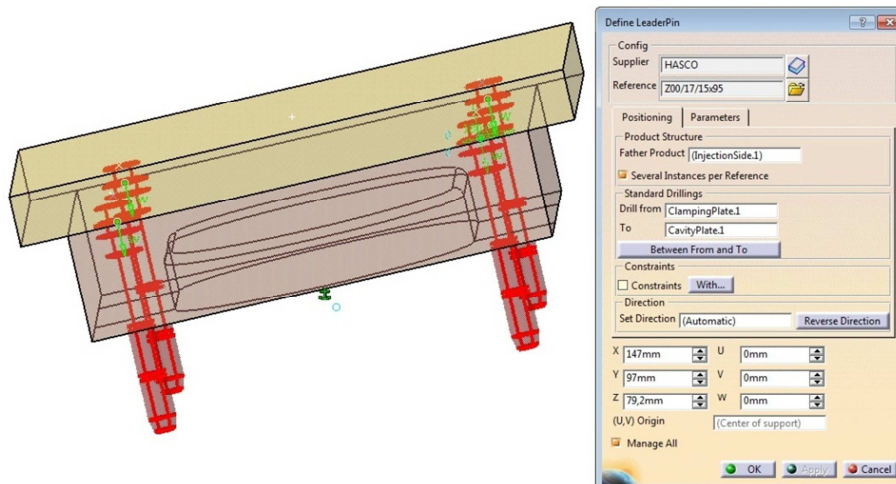
Rozdělení podsestav vstříkovací formy:

- Injection Side** – podsestava vstříkovací části formy
- Ejection Side** – podsestava vyhazovací části formy
- Ejector Side** – podsestava vyhazovacího systému formy

Poté se klikne na místo, kde má být čep umístěn. V tomto případě jsou pozice některých dílu již vytvořené při vložení formy. Při kliknutí na jednotlivé body PTM se zobrazí, co má v určitém bodu být (obr. 12). Každý prvek má jiný znak.



Obrázek 13. Bod pro vložení vodícího čepu (Leader pin)



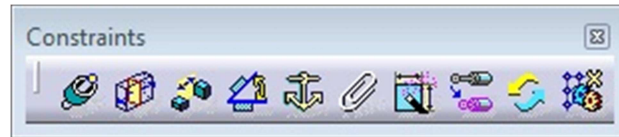
Aby se vyřezaly otvory v deskách, je potřeba nastavit:

- **Drill from** – první element (deska) pro řezání (Clamping plate)
- **To** – poslední element pro řezání (Cavity plate)

Tlačítko *Reverse Direction* otočí orientaci prvku.

Pro potvrzení vložení vodících čepů (Z00/17/15x95) se klikne na ikonu OK.

Políčko Constraints (vazby) se nechá odznačené u všech vložených prvků. Vygenerované vazby nejsou v pořádku, nebo prvek není plně zavazben. Vazby se musí dodělat v modulu Assembly Design pomocí nástrojového panelu *Constraints*.



Coincidence Constraint – zavazbení rotačních prvků



Contact Constraint – zavazbení dotýkajících se prvků



Offset Constraint – určení vzdálenosti prvků



Angle Constraint – vazba pod úhlem

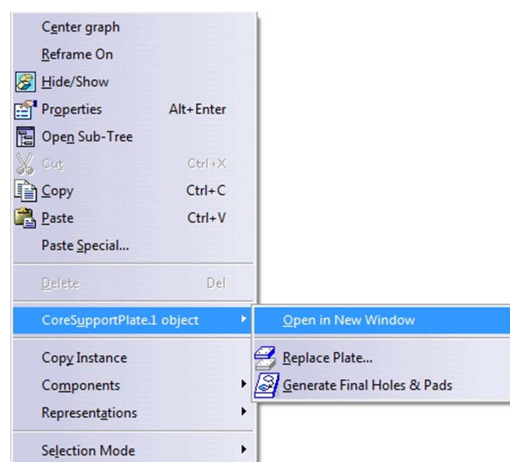


Fix Component – ukotvení prvku na místě

Pro vložení vodících čepů pro vyhazovací systém se postup opakuje s tím rozdílem, že chybí přednastavené pozice prvků.

Pozice prvků lze určit dvěma způsoby:

První způsob je nakreslení bodů přímo na požadovanou desku pomocí *Sketch*. Kliknutím PTM na požadovanou desku (Core Support Plate) – Open in New Window se deska otevře v modulu Part Design.




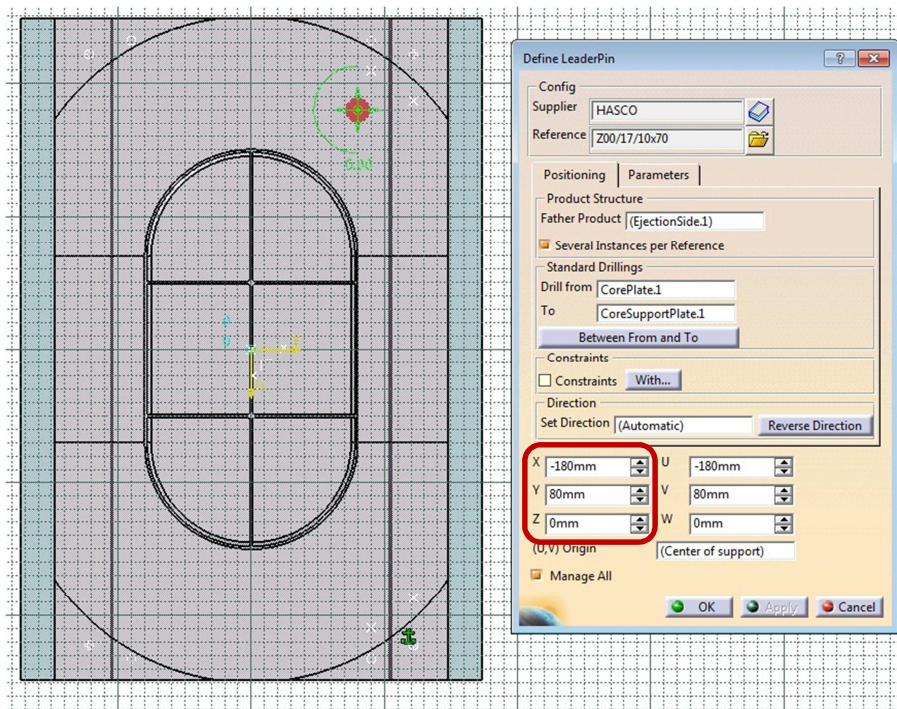
V modulu Part Design se zvolí funkce **Sketch**  a klikne se na požadovanou stranu desky. Pro kreslení bodů se využívá panel **Profile**, a funkce **Point By Clicking** .

Po nakreslení bodů se Sketch zavře ikonou **Exit Workbench** , okno s prvkem se zavře a uloží.

Poté se postupuje s vložením prvku stejně jako u přednastavených pozic.

Druhým způsobem je určení pozice hodnotou souřadnicového systému.


Spustí se příkaz pro vložení vodícího čepu **Add Leader Pin** , z knihovny se vybere vodící čep. Místo kliknutí na bod, se klikne na celou desku, která má být kotevní pro čep (v tomto případě Core Support Plate). Poté se klikne na místo, kde má být prvek. Pro přesnou pozici se zadají souřadnice v tabulce (obr. 13).

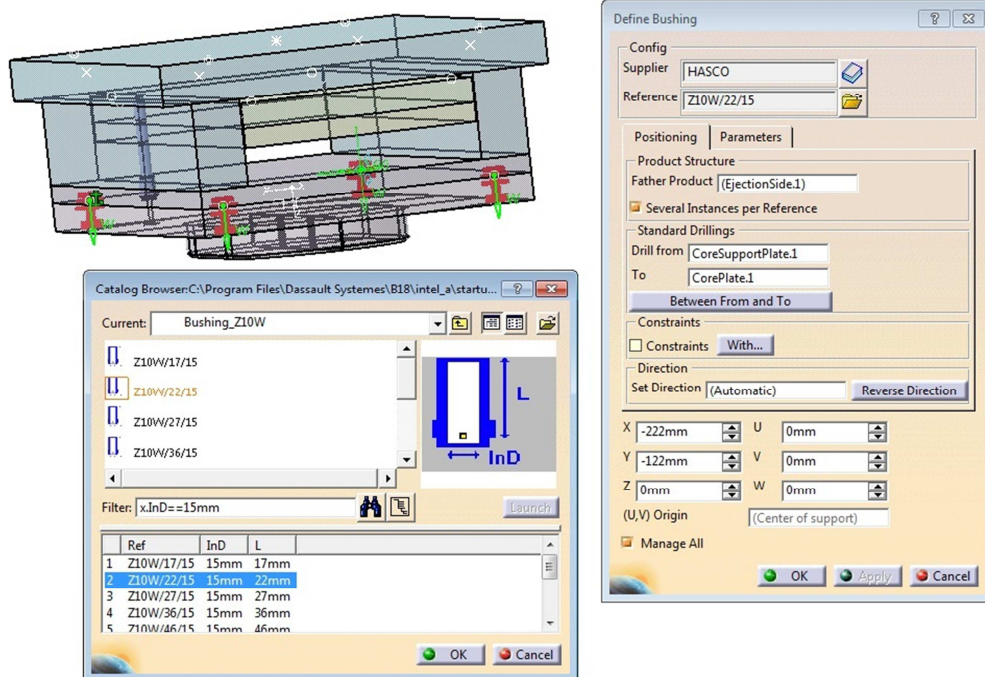


Obrázek 14. Určení pozice prvku

Nesmí se zapomenout na vyřezání otvorů, v tomto případě je otvor od Core Plate do Core Support Plate. Požité vodící čepy pro vyhazovací desky jsou Z00/17/10x70.

1.6.2 Vložení vodícího pouzdra

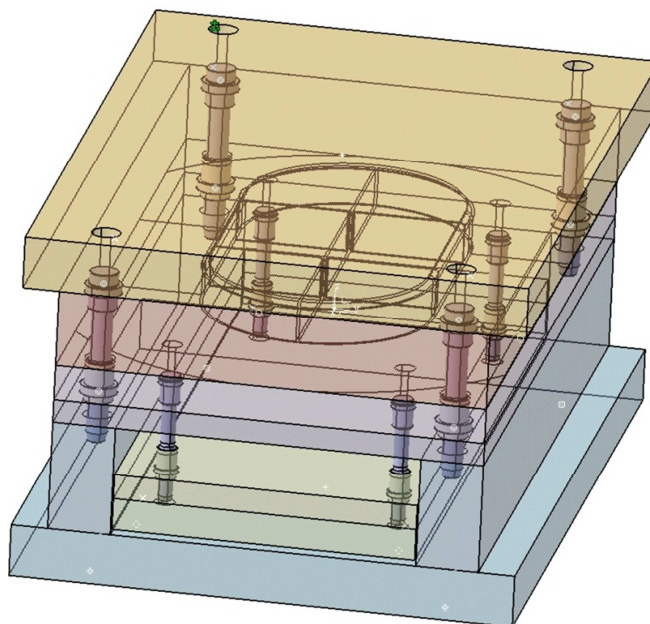
Pro vložení vodících pouzder je určena funkce **Add Bushing** . Okno pro vložení pouzdra je stejné jako při vkládání čepu.



Typ vodícího pouzdra se vybere Z10W, z důvodu ukotvení i opěrné desky tvárníku. Označení vložených pouzder pro vyhazovací desky je Z10W/22/15.


Při vkládání vodících pouzder se musí opět určit poloha prvku (viz. 1.6.1).

Po vložení vodících čepů a pouzder vypadá forma následovně.

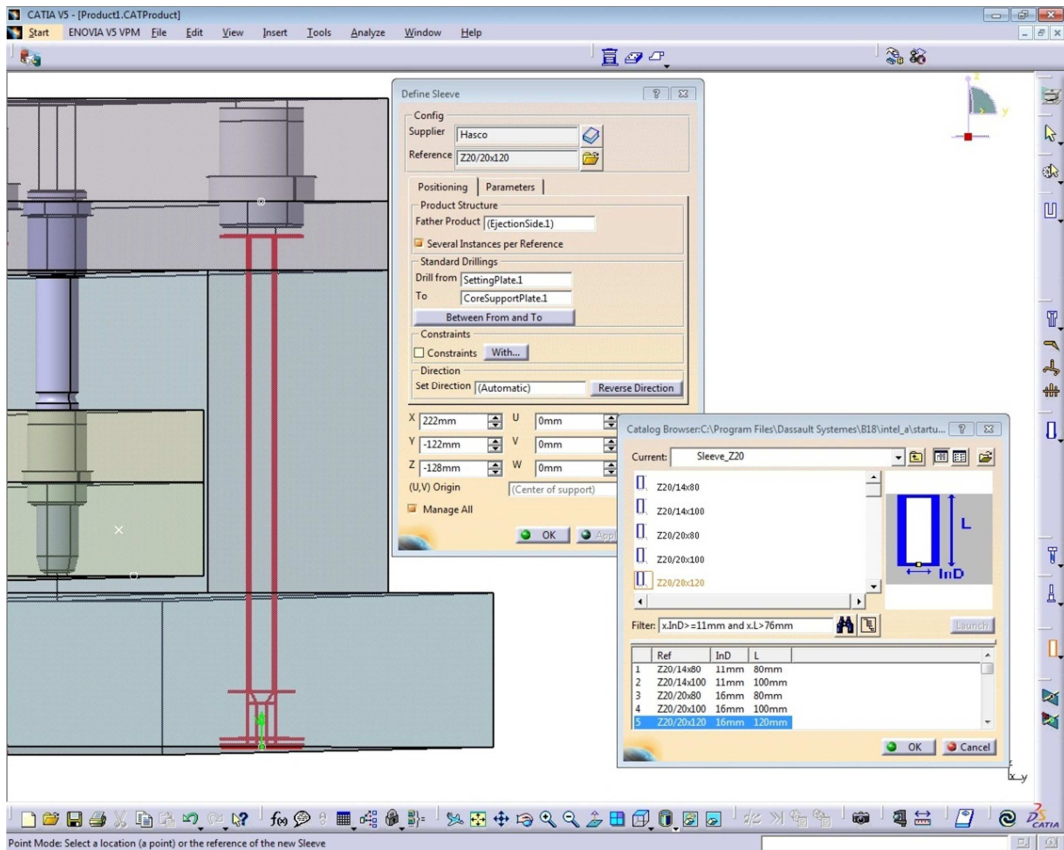


1.6.3 Vložení středící trubky

Vkládání středících trubek je stejná situace jako u vkládání vodícího pouzdra a čepu. Spuštěním funkce **Sleeve**

 se otevře okno pro vkládání středících trubek. Vybere se typ Z20

z knihovny Hasco a rozměr. Vnitřní rozměr trubky musí být větší než průměr vodícího čepu. V tomto případě má středící trubka označení Z20/20x120.



1.6.4 Vložení spojovacích prvků

Aby forma držela pohromadě, musí se vložit spojovací prvky. Na tuto operaci je určený nástrojový panel **Fixing Components**:



Add Cap Screw – vložení šroubu

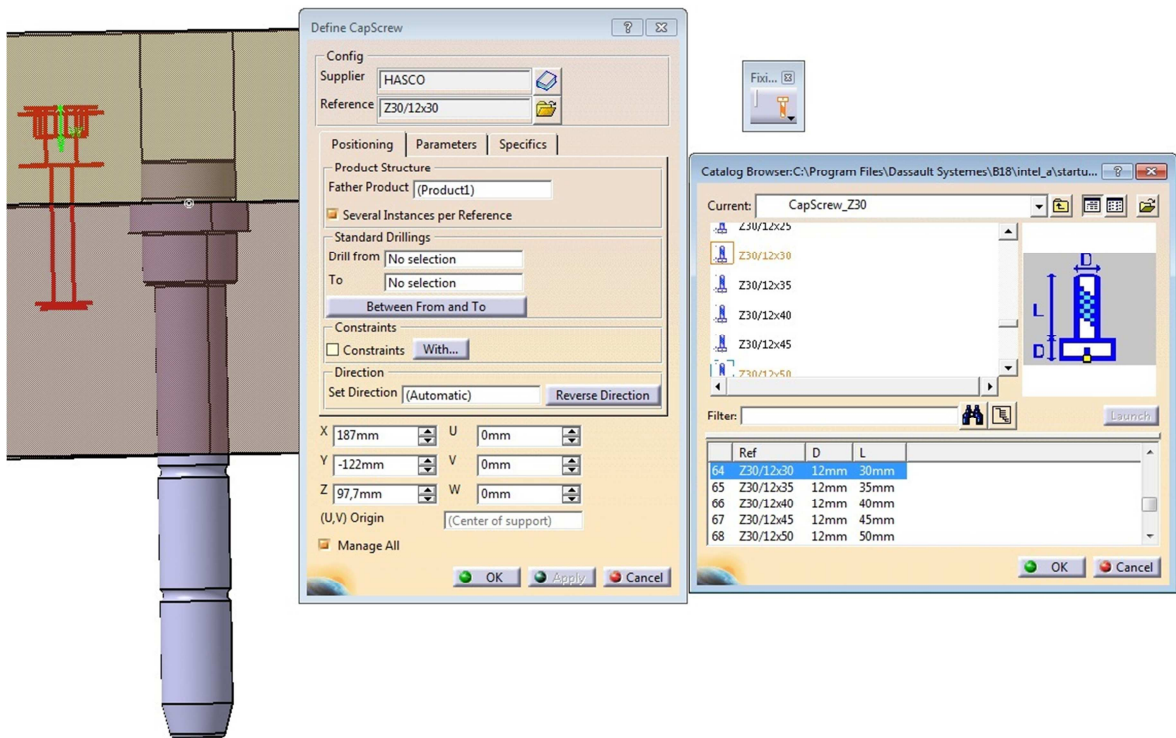


Add Countersunk Screw – vložení šroubu se zápuštnou hlavou




Add Locking Screw – vložení šroubu zabráňující pootočení rotační součásti

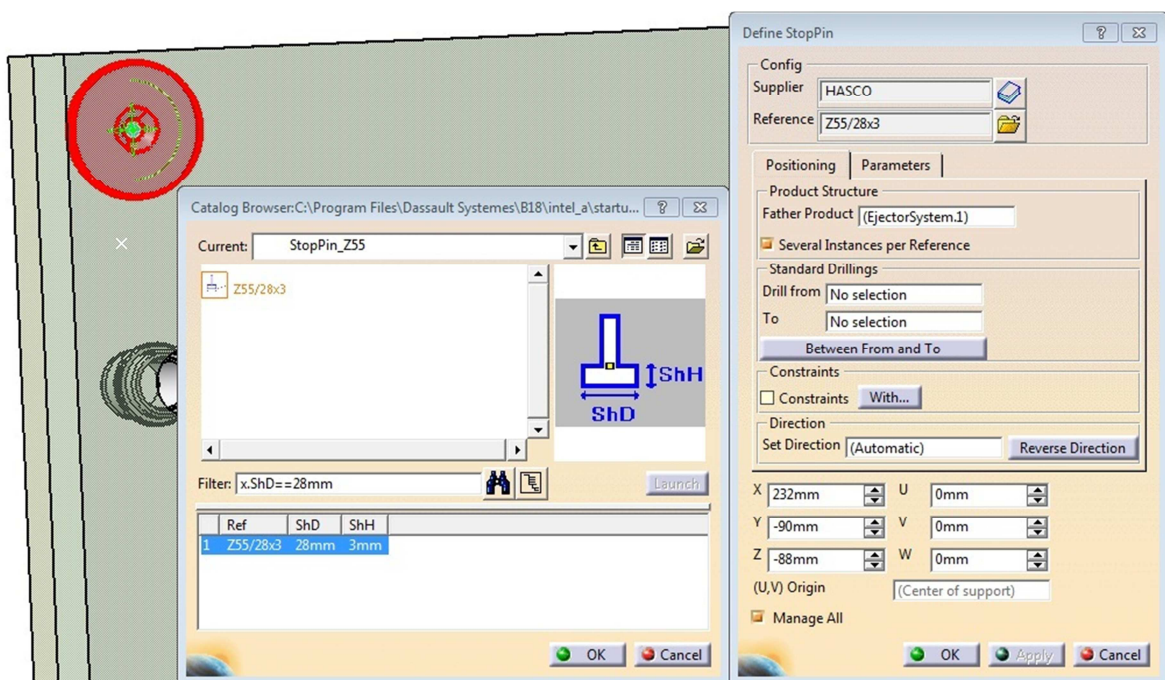
Pozice pro šrouby jsou také vyznačeny, stačí pouze z nástrojového panelu vybrat typ šroubu.



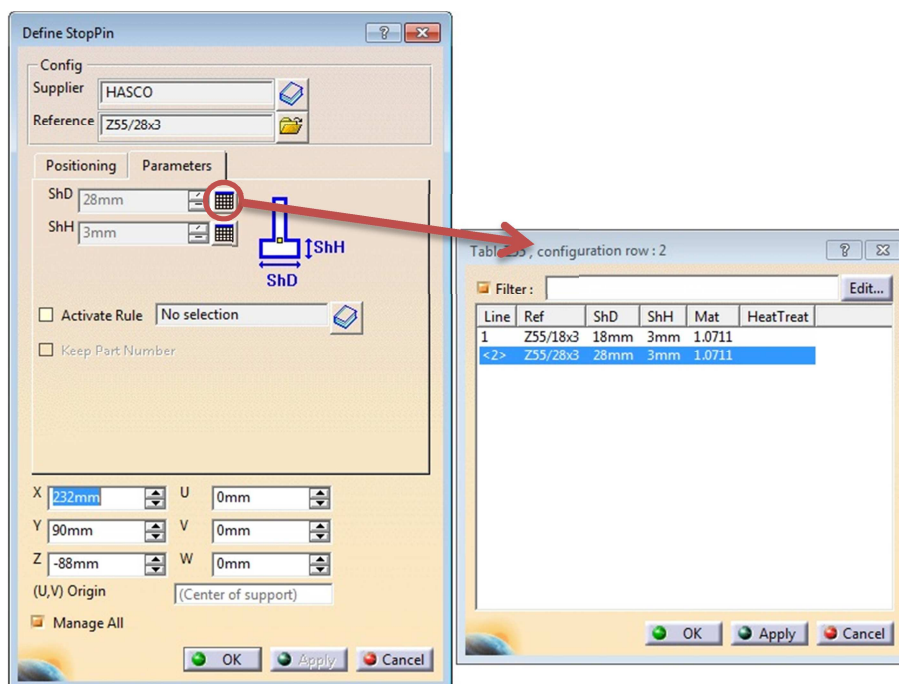
Do políčka *Drill from* se udává deska, ve které je hlava šroubu. Do políčka *To* pak deska, ve které bude vyřezán závit.

1.6.5 Vložení dorazů

Pro vložení dorazů se využívá funkce **Add Stop Pin**  v nástrojovém panelu Ejection Components. Doraz se pouze vloží na plochu, s ničím se neořezává.




V knihovně je na výběr pouze jeden doraz, který je velký. Velikost se změní v záložce *Parameters* kliknutím na tabulku vedle průměru ShD (obr. 14).



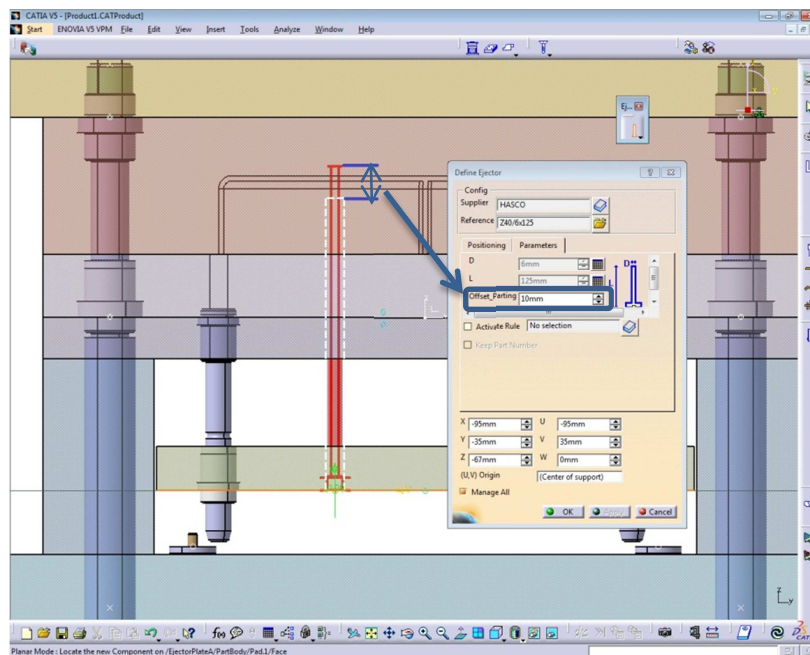
Obrázek 15. Úprava rozměru dorazu

1.6.6 Vložení válcových vyhazovačů


Vložení válcových vyhazovačů se provádí pomocí funkce **Add Ejector**  z nástrojového panelu Ejection Components.

Pozice vyhazovačů nejsou na vyhazovací desce znázorněny, proto se vytvoří pomocí **Sketch** (viz. 1.6.1), nebo pomocí zadávání souřadnic.

Po výběru vyhazovače z katalogu (Z40/6x125) se musí nastavit v záložce **Parameters** hodnota **Offset Parting**, která udává vzdálenost těsného průchodu vyhazovače tvárníkem (obr. 15).



Obrázek 16. Nastavení vyhadzovačů

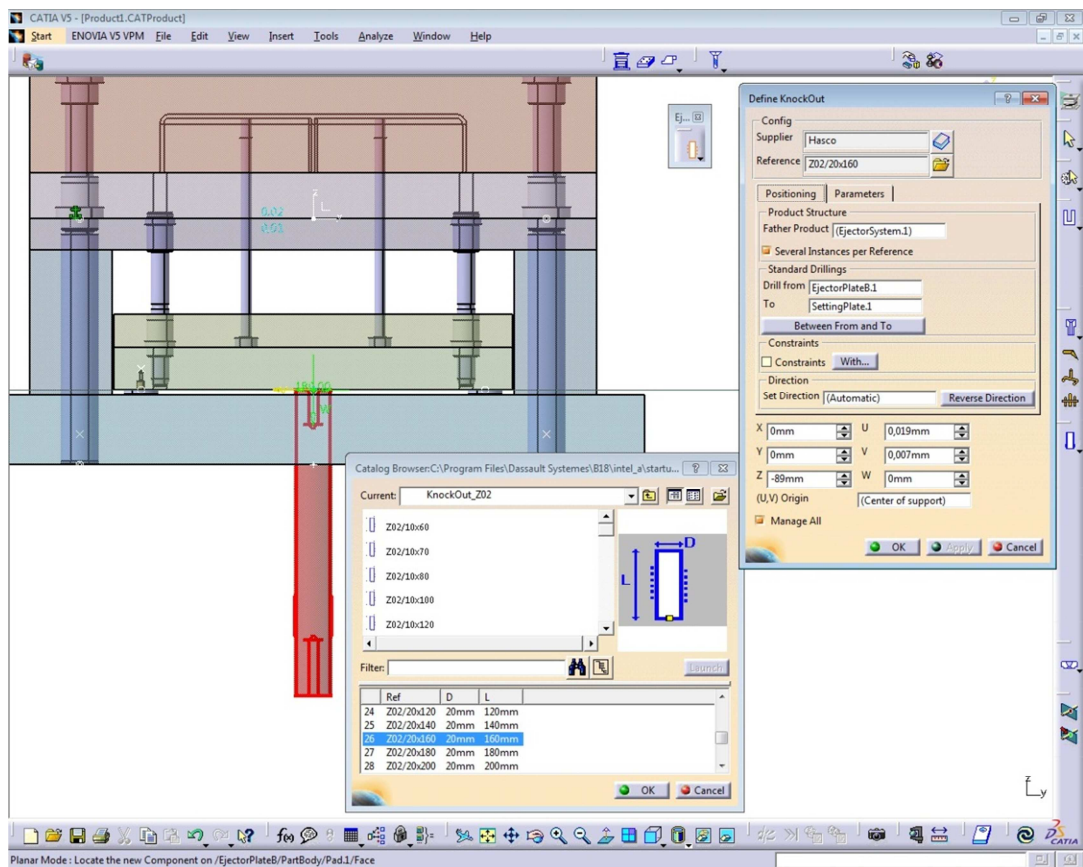
Vyhazovače se musí ořezat zároveň s povrchem tvárníku. Využívá se příkaz Split Component , použitý při vytváření desek tvárníku a tvárnice (viz. 1.5).

Ořezává se vyhadzovač plochou Core a šipky směřují dolů.


1.6.7 Vložení táhla vyhadzovacích desek

Pro vložení táhla se využívá funkce **Add KnockOut**  z nástrojového panelu Ejection Components.

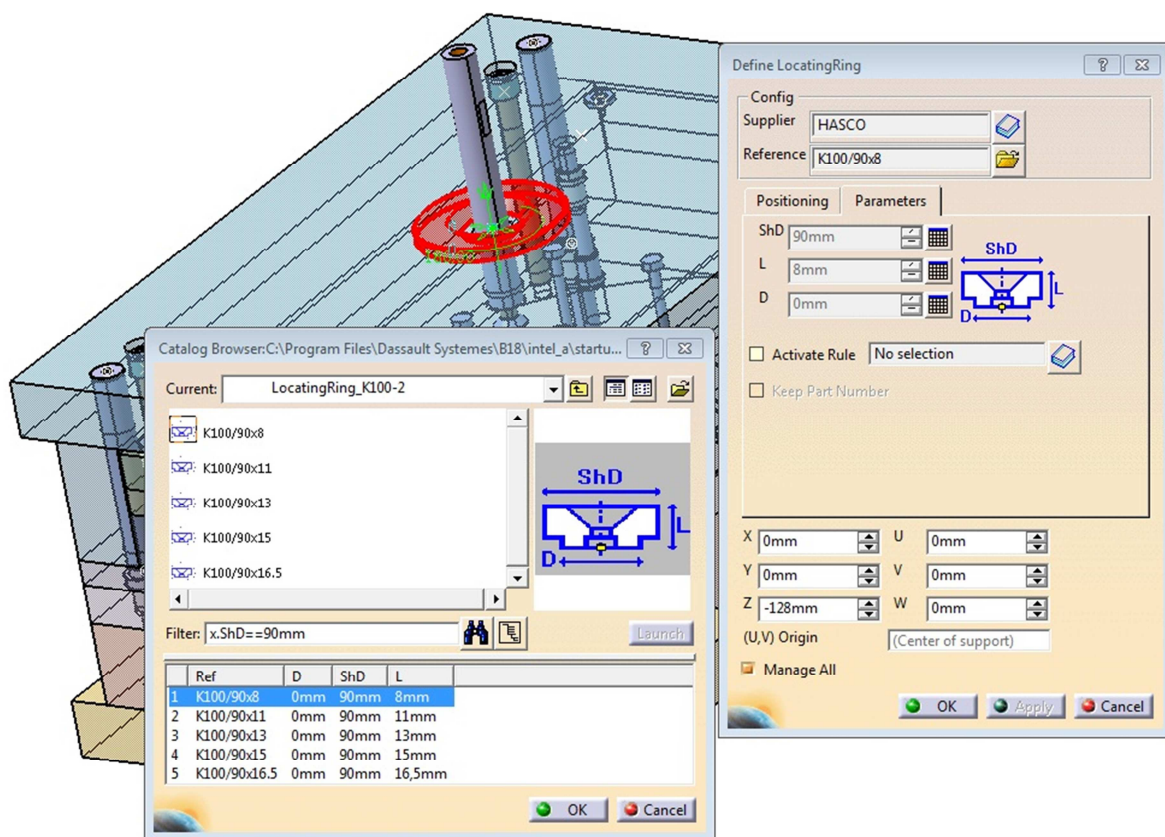
Vybrané táhlo z knihovny (Z02/20x160) se vkládá do středu na opěrnou desku vyhadzovačů s mírným zapuštěním. Zajištění se provádí vložení zápusťného šroubu (Z33/10x20) z druhé strany opěrné desky.




1.6.8 Vložení středících kroužků

Pro tuto operaci se využívá funkce **Add Locating Ring** .

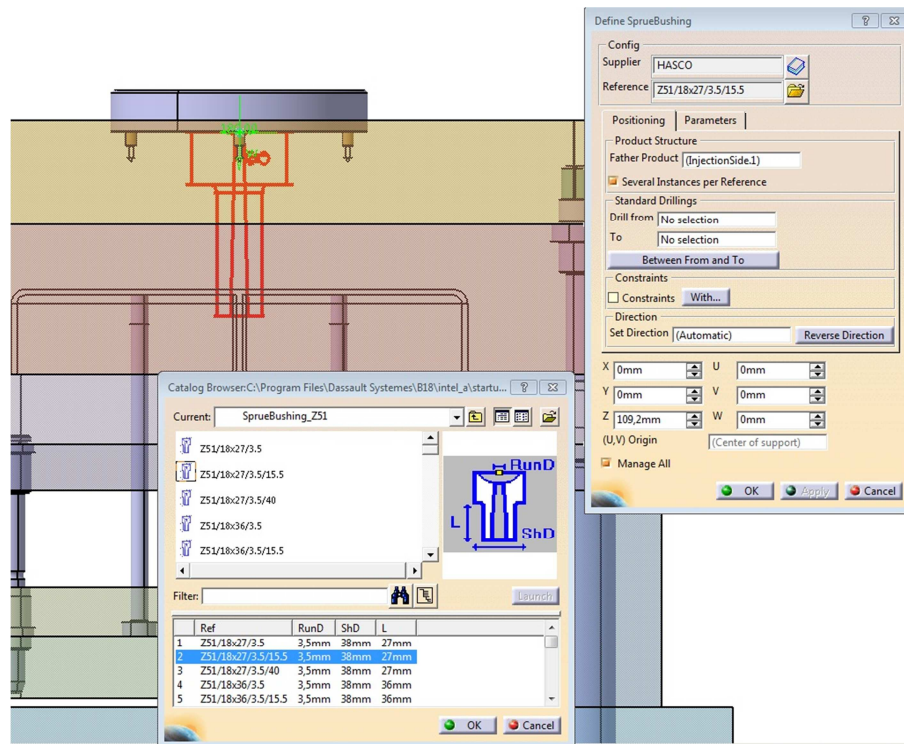
Středící kroužky se dávají na obě strany formy pro vycentrování formy na stroji. Použité kroužky jsou K100/90x8 na stranu s táhlem vyhazovacích desek a K100/90x15 na stranu s vtokovou vložkou. Oba kroužky se musí zajistit šrouby.



1.6.9 Vložení vtokové vložky

Pro vložení vtokové vložky se využívá funkce **Add Sprue Bushing**  z nástrojového panelu Injection Components.

Vtoková vložka (Z51/18x27/3.5/15.5) se vkládá těsně pod středící kroužek do připravené pozice na středu upínací desky. Vtokovou vložku lze vkládat i bez odebraného vnitřního kužele. Vtokový kužel se vytvoří v modulu Part Design až po oříznutí vtokové vložky plochou tvárnice.



Vtoková vložka musí mít délku, aby zasahovala až do dutiny formy. Po vložení se ořeže pomocí příkazu **Split Component** s plochou tvárnice (viz 1.6.1).

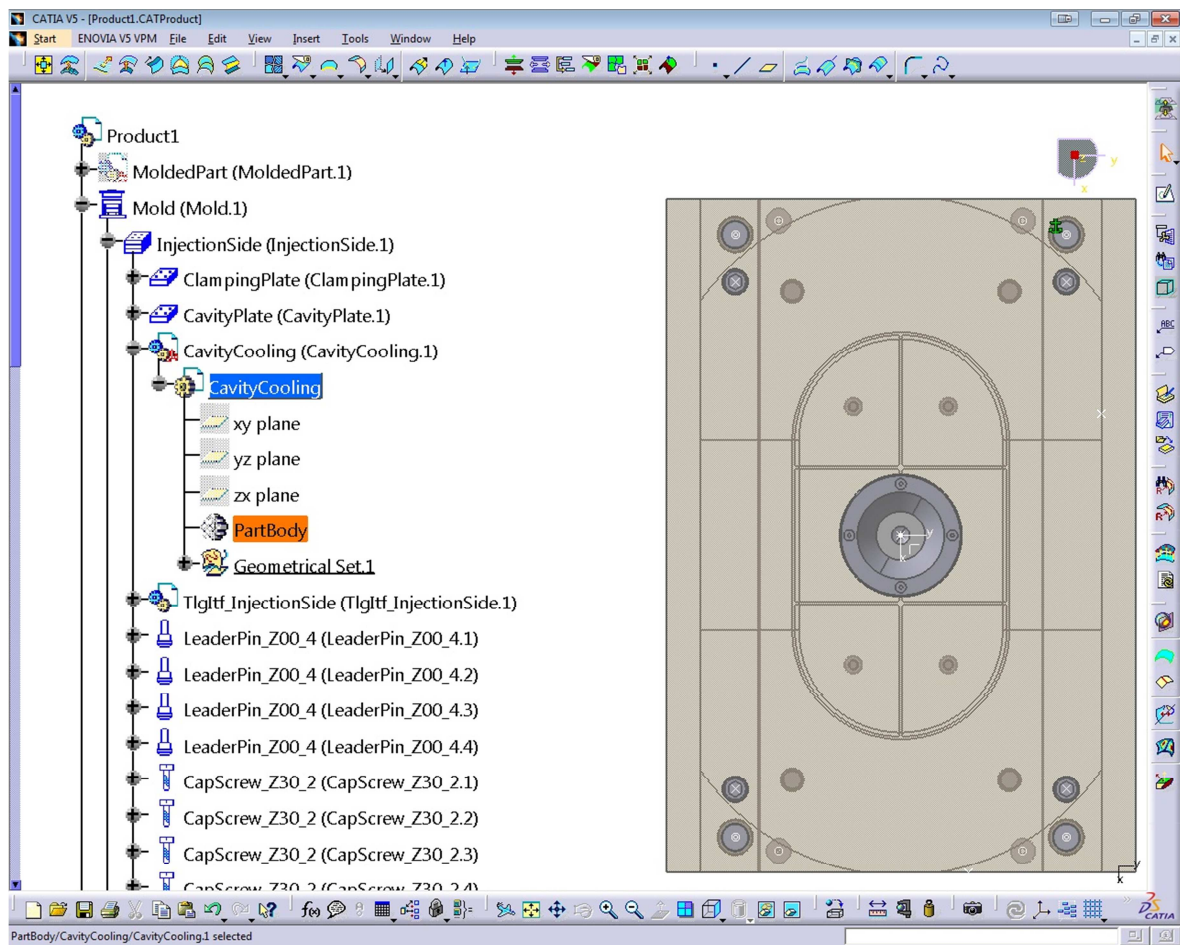
1.7 Vytvoření temperačních kanálů

Pro vytvoření kanálku temperačního systému se využije funkce **Add Coolant Channel**



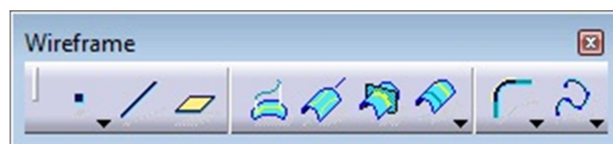
z nástrojového panelu Injection Components.


Kanálky se vytváří spojením dvou bodů, které se musí nakreslit v Part Body. Přepnutí do prostředí se provádí dvojklikem LTM na Part body ve stromu součásti ve větvi Cavity Cooling (obr. 16).

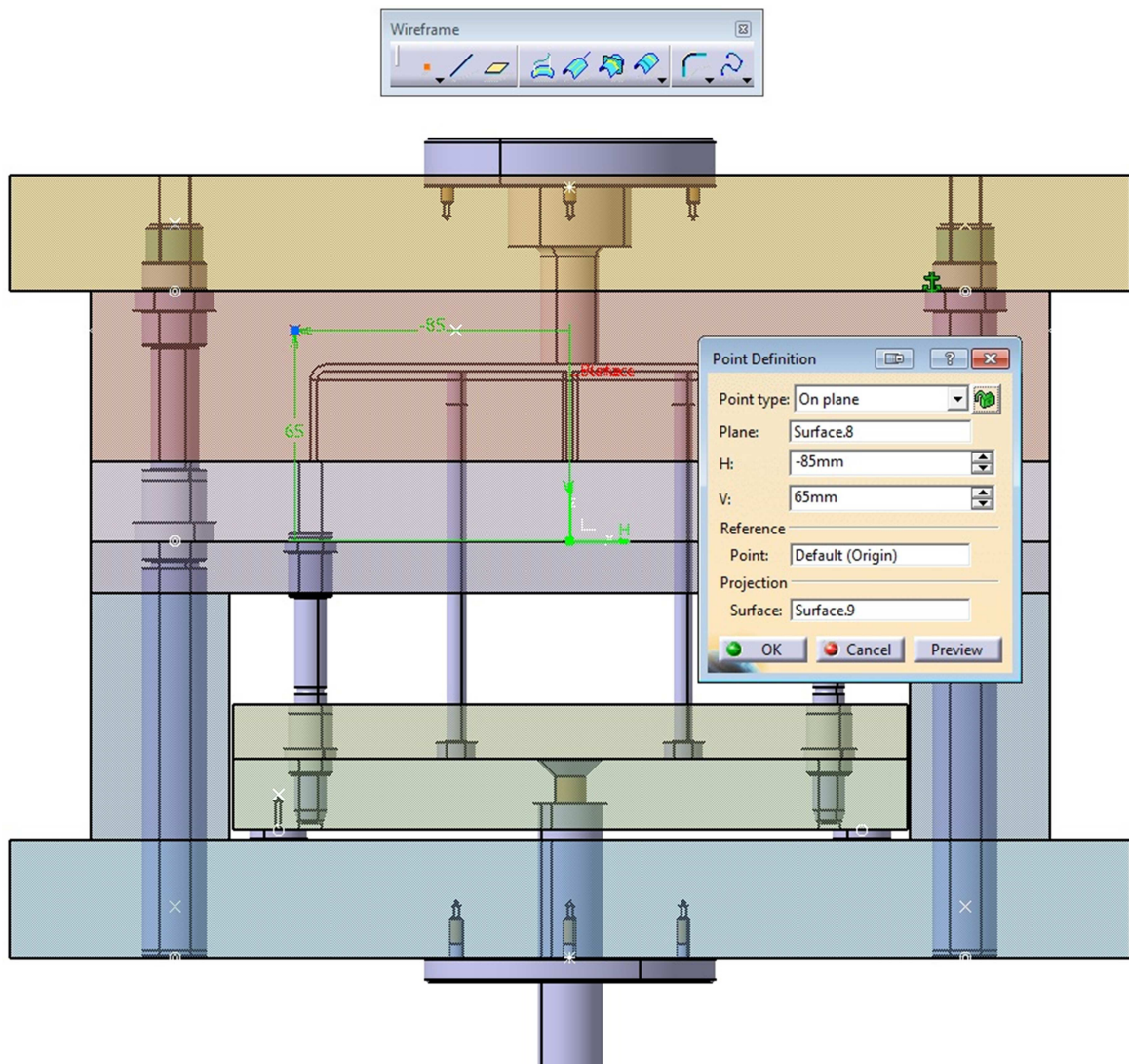


Obrázek 17: Přepnutí do prostředí Part Body

Body se vytváří pomocí nástrojového panelu *Wireframe*.



Pomocí ikony **Create Point**  se vytvoří bod na vybrané rovině zadáním souřadnic (obr. 17) a potvrdí OK.



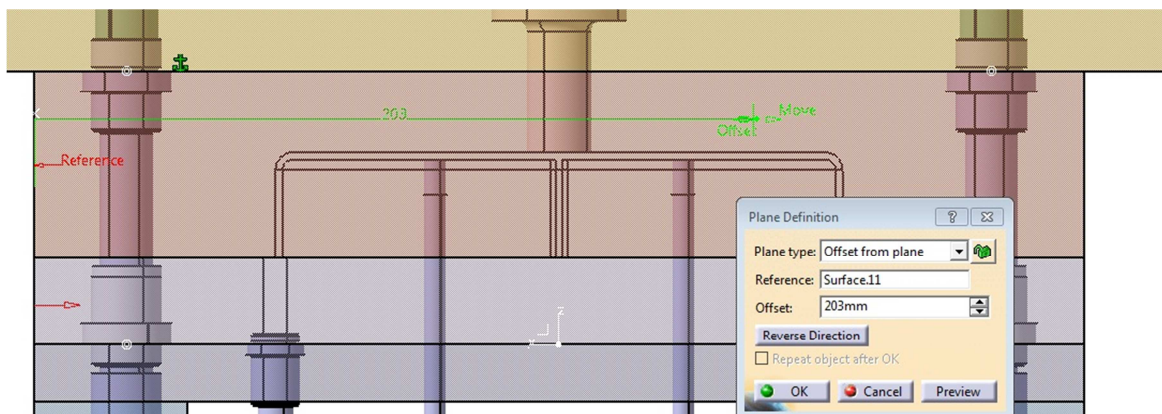
Obrázek 18. Vytvoření bodu

Po vyvolání příkazu Create Point se nastaví v tabulce:

- **Point Type** – typ vytváření bodu (On Plane)
- **Plane** – na které ploše bude bod ležet
- **Reference Point** – od kterého bodu se vytváří souřadnice vytvářeného bodu (default)
- **Projection Surface** – vytvoření odsazené plochy

Vytvoření bodu na odsazené ploše je znázorněno na obrázku 18. Do políčka Projection Surface v okně Create Point se klikne PTM a vybere se Create Plane:


- **Plane Type** – Offset from plane
- **Reference** – výchozí rovina, se kterou bude vytvořená rovina rovnoběžná
- **Offset** – vzdálenost vytvořené roviny od výchozí

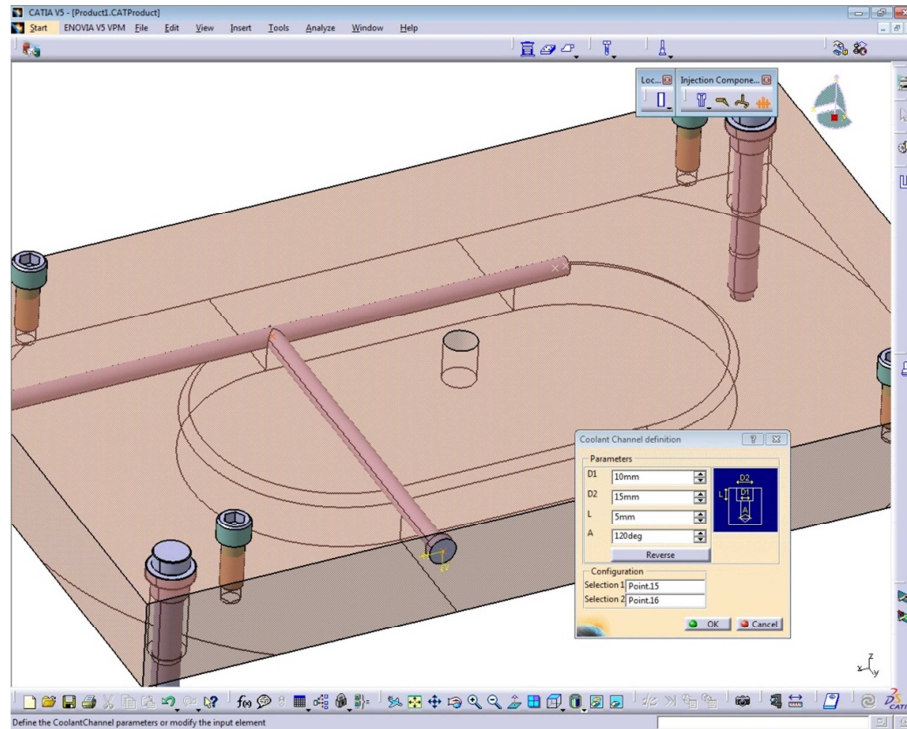


Obrázek 19. Vytvoření odsazeného bodu

Po vytvoření bodů v různých rovinách se přepne zpět do modulu Mold Tooling Design pomocí dvojklikem na Product1 ve stromě součástí.



Takto vytvořené body jsou nachystány pro vytvoření temperačního systému. Každý kanál se vytváří zvlášť spuštěním funkce **Add Coolant Channel**  a vybráním dvou bodů, které se mají spojit. První se vybírá bod, který bude na hraně desky z důvodu možnosti nastavení většího průměru pro připojení koncovky.



Po vybrání bodů se otevře tabulka, kde se nastavuje:

D1 – průměr kanálku

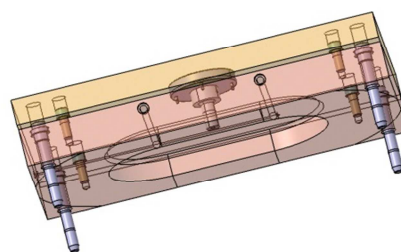
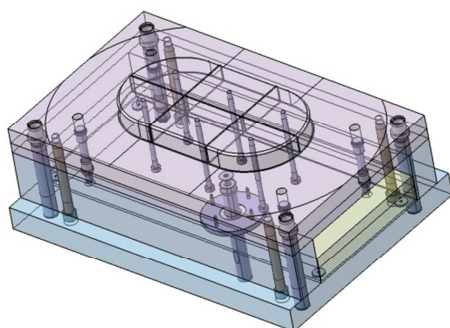
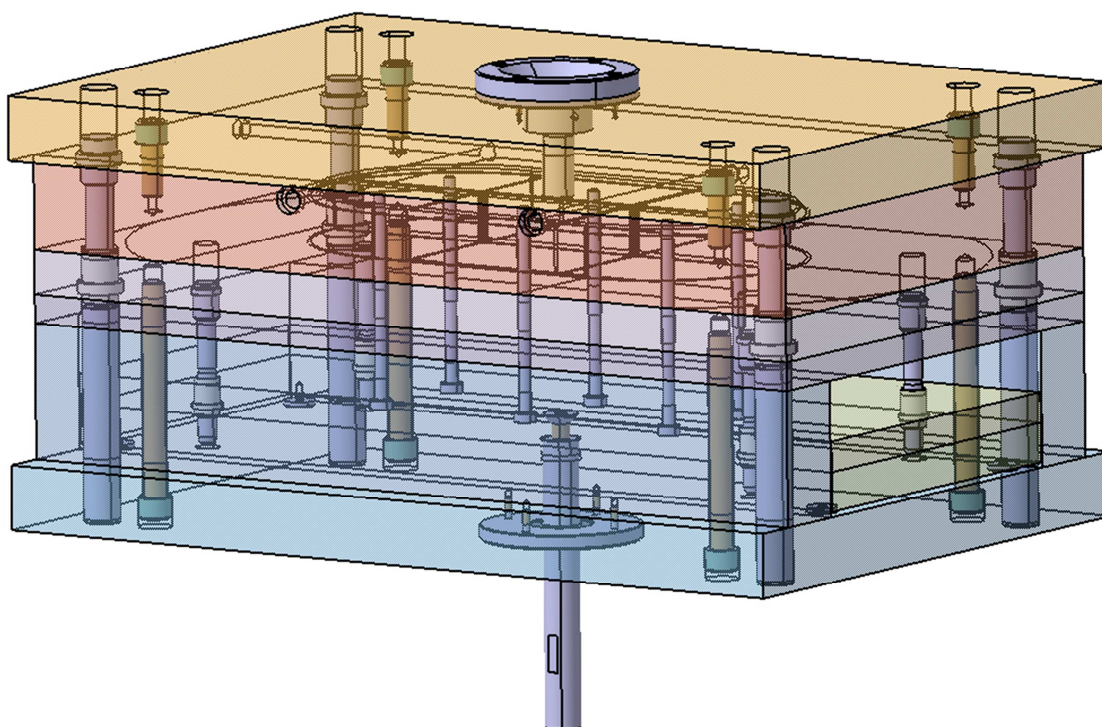
D2 – průměr kanálku pro připojení koncovky (na hraně desky)

L – délka průměru D2

A – úhel skosení konce kanálku

Pro vytvoření temperačního systému pro tvárník se postup opakuje.

1.8 Hotová forma



4

5