

# Vstřikovací forma pro plastový výrobek

Darina Mažgútová

---

Bakalářská práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Darina Mažgútová**  
Osobní číslo: **T11535**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vstřikovací forma pro plastový výrobek**

Zásady pro vypracování:

**Vypracujte literární studii na dané téma**  
**Nakreslete model vstřikovaného výrobku**  
**Provedte konstrukční návrh vstřikovací formy**  
**Nakreslete výkres výrobku a výkres sestavení formy**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle vedoucího bakalářské práce.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Adam Škrobák**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **10. února 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **23. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014

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



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

## 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 užit 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 ..19,5,2014.....

  
.....

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

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

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

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

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

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

Bakalářská práce se zabývá návrhem čtyřnásobné vstříkovací formy pro zadaný plastový výrobek. Teoretická část práce se věnuje problematice vstříkování plastů a teorii správné konstrukce vstříkovacích forem. Praktická část se zabývá samotnou konstrukcí vstříkovací formy a volbou vstříkovacího stroje. Při řešení a návrhu vstříkovací formy byl použit program Solid Works. Celá práce je doplněna o výkres sestavy navržené vstříkovací formy

Klíčová slova: plastový výrobek, vstříkování, vstříkovací forma, Solid Works

## **ABSTRACT**

The Bachelor's thesis deals with quadruple injection mold for the specific plastic product. The practical part is dedicated to the construction of injection molds and the choice of injection molding machine. During the solution design of injection mold was used Solid Works program. The thesis is enriched by drawing the assembly designed injection mold. The theoretical part of the thesis concerns the problems of plastic injection and the right theory of design of injection molds.

Keywords: The plastic product, Injection molding, Injection mold, Solid Works

## **Poděkování**

Vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Adamu Škrobákovi za připomínky, rady, návrhy, čas a odborný názor při vypracování

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>5</b>	
<b>I</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>6</b>
1.1	POLYMER.....	7
1.2	ZÁKLADNÍ DĚLENÍ POLYMERŮ .....	7
	<i>ELASTOMERY</i> .....	7
1.3	ZPRACOVATELSKÉ TECHNOLOGIE PLASTŮ .....	8
<b>2</b>	<b>TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>10</b>
2.1	VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	10
2.2	VSTŘIKOVACÍ STROJ .....	11
2.2.1	Vstřikovací jednotka .....	12
2.2.2	Uzavírací jednotka.....	13
2.3	JEDNOTLIVÉ ČASY VSTŘIKOVACÍHO CYKLU .....	15
<b>3</b>	<b>VSTŘIKOVACÍ FORMA</b> .....	<b>16</b>
3.1	ZÁSADY PRO KONSTRUKCI VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	16
3.2	DRUHY VSTŘIKOVACÍCH FOREM .....	16
3.3	VTOKOVÝ SYSTÉM.....	17
3.3.1	<i>Studený vtokový systém</i> .....	17
3.3.2	<i>Horký vtokový systém</i> .....	20
3.4	TEMPERACE VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	20
3.5	ODVZDUŠŇOVÁNÍ FOREM .....	21
3.6	VYHAZOVACÍ SYSTÉMY .....	21
3.7	POUŽÍVANÉ MATERIÁLY PŘI VÝROBĚ FORMY.....	22
3.8	ČÁSTI FOREM.....	23
3.8.1	Rámy .....	23
3.8.2	Vodící a spojovací součásti .....	24
3.8.3	Rozpěrky .....	24
3.8.4	Vyhazovací desky.....	24
3.8.5	Středící kroužky .....	24
<b>4</b>	<b>VADY ZPŮSOBENÉ VSTŘIKOVÁNÍM</b> .....	<b>25</b>
4.1	PŘÍČINY VZNIKU VAD A JEJICH PŘEDCHÁZENÍ .....	27
4.2	STUDENÉ SPOJE .....	28
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>POUŽITÉ APLIKACE</b> .....	<b>33</b>



6.1	SOLID WORKS 2011 .....	33
6.2	HASCO.....	33
<b>7</b>	<b>SPECIFIKACE VÝROBKU .....</b>	<b>34</b>
7.1	MATERIÁL VÝROBKU.....	34
<b>8</b>	<b>VSTŘIKOVACÍ STROJ .....</b>	<b>35</b>
<b>9</b>	<b>KONSTRUKCE FORMY.....</b>	<b>36</b>
9.1	VOLBA NÁSOBNOSTI FORMY .....	36
9.2	ZAFORMOVÁNÍ VÝROBKU .....	36
9.3	VYHOZENÍ VÝSTŘIKU .....	37
9.4	VTKOVÝ SYSTÉM.....	39
9.5	TEMPERACE.....	41
9.6	VODÍCÍ A UPÍNACÍ ČÁSTI.....	42
<b>10</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>45</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>46</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>47</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>48</b>

## ÚVOD

V dnešní době je jen málo oblastí, kde by nebylo použito polymerních materiálů. Pro své mechanické a fyzikální vlastnosti, které se stále více zdokonalují, je jejich použití opravdu všestranné. Pro svou lehkost, pevnost, snadné zpracování nahrazují jiné výrobní materiály jako je kov, dřevo, sklo

Mezi nejčastější způsoby zpracování patří vstřikování plastů do forem, které zvládnou vyrobit během krátké doby mnohdy velmi složité výrobky nejen pro každodenní život, ale také pro speciální použití, např. při výrobě raket do vesmíru, jaderných elektráren a jiných náročných oborů.

Vzhledem k neustálému vývoji počítačových aplikací je dnes zcela běžné použít pro výkresovou dokumentaci různé kreslicí programy jako je Catia, Autocad, Solid Work, atd. Většina firem, zabývajících se návrhem a konstrukcí vstřikovacích forem běžně používá nejen tyto programy ale také simulační, kde je možno pomocí simulace zjistit funkční chod vstřikovací formy a předejít tak chybné konstrukci.

# **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1.1 POLYMER

Polymer je látka sestávající z molekul jednoho nebo více druhů atomů nebo skupin spojených navzájem v tak velkém počtu, že řada fyzikálních vlastností této látky se nezmění přidáním nebo odebráním jedné nebo několika konstitučních jednotek. To co odlišuje polymery od jiných materiálů je řetězová struktura jejich molekul (dlouhá lineární řada vzájemně spojených atomů nebo skupin atomů představuje převažující strukturní motiv, který může být občas přerušen místy větvení. Polymery typicky vznikají polymerací nebo polykondenzací.[1]

## 1.2 Základní dělení polymerů

Polymery se dělí do těchto základních skupin:

### *Elastomery*

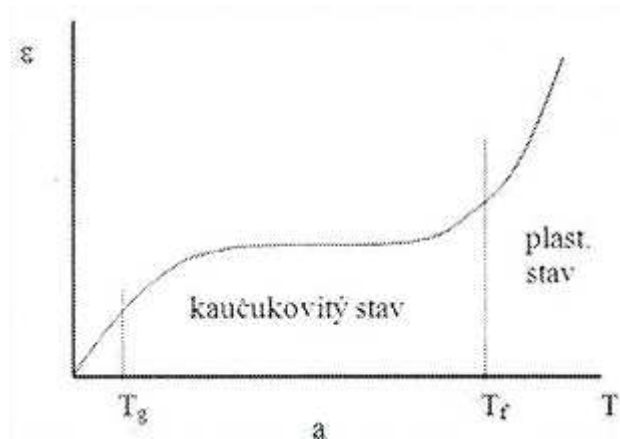
- Vysoce elastické polymery, které můžeme za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení
- Působením tepla měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během zahřívání dochází chemické reakci-prostorovému zesíťování tj. vulkanizaci.

### *Reaktoplasty*

- Působením tepla se chemicky mění, tvrdnou. Po vytvrzení se jejich tvar teplem nemění, do plastického stavu je již nelze převést. Jsou tedy nevratné
- Mají lepší mechanické vlastnosti než termoplasty, jsou tužší, tvrdší, odolnější proti korozi a zvýšeným teplotám. Naopak se zhoršuje jejich tažnost.

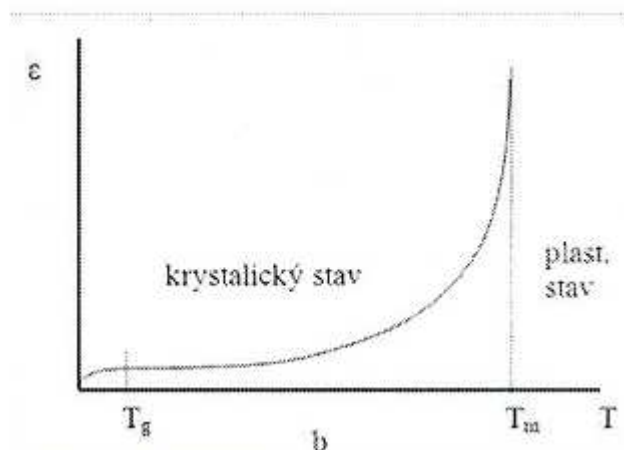
### *Termoplasty*

- Polymery, které mění tvar působením tepla a smykovými silami. Po ochlazení je možné je opět působením tepla převést do taveniny.
- *Amorfní* – molekuly zaujímají zcela nahodilou pozici, jsou tvrdé, křehké, vysoká pevnost, transparentní. Použitelnost amorfních plastů do teploty zesíťování  $T_g$



Obr. 1 Oblast využití amorfních polymerů

- *Krystalické*- vykazují určitý stupeň uspořádanosti, jsou mléčně zakalené, houževnaté, pevnost a modul pružnosti roste se stupněm krystalinity. Použitelnost semykrytalických plastů je do teploty tání  $T_m$



Obr. 2 Oblast použití semikrystalického polymeru

### 1.3 Zpracovatelské technologie plastů

Polymery lze zpracovávat mnoha různými způsoby. Některé výrobky lze vyrobit více technologiemi. V takových případech se volí způsob zpracování podle více hledisek, jako jsou:

- fyzikálně-mechanické vlastnosti,
- použitý polymer,
- složitost výrobku,
- množství výrobků,

- vzhled výrobků,
- přesnost výrobků.

Mezi nejčastější technologie zpracování polymerů patří:

- vstřikování
- vytlačování,
- lisování,
- válcování,
- odlévání,
- nanášení,
- máčení [2]

## 2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je cyklický způsob výroby požadovaných dílů z plastů. Vyznačuje se poměrně složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a forma. V průběhu vstřikování je roztavený plast ve vstřikovacím stroji tlakem dopraven do dutiny formy a tam ochlazen ve tvaru vyráběné součásti [3]

### *Princip vstřikování*

Polymer v podobě granulí je nasypán do násypky, odkud je pomocí šneku odebírán do tavicí komory. Kde za současného účinku tření a topení plast taje a vzniká tavenina. Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, kde zaujme její tvar. Následuje dotlaková fáze pro snížení smrštění a rozměrových změn. Teplota formy je mnohem nižší než teplota taveniny. Tavenina při styku s formou tuhne a výrobek tak dostává konečný tvar. Poté se forma otevře, výrobek je z formy pomocí vyhazovacích systému vyhozen a celý cyklus se opakuje. [4]

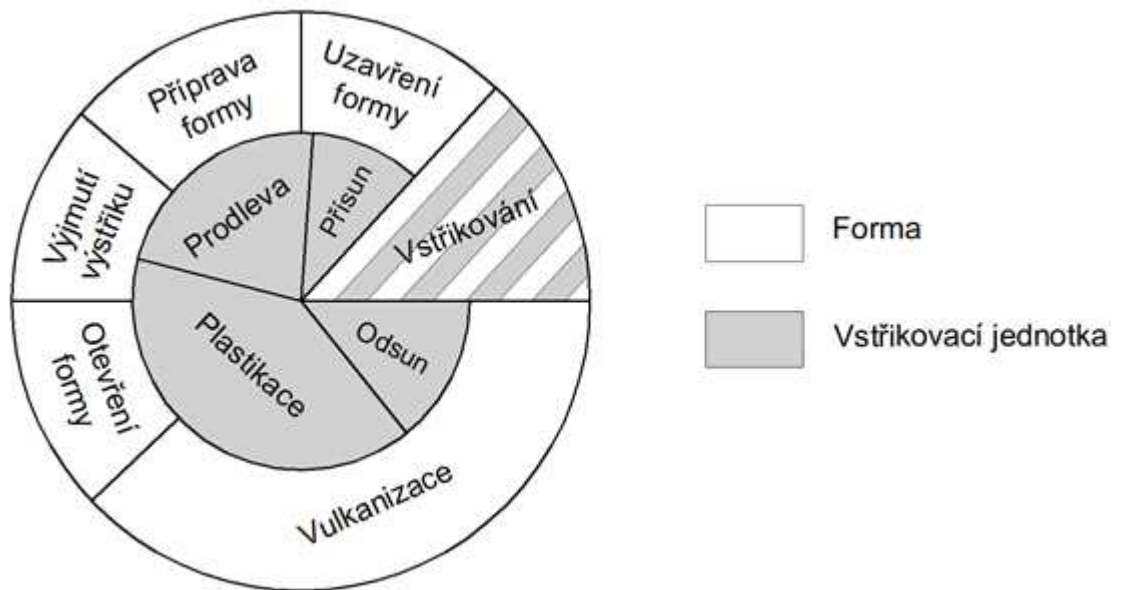
### 2.1 Vstřikovací cyklus

Je sled přesně definovaných operací, během něhož polymer prochází jednotlivým teplotním cyklem.

Za počátek vstřikovacího cyklu je považován okamžik, při kterém dochází k uzavření formy. Pohyblivá část formy se přisune k pevné části a forma se uzavře a uzamkne. K tomuto kroku je potřeba vyvinout značnou uzavírací sílu, která zabrání tomu, aby se forma vlivem tlaku vstřikované taveniny otevřela. Následuje pohyb šneku v tavicí komoře a začíná vlastní vstřikování, kdy se šnek přestane otáčet a působí jako píst. Tlačí taveninu do dutiny formy. Jakmile vstoupí tavenina do dutiny, nastává ihned chlazení taveniny o stěny formy.

Doba chlazení je závislá na teplotě formy a na tloušťce stěny výrobku. Během chlazení výrobku dochází ke smrštění, tomu se předchází dodatečným dotlačením taveniny do formy tzv. dotlakem. Po dotlaku začíná plastikace nové dávky plastu. Šnek se začne otáčet a nabírat granulát pod násypku plastikovat a dopravovat před čelo šneku, přičemž ustupuje dozadu. K ohřevu taveniny dochází převodem tepla ze stěn válce, frikčním teplem, které vzniká třením plastu o stěny komory. Během plastikace dochází rovněž ke snižování tlaku ve formě. Jakmile je tlak dostatečně snížen a výrobek ochlazen na teplotu bezpečnou

k vyhození následuje otevření formy a vyhození výstřiku. Forma se opět uzavře a celý cyklus se opakuje.



Obr. 3 Vstřikovací cyklus

## 2.2 Vstřikovací stroj

Je zařízení, které zpracovává polymer plastikuje, homogenizuje a vstřikuje do uzavřené dutiny formy. Skládá se ze vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky a z řízení a regulace.

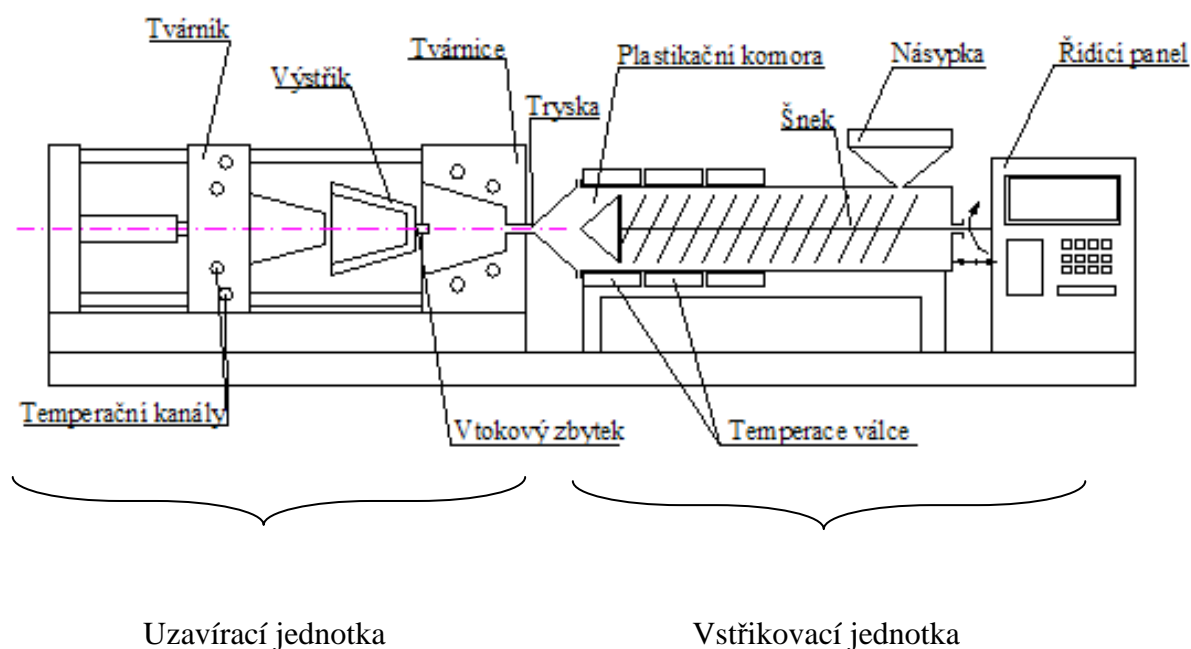
Podle typu plastikací jednotky můžeme vstřikovací stroje dělit na:

- pístové,
- šnekové,
- šnekopístové,
- dvoustupňové,

Podle pohonu na:

- pneumatické,
- elektrické,
- hybridní [4]





Obr. 4 Vstřikovací stroj

### 2.2.1 Vstřikovací jednotka

Plní dva úkoly, přeměňuje granulát polymeru na homogenní taveninu o dané viskozitě a vstřikuje taveninu vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny formy.

Vstřikovací jednotka se šnekovou plastikací je charakterizována těmito parametry:

- průměrem  $D$ ,
- délkou  $L$  šneku,
- vstřikovací kapacitou  $Q_v$ ,
- plastikační kapacitou  $Q_p$ ,
- max. vstřikovacím tlakem  $p_{vstř}$ ,
- objemovou vstřikovací rychlostí  $v$ .

Důležitými částmi vstřikovací jednotky je *tavící komora*, *šnek*, *tryska* a *topení*.

*Tavící komora* je rozdělena do tří zón samostatně vytápěných a se samostatnou regulací teploty. Nejnižší teplota se nachází v místě pod násepku, nejvyšší pak u trysky.

**Šnek** vykonává činnost dávkování, dopravu materiálu, plastikaci, hnětení a vstříknutí do formy. Pro šnek je typický kompresní poměr což je poměr objemu závitů na vstupu a výstupu šneku. Bývá v rozmezích 1,5 až 4,5.

Šnek má tři funkční pásma:

*Vstupní pásmo* - nachází se pod násypkou jeho drážka je nejhlubší a jeho průměr nejmenší. Vytěsňuje vzduch z prostoru mezi granulami, stlačuje a ohřívá materiál a teprve na konci pásma začíná materiálů tát

*Přechodové pásmo* - průměr jádra se směrem k trysce zvětšuje, hloubka drážky se zmenšuje. Dochází ke stlačování materiálu a nejintenzivnějšímu tání granulátu. Vzniká tavenina, která není homogenní.

*Homogenizační pásmo* - hloubka drážky je po celé délce konstantní, ale menší než ve vstupním pásmu. Dochází zde k úplné homogenizaci materiálu. [4]

**Vstříkovací tryska** umožňuje tok hmoty do tvarových dutin formy. Tryska musí na vtok formy dosednout souosé a zaručit těsnost i při velkých vstříkovacích tlacích. Průměr vyústění vstříkovací trysky musí být nejméně o 0,5-1mm menší než průměr vtokové trysky formy. Z praktického hlediska je nejvýhodnější uspořádání pro formy s nástřikem do dělicí roviny. Pro různé materiály se volí různé konstrukce.

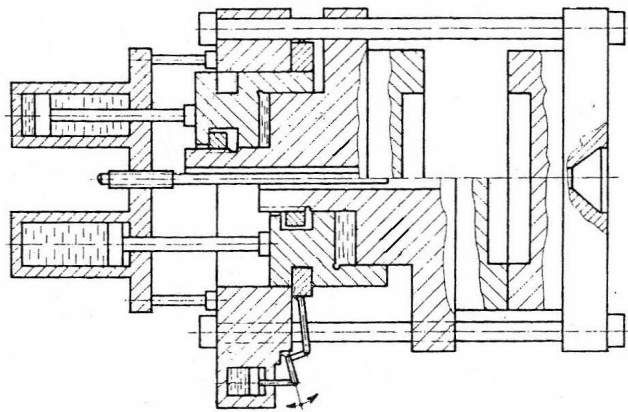
- *Otevřené* (viskózní materiály) s otvorem o průměru 3 - 8 mm.
- *Uzavíratelné*-otevřou se pouze při dosedu vstříkovací jednotky na formu. [4]

### 2.2.2 Uzavírací jednotka

Úkolem je zavírat a otevírat formu dle procesu vstříkování a zajistit uzavření formy takovou silou, aby se při vstříknutí tlakem taveniny forma neotevřela. Skládá se z opěrné desky pevně spojené s ložem stroje, pohyblivé desky, upínací desky s otvorem pro trysku stroje, vedení pro pohyblivou desku, uzavíracího a přidržovacího mechanismu.

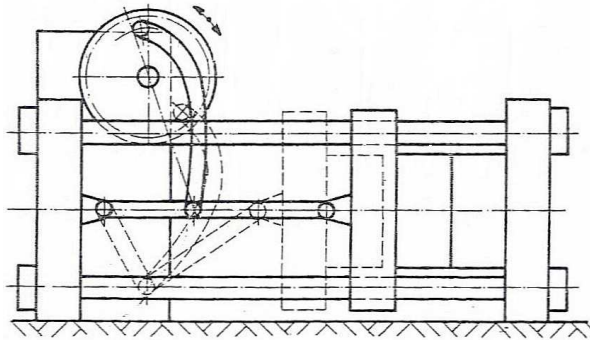
Typy uzavírací jednotky:

- hydraulické - umožňují pootevření nástroje hydraulickým tlakem, vyžadují zajištění závorou, výhodou libovolné nastavení hloubky [12]



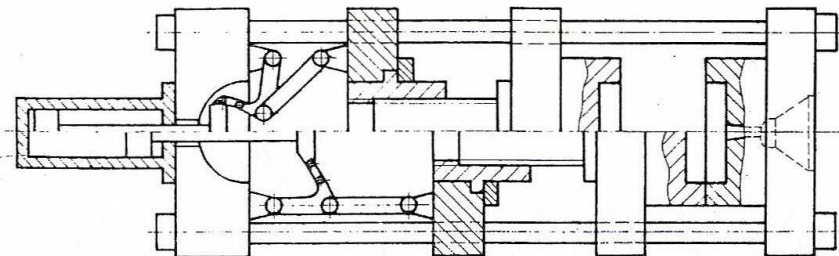
*Obr. 5 Hydraulická uzavírací jednotka*

- elektromechanické



*Obr. 6 Elektromechanická uzavírací jednotka*

- mechanická



*Obr. 7 Mechanická uzavírací jednotka*

## **2.3 Jednotlivé časy vstřikovacího cyklu**

### ***Strojní doby***

Strojní doby na uzavření a otevření formy závisí na rychlosti pohybující se formy a na dráze, kterou musí forma urazit. Dráha otevření formy je dána velikostí výstřiku ve směru otevírání formy a musí být natolik velká, aby bylo možné výrobek z formy vyhodit. Celková strojní doba časů nepřesahuje několik málo sekund. [4]

### ***Doba vstřikování***

Čas pro plnění dutiny formy závisí na rychlosti vstřikování a také na rychlosti pohybu šneku vpřed, ta závisí na technologických podmínkách, na teplotě dané taveniny a na vstřikovacím tlaku. Dále pak závisí na teplotě formy, objemu výstřiku, tvaru výstřiku, vtokové soustavě a druhu polymeru. Doba plnění se pohybuje ve zlomkách sekundy, musí být co nejkratší, protože vstříknuta tavenina se ihned po vstupu do formy začíná o stěny formy ochlazování a tím dochází ke zpomalení toku až k jeho úplnému zastavení způsobené ztuhnutím taveniny. [4]

### ***Doba dotlaku***

Závisí na průřezu vtokového kanálu. Účelem je dodatečné dotlačení taveniny do dutiny formy a tím kompenzovat smrštění během chlazení, aby nevznikly propadliny a staženiny. Doba trvání dotlaku je několik sekund. [4]

### ***Doba plastikace***

Je čas potřebný k tomu aby došlo k zplastikování potřebného množství plastu a k jeho homogenizaci a umístění potřebné dávky před čelo šneku. Velikost zplastikované dávky musí zabezpečit naplnění tvarové dutiny formy a vtokové soustavy a také kompenzovat změnu objemu způsobenou smrštěním. [4]

### ***Doba chlazení***

Představuje největší část cyklu a pohybuje se v řádu několika desítek sekund. Závisí na tloušťce stěn výstřiku, druhu plastu, teplotě taveniny, Chlazení začíná již během fáze vstřikování a pokračuje během dotlaku. Dochází ke značným změnám stavových veličin, tlaku, měrného objemu a teploty. [4]

### 3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Je nejdůležitější funkcí, která je rozhodující pro určení konečného tvaru hotového výrobku, jeho rozměrových tolerancí, ale také ekonomiku výroby.

Formy musí odolávat vysokým tlakům, umožňovat snadné vyjmutí výrobku z formy, pracovat automaticky po celou dobu své životnosti. Konstrukce a výroba jsou velmi nákladné a závisí na odborné znalosti a zkušenosti konstruktéra. [3]

#### 3.1 Zásady pro konstrukci vstřikovací formy

- Konstrukční řešení výrobku s ohledem na zvolený materiál, jeho vzhled a toleranci rozměrů
- smrštění výrobku-objemová změna při tuhnutí polymerních tavenin, jejíž základní příčinou je stlačitelnost, tepelná rozpínavost a kontrakce plastů
- Celkový výhled výroby, počet vstříků na jednotlivé plánovací období
- Ekonomické náklady-počet výrobků, násobnost formy
- Využití maximální kapacity stroje-vstřikovací kapacita, vstřikovací tlak, uzavírací síla, plastovací výkon, temperační zařízení...
- Volba materiálu formy závisí na druhu zpracovávaného plastu
- Velikost výrobku a jeho složitost [3]

#### 3.2 Druhy vstřikovacích forem

Dle polohy osy hlavního vtoku k hlavní dělicí rovině se formy dělí:

- a) s osou hlavního vtoku kolmo k dělicí rovině
- b) s osou hlavního vtoku v dělicí rovině

1) Podle násobnosti

- a) jednonásobné,
- b) vícenásobné,

- c) sdružené-dvojnásobná i vícenásobná forma, ve které se tváří více různých výrobků současně.

2) Podle způsobu zaformování výstřiku a konstrukčního řešení

- a) jednoduché dvoudílné,
- b) třídílné,
- c) dělené (vyjímatelný tvárník, pohyblivé díly),
- d) etážové,
- e) čelist'ové,
- f) s bočními jádry ovládanými mechanicky, pneumaticky nebo hydraulicky,
- g) s vyšroubovacím zařízením-speciální

3) Podle způsobu vyhazování výstřiku

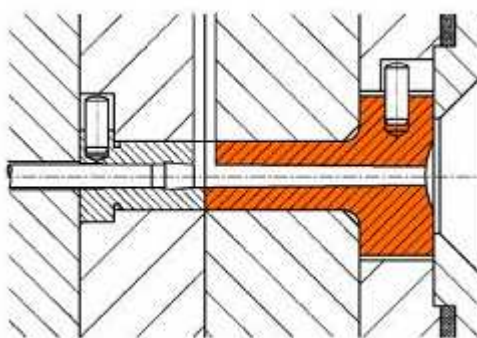
- a) mechanicky,
- b) pneumaticky,
- c) stírací deskou,
- d) kombinované [3]

### **3.3 Vtokový systém**

Vtokový systém je systém kanálů a ústí vtoku, který zajišťuje správné naplnění dutiny formy a snadné oddělení vtokového zbytku. Vtoková soustava je navrhována podle počtu tvarových dutin, podle jejich rozmístění a podle toho zda bude konstruován jako studený nebo horký rozvod. Řešení vtokového systému závisí na konkrétním tvaru a na násobnosti formy. Vtokový systém musí být řešen tak, aby tavenina naplnila dutinu formy nejkratší cestou bez velkých teplotních ztrát a co nejrychleji, pokud možno za stejný čas - vyvážený vtokový systém.

#### **3.3.1 Studený vtokový systém**

Zajišťuje vedení proudu polymerní taveniny od trysky vstřikovací jednotky do tvarové dutiny. Tavenina musí dorazit ke všem dutinám ve stejný čas a se stejným tlakem.



*Obr. 8 Studený vtokový systém*

Tvar a rozměr vtoku ovlivňuje:

- vzhled, rozměr, a fyzikálně-mechanické vlastnosti výstřiku,
- množství použitého polymerního materiálu,
- energetickou náročnost výroby.

Je také nutné dodržet spousty konstrukčních zásad jako je stanovit úkosy, podkoso, správné větvení větší než  $90^\circ$ .

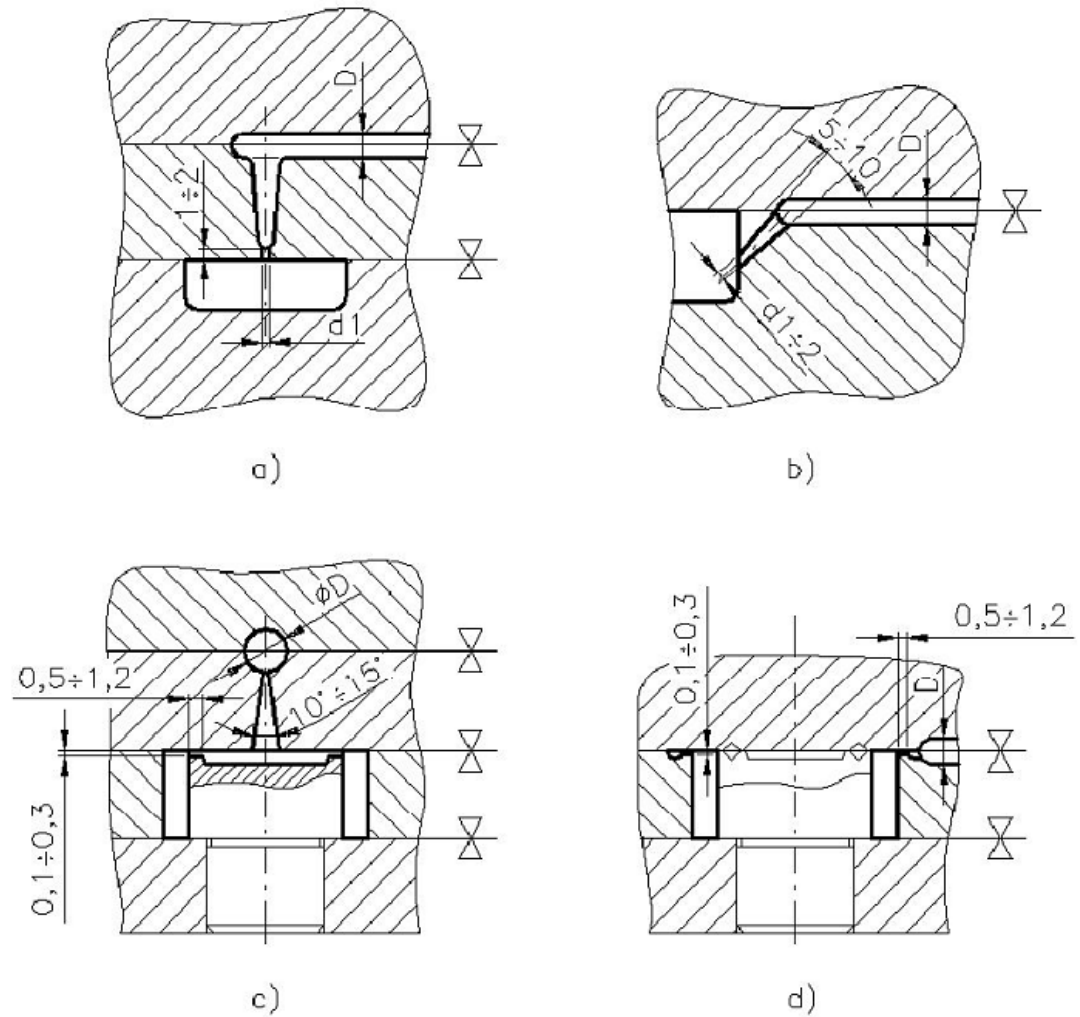
Vtokové ústí se doporučuje umístit:

- do místa s největší tloušťkou stěny. Tavenina má téci z místa většího průřezu do místa s menším průřezem, aby tuhla nejdříve na vzdálenějším místě od vtokového ústí.
- do geometrického středu dutiny tak, aby tavenina zatékala do všech míst rovnoměrně
- u výstřiku se žebry má tavenina proudit ve směru jejich orientace.

Vybírat lze z mnoha typů studených vtoků:

- plný kuželový vtok,
- bodový vtok,
- tunelový vtok,
- filmový vtok,

- boční vtok – jeho vtokové ústí je zúžené, leží v dělicí rovině, patří mezi nejpoužívanější, při vyjmutí výstříku z formy zůstává spojeno s výstříkem. [3]



Obr. 9 Základní typy vtokových ústí

a) bodové, b) tunelové, c) membránové, d) vějířové (vnější)



### 3.3.2 Horký vtokový systém

Technologie vstřikování s horkým vtokovým systémem spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až po ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu. [3]

- Výhody:
  - rychlejší výrobní cyklus,
  - žádný odpad - bezvtokové vstřikování,
  - žádná recyklace vtokových zbytků,
  - snadná montáž a údržba.
- Nevýhody
  - energetická a ekonomická náročnost oproti SVS,
  - konstrukčně náročnější,
  - regulátory a snímače teploty [3]

### 3.4 Temperace vstřikovacích forem

Temperací forem rozumíme jejich udržování na požadované teplotě. Teplota formy při vstřikování termoplastů bývá v rozmezí 30-120°C. Správně navržený temperanční systém umožňuje optimální dobu vstřikování a hospodárnost provozu, ale také dosažení kvalitních výrobků při optimální struktuře (vzhled, přesnost, fyzikální vlastnosti).

Správné řešení temperance má velký vliv na správnou funkci formy. Zvolení vhodného temperančního systému závisí na více faktorech jako je použitý materiál, velikost a tvar výstřiku, tloušťka stěn výstřiku, délka vtokového systému a jeho tvar.

Množství tepla, které je potřeba při chlazení odvést závisí na rozdílu entalpií při teplotě vstřikování a při teplotě vyhazování z formy. Teplotu vyhazování z formy určuje do značné míry teplota formy.

Mezi další faktory ovlivňující chlazení formy patří tepelná vodivost plastu, jeho tekutost a závislost na teplotě. [2]

### 3.5 Odvzdušňování forem

Dutina formy je před vstříknutím taveniny naplněna vzduchem. Při jejím plnění taveninou je třeba tento vzduch s dutiny odstranit. K tomu se používá odvzdušňovacích kanálků, ty jsou potřeba k tomu, aby odváděly vzduch s dutiny a také případné zplodiny. Pokud vzduch v dutině zůstane, bude natolik horký, že způsobí spálená místa na konečném výrobku což je velmi nežádoucí jev, kterému se předchází správně zvoleným odvzdušněním. Čím větší rychlost plnění dutiny formy tím důmyslnější systém odvzdušnění musí být zvolen. V některých případech stačí vzduch z dutiny formy uniknout přes dělicí rovinu formy, nebo vůlí mezi pohyblivými částmi nebo otvory vyhazovačů. V ostatních případech se forma opatřuje odvzdušňovacími kanálky v rozích nebo místech předpokládaného zavzdušnění. Zhotovené kanálky musí být dostatečně účinné, aby odváděly vzduch, ale zároveň jimi nesmí docházet k zatékání taveniny. V praxi se zhotovují šířky odvzdušňovacích mezer od 0,2 do 0,05mm. [3]

### 3.6 Vyhazovací systémy

Slouží ke snadnému vyjmutí výstřiku z dutiny formy. Pro snadné vyjmutí je potřeba dodržet určitá kritéria. Základní podmínkou dobré funkce vyhazování je vytvoření úkosu stěn ve směru vyhazování, který by neměl být menší než  $0,5^\circ$ , ale také drsnost povrchu formy, který má na vyhazování značný vliv.

Nejčastěji se k vyhazování výstřiku používá kolíkových vyhazovačů, které se umísťují rovnoměrně na ploše nebo obvodu výstřiku tak, aby nedošlo k přičení a tím k prolomení výstřiku. [3]

#### Typy vyhazovacích prvků:

- *Válcové kolíky*-umístěné po okraji výstřiku, užívané u výstřiků krabicového tvaru
- *Tvarové vyhazovače*-vhodné pro tenkostěnné výrobky
- *Stírací kroužky nebo desky*-vhodné pro menší výstřiky válcového tvaru nebo pro výstřiky s přesazeným okrajem, kde nelze použít válcových nebo tvarových vyhazovačů

- *Pomocí stlačeného vzduchu*-vhodné pro rozměrné výstřiky, jako jsou kryt bedny, umývadla, vaničky, kbelíky.
- *Prizmatické kolíky* [3]

### **3.7 Používané materiály při výrobě formy**

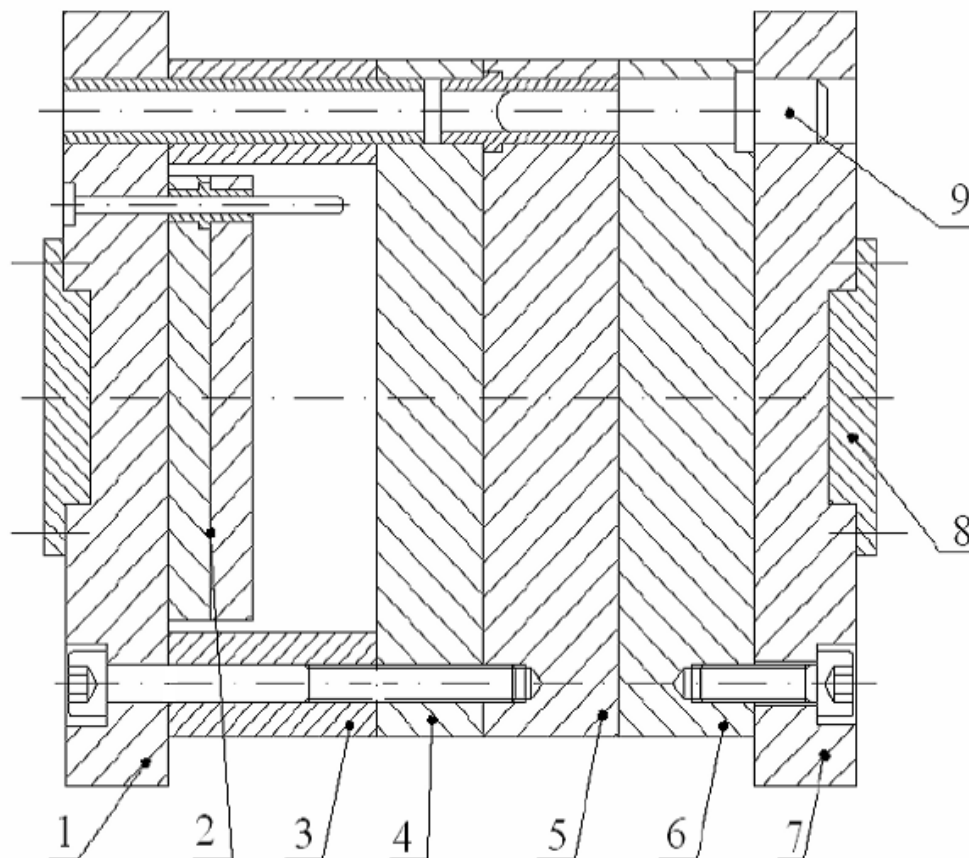
Formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiků se od nich vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené:

- druhem použitého plastu,
- přesností a jakostí výstřiku,
- podmínkami vstřikování,
- vstřikovacím strojem.

Pro výrobu forem se tedy používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Jejich široký výběr byl zredukován na úzký sortiment jakostí i rozměrů. Z toho se dále dává přednost materiálům univerzálních typů s širokým rozsahem užitných vlastností. Takové druhy představují:

- oceli vhodných jakostí,
- neželezné slitiny kovů (Cu, Al, apod.),
- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé, apod.). [3]

### 3.8 Části forem



Obr. 10 Hlavní části formy

1 – upínací deska levá, 2 – vyhazovací desky, 3 – rozpěrná deska, 4 – opěrná deska,  
5 – tvarová deska levá, 6 – tvarová deska pravá, 7 – upínací deska pravá,  
8 – středící kroužek, 9 – vodící a spojovací části

#### 3.8.1 Rámy

Rám formy představuje skupinu vzájemně spojených desek s vodícím, středícím a spojovacím příslušenstvím. Spojený celek tvoří funkční nosič tvarových dutin vtoků vypracovaných přímo v deskách nebo ve zvláštních vložkách. Rám doplněný o další funkční celky pak tvoří kompletní formu s požadovanou funkcí.

Mimo uvedené činnosti musí rám umožnit:

- správné ustavení na vstřikovacím stroji,
- dokonalé a bezpečné upnutí na stroji,
- přesné vedení pohyblivých dílů formy,

- snadné upevnění tvarových vložek a ostatních funkčních dílů,
- vhodné umístění temperančního a vyhazovacího systému. [3]

### **3.8.2 Vodící a spojovací součásti**

Rám formy je sestaven z jednotlivých desek a dalších dílů v pevnou a pohyblivou část. Tyto celky jsou vzájemně vedeny, ustředěny a někdy i spojeny pomocí vodících pouzder, kolíků a dalších součástí. [3]

### **3.8.3 Rozpěrky**

Doplňují rám formy v jeho pohyblivé a někdy i v pevné části. Jsou nutné z toho důvodu, že:

- zvětšují stavební výšku, aby se dosáhlo jejího minimálního rozměru pro daný stroj
- vytváří ve formě prostor pro umístění vyhazovacích desek a potřebný zdvih s vyhazovači
- zmenšují stykovou plochu mezi funkční a upínací částí formy, aby tepelné ztráty vedením při temperanci formy byly minimální

Jejich rozměry a umístění je voleno tak, aby tuhost rámu byla dostatečná a průhyb desek minimální. [3]

### **3.8.4 Vyhazovací desky**

Slouží k ukotvení, vedení, ovládní a zajištění vyhazovačů v jejich pracovním i zpětném pohybu. Používají se obvykle v uspořádání jako deska kotevní a opěrná. Vyhazovací desky, především kotevní deska, mohou mít své vlastní vedení. U menších vyhazovacích desek stačí dva vodící kolíky, u větších desek jsou nutné kolíky čtyři. Jejich rozmístění musí být symetrické, aby se zabránilo křížení. Velikost a tloušťka desek je dána svojí konstrukcí v rámu a zatížením vyhazovačů při vyjímání výstřiku. [3]

### **3.8.5 Středící kroužky**

Slouží k ustředění formy na stroj, ale také k jejímu zajištění proti případnému sklouznutí z desek stroje při manipulaci. Z toho důvodu se desky opatřují středícími kroužky. [3]

## 4 VADY ZPŮSOBENÉ VSTŘIKOVÁNÍM

Přes veškeré znalosti o polymerních materiálech, zvyšující se úrovni vstřikovacích strojů, uplatnění počítačových programů při konstrukci návrhu výrobku a vstřikovací formy nemůžeme vyloučit vady výstřiků. Vady se mohou objevit přesto, že lze uplatnit simulační programy pro analýzu procesu vstřikování polymerů.

Pod pojmem „vada výstřiku se rozumí defekt, kterým se liší:

- Vzhled,
- Rozměry,
- tvar a vlastnosti od předem stanoveného normálu (standardu),
- specifikovaného výkresem,
- referenčním vzorkem nebo schválenými přejímacími podmínkami.

Vady výstřiků dělíme na vady vzhledové a vady skryté. [5]

### 1) *Vady vzhledové*

Jsou takové vady, které jsou patrné při vizuálním porovnání s předepsanými a schválenými referenčními vzorky. Mezi tyto vady patří:

- Propadliny,
- nedostříknuté výrobky,
- přetoky,
- otřepy,
- vrásnění nebo zvlnění,
- vrstvení,
- delaminace,
- stopy po vyhazovačích,
- deformace dílů vlivem nevhodných parametrů vstřikování nebo špatné konstrukci vstřikovací formy.

Dále je možné setkat se s vadami:

- Nerovnoměrný lesk,
- stříbření,
- matná místa,
- stopy po studeném spoji,
- špatně vykopírovaný desén,
- mikrotrhliny,
- tokové čáry,
- špatně rozmíchané pigmenty,
- stopy po zdegenerovaném materiálu,
- uzavřený vzduch,
- šmouhy,
- spálená místa a další. [5]

## 2) *Vady skryté*

Jsou vady, které nelze postihnout běžnou vizuální kontrolou, ovlivňují však většinou negativně vlastnosti výstřiku, a proto jsou z aplikačního hlediska nebezpečné. U termoplastů je nutno počítat se skrytými vadami v důsledku:

- Nerovnoměrné orientace makromolekul nebo vláken (u vyztužených typů);
- vnitřního pnutí (např. tepelného, z nerovnoměrné orientace, z nerovnoměrné krystalizace či z přeplnění formy);
- nerovnoměrné krystalizace semikrystalických plastů (rozdílný obsah krystalinity, různá velikost a rozložení sférolitů, skin-core efekt);
- degradačních procesů vedoucích ke snížení pevnosti a houževnatosti;
- vnitřních defektů (u netransparentních či barevných typů), jako jsou lunkry (vakuely), uzavřený vzduch, plynné složky z degradačních procesů aj. [5]

## 4.1 Příčiny vzniku vad a jejich předcházení

Vady mohou vznikat různými způsoby jako je nesprávně navržená dutina formy, špatně zvolené odvětrání, nesprávně zvolený temperační systém, příliš velká tloušťka stěn výrobku, špatné technické parametry atd.

Nejjednodušším a nejméně nákladným způsobem odstranění vad je změnou jednoho nebo více technických parametrů. V případě, že závadu nelze takto odstranit, je nutno identifikovat příčinu (v konstrukci výrobku, ve vstřikovací formě, ve vstřikovacím stroji, v použitém polymeru.) a provést nápravu. [5]

### 1) *Konstrukce výrobku*

Vzniku vad můžeme předejít již v průběhu konstrukce vstřikovaného dílu. Tvar vstřikovaného dílu musí odpovídat vlastnostem a chování zpracovávaného polymeru. Již při návrhu je nutno se vyvarovat velkých změn tloušťky stěn, lokálnímu hromadění materiálu, velkých rovných ploch. Při toleranci rozměrů je nutno zohlednit použitý materiál jeho tokové vlastnosti, % smrštění, atd.). Je nutné volit správnou geometrii, jako jsou úkosy, otvory a výřezy, rádiusy při konstrukci rohů a hran, napojení žebek a hran při napojení na základnu, vyloučit a minimalizovat podkosové úhly a tvary. [5]

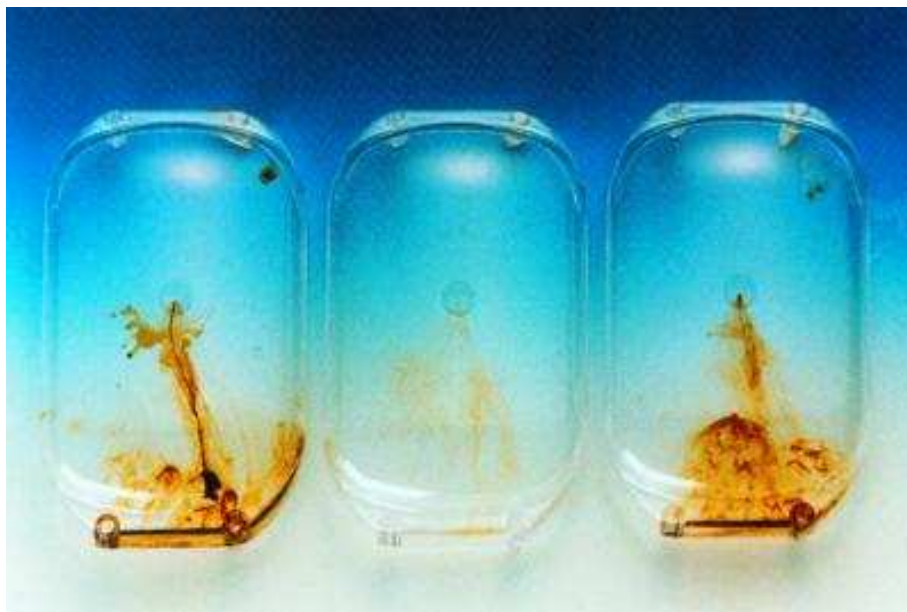
### 2) *Konstrukce formy*

Nesprávná konstrukce formy je příčinou velkého počtu vad. Tyto vady nelze odstranit změnou technologických parametrů. Jednou z vad může být nedostatečná tuhost formy, kterou může způsobovat špatné poddimenzování části formy, špatným výběrem materiálu jednotlivých desek formy, tepelným zpracováním, nesprávným tvarem a umístěním vtokové soustavy. Je nutné volit kompromis mezi reologickými požadavky na taveninu a výrobními požadavky. Další příčinou vad je špatné odvětrání formy, poddimenzovaný temperační systém, nesprávně zvolený vyhazovací systém. [5]

### 3) *Vstřikovací stroj*

Za předpokladu kvalitní konstrukce vstřikovací a uzavírací jednotky a bezvadné funkce řídicího systému bývá nejčastějším zdrojem vad opotřebení funkčních částí vstřikovací jednotky-šnek, tryska (mohou zde vznikat mrtvé kouty, v nichž dochází k degradaci materiálu), špatný dosed trysky může mít za následek podtékání materiálu a výstřik nelze snadno vyhodit z formy. [5]





*Obr. 11 Příklad znečištění výrobku zdegradovaným polymerem*

## **4.2 Studené spoje**

Studené spoje patří mezi vady, které způsobují pevnostní zeslabení výstřiku a zároveň se projevují i jako vzhledové vady povrchu. Vznikají vždy, když se hlavní proud taveniny vyplňující tvarovou dutinu formy rozdělí tvarovými prvky (např. jádry) na dva nebo více toků a znovu se spojí buď čelně (primární studený spoj) nebo bočně či tangenciálně (sekundární studený spoj). Čelní spoj je z pevnostního i vzhledového hlediska vždy nebezpečnější. Studený spoj může vyvolat negativní projev na výstřiku nejen z pevnostního hlediska, ale též z hlediska vzhledového. [5]

### ***1) Eliminace vzniku studených spojů***

Pro tvorbu studeného spoje je důležitá konstrukce vtokové soustavy a umístění vtokového ústí. Průběh plnicí fáze, v níž se studený spoj tvoří, lze snadno určit pomocí známých simulačních programů a tak předem zjistit i místo předpokládaného vzniku studeného spoje. V případě, že se nalézá v pevnostně namáhaném místě výstřiku, lze provést změnu posunutím vtokového ústí či profilu vtokové soustavy. U zvláště exponovaných rozměrných výstřiků, jako jsou například nárazníky automobilů, lze využít tzv. kaskádového vstřikování, které vznik studených spojů prakticky eliminuje.

Na pevnost studeného spoje negativně působí i některá aditiva (například anorganické pigmenty, plniva, retardéry hoření aj.). Velmi nežádoucí je používání separátorů na povrch tvarové dutiny formy, zejména na bázi silikonových olejů. Vzhledem k tomu, že studený spoj je ve skutečnosti nedokonalý „svar“, je vliv technologických parametrů na jeho pevnost snadno odvoditelný. Na pevnost studeného spoje pozitivně působí vyšší teplota taveniny a formy, méně již dotlaková fáze. Vstřikovací rychlost (plnicí fáze) je doporučováno optimalizovat a přitom pokud možno využít též profilaci vstřikovací rychlosti. Při příliš pomalém plnění (vstřiku) se čelo taveniny ochlazuje a spoj je nedokonalý. Při příliš vysoké vstřikovací rychlosti však může docházet k uzavírání vzduchu, jeho kompresi a lokálnímu přehřátí, které může způsobit termické narušení vstřikovaného polymeru (dieseľefekt). To ovšem vede ke značnému pevnostnímu zeslabení v místě studeného spoje. [5]

### ***2) Vzhledové vady v místě studeného spoje***

Pro vzhledové vady v místě studeného spoje a jejich minimalizaci platí podobná pravidla jako pro pevnostní problémy. Nežádoucí stopy v místě studeného spoje navíc zvýrazňují některá aditiva či plniva (skleněná vlákna, kovové prášky, retardéry hoření, anorganické pigmenty apod.). Zvýraznění studeného spoje může nastat též v důsledku vysoké vstřikovací rychlosti a nedokonalého odvzdušnění (dieseľefekt), nebo naopak při příliš pomalé vstřikovací rychlosti vytvořením minivrubu [5]

### ***3) Stopy po volném proudu taveniny***

Stopy po volném proudu taveniny vznikají při nevhodné konstrukci a umístění vtoku, a to zejména u amorfních termoplastů (např. ABS). Opět se jedná o kombinaci vady vzhledové spojené s menším pevnostním zeslabením výstřiku v důsledku sekundárního studeného spoje. Tato vada je spojena s umístěním vtoku obvykle do čelní plochy výstřiku. Proud taveniny (zejména při pomalé rychlosti vstřikování) volně postupuje středem tvarové dutiny a zastaví se u protilehlé stěny nebo při dosažení nějaké překážky. Potom teprve následuje zaplnění celé tvarové dutiny. Prvotní proud taveniny se na povrchu ochladí, a tím vznikne viditelná stopa po volném proudu jako vzhledový defekt. Jedná se tedy o sekundární studený spoj se všemi důsledky. [5]



*Obr. 12 Stopy po volném proudu taveniny*

#### **4) Dieselefekt**

Tato vada vzniká při nedostatečném odvzdušnění a vyšší vstřikovací rychlosti. Vzduch, který se nepodařilo při plnění formy odstranit, se komprimuje, čímž nastává ohřev způsobující lokální degradaci materiálu; v krajním případě dochází i k jeho spálení. Na výstřiku v místě lokální komprese vzduchu vznikají nedoplněná místa a tmavé až černé stopy po spáleném materiálu. V místě uzavírání vzduchu je nutno realizovat odvzdušňovací kanály, jejichž tloušťka závisí na typu zpracovávaného polymeru a technologických podmínkách vstřikování (tlaky, rychlosti, teploty). Hloubka plochých odvzdušňovacích kanálů by neměla být větší než 0,02 mm (délka min. 20 mm). U větší hloubky je nebezpečí vzniku nežádoucích otřepů či přetoků na výstřiku.[ 5]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je navrhnout dle zadání čtyřnásobnou vstřikovací formu se studeným vtokovým systémem pro předem daný plastový díl. Součástí praktické části bude 3D model daného výrobku včetně výkresové dokumentace, výpočty potřebné k sestrojení formy, čtyřnásobná vstřikovací forma včetně výkresové dokumentace, použitý materiál ABS-jeho materiálový list

V teoretické části bakalářské práce, jsou shrnuty všeobecné poznatky týkající se procesu vstřikování, konstrukci forem a jejich hlavních částí.

Praktická část bakalářské práce se zabývá nakreslením 3D modelu zadaného plastového výrobku, jeho zaformování do vstřikovací formy a samotnou konstrukcí vstřikovací formy a také 2D sestavou spolu s kusovníkem

Při návrhu a konstrukci 3D modelu a vstřikovací formy byl použit program Solid Works2011 a normálie firmy Hasco.

Pro zkonstruovanou formu byl navržen vhodný vstřikovací stroj.

## **6 POUŽITÉ APLIKACE**

### **6.1 Solid Works 2011**

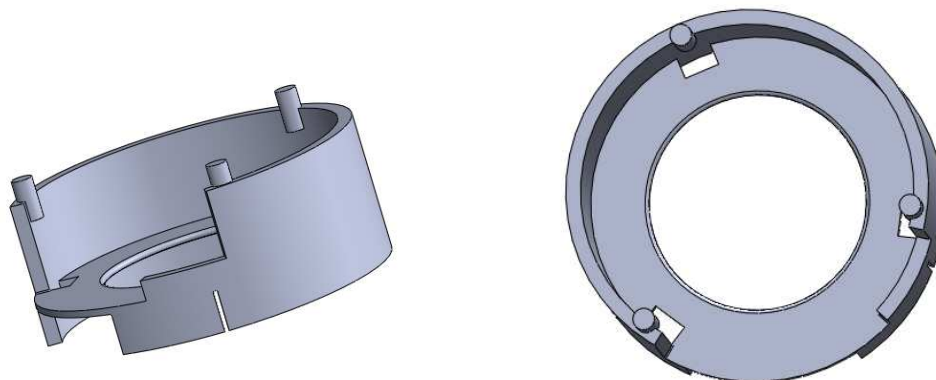
Solid Works je programové vybavení pro automatizaci strojírenského designu. Jeho hlavní silou je rychlé skicování a parametrické modelování součástí a 3D sestav. Další výhodou je zajištěná návaznost na CAM technologie. Zahrnuje nástroje pro 3D modelování, sestavy, výkresy, plechové součásti, svařované konstrukce a další. Solid Works nabízí nejlepší objemové modelování a vytváření 2D výrobní dokumentace. Umožňuje importovat celou řadu 2D a 3D sestav datových formátů souborů.

### **6.2 Hasco**

Jedná se o 3D knihovnu normalizovaných součástí, které obsahuje komponenty potřebné při konstrukci vstřikovacích forem. Umožňuje jejich ukládání v různých formátech a tím i snadné zobrazení v dalších aplikacích. Obsahuje také informace o rozměrech a umístění jednotlivých komponentů. Toho lze využít nejen při konstrukci nové formy, ale také při opravách starších forem či výměně poškozených dílů za nové.

## 7 SPECIFIKACE VÝROBKU

Jedná se o kruhový výrobek opatřený několika výřezy a výstupky. Výrobek slouží jako spojka několika různých součástí v přístrojové desce automobilu.



Obr. 13 Model výrobku

### 7.1 Materiál výrobku

Výrobek je zhotoven z materiálu ABS (Akrylonitril- butadien- styren). Polymery ABS jsou heterogenní materiály. Ve spojitě fázi styren-akrylonitrilového polymeru jsou rozptýleny malé částice polybutadienového kaučuku. Polymery ABS tedy představují kaučukem modifikovaný SAN a mají podobnou strukturu jako houževnatý polystyren. Polymery ABS se vyznačují malou odolností proti povětrnostním podmínkám a světelnému stárnutí.

Tab. 1 Vybrané vlastnosti materiálu ABS MAGNUM 8434

Vlastnosti	Norma	Jednotka	Hodnota
Hustota	ISO 1138	Kg/m <sup>3</sup>	1050
Index toku taveniny (200°C/10min)	ISO 1133	g/10min	13
Modul pružnosti v tahu	ISO 527	MPa	2100
Pevnost v ohybu	ISO 178	MPa	65
Tepelná odolnost dle Vicata	ISO 306B	°C	101

## 8 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Ke vstřikování byl zvolen vstřikovací stroj ALLROUNDER 520A od německé firmy ARBURG.



Obr. 14 Vstřikovací stroj ALLROUNDER 520 A

Tab. 2 Základní technické parametry stroje

	<b>Jednotka</b>	<b>Hodnota</b>
Vstřikovací síla	kN	60
Max. otvírací zdvih	mm	450
Vzdálenost mezi sloupky	mm	520x520
Velikost upínacích desek	mm	695x695
Max. výška formy	mm	550
Průměr šneku	mm	15
Vstřikovací tlak	bar	2200
Uzavírací síla stroje	kN	1500

Tab. 3 Parametry formy

	<b>Jednotka</b>	<b>Hodnota</b>
Rozměry formy	mm	396x496x356
Hmotnost formy	kg	506,49



## 9 KONSTRUKCE FORMY

Konstrukce formy je řešena co nejjednodušší s ohledem na požadovanou přesnost a kvalitu. Při konstrukci bylo do značné míry využito normálií firmy Hasco. U některých dílů formy byly upraveny rozměry dle potřeby jako například délka vyhazovacích prvků.

Celá konstrukce byla provedena pomocí programu Solid Works 2011. Jednotlivé díly se na sebe vrstvily. Případné normálie jako spojovací šrouby, vodící čepy, pouzdra atd. se vkládaly z knihovny Solid Works.

### 9.1 Volba násobnosti formy

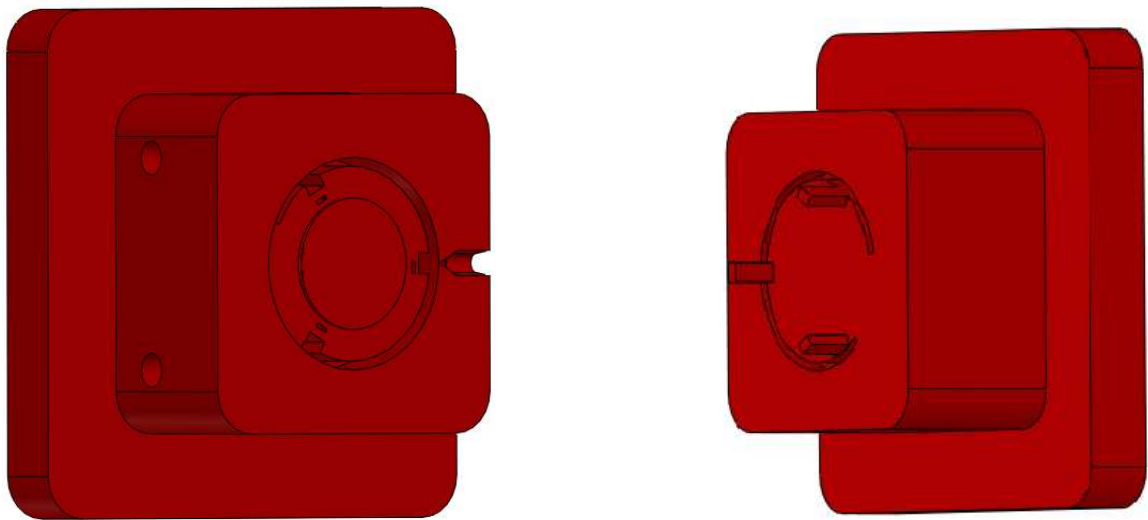
Při návrhu násobnosti formy bylo přihlédnuto k několika důležitým činitelům:

- složitost a přesnosti výstřiku,
- kapacita vstřikovacího stroje,
- ekonomická stránka (použitý materiál, náklady na výrobu formy, počet vyrobených sérii).

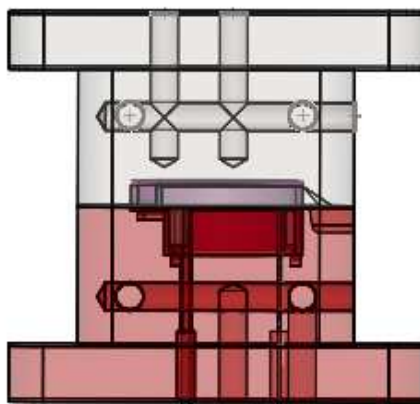
Na základě výše zmiňovaných požadavků byla zvolena čtyřnásobná vstřikovací forma. Násobnost formy nijak neovlivní kvalitu vstřikovaného výrobku ani jeho rozměry.

### 9.2 Zaformování výrobku

Důležitým prvkem při konstrukci vstřikovací formy je zvolení dělicí roviny. Vzhledem k velikosti a složitosti výrobku byla zvolena jedna dělicí rovina. Uspořádání bylo zvoleno do čtverce. Při návrhu násobnosti a rozmístění bylo přihlédnuto ke smrštění, které činí 0,6 %.



*Obr. 15 Tvárnice a tvárník*



*Obr. 16 Zaformování výrobku*

### 9.3 Vyhození výstřiku

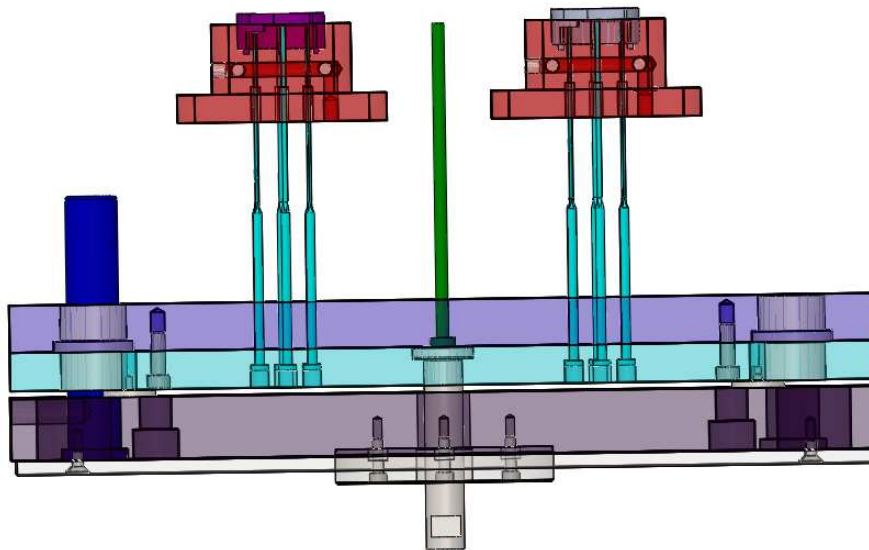
Při otevření formy zůstane výrobek v levé půlce formy. K vyhození výrobku z formy je použito prizmatických vyhazovacích kolíků, které výstřik vyhodí na jeden pracovní zdvih. Vyhazovače jsou ukotveny v kotevní desce, jejich počet a rozmístění musí zaručit bezpečné vyhození výstřiku.

K vyhození každého výstřiku je použito tří vyhazovacích prizmatických kolíků. Vtokový zbytek je vyhozen pomocí válcového vyhazovače umístěného ve středu. Pohyb kotev-

ních desek, na které jsou umístěny vyhazovače, je ovládán pomocí hydraulického systému vstřikovacího stroje.

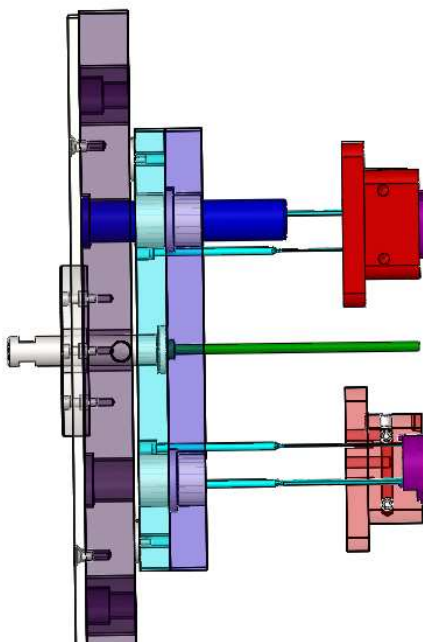


*Obr. 17 Prizmatický kolík, vyhazovací čep a válcový vyhazovač vtokového zbytku*



*Obr. 18 Vyhazovací systém*

Dvanáct prizmatických vyhazovacích kolíků vyhodí čtveřici výstřiků. Jejich rozmístění musí zajistit bezpečné vyhození výstřiku z formy. Středový vyhazovač o průměru 7 mm vyhodí vtokový zbytek z formy na jeden zdvih. Pohyb vyhazovacího systému zajišťuje vyhazovací tyč ovládaná hydraulickým systémem stroje. Zdvih vyhazovacích prvků musí být dostatečný k bezpečnému vyhození výstřiku z dutiny formy.

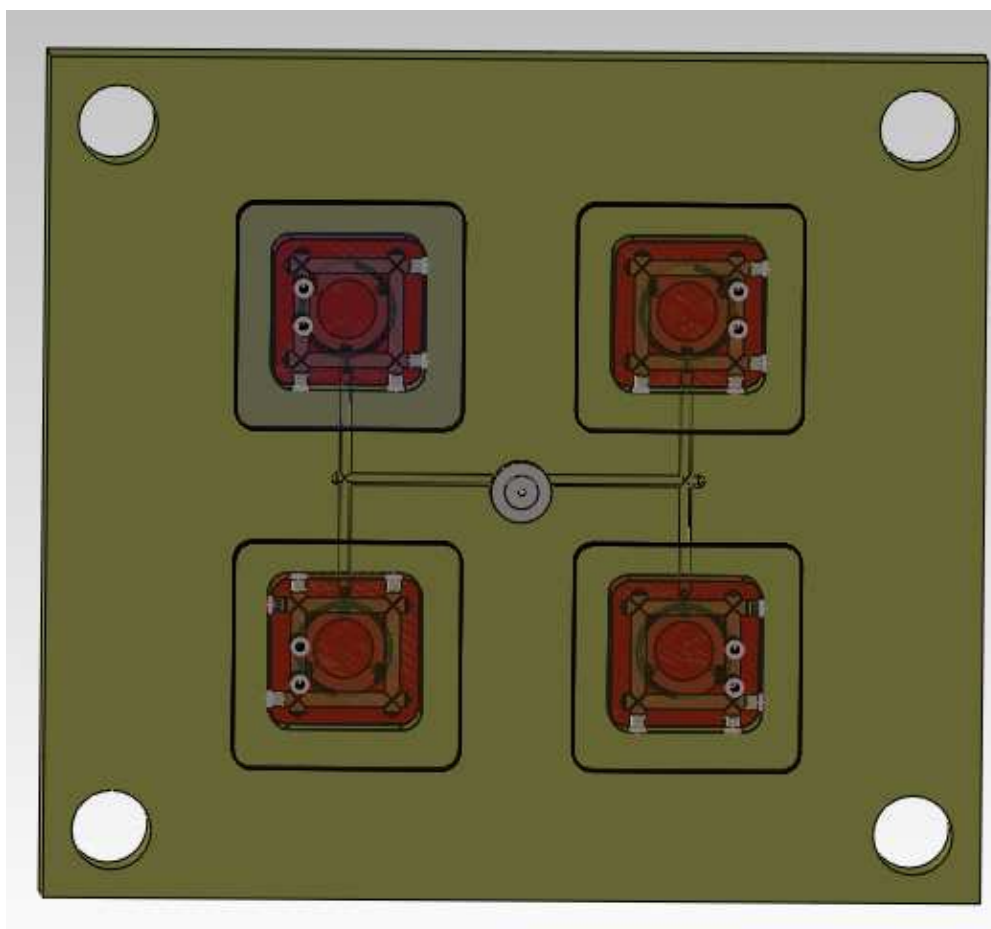


*Obr. 19 Funkce vyhazovacího systému*

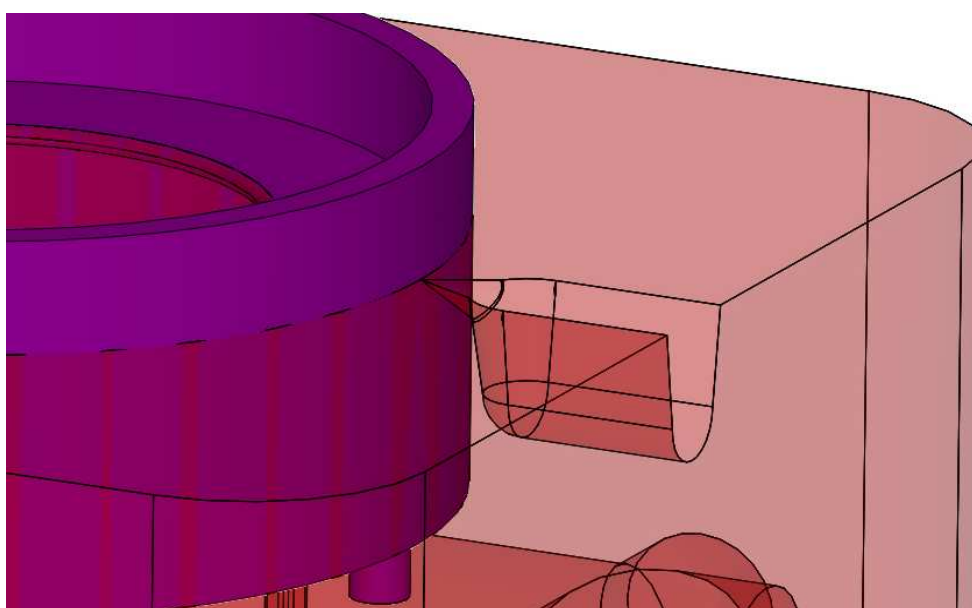
## 9.4 Vtokový systém

Vtokový systém zajišťuje vedení proudu taveniny plastu ze vstřikovací jednotky stroje do dutiny formy. Naplnění dutiny formy má proběhnout v co nejkratším čase a jedná-li se o více násobnou formu pak do všech dutin stejně, tzn. do všech dutin ve stejnou dobu s minimální ztrátou tepla taveniny.

Při návrhu formy byl použit studený vtokový systém. Vzhledem ke kruhovému tvaru výstřiku byl použit bodový vtok. Bodový vtokový systém zanechává nepatrnou stopu po vtoku a zaručuje snadné odtrhnutí vtokového zbytku od výstřiku. Průměr vtokových kanálků je 4 mm. Umístění vtoku bylo voleno k přihlédnutím na možnost vzniku studených spojů a k přihlédnutím dodatečného smrštění výrobku. Při otevření formy je nutné zajistit, aby vtokový zbytek zůstal v levé části formy, proto se zde umísťuje vytrhávač vtoku.



*Obr. 20 Vtokový systém*



*Obr. 21 Bodový vtok*

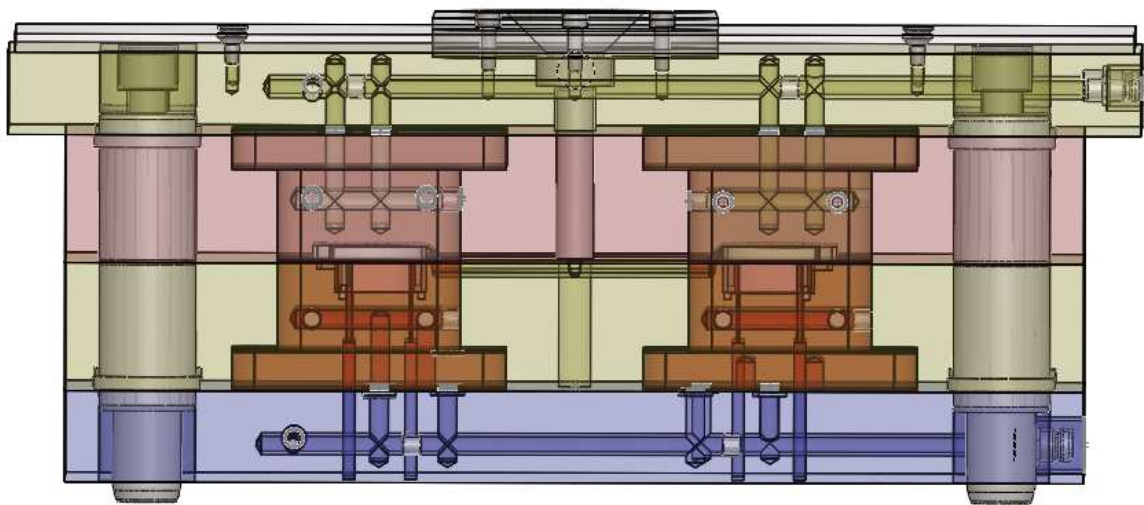
## 9.5 Temperace

Ohřívání, případně chlazení formy závisí na tepelné bilanci formy a okolního prostředí. Teplota formy není během vstřikování konstantní. Po vstříknutí taveniny do dutiny formy nejprve prudce stoupá a poté pomalu klesá odvodem tepla temperančním systémem. Aby nedocházelo k velkému kolísání teploty, je nutné správně rozvrhnout vedení temperančních kanálků a také zvolit vhodné temperanční medium.

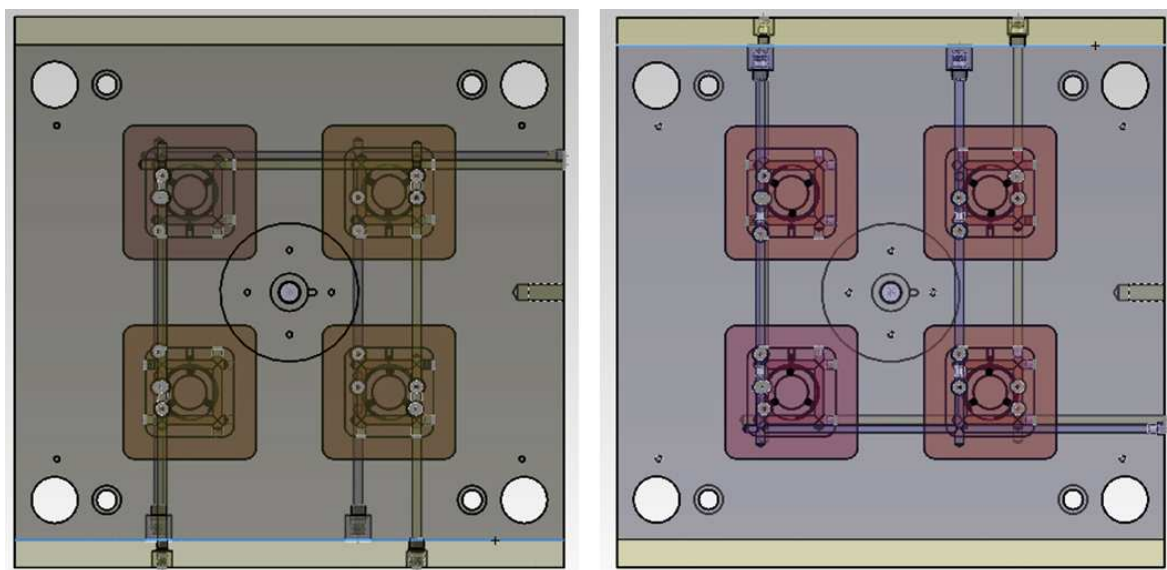
Temperanční systém je tvořen soustavou kanálků, kterými proudí vhodná kapalina udržující teplotu tvarových vložek na požadované teplotě. Teplota formy pro vstřikování ABS je 40-65°C. Kanálky jsou utěsněny ucpávkami a zaslepeny zátkami, aby temperanční medium neunikalo mimo temperanční systém formy.

## 9.6 Odvzdušnění

Dutina formy je při vstřikování naplněna vzduchem, který je při vstříknutí taveniny stlačován. Takto stlačený vzduch může vyvolat degradaci a vzhledové vady na výstřiku, proto je nutné dostatečné odvzdušnění tvarové dutiny formy. Pro tuto formu vzduch stačí unikat přes dělicí rovinu a vůlí vyhazovacích prvků.



*Obr. 22 Temperace formy*



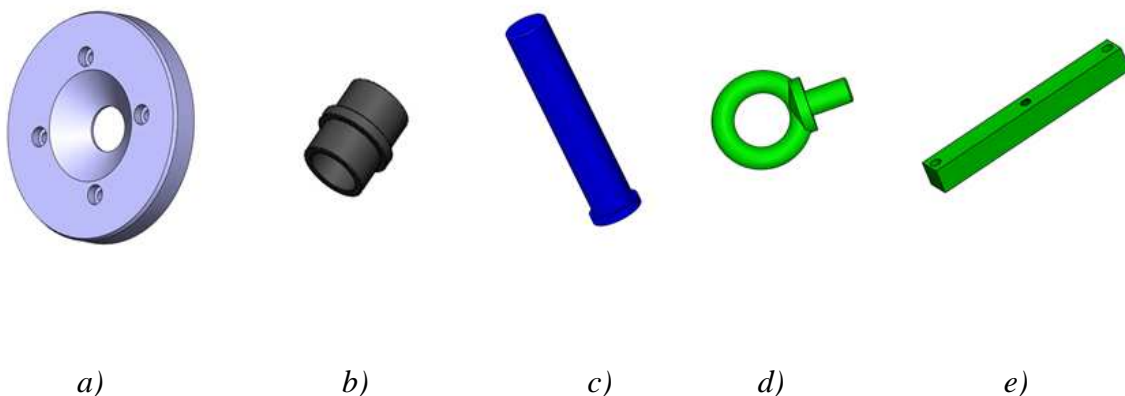
a)

b)

Obr. 23 Temperace tvárnice (a) a temperace tvárníku (b)

## 9.7 Vodící a upínací části

Ke konstrukci vstřikovací formy bylo použito normálii firmy Hasco. Forma je na stroj upnuta pomocí upínek za upínací desky. Poté je vystředěna pomocí středícího kroužku, který zároveň zajišťují formu proti případnému sklouznutí z upínací desky stroje při manipulaci. Pro snadnější manipulaci je forma vybavena nosičem formy, díky němuž se dá forma přenášet pomocí jeřábu. Správný chod formy zajišťují vodící a středící pouzdra a čepy.



a)

b)

c)

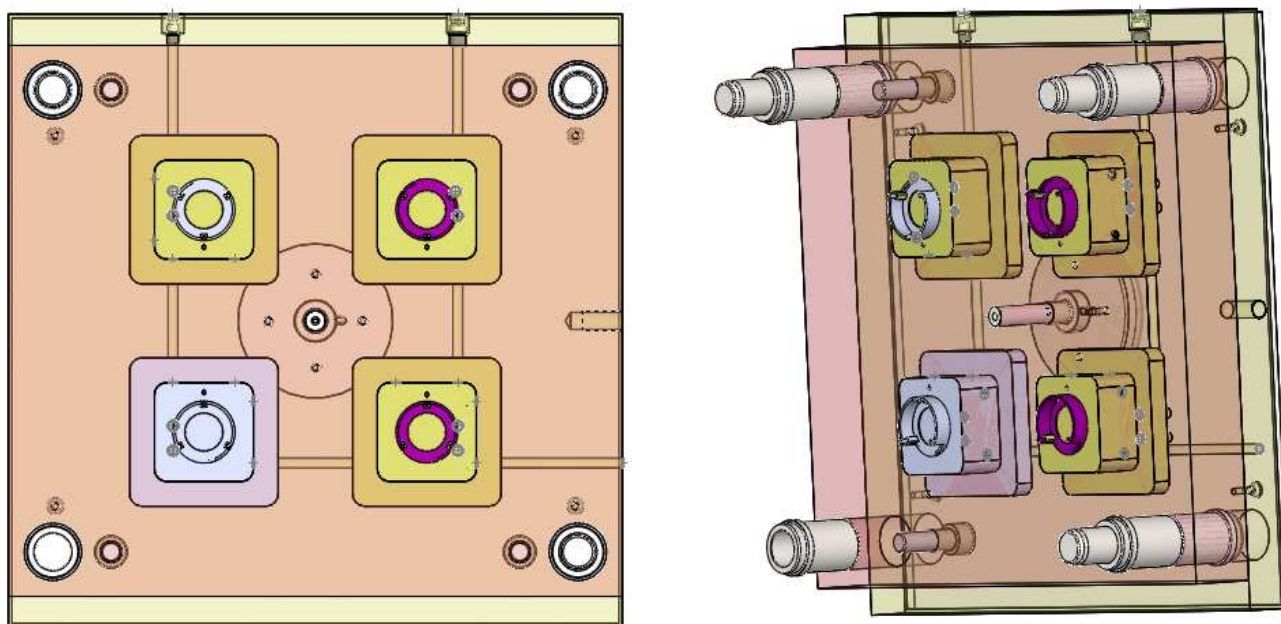
d)

e)

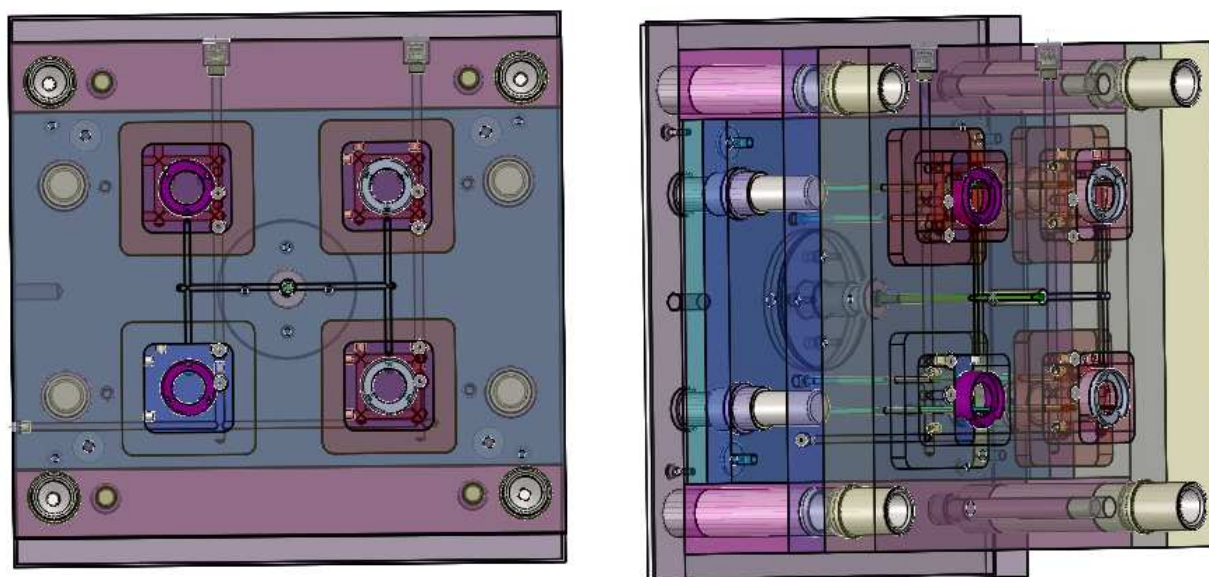
Obr. 24 Vodící a upínací části

a) středící kroužek, b) vodící pouzdro, c) vodící čep, d) upínací oko, e) spojovací tyč formy



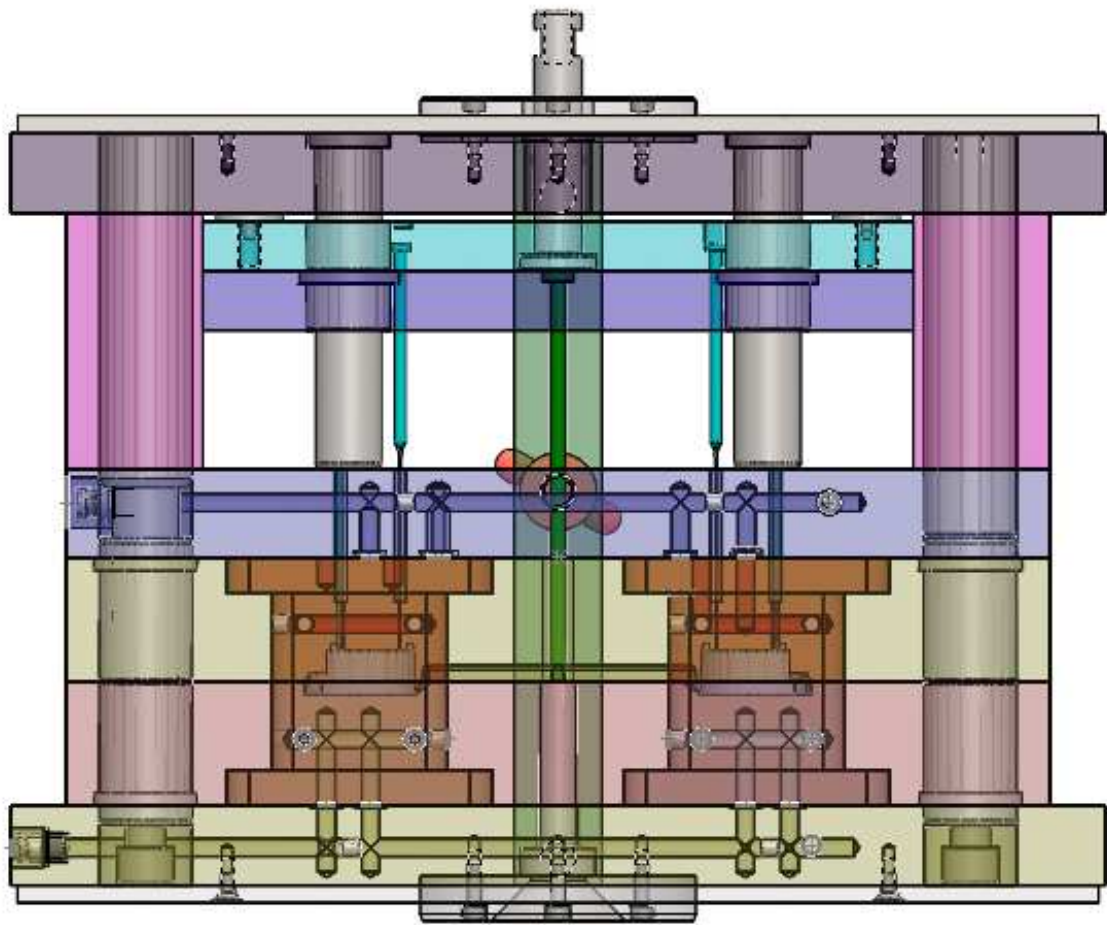


*Obr. 25 Pravá strana formy*



*Obr. 26 levá strana formy*





*Obr. 27 Vstřikovací forma*

## 10 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout čtyřnásobnou vstřikovací formu se studeným vtokovým systémem pro zadaný výrobek. Výrobek je vyroben z materiálu ABS. Celá konstrukční část od 3D modelu výrobku, 3D návrhu vstřikovací formy až po 2D sestavu byla vytvořena v programu Solid Works. Tento program umožňuje snadné modelování ve 3D a také možnost použít z rozsáhlé knihovny spojovacích součástí. Důležitou součástí při konstrukci bylo použití normálií firmy HASCO.

Při konstrukci byla navržena jedna dělicí rovina. Větší část výrobku byla umístěna do pohyblivé části formy. Pro vyhození výstřiku z formy bylo použito prizmatických vyhazovacích kolíků, vždy tři na jeden výstřik rovnoměrně rozvržených pro bezpečné vyhození výstřiku z formy. Temperaci formy zajišťuje soustava kanálků, jejichž rozložení je voleno s ohledem na tvar výstřiku a násobnost formy. Jejich průřez a velikost jsou voleny tak, aby zajistily dostatečné chlazení.

Pro navrženou sestavu byl zvolen optimální vstřikovací stroj ALLROUNDER 520A německé firmy ARBOURG.

Součástí bakalářské práce bylo vytvoření 2D sestavy včetně kusovníku, které jsou obsaženy v příloze.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MLEZIVA, Josef a Jaromír ŠŇUPÁREK. *Polymery: výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2. přeprac. vyd. Praha: Sobotáles, 2000, 537 s. ISBN 8085920727.
- [2] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2009, 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [3] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů*. 2. opr. vyd. Brno: Uniplast, 1999, 133 s.
- [4] [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)
- [5] <http://www.mmspektrum.com/clanek/vady-vystriku-1-dil-priciny-vzniku-vad-a-studene-spoje.html>
- [6] MAŇAS, Miroslav, František TOMIS a Josef HELŠTÝN. *Výrobní stroje a zařízení: gumárenské a plastikařské stroje*. Brno: VUT, 1990, 199 s. ISBN 802140213x.
- [7] BEAUMONT, John P. *Runner and gating design handbook: tools for successful in jection molding*. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, c2007, xvi, 308 s. ISBN 978-1-56990-421-3.
- [8] MALLOY, Robert A. *Plastic part design for injection molding: an introduction*. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, c2011, xiv, 549 s. ISBN 978-1-56990-436-7.
- [9] KAZMER, David. *Injection mold design engineering*. Munich: Hanser Publishers, c2007, xx, 423 s. ISBN 978-3-446-41266-8.
- [10] ŠANDA, Štěpán. *Vliv vlastností polymerů a kvality tokových kanálů na zatékavost taveniny: disertační práce = The influence of polymer properties and runner quality on melt fluidity*. 2012, 163 s.
- [11]

## **SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ABS Akrylonitril-butadienstyren

SAN Styren-akrylonitril

$T_g$  Teplota skelného přechodu ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_f$  Teplota viskózního toku ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_m$  Teplota tání ( $^{\circ}\text{C}$ )

3D Tří-rozměrný systém

2D Dvou-rozměrný systém

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Oblast využití amorfních polymerů .....</i>	<i>8</i>
<i>Obr. 2 Oblast použití semikrystalického polymeru.....</i>	<i>8</i>
<i>Obr. 3 Vstřikovací cyklus.....</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 4 Vstřikovací stroj .....</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 5 Hydraulická uzavírací jednotka .....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 6 Elektromechanická uzavírací jednotka.....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 7 Mechanická uzavírací jednotka.....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 8 Studený vtokový systém.....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 9 Základní typy vtokových ústí .....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 10 Hlavní části formy .....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 11 Příklad znečištění výrobku zdegradovaným polymerem .....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 12 Stopy po volném proudu taveniny.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 13 Model výrobku.....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 14 Vstřikovací stroj ALLROUNDER 520 A .....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 15 Tvárnice a tvárník .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 16 Zaformování výrobku .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 17 Prizmatický kolík, vyhazovací čep a válcový vyhazovač vtokového zbytku.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 18 Vyhazovací systém.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 19 Funkce vyhazovacího systému.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 20 Vtokový systém.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 21 Bodový vtok .....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 22 Temperace formy.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 23 Temperace tvárnice (a) a temperace tvárníku (b).....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 24 Vodící a upínací části .....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 25 Pravá strana formy.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 26 levá strana formy.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 27 Vstřikovací forma .....</i>	<i>44</i>

## **SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 Vybrané vlastnosti materiálu ABS MAGNUM 8434 .....</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 2 Základní technické parametry stroje .....</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 3 Parametry formy.....</i>	<i>35</i>