

# Konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl

Jakub Návoj

---

Bakalářská práce  
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub NÁVOJ**  
Osobní číslo: **T09449**  
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární studii na dané téma**
- 2. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu**
- 3. Navrhněte vstřikovací formu pro zadaný díl**
- 4. Nakreslete 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**dle zadání vedoucího BP**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Michal Staněk, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**13. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**25. května 2012**

Ve Zlíně dne 13. února 2012



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





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

Příjmení a jméno: ..... NAVOS JAKUB .....


Obor: ..... TZ .....

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <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 dne 24. 5. 2012

.....  .....

---

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

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

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

<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 této bakalářské práce je navrhnout dvojnásobnou formu s horkým vtokovým systémem pro zadaný plastový výrobek. V teoretické části je popsán pojem vstřikování. V textu je také rozdělení polymerních materiálů a pravidla pro konstrukci forem. Praktická část obsahuje návrh vstřikovací formy a popis jejich jednotlivých částí. Návrh je tvořen ve školní verzi CATIE s využitím standardních prvků od firmy Hasco.

Klíčová slova: Polymer, vstřikovací forma, konstrukce

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor's thesis is design the double injection mold with hot inlet system for engaged plastic part. In the theoretical part is described the term injection. There is also a text about sorting polymeric materials and rules for construction injection molds. The practical part includes the design of injection mold and description of its parts. The design is created in school's version of CATIA with using standard part from company Hasco.

Keywords: Polymer, injection mold, design

Poděkování:

Rád bych touto formou poděkoval ing. Michalu Staňkovi, Ph.D za věnovaný čas, cenné rady a připomínky, které mi pomohly k dokončení práce.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. Dále prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně dne 24. 5. 2012

.....

Podpis

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>1 TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 PLASTY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM</b> .....	<b>12</b>
1.1 CHARAKTERISTIKA PLASTŮ A ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ.....	12
1.2 VLIVY TEPLA NA VLASTNOSTI PLASTICKÝCH HMOT .....	12
1.3 PŘÍPRAVA MATERIÁLŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM.....	13
1.4 SUŠENÍ GRANULÁTU .....	13
1.5 RECYKLACE PLASTŮ .....	13
1.6 BARVENÍ GRANULÁTU .....	14
1.7 OPTIMÁLNÍ VOLBA PLASTŮ PRO VSTŘIKOVÁNÍ SE POSUZUJE Z NÁSLEDUJÍCÍCH HLEDISEK: .....	14
1.8 VADY VSTŘIKOVANÝCH DÍLCŮ .....	14
<b>2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>17</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ STROJ .....	17
2.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	17
2.3 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA.....	18
2.4 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	19
<b>3 VTOKOVÉ SYTÉMY</b> .....	<b>20</b>
3.1 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY.....	20
3.1.1 Vtokové ústí .....	21
3.1.2 Druhy studených vtoků.....	21
3.2 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SOUSTAVY .....	22
3.2.1 Vytápěné rozvodové bloky.....	22
3.2.2 Izolované vtokové soustavy .....	22
3.2.3 Vyhřívané trysky .....	23
<b>4 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY</b> .....	<b>24</b>
4.1 MECHANICKÉ VYHOZENÍ .....	24
4.2 VYHAZOVÁNÍ POMOCÍ VYHAZOVACÍCH KOLÍKŮ .....	25
4.3 STÍRACÍ DESKA .....	26
4.4 TRUBKOVÉ VYHAZOVAČE .....	26
4.5 VYHAZOVÁNÍ POMOCÍ ŠIKMÝCH ČEPŮ .....	26
4.6 DVOUSTUPŇOVÉ VYHAZOVÁNÍ.....	27
4.7 VZDUCHOVÉ VYHAZOVÁNÍ.....	27
4.8 HYDRAULICKÉ VYHAZOVÁNÍ.....	28
<b>5 VSTŘIKOVACÍ FORMY</b> .....	<b>29</b>



5.1	ROZDĚLENÍ FOREM .....	29
5.2	MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ FOREM.....	30
5.3	TEMPERACE FOREM .....	30
5.3.1	Požadované teploty formy při zpracování plastů [7].....	31
5.3.2	Charakteristika temperačního systému.....	31
5.3.3	Temperační prostředky.....	32
	PASIVNÍ PROSTŘEDKY PŘEDSTAVUJÍ:.....	33
5.4	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM .....	34
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>VÝROBEK.....</b>	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY .....</b>	<b>37</b>
7.1	VSTŘIKOVACÍ FORMA .....	37
7.2	NÁSOBNOST FORMY .....	38
7.3	ODFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU .....	38
7.4	ODFORMOVÁNÍ POMOCÍ ŠIKMÝCH ČEPŮ .....	39
7.4.1	Výpočet délky šikmého čepu.....	40
7.5	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY .....	42
7.6	TVAROVÁ DUTINA .....	43
7.7	VTKOVÝ SYSTÉM.....	44
7.8	TEMPERAČNÍ SYSTÉM .....	45
7.8.1	Temperace levé stany .....	45
7.8.2	Temperace pravé strany.....	47
7.9	VYHAZOVACÍ SYSTÉM .....	48
7.10	NOSIČE FORMY .....	49
7.11	RÁM FORMY .....	50
7.12	SESTAVA VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	51
<b>8</b>	<b>VSTŘIKOVACÍ STROJ .....</b>	<b>54</b>
8.1	TECHNICKÉ PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE: .....	54
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>55</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>57</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>61</b>

## ÚVOD

Plast je materiálem moderní doby. Stačí se jen rozhlédnout kolem sebe. Ať už sedíte u počítače, v kuchyni, v autobuse nebo kdekoli jinde. Je to materiál, který je díky svým vlastnostem masově využíván v mnoha odvětvích. Výrobky z plastu najdeme ve stavebnictví, strojírenství, automobilovém a elektrotechnickém průmyslu, jako obalový materiál a v mnoha dalších oblastech. Používá se v různých formách, barvách a dá se z něj vytvořit nepředstavitelně mnoho odlišných produktů. Existuje i mnoho způsobů, kterými se plasty zpracovávají do jejich výsledné podoby. Tyto metody se značně liší podle příslušného druhu plastu.

Plasty, které se dají tepelně zpracovat do požadovaného tvaru, se nazývají termoplasty. Mezi nejobvyklejší a nejpoužívanější způsob zpracování těchto plastů patří vstřikování. Tento proces probíhá na vstřikovacích strojích, jejichž klíčovou součástí jsou formy. Do těch se vstříkne polymer, který zde zafixuje svůj konečný tvar.

Nároky na kvalitu tvaru a povrchu vytvořeného produktu se stále zvyšují. Je tedy nutné zvolit správný druh plastu podle jakostních parametrů. Zároveň se musí přesně navrhnout a z kvalitního materiálu vyrobit forma. Tento proces vyžaduje hodně času a finančních prostředků, a to zejména kvůli individualitě jednotlivých projektů. Náklady na konstrukci forem se dají snížit používáním normalizovaných prvků. Ne vždy jich ale lze kvůli složitosti formy využít.

Pro návrhy forem se v dnešní době používají „rýsovací“ programy, které zvládají vykreslit 3D grafiku. Na trhu jich existuje velké množství. V různých softwarových programech lze nejenom rýsovat, ale i zkusit funkčnost vzniklého návrhu.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 PLASTY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM

Vstřikování plastů je složitý proces tváření. Ne všechny druhy plastů jsou pro tento způsob zpracování vhodné. Skupina plastů, kterou lze tvářet vstřikováním má mnoho druhů s rozdílnými vlastnostmi.

## 1.1 Charakteristika plastů a základní rozdělení

Plasty jsou za běžných podmínek tvrdé a křehké. Za zvýšené teploty se stávají plastickými a tvarovatelnými.

- Termoplasty – se dají tepelně tvářet a ochlazením je zpět převést do tuhého stavu. Vlastnosti materiálu se nemění ani po opakovaném zahřívání a chlazení. Termoplasty se skládají z makromolekul s dlouhým řetězcem.

Termoplasty se z hlediska vnitřní skupiny dělí na:

Amorfni: Makromolekulární řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány. Využitelné jsou pod teplotou skelného přechodu. Jsou tvrdé, křehké a rozpustné v organických rozpouštědlech.

Semikrystalické: Tvoří krystalické pravidelně uspořádané útvary. Jsou houževnaté a v organických rozpouštědlech se rozpouštějí velmi špatně nebo vůbec.

- Reaktoplasty – při tváření vlivem tlaku a teploty nastává zesnování polymeru a ten zafixuje svůj tvar, je tedy opakovaně netavitelný. [1]
- Elastomery – jsou polymery, které, jdou za běžných podmínek značně deformovat poměrně malou silou a deformace jsou ve velké míře vratné. [2]

## 1.2 Vlivy tepla na vlastnosti plastických hmot

Na plasticitu a tokové vlastnosti plastických hmot má zásadní vliv teplota. Stejně jako u jiných látek se mění se změnou teploty obsah vnitřní energie hmoty, a tím se zvyšuje pohyb částic. Změnou teploty se mění mezimolekulární přitažlivé síly, a tím se mění soudržnost hmoty. Zeslabováním mezimolekulární soudržnosti vlivem postupného zvyšování teploty se umožňuje tzv. viskózní tok, který se projevuje zvyšováním plasticity. U některých plastických hmot se pak dosáhne úplného roztavení. [3]

### 1.3 Příprava materiálů před vstřikováním

Před zpracováním plastů vstřikováním je třeba materiál upravit dle příslušných technologických postupů. Jednotlivé postupy zpracování jsou u konkrétních typů výrobků odlišné. Jedná se z pravidla o sušení granulátů, mísení materiálu s drceným odpadem, míchání nadouvadlem a barvení. [1]

Výše uvedené postupy se vztahují ke zpracování termoplastů. Ty je potřeba provádět do takového stavu, aby bylo zpracování bez potíží a výsledná aplikace vyhověla požadavkům na výrobek. [1]

### 1.4 Sušení granulátu

Absorpce vlhkosti ze vzduchu je jednou z vlastností většiny termoplastů. Tato schopnost pohlcovat vlhkost i při běžných zpracovatelských teplotách může způsobit rozpad polymeru. To vede ke snížení kvality některých parametrů materiálu a také snížení kvality povrchu. Výstřiky mají poté povrchové vady, nesnadno se vyjímají z dutiny formy a mohou být bez povrchového lesku, proto je potřeba materiál předsoušet. [1]

Vysušený materiál se dováží ve vzduchotěsných obalech. V papírových nebo plastových pytlích je dodáván materiál nevysušený. [1]

Aby granulát nezvlhnul, skladuje se v místě zpracování v suchých skladech. Během zimních období při převážení ze skladu do dílny se ponechá granulát aklimatizovat asi 24 hodin, aby při otevření nedocházelo k jeho orosení. Sušení granulátu se provádí např. v komorové peci s přirozeně cirkulujícím vzduchem. [1]

### 1.5 Recyklace plastů

Při vstřikování vznikají vadné výstřiky, odpady a vtoky, které lze mnohonásobně zpracovávat. Této vlastnosti se hodně využívá hlavně při výrobě malých vstřiků, produkce odpadu je vysoká. Drcení je jeden ze způsobů pro zpracování neznečištěných plastových odpadů vstřikováním. To se provádí v nožových mlýnech. Poté se drť smíchá s čistým granulátem a znovu se zpracuje. Tímto ale dochází ke snížení fyzikálně-mechanických vlastností i povrchového vzhledu. [1]

S obsahem podílu drceného materiálu se nemohou vyrábět výrobky transparentní a silně namáhané. I s obsahem odpadu 15 – 30 % v granulátu se vyrábí výstřiky, které nemají zhoršené vlastnosti. V některých případech jsou výrobky vyráběny i ze 100% odpadu. [1]

## 1.6 Barvení granulátu

Materiály jsou dodávány pouze v určitých barevných odstínech, přičemž barva základního granulátu omezuje rozsah možných změn barvy výrobku. Barvení se provádí dávkovacím zařízením na vstřikovací stroji nebo se granulát vybarvuje před vstřikováním. To probíhá tak, že se barvivo ve vstřikovací stroji smíchá s granulátem, kde se zpracuje do původního materiálu. [1]

## 1.7 Optimální volba plastů pro vstřikování se posuzuje z následujících hledisek:

- Funkce součásti musí splňovat určité požadavky,
- Zvolená technologie výroby součásti musí být reálná a na daném stroji snadno proveditelná při dodržení požadovaných parametrů,
- Ekonomika při výběru plastů, z hlediska technologie výroby součástí i formy. [1]

## 1.8 Vady vstřikovaných dílců

Přetok:

- Příliš vysoká teplota materiálu při zpracování,
- Nízká uzavírací síla,
- Vysoký tlak při vstřikování,
- Špatné upnutí formy,
- Znečištěný povrch dělicí roviny.

Plastické švy (studený spoj):

- Nízká teplota materiálu při zpracování,
- Nízká vstřikovací rychlost,

- Nízká teplota formy,
- Značná délka toku taveniny.

Spálená místa:

- Příliš vysoká teplota taveniny,
- Přehřátí vlivem tření,
- Nedostatečné odvzdušnění,
- Poškozené vstřikovací zařízení.

Deformace dílce:

- Nedostatečná doba chladnutí,
- Velké podkoso,
- Špatná orientace plniv,
- Nevhodně zvolené vyhazovací kolíky,
- Nevhodný výběr materiálu,
- Vysoká teplota formy.

Křehkost dílce:

- Degradace materiálu,
- Nedostatečně vysušený materiál.

Černé skvrny:

- Degradace materiálu,
- Dlouhý prostoj stroje.

Propadliny:

- Vysoká teplota zpracování,
- Velká délka toku taveniny,
- Nízký vstřikovací tlak,
- Špatné odvzdušnění.

Bubliny (lunkry):

- Příliš nízký vstřikovací tlak,
- Těkavé složky a plyny v dílcích,
- Špatné odvzdušnění formy,
- Náhlý přechod ze slabé do silné formy,
- Nesprávná konstrukce výrobku,
- Přehřátá forma,
- Nízká teplota formy. [2]



## 2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

### 2.1 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroj je velmi drahé zařízení, proto je vhodný na velkosériovou a hromadnou výrobu. Na moderních strojích je vstřikování již plně automatizované a dosahuje se vysoké produktivity práce. [3]



*Obr. 1 vstřikovací stroj [3]*

Konstrukce stroje je charakterizována podle:

- Vstřikovací jednotky,
- Uzavírací jednotky,
- Ovládání a řízení stroje.

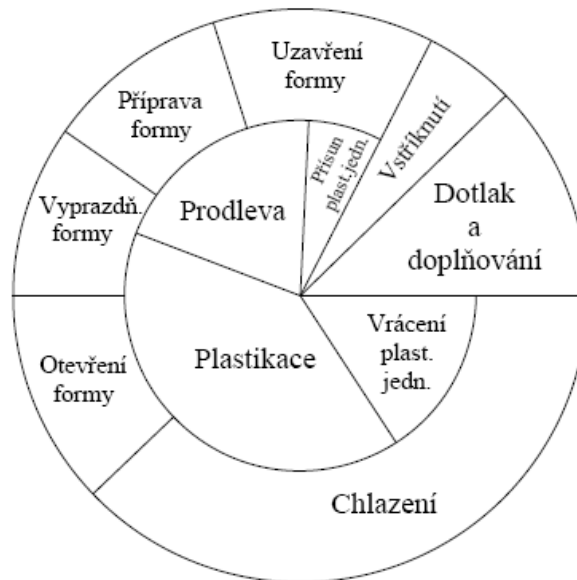
Vstřikovací stroj pro přesné výrobky musí mít:

- Tuhost a pevnost u výstřiku,
- Konstantní tlak, rychlost, teplotu, ostatní parametry a jejich časování,
- Přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů. [1]

### 2.2 Vstřikovací cyklus

Granulovaný materiál je vsypán do násypky vytlačovacího stoje, kde je pomocí šneku nebo pístu dopravován a zároveň roztavován účinkem tření a topení na taveninu. Tato tavenina

je potom vstříkována do dutiny formy v takovém množství, aby byla dutina dokonale zaplněna. Potom následuje smrštění a ochlazování výrobku na vyhazovací teplotu. Jakmile má tedy výrobek vhodnou teplotu, forma se otevře a výrobek je pomocí vyhazovacího systému odstraněn z formy. Celý proces se opakuje.[1]

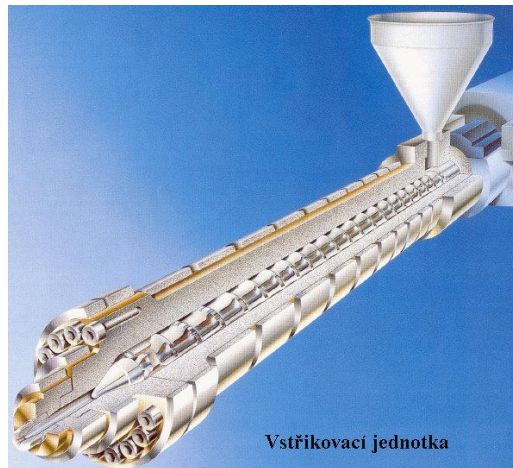


Obr. 2 vstříkovací cyklus [2]

### 2.3 Vstříkovací jednotka

Na začátku linky je zásobník na granulát, který je nad vstupní částí šneku. Pracovní válec šneku je rozdělen na jednotlivá teplotní pásma. Každé pásmo je temperováno na jinou teplotu dle použitého materiálu. Granulát je ze vstupního pásma šneku tlačěn do přechodového pásma, kde dochází ke zvýšení tlaku, a tím také teploty a roztavení granulátu. Ve výstupním pásmu dochází k homogenizaci. [4]

Vstříkovací jednotka připravuje a dopravuje předem stanovené množství materiálu do dutiny formy. Množství materiálu, který dopravuje do dutiny, musí být menší než kapacita vstříkovací jednotky při jednom zdvihu. Při vstříkování malého obsahu taveniny do dutiny formy může tavenina ve vstříkovací jednotce degradovat. Dá se tomu předejít rychlejšími cykly výroby. Optimální množství je 80 % kapacity jednotky, maximální je 90 %, aby zůstávala rezerva pro doplnění úbytku hmoty při chlazení vstříkovacího stroje. [1]



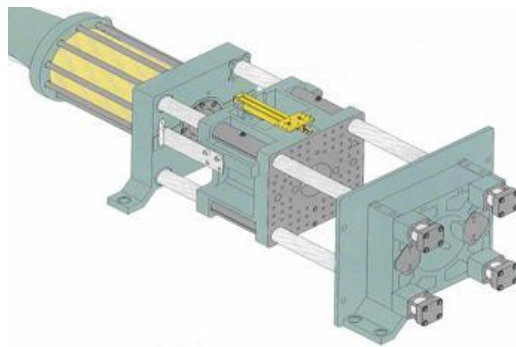
Obr. 3 vstřikovací jednotka [5]

## 2.4 Uzavírací jednotka

Zajišťuje uzavírání a otevírání formy takovou silou, aby nedošlo k otevření formy vlivem tlaku vstřikované taveniny. Uzavírání formy nemá v celém průběhu konstantní rychlost. Na počátku je mnohem rychlejší než před koncem. A při otevírání je rychlost větší, než u úplného otevření formy, kdy se zpomaluje. [1]

Hlavní části uzavírací jednotky:

- Opěrná deska pravá,
- Upínací deska,
- Vodící sloupy,
- Uzavírací mechanismus. [1]



Obr. 4 uzavírací jednotka

### 3 VTOKOVÉ SYTÉMY

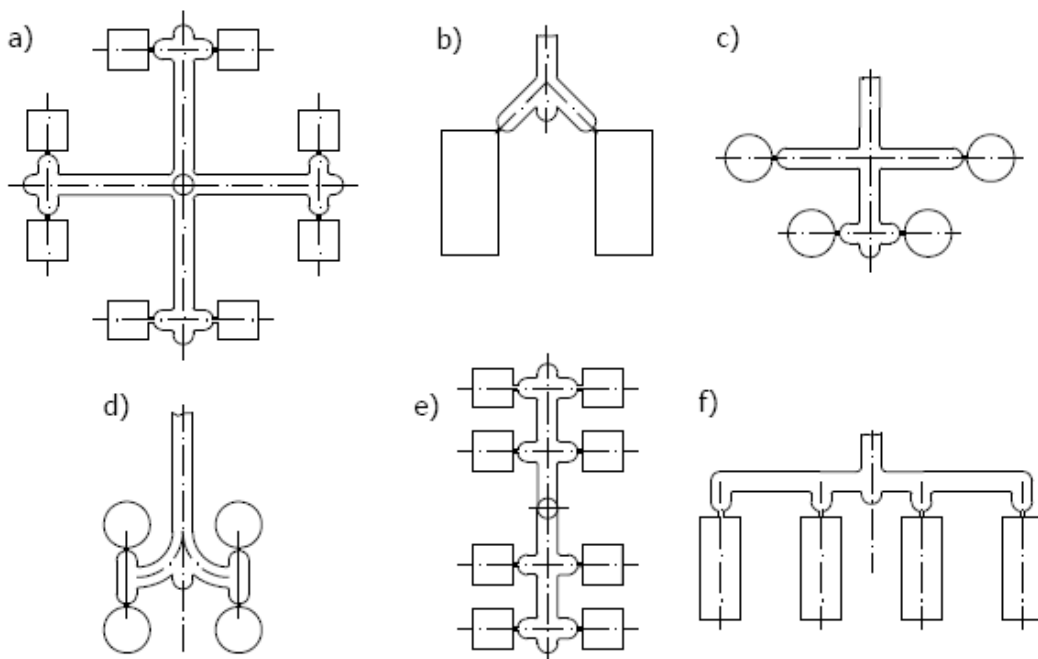
Vtoková soustava je systém rozváděcích kanálů a ústí vtoku spojující otvor v trysce vstříkovačského stroje s tvarovou dutinou formy.

Vtokové systémy se dělí na:

- (SVS) Studené vtokové systémy,
- (VVS) Vyhříváné vtokové soustavy. [1]

#### 3.1 Studené vtokové systémy

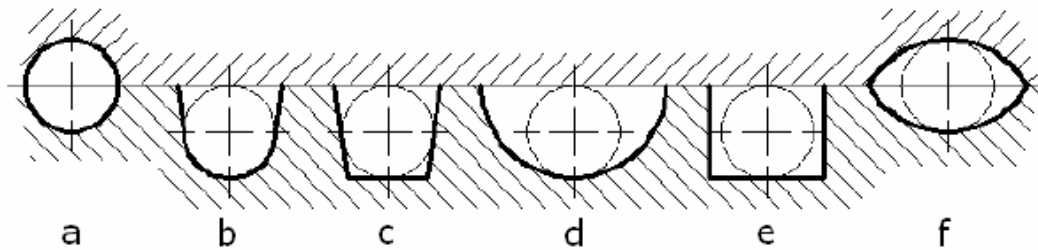
Zajišťují správné vedení taveniny do dutin formy, musí zabezpečovat homogenitu taveniny, nejkratší možný čas toku a minimální odpor proti němu. Uspořádání je dáno násobností a technickým provedením formy. U vícenásobných forem je důležité, aby tavenina dotekla do všech dutin ve stejném čase. [1]



Obr. 5 obecné zásady volby vtokového systému [2]

*a, b, c, d – vhodné řešení, e, f – nevhodné řešení*

Vtokový kanál by měl mít co největší průřez a co nejmenší povrch, aby ztráty ochlazováním byly co nejmenší. Této podmínce nejvíce vyhovuje kruhový průřez. [1]



*Obr. 6 průřez rozvodných kanálů [2]*

*a, f – výrobně nevýhodné b, c, d, e – výrobně výhodné*

Tvar a umístění vtoku ovlivňují:

- Rozměry, vlastnosti a vzhled výrobku,
- Spotřeba materiálu,
- Náročnost opracování a začištění výrobku,
- Energetická náročnost výroby. [1]

### 3.1.1 Vtokové ústí

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozvodného kanálku z důvodu zvýšení teploty taveniny před vstupem do dutiny formy. Volí se co nejmenší možný průřez v závislosti na charakteru výstřiku, platu a technologii vstřikování. [1]

### 3.1.2 Druhy studených vtoků

- Plný kuželový vtok,
- Bodový vtok,
- Tunelový vtok,
- Boční vtok,
- Filmový vtok. [1]

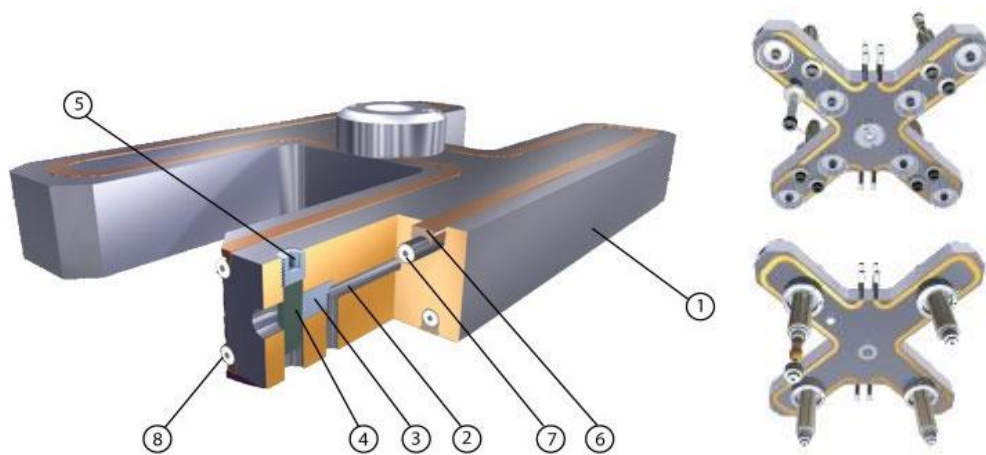
### 3.2 Vyhřívání vtokové soustavy

Vyhřívání vtokové soustavy mají vyhřívání trysky, které jsou výhodné minimálním úbytkem tlaku i teploty a tok taveniny je v nich optimální. Vstřikování bez vtokového zbytku má velkou výhodu v úsporách plastu i práce. Výrobní náklady formy s vyhříváním vtokovou soustavou jsou mnohem vyšší, než u forem se studeným vtokem. Také jsou mnohem energeticky náročnější. [1]

VVS spočívá v tom, že tavenina po naplnění dutiny formy zůstává v plastickém stavu v celém vtoku i v ústí formy. To dovoluje využít vyústění malých průměrů, což je vhodné pro celou řadu výstřiků. [1]

#### 3.2.1 Vytápěné rozvodné bloky

Jsou často používaným řešením, které se vkládá mezi upínací a pravou tvarovou desku. Tvary se volí podle potřeby uložení vstřikovacích trysek a násobnosti formy. Vyrábí se ve tvaru: I, H, Y, X, hvězdy atd. [1]



Obr. 7 rozvodné bloky [6]

1 – tělo rozvaděče, 2 – kanál, 3 – koncovka, 4 – šikmý kolík, 5 – seřizovací šroub, 6 – kryt topení, 7 – tubulární topení, 8 – druhá sada topení

#### 3.2.2 Izolované vtokové soustavy

Ústí vtoku izolovaných vtokových systémů nemá vlastní vytápění, ale jsou vyhřívány. Trysky mají mnohem větší průřez, protože proudící tavenina se na stěnách ochlazuje a tvoří tak izolační vrstvu ztuhlého plastu, uvnitř kterého pak proudí tavenina. Často se stává, že

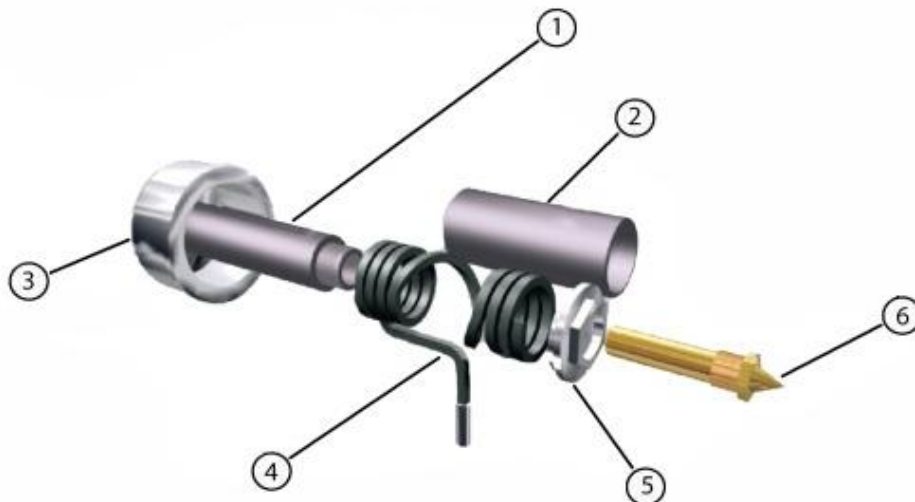
proudící tavenina s sebou strhává kousky izolační vrstvy. Plast musí mít široký rozsah zpracovatelských teplot. Forma musí být zkonstruována tak, aby při delším prostoji šla dobře rozebrat a vytáhnout z ní ztuhlá část taveniny, která je po celé vtokové větvi. Výhodou jsou nízké náklady na výrobu, malá energetická náročnost a těsnost proti unikání taveniny. [1]

### 3.2.3 Vyhřívané trysky

Konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný člunek i regulaci, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. [1]

Trysky jsou konstrukčně upraveny tak, že je ústí:

- Otevřené,
- S uzavírací jehlou,
- Se špičkou pro plasty, které táhnou vlas,
- Speciálně upravené. [1]



Obr. 8 vyhřívaná tryska [6]

1 – termočidlo, 2 – kryt topení z oceli, 3 – kalená hlava, 4 – vyměnitelné topení, 5 – vyměnitelný uzavírací kroužek, 6 – vyměnitelný hrot

## 4 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY

Vyhazovací systém slouží k vyhazování výstřiků z formy, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřík a zajišťuje automatický výrobní cyklus, který má dvě fáze:

- Dopředný pohyb - vlastní vyhození;
- Zpětný pohyb - návrat vyhazovacího systému do původní polohy. [7]

Základní podmínkou dobrého vyhození výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn větší než 30° ve směru vyhazování. Vyhazovací systém musí výstřík vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození.[7]

Systémy se dají využít k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. U hlubokých tvarů je třeba počítat s jejich zavzdušněním. Mimo výstřiků se vyhazuje i vtokový zbytek. Při vhodném uspořádání se může vtokový zbytek od výstřiku záměrně oddělit. Pohyb vyhazovacího systému se vyvine:

- Narážecím kolíkem o traverzu vstřikovacího stroje při otevírání formy,
- Hydraulickým, nebo pneumatickým zařízením, které je součástí vstřikovacího stroje (umožňuje měkké vyhazování),
- Ručním vyhazováním nejrůznějšími mechanizmy (pro jednoduché a zkušební formy). [7]

Zpětný pohyb vyhazovacího systému je zajišťován:

- Vratnými kolíky,
- Pružinami vždy v kombinaci s jiným systémem,
- Speciálním mechanickým, vzduchovým nebo hydraulickým zařízením. [7]

### 4.1 Mechanické vyhození

Nejrozšířenějším vyhazovacím systémem je mechanické vyhazování, které se používá všude tam, kde je to jen možné a jeho konstrukce má různá provedení, která představují:

- Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků,

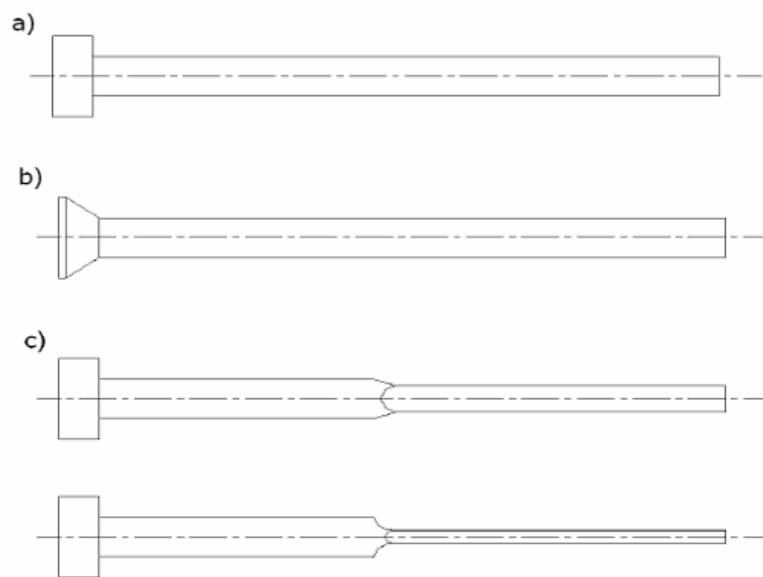


- Vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkovými vyhazovači,
- Šikmé vyhazování,
- Postupné vyhazování.

Ve zvláštních případech, kdy je výstřík mělký, se vyhazovače nemusí použít, protože postačí jen vyhození vtokového zbytku, se kterým je výstřík spojen. [7]

## 4.2 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Jde o nejpoužívanější způsob vyhazování výstříků. Lze použít tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstříku ve směru vyhození tak, aby se výstřík nezdeformoval. Kolíky se musí opírat o stěnu nebo žebro výrobku. Vyhazovače musí být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Jsou válcové a mohou mít i odlišný tvar. Ve formě jsou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6 podle tekutosti materiálu. Vůle v uložení slouží jako odvzdušnění formy. [7]



Obr. 9 vyhazovací kolíky [2]

a) s válcovou hlavou b) kuželovou hlavou c) prizmatický vyhazovač

### 4.3 Stírací deska

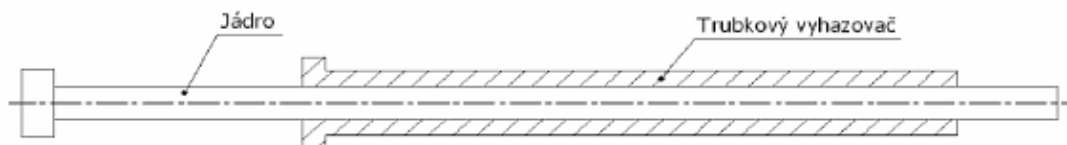
Vyhazování stírací deskou je založeno na principu stáhnutí výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Tento způsob vyhazování minimálně deformuje výstřik, i když je stírací síla velká. Použití stírací desky je především u tenkostěnných výstřiků, kde se může výrobek zdeformovat, nebo u rozměrných výrobků, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání se využívá, dosedá-li výstřik na stírací desku v rovině, nebo je plocha výstřiku mírně zakřivena. [7]

Pohyb stírací desky může být podle účelu a koncepce formy vyvozen:

- Tlakem vyhazovacího systému,
- Tahem ve speciálních případech (obvykle při rozevírání formy jeho pevnou deskou). [7]

### 4.4 Trubkové vyhazovače

Funkce trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač s otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík, zatímco vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro. [7]



Obr. 10 trubkový vyhazovač [7]

### 4.5 Vyhazování pomocí šikmých čepů

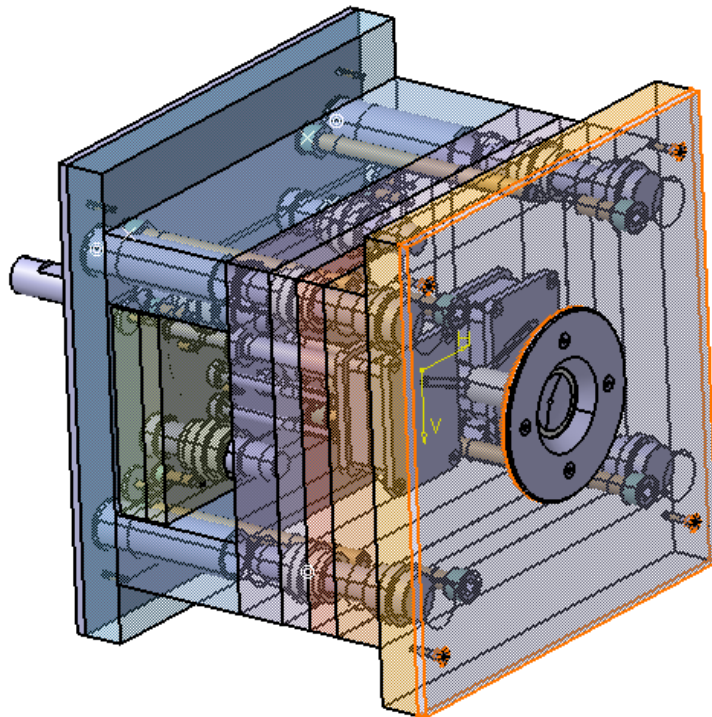
Vyhazování pomocí šikmých čepů je speciální forma mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé, ale jsou uloženy pod různými úhly k dělicí rovině, které se pohybují od úhlu  $15^\circ$  až do  $25^\circ$ . Používají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem, a tak se odstraní náročné posuvné čelisti s klínovým mechanismem. [7]

Při vyhazování výstřiku se zápichem uvolňují vyhazovače svým šikmým pohybem zvětšenou (zmenšenou) část výstřiku. Zápich může být vytvořen přímo na vyhazovači. [7]

#### 4.6 Dvoustupňové vyhazování

Využívá dvou vyhazovacích systémů, které se navzájem ovlivňují. Tento způsob umožňuje vyhazovat výstřik s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikost. Používá se u tenkostěnných výrobků a u oddělování vtokových zbytků od výstřiku zároveň s jejich vyhazováním. [7]

Šikmý kolík provádí především otvírací pohyb. Otevřená poloha se zajišťuje např. kuličkou nebo jinou západkou. Uzavření je opět prováděno šikmým kolíkem, který je v čelisti veden v otvoru s vůlí. Čelist se zajišťuje v pracovní poloze při vstřikování její uzavírací plochou a opěrnou plochou pevné desky formy. Případně může být zajištěna kolíky. [2]



*Obr. 11 forma na dvoustupňové vyhazování*

#### 4.7 Vzduchové vyhazování

Vhodný systém pro vyhazování tenkostěnných výrobku větších rozměrů, které potřebují při vyhození zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Tento způsob není tak častý, ale u určitých

výrobků je velmi výhodný. Pneumatické vyhazování vede stlačený vzduch, a tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku. Vzduch je přiváděn mezi výstřik a líc formy. Na výstřiku nevzniknou stopy po vyhazovačích, protože se tlakem vzduchu vyloučí místní přetížení. [7]

#### **4.8 Hydraulické vyhazování**

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. S přímo zabudovanými hydraulickými jednotkami ve formě, které pracují jako vyhazovače, se setkáváme již méně. Více se používají k ovládní bočních posuvných čelistí. Hydraulické systémy se vyznačují velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [7]

## 5 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací formy na zpracování termoplastů jsou konstrukčně zcela odlišné od forem na elastomery. Základní princip je založen na vstříknutí roztavené taveniny do dutiny formy tlakem.

Výkres nebo model výrobku je nejdůležitějším podkladem pro návrh formy. Další podklady jsou [3]:

- Plocha výstřiku v  $\text{cm}^2$ ,
- Objem výstřiku v  $\text{cm}^3$  nebo hmotnost v g,
- Druh termoplastu popřípadě barva,
- Požadovaný počet výrobků za plánované období a celkový výhled výroby,
- Stupeň složitosti (tolerance, vzhled, složitost zaformování, zakládání jader, dodatečné obrábění)

### 5.1 Rozdělení forem

Formy podle způsobu zaformování výstřiku a konstrukčního řešení:

- Jednoduché dvoudílné (dvoudeskové),
- Třídílné (třideskové),
- Etážové,
- Čelistové,
- S bočními jádry ovládanými mechanicky, pneumaticky nebo hydraulicky,
- S vyšroubovacím zařízením,
- Speciální.

Podle násobností:

- Jednónásobné,
- Vícenásobné. [3]

## 5.2 Materiály používané při výrobě forem

Vstřikovací formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiků se vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené:

- Druhem vstřikovaného plastu,
- Podmínkami vstřikování,
- Přesností a jakostí výstřiku,
- Vstřikovacím strojem.

Oceli jsou nejvýznamnějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit neželeznými, avšak některé slitiny kovů mají vhodné fyzikální vlastnosti (tepelně vodivé, izolační). To je předurčuje pro speciální použití na některé díly forem. Jednotlivé díly forem nemají stejnou funkci, a proto potřebují specifické požadavky na volbu materiálu. Výběr materiálu se řídí jejich funkcí, opotřebením a životností. [7]

Na formy se používají tyto druhy ocelí:

- Oceli konstrukční k použití v přírodním i zušlechtěném stavu,
- Oceli k snadnému opracování a tváření, pro cementování a zušlechtování,
- Oceli uhlíkové k zušlechtování,
- Oceli nástrojové legované se sníženou i velkou prokalitelností,
- Oceli k nitridování,
- Oceli antikorozi používané při zpracování plastů,
- Oceli martenzitické vytvrditelné deformací při tepelném zpracování. [7]

## 5.3 Temperace forem

Temperace slouží k udržování konstantní teploty formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého vstřikovacího cyklu při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Provádí se tak ochlazováním popřípadě vyhříváním celé formy nebo její části. [7]

Během vstřikování se do formy přivádí roztavený polymer, který se v její dutině ochlazuje až na vyhazovací teplotu. Lokální nerovnoměrné rozložení teplot formy má za následek zvětšení rozměrových a zejména tvarových úchylek výstřiku. Někdy se však záměrně temperují různé části formy odlišně, aby se eliminovaly tvarové deformace způsobené anizotropií smrštěním plastu. [7]

Úkolem temperance je:

- Zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny (podle zpracovávaného plastu)
- Odvést teplo z dutiny formy naplněné taveniny tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku. [7]

### 5.3.1 Požadované teploty formy při zpracování plastů [7]

*Tab. 1 teploty formy při vstřikování plastů*

Termoplast	Teplota taveniny [° C]	Teplota formy [° C]
ABS	190-250	50-85
PA 6	230-290	40-120
PC	280-320	85-120
PE-HD	180-270	20-60
PE-LD	180-270	20-60
PMMA	200-250	50-80
POM	180-220	50-120
PP	170-280	20-100
PS	180-260	55-80
PVC - tvrdé	190-220	30-60
SAN	200-259	50-85

### 5.3.2 Charakteristika temperačního systému

Temperanční systémy přivádí a odvádí teplo. Temperanční systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými proudí temperanční medium, které udržuje teplotu v potřebných místech formy v požadované výši.

Při volbě temperačního systému je třeba dodržovat následující pravidla:

- Kanály umístit v optimální vzdálenosti od tvarové dutiny formy při zachování její dostatečné tuhosti,

- Kanály umístit a dimenzovat tak, aby teplo bylo intenzivně odváděno z míst, kde je forma ve styku s proudem vstříkované taveniny,
- Průtok chladicí kapaliny regulovat tak, aby při chlazení proudila od nejteplejšího k nejchladnějšímu místu formy,
- Průřez kanálů se volí s ohledem na tvar výstřiku,
- Rozmístění kanálů se volí ohledem na tvar a výšku formy,
- Kanály mají procházet celistvým materiálem formy, ale pokud to není možné je třeba stykové spoje utěsnit,
- Po cestě temperačního media se nemají vytvářet mrtvé kouty, protože se v nich usazují nečistoty a jsou počátečními body ohniskem koroze a tím zarůstání kanálů,
- Kanály se neumísťují v blízkosti hran výstřiku,
- Průměr kanálů nemá být menší než 6 mm, jinak hrozí nebezpečí ucpání nečistotami. Menší kanály vyžadují použití upravené vody. Vysoká účinnost se dosáhne pravidelným čištěním temperačních kanálů. U úzkých kanálů by měl být před vstupem filtr.
- Kanály konstruovat tak, aby se daly jednotlivé větve propojit hadicemi různým způsobem a pořadím,
- Směr proudění chladného média se volí od nejteplejších do chladnějších míst, tím se využívá lepší tepelný spád. [7]

### 5.3.3 Temperační prostředky

Umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách. Rozdělují se na:

- Aktivní, které působí přímo ve formě. Teplo přivádějí nebo odvádějí.
- Pasivní svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy. Mezi ně řadíme tepelně izolační a tepelně vodivé materiály. [7]

Aktivní prostředky představují:

Kapaliny, které proudí kanály vytvořené uvnitř formy. Přestup tepla je mezi kapalinou a formou. Nejvíce se používají tyto kapaliny:



- Voda

Výhody: vysoký přestup tepla, nízká viskozita, nízká cena, ekologická nezávadnost, nehořlavost, lepší tepelné vlastnosti než olej. Oproti oleji se nevytváří karbon, a tím dosahuje výrazně vyšší specifický výkon. Při teplotě nad 60 °C dochází ke ztrátě chemicky čisté vody (odpařuje se). Ve srovnání s olejem vykazuje vždy jednotné složení.

Nevýhody: použitelné do 90 °C, vnik koroze, veškeré nečistoty zůstávají v systému, usazování kamene (1mm vodního kamene snižuje účinnost temperačního systému až o 10 % a příčinou jeho usazování je kalcium a hořčík).

- Olej

Výhody: možnost temperace i nad 100 °C, zhoršený přestup tepla.

Nevýhody: zhoršený přestup tepla, znečišťování prostředí.

- Glykol

Výhody: omezení koroze a ucpávání systému.

Nevýhody: stárnutí, znečišťování prostředí.

- Vzduch

Vzduch se používá jako volné nebo nucené proudění pomocí tlaku nebo podtlaku. Jeho temperační účinky jsou ale velmi malé, proto se používá jen v místech, kde není možnost chladit vodou.

- Topné elektrické články

Používají se především ve formách s vyšší požadovanou teplotou, kdy jsou ztráty do okolí větší, než teplo dodávané vstříkovaným plastem. [7], [8]

Pasivní prostředky představují:

- Materiály s tepelně-izolační schopností

Využívají se k omezení přestupu tepla mezi formou a upínacími deskami. Jedná se především o reaktoplasty a nekovové anorganické látky. Využívají se pro svou pevnost a tepelnou odolnost. K danému účelu se používá například sklo-textil a podobně.

- Tepelně vodivé materiály

Ty se používají k odvodu a přívodu tepla z obtížně temperovatelných míst (tenké tvárníky, vtokové trysky, atd) do míst, kde nelze odvod a přívod tepla zprostředkovat obvyklým způsobem. Nejúčinnější a nejpoužívanější jsou například měděné a hliníkové tepelné trubice. [7]

#### **5.4 Odvzdušnění forem**

Odvzdušnění tvarových dutin formy zdánlivě nepatří k dominantním problémům při navrhování forem. Jeho důležitost vyplyne až při zkoušení hotového nástroje, kdy může být odvzdušnění příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku, nebo jejích nízkých mechanických vlastností.

Dutina formy je před vstříkáním naplněna vzduchem. Při jejím plnění taveninou je třeba zajistit únik vzduchu. Čím je větší rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny.

Vzduch může unikat kolem jader, vyhazovacích kolíků a pohyblivých částí formy. V případě nedostatečném odvzdušnění je třeba formu opatřit odvzdušňovacími kanálky.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 VÝROBEK

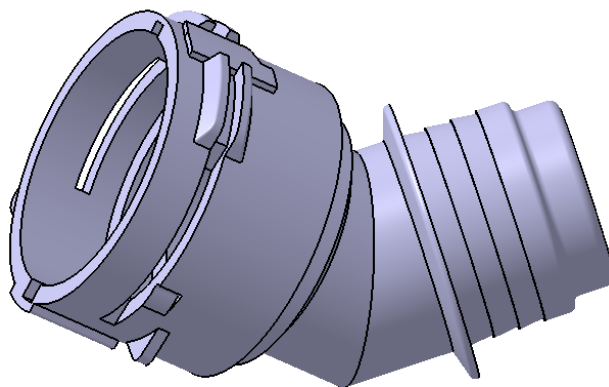
Vstříkovaným výrobkem je plastové koleno. Zvoleným materiálem pro výrobu je PA6 se 45 % skelných vláken s obchodním označením ULTRAMID BG40GM45 HS BK-130. Daný materiál je dodáván firmou O-BASF. Tento materiál má velmi dobré fyzikální vlastnosti v kombinaci s rozměrovou stabilitou.

*Tab. 2 vlastnosti materiálu PA6 ULTRAMID*

Vlastnosti	Norma	Jednotka	Hodnota
Hustota	ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	1,52
Pevnost v tahu	ISO527-2	MPa	140
Prodloužení při přetržení	ISO527-2	%	2
Modul pružnosti v ohybu	ISO 178	MPa	8700
Pevnost v ohybu	ISO 178	MPa	210
Teplota průhybu při zatížení 1,8 MPa	ISO 75-2	°C	200



*Obr. 12 zadaný výrobek*



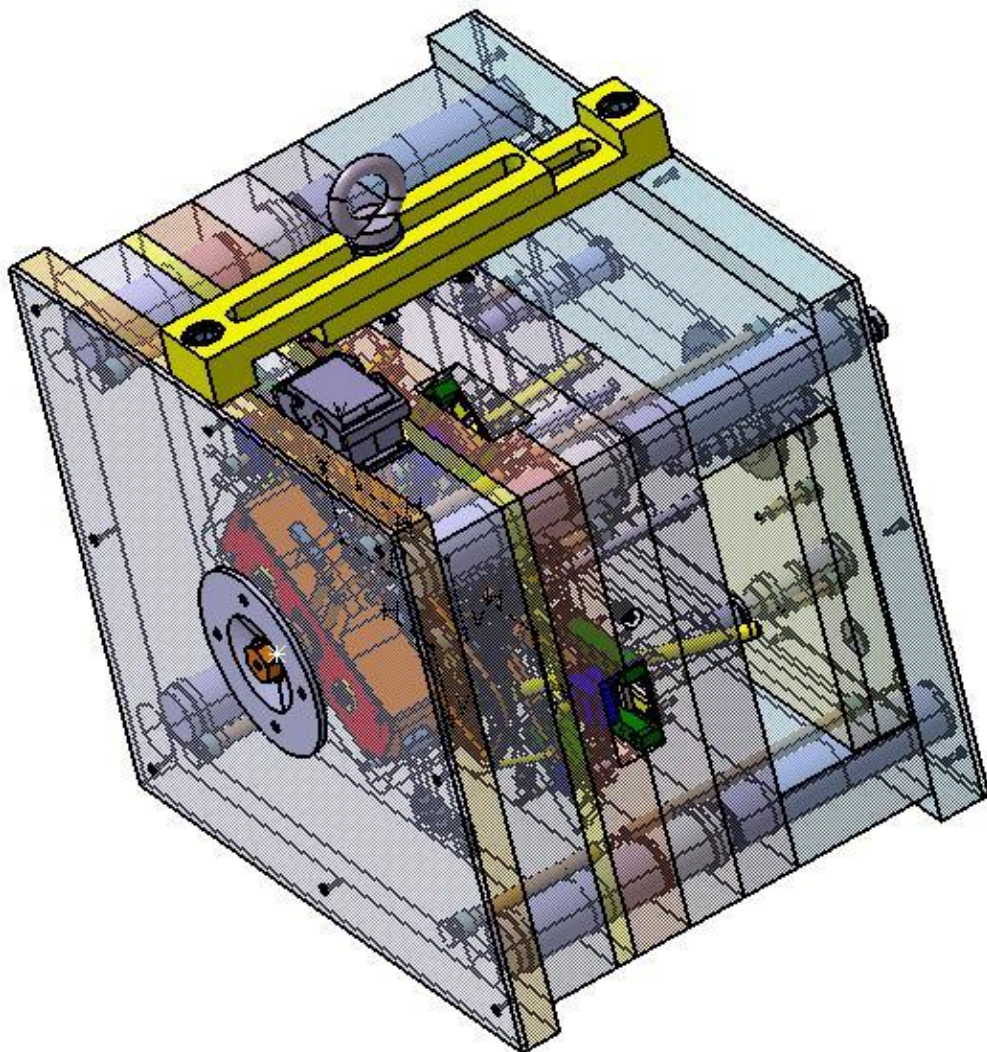
*Obr. 13 vymodelovaný výrobek v Catii V5*

## 7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

### 7.1 Vstřikovací forma

Velikost a konstrukce formy je volena podle rozměru a složitosti daného výrobku. Snahou je zkonstruovat co nejjednodušší, nejpřesnější a zároveň co nejlevnější vstřikovací formu. Výhodné je proto využívat normalizované díly z katalogu firmy HASCO.

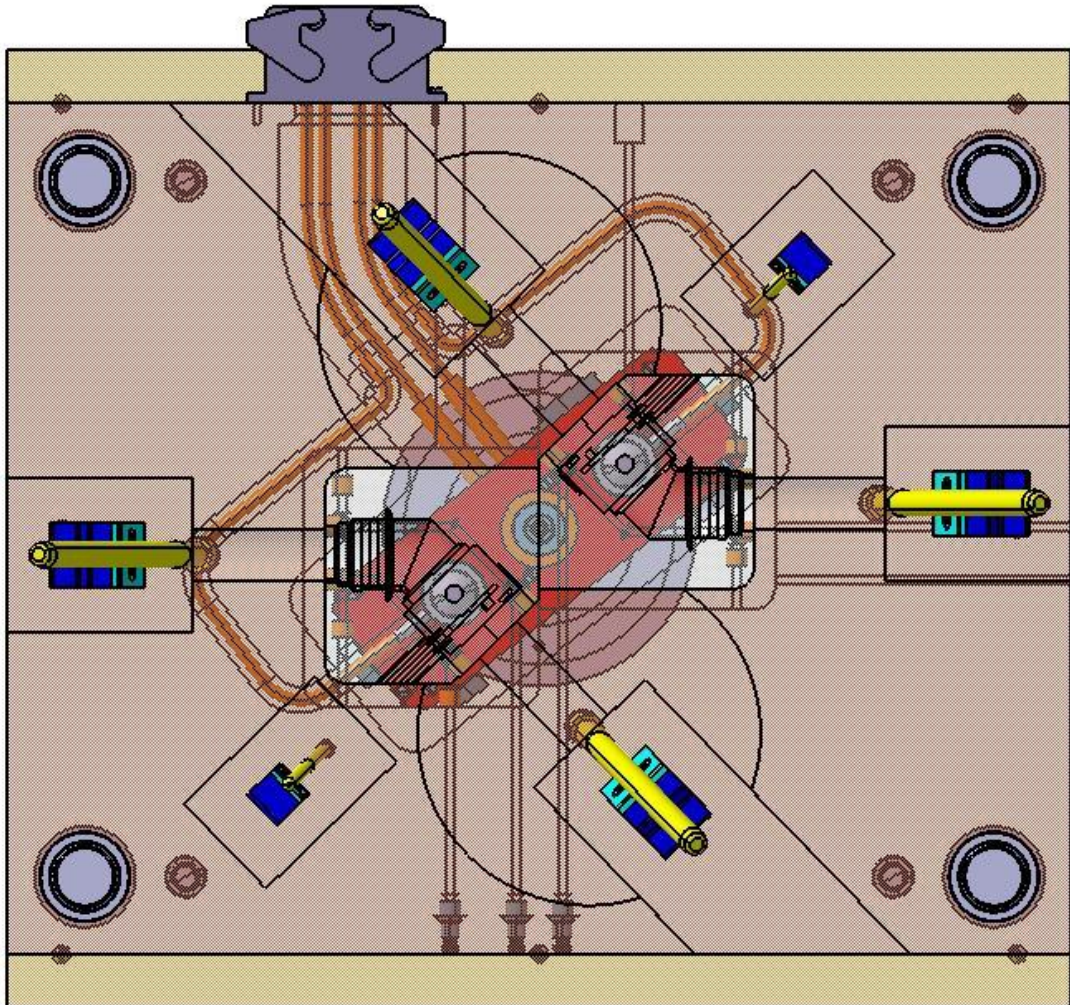
Forma se skládá ze tří základních částí – pravé a levé části a vyhazovací systém.



*Obr. 14 vstřikovací forma*

## 7.2 Násobnost formy

Při volbě násobnosti výstřiku je nutno brát ohled na několik důležitých činitelů. Jsou to např. požadované množství výstřiků, přesnost, kapacita stroje, složitost a v neposlední řadě ekonomičnost výroby. V případě této bakalářské práce byla zadána dvojnásobná forma kvůli složitosti výstřiku.

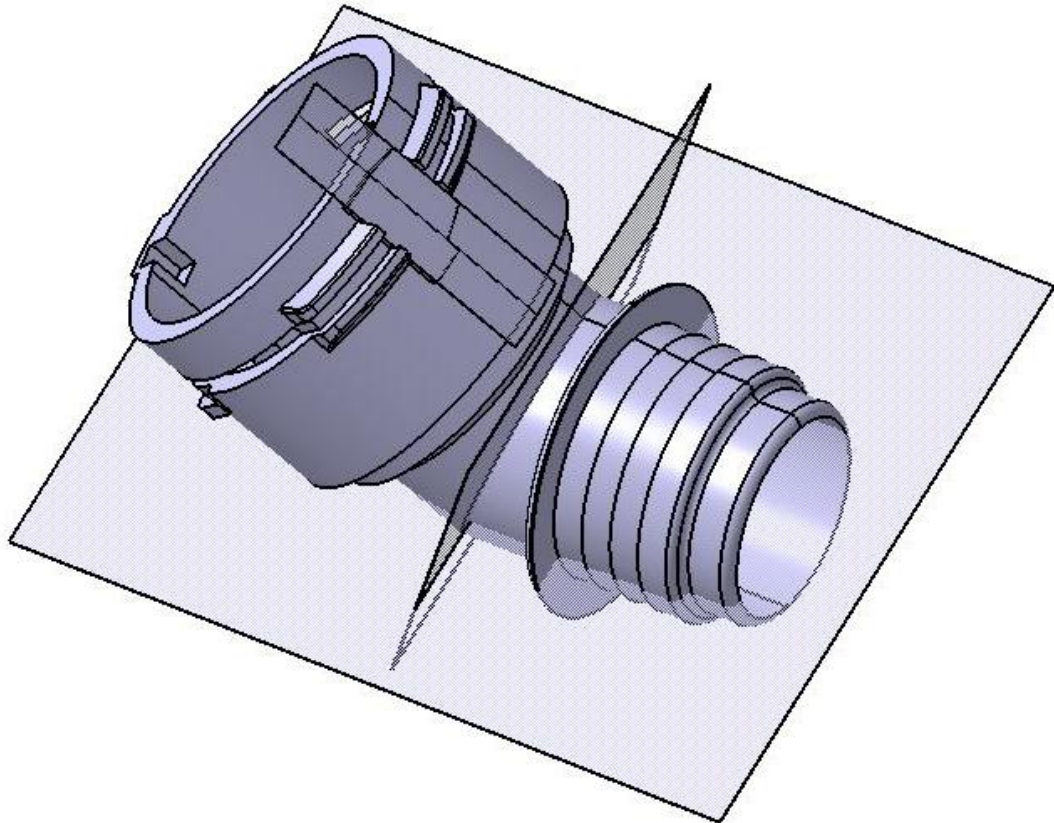


Obr. 15 násobnost formy

## 7.3 Odformování výstřiku

Nejdůležitější zásadou při konstrukci formy je dobře zvolit polohu dělicích rovin. Díky tvarové složitosti byla zvolena jedna hlavní dělicí rovina, která je umístěna rovnoběžně s upínáním, a dvě vedlejší, které jsou ovládány pomocí šikmých čepů. Kvůli nutnosti použití těchto čepů má forma větší rozměry. Umístění dělicích rovin lze vidět na obr. č. 15.

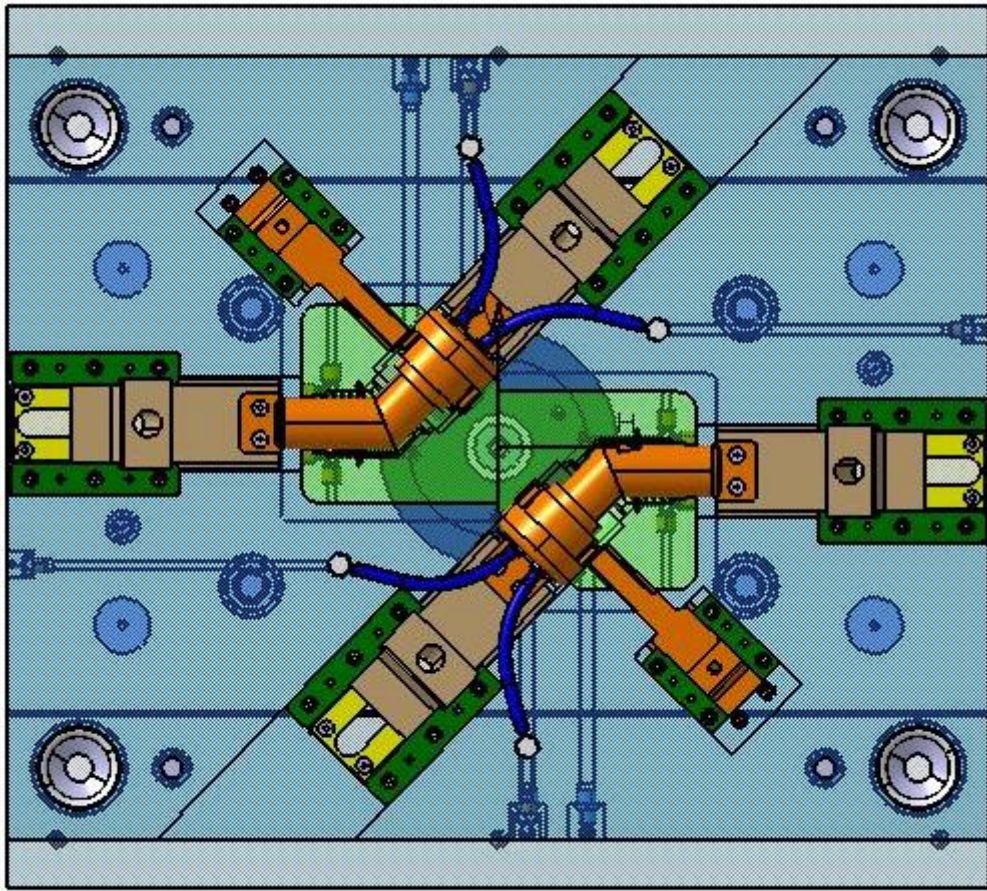
Forma je navržena tak, aby výstřik zůstal při jejím úplném otevření v levé části. Odtud bude následně vyhozen vyhazovacími kolíky. Bohužel nelze výrobek natočit tak, aby stopy po vyhazovačích byly na nepohledové straně. I u zadaného výrobku jsou patrné stopy po vyhazovačích na pohledové straně, jak lze vidět i z obr. č. 12.



*Obr. 16 dělicí roviny*

#### **7.4 Odformování pomocí šikmých čepů**

Odsun pohybových čelistí probíhá pomocí válcových kolíků souběžně s otevíráním formy. Jádra musí být vytažena dříve, než je výrobek vyhozen, aby nedošlo k jeho poškození. Otevřená poloha musí být zajištěna proti nežádoucímu pohybu šroubkem s kuličkou. Zaformování probíhá také pomocí šikmého čepu. Po úplném uzavření je čelist zajištěna zámkem, aby nedošlo vlivem vysokých tlaků při vstřikování k poškození čepu nebo celé formy. Ve formě jsou použity dvě velikosti válcových kolíků a tři různé pohybové čelisti. Protože jsou dvě z jader hodně velká, byl zvolen úhel šikmých čepů  $25^\circ$  u menšího pouze  $18^\circ$ .



Obr. 17 jádra formy

#### 7.4.1 Výpočet délky šikmého čepu

Velká jádra

Tloušťka desky.....  $b = 47 \text{ mm}$

Délka potřebná pro odformování .....  $a = 53 \text{ mm}$

Uhel šikmého kolíku .....  $\alpha = 25^\circ$

Délka šikmého kolíku .....  $l = ? \text{ mm}$  (viz výpočet níže)

$$l = \frac{a}{\sin \alpha} + \frac{b}{\sin \alpha} \quad (1)$$

$$l = \frac{47}{\sin 25^\circ} + \frac{53}{\sin 25^\circ} = 176,17 \text{ mm} \quad (2)$$

Délka šikmého čepu potřebná pro odformování je 176,17 mm. Byl zvolen šikmý čep HASCO Z40/12x200, který byl zkrácen kvůli velikosti formy na délku 180 mm.



## Malá jádra

Tloušťka desky..... b = 47 mm

Délka potřebná pro odformování ..... a = 1,5 mm

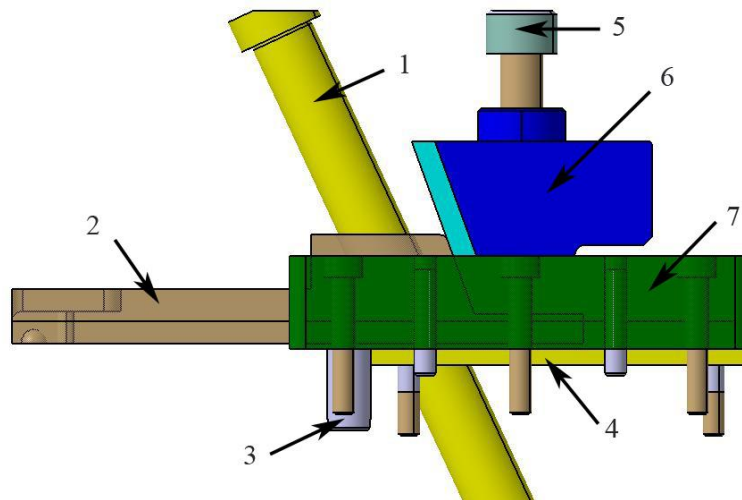
Uhel šikmého kolíku .....  $\beta = 18^\circ$

Délka šikmého kolíku ..... l = ? mm (viz výpočet)

$$l = \frac{a}{\sin \beta} + \frac{b}{\sin \beta} \quad (3)$$

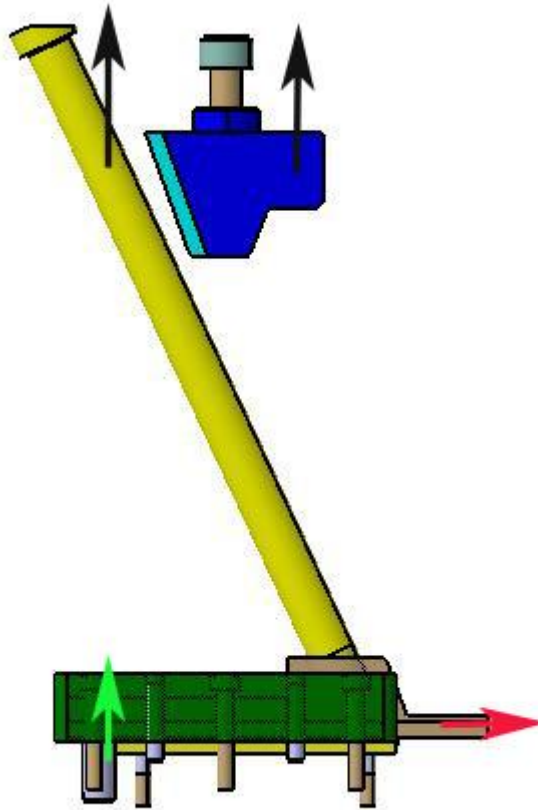
$$l = \frac{47}{\sin 18^\circ} + \frac{1,5}{\sin 18^\circ} = 53,22 \text{ mm} \quad (4)$$

Délka šikmého čepu potřebná pro odformování je 53,22 mm. Byl zvolen šikmý čep HASCO Z40/6x80.



Obr. 18 posuvová čelist při uzavřené poloze

1 – šikmý čep, 2 – posuvová čelist, 3 – šroub s kuličkou, 4 – kluzná podložka, 5 – šroub,  
6 – zarážka, 7 – vodící lišty



*Obr. 19 posuvová čelist při otevřené poloze*

Šikmý čep a zarážka se vlivem otevírání formy posunují nahoru. Posuvová čelist se posouvuje po kluzné podložce doprava až do doby, kdy čep opustí čelist a kuličky ve šroubu zapadnou do důlků.

## 7.5 Odvzdušnění formy

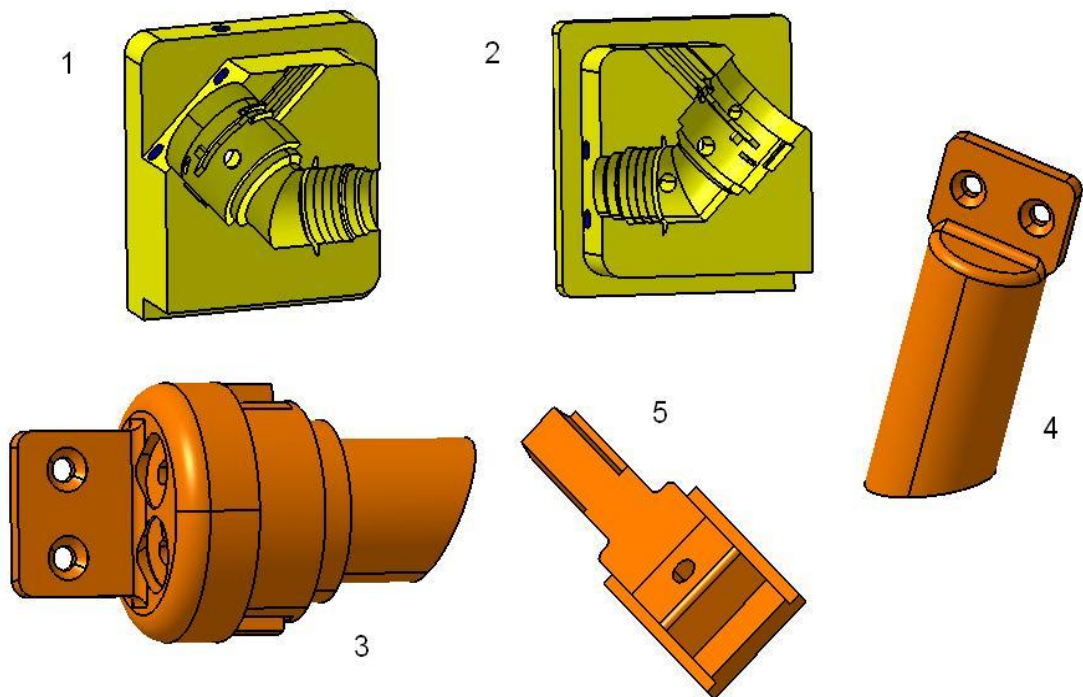
Před vstříknutím plastu do dutiny formy je tato oblast zaplněná vzduchem. Ten musí být z dutiny odveden ve chvíli, kdy dochází ke vstříkování plastu. V případě, že by se tak nestalo, začne se vzduch stlačovat a zahřívat, a tím může způsobit degradaci materiálu. V případě formy navrhnuté v rámci této bakalářské práce postačí pro odvod vzduchu vůle v dělicí rovině, mezi tvarovými vložkami a kolem vyhazovacích kolíků. Při nedostatečném odvzdušnění by musely být dodatečně dodělány odvzdušňovací kanálky. Problém s odvzdušněním se vyskytuje zejména u nových forem, které dobře těsní. Pokud se formy

používají delší dobu, je vůle vlivem opotřebování natolik velká, aby docházelo k dostatečnému úniku vzduchu.

## 7.6 Tvarová dutina

Tvar produktu vyrobeného vstřikováním je dán tvarovými vložkami. Ty je nutno tepelně zpracovat (kalit, popouštět, nitridovat, cementovat). To je nezbytné, aby vlivem otěru nedošlo k rozměrovým změnám. Dále musí být velmi kvalitně a přesně zpracované, aby se polymer nedostal mimo dutinu formy.

Tato část formy mění vlivem abrazivních částí v polymeru svou tvarovou přesnost. Proto jsou tyto součásti vytvořeny tak, aby byly snadno a co nejlevněji vyměnitelné.

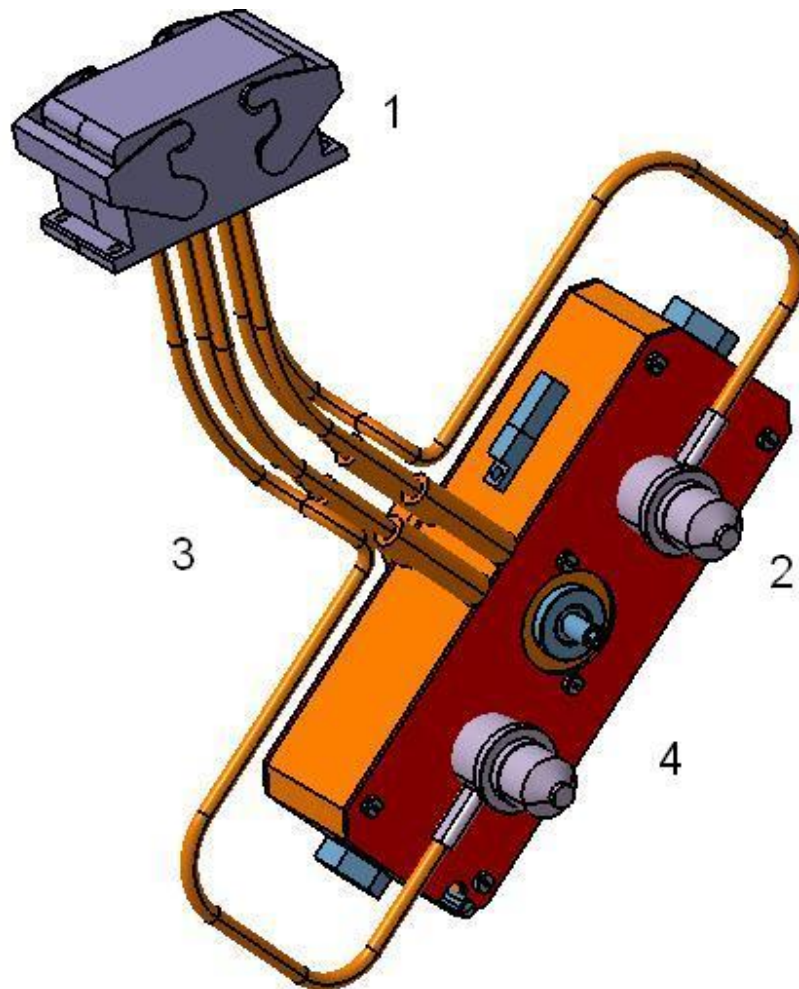


Obr. 20 tvarové vložky

1 – tvárnice, 2 – tvárník, 3, 4, 5 – pohybové čelisti

## 7.7 Vtokový systém

V této práci byl zadán horký vtokový systém obdélníkového tvaru. Pořizovací cena tohoto systému je vyšší a provoz je nákladnější, ale má spoustu předností. Největší výhodou horkých vtoků je zamezení tvorby vtokových zbytků, což snižuje jak spotřebu polymeru, tak i cenu. Další výhodou oproti studeným vtokům je tedy absence činností spojených s odstraňováním a manipulací s těmito vtokovými zbytky.



Obr. 21 horký vtokový systém

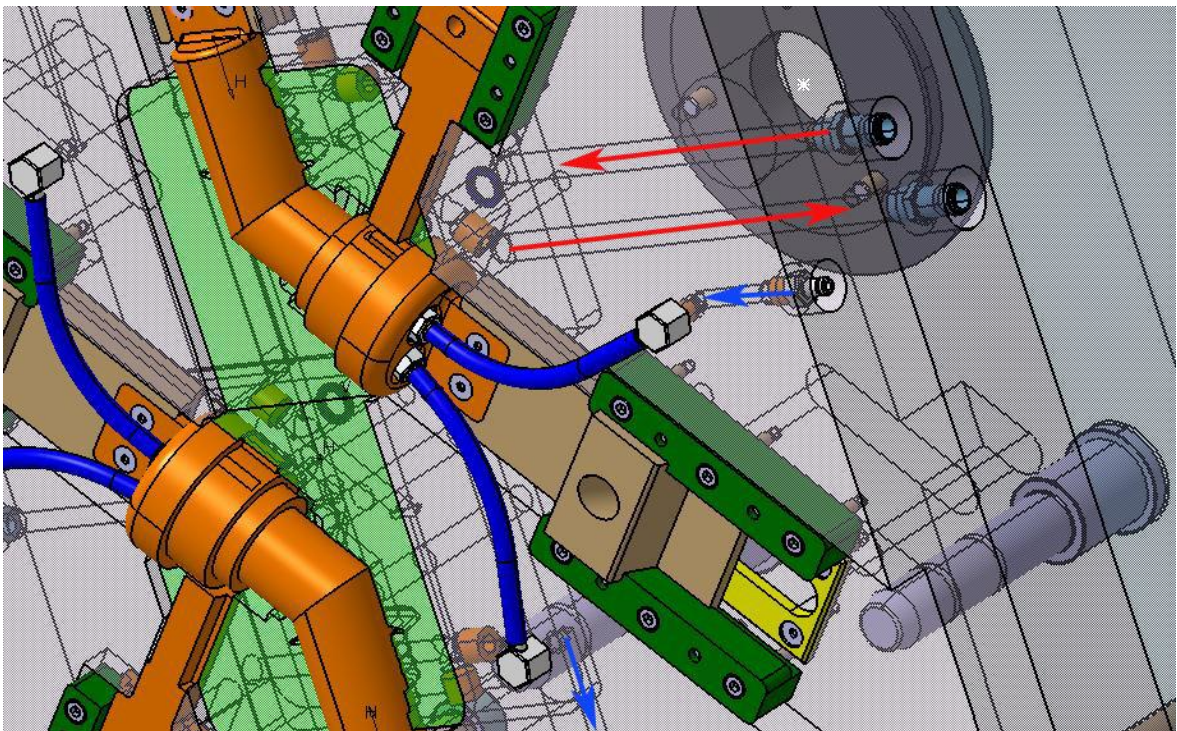
1 – zásuvka, 2 – horká vtoková tryska, 3 – kabeláž, 4 – horký rozvodný blok

## 7.8 Temperační systém

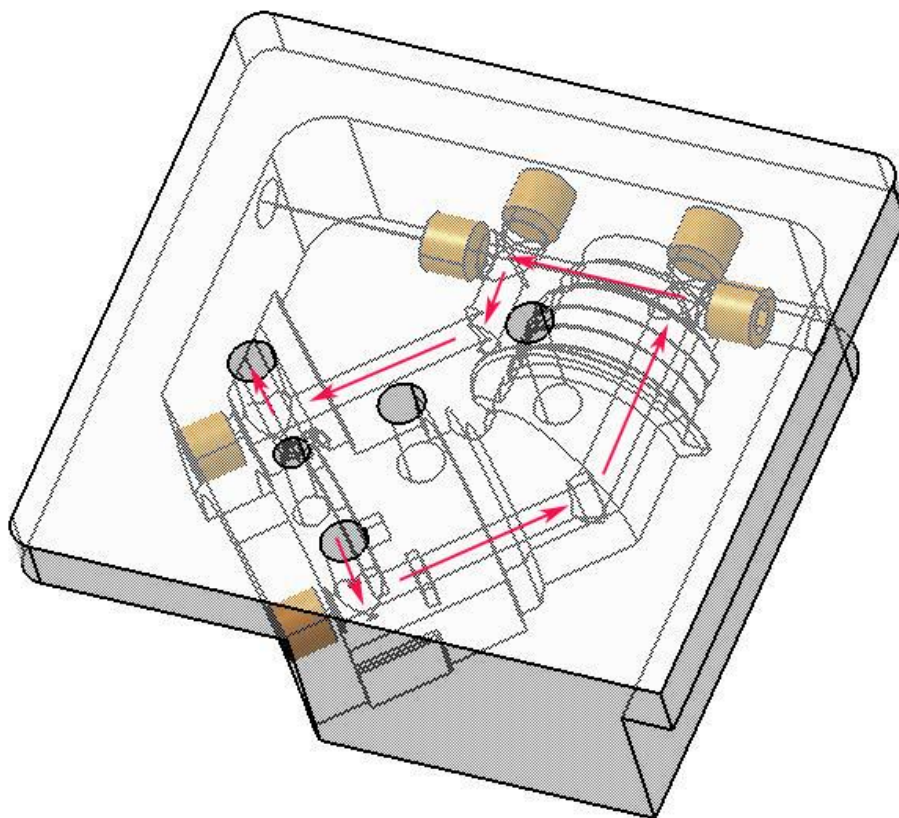
Temperační systém je při konstrukci formy velice důležitý. Udržuje konstantní teplotu formy tak, aby nedocházelo ani k přehřátí ani podchlazení. Výkyvy teplot by mohly způsobit vady na výrobku. Hlavním úkolem temperačního systému je dosáhnout co nejkratšího pracovního cyklu při zachování všech technologických požadavků na výrobu.

### 7.8.1 Temperace levé stany

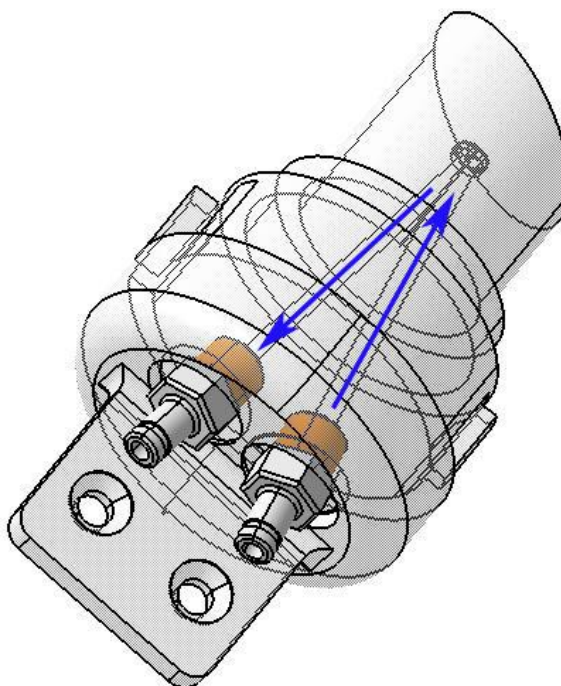
Temperace levé stany je z důvodu silných stěn výrobku navržena tak, že má čtyři okruhy. Na každý výrobek připadají dva. Jeden je veden přes opěrnou desku do tvárníku a druhý okruh vede přes tvarovou (levou) kotevní desku skrz přípojovací nátrubek do hadice a z té do jádra výrobku. Temperační systém je v obou případech vyveden i ven z formy, protože tok v něm probíhá pouze jedním směrem.



Obr. 22 temperace levé části



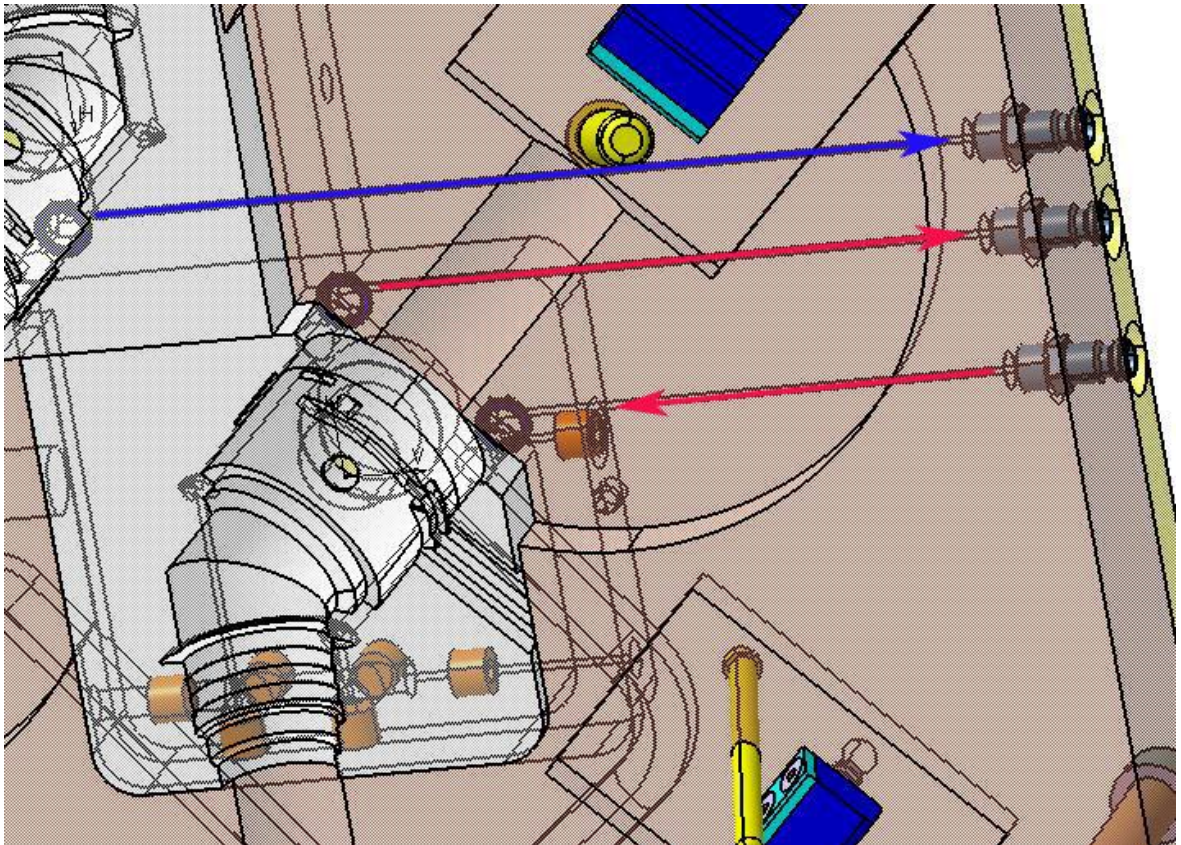
Obr. 23 temperace tvárníku



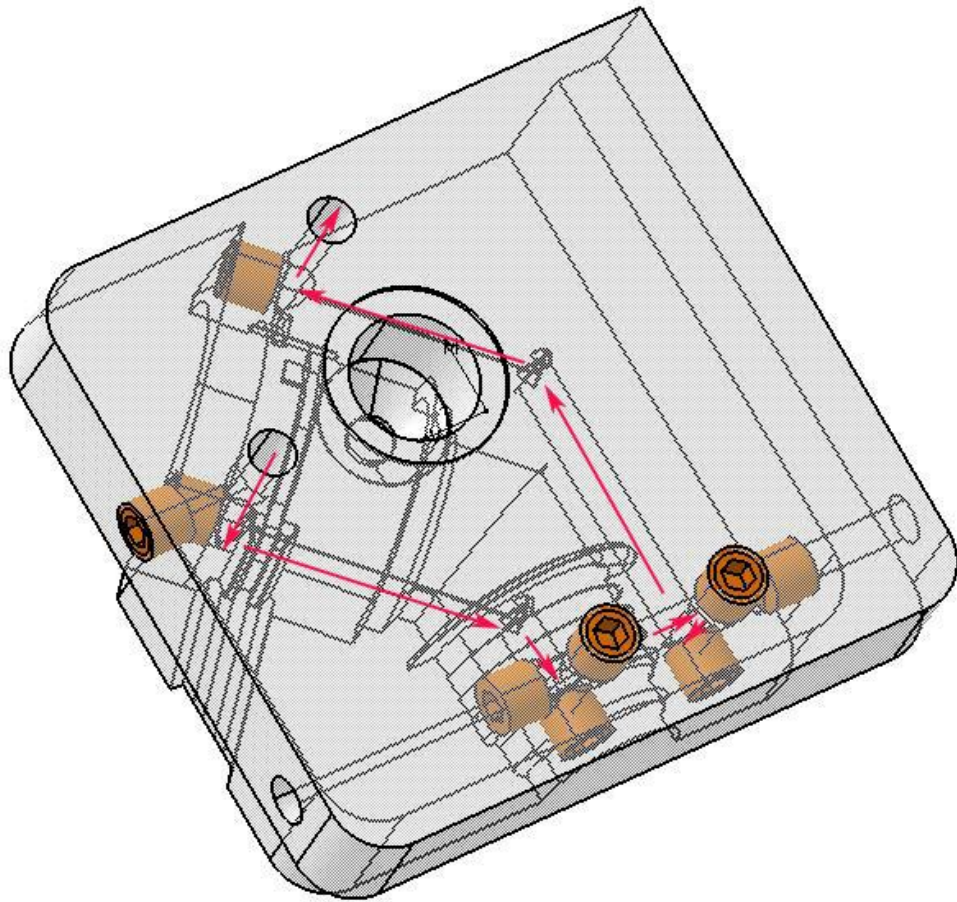
Obr. 24 temperace jádra

### 7.8.2 Temperace pravé strany

Temperace pravé stany je jednodušší než levé, protože zde není temperování jader. Proto má dva okruhy, na každý výrobek jeden. Okruh je veden přes mezidesku 2 dovnitř do tvárnice a z ní zase přes mezidesku 2 ven.



*Obr. 25 temperace pravé části*

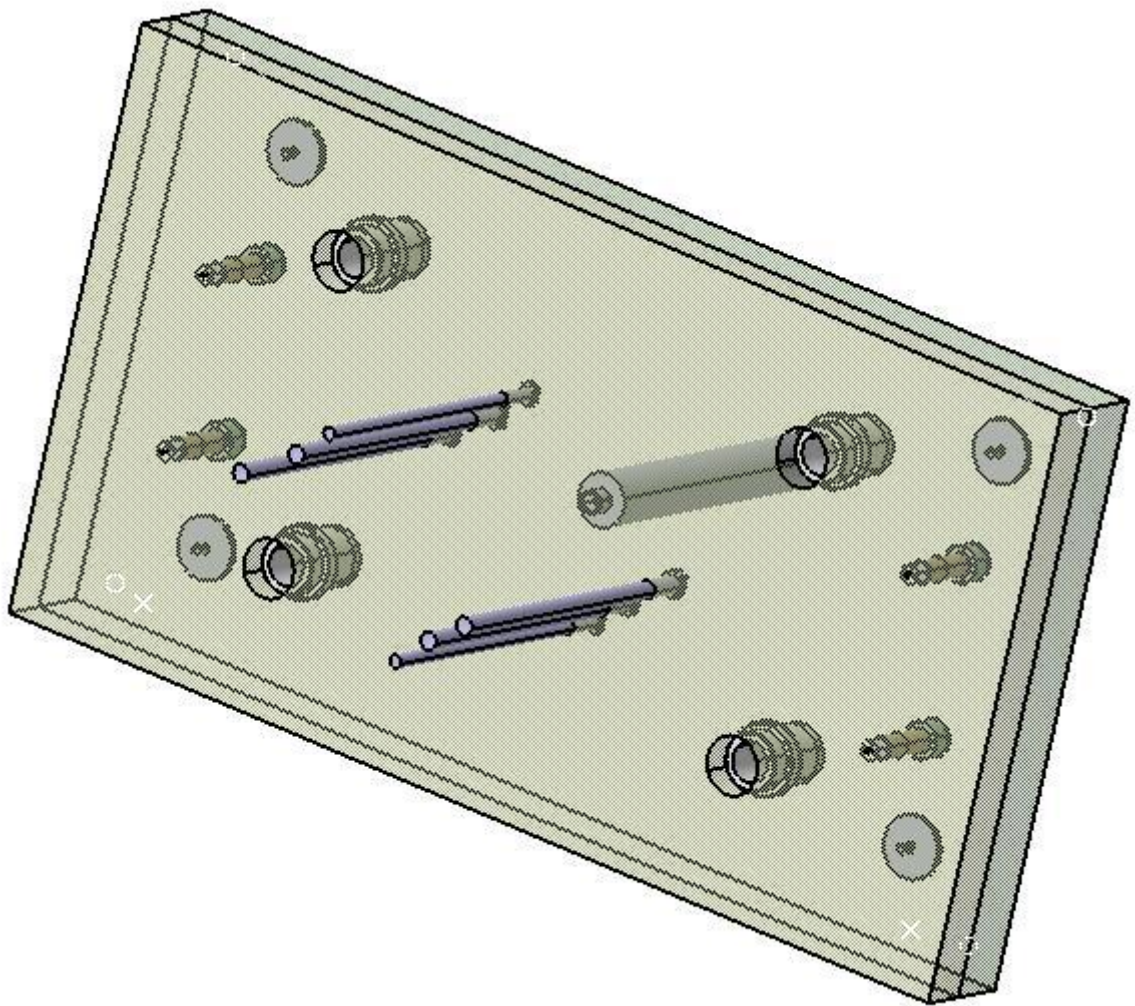


*Obr. 26 temperace tvárnice*

## 7.9 Vyhazovací systém

Vyhazování nemůže začít dříve než je výrobek odformovaný a ochlazený na vyhazovací teplotu. Jinak by mohlo dojít k jeho poškození. Pro správné vyhození je důležité, aby výrobek zůstal na levé straně formy. Vyhození výrobku z formy je provedeno celkem 6 válcovými kolíky, z toho na jeden připadají dva válcové vyhazovače o průměru 8 mm a jeden o průměru 6 mm. Vyhazovací kolíky jsou ukotveny ve vyhazovacích deskách. Jejich seříznutá hlavička zamezuje pootočení. Vyhazovací desky jsou vedeny pomocí čtyř čepů. Ty jsou ukotveny v opěrné desce. Vyhazovací desky se pohybují pomocí táhla přes hydrauliku vstřikovacího stroje. Minimální pohyb vyhazovacích desek musí být 2,4 mm, aby bylo zajištěno správné vyhození výstřiku.

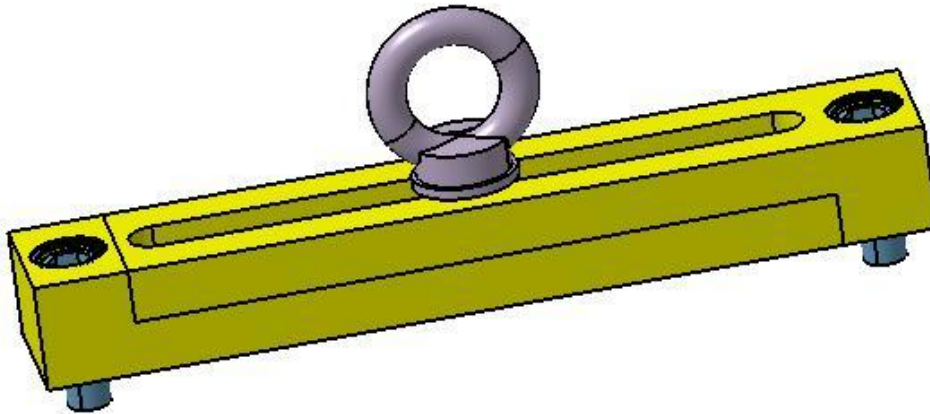




*Obr. 27 vyhazovací systém*

### **7.10 Nosiče formy**

Z důvodů snadnější manipulace s velmi těžkou formou se na ni montují nosiče, které jsou našroubovány pomocí dvou šroubů na horní stěnu formy.

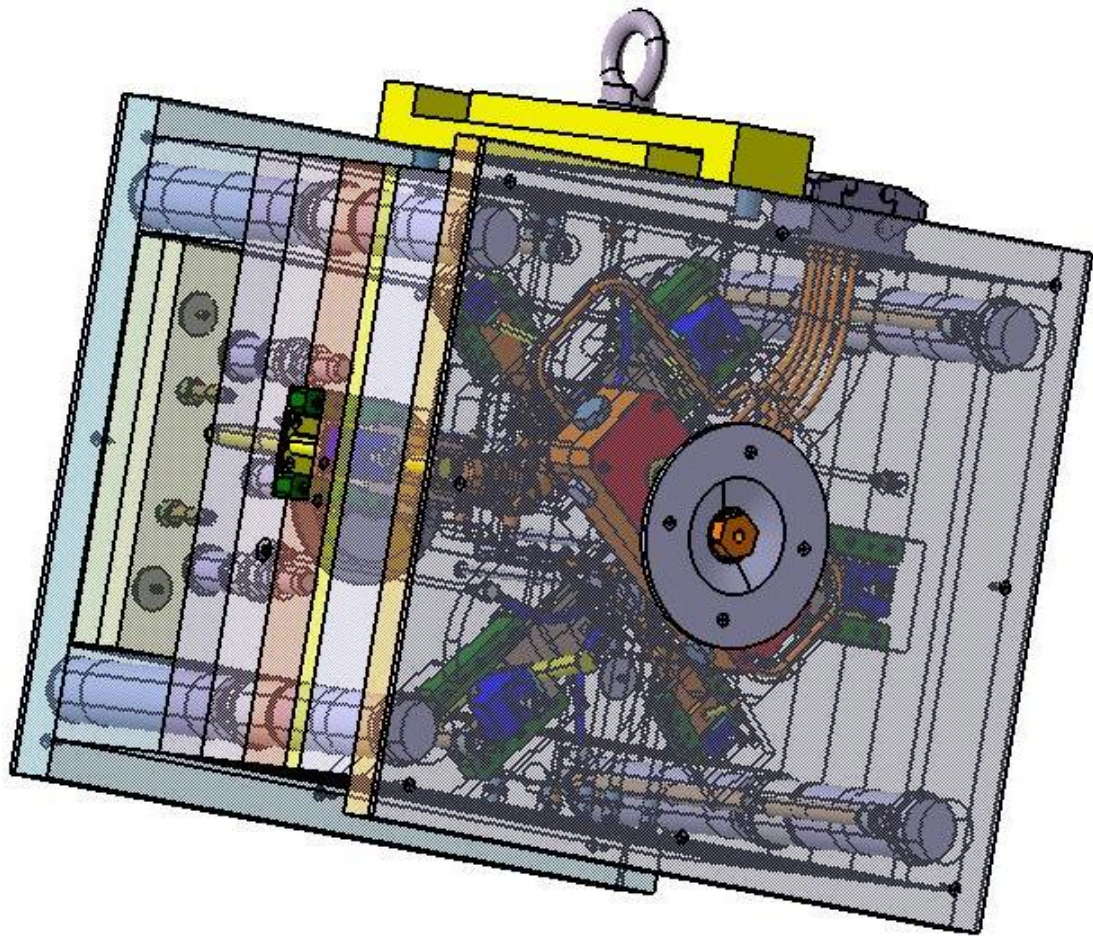


*Obr. 28 nosič formy*

### **7.11 Rám formy**

Forma je sestavena s normalizovaných prvků firmy HASCO. Rozměr desek i celé formy je volen podle násobnosti a velikosti vstříkovaného výrobku. Velikost je tedy 496 x 396 mm. Tloušťky jednotlivých desek jsou voleny podle jejich funkce ve formě.

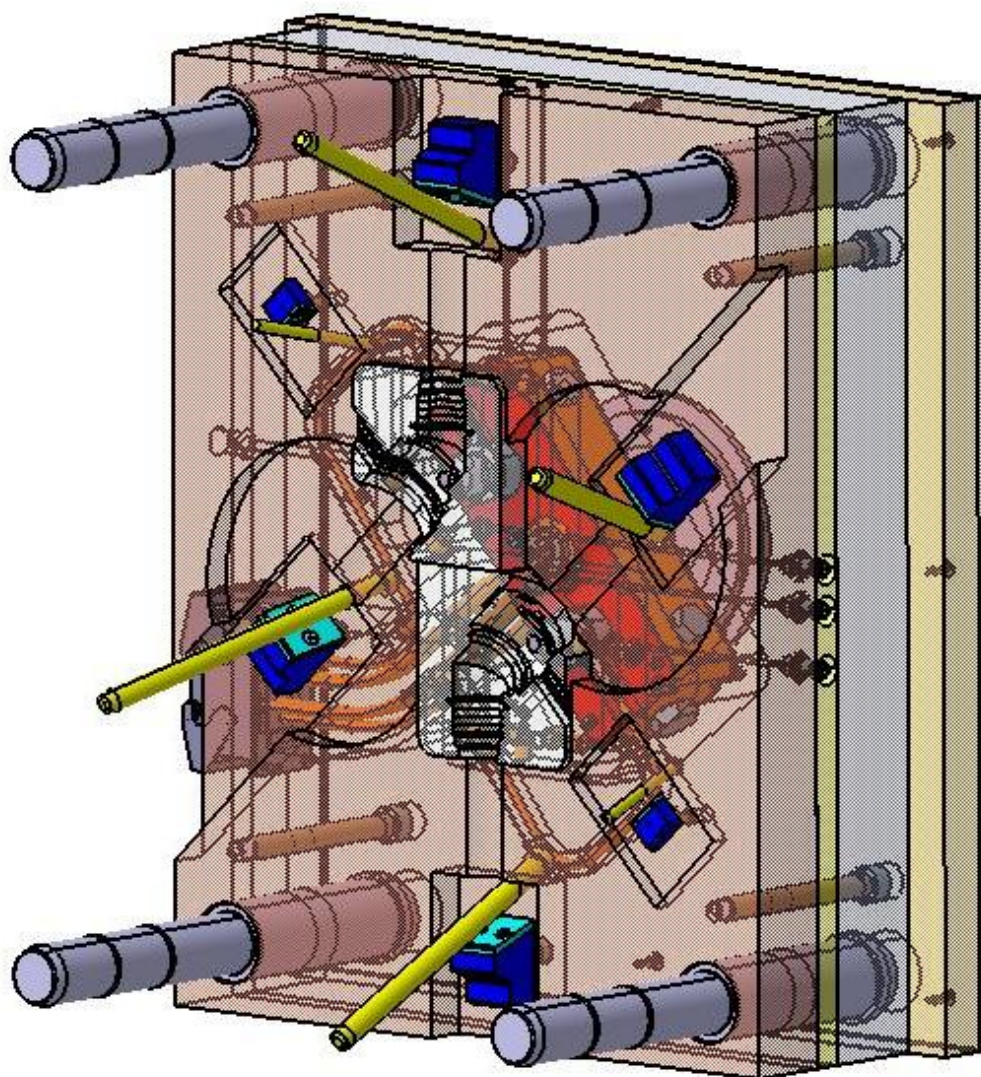
Jednotlivé části formy jsou mezi sebou spojeny šrouby. Jejich délka odpovídá tloušťce desek. Pravá i levá strana je opatřena středícím kroužkem, který slouží k přesnému vystředění formy.



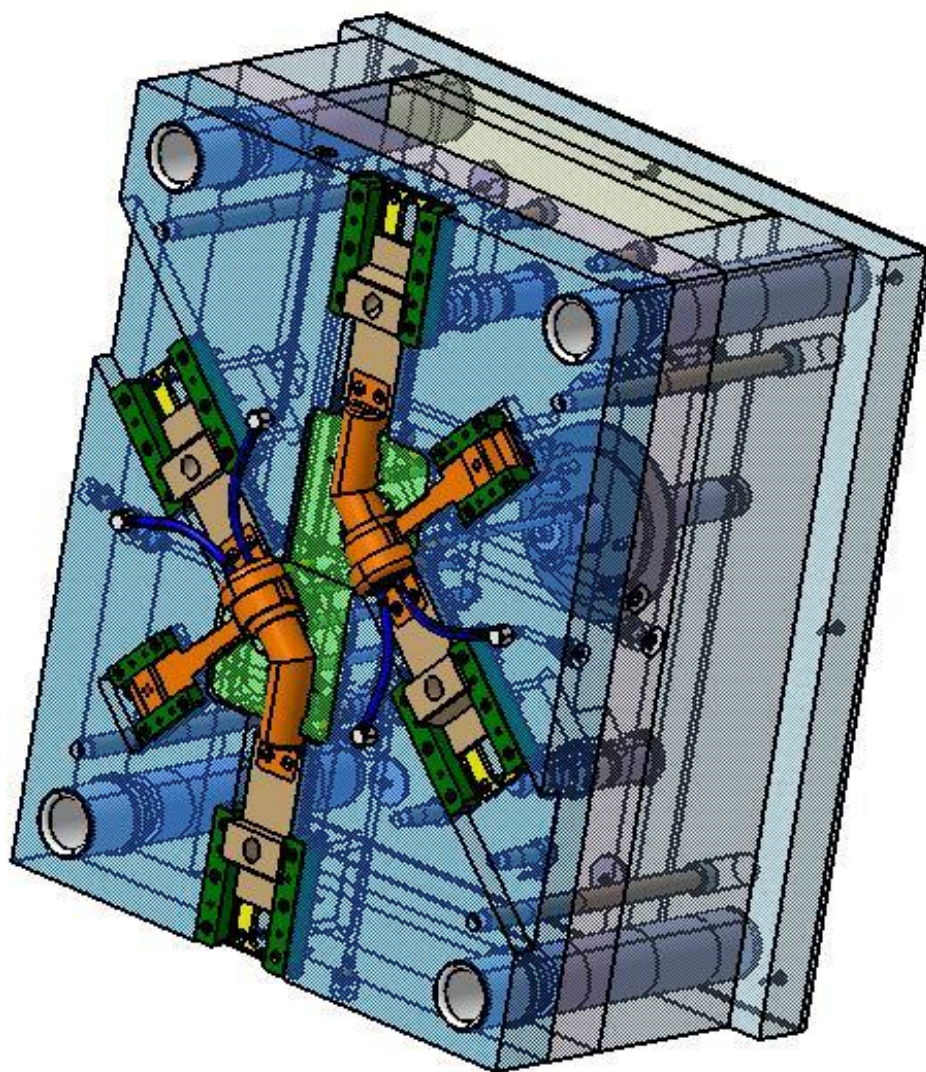
*Obr. 29 sestava vstřikovací formy*

## **7.12 Sestava vstřikovací formy**

Forma je složena ze dvou částí. Na pravé straně je tzv. strana trysky (viz Obr. č. 31). Na druhé, tedy na levé straně vstřikovací formy je strana vyhazovačů (viz Obr. č. 32).



*Obr. 30 pohled do pravé části vstřikovací formy*



*Obr. 31 pohled do levé části vstřikovací formy*

## 8 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Na základě technických parametrů vstříkovací formy a charakteru výrobku byl zvolen vstříkovací stroj ALLROUNDER 820S od německé firmy ARBURG.



Obr. 32 vstříkovací stroj [4]

### 8.1 Technické parametry vstříkovacího stroje:

Tab. 3 technické parametry vstříkovacího stroje [4]

Uzavírací síla max.	4000 kN
Vzdálenost mezi rozpěrkami	820x820 mm
Síla vyhazovacích kolíků max.	100 kN
Zdvih vyhazovačů max.	250 mm
Průměr šneku	60 mm
Objem vstříkované taveniny max.	792 cm <sup>3</sup>
Vstříkovací tlak max.	2500 Bar

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zkonstruovat dvojnásobnou vstřikovací formu s horkým vtokovým systémem pro zadaný plastový díl, kterým je plastové koleno používané pro chladicí systém u osobních automobilů. Jelikož se nachází v místech, kde je tepelně namáháno byl zvolen materiál PA6 se 45% obsahem skelných vláken.

V teoretické části byla vypracována studie o konstrukci vstřikovacích forem a plastech vhodných ke vstřikování.

V praktické části byl dle zadání vytvořen 3D model zadaného plastového výrobku. Od toho se odvíjel další postup při konstrukci vstřikovací formy. Byly určeny tři dělicí roviny, jedna hlavní a dvě vedlejší. Z tohoto důvodu bylo zapotřebí třech jader, které se pohybují pomocí šikmých čepů. Díky použití horkého vtokového systému odpadá práce se vtokovými zbytky. Toto řešení šetří čas i peníze. Vyhazování je řešeno pomocí vyhazovacích kolíků, kolem kterých uniká vzduch při odvzdušnění formy.

Při konstrukci všech částí formy bylo myšleno na ekonomičnost její případné výroby, proto byly používány normalizované díly od firmy HASCO tam, kde to bylo možné.

Po zhotovení 3D modelu formy byla vytvořena výkresová dokumentace, kterou lze najít v příloze. Při konstrukci forem včetně výkresové dokumentace byl použit program CATIA V15R18.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 1* 2.upr. vyd. Brno: Uniplast, 1999. 133 s.
- [2] Staněk M. přednášky T5KF
- [3] Kulhánek Jan a kol. *Formy pro tváření plastických hmot*. 1. vyd. Praha: SNTL,1966. 224 s. ISBN 04-237-66
- [4] Arburg [online]. c2001-2007 [cit. 2012-02-21]. Arburg.com. Dostupné z WWW: <[http://www.arburg.com/com/COM/en/products/machines/standard/allrounder\\_golden\\_edition/index.jsp](http://www.arburg.com/com/COM/en/products/machines/standard/allrounder_golden_edition/index.jsp)>.
- [5] Technická univerzita Liberec: Katedra strojírenské technologie [online]. 2005 [cit. 2012-02-22]. 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)
- [6] Orycon eu [online] Dostupné z WWW: <http://www.oryconeu.cz/rozvadece-orycon.html>
- [7] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 2*. 1.vyd. Brno: Uniplast, 1999. 214 s.
- [8] Vstřikovací formy. *Technická univerzita Liberec: Katedra strojírenské technologie* [online]. 7. 12. 2010. [cit. 2012-05-10]. Dostupné z WWW: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud\\_materialy/tzn/c6/TS.pdf](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c6/TS.pdf)
- [9] Normalizovaná knihovna HASCO DACO Modul
- [10] GASTROW, H. *Injection molds.- 130 proven designs*. Hanser Publisher, 2002, Munich



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 vstříkovací stroj [3].....	17
Obr. 2 vstříkovací cyklus [2] .....	18
Obr. 3 vstříkovací jednotka [5] .....	19
Obr. 4 uzavírací jednotka.....	19
Obr. 5 obecné zásady volby vtokového systému [2].....	20
Obr. 6 průřez rozvodných kanálů [2] .....	21
Obr. 7 rozvodné bloky [6].....	22
Obr. 8 vyhřívaná tryska [6] .....	23
Obr. 9 vyhazovací kolíky [2] .....	25
Obr. 10 trubkový vyhazovač [7] .....	26
Obr. 11 forma na dvoustupňové vyhazování .....	27
Obr. 12 zadaný výrobek .....	36
Obr. 13 vymodelovaný výrobek v Catii V5 .....	36
Obr. 14 vstříkovací forma .....	37
Obr. 15 násobnost formy.....	38
Obr. 16 dělicí roviny .....	39
Obr. 17 jádra formy.....	40
Obr. 18 posuvová čelist při uzavřené poloze .....	41
Obr. 19 posuvová čelist při otevřené poloze.....	42
Obr. 20 tvarové vložky .....	43
Obr. 21 horký vtokový systém .....	44
Obr. 22 temperace levé části .....	45
Obr. 23 temperace tvárníku.....	46
Obr. 24 temperace jádra .....	46
Obr. 25 temperace pravé části.....	47
Obr. 26 temperace tvárnice .....	48
Obr. 27 vyhazovací systém .....	49
Obr. 28 nosič formy .....	50
Obr. 30 sestava vstříkovací formy .....	51
Obr. 31 pohled do pravé části vstříkovací formy.....	52
Obr. 32 pohled do levé části vstříkovací formy .....	53

Obr. 32 vstříkovací stroj [4]..... 54

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 teploty formy při vstřikování plastů.....	31
Tab. 2 vlastnosti materiálu PA6 ULTRAMID.....	36
Tab. 3 technické parametry vstřikovacího stroje [4].....	54

**SEZNAM ZKRATEK**

ABS	Akrylonitril butadien styren
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
PA 6	Polyamid 6
PC	Polykarbonát
PE-HD	Vysoko hustotní polyethylen
PE-LD	Nízko hustotní polyethylen
PMMA	Polymethylmetakrylát
POM	Polyoximetylén
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PVC	Polyvinylchlorid
SAM	Styren acrylonitril
SVS	Studené vtokové systémy
VVS	Vyhřívané vtokové soustavy
3D	Trojrozměrný prostor

**SEZNAM PŘÍLOH**

P I: Materiálový list

P II: Výkres – Řezy


P III: Výkres – Pohled L

P IV: Výkres – Pohled P

P V: Kusovník

P VI: CD obsahující: – Zadaný výrobek narýsovaný v programu Catia  
– 3D Model formy v programu Catia  
– Kusovník vstříkovací formy  
– Výkresová dokumentace  
– Bakalářská práce v PDF

# P I: Materiálový list

<b>Product Information</b>		 The Chemical Company
07/2004	<b>Ultramid® BG40GM45 HS BK-130</b>	
	<b>(PA6 - GF20 M25)</b>	

## Product description

Ultramid® BG40GM45 HS BK-130 is a pigmented black, heat stabilised, 45 % glass and mineral fibre reinforced polyamide 6 injection moulding compound. It possesses a balance of engineering properties in combination with excellent dimensional stability, low warp and resistance to sink-mark-formation. It is ideally suited for applications such as rotors, wheels, rims, timing belt covers, automotive cooling fans, shrouds as well as interior and exterior door handles.

## Physical form and storage

Ultramid is supplied dry and ready to use in moisture-proof packaging in the form of cylindrical or flat pellets. Standard packs are the special 25 kg bag and the 1000 kg bulk container (octagonal IBC = Intermediate bulk container made from corrugated board with a liner bag). Subject to agreement other forms of packaging and shipment in tankers by road or rail are also possible. All containers are tightly sealed and should only be opened shortly before processing. To ensure that the perfectly dry material cannot absorb moisture from the air the containers must be stored in dry rooms and must always be carefully sealed again after portions of material have been taken out. Ultramid can be kept indefinitely in the undamaged bags. Experience has shown that product supplied in IBCs can be stored for about 3 months without any adverse effects on processing properties due to moisture absorption. Containers stored in cold rooms should be allowed to equilibrate to normal temperature so that no condensation forms on the pellets.

## Product safety

Ultramid melts are thermally stable at the usual temperature for A, B and C up to 310 °C and 350 °C for T and do not give rise to hazards due to molecular degradation or the evolution of gases and vapours. Like all thermoplastic polymers Ultramid decomposes on exposure to excessive thermal load, e.g. when it is overheated or as a result of cleaning by burning off. In such cases gaseous decomposition products are formed. Decomposition accelerates above 310 °C (T > 350 °C), the initial products formed being mainly carbon monoxide and ammonia, and caprolactam too in the case of Ultramid B. At temperatures above about 350 °C (T > 400 °C) small quantities of pungent smelling vapour of aldehydes, amines and other nitrogenous decomposition products are also formed.

For further safety information please see the safety datasheet of the individual product.

## Note

The information submitted in this publication is based on our current knowledge and experience. In view of the many factors that may affect processing and application, these data do not relieve processors of the responsibility of carrying out their own tests and experiments; neither do they imply any legally binding assurance of certain properties or of suitability for a specific purpose. It is the responsibility of those to whom we supply our products to ensure that any proprietary rights and existing laws and legislation are observed. In order to check the availability of products please contact us or our sales agency.

# Ultramid<sup>®</sup> BG40GM45 HS BK-130



Typical values at 23°C <sup>1)</sup>	Test method	Unit	Condition	Values
<b>Properties</b>				
Abbreviated term	ISO 1043	-	-	PA6 - GF20 M25
Density	ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	-	1.51
Viscosity number (solution 0.005 g/ml sulfuric acid)	ISO 307	ml/g	-	142
Colour: natural (n), coloured (c), black (bk)	-	-	-	bk
<b>Processing</b>				
Melting temperature, DSC	ISO 3146	°C	-	220
Melt volume rate MVR 275/5	ISO 1133	cm <sup>3</sup> /10 min	-	-
Melt temperature, injection moulding/extrusion	-	°C	-	270 - 295
Mould temperature, injection moulding	-	°C	-	80 - 95
<b>Flammability</b>				
UL94 rating at 1.5 mm thickness	UL 94	class	-	-
Automotive materials (thickness d ≥ 2mm)	FMVSS 302	-	-	+
<b>Mechanical properties</b>				
Tensile modulus	ISO 527-2	MPa	dry	10,500
Yield stress (v = 50 mm/min), Stress at break (v = 5 mm/min)*	ISO 527-2	MPa	dry	140*
Yield strain (v = 50 mm/min)	ISO 527-2	%	dry	-
Nominal strain at break, Strain at break*	ISO 527-2	%	dry	2*
Flexural modulus	ISO 178	MPa	dry	8,700
Flexural strength	ISO 178	MPa	dry	210
Charpy unnotched impact strength <sup>3)</sup> +23°C	ISO 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	dry	50
Charpy notched impact strength <sup>3)</sup> +23°C	ISO 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	dry	6
Ball indentation hardness H 358/30, H 961/30*	ISO 2039-1	MPa	dry	250*
<b>Thermal properties</b>				
Deflection temperature 1.8 MPa (HDT A)	ISO 75-2	°C	-	200
Deflection temperature 0.45 MPa (HDT B)	ISO 75-2	°C	-	215

**Footnotes:**

1) for uncoloured product, unless defined otherwise in the product name  
 3) N = no break