

# Konstrukce vstřikovací formy pro díl přístrojové desky automobilu

Adam Suchomela

---

Bakalářská práce  
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Adam Suchomela**  
Osobní číslo: **T15624**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro díl přístrojové desky automobilu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Nakreslete model plastového dílu ve 3D.
3. Nakreslete sestavu vstřikovací formy zadaného dílu.
4. Nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy.

Rozsah bakalářské práce:  
Rozsah příloh:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:  
**Dle doporučení vedoucího bakalářské práce**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vojtěch Šenkeřík**  
Ústav výrobního inženýrství  
Datum zadání bakalářské práce: **8. ledna 2016**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2016**

Ve Zlíně dne 3. února 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



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

Příjmení a jméno: Adam Suchomela

Obor: Technologická zařízení

## 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, považuji 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 16.5.2016

.....

<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 nevydávěčně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je konstrukce vstřikovací formy pro díl přístrojové desky automobilu. Práce je rozdělena na dvě části. Teoretická část se zabývá teoretickým řešením vstřikovací formy a samotného vstřikování plastů do dutiny formy. V praktické části je zhotoven 3D model vstřikovací formy v programu CATIA V5R19. Pro konstrukci byly použity normalizované součásti od firmy Hasco.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, 3D model

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis is the design of injection molds for automobile dashboard part. The work is divided into two parts. The theoretical part deals with the theoretical solution injection molds and plastic injection molding itself into the mold cavity. In the practical part is constructed 3D model of the injection mold CATIA V5R19. For construction of the standard parts used from Hasco.

Keywords: injection molding, injection mold, 3D model

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Vojtěchovi Šenkeříkovi za cenné rady, připomínky a čas, který mi věnoval při vypracování této práce.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 ROZDĚLENÍ A CHARAKTERISTIKA POLYMERŮ</b> .....	<b>12</b>
1.1 PLASTY .....	12
1.2 ELASTOMERY .....	12
1.2.1 Termoplasty.....	13
1.2.2 Reaktoplasty .....	13
1.2.3 Kaučuky, pryže a elastomery .....	14
1.2.4 Termoplastické elastomery .....	14
1.2.5 Další rozdělení polymerů .....	15
<b>2 VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>16</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	16
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	17
2.2.1 Vstřikovací jednotka .....	18
<b>3 VSTŘIKOVACÍ FORMA A JEJÍ ČÁSTI</b> .....	<b>19</b>
3.1 DRUHY VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	20
3.2 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY.....	21
3.2.1 Mechanické vyhazování.....	21
3.2.2 Pneumatické (vzduchové) vyhazování.....	23
3.2.3 Hydraulické vyhazování.....	23
3.3 VTKOVÉ SOUSTAVY .....	23
3.3.1 Studené vtokové systémy .....	23
3.3.2 Vtoková ústí .....	26
3.3.3 Vyhřívané vtokové systémy .....	28
3.3.4 Vyhřívané trysky .....	29
3.3.5 Vytápěné rozvodové bloky .....	29
3.4 TEMPERACE FOREM.....	30
3.4.1 Obecné zásady volby temperačních kanálů .....	30
3.4.2 Temperační prostředky.....	31
3.5 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	32
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>33</b>
<b>4 ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>34</b>
<b>5 POUŽITÝ SOFTWARE</b> .....	<b>35</b>
5.1 CATIA V5R19 .....	35
5.2 HASCO – DAKO MODUL R2/2012 .....	36
5.3 AUTODESK SIMULATION MOLDFLOW .....	36
<b>6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK</b> .....	<b>37</b>
6.1 CHARAKTERISTIKA VÝROBKU .....	37
6.2 MATERIÁL VÝROBKU .....	38
<b>7 VSTŘIKOVACÍ STROJ</b> .....	<b>39</b>
<b>8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY</b> .....	<b>40</b>



8.1	NÁSOBNOST FORMY .....	40
8.2	DĚLÍCI ROVINA .....	41
8.3	TECHNOLOGICKÁ ANALÝZA .....	42
8.4	PRAVÁ STRANA FORMY .....	43
8.5	KOMBINACE HORKÉHO A STUDENÉHO VTOKU .....	44
8.6	LEVÁ STRANA FORMY .....	45
8.7	TVÁRNÍK A TVÁRNICE .....	46
8.8	TEMPERACE TVÁRNÍKU, TVÁRNICE A TVAROVÝCH JADER .....	47
8.9	TVAROVÁ JÁDRA .....	49
8.10	VYHAZOVACÍ SYSTÉM .....	51
8.11	ODVZDUŠNĚNÍ.....	52
8.12	TRANSPORTNÍ SYSTÉM .....	52
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>54</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>55</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>		<b>56</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>57</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>59</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>		<b>60</b>

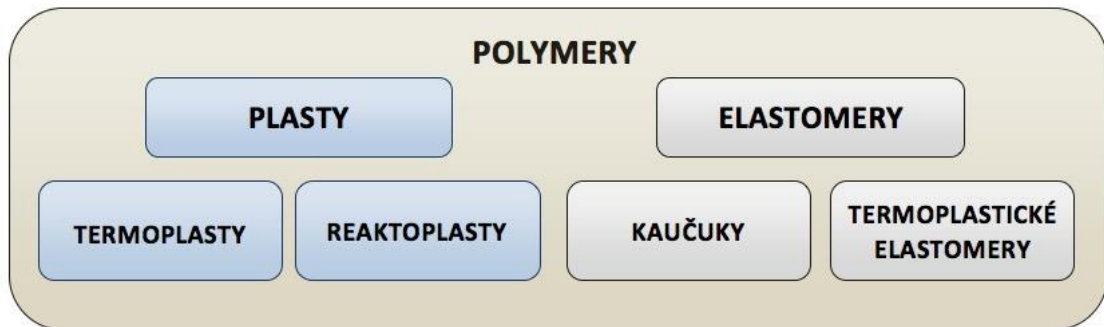
## ÚVOD

První plast byl objeven Angličanem Alexanderem Parkesem v roce 1855. V té době nahradil plastem slonovinu. O půl století později následuje objevení prvního plně syntetického platu - bakelitu. Prudký rozmach výzkumů i výroby začal ve 30. letech minulého století. Velká část z nich se používá do dnes. Dalším větším mezníkem v dějinách „umělé hmoty“ dochází po II. světové válce, kdy plast začíná sloužit coby levná náhrada klasických materiálů dřevo, sklo apod. Plasty mají velkou variabilitu vlastností, jsou velmi dobře zpracovatelné a hodí se pro sériovou výrobu. Je to moderní technický materiál s nízkou cenou a zpracováním. V dnešní době jsou vyráběny tvarem velmi složité dílce, které by vyrobené z jiných materiálů byly váhově velmi těžké a tím i drahé. V mnoha případech by ani nešly vyrobit. Pro jejich dobrou zpracovatelnost a energetickou nenáročnost jsou vhodné pro masovou výrobu. (vstříkování, lití, vyfukování, apod.). Díky tomu našly oblibu a použití ve všech průmyslových oblastech i domácnostech. Z různých plastů se vyrábí i slitiny - tzv. polymerní směsi, které nacházejí využití v automobilovém průmyslu, v elektronice nebo elektrotechnice, ve výpočetní a sdělovací technice.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 ROZDĚLENÍ A CHARAKTERISTIKA POLYMERŮ

Polymery se dělí dle několika kritérií. Základní skupiny jsou plasty a elastomery, viz obr. 1. [1]



Obr. 1 Základní rozdělení polymerů [1]

## 1.1 Plasty

Plasty jsou polymery, u nichž vnější namáhání způsobuje deformace převážně nevratného (trvalého) charakteru. Za normálních podmínek jsou většinou tvrdé, často i křehké. Dále jsou děleny na termoplasty a reaktoplasty, záleží však na chování při zahřívání. [1]

## 1.2 Elastomery

Jak název napovídá, elastomery jsou vysoce pružné (elastické) materiály s nízkou tuhostí, které se mohou malou silou za běžných podmínek značně deformovat bez porušení (viz obr. 2). Tyto deformace jsou převážně vratné. Kaučuky jsou typickým představitelem, z nichž se vulkanizací (řídším zesítním, nejčastěji sírou) vyrábí pryž – vysoce pružný materiál, který je odolný trvalé deformaci. Vulkanizovaný elastomer je pryž a ta je charakterizována chemickými (příčnými) vazbami mezi makromolekulami, které tvoří uzly prostorové sítě. Amorfním polymerem je v důsledku zesítnění. [1]



Obr. 2 Chování polymerů při mechanickém namáhání plast (vlevo), elastomer (vpravo) [1]

### 1.2.1 Termoplasty

Termoplasty jsou materiály, které měknou při zahřívání (přechází do plastického stavu) a lze je tvářet. Zahříváním nad teplotu tání přechází do oblasti taveniny a do tuhého stavu přechází zpětným ochlazením pod tuto teplotu. Chemická struktura se během jejich zpracování nemění a při zahřívání neprobíhá chemická reakce. Proces měknutí a tuhnutí je vratný (lze jej teoreticky opakovat do nekonečna). Změnami, kterými materiál prochází, mají pouze fyzikální charakter. Termoplasty mohou být amorfní i semikrystalické. Charakteristickými představiteli jsou polypropylen (PP), polyethylen (PE), polyvinylchlorid (PVC), polystyren (PS), polyoxymethylen (POM), polymethyl-methakrylát (PMMA) apod. Příklady aplikací jsou uvedeny na obr. 3a. [1]

### 1.2.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty jsou materiály, které jdou jen určitou dobu po zahřátí tvarovat a tavit. K chemické změně dochází při dalším zahřívání (také pomocí katalyzátorů). Původní molekuly se síťují. Od této chvíle jsou netavitelné a také nerozpustné. Vytvrzování je název pro chemickou reakci, která způsobuje vznik zesíťované struktury. S vytvrzeným materiálem již nelze dále tvarovat ani svařovat znovu roztavit. Je to nevratný proces. Reaktoplasty jsou amorfní polymery. Výrobky z nich se charakterizují značnou tepelnou a chemickou odolností, tuhostí a tvrdostí. U reaktoplastů je pryskyřice obvyklý název pro produkt v nevytvrzeném stavu, např. epoxidová pryskyřice (EP), fenol-formaldehydová pryskyřice (PF), polyesterová pryskyřice (UP) apod. Příklady aplikací jsou znázorněny na obr. 3b. [1]



Obr. 3 Příklady aplikací termoplastů (a) a reaktoplastů (b) [1]

### 1.2.3 Kaučuky, pryže a elastomery

Jsou to polymerní materiály, které v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, ale jen omezenou dobu. K chemické reakci dochází během dalšího zahřívání - prostorové zesíťování struktury, probíhá tzv. vulkanizace. Nedochozí ke změnám chemické struktury u elastomerů na bázi termoplastů. Proces měknutí a následného tuhnutí lze opakovat teoreticky bez omezení, probíhá zde pouze fyzikální děj. [2]

### 1.2.4 Termoplastické elastomery

Termoplastické elastomery (TPE) jsou vlastnostmi velmi podobné pryžím. Struktura TPE je tvořena tvrdými a měkkými segmenty. Elastomery tvoří měkké segmenty, termoplasty tvrdé segmenty, které vytváří uzly sítě. TPE mají zesíťovanou strukturu. Na rozdíl od pryží zvyšováním teploty přechází do tekutého stavu a mohou se zpracovávat podobně jako termoplasty. Základní rozdíl mezi TPE a pryžemi se liší rozdílem ve vlastnostech uzlů sítě, které jsou u TPE povahy fyzikální a vytváří je obvykle určité množství nesmíselných termoplastických segmentů rozptýlených ve spojitě elastomerní fázi, zatím co u pryží jsou (po vulkanizaci kaučuku) chemické povahy. Oproti pryžím termoplastické elastomery nedosahují takových elastických vlastností, ale jejich výhodou je možnost opětovného zpracování (recyklace) a také možnost vstřikování na běžných strojích určených pro termoplasty. Příklady aplikací termoplastických elastomerů a pryží jsou uvedeny na obr. 4. [1]



Obr. 4 Příklady aplikací pryží (a) a termoplastických elastomerů (b) [1]

### 1.2.5 Další rozdělení polymerů

Polymery se rozdělují podle následujících kritérií: složení, původu, chemické příbuznosti, chemické reakce jejich přípravy, molekulární struktury nebo podle uspořádanosti makromolekul na nadmolekulární úrovni. Dělí se také podle polaritý na polární a nepolární. Další možnost kategorizace polymerních materiálů vychází z jejich postavení na trhu. Podle toho se rozlišují tři skupiny plastů.

Komoditní plasty (plasty pro široké použití), které tvoří největší objem výroby i spotřeby a zároveň jsou nejlevnějšími polymery. Do této skupiny patří především čtyři základní skupiny polymerů: polypropylen (PP), polystyren (PS) včetně jeho kopolymerů, polyethylen (PE) a polyvinylchlorid (PVC). Druhou velkou skupinou polymerů jsou tzv. inženýrské plasty pro konstrukční aplikace, nabízející daleko lepší užitné vlastnosti a často také zjevně vyšší teplotní odolnost. Pro výborné modifikační vlastnosti polypropylenu (PP) lze tento materiál řadit i do této skupiny polymerů. Třetí skupinou jsou tzv. high-tech polymery (speciální polymery). Ty nabízejí jedinečné vlastnosti a jsou určeny pro špičkové aplikace. [1]

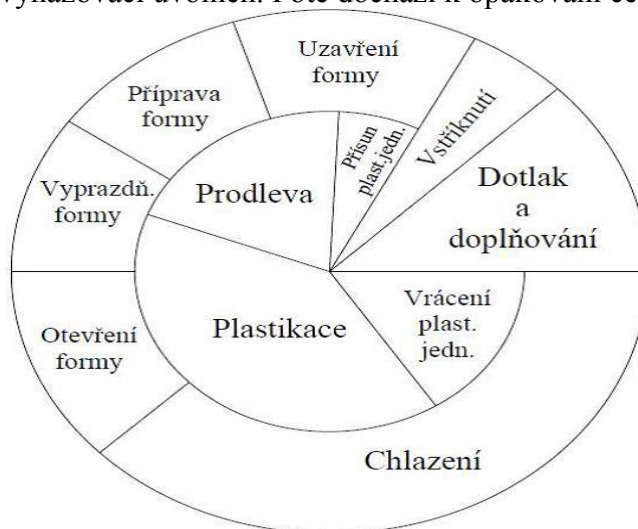
## 2 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikováním se vyrábějí výrobky, které mohou být polotovary nebo díly stavebnice pro další sestavení samotného celku nebo mají charakter finálního výrobku. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností fyzických a mechanických vlastností. Na zpracování plastů je nejrozšířenější technologií technologie vstřikování. Je to proces cyklický a diskontinuální. Téměř všechny druhy termoplastů lze vstřikováním zpracovat. I některé reaktoplasty a kaučuky se vstřikují v omezené míře. [3]

Nejvíce rozšířený způsob výroby plastových dílů je vstřikování. Je to poměrně složitý fyzikální proces. Na této operaci se podílí vstřikovací stroj, vstřikovací forma a polymer. Roztavený plast ve vstřikovacím stroji je v průběhu vstřikování dopravován do dutiny formy a tam se ochlazuje do předepsaného tvaru vyráběné součásti. [4]

### 2.1 Vstřikovací cyklus

Postup vstřikování: polymer v podobě granulátu se nasype do násypky. Z násypky je odebírán pohyblivou částí vstřikovacího stroje (šnekem, pístem) a takto je granulát dopraven do tavicí komory. Zde polymer taje účinkem tepla a tření a mění se v taveninu. Tímto procesem zpracovaný granulát je vstřikován do dutiny formy, tak dlouho dokud nezaplňuje její tvar. Poté následuje tlaková fáze pro snížení smrštění a rozměrových změn. Forma přebírá teplo polymeru a ten ochlazením ztuhne v konečný výrobek. Na konci procesu se forma otevře a výrobek je vyhazovači uvolněn. Poté dochází k opakování celého cyklu. [3]



Obr. 5 Cyklus formy (vnější kruh),  
cyklus vstřikovacího stroje (vnitřní kruh) [3]



## 2.2 Vstřikovací stroj

Proces vstřikování probíhá na moderních strojích plně automaticky. Tím je zajištěna vyšší produktivita práce. Nevýhodou strojního zařízení se vstřikovací formou je velmi vysoká pořizovací cena. Proto se tato technologie hodí spíše pro velkosériové a hromadné výroby. Schéma vstřikovacího stroje představuje jeho složení: Skládá se ze vstřikovací a uzavírací jednotky, řízení a regulace. Výrobci vstřikovacích strojů dokážou vyrobit a vybavit stroj dle požadavků zákazníka. Například tak, aby plnil funkci částečně nebo plně automatizované výroby. V jejich výbavě jsou např. roboti, temperační zařízení, různé manipulátory, sušárny, mlýny, dopravníky pro výrobky, dávkovací a mísící zařízení, atd. [2]

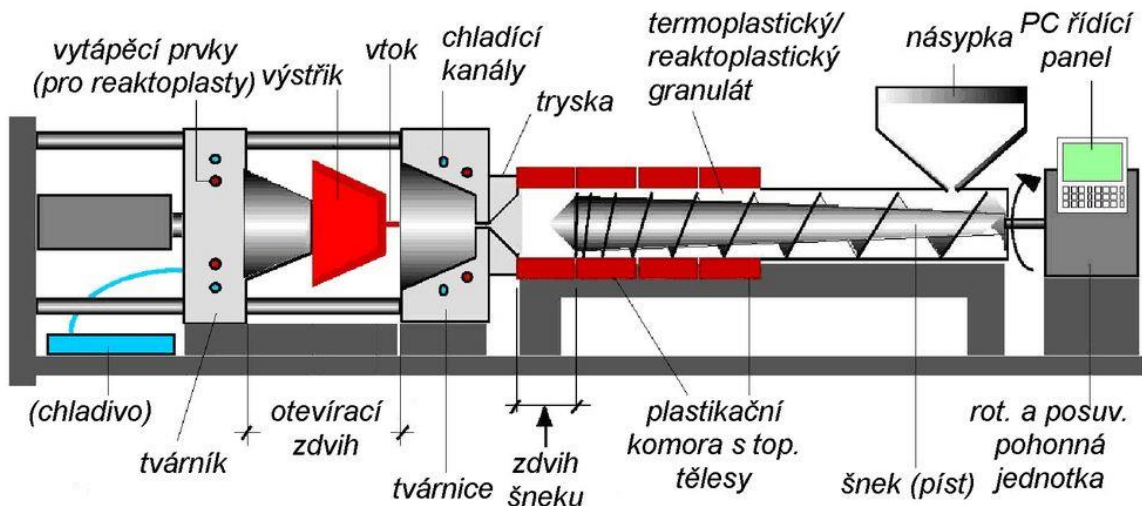


Schéma vstřikovacího stroje

Obr. 6 Schéma vstřikovacího stroje [3]

Elektrické stroje patří mezi nejpoužívanější v dnešní době. Nahradily dříve používané hydraulicko – mechanické a hydraulické stroje, které měly různé stavebnicové uspořádání elektrického řízení.

Pro vstřikovací stroj přesného vstřikování je požadováno:

- aby byl pevný a přesný při vstřiku,
- měl konstantní teplotu, tlak, rychlost a jejich časování,
- měl přesnou opakovatelnost technologických parametrů. [3,4]

### 2.2.1 Vstřikovací jednotka

Její úlohou v procesu je dopravení optimálního množství roztaveného granulátu do formy. Granulát musí splňovat předepsané technologické parametry. Optimální množství dopravené taveniny do formy je 80%. Již při vstřiku nesmí překročit 90% její kapacity při jednom zdvihu. Zde je nutná rezerva pro doplnění úbytku taveniny při ochlazování (smrštění).

Vstřikovací jednotka pracuje tak, že z násypky pohybem šneku je do tavného válce dopravován zpracovaný granulát. Ten je posouván šnekem do vstupního, přechodového a výstupního pásma. Je zde možná změna otáček. Zpracovaný granulát se hromadí před šnekem, kde se postupně dále zpracovává a homogenizuje. Zároveň se šnek stahuje do polohy vzadu.

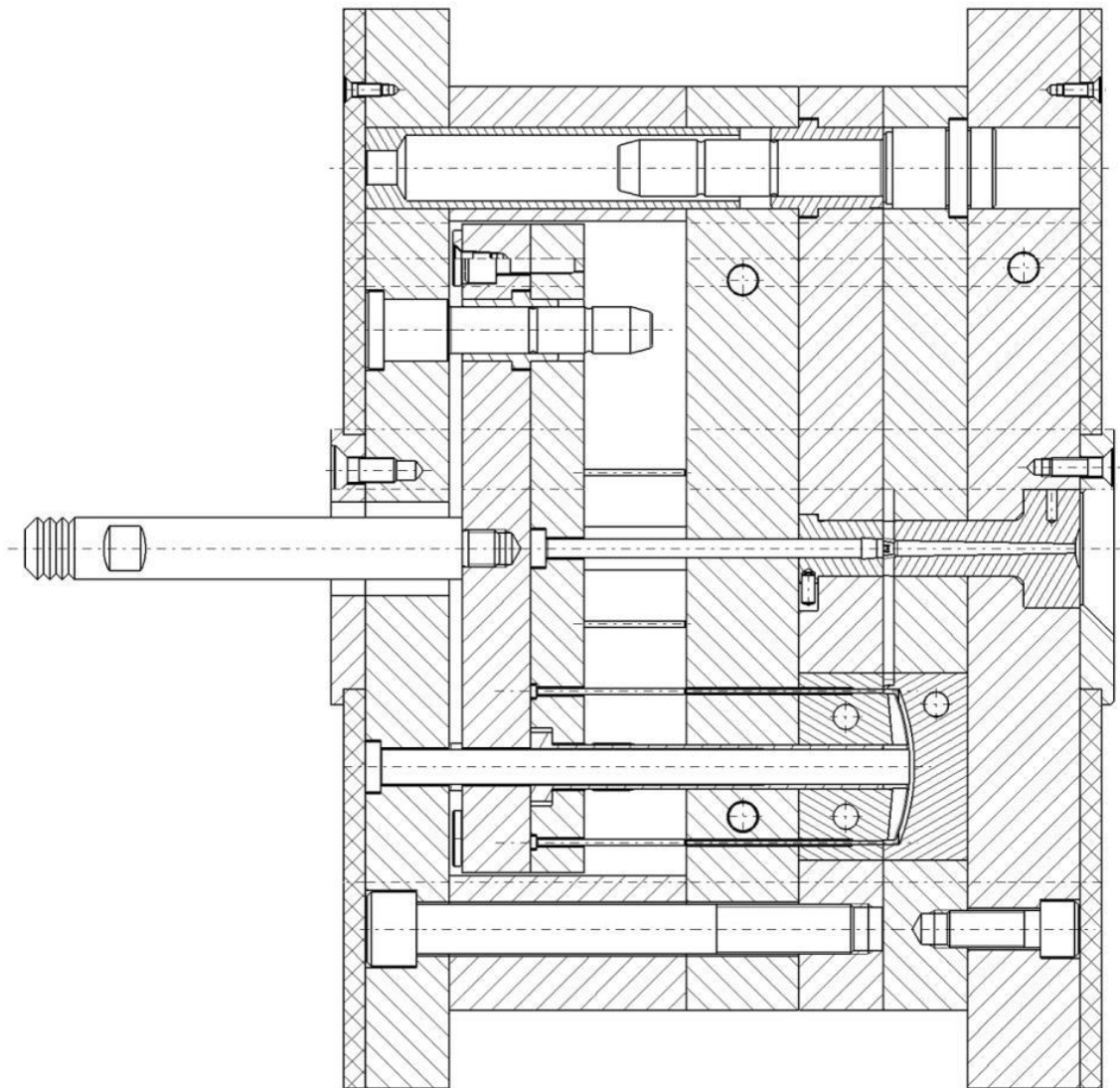
Topení tavné komory se často dělí do tří pásem. Vstupní pásmo, střední pásmo a pásmo u trysky. Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, jež má zvláštní samostatné topení. Ta spojuje vstřikovací jednotku s formou. Přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy je zajišťováno kulovým zakončením trysky. Podmínkou správné funkce vtokové vložky je jejich sousost, menší průměr otvoru a menší poloměr trysky než je u sedla vtokové vložky.

Vstřikovací trysky bývají otevřené nebo uzavřené. Otevřené trysky jsou pro vstřikování roztaveného granulátu s větší viskozitou. Uzavíratelné trysky dokážou zamezit samovolnému vytékání taveniny při plastikaci. Když se otevře jehlový uzávěr při dosednutí trysky do sedla vtokové vložky, dochází k otevření trysky. [4]

### 3 VSTŘIKOVACÍ FORMA A JEJÍ ČÁSTI

V dnešní době jsou vstřikovací formy nejpoužívanějšími zařízeními, i když jsou to často složitá a vždy drahá zařízení. Jsou konstruovány tak, aby odolávaly vysokým tlakům, vždy musí mít správně vyřešený vyhazovací systém, který zabrání komplikacím při vyhazování výrobku. Nutná je automatizace.

Forma se skládá ze dvou hlavních částí: pravá strana a levá strana formy. Na vstřikovacím stroji je obvykle upnuta a zafixována pravá strana formy. Její vtokový systém dopravuje taveninu do dutiny formy. Levá strana formy je pohyblivá. Obsahuje vyhazovací systém, který je důležitý při odformování (vyhození) výrobku z dutiny formy.



Obr. 7 Řez vstřikovací formou [6]

Na funkčnost formy jsou kladeny vysoké nároky, protože vstřikovací cyklus ve formě probíhá ve velmi krátkém čase. Např.: [4]

- vysoká přesnost dílů a jakost povrchu ploch dutiny formy,
- dobrá pevnost a tuhost jak jednotlivých dílů, tak celků pro zachycení tlaků,
- spolehlivost jednotlivých systémů formy: vtokový a vyhazovací systém, temperace, odvzdušnění a další.

### 3.1 Druhy vstřikovacích forem

Dělení forem podle různých hledisek: [7]

1. Násobnost formy:

- jednonásobné a vícenásobné.

2. Poloha osy hlavního vtoku k hlavní dělicí rovině:

- s osou hlavního vtoku k dělicí rovině,
- s osou hlavního vtoku kolmo k dělicí rovině.

3. Zaformování výstřiku a konstrukce formy:

- jednoduché dvoudílné,
- třídílné,
- etážové,
- čelist'ové,
- s bočními jádry ovládanými mechanicky, hydraulicky nebo pneumaticky,
- se zařízením na závity (vyšroubovací zařízení),
- speciální.

4. Princip vyhazovacího mechanismu:

- mechanicky,
- pneumaticky,
- stírací deska,
- kombinované.

## 3.2 Vyhazovací systémy

Vyhazování hotových kusů z formy je proces, při kterém se z tvárníku nebo z dutiny otevřené formy vytlačí nebo vysune zhotovený výstřik. To zajišťuje vyhazovací zařízení, které je součástí formy a svojí funkcí udržuje automatický výrobní cyklus.

Skládá se ze dvou fází:

- pohyb dopředu, dochází k vyhazování,
- pohyb dozadu, vyhazovací systém se vrací do původní polohy.

Podmínkou dobrého a přesného vyhazování výstřiku je jeho hladký povrch a také správná úkosovitost stěn ve směru vyhazování. Tyto úkosy nemají být menší než 30°. Aby nedošlo k zpříčení výstřiku a k trvalým deformacím, musí vyhazovací systém vyhazovat výstřik rovnoměrně. Rozmístění, tvar a rozložení vyhazovačů je velmi různé. Vždy záleží na tvarech výrobku a volbě konstruktéra.

Na výstřiku zůstávají po vyhazovacích kolících stopy. Pokud jsou stopy nepřípustné, vyhazovače se umístí tam, kde vzhledu nevadí. Vyhazuje se výstřik i vtokový zbytek. Vyhazuje se dohromady nebo zvlášť.

Pro správnou funkci vyhazovacího systému, je nutno vyvinout potřebnou vyhazovací sílu, aby byl výstřik vyhozen z formy. Vlivem smrštění plastu zůstává výstřik obvykle na tvárníku. V té části formy, kde se nacházejí vyhazovače, by měl zůstat i výstřik.

Velikost vyhazovací síly závisí na:

- rozsahu smrštění výrobku ve formě,
- členitosti výrobků a kvalitě povrchu hlavních ploch tvárníku,
- technologických podmínkách vstřikování,
- pružných deformací formy. [7]

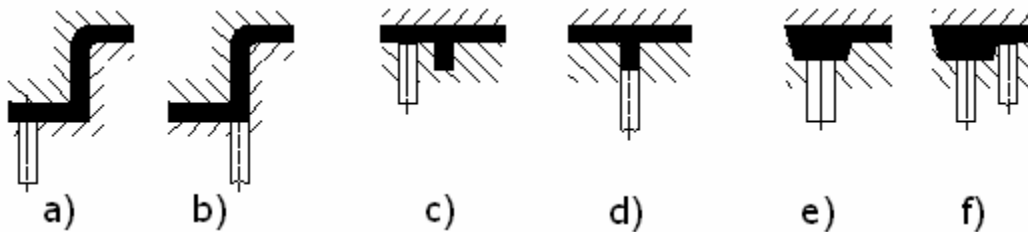
### 3.2.1 Mechanické vyhazování

Je to vyhazovací systém, který se dá konstruovat v různých provedeních a proto je jeho použití velmi rozšířené. Jeho konstrukce má různá provedení, která představují např.:

- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků,
- vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů,

- šikmé vyhazování,
- postupné vyhazování,
- speciální vyhazování.

Vyhazovací kolíky se používají tak, kdy kolík působí proti ploše výstřiku v jeho směru vyhazování. Opírá se o žebra výrobku nebo o nepohledovou část. Je to nejrozšířenější a výrobně nejjednodušší způsob vyhazování. [7]

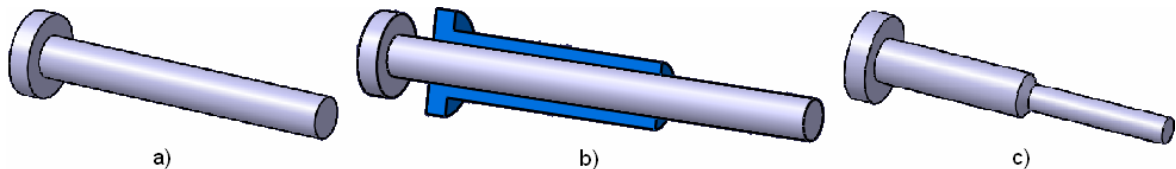


Obr. 8 Umístění vyhazovacích kolíků [7]

b), d), f) – správně

a), c), e) - chybně

Kolík se opírá o stěnu nebo žebro výrobku, které nesmí při vyhazování zborit. Nastala by trvalá deformace výrobku. [7]



Obr. 9 Vyhazovací kolíky

a) válcový, b) trubkový, c) prizmatický

Stírací deska: nachází použití většinou u tenkostěnných výrobků větších rozměrů. Vyhazovací princip spočívá v tom, že se výstřik stáhne z tvárníku po celém obvodu. Proto nezůstanou na výrobku stopy po vyhození. Výrobek dosedá na desku rovinně. Plocha výstřiku může být minimálně zakřivena. [7]

Trubkový vyhazovač: je to speciální případ stírací desky. Jako stírací deska působí trubka. Jádro se nepohybuje, protože je pevně upevněno. [7]

Šikmé vyhazovače: bývají uloženy pod úhlem 15° až 25° k dělicí rovině. Používají se při vstřikování výrobků s mělkým vnitřním nebo vnějším zápichem. Proto není potřeba používat posuvných čelistí [7]

### 3.2.2 Pneumatické (vzduchové) vyhazování

Je vhodné pro tenkostěnné výrobky větších rozměrů. Například různé nádoby. Zde je výhodou, že není potřeba velkého zdvihu jako u mechanického vyhazování. Díky stlačenému vzduchu mezi tvárníkem a výstřikem je výrobek rovnoměrně doformován. Zde nejsou viditelné stopy po vyhazovačích.

Při tomto způsobu je stlačený vzduch veden mezi výstřik a líc formy. Tímto se umožňuje rovnoběžné oddělení výstřiku od tvárníku. Také se vyloučí místní přetržení a nevznikají na výstřiku stopy po vyhazovačích. Používání tohoto způsobu je možné jen u některých tvarů výrobku. [7]

### 3.2.3 Hydraulické vyhazování

Je součástí vstřikovacího stroje. Používá se k ovládní mechanických vyhazovačů. Jeho pohyb je pružný a má velkou flexibilitu. [7]

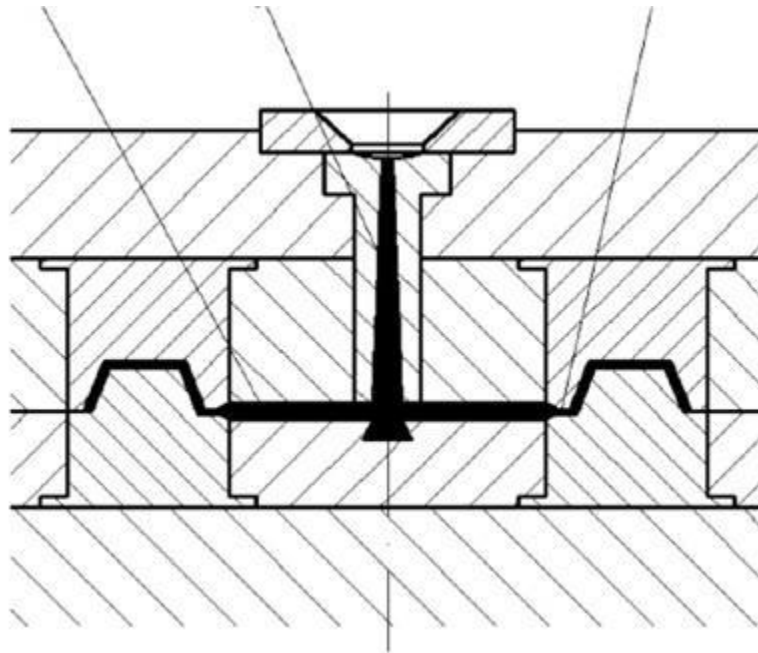
## 3.3 Vtokové soustavy

Vtokovými soustavami je dopravován roztavený plast od plastikační jednotky až do dutiny formy. Tavenina teče tryskou do vtokových kanálek různých tvarů. Kanálky dále vedou hmotu do dutiny formy, kde zaplňuje její volný prostor. Na konstrukci formy, především na její násobnosti, závisí uspořádání vtokové soustavy. [8]

### 3.3.1 Studené vtokové systémy

Vyplnění prostoru dutiny termicky homogenní taveninou probíhá ve velmi krátkém čase a, kde jsou také minimální odpory. Popis jednotlivých částí vtokového systému - obr. 10

rozdávěcí kanál      vtokový kanál      vtokové ústí



*Obr. 10 Popis částí vtokového systému [4]*

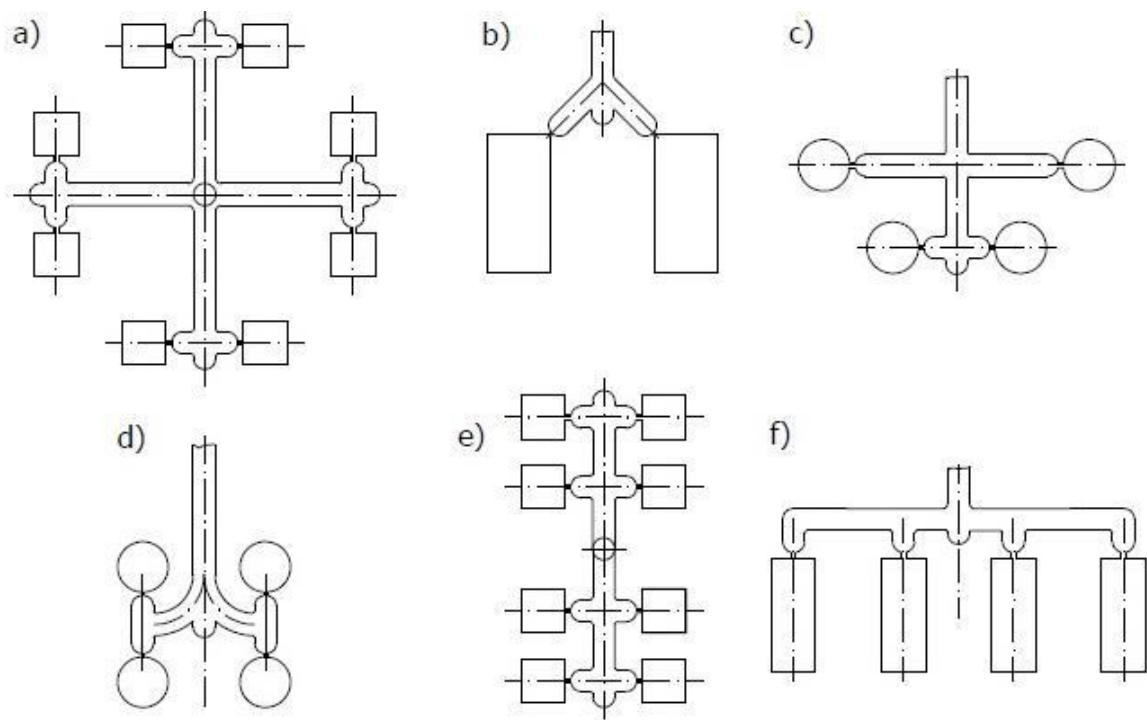
**Funkční řešení vtokového systému u formy musí zabezpečovat aby:**

- aby dráha toku byla od vstřikovacího stroje do dutiny formy co nejkratší. Bez zbytečných časových a tlakových ztrát,
- aby ke všem tvářecím dutinám byla dráha toku stejně dlouhá a tím bylo zajištěno rovnoměrné plnění. Existenci míst se sníženou pevností (studených spojů), kde vlivem častého ochlazení proudu taveniny a jejím vzájemným setkáním již nedojde ke kvalitnímu spojení, ovlivňuje vyústění vtoku do dutiny, jeho průřez, poloha a počet. Je tedy účelem naplnit dutinu jedním vtokem, aby vzniklo co nejméně studených spojů,
- průřez vtokových kanálků musí mít dostatečnou velikost. Tím bude po vyplnění tvářecí dutiny jádro taveniny ještě v plastickém stavu a umožní se působení dotlaku. Musí se ale přihlížet ke spotřebě plastu. Vtokový kanálek musí mít při minimálním povrchu co největší průřez. Takto budou ztráty ochlazováním minimální. Kruhový průřez odpovídá této podmínce. Lichoběžníkový tvar se volí z výrobních důvodů,
- byla zachována stejná rychlost taveniny u vícenásobných forem, je vhodné odstupňování průřezů kanálků,
- bylo zaoblení všech hran vtokových kanálků min.  $R=1\text{mm}$ ,



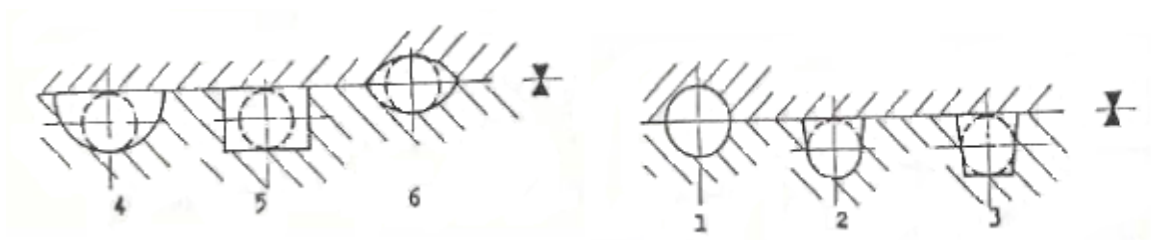
- byla stanovena úkusovitost všech vtoků pro jejich deformování. Min. úkosy jsou  $1,5^\circ$ ,
- byl vyleštěn povrch ve směru vyjímání. Drsnost nesmí klesnout nad  $0,2 R_a$ ,
- bylo vyřešeno zachycení čela proudící roztavené hmoty prodloužením rozváděcího kanálku. Je tím zabráněno proniknutí chladnějšího čela proudu taveniny do tvarové dutiny. Nedochází ke sražení povrchových vad. Ty se vytvářejí, pokud to situace dovolí,
- ve vtokovém systému byla vyloučena místa s velkým nahromaděním materiálu,
- nebyl prováděno větvení vtokového systému pod ostrým úhlem. Někdy naopak pod úhlem větším, než  $90^\circ$ ,
- průřezy vtokových systémů pro krystalické polymery byly zpravidla větší, než pro amorfni.

[4]



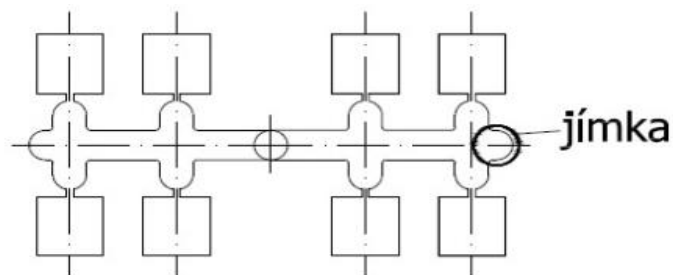
*Obr. 11 Obecné zásady volby vtokového systému [4]*

*a, b, c, d - vhodné řešení e, f – nutná korekce vtokových ústí*

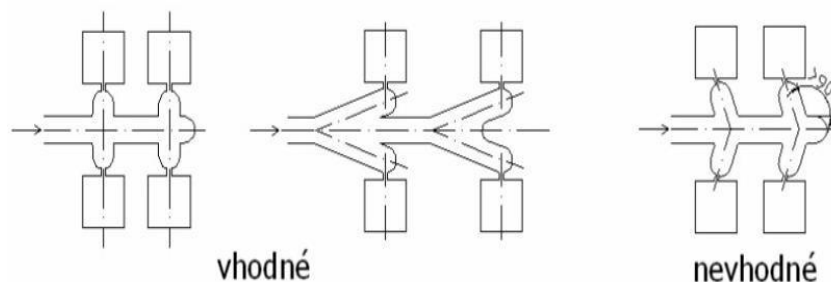


Obr. 12 Obecné zásady volby vtokového systému – průřezy vtokových kanálů [4]

1, 6 – výrobně nevhodné, 2, 3, 4, 5 – výrobně vhodné



Obr. 13 Zachycení čela proudu taveniny [4]



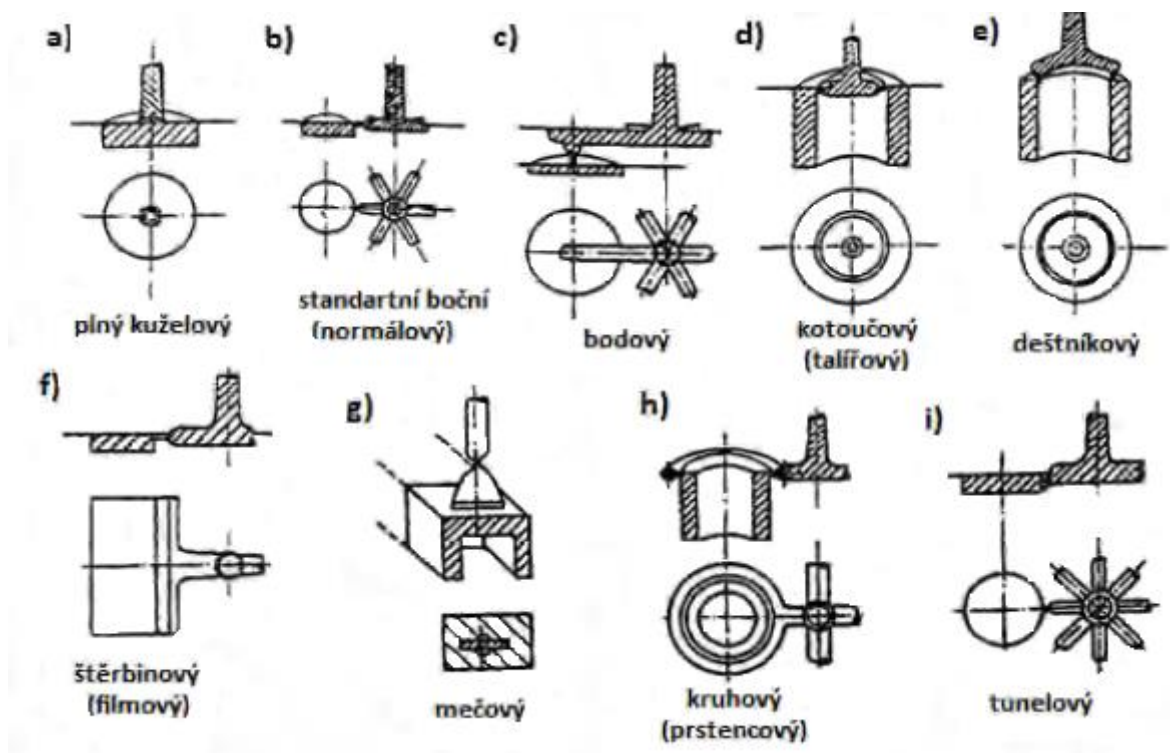
Obr. 14 Větvení toků [4]

### 3.3.2 Vtoková ústí

Vytváří se zúžením rozváděcího kanálku. Ve výjimečných případech se může použít plný nezúžený vtok. Zúžením rozváděcího kanálku je zvýšena klesající teplota taveniny. Poté vstupuje do tvarové dutiny. Takto je omezeno strhávání chladnějších vrstev taveniny z obvodů vtoků i tvoření pohledových chyb. V souvislosti s povahou výrobku, plastu i technologii vstříku se volí vtokové ústí co nejmenšího průřezu. Takto je umožněno lehké začišťení. Míra zúženého průřezu musí umožnit případné působení dotlaku a spolehlivě naplnit dutinu formy. U zúženého ústí se volí délka co nejkratší. Jeho umístění od dělicí roviny formy je limitováno pevností materiálu formy. [4]

**Vtokové ústí bývá umístěno:**

- do geometrického středu dutiny, tak aby tavenina zatekla do všech míst rovnoběžně,
- do nejsilnějšího místa na výstřiku,
- poblíž nebo do otvoru,
- u výstřiků se žebry, kde má tavenina proudit ve směru jejich orientace,
- mimo místa opticky činných ploch nebo velkého namáhání,
- tak aby byla možnost úniku vzduchu z tvarové dutiny,
- do kratší strany u obdélníkového tvaru,
- tak aby bylo zamezeno volnému toku taveniny,
- tak aby stopa po odstranění vtoků nesnižovala estetickou hodnotu výstřiku. [4]

**Dělení studených vtokových systémů:**

Obr. 15 Základní typy vtokových ústí [4]

Plný kuželový vtok: je převážně používán u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Je také vhodný především pro tlustostěnné výstřiky. Čočkovité zahloubení je vhodné pro menší tloušťky.

Bodový vtok: je to nejznámější typ zúženého ústí. Leží v dělicí rovině, ale i mimo. Musí být plněn požadavek systému třídeskových forem.

Tunelový vtok: je zvláštním případem bodového vtoku. Není nutné, aby forma byla konstruována s více dělicími rovinami

Boční vtok: je vhodný pro rychlé plnění tvarových dutin formy a také pro tlustostěnné výstřiky.

Filmový vtok: je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí. Také hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. [4,10]

### 3.3.3 Vyhřívání vtokových systémů

Z technologických a ekonomických důvodů se začaly používat vyhřívání (horké) vtokové soustavy (VVS). Současným VVS předcházela řada jednodušších systémů (izolované vtokové soustavy, zesílené vtoky, apod.). Současné VVS jsou velmi dobře propracovanou kapitolou konstrukce vstřikovacích forem, jíž se zabývají specializovaní výrobci. [6]

Technologie vstřikování s použitím VVS se zakládá na tom, že tavenina zůstává po naplnění formy v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. Je umožněno jen použitím bodového vyústění malého průřezu, jež je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. I přesto, že je malý průřez vtoku, je možné částečně pracovat s dotlakem. Je vhodné u všech způsobů bez vtokového vstřikování v místě jeho vyústění provést na výstřiku zahloubení. Takto nebude případný nepatrný vtokový zbytek vystupovat přes jeho úroveň. Regulace teploty VVS i formy je součástí systému. Celá soustava je zkonstruována tak aby umožňovala snadnou montáž, demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu. [4]

#### Výhody VVS:

- umožnění automatizace výroby,
- zkrácení výrobního cyklu,
- menší spotřeba plastu - vstřikování bez vtokových zbytků,
- snížení nákladů na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků,
- nemusí se řešit manipulace a recyklace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování. [4]

**Principy:**

- trysky s vnějším topením - tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je vyrobeno z tepelně vodivého materiálu. Při procesu vstřikování abrazivních plastů je ocelový materiál legován molybdenem. Topení je umístěno z vnějšku kolem tělesa trysky,
- trysky s vnitřním topením - tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku (torpédo). Vložka je zhotovena z materiálu s dobrou vodivostí. [4]



*Obr. 16 Vstřikovací tryska s vnějším topením [9]*

**3.3.4 Vyhřívané trysky**

Je to tryska, jejíž součástí je vlastní topný článek s regulací. Může být také ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Umožňuje značně zlepšit technologické podmínky vstřikování. Tyto vtokové soustavy jsou obvykle nakupovány od specializovaných firem. Jejich výhodou je odstranění stopy po vtoku na výstřiku, zvětšení ústí vtoku, to umožňuje rychlejší plnění dutiny formy a menší zatuhnutí hmoty v ústí vtoku. Také lze aplikovat i na velice složité a náročné výstřiky. Jejich nevýhodou jsou velké nároky na údržbu a mat. [4]

**3.3.5 Vytápěné rozvodové bloky**

U vícenásobných forem slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin. Rozvodový blok bývá vložen mezi upínací a tvarovou desku v pevné části formy. Podmínkou správné funkce je rovnoměrné vytápění. Je vyroben z oceli a musí být zajištěný proti pootočení vůči tvárnici. Tvarově je konstrukčně přizpůsoben poloze rozváděcích kanálků. Vždy směrem k vyústění trysek. Obvykle bývá vytápěn pomocí topných hadů elektrickým obvodovým proudem. [4]

### 3.4 Temperace forem

Temperací je zajištěno udržení konstantní teploty režimu formy. Dosáhnouti optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu je hlavním cílem. Tohoto se může dosáhnout vyhříváním celé formy, případně její části nebo ochlazováním.

Roztavený polymer se do formy přivádí během vstřikování. V dutině formy se ochlazuje na vhodnou teplotu, aby se dal vyjmout výstřik. Temperací ovlivňujeme naplnění tvarové dutiny a tím je zajištěno požadované chladnutí a zároveň tuhnutí plastu. Při každém dalším vstřiku se forma musí ohřát a tím máme zaručeno, že každý další výstřik bude vyroben při stanovené teplotě. Během pracovního cyklu se musí přebytečné teplo odvádět temperační soustavou.

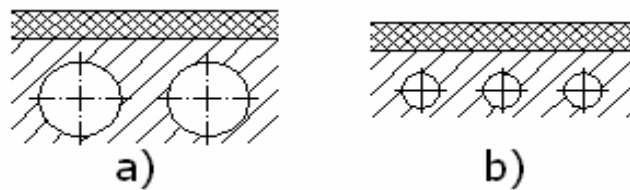
V případě že se zpracovávají plasty, které potřebují vyšší teplotu formy, musí se nejprve forma vyhřát na pracovní teplotu (PC 100 - 120°C). V tomto případě u formy nestačí její ohřátí taveninou, protože jsou zde tepelné ztráty vyšší. Při správném postupu bude zaručena správná kvalita výrobku. [7]

Úlohou temperace je:

- udržovat po celém povrchu dutiny formy teplotu na technologicky předepsané výši (dle druhů zpracovávaných plastů),
- z naplněné dutiny formy taveninou odvádět teplo tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku. [7]

#### 3.4.1 Obecné zásady volby temperačních kanálků

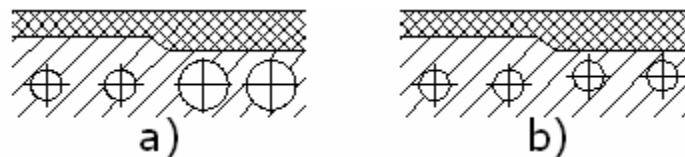
Soustavou kanálků a dutin je vytvářen temperační systém. Kanálky se odvádí nebo také předává teplo z formy příslušnou kapalinou. Popřípadě jiným zdrojem tepla. Rozmístění, rozměry a počet temperačních kanálků musí být volen tak aby zapadal do celkového řešení formy. Od funkční dutiny musí být vzdálenost kanálků optimální. Je nutno dbát na dostatečnou tuhost a pevnost stěny funkční dutiny. Je vhodnější použít větší počet menších kanálků s malými roztečemi, než naopak.



Obr. 17 Vliv rozmístění temperačních kanálů [7]

a) chybně, b) správně

Kanálky se rozmisťují rovnoměrně a vždy ve stejné vzdálenosti okolo dutiny formy. V prostoru silnější stěny výrobku nebo v jiném místě, kde je vyšší teplota, se kanálky konstruují blíž k dutině formy.



Obr. 18 Chlazení výstřiku o různé tloušťce stěny [7]

a) chybně, b) správně

Podle druhu plastu, rámu formy a velikosti výstřiku se volí průřez kanálku. Kanálek má nejčastěji průřez kruhový. Není nutné průřezy kanálků zvětšovat, protože dochází jen k nepatrnému zvýšení intenzity výměny tepla, ale stoupne spotřeba množství temperačního média a tuhost formy se sníží. Vedle kruhových kanálků nacházejí použití i kanálky s obdélníkovými průřezy (vyfrézované drážky). Tyto se musí vodotěsně překrýt a, nebo je možné do nich uložit měděné tenkostěnné trubky. Aby měly dobrý tepelný styk, zalévají se nízko tavitelným kovem (Sn, Zn,...). [7]

### 3.4.2 Temperační prostředky

Temperační prostředky představují média, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách.

Rozdělují se na:

- aktivní - působící přímo na formě. Přivádějí teplo do formy nebo naopak odvádějí. Patří sem topné elektrické články, kapaliny a vzduch.
- pasivní - ovlivňují svými fyzikálními vlastnostmi tepelný režim formy. Řadíme sem tepelně vodivé materiály, tepelně izolační materiály. [7]

### 3.5 Odvzdušnění forem

Odvzdušnění tvarových dutin forem zdánlivě nepatří k dominantním problémům při navrhování forem. Jeho důležitost obvykle vyplyne až při zkoušení hotového nástroje, kdy odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku, nebo jeho nízkých mechanických vlastností. Odvzdušnění lze někdy zhotovit snadno, jindy je však jeho vyřešení obtížné. Nezbytnou znalostí některých zákonitostí při plnění formy je ušetřeno pracovníkům mnoho starostí.

Před započítí vstřikování se dutina formy plní vzduchem. Při následném jejím plnění taveninou se musí zajistit únik vzduchu, případně jiných zplodin. V závislosti na větší rychlosti plnění, musí být účinnější odvzdušnění tvarové dutiny.

Volba místa pro odvzdušnění ve formě je někdy zřejmá z tvaru výstřiku, jindy však je jen obtížně zjistitelná. Je třeba se řídit úvahou, jakým způsobem a směry naplní proudy taveniny dutinu. To samo o sobě závisí na umístění vtoku, tloušťce stěn a na kvalitativních podmínkách, které se kladou na výstřik a jeho požadovanou funkci. [7]

Vzduch z dutiny formy stačí často uniknout dělicí rovinou (vedlejšími dělicími rovinami), vůlí mezi pohyblivými částmi apod. V ostatních případech je třeba formu opatřit odvzdušňovacími kanály.

Zhotovené odvzdušňovací průřezy musí účinně odvádět vzduch, ale zároveň nesmí docházet k zatékání plastu. [7]



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zásady pro vypracování:

1. Vypracovat literární studii na dané téma.
2. Nakreslit model plastového dílu ve 3D.
3. Nakreslit sestavu vstříkovací formy zadaného dílu.
4. Nakreslit 2D sestavu vstříkovací formy.

Teoretická část se zabývá problematikou okolo vstříkovacích forem. Je rozdělena do tří částí a jsou zde zahrnuty polymery, vstříkování, vstříkovací formy a jejich části.

Praktická část je zaměřena na zadaný plastový díl. Z reálného výrobku byl vytvořen 3D model a následovně na jeho základě vytvořena 3D sestava vstříkovací formy. Tato sestava se převedla do 2D výkresové dokumentace.

Konstrukce vstříkovací formy byla provedena za pomoci softwaru CATIA V5R19 a byl využit i digitální katalog od firmy Hasco.

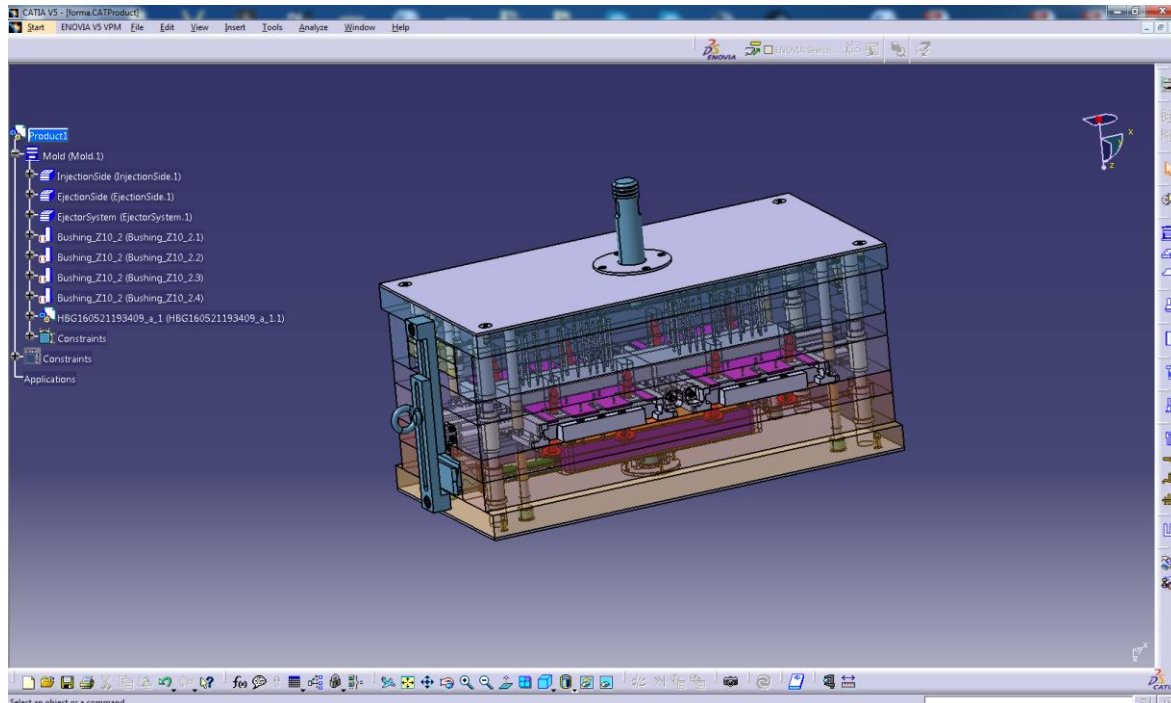
## 5 POUŽITÝ SOFTWARE

### 5.1 CATIA V5R19

Software CATIA V5R19 byl použit pro 3D konstrukci vstřikovací formy a k vypracování příslušné výkresové dokumentace. CATIA V5R19 se řadí mezi nejrozšířenější softwary pro 3D počítačovou konstrukci v oblasti leteckého nebo automobilového průmyslu.

Software CATIA nám nabízí od počátečního návrhu a konstrukce výrobku spoustu různých modifikací až po provedení různých analýz, optimalizací a simulací. Patří mezi ně i tvorba výkresové dokumentace nebo tvorba NC programů pro výrobu.

Díky velkému množství modulů, které software CATIA obsahuje pro 3D tvorbu, může být použita v zcela odlišných strojírenských oblastí. Pomocí modulu Mold Tooling Design se dá velmi rychle navrhnout vstřikovací forma. Je možno zde zvolit vhodné potřebné rozměry formy, stavebnicový systém a jednoduché umístění jednotlivých dílů. Tento modul taky nabízí možnost využití normalizovaných částí Hasco, Misumi, DME, Strack, Futaba, Pcs, Rabourdin a spoustu dalších.



Obr. 19 CATIA V5R19 (Mold Tooling Design)

## 5.2 Hasco – Dako modul R2/2012

Je to digitální katalog normalizovaných součástí vstřikovacích forem od firmy Hasco. Modulem je poskytován přehled a výběr konkrétní součásti s potřebnými rozměry a následné převedení dílce do zvoleného softwaru. Mezi nejpoužívanější softwary patří například: CATIA, SolidWorks, Autodesk Inventor, Autodesk Autocad, ProEngineer, atd.

selection: Z51/18x27/3,5/1/2 --> 33,04 EURO (EUR)

ID	Číslo	EURO [EUR]	d2 [mm]	l [mm]	d1 [mm]	Sr [INCH]	d3 [mm]	k [mm]
1	Z51/18x27/3,5/1/2	33,04	18	27	3,5	1/2	38	18
2	Z51/18x27/3,5/3/4	33,04	18	27	3,5	3/4	38	18
3	Z51/18x27/4,5/1/2	33,04	18	27	4,5	1/2	38	18
4	Z51/18x27/4,5/3/4	33,04	18	27	4,5	3/4	38	18
5	Z51/18x36/3,5/1/2	35,92	18	36	3,5	1/2	38	18
6	Z51/18x36/3,5/3/4	35,92	18	36	3,5	3/4	38	18
7	Z51/18x36/4,5/1/2	35,92	18	36	4,5	1/2	38	18
8	Z51/18x36/4,5/3/4	35,92	18	36	4,5	3/4	38	18

Obr. 20 Hasco – Dako modul

## 5.3 Autodesk Simulation Moldflow

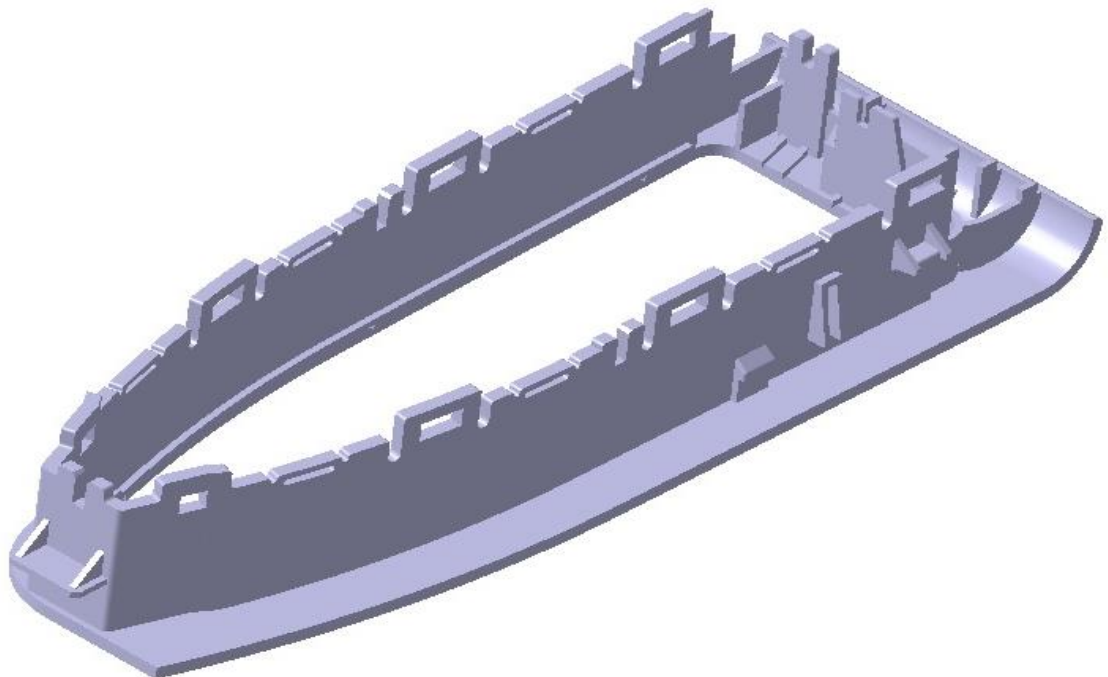
U tohoto softwaru jsou v nabídce simulační nástroje, které pomáhají při postupu vstřikování, konstrukci plastových výrobků nebo konstrukci vstřikovacích forem. Software dokáže předpokládat chování formy před samotným zahájením výroby nebo chování výstřiku.

V daném případě byl Autodesk Simulation Moldflow použit k analýze vhodného umístění vtoku.

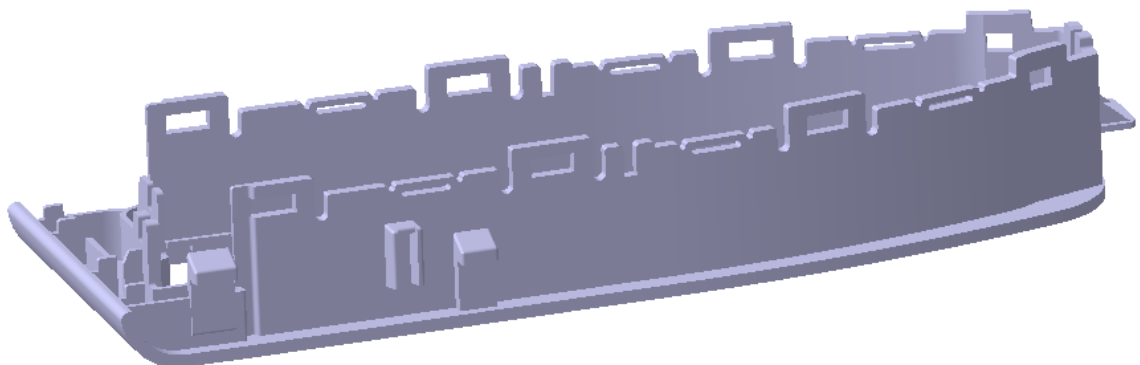
## 6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

### 6.1 Charakteristika výrobku

Zadaný výrobek je díl přístrojové desky automobilu a vychází z reálného modelu. Pochází z automobilu značky Mercedes. Díl měří na délku 170 mm a na šířku 58 mm. Velká většina profilu a tvarových částí má šířku 2 mm, ty zbylé jsou 1 mm široké. Váží 0,024 Kg a jeho povrch je 0,026 m<sup>2</sup>.



*Obr. 21 Výrobek - 1. pohled*



*Obr. 22 Výrobek - 2. pohled*

## 6.2 Materiál výrobku

Výrobek je vyroben z Akrylonitrilbutadienstyrenu (ABS). Je to amorfnní termoplastický průmyslový kopolymer. Je odolný vůči mechanickému poškození. Zdravotně nezávadný, málo nasákavý, dle typu odolný proti nízkým i vysokým teplotám, houževnatý, tuhý. A také je odolný vůči tukům, olejům, uhlovodíkům, hydroxidům a kyselinám.

Lze jej zpracovávat do teploty 280 °C. Při vyšších teplotách se začne rozkládat.

Nejvýznamnější využití je v 3D tisku, výrobě nábytku a při zapravení hran u rovných i u tvarových LTD desek. Vyrábí se z něj také většina airsoftových zbraní a LEGO kostek.

Název (jednotka)	Hodnota
Hustota [g/cm <sup>3</sup> ]	1,05
Modul pružnosti [MPa]	1900 - 2700
Mez pevnosti [MPa]	30 - 45
Navlhavost [%]	0,20 - 0,45
Teplota zeskelnění [°C]	105
Teplota taveniny [°C]	190 - 250
Teplota formy [°C]	50 - 85
Teplota vhodná pro vyhození výrobku z formy [°C]	50 - 80
Smrštění [%]	0,3 – 0,7

Tab. 1 Vybrané vlastnosti ABS

## 7 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Pro vstřikování byl zvolen stroj Allrounder 420C od německé firmy Arburg. Při jeho výběru byl brán ohled na rozměry vstřikovací formy a další procesní parametry.

Maximální uzavírací síla	1000 [kN]
Maximální objem dávky	182 [cm <sup>3</sup> ]
Průměr šneku	40 [mm]
Vzdálenost mezi vodícími sloupky	420 x 420 [mm]
Velikost upínací desky	570 x 570 [mm]
Maximální světlost mezi upínacími deskami	750 [mm]
Celkový příkon stroje	33,9 [kW]
Maximální vyhazovací síla	40 [kN]

Tab. 2 Základní parametry vstřikovacího stroje [11]



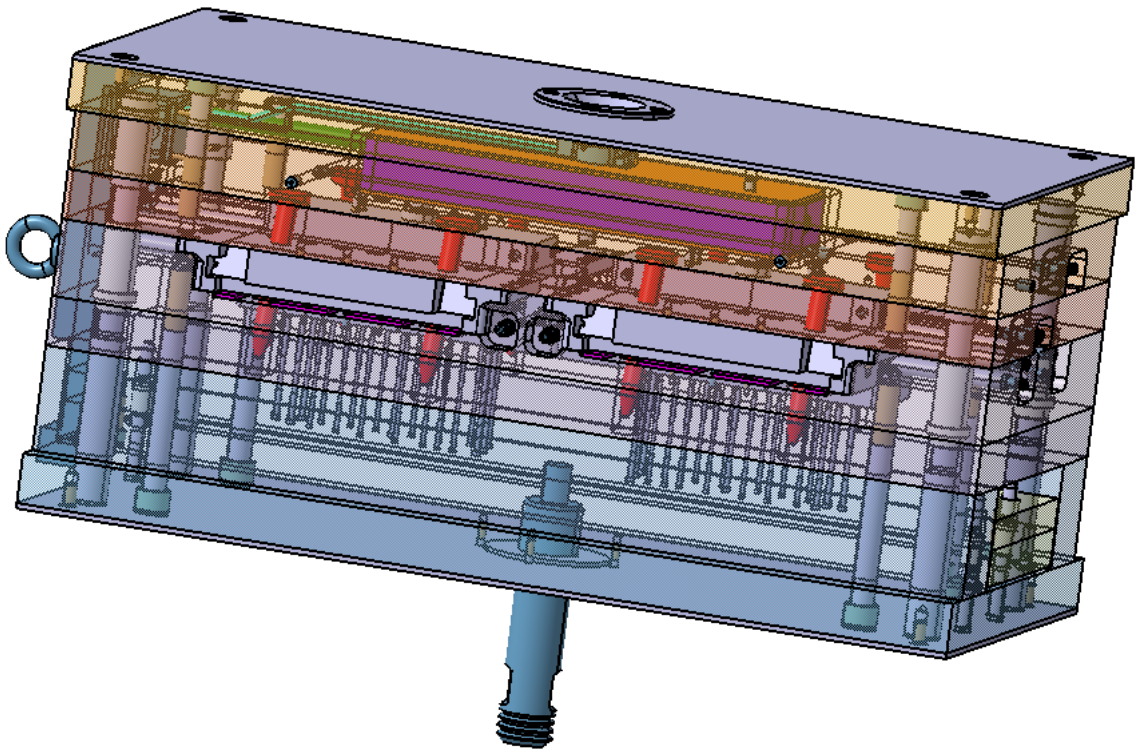
Obr. 23 Vstřikovací stroj Arburg Allrounder 420C [11]

## 8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Při navrhování formy byl brán ohled na přesnost výrobku a pokud možno na co nejjednodušší řešení vstřikovací formy. Bylo využito co největší množství normalizovaných dílů, aby byla zajištěna co nejmenší výrobní cena. Pro vkládání těchto dílů byl využit digitální katalog od firmy Hasco. Forma byla zkonstruována v softwaru CATIA V5R19. Zde byly využity moduly Part Design, Assembly Design a Mold Tooling Design.

Rozměry formy jsou: 696 x 296 x 330 mm.

Forma obsahuje tři hlavní části – pravou stranu, levou stranu a vyhazovací systém.

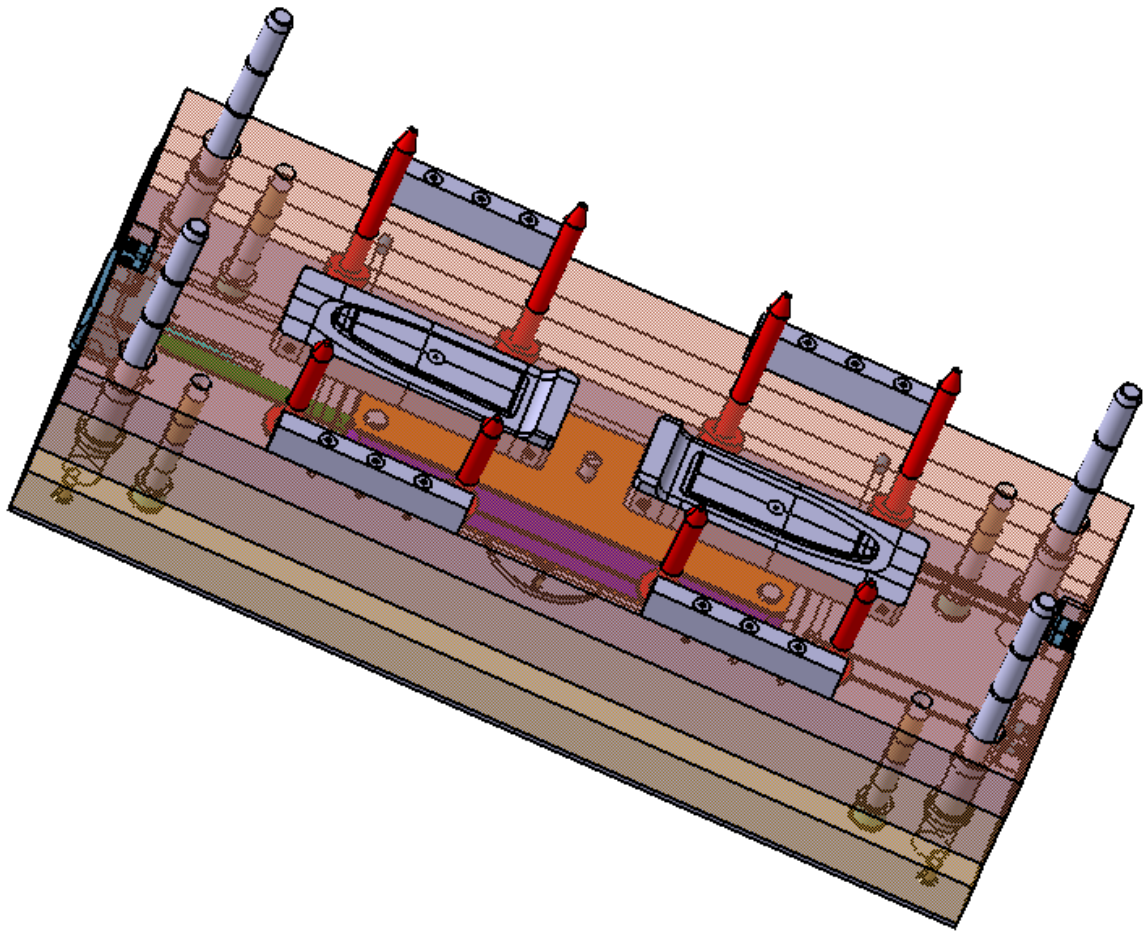


Obr. 24 Pohled na sestavu formy

### 8.1 Násobnost formy

Byla zvolena dvojnásobná forma. Při úvahách o násobnosti by měly být brány v potaz parametry stroje, rozměry a složitost výrobku. Ze strany kvality výrobku je nejlepší co nejmenší násobnost formy. Násobnost formy byla rozhodnuta z ekonomického hlediska.

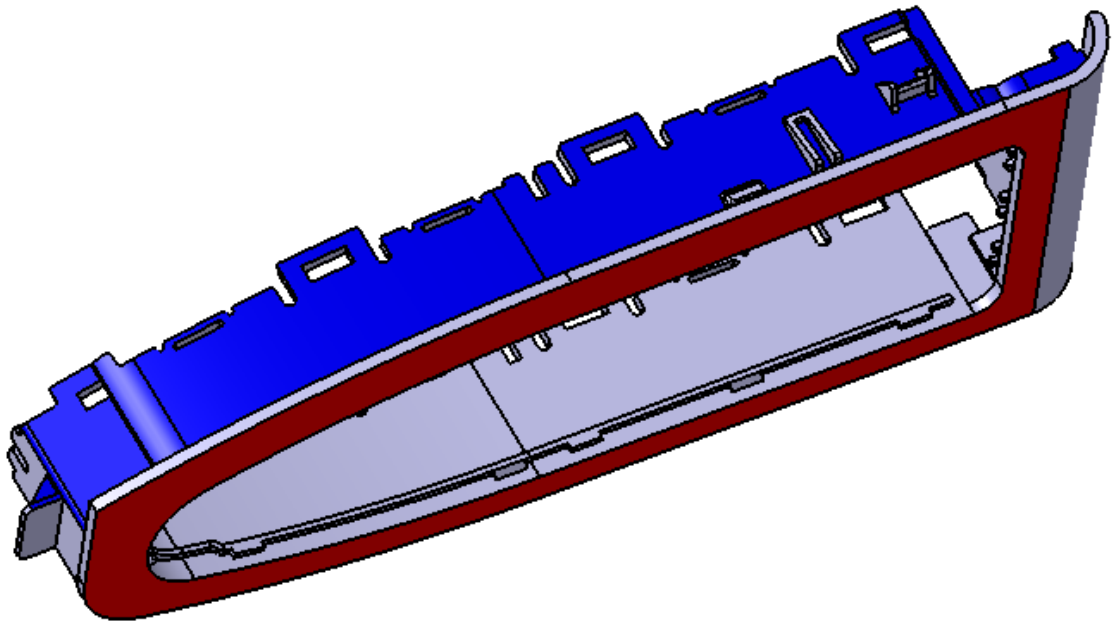




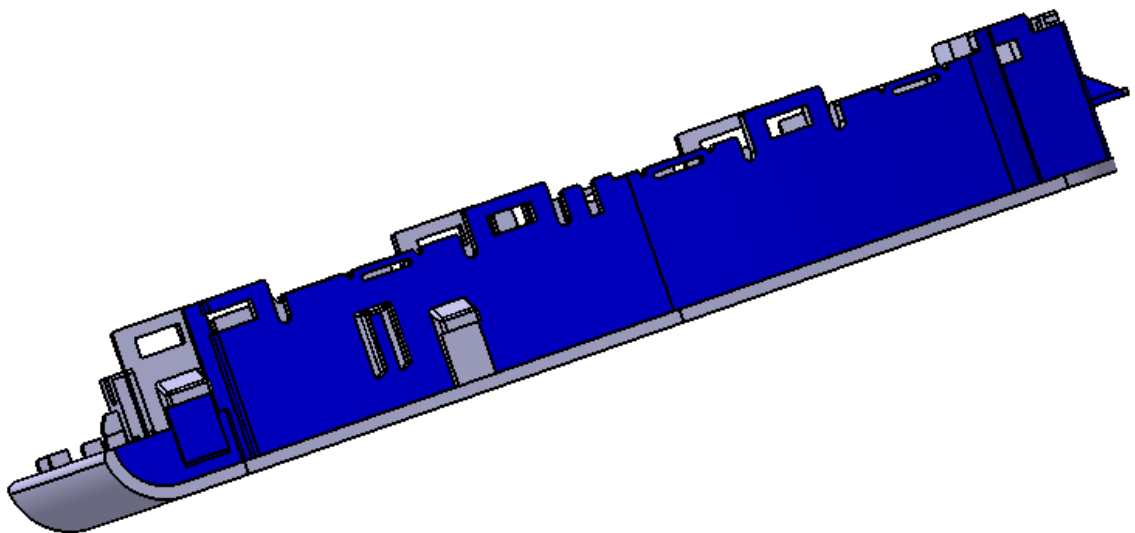
*Obr. 25 Násobnost formy*

## 8.2 Dělicí rovina

Na výslednou podobu formy má značný vliv umístění dělicích rovin. Musí se navrhnout tak, aby šla dodržet ekonomičnost výroby, jednoduchost formy, tvar výrobku a deformování výrobku. Dělicí rovina je umístěna tak, aby větší část výrobku zůstala v levé části formy, tedy v tvárnici. Za pomoci vyhazovačů bude po otevření formy výrobek vyhozen.



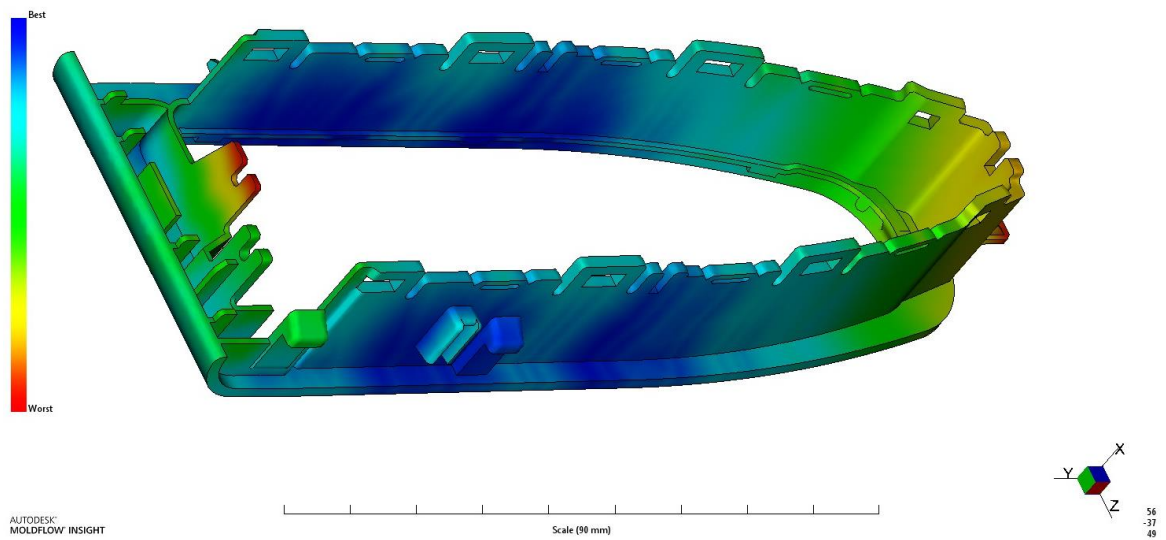
*Obr. 26 Hlavní dělicí rovina (červeně), vedlejší dělicí rovina (modře)*



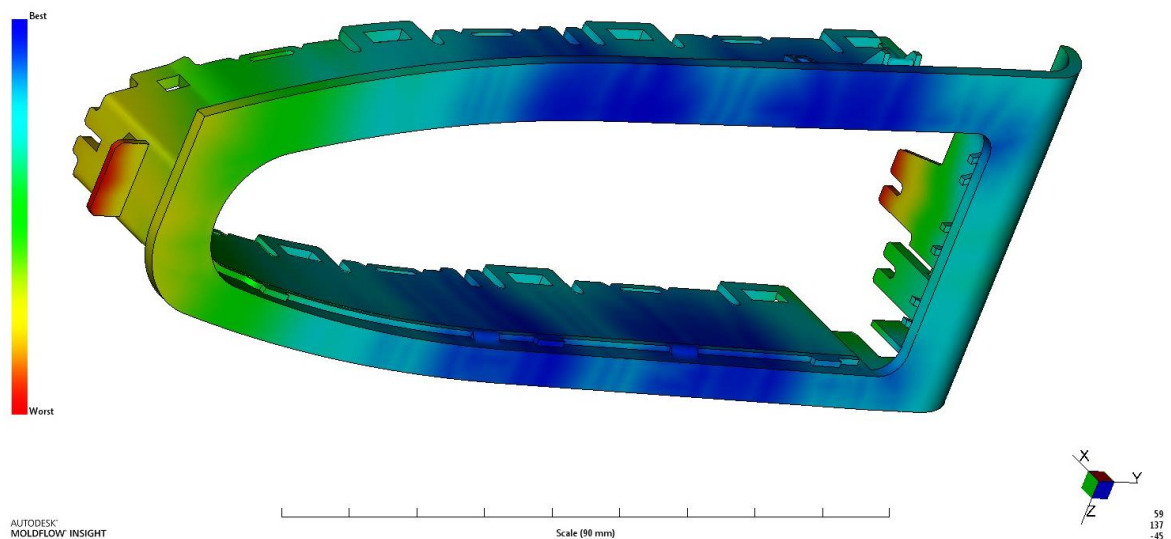
*Obr. 27 Druhá strana vedlejší dělicí rovina (modře)*

### **8.3 Technologická analýza**

V programu Autodesk Moldflow 2016 byla provedena simulace vstřikování. Pro tuto simulaci byl do programu nahrán vytvořený 3D model výrobku, zadán materiál a jeho parametry. Výsledkem analýzy vtoku je co nejlepší umístění vtoku pro zadanou součást.



*Obr. 28 Analýza vtoku (pohled ze shora)*



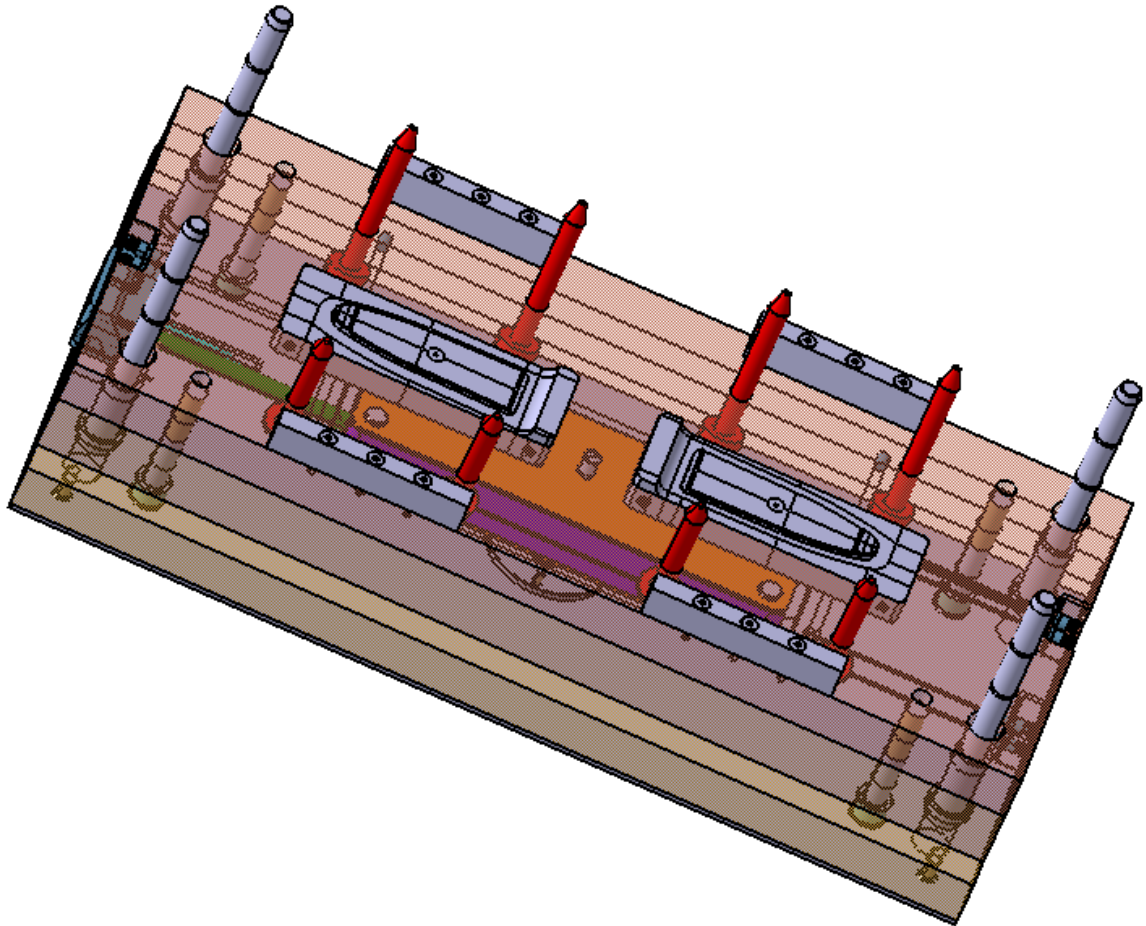
*Obr. 29 Analýza vtoku (pohled ze spodu)*

Z této obrázkové analýzy lze vyčíst nejhorší a nejlepší místa pro umístění vtoku. Nejhorší místa mají označení v podobě červené barvy. Ty nejlepší a nejvhodnější jsou znázorněny tmavě modrou barvou.

#### 8.4 Pravá strana formy

Pravá strana formy se skládá z tvárníku, mezi desky, ve které je umístěn vyhřívaný vtok, upínací a izolační deska. Desky jsou vystředěny vodícími čepy a sešroubovány šrouby. Z této strany formy se také vstříkuje polymer. Dále se zde nachází šikmé čepy, středící kolík,

zámky, dosedky, středící kroužek, vtoková vložka, horké vtokové trysky, připojovací nátrubky, zásuvka, kabeláž, uzavírací zátka, uzavírací šrouby a zámky.

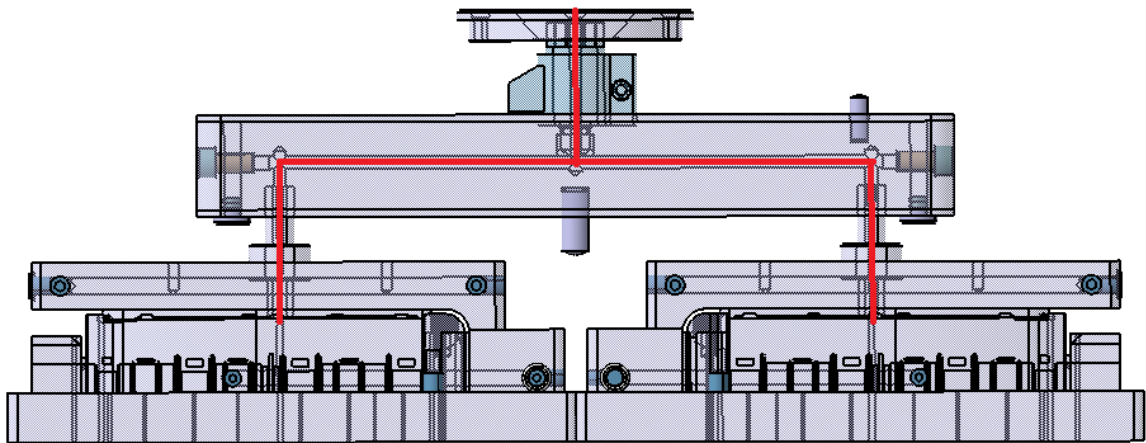


*Obr. 30 Pravá strana formy*

## 8.5 Kombinace horkého a studeného vtoku

Horký vtok snižuje spotřebu polymeru a umožňuje nám ekonomicky příznivou výrobu. Tento blok je umístěn v mezi desce. Je zabráněno pootočení pomocí pomocného kolíku a je vystředěn pomocí středícího kolíku. Pro zjednodušení případného čištění je vtokový blok provrtán skrz. Pomocí dvou šroubů je zabráněno případnému úniku polymeru. Dále je zde středící kroužek pravý, centrální vtoková vložka, izolační desky a dosedky.

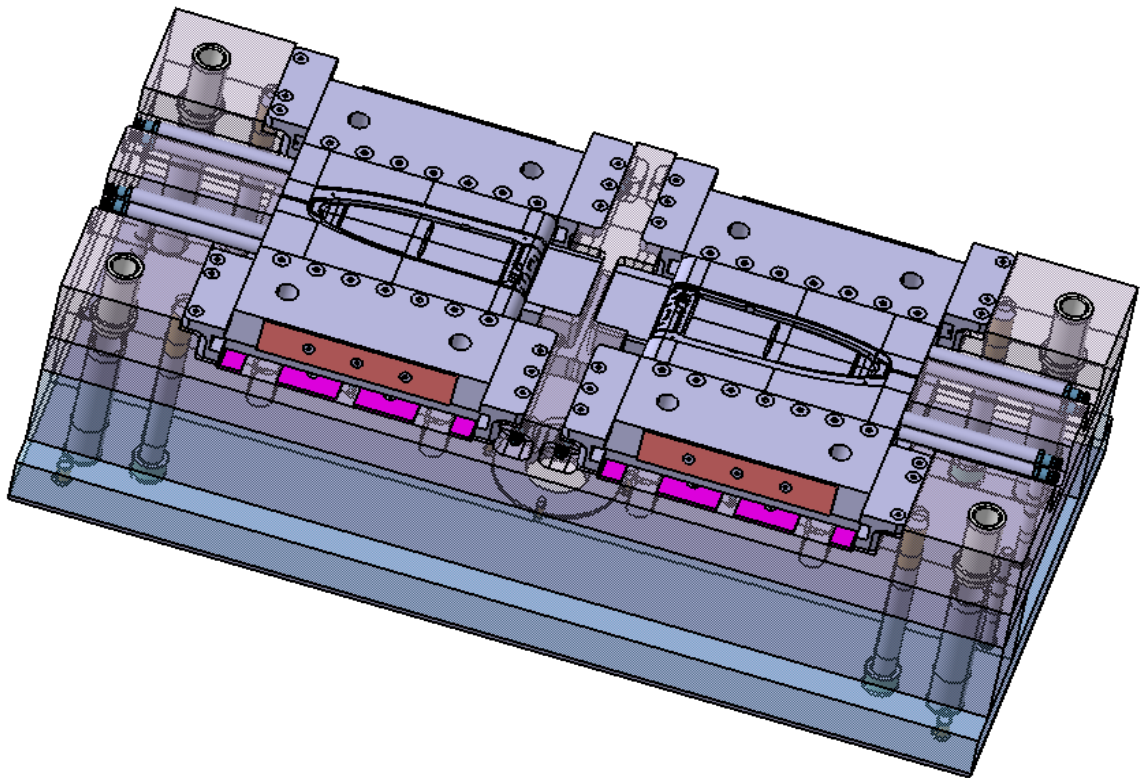
Studené rozvodné kanály jsou vyrobeny v tvárnících. Kanály mají kruhový průřez a těsně před dutinou se zužují.



Obr. 31 Pohled na vtokovou soustavu

## 8.6 Levá strana formy

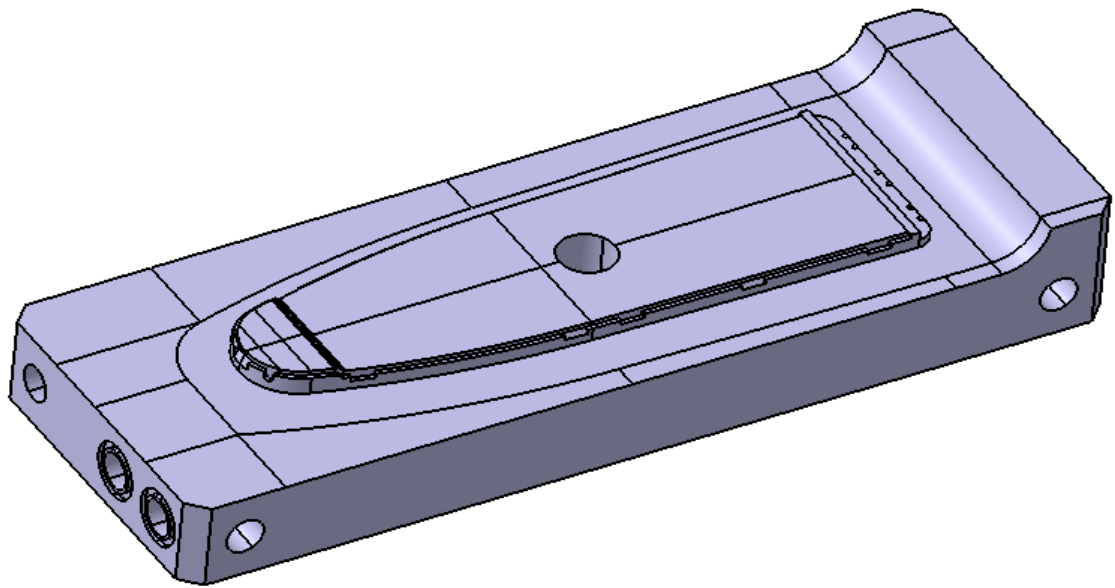
Levá strana se skládá z tvárnice, opěrné desky, rozpěrných desek, upínací a izolační deska. Desky jsou sešroubovány šrouby a vystředěny středícími trubkami. Dále se zde nachází vodící kolíky, vodící pouzdra, středící kroužek, posuvná jádra, temperační prvky, pojistné kuličky a vodící lišty.



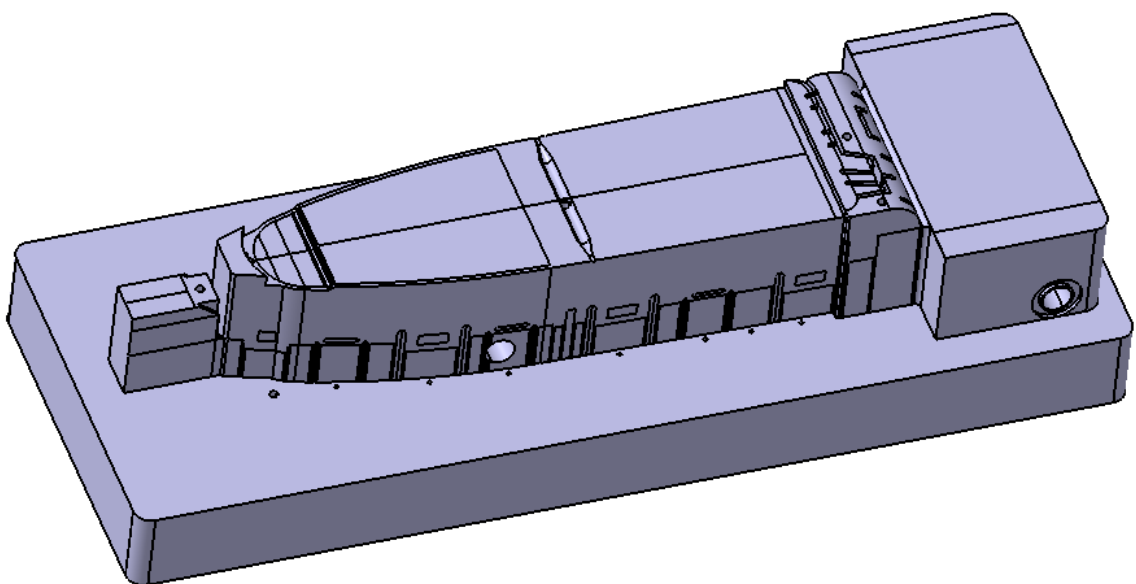
Obr. 32 Levá strana formy

## 8.7 Tvárník a tvárnice

Dutinu ve formě tvoří tvárník a tvárnice. Jsou vytvořeny negativem výrobku a zvětšeny o hodnotu smrštění polymeru. Po vstříknutí polymeru udávají konečný tvar výrobku. Musí odolávat vysokým teplotám a tlakům, které na ně budou působit. Konstrukční řešení bylo navrženo tak, aby při otevření formy zůstal výrobek v levé části formy. Pomocí vyhazovačů je výrobek následně vyhozen.



*Obr. 33 Tvárník*

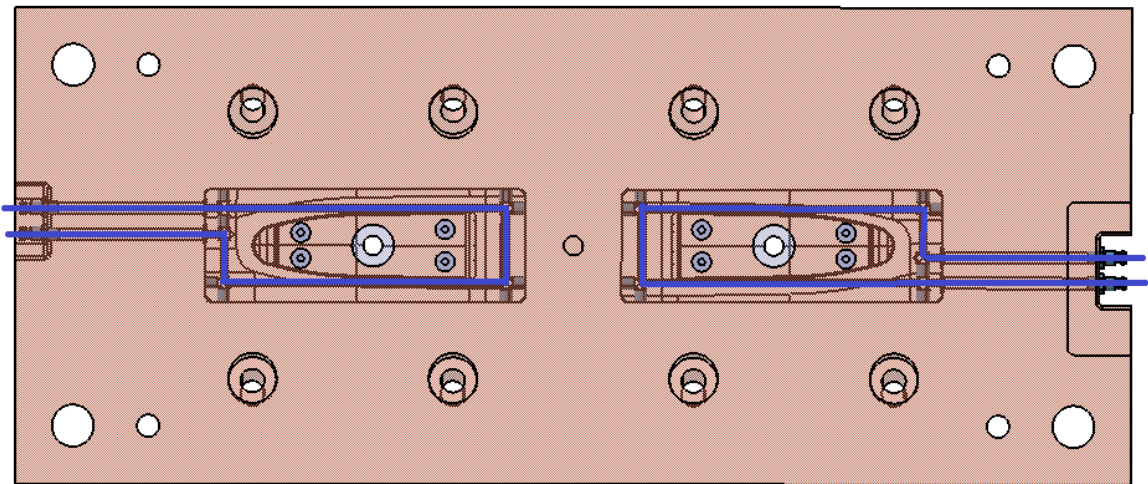


*Obr. 34 Tvárnice*

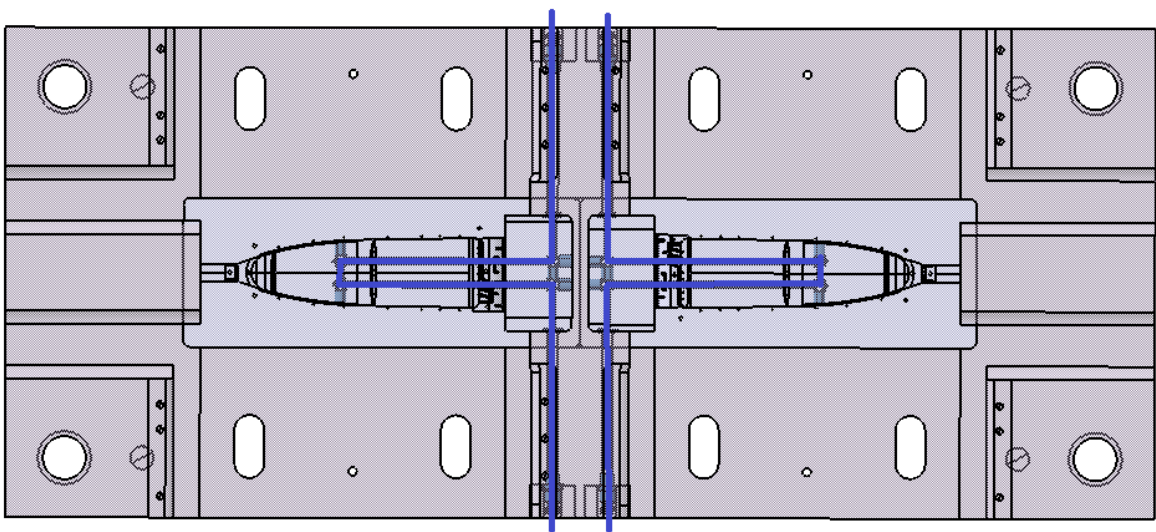
## 8.8 Temperace tvárníku, tvárnice a tvarových jader

K udržení konstantního režimu formy slouží temperace. Díky ní se dosahuje kratšího pracovního cyklu, tedy ekonomické a časové úspore. Předem určená oscilace teplot musí být zajištěna, aby se zajistily stejné podmínky pro všechny díly. Temperace nám ovlivňuje jak plnění dutiny polymerem, tak zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu.

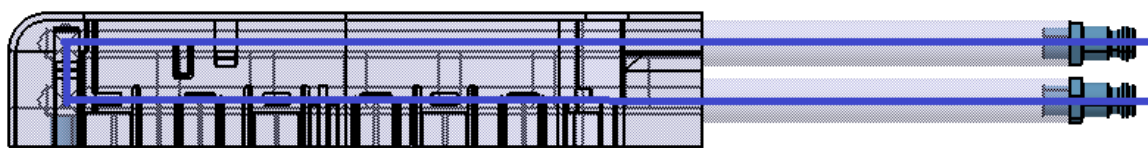
Voda byla v tomto případě zvolena jako temperační médium. Z důvodu ekologické nezávadnosti, vysokému přestupu tepla a ekonomičnosti. Temperační prvky jsou nedílnou součástí temperace. Zde byly použity tyto temperační prvky: uzavírací šroub, připojovací nátrubky a uzavírací zátky.



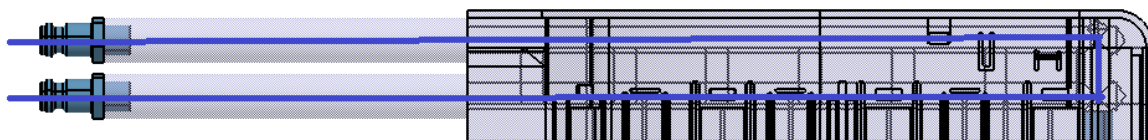
Obr. 35 Tok kapaliny v tvárníku



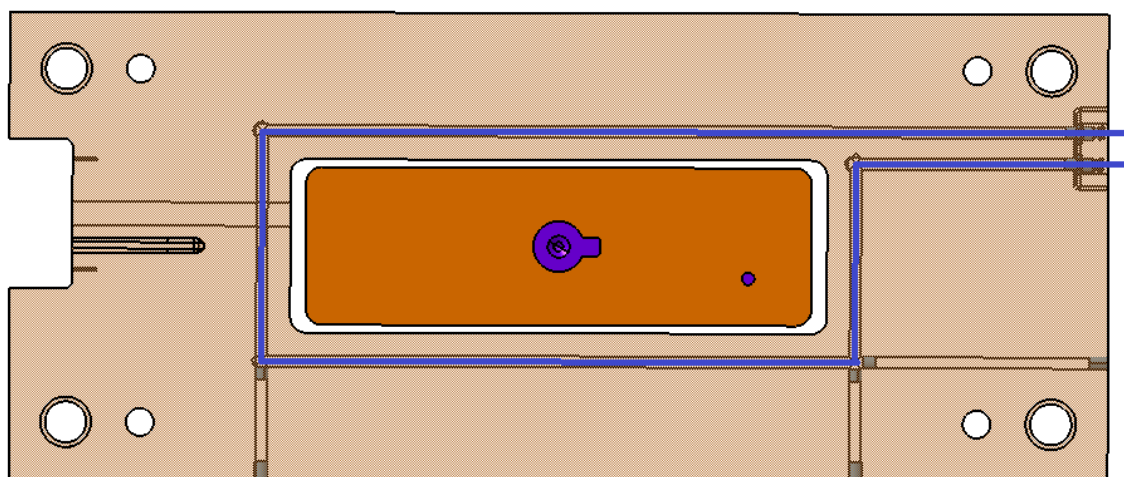
Obr. 36 Tok kapaliny v tvárnici



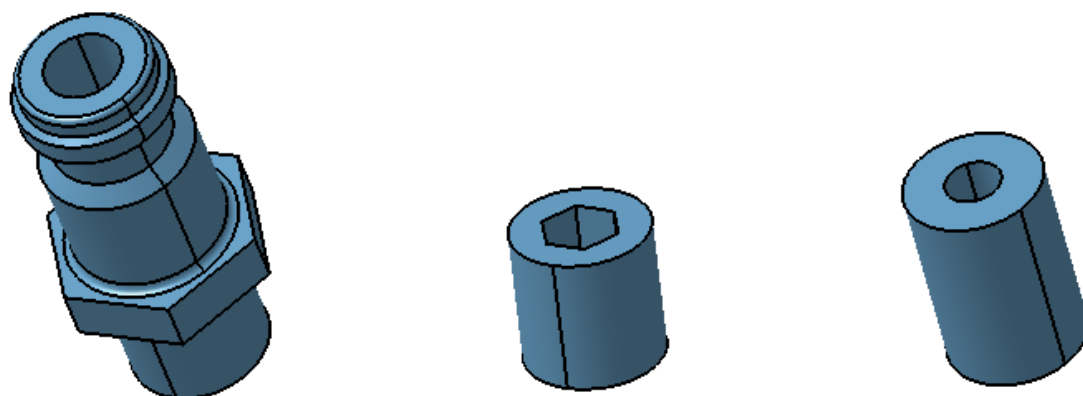
Obr. 37 Tok kapaliny v tvarovém jádru



Obr. 38 Tok kapaliny v tvarovém jádru (druhá strana výrobku)



Obr. 39 Tok kapaliny kolem horkého bloku

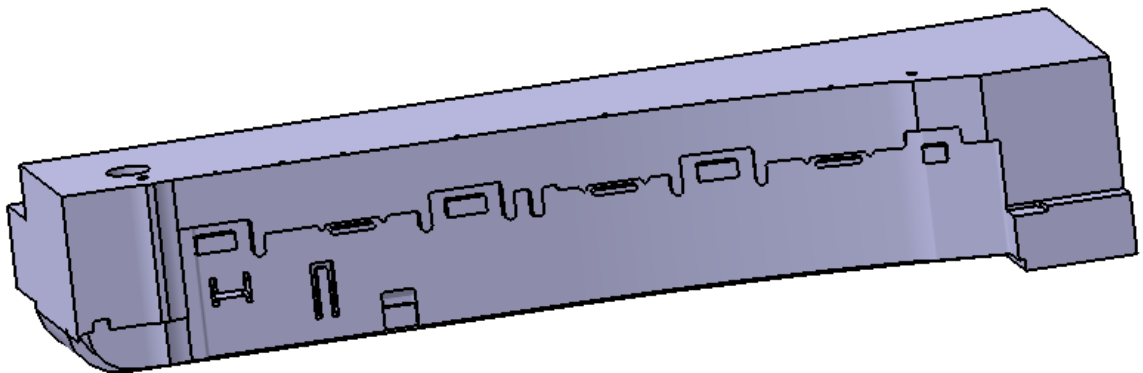


Obr. 40 Temperační prvky (připojovací nátrubek, uzavírací šroub, uzavírací zátka)

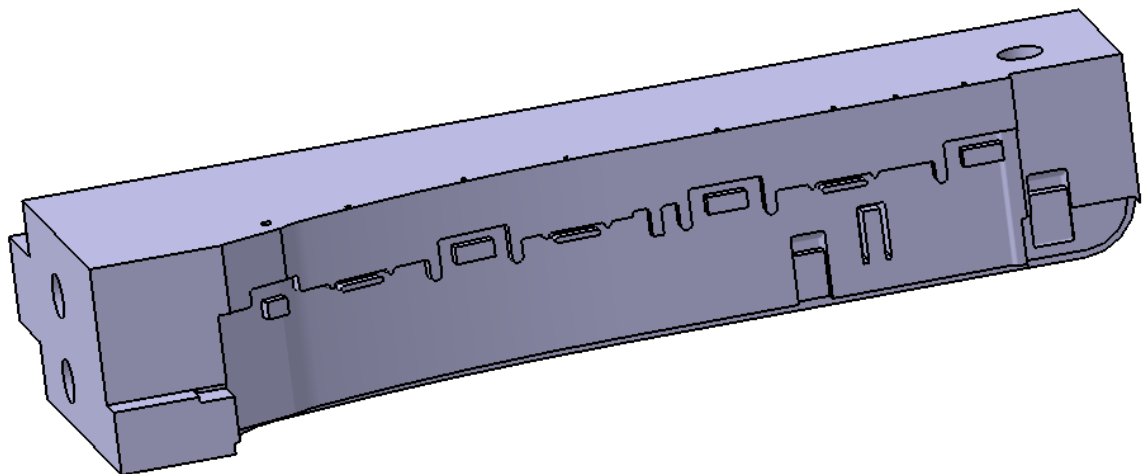


## 8.9 Tvarová jádra

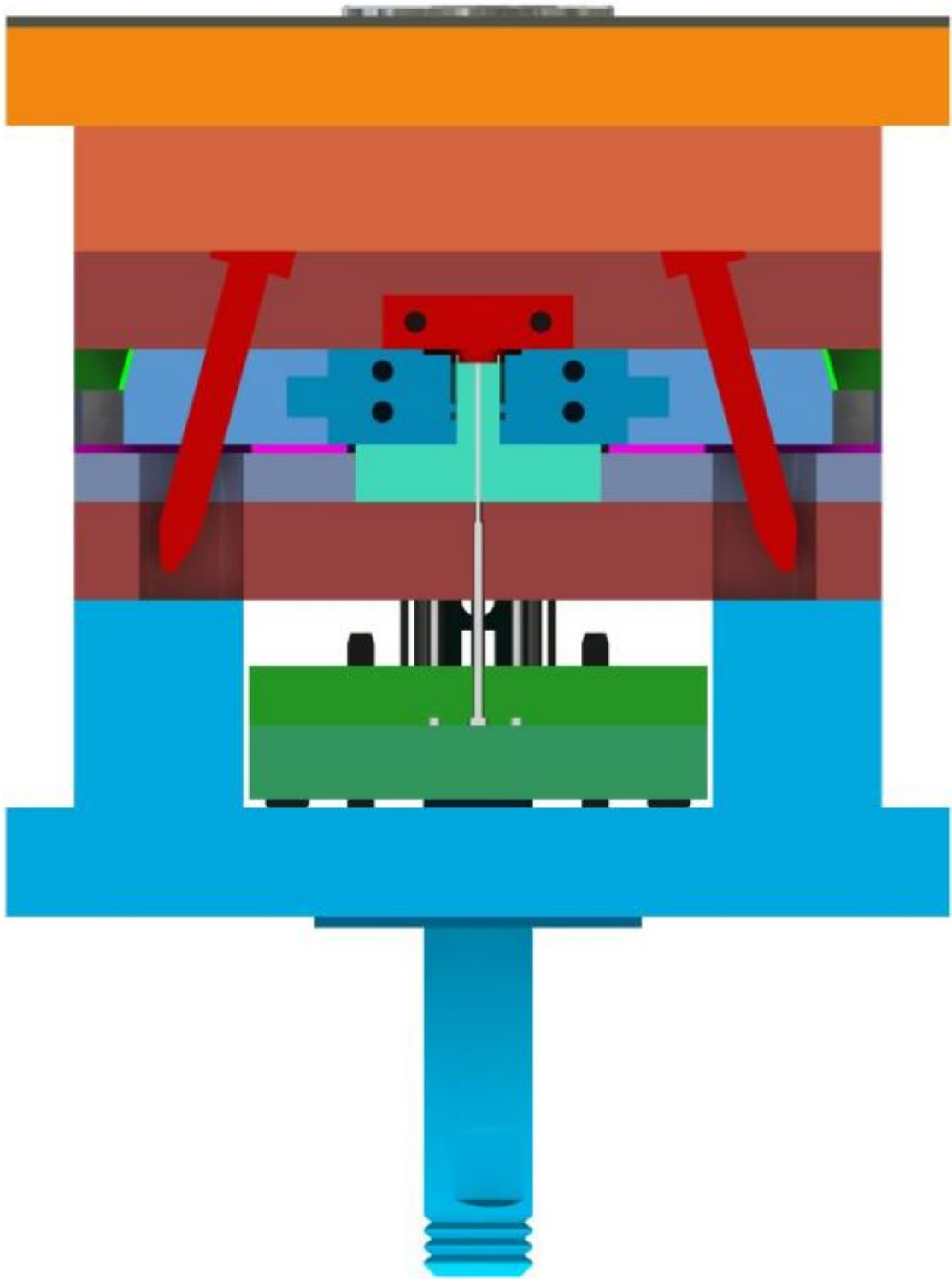
Tvarová jádra slouží k doformování tvarových výstupků a bočních otvorů na výrobku. Toto doformování tvarových výstupků a bočních otvorů se dá vyřešit lomenými, šikmými čepy, tahači (posuvnými kastami) a vedením. Na tento výrobek byly zapotřebí celkem čtyři posuvné kostky. Posuvné kostky jezdí po osmi vodících lištách. Za pomoci dvaceti čtyř šroubů jsou tyto lišty přišroubovány k tvárnici. Konečnou polohu jezdících kostek zajišťuje pojistná kulička. Ta při této poloze zaskočí do posuvné kostky, ve které je vyvrtán důlek. Silou uzavírání zase vyskočí. Posuvná kostka se pohybuje posuvně vratným pohybem za pomoci šikmých kolíků umístěných na pravé straně formy. Kolíky jsou umístěny pod úhly.



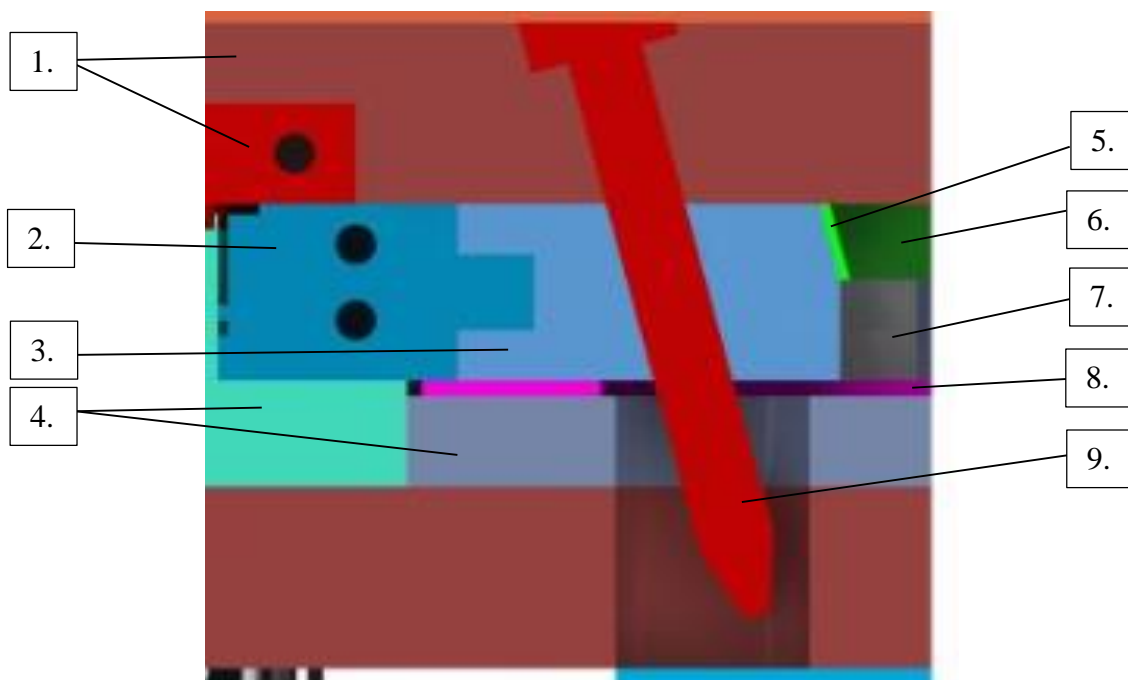
*Obr. 41 Tvarové jádro*



*Obr. 42 Tvarové jádro (druhá strana výrobku)*



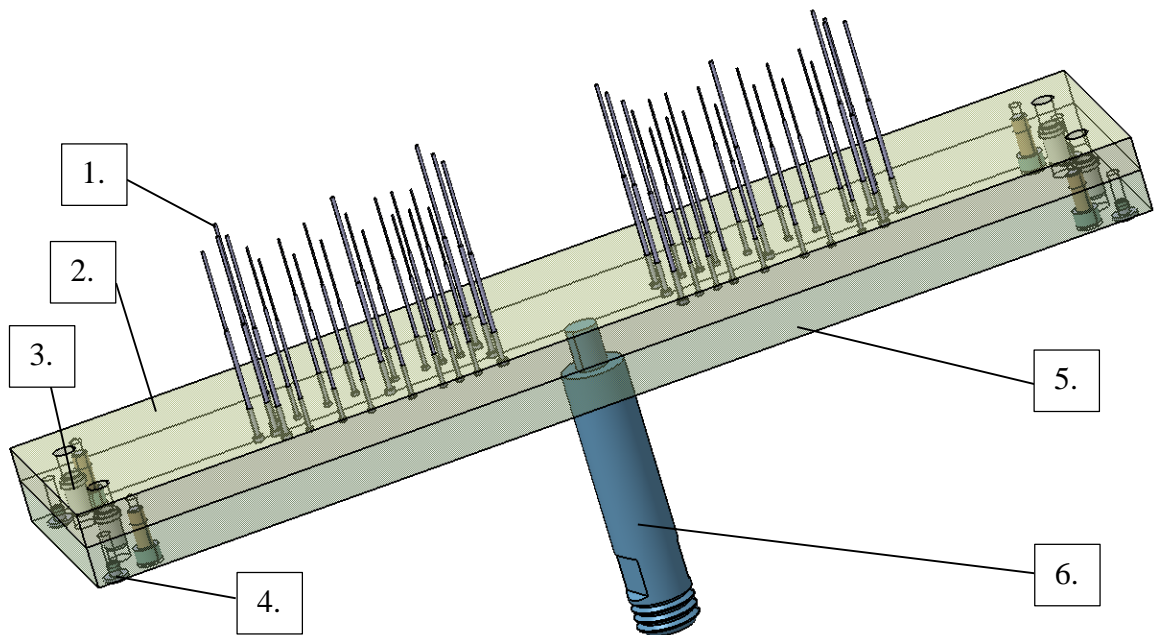
Obr. 43 Řez formou se zaměřením na posuvná jádra



Obr. 44 Detail tvarového jádra (1. Tvárník, 2. Posuvné jádro, 3. Posuvná kostka, 4. Tvárnice, 5. Kluzná destička, 6. Zámek, 7. Vodící lišta, 8. Kluzná deska, 9. Šikmý kolík)

## 8.10 Vyhazovací systém

Výstřik musí být po otevření formy přichycen k levé posuvné polovině formy. K tomu dochází z důvodu smrštění výstřiku na tvárníku. Pokud je tato základní podmínka splněna, tak může dojít k vyhození výstřiku. Vyhazovací systém tvoří 28 válcových vyhazovačů o průměru 1 mm, 14 válcových vyhazovačů o průměru 2 mm a 2 válcové vyhazovače o průměru 2,5 mm, které slouží k vyhození vtoku. Vyhazovače jsou usazeny mezi vyhazovací a opěrnou deskou. Vedení při pohybu zajišťují kolíky (v pravé straně formy) a středící kroužky vystředěny stejným způsobem. Pohyb soustavy zajišťuje táhlo přimontované k opěrné desce. Pro snížení hluku a zpříjemnění obsluhy na dílně se na spodní stranu opěrné desky umísťují dosedky. Opěrná a kotevní deska jsou sešroubovány šrouby.



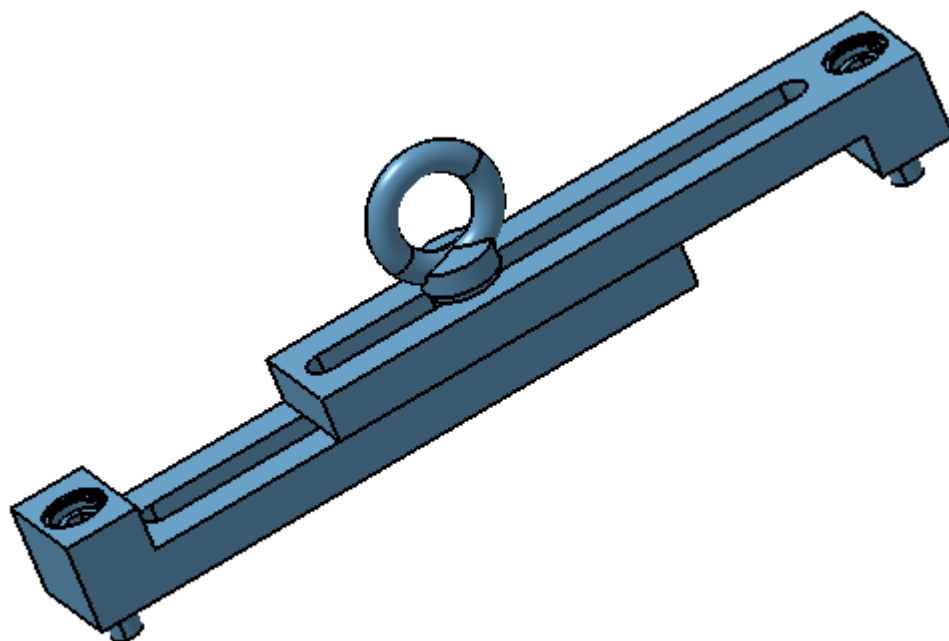
Obr. 45 Vyhazovací systém (1. Vyhazovače, 2. Kotevní deska, 3. Vodící pouzdro, 4. Dosedka, 5. Opěrná deska, 6. Táhlo)

### 8.11 Odvzdušnění

Po uzavření formy dochází k uvěznění vzduchu v tvarové dutině. V dutině narůstá tlak a teplota při vstřikování, vzduch se rozpíná a ohřívá. Musí se dostat ven, jinak by mohlo dojít k výrobním chybám (spálená místa na výrobku). Pro tento případ je odvzdušnění možné díky postačujícím vůlím mezi tvárníkem a tvárnicí, vyhazovacím systémem a tvárnicí, tvarovými jádry a tvárnicí.

### 8.12 Transportní systém

Pro možnost přemísťování formy byl zvolen tzv. transportní můstek, který se skládá ze dvou pohyblivých částí a závěsného oka. Každá část můstku je přišroubována k pravé a levé části formy, tak aby nedošlo k jejímu otevření v dělicí rovině při transportu. Pro přišroubování byly použity dva šrouby s vnitřním šestihranem o průměru 10 mm, které jsou zajištěny proti vysunutí pojistnými kroužky. Transportní můstek se musí po přesunu formy do stroje demontovat.



*Obr. 46 Transportní můstek*

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zkonstruovat vstřikovací formu pro nám zadaný plastový výrobek. Teoreticky popsat problematiku konstrukce vstřikovacích forem a jejich částí. Pro vstřikovaný výrobek byl použit materiál ABS. Vymodelování modelu v 3D, návrh formy v 3D i sestavy ve 2D byly realizovány v programu CATIA V5R19. Použité normalizované díly byly využity z normálí Hasco.

Při návrhu formy bylo využito poznatků shromážděných v teoretické části. Hlavním úkolem bylo vytvořit formu pro zadaný díl. Byla zvolena dvojnásobná forma. Rozměry formy byly přizpůsobeny výrobku a jeho doformování. Bylo využito kombinace horkého a studeného vtoku. Dělicí rovina byla navržena tak, aby větší část výrobku zůstala v tvárnici (levá strana formy). Po otevření formy bude výrobek vyhozen za pomoci vyhazovačů. Tvárník a tvárnice jsou negativem tvaru výrobku. Tvarová jádra slouží k doformování bočních výstupků a dutin na výrobku. Temperace je zajištěna soustavou kanálků. Průřez a rozmístění kanálků byl zvolen tak, aby bylo zajištěno dostatečné chlazení formy. Vůlí vyhazovačů a dělicí roviny bylo zajištěno odvodu vzduchu formy. Vyhození výrobku z formy bylo zkonstruováno mechanicky, použitím vyhazovacího systému. Byly zvoleny válcové vyhazovače. Pro případnou přepravu formy byl vybrán transportní můstek.

Byl zvolen stavebnicový systém pro efektivnější, ekonomičtější i rychlejší realizaci formy. Forma byla seskládána ze sedmi desek. Konstruována byla pro stroj od firmy Arburg typ Allrounder 420C. Konečné rozměry formy jsou 696 x 296 x 330 mm. Při návrhu vstřikovací formy se nevyskytly omezení typu velikost rámu, velikost objemu vstřikované taveniny a velikost tvarových desek. Zvolený stroj všechna kritéria splňuje.

Kompletní řezy a výkresy jsou přiloženy ve fyzické podobě. Jsou nahrány na portálu a také uloženy na DVD, které je vloženo v zadní kapse vazby.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Rozdělení a charakteristika polymerů [online] Dostupný z WWW:  
<https://publi.cz/books/180/04.html>
- [2] Vstřikování plastů [online] Dostupný z WWW:  
[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/01.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm)
- [3] Vstřikování plastů [online] Dostupný z WWW:  
[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)
- [4] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů: I. díl – Vstřikování termoplastů. 2. vydání – Brno: Uniplast, 1999. 134s.
- [5] Princip vstřikování plastů [online] Dostupný z WWW:  
<http://www.asyndar.com/Pages/vstrikovani-princip.aspx>
- [6] STANĚK, M. přednášky T5KO
- [7] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů: II. díl – Vstřikování termoplastů. 1. vydání – Brno: Uniplast, 1999. 214s.
- [8] BRUMMEL, Michal. *Rozměrově přesné výrobky z plastu*. 1.Vyd. Praha: VÚNM, 1977. 278 s.
- [9] MD Melt Design, Inc. [online]. Dostupných z WWW:  
<http://www.meltdesign.com/images/slide-nozzles.png>
- [10] Kulhánek Jan a kol. *Formy pro tváření plastických hmot*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1966. 224 str.
- [11] ARBURG [online]. Dostupný z WWW:  
<http://www.arburg.com>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PP	Polypropylen
PE	Polyethylen
PVC	Polyvinylchlorid
PS	Polystyren
POM	Polyoxymethylen
PMMA	Polymethylmethakrylát
EP	Epoxidová pryskyřice
PF	Fenolformaldehydová pryskyřice
UP	Polyesterová pryskyřice
TPE	Termoplastické elastomery
R	Rádus
Ra	Parametr vyjádření drsnosti, jde o střední aritmetickou úchylku profilu.
VVS	Vyhřívané vtokové systémy
PC	Polykarbonát
Sn	Chemický prvek: cín
Zn	Chemický prvek: zinek
LTD	Laminovaná dřevotřísková deska
2D, 3D	Zkratky z výrazu dvoudimenzionální a trojdimenzionální rozměru.
CATIA	Computer - Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application (Počítačově - graficky podporovaná tři rozměrová interaktivní aplikace).
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
NC	Numerical Control (číslicové ovládání)
LEGO	Leg Godt (dánsky = dobře si hraj)



## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Základní rozdělení polymerů [1]</i> .....	12
<i>Obr. 2 Chování polymerů při mechanickém namáhání [1]</i> .....	12
<i>Obr. 3 Příklady aplikací termoplastů (a) a reaktoplastů (b) [1]</i> .....	13
<i>Obr. 4 Příklady aplikací pryží (a) a termoplastických elastomerů (b) [1]</i> .....	14
<i>Obr. 5 Cyklus formy (vnější kruh), cyklus vstřikovacího stroje (vnitřní kruh) [3]</i> .....	16
<i>Obr. 6 Schéma vstřikovacího stroje [3]</i> .....	17
<i>Obr. 7 Řez vstřikovací formou [6]</i> .....	19
<i>Obr. 8 Umístění vyhazovacích kolíků [7]</i> .....	22
<i>Obr. 9 Vyhazovací kolíky</i> .....	22
<i>Obr. 10 Popis částí vtokového systému [4]</i> .....	24
<i>Obr. 11 Obecné zásady volby vtokového systému [4]</i> .....	25
<i>Obr. 12 Obecné zásady volby vtokového systému – průřezy vtokových kanálů [4]</i> .....	26
<i>Obr. 13 Zachycení čela proudu taveniny [4]</i> .....	26
<i>Obr. 14 Větvení toků [4]</i> .....	26
<i>Obr. 15 Základní typy vtokových ústí [4]</i> .....	27
<i>Obr. 16 Vstřikovací tryska s vnějším topením [9]</i> .....	29
<i>Obr. 17 Vliv rozmístění temperačních kanálů [7]</i> .....	31
<i>Obr. 18 Chlazení výstřiku o různé tloušťce stěny [7]</i> .....	31
<i>Obr. 19 CATIA V5R19 (Mold Tooling Design)</i> .....	35
<i>Obr. 20 Hasco – Dako modul</i> .....	36
<i>Obr. 21 Výrobek - 1. pohled</i> .....	37
<i>Obr. 22 Výrobek - 2. pohled</i> .....	37
<i>Obr. 23 Vstřikovací stroj Arburg Allrounder 420C [11]</i> .....	39
<i>Obr. 24 Pohled na sestavu formy</i> .....	40
<i>Obr. 25 Násobnost formy</i> .....	41
<i>Obr. 26 Hlavní dělicí rovina (červeně), vedlejší dělicí rovina (modře)</i> .....	42
<i>Obr. 27 Druhá strana vedlejší dělicí rovina (modře)</i> .....	42
<i>Obr. 28 Analýza vtoku (pohled ze shora)</i> .....	43
<i>Obr. 29 Analýza vtoku (pohled ze spodu)</i> .....	43
<i>Obr. 30 Pravá strana formy</i> .....	44
<i>Obr. 31 Pohled na vtokovou soustavu</i> .....	45
<i>Obr. 32 Levá strana formy</i> .....	45

<i>Obr. 33 Tvárník</i> .....	46
<i>Obr. 34 Tvárnice</i> .....	46
<i>Obr. 35 Tok kapaliny v tvárníku</i> .....	47
<i>Obr. 36 Tok kapaliny v tvárnici</i> .....	47
<i>Obr. 37 Tok kapaliny v tvarovém jádru</i> .....	48
<i>Obr. 38 Tok kapaliny v tvarovém jádru (druhá strana výrobku)</i> .....	48
<i>Obr. 39 Tok kapaliny kolem horkého bloku</i> .....	48
<i>Obr. 40 Temperační prvky</i> .....	48
<i>Obr. 41 Tvarové jádro</i> .....	49
<i>Obr. 42 Tvarové jádro (druhá strana výrobku)</i> .....	49
<i>Obr. 43 Řez formou se zaměřením na posuvná jádra</i> .....	50
<i>Obr. 44 Detail tvarového jádra</i> .....	51
<i>Obr. 45 Vyhazovací systém</i> .....	52
<i>Obr. 46 Transportní můstek</i> .....	53

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 Vybrané vlastnosti ABS .....</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 2 Základní parametry vsřikovacího stroje [11].....</i>	<i>39</i>

## SEZNAM PŘÍLOH

PI Sestava

PII Kusovník

PIII Kusovník

PIV DVD obsahuje:

- 3D model formy
- Výkresová dokumentace
- Bakalářská práce