

# Návrh vstřikovací formy pro zadaný plastový díl

Adam Mareš

---

Bakalářská práce  
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2008/2009

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Adam MAREŠ**  
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Návrh vstřikovací formy pro zadaný plastový díl**

Zásady pro vypracování:

- 1) Vypracujte literární studii na dané téma
- 2) Nakreslete model plastového dílu ve 3D
- 3) Nakreslete sestavu vstřikovací formy v programu CATIA V5 pro zadaný plastový díl
- 4) Nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy

---

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Doporučená literatura volena dle vedoucího bakalářské práce**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Staněk, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **20. února 2009**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2009**

Ve Zlíně dne 16. února 2009



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*vedoucí katedry*

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá konstrukcí dvou vstřikovacích forem pro zadaný plastový díl.

V teoretické části je stručně popsána problematika vstřikování, konstrukce forem a správná volba vstřikovacího stroje.

Praktická část obsahuje návrh a popis konstrukce dvou vstřikovacích forem včetně výkresové dokumentace. Konstrukce byla provedena v programu CATIA V5R18 s využitím normálií HASCO.

Klíčová slova: vstřikovací forma, vstřikování, 3D model, sestava

## **ABSTRACT**

Bachelor's thesis deals with the construction of two injection molds for engaged plastic part.

In the theoretical part is briefly described the issue of injection, constructions of molds and correct choice of the injection machines.

The practical part of the proposal includes a description of the construction of two injection molds, including drawings. The design was projected in CATIA V5R18 with standards of HASCO.

Keywords: injection mold, injection, 3D part, assembly

Poděkování:

Velmi rád bych touthle cestou poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odborné vedení, poskytnuté rady a čas, který mi věnoval po dobu vzniku této bakalářské práce

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně, 2.6.2009

.....

Podpis

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>1 PLASTY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM.....</b>	<b>10</b>
1.1 DRUHY POLYMERŮ.....	10
1.2 CHARAKTERISTIKA JEDNOTLIVÝCH TYPŮ PLASTŮ.....	10
1.3 VOLBA TERMOPLASTŮ PŘI NÁVRHU SOUČÁSTI.....	11
<b>2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....</b>	<b>12</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	12
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	13
2.2.1 Vstřikovací jednotka.....	13
2.2.2 Uzavírací jednotka.....	14
2.2.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje.....	15
<b>3 VSTŘIKOVACÍ FORMY.....</b>	<b>16</b>
3.1 POSTUP PŘI KONSTRUKCI FOREM.....	16
3.2 VTOKOVÉ SYSTÉMY.....	17
3.2.1 Studené vtokové systémy.....	17
3.2.2 Vyhřívané vtokové soustavy.....	19
3.3 VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKŮ.....	22
3.3.1 Mechanické vyhazování.....	22
3.3.2 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků.....	23
3.3.3 Vyhazování stírací deskou.....	23
3.3.4 Vyhazování pomocí šikmých čepů.....	25
3.3.5 Dvoustupňové vyhazování.....	25
3.3.6 Vzduchové vyhazování.....	25
3.3.7 Hydraulické vyhazování.....	26
3.4 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	26
3.5 TEMPEROVÁNÍ FOREM.....	26
3.6 BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI.....	27
3.7 RÁMY FOREM.....	28
3.8 MATERIÁLY FOREM.....	28
<b>4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....</b>	<b>31</b>
<b>5 CHARAKTERISTIKA VÝROBKU.....</b>	<b>32</b>
5.1 MATERIÁL VÝROBKU.....	33
<b>6 KONSTRUKCE FORMY.....</b>	<b>34</b>
6.1 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	34
6.2 NÁSOBNOST FORMY.....	35
6.3 DĚLÍCÍ ROVINA.....	36

6.4	V TOKOVÉ SYSTÉMY.....	37
6.5	TECHNOLOGICKÁ ANALÝZA.....	38
6.6	TEMPERACE FORMY.....	39
6.7	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	41
6.8	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	41
6.9	KONCEPCE FORMY.....	43
<b>7</b>	<b>DISKUZE VÝSLEDKŮ.....</b>	<b>44</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>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>49</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>50</b>

## ÚVOD

Plasty ve všech oblastech průmyslové výroby stále více nahrazují konvenční materiály jako je např. ocel nebo dřevo. První plasty se začaly objevovat již v první polovině minulého století, avšak většího vývoje a zahájení výroby ve větším měřítku dosáhly až v 50. letech 20. století. Od té doby nastal prudký rozvoj, jehož důsledkem je neustále se zvětšující sortiment a kvalita těchto materiálů.

S rozvojem využití plastů ve společnosti vzrůstají nároky na technologie umožňující zpracování plastů. Vstřikování termoplastů je jednou z těchto moderních technologií při které se do dutiny formy vstříkuje tavenina.

Na konstrukci a provedení forem jsou kladeny vysoké nároky. Především by měly zachovat požadovanou funkčnost výrobku a zajistit celkovou stabilitu. Dále by měly odolávat vysokým tlakům, umožnit snadné vyhození výstřiků zajišťovat kvalitu vyhozených výstřiků.

Tvorba forem je pro každý výrobek specifická. Díky normálním od specializovaných firem (HASCO, STRACK, DME,...), dochází ke značnému zjednodušení a zlevnění výroby.

Při navrhování a konstrukci se používá celá řada softwarových řešení, se které konstrukci zjednodušují a urychlují. Tyto programy jsou schopné obsáhnout velkou většinu konstrukce od počátečního návrhu až do finálního zpracování výkresové dokumentace.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 PLASTY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM

Vstřikování plastů je poměrně složitý tepelně-mechanický proces tváření. Plasty z hlediska materiálu jsou látky, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci.

## 1.1 Druhy polymerů

- Termoplasty: dají se teplem tvářet a ochlazením je možno je zpět převést do tuhého stavu, aniž se chemicky změní. Ohřívání a ochlazování lze opakovat a přitom se nezmění základní vlastnosti materiálu. Z jednotlivých skupin plastů jsou nejrozšířenější.

Z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dělí na: [1]

amorfni – jejich řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány. Využitelnost výrobků z amorfni plastů je pod teplotou skelného přechodu ( $T_g$ )

semikrystalické – podstatná část řetězce je pravidelně a těsně uspořádaná a tvoří krystalické útvary. Zbytek má amorfni uspořádání. Použitelnost těchto plastů je v oblasti nad teplotou skelného přechodu.

- Reaktoplasty: jsou zpravidla nerozpustné a netavitelné. Působením tepla se vytvrzují.
- Elastomery: jejich hmota je za normální teploty poddajná a pružná. Sítování u nich nastává při vulkanizaci, čímž se převedou do pryže. [1]

## 1.2 Charakteristika jednotlivých typů plastů

Jednotlivé typy plastů mají své charakteristické funkční i zpracovatelské vlastnosti. Mohou se částečně měnit nebo upravovat pomocí přísad. Z funkčního hlediska se hodnotí především:

- mechanická pevnost při dlouhodobém nebo krátkodobém statickém i dynamickém zatížení,
- elektrické vlastnosti jako je dielektrická pevnost, vodivost apod.,
- chemická odolnost oproti různým chemickým činidlům, pro potravinářské účely,

- optické vlastnosti jako je průhlednost, barva, lesk apod.,

Ze zpracovatelského hlediska jsou významné:

- tekutost, která ovlivňuje tloušťku stěny výrobku, koncepci zaformování i velikost vtoků. Je tím je také ovlivněna temperace formy,
- velikost smrštění určuje výrobní přesnost výrobku,
- citlivost na technologické parametry výrobního zařízení apod. [1]

### 1.3 Volba termoplastů při návrhu součástí

Vstřikováním se může vyrobit kompletní součást, která již nevyžaduje žádné, nebo jen nepatrné dodatečné opracování. Při návrhu vhodného termoplastu pro konstruovanou součást, je třeba uvážit konkrétní podmínky jejího provozního zatížení i celkového využití. Taková součást musí mít mimo požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností také k výrobě vhodný tvar s dosažitelnými rozměry i jakostí povrchu.

Optimální volba plastu se pak posuzuje z následujících hledisek:

- funkce součásti musí splňovat definované požadavky,
- zvolená technologie výroby součásti musí být reálná a na určeném stroji poměrně snadno realizovatelná, při dodržení požadovaných parametrů,
- ekonomická při výběru plastu, z hlediska technologie výroby součásti i formy pro ni.

Zhodnocením uvažovaných hledisek může konstruktér stanovit vhodný plast nebo i více podobných materiálů. Mezi zvolenými jednotlivými typy potom rozhodují již jen méně významné vlivy, jako je dostupnost plastu, jeho estetické vlastnosti apod.

Obecně proto platí, že tvar výrobku a jeho vlastnosti musí odpovídat použitému plastu a zvolené technologii.

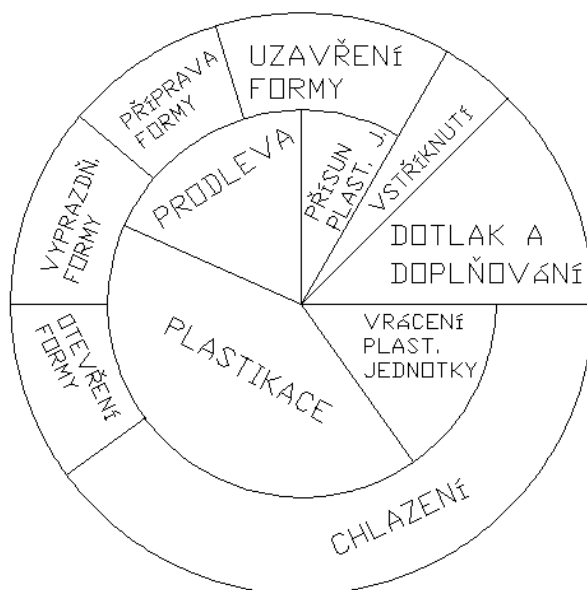
Optimální návrh na plastový výrobek a materiál vyžaduje široké znalosti. Proto je vhodná spolupráce příslušných odborníků v daném oboru. [1]

## 2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

### 2.1 Vstřikovací cyklus

Vyráběné množství výstřiku ovlivňuje především násobnost formy. I pomocí technologie vstřikování se může zvýšit produkce. To se projeví optimální délkou pracovního cyklu. Jeho délka je výsledkem všech časových průběhů. [1]

Po uzavření formy ve stroji je tavenina požadované teploty vstříknuta do formy nastaveným tlakem při určité rychlosti. Tavenina zůstává pod tlakem v uzavřené formě, dokud se nezačne ochlazovat. Hned poté nastoupí dotlak, který skončí při částečném ochlazení plastu ve formě. Po skončení dotlaku se vstřikovací jednotka od formy oddálí a začne v ní plastikace další dávky hmoty. Po dostatečném ochlazení výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí. Po očištění a přípravě formy se cyklus opakuje. [1]



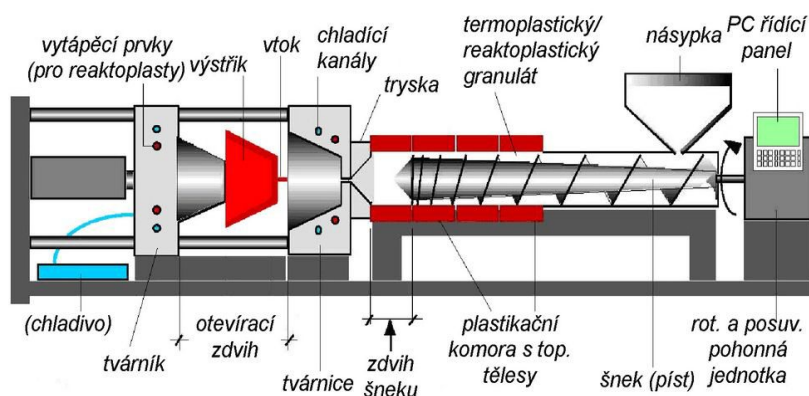
Obr. 1 Vstřikovací cyklus

## 2.2 Vstřikovací stroj

Existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlostí výroby, snadnou obsluhou i cenou. Vyžaduje se od něho, aby kvalitou svých parametrů a dokonalým řízením, byla zajištěna výroba jakostních výstřiků. [1]

Konstrukce stroje je charakterizována podle:

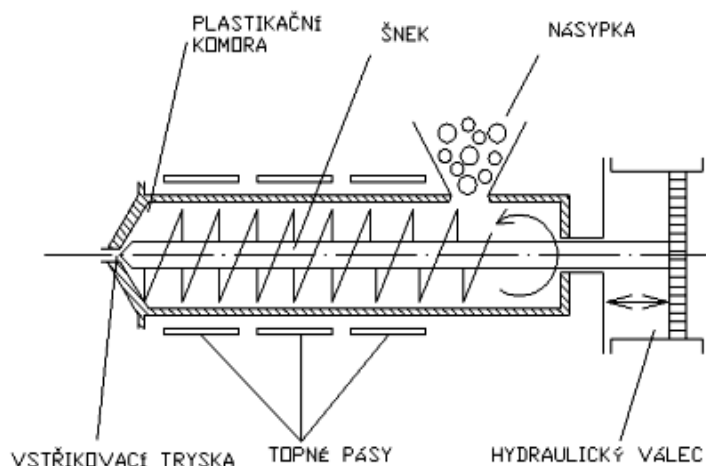
- vstřikovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- ovládání a řízení stroje,



Obr. 2 Schema vstřikovacího stroje[2]

### 2.2.1 Vstřikovací jednotka

Připravuje a dopravuje požadované množství roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry do formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při malém vstřikovacím množství zase setrvává plast ve vstřikovací jednotce delší dobu a tím může nastat jeho degradace. To se dá ovlivnit rychlejšími cykly výroby. Max. vstřikované množství nemá překročit 90% kapacity jednotky, protože je ještě nutná rezerva pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení (smrštění). Optimální množství je 80%. [1]



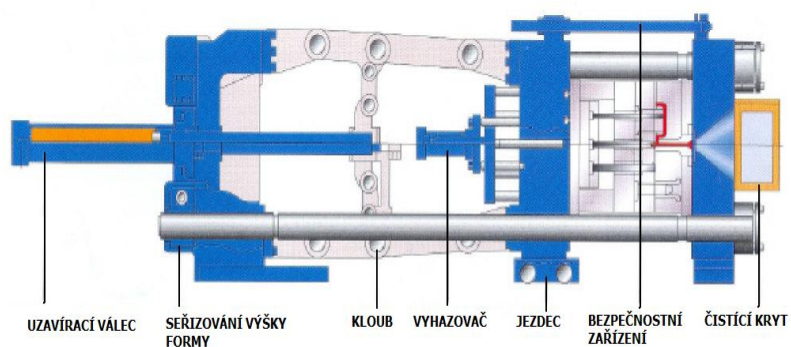
Obr. 3 Vstřikovací jednotka

### 2.2.2 Uzavírací jednotka

Uzavírá formu takovou silou, aby nedošlo k jejímu pootevření vlivem tlaku taveniny ve formě. Průběh rychlosti uzavírací části je proměnný, a to tak, že forma se nejprve uzavírá velkou rychlostí a těsně před uzavřením se pohyb zpomalí. To zabraňuje rázům na formu. A naopak; při otevírání formy je rychlost velká a při dojezdu k úplnému otevření formy se pohyb zpomalí.

Hlavní části uzavírací jednotky jsou: [1]

- opěrná deska pevná,
- upínací deska,
- vodící sloupky,
- uzavírací mechanismus.



Obr. 4 Uzavírací jednotka

### 2.2.3 Ovládání a řízení vstříkovacího stroje

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Stálá reprodukovatelnost technologických paramerů je význačným a nutným faktorem. Pokud tyto paramery nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na přesnosti a kvalitě výroby výstřiků. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky.

Novější koncepce vstříkovacích strojů se v současnosti neobejdou bez výkonné procesorové techniky. Místo obvyklé textové formy nastavování technologických parametrů se využívá nejrůznější grafické formy řízení pracovního cyklu na displeji se selektivním přístupem k jednotlivým parametrům stroje. [1]

### 3 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Formy pro zpracování musí odolávat vysokým tlakům, musí poskytovat výrobky o přesných rozměrech, musí umožnit snadné vyjmutí výrobku a musí pracovat automaticky po celou dobu své životnosti. Jejich konstrukce a výroba je náročná na odborné znalosti, ale i na finanční náklady. Volba materiálu formy závisí na druhu zpracovávaného plastu, na použité technologii, na velikosti výrobku a jeho složitosti, na velikosti série, na tepelné odolnosti a odolnosti proti opotřebení a korozi, na ceně, apod. Důležitým faktorem životnosti formy je provedené tepelné zpracování na tvarových částech nástroje. Dalším důležitým úkolem při konstrukci forem je stanovení rozměrů a výrobních tolerancí tvarových částí. Pro určení a výpočet těchto rozměrů jsou rozhodující smrštění, tolerance jednotlivých rozměrů výstřiku a opotřebení činných částí nástroje. Nejdůležitější je však smrštění zpracovávaného materiálu.[2]

Vstřikovací formy jsou konstrukčně velmi rozmanité a lze je rozdělit do následujících skupin: [2]

- podle násobnosti na jednonásobné a vícenásobné,
- podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení na dvoudeskové, třideskové, etážové, čelist'ové, vytáček, apod.,
- podle konstrukce vstřikovacího stroje na formy se vstřikem kolmo na dělicí rovinu a na formy se vstřikem do dělicí roviny.

#### 3.1 Postup při konstrukci forem

Výkres výrobku (výstřiku), popř. Jeho model, je základním podkladem pro návrh vstřikovací formy. Je třeba volit nejvhodnější konstrukci pro největší výkon formy, pokud možno bez potřeby dodatečného obrábění výstřiku. Při návrhu je nutno respektovat ekonomii výroby formy. [3]

Postup je následující:

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvarů, rozměrů a tvářecích podmínek. Je třeba znovu zkontrolovat rozměry, jejich tolerance, rozdíly v tloušťce stěn s ohledem na propadliny apod.,
- určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Respektovat také směr a velikost potřebných úkosů.



Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění ústí vtoků a vyhazování z dutiny formy,

- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě.
  - stanovení vhodného vyhazovacího a temperačního systému i odvzdušnění dutin formy,
  - navržení rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperace formy,
  - vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj,
  - Zkontrolování funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, jeho průmětnou plochu, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na vstřikovací stroj.
- [1]

## 3.2 Vtokové systémy

Kvalitu a jakost výstřiku spolu s produktivitou výroby nejvíce ovlivňuje vtokový systém. To je systém kanálů a ústí vtoků, který musí zajišťovat správné naplnění dutiny formy, snadné odtržení nebo oddělení od výstřiku a snadné vyhození vtokového zbytku. Vtoková soustava je navrhována podle počtu tvarových dutin, podle jejich rozmístění a podle toho, zda bude konstruována jako studený nebo horký rozvod. [2]

### 3.2.1 Studené vtokové systémy

Vtokový systém formy zajišťuje při výstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. [1]

Z hlediska funkčního řešení vtokového systému musíme zabezpečit aby: [1]

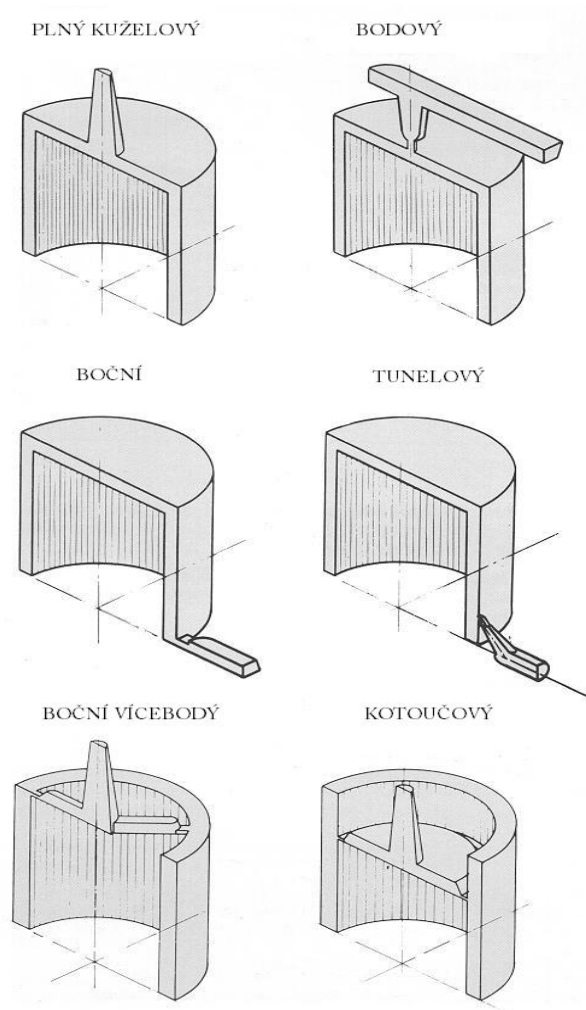
- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát,
- dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnovážné plnění,
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku,

- vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez, kvůli ztrátám ochlazováním. Z výrobních důvodů se nejčastěji volí lichoběžníkový tvar.

Aby bylo možné uvedené zásady splnit, je potřebné:

- zaoblení všech ostrých hran vtokových kanálů min.  $R=1\text{mm}$ ,
- stanovit úkosovitost všech vtoků, pro jejich snadné odformování. Minimální úkosy jsou  $1,5^\circ$ ,
- leštit povrch vtokového systému orientovaného ve směru vyjímání. Drsnost nemá klesnout pod  $0,2R_a$ ,
- řešit zachycení čela proudící taveniny prodloužením rozváděcího kanálu. Zabrání se tím proniknutí chladnějšího čela proudu taveniny do tvarové dutiny a tím snížení povrchových vad výstřiku,
- ve vtokovém systému vyloučit místa s velkým nahromaděním materiálu

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny. Omezí se strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím i vytváření povrchových defektů. Volí se co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, plastu i technologii vstřikování. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. Neméně důležité je vhodné umístění vtokového ústí na výstřiku. Má rozhodující vliv na jeho vzhled a požadovanou kvalitu. [1]



Obr. 5 Typy ústí vtoku

### 3.2.2 Vyhříváné vtokové soustavy

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Technologie vstřikování s použitím vyhříváné vtokové soustavy spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. [1]

Výhody vyhříváných vtokových soustav:

- umožňují automatizaci výroby,
- zkracují výrobní cyklus,
- snižují spotřebu plastu (vstřikuje se bez vtokových zbytků),
- snižují náklady na dokončovací operace s odstraňováním vtokových zbytků.

### *Vyhřívané trysky:*

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

Nepřímo ohřívané trysky, jejichž jednodušší provedení si zpracovatel může sám vyrobit, se vyznačují dvěma provedeními: [1]

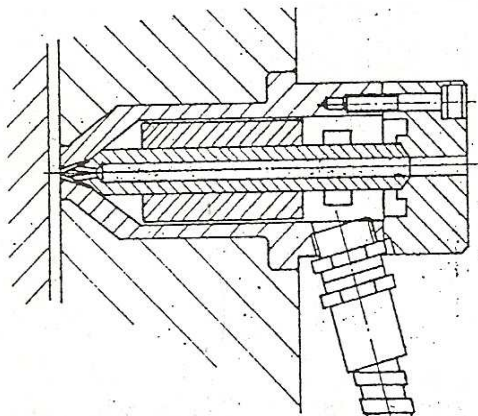
- dotápěné vyústění izolovaného rozvodu vtoku. Je charakterizováno miniaturním topným tělesem, které je zabudováno do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do vyústění vtoku. U tohoto způsobu je nutné dodržovat poměrně rychlý pracovní cyklus,
- druhý způsob se vyznačuje přenosem tepla z vyhřívaného rozvodu vtoků na trysku. Je dokonalejší oproti předchozímu systému. Používá se pro vícenásobné formy.

Konstrukční provedení přímo ohříváných trysek je charakterizováno dvěma základními principy: [1]

- trysky s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je z tepelně vodivého materiálu. Z vnějšku je kolem tělesa trysky umístěno topení,
- trysky s vnitřním topením. U tohoto systému tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku, zhotovenou také z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí.

Oba typy trysek jsou konstrukčně upraveny tak, že ústí je: [1]

- otevřené pro plast, který netáhne vlas,
- se špičkou pro plast náchylný k tažení vlasu,
- s uzavírací jehlou,
- speciálně tvarované.



Obr. 6 Vyhřívaná tryska [1]

***Izolované vtokové soustavy:***

Pracují na principu termoplastické izolace v okrajových vrstvách vtokových kanálů, nebo předkomůrky. U tohoto systému nemá tryska vlastní vytápění. Její teplotu udržuje buď větší vrstva taveniny svou tepelně izolační vlastností, nebo je ohřívána nepřímo. [1]

***Vytápěné rozvodové bloky:***

Vstřikovací formy s rozvodným blokem se používají v kombinaci s vyhřívanými nebo i izolovanými tryskami s předkomůrkami. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce je podmíněna rovnoměrným vytápěním.

Ocelový rozváděcí blok je uložen mezi upínací a tvarovou desku v pevné části formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i k uložení trysek. Vyrábí se ve tvaru I, H, X, Y, hvězdice apod. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou. Blok je vytápěn nejčastěji zvenku elektrickým odporovým topením pomocí topných hadů zalitých mědí nebo topnými patronami s vytápěním zevnitř. [1]



Obr. 7 Vytápěné rozvodné bloky

### 3.3 Vyhazování výstřiků

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřik. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které svojí funkcí zajišťuje automatický výrobní cyklus. Má dvě fáze: [4]

- dopředný pohyb, vlastní vyhazování,
- zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do původní polohy.

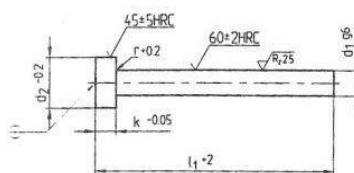
Základní podmínkou dobrého vyhazování výstřiků je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací nebo k jinému poškození. [4]

#### 3.3.1 Mechanické vyhazování

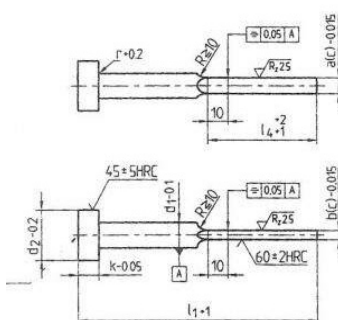
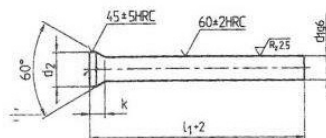
Je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem. Používá se všude tam, kde je to jen možné. Jeho konstrukce je různého provedení.

### 3.3.2 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Jedná se o nejčastější a nejlevnější způsob vyhazování výstřiků. Lze jej použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit. Mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Mohou mít jakýkoliv tvar, obvykle však válcový. Ve formě jsou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6 podle požadované funkce a tekutosti plastu. [4]



VÁLCOVÉ

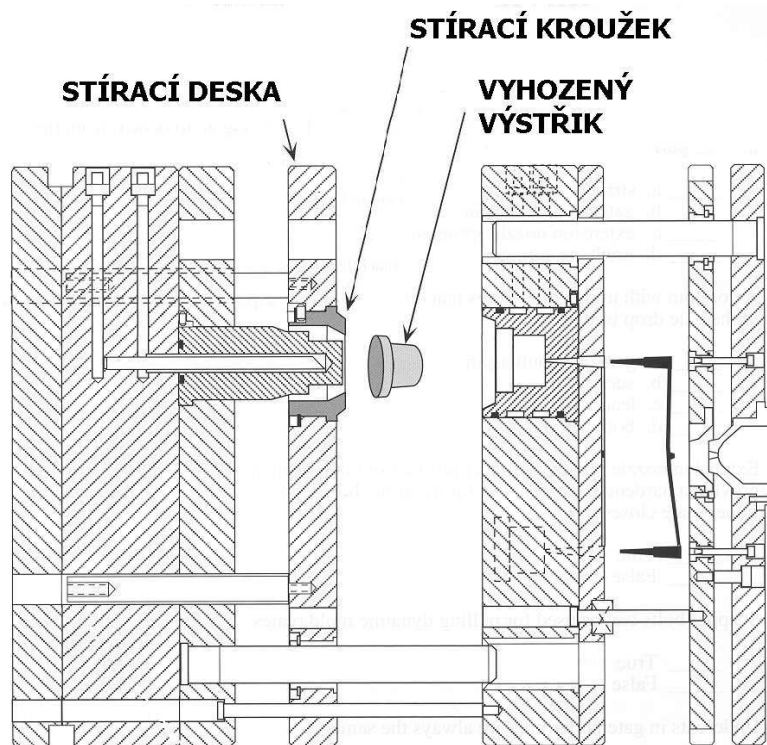


PRIZMATICKÉ

Obr. 8 Vyhazovací kolíky

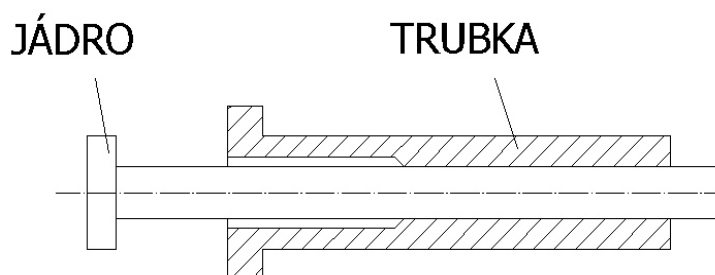
### 3.3.3 Vyhazování stírací deskou

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Díky velké styčné ploše nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Deformace výstřiku jsou minimální a stírací síla velká. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřik na stírací desku v rovině, nebo plocha pokud je plocha výstřiku mírně zakřivena. Lze použít i pro vícenásobné formy. Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu. Pro zvýšení životnosti je stírací deska obvykle vyložena tepelně zpracovanou tvarovou vložkou, upevněnou v desce. [4]



Obr. 9 Vyhazování stírací deskou

Speciálním případem stírací desky je trubkový vyhazovač. Vyhazovač s otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Vlastní vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro. [4]

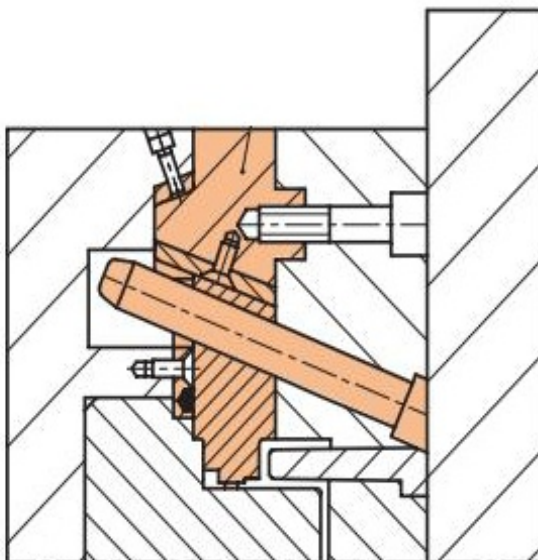


Obr. 10 Trubkový vyhazovač



### 3.3.4 Vyhazování pomocí šikmých čepů

Je speciální formou mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou k ní uloženy pod různými úhly. Využívají se k vyhazování mylých a středně velkých výstříků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem.



Obr. 11 Vyhazování pomocí šikmých čepů

### 3.3.5 Dvoustupňové vyhazování

Patří také do skupiny mechanického vyhazování. Vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se vzájemně ovlivňují. Způsob umožňuje vyhazovat výstříky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. Proto se s výhodou používá například k vyhazování tenkostěnných výstříků v kombinaci – stírání s vyhazovacími kolíky. Využívá se také při oddělování vtokových zbytků od výstříků zároveň s jejich vyhazováním. [4]

### 3.3.6 Vzduchové vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstříků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Tento způsob není tak častý, ale pro výstříky uvedeného tvaru (např. kbelíky) velmi výhodný. Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřík a líc formy. Vzduch se do dutiny formy přivádí přes ventil talířový, jehlový nebo různé kolíky. Ventil se otvírá tlakem

vzduchu a zavírá pružinou. [4]

### 3.3.7 Hydraulické vyhazování

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. Používá se k ovládní bočních posuvných čelistí. Vyznačuje se velkou vyhazovací silou s kratším a pomalejším zdvihem. [4]

## 3.4 Odvzdušnění forem

Odvzdušnění forem zajišťuje únik vzduchu, který je v ní obsažen na počátku vstřiku, tak i zplodin uvolňujících se při ochlazení výstřiku. Odvzdušnění lze někdy zhotovit snadno, jindy je však jeho vyřešení obtížné. Čím je větší rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny.

Nejčastějším jevem při rychlém plnění je stlačení vzduchu, který se vlivem vysokého tlaku silně ohřívá a způsobuje tzv. Dieselův efekt (spálené místo na výstřiku). To většinou není ze vzhledových či pevnostních důvodů přípustné. Proto musí být odvzdušnění účinné.

Při pomalém plnění dochází k tvoření a uvolňování ztuhlého polymeru ze stěn formy a jeho strhávání do proudící taveniny. Tyto částice pak působí jako heterogenní vměstky a nepříznivě ovlivňují vlastnosti výstřiků. Zvýrazňují také vznik studených spojů v místech styku dvou, nebo více proudů taveniny.

Při nižších teplotách taveniny, nedostatečném tlaku a rychlosti plnění u výstřiku s tenčími stěnami, se soustřeďuje vzduch na protilehlou stranu od vtoku. Nemůže-li vzduch uniknout vlivem protitlaku, vznikne nedotečený výstřik.

Vzduch z dutiny formy stačí často uniknout dělicí rovinou, vůlí mezi pohyblivými částmi apod. V ostatních případech je třeba formu opatřit odvzdušňovacími kanálky. Jejich velikost je závislá na viskozitě taveniny a volí se dle tabulek. Odvzdušňovací kanálky jsou většinou umístěny naproti vtokovému ústí. [4]

### 3.5 Temperování forem

Temperace slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Děje se tak ochlazováním, případně vyhříváním celé formy, nebo její části. [4]

Temperace tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se formy ohřívá. Vzniklé přebytečné teplo je třeba během pracovního cyklu odvést temperační soustavou. Ta je tvořena soustavou kanálků a dutin, kterými se předává nebo odvádí teplo z formy vhodnou kapalinou nebo jiným zdroje tepla. [4]

Úkolem temperace je: [4]

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

Na řešení temperačního systému mají vliv zejména tyto faktory: [4]

- druh vstřikovaného materiálu,
- velikost a tvar výstřiku,
- požadavky na přesnost výstřiku,
- materiál formy.

### 3.6 Boční posuvné čelisti

Pomocí bočních posuvných čelistí řešíme výstřiky s bočními otvory, výstupky, nebo různými zahlobenými, které leží kolmo k ose formy. K ovládní těchto částí forem se používá mechanických, pneumatických nebo hydraulických prvků. [4]

Čelisti jsou zpravidla ukotveny na pohyblivé části formy. Pohyb je ovládán pomocí šikmých nebo lomených kolíků, případně pneumatickými nebo hydraulickými tahači. Mechanické šikmé, válcové nebo lomené kolíky využívají při své funkci otevíracího a uzavíracího pohybu vstřikovacího stroje s formou. [4]

Počtem pohyblivých čelistí se zvětšuje i počet dělicích rovin a tím roste i počet rozměrů nevázaných formou. Tuto skutečnost je třeba brát v úvahu při tolerování a lícování

výstřiků i formy. Vzrůstá také složitost a tím i náklady na formu. [4]

### 3.7 Rámy forem

Rám forem představuje skupinu vzájemně spojených desek s vodícím, středícím a spojovacím příslušenstvím. Spojený celek tvoří funkční nosič tvarových dutin a vtoků, vypracovaných přímo v deskách nebo ve zvláštních vložkách.

Rám musí 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 temperačního a vyhazovacího systému.

Velikost a uspořádání rámu se volí individuálně podle potřeby a nutné funkce formy, s ohledem na zaformování vyráběného výstřiku. Pro usnadnění konstrukce i výroby rámu se využívá nabídek normálií od různých výrobců. [4]

### 3.8 Materiály forem

Při výrobě výstřiků se od forem 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,
- přesností a jakostí výstřiku,
- podmínkami vstřikování,
- vstřikovacím strojem.

Pro výrobu forem se 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,...),

- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé,...).

Oceli jsou nejvýznačnějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit. Účelné konstrukce, vhodné vložkování, celková dimenze jednotlivých dílů, tepelné zpracování i způsob zacházení s formou, to vše má vliv na kvalitu forem. [4]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny následující cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- nakreslit model plastového dílu ve 3D,
- provést konstrukci dvou 3D sestav vstřikovacích forem pro zadaný plastový díl,
- nakreslit 2D sestavy vstřikovacích forem.

Literární studie má za úkol přiblížit problematiku vstřikovacích forem. Obsahuje také stručně popsané jednotlivé díly vstřikovacích forem.

Při tvorbě 3D modelu se vychází ze zadaného plastového dílu. Po vytvoření 3D modelu plastového dílu se zpracuje 3D sestava jednonásobné a dvojnásobné vstřikovací formy. Obě formy budou použity na vstřikovacím stroji ALLROUNDER 420C 1000-350, který je vlastněn UTB ve Zlíně.

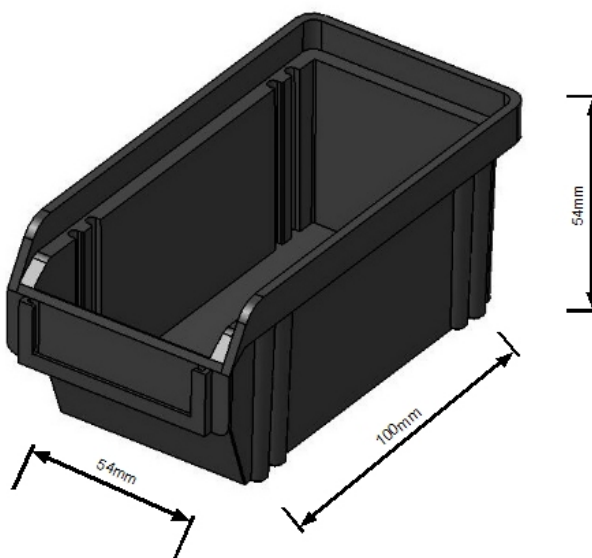
3D model plastového dílu, jakož i obě sestavy vstřikovacích forem, jsou řešeny pomocí programů CATIA V5R18 a HASCO 3D modul normálií. Po vypracování 3D sestav se provedou 2D řezy a opozicování jednotlivých dílů vstřikovacích forem, které jsou doloženy kusovníkem.

## 5 CHARAKTERISTIKA VÝROBKU

Vstřikovaným výrobkem je kontejner, který může být použit jako zásobník na drobné součástky. Na přední straně je úchyt pro založení cedulky s popisem. Boční stěny jsou mírně úkosovité, aby se zajistilo bezproblémové vyhození výrobku z formy a dimenzovány tak, aby byla zaručena dostatečná tuhost výrobku. Výrobek je na místech, kde by mohlo z konstrukčních a technologických důvodů docházet k problémům opatřen rádiusy. Objem výrobku je  $49,2 \text{ cm}^3$ .



Obr. 12 Vstřikovaný výrobek



Obr. 13 Model vstřikovaného výrobku



## 5.1 Materiál výrobku

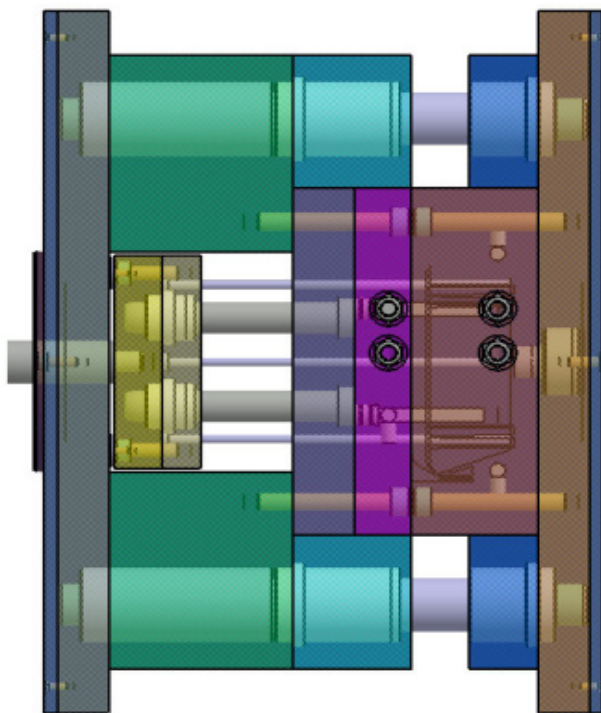
Použitý materiál je polypropylen Moplen EP240M od výrobce Basell Polyolefins Europe. Je to vysoce houževnatý blokový kopolymer určený pro vstřikování dílů s vysokými nároky na rázovou houževnatost.

*Tab. 1 Typické vlastnosti mat. PP Moplen EP240M[5]*

<i>Vlastnost</i>	<i>Jednotka</i>	<i>Hodnota</i>
INDEX TOKU TAVENINY	g/10min	8,5
MODUL PRUŽNOSTI V TAHU	MPa	1000
POISSONOVA KONSTANTA	-	0,39
ROZSAH TEPLoty FORMY	°C	20-60
ROZSAH TEPLoty TAVENINY	°C	220-280

## 6 KONSTRUKCE FORMY

Jednonásobná i dvojnásobná forma je zkonstruována tak, aby se mohla vložit do již vyrobeného univerzálního rámu horizontálního vstřikovacího stroje ARBURG Allrounder 420C 1000-350. Vzhledem k rozměrům a tvaru výstřiku nebude univerzální rám během plnění dutiny formy úplně uzavřen.



Obr. 14 Konstrukce vstřikovací formy

### 6.1 Vstřikovací stroj

Na základě požadavků a technických parametrů byl zvolen vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 420C 1000-350 vlastněný UTB ve Zlíně.

Tab. 2 Hlavní údaje o stroji[6]

UZAVÍRACÍ SÍLA	1000kN
MAXIMÁLNÍ OBJEM VÝSTŘIKU (VČETNĚ ODPADU)	182cm <sup>3</sup>
MINIMÁLNÍ ZDVIH STROJE	250mm
VZDÁLENOST MEZI VODÍCÍMI SLOUPY	420x420mm



Obr. 15 Vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 420C[6]

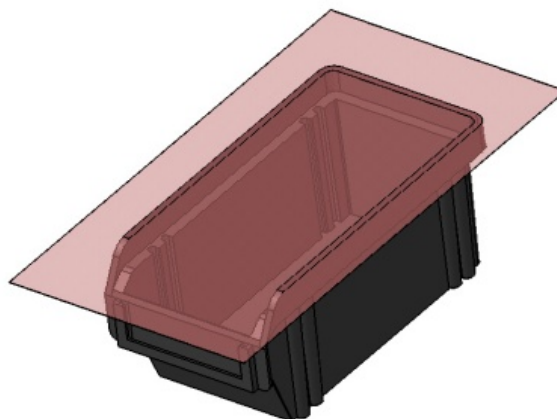
## 6.2 Násobnost formy

Při navrhování násobnosti formy je třeba brát na zřetel několik činitelů. Jsou to například přesnost a kvalita výrobku, kapacita vstřikovacího stroje, apod. Tvarové a vyhazovací desky budou vloženy v již vyrobeném univerzálním rámu. Jednonásobná forma splňuje všechny podmínky pro použití na daném vstřikovacím stroji. Při navrhování vícenásobné vstřikovací formy je potřeba udělat pečlivou rozměrovou analýzu. Čtyřnásobná varianta byla zavrhnuta právě z důvodů nevyhovujících rozměrů a nedostatečného množství taveniny, které je stroj schopen vstříknout do dutiny. Zvolený vstřikovací stroj zvládne maximální objem výstřiku (včetně vtokové soustavy)  $182 \text{ cm}^3$ , čtyřnásobná varianta vstřikovací formy by měla  $196,8 \text{ cm}^3$  bez vtokové soustavy.

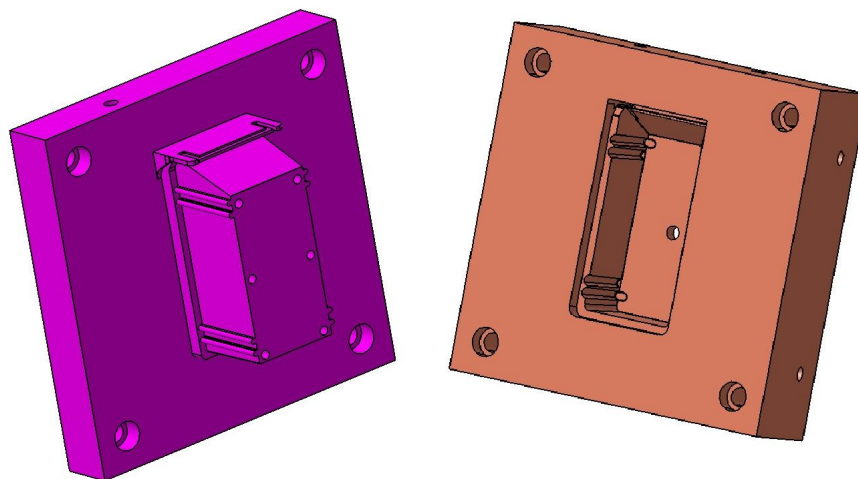
Z výše uvedených důvodů bylo rozhodnuto řešit jednonásobnou a dvojnásobnou vstřikovací formu.

### 6.3 Dělicí rovina

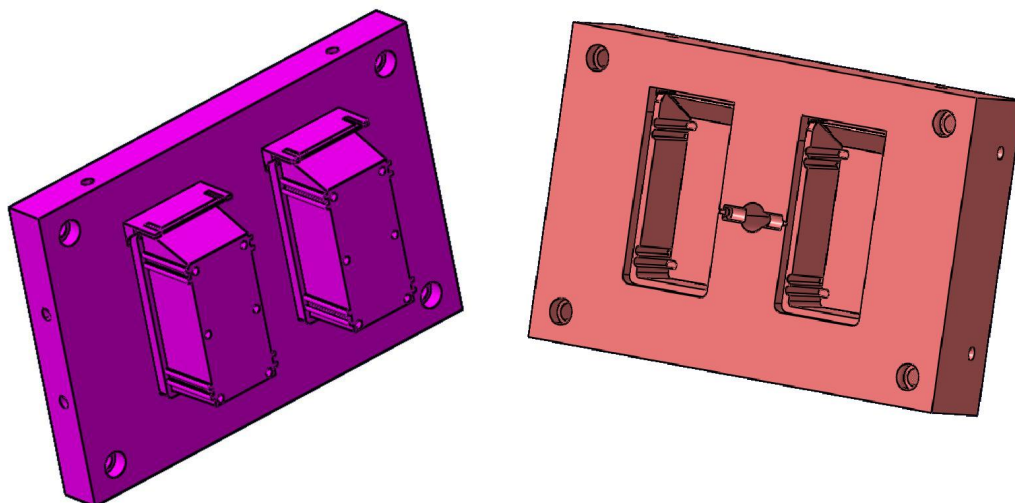
Určení dělicí roviny je důležitým kritériem při konstrukci vstřikovací formy. Výstřik má s ohledem na tvar jen jednu dělicí rovinu. Byla zvolena tak, aby po otevření formy zůstal výstřik na levé straně formy a poté byl vyhozen pomocí vyhazovacích kolíků. Stopy po vyhazovacích kolících se budou nacházet na nepohledové části výrobku.



Obr. 16 Dělicí rovina



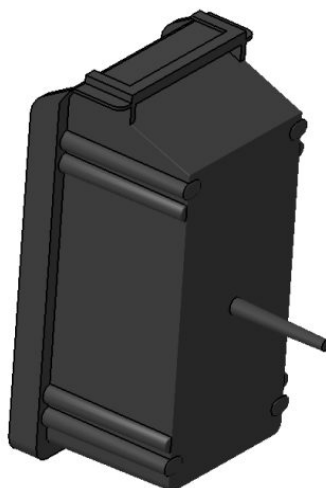
Obr. 17 Levá a pravá tvarová deska jednonásobné formy



Obr. 18 Levá a pravá tvarová deska dvojnásobné formy

#### 6.4 Vtokové systémy

Vtokový systém přivádí v co nejkratším čase taveninu do dutiny. Vzhledem k typu výstřiku, energetické a ekonomické náročnosti byl zvolen studený vtokový systém. U jednonásobné vstříkovací formy byl zvolen plný kuželový vtok. U dvojnásobné pak vtok boční. Rozváděcí kanály jsou voleny lichoběžníkového průřezu dle literatury. Objem výstřiku u jednonásobné formy je včetně vtokové soustavy  $49,7 \text{ cm}^3$  a u dvojnásobné formy  $103,5 \text{ cm}^3$ . Vtokové zbytky se odstraňují po vyhození.



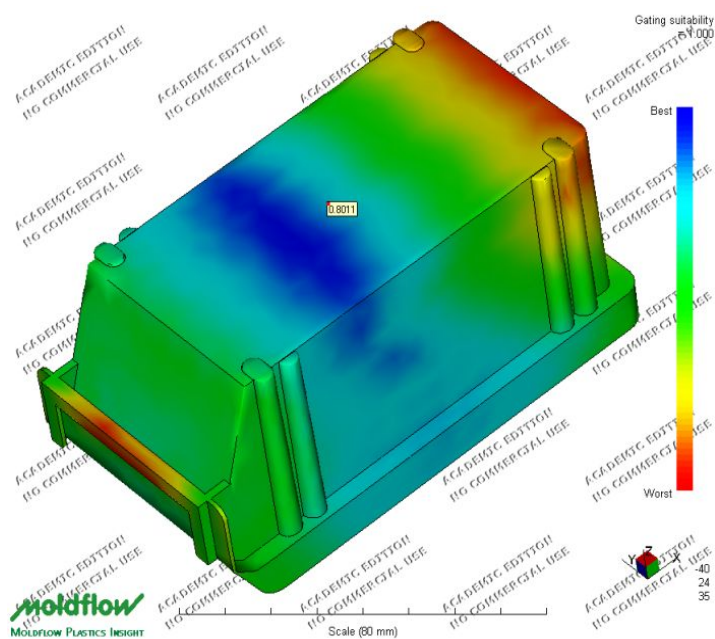
Obr. 19 Plný kuželový vtok jednonásobné formy



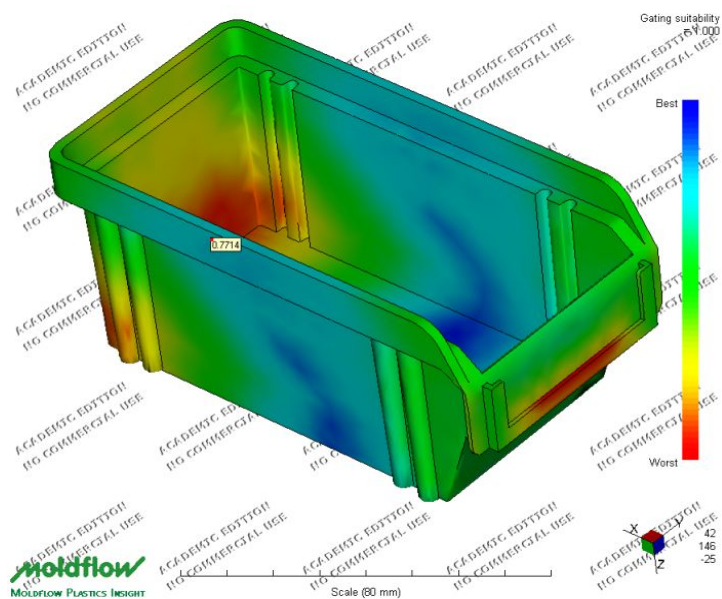
Obr. 20 Boční vtok dvojnásobné formy

## 6.5 Technologická analýza

Analýza vtoku má za úkol potvrdit správnost umístění vtokového ústí do dutiny formy. Byl použit program Moldflow Plastic Insight 6.2, který se používá pro komplexní simulaci vstřikování plastů. U plného kuželového vtoku byla vyhodnocena správnost umístění na 80% a u bočního vtoku na 77%.



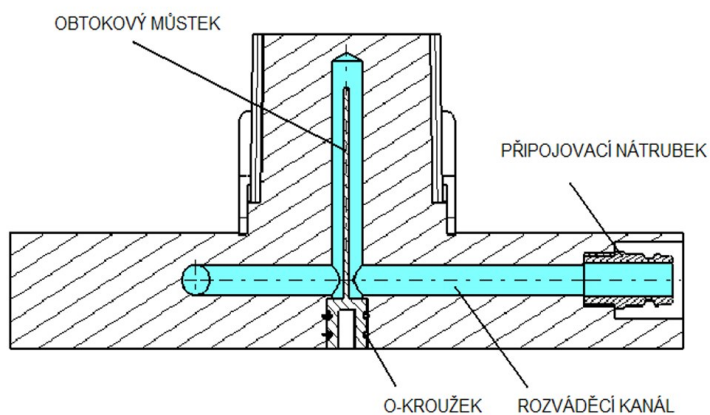
Obr. 21 Analýza umístění plného kuželového vtoku



Obr. 22 Analýza umístění bočního vtoku

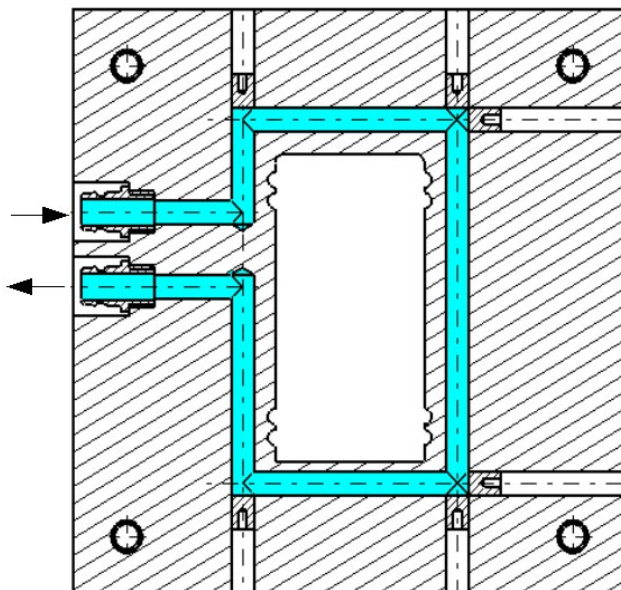
## 6.6 Temperace formy

Temperace pravé tvarové desky je tvořena vrtanými kanálky o průměru 8mm, kterými proudí temperační médium. Dále jsou otvory levé tvarové desky osazeny obtokovými můstky, které zajišťují temperaci tvárníku. Každý obtokový můstek je utěsněn dvěma těsnícími kroužky, aby nedocházelo k nežádoucímu úniku temperačního média. Jednásobná forma má dva a dvojnásobná čtyři obtokové můstky. U pravé tvarové desky je temperace tvořena okruhem kolem stěn dutiny.

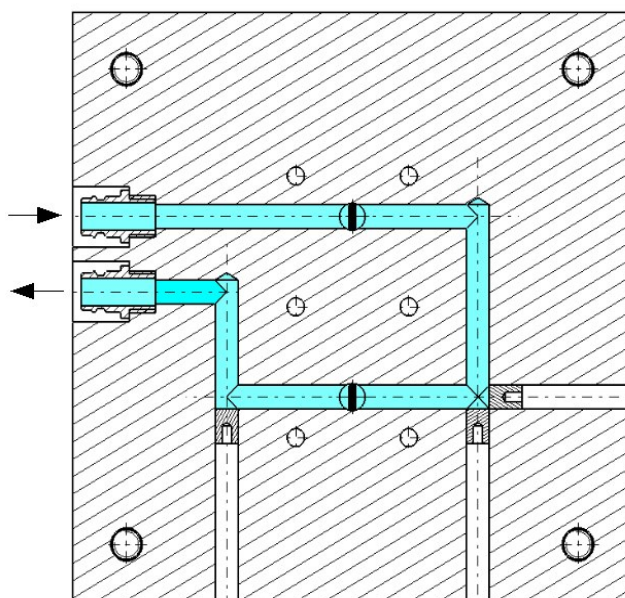


Obr. 23 Temperace levé tvarové desky





Obr. 24 Temperace pravé tvarové desky jednonásobné formy



Obr. 25 Temperace levé tvarové desky jednonásobné formy



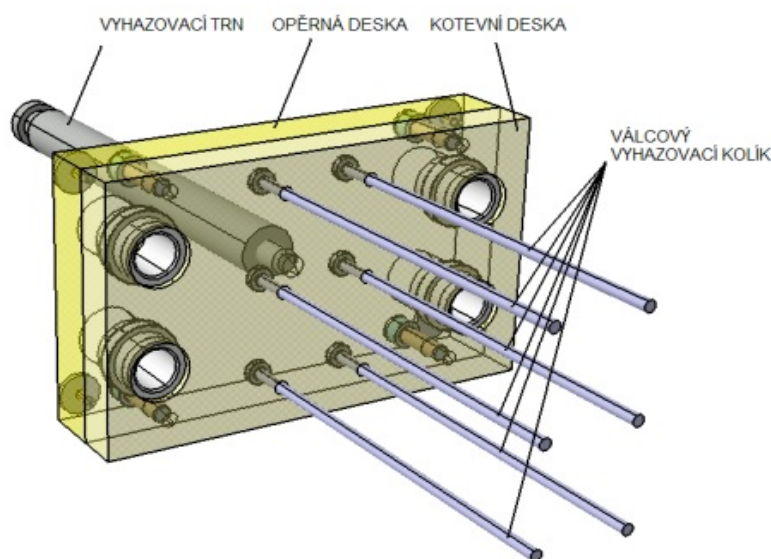
## 6.7 Odvzdušnění forem

Před vstřikováním polymeru obsahuje dutina formy vzduch, ten je při vstřikování stlačován a zároveň roste jeho teplota. Tento jev může způsobit optické vady výstřiku formou spálených míst. Proto je třeba zajistit konstrukčním řešením únik vzduchu.

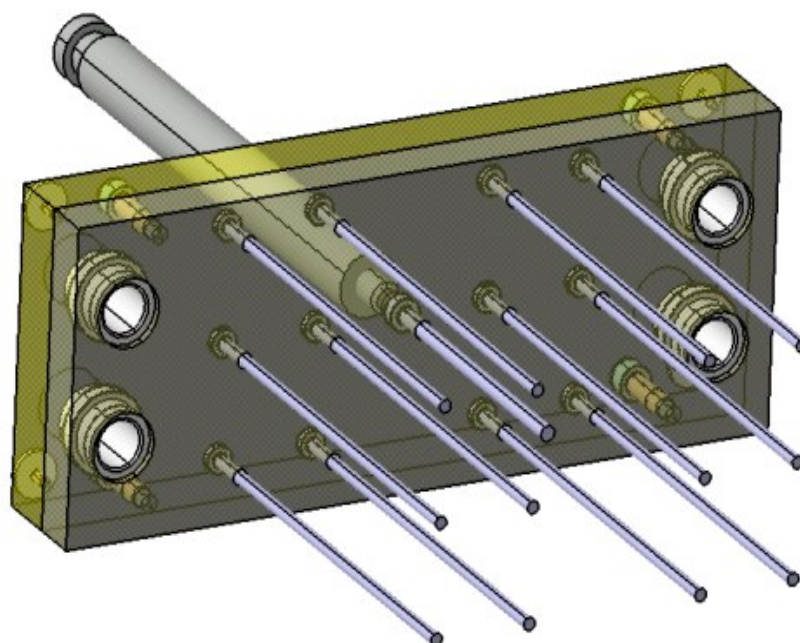
U zvoleného konstrukčního řešení vstřikovací formy se předpokládá, že vzduch stihne uniknout díky vůli kolem vyhazovacích kolíků a dělicí rovinou.

## 6.8 Vyhazovací systém

Vyhození výstřiku včetně vtokového zbytku je realizováno pomocí šesti vyhazovacích kolíků u jednonásobné formy a dvanácti u dvojnásobné formy. Vyhazovací kolíky jsou ukotveny v kotevní a opěrné desce vyhazovacího systému. Vyhazovací systém musí mít dostatečný zdvih, aby bylo zajištěno odformování kompletního výstřiku. Vtokový systém je od výrobku odstraněn po vyhození.

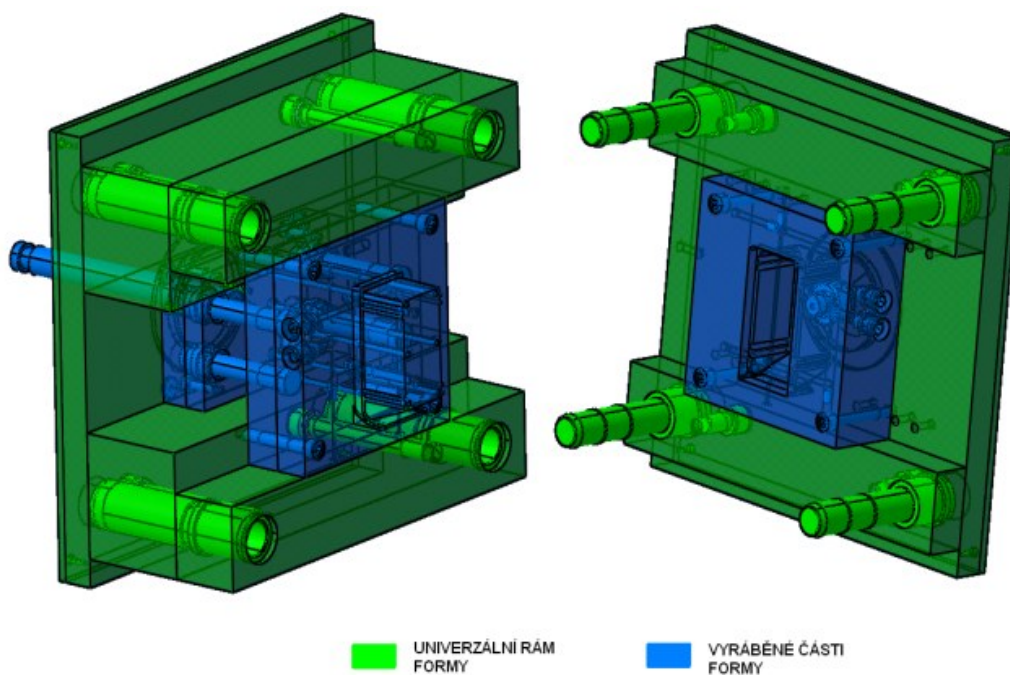


Obr. 26 Vyhazovací systém jednonásobné formy

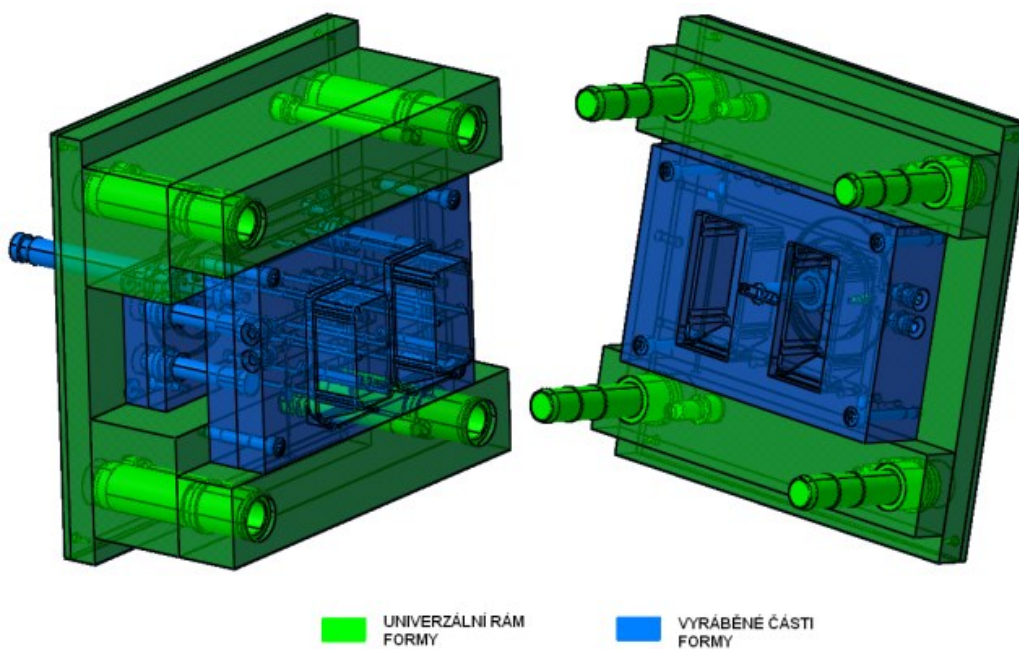


*Obr. 27 Vyhazovací systém dvojnásobné formy*

## 6.9 Koncepce formy



Obr. 28 Jednásobná forma



Obr. 29 Dvojnásobná forma

## 7 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Při řešení bakalářské práce se vycházelo ze zadaných požadavků. Cílem bylo zkonstruovat jednonásobnou a vícenásobnou vstřikovací formu pro výrobu zadaného plastového dílu. Jedním ze zadaných kritérií bylo, že bude použito vstřikovacího stroje a rámu formy, které jsou vlastněny UTB ve Zlíně. Vzhledem k velikosti a tvaru plastového dílu byl pro obě vstřikovací formy zvolen stroj ARBURG Allrounder 420C 1000-350.

Při návrhu jednonásobné vstřikovací formy se nevyskytovaly omezení co se týká velikosti rámu, tvarových desek a také vstřikovaného objemu taveniny. Zvolený vstřikovací stroj splňuje všechny kritéria.

U vícenásobné formy se již muselo rozhodnout, kolik dutin stroj zvládne vyplnit během jednoho vstřikovacího cyklu z objemového hlediska. Tvarové desky jsou také omezeny rozměry, protože mají být umístěny v již vyrobeném univerzálním rámu. Původním záměrem bylo vyrobít čtyřnásobnou vstřikovací formu. Tato varianta však byla zavržena z důvodu, že nebyly splněny kritéria pro bezproblémové vstřikování. Zvolený vstřikovací stroj zvládne maximální objem výstřiku (včetně vtokové soustavy)  $182 \text{ cm}^3$ , čtyřnásobná varianta vstřikovací formy by měla  $196,8 \text{ cm}^3$  bez vtokové soustavy. Také z rozměrového hlediska by nebylo možné volit čtyřnásobnou variantu vstřikovací formy. Rozmístění dutin v pravé tvarové desce by navíc neumožňovalo dostatečně účinnou temperaci.

Z výše uvedených důvodů bylo rozhodnuto řešit dvojnásobnou a jednonásobnou vstřikovací formu. Uvedené varianty mají studené vtokové soustavy. Do jednonásobné vstřikovací formy se tavenina dopravuje plným kuželovým vtokem. U dvojnásobné vstřikovací formy byl použit boční vtok. Správnost umístění vtoku byla ověřena technologickou analýzou pomocí SW Mold Flow 6.2.

Tvaru výstřiku je docíleno vstříknutím taveniny do dutiny mezi levou a pravou tvarovou deskou. Vyhození výstřiku z formy se děje mechanicky za použití vyhazovacího systému.

Při rozhodování o výrobě a uvedení do provozu jednonásobné nebo dvojnásobné vstřikovací formy je třeba zohlednit ekonomické hledisko a velikost vyráběné série.

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zkonstruovat dvě vstřikovací formy pro zadaný plastový výrobek. Při konstrukci plastového výrobku byly provedeny nepatrné změny rozměrů z důvodů vyhovění požadavku vstřikování na konkrétním vstřikovacím stroji.

V teoretické části byla všeobecně popsána problematika vstřikování a konstrukce vstřikovacích forem.

V praktické části bakalářské práce byl nejprve řešen 3D model plastového výrobku. Byla provedena analýza umístění vtoku Moldflow Plastic Insight 6.2, kterou byla potvrzena správnost zvoleného řešení. Poté byla navržena jednonásobná a dvojnásobná vstřikovací forma. Obě formy byly navrženy pro použití v již vyrobeném rámu formy, který je vlastněn UTB Zlín. Při konstrukci bylo použito programu HASCO 3D modul normálií (R5/2008), který pracuje na principu vkládání normalizovaných dílů přímo do konstrukčního programu CATIA V5R18. Díky této „stavebnicové“ konstrukci dochází k úspoře času a zjednodušení výroby. Po zhotovení obou 3D sestav vstřikovacích forem byla vytvořena výkresová dokumentace, která je tvoří součástí přílohy. Při kompetní konstrukci forem včetně tvorby výkresové dokumentace byl použit program CATIA V5R18 od firmy Dassault Systemes.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I.díl- Vstřikování termoplastů*. 2. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 134 s.
- [2] *Technická univerzita Liberec : Katedra strojírenské technologie* [online]. 2005[cit. 2008-11-20]. 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)
- [3] Kulhánek Jan a kol. *Formy pro tváření plastických hmot*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1966. 224 s. ISBN 04-237-66
- [4] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II.díl- Vstřikování termoplastů*. 2. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 212 s
- [5] LYONDELLBASELL POLYMERS [online]. [cit. 2009-04-21]. Dostupný z WWW: <http://www.lyondellbasell.com>
- [6] ARBURG [online]. [cit. 2009-05-12]. Dostupný z WWW: <http://arburg.com>.
- [7] TOMIS, F., HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky*. 2. vyd. Praha: SNTL , 1985. 374 s. ISBN 414-33580
- [8] BEAUMONT, J. P. *Runner and Gating Design Handbook*. 1st. ed. Munich: Hanser, 2004. ISBN 3-446-22647-9
- [9] HASCO [online]. [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <http://hasco.com>
- [10] TRES, P.A. *Designing plastic parts for assembly*. 5th. ed. Munich: Hanser, 2003. 280 s. ISBN 3-446-22456-4
- [11] MANZIONE, L.T. *Application of computer aided engineering in injection molding*. 5th. ed. Munich: Hanser, 1987. ISBN 3-446-14703-9
- [12] LINDNER, E., UNGER, O. *Injection molds*. 3rd ed. Munich: Hanser, 2002. 249 s. ISBN 3-446-17729-9

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PP	Polypropylen
Cu	Měď
Al	Hliník
SW	Software
Mat.	Materiál

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Vstřikovací cyklus.....	12
Obr. 2 Schema vstřikovacího stroje[2].....	13
Obr. 3 Vstřikovací jednotka.....	14
Obr. 4 Uzavírací jednotka.....	14
Obr. 5 Typy ústí vtoku.....	19
Obr. 6 Vyhřívání tryska [1].....	21
Obr. 7 Vytápěné rozvodné bloky.....	22
Obr. 8 Vyhazovací kolíky.....	23
Obr. 9 Vyhazování stírací deskou.....	24
Obr. 10 Trubkový vyhazovač.....	24
Obr. 11 Vyhazování pomocí šikmých čepů.....	25
Obr. 12 Vstřikovaný výrobek.....	32
Obr. 13 Model vstřikovaného výrobku.....	32
Obr. 14 Konstrukce vstřikovací formy.....	34
Obr. 15 Vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 420C[6].....	35
Obr. 16 Dělicí rovina.....	36
Obr. 17 Levá a pravá tvarová deska jednonásobné formy.....	36
Obr. 18 Levá a pravá tvarová deska dvojnásobné formy.....	37
Obr. 19 Plný kuželový vtok jednonásobné formy.....	37
Obr. 20 Boční vtok dvojnásobné formy .....	38
Obr. 21 Analýza umístění plného kuželového vtoku.....	38
Obr. 22 Analýza umístění bočního vtoku.....	39
Obr. 23 Temperace levé tvarové desky .....	39
Obr. 24 Temperace pravé tvarové desky jednonásobné formy.....	40
Obr. 25 Temperace levé tvarové desky jednonásobné formy.....	40
Obr. 26 Vyhazovací systém jednonásobné formy.....	41
Obr. 27 Vyhazovací systém dvojnásobné formy.....	42
Obr. 28 Jednonásobná forma .....	43
Obr. 29 Dvojnásobná forma.....	43



**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Typické vlastnosti mat. PP Moplen EP240M[5].....	33
Tab. 2 Hlavní údaje o stroji[6].....	34

## SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA PI: Výkresová dokumentace

PŘÍLOHA PII: CD disk obsahující:

- Bakalářskou práci
- Modely forem
- Výkresy forem