

# **Studium možností CAD systémů pro konstrukci vstřikovacích forem**

Bc. Dalibor Fridrich

---

Diplomová práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Dalibor Fridrich**  
Osobní číslo: **T12431**  
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Studium možností CAD systémů pro konstrukci vstřikovacích forem**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování teoretické studie zaměřené na popis technologií a programů využitých v práci
2. Návrh a konstrukce vstřikovací formy ve zvolených softwarech
3. Vytvoření rozboru možností jednotlivých systémů pro práci s formami

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího práce**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Luboš Rokyta**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**10. února 2014**

Termín odevzdání diplomové práce:

**12. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



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

Příjmení a jméno: FRIDRICH DALIBOR

Obor: KTZ

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 28.4.2014

Fridrich

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá studiem možností CAD systémů pro konstrukci vstřikovacích forem. Samotnou diplomovou práci tvoří dvě části: teoretická a praktická část. Teoretická část popisuje zásady konstrukčního řešení vstřikovacích forem a dále jsou rozebrány softwary CATIA, SOLID EDGE a NX. Praktická část se věnuje konstrukci vstřikovací formy ve zvolených softwarech. V závěru práce jsou porovnány klady a zápory při konstrukci vstřikovací.

Klíčová slova: konstrukce vstřikovací formy, CATIA, SOLID EDGE, NX

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the study of possibilities for design of injection mould in CAD systems. The diploma thesis contains two parts: theoretical and practical part. The theoretical part describes principles of structural solution and analyzed software CATIA, SOLID EDGE and NX. The practical part describes construction of injection mold in selected softwares. In the end are compared the pros and cons of the construction of injection mold.

Keywords: construction of injection mold, CATIA, SOLID EDGE, NX

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Luboši Rokytovi, Ph.D. za cenné rady, čas, připomínky a vedení práce.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ VSTŘIKOVACÍCH FOREM</b> .....	<b>13</b>
1.1    TECHNICKÉ ÚDAJE POTŘEBNÉ PRO KONSTRUKCI FOREM.....	13
1.1.1    Výkres součásti .....	14
1.1.2    Násobnost formy .....	14
1.1.3    Volba optimálního vstřikovacího stroje .....	15
1.1.4    Vliv vstřikovací formy .....	16
1.1.5    Zvláštní požadavky na konstrukci vstřikovací formy .....	16
1.2    POSTUP PŘI KONSTRUKCI FOREM .....	16
1.3    KONSTRUKČNÍ NÁVRH FORMY .....	17
1.4    ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU .....	18
1.5    NAVRHOVÁNÍ TVAROVÉ DUTINY .....	19
1.6    SMRŠTĚNÍ VÝSTŘIKU .....	19
1.7    VTOKOVÝ SYSTÉM .....	20
1.7.1    Studené vtokové systémy .....	21
1.7.2    Vyhřívané vtokové systémy .....	22
1.8    VYHAZOVACÍ SYSTÉM .....	23
1.8.1    Velikost vyhazovací síly .....	24
1.8.2    Mechanické vyhazování .....	24
1.9    TEMPERACE VSTŘIKOVACÍCH FOREM .....	26
1.9.1    Zásady volby temperačních kanálů .....	27
1.9.2    Temperační prostředky.....	28
1.9.3    Utěšňování temperačních kanálů .....	28
1.9.4    Propojení temperačních kanálů .....	28
1.10    ODVZDUŠNĚNÍ VSTŘIKOVACÍCH FOREM .....	28
1.10.1    Vliv technologických parametrů vstřikování na odvzdušnění .....	28
1.10.2    Určení místa pro odvzdušnění .....	29
1.10.3    Navrhování odvzdušňovacích kanálů .....	29
<b>2 OBECNÉ INFORMACE O PROGRAMU CATIA V5</b> .....	<b>30</b>
2.1    INTEGROVANÝ CAX SYSTÉM.....	31
2.1.1    Mechanická konstrukce (Mechanical Design) .....	32
2.1.2    Inženýrské analýzy (Analysis & Simulation) .....	33
2.1.3    Vnitřní zařízení a systémy (Equipment & Systems) .....	34
2.1.4    NC obrábění (Machining) .....	34
2.1.5    Syntéza produktu (Digital mockup) .....	35
2.1.6    Tvarování a styling (Shape) .....	36
2.1.7    Infrastruktura systému (Infrastructure) .....	37
2.2    VYUŽITÍ CATIA V5 PRO KONSTRUKCI VSTŘIKOVACÍCH FOREM .....	37
2.2.1    Modul konstrukce vstřikovací formy (Mold Tooling Design).....	37
2.2.2    Modul pro vytvoření dutiny vstřikovací formy (Core & Cavity design) .....	39
<b>3 OBECNÉ INFORMACE O PROGRAMU SOLID EDGE</b> .....	<b>40</b>



3.1	MODULY SOLID EDGE .....	40
3.1.1	Přechod ze 2D do 3D .....	41
3.1.2	Modelování .....	41
3.1.3	Rozpoznání konstrukčních prvků na importované geometrie.....	41
3.1.4	Modelování plechových dílů.....	41
3.1.5	Sestavy .....	41
3.1.6	Rámové konstrukce .....	41
3.1.7	Svařence .....	42
3.1.8	Kinematika .....	42
3.1.9	Pevnostní analýza.....	42
3.1.10	Správa dat.....	42
3.1.11	Výkresová dokumentace .....	42
3.1.12	PMI - výrobní informace.....	42
3.1.13	Kreslení schémat .....	43
3.1.14	Vizualizace .....	43
3.1.15	Prohlížečky dokumentů.....	43
3.1.16	Ohýbání trubky, potrubní systémy.....	43
3.1.17	Kabelové svazky .....	43
3.1.18	Publikování na internetu .....	43
3.1.19	Feature Recognizer.....	44
3.1.20	Solid Edge Mold Tooling.....	44
3.2	VYUŽITÍ SOLID EDGE PRO KONSTRUKCI VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	44
3.2.1	Modul Solid Edge Mold Tooling .....	44
<b>4</b>	<b>OBECNÉ INFORMACE O PROGRAMU NX .....</b>	<b>46</b>
4.1	MODULY NX.....	46
4.1.1	NX pro konstruování.....	46
4.1.2	NX pro simulace .....	46
4.1.3	NX pro obrábění.....	47
4.2	VYUŽITÍ NX PRO KONSTRUOVÁNÍ VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	47
4.2.1	Modul Mold Wizard.....	47
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR TEORETICKÉ PRÁCE .....</b>	<b>49</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>50</b>
<b>6</b>	<b>CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>51</b>
<b>7</b>	<b>POPIS ZVOLENÉ SOUČÁSTI .....</b>	<b>52</b>
7.1	MATERIÁL CHRÁNIČE LOKTU .....	52
7.2	ZAFORMOVÁNÍ CHRÁNIČE LOKTU .....	53
7.3	VTOKOVÝ SYSTÉM CHRÁNIČE LOKTU.....	53
7.4	TEMPERAČNÍ SYSTÉM CHRÁNIČE LOKTU .....	54
7.4.1	Temperační systém pravé strany vstřikovací formy .....	54
7.4.2	Temperační systém levé strany vstřikovací formy.....	55
<b>8</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY V CATIA V5 .....</b>	<b>56</b>
8.1	TVORBA TVAROVÉ DUTINY VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	56
8.1.1	Vytvoření tvárníku .....	56
8.1.2	Vytvoření tvárnice.....	63
8.1.3	Vytvoření slideru (odformování otvorů).....	67

8.2	VLOŽENÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	72
8.3	VKLÁDÁNÍ KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ DO VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	73
8.3.1	Vložení vytvořené součásti přes Existing components .....	73
8.3.2	Vložení pomocí nástrojů v modulu Mold Tooling Design .....	73
8.3.3	Vložení pomocí softwaru HASCO DAKO .....	77
8.4	SHRnutí PRÁCE V SOFTWARE CATIA V5 .....	82
<b>9</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY V SOLID EDGE .....</b>	<b>83</b>
9.1	TVORBA TVAROVÉ DUTINY VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	83
9.2	VLOŽENÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	90
9.3	VKLÁDÁNÍ KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ DO VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	91
9.3.1	Vložení konstrukčních prvků pomocí nástrojů v modulu Mold Tooling .....	91
9.4	SHRnutí PRÁCE V SOFTWARE SOLID EDGE ST5 .....	93
<b>10</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY V NX 8,5 .....</b>	<b>94</b>
10.1	TVORBA TVAROVÉ DUTINY VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	94
10.2	VLOŽENÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	102
10.3	VLOŽENÍ KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ DO VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	104
10.3.1	Vložení pomocí nástrojů v modulu Mold Wizard .....	104
10.3.2	Vložení pomocí nástrojů HASCO DAKO .....	106
10.4	SHRnutí PRÁCE V SOFTWARE NX 8,5 .....	107
<b>11</b>	<b>HODNOCENÍ POUŽITÝCH SOFTWARE .....</b>	<b>108</b>
11.1	SOFTWARE CATIA V5 .....	108
11.2	SOFTWARE SOLID EDGE ST5 .....	110
11.3	SOFTWARE NX 8,5 .....	112
11.4	SROVNÁNÍ SOFTWARE .....	114
11.4.1	Izolační desky .....	114
11.4.2	Zvolení dělicí roviny .....	114
11.4.3	Vytvoření děr pod spojovacími prvky .....	114
11.4.4	Vytvoření výkresů .....	115
11.4.5	Vložení kusovníku .....	115
11.4.6	Ukládání vstřikovací formy .....	115
11.4.7	Rozstřel vstřikovací formy .....	115
<b>12</b>	<b>ANALÝZA TRHU POUŽÍVANÝCH SOFTWARE V PRAXI .....</b>	<b>116</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>117</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>119</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>123</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>124</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>130</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>131</b>

## ÚVOD

V dnešní době jsou čím dál více nahrazovány konvenční materiály za materiály moderní. Moderními materiály jsou nazývány především polymerní materiály (zejména plasty), které nahrazují dřevo či kov.

Oblast plastů registrovala mohutný rozvoj v 50. letech minulého století. Od těchto let se soustředila výroba zejména na polymerní materiály a začaly tak vznikat nové výrobky, které měly větší nároky na technologii. Základem pro kvalitní výrobky jsou kvalitní polymerní materiály. Tyto materiály jsou v dnešní době na velmi dobré úrovni a neustálým vývojem se jejich kvalita nepřetržitě zvyšuje.

Díky vysoké úrovni kvality materiálů jsou taktéž technologie pro zpracování polymerních materiálů na velmi dobré úrovni. Právě mezi tyto technologie patří vstřikování. Vstřikování je moderní technologií, kde je velký důraz kladen na konstrukci vstřikovací formy.

Vstřikovací formy udávají nejen tvar výrobku, ale taktéž jeho kvalitu. Proto je velmi důležité, aby vstřikovací forma byla navržena kvalitně. V současnosti jsou vstřikovací formy navrhovány ve virtuálním prostředí pomocí CAD aplikací, o kterých pojednává tato práce.

Teoretická část práce bude věnována zejména zásadám konstrukčního řešení vstřikovacích forem a dále pak samotným softwarům, u kterých budou uvedeny obecné informace a jejich využití pro konstrukci vstřikovací formy. Zvolenými programy pro danou práci budou CATIA od francouzské firmy Dassault Systemes, dále SOLID EDGE a NX od německé firmy Siemens.

Praktická část práce se bude věnovat konstrukci vstřikovací formy v programech CATIA, SOLID EDGE a NX. Tyto konstrukce budou posléze v práci podrobeny rozboru. Rozbor se bude zabývat prací v uvedených programech a dále vkládáním konstrukčních prvků (spojovacích a vodících elementů). Následně budou porovnány klady a zápory programů a bude zahrnut subjektivní názor autora na výběr nejvhodnějšího programu ke zpracování dané vstřikovací formy. Závěr praktické části práce bude věnován analýze využití softwarů v oblasti vstřikování.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ VSTŘIKOVACÍCH FOREM

Produkce výrobků vstřikováním se uskutečňuje ve formě, na vstřikovacím stroji, v krátkém čase, za působení dostatečného tlaku, teploty a dalších nucených parametrů. S tím nutně souvisí požadavky na stroj a formu.

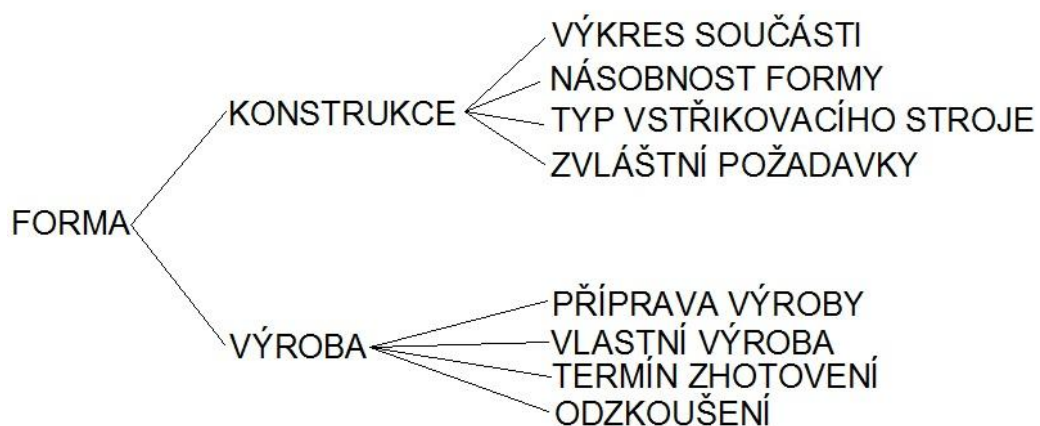
U vstřikovacích forem se vyžaduje:

- vysoká přesnost a jakost funkčních ploch dutiny formy a ostatních funkčních prvků;
- maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí formy i celků pro zachycení potřebných tlaků;
- správná funkce vstřikovací formy, vhodný vtokový systém, vyhazování, důkladné odvzdušnění, efektivní temperování apod;
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou.

U vstřikovacích forem jsou kladeny vyšší nároky na přesnost a jakost forem. Tyto nároky se projeví v pracnosti při konstrukci forem i výrobě. Rozměrově větší vstřikovací formy, které si vyžadují tlaky při vstřikování, často svádí k necitlivému zacházení. Toto zacházení má vliv na nedokonalé funkce a dále na snížené přesnosti i životnosti. Z uvedených důvodů je nezbytné dodržovat zásady a směrnice při jejich konstrukci, výrobě i obsluze. [1, 3]

### 1.1 Technické údaje potřebné pro konstrukci forem

Pro vypracování výkresové dokumentace vstřikovací formy, nutné pro její výrobu, je třeba znát celou řadu technických údajů, aby realizace vstřikovací formy byla úspěšná. Nejdůležitější přehled údajů je znázorněn na obrázku 1. [1]



Obrázek 1 Technické údaje potřebné pro konstrukci a výrobu forem [1]

### 1.1.1 Výkres součásti

Charakter součásti z plastu má odpovídat specifickým vlastnostem. Svým tvarem a rozměry má umožnit snadnou výrobu i dodržení požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností.

Výkres by měl obsahovat:

- materiál součásti;
- tvar;
- rozměry a tolerance;
- jakost povrchu a vzhledové požadavky;
- hmotnost;
- technické přejímací podmínky;
- zvláštní požadavky.

Z ekonomického hlediska výroba vyžaduje, aby výstřik byl:

- tvarově snadno zaformovatelný;
- rozměrově dosažitelný;
- s minimálními nároky na dodatečné opracování.

Při konstruování výrobku je nutno dbát na to, aby byly malé rozdíly v tloušťkách stěn, zaoblené ostré hrany a pozvolné přechody stěn. Pokud tyto zákonitosti budou dodrženy, vyhneme se tím obtížím při výrobě. Za obtíže můžeme považovat například nedodržení tvaru, rozměrů, vlastností a také vady na výstřiku.

Hlavní předpoklad pro úspěšné a kvalitní navržení součásti je úzká spolupráce mezi konstruktérem součásti, konstruktérem formy a technologem. Tímto lze předejít mnoha problémům, které by mohly vzniknout v průběhu práce a jejich řešení by bylo obtížné. [1]

### 1.1.2 Násobnost formy

Volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří ji ovlivňují. Posuzují se z hlediska:

- charakteru a přesnosti výrobku;
- požadovaného množství výrobku;
- velikosti a kapacity vstřikovacího stroje;
- požadovaného termínu dodávky;

- ekonomiky výroby.

Pro součásti, které jsou tvarově náročné nebo velkorozměrové se většinou vyrábí v jednonásobných formách. Pokud se jedná o kvalitu a přesnost výstřiku, je žádoucí, aby násobnost byla co nejmenší. Při vstřikování do vícenásobné formy však mohou nastat problémy. Jedná se zejména o rozdílné teploty formy, nestejně vstřikovací tlaky, rozdílné dráhy vtoků apod. Tyto problémy způsobují rozměrové nepřesnosti.

Vstřikovací stroj svým plastikačním výkonem, vstřikovacím tlakem i uzavírací silou musí dostatečně a s rezervou naplnit bezpečně dutinu vstřikovací formy. Požadovaná rezerva objemu taveniny i uzavírací síly je cca. 20 %. [1]

### 1.1.3 Volba optimálního vstřikovacího stroje

Vstřikovací stroj má velký vliv na dosažení kvalitních výstřiků. Jeho volbu ovlivňují [1]:

- hmotnost a rozměry vyráběného dílu;
- požadovaná přesnost a kvalita výstřiku;
- velikost formy.

Proto navržený vstřikovací stroj musí mít [1, 3]:

- dostatečnou vstřikovací kapacitu;
- dostatečný uzavírací tlak;
- vhodnou koncepci stroje.

Kvalitou vstřikovacího stroje jsou ovlivněny rozměry a jakost výstřiku. Kvalita vstřikovacího stroje je dána konstrukcí, přesností řízení jednotlivých parametrů stroje, reprodukovatelností a stálostí parametrů.

Nevhodný vstřikovací stroj, který nedodrží potřebné parametry, snižuje kvalitu výstřiku. To se projeví vznikem napětí ovlivňující rozměry, pevnost a životnost výstřiku. Rozměry výstřiku jsou ovlivňovány především tlakem, dotlakem, dobou dotlaku, vstřikovací rychlostí a dobou chlazení. Fyzikální a mechanické vlastnosti ovlivňuje teplota, řídicí a regulační technika stroje. [1]

#### 1.1.4 Vliv vstřikovací formy

Vstřikovací forma se svojí konstrukcí, teplotou, rozložením teplot a materiálem má vliv na kvalitu výstřiku. Vysoká kvalita výstřiku vyžaduje vysokou kvalitu stroje i nástroje. S rostoucím požadavkem na kvalitu výstřiku rostou i náklady na ostatní zařízení. [1]

Velikost a koncepce vstřikovací formy je dána charakterem, násobností a rozměry vyráběného dílu. To vyžaduje u stroje [1, 3]:

- dostatečnou světlost mezi sloupy stroje pro vhodné upínání a možnou manipulaci formy na stroji;
- dodatečné rozměry upínacích ploch pevné i pohyblivé upínací desky stroje a rozmístění upínacích otvorů pro šrouby, důležitým faktorem je také velikost středících otvorů, dosedací plochy a odskok trysky u vstřikovacího stroje;
- minimální uzavření a maximální otevření u stroje, kdy minimální uzavření je určeno stavební výškou formy a velikost zdvihu má být alespoň dvojnásobek výšky výstřiku.

#### 1.1.5 Zvláštní požadavky na konstrukci vstřikovací formy

Konstrukce a celá koncepce formy je dána požadavkem dobré funkce v podmínkách stanovení výroby. Záleží především na [1, 3]:

- požadavcích na jakost výstřiku;
- ekonomice výroby;
- požadovaném termínu výroby.

Pokud nejsou vhodné běžné požadavky pro zákazníka, lze je doplnit vlastními požadavky. Obvykle mají tyto požadavky urychlit, zlepšit či případně zlevnit výrobu. [1]

### 1.2 Postup při konstrukci forem

Hlavním podkladem pro konstruktéra vstřikovacích forem jsou výkresy vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji. Samotná konstrukce pak má následující postup:

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek. Je třeba znovu zkontrolovat rozměry, jejich tolerance, rozdíly v tloušťce stěny s ohledem



na propadliny a lunkry. Nesmí se zapomenout na úpravu ostrých hran a rohů, které vyvolávají velké pnutí a obtížné plnění dutiny vstříkovací formy;

- určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Je nutno dodržovat také směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění vtokových ústí a vyhození z dutiny formy;
- návržení tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Vhodná volba vtokového systému, velikost průřezu, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálu i ústí vtoku;
- stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvzdušení dutiny formy;
- návržení rámu vstříkovací formy s ohledem na daný typ, počet i rozmístění dutin, vyhazovací systém i temperace formy;
- vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků. To všechno v rámci bezpečnosti práce.;
- zkontrolování funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, jeho průmětnou plochu, vstříkovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na doporučený stroj.

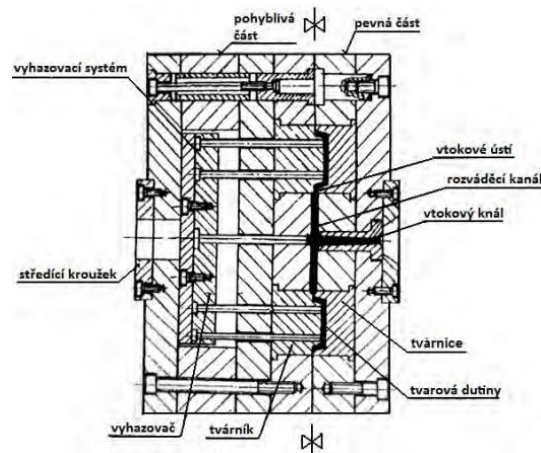
Konstrukce vstříkovací formy musí směřovat k možné a snadné výrobní technologii dle stanovených požadavků. Je vhodné diskutovat návrh vstříkovací formy se zákazníkem. [1, 3]

### 1.3 Konstrukční návrh formy

Pokud máme k dispozici všechny potřebné technické údaje pro návrh vstříkovací formy, následuje vypracování konstrukčního návrhu vstříkovací formy. Konstrukční návrh neslouží jen jako podklad pro konstrukci, ale také pro posouzení pracnosti a stanovení nákladů na vstříkovací formu při nabídkovém řízení. Taková činnost představuje:

- posouzení tvaru a rozměrů dílu, který se má vyrábět vstříkováním. Nutno přihlížet k vlastním specifickým podmínkám pro zpracováváný druh plastu. Je základním podkladem pro konstrukci formy;
- zaformování výstřiku a určení dělicí roviny. Na vhodném místě umístit vtok se svým ústím i polohu vyhazovačů. Tato příprava, spolu s navrhováním tvaru dutiny, ovlivňuje charakter výstřiku a druh použitého plastu.

Z takto vyhodnocené a umístěné tvarové dutiny téměř vyplyne koncepce formy. Doplňujícími faktory jsou násobnost formy, vyhazovací a temperační systém, vodící funkce rámu vstřikovací formy. To všechno s ohledem na zvolený vstřikovací stroj a případné další požadavky. Takto vypracovaný konstrukční návrh vstřikovací formy je podkladem pro konstrukci, ale slouží i k vypracování nabídky ceny pro zákazníka za zhotovení vstřikovací formy. [1]



Obrázek 2 Vstřikovací forma – popis hlavních částí [3]

## 1.4 Zaformování výstřiku

K rozhodujícím zásadám konstrukce vstřikovací formy patří správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí roviny. Správné zaformování umožňuje dodržet tvar, rozměry výstřiku i ekonomiku výroby.

Dělicí rovina bývá zpravidla jako rovina rovnoběžná s upínáním formy. Může být však konstrukčně složitější, tj. např. šikmá, tvarová, případně vytváří u výstřiků s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí plochy. Snahou je se takovým konstrukčně složitějším dělicím rovinám vyhnout. Nepřesnosti v dělicí ploše může způsobit neuzavření vstřikovací formy během plnění dutiny formy. Proto je třeba, aby dělicí plocha:

- umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy;
- byla pravidelná, jednoduchého geometrického tvaru, snadno vyrobitelná a dobře slisovatelná;
- probíhala v hranách výrobku;
- byla umístěna tak, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a sousost výstřiku, pokud je v obou polovinách vstřikovací formy;

- stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad;
- u více dělicích rovin ploch je třeba volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet.

Pozitivní úlohu hraje dělicí plocha při odvzdušňování dutiny vstřikovací formy, jelikož odtud uniká přebytečný vzduch z dutiny vstřikovací formy. [1]

## 1.5 Navrhování tvarové dutiny

Navrhování tvarové dutiny je důležitou etapou konstrukčního řešení. Chybně navržené rozměry se projeví v nepřesnostech rozměrů výstřiku. Pokud se nejedná o rozměr, který má předepsanou toleranci, lze tuto chybu opravit úpravou technologických parametrů, někdy však také nákladnou opravou rozměrů formy.

Povrch i rozměry výstřiku jsou dány přesností tvarové dutiny a kvalitou její plochy, která je obvykle složená z tvárnice, tvárníku, jader a tvarových vložek. Přesnost dutin vstřikovacích forem ovlivňuje:

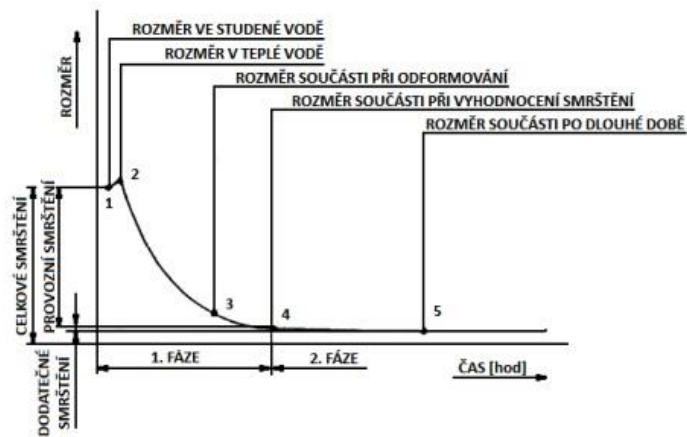
- smrštění plastu;
- výrobní tolerance;
- opotřebení dutiny formy.

Nejčastější příčinou je především nepřesný odhad smrštění daného rozměru v průběhu tváření. Správný odhad velikosti smrštění je někdy obtížné určit, neboť výpočet smrštění u složitějších výstřiků se nerovná s uváděnou hodnotou v tabulkách u výrobců plastů. Konstruktor se většinou musí spoléhat na vlastní zkušenosti. Velikost smrštění ovlivňuje [1]:

- tvar výstřiku;
- konstrukce formy;
- technologie vstřikování.

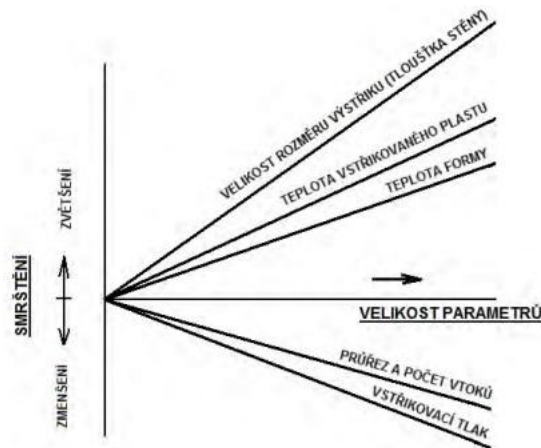
## 1.6 Smrštění výstřiku

Velikost smrštění je definována jako rozdíl mezi rozměrem dutiny vstřikovací formy a skutečným rozměrem. Smrštění se udává v procentech. Jeho velikost je závislá na teplotní roztažnosti plastu, tvaru výstřiku, technologii vstřikování a dalších činitelích. Velikost provozního smrštění se stanoví po 24 hodinách od výroby výstřiku a představuje až 90 % z jeho hodnoty. Zbytek smrštění se nazývá dodatečné smrštění. Toto smrštění probíhá poměrně dlouho v závislosti na polymeru. Smrštění však lze urychlit teplotou. [1, 3, 6]



Obrázek 3 Průběh smrštění výstřiku [1, 3]

Vlivy jednotlivých činitelů, které ovlivňují velikost smrštění, jsou uvedeny na obrázku 4.



Obrázek 4 Vliv jednotlivých činitelů na velikost smrštění [1, 3]

## 1.7 Vtokový systém

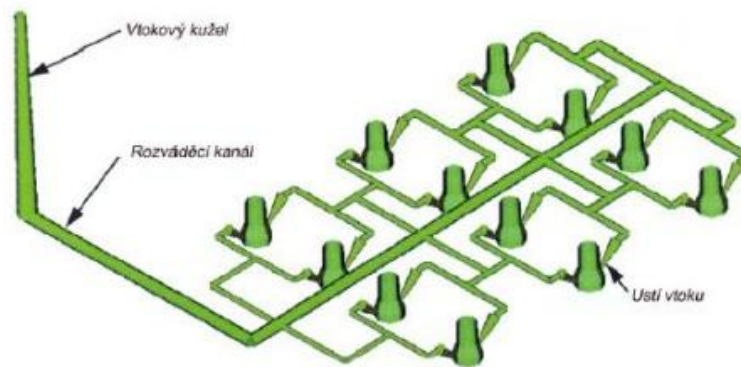
Vtokový systém je systém, který se skládá z kanálů a ústí vtoku. Tento systém má za úkol zajistit správné naplnění dutiny vstříkovací formy taveninou plastu v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. Další podmínkou je pak snadné odtržení nebo oddělení výstřiku a snadné vyhození vtokového zbytku.

Vtokové systémy dělíme na [1, 2, 3, 6]:

- studené vtokové systémy;
- vyhřívané vtokové systémy.

### 1.7.1 Studené vtokové systémy

Při průtoku taveniny studeným vtokovým systémem roste její viskozita na vnějším povrchu, kde plast tuhne a ztuhlá povrchová vrstva vytváří tepelnou izolaci stále tekutému vnitřnímu proudu, který zaplní celou dutinu vstříkovací formy. V okamžiku, kdy se tak prudce zaplní dutina formy, vzroste vnitřní odpor a poklesne průtok. Odvodem tepla do stěn vstříkovací formy pokračuje tuhnutí plastu v dutině formy a ve vtocích. Vliv dotlaku oddaluje úplné zatuhnutí taveniny až do doby, kdy dochází k nárůstu protitlaku vlivem tuhnoucí taveniny na hodnotu, kterou již stroj není schopen překonat. To má za následek pokles vstříkovací rychlosti a úplné ochlazení plastu.



Obrázek 5 Vliv jednotlivých činitelů na velikost smrštění [2]

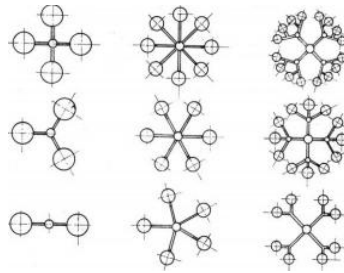
Tvar a rozměr vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňuje:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku;
- spotřebu materiálu plastu;
- náročnost opracování na začištění výstřiku;
- energetickou náročnost výroby.

Podstatný vliv v celkovém uspořádání vtokového systému je dán konstrukcí formy a především její násobností. U vícenásobných forem je potřeba, aby tavenina dotekla ke všem ústím vtoku současně a za stejného tlaku.

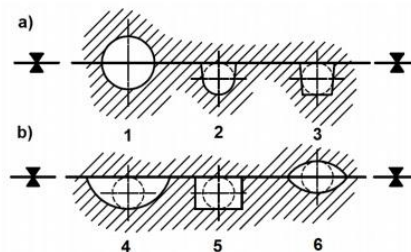
Funkční řešení studeného vtokového systému musí zabezpečit, aby [1, 2, 3, 6]:

- dráha toku od vstříkovačného stroje do dutiny formy byla co nejkratší a bez zbytečných tlakových i časových ztrát;
- dráha toku byla ke všem dutinám stejně dlouhá a tím bylo zajištěno rovnoměrné plnění;



Obrázek 6 Symetrické uspořádání rozvodných kanálů [2]

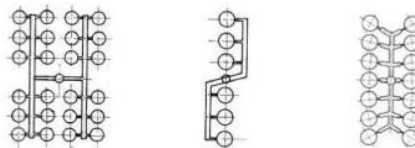
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký, aby byla jistota, že po zaplnění dutiny vstříkovací formy bude jádro taveniny v tekutém stavu a tím umožní působení dotlaku;



Obrázek 7 průřezy vtokových kanálů [3]

Na obrázku 7 jsou pod písmenem A znázorněny funkčně výhodné kanály a pod písmenem B funkčně nevýhodné. Čísla 1 a 6 jsou výrobně nevýhodné a čísla 2 až 5 jsou výrobně výhodné.

- u vícenásobných byly vhodně odstupňovány průřezy kanálů a tím se zachovala stejná rychlost taveniny.



Obrázek 8 odstupňované průřezy kanálů [2, 3]

### 1.7.2 Vyhřívání vtokových systémů

Vyhřívání vtokových systémů zaručují vstříkování bez vtokového zbytku. Výše uvedené má velký význam při úspoře materiálu. Vyhřívání vtokových systémů se nejdříve zdokonalovaly a to tak, že nejprve se zesilovaly vtoky, následovaly izolované vtokové soustavy s předkomůrkami apod. Dnešní vyhřívání vtokových systémů mají vyhřívání trysky, které jsou charakteristické minimálním úbytkem tlaků i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. Dnešní typy vyhřívání vtokových soustav se nakupují od specializovaných

výrobců. Jednotlivá konstrukční řešení jsou rozdílná, a proto je nutné při použití určitého systému dbát na podklady od výrobce. [1, 3]

Výhody vyhřívané vtokové soustavy [1, 2, 3]

- umožňuje automatizaci výroby;
- zkracuje výrobní proces;
- snižuje spotřebu plastu;
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraněním vtokových zbytků;
- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování.

Technologie vstřikování s použitím vyhřívaných vtokových soustav spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. Celá soustava umožňuje snadnou montáž, demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu. [1, 3]

Nevýhody vyhřívaných vtokových soustav [1, 2, 3]

- složitější a výrobně nákladnější forma;
- nutné zajištění regulátorů a snímačů;
- energetická náročnost;
- potřeba obslužného personálu a strojní zařízení na příslušné technické úrovni.

## 1.8 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém slouží k vyhození ochlazeného výstřiku z otevřené vstřikovací formy. Tento systém má zajišťovat automatický výrobní cyklus.

Vyhazovací systém má dvě fáze:

- dopředný pohyb (vyhození);
- zpětný pohyb (návrat do původní polohy).

Základní podmínka pro vyhození výstřiku z otevřené formy je hladký povrch a úkosovitost stěn ve směru vyhazování. Úkosy stěn by měly být minimálně  $0^{\circ}30'$ . Vyhazovací systém musí ochlazený výstřik rovnoměrně vysouvat, aby nedocházelo k zapříčení a tím ke vzniku trvalých deformací nebo k jinému poškození. Rozmístění a tvar vyhazovačů záleží na konstruktérovi vstřikovací formy a může být velmi rozmanité s ohledem na tvar výstřiku. Vyhazovače mohou sloužit jako část tvárníku nebo i vytvářet funkční dutinu vstřikovací formy. U hlubokých tvarů je třeba počítat s jejich zavzdušněním. Po vyhazovacích kolících

zůstávají otisky na výstřiku, proto by se měly vyhazovací kolíky umísťovat na nepohledovou stranu, kde tento otisk nevadí. [3, 4]

### 1.8.1 Velikost vyhazovací síly

Vyhazovací systém musí vyvodit potřebnou vyhazovací sílu pro vyhození výstřiku z formy. Po otevření vstřikovací formy zůstává výstřik vlivem smrštění v dutině vstřikovací formy většinou na tvárníku, ale mohou nastat i situace, kdy výstřik zůstane na tvárnici. Pokud výstřik zůstane na tvárnici, přináší to problém výstřik dostat z formy, proto je snahou, aby výstřik zůstával na straně, kde se nachází vyhazovače.

Potřebná velikost vyhazovací síly závisí na:

- velikosti smrštění výstřiku ve formě;
- členitosti výstřiku a jakosti povrchu funkčních ploch tvárníku formy;
- technologických podmínkách vstřikování;
- pružných deformacích formy.

Velikost vyhazovací síly se stanovuje z podmínky, kde smrštění vyvolá tlak mezi formou a výstřikem, který způsobí tření a k jeho překonání je potřeba vyhazovací síla. [3, 4, 6]

### 1.8.2 Mechanické vyhazování

Mezi nejrozšířenější vyhazovací systémy patří mechanické vyhazování. Konstrukce mechanického vyhazování má různá provedení, která představují [3, 4, 6]:

- vyhazování pomocí válcových kolíků;
- vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů;
- šikmé vyhazování;
- postupné vyhazování;
- speciální vyhazování.

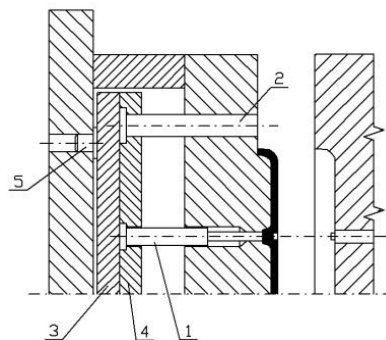
V některých případech, převážně u mělkých výstřiků, nemusí být použito vyhazovačů. Postačí jen vyhození vtokového zbytku, se kterým je výstřik spojen. [3]

#### Vyhazování pomocí válcových kolíků

Vyhazování pomocí válcových kolíků je nejlevnějším a nejčastějším způsobem vyhazování výstřiků. Tento systém lze využít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Vyhazovač je výrobně jednoduchý a funkčně zaručený.



Správně zvolený vyhazovací kolík a jeho vhodné umístění umožní bezproblémové vyhození výstřiku bez poškození.

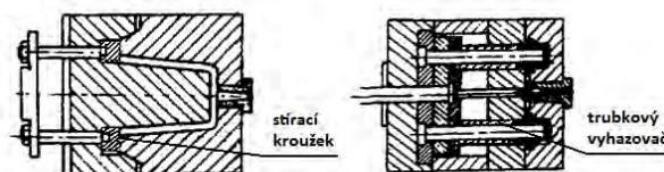


Obrázek 9 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků [3, 4]

Na obrázku 8 je pod číslem 1 - znázorněn vyhazovací kolík, 2 - vratný kolík, 3 – spodní deska vyhazovače, 4 – horní deska vyhazovače, 5 – narážka

#### Vyhazování pomocí stírací desky

Vyhazování pomocí stírací desky pracuje na principu setření výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Pomocí stírací desky nezůstanou na výstřiku stopy po vyhazování. Deformace výstřiku jsou pak minimální a stírací síla velká. Stírací deska se využívá zejména u tenkostěnných výstřiků nebo u rozměrných výstřiků, kde se vyžaduje velká vyhazovací síla. Stírací deska může být použita pouze v případě, kdy dosedá výstřik na stírací desku v rovině nebo když plocha výstřiku je mírně zakřivena. Speciálním případem stírací desky je trubkový vyhazovač.



Obrázek 10 Vyhazování pomocí stíracího systému [3, 4]

#### Vyhazování pomocí šikmých kolíků

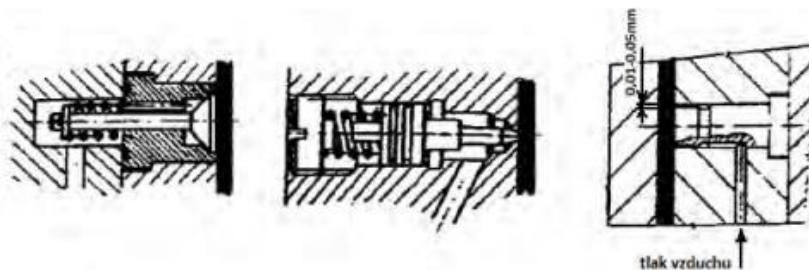
Vyhazování pomocí šikmých kolíků je speciální formou mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k hlavní dělicí rovině, ale jsou uloženy pod různými úhly. Toto vyhazování se využívá k vyhození malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním nebo vnějším zápichem.

Dvoustupňové vyhazování

Dvoustupňové vyhazování vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se navzájem ovlivňují. Tento způsob vyhazování umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti.

Vzduchové (pneumatické) vyhazování

Tento systém vyhazování je nejvhodnější pro slabostěnné výstřiky větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Vzduchové vyhazování není tak časté, ale pro výstřiky tvaru kbelíku je velmi vhodné. U vyhazování pomocí válcových kolíků je potřeba velký zdvih pro vyhození výstřiku a tím pádem i větší vstřikovací forma. Pneumatické vyhazování přivádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy, čímž umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku. Tím se vyloučí místní přetížení a nevzniknou na výstřiku stopy po vyhazovačích. Použití této metody vyhazování je omezeno jen na některé tvary výstřiků.



Obrázek 11 Vyhazování pomocí pneumatického systému [3, 4]

Hydraulické vyhazování

Hydraulické vyhazování slouží k ovládní mechanických vyhazovačů. Umožňuje pružnější pohyb a větší flexibilitu. Hydraulické vyhazovače se vyrábí jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve formě. Výhodou hydraulického vyhazování je vyhazovací síla a nevýhodou je kratší a pomalejší zdvih. [3, 4]

## 1.9 Temperace vstřikovacích forem

Temperace vstřikovacích forem slouží k udržování konstantního teplotního pole vstřikovací formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Během procesu vstřikování se do formy přivádí roztavený polymer, který se v dutině vstřikovací formy ochlazuje na vyhazovací teplotu. Temperační systém ovlivňuje plnění dutiny formy a zajišťuje optimální tuhnutí a

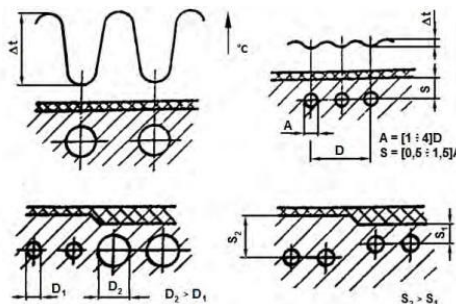
chladnutí plastu. Při každém vstřiku se vstřikovací forma ohřívá, a proto je nutné přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést temperační soustavou formy.

Úkolem temperačního systému je [3, 4, 5, 6]:

- zajistit rovnoměrnou teplotu vstřikovací formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny;
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku.

### 1.9.1 Zásady volby temperačních kanálů

Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými se odvádí nebo předává teplo z formy vhodnou kapalinou. Rozmístění a rozměry kanálů se volí s ohledem na celkové řešení vstřikovací formy. Při navrhování vzdálenosti kanálu od funkční dutiny je nutné dbát na dostatečnou pevnost a tuhost stěny. U temperačních kanálů je vhodné, aby byl větší počet menších kanálů s malými roztečemi než naopak. Kolem dutiny vstřikovací formy se kanály rozmísťují rovnoměrně, tj. všude ve stejné vzdálenosti. V oblasti, kde se nachází tlustší stěny, se temperační kanály přiblíží k dutině vstřikovací formy.



Obrázek 12 Rozmístění temperačních kanálů [3, 4]

Průřezy temperačních kanálů se volí dle velikosti výstřiků, druhu plastu a rámu formy. Jako nejběžnější temperační kanály se využívají kruhové, ale je libovolně na konstruktérovi, jaký temperační kanál zvolí.

Při navrhování temperačního systému je třeba dbát na následující pravidla [3, 4, 6]:

- kanály umístit v optimální vzdálenosti od tvarové dutiny formy;
- kanály umístit a navrhovat tak, aby teplo bylo intenzivně odváděno;
- průtok chladicí kapaliny regulovat tak, aby při chlazení proudila od nejteplejšího k nejchladnějšímu místu formy;
- průřez kanálu volit z výrobních důvodů kruhový;

- rozmístění temperačních kanálů volit s ohledem na tvar výstřiku;
- kanály mají procházet celistvým materiálem formy;
- při průtoku se nesmějí tvořit mrtvé kouty;
- kanály se obvykle neumísťují v blízkosti hran výstřiku;
- průměr temperačního kanálu nemá být menší jak 6 mm;
- kanály konstruovat tak, aby se daly jednotlivé větve propojit hadicemi.

### 1.9.2 Temperační prostředky

Temperační prostředky představují média, která svým působením umožní pracovat vstříkovací formě v optimálních podmínkách. Rozdělujeme je na [3, 4, 5]:

- aktivní (působí přímo ve formě – kapaliny aj.);
- pasivní (vstříkovací formu ovlivňují fyzikálními vlastnostmi – vzduch aj.).

### 1.9.3 Utěsňování temperačních kanálů

Utěsňování slouží k zamezení úniku temperačního média do prostoru vstříkovací formy, kde je výskyt kapaliny nežádoucí. K tomuto utěsnění se většinou používají O – kroužky, které jsou zhotoveny z pryže. Kvalita kroužků je odstupňována dle používané teploty temperačního média. [3, 4]

### 1.9.4 Propojení temperačních kanálů

Propojení temperačních kanálů se provádí přívodními hadicemi, které jsou napojeny a utěsněny na koncokách. Propojení kanálu musí být dokonalé, bezpečné a s minimálními ztrátami. Hadice, které propojují temperační kanál, musí odolávat temperačnímu médiu, dosahované teplotě a požadovanému tlaku. [3, 4]

## 1.10 Odvzdušnění vstříkovacích forem

Špatné odvzdušňování tvarových dutin vstříkovacích forem má negativní vliv na kvalitu a jakost výstřiku. Odvzdušnění lze v některých případech zhotovit snadno, ale u mnohých je řešení obtížné. [3, 4, 6]

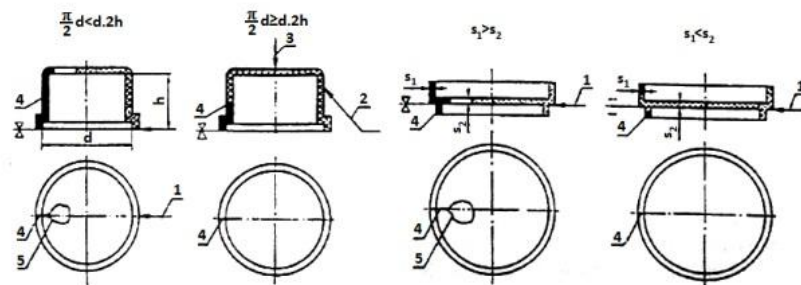
### 1.10.1 Vliv technologických parametrů vstříkování na odvzdušnění

Dutina vstříkovací formy je před plněním taveninou naplněna vzduchem. Při plnění dutiny je třeba zajistit únik přebytečného vzduchu a případných zplodin. Čím je větší rychlost

plnění, tím účinnější musí být odvzdušňování tvarové dutiny. Mezi nejčastější jevy při rychlém plnění je stlačený vzduch, který se vlivem příliš vysokého tlaku ohřívá a způsobuje tzv. Dieselův efekt (spálené místa). Tento efekt je však jak z pevnostního, tak i ze vzhledového důvodu, velmi nevhodný, a proto je důležité, aby odvzdušnění bylo účinné. [3, 4, 6]

### 1.10.2 Určení místa pro odvzdušnění

Zvolení místa je někdy dané tvarem výstřiku, může však také být obtížně zjistitelné. Je třeba uvažovat, jak se bude dutina vstříkovací formy plnit a kudy roztavený polymer poteče. Tyto místa se určují při navrhování umístění vtoku a tloušťky stěn, jelikož zde má konstruktér již představu, kudy polymer poteče. [3, 4]



Obrázek 13 Místa uzavřeného vzduchu [3, 4]

Na obrázku 13 je pod číslem 1,2,3 - znázorněno umístění vtoku, 4 – studený spoj, 5 – vzduchová bublina.

### 1.10.3 Navrhování odvzdušňovacích kanálů

Přebytečný vzduch uniká z dutiny vstříkovací formy dělicí rovinou, vůlí mezi pohyblivými částmi apod. V ostatních případech je nutné vstříkovací formu opatřit odvzdušňovacími kanály. Potíže s odvzdušněním mají především nové formy, které mají dobře utěsněné vyhazovače a dělicí rovinu. Čím déle se vstříkovací forma používá, tím více se opotřebovává a vzduch má větší možnost úniku. [3, 4, 6]

## 2 OBECNÉ INFORMACE O PROGRAMU CATIA V5

CATIA V5 je 3D software pro počítačové konstruování v oblastech CAD/CAM/CAE, který je vyvíjený francouzskou společností Dassault Systemes. Program CATIA V5 umožňuje konstruování v automobilovém, leteckém, elektronickém, strojírenském, energetickém a lodním průmyslu. Je to systém, který umožňuje celkové pokrytí životního cyklu výroby od koncepčního návrhu designu, vlastní konstrukce, různých analýz, simulace a optimalizace až po tvorbu dokumentace a NC programů pro vlastní výrobu. Jádrem modelu CATIA V5 jsou konfigurace tvořené jednotlivými produkty, které jsou organizovány do tří různých platform: P1, P2 a P3. Jednotlivé platformy se zaměřují na specifickou úroveň zákaznických potřeb.

- Platforma P1

Tato platforma je vhodná pro začátek prací v 3D modelování, popřípadě pro začínající či občasné uživatele tohoto systému. P1 je určena spíše pro základní modelování jednotlivých dílů, tvorbu výkresů a dále je zaměřena na malé a střední zpracovatelsky orientované zákazníky.

- Platforma P2

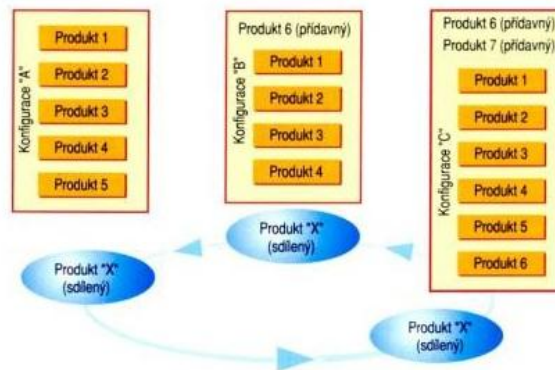
Platforma P2 je přímým pokračovatel předchozí verze CATIA V4. Jedná se o plně vybavený 3D modelovací systém. Tato platforma umožňuje kromě práce s velkými sestavami i práci v návazných procesech jako jsou analýzy nebo NC. P2 podporuje celý životní cyklus výrobku od návrhu koncepce až po údržbu v průběhu jejich provozu.

- Platforma P3

P3 je určena pro vyložené specialisty nebo programátory. Maximalizuje produktivitu procesů a přináší vyspělou inovaci s jedinečnými a velmi specializovanými aplikacemi. Platforma P3 obsahuje zejména moduly pro programování nových aplikací a produkty pro konstruktéry karosérií automobilů.

Tyto platformy používají shodné systémové jádro, pracují se stejným formátem dat a mají obdobné uživatelské prostředí. Díky tomu je snadné kombinovat tyto platformy do jednoho komplexního řešení. Dalším kladem je možnost kombinování modulů z jednotlivých platform do jednoho celku, což má za následek to, že uživatel nemusí vědět, zda v konkrétní chvíli pracuje v platformě P1 nebo používá funkce z platformy P2. Všechny platformy jsou tvořeny jednotlivými produkty, které jsou řazeny do konfigurací. Tyto konfigurace se mo-

hou navíc přizpůsobit potřebám zákazníka doplněním příslušných produktů. Takto si mohou uživatelé poskládat nejlépe vyhovující kombinaci funkcí, které budou používat nejčastěji. [7, 8, 9, 10]



Obrázek 14 Princip „škálovatelnosti“ [7]

Obecné vlastnosti CATIE [8]:

- 3D software, který podporuje všechny stupně vývoje od konceptu, přes konstrukci, výrobu a analýzy;
- jedná se o řešení vývoje produktů od zadávání koncepce produktu až po jeho praktické nasazení, vše v plně integrované a asociativní formě;
- řešení podporuje skutečnou spolupráci na technických úkolech v rámci oborů, včetně stylu a návrhu forem, mechanického návrhu, digitální tvorby modelů, strojového obrábění, analýzy a simulací;
- založeno na otevřené a uživatelsky přizpůsobitelné architektuře V5/V6;
- CATIA spolupracuje i s jinými aplikacemi včetně Enovia, SmarTeam a CAE aplikací;
- CATIA nabízí řešení, které je odpovědí na požadavky jak malých a středních podniků, tak i velkých průmyslových korporací ve všech oblastech průmyslu,

## 2.1 Integrovaný CAx systém

Integrovaný CAx systém je určený pro týmovou podporu. Touto podporou je uvažován stav, kdy nad jedním datovým modelem mohou pracovat odborníci v různých specializacích na řadě rozličných vědecko-technických úloh a jejichž cílem je vyvinout a uvést na trh nový průmyslový výrobek. Tento výrobek může patřit do širokého spektra oblastí, konkrétně se může jednat např. o dopravní prostředky, automobily, letadla, lodě, kolejová vozidla, výrobní stroje a zařízení, elektroniku, průmyslové spotřební zboží a mnoho dalších

výrobků. První verze integrovaných softwarů vznikly na začátku osmdesátých let. Tyto integrované softwary nabízely pouze 3D modeláře spojené s projektovaným výkresem, později i strukturální analýzu a numericky řízené obrábění. Dnešní moderní systémy mají procesovou architekturu, tzn. jsou určeny k pokrytí průmyslových vývojových a výrobních procesů.

CATIA V5 je software s modulární strukturou. Jednotlivé moduly se nazývají produkty nebo aplikace a jsou uspořádány do sedmi skupin. Pro každého zákazníka (podnik) se zhotoví uživatelská konfigurace softwaru, která by měla co nejlépe vyhovovat záměrům a pracovním procesům. Využívají se principy plovoucích přístupů k jednotlivým produktům v síti pracovních stanic a software se konfiguruje také s ohledem na jeho efektivní kapacitní využití. [10, 11]

Struktura aplikací v integrovaném CAx systému [9, 10, 11]:

- mechanická konstrukce (mechanical design);
- inženýrské analýzy (analysis & simulation);
- vnitřní zařízení a systémy (equipment & systems);
- NC obrábění (machining);
- syntéza produktu (digital mockup);
- tvarování a styling (shape);
- infrastruktura systému (infrastructure);

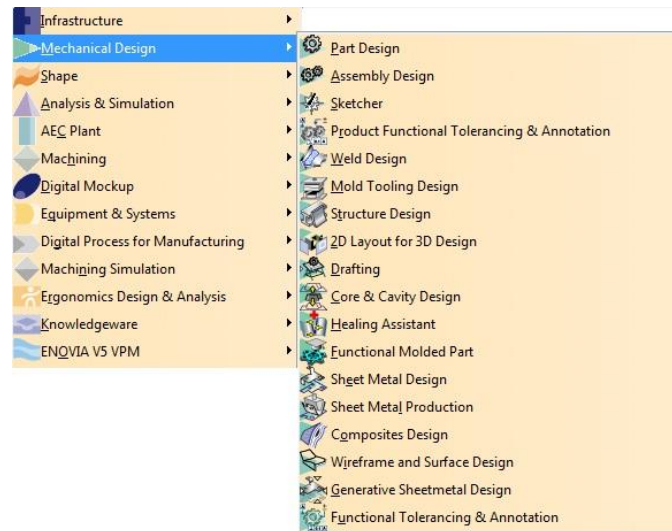
### 2.1.1 Mechanická konstrukce (Mechanical Design)

Mechanická konstrukce je skupina, která čítá 21 produktů převážně určených pro tvorbu 3D geometrie. K dispozici jsou jak geometrické tak i technologické modeláře. CATIA V5 umožňuje vytvářet hybridní geometrie. To jsou takové geometrie, u nichž byly použity jak objemové, tak i plošné geometrické entity s parametrickým i explicitním popisem. V technologických modelářích se nachází návrhy z plechů, svařované sestavy a příhradové konstrukce z ocelkových profilů. Dalším produktem této skupiny je navrhování sestav vstřikovacích plastikářských forem s použitím databází standardních stavebnic od řady výrobců. Speciální aplikace v této skupině je určena pro návrh dutiny vstřikovací formy s analýzou tvarové dělicí roviny pro zajištění vnímatelnosti plastové součásti. Z jednotlivých součástí lze definovat parametrické sestavy s různými typy vazeb mezi nimi a provádět tak kon-



strukci v kontextu sestavy. Ze strojírenských sestav i součástí lze vytvářet asociativní výkresovou dokumentaci. [9, 10, 11]

Na obrázku je znázorněna skupina Mechanical Design.

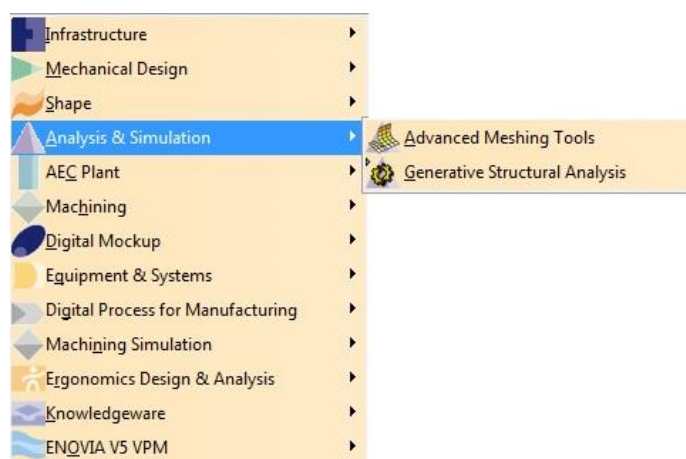


Obrázek 15 Skupina mechanická konstrukce (Mechanical Design) [vlastní zpracování]

### 2.1.2 Inženýrské analýzy (Analysis & Simulation)

Inženýrské analýzy jsou skupina, která obsahuje celkem 6 produktů. Zejména jsou zde zastoupeny aplikace pro strukturální analýzu strojírenských součástí a sestav. Pro konstruktéry je k dispozici řešení, které se opírá o FEM problematiku, ověřuje se zde správné dimenzování konstrukce, která se provádí bezprostředně během návrhu. CATIA V5 má také nástroje pro následné hluboké posouzení konstrukce specialistou. Unikátem je aplikace pro toleranční analýzu neformovatelné sestavy. [9, 10, 11]

Na obrázku je znázorněna skupina Analysis & Simulation.

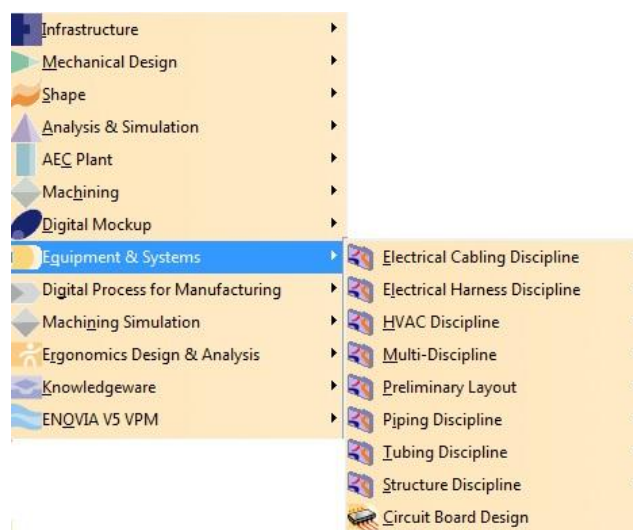


Obrázek 16 Skupina inženýrské analýzy (Analysis & Simulation) [vlastní zpracování]

### 2.1.3 Vnitřní zařízení a systémy (Equipment & Systems)

Vnitřní zařízení a systémy jsou nejpočetnější skupinou, jelikož obsahuje celkem 28 produktů. Je odpovědí výrobce softwaru na trend uplatňující se ve vývoji průmyslových výrobků v posledních desetiletích, kdy klasické mechanické konstrukce byly téměř zcela nahrazeny mechatronickými systémy. Tyto mechatronické systémy jsou kombinací mechanických, elektrických, elektronických a dalších systémů a sítí. Příkladem jsou moderní automobily, kde v podstatě každý funkční prvek obsahuje kromě strojírenských součástí a sestav rovněž automatizační a řídicí elektronické obvody, elektrické pohony a napájení, někdy i systémy pneumatické a hydraulické. CATIA V5 nabízí tvůrcům těchto 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. [9, 10, 11]

Na obrázku je znázorněna skupina Equipment & Systems.

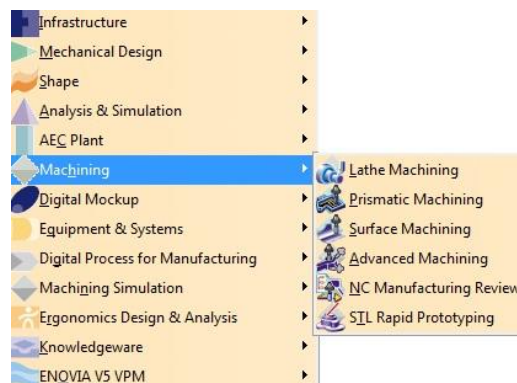


Obrázek 17 Skupina vnitřní zařízení a systémy (Equipment & Systems) [vlastní zpracování]

### 2.1.4 NC obrábění (Machining)

NC obrábění je skupina tvořená 13 aplikacemi. K dispozici jsou generátory řídicích programů pro nejčastěji používané výrobní technologie jako je frézování a soustružení, ale také stereolitografie pro moderní výrobu tvarově složitých prototypů bez nutnosti zhotovení speciálního nářadí. Generátory disponují nejmodernějšími nástroji jako jsou vizualizace a simulace obráběcích procesů, asociativita technologických procesů s modely, automatické generování výrobní dokumentace apod. [9, 10, 11]

Na obrázku je znázorněna skupina Machining.

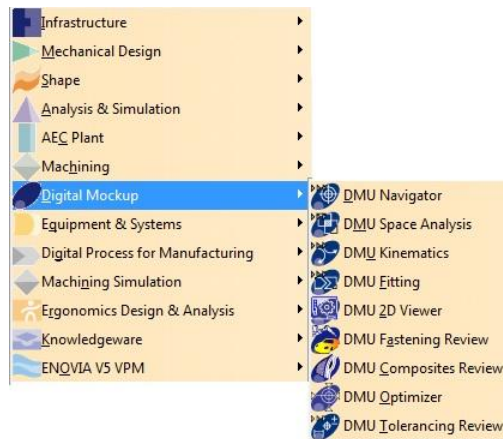


Obrázek 18 Skupina NC obrábění (Machining) [vlastní zpracování]

### 2.1.5 Syntéza produktu (Digital mockup)

Syntéza produktu je tvořena skupinou 23 aplikací zařazených do tří podskupin. První podskupinu tvoří aplikace určené pro ověřování digitálního prototypu výrobku. Pro tyto činnosti se vžil anglický název Digital Mock-up nebo pouze zkratka DMU. Úkolem DMU je redukovat rozsah zkoušek a ověřování fyzického prototypu tím, že se částečně nahradí ověřováním digitálních počítačových modelů výrobku. Kontroluje se konzistence konstrukce, kolize součástí a sestav, přístupnost k montáži, demontáži a údržbě. U mechanismů a kinematických soustav lze simulovat a optimalizovat jejich pohyby a opět zjišťovat případné kolize. Druhou podskupinou 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 syntézy produktu jsou operace s digitálními lidmi. Tato skupina aplikací je určena pro simulaci a analýzu vlivu průmyslových výrobků na člověka. Modely lidských postav s možností definice jejich biomotorických vlastností jsou používány pro hodnocení obslužných prostorů vozidel, letadel, výrobních celků apod. [9, 10, 11]

Na obrázku je znázorněna skupina Digital Mockup.

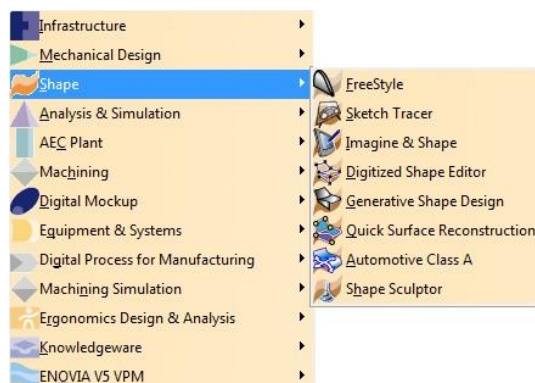


Obrázek 19 Skupina syntéza produktu (Digital Mockup) [vlastní zpracování]

### 2.1.6 Tvarování a styling (Shape)

Tvarování a styling je tvořen skupinou, která zahrnuje 17 produktů. Tyto produkty se používají zejména v automobilovém návrhářství, ale také při vývoji tvarových součástí spotřebního zboží. Tvarové plochy mohou být jak parametrické, tak i explicitní. Nejvyšší úroveň tvoří povrchy třídy A. Tyto povrchy se používají na vnější pohledové části osobních automobilů. Zde se uplatňují nejvyspělejší nástroje a technologie oboru průmyslového tvarování pro dosažení estetického vzhledu karoserie s ohledem na řadu parametrů a požadavků. Dalším nástrojem je rezervní inženýrství, které spojuje klasické tvarování s digitálním světem počítačových dat. Fyzické makety a prototypy se digitalizují mechanickými nebo optickými skenery a následně se z naměřených bodů rekonstruuje hladká digitální geometrie určená pro další počítačové zpracování. Fotorealistická vizualizace je tedy další nástroj, který se používá k digitálnímu výpočtu fotografie výrobku v reálném prostředí navržené scény s různými zdroji osvětlení. [9, 10, 11]

Na obrázku je znázorněna skupina Shape.

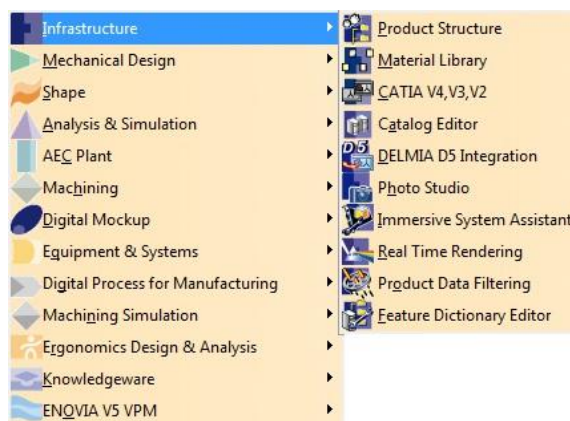


Obrázek 20 Skupina tvarování a styling (shape) [vlastní zpracování]

### 2.1.7 Infrastruktura systému (Infrastructure)

Infrastruktura systému je poslední skupinou aplikací systému CATIA V5 a je obsazena 14 produkty. Těmito produkty jsou zejména standardní překladače pro přenos geometrických dat mezi různými systémy a prostředky pro správu dat. Z tohoto stručného přehledu je však zřejmý široký rozsah úloh, pro jejichž řešení nabízí CATIA V5 nástroje. Cílem architektů systému je pokrýt softwarovými inženýrskými nástroji komplexní procesy, které jsou potřebné ke vzniku nových průmyslových výrobků od stadia úvodních studií a projektových záměrů přes detailní vývoj a konstrukci, analýzy funkcí, výrobní technologie až po stadium praktického užití, údržby a ekologické likvidace. Současný stav systému CATIA V5 již splňuje tento záměr zejména pro vývoj automobilů, letounů, elektrotechnických výrobků spotřebního zboží a výrobních prostředků pro jejich výrobu. [9, 10, 11]

Na obrázku je znázorněna skupina Infrastructure.



Obrázek 21 Skupina infrastruktura systému (Infrastructure) [vlastní zpracování]

## 2.2 Využití CATIA V5 pro konstrukci vstříkovacích forem

Pro konstrukci vstříkovacích forem se v CATIA V5 využívá skupina mechanická konstrukce, která má 21 produktů. Mezi těmito produkty jsou aplikace, které podporují konstrukci vstříkovacích forem. Těmito aplikacemi je myšlen modul konstrukce vstříkovacích forem (mold tooling design) a modul pro vytvoření dutiny vstříkovací formy (core & cavity design). O daných modulech pojednávají následující kapitoly. [9, 10, 11]

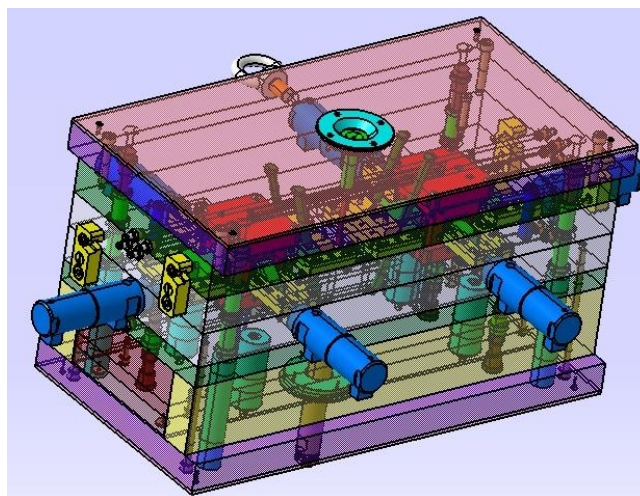
### 2.2.1 Modul konstrukce vstříkovací formy (Mold Tooling Design)

Modul konstrukce vstříkovací formy je určen pro navržení vstříkovací formy. Tento modul se využívá zpravidla až po ukončení modelovacích úprav na tvarové dutině. Při konstrukci se mohou využít standardy od výrobců Hasco, Rabourdin, DME, EOC či Strack, které nám

usnadní práci při vkládání konstrukčních částí vstřikovací formy nebo je možno použít i vlastní systém, který je vytvořený uživatelem. Aplikace obsahuje řešení všech úloh, které je nutno pro návrh komplexní stavby formy vyřešit. Umožňuje nám zvolit vybraný stavebnicový systém a správný rozměr formy, který vizuálně kontrolujeme v interaktivním 3D náhledu. Uživatel se rozhodne, jakým způsobem vytvoří základ formy. Má několik možností:

- vytvořit nestandardní formu vyplněním tabulky rozměrů, kde se zadá rozměr formy, tloušťka desek a jejich počet;
- vytvořit standardní formu z vybrané stavebnice;
- vytvořit formu kombinací obou předchozích možností;
- vytvořit formu ze své, předem vytvořené, knihovny uživatelských komponentů.

Po zadání potřebných parametrů systém automaticky vytvoří sestavu formy. Užitečným pomocníkem v práci s komplexní sestavou je možnost zadání různých grafických atributů, kdy např. desky mohou být zobrazovány s různou průhledností, což zlepší přehlednost a orientaci v sestavě. Dále je nutné zabudovat dutinu formy. Pokud je předem vytvořený tvárník a tvárnice, tak se přidávají do sestavy formy a zapustí do desek. V případě, že bude dutina vytvořena v přímo deskách bez vložek, určíme dělicí plochu s tvarem a systém vše integruje do desek. Dále následuje vkládání komponent jako jsou vodící sloupky, pouzdra, středící kroužky, šrouby apod., které nalezneme v knihovnách. Poloha hlavních dílů je předdefinována normou a každý díl vytvoří v deskách otvory, které se při změně polohy posunou s daným dílem. Tvorba standardních vyhazovačů je obdobná a systém umožní oříznout vyhazovač na požadovanou délku pomocí tvárníku. [12, 13, 14]



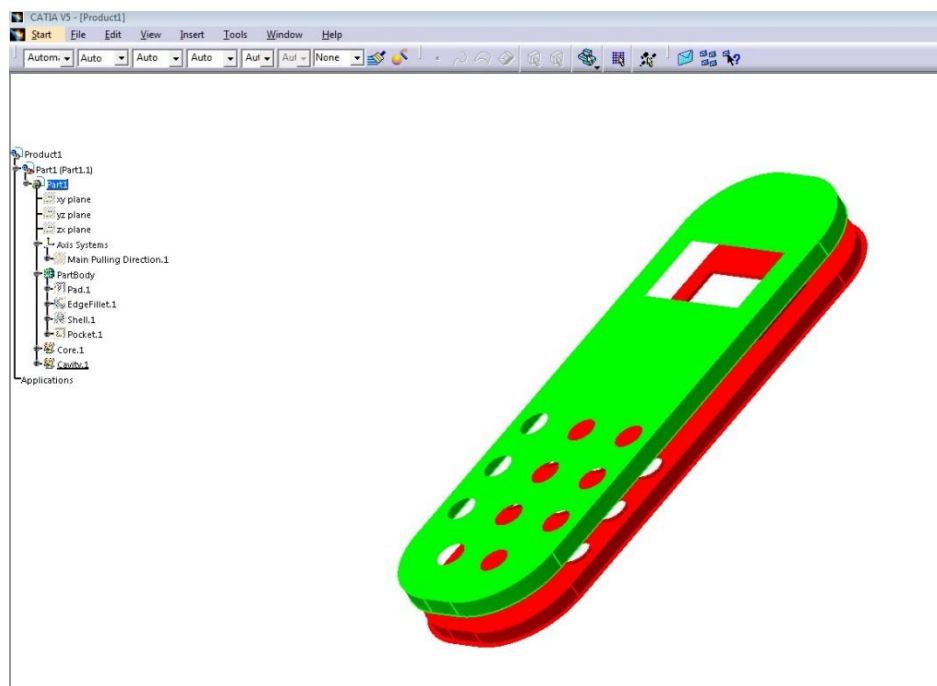
Obrázek 22 Vstřikovací forma [vlastní zpracování]

### 2.2.2 Modul pro vytvoření dutiny vstřikovací formy (Core & Cavity design)

Modul slouží pro vytvoření tvárníku a tvárnice vstřikovací formy. Díky tomu lze snadno a rychle vytvořit dutiny vstřikovací formy. Tento modul umožňuje zaplnit technologické otvory uvnitř jádra, určuje dělicí plochy a generuje dělicí roviny.

Modul pro vytvoření dutiny nabízí tyto funkce [15, 16]:

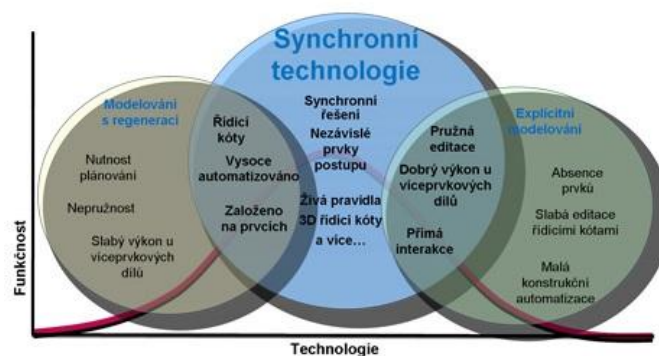
- import vymodelovaných dílů;
- řízení směru;
- řízení pracovní plochy forem;
- vytváření dělicí roviny;
- referenční čáry;
- referenční elementy (bod, čára, plocha).



Obrázek 23 Modul pro vytvoření dutiny vstřikovací formy [vlastní zpracování]

### 3 OBECNÉ INFORMACE O PROGRAMU SOLID EDGE

Solid Edge je 3D CAD systém, který je určený zejména pro návrh strojírenských konstrukcí. Jeho funkce se však nemusí zabývat pouze strojírenstvím, jak již bylo uvedeno, ale umožňují vytvářet také design nábytku nebo 3D modelování komplexních ploch. Solid Edge je vybudován na základech jedinečné technologie Stream XP, která zaručuje jednoduchost pro nové klienty, snadnost používání pro příležitostné uživatele a rychlost a efektivitu pro rutinní uživatele. Základními pilíři na kterých je postavena celá aplikace jsou ergonomie, interaktivní uživatelské prostředí a procesně orientované technologie. V roce 2008 přišel Solid Edge se synchronní technologií, která byla průlomem v modelování. Základem této technologie je využití toho nejlepšího z dosud známých způsobů modelování. [17, 18, 19, 20, 21, 22]



Obrázek 24 Znárodnění Synchronní technologie vůči ostatním modelováním [20]

Ke klíčovým vlastnostem softwaru Solid Edge patří [22]:

- výjimečné modelovací jádro Paradolid;
- snadnost používání;
- procesně orientované prvky;
- plošné modelování;
- podpora velkých sestav;
- vizualizace a prezentace;
- prohlížečky dat volně k dispozici na internetu;
- propracovaná zpráva dat.

#### 3.1 Moduly SOLID EDGE

Stejně jako CATIA V5 má i SOLID EDGE jednotlivé moduly, které se dále dělí do různých aplikací. Tyto moduly jsou následující [18].



### 3.1.1 Přejchod ze 2D do 3D

Vlastnosti [18]:

- plně integrované prostředí pro práci ve 2D;
- import 2D výkresů;
- použití 2D výkresů pro snadnou tvorbu 3D modelů.

### 3.1.2 Modelování

Vlastnosti [18]:

- 3D objemové modelování;
- rapid blue technologie pro modelování obecných ploch;
- parametrizace atd.

### 3.1.3 Rozpoznání konstrukčních prvků na importované geometrie

Vlastnosti [18]:

- automatický a manuální režim.

### 3.1.4 Modelování plechových dílů

Vlastnosti [18]:

- technologické specifické funkce jako lem, narovnání, atd.;
- asociativní rozvin;
- konstrukční prvky pro tvorbu prolisů, větracích otvorů atd.

### 3.1.5 Sestavy

Vlastnosti [18]:

- správa dat;
- práce s velkými sestavami;
- při otevírání načtení pouze struktury vrcholové sestavy atd.

### 3.1.6 Rámové konstrukce

Vlastnosti [18]:

- knihovna normalizovaných i uživatelských profilů;

- automatické zakončení profilů.

### 3.1.7 Svařence

Vlastnosti [18]:

- import modelu sestavy z polotovaru;
- opracování dílů před svařením atd.

### 3.1.8 Kinematika

Vlastnosti [18]:

- automatický vznik kinematických vazeb podle vazeb v sestavě;
- kontrola kolizí atd.

### 3.1.9 Pevnostní analýza

Vlastnosti [18]:

- integrovaný řešič FEMAP Express;
- řešič NASTRAN atd.

### 3.1.10 Správa dat

Vlastnosti [18]:

- chráněný prostor pro bezpečné uložení spravovaných dokumentů;
- lokální vyrovnávací paměť pro zrychlení práce na síti;
- generování kusovníku bez otevření sestavy.

### 3.1.11 Výkresová dokumentace

Vlastnosti [18]:

- možno použít jako samostatné 2D řešení;
- podpora hladin, bloků a poznámky;
- asociativní pohledy s plnou kontrolou zobrazení dílů sestav atd.

### 3.1.12 PMI - výrobní informace

Vlastnosti [18]:

- vytváření kót a poznámek ve 3D modelech součástí a sestav;

- plná shoda s normou ASME Y14.4I atd.

### 3.1.13 Kreslení schémat

Vlastnosti [18]:

- konverze bloků z DWG formátu;
- bohaté knihovny symbolů.

### 3.1.14 Vizualizace

Vlastnosti [18]:

- phong shading, ray tracing;
- stíny,
- reflexe atd.

### 3.1.15 Prohlížečky dokumentů

Vlastnosti [18]:

- solid edge viewer;
- xpresreview atd.

### 3.1.16 Ohýbání trubky, potrubní systémy

Vlastnosti [18]:

- poloautomatická i manuální tvorba trajektorie potrubí;
- generování výrobního výkazu pro ohyb atd.

### 3.1.17 Kabelové svazky

Vlastnosti [18]:

- propojení s CAD produkty;
- automatizovaný procesní průvodce.

### 3.1.18 Publikování na internetu

Vlastnosti [18]:

- automatické publikování dílů, sestav a atributů.

### 3.1.19 Feature Recognizer

Vlastnosti [18]:

- modul, který parametrizuje načítaný model z jiného systému.

### 3.1.20 Solid Edge Mold Tooling

Vlastnosti [18]:

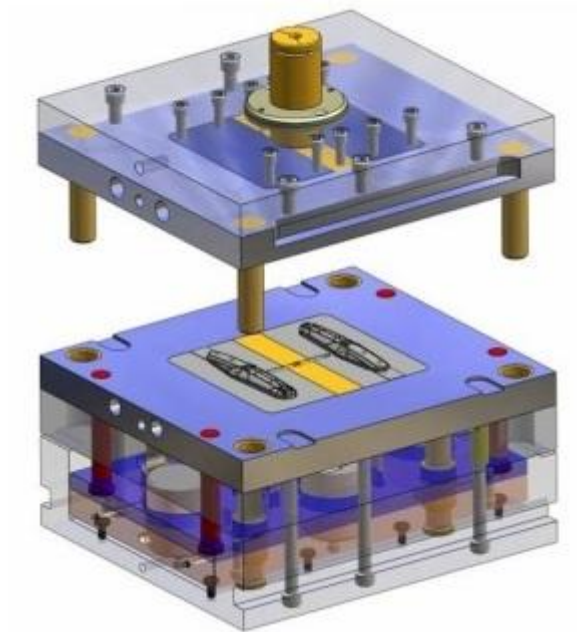
- funkce pro automatické i ruční vytvoření dělicí roviny;
- více dílů v jedné složce;
- podpora pro práci s tvarovými vložkami a šoupátky atd.

## 3.2 Využití Solid Edge pro konstrukci vstřikovacích forem

Pro konstrukci vstřikovacích forem se využívá v programu Solid Edge modul, který se zabývá samotným konstrukčním návrhem vstřikovací formy a vytvořením dutiny vstřikovací formy, tento modul se nazývá Solid Edge Mold Tooling. [23, 24, 25, 26]

### 3.2.1 Modul Solid Edge Mold Tooling

Modul Solid Edge Mold Tooling poskytuje prostředí pro konstrukci forem plastových výlisků s využitím jedinečných technologií a postupů systému Solid Edge. Pro zahájení konstrukce je nutné vytvořit nový projekt a vložit do něj odlitek (výstřík). V této fázi jsou definované parametry jeho smrštění a umístění. Tento odlitek je zobrazen již s analýzou úkosů stěn, tudíž máme okamžitou kontrolu nad tím, zda půjde bez problému vyjmout z formy. Poté se následně automaticky vytvoří tvárník a tvárnice a uživatel může definovat rozmnožení a polohu jednotlivých instancí. Po definování základních rozměrů a typu základní desky dojde k automatickému vygenerování všech ostatních desek a doplnění standardních dílů. Další etapou je definování vtokové soustavy a její zakončení. Součástí aplikace je také knihovna standardně používaných dílů. Uživateli pak stačí vybrat komponentu a určit její pozici v sestavě, popřípadě vybrat skicu, podle které se má rozmnožit. Díky technologii systémových knihoven se po jejím vložení automaticky upraví všechny související díly, tzn. pokud uživatel vloží vyhazovač, pak systém sám rozpozná funkční plochu na odlitku a dojde k jeho oříznutí. [23, 24, 25, 26]



*Obrázek 25 Vstřikovací forma v programu Solid Edge [24]*

Další funkci, kterou nabízí program Solid Edge, je nalezení hlavní dělicí roviny. Tato funkce nalezne dělicí křivky na tělese a vytvoří automaticky dělicí rovinu plochy, která je důležitá zejména pro konstruktéry vstřikovacích forem. [26]

## 4 OBECNÉ INFORMACE O PROGRAMU NX

NX je CAx systém, který je postavený na jednotném, otevřeném a moderním technologickém základě. NX v sobě zohledňuje veškeré aspekty procesu vývoje od jeho návrhu až po jeho výrobu, čímž se stává vysoce výkonným řešením pro celkové urychlení vývoje výrobku v těchto fázích:

- průmyslový design;
- konstrukce;
- simulace;
- dokumentace;
- nástroje;
- obrábění.

Aplikace CAD/CAM/CAE v kombinaci se systémem NX pokrývají celý rozsah vývojových procesů v oblasti designu produktů, výrobků a simulace.

Řešení NX poskytuje komplexní sestavu nástrojů pro integraci automatizace procesů a umožňuje tak uživatelům shromažďovat a opětovně využívat znalosti o výrobcích a procesech. [27, 28, 29]

### 4.1 Moduly NX

Stejně jako CATIA V5 a SOLID EDGE má i program NX jednotlivé moduly. Mezi tyto moduly řadíme konstruování, simulace, obrábění atd. Tři hlavní moduly jsou popsány níže.

#### 4.1.1 NX pro konstruování

NX pro konstruování je integrované řešení konstruování výrobků, které usnadňuje a zrychluje proces vývoje výrobku tím, že je možné v rámci jediného pracovního prostředí vytvářet inovativní výrobky. V této oblasti jsou možná tato řešení [30]:

- konstruování výrobků;
- průmyslové konstruování a styling;
- tvorba výkresů a dokumentace atd.

#### 4.1.2 NX pro simulace

NX pro simulaci obsahuje prostředí NX CAE, které je moderní všeoborové prostředí pro pokročilé analytiky, pracovní skupiny a konstruktéry, jejichž úkolem je včas přicházet

s důležitými postřehy týkajícími se zvýšení výkonnosti, na základě čehož lze řídit rozhodnutí výrobku. NX CAE integruje nejlepší nástroje ve své třídě. Tyto nástroje jsou [31]:

- modelování simulací a vizualizace výsledků;
- pevnostní analýza;
- teplotní analýza atd.

#### 4.1.3 NX pro obrábění

NX pro obrábění nabízí kompletní sadu pro obrábění součástí od CAM až po řídicí jednotku CNC. Pomocí NX pro obrábění můžeme zvýšit produktivitu obrábění součástí včetně zkrácení NC programování a obrábění, výrobu kvalitnějších součástí a maximalizovat využití zdrojů obrábění. Do NX obrábění spadají tyto řešení [32]:

- počítačem podporované obrábění (CAM);
- tvorba nástrojů a upínek;
- příprava modelu součástí atd.

## 4.2 Využití NX pro konstruování vstřikovacích forem

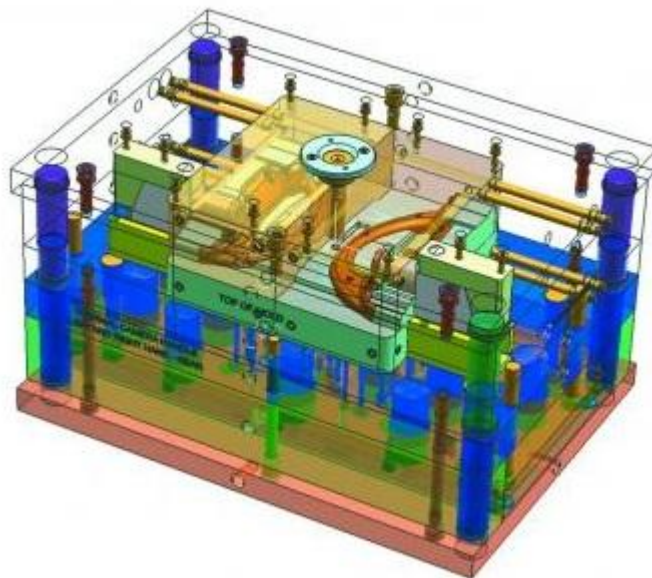
Pro konstrukci vstřikovacích forem v programu NX se využívá systém Mold Wizard, který vznikl využitím pracovních postupů a zkušeností zákazníků v oblasti konstrukce vstřikovacích forem pro plastové díly. [33, 34, 35]

### 4.2.1 Modul Mold Wizard

Modul Mold Wizard je postaven na bázi CAx systému NX tak, aby co nejlépe vyhovoval potřebám konstruktérů forem. Mold Wizard se zabývá problematikou konstrukce forem od přípravy modelu výlisku přes kompletní 3D model formy až po vytvoření kusovníku a výkresové dokumentace. Unikátnost NX je nejen v plném pokrytí celého návrhu formy, ale i v detailu řešení každého kroku, kdy nás vede jako asistent, aniž by vyžadoval striktní dodržování jejich pořadí.

Příprava modelu může probíhat buďto v standardním nástroji NX nebo již v modulu Mold Wizard. V této části se může provést analýza zaformovatelnosti, kde zjistíme, jak se model bude odformovávat. Další fáze je příprava tvarových dutin, která obsahuje několik samostatných kroků. Definuje se základní tvar tvarové dutiny, který je možné použít z nabízených základních tvarů jako je blok nebo válec a systém podle zadaných přídavek určí hlavní rozměry, případně je možné si vybrat tvar z knihovny, kde je možnost definovat tvar

základny. V této části je možnost využít Product Design Advisor, který pomůže při rozhodování jak zaformovat jednotlivé otvory. Tento nástroj vyhledá i dělicí křivky a vytvoří dělicí plochy nebo umožňuje analyzovat celou geometrii výlisku, zkontrolovat úkosity a problémové plochy. Po přípravě tvarových dutin následuje konstrukce rámu, kde modul Mold Wizard nabízí na výběr z databáze knihoven HASCO, DME, FUTABA, LKM. Pokud jsou tyto rámy nevhodné, tak je možno vytvořit vlastní knihovnu rámu. V databázi systému Mold Wizard jsou i vtokové trysky, vyhazovače, zámky, spojovací materiál a mnoho dalších dílů, takže systém pokrývá prakticky celý sortiment potřebný pro konstrukci forem. Po zhotovení rámu vstříkovací formy následuje návrh vtokových kanálů, kde Mold Wizard nabízí citovatelné databáze průřezů a tvaru vtokových ústí. Nejdříve se vytvoří osy vtokových kanálů (trajektorie). Ve chvíli, kdy jsou trajektorie hotové, se k nim přiřadí typ profilu včetně rozměru a tvaru zakončení kanálu. Na závěr se provádí konstrukce chladících kanálků, kde databáze zahrnuje různé konektory pro připojení chlazení. Při tvorbě kanálů se vybere plocha, do které má být kanál vrtán a zadá se délka, popřípadě orientace. K umístění konektorů a záslepek se pak využije geometrie vytvořeného kanálu. Další nástroje knihovny existují i pro konstrukci šoupátek, vložek a elektrod. [33, 34, 35]



Obrázek 26 Vstříkovací forma v programu NX [36]



## 5 ZÁVĚR TEORETICKÉ PRÁCE

Teoretická část diplomové práce se zabývala zásadami konstrukčního řešení vstřikovacích forem a popisem vybraných 3D programů. Konkrétní kapitoly se věnovaly:

- zásadám konstrukčního řešení vstřikovacích forem;
- popisu programu CATIA V5 a jeho využití pro konstrukci vstřikovacích forem;
- popisu programu SOLID EDGE a jeho využití pro konstrukci vstřikovacích forem;
- popisu programu NX a jeho využití pro konstrukci vstřikovacích forem.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce je provést studium možností CAD systémů pro konstrukci vstříkovačích forem a na vybraný díl navrhnout vstříkovací formu ve třech různých programech. Za programy byly zvoleny CATIA od francouzské společnosti Dassault Systemes, SOLID EDGE a NX od německé společnosti Siemens. Následujícím cílem, po navržení vstříkovačích forem, je provést hodnocení jednotlivých pasáží, poté shrnout výsledky, kdy budou zhodnoceny klady a zápory a na závěr diplomové práce vypracovat analýzu softwarů, které se užívají v praxi. Vzhledem k výše uvedenému nebudou v rámci práce prováděny žádné tokové ani pevnostní analýzy, jelikož to by bylo řešeno v případě, že by cílem práce byla konstrukce formy.

Postup práce:

- popis zvolené součásti;
- vytvoření vstříkovací formy ve zvolených softwarech;
- hodnocení vstříkovací formy ve zvolených softwarech;
- shrnutí výsledků a porovnání zvolených softwarů;
- analýza softwarů, které se využívají v praxi.

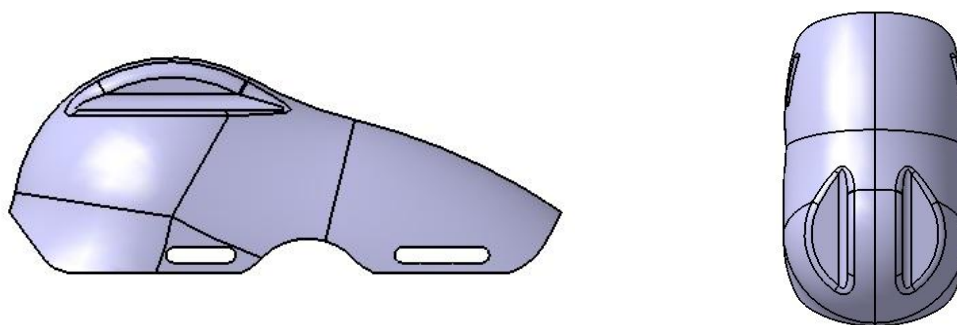
## 7 POPIS ZVOLENÉ SOUČÁSTI

Zvolená součást slouží jako chránič loktu hokejového hráče. Tento plastový chránič chrání samotný loket a loketní kloub před poraněním, které může vzniknout v důsledku pádu. Tyto pády jsou v hokeji častým jevem a je nutné zajistit bezpečí hráče. Chránič loktu se upíná k ruce pomocí dvou či tří pásků, které jsou flexibilní a přizpůsobují se ruce dotyčného hráče. Kostru chrániče tvoří anatomicky tvarovaný plast, který je přišitý k výstelce. Tato výstelka je vyráběna především z lehké nylonové síťoviny, která zaručuje pohodlí hráči a eliminuje vznik případných otlaků. U novějších typů se do výstelky přidává neopren, který slouží k tomu, aby chránič neklouzal z loktu a hráč se mohl naplno věnovat hře.



Obrázek 27 Chránič loktu [37]

Dále je představen plastový chránič vymodelovaný v CATIA V5R18



Obrázek 28 Plastový chránič

### 7.1 Materiál chrániče loktu

Chránič loktu se vyrábí z polyetylenu, který je naprosto zdravotně nezávadný, značně podléhá stárnutí (oxidační degradace, UV degradace), je houževnatý, pružný, odolný proti kyselým zásadám a roztokům solí.

Polyethylen se však nepoužívá jen jako chránič loktu, ale i jako vlákna, lehčené hmoty, fólie, desky a mnoho dalších. [38]

Základní vlastnosti Polyethylenu [39]:

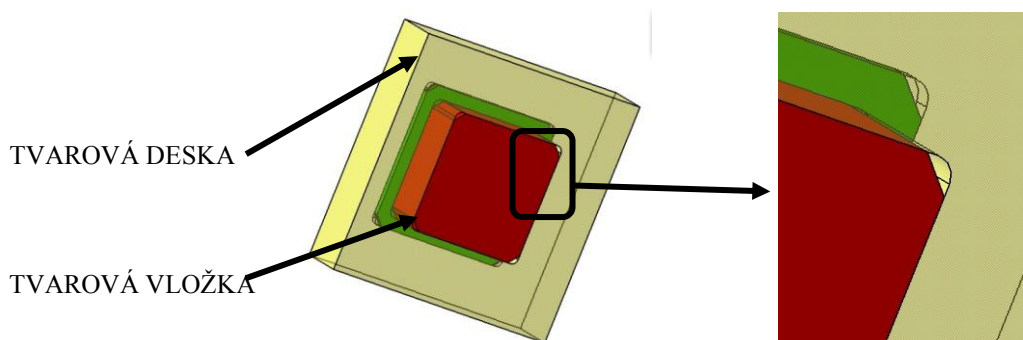
- hustota – 960 [kg/m<sup>3</sup>]
- modul pružnosti v tahu – 1060 [MPa]
- index toku taveniny – 1,85 [cm<sup>3</sup>/10min]
- teplota tání – 190 [°C]

## 7.2 Zaformování chrániče loktu

Zaformování chrániče loktu je provedeno pomocí tvarových vložek, které jsou vloženy do tvarových desek ve vstřikovací formě. Tvarová vložka je opatřena osazením a tvarová deska vybráním. Dané zajistí přesné uložení tvarových vložek ve vstřikovací formě. Díky osazení není nutné použít další upínací prvky, jako jsou např. šrouby. Tvarové vložky mají několik výhod oproti dutině, která by byla vytvořena přímo na tvarových deskách.

Hlavní výhody tvarových vložek jsou následující:

- při porušení tvarové vložky se nemusí měnit celá deska, vložka se buď opraví nebo se vymění za novou;
- je možno použít stejnou vstřikovací formu, při výrobě jiného výrobku stačí pouze vyměnit tvarovou vložku.



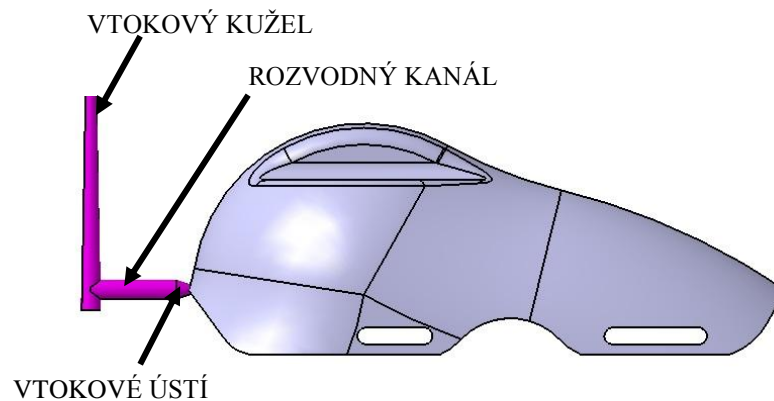
Obrázek 29 Zaformování tvarové vložky v tvarové desce (zkosení)

## 7.3 Vtokový systém chrániče loktu

Vtokový systém je velmi důležitý proto, aby se dutina vstřikovací formy zcela zaplnila. Správnou volbou vtokového systému se mohou eliminovat chyby, které vznikají při vstři-

kování. Za tyto chyby můžeme považovat studené spoje, vzduchové kapsy, spálená místa a mnoho dalších. Z výše uvedeného vyplývá nutnost věnovat volbě vtokového systému větší pozornost. Pro určení správného vtokového systému slouží různé programy, které poradí, kde nejvhodněji umístit vtokové ústí a kde je nejmenší odpor vůči toku.

V případě chrániče loktu byl zvolen vtokový systém, který plní dutinu formy z boční strany. Tavenina prochází přes vtokový kužel, odtud přes vtokový kanál, který má kruhový průřez, kde polovina kanálu se nachází na pravé a druhá polovina na levé straně vstříkovací formy. Do dutiny se tavenina dostává přes vtokové ústí.



Obrázek 30 Vtokový systém chrániče loktu

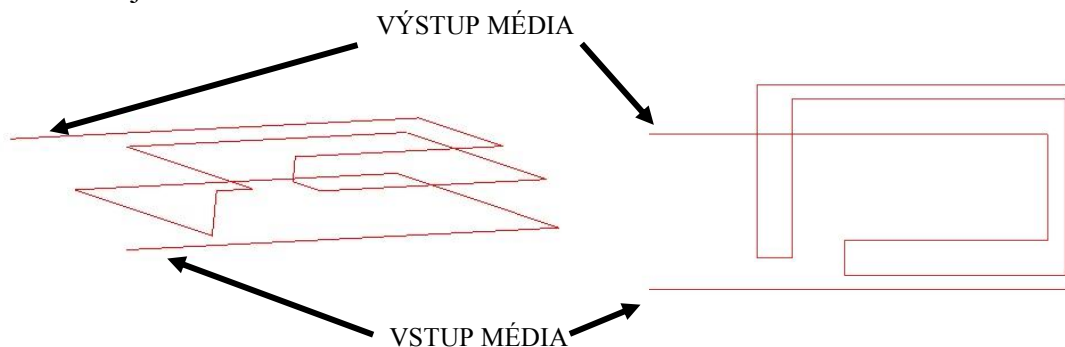
## 7.4 Temperační systém chrániče loktu

Temperační systém je velmi důležitý, jelikož díky němu se díl rovnoměrně ochladí na vyhazovací teplotu.

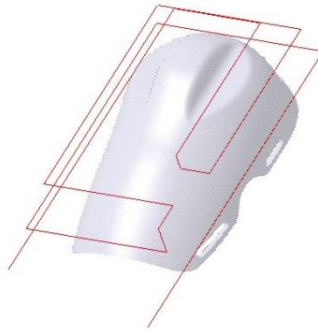
### 7.4.1 Temperační systém pravé strany vstříkovací formy

V případě chrániče loktu je temperační systém tvořen jedním okruhem, který je usměrňován pomocí ucpávek a vytváří tak nepřerušovaný tok temperačního média.

Na obrázku je znázorněna dráha, kterou temperační médium protéká.



Obrázek 31 Temperační systém pravé strany chrániče loktu

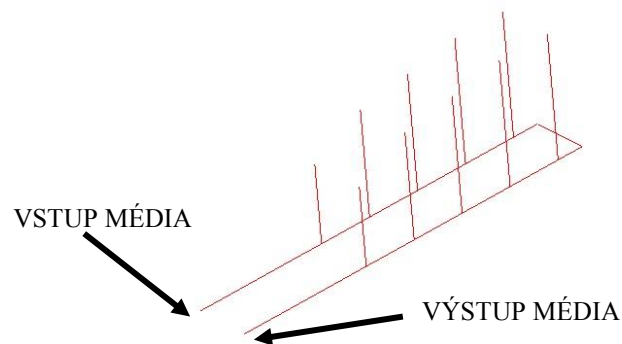


Obrázek 32 Temperační systém pravé strany chrániče loktu

#### 7.4.2 Temperační systém levé strany vstříkovací formy

V případě temperačního systému levé strany se vstříkovací forma skládá z obtokových můstků. Důvodem je, že tvárník chrániče loktu je vysoký a proto kdyby byl využit okruh, který by chladil jen spodní část tvárníku, tak by chladicí okruh nebyl tak efektivní jako v případě obtokových můstků.

Na obrázku je znázorněna dráha, kterou temperační médium protéká.



Obrázek 33 Temperační systém levé strany chrániče loktu [vlastní zpracování]



Obrázek 34 Temperační systém levé strany chrániče loktu

## 8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY V CATIA V5

Pro konstrukci vstřikovací formy je využit software CATIA V5R18 A R19. Konstrukce této formy je rozdělena do několika částí:

- tvorba tvarové dutiny vstřikovací formy;
- vložení vstřikovací formy;
- vkládání konstrukčních prvků do vstřikovací formy;
- shrnutí práce.

### 8.1 Tvorba tvarové dutiny vstřikovací formy

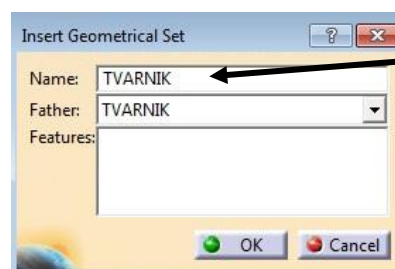
Tvarovou dutinu lze v CATIA V5 vytvořit několika způsoby, kupříkladu modulem Core & Cavity Design, který je určen právě k vytvoření tvarové dutiny vstřikovací formy. Dalším modulem, ve kterém lze vytvořit dutinu vstřikovací formy, je Generative Shape Design.

V práci je využit pro vytvoření tvarové dutiny modul Generative Shape Design. Postup práce je popsán níže:

- vytvoření tvárníku;
- vytvoření tvárnice;
- vytvoření slideru (odformování otvorů).

#### 8.1.1 Vytvoření tvárníku

Nejprve je nutno otevřít chránič, poté je třeba se přepnout do prostředí ploch. Dále je pro lepší přehlednost vhodné ve stromě vytvořit nový Geometrical set.

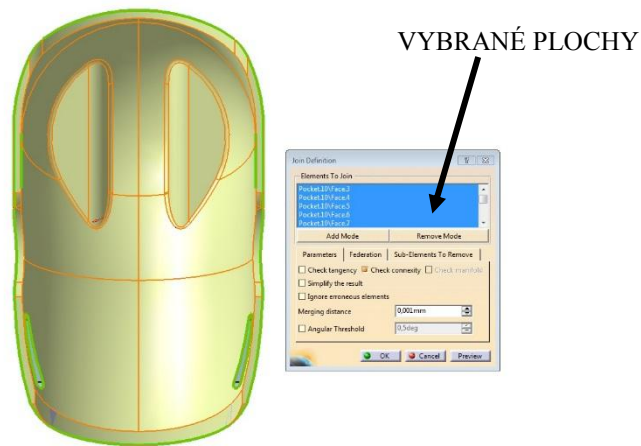


NÁZEV NOVÉHO  
GEOMETRICAL SET

Obrázek 35 Vložení nového Geometrical set tvárníku

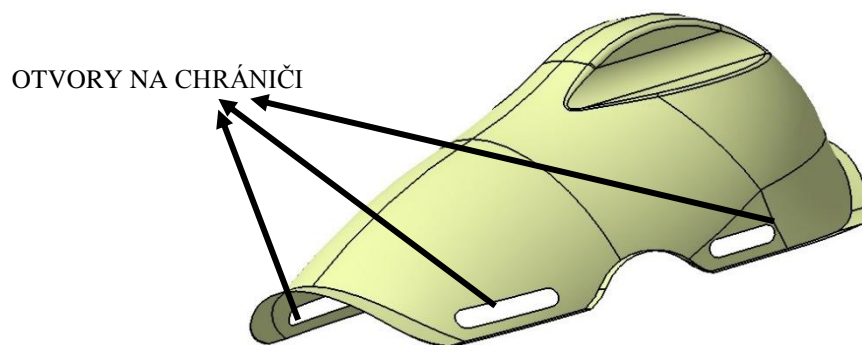
Je nutné, aby nově vytvořený Geometrical set byl aktivní. Následně je nutno spustit příkaz *Join* a označit plochy, které mají tvořit tvárník.



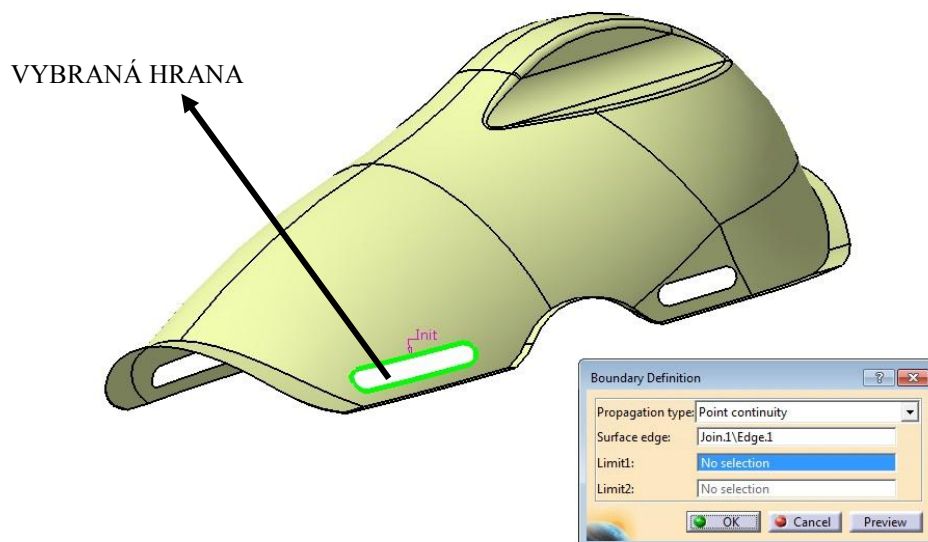


Obrázek 36 Spojení ploch tvárniku příkazem Join

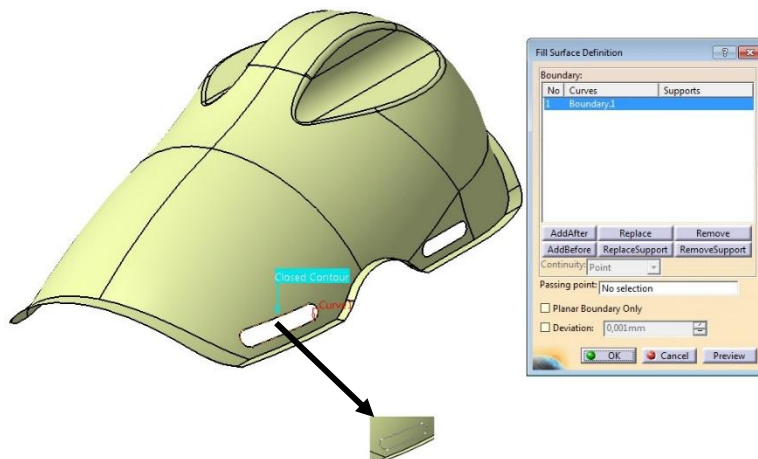
Pomocí příkazu *Boundary* a *Fill* se zaplní otvory, které jsou na nově vytvořených plochách. Příkazem *Boundary* se vybere hrana otvoru a příkazem *Fill* se otvor zaplní. Tento postup se opakuje, dokud nejsou zaplněny všechny otvory.



Obrázek 37 Otvory na plošném chrániči

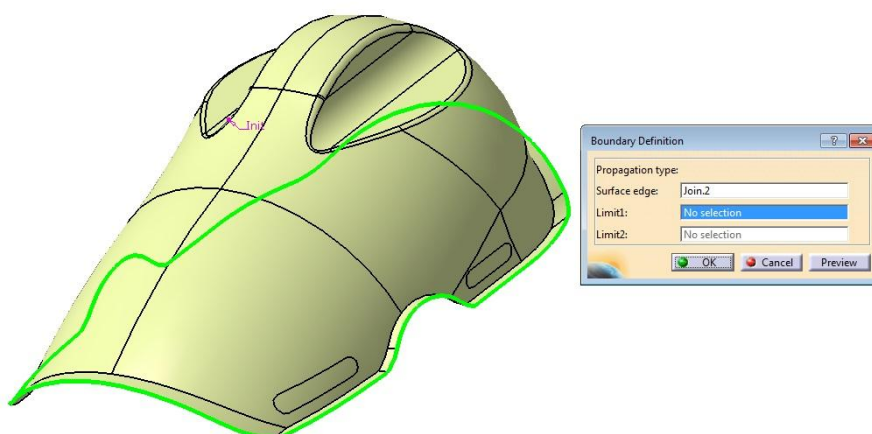


Obrázek 38 Použití příkazu Boundary



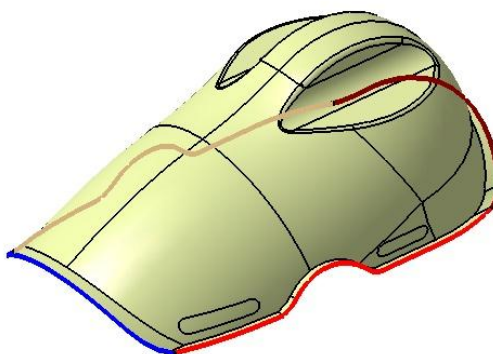
Obrázek 39 Zaplnění otvoru příkazem Fill

Po zaplnění otvorů je nutné nově vytvořené plochy spojit s předešlým *Join*. Pokud je třeba zkontrolovat, zda jsou plochy spojeny, využije se k tomu příkaz *Boundary*.



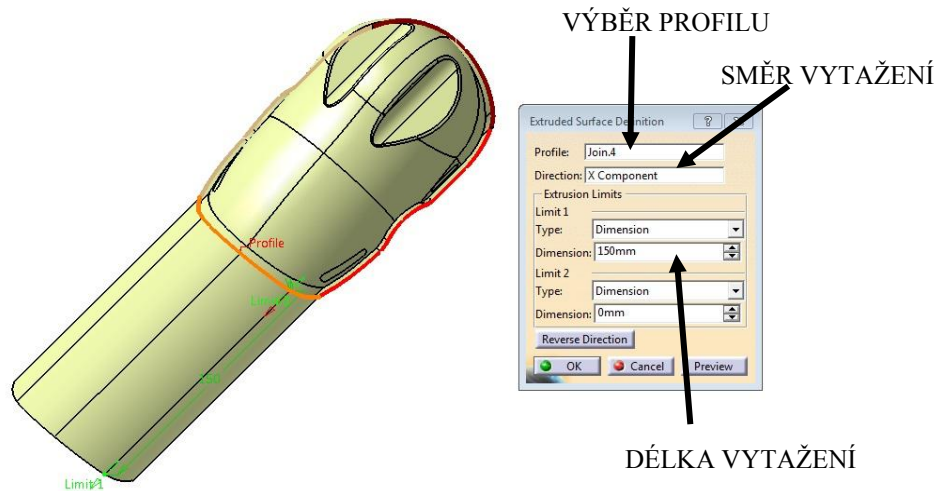
Obrázek 40 Kontrola spojených ploch příkazem Boundary

Pro další část práce je třeba příkazů *Join* a *Extrude*. Jako první je nutno vytvořit pomocí příkazu *Join* obrysy hran, které se budou vytahovat pomocí příkazu *Extrude*. V daném případě byly vytvořeny 4 obrysy = 4 *Join*.



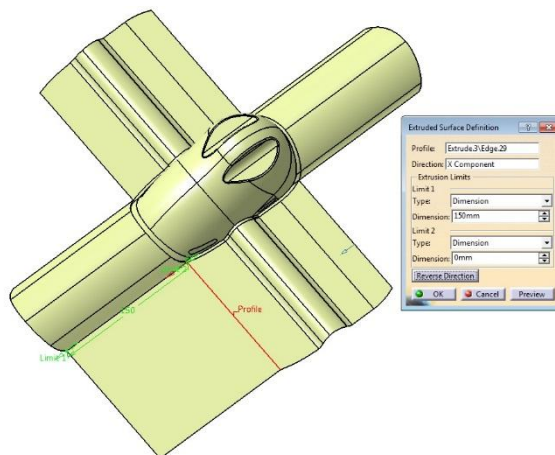
Obrázek 41 Vytvořené obrysy

Při spuštění příkazu *Extrude* se klikne na daný Join, který je třeba vytáhnout.

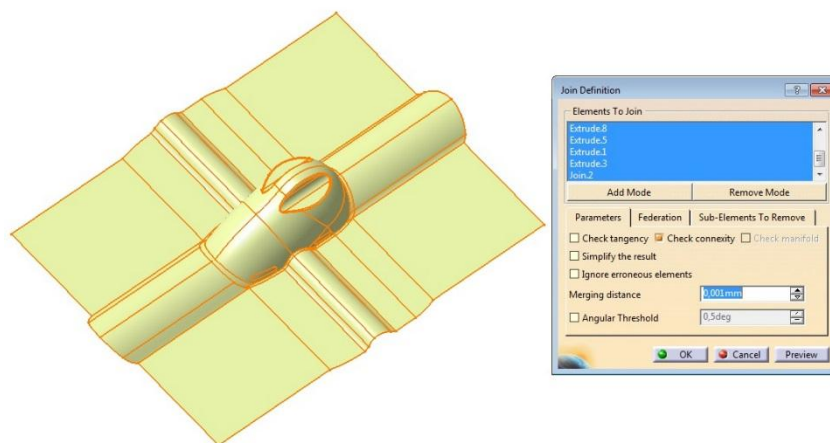


Obrázek 42 Vytažení obrysu příkazem *Extrude*

Po vytažení všech obrysů je třeba vysunout zbylé hrany tak, aby byl obrys chrániče vysunut do všech směrů. Dále je nutno spojit všechny vytvořené plochy.

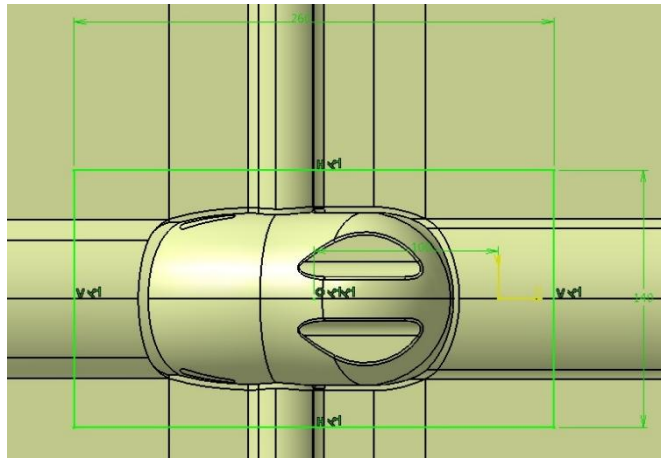


Obrázek 43 Vytažení hran příkazem *Extrude*

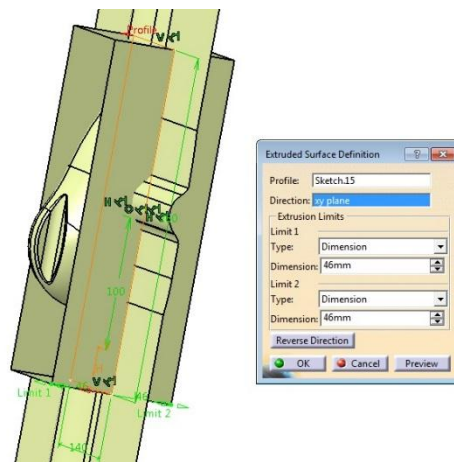


Obrázek 44 Spojení ploch příkazem *Join*

Nyní je vytvořen rozměr tvarové vložky příkazem *Sketch*. Tuto Sketch je nutné vysunout do obou směrů kvůli oříznutí ploch.

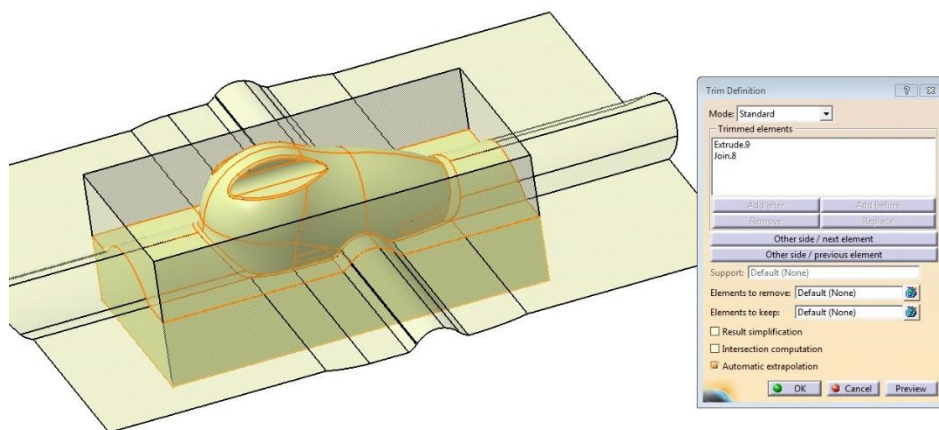


Obrázek 45 Vytvoření Sketch



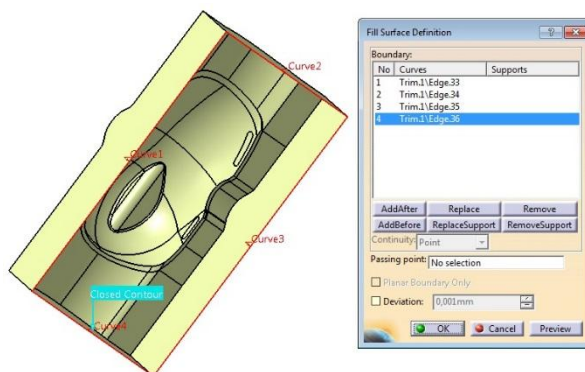
Obrázek 46 Vytáhnutí Sketch do obou směrů příkazem *Extrude*

Ořezání se provede příkazem *Trim*, kde je nutno vybrat Join a vytaženou Sketch. Poté pomocí tlačítek *other side* vybrat tu část, která bude tvořit tvárník.

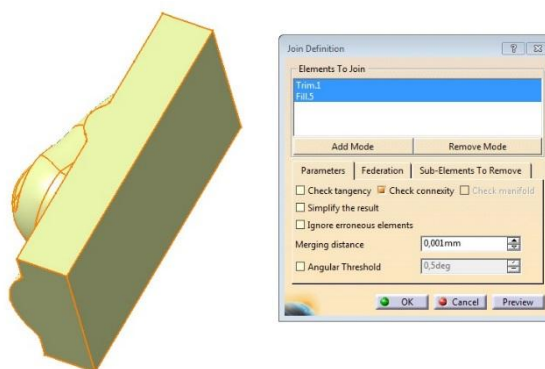


Obrázek 47 Oříznutí ploch příkazem *Trim*

V dalším kroku je třeba zaplnit spodní část a poté všechny plochy spojit.

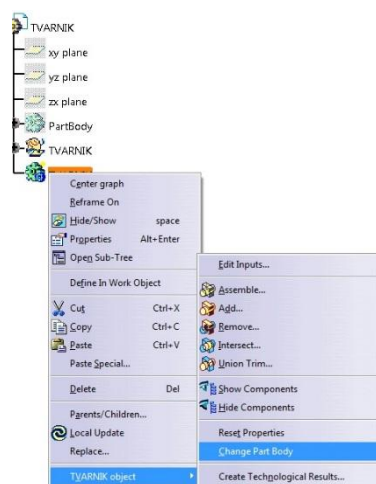


Obrázek 48 Vyplnění dna příkazem Fill

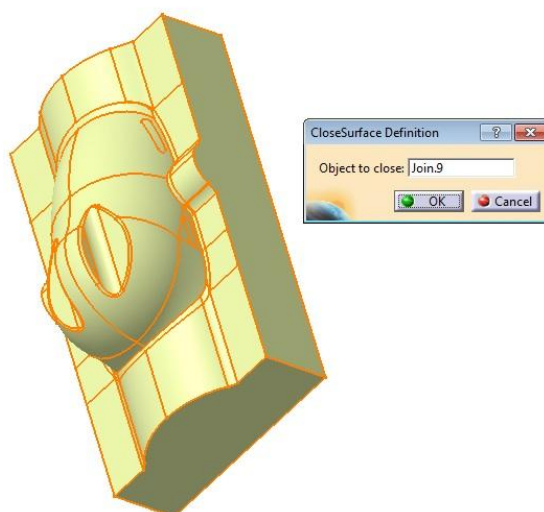


Obrázek 49 Spojení ploch příkazem Join

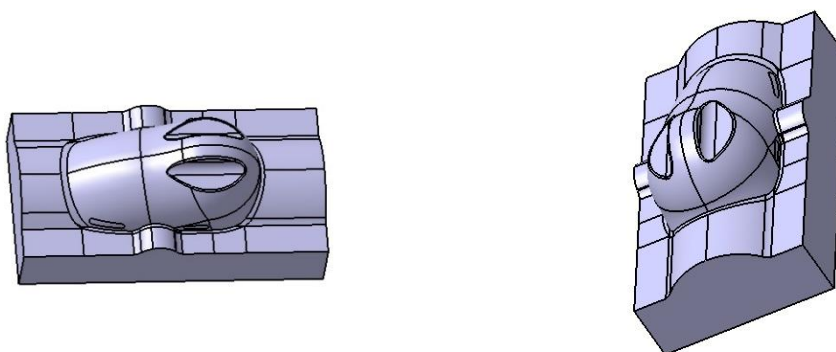
Následně je třeba vytvořit nové Body, které je nutno nastavit tak, aby bylo nad předchozím Body a Geometrical set. Dále je zapotřebí plošný tvárník převést na objem. Ten se převede pomocí *Closesurface*, který se nachází v prostředí Part design. Při spuštění tohoto příkazu stačí kliknout na plošný výrobek a výběr potvrdit. Poté stačí ve stromě zhasnout Geometrical set a objemový výrobek je vytvořen.



Obrázek 50 Nastavení nové Part body

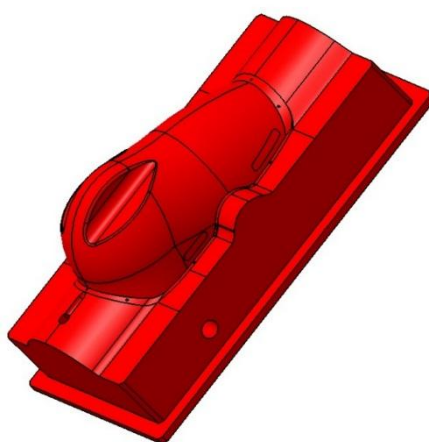


Obrázek 51 Převedení v objem příkazem Closesurface



Obrázek 52 Tvárník převedený v objem

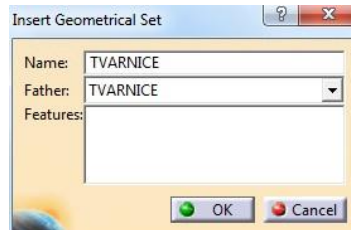
Po převedení tvárníku v objem je možno vytvořit tvárník se všemi náležitostmi jako jsou osazení, temperační systém, vtokový systém.



Obrázek 53 Tvárník

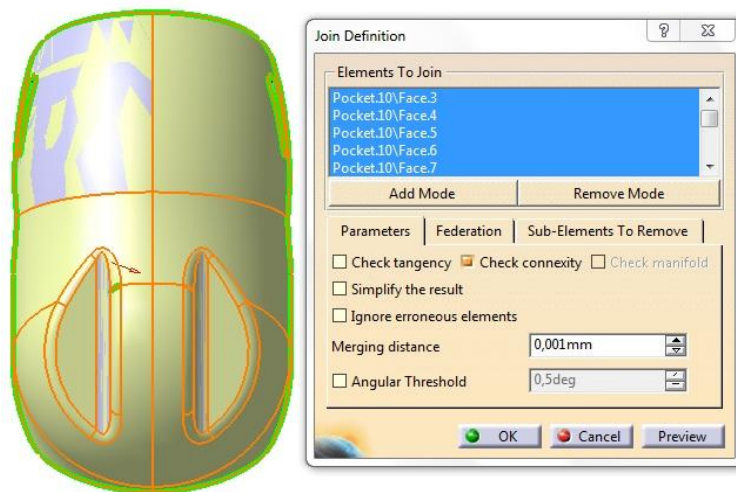
### 8.1.2 Vytvoření tvárnice

Postup pro vytvoření tvárnice je obdobný jako při vytváření tvárníku, tzn. je třeba nejprve vytvořit nový Geometrical set.



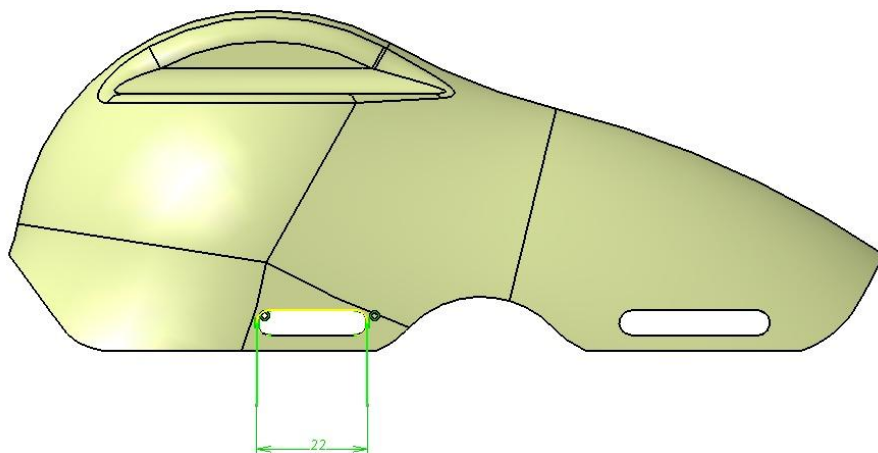
Obrázek 54 Vložení nového Geometrical set tvárnice

Dále se vyberou plochy, které tvoří tvárnici.

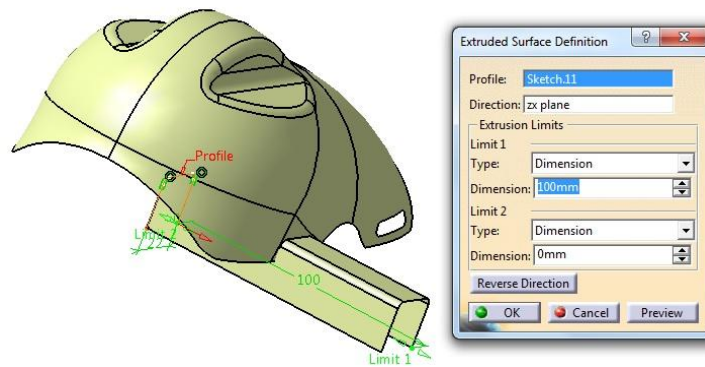


Obrázek 55 Spojení ploch tvárnice příkazem Join

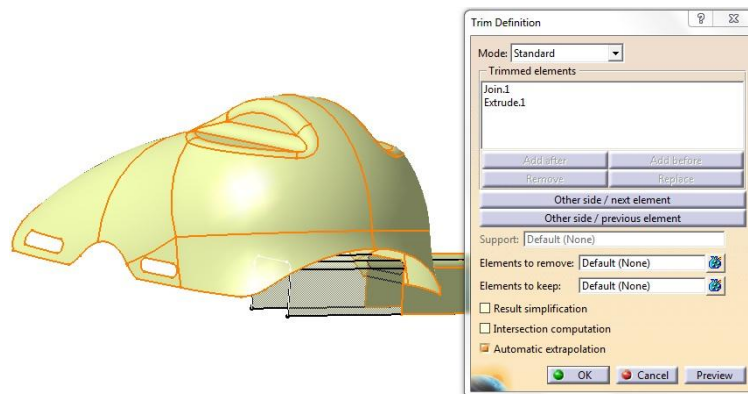
Vytvoří se a vytáhne Sketch, která ořízne plochu tvárníku a vytvoří místo pro slider.



Obrázek 56 Vytvoření Sketch

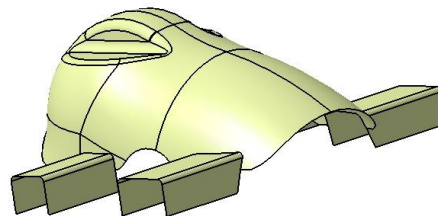


Obrázek 57 Vysunutí Sketch příkazem Extrude



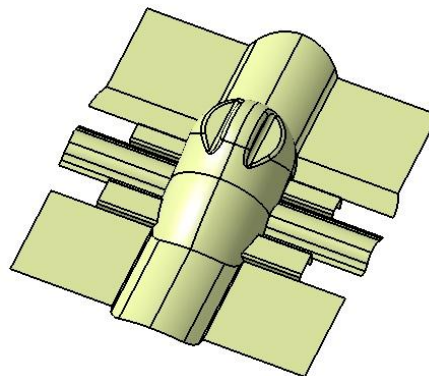
Obrázek 58 Oříznutí Sketch příkazem Trim

Tento postup se opakuje u všech otvorů.



Obrázek 59 Oříznutá plošná tvárnice

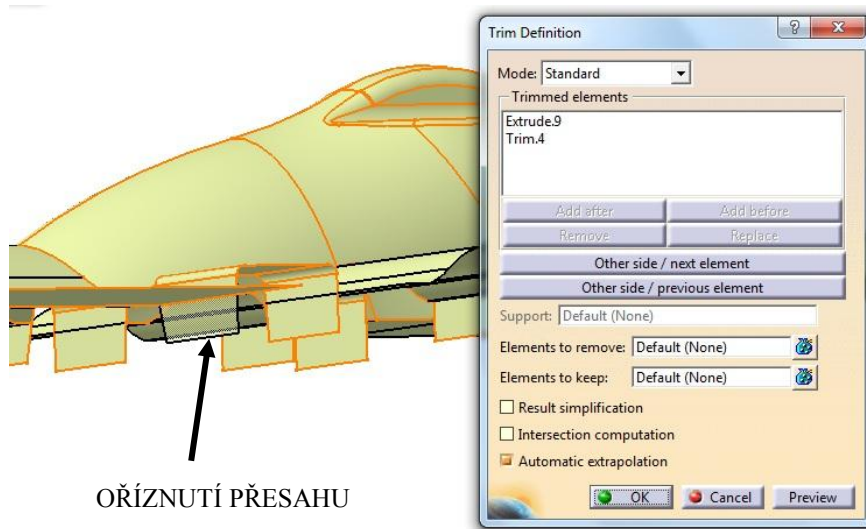
Dále se vytáhne obrys tvárníku do stran pro vytvoření hlavní dělicí roviny.



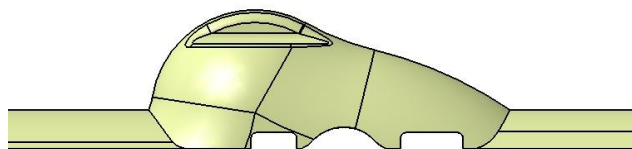
Obrázek 60 Vysunutí obrysů a hran příkazem Extrude



Oříznou se přesahující plochy a poté se nespojené plochy spojí.

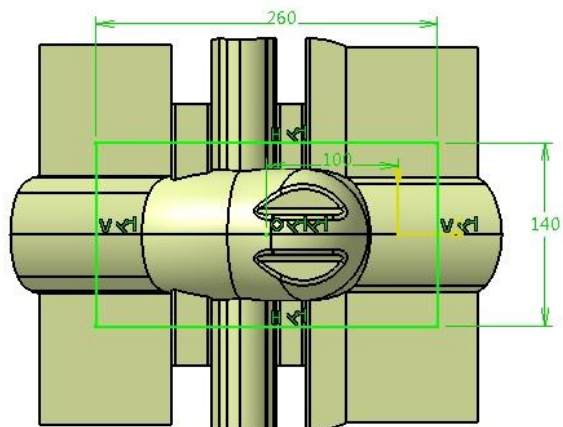


Obrázek 61 Oříznutí přesahů příkazem Trim

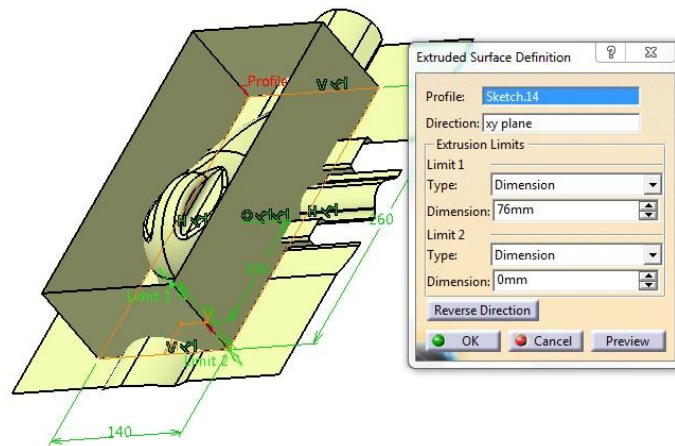


Obrázek 62 Oříznutá plošná tvárnice

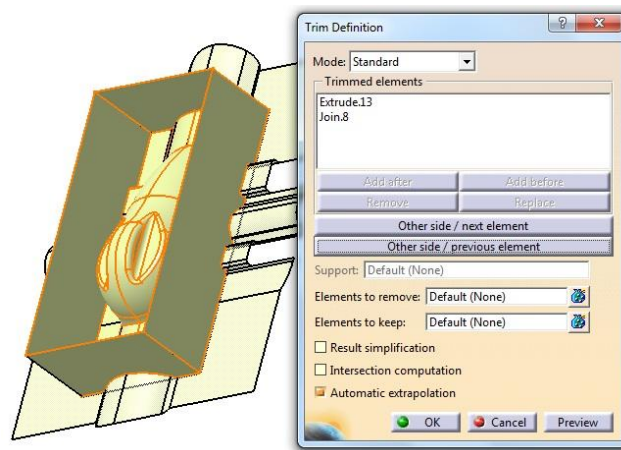
Po spojení všech ploch se vytvoří Sketch, která má finální rozměry tvárnice. Tato Sketch se poté vytáhne a ořízne.



Obrázek 63 Vytvoření Sketch

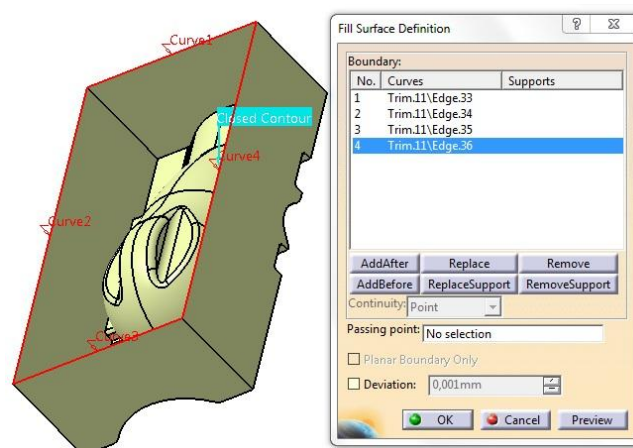


Obrázek 64 Vysunutí Sketch příkazem Extrude



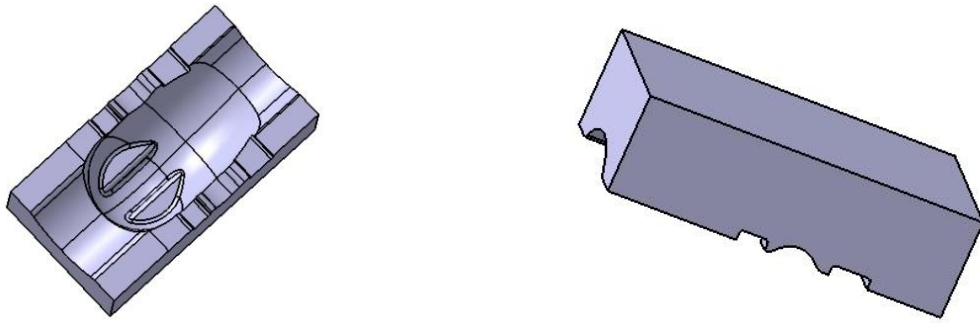
Obrázek 65 Oříznutí vysunutí příkazem Trim

Dalším krokem je zaplnění spodní části a spojení ploch.

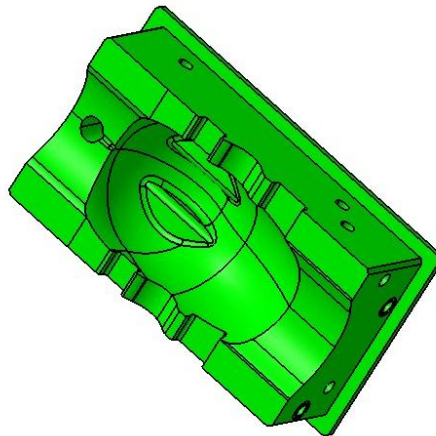


Obrázek 66 Vyplnění tvárnice příkazem Fill

Dále se vytvoří a přesune nové Body na první místo ve stromu a převedou se plochy v objem. Po převedení v objem je možno vytvořit tvárnici se všemi náležitostmi jako jsou osazení, temperační systém, vtokový systém.



Obrázek 67 Převedení tvárnice na objem

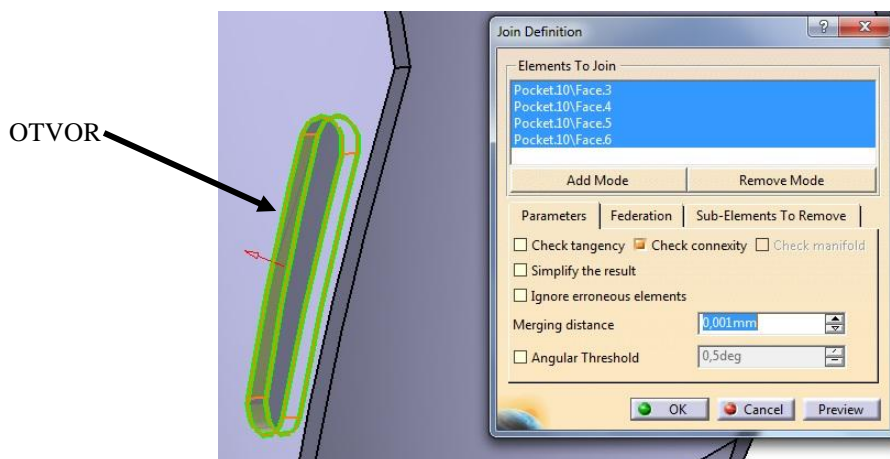


Obrázek 68 Tvárnice

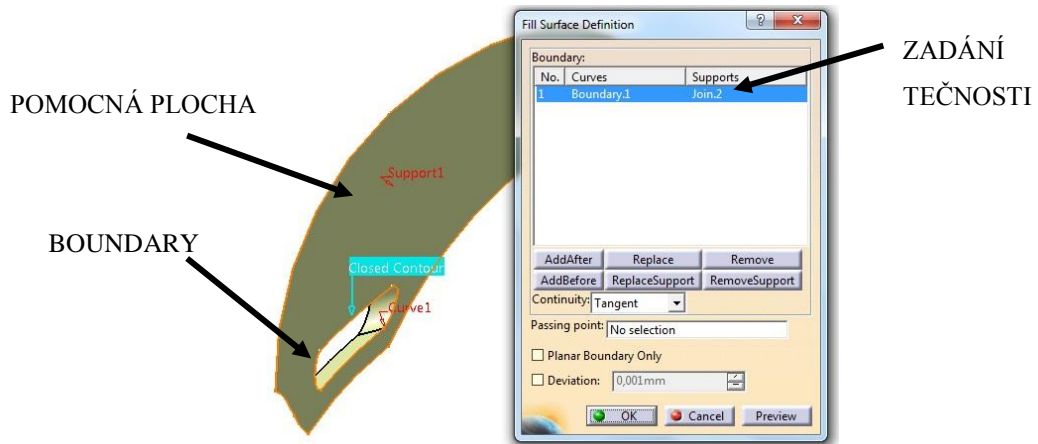
### 8.1.3 Vytvoření slideru (odformování otvorů)

Vytvoření slideru je obdobné jako u vytváření tvárníku a tvárnice.

Spojí se plochy, které tvoří slider a poté se vyplní vnitřní otvor, který má tečnou návaznost. Pro tuto tečnou návaznost je nutné využít pomocnou plochu, která se následně ve stromě zhasne.



Obrázek 69 Spojení ploch slideru příkazem Join

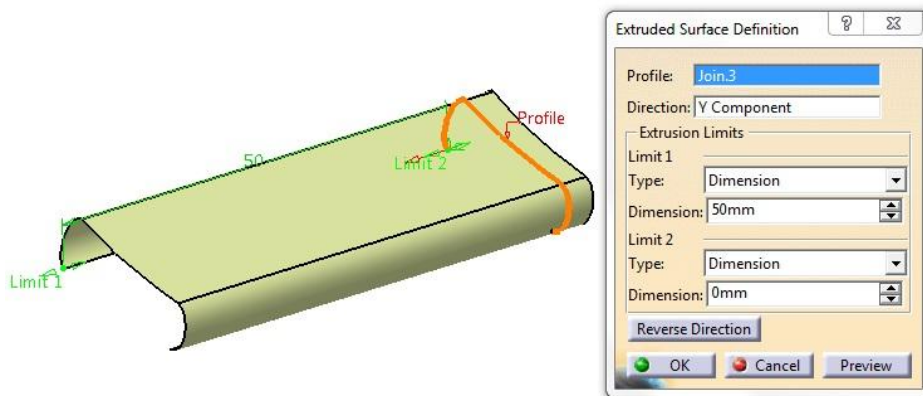


Obrázek 70 Vyplnění vnitřního otvoru příkazem Fill

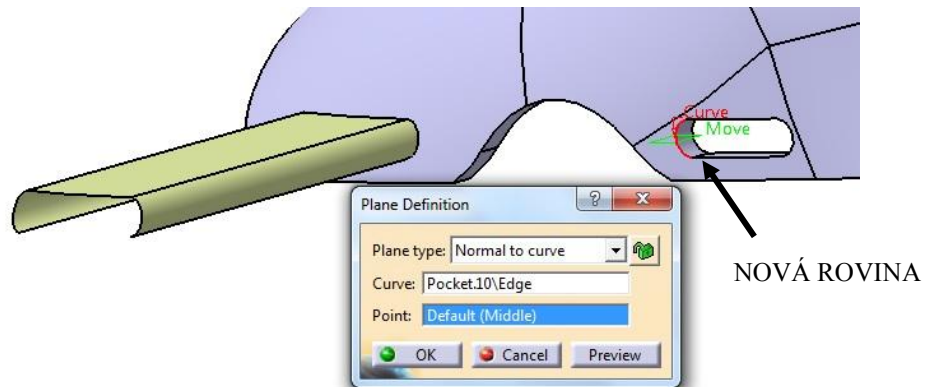


Obrázek 71 Vyplnění vnitřního otvoru příkazem Fill

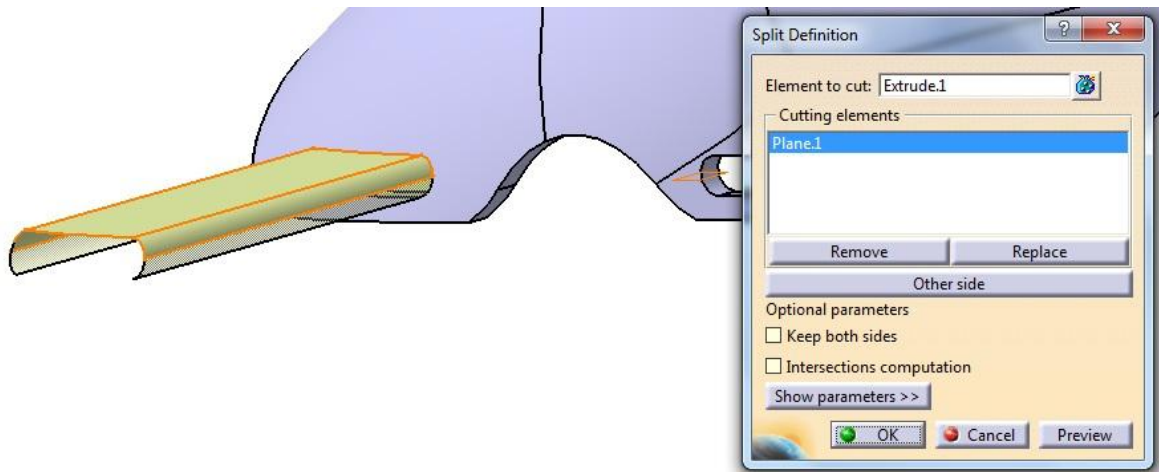
V této fázi práce se vytáhne profil slideru do strany a ořízne se pomocí nově vytvořené roviny.



Obrázek 72 Vytažení profilu příkazem Extrude

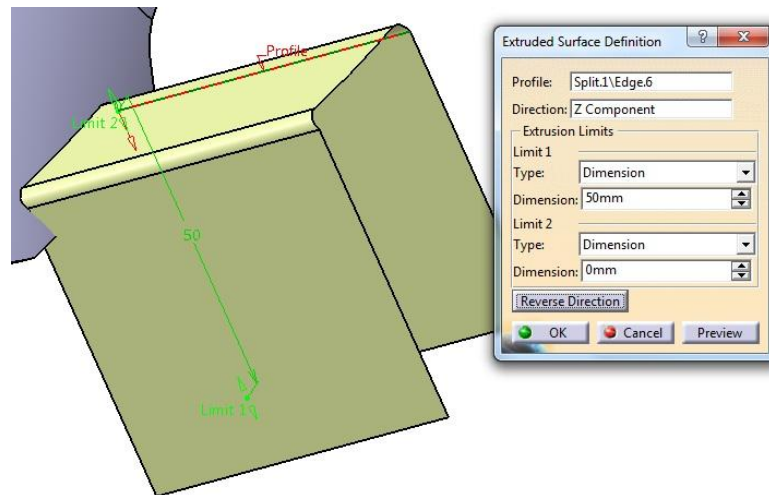


Obrázek 73 Vytvoření nové roviny



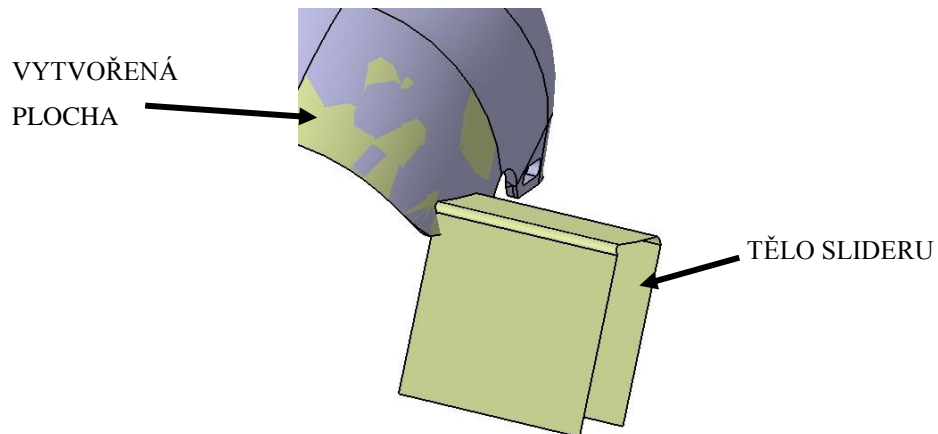
Obrázek 74 Oříznutí profilu příkazem Split

Následně se vysune profil směrem dolů a spojí tento vytažený profil s otvorem.

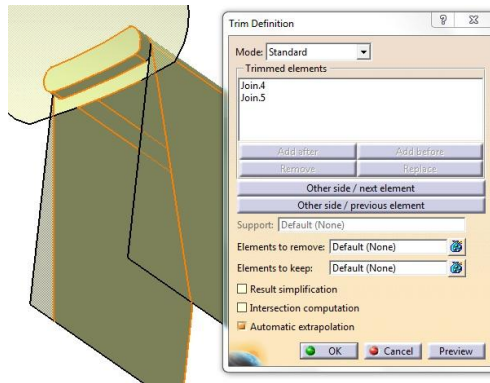


Obrázek 75 Vytažení profilu příkazem Extrude

Vytvoří se nová plocha, která se ořízne od těla slideru.

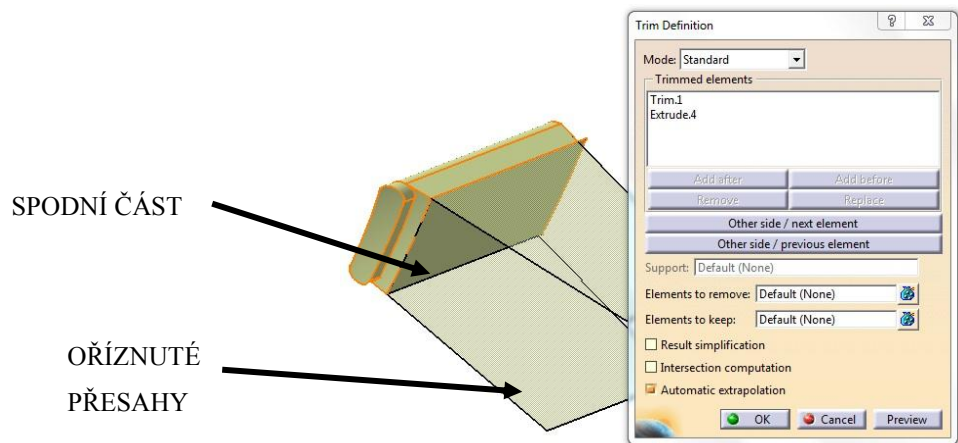


Obrázek 76 Nově vytvořená plocha příkazem Join



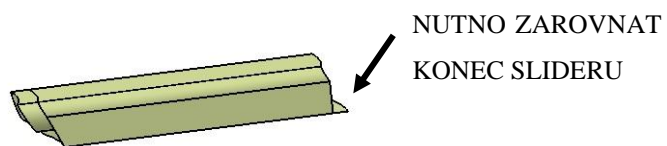
Obrázek 77 Oříznutí plochy příkazem Trim

Dalším krokem je vytvoření spodní části slideru, která je vytažena do strany. Od tohoto vytažení se odříznou přesahy.

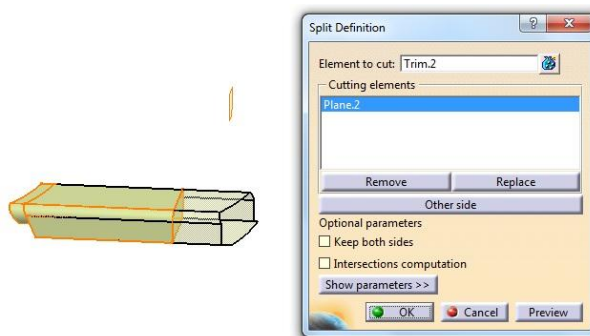


Obrázek 78 Oříznutí přesahů příkazem Trim

Konec slideru je nutné oříznout pomocí nově vytvořené roviny.

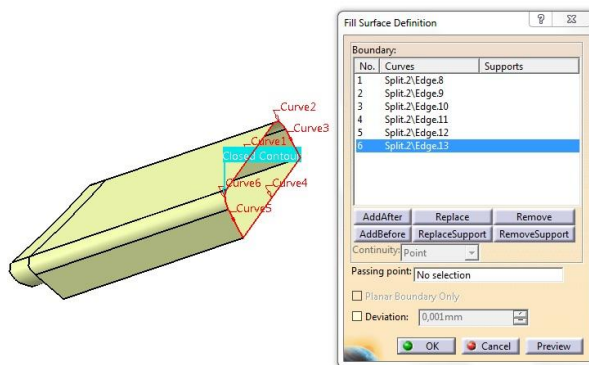


Obrázek 79 Tělo slideru tvořeno z ploch

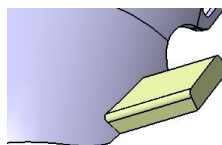


Obrázek 80 Oříznutí těla slideru příkazem Split

Zaplní se otvor a všechny plochy se spojí.

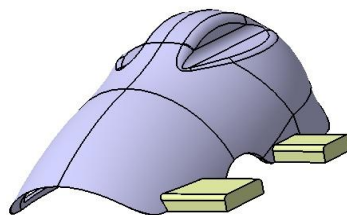


Obrázek 81 Vyplnění konce slideru příkazem Fill



Obrázek 82 Slider v plochách

Tento postup se opakuje i pro vytvoření druhé části slideru.



Obrázek 83 Slidery v plochách

Dále se převedou slidery na objem a vytvoří se finální verze slideru.



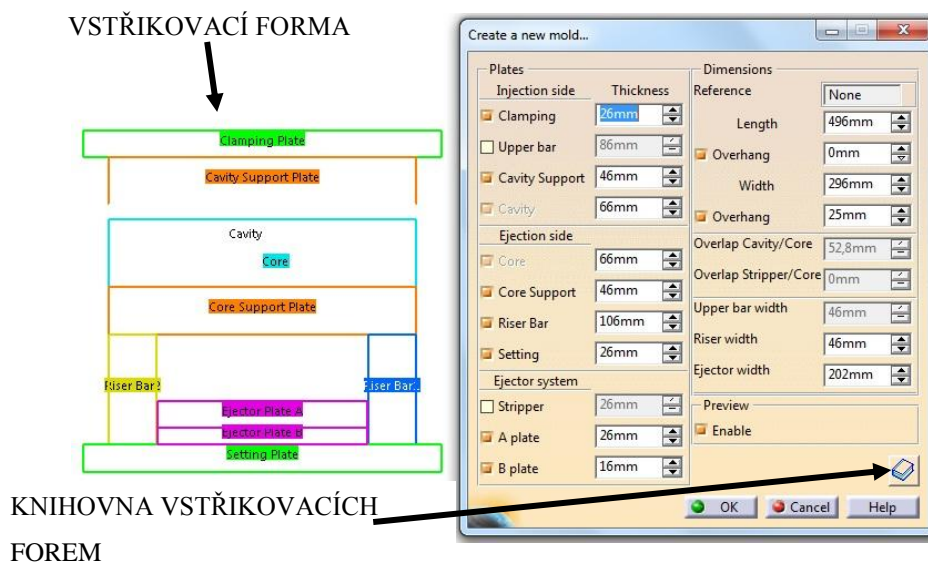
Obrázek 84 Slidery v objem



Obrázek 85 Slider

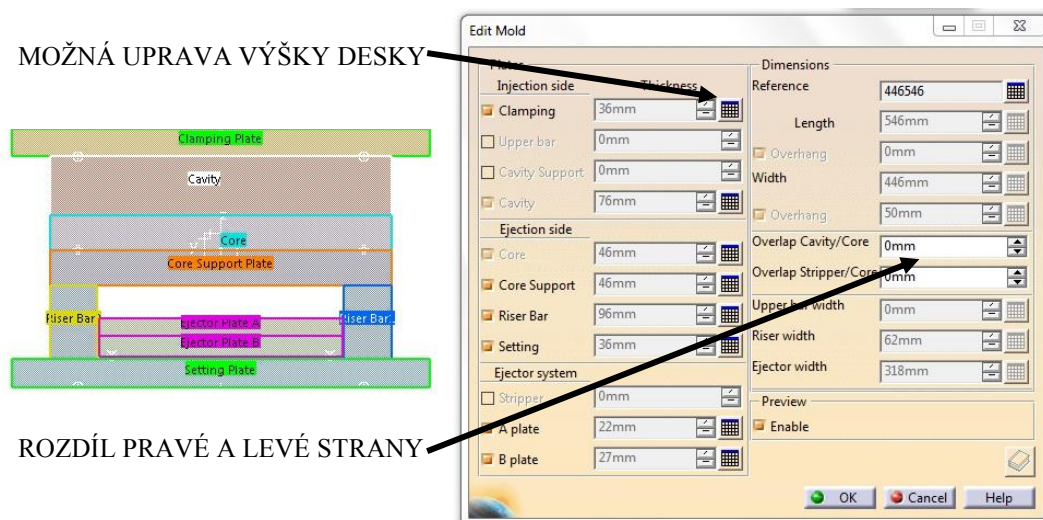
## 8.2 Vložení vstřikovací formy

Vložení vstřikovací formy v softwaru CATIAV5 se provádí v modulu Mold Tooling Design. Pro vytvoření desek vstřikovací formy je třeba kliknout na *Create a new mold*. Poté se objeví tabulka, do které se mohou buď zadat rozměry nebo je možno si vybrat z již předem vytvořených desek, které jsou vloženy v knihovně.



Obrázek 86 Vložení vstřikovací formy

V knihovně se postupuje následovně. Vybere se firma, která vytváří desky, poté se zvolí typ vstřikovací formy a následně její rozměry. Po vybrání formy se objeví požadovaná forma, kde lze ještě upravit výšku desek a polohu pravé strany vůči levé straně.



Obrázek 87 Vložení vstřikovací formy

Po potvrzení se zobrazí vstřikovací forma, která je již rozdělena na pravou stranu, levou stranu a vyhazovací systém.



### 8.3 Vkládání konstrukčních prvků do vstřikovací formy

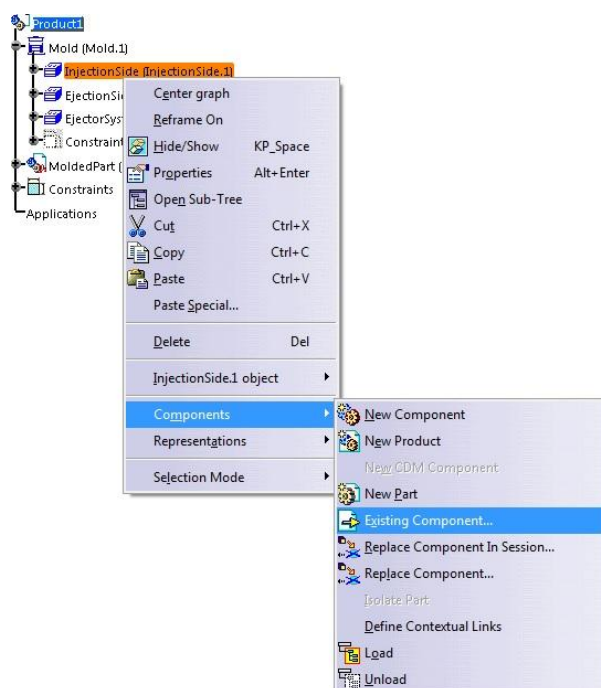
Vkládání konstrukčních prvků nebo vytvořených součástí lze vložit do vstřikovací formy několika způsoby. Těmito způsoby jsou:

- vložení vytvořené součásti přes Existing Components;
- vložení pomocí nástrojů v modulu Mold Tooling Design;
- vložení pomocí softwaru HASCO DAKO.

#### 8.3.1 Vložení vytvořené součásti přes Existing components

Vytvořenými součástmi se rozumí díly, které již jsou vymodelovány např. jde o tvarové vložky či slidery.

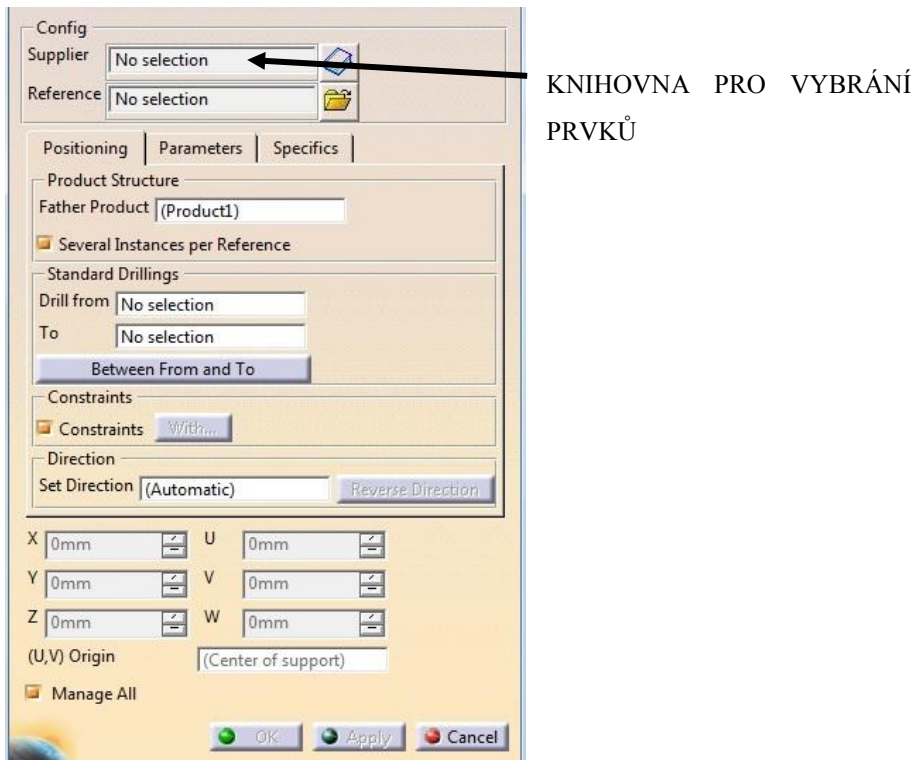
Tvarová vložka tvárnice se vloží tak, že pravým tlačítkem na myši se klikne na Injection Side → Components → Existing Component, zde je nutné vybrat tvarovou vložku, která se poté vloží do Injection Side vstřikovací formy.



Obrázek 88 Vkládání vytvořené součásti pomocí Existing Component

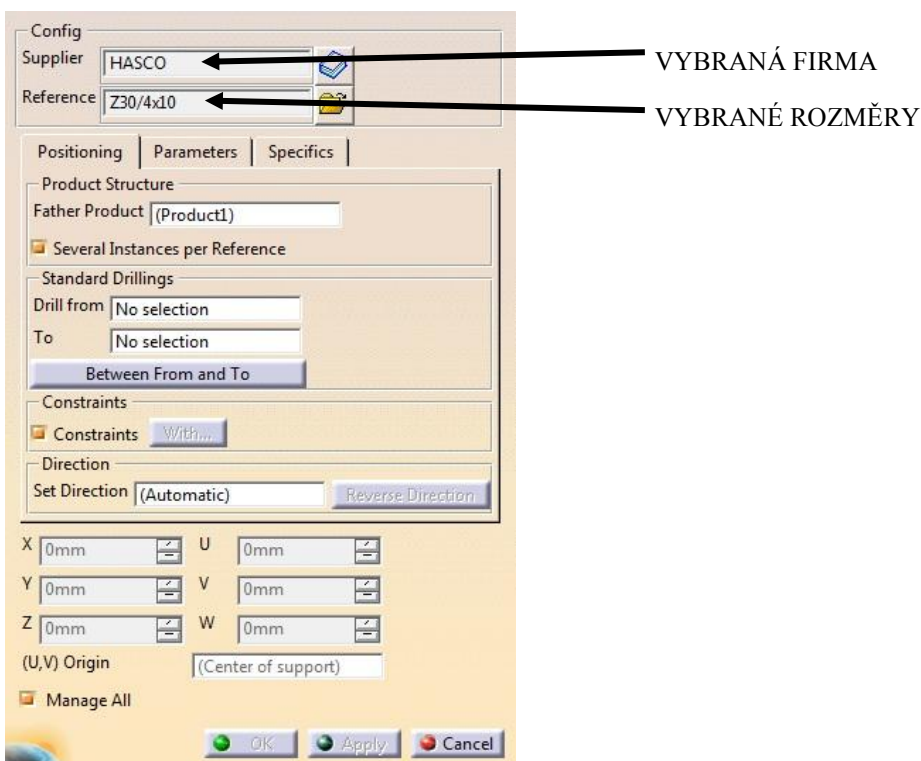
#### 8.3.2 Vložení pomocí nástrojů v modulu Mold Tooling Design

Konstrukční prvky se vkládají do vstřikovací formy s využitím nástrojů. Po spuštění nástroje se otevře tabulka, ve které je nutno vybrat od jaké firmy je daný prvek, poté se zvolí typ a rozměr.



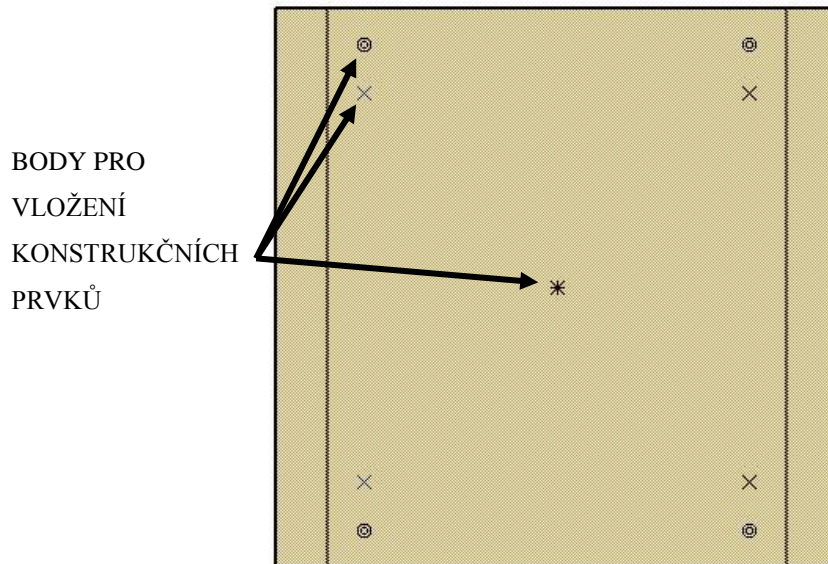
Obrázek 89 Tabulka pro vkládání konstrukčních prvků

Ve chvíli, kdy je prvek vybrán, objeví se v tabulce od jaké firmy a s jakými rozměry je konstrukční prvek vybrán.

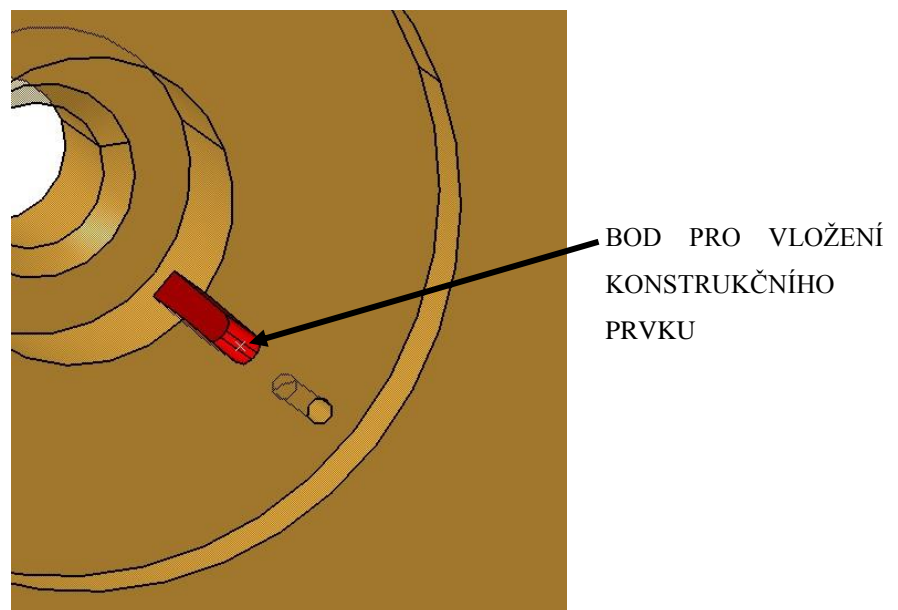


Obrázek 90 Tabulka pro vkládání konstrukčních prvků

Dále je nutné konstrukční prvek vložit do vstříkovací formy. Toto vkládání se provádí přes vytvořené body, které již jsou vytvořeny v deskách, případně je nutno tyto body vytvořit v Part Body dané desky.

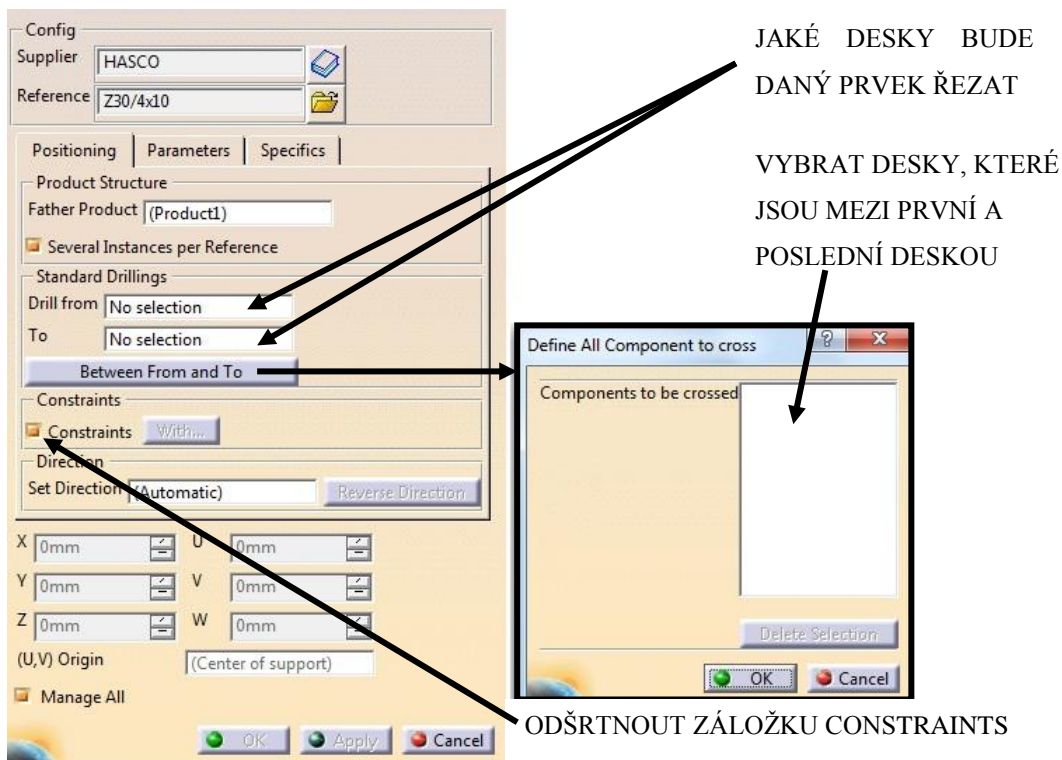


Obrázek 91 Body, které již jsou vytvořeny v deskách



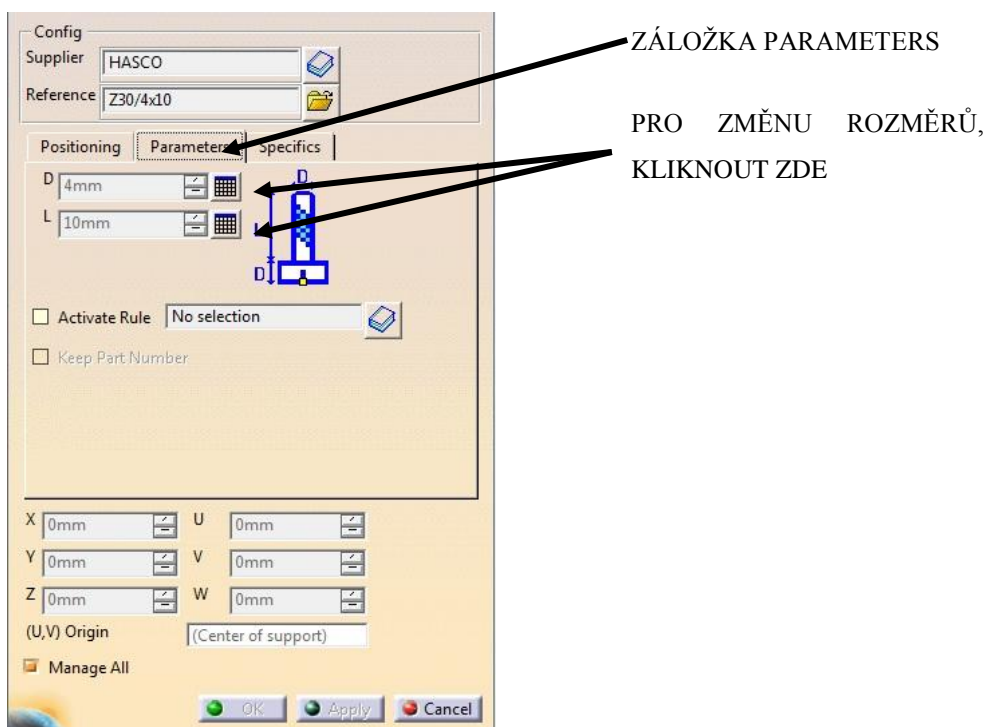
Obrázek 92 Vytvořený bod v Part Body desky

Poté co jsou konstrukční prvky vloženy, je třeba vyplnit záložku *Standard Drillings*. Pokud konstrukční prvek prochází přes více jak dvě desky, je třeba využít záložky *Between From and To*, do které se vyberou dané desky. Dále je potřeba odškrtnout záložku *Constraints*, jelikož software by bez tohoto kroku vložil vlastní vazby, které mohou v průběhu práce dělat problémy. Z uvedeného důvodu je tudíž vhodnější tyto prvky zavazbit manuálně.



Obrázek 93 Vyplnění tabulky pro vložení konstrukčního prvku

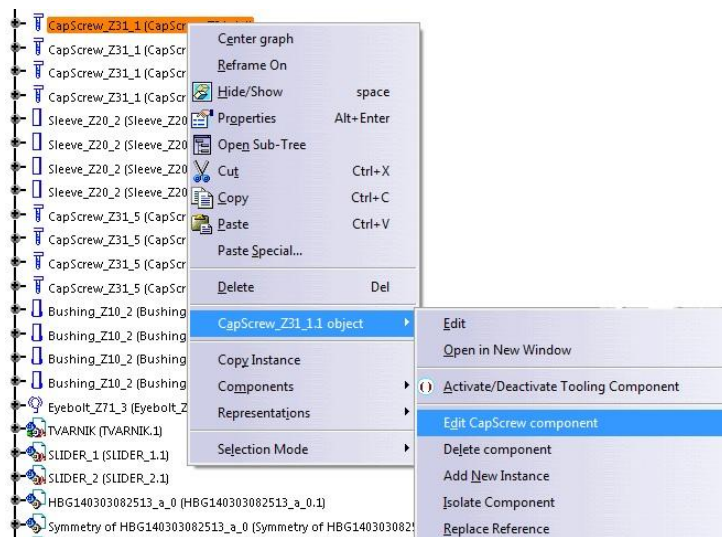
Pokud rozměry daného konstrukčního prvku nevyhovují a je nutné je změnit, úprava tohoto rozměru se provede v záložce Parameters, kde se vyberou jiné rozměry daného prvku.



Obrázek 94 Změna rozměrů konstrukčního prvku

Dále je třeba výběr potvrdit a konstrukční prvky ve vstřikovací formě zavazbit.

V průběhu práce je možné ještě upravit nebo změnit konstrukční prvky. Pro změnu nebo úpravu konstrukčního prvku je nutno se přepnout do modulu Mold Tooling Design a na daný konstrukční prvek, který má být změněn, kliknout pravým tlačítkem na myši a poté postupovat dle obrázku. Po kliknutí na Edit component se zobrazí tabulka viz. obrázek 93.

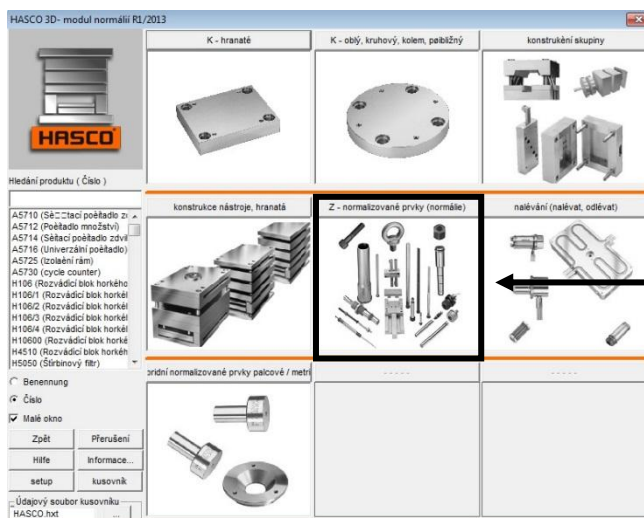


Obrázek 95 Změna nebo úprava konstrukčního prvku

### 8.3.3 Vložení pomocí softwaru HASCO DAKO

Pomocí softwaru HASCO DAKO se vkládají prvky, které se v nástrojích v modulu Mold Tooling Design nenachází. Jsou to např. čelisti, zámky, kluzné desky.

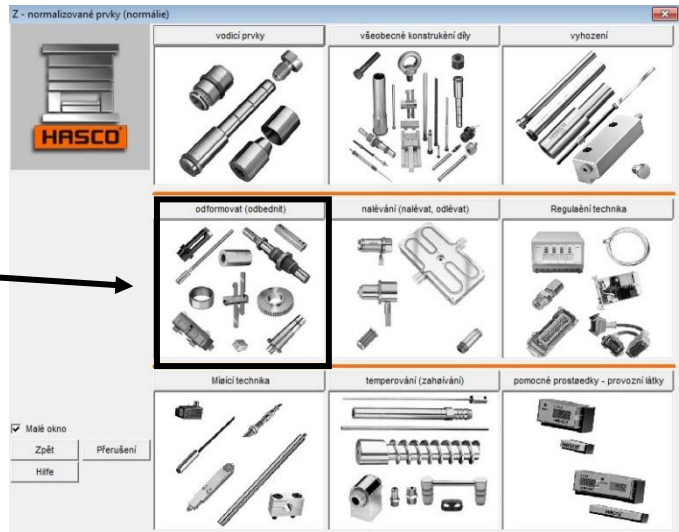
V softwaru HASCO DAKO je však třeba se nejprve „proklikat“ na požadovaný konstrukční prvek.



VÝBĚR  
NORMALIZOVANÝCH  
PRVKŮ

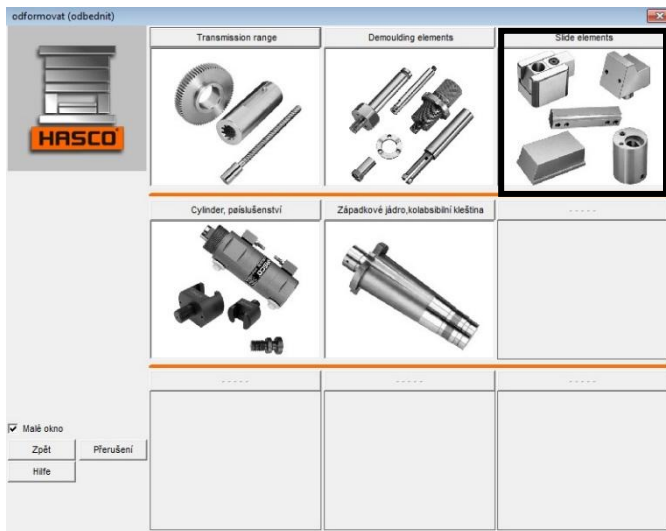
Obrázek 96 Hlavní obrazovka HASCO DAKO

VÝBĚR SKUPINY  
ODFORMOVAT



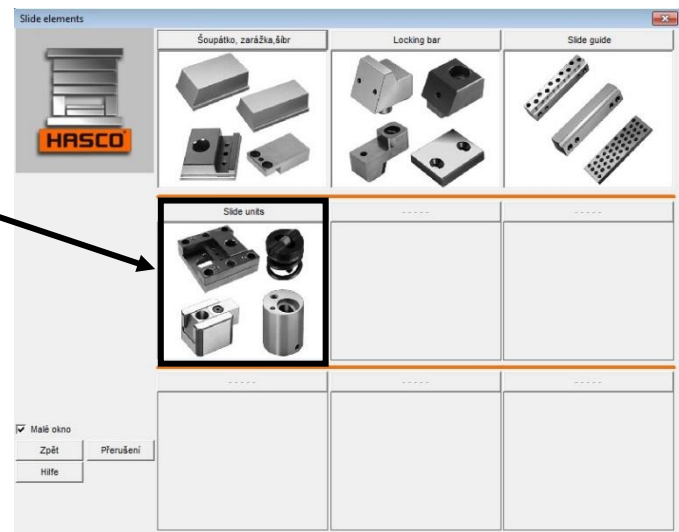
Obrázek 97 Obrazovka normalizovaných prvků

VÝBĚR SKUPINY SIDE  
ELEMENTS

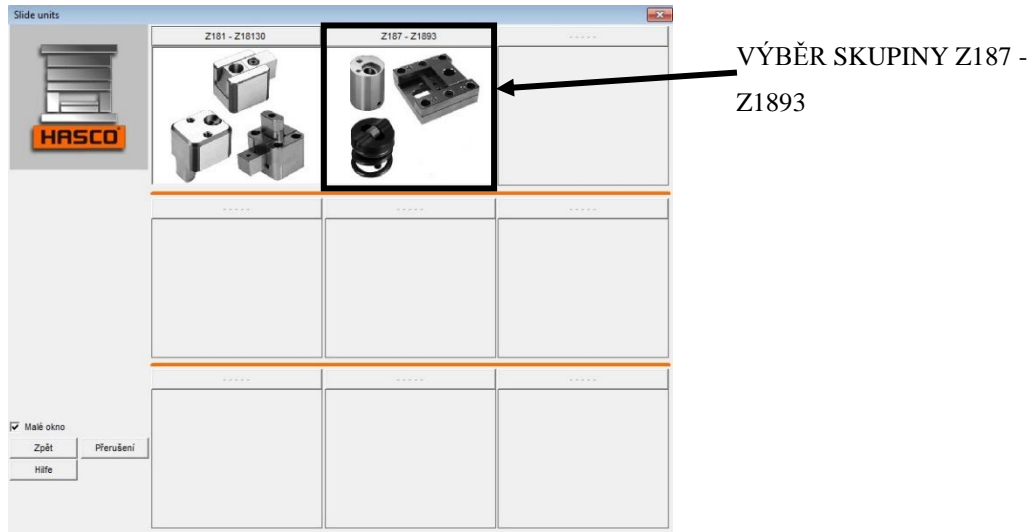


Obrázek 98 Obrazovka skupiny odformovat

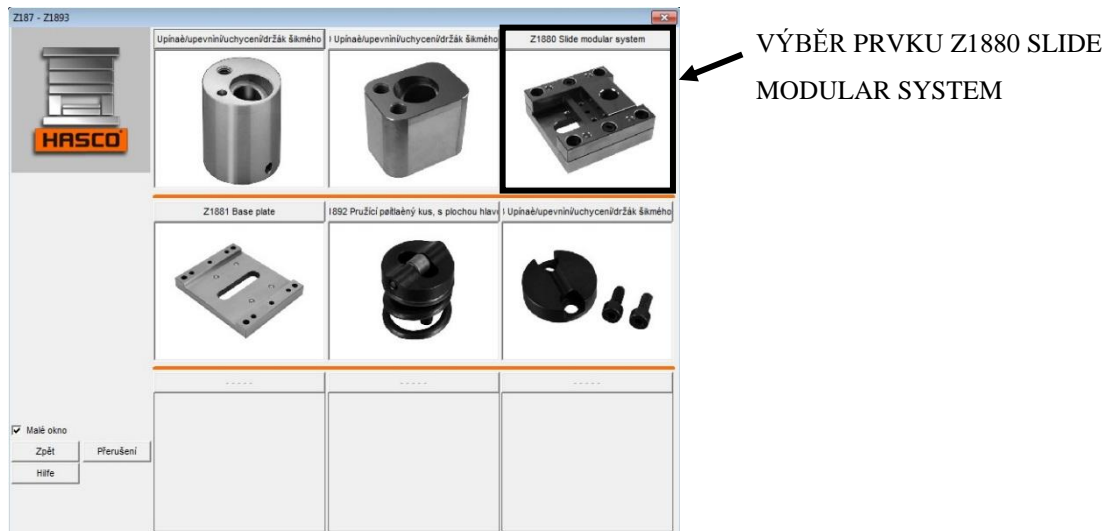
VÝBĚR SKUPINY SIDE  
UNITS



Obrázek 99 Obrazovka skupiny Side elements



Obrázek 100 Obrazovka skupiny Side units

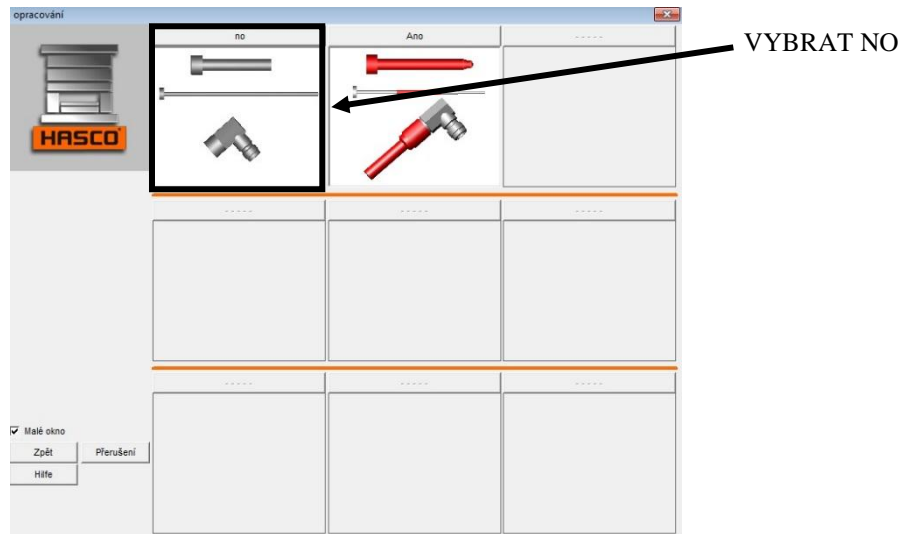


Obrázek 101 Obrazovka skupiny Z187 – Z1893

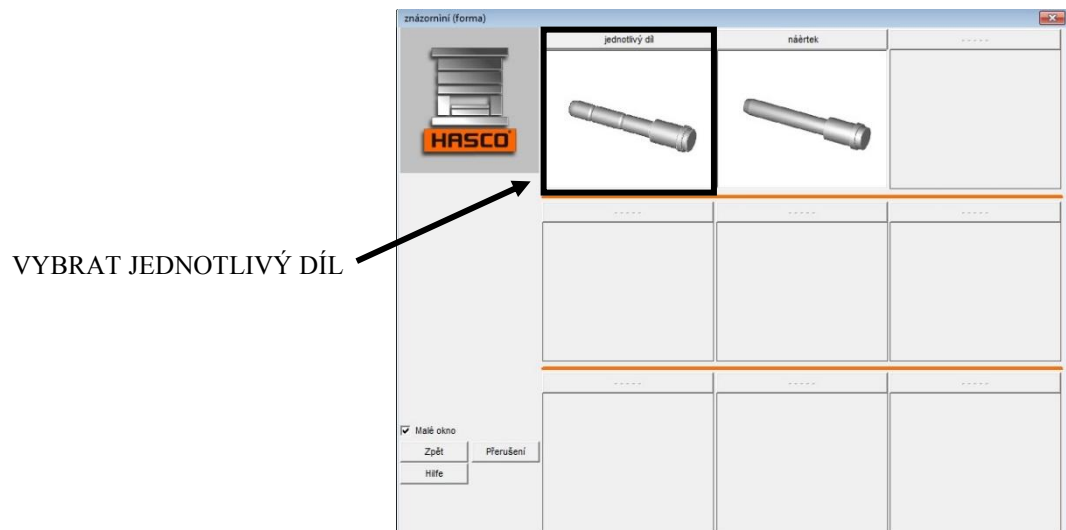
VYBRAT DVOJKLÍKEM TYP ČELISTÍ

Číslo	EURO [EUR]	h1 [mm]	b1 [mm]	f1 [mm]	b2 [mm]	b3 [mm]	b4 [mm]	b5 [mm]	b6 [mm]	h2 [mm]	h'
1	Z1880/12x25x 71	382,21	12	25	71	15	57	44	14	22	20
2	Z1880/12x40x 71	389,16	12	40	71	20	72	59	14	30	20
3	Z1880/12x63x 71	402,75	12	63	71	30	95	82	16	50	20
4	Z1880/16x25x 71	385,87	16	25	71	15	57	44	14	22	24
5	Z1880/16x40x 71	393,29	16	40	71	20	72	59	14	30	24
6	Z1880/16x63x 71	406,82	16	63	71	30	95	82	16	50	24
7	Z1880/20x40x100	439,47	20	40	100	20	80	64	16	30	30
8	Z1880/20x63x100	463,89	20	63	100	30	103	87	16	50	30

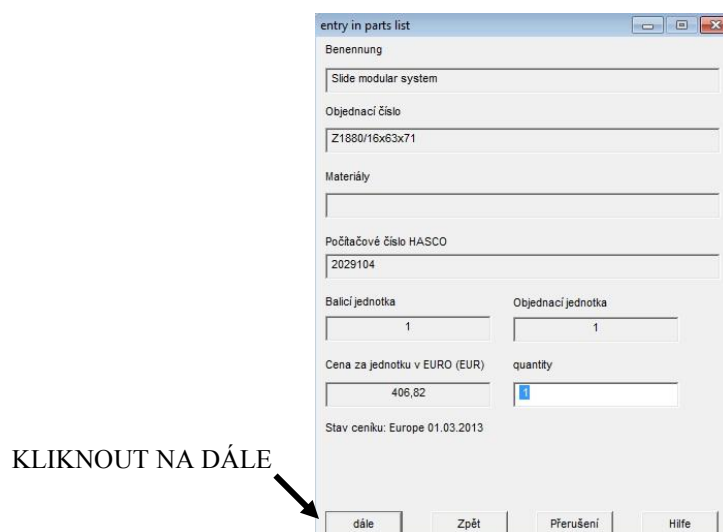
Obrázek 102 Obrazovka prvku Z1880 Slide modular system



Obrázek 103 Obrázovka opracování



Obrázek 104 Obrázovka znázornění

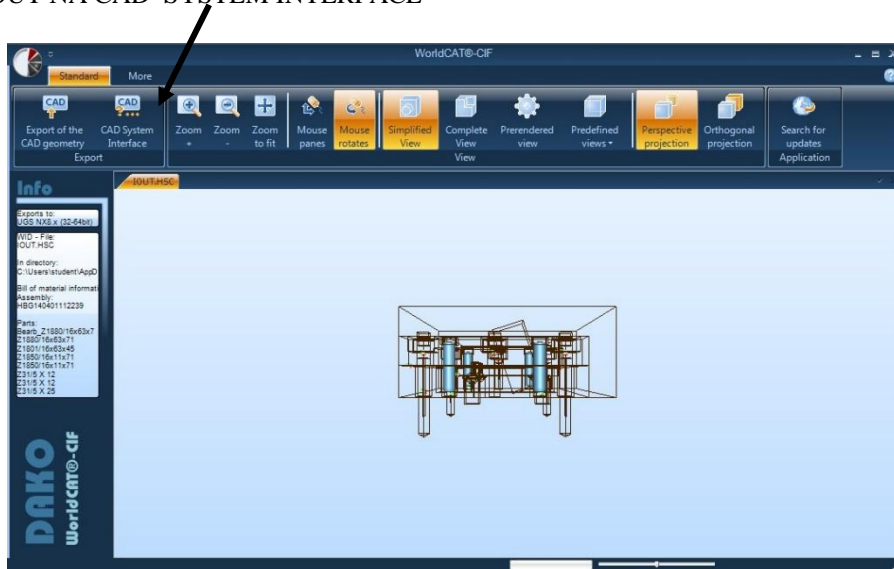


Obrázek 105 Shrnutí vybraného prvku



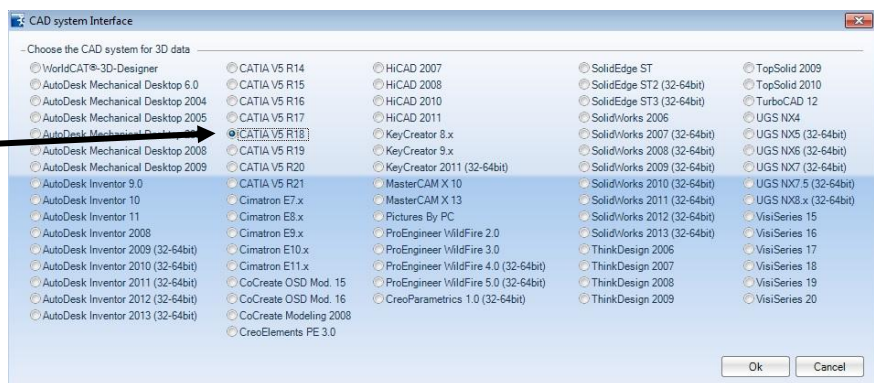
Nyní se objeví okno WorldCAT – CIF, zde je nutné kliknout na *CAD System Interface* a vybrat CATIA V5 R18. Po nastavení kliknout na *Export of the CAD geometry*.

KLIKNOUT NA CAD SYSTEM INTERFACE



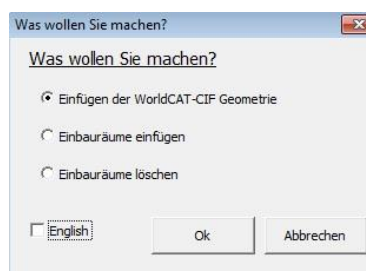
Obrázek 106 Okno WorldCAT - CIF

VYBRAT SOFTWARE



Obrázek 107 Vybrat software

V dalším kroku je nutné dvakrát kliknout na *Product*, poté kliknout na část, kde má být prvek vložen. Dále kliknout na importovací nástroj, kdy se objeví okno, které se ptá co má s daným importovaným prvkem dělat. Zde je nutné vybrat první možnost a potvrdit. Konstrukční prvek se vloží.



Obrázek 108 Co importovaným prvek dělat

## 8.4 Shrnutí práce v softwaru CATIA V5

V úvodu kapitoly, která se věnuje práci v softwaru CATIA V5, je popsána tvorba dutiny vstříkovací formy. Tuto dutinu lze vytvořit vícero způsoby, což je výhoda programu, jelikož si uživatel může vybrat schůdnější cestu k vytvoření tvarové dutiny vstříkovací formy.

V další části práce je znázorněno vložení desek vstříkovací formy. Program umožňuje vybrat desky vstříkovací formy buď z knihovny nebo je možno si tyto rozměry desek zvolit individuálně. Dále je v kapitole popsáno vkládání konstrukčních prvků. V rámci softwaru je možno vložit konstrukční prvky přes Existing Component, dále také nástrojem v modulu Mold Tooling Design či softwarem HASCO DAKO

Vytvoření pravé strany, levé strany a vyhazovacího systému je uvedeno v příloze P I.

## 9 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY V SOLID EDGE

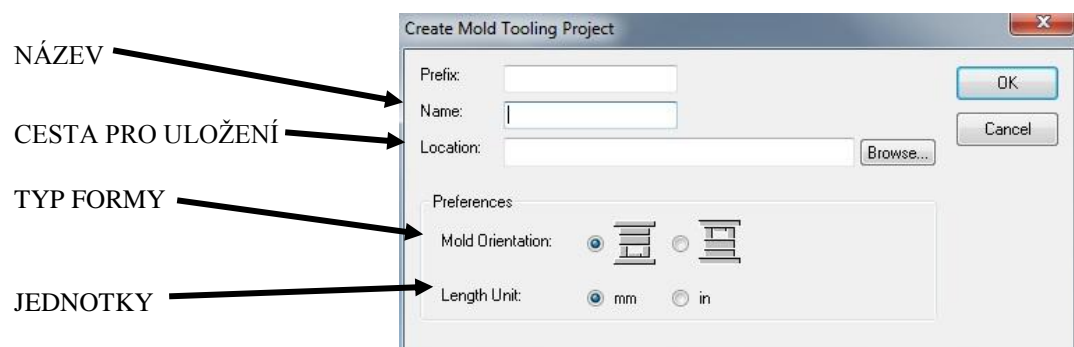
Pro konstrukci vstřikovací formy je využit software SOLID EDGE ST5. Konstrukce této vstřikovací formy je rozdělena do několika částí:

- tvorba tvarové dutiny vstřikovací formy;
- vložení vstřikovací formy;
- vkládání konstrukčních prvků do vstřikovací formy;
- shrnutí práce.

### 9.1 Tvorba tvarové dutiny vstřikovací formy

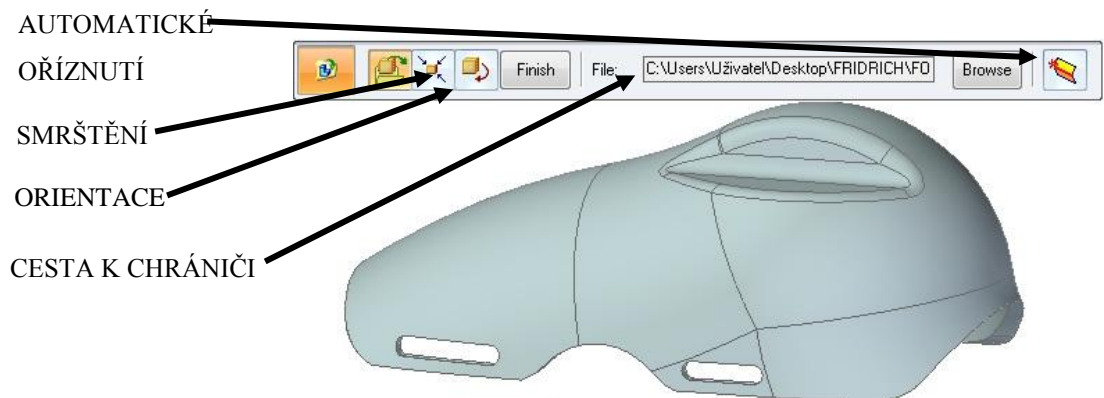
Tvarové dutiny lze v softwaru SOLID EDGE ST5 vytvořit v prostředí Assembly v záložce záložce Mold Tooling.

Primárně je nutno založit nový Project ve kterém se vyplní název, vybere cesta uložení, typ formy a jednotky.



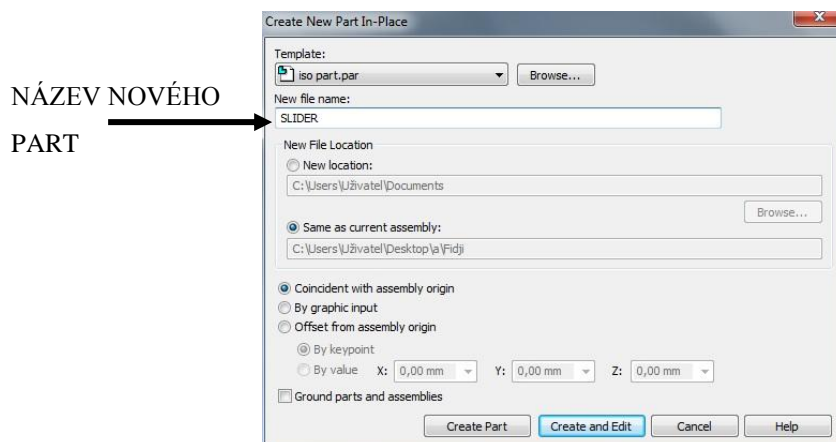
Obrázek 109 Vytvoření nového Project

Dále se importuje chránič přes nástroj *Select Part*. V této části se nastaví smrštění výrobku a orientace ploch. V dalším kroku je možno chránič automaticky oříznout, aby došlo k odformování. Toto oříznutí si software určí sám.



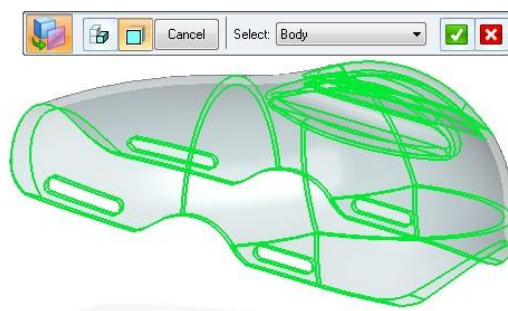
Obrázek 110 Vložení chrániče

Následně je nutné vytvořit Slidery, které se vytváří v partu chrániče příkazem *Create Part – In Place*. Objeví se tabulka, kde je nutno zadat jméno nového Part.



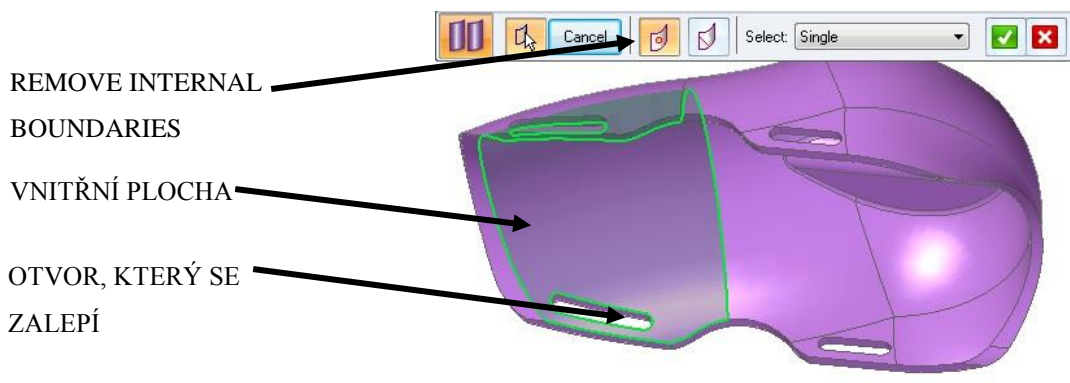
Obrázek 111 Vytvoření nového Part pro slidery

Chránič je třeba převést do ploch. To se provede příkazem *Inter – Part Copy*, který se nachází v záložce Home v panelu Clipboard. Kliknutím na chránič se vybere z nabídky Body a opět se klikne na chránič.



Obrázek 112 Vytvoření plošného chrániče

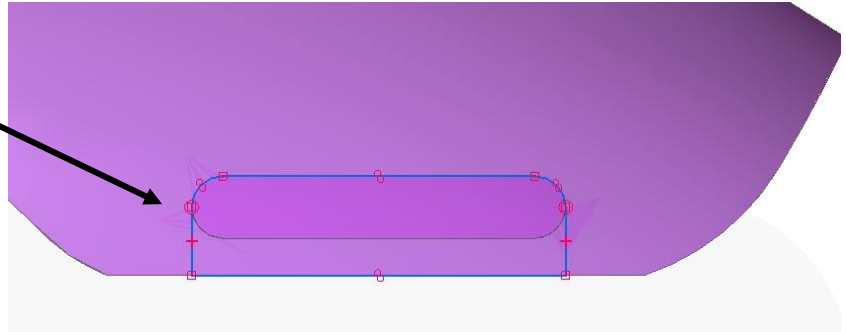
Dále je nutno vnitřní plochy, které tvoří otvor, kopírovat příkazem *Copy* v záložce Surfacing v panelu Surface. Při tomto příkazu je možné, pokud jsou na kopírované ploše otvory, využít příkaz *Remove Internal Boundaries*, který díry zalepí.



Obrázek 113 Vytvoření vnitřní plochy

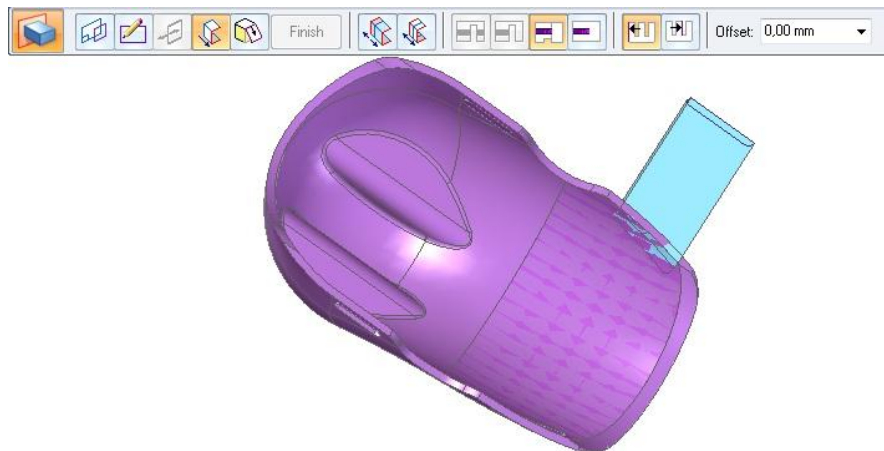
Dále je nutno vytvořit tělo Slideru příkazem *Extrude* který se nachází v záložce Home v panelu Solids. Po kliknutí na příkaz *Extrude* vybrat možnost *Parallel Plane*. Poté kliknutím na danou rovinu zadat hodnotu a směr, kde bude Sketch kreslena.

VYTVOŘENA  
SKETCH  
POMOCÍ  
PROMÍTNUTÍ  
HRAN

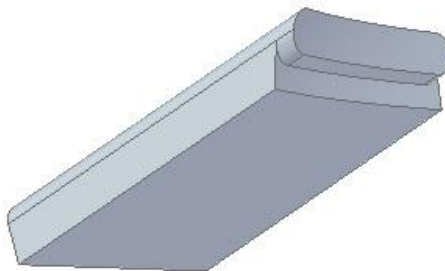


Obrázek 114 Vytvoření těla Slideru

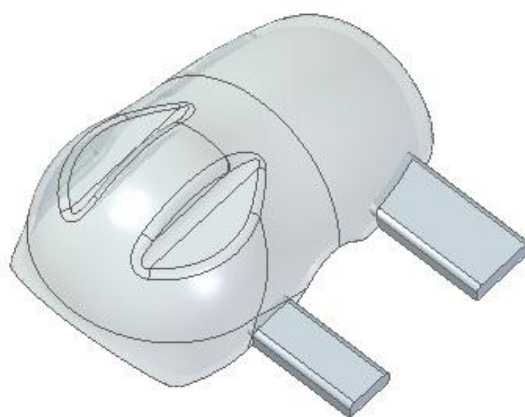
Tuto Sketch je třeba vytáhnout po vytvořenou vnitřní plochu. Dále je potřeba takto vytažené tělo odebrat od plošného chrániče příkazem *Boolean*, aby vznikl na těle Slideru požadovaný tvar pro otvor. Stejný postup se praktikuje i pro druhou část Slideru. Následně je nutné vytvořit druhý Slider stejným postupem.



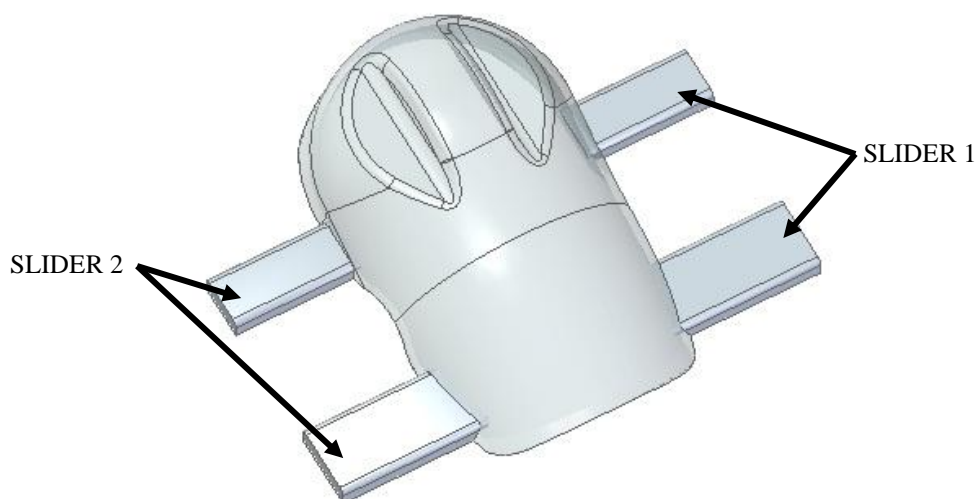
Obrázek 115 Vytažení těla Slideru



Obrázek 116 Vytvořené tělo Slideru

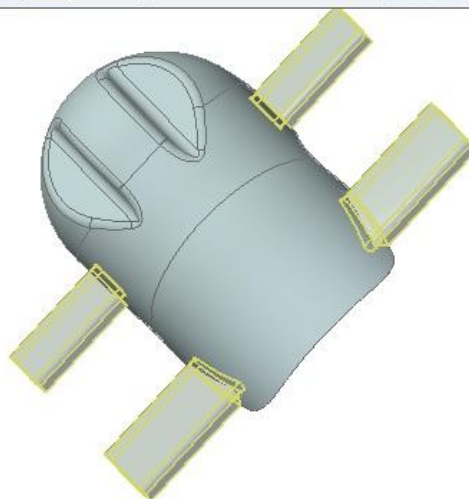


Obrázek 117 Vytvoření druhé části Slideru



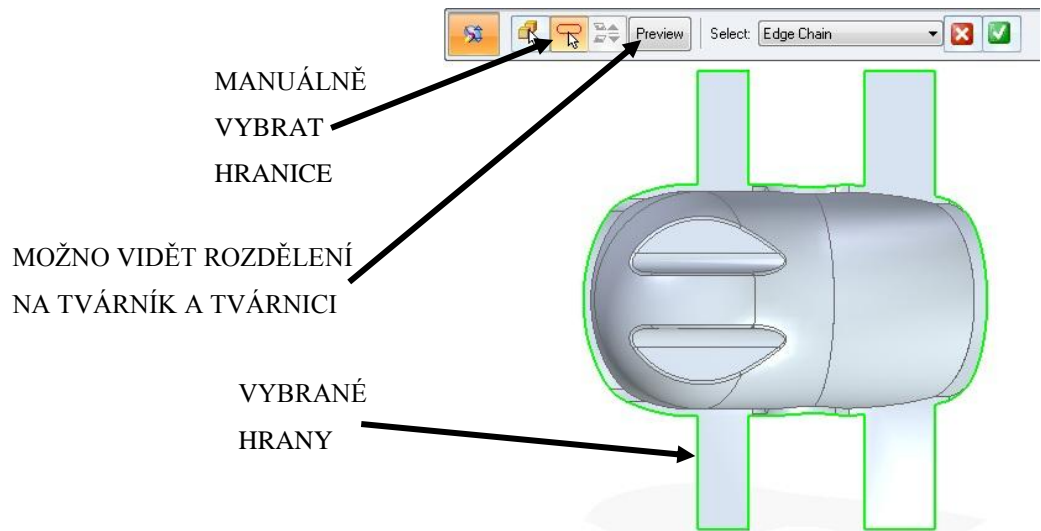
Obrázek 118 Vytvořené Slidery

V záložce Mold Tooling je nyní třeba spustit nástroj *Slides* a vybrat oba Slidery.



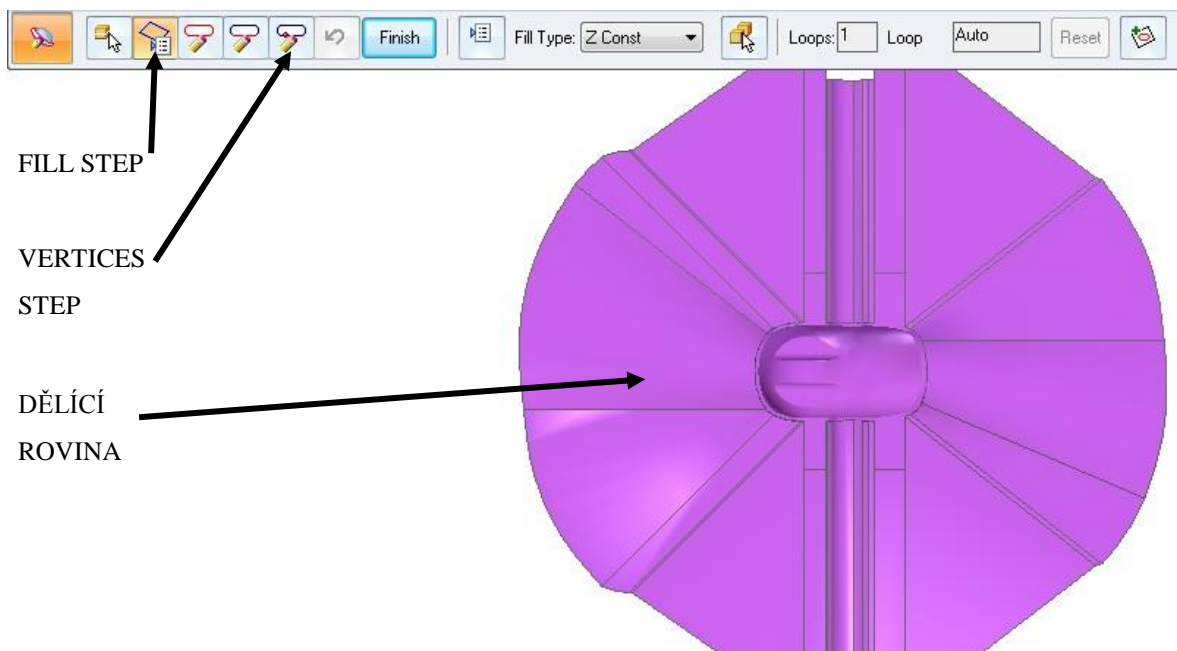
Obrázek 119 Nástroj Slides

Poté spustit nástroj *Parting Line* pro vytvoření hlavní dělicí roviny a rozdělení chrániče na tvárník a tvárnici. Po spuštění nástroje se nejprve klikne na chránič, poté se výběr potvrdí a manuálně se vybere Parting line klikáním na hrany. Následným kliknutím na Preview je možno vidět rozdělení chrániče na tvárník a tvárnici.

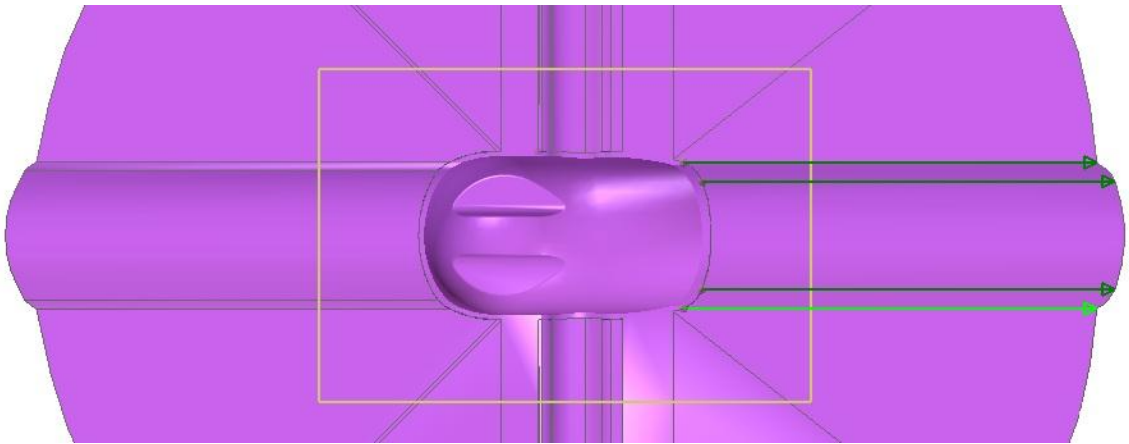


Obrázek 120 Nástroj Parting Line

Dále se vytvoří dělicí plochy, které se vytvoří nástrojem *Parting Surface*. Po spuštění uvedeného nástroje je třeba kliknout na chránič s následným potvrzením a kliknutím na *Fill Step* a poté ještě na Preview, kdy se zobrazí dělicí rovina, která se musí upravit přes nástroj *Vertices Step*.

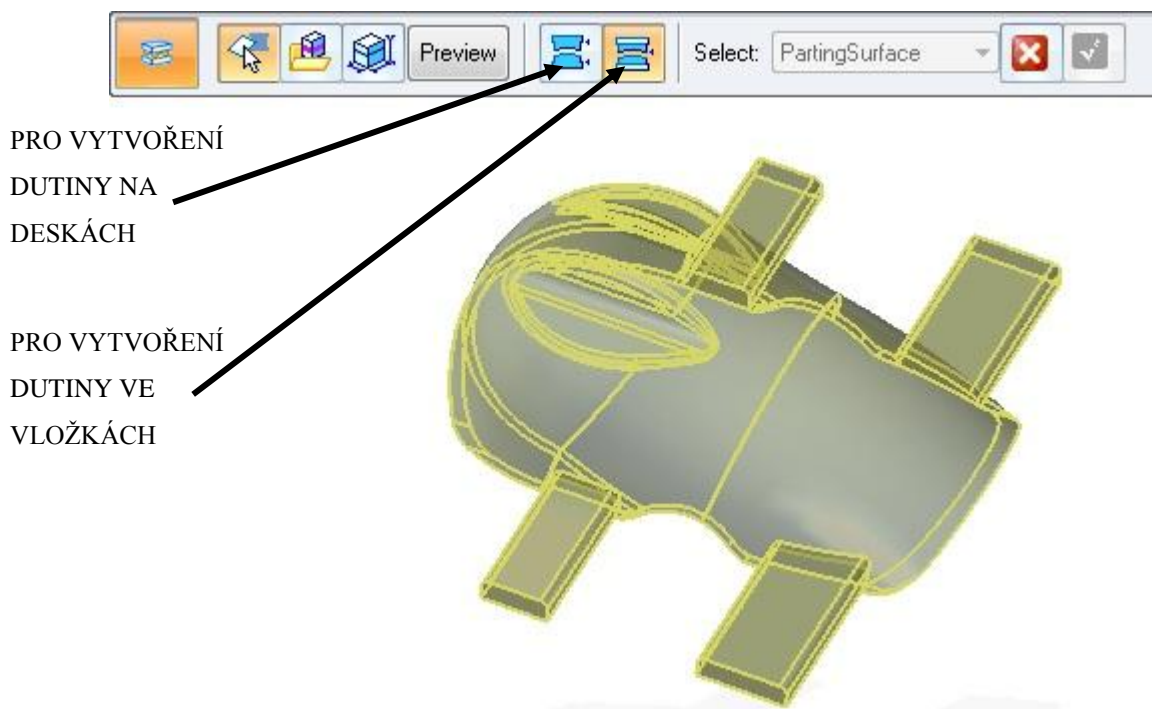


Obrázek 121 Nástroj Parting Surface



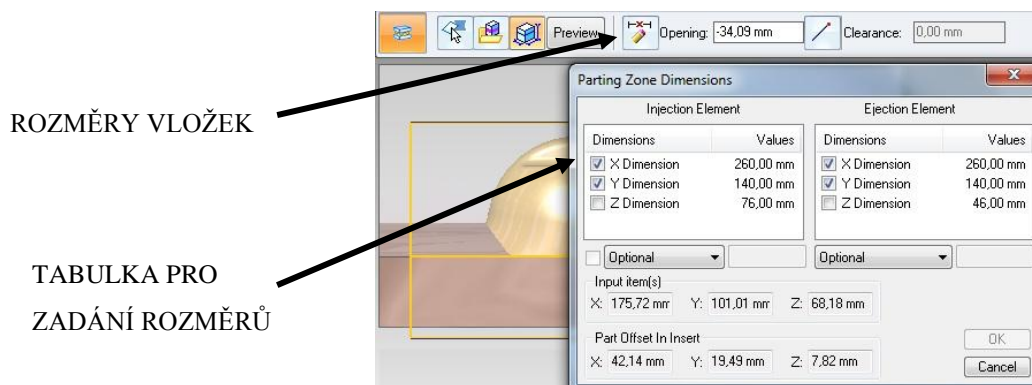
Obrázek 122 Úprava dělicí roviny

Po úpravě dělicí roviny následuje vytvoření tvárníku a tvárnice pomocí nástroje *Parting Zone*. Po spuštění nástroje je nutné kliknout na chránič a tento výběr potvrdit. Následuje výběr, zda bude dutina tvořena vložkami nebo bude vytvořena přímo v tvarových deskách. Vybírá se tvar vložky tvárníku a tvárnice. Na výběr je ze dvou možností a to buď z obdélníku nebo kruhu. V poslední záložce se zadají rozměry vložek. Po zadání je nutné kliknutí na Preview a poté na Finish. Tvarové vložky jsou poté vytvořeny.

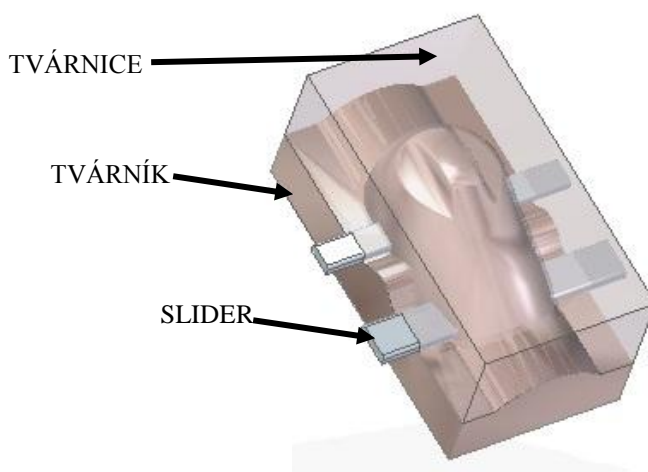


Obrázek 123 Vytvoření dutiny vstřikovací formy



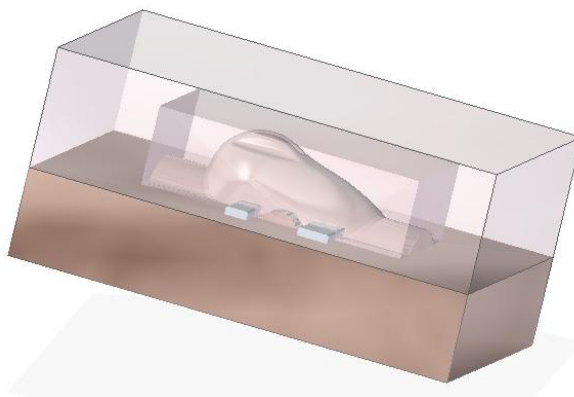


24 Zadání rozměrů tvarových vložek



Obrázek 125 Dutina vstřikovací formy

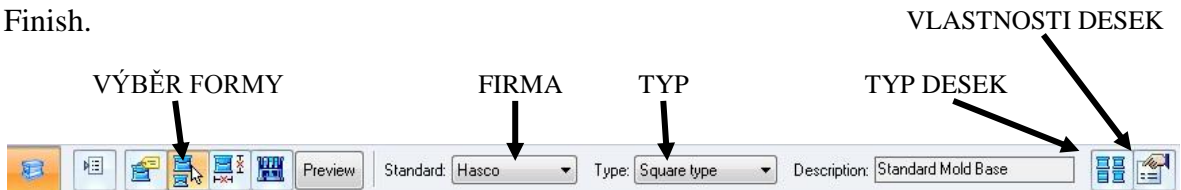
Posledním krokem při vytváření tvarové dutiny vstřikovací formy je vložit tvarové desky, které se vkládají obdobným způsobem. Po spuštění nástroje *Parting Zone* je nutné kliknout na tvarovou vložku a kliknutí potvrdit. Dále už jen stačí kliknout na Preview a desky se zobrazí. V případě, že je vše v pořádku, můžeme kliknout na Finish. Pak už stačí jen tvárník, tvárnici a slider upravit do konečné podoby tzn. vytvořit osazení, temperace atd. Tvarová dutina vstřikovací formy je hotová.



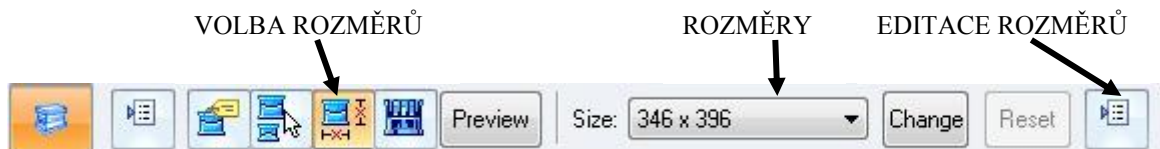
Obrázek 126 Dutina vstřikovací formy s deskami

## 9.2 Vložení vstříkovací formy

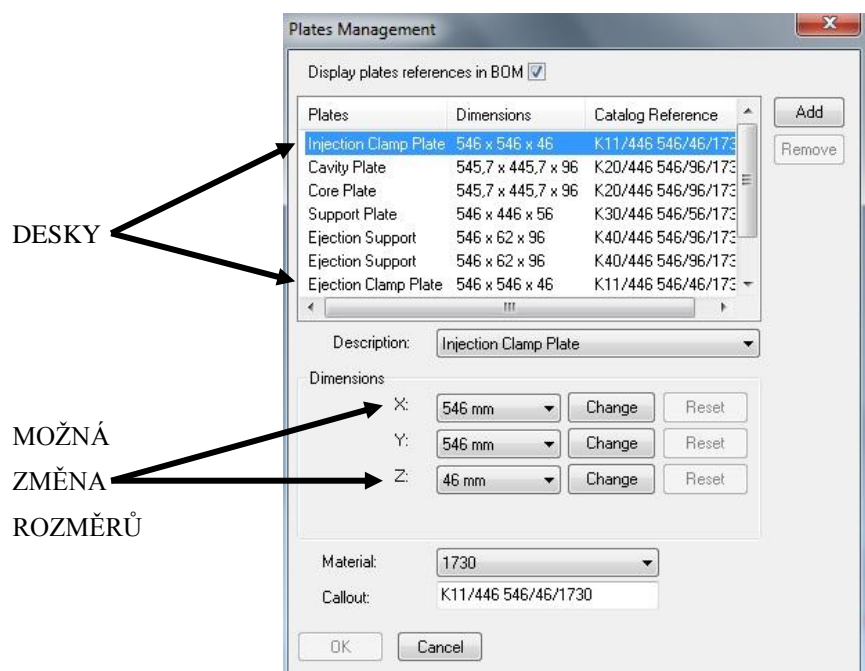
Vložení vstříkovací formy v softwaru SOLID EDGE ST5 se provádí v modulu Mold Tooling. Pro vytvoření desek vstříkovací formy je třeba kliknout na nástroj *Mold Base*. Kliknutím na tento nástroj se objeví řádek, ve kterém se vybere nejprve firma od které je daná vstříkovací forma a poté se zvolí typ formy. Následuje výběr rozměrů formy a vložení konstrukčních prvků. Pro vložení vstříkovací formy je třeba v závěru kliknout na Preview a Finish.



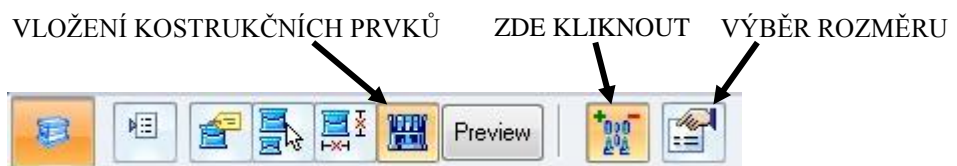
Obrázek 127 Výběr vstříkovací formy



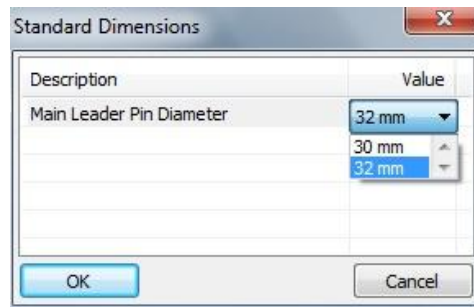
Obrázek 128 Volba rozměrů vstříkovací formy



Obrázek 129 Editace rozměrů vstříkovací formy

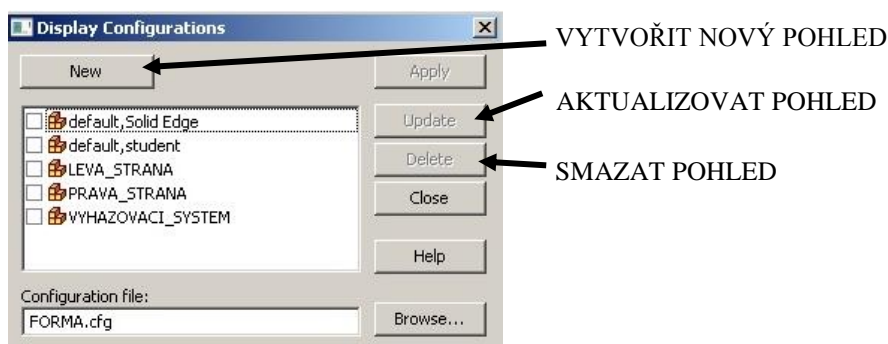


Obrázek 130 Vložení konstrukčních prvků



Obrázek 131 Výběr rozměru konstrukčních prvků

Po vložení vstřikovací formy je dobré si formu rozdělit na tři části v záložce Home v panelu Configurations. Prvky a desky, které jsou na pravé straně zobrazit a ostatní prvky zhasnout, poté uložit pohled pravé strany. Ukládá se obraz, který je v dané chvíli zobrazen, tudíž po vložení nového prvku je dobré obraz opět uložit. Je však také možno vše uložit až po vytvoření celé formy.



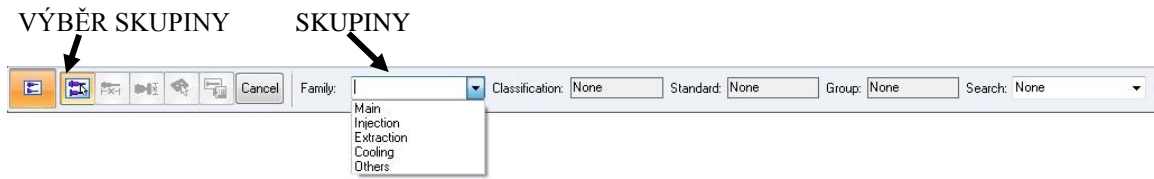
Obrázek 132 Vytvoření pohledů

### 9.3 Vkládání konstrukčních prvků do vstřikovací formy

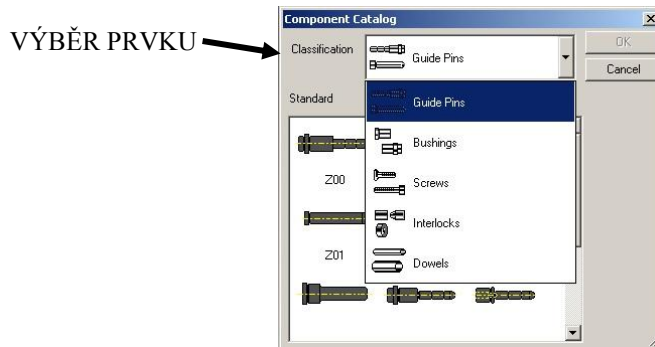
Vkládat konstrukční prvky lze pomocí nástrojů v modulu Mold Tooling. Vkládání pomocí softwaru HASCO DAKO nelze, protože software má nastaveno importování prvků pouze do SOLID EDGE ST3, je tudíž nutno potřebný prvek vymodelovat nebo převzít z jiného softwaru a nakopírovat ho do SOLID EDGE ST5

#### 9.3.1 Vložení konstrukčních prvků pomocí nástrojů v modulu Mold Tooling

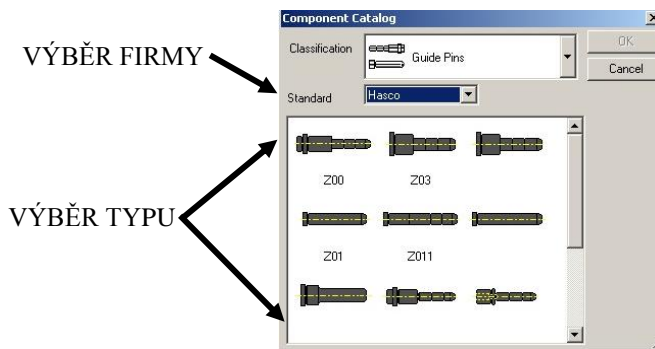
Konstrukční prvky se vkládají do vstřikovací formy pomocí nástroje *Place Mold Components*. Po kliknutí na tento nástroj se zobrazí řádek, kde je nutné první vybrat skupinu ve které je daný prvek. Po výběru se objeví tabulka, ve které se vybere prvek, firma a typ. Následně je nutno vybrat rozměr daného prvku. Na závěr stačí tento prvek umístit ve formě a potvrdit kliknutím na Finish. Pro umístění prvku ve formě slouží Sketch. Tuto Sketch je možno vytvořit na kterékoliv desce. Jako vkládací prvek se používá kružnice.



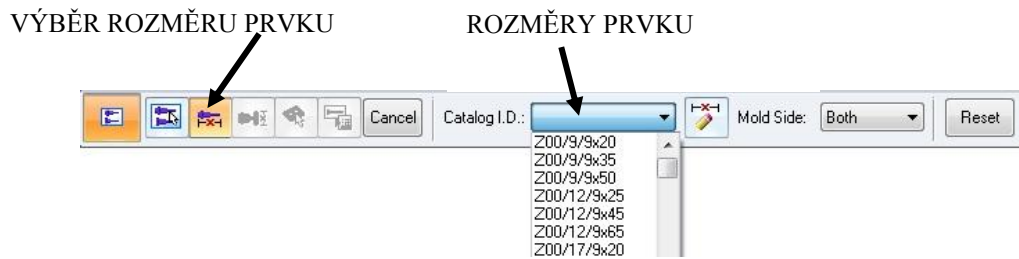
Obrázek 133 Výběr skupiny



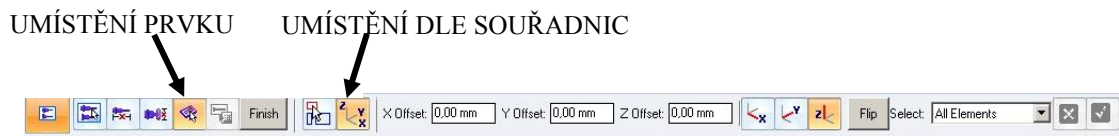
Obrázek 134 Výběr prvku



Obrázek 135 Výběr firmy a typu



Obrázek 136 Výběr rozměru prvku

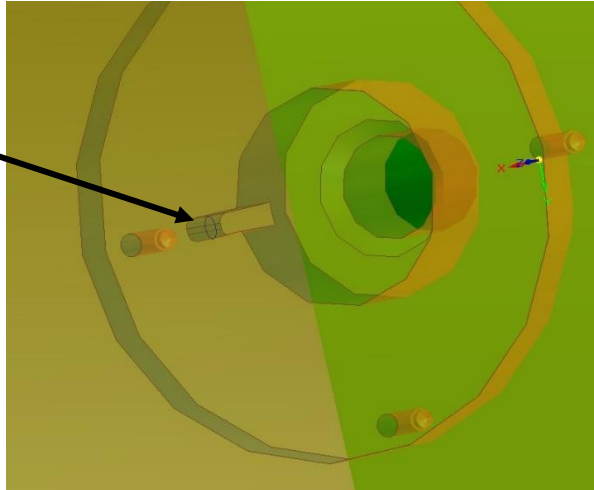


Obrázek 137 Umístění prvku dle souřadnic



Obrázek 138 Umístění prvku dle Sketch

SKETCH PRO  
VLOŽENÍ PRVKU



Obrázek 139 Vytvořená Sketch pro vložení prvku

#### 9.4 Shrnutí práce v softwaru SOLID EDGE ST5

V úvodu této kapitoly je popsána tvorba tvarové dutiny vstříkovací formy, kdy tato dutina je vytvořena několika nástroji, které na sebe navazují.

V další části práce je znázorněno vložení desek vstříkovací formy. Je zde popsán výběr vstříkovací formy z knihovny a také možnost nadefinovat si vlastní vstříkovací formu. Při vkládání vstříkovací formy je možné vložit vstříkovací formu již s vodícími, spojovacími prvky. Dále je popsáno vkládání konstrukčních prvků. V popisovaném softwaru je možné vložit tyto prvky pouze nástroji v modulu Mold Tooling.

Vytvoření pravé strany, levé strany a vyhazovacího systému je uvedeno v příloze P II.

## 10 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY V NX 8,5

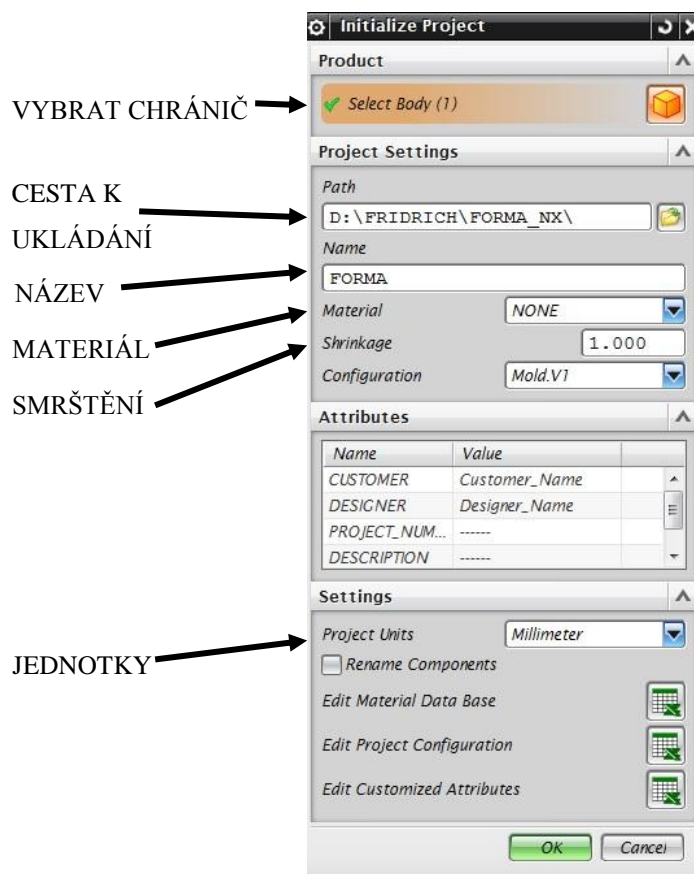
Pro konstrukci vstřikovací formy je využit software NX 8,5. Konstrukce této vstřikovací formy je rozdělena do několika částí:

- tvorba tvarové dutiny vstřikovací formy;
- vložení vstřikovací formy;
- vkládání konstrukčních prvků do vstřikovací formy;
- shrnutí práce.

### 10.1 Tvorba tvarové dutiny vstřikovací formy

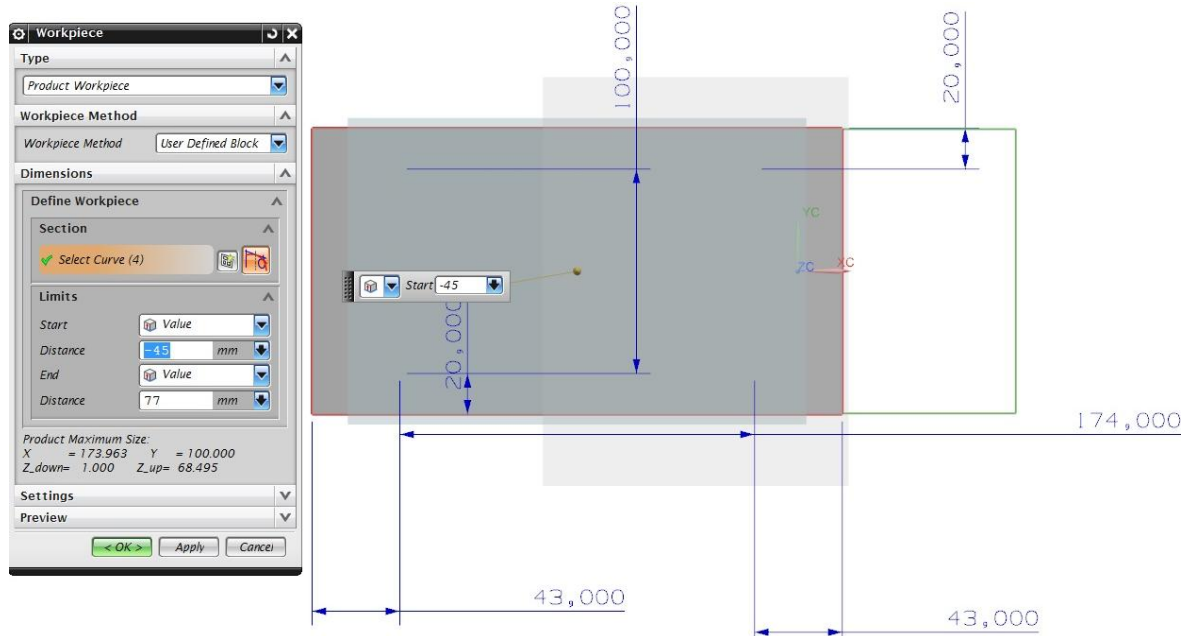
Tvarovou dutinu v softwaru NX 8,5 je třeba vyhotovit v modulu Mold Wizard nástrojem *Mold Parting Tools*.

Ze všeho nejdříve je nutno otevřít chránič. Následně vytvořit nový projekt nástrojem *Initialize Project*, kdy se zadá cesta, kde se budou data ukládat a určí se jméno projektu. Dále je možno nastavit materiál chrániče a smrštění. V závěru nástroje je možné nastavit jednotky. Po potvrzení je chránič převeden na plochy.

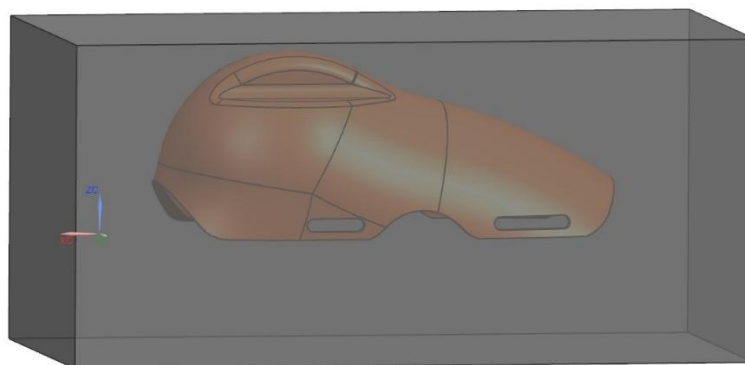


Obrázek 140 Nástroj Initialize Project

V dalším kroku je třeba vytvořit nástrojem *Workpiece* tvarové vložky. Po spuštění nástroje se objeví na chrániči kostka, kde je nutno zadat rozměry finální tvarové vložky. Po potvrzení se vytvoří kostka se zadanými hodnotami.



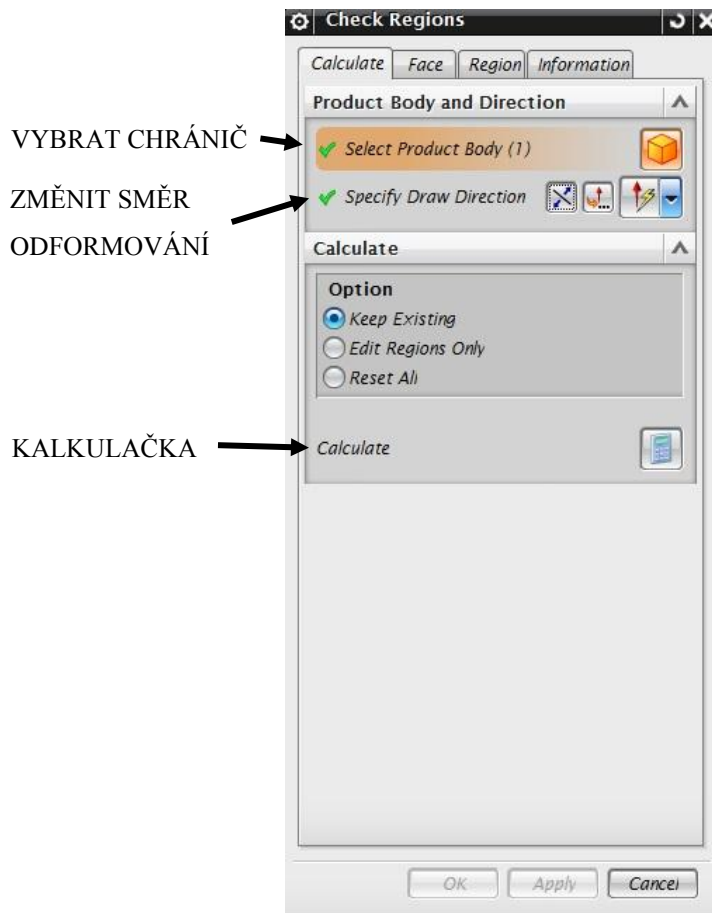
Obrázek 141 Nástroj Workpiece



Obrázek 142 Vytvořena kostka s chráničem

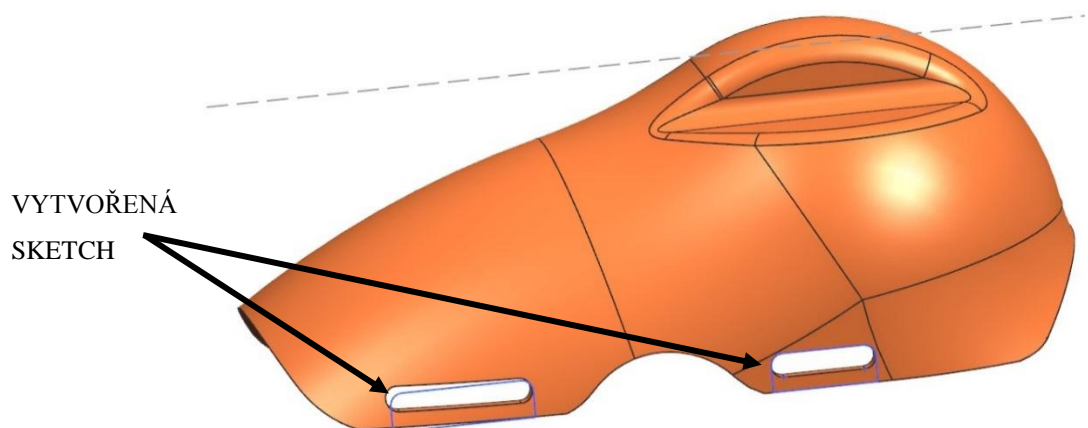
Dále je třeba vytvořit hlavní dělicí rovinu, rozdělit chránič na tvárník, tvárnici a slidery. K těmto úkonům složí nástroj *Mold Parting Tools*. Po kliknutí na uvedený nástroj se otevřou další nástroje k vytvoření tvarové dutiny.

Klikne se na nástroj *Check Regions*, kde je potřeba vybrat plošný chránič a poté je možno změnit směr doformování. Následuje kliknutí na kalkulačku, která rozdělí plochy na tvárník, tvárnici a slidery, které je poté ještě nutno upravit v nástroji *Define Regions*.



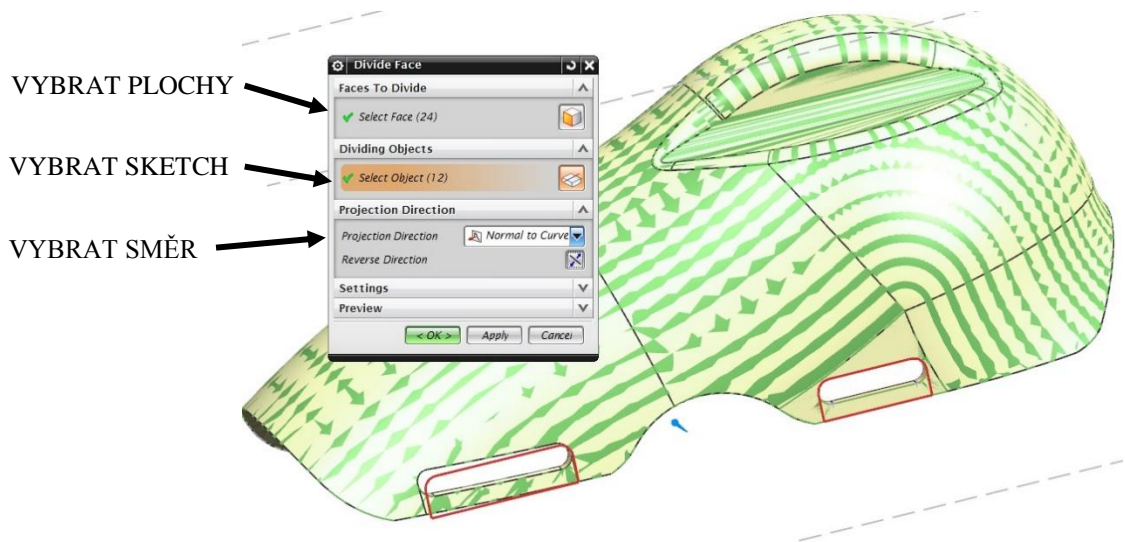
Obrázek 143 Nástroj Check Regions

Předtím než bude využit nástroj *Define Regions* je nutno vytvořit plochy, které budou tvořit slidery. To se provede v prostředí *Shape Studio*. V tomto prostředí se vytvoří Sketch a nakreslí tělo slideru. Poté se nástrojem *Divide Face* oříznou plochy chrániče vytvořené pomocí Sketch.



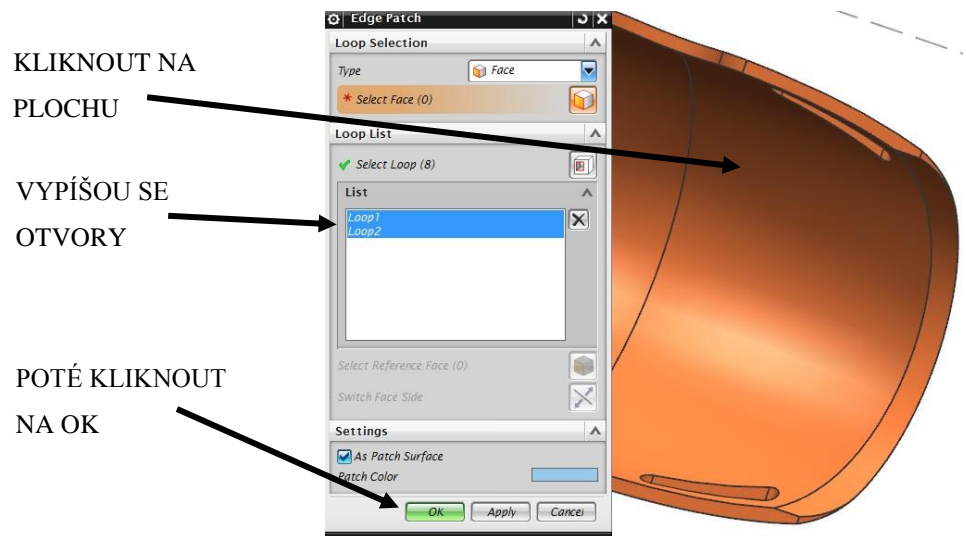
Obrázek 144 Vytvořená Sketch pro oříznutí plošného chrániče





Obrázek 145 Nástroj Divide Face

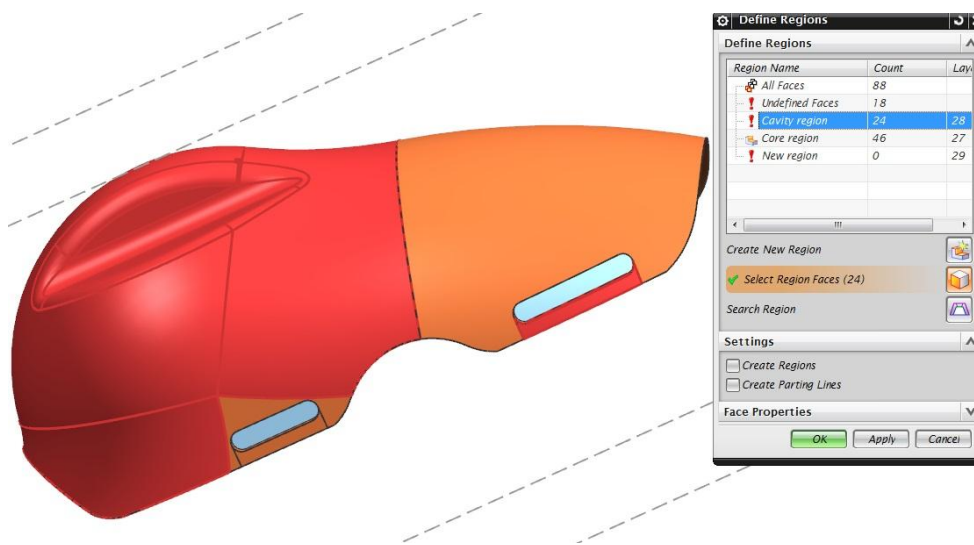
V další fázi je třeba v nástroji *Patch Surfaces* zalepit vnitřní otvory. Při spuštění nástroje vybrat Type – Face a kliknout na plochu, kde se nachází otvory. Poté se v List vypíší otvory, kdy však stačí jen označit a kliknout na OK. Otvory se zalepí. Tento postup se opakuje u všech otvorů.



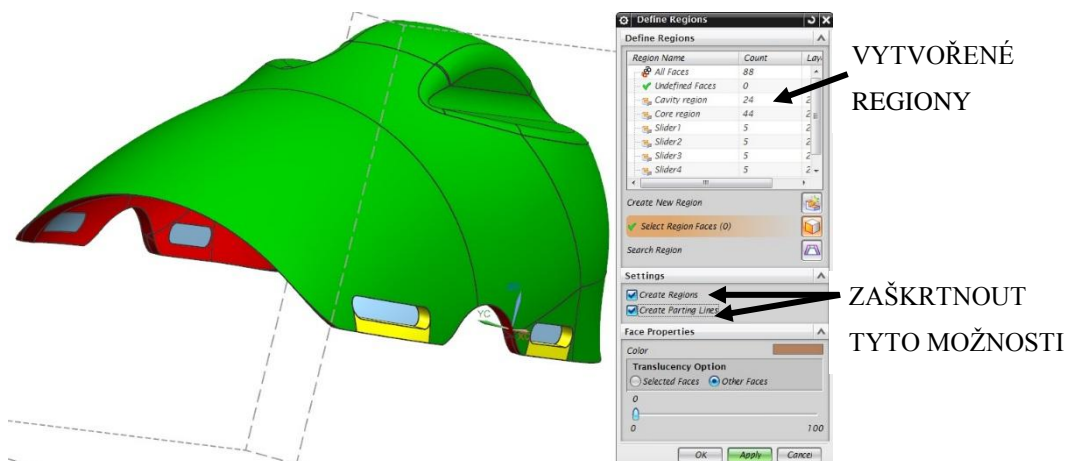
Obrázek 146 Nástroj Patch Surfaces

Následně je nutno upravit plochy tvárníku a tvárnice. K výše uvedenému slouží nástroj *Define Regions*. Spuštěním tohoto nástroje se zobrazí vytvořené regiony. Dále je třeba upravit region tvárnice a to tak, že se klikne na *Cavity region* a poté na *Select Region Faces*. V dalším kroku se vyberou nevybrané plochy, které tvoří tvárník. Poté je nutno vytvořit nový region pro slider. Ten se vytvoří tak, že se dvakrát klikne na *New Region*, tento region je poté třeba přepsat na *slider1* a vybrat plochy stejně jako tomu bylo u tvárnice. Na závěr je možné v záložce *Face Properties* změnit barvu vytvořených regionů. Poté, co jsou

všechny regiony rozděleny, musí se zaškrtnout *Create Regions* a *Create Parting Lines* v záložce *Settings*. Na závěr se vše potvrdí kliknutím na tlačítko OK.

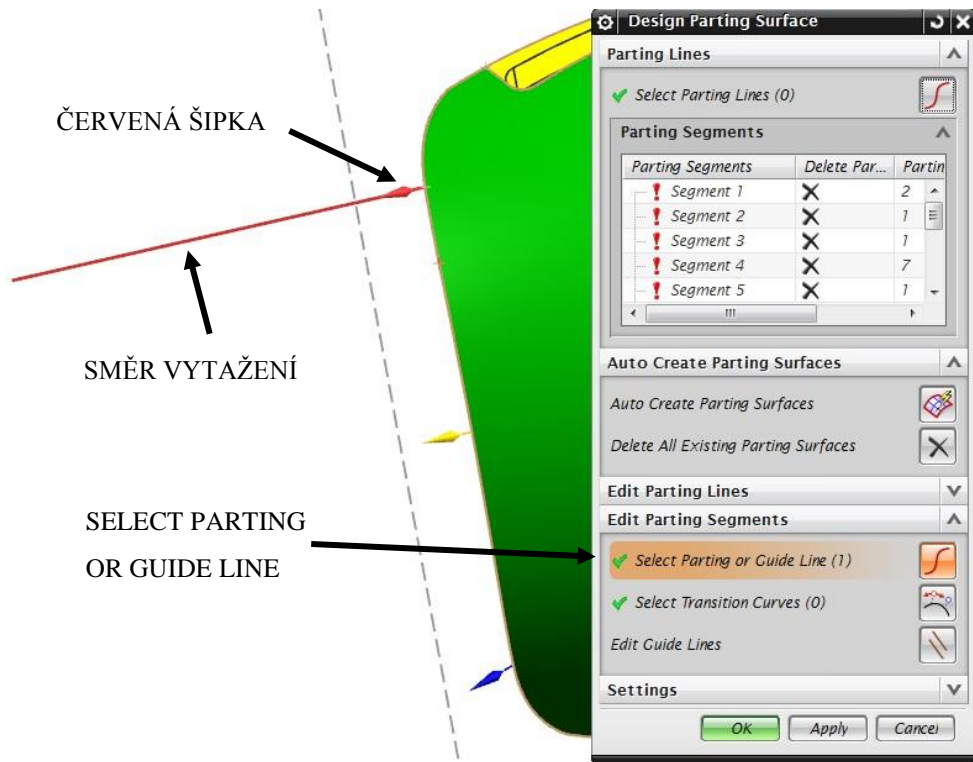


Obrázek 147 Nástroj Define Regions

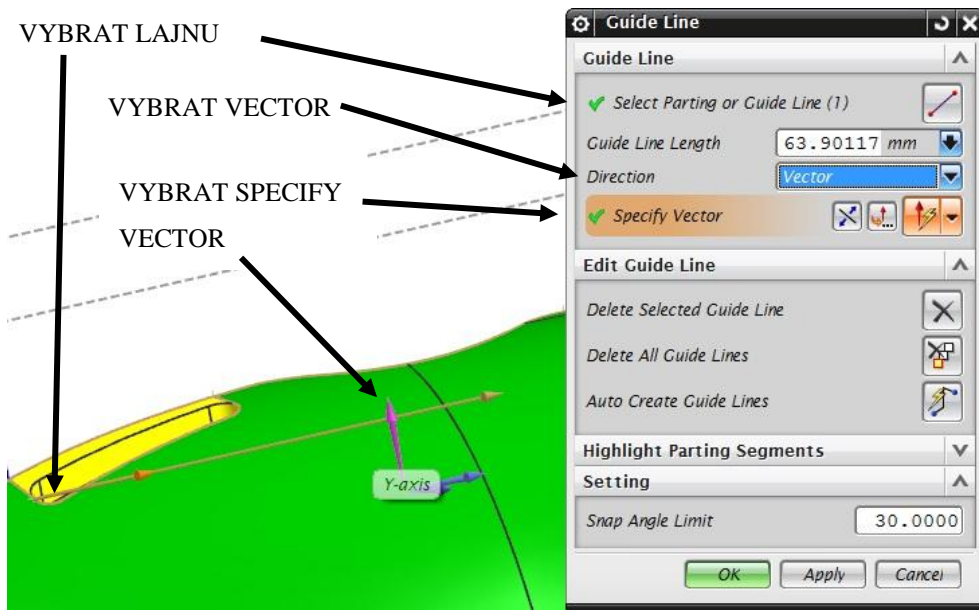


Obrázek 148 Nástroj Define Regions

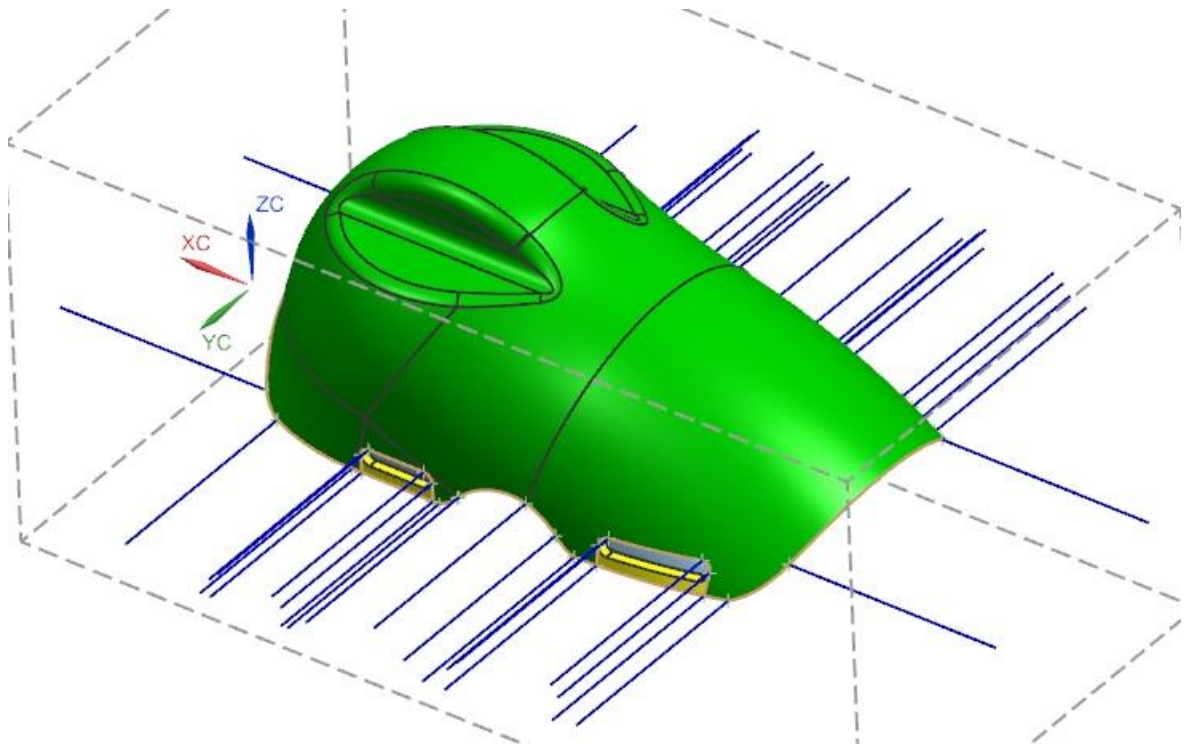
Po určení ploch, jež tvoří tvárník, tvárnici a slidery je nutné vytvořit dělicí rovinu. Tato rovina se vytváří nástrojem *Design Parting Surface*. Po spuštění tohoto nástroje je nutné vytvořit hranice, které bude kopírovat dělicí plocha. Tyto hranice se vytvoří v záložce *Edit Parting Segments*, kde je potřeba kliknout na *Select Parting or Guide Line* a následně najet na hranu výrobku a sledovat kam směřuje červená šipka. V případě, že směřuje správně, klikne se na danou hranu. Pokud nejde směr šipky změnit, je třeba po kliknutí směr změnit a to přes *Edit Guide Lines*. Při kliknutí na *Edit Guide Lines* je nutné vybrat jakou lajnu změnit, poté vybrat dle čeho se lajna upraví (*Vector*) a následně kliknout na *Specify Vector* a vybrat jednu ze tří šipek. Takto se vytvoří po celém obvodu lajny.



Obrázek 149 Vytvoření Guide Line

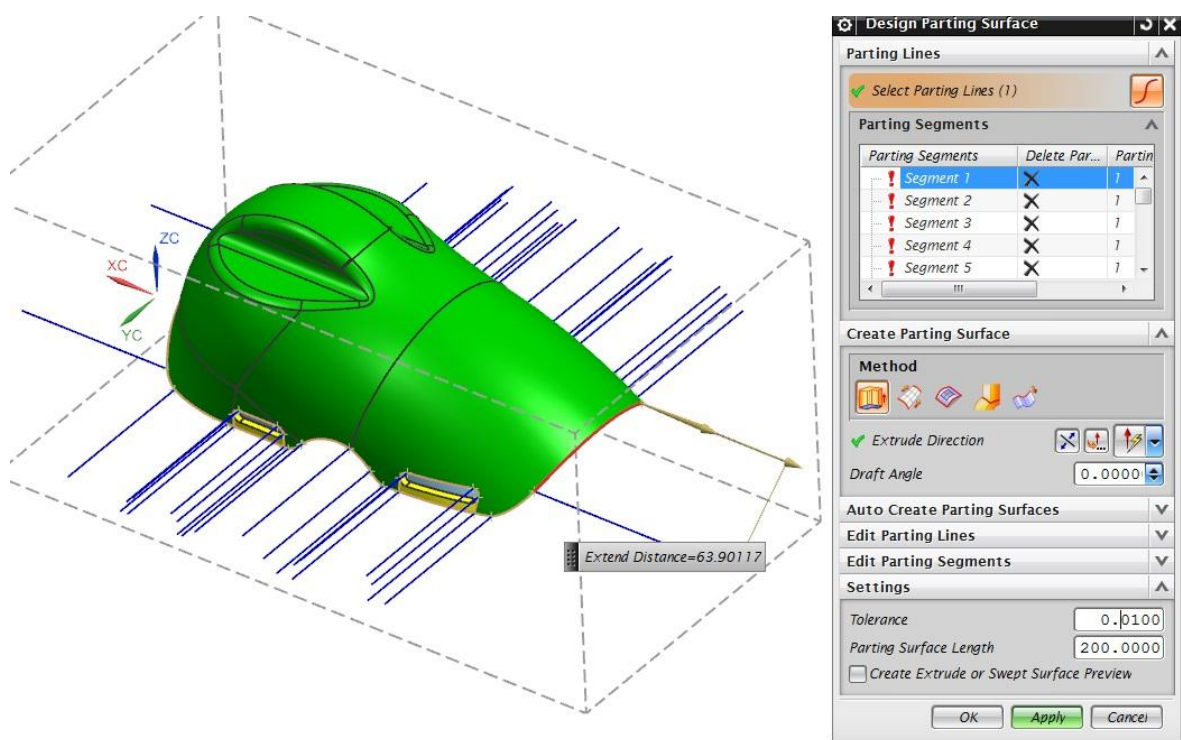


Obrázek 150 Oprava Guide Line

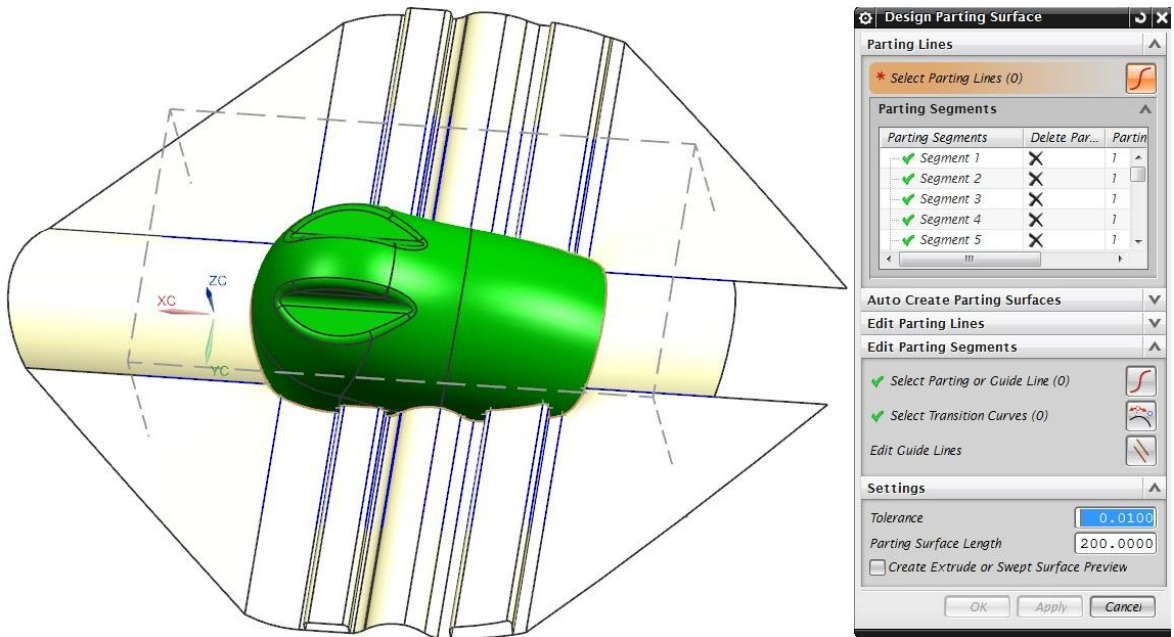


Obrázek 151 Vytvořené Guide Line

Po vytvoření všech lajn je nutno v záložce *Parting Segments* kliknout na Segment 1, vybrat metodu vytažení a v záložce *Settings* zadat hodnoty tolerance a vytažení. Po vytvoření dělicí roviny se klikne na *Cancel*.

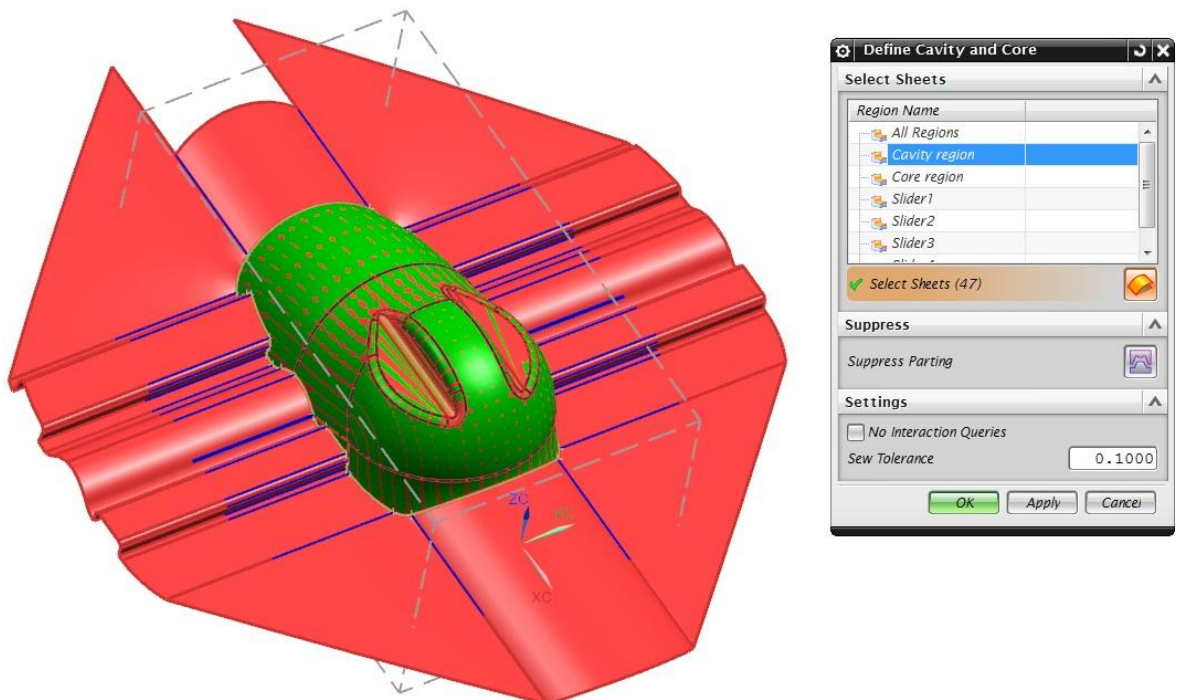


Obrázek 152 Vytvoření dělicí roviny

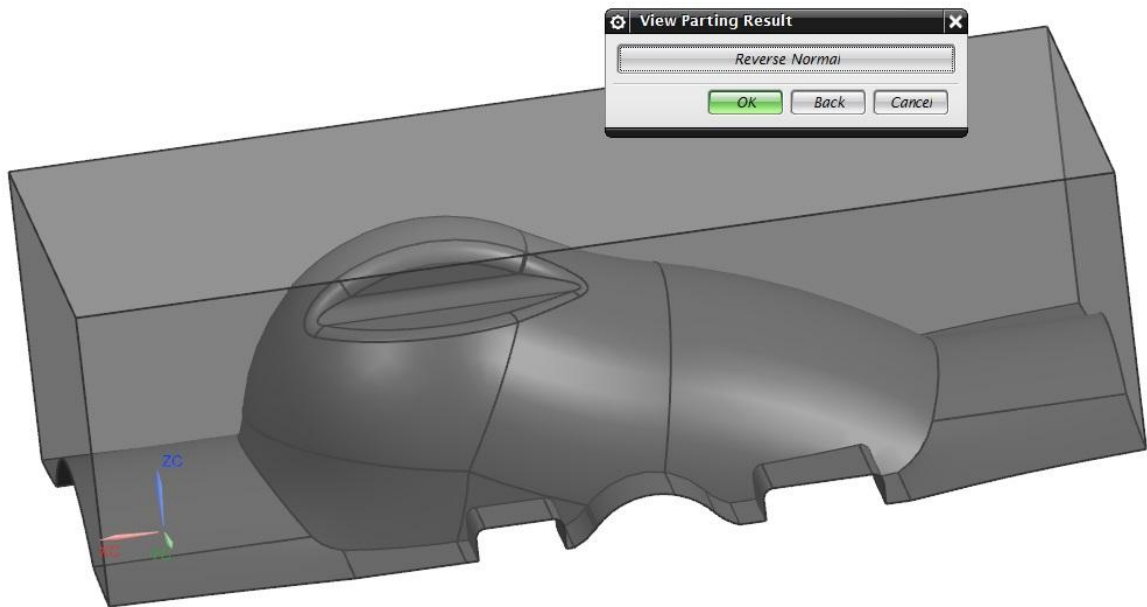


Obrázek 153 Vytvořená dělicí roviny

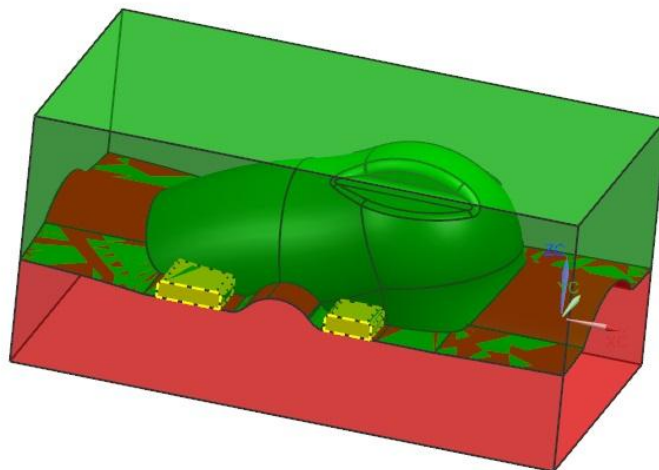
Po vytvoření dělicí roviny je možné vytvořit tvárník, tvárnici a slidery z vytvořené kostky nástrojem *Define Cavity and Core*. Po spuštění tohoto nástroje je nutné kliknout na Cavity region a poté na OK. Poté se zobrazí kostka a v ní vyřízlá tvárnice. Pokud je vše v pořádku, stačí potvrdit OK. Tento postup je nutno opakovat u tvárníku i sliderů.



Obrázek 154 Vytvoření tvárnice



Obrázek 155 Vytvořená tvárnice

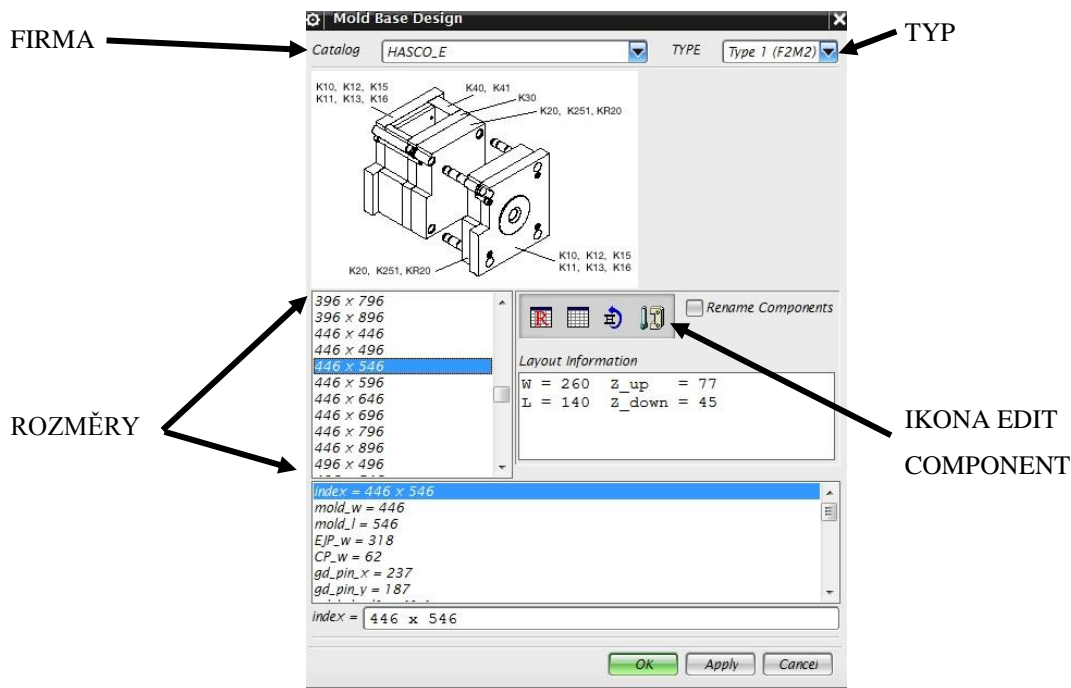


Obrázek 156 Vytvořená dutina vstříkovací formy

Dále je možné v Partu tvárníku a tvárnice vytvořit osazení, temperační systém a vtokový systém a dále v Partu slideru vytvořit těla slideru.

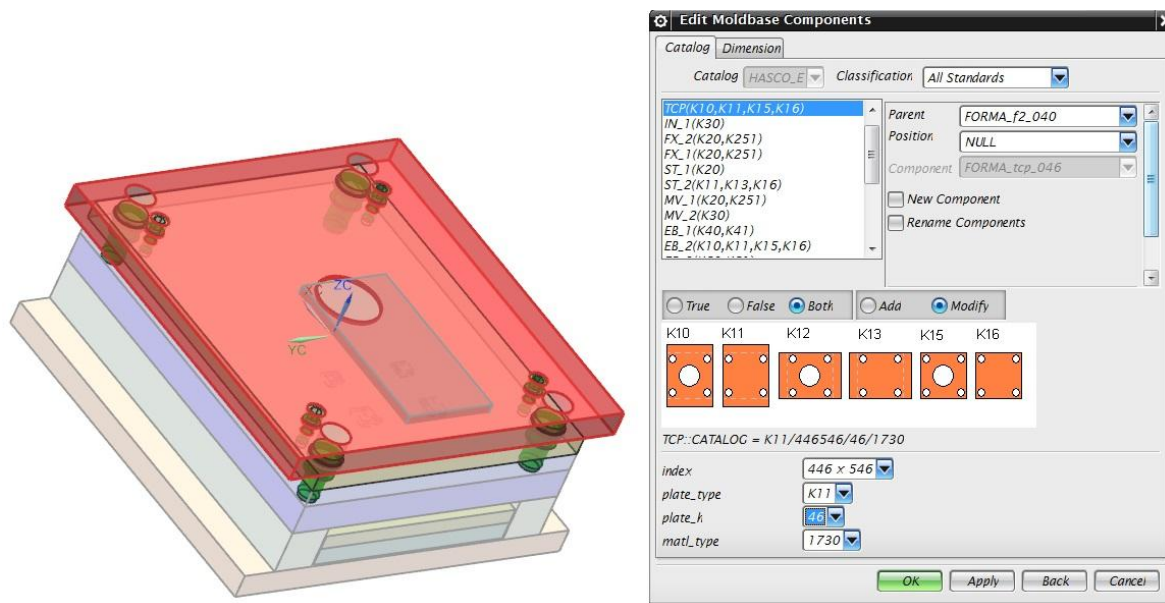
## 10.2 Vložení vstříkovací formy

Vložení vstříkovací formy v softwaru NX 8,5 se provádí v modulu Mold Wizard. Pro vytvoření desek vstříkovací formy je třeba kliknout na nástroj *Mold Base Library*. Kliknutím na tento nástroj se objeví okno, ve kterém je nutno vybrat firmu od které je daná vstříkovací forma, typ vstříkovací formy a poté zvolit rozměry. Na závěr potvrdit tlačítkem OK.

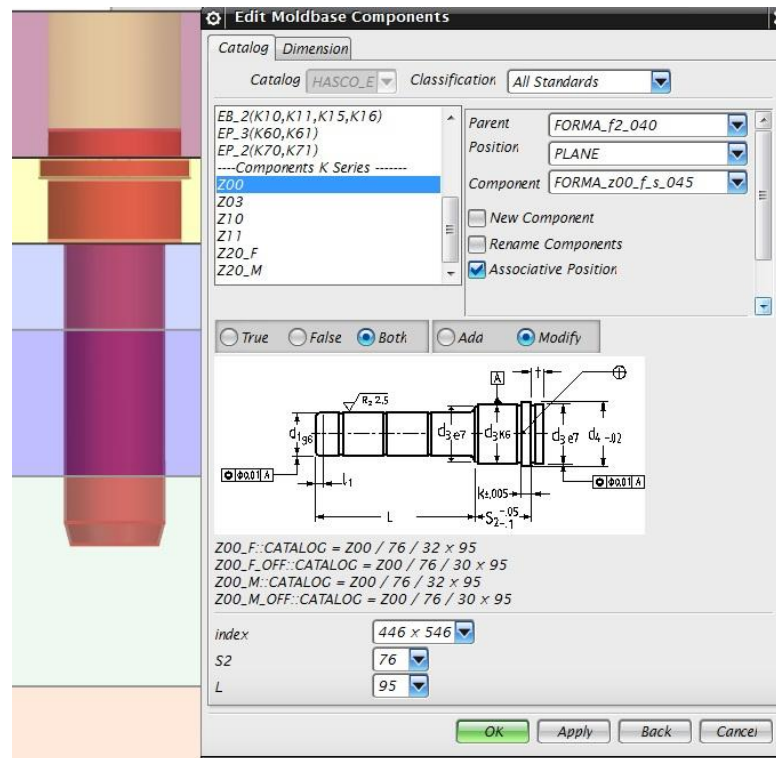


Obrázek 157 Vytvoření vstříkovací formy

Po vložení vstříkovací formy je nutné upravit výšky desek a popřípadě i konstrukční prvky, které se vložily spolu se vstříkovací formou. Úprava se uskuteční kliknutím na ikonu *Edit Component*. Po otevření okna se kliknutím na desku zobrazí informace o ní. Jedná se o informace jako jsou rozměry, typ, výška a materiál desky. V této editaci může být změněno vše. U zadání potřebného typu jsou typy zobrazeny nad touto editací. V rámci DP je změněn typ a výška desky.



Obrázek 158 Editace desek vstříkovací formy



Obrázek 159 Editace konstrukčních prvků vložených zároveň s deskami

Poté co jsou již všechny desky a konstrukční prvky editovány, je nutné tuto editaci potvrdit ikonou OK a poté kliknout na ikonku Cancel. Pokud by se kliklo opět na OK, tak by se nevytvořily editované změny, ale vložila by se opět základní vstříkovací forma. Bude-li potřeba další editace, provede se kliknutím na nástroj *Mold Base Library* a následně na ikonu *Edit Components*.

### 10.3 Vložení konstrukčních prvků do vstříkovací formy

Vložit konstrukční prvky nebo vytvořené součásti lze do vstříkovací formy dvěma způsoby:

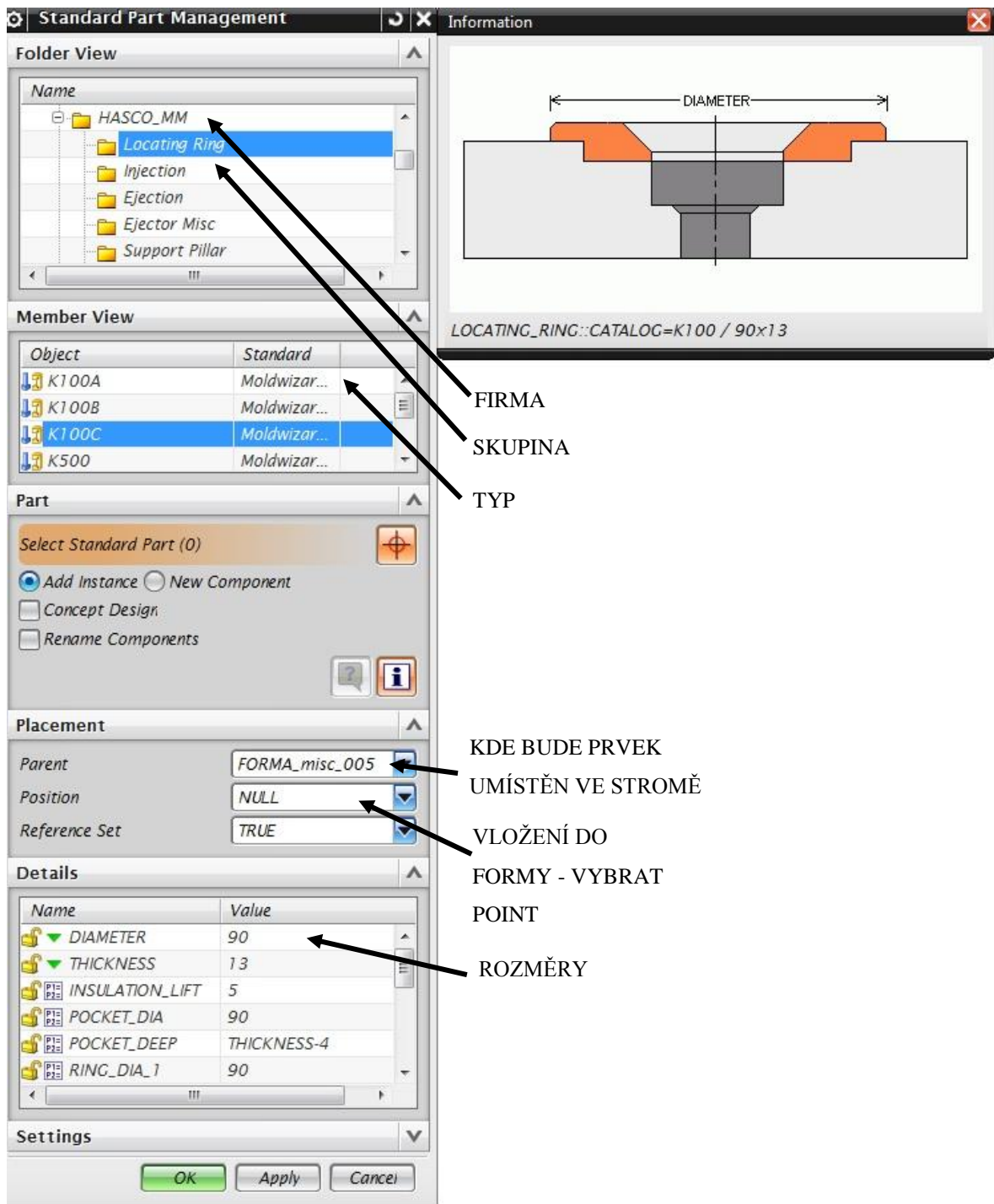
- vložení pomocí nástrojů v modulu Mold Wizard;
- vložení pomocí softwaru HASCO DAKO.

#### 10.3.1 Vložení pomocí nástrojů v modulu Mold Wizard

Konstrukční prvky se vkládají do vstříkovací formy pomocí nástroje *Standard Part Library*. Po spuštění tohoto nástroje se spustí okno, kde se vybere firma, skupina a následně typ. Dále se určí, kam se prvek vloží, jak se bude vkládat a určí se rozměry pro danou situaci. Vkládání do vstříkovací formy se provede přes příkaz *Point*, kde je nutné vybrat ve vstří-



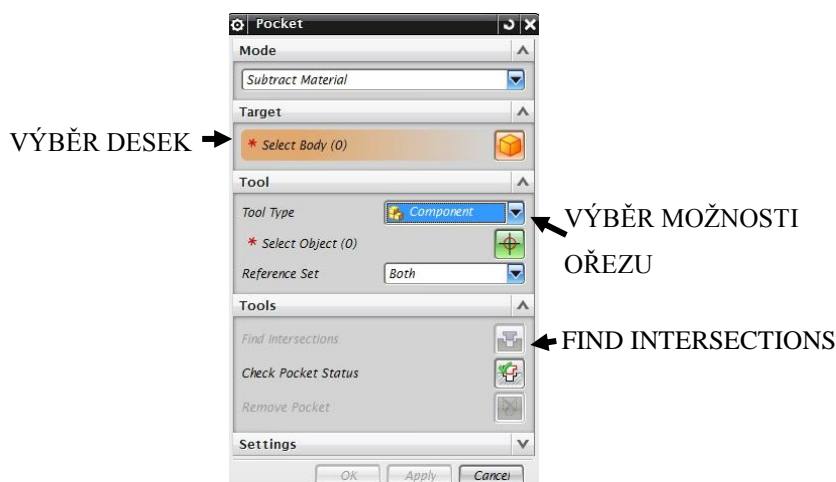
kovací formě libovolný bod. Z uvedeného důvodu tudíž není potřeba vytvářet Sketch s body, jelikož je nutné prvek ve vstřikovaci formě zavazbit.



Obrázek 160 Vložení konstrukčních prvků

Po vložení konstrukčního prvku je nutné tento prvek odebrat nebo vyříznout závit z desky, k tomu slouží nástroj *Pocket*. Při spuštění tohoto nástroje se zobrazí okno, kde se vybere deska nebo desky, kterými prvek prochází. Poté pokud necháme možnost *Component* a klikneme na *Find Intersections*, tak software sám určí, co má oříznout, ale pokud bychom

vybrali možnost Solid, tak je nutné tyto prvky vybrat manuálně. Po nastavení potvrdíme OK.

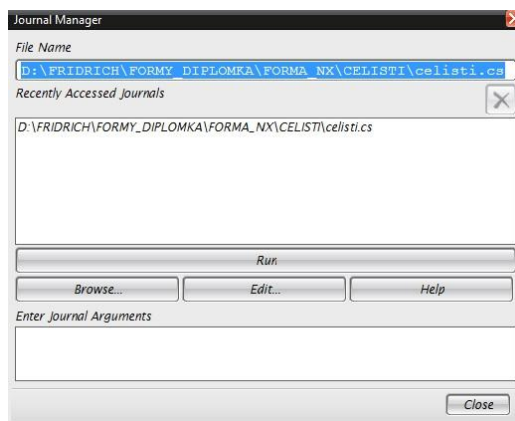


Obrázek 161 Nástroj Pocket

### 10.3.2 Vložení pomocí nástrojů HASCO DAKO

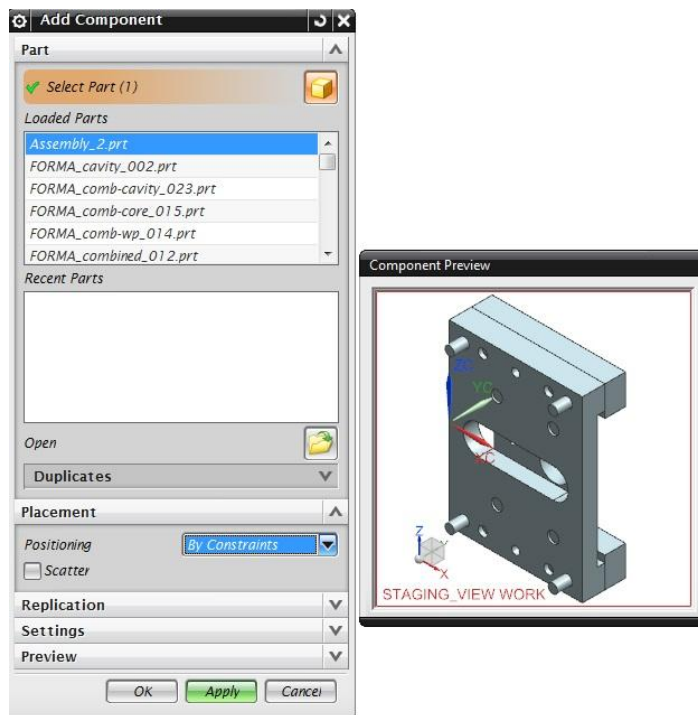
Pomocí softwaru HASCO DAKO se vkládají prvky, které se v nástrojích v modulu Mold Wizard nenachází. Jsou to např. čelisti, zámky či kluzné desky.

Nejprve je nutné se v softwaru HASCO DAKO „proklikat“ na žádaný konstrukční prvek viz. CATIA. Po vybrání konstrukčního prvku se musí změnit software v okně WorldCAT – CIF, kde je nutné kliknout na *CAD System Interface* a vybrat UGS NX8.x, poté kliknout na *Export of the CAD geometry*. Následně je třeba pojmenovat tento importovaný prvek, který je v dalším kroku importován do softwaru NX 8,5 přes Tools → Journal → Play. Poté stačí vybrat kliknutím na Browse místo, kde byl konstrukční prvek ze softwaru uložen. Po vybrání kliknout na Run a prvek se začne vkládat.



Obrázek 162 Vložení konstrukčních prvků přes software HASCO DAKO

Dále je potřeba vložit konstrukční prvek do vstřikovací formy přes Assemblies → Components → Add Components. Poté se zobrazí okno, ve kterém je nutné najít importovaný prvek a poté potvrdit OK a následně daný prvek zavazbit.



Obrázek 163 Vložení konstrukčních prvků přes software HASCO DAKO

## 10.4 Shrnutí práce v softwaru NX 8,5

V úvodu této kapitoly je popsána tvorba tvarové dutiny vstřikovací formy, kdy tato dutina je vytvořena pomocí nástrojů, které se nachází v nástroji *Mold Parting Tools*.

V další části práce je znázorněno vložení desek vstřikovací formy. Zde je popsáno vložení desek vstřikovací formy přes knihovnu, kde se dále také dají upravit rozměry desek. Při vkládání desek vstřikovací formy se vloží i vodící a spojovací prvky, které je také možno změnit v knihovně. V další části je popsáno vkládání konstrukčních prvků. Tyto prvky jdou vložit přes nástroj *Standard Part Library* nebo také přes software HASCO DAKO.

Vytvoření pravé strany, levé strany a vyhazovacího systému je uvedeno v příloze P III.

## 11 HODNOCENÍ POUŽITÝCH SOFTWAREŮ

Tato kapitola se zabývá hodnocením použitých softwarů, kdy je srovnávána práce, resp. její klady a zápory.

### 11.1 Software CATIA V5

V softwaru CATIA V5 je nejdříve vytvořena dutina vstříkovací formy. Tato dutina je zde vytvořena pomocí modulu *Generative Shape Design*, ale je možné využít i modulu *Core & Cavity Design*. Uživatel si může vybrat a určit cestu, která je pro něj snadnější. Dalo by se říci, že modul *Core & Cavity Design* využívá některé stejné nástroje jako modul *Generative Shape Design*.

Dále je vložena vstříkovací forma, kdy tuto formu lze vložit dle rozměrů, jež je možno zadat nebo je možné využít knihovny, která obsahuje parametry několika výrobců. Po vložení vstříkovací formy z knihovny je možné ještě editovat výšku desky, která je limitována normálí daného výrobce. Po vložení vstříkovací formy se nevloží žádný konstrukční prvek, tudíž je nutné všechny tyto prvky vložit dle nástrojů, které jsou součástí modulu *Mold Tooling Design*.

Vkládání prvků se v softwaru CATIA vkládá pomocí nástrojů do připravených bodů, které jsou již vytvořené ve vstříkovací formě (pokud je vstříkovací forma vzata z knihovny), nebo je nutné tyto body vytvořit ve Sketch dané desky. Pokud je vložen jen jeden konstrukční prvek, viz. středící kroužek, stačí vytvořit jen jeden bod, ale pokud je nutné vložit např. čtyři šrouby, je nutné vytvořit Sketch, která obsahuje na dané desce čtyři body, poté již stačí kliknout na jakýkoliv bod a šrouby se vloží do každého bodu z dané Sketch. Pokud nějaký konstrukční prvek chybí v modulu *Mold Tooling Design*, je možné využít software HASCO DAKO, ve kterém je možné vybrat chybějící konstrukční prvek a poté ho importovat do vstříkovací formy.

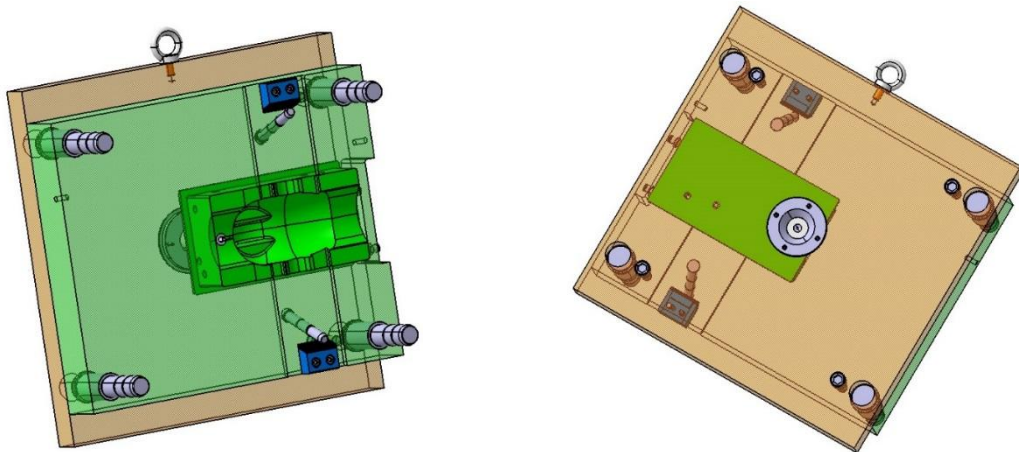
Vytváření vstříkovací formy není jen přidáváním konstrukčních prvků do formy, je nutné věnovat pozornost i vytváření osazení, vybrání, závitů a mnoho dalších, které se nevytvoří při vkládání z modulu HASCO DAKO. Tyto je nutno buďto v průběhu nebo na konci práce dodělat.

- Výhody

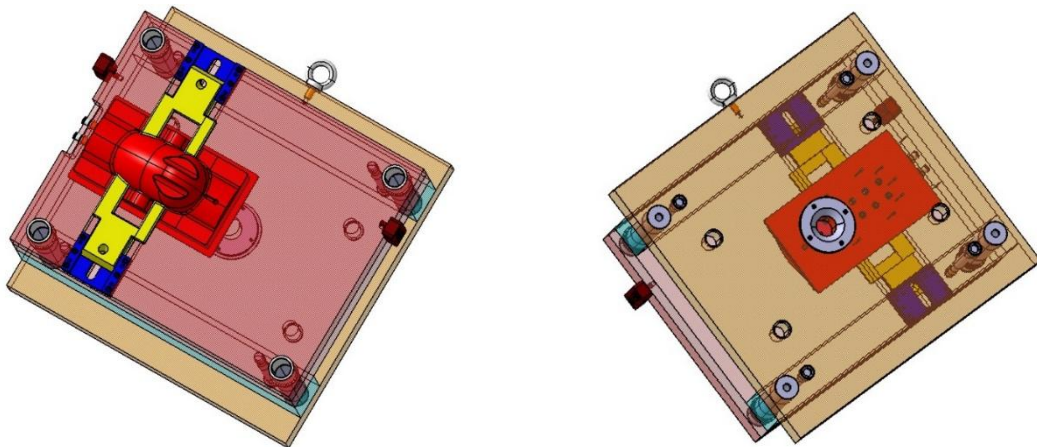
Mezi výhody softwaru CATIA patří možný výběr při tvorbě tvarové dutiny. Dále se při vkládání šroubů vytvoří závity a je zde větší svoboda při skládání vstřikovací formy a snadná možnost úprav a oprav. Další výhodou je rozdělení vstřikovací formy na pravou stranu, levou stranu a vyhazovací systém (větší přehlednost), rozstřel vstřikovací formy z důvodu zjištění správného zavazbení vstřikovací formy a importování prvků ze softwaru HASCO DAKO.

- Nevýhody

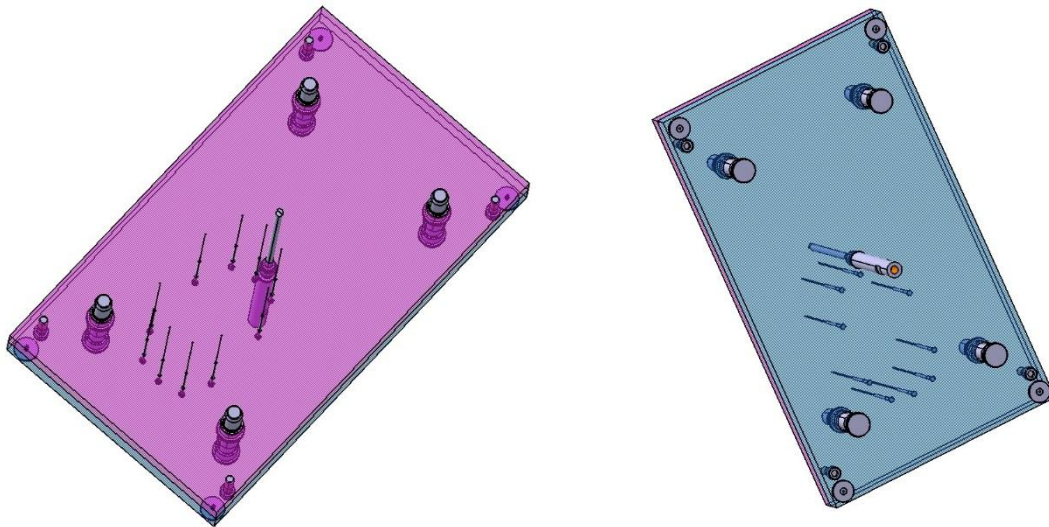
Hlavní nevýhoda je ta, že při vložení vstřikovací formy se nevloží konstrukční prvky, které by urychlily práci. Další nevýhoda spočívá ve vazbení, kde pokud je již moc vazeb, tak některé se v průběhu práce deaktivují nebo nefungují, proto je nutné využít vazbu fix. Další nevýhodou je úprava hlavy vyhazovačů, přeskokování mezi moduly *Assembly Design* a *Mold Tooling Design* a absence izolačních desek.



Obrázek 164 Pravá strana vstřikovací formy v softwaru CATIA



Obrázek 165 Levá strana vstřikovací formy v softwaru CATIA



Obrázek 166 Vyhazovací systém vstříkovací formy v softwaru CATIA

## 11.2 Software SOLID EDGE ST5

V softwaru SOLID EDGE ST5 je nejprve vytvořena dutina vstříkovací formy. Tato dutina je vytvořena pomocí několika nástrojů, kdy nejprve jsou vytvořeny slidery v partu chrániče. Tyto slidery se vyberou v nástroji *Slides*. Dále je třeba využít nástroje pro vytvoření dělicí roviny. Po vytvoření dělicí roviny následuje příkaz *Parting Zone*, který slouží pro vytvoření jak tvarových vložek, tak i tvarových desek.

V dalším kroku je vložena vstříkovací forma, kde je možné využít knihovny, která využívá několika výrobců, případně je možné rozměry zadat dle vlastní potřeby. Po vložení vstříkovací formy se vloží i vodící a středící elementy, dosedky a šrouby. Poté je nutné vložit další konstrukční prvky, které se vkládají z knihovny. Po vložení daného prvku se automaticky vyřízne do desek vstříkovací formy.

Vkládání prvků se v softwaru SOLID EDGE vkládá pomocí nástrojů do připravených kružnic, které je nutné vytvořit ve Sketch desce. Pokud je vložen jen jeden konstrukční prvek, viz. středící kroužek, stačí vytvořit jen jednu kružnici, ale pokud je nutné vložit např. čtyři šrouby, je nutné vytvořit Sketch, která obsahuje na dané desce čtyři kružnice, poté již stačí jen kliknout na jakoukoliv kružnici a šrouby se vloží do středu kružnice z dané Sketch. Pokud nějaký konstrukční prvek chybí v nástrojích modulu *Mold Tooling*, není možné využít software HASCO DAKO, jelikož tento software je jen pro verzi ST3, je tedy nutné tento prvek buďto vymodelovat nebo převzít z jiného softwaru.

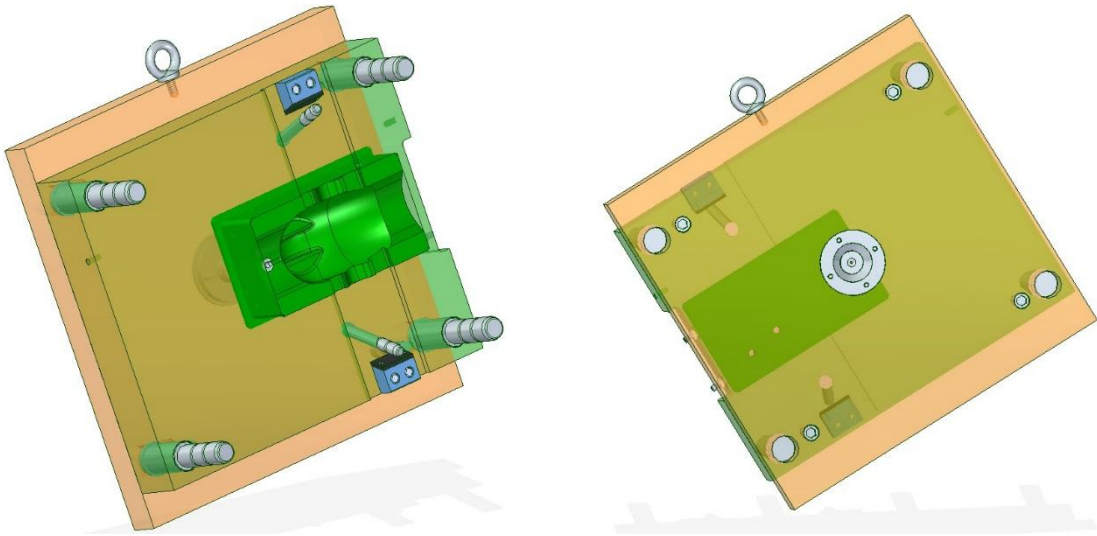
Vytváření vstřikovací formy není jen o přidávání konstrukčních prvků do formy, je nutné věnovat pozornost i vytváření osazení, vybrání, závitům a mnoha dalším. Tyto věci je tedy nutno buď v průběhu nebo na konci práce dodělat.

- Výhody

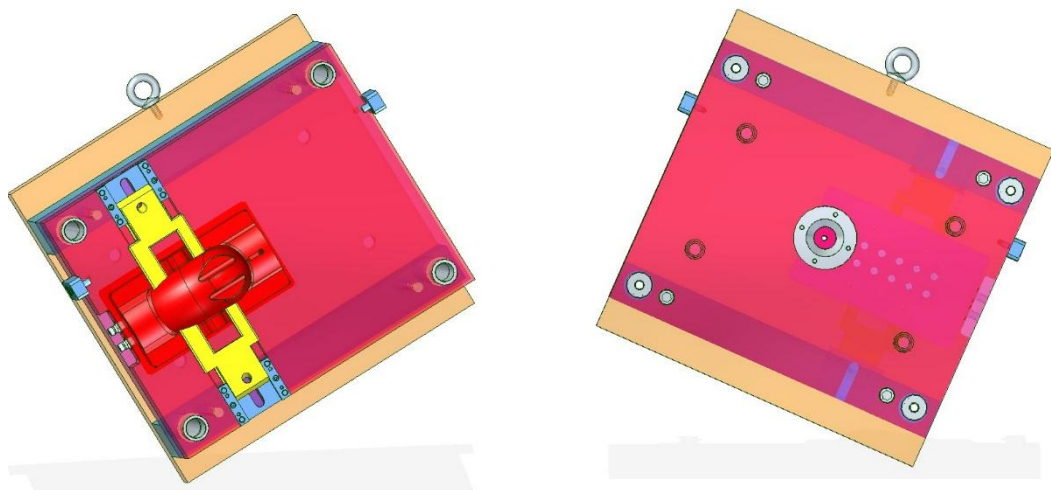
Při vložení vstřikovací formy se vloží i konstrukční prvky, při vložení konstrukčního prvku se automaticky vyřízne otvor, délka vyhazovačů se sama ořízne.

- Nevýhody

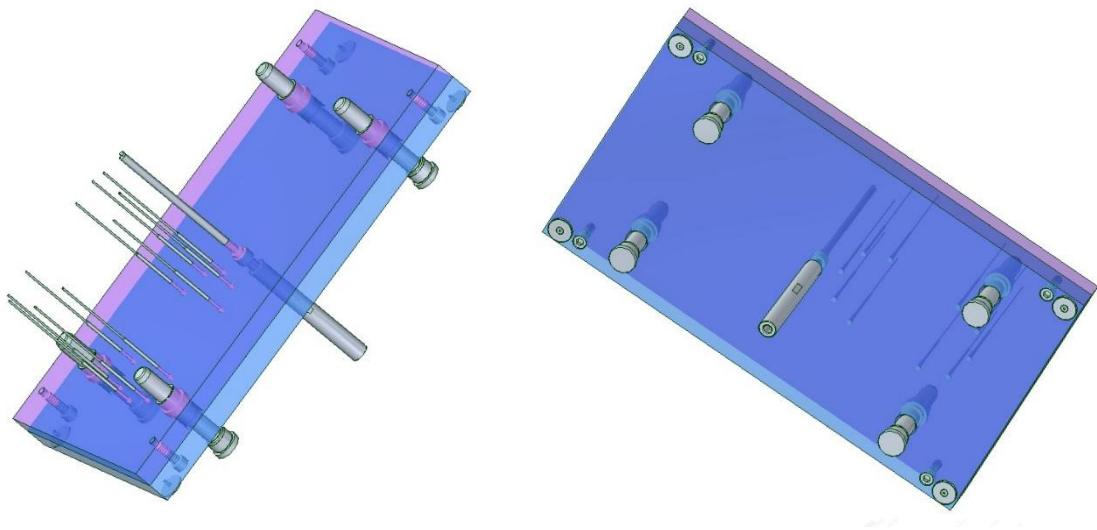
Absence softwaru HASCO DAKO, izolačních desek, při vkládání šroubu do středícího kroužku se nevytvoří díra, nutnost vytvoření pohledů pravé strany, levé strany a vyhazovacího systému, nutná úprava hlavy vyhazovačů



Obrázek 167 Pravá strana vstřikovací formy v softwaru SOLID EDGE



Obrázek 168 Levá strana vstřikovací formy v softwaru SOLID EDGE



Obrázek 169 Vyhazovací systém vstříkovací formy v softwaru SOLID EDGE

### 11.3 Software NX 8,5

V softwaru NX 8,5 je nejprve vytvořena dutina vstříkovací formy. Tato dutina je zde vytvořena pomocí nástroje *Mold Parting Tools*, kde se nachází všechny potřebné nástroje pro vytvoření této dutiny. Nejprve jsou převedeny plochy na regiony, poté je vytvořena dělicí rovina a dále je vytvořena dutina vstříkovací formy z předem vytvořené kostky.

V dalším kroku je vytvořena vstříkovací forma, která je vybrána z knihovny, jež obsahuje několik výrobců. Tuto vstříkovací formu je možno dále editovat a měnit rozměry. Při vkládání vstříkovací formy nelze vložit vlastní formu s nenormalizovanými rozměry. Po vložení vstříkovací formy se vloží konstrukční prvky, jako tomu bylo i softwaru SOLID EDGE ST5.

Vkládání prvků se v softwaru NX 8,5 provádí pomocí nástrojů, které jsou součástí modulu *Mold Wizard*. Pro vložení není potřeba vytvářet žádný bod ani Sketch. Prvek nebo prvky se vloží do vstříkovací formy a poté se zavazbí. Pokud nějaký konstrukční prvek chybí v modulu *Mold Wizard*, je možné využít software HASCO DAKO, ve kterém je možné vybrat chybějící konstrukční prvky a poté je importovat do vstříkovací formy.

Vytváření vstříkovací formy není jen přidáváním konstrukčních prvků do formy, je nutné věnovat pozornost i vytváření osazení, vybrání, závitů a mnoho dalším, které se nevytvoří, proto je nutné tyto buďto v průběhu nebo na konci práce dodělat.

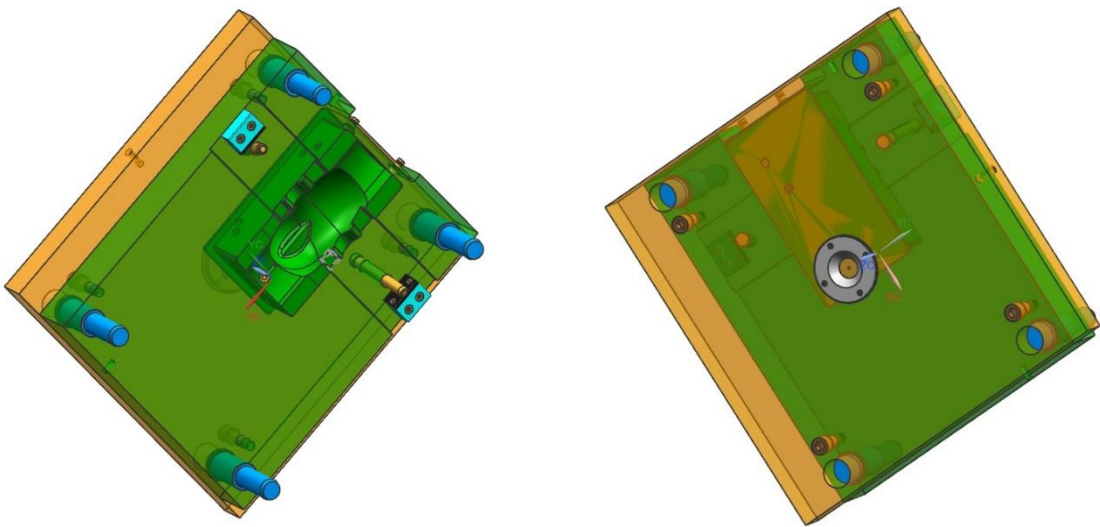


- Výhody

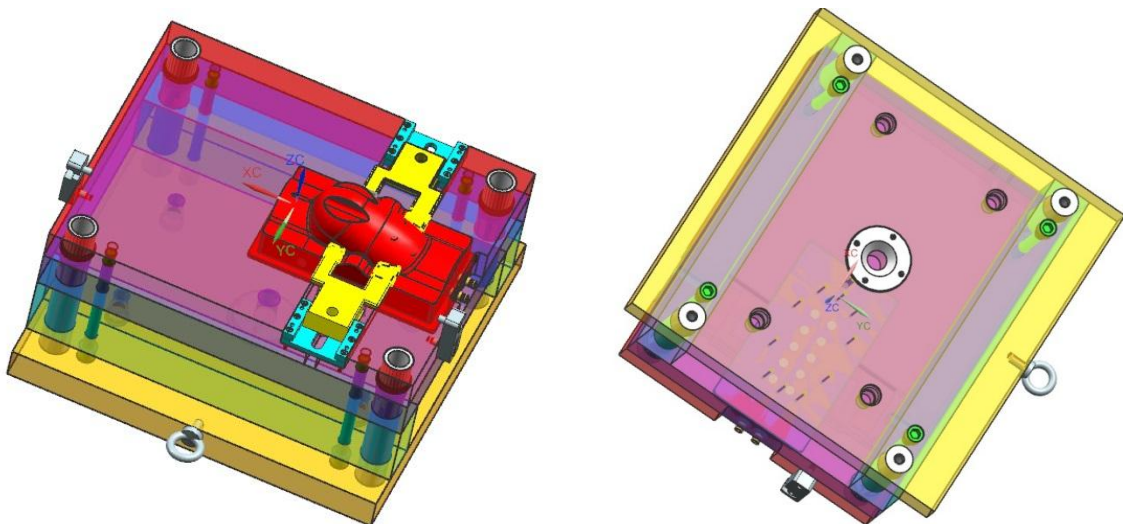
Při vložení vstříkovací formy se vloží i konstrukční prvky, délka vyhazovačů se sama ořízne, je možné nastavit různé typy hlavy vyhazovačů. Další výhodou je importování prvků ze softwaru HASCO DAKO, nástroj *POCKET* a tvorba dutiny vstříkovací formy.

- Nevýhody

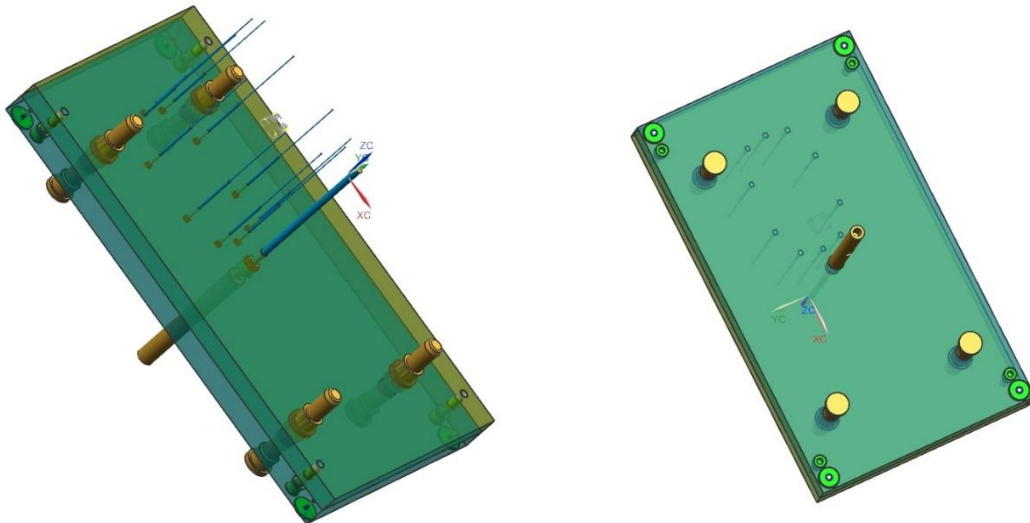
Absence izolačních desek, nelze rozdělit vstříkovací formu na pravou stranu, levou stranu a vyhazovací systém, nelze vložit prvky do Sketch, nutné vkládat po jednom.



Obrázek 170 Pravá strana vstříkovací formy v softwaru NX



Obrázek 171 Levá strana vstříkovací formy v softwaru NX



Obrázek 172 Vyhazovací systém vstřikovací formy v softwaru NX

## 11.4 Srovnání softwarů

V této části jsou srovnány určité prvky ze softwarů jako jsou např. izolační desky, zvolení dělicí roviny, vytvoření děr pod spojovacími prvky a jiné.

### 11.4.1 Izolační desky

Izolační desky, které mají být součástí vstřikovací formy, nejsou vytvořeny v uvedených softwarech, proto je nutné tyto izolační desky vymodelovat manuálně a vložit do vstřikovací formy.

### 11.4.2 Zvolení dělicí roviny

Dělicí rovina může být zvolena libovolně, záleží na odformování výrobku. Po vytvoření dělicí roviny může být v průběhu práce změněna a následným update se tato změna projeví i ve vstřikovací formě, toto platí pro software SOLID EDGE a NX, u softwaru CATIA je tato editace obtížnější, ale také možná.

### 11.4.3 Vytvoření děr pod spojovacími prvky

Po vložení např. šroubu do vstřikovací formy je nutné v softwaru CATIA a NX zadat dalším krokem co se bude řezat. V softwaru CATIA k tomu složí nástroj, kterým se vkládají konstrukční prvky. V softwaru NX k tomuto vyřezání slouží nástroj *Pocket*, který buďto sám rozpozná jaký prvek řezat nebo je možné tento prvek manuálně vybrat. U softwaru SOLID EDGE se po vložení šroubu automaticky vyřeže otvor, tudíž není potřeba dalšího nástroje.

#### 11.4.4 Vytvoření výkresů

Po vytvoření vstříkovací formy je možné pomocí určených modulů v softwarech vytvořit technickou dokumentaci, která slouží pracovníkovi u CNC stroje jako podpora pro správné zhotovení desky. V softwaru CATIA se tento modul nazývá *Drafting*, u SOLID EDGE se modul nazývá *ISO Draft* a u NX je tímto modulem *Drawing*.

#### 11.4.5 Vložení kusovníku

Vložení kusovníku vstříkovací formy je nezbytnou součástí pro vyhotovení vstříkovací formy. Tento kusovník lze automaticky vygenerovat ve všech softwarech. Nejprve je však nutné opozicovat celou sestavu.

#### 11.4.6 Ukládání vstříkovací formy

Vstříkovací forma se v CATIA ukládá pomocí nástroje *Save Managment*, zde máme úplnou kontrolu co je již uloženo nebo co není a je nutno uložit. V softwarech SOLID EDGE a NX se na začátku práce vytvoří project a poté v průběhu práce stačí kliknout na ikonku save.

#### 11.4.7 Rozstřel vstříkovací formy

Rozstřel a následný update slouží pro kontrolu, zda je vstříkovací forma plně zavazbena a dále pro animaci a prezentaci. Rozstřel pro kontrolu zavazbenosti se nachází pouze v softwaru CATIA, kde pro kontrolu vazeb slouží ještě nástroj *Clash*, který se nachází v modulu *Assembly Design*.

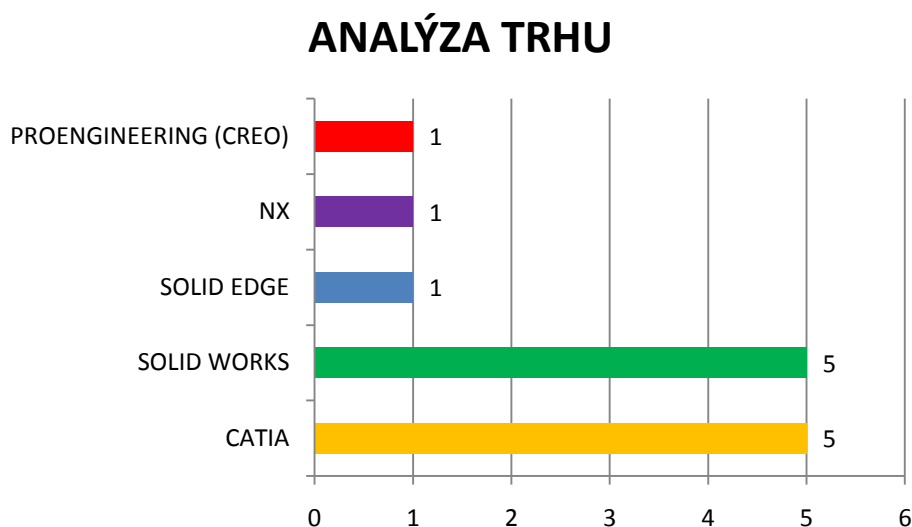
Tabulka 1 Srovnání softwarů

	CATIA V5	SOLID EDGE ST5	NX 8,5
NÁZEV MODULU	MOLD TOOLING DESIGN	MOLD TOOLING	MOLD WIZARD
ROZDĚLENÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY	ANO	MOŽNÉ	NE
HASKO DAKO	ANO	NE	ANO
KNIHOVNY	ANO	ANO	ANO
NÁSTROJE PRO VLOŽENÍ PRVKŮ	ANO	ANO	ANO
VYTVORENÍ DUTINY FORMY	ANO	ANO	ANO
VKLÁDACÍ PRVEK	BOD	KRUŽNICE	-
TVORBA VÝKRESU	DRAFTING	ISO DRAW	DRAWING

## 12 ANALÝZA TRHU POUŽÍVANÝCH SOFTWARE V PRAXI

Analýza trhu je řešena dotazníkovým šetřením, jež bylo realizováno zasláním e-mailu českým i zahraničním firmám, které působí ve Zlínském kraji, realizují se v oblasti automobilního a strojírenského průmyslu a potřebují ke své práci 3D softwary. Obsah emailu je uveden v příloze P IV.

Na email odpovědělo z třiceti oslovených firem pouze dvanáct. Výsledky jsou zobrazeny v grafu.



Obrázek 173 Analýza trhu

Z grafu je patrné, že nejvíce využívanými softwary ve sledované oblasti jsou CATIA a SOLIDWORKS, což odpovídá i trendu u světových firem, např. CATIA se využívá v leteckém - Airbus, Boeing, Embraer, v automobilovém průmyslu - Audi, BMW, Fiat, Ford, atd. SOLIDWORKS je naopak nejvíce využíván firmami, které jsou napojeny na spotřební průmysl. Výhoda tohoto softwaru oproti ostatním je ve finanční dostupnosti. PROENGINEERING (CREO) je využíván v motocyklovém průmyslu. SOLID EDGE nalezneme ve firmách, které se zabývají konstrukcí strojírenských výrobků, plechových dílů. SOLID EDGE nalezneme ve firmách jako jsou Alfa Union, Dioss, Gerwah, Lekov. Software NX je využíván k obrábění a ke konstruování. NX je využíván například firmami Clean AIR, Gotec, Motor Jikov a jiné.

## ZÁVĚR

V teoretické části diplomové práce je popsáno konstrukční řešení vstříkovacích forem, kdy jsou uvedena základní řešení od technických údajů, která jsou potřebná pro konstrukci, až po odvzdušnění vstříkovací formy.

Dále byly v teoretické části popsány softwary, kterými se diplomová práce zabývá. Popis softwarů se zabýval obecnými informacemi a využitím pro konstrukci vstříkovacích forem. Tyto softwary mají své moduly, které jsou určeny právě pro konstrukci vstříkovacích forem. V softwaru CATIA V5 se tento modul nazývá Mold Tooling Design, v softwaru SOLID EDGE ST5 se nazývá Mold Tooling a u softwaru NX 8,5 Mold Wizard.

Praktická část práce byla zaměřena nejprve na popis zvolené součásti, kdy byl popsán materiál se základní charakteristikou, poté se práce věnovala zaformování chrániče a dále vtokovému systému. V závěru kapitoly se práce zabývala temperačním systémem pravé a levé strany.

V další kapitole byla popsána práce v softwarech. Popis byl zaměřen na vytvoření tvarové dutiny vstříkovací formy, vložení desek vstříkovací formy a vkládání konstrukčních prvků do vstříkovací formy.

V další části práce byly popsány klady a zápory použitých softwarů a taktéž bylo vytvořeno grafické znázornění dané vstříkovací formy. Samotný závěr práce se věnoval analýze trhu používaných softwarů v praxi.

V příloze diplomové práce jsou umístěny vstříkovací formy s popisem a grafickým znázorněním každého konstrukčního prvku (viz. Příloha PI, PII, PIII). Dále je umístěn v příloze česko – anglický slovník formařské terminologie.

Diplomová práce byla vytvořena za cílem posouzení CAD softwarů. Studium této problematiky mi umožnilo nabýt nové informace v oblasti konstruování vstříkovacích forem. Z mého pohledu hodnotím jako nejlepší software CATIA, který mě provázel celým studiem, a díky tomu se mi s tímto softwarem pracuje snadněji a lépe dokážu eliminovat a upravovat chyby, které při práci udělám.

Velmi kladně bych však také zhodnotil software NX. S tímto softwarem jsem se dostal do kontaktu pouze v jednom semestru, kde se řešila problematika obrábění. NX bych vyzvednul hlavně v jednoduchosti při konstruování vstříkovací formy. Líbí se mi grafické zpraco-

vání tohoto programu a také fakt, že při vkládání konstrukčních prvků se zobrazí náčrty prvku s potřebnými údaji.

Posledním hodnoceným softwarem je SOLID EDGE, ve kterém se mi pracovalo podstatně hůře. Se SOLID EDGE jsem se na vysoké škole setkal ve dvou semestrech, kde jsem se učil konstruování a následně vytvoření sestav a rozpohybování. Co se týká konstrukce vstříkovací formy, tak se mi zde hůře editovaly konstrukční prvky, následná úprava v deskách formy se vytvářela také obtížněji než v předchozích softwarech.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BOBČÍK, L a kolektiv. *FORMY PRO ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ I. DÍL - Vstřikování termoplastů 2. vydání*. BRNO: UNIPLAST, 1999 134 s.
- [2] *VSTŘIKOVACÍ FORMY – 1. Vtoková soustava* [online]. Liberec, 2010 [cit. 2013-11-23]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud\\_materialy/tzn/c8/VS.pdf](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c8/VS.pdf). Studijní materiály. Technická univerzita v Liberci.
- [3] *VSTŘIKOVACÍ FORMY* [online]. Brno, 2008 [cit. 2013-11-23]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni\\_soubory/htn\\_\\_tvareci\\_nastroje\\_vstrikovaci\\_formy\\_\\_zak.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni_soubory/htn__tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy__zak.pdf). Podklady pro cvičení. Vysoké učení technické v Brně.
- [4] BOBČÍK, L a kolektiv. *FORMY PRO ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ II. DÍL - Vstřikování termoplastů*. BRNO: UNIPLAST, 1999 214 s.
- [5] *TEMPERACE VSTŘIKOVACÍCH FOREM* [online]. Liberec, 2013 [cit. 2013-11-23]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud\\_materialy/tzn/8.pdf](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/8.pdf). Studijní materiály. Technická univerzita v Liberci.
- [6] *VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ* [online]. Liberec, 2008 [cit. 2013-11-23]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm). Skriptata. Technická univerzita v Liberci.
- [7] CATIA. *CATIA V5 - KONFIGURACE, PLATFORMY, MODULY* [online]. 2008 [cit. 2013-12-03]. Dostupné z: [http://jsworld.hyperlink.cz/prezentace/CATIA\\_01.htm](http://jsworld.hyperlink.cz/prezentace/CATIA_01.htm)
- [8] CATIA. [online]. 2009 [cit. 2013-12-04]. Dostupné z: <http://www.idiada.cz/catia.html>
- [9] CATIA V5. [online]. 2009 [cit. 2013-12-04]. Dostupné z: <http://www.idiada.cz/catia-v5.html>
- [10] CATIA V5. [online]. [cit. 2013-12-04]. Dostupné z: <http://www.technodat.cz/catia-v5>
- [11] *JAK VYPADÁ INTEGROVANÝ CAD/CAM/CAE SYSTÉM DNES*. [online]. 2002 [cit. 2013-12-04]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/jak-vypada-integrovaný-cad-cam-cae-system-dnes.html>

- [12] *VSTŘIKOVACÍ FORMY V SYSTÉMU CATIA*. [online]. 2001 [cit. 2013-12-04]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vstrikovaci-formy-v-systemu-catia.html>
- [13] *TOOLING DESIGN – INTELIGENTNÍ PROSTŘEDEK PRO NÁVRH FORMOVACÍCH NÁSTROJŮ*. [online]. 2009 [cit. 2013-12-04]. Dostupné z: <http://e-zin.technodat.cz/06-2009/03-tooling-design.html>
- [14] *CATIA PLM EXPRESS*. [online]. [cit. 2013-12-04]. Dostupné z: <http://www.technodat.cz/catia-plm-express>
- [15] *CATIA - CORE & CAVITY DESIGN 2 (CCV)*. [online]. [cit. 2013-12-04]. Dostupné z: [http://www.3ds.com/products-services/catia/portfolio/catia-v5/all-products/domain/Mechanical\\_Design/product/CCV/?cHash=cc6694ffa5c458f4d040a654a99ebfcd](http://www.3ds.com/products-services/catia/portfolio/catia-v5/all-products/domain/Mechanical_Design/product/CCV/?cHash=cc6694ffa5c458f4d040a654a99ebfcd)
- [16] *CORE & CAVITY DESIGN 2 (CCV)*. [online]. [cit. 2013-12-04]. Dostupné z: [http://www.idxsolutions.com/software\\_solutions/catia/v5/ccv/](http://www.idxsolutions.com/software_solutions/catia/v5/ccv/)
- [17] *SOLID EDGE*. [online]. 2013 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <http://www.tpvgroup.cz/solid-edge/solidedge-index.htm>
- [18] *SOLID EDGE. POPIS PRODUKTU* [online]. 2013 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <http://www.tpvgroup.cz/solid-edge/popis-produktu.htm>
- [19] *MANUFACTURING. SOLID EDGE ST, PART 2* [online]. 2009 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <http://www.cadalyst.com/manufacturing/software-review-solid-edge-st-part-2-11264>
- [20] *SOLID EDGE SE SYNCHRONNÍ TECHNOLOGIÍ* [online]. [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <http://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/1415-solid-edge-se-synchronni-technologie.html>
- [21] *SOLID EDGE. O SOLID EDGE* [online]. [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: [http://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/products/velocity/solidedge/overview/index.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/velocity/solidedge/overview/index.shtml)
- [22] *3D SOLID EDGE* [online]. [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <http://www.hsicom.cz/cs/cad/solid-edge>
- [23] *VSTŘIKOVACÍ FORMY* [online]. 2013 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <http://www.tpvgroup.cz/solid-edge/popis-produktu/vstrikovaci-formy.htm>



- [24] *KONSTRUKCE FOREM (SOLID EDGE MOLD TOOLING)* [online]. 2009 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <http://www.hsicom.cz/cs/cad/solid-edge/konstrukce-forem>
- [25] *SOLID EDGE MOLD TOOL* [online]. 2005 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/solid-edge-mold-tool.html>
- [26] *PLASTY - PLOCHY* [online]. 2013 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <http://www.tpvgroup.cz/solid-edge/popis-produktu/plasty---plochy.htm>
- [27] *NX CAX. SIEMENS NX* [online]. 2012 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <http://cad-fem.cz/softwareve-reseni/nx>
- [28] *NX. ABOUT NX SOFTWARE* [online]. 2013 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: [https://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/products/nx/about-nx-software.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/nx/about-nx-software.shtml)
- [29] *SIEMENS NX* [online]. 2013 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <http://plm.t-systems.cz/cad-cam/siemens-nx.html>
- [30] *NX PRO KONSTRUOVÁNÍ* [online]. 2013 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: [https://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/products/nx/for-design/index.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/nx/for-design/index.shtml)
- [31] *NX PRO SIMULACI* [online]. 2013 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: [https://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/products/nx/for-simulation/index.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/nx/for-simulation/index.shtml)
- [32] *NX PRO OBRÁBĚNÍ* [online]. 2013 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: [https://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/products/nx/for-manufacturing/index.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/nx/for-manufacturing/index.shtml)
- [33] *ROZHRANÍ MOLDEX 3D PRO NX* [online]. [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <http://www.cad.cz/component/content/article/2397.html>
- [34] *PRODUKTIVNÍ KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM* [online]. 2005 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/produktivni-konstrukce-vstrikovacich-forem.html>
- [35] *NÁVRH FOREM NX* [online]. 2013 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: [http://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/products/nx/for-manufacturing/tooling-fixture-design/mold-design.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/nx/for-manufacturing/tooling-fixture-design/mold-design.shtml)
- [36] *TVORBA FOREM "LEVOU ZADNÍ"* [online]. 2010 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/tvorba-forem-levou-zadni.html>

- [37] *HOCKEYLAND* [online]. 2014 [cit. 2014-3-10]. Dostupné z: [http://www.hockeyland.cz/hokejove\\_chranice\\_loktu\\_jofa\\_6500.html](http://www.hockeyland.cz/hokejove_chranice_loktu_jofa_6500.html)
- [38] *PE* [online]. 2011 [cit. 2014-3-10]. Dostupné z: [http://thd.awebdesign.cz/soubory/files/plasty/pe\\_pp.pdf](http://thd.awebdesign.cz/soubory/files/plasty/pe_pp.pdf)
- [39] *CAMPUS DATASHEET / GUR GHR 8110* [online]. 2014 [cit. 2014-3-10]. Dostupné z: <http://www.campusplastics.com/campus/en/datasheet/GUR+GHR+8110/Ticona/163/dfa0a653/SI?pos=0>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAE	Computer Aided Engineering
FEM	Finite Element Method
NC	Numerical Control
DMU	Digital Mock – up
DXF	Data eXchange Format
AME	Advanced Modeling Extension
AEC	Architecture Engineering Construction

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1</i> Technické údaje potřebné pro konstrukci a výrobu forem [1].....	13
<i>Obrázek 2</i> Vstřikovací forma – popis hlavních částí [3] .....	18
<i>Obrázek 3</i> Průběh smrštění výstřiku [1, 3].....	20
<i>Obrázek 4</i> Vliv jednotlivých činitelů na velikost smrštění [1, 3] .....	20
<i>Obrázek 5</i> Vliv jednotlivých činitelů na velikost smrštění [2] .....	21
<i>Obrázek 6</i> Symetrické uspořádání rozvodných kanálů [2].....	22
<i>Obrázek 7</i> průřezy vtokových kanálů [3].....	22
<i>Obrázek 8</i> odstupňované průřezy kanálů [2, 3] .....	22
<i>Obrázek 9</i> Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků [3, 4] .....	25
<i>Obrázek 10</i> Vyhazování pomocí stíracího systému [3, 4] .....	25
<i>Obrázek 11</i> Vyhazování pomocí pneumatického systému [3, 4] .....	26
<i>Obrázek 12</i> Rozmístění temperančních kanálů [3, 4].....	27
<i>Obrázek 13</i> Místa uzavřeného vzduchu [3, 4] .....	29
<i>Obrázek 14</i> Princip „škálovatelnosti“ [7] .....	31
<i>Obrázek 15</i> Skupina mechanická konstrukce (Mechanical Design) [vlastní zpracování].....	33
<i>Obrázek 16</i> Skupina inženýrské analýzy (Analysis & Simulation) [vlastní zpracování].....	33
<i>Obrázek 17</i> Skupina vnitřní zařízení a systémy (Equipment & Systems) [vlastní zpracování].....	34
<i>Obrázek 18</i> Skupina NC obrábění (Machining) [vlastní zpracování].....	35
<i>Obrázek 19</i> Skupina syntéza produktu (Digital Mockup) [vlastní zpracování] .....	36
<i>Obrázek 20</i> Skupina tvarování a styling (shape) [vlastní zpracování] .....	36
<i>Obrázek 21</i> Skupina infrastruktura systému (Infrastructure) [vlastní zpracování] .....	37
<i>Obrázek 22</i> Vstřikovací forma [vlastní zpracování].....	38
<i>Obrázek 23</i> Modul pro vytvoření dutiny vstřikovací formy [vlastní zpracování].....	39
<i>Obrázek 24</i> Znárodnění Synchronní technologie vůči ostatním modelováním [20].....	40
<i>Obrázek 25</i> Vstřikovací forma v programu Solid Edge [24].....	45
<i>Obrázek 26</i> Vstřikovací forma v programu NX [36] .....	48
<i>Obrázek 27</i> Chráníč loktu [37].....	52
<i>Obrázek 28</i> Plastový chráníč.....	52
<i>Obrázek 29</i> Zaformování tvarové vložky v tvarové desce (zkosení) .....	53
<i>Obrázek 30</i> Vtokový systém chrániče loktu .....	54

<i>Obrázek 31</i>	<i>Temperační systém pravé strany chrániče loktu</i>	54
<i>Obrázek 32</i>	<i>Temperační systém pravé strany chrániče loktu</i>	55
<i>Obrázek 33</i>	<i>Temperační systém levé strany chrániče loktu [vlastní zpracování]</i>	55
<i>Obrázek 34</i>	<i>Temperační systém levé strany chrániče loktu</i>	55
<i>Obrázek 35</i>	<i>Vložení nového Geometrical set tvárníku</i>	56
<i>Obrázek 36</i>	<i>Spojení ploch tvárníku příkazem Join</i>	57
<i>Obrázek 37</i>	<i>Otvory na plošném chrániči</i>	57
<i>Obrázek 38</i>	<i>Použití příkazu Boundery</i>	57
<i>Obrázek 39</i>	<i>Zaplnění otvoru příkazem Fill</i>	58
<i>Obrázek 40</i>	<i>Kontrola spojených ploch příkazem Boundary</i>	58
<i>Obrázek 41</i>	<i>Vytvořené obrysy</i>	58
<i>Obrázek 42</i>	<i>Vytažení obrysu příkazem Extrude</i>	59
<i>Obrázek 43</i>	<i>Vytažení hran příkazem Extrude</i>	59
<i>Obrázek 44</i>	<i>Spojení ploch příkazem Join</i>	59
<i>Obrázek 45</i>	<i>Vytvoření Sketch</i>	60
<i>Obrázek 46</i>	<i>Vytáhnutí Sketch do obou směrů příkazem Extrude</i>	60
<i>Obrázek 47</i>	<i>Oříznutí ploch příkazem Trim</i>	60
<i>Obrázek 48</i>	<i>Vyplnění dna příkazem Fill</i>	61
<i>Obrázek 49</i>	<i>Spojení ploch příkazem Join</i>	61
<i>Obrázek 50</i>	<i>Nastavení nové Part body</i>	61
<i>Obrázek 51</i>	<i>Převedení v objem příkazem Closesurface</i>	62
<i>Obrázek 52</i>	<i>Tvárník převedený v objem</i>	62
<i>Obrázek 53</i>	<i>Tvárník</i>	62
<i>Obrázek 54</i>	<i>Vložení nového Geometrical set tvárnice</i>	63
<i>Obrázek 55</i>	<i>Spojení ploch tvárnice příkazem Join</i>	63
<i>Obrázek 56</i>	<i>Vytvoření Sketch</i>	63
<i>Obrázek 57</i>	<i>Vysunutí Sketch příkazem Extrude</i>	64
<i>Obrázek 58</i>	<i>Oříznutí Sketch příkazem Trim</i>	64
<i>Obrázek 59</i>	<i>Oříznutá plošná tvárnice</i>	64
<i>Obrázek 60</i>	<i>Vysunutí obrysů a hran příkazem Extrude</i>	64
<i>Obrázek 61</i>	<i>Oříznutí přesahů příkazem Trim</i>	65
<i>Obrázek 62</i>	<i>Oříznutá plošná tvárnice</i>	65
<i>Obrázek 63</i>	<i>Vytvoření Sketch</i>	65

<i>Obrázek 64 Vysunutí Sketch příkazem Extrude</i> .....	66
<i>Obrázek 65 Oříznutí vysunutí příkazem Trim</i> .....	66
<i>Obrázek 66 Vyplnění tvárnice příkazem Fill</i> .....	66
<i>Obrázek 67 Převedení tvárnice na objem</i> .....	67
<i>Obrázek 68 Tvárnice</i> .....	67
<i>Obrázek 69 Spojení ploch slideru příkazem Join</i> .....	67
<i>Obrázek 70 Vyplnění vnitřního otvoru příkazem Fill</i> .....	68
<i>Obrázek 71 Vyplnění vnitřního otvoru příkazem Fill</i> .....	68
<i>Obrázek 72 Vytažení profilu příkazem Extrude</i> .....	68
<i>Obrázek 73 Vytvoření nové roviny</i> .....	68
<i>Obrázek 74 Oříznutí profilu příkazem Split</i> .....	69
<i>Obrázek 75 Vytažení profilu příkazem Extrude</i> .....	69
<i>Obrázek 76 Nově vytvořená plocha příkazem Join</i> .....	69
<i>Obrázek 77 Oříznutí plochy příkazem Trim</i> .....	70
<i>Obrázek 78 Oříznutí přesahů příkazem Trim</i> .....	70
<i>Obrázek 79 Tělo slideru tvořeno z ploch</i> .....	70
<i>Obrázek 80 Oříznutí těla slideru příkazem Split</i> .....	70
<i>Obrázek 81 Vyplnění konce slideru příkazem Fill</i> .....	71
<i>Obrázek 82 Slider v plochách</i> .....	71
<i>Obrázek 83 Slidery v plochách</i> .....	71
<i>Obrázek 84 Slidery v objem</i> .....	71
<i>Obrázek 85 Slider</i> .....	71
<i>Obrázek 86 Vložení vstřikovací formy</i> .....	72
<i>Obrázek 87 Vložení vstřikovací formy</i> .....	72
<i>Obrázek 88 Vkládání vytvořené součásti pomocí Existing Component</i> .....	73
<i>Obrázek 89 Tabulka pro vkládání konstrukčních prvků</i> .....	74
<i>Obrázek 90 Tabulka pro vkládání konstrukčních prvků</i> .....	74
<i>Obrázek 91 Body, které již jsou vytvořeny v deskách</i> .....	75
<i>Obrázek 92 Vytvořený bod v Part Body desky</i> .....	75
<i>Obrázek 93 Vyplnění tabulky pro vložení konstrukčního prvku</i> .....	76
<i>Obrázek 94 Změna rozměrů konstrukčního prvku</i> .....	76
<i>Obrázek 95 Změna nebo úprava konstrukčního prvku</i> .....	77
<i>Obrázek 96 Hlavní obrazovka HASCO DAKO</i> .....	77

<i>Obrázek 97</i> <i>Obrazovka normalizovaných prvků</i> .....	78
<i>Obrázek 98</i> <i>Obrazovka skupiny odformovat</i> .....	78
<i>Obrázek 99</i> <i>Obrazovka skupiny Side elements</i> .....	78
<i>Obrázek 100</i> <i>Obrazovka skupiny Side units</i> .....	79
<i>Obrázek 101</i> <i>Obrazovka skupiny Z187 – Z1893</i> .....	79
<i>Obrázek 102</i> <i>Obrazovka prvku Z1880 Slide modular system</i> .....	79
<i>Obrázek 103</i> <i>Obrazovka opracování</i> .....	80
<i>Obrázek 104</i> <i>Obrazovka znázornění</i> .....	80
<i>Obrázek 105</i> <i>Shrnutí vybraného prvku</i> .....	80
<i>Obrázek 106</i> <i>Okno WorldCAT - CIF</i> .....	81
<i>Obrázek 107</i> <i>Vybrat software</i> .....	81
<i>Obrázek 108</i> <i>Co importovaným prvek dělat</i> .....	81
<i>Obrázek 109</i> <i>Vytvoření nového Project</i> .....	83
<i>Obrázek 110</i> <i>Vložení chrániče</i> .....	83
<i>Obrázek 111</i> <i>Vytvoření nového Part pro slidery</i> .....	84
<i>Obrázek 112</i> <i>Vytvoření plošného chrániče</i> .....	84
<i>Obrázek 113</i> <i>Vytvoření vnitřní plochy</i> .....	84
<i>Obrázek 114</i> <i>Vytvoření těla Slideru</i> .....	85
<i>Obrázek 115</i> <i>Vytažení těla Slideru</i> .....	85
<i>Obrázek 116</i> <i>Vytvořené tělo Slideru</i> .....	85
<i>Obrázek 117</i> <i>Vytvoření druhé části Slideru</i> .....	86
<i>Obrázek 118</i> <i>Vytvořené Slidery</i> .....	86
<i>Obrázek 119</i> <i>Nástroj Slides</i> .....	86
<i>Obrázek 120</i> <i>Nástroj Parting Line</i> .....	87
<i>Obrázek 121</i> <i>Nástroj Parting Surface</i> .....	87
<i>Obrázek 122</i> <i>Úprava dělicí roviny</i> .....	88
<i>Obrázek 123</i> <i>Vytvoření dutiny vstříkovací formy</i> .....	88
<i>Obrázek 124</i> <i>Zadání rozměrů tvarových vložek</i> .....	89
<i>Obrázek 125</i> <i>Dutina vstříkovací formy</i> .....	89
<i>Obrázek 126</i> <i>Dutina vstříkovací formy s deskami</i> .....	89
<i>Obrázek 127</i> <i>Výběr vstříkovací formy</i> .....	90
<i>Obrázek 128</i> <i>Volba rozměrů vstříkovací formy</i> .....	90
<i>Obrázek 129</i> <i>Editace rozměrů vstříkovací formy</i> .....	90

<i>Obrázek 130 Vložení konstrukčních prvků .....</i>	90
<i>Obrázek 131 Výběr rozměru konstrukčních prvků .....</i>	91
<i>Obrázek 132 Vytvoření pohledů .....</i>	91
<i>Obrázek 133 Výběr skupiny .....</i>	92
<i>Obrázek 134 Výběr prvku .....</i>	92
<i>Obrázek 135 Výběr firmy a typu .....</i>	92
<i>Obrázek 136 Výběr rozměru prvku .....</i>	92
<i>Obrázek 137 Umístění prvku dle souřadnic .....</i>	92
<i>Obrázek 138 Umístění prvku dle Sketch .....</i>	92
<i>Obrázek 139 Vytvořená Sketch pro vložení prvku .....</i>	93
<i>Obrázek 140 Nástroj Initialize Project .....</i>	94
<i>Obrázek 141 Nástroj Workpiece .....</i>	95
<i>Obrázek 142 Vytvořená kostka s chráničem .....</i>	95
<i>Obrázek 143 Nástroj Check Regions .....</i>	96
<i>Obrázek 144 Vytvořená Sketch pro oříznutí plošného chrániče .....</i>	96
<i>Obrázek 145 Nástroj Divide Face .....</i>	97
<i>Obrázek 146 Nástroj Patch Surfaces .....</i>	97
<i>Obrázek 147 Nástroj Define Regions .....</i>	98
<i>Obrázek 148 Nástroj Define Regions .....</i>	98
<i>Obrázek 149 Vytvoření Guide Line .....</i>	99
<i>Obrázek 150 Oprava Guide Line .....</i>	99
<i>Obrázek 151 Vytvořená Guide Line .....</i>	100
<i>Obrázek 152 Vytvoření dělicí roviny .....</i>	100
<i>Obrázek 153 Vytvořená dělicí roviny .....</i>	101
<i>Obrázek 154 Vytvoření tvárnice .....</i>	101
<i>Obrázek 155 Vytvořená tvárnice .....</i>	102
<i>Obrázek 156 Vytvořená dutina vstříkovací formy .....</i>	102
<i>Obrázek 157 Vytvoření vstříkovací formy .....</i>	103
<i>Obrázek 158 Editace desek vstříkovací formy .....</i>	103
<i>Obrázek 159 Editace konstrukčních prvků vložených zároveň s deskami .....</i>	104
<i>Obrázek 160 Vložení konstrukčních prvků .....</i>	105
<i>Obrázek 161 Nástroj Pocket .....</i>	106
<i>Obrázek 162 Vložení konstrukčních prvků přes software HASCO DAKO .....</i>	106



---

<i>Obrázek 163 Vložení konstrukčních prvků přes software HASCO DAKO.....</i>	<i>107</i>
<i>Obrázek 164 Pravá strana vstříkovací formy v softwaru CATIA.....</i>	<i>109</i>
<i>Obrázek 165 Levá strana vstříkovací formy v softwaru CATIA.....</i>	<i>109</i>
<i>Obrázek 166 Vyhazovací systém vstříkovací formy v softwaru CATIA.....</i>	<i>110</i>
<i>Obrázek 167 Pravá strana vstříkovací formy v softwaru SOLID EDGE.....</i>	<i>111</i>
<i>Obrázek 168 Levá strana vstříkovací formy v softwaru SOLID EDGE.....</i>	<i>111</i>
<i>Obrázek 169 Vyhazovací systém vstříkovací formy v softwaru SOLID EDGE.....</i>	<i>112</i>
<i>Obrázek 170 Pravá strana vstříkovací formy v softwaru NX.....</i>	<i>113</i>
<i>Obrázek 171 Levá strana vstříkovací formy v softwaru NX.....</i>	<i>113</i>
<i>Obrázek 172 Vyhazovací systém vstříkovací formy v softwaru NX.....</i>	<i>114</i>
<i>Obrázek 173 Analýza trhu.....</i>	<i>116</i>

## SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Srovnání softwarů</i> .....	115
--	-----

**SEZNAM PŘÍLOH**

P I (CD): VYTVOŘENÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY V SOFTWARE CATIA V5

P II (CD): VYTVOŘENÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY V SOFTWARE SOLID EDGE ST5

P III (CD): VYTVOŘENÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY V SOFTWARE NX 8,5

P IV (CD): DOTAZNÍK

P V (CD): ČESKO – ANGLICKÝ SLOVNÍK FORMAŘSKÉ TERMINOLOGIE

P VI CD