

# Konstrukce vstřikovací formy pro zastříkovaný díl

Jan Navrátil

---

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: **Jan NAVRÁTIL**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

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

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární řešení na dané téma.
2. Proveďte návrh vstřikovací formy.
3. Návrh vstřikovací formy doložte výkresem sestavy s kusovníkem.
4. Proveďte zhodnocení návrhu a rozbor řešení.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] BOBČÍK, L. Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 1. 2. upr. vyd.

Brno: Uniplast, 1999. 133 s.

[2] BOBČÍK, L. Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 2. 1. vyd. Brno:

Uniplast, 1999. 214 s.

[3] REES, H. Mold engineering. 2nd edition. Munich : Hanser, 2002. 688 s. ISBN

3-446-21659-6.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Štěpán Šanda**  
Ústav výrobního inženýrství

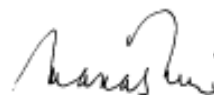
Datum zadání bakalářské práce: **20. února 2009**

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**

Cílem této bakalářské práce je vytvořit celkový pohled na vstřikování a zvláště pak na konstrukci vstřikovacích forem a s tím spojenou problematikou. Teoretická část se zabývá vstřikováním samotným, polymery a jejich vhodností pro vstřikování, vstřikovacími stroji a vstřikovací formou. Praktická část se zabývá konstrukčním návrhem vstřikovací formy pro vstřikovaný výrobek, kterým je otvírák na láhve. Návrh je tvořen 3D modelovacími programy.

Klíčová slova: Vstřikování, Polymer, Vstřikovací Stroj, Vstřikovací Forma

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor thesis is to provide a general view on injection molding especially on a construction of the injection molds and its problematic. A theoretical part describes an injection molding process, polymers and their suitability for injection molding, the injection machines and the injection mold. A practical part deals with a design of the injection mold for an inserted product, which is a bottle opener. 3D modelling softwares were used.

Keywords: Injection Molding, Polymer, Injection Machine, Injection Mold

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Štěpánu Šandovi, který byl vedoucím mé bakalářské práce za vedení, podporu, užitečné rady a čas, který mi věnoval při tvorbě této 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 19. 5. 2009

.....  
Podpis diplomanta

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>10</b>
1.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	10
<b>2 POLYMERY</b> .....	<b>12</b>
2.1 TERMOPLASTY .....	12
2.1.1 Amorfnní termoplasty .....	12
2.1.2 Semikrystalické termoplasty .....	13
2.2 REAKTOPLASTY.....	13
2.3 ELASTOMERY .....	14
2.4 ZÁKLADNÍ TYPY POLYMERŮ .....	14
<b>3 KONSTRUKCE VÝROBKŮ</b> .....	<b>16</b>
3.1 JAKOST VÝROBKŮ .....	16
3.1.1 Hlavní činitele ovlivňující jakost .....	16
3.2 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI .....	17
3.2.1 Konstrukční zásady .....	17
3.2.2 Dodatečné úpravy.....	19
3.3 ZASTŘIKOVANÉ VÝROBKY .....	20
3.3.1 Problematika zastřikování.....	20
<b>4 VSTŘIKOVACÍ FORMA</b> .....	<b>22</b>
4.1 RÁMY FOREM .....	23
4.1.1 Vodící a spojovací součásti.....	23
4.1.2 Rozpěrky .....	23
4.1.3 Vyhazovací desky .....	23
4.1.4 Středící kroužky .....	24
4.2 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY (SVS).....	24
4.2.1 Vtokový kanál .....	24
4.2.2 Rozvodný kanál.....	25
4.2.3 Vtoková ústí .....	26
4.3 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY (VVS) .....	27
4.4 VYHAZOVCÍ SYSTÉMY .....	27
4.4.1 Mechanické vyhazování.....	28
4.4.2 Pneumatické vyhazování.....	29
4.4.3 Hydraulické vyhazování.....	29
4.4.4 Vyhazování vtokového zbytku.....	29
4.4.5 Zpětný chod vyhazovacího systému .....	30
4.5 TEMPERACE FOREM .....	30
4.5.1 Temperační prostředky.....	31
4.6 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM .....	32
4.6.1 Vliv technologických parametrů vstřikování na odvzdušnění .....	32
4.6.2 Určení místa pro odvzdušnění.....	32
4.6.3 Odvzdušňovací kanály .....	32

4.7	MATERIÁLY NA VÝROBU FOREM .....	33
4.7.1	Požadované vlastnosti ocelí .....	33
4.7.2	Tepelné zpracování ocelí.....	34
4.7.3	Tepelné zpracování neželezných kovů.....	34
<b>5</b>	<b>VSTŘIKOVACÍ STROJE.....</b>	<b>35</b>
5.1	UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	35
5.2	PLASTIKAČNÍ JEDNOTKA .....	35
5.3	VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA .....	36
5.4	OVLÁDÁNÍ VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ.....	36
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI.....</b>	<b>37</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....</b>	<b>40</b>
8.1	CHARAKTERISTIKA VÝROBKU .....	40
8.2	MATERIÁL VÝROBKU .....	40
<b>9</b>	<b>VSTŘIKOVACÍ STROJ .....</b>	<b>42</b>
9.1	KONTROLNÍ VÝPOČTY .....	43
<b>10</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....</b>	<b>45</b>
10.1	VSTŘIKOVACÍ FORMA.....	45
10.1.1	Popis rámu.....	45
10.1.2	Násobnost.....	47
10.1.3	Zaformování výrobku.....	47
10.1.4	Odvzdušnění.....	49
10.2	VTKOVÝ SYSTÉM .....	49
10.3	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	50
10.4	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	52
10.5	MANIPULAČNÍ SYSTÉM FORMY.....	53
<b>11</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY – UNIVERZÁLNÍ RÁM.....</b>	<b>54</b>
11.1	VSTŘIKOVACÍ FORMA – UNIVERZÁLNÍ RÁM.....	54
11.1.1	Popis navrhovaných částí.....	55
11.1.2	Násobnost.....	56
11.1.3	Zaformování výrobku.....	56
11.1.4	Odvzdušnění.....	58
11.2	VTKOVÝ SYSTÉM .....	58
11.3	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	59
11.4	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	60
11.5	MANIPULAČNÍ SYSTÉM FORMY.....	61
	<b>DISKUZE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>62</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>71</b>

## ÚVOD

Využití plastů ve spotřebním průmyslu zaznamenalo za posledních několik desítek let obrovský pokrok. V dnešní době jsou plastové výrobky použity téměř všude od kuchyňských potřeb přes elektrotechniku až po strojírenské výrobky, kde by jejich použití v době nedávno minulé očekával málokdo. Žádné jiné odvětví neudělalo tak velký skok ve vývoji za tak krátkou dobu, proto je nutné se plastům a všemu kolem nich velmi pečlivě věnovat.

Nejrozšířenější a nepoužívanější metodou na zpracování plastů je vstřikování. Tato velice progresivní metoda výroby umožňuje vyrobit velmi přesný výrobek, který již není třeba dále nijak upravovat. Vstřikování je tak rozšířené, protože i přes vysoké počáteční investice do vybavení dovoluje relativně snadnou, levnou a vysoce produktivní výrobu plastových součástí prakticky jakéhokoliv tvaru. Vstřikování se provádí na většinou plně automatizovaných vstřikovacích strojích.

Jednou z nejdůležitějších částí zajišťující výsledný tvar výrobku je tvářecí nástroj. Tento nástroj je odborně nazýván vstřikovací forma a jejímu konstrukčnímu návrhu se věnuje nemalá pozornost, protože nestačí zajistit pouze výsledný tvar výrobku, ale také zachování požadovaných vlastností s ohledem na jeho použití v provozních podmínkách. Vstřikovací forma je velice složitá součást, skládající se z mnoha různých dílů a částí, které musí být navrhnuty a zhotoveny podle přesně daných kritérií, tak aby bylo dosaženo výsledného produktu.

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou vstřikovaných výrobků a konstrukčním návrhem vstřikovací formy pro tento druh výrobků.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, je to poměrně složitý tepelně-mechanický proces tváření, který je cyklický. Na procesu vstřikování se podílí polymer, ze kterého se vyrábí požadovaná součást, vstřikovací stroj umožňující přípravu taveniny a její dopravu za určitých podmínek do formy a v neposlední řadě vstřikovací forma jako nástroj pro vlastní tváření taveniny na součást. [2, 20]

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu z prostoru plastikační jednotky vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny vstřikovací formy, kde ztuhne ve finální výrobek. [20]

*Výhody vstřikování [20]:*

- Krátký čas cyklu
- Schopnost vyrábět složité součásti
- Dobré tolerance rozměrů
- Konstrukční flexibilita

*Nevýhody vstřikování [20]:*

- Vysoké investiční náklady do vstřikovacího stroje a vstřikovací formy
- Dlouhé doby nutné pro výrobu forem
- Velký stroj v porovnání s malým výrobkem

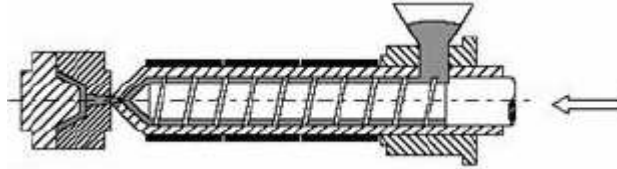
## 1.1 Vstřikovací cyklus

V moderní době se cyklus významně vyvinul na úroveň, kdy je plně automatizovaný, a mikroprocesorem řízené stroje jsou standardem. Vstřikovací cyklus je definován, jako čas od uzavření formy pro jedno vstříknutí, nebo dávku, dokud není forma znova uzavřena pro další dávku. Obvykle je počet dávek za minutu (nebo za hodinu) udáván jako ukazatel produktivity formy. Cyklus tvoří sled přesně specifikovaných úkonů. Jedná se o proces neizotermický, během něhož plast prochází teplotním cyklem. Při jeho popisu je nutno jednoznačně definovat počátek. [13, 16, 20]

*Vstřikovací cyklus [13, 20]:*

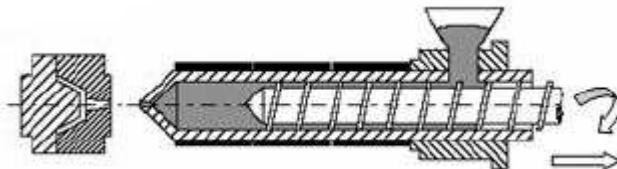
- Uzavření formy
- Vstříknutí plastu do dutiny vstřikovací formy

- Chlazení + Dotlak (Chlazení začíná vstupem taveniny do dutiny formy a trvá až do otevření formy a vyjmutí výstřiku. Dotlak kompenzuje smrštění během chladnutí a zabraňuje vzniku propadlin. Trvá až do zatuhnutí výrobku)



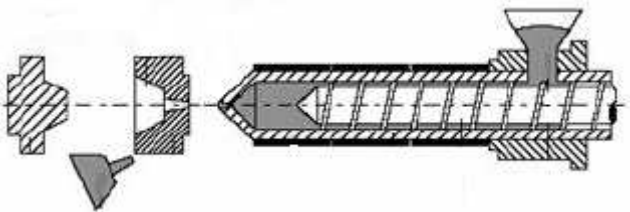
Obrázek 1: Vstřikování + dotlak a chlazení [19]

- Plastikace nové dávky plastu (šnek pod násypkou nabírá granulovanou hmotu, plastikuje ji a vtláčuje do prostoru před čelem šneku)



Obrázek 2: Plastikace polymeru [19]

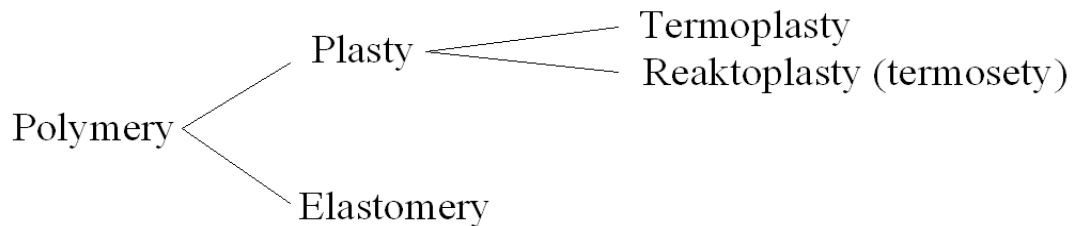
- Otevření formy
- Vyhození hotového výrobku



Obrázek 3: Otevření formy a vyhození výrobku [19]

## 2 POLYMERY

Polymery jsou makromolekulární látky a jejich struktura i chování jsou jiné než u kovů. Jsou tvořeny makromolekulárními řetězci (oproti kovům, jejichž struktura je tvořena krystalickými mřížkami), tj. dlouhými molekulami s opakujícími se základními strukturními jednotkami, a tyto řetězce mohou nebo nemusí být mezi sebou spojeny chemickými vazbami. [7]



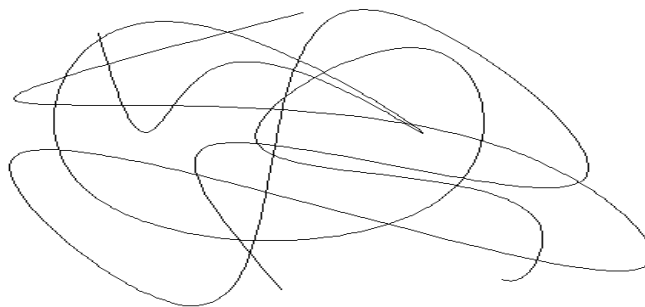
Obrázek 4: Základní rozdělení [17]

### 2.1 Termoplasty

Termoplasty jsou materiály tvořené lineárními nebo rozvětvenými polymerními jednotkami obsahujícími opakující se monomery. Při tváření se roztaví a ochlazením převedou opět do tuhého stavu. Termoplasty tvoří okolo 94% objemu materiálu používaného v plastikářském průmyslu, z toho asi 40% se zpracovává vstřikováním. Z hlediska nadmolekulární stavby rozlišujeme termoplasty amorfnní a semikrystalické. [1, 4, 12]

#### 2.1.1 Amorfnní termoplasty

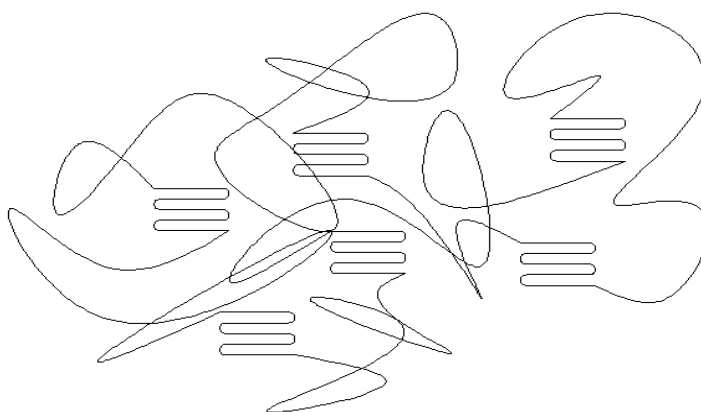
Jejich řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány. Obvykle jsou transparentní v jejich přirozené formě. Jsou méně chemicky odolné než semikrystalické termoplasty, hustota materiálu není ovlivněna rychlostí chlazení a jsou více náchylné na popraskání za neustálého působení napětí nebo zatížení. Využitelnost výrobků z amorfnních plastů je v oblasti pod teplotou skelného přechodu  $T_g$ . Polymer je v tomto stavu pevný. Zvyšováním teploty nad  $T_g$  postupně slábnou kohezní síly mezi makromolekulami a plast přechází z plastické oblasti až do viskózního stavu, kdy se zpracovává. Se zvyšující se teplotou současně narůstá i objem polymeru. [1, 2]



Obrázek 5: Amorfní struktura [1]

### 2.1.2 Semikrystalické termoplasty

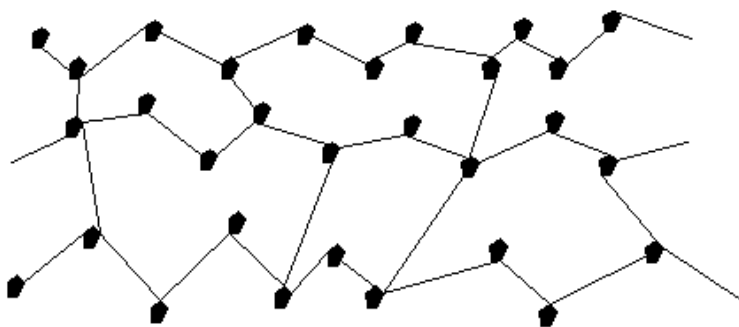
Mají vysoce organizovanou krystalickou strukturu uvnitř amorfních oblastí. Jsou mléčně zakalené. Hustota je ovlivňována rychlostí chlazení (rychlé chlazení potlačuje růst krystalů a dochází ke zmenšení hustoty) a mají vysoké smrštění během chlazení způsobené kompaktním charakterem krystalické struktury. Části makromolekul jsou pevněji vázány v lamelách a ve sférolitech krystalické fáze. Zvyšováním teploty se nejprve uvolní část makromolekul z amorfní oblasti, potom i ostatní. To je doprovázeno značným objemovým nárůstem. Použití plastu tohoto typu je v oblasti nad teplotou  $T_g$ , protože mají výhodnou kombinaci pevnosti a houževnatosti nad touto teplotou. [1, 2]



Obrázek 6: Semikrystalická struktura [1]

## 2.2 Reaktoplasty

Procházejí při zpracovatelském procesu chemickou reakcí. Účinkem tepla, záření nebo síťovacích činidel vytvářejí husté, prostorově sesíťované struktury, v nichž jsou původní molekuly vzájemně pospojovány kovalentními vazbami. Tento proces se nazývá vytvrzování. Reaktoplast je ve vytvrzeném stavu netavitelný a nerozpustný. To často dává reaktoplastům výhodu v chování za zvýšené teploty. [1, 17]



Obrázek 7: Struktura reaktoplastů [1]

### 2.3 Elastomery

Elastomer neboli také kaučuk je vysoce elastický polymer, který lze za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení. Tato deformace je převážně vratná. Ve svém molekulárním řetězci mají reaktivní místa umožňující chemickou síťovací reakci, nazývanou vulkanizace. Vulkanizace probíhá za přítomnosti vulkanizačního činidla, kterým je nejčastěji síra. Při vulkanizaci se plasticky tvárný kaučuk mění na pryž. [17]

### 2.4 Základní typy polymerů

#### *Polyolefiny:*

Jsou to semikrystalické termoplasty s nižší pevností, tuhostí a velkou houževnatostí. Mají velký kríp. Elektroizolační a dielektrické vlastnosti jsou velmi dobré. Jsou hořlavé a mají nízkou odolnost proti ultrafialovému záření a vlivům povětrnosti. Nenavlhají a mají velmi dobrou chemickou odolnost proti kyselinám, zásadám, solným roztokům, alkoholům a rozpouštědlům. Neodolávají oxidačním činidlům, chlorovaným uhlovodíkům, odolnost vůči benzínu je částečná. Mezi polyolefiny patří například Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) a Polybuten (PB). [8, 11]

#### *Vinylové polymery:*

Jsou to amorfní termoplasty. Mají vyšší pevnost a tuhost, ale nižší tažnost, rázovou a vrubovou houževnatost. Jsou samozhášivé, mají velmi dobré elektroizolační vlastnosti. Nejsou navlhavé a mají velmi dobrou odolnost vůči povětrnosti a korozi za napětí. Chemická odolnost je velmi dobrá proti kyselinám, zásadám, alkoholům a tukům, horší proti rozpouštědlům. Mezi vinylové polymery patří Polyvinylchlorid (PVC). [8]

*Styrenové polymery:*

Polymer a kopolymery styrenu jsou amorfní termoplasty. Jsou tuhé, pevné, s dobrými elektroizolačními vlastnostmi, hořlavé. Chemicky odolávají kyselinám, zásadám, tukům, olejům, alkoholům, nikoliv však rozpouštědlům a chlorovaným uhlovodíkům. Dají se dobře lepit. Zpracovatelnost je vesměs velmi dobrá a rychlá. Barevnost je v široké stupnici odstínů. Mezi styrenové polymery patří například Polystyren (PS), Kopolymer styren-akrylonitril (SAN), Kopolymer akrylonitril-butadien-styren (ABS). [8]

*Akrylové polymery:*

Jsou to amorfní termoplasty. Mají skvělou přilnavost, jsou pružné a dají se dobře táhnout. Odolávají ultrafialovému záření a jsou nezávadné k životnímu prostředí. Mezi nejznámější akrylové polymery patří například Polymethylmetakrylát (PMMA). [6, 8]

*Polyestery:*

Mohou být semikrystalické nebo amorfní. Mají vynikající odolnost proti abrazi (odbrušování), dobrou chemickou odolnost, odolnost proti korozi a vysokým teplotám. Mají vysokou rázovou pevnost. Mezi základní druhy polyesterů patří například polyetylentereftalát (PET, PETP) a Polykarbonát (PC). [6, 8]

*Polyamidy:*

Jsou to semikrystalické termoplasty s krystalickým podílem 20 až 40%. Jsou tvrdé, tuhé, pevné, tažné, s výraznou mezí kluzu a vysokou rázovou a vrubovou houževnatostí. Mají velký sklon ke krípu a relaxaci napětí, vysokou odolnost proti oděru. Jsou neprůhledné, mají dobré elektroizolační vlastnosti, hořlavost je nižší, odolnost proti korozi za napětí je dobrá. Odolávají slabým zásadám, rozpouštědlům, tukům a olejům. Neodolávají kyselinám, silným zásadám, horké vodě. Zpracovatelnost je velmi dobrá. Mezi polyamidy patří Polyamid 6 (PA6) a Polyamid 66 (PA66). [8, 11]

### 3 KONSTRUKCE VÝROBKŮ

Při navrhování součásti z plastu musí konstruktér volbou tvaru a materiálu součásti splnit požadavky, které jsou na součást kladeny. Tyto požadavky mají hledisko funkční (pevnost, tuhost, rozměrovou přesnost), technologické (snadná vyrobiteľnost a zpracovatelnost), ekonomické (výrobní náklady, prodejnost). [7]

Konstrukční návrh součásti z plastu se řídí zcela jinými zásadami, než u součástí kovových. Pro realizaci plastových součástí jsou dány určité meze konstrukčních tvarů a jejich vlastností, které by se neměly překročit, jinak vzniknou při výrobě problémy. Všeobecně platí, že čím jednodušší je součást, tím výhodnější jsou její pevnostní podmínky, snadnější dodržení rozměrů, lacinější výroba a jednodušší výroba výstřiků. [2]

#### 3.1 Jakost výrobků

Součásti z plastů nelze vyrobit v takové jakosti jako kovové výrobky, protože na ně působí mnoho různých činitelů. Rozměry jsou jedním z hlavních ukazatelů jakosti. Stanoví se podle určité funkce s ohledem na specifické vlastnosti plastu. Přesnost rozměrů se určí s ohledem na tolerované a netolerované rozměry. Běžná přesnost se pohybuje v rozmezí IT12 – IT15, zvýšená pak v rozmezí IT9 – IT10. Dalším znakem jakosti výrobků je jakost jejich povrchů. Ta je obrazem povrchu dutiny formy. [2]

##### 3.1.1 Hlavní činitelé ovlivňující jakost

*Výrobní smrštění:*

Smrštění plastu proti formě je objemová změna, vyvolaná fyzikálními nebo chemickými ději, které probíhají při procesu tváření. Smrštění je velikost, o kterou je vstřikovaný výrobek menší než dutina vstřikovací formy. Udává se v procentech. Smrštěním může materiál přijít až o 35% svého objemu během chladnutí. [1, 4, 13]

*Dodatečné smrštění:*

Dodatečné smrštění je změna rozměru tvářeného výrobku z plastu po jeho vystavení zvýšené teplotě. Někdy se pod pojmem dodatečné smrštění rozumí také rozměrová změna, která proběhla ve výrobku při normální teplotě, avšak po delším časovém odstupu od jeho vyrobení. [4]

*Tečení (kríp):*

Kríp je trvalá deformace vzniklá v důsledku prodloužení výrobku během působení napětí. Při pokojové teplotě je kríp také nazýváme studený tok. [13]



*Teplotní roztažnost:*

Je to délková změna součásti způsobená změnou teploty. Jedná se však o změnu vratnou. Plasty s vyšším modulem pružnosti mají nižší teplotní roztažnost. U semikrystalických termoplastů klesá teplotní roztažnost s rostoucím obsahem krystalického podílu, to je však současně eliminováno zvětšováním hodnot smrštění. Teplotní roztažnost plastů je podstatně vyšší než u kovů. [2, 4, 7]

*Navlhavost a nasákavost:*

Navlhavost a nasákavost plastů je přijímání vody plastem z okolního prostředí. Je-li plast uložen ve vlhkém ovzduší, mluvíme o navlhavosti, je-li uložen ve vodě, jde o nasákavost. V obou případech se však jedná o stejný proces sorpce vody. Přijímáním vody se rozměry plastové součásti zvětšují zhruba o objem absorbované vody, ubýváním vody se rozměry zase zmenšují. [7]

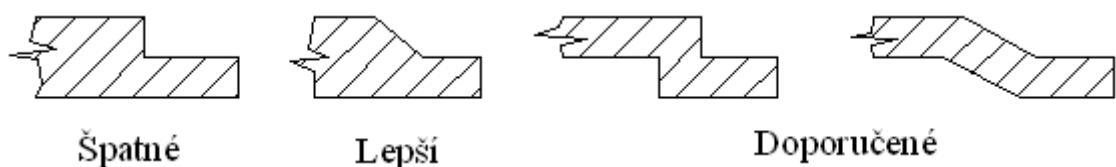
### 3.2 Požadavky na konstrukci

Celková konstrukce součásti musí především splňovat vhodnou polohu dělicí roviny (dělicích rovin) a tím je určen i způsob jejího zaformování. [2]

#### 3.2.1 Konstrukční zásady

*Tloušťka stěny:*

Hlavním úkolem konstruktéra by mělo být dodržení konstantní tloušťky stěny, každá oblast součásti s různou tloušťkou stěny bude mít sklon k různému smrštění a při rozdílech v tloušťce stěn musíme počítat s propadlinami a lunkry. Náhlé přechody mají být bez ostrých hran a v případě, kde se nelze vyhnout tlustším stěnám, se provede vhodné odlehčení. Při určování tloušťky stěny výstřiků se musí vedle funkčního hlediska přihlížet i k zatékavosti plastu a k délce dráhy toku. [1, 2, 4]



Obrázek 8: Tloušťka stěn [1]

*Zaoblení hran, rohů a koutů:*

Oblé tvary jsou výhodné z hlediska snazšího proudění taveniny. Čím větší je rádius zaoblení, tím menší jsou hydraulické odpory proti průtoku taveniny a tím menší je koncentrace

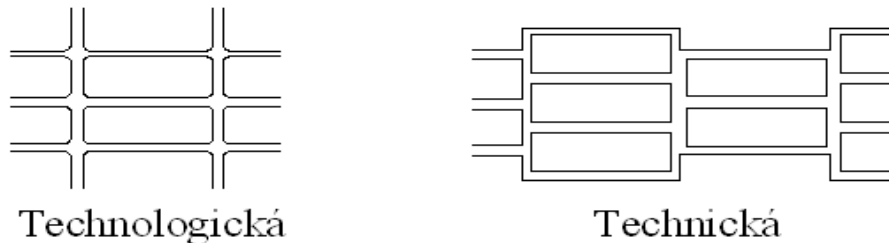
napětí v místě ohybu (rázová houževnatost se zvýší až o 50%). Vnější radius bývá větší oproti vnitřnímu o tloušťku stěny. Ostré přechody vyžadují vyšší vstřikovací tlaky. [2, 8]

#### *Úkosy a podkosy:*

Pro snazší vyjímání z formy mají mít stěny výstřiku rovnoběžné se směrem otevírání formy úkosy. Podkosy zabraňují vyjímání. Velikost úkosů je ovlivňována především smrštěním, elasticitou plastu, povrchem stěn formy a automatizací výroby. [2, 8]

#### *Žebra:*

Používají se velmi často k vyztužení výstřiků. Technická žebra zabezpečují pevnost a tuhost součástí. Technologická umožňují optimálnější plnění dutiny formy, nebo brání zborcení stěn, případně odstraňují předpokládaný vznik povrchových vad. [2, 8]



Obrázek 9: Uspořádání žeber [2]

#### *Otvory a drážky:*

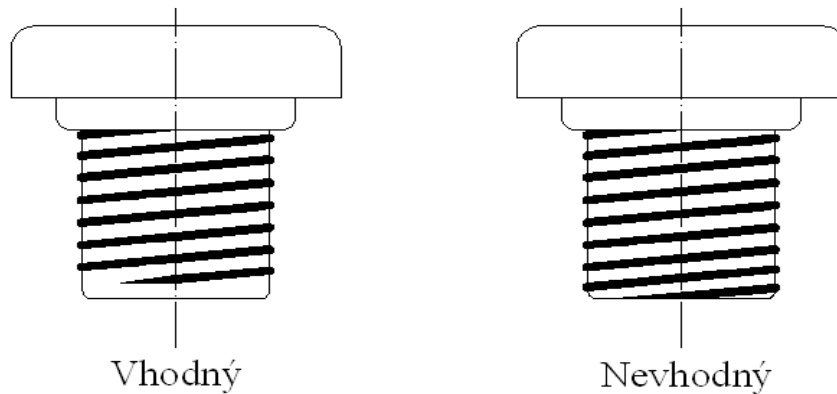
Doporučují se volit tak, aby při výrobě činili co nejmenší potíže. Záleží hlavně na jejich poloze vzhledem k zaformování. Otvory a drážky kolmé na směr dělicí roviny se zhotoví pomocí čelistí, nebo výsuvných jader. Otvory a drážky ve směru zaformování se vytváří pomocí pevných trnů a kolíků. [2]

#### *Velké rovinné plochy:*

Nejsou vhodné, je třeba je členit, nebo opatřit žebry. U rotačních tvarů se zhotoví s konkávním nebo konvexním klenutím. [2]

#### *Závity:*

Mají mít velký profil, aby byla zajištěna dostatečná axiální únosnost. Nejvhodnější je oblý nebo lichoběžníkový závit. Vnitřní závity se zhotoví pomocí trnů, které se z výstřiku vyšroubují mimo formu, nebo přímo v ní. Začátek závitu by neměl začínat na okraji součásti, kde je jeho ostrá část často ulamována. Někdy se používá závitořezných šroubů. Výhodou je snadná výroba tvarového otvoru v součásti. [2, 8]



Obrázek 10: Závit [2]

*Nápisy a značky:*

Vystouplé nápisy a značky jsou výrobně nejjednodušší, ale účelově nejméně vhodné. Zapusťené písmo je výrobně obtížné. Nejvhodnější způsob je vystouplé písmo v zahloubení tak, aby nepřesahovalo nad povrch. [2]

**3.2.2 Dodatečné úpravy***Temperování:*

Tepelné zpracování výstřiků pro zlepšení jejich vlastností, nebo stabilizaci rozměrů. Provádí se za zvýšené teploty na vzduchu, nebo v kapalinách. [2]

*Kondicionování:*

Tepelné zpracování silně navlhavých plastů (polyamidů) ve vodě. Ustálení rozměrů a zvýšení houževnatosti. [2]

*Obrábění:*

Plasty se obrábí například řezáním, stříháním, soustružením, frézováním, vrtáním, broušením a leštěním. Obvykle se obrábí za sucha, při nadměrném zahřívání nástroje se chladí vodou nebo řeznou kapalinou. [2]

*Nátěry:*

Bývají aplikovány nejen z důvodů dekorativních, ale i funkčních. Mohou zakrýt některé povrchové defekty a zvýšit odolnost proti degradaci a korozi za napětí. [2]

*Speciální úpravy povrchu:*

Jsou to například potisk sítotiskem, nebo tampoprintem, matování, vakuové a galvanické pokovování, ruční malování štětcem, ražení přes kovovou fólii apod. [2, 8]

### 3.3 Zastříkované výrobky

Zastříkované výrobky neboli zástříky jsou vloženy do vstřikovací formy před vstříknutím taveniny. Tavenina teče kolem zástříku během dané fáze vstřikovacího procesu a následně zástřík uzamkne na místě díky smrštění a ochlazení taveniny. V celkovém kontextu jsou zástříky používány k vytvoření bodů pro spojení závitových upínek, ke zpevnění, jako elektrické vodiče, nebo k poskytování dalších speciálních funkcí. Zástříky zvyšují cenu výrobku, proto jsou používány jen tam, kde je to nezbytně nutné. [9]

#### 3.3.1 Problematika zastříkování

##### *Vstřikovací cyklus*

Délka vstřikovacího cyklu je výrazně prodlužována časem potřebným na umístění zástříku do dutiny formy a díky tomu je výrazně prodražována výroba. [9]

##### *Vyřazené výrobky*

Výrobky z určitých důvodů nepoužitelné je obtížné recyklovat. Buď musí být celá součást vyřazena, nebo musí být zástřík odstraněn před granulací polymeru, což má opět za následek prodražení výroby. [9]

##### *Poškození formy*

Musí být dbáno na rozměrovou přesnost zástříků, protože by mohlo dojít k vážnému poškození formy při jejím uzavírání, pokud by byl zástřík větší než je předepsáno výkresem. Kontrola kvality a rozměrové přesnosti zástříků je důležitým předpokladem pro jejich použití. [9]

##### *Studené spoje*

Zástříky musí být umístěny tak, aby se předešlo vzniku studených spojů během proudění taveniny kolem zástříku. To lze docílit dostatečnou tloušťkou stěny a předehřátím zástříku. [9]

##### *Napětí*

Vznik napětí během vstřikování je možná nejvýznamnějším problémem spojeným se zastříkáváním. Plastický materiál obklopující zástřík je namáhán, dokud smrštění materiálu kolem tuhého (nesmršitelného) zástříku není omezeno. Zbytkové napětí, které je v podstatě hodnotou smrštění plastického materiálu kolem zástříku může způsobit popras-

kání výrobku. Předehřátím zástříku je umožněno i jeho smrštění a tím může být zmenšeno napětí během vstřikování, nicméně díky rozdílnému koeficientu teplotní roztažnosti kovů a plastů dojde jen k částečné redukci zbytkového napětí. [9]

## 4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Formou je dáván výsledný tvar a rozměry výrobku, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Její dobrou kvalitou jsou plněny funkce technické (správná funkce formy), ekonomické (nízká pořizovací cena) a společenskoestetické (vhodné prostředí při bezpečné práci). [2]

Ve vstřikovací formě jsou normálně obsaženy dvě základní sady komponent. První jsou dutiny a jádra, druhou je rám, ve kterém jsou dutiny a jádra připevněna. [5]

Konstrukce a výroba formy je náročnou a speciální činností, která obvykle není zajišťována vstřikovnou. Technické údaje potřebné pro správnou konstrukci formy jsou: výkres výrobku, násobnost formy, typ vstřikovacího stroje a zvláštní požadavky. [2]

*Vstřikovací formou musí být vyhovováno základním požadavkům [1]:*

- Obsazení dutiny a jádra, které budou dávat tavenině výsledný tvar
- Zajištění prostředí pro dopravení taveniny ze stroje do dutiny
- Působit jako výměník tepla, který bude chladit výrobek rychle a rovnoměrně
- Zajištění vyhazování výrobku z formy
- Mít konstrukci schopnou odolat vnitřním tlakům a kompresivním silám uzavírací jednotky stroje
- U vícenásobných forem zajištění rovnoměrnosti každé dutiny vzhledem ke chlazení taveniny, plnění dutiny taveninou a svým rozměrům

Jsou-li všechny potřebné technické údaje pro návrh formy k dispozici, je vypracován konstrukční návrh formy, který předchází vlastní konstrukci. Takovou činností je představováno posouzení tvaru a rozměrů dílu, který bude vyráběn vstřikováním, zaformování výstřiku a určení jeho dělicí roviny. Takto vypracovaný konstrukční návrh formy je podkladem pro konstrukci, ale především je určen k vypracování nabídky ceny pro zákazníka za zhotovení formy. [2]

*Postup při konstrukci vstřikovací formy [2]:*

- Posouzení výkresu součásti
- Určení dělicí roviny
- Dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě
- Stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému
- Navržení rámu formy

- Vhodné uspořádání středění a upínání formy
- Zkontrolování funkčních parametrů formy

## 4.1 Rámy forem

Rámem formy je představována skupina vzájemně spojených desek s vodícím, středícím a spojovacím příslušenstvím. Spojený celek je funkčním nosičem tvarových dutin a vtoků, vypracovaných přímo v deskách, nebo ve zvláštních vložkách. [3]

*Rámem musí být umožněno [3]:*

- Správné ustavení ve 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 je volena individuálně podle potřeby a nutné funkce formy, s ohledem na zaformování vyráběného výstřiku. Pro usnadnění konstrukce i výroby rámu je dnes využívána nejrůznější typizace a nabídka normálií jednotlivých dílů. [3]

### 4.1.1 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 částí. [3]

### 4.1.2 Rozpěrky

Rozpěrkami je zvětšena stavební výška, ve formě je vytvořen prostor pro umístění vyhazovacích desek, je zmenšena styková plocha mezi funkční a upínací částí formy, je vytvořen prostor pro vytápěné rozvodné bloky. [3]

### 4.1.3 Vyhazovací desky

Vyhazovacími deskami jsou ukotveny, vedeny, ovládány a zajištěny vyhazovače v jejich pracovním i zpětném pohybu. Vyhazovací desky mohou mít své vedení. [3]

#### 4.1.4 Středící kroužky

Slouží k ustředění formy na stroj, ale také k jejímu zajištění proti případnému sklouznutí z desky stroje při manipulaci. Z těchto důvodů mají být u obou polovin formy. [3]

Výše uvedené části rámu jsou zobrazeny v příloze PI.

## 4.2 Studené vtokové systémy (SVS)

Vtokovým systémem formy je zajišťováno při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny formy má proběhnout v co nejkratším čase a s minimálními odpory. Zásadní rozdíly v celkovém uspořádání vtokového systému jsou dány především konstrukcí formy a její násobností. Jsou rozlišovány dva druhy vtokových systémů: studené a vyhřívané. [2]

Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnějším povrchu prudce roste, nejnižší je uprostřed. Ztuhlou povrchovou vrstvou je vytvářena tepelná izolace vnitřnímu proudu taveniny. Za tohoto stavu je zaplněna celá dutina. V okamžiku zaplnění vzroste prudce odpor a poklesne průtok. Další doplňování taveniny může nastat jen jejím elastickým stlačením. [2]

*Obecné zásady řešení SVS [2]:*

- Co nejkratší dráha toku taveniny
- Stejně dlouhá dráha toku ke všem tvářecím dutinám
- Dostatečně velký průřez vtokových kanálů
- U vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů
- Zaoblení všech ostrých hran vtokových kanálů
- Stanovení úkosovitosti všech vtoků
- Leštění povrchu vtokového systému orientovaného ve směru vyjímání
- Řešení zachycení čela proudící taveniny prodloužením rozváděcího kanálu
- Ve vtokovém systému vyloučení místa s velkým nahromaděním materiálu
- Nenavrhování větvení vtokového systému pod ostrým úhlem
- Průřezy vtokových systémů větší pro semikrystalické než amorfní polymery

### 4.2.1 Vtokový kanál

Nejobvyklejší je kuželový vtokový kanál, vytvořený uvnitř vtokové vložky. Je vyústěn do rozvodných kanálů, případně přímo do dutiny. Vtoková vložka je vyráběna z pevné, hou-



ževnaté otěruvzdorné oceli a je tepelně zpracována. Je velmi tepelně a mechanicky namáhána. [2]

Průměr vtokového kanálu na straně trysky stroje je minimálně o 0,5 až 1mm větší, než je průměr trysky. Na opačné straně největší průměr kanálu má být větší minimálně o 1,5mm, než je největší tloušťka výstřiku, nebo stejný s rozvodnými kanály. Je leštěný, s drsností 0,1 Ra a s minimálním úkošem 0,5 až 1,5°. [2]

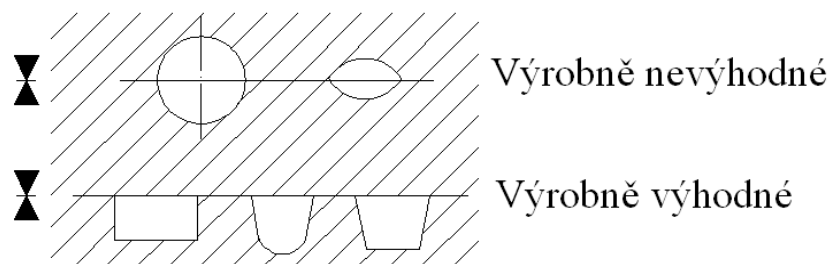
Pokud vtokový kanál ústí do rozvodných kanálů, pak je v místech spojení doporučováno konstruování jímky studeného čela taveniny jako přidržovače vtoku. Pokud je vyústěn přímo do dutiny výstřiku, je vhodné vytvořit proti ústí vtoku čočkovité zahloubení, zvláště pro menší tloušťky stěn. [2]

#### 4.2.2 Rozvodný kanál

Rozvodné kanály jsou spojením mezi vtokovým kanálem s ústím vtoku a tvářecí dutinou. Jejich délka je dána typem formy. Velikost jejich průřezů je ovlivňována řadou činitelů (charakterem výstřiku, tepelnými a reologickými vlastnostmi taveniny, parametry vstřikovacího stroje). Všeobecně platí, že nejmenší průměr rozváděcího kanálu nemá překročit 1,54 násobek největší tloušťky výstřiku. [2]

*Rozvodným kanálem musí být splněny následující požadavky [1]:*

- Dostatečná velikost, aby tlak potřebný k naplnění nebyl nadměrný
- Zajištění rovnoměrnosti toku do všech dutin
- Maximalizace účinnosti rozvodného kanálu



Obrázek 11: Průřezy rozvodných kanálů [2]

### 4.2.3 Vtoková ústí

Vtokové ústí je spojením mezi výrobkem a rozvodným kanálem. Rozměr, tvar a umístění vtokového ústí může být významně ovlivněno schopností úspěšně vystříknout výrobek. Klíčovou vlastností ústí je dovození snadného oddělení výrobku od rozvodného kanálu. [1]

Vtokové ústí je vytvářeno zúžením rozvodného kanálu, jen ve výjimečných případech může být použit plný nezúžený vtok (např. velkoobjemové výrobky). Jeho zúžením je zvýšena klesající teplota taveniny před vstupem do dutiny. Je omezeno strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím i vytvoření povrchových defektů. Velikost vtokového ústí je volena co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, plastu i technologie vstřikování. Velikost zúženého průřezu však musí spolehlivě naplnit dutinu formy a také umožnit případné působení dotlaku. Délka je volena co nejkratší, je omezena pevností materiálu formy. Umístění vtokového ústí je rozhodujícím vlivem na vzhled a požadovanou kvalitu výrobku. [2]

*Zásady umístění vtokového ústí [2]:*

- U obdélníkového tvaru výstřiku do kratší strany
- Do nejtlustšího místa výstřiku (tavenina má téci z místa většího průřezu do míst s menším průřezem, z důvodu chladnutí)
- Do geometrického středu dutiny, aby tavenina zatékala do všech míst rovnoměrně
- U žeber musí tavenina proudit v jejich směru
- Mimo místa velkého namáhání
- Do otvorů nebo poblíž
- S ohledem na možnost úniku vzduchu
- S ohledem na zamezení volného toku taveniny

*Typy vtokových ústí [1]:*

- Kuželový vtok
- Boční vtok
- Vějířovitý vtok
- Filmový vtok
- Prstencový vtok
- Membránový vtok
- Tunelový vtok

- Banánový vtok
- Výstupkový vtok
- Bodový vtok
- Dlátový vtok

Základní typy jsou zobrazeny v příloze PII.

### 4.3 Vyhřívané vtokové systémy (VVS)

Pomocí VVS je vstřikováno bez vtokového zbytku. Dnešní VVS mají vyhřívané trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. Od SVS jsou odlišeny především tím, že VVS jsou nakupovány od specializovaných výrobců. Jednotlivá konstrukční provedení i rozsah jejich použití jsou rozdílné. Proto je nutné při použití určitého systému vyžádání potřebných podkladů, případně i technickou konzultaci od daného výrobce. [2]

Technologie vstřikování s použitím vyhřívané vtokové soustavy spočívá v tom, že tavenina je po naplnění formy v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu. U všech způsobů bezvtokového vstřikování je vhodné provedení v místě jeho vyústění na výstřiku zahloubení. Součástí systému je regulace teploty VVS i formy. Celá soustava umožňuje snadnou montáž, demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu. [2]

Soustava VVS však vyžaduje podstatně složitější a výrobně nákladnější formy, obslužný personál i strojní zařízení musí být na příslušné technické úrovni. Dále je třeba zajištění VVS včetně regulátorů a snímačů. Ekonomickou výhodnost forem pro bezodpadové vstřikování je třeba posuzovat z hlediska celého výrobního procesu. Nepřetržitý provoz, dokonalé technické vybavení i vhodné zpracovatelské vlastnosti plastů. [2]

Koncepce formy vybavené VVS je oproti běžné rozdílná v tom, že všechny potřebné elementy tohoto systému, včetně elektroinstalace jsou neseny pevnou částí. Její pohyblivá část není od formy se studenými vtoky odlišná. [2]

### 4.4 Vyhazovací systémy

Vyhazování výstřiků z formy je činností, kdy je z dutiny nebo tvárníku otevřené formy vysunován nebo vytlačován zhotovený výstřik. K tomu je určeno vyhazovací zařízení, které doplňuje formu. Má dvě fáze: dopředný pohyb (vlastní vyhazování), zpětný pohyb (ná-

vrat vyhazovacího systému do původní polohy). Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. Může jich být využito k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. [3]

Pohyb vyhazovacího systému je vyvinut např. narážecím kolíkem o traverzu stroje při otevírání formy, hydraulickým, či pneumatickým zařízením, nebo ručním vyhazováním nejrozličnějšími mechanismy. Zpětný pohyb je zajišťován vratnými kolíky, pružinami, nebo speciálním mechanickým, vzduchovým nebo hydraulickým zařízením. [3]

Po otevření formy je výstřik vlivem smrštění plastu obvykle na tvárníku, může, ale zůstat i ve tvárnici. Proto je snahou, aby výstřik zůstal v té části formy, kde je vyhazovací systém. [3]

*Potřebná velikost vyhazovací síly je závislá na [3]:*

- Velikosti smrštění výstřiku ve formě
- Členitosti výstřiku a jakosti povrchu funkčních ploch dutiny formy
- Technologických podmínkách vstřikování
- Pružných deformací formy

#### **4.4.1 Mechanické vyhazování**

Je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem a je používáno všude tam, kde je to jen možné. [3]

*Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků:*

Je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiků. Lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Tento systém vyhazování je výrobně jednoduchý a funkčně zaručený. Vyhazovací kolíky mají být opřeny o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit. Není vhodné je umístit na vzhledových plochách, protože jsou po nich na výstřiku zanechány stopy. Vyhazovací kolíky mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. [3]

*Vyhazování stírací deskou nebo trubkovými vyhazovači:*

Představuje stahování výstřiku z tvárníků po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nejsou na výstřiku zanechány stopy po vyhazování. Jeho deformace jsou pak minimální a stírací síla velká. Jsou používány především u tenkostěnných výstřiků a i pro více-

násobné formy. Trubkový vyhazovač má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík, zatímco vlastní vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro. [3]

*Vyhazování pomocí šikmých čepů a posuvových kostek:*

Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou k ní uloženy pod různými úhly. Jsou využívány k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Uspořádání takového systému má nejrůznější podobu a je možné ho kombinovat i s přímým vyhazováním. [3]

*Dvoustupňové vyhazování:*

Vyžaduje dva vyhazovací systémy, které jsou vzájemně ovlivňovány. Tímto způsobem je umožněno vyhazování výstřiků s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. Je využíváno také při oddělování vtokových zbytků od výstřiků spolu s jejich vyhazováním. Pracuje takovým způsobem, že jednou skupinou zdvojených vyhazovačů jsou odstříhnuty vtoky a druhou se zpožděným zdvihem jsou vyhozeny výstřiky. [3]

#### **4.4.2 Pneumatické vyhazování**

Je vhodným systémem pro vyhazování tenkostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které je potřeba při vyhazování zavzdušnit, aby nebyly deformovány. Pneumatickým vyhazováním je zaváděn stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím je umožněno rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučeno místní přetížení a vznik stop po vyhazovačích na výstřiku. Použití pneumatického vyhazování je omezeno jen na některé tvary výstřiků. [3]

#### **4.4.3 Hydraulické vyhazování**

Hydraulické vyhazovače jsou vyráběny většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která je zabudována přímo do připraveného místa ve formě. S její pomocí jsou přímo ovládány vyhazovací kolíky stírací desky apod. Hydraulické vyhazování je vyznačováno velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [3]

#### **4.4.4 Vyhazování vtokového zbytku**

Při rozevírání formy po nástřiku je třeba vtokový zbytek přidržet na požadované straně, dokud není bezpečně vytažen vtokový kužel z vtokové vložky. V pohyblivé části formy,

s vyhazovacím zařízením, je různými způsoby proveden podkos, který přidrží vtokový zbytek tak dlouho, až je vyhazovacím kolíkem vyhozen současně s výstřikem. Volba daného způsobu je závislá na koncepci formy a na funkci vtokového zbytku. [3]

#### 4.4.5 Zpětný chod vyhazovacího systému

Návrat vyhazovacího systému při uzavírání formy je důležitou složkou jeho činnosti. Je jím zajišťováno setření výstřiku přichyceného na vyhazovačích a dále pak vracení vyhazovacího systému do výchozí polohy, pro další vstřikovací cyklus. [3]

*Zpětný pohyb je zajištěn těmito způsoby [3]:*

- Vratnými kolíky
- Pružinami
- Klíny a vačkami
- Vzduchovým nebo hydraulickým vyhazovačem s jeho zpětným působením

### 4.5 Temperace forem

Temperace je určena k udržování konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. To je zajištěno ochlazováním, případně vyhříváním celé formy, nebo její části. Temperací je ovlivňováno plnění tvarové dutiny a zajišťováno optimální tuhnutí a chladnutí plastu. [3]

*Úkolem temperace je [3]:*

- Zajištění rovnoměrnosti teploty formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny
- Odvedení tepla z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku

Pokud má forma dostatečnou hmotnost a dobře řešený temperační systém, je zvýšena její tepelná a tím i rozměrová stabilita a sníženo nebezpečí deformace, při vysokých vstřikovacích tlacích. Někdy jsou záměrně temperovány různé části formy odlišně, aby byly eliminovány tvarové deformace způsobené anizotropií smrštění plastu. [3]

Teplota forem a zvláště jejich dutin není během vstřikování konstantní. Po vstřiku nejprve stoupá, potom klesá v důsledku odvodu tepla temperačním systémem. Kolísání teplot má být co nejmenší, to znamená volení správné velikosti, rozmístění kanálů i rychlosti a

správné nastavení teploty temperačního média. Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými proudí vhodná kapalina. Pro ohřev je používáno většinou elektrického vytápění. [3]

Rozměry a rozmístění temperačních kanálů a dutin je voleno s ohledem na celkové řešení formy. Vzdálenost kanálů od funkční dutiny má být optimální. Je třeba, aby bylo dbáno na dostatečnou pevnost a tuhost stěny funkční dutiny. Je vhodnější použít větší počet menších kanálů s malými roztečemi než naopak. Průřez kanálu je volen podle velikosti výstřiku, druhu plastu a rámu formy. Nejběžnější průřez je kruhový, ale může být i obdélníkový. [3]

*Pravidla volby temperačního systému [3]:*

- Kanály umístit v optimální vzdálenosti od tvarové dutiny
- Kanály umístit u vtoku
- Chladicí kapalina by měla proudit od nejteplejšího místa k nejchladnějšímu, u ohřívání naopak.
- Průřez kanálů volit kruhový
- Rozmístění kanálů je voleno s ohledem na tvar výstřiku
- Kanály mají procházet celistvým materiálem formy
- Kanály nemají být umístovány v blízkosti hran výstřiku
- Průměr kanálu nemá být menší než 6mm
- Po cestě temperačního média nemají být vytvářeny mrtvé kouty

#### **4.5.1 Temperační prostředky**

Představují média, které svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách. Jsou rozděleny na aktivní (působí přímo ve formě) a pasivní (svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy). [3]

*Aktivní prostředky jsou [3]:*

- Kapaliny (voda, olej glykoly)
- Vzduch
- Topné elektrické články

*Pasivní prostředky jsou [3]:*

- Tepelně izolační materiály (sklotextit ARV a SI, skleněné rohože)
- Tepelně vodivé materiály (měď a její slitiny)

## 4.6 Odvzdušnění forem

Odvzdušení může být příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku, nebo jeho nízkých mechanických vlastností. [3]

### 4.6.1 Vliv technologických parametrů vstřikování na odvzdušnění

Dutina formy je před vstřikováním naplněna vzduchem. Při jejím plnění taveninou je nutné zajištění úniku vzduchu a případných zplodin. Čím větší je rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny. Nejčastějším jevem při rychlém plnění je stlačení vzduchu, který je vlivem vysokého tlaku silně ohříván, a vzniká tzv. Dieslův efekt (spálená místa na výstřiku). Při pomalém plnění je tvořen a uvolňován ztuhlý polymer ze stěn formy a je strháván do proudící taveniny. Při určitém stavu technologických parametrů a větších tloušťkách stěn výstřiku, může vzduch vniknout do taveniny a po zchladnutí v ní zůstat v podobě bublin. Bubliny bez vzduchu (lunkry) jsou tvořeny následkem zmenšení objemu materiálu po ochlazení vnější vrstvy výstřiku. [3]

### 4.6.2 Určení místa pro odvzdušnění

Volba místa pro odvzdušnění je někdy zřejmá z tvaru výstřiku, jindy však je jen obtížně zjistitelná. Je třeba se řídit úvahou, jakým způsobem a směry bude dutina naplněna proudy taveniny. To samo o sobě závisí na umístění vtoku, tloušťce stěn a na kvalitativních podmínkách, které jsou kladeny na výstřik a jeho požadovanou funkci. Charakter nedotečeného výstřiku, nebo spálené místo na něm, je vodítkem pro určení místa pro odvzdušnění. [3]

### 4.6.3 Odvzdušňovací kanály

Vzduch z dutiny formy stačí často uniknout dělicí rovinou, vůlí mezi pohyblivými částmi apod. V ostatních případech je třeba formu opatřit odvzdušňovacími kanálky obdélníkového průřezu. Zhotovené průřezy musí účinně odvádět vzduch, ale zároveň nesmí docházet k zatékání plastu. Potíže s odvzdušněním mají zejména nové formy s dobře těsnícími dělicími rovinami a vyhazovači. Opomenutím čištění kanálů od konzervačního prostředku, který je proudy taveniny unášen do odvzdušňovacích mezer, je často způsobeno jejich zanesení a odvzdušnění je pak neúčinné. [3]



## 4.7 Materiály na výrobu forem

Materiál je ovlivněn provozními podmínkami výroby (druhem vstřikovaného plastu, přesností a jakostí výstřiku, podmínkami vstřikování, vstřikovacím strojem) Pro výrobu forem jsou tedy používány materiály, kterými jsou splněny provozní požadavky v optimální míře. Jsou to materiály jako ocel, neželezné slitiny kovů a ostatní materiály. [3]

Nedostatečnou kvalitou povrchu je zhoršeno vyjímání, vyleštěný povrch je rovněž prostředkem k ochraně proti korozi atd. Z těchto požadavků vyplývají i nároky na čistotu oceli. Ocelárny vyrábí přes 75% objemu ocelí na formy technologií struskového přetavování, nebo řízenými metalurgickými procesy. Jsou tím zvýšeny mechanické i technologické vlastnosti oceli. Takto připravený materiál je v praxi projevován jednodušší a bezpečnější výrobou nástrojů a v provozu jejich vyšší životností i kvalitou výstřiků. [3]

### 4.7.1 Požadované vlastnosti ocelí

Jednotlivé díly forem nemají stejnou funkci. Proto vyžadují i svoje specifické požadavky na volbu materiálu, z kterého budou vyrobeny. [3]

*Od materiálů na formy je vyžadována [3]:*

- Dostatečná mechanická pevnost
- Dobrá obrobiteľnosť

*Požadavky na kvalitu struktury [3]:*

- Dobrá leštitelnost a obrusitelnost
- Zvýšená odolnost proti otěru
- Odolnost proti korozi a chemickým vlivům plastu
- Vyhovující kalitelnost a prokalitelnost
- Stálost rozměrů a minimální deformace při kalení
- Vhodné fyzikální vlastnosti

Splnění všech požadavků pro jednu nástrojovou ocel je někdy pro jejich protichůdnost nereálné. V první řadě jsou příslušné jakosti ocelí řízeny vlastnostmi a technologií vstřikovaného plastu. Většina těchto vlastností je vyžadována ocelemi, používanými na tvárníky, tvárnice a ostatní funkční vložky. Na pomocné díly (rám formy) jsou dostačující konstrukční oceli. Jejich funkční požadavky jsou nižší, cena a vhodný sortiment dostupnější. [3]

*Používané druhy ocelí [3]:*

- Oceli konstrukční k použití v přírodním i zušlechtěném stavu
- Oceli k snadnému opracování a tváření, pro cementování a zušlechtování
- Oceli uhlíkové k zušlechtování
- Oceli nástrojové legované se sníženou i velkou prokalitelností a odolností proti otěru
- Oceli k nitridování
- Oceli antikorozi, používané při zpracování plastů, které chemicky ovlivňují ocel
- Oceli martenziticky vytvrditelné s malou deformací při tepelném zpracování a velkou stálostí rozměrů

*Další používané materiály [3]:*

- Slitiny mědi
- Slitiny hliníku

#### **4.7.2 Tepelné zpracování ocelí**

Představuje souhrn takových operací, kterými jsou získávány požadované vlastnosti materiálu. Průběh je provázen změnou jejich struktury, ovlivňující především mechanické vlastnosti. [3]

*Nejdůležitější způsoby jsou [3]:*

- Žhání (odstranění vnitřního pnutí)
- Kalení (zvýšení tvrdosti a pevnosti)
- Popouštění v návaznosti na kalení
- Chemicko-tepelné zpracování (cementace, nitridování atd.)

#### **4.7.3 Tepelné zpracování neželezných kovů**

Zlepšení podmínek pro zpracování, nebo případné zvýšení pevnosti neželezných slitin Al a Cu. Oproti ocelím je u nich účinek opačný (kalením měknou, žháním se vytvrzují). [3]

*Nejdůležitější způsoby jsou [3]:*

- Žhání
- Vytvrzování

## 5 VSTŘIKOVACÍ STROJE

*Základní rozdělení [19]:*

- Elektrické, hydraulické, kombinované
- Pístové, šnekové
- Jednošnekové, vícešnekové
- Pomaluběžné, rychloběžné
- Horizontální, vertikální
- S předplastikací, bez předplastikace
- Pro termoplasty, reaktoplasty, kaučukovité směsi

Vstřikovací stroje jsou nezbytně složeny ze čtyř odlišných částí (uzavírací jednotky, plastikační jednotky, vstřikovací jednotky a ovládacího panelu). [13]

### 5.1 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotkou je otevírána a uzavírána forma (nejlépe rychle) jak je vyžadováno během cyklu. Musí také vyvinout nezbytnou uzavírací sílu k udržení uzavřené formy během vstřikování, protože vstřikovací tlak působící na vnitřní plochu dutiny má sklon k otevření formy v dělicí rovině. Uzavírací síla je závislá na velikosti stroje, resp. na velikosti plochy průřezu výstřiku v dělicí rovině a na velikosti vstřikovacího tlaku. [10, 13]

Podle druhu pohonu lze rozdělit uzavírací jednotku na hydraulickou, hydraulicko-mechanickou a elektromechanickou. [10]

### 5.2 Plastikační jednotka

Dnešní plastikační jednotky jsou téměř výhradně extrudery, kterými je ohříván chladný materiál na požadovanou teplotu pro vstřikování. Ohřívání je vytvářeno mechanickou energií (disipací), kdy je šnekový šroub otáčen a je působící na plast. Tímto působením šroubu je také posunován polymer ke špičce šroubu. Vytápěním kolem hlavně (obvykle ve třech nebo více ohřívacích zónách) je poskytováno dodatečné ohřívání, které je hlavně vyžadováno během zapínání stroje, ale také tam, kde by mechanická energie šroubu sama o sobě nestačila na plastikaci celkového množství plastu potřebného na jednu dávku. [13]

### 5.3 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotkou je vstřikována tavenina pod tlakem do formy. Úroveň tlaku potřebného k naplnění formy je závislá hlavně na tloušťce stěny. Vstřikovací tlak je definován jako tlak plastu v bodě, kde vstupuje do trysky stroje. Tlustostěnnými výrobky jsou vyžadovány relativně malé tlaky (50 - 100) MPa, někde je dokonce dostačující k naplnění dutiny formy tlak extruderu sám o sobě. Tenkostěnné výrobky mohou vyžadovat mnohem vyšší vstřikovací tlaky (až dvakrát takové). Existují dvě vstřikovací metody jednostupňová a dvoustupňová. [13]

### 5.4 Ovládání vstřikovacích strojů

Ovládacím panelem je vstřikovací stroj ovládán. Ovládání má čtyři základní prvky (Příkazový modul, ovládání logiky, zdroj energie, ovladače topení). [13]

*Příkazový modul:*

Je umístěn blízko bezpečnostních dvířek, odkud může obsluha sledovat formu. Tam má obsluha snadný přístup k tlačítkům aby mohla ovládat všechny funkce manuálně. [13]

*Ovládání logiky:*

Uskutečňuje manipulaci a nastavení stroje pomocí signálů z polohových senzorů, časových spínačů atd., aby stroj pracoval správně. U dnešních strojů je ovládání logiky téměř výhradně zajištěno pomocí mikropočítačů. [13]

*Zdroj energie:*

Distribuce energie k motorům a topení atd. [13]

*Ovladače topení:*

Ovládání teploty stroje a formy. [13]

## 6 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části byla popsána problematika vstřikovacího procesu se všemi nejdůležitějšími faktory, které se na procesu vstřikování podílejí. Důraz byl kladen zejména na konstrukci vstřikovaných výrobků a konstrukci vstřikovacích forem. V jednotlivých podkapitolách byly uvedeny zásady, pravidla a konstrukční řešení návrhu výrobku nebo formy. S ohledem na téma bakalářské práce, byla podrobněji rozepsána problematika zastřikovaných výrobků (tzv. zástříků) v kapitole o konstrukci výrobků.

V ostatních kapitolách byl popsán samotný průběh vstřikování a vstřikovací cyklus. Byly zmíněny polymery vhodné ke vstřikování, jejich základní rozdělení a vlastnosti jednotlivých typů. Jedna z kapitol byla věnována také základnímu popisu vstřikovacích strojů.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je navrhnout dvě varianty vstřikovací formy pro zastříkovaný díl, kterým je otvírák na láhve. U první varianty vstřikovací formy se jedná o celkový návrh, u druhé varianty budou navrhovány pouze tvarové desky s vyhazovacím systémem na již existující univerzální rám formy. Obě varianty budou navrhovány pro zadaný vstřikovací stroj. Oba návrhy budou doloženy výkresovou dokumentací.

## 8 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Navrhovaným výrobkem je otvírák na láhve, jehož základ je tvořen ocelovou kostrou, tzv. zástříkem. Otvírák slouží k otevírání pivních, sirupových a podobných typů lahví.

### 8.1 Charakteristika výrobku

Při návrhu výrobku bylo nejprve nutné navrhnout zástřík, který bude přibližně odpovídat tvaru hotového výrobku a bude výrazně zvyšovat tuhost vyrobeného otvíráku. Na výrobu zástříku byl zvolen plech z konstrukční oceli 11600 o tloušťce 2mm. K vymezení tvaru zástříku dojde na stříhacím stroji s odpovídajícím tvarem střížníku a střížnice. Tento zástřík bude po vložení do tvarové dutiny vstřikovací formy zastříknut zvoleným typem polymerního materiálu. Tím dojde k vytvoření konečné podoby výrobku – otvíráku.

Navržený otvírák má základní rozměry 97.5 x 45 x 5mm (v x š x h), přičemž je zachována konstantní tloušťka stěny 1.5mm, aby bylo zamezeno vzniku propadlin. Po obvodu je vytvořeno zaoblení pro lepší zatečení polymeru a zlepšení manipulace s výrobkem. Za stejným účelem jsou vytvořeny zaoblení i na vnitřních stěnách výrobku.

### 8.2 Materiál výrobku

Při návrhu výrobku bylo vybíráno ze tří druhů materiálů: polymethylmetakrylát (PMMA), polykarbonát (PC) a polyoximethylen (POM). Pro níže zmíněné vlastnosti byl zvolen polyoximethylen, neboli polyformaldehyd.

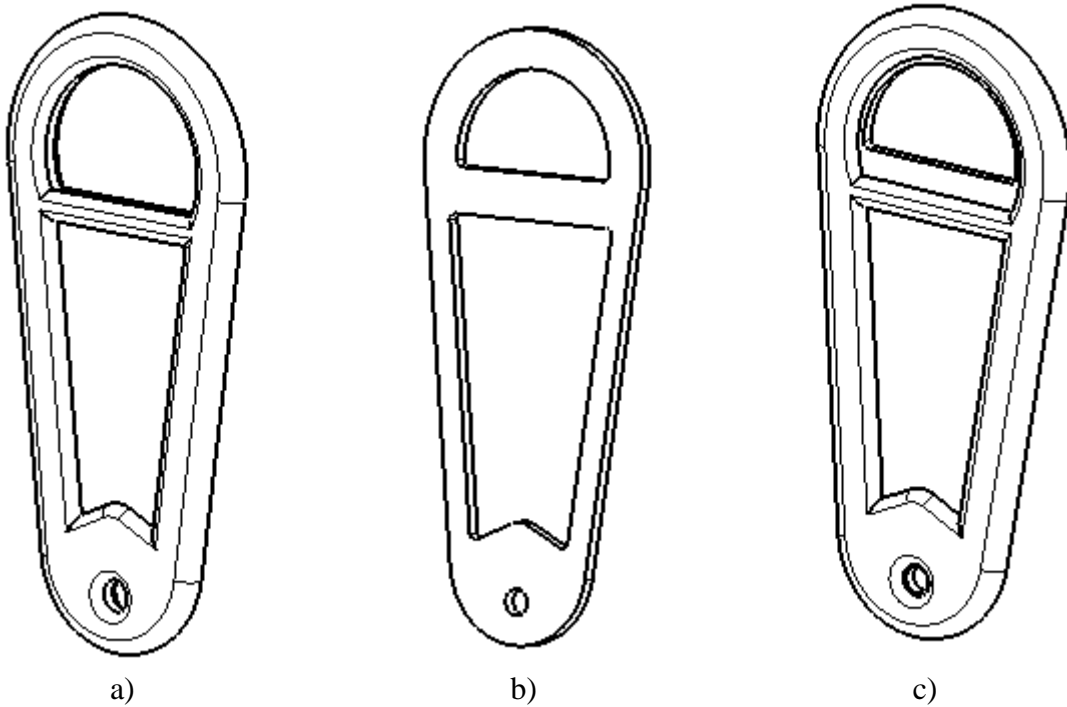
Jedná se o semikrystalický termoplast s podílem krystalinity kolem 70%. Je velmi tuhý a pevný s vysokou rázovou houževnatostí. POM je značně pružný a má dobrou mez únavy, trvalá teplotní odolnost je do 85 – 95°C. Chemická odolnost je dobrá proti slabým kyselinám, zásadám, alkoholům a olejům, špatná proti silným kyselinám, oxidačním činidlům a horké vodě. [8]

Dodavatelem granulí materiálu byla zvolena firma BASF. Obchodní název polymeru je ULTRAFORM N2320C BK120Q600 a jeho základní charakteristiky jsou [21]:

- Modul pružnosti v tahu  $E = 3635$  [MPa]
- Modul pružnosti ve smyku  $G = 1230$  [MPa]
- Index toku taveniny ITT = 25 [g/10min]
- Smrštění kolmo na směr toku 2.678 [%]
- Smrštění ve směru toku 2.101 [%]



- Hustota taveniny 1.1594 [g/cm<sup>3</sup>]
- Hustota tuhé fáze 1.4225 [g/cm<sup>3</sup>]



Obrázek 12: a) Polymerní část, b) Zástřík, c) Hotový otvírák

## 9 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací formy byly navrhovány na vstřikovací stroj německé firmy Arburg, konkrétně se jedná o typ ALLROUNDER 420C (1000-350), který patří mezi strojové vybavení Ústavu výrobního inženýrství Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.



Obrázek 13: ALLROUNDER 420C [14]

*Základní parametry stroje [15]:*

- Maximální uzavírací síla	1000 [kN]
- Maximální otevření	500 [mm]
- Minimální výška formy	250 [mm]
- Maximální světlost mezi upínacími deskami	750 [mm]
- Vzdálenost mezi vodícími sloupy	420x420 [mm]
- Velikost upínací desky	570x570 [mm]
- Maximální vyhadzovací síla	40 [kN]
- Maximální zdvih vyhadzovače	175 [mm]
- Celkový příkon stroje	33.9 [kW]
- Průměr šneku	40 [mm]
- Poměr šneku L/D	20
- Maximální objem dávky	182 [cm <sup>3</sup> ]
- Maximální vstřikovací tlak	2120 [bar]
- Maximální krouticí moment šneku	550 [Nm]
- Maximální přítlačná síla trysky	60 [kN]

## 9.1 Kontrolní výpočty

Pro zhodnocení vhodnosti zadaného vstřikovacího stroje byly provedeny následující výpočty:

*Určení množství potřebného plastu [3]:*

$$M = 1,2(G \cdot n + A) \cdot \frac{\alpha_x}{\alpha_p} [g] \quad (1)$$

$G$  – hmotnost výstřiků [g],  $n$  - zvolená násobnost formy [-],  $A$  – hmotnost vtoků a kanálů,  $\frac{\alpha_x}{\alpha_p}$  - podíl poměrových hodnot určeného plastu k polystyrenu

$$M = 1,2(10,5 \cdot 4 + 10) \cdot \frac{136}{100} = 85[g] \quad (2)$$

*Plastikační doba jednoho cyklu vstřikovacího stroje [3]:*

$$t_{pl} = \frac{3,6 \cdot M}{Q} [s] \quad (3)$$

$M$  – množství potřebného plastu [g],  $Q$  – plastikační výkon stroje [kg/hod]

$$t_{pl} = \frac{3,6 \cdot 85}{29} = 10,6[s] \quad (4)$$

*Potřebná uzavírací síla vstřikovacího stroje [3]:*

$$F = 1,2 \cdot S \cdot p_v \cdot k [kN] \quad (5)$$

$S$  – průmět plochy výstřiku do dělicí roviny včetně rozváděcích kanálů [cm<sup>2</sup>],  $p_v$  – tlak v dutině formy [MPa],  $k$  – koeficient tekutosti [-],

$$F = 1,2 \cdot 36,5 \cdot 130 \cdot 1,55 = 88,3[kN] \quad (6)$$

*Násobnost formy podle vstřikovací kapacity stroje [2]:*

$$n_1 = \frac{0,8 \cdot M}{A \cdot G} [-] \quad (7)$$

$M$  – vstřikovací objem stroje [g],  $A$  – koeficient vtokového zbytku 1.05 - 2 [-],  $G$  - hmotnost výstřiku [g]

$$n_1 = \frac{0,8 \cdot 234}{1,5 \cdot 10,5} = 11,9[-] \quad (8)$$

*Násobnost podle plastikačního výkonu [2]:*

$$n_2 = \frac{0,8 \cdot Q_p \cdot t_c \cdot 1000}{A \cdot G \cdot 3600} [-] \quad (9)$$

$Q_p$  – plastikační výkon stroje [kg/hod],  $t_c$  – plastikační doba jednoho cyklu [s],  $A$  – koeficient vtokového zbytku 1.05 - 2 [-],  $G$  - hmotnost výstřiku [g]

$$n_2 = \frac{0,8 \cdot 29 \cdot 10,6 \cdot 1000}{1,5 \cdot 10,5 \cdot 3600} = 4,3[-] \quad (10)$$

Dle výpočtů nebudou překročeny základní parametry vstřikovacího stroje, takže zadaný vstřikovací stroj je vhodný.

## 10 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Návrh první varianty vstřikovací formy spočíval v kompletním návrhu včetně rámu se všemi nezbytnými záležitostmi. Bylo snahou využívat co nejvíce normálií firmy HASCO pro zvýšení hospodárnosti výroby.

### 10.1 Vstřikovací forma

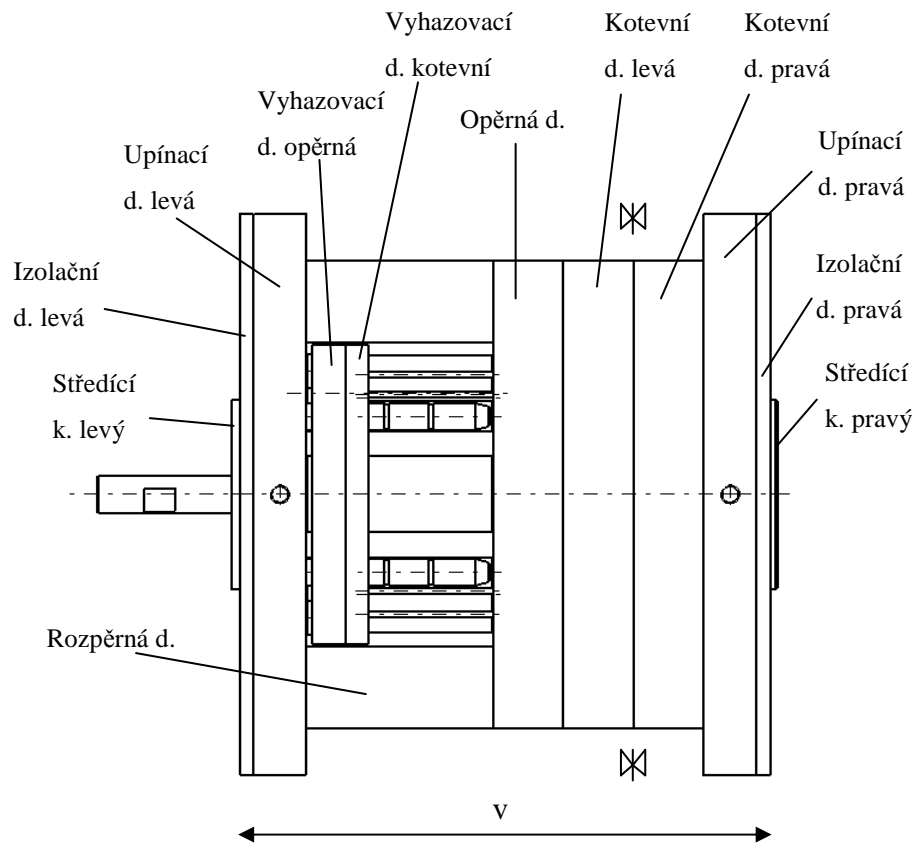
#### 10.1.1 Popis rámu

Jako nejvhodnější rám byl zvolen dvoudeskový systém vstřikovací formy. Desky rámu byly vybrány z katalogu normálií firmy HASCO, nicméně vybrané desky sloužily pouze jako polotovary, protože je bylo nutné dále konstrukčně upravit dle potřeb navrhované formy. Všechny desky byly vyrobeny z materiálu DIN 1.1730, jehož ČSN ekvivalentem je nástrojová ocel 19083. Jedinou výjimkou byly izolační desky, které byly vyrobeny z polymeru plněného skelnými vlákny. Dále byl rám formy vyztužen pomocí čtveřice speciálních opěrných válců, které slouží k celkovému zvýšení tuhosti vstřikovací formy. Válce byly také vybrány z normálií firmy HASCO.

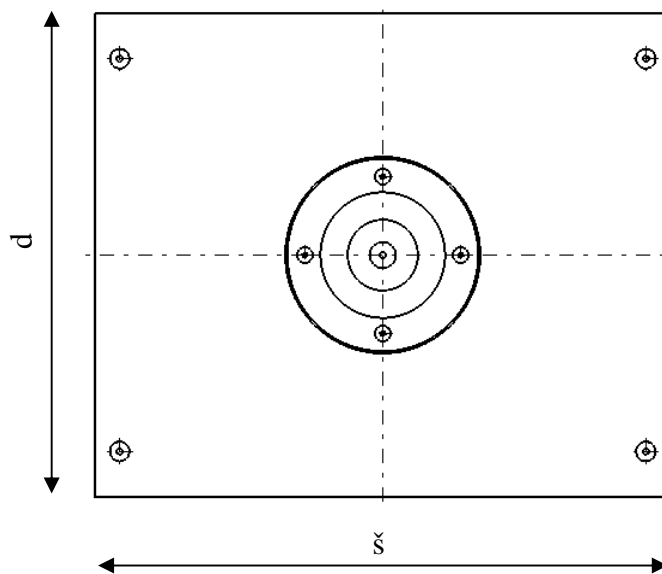
*Označení jednotlivých desek v katalogu HASCO:*

- Středící kroužek pravý – K100/100x15
- Izolační deska pravá – Z1213/246x296x7x90
- Upínací deska pravá – K16/246x296x27/1730
- Kotevní deska pravá – K20/246x246x36/1730
- Kotevní deska levá – K20/246x246x36/1730
- Opěrná deska – K30/246x246x36/1730
- Rozpěrná deska – K40/246x246x96/1730
- Upínací deska levá – K16/246x296x27/1730
- Izolační deska levá – Z1213/246x296x7x90
- Středící kroužek levý – K500/100x15
- Vyhazovací deska opěrná – K70/246x246x17/1730
- Vyhazovací deska kotevní – K60/246x246x12/1730

Základní rozměry rámu vstřikovací formy jsou tedy 246 x 296 x 272mm (d x š x v).



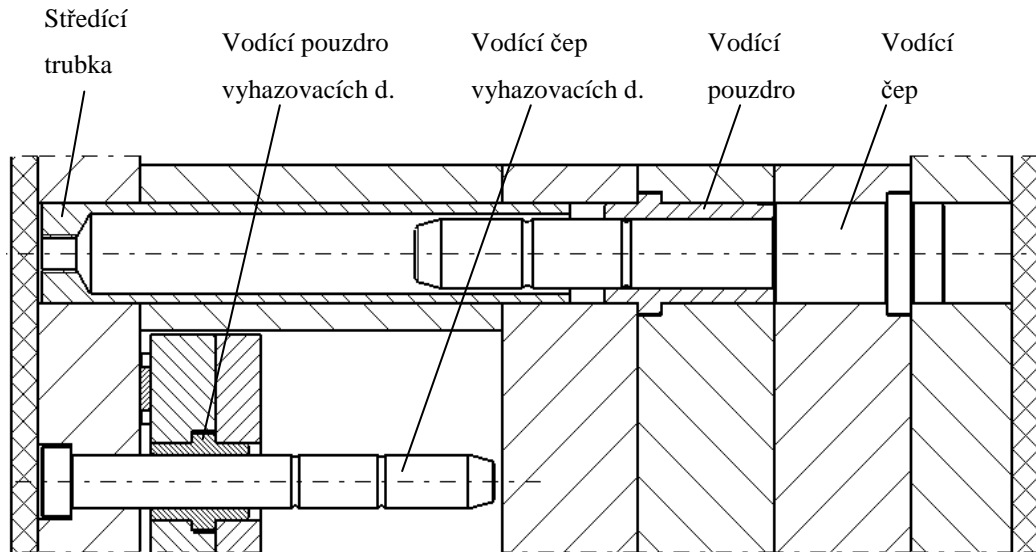
Obrázek 14: Boční náhled rámu



Obrázek 15: Čelní náhled rámu

*Vodící součásti vstřikovací formy:*

Vodící a spojovací součásti byly opět vybrány z katalogu normálií firmy HASCO. Tyto součásti slouží k vystředění jednotlivých desek formy, k jejich správnému vedení při otevírání a zavírání formy a při pohybu vyhazovacím systémem.



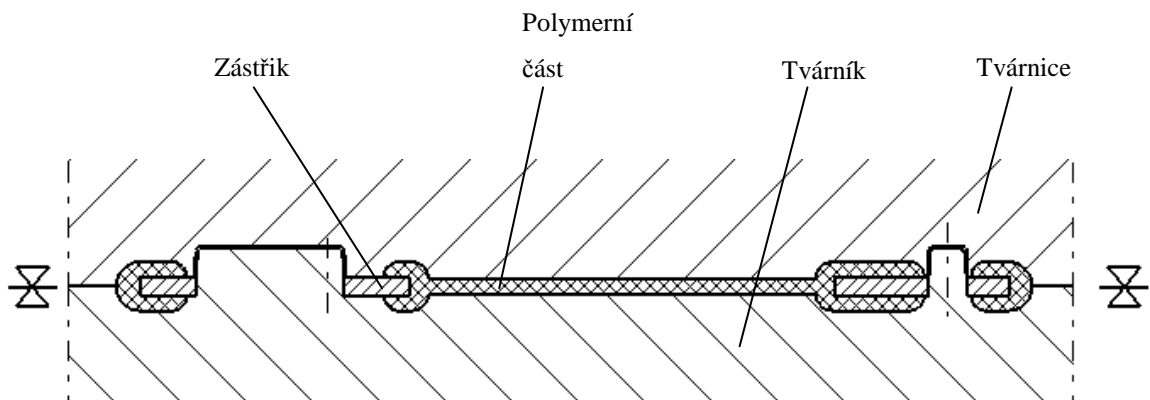
Obrázek 16: Vodící části formy

### 10.1.2 Násobnost

Dle rovnic (7) a (9) byla optimální násobnost vstřikovací formy zvolena čtyři. Při této násobnosti bude maximálně využita velikost vstřikovací formy a výroba bude dostatečně produktivní a hospodárná. Pro tuto násobnost bude potřebné množství plastu na jeden cyklus 85g, doba jednoho cyklu bude trvat 10.6s a potřebná uzavírací síla bude 88.3kN.

### 10.1.3 Zaformování výrobku

Výrobek bude zaformován přesně ve své polovině pomocí jedné dělicí roviny.

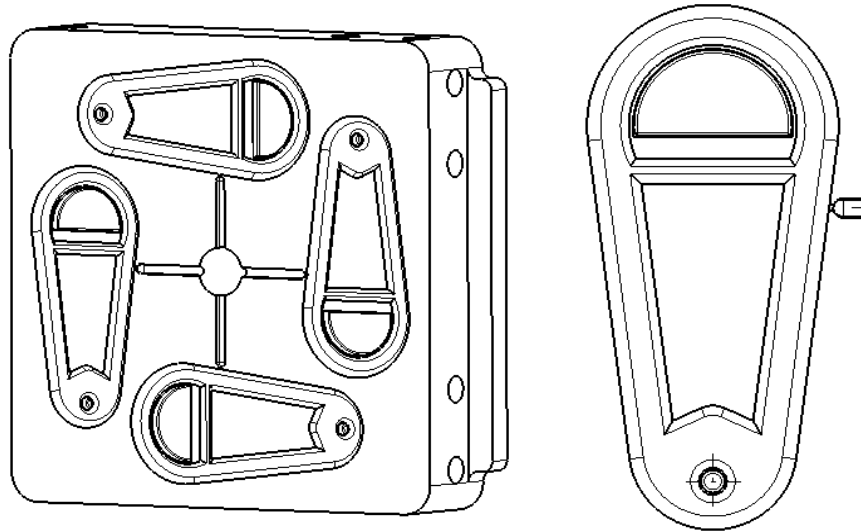


Obrázek 17: Řez dutinou formy

*Tvárnice:*

Tvárnice je vyrobena z jednoho kusu nástrojové oceli 19083, která byla zakalena na tvrdost HRC 55, aby odolávala vysokým teplotám a tlakům v průběhu vstřikování. Dutiny tvárnice

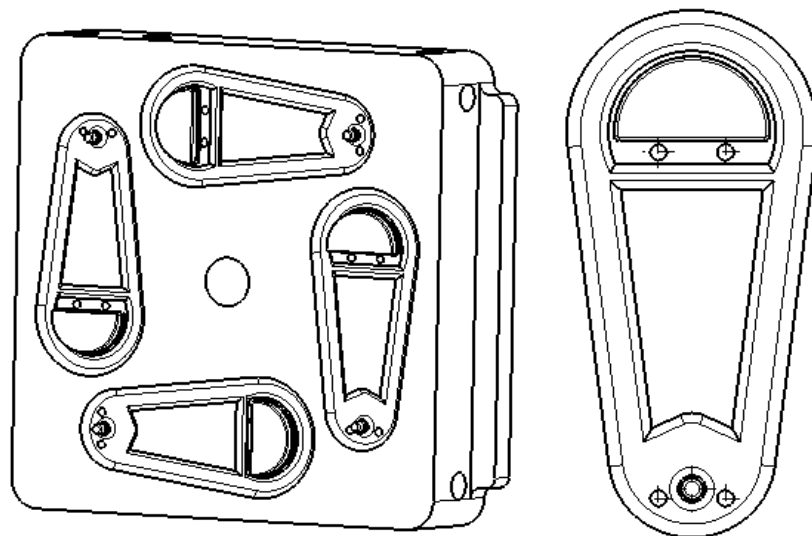
byly zvětšeny o udávané smrštění polymeru. Dutiny byly dále opatřeny kuželovými dírami pro nosné čepy zástřiku.



Obrázek 18: Tvárnice a detail dutiny

*Tvárník:*

Tvárník je svým tvarem a rozměry identický s tvárnicí. Byl vyroben ze stejného materiálu a stejně tepelně zpracován. Rozdíl je v tom, že tvarové dutiny byly opatřeny nosnými čepy pro nasazování zástřiku a bránícímu jeho pootočení. Tyto čepy nám také zajistí, aby výrobek zůstal při odformování na levé straně vstřikovací formy. Čepy mají délku 5mm a svým tvarem odpovídají dířám zástřiku a to pouze v jeho šíři 2mm, zbytek čepu byl pro usnadnění nasazování na každé straně zkosen o úhel  $3.8^\circ$ .



Obrázek 19: Tvárník a detail dutiny



### 10.1.4 Odvzdušnění

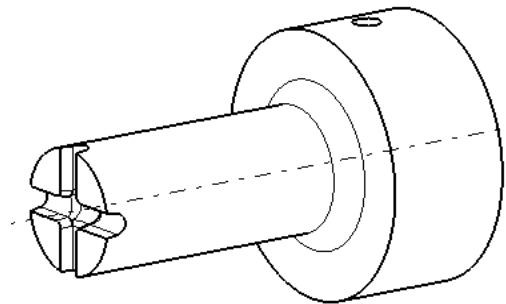
Odvzdušnění vstřikovací formy je velmi důležité, protože po uzavření formy a vstříknutí polymeru může ve formě zůstat vzduch, který by mohl způsobit nedotečení polymeru nebo spálená místa. Proto je nutné zajistit intenzivní odvod vzduchu z tvarové dutiny. V našem případě je odvod vzduchu zajištěn dělicí rovinou a vůlí mezi vyhazovači.

## 10.2 Vtokový systém

Vstřikovací forma byla navržena se studeným vtokovým systémem, který je pro daný výrobek zcela dostačující a není tak energeticky náročný. Odpad tvořený vtokovým systémem není tak veliký a výrobky se nebudou vyrábět v takovém množství, aby se horký vtokový systém i přes své výhody vyplatil.

*Vtoková vložka:*

Vtoková vložka byla vybrána z normálí firmy HASCO a posloužila jako polotovar. Jedná se o typ Z511/18x46/3/40, který musel být zkrácen z délky 46mm na délku 41mm a dále v ní musela být vytvořena část rozvodných kanálů. Ostré hrany kanálu byly zaobleny na R1 pro usnadnění toku polymeru. Dále byla vtoková vložka zajištěna kolíkem bránícím pootočení vložky.



Obrázek 20: Vtoková vložka

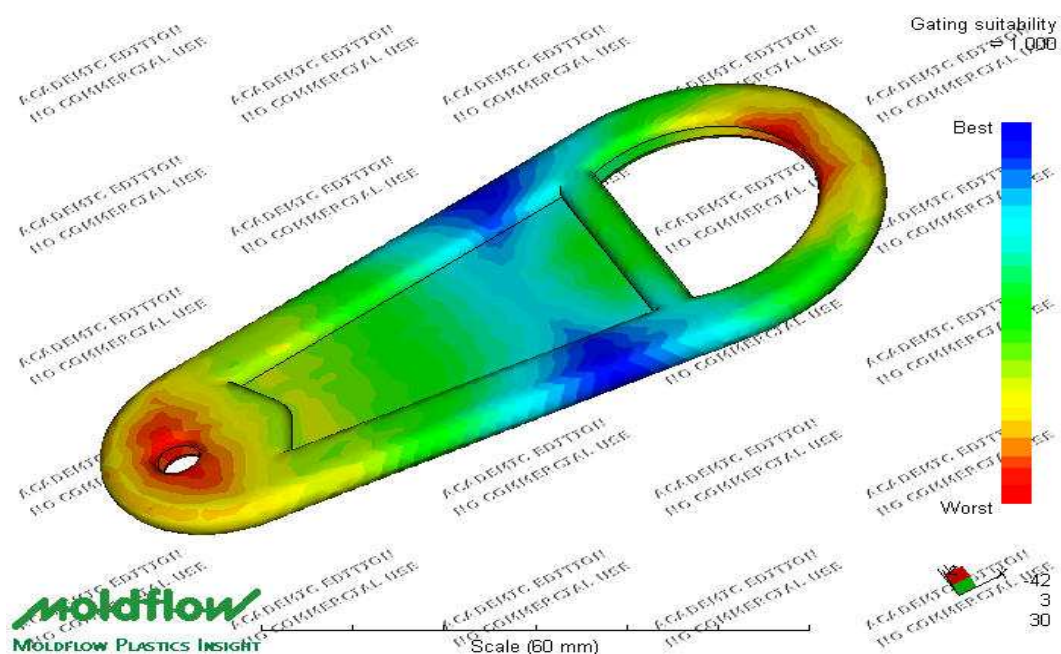
*Rozvodné kanály:*

Bylo použito lichoběžníkových rozvodných kanálů vytvořených přímo ve tvárnici. Lichoběžníkový průřez je výhodný, protože je výrobně jednoduchý, má vysokou hodnotu smáčivého průměru a malé teplotní i tlakové ztráty. Délka rozvodných kanálů byla navržena v závislosti na zaformování výrobku v délce 35mm a průměr byl zvolen 3mm.

*Vtokové ústí:*

Bylo zvoleno bočního vtoku, který je nejpoužívanějším typem vtokového ústí. Jeho průřez byl zvolen obdélníkový o výšce 0.5mm a šířce 1mm. Délka vtokového ústí byla zvolena 0.8mm a ústí bylo upraveno do tvaru vějíře pro zamezení volného vstříkávání polymerní taveniny do dutiny.

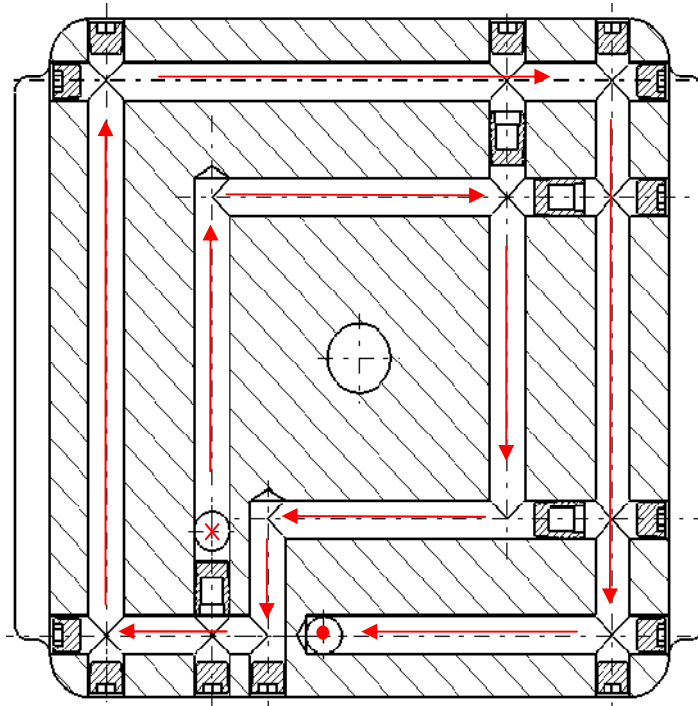
Vtokové ústí bylo umístěno tak, aby bylo zajištěno co nejlepší plnění dutiny formy. Správnost umístění byla ověřena analýzou v programu MoldFlow, která potvrdila vhodnost zvoleného umístění.



Obrázek 21: Analýza umístění vtoku

### 10.3 Temperační systém

Temperační systém byl pro tvárník i tvárnici navržen identický. Jedná se o vrtané kanály kruhového průřezu o průměru 10mm vrtané přímo do tvárníku/tvárnice a utěsněné pomocí ucpávek od firmy HASCO. Kanály byly navrtány tak, aby nedocházelo k tlakovým ztrátám a všechny čtyři dutiny byly chlazeny rovnoměrně. Vstup i výstup je veden opěrnou, respektive pravou upínací deskou, úniku kapaliny brání těsnící O-kroužky.



Obrázek 22: Temperační kanály

Jako temperační médium byl zvolen olej a jako temperační zařízení bylo uvažováno zařízení firmy Regloplas, typ 150 SMART, který patří mezi vybavení Ústavu Výrobního Inženýrství Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

*Základní parametry temperačního zařízení [18]:*

- |                             |            |
|-----------------------------|------------|
| - Maximální vstupní teplota | 150 [°C]   |
| - Maximální průtok          | 60 [l/min] |
| - Maximální tlak            | 3.8 [bar]  |
| - Příkon                    | 0.5 [kW]   |
| - Maximální teplota okolí   | 40 [°C]    |

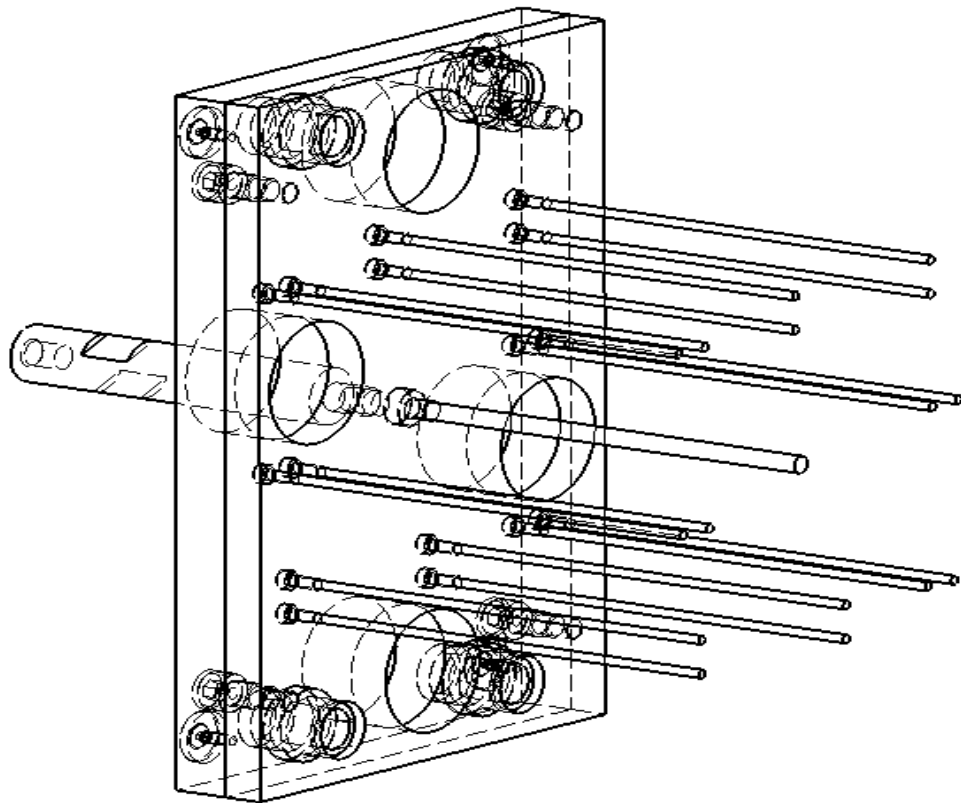


Obrázek 23: Temperační zařízení [18]

## 10.4 Vyhazovací systém

Vyhození ochlazeného výrobku je zajištěno skupinou válcových vyhazovačů. Vyhazovače jsou opět vybrány z normálíí firmy HASCO a použity jako polotovary. Byly vybrány vyhazovače typu Z40/3x160 o průměru 3mm, které byly zkráceny na potřebnou délku, materiál vyhazovačů je DIN 1.2516, což odpovídá materiálu 19711 normy ČSN. Aby bylo zajištěno rovnoměrné vyhození výrobku, byly na každý výrobek použity čtyři vyhazovače, z nichž dva byly pro minimalizaci stop po vyhození umístěny do plochy zástříku. Tyto vyhazovače byly zkráceny na délku 147mm. Další dva vyhazovače byly umístěny na spodní část výrobku, kde dochází ke kontaktu se stěnou výrobku a tím možnému vzniku stop. Tyto byly zkráceny na délku 145.43mm. Dále byl použit vyhazovač na vyhození vtokového systému. Jedná se o typ Z40/6x160 ze stejného materiálu jako předchozí vyhazovače. Tento vyhazovač byl zkrácen na délku 140mm a ústí do přídržovače vtoku, který zajišťuje přidržení vtokového systému na levé straně vstřikovací formy. Oddělení vtokového systému od výrobku bude realizováno mechanicky.

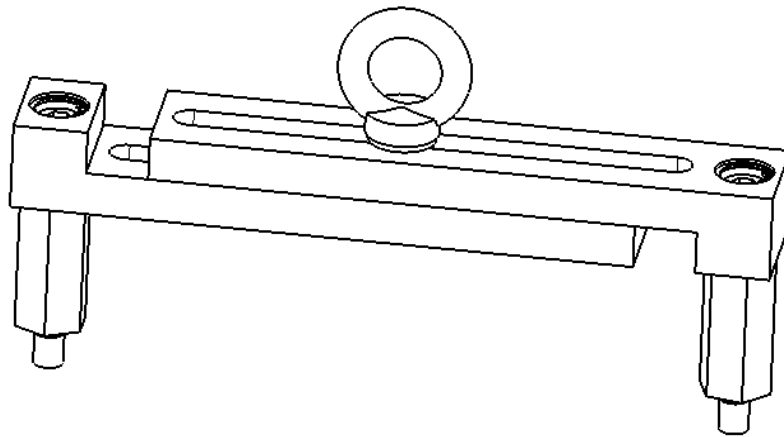
Pohyb vyhazovacího systému je zajištěn pomocí táhla přišroubovaného do opěrné vyhazovací desky.



Obrázek 24: Vyhazovací systém

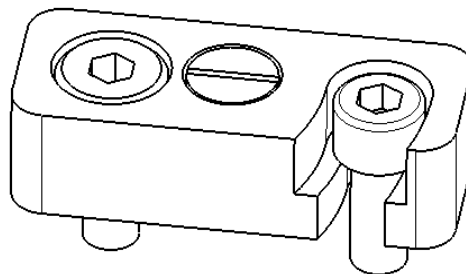
## 10.5 Manipulační systém formy

Pro zlepšení manipulace se vstříkovací formou bude forma vybavena transportním můstkem od firmy HASCO s označením Z70 typ 2. Můstek bude dále vybaven dvěma distančními kusy pro vymezení prostoru mezi formou a můstkem.



Obrázek 25: Transportní můstek s distančními kusy

Dále bude forma vybavena speciálním zajištěním od firmy HASCO bránícím otevření vstříkovací formy v dělicí rovině při její manipulaci.



Obrázek 26: Zajištění dělicí roviny

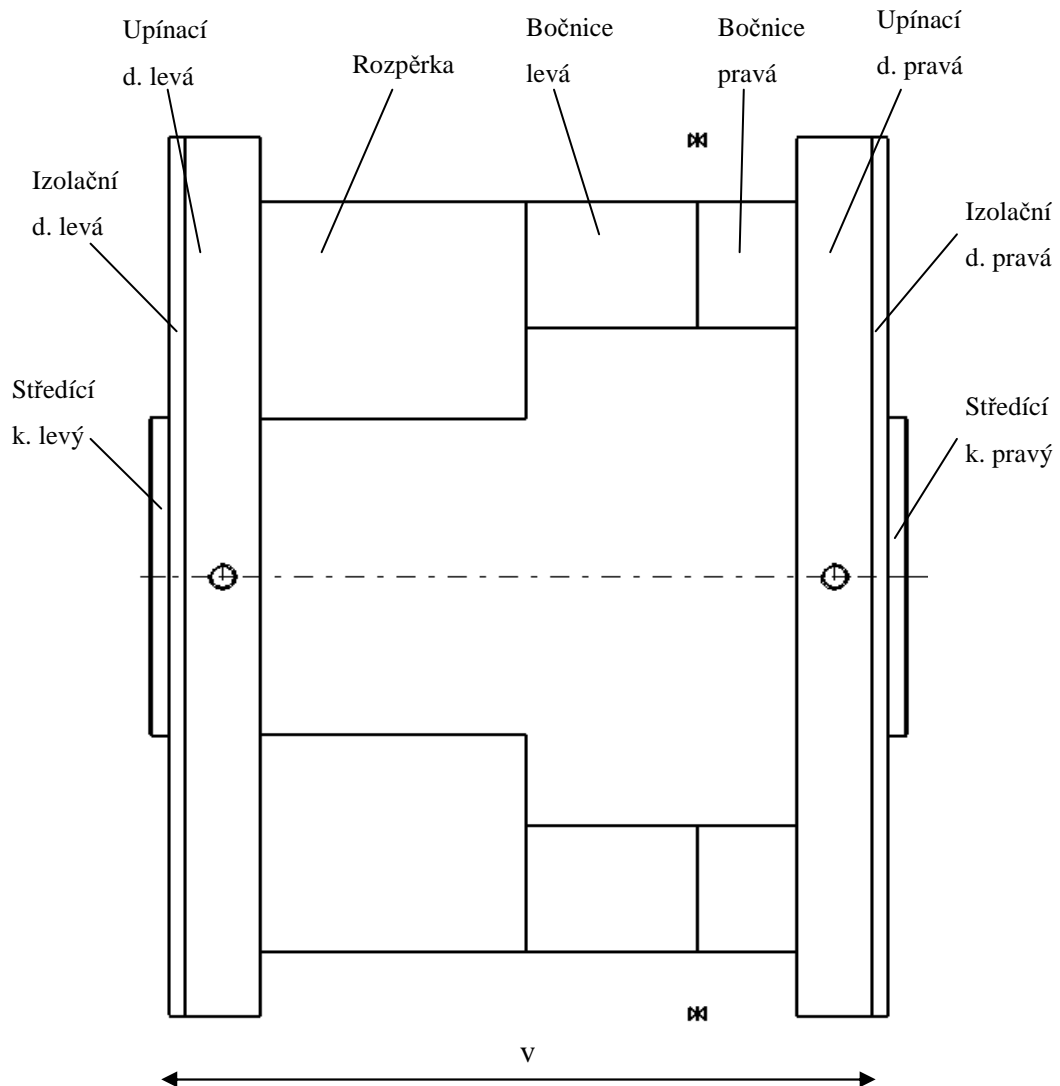
V přílohách PIII a PIV jsou zobrazeny náhledy pravé a levé strany vstříkovací formy.

## 11 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY – UNIVERZÁLNÍ RÁM

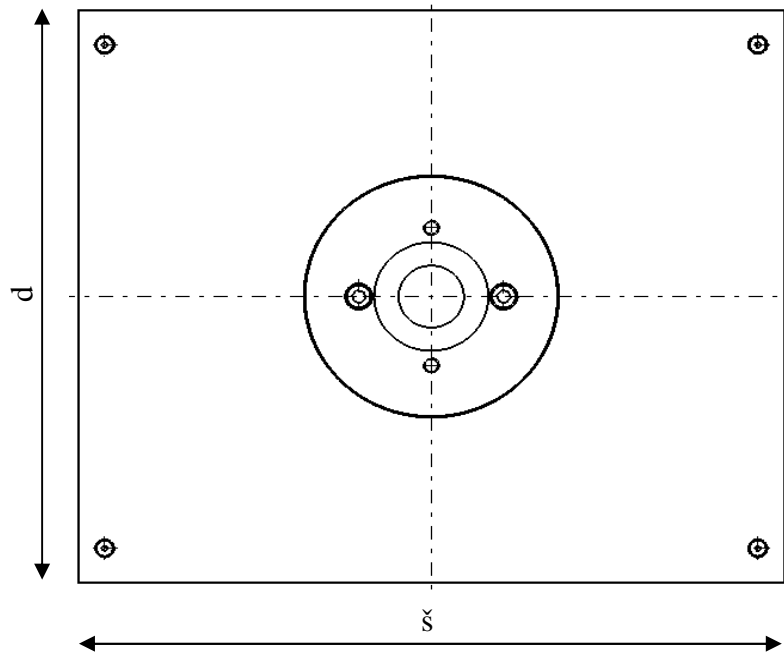
Návrh druhé varianty vstřikovací formy spočíval v návrhu tvarových a vyhazovacích desek, které budou umístěny do existujícího univerzálního rámu. Rám je majetkem Ústavu výrobního inženýrství Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Bylo snahou využívat co nejvíce normálií firmy HASCO pro zvýšení hospodárnosti výroby navrhovaných částí.

### 11.1 Vstřikovací forma – univerzální rám

Univerzální rám vstřikovací formy se skládá z upínacích desek, rozpěrných desek, čtveřice bočnic, izolačních desek a středících kroužků. Jako vodících a spojovacích částí bylo využito normálií firmy DME. Rozměry rámu jsou 296 x 346 x 260mm (d x š x v).



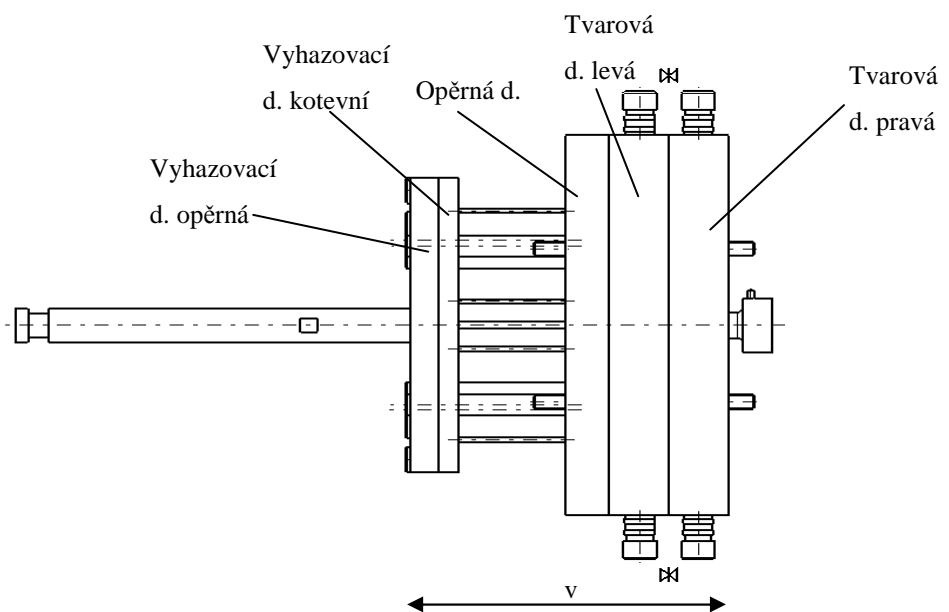
Obrázek 27: Boční náhled univerzálního rámu



Obrázek 28: Čelní náhled univerzálního rámu

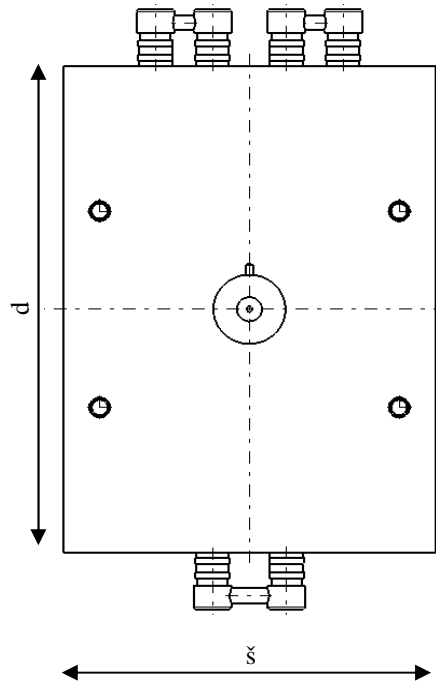
### 11.1.1 Popis navrhovaných částí

Do univerzálního rámu byla navrhována dvojice tvarových desek, opěrná deska a vyhazovací desky. Všechny desky byly vyrobeny z nástrojové oceli 19083 a zakaleny na tvrdost HRC 55. Dále byl rám formy vyztužen pomocí dvojice speciálních opěrných válců, které slouží k celkovému zvýšení tuhosti vstřikovací formy. Válce byly vybrány z normálií firmy HASCO.



Obrázek 29: Boční náhled navrhovaných desek

Základní rozměry navrhovaných desek jsou 268 x 196 x 194mm (d x š x v).



Obrázek 30: Čelní náhled navrhovaných desek

### 11.1.2 Násobnost

Dle rovnic (7) a (9) byla optimální násobnost vstřikovací formy zvolena čtyři. Při této násobnosti bude maximálně využita velikost vstřikovací formy a výroba bude dostatečně produktivní a hospodárná. Pro tuto násobnost bude potřebné množství plastu na jeden cyklus 85g, doba jednoho cyklu bude trvat 10.6s a potřebná uzavírací síla bude 88.3kN.

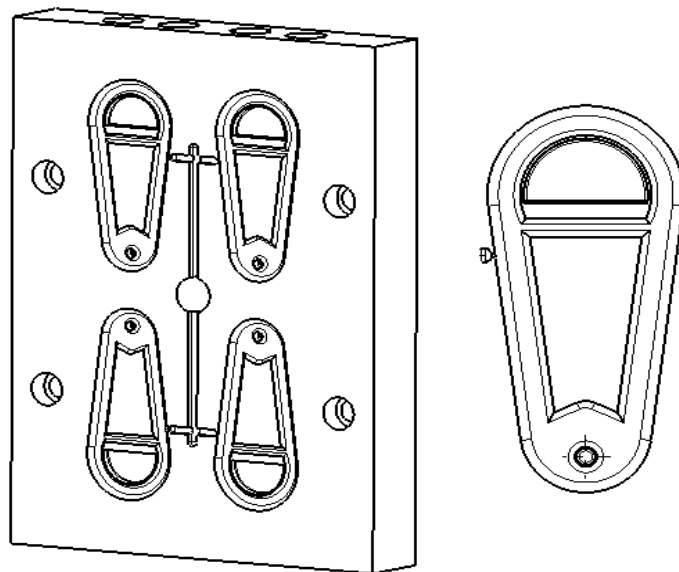
### 11.1.3 Zaformování výrobku

Výrobek bude zaformován přesně ve své polovině pomocí jedné dělicí roviny. Obrázek viz. Obr. 17.

*Tvarová deska pravá:*

Dutiny odpovídající svým tvarem vstřikovanému výrobku byly vyrobeny přímo do tvarových desek a byly zvětšeny o udávané smrštění polymeru. V dutinách byly vytvořeny kuželové díry pro nosné čepy zástřiku.

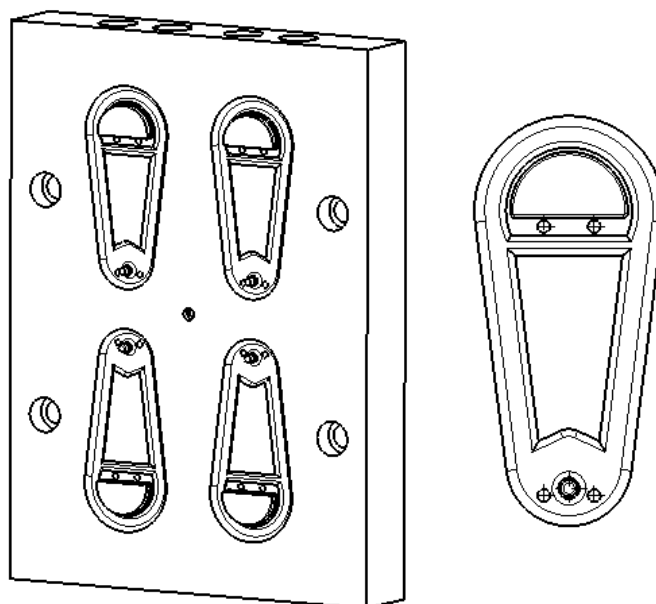




Obrázek 31: Tvarová d. pravá a detail dutiny

*Tvarová deska levá:*

Tvarová deska levá je svým tvarem a rozměry identická s pravou tvarovou deskou. Rozdíl je v tom, že tvarové dutiny byly opatřeny nosnými čepy pro nasazování zástřiku a bránícímu jeho pootočení. Tyto čepy nám také zajistí, aby výrobek zůstal při odformování na levé straně vstříkovací formy. Čepy budou mají délku 5mm a svým tvarem odpovídají dířám zástřiku a to pouze v jeho šíři 2mm, zbytek čepu byl pro usnadnění nasazování na každé straně zkosen o úhel  $3.8^\circ$ .



Obrázek 32: Tvarová d. levá a detail dutiny

#### 11.1.4 Odvzdušnění

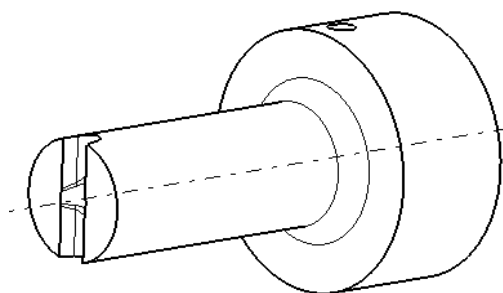
Odvzdušnění vstřikovací formy je velmi důležité, protože po uzavření formy a vstříknutí polymeru může ve formě zůstat vzduch, který by mohl způsobit nedotečení polymeru nebo spálená místa. Proto je nutné zajistit intenzivní odvod vzduchu z tvarové dutiny. I v tomto případě je odvod vzduchu zajištěn dělicí rovinou a vůlí mezi vyhazovači.

### 11.2 Vtokový systém

Vstřikovací forma musela být navržena se studeným vtokovým systémem, protože univerzální rám použití jiného vtokového systému nedovoluje. To však ničemu nevádí, protože studený vtokový systém je pro daný výrobek zcela dostačující a není tak energeticky náročný. Odpad tvořený vtokovým systémem není tak veliký a výrobky se nebudou vyrábět v takovém množství, aby se horký vtokový systém i přes své výhody vyplatil.

*Vtoková vložka:*

Vtoková vložka byla vybrána z normálí firmy HASCO a posloužila jako polotovár. Jedná se o typ Z511/18x46/3/40, který musel být zkrácen z délky 46mm na délku 44mm a dále v ní musela být vytvořena část rozvodných kanálů. Ostré hrany kanálu byly zaobleny na R1 pro usnadnění toku polymeru. Dále byla vtoková vložka zajištěna kolíkem bránícím pootočení vložky.



Obrázek 33: Vtoková vložka

*Rozvodné kanály:*

Bylo použito lichoběžníkových rozvodných kanálů vytvořených přímo ve tvarové desce. Lichoběžníkový průřez je výhodný, protože je výrobně jednoduchý, má vysokou hodnotu smáčivého průměru a malé teplotní i tlakové ztráty. Délka hlavního rozvodného kanálu byla navržena v závislosti na zaformování výrobku v délce 77mm a průměr byl zvolen 4mm, hlavní rozvodný kanál byl konstruován s jímkou, která zachycuje chladné čelo tave-

niny. Délka vedlejšího rozvodného kanálu byla navržena 12.95mm a průměr byl zvolen 3mm.

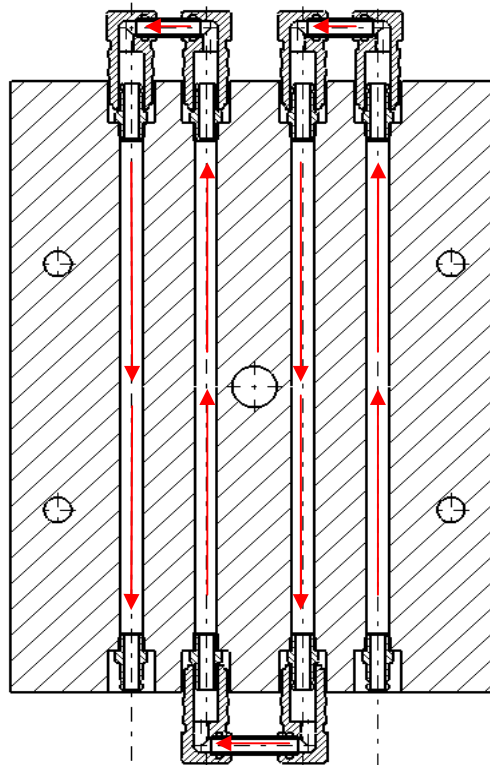
#### *Vtokové ústí:*

Bylo zvoleno bočního vtoku, který je nejpoužívanějším typem vtokového ústí. Jeho průřez byl zvolen obdélníkový o výšce 0.5mm a šířce 1mm. Délka vtokového ústí byla zvolena 0.8mm a ústí bylo upraveno do tvaru vějíře pro zamezení volného vstříkování polymerní taveniny do dutiny.

Vtokové ústí bylo stejně jako u první varianty vstříkovací formy umístěno tak, aby bylo zajištěno co nejlepší plnění dutiny formy. Správnost umístění byla ověřena analýzou v programu MoldFlow, která potvrdila vhodnost zvoleného umístění viz. Obr. 21.

### 11.3 Temperační systém

Temperační systém byl pro obě tvarové desky navržen identický. Jedná se o vrtané kanály kruhového průřezu o průměru 10mm vrtané přímo do desek. Kanály byly navrtány tak, aby nedocházelo k tlakovým ztrátám a všechny čtyři dutiny byly chlazené rovnoměrně. Pro spojení kanálů bylo využito normalizované přemostění od firmy HASCO s označením Z805.



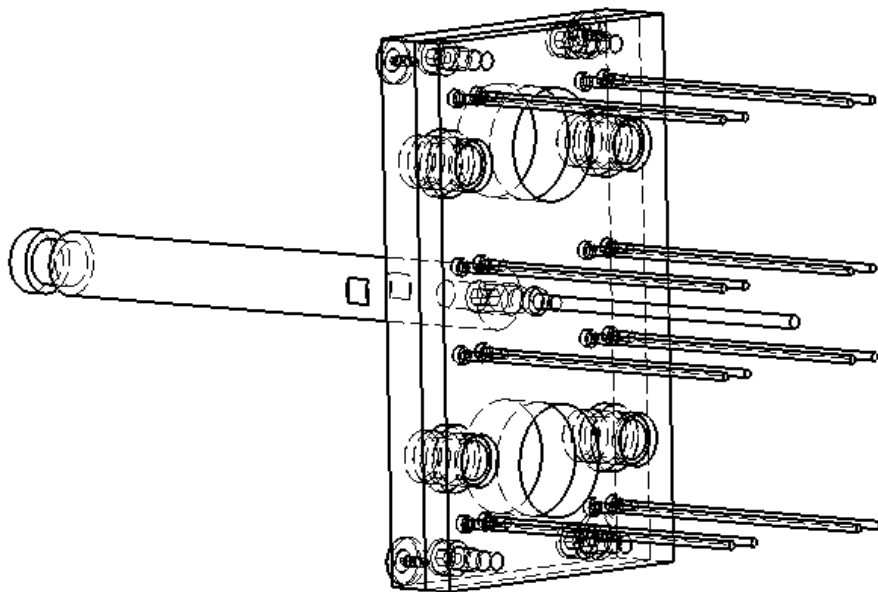
Obrázek 34: Temperační kanály

Temperační médium i zařízení je stejné jako u předchozí varianty vstřikovací formy (kapitola 10.3).

## 11.4 Vyhazovací systém

Vyhození ochlazeného výrobku je zajištěno skupinou válcových vyhazovačů. Vyhazovače jsou opět vybrány z normálií firmy HASCO a použity jako polotovary. Byly vybrány vyhazovače typu Z40/3x160 o průměru 3mm, které byly zkráceny na potřebnou délku, materiál vyhazovačů je DIN 1.2516, což odpovídá materiálu 19711 normy ČSN. Aby bylo zajištěno rovnoměrné vyhození výrobku, byly na každý výrobek použity čtyři vyhazovače, z nichž dva byly pro minimalizaci stop po vyhození umístěny do plochy zástřiku. Tyto vyhazovače byly zkráceny na délku 137mm. Další dva vyhazovače byly umístěny na spodní část výrobku, kde dochází ke kontaktu se stěnou výrobku a tím možnému vzniku stop. Tyto byly zkráceny na délku 135.43mm. Dále byl použit vyhazovač na vyhození vtokového systému. Jedná se o typ Z40/5x160 ze stejného materiálu jako předchozí vyhazovače. Tento vyhazovač byl zkrácen na délku 133mm a ústí do vytvořeného přidržovače vtoku, který zajišťuje přidržení vtokového systému na levé straně vstřikovací formy. Oddělení vtokového systému od výrobku bude realizováno mechanicky.

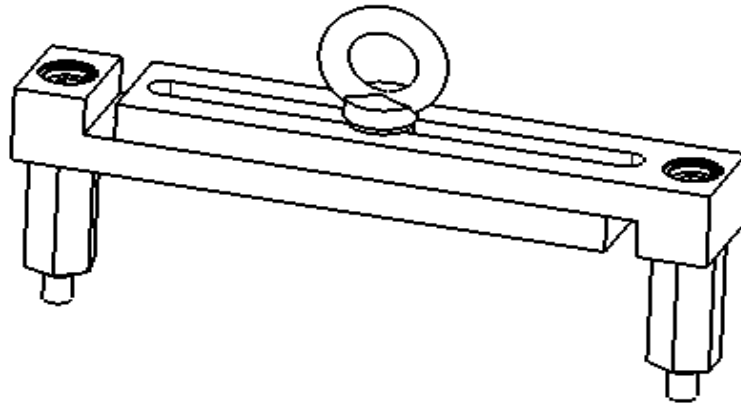
Pohyb vyhazovacího systému je zajištěn pomocí táhla přišroubovaného do opěrné vyhazovací desky.



Obrázek 35: Vyhazovací systém

### 11.5 Manipulační systém formy

Pro zlepšení manipulace se vstříkovací formou bude forma vybavena transportním můstkem od firmy HASCO s označením Z70 typ 2. Můstek bude dále vybaven dvěma distančními kusy pro vymezení prostoru mezi formou a můstkem.



Obrázek 36: Transportní můstek

V přílohách PV a PVI jsou zobrazeny náhledy pravé a levé strany vstříkovací formy.

## DISKUZE VÝSLEDKŮ

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout dvě varianty vstřikovací formy na výrobu stejného zastříkovaného výrobku, kterým byl otvírák na láhve. Tento výrobek byl navrhnout s ohledem na jeho reklamní využití tak, aby splňoval vysoké designové nároky a zároveň byl konstrukčně jednoduchý. Dále byly obě varianty vstřikovací formy navrhovány s ohledem na zadaný vstřikovací stroj, jehož základní parametry sloužili jako limitní hodnoty při rozměrové analýze forem.

Návrh první varianty vstřikovací formy spočíval v návrhu všech částí. Forma byla od počátku navrhována stavebnicovým způsobem s využitím normálií od firmy HASCO. Celá vstřikovací forma kromě tvárníku s tvárnicí byla sestavena z těchto dílů, přičemž některé z nich musely být pro naše účely dále konstrukčně upraveny dle potřeb navrhované formy. Díky využití normálií se výrazně snížili výrobní náklady a celkové sestavení vstřikovací formy se stalo jednodušším. Tvárník s tvárnicí byl navrhován tak, aby mohl být snadno zasazen do rámu formy. Při jejich návrhu bylo nutné brát v úvahu vysokou náročnost na použitý materiál, proto byla zvolena nástrojová ocel, která byla dále tepelně zpracována, aby splňovala všechny naše požadavky. Vtokový systém vstřikovací formy byl zvolen studený, který byl shledán dostačujícím. Teplota vstřikovací formy byla realizována pomocí oleje proudícího vrtanými kanály v tvárníku a tvárnici. Průměry kanálů byly zvoleny s ohledem na velikost výrobku v takové velikosti, aby bylo zajištěno jeho dostatečné ochlazení na vyhazovací teplotu. Vyhození výrobku je realizováno válcovými vyhazovači umístěnými ve vyhazovacích deskách. Pro zjednodušení manipulace s formou bylo použito přídatných zařízení.

Druhá varianta vstřikovací formy se od předchozí lišila tím, že se nejednalo o kompletní návrh formy, ale pouze jejich tvarových desek s vyhazovacím systémem. Rám formy byl použit univerzální. Tento rám je již vyroben, a proto bylo nutné přizpůsobit navrhované desky jeho velikosti a tvaru. V tomto případě nebyly použity normálie desek od firmy HASCO, a proto bylo nutné desky vyrobit. Materiál desek byl pro všechny zvolen stejný a všechny byly také stejně tepelně zpracovány. Univerzální rám formy nedovoluje použití jiného vtokového systému než studeného, který je dostačující, jak už bylo řečeno. Teplota vstřikovací formy je opět realizována olejem, ale temperační kanály jsou díky jinému umístění tvarových dutin vedeny jednodušeji. Jejich průměry zůstaly nezměněny oproti

předchozí variantě. Vyhození výrobku válcovými vyhazovači zůstalo také zachováno. Univerzální rám je také opatřen zařízením pro zjednodušení manipulace s formou.

Výhoda první varianty spočívá v mnohem větší volnosti při návrhu vstřikovací formy, která je limitována pouze parametry vstřikovacího stroje a je pouze na konstruktérovi jakým způsobem bude forma navrhována. Druhá varianta naproti tomu nedovoluje takovou volnost, ale na druhou stranu nejsou náklady na vstřikovací formu tak vysoké. Vzhledem ke stejnému typu vtokových, temperačních a vyhazovacích systémů obou variant, shledávám pro naše účely vhodnější vstřikovací formu s univerzálním rámem, díky němuž jsou výrazně sníženy náklady na výrobu.

## ZÁVĚR

Praktická část bakalářské práce spočívala v návrhu dvou variant vstříkovací formy. Obě varianty byly navrhovány pro stejný zastříkovaný výrobek. Výrobek i vstříkovací formy byly modelovány ve školní verzi programu CATIA V5R18, který posloužil nejen při 3D návrhu, ale také při tvorbě 2D výkresů. Cílem bylo navrhnout formy na vstříkovací stroj patřící Ústavu výrobního inženýrství Univerzity Tomáše Bati, tento požadavek byl splněn a vhodnost byla ověřena kontrolními výpočty. Návrhy jednotlivých variant byly podrobně popsány v příslušných kapitolách. Všechna data byla doložena v přílohách této práce výrobními výkresy včetně výkresů sestav obou variant. Při návrhu vstříkovacích forem bylo využito poznatků shromážděných v teoretické části.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

Monografie:

- [1] BEAUMONT, J. P., NAGEL, R. L., SHERMAN, R. *Successful injection molding : process, design, and simulation*. Munich : Hanser Publishers, 2002. 362 s. ISBN 3-446-19433-9.
- [2] BOBČÍK, L. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 1*. 2. upr. vyd. Brno: Uniplast, 1999. 133 s.
- [3] BOBČÍK, L. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 2*. 1. vyd. Brno: Uniplast, 1999. 214 s.
- [4] BRUMMEL, M. *Rozměrově přesné výrobky z plastů*. 1. vyd. Praha: VÚNM, 1977. 278 s.
- [5] DYM, J. B. . *Injection molds and molding : a practical manual*. 2nd edition. New York: Nostrand Reinhold, 1987. 395 s. ISBN 0-442-21785-4.
- [6] IRFAN, M.H. *Chemistry and Technology of Thermosetting Polymers in Construction Applications*. [s.l.] : Springer-Verlag, 1998. 285 s. ISBN 978-0-7514-0428-9.
- [7] KOLOUCH, J. *Strojní součásti z plastů*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981. 258 s.
- [8] KOLOUCH, J. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986. 229 s.
- [9] MALLOY, R. A. *Plastic Part Design For Injection Molding*. Munich : Hanser Publishers, 1994. 460 s. ISBN 1-56990-129-5.
- [10] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení: Gumárenské a plastikářské stroje II*. 1. vyd. Brno: VUT , 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X.
- [11] MLEZIVA, J.. *Polymery: Výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 1. vyd. Praha: Sobotáles, 1993. 525 s. ISBN 80-90157041.
- [12] NOVOTNÝ, J., et al. *Technologie I*. 2. vyd. Praha: ČVUT, 2006. 227 s.
- [13] REES, H. *Mold engineering*. 2nd edition. Munich : Hanser, 2002. 688 s. ISBN 3-446-21659-6.

## Internetové zdroje:

- [14] *Arburg* [online]. c2001-2007 [cit. 2009-01-31]. Dostupný z WWW: <[http://www.arburg.com/com/COM/en/products/machines/standard/allrounder\\_c/index.jsp](http://www.arburg.com/com/COM/en/products/machines/standard/allrounder_c/index.jsp)>.
- [15] *Arburg* [online]. c2001-2007 [cit. 2009-01-31]. Dostupný z WWW: <[http://www.arburg.com/com/common/download/Web\\_522848\\_CZ.pdf](http://www.arburg.com/com/common/download/Web_522848_CZ.pdf)>.
- [16] *Plastic Injection Moulding* [online]. c2000-2008 [cit. 2008-11-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.azom.com/details.asp?ArticleID=265>>.
- [17] *Plasty* [online]. [2002] [cit. 2008-11-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.ateam.zcu.cz/plasty.pdf>>.
- [18] *SMART* [online]. c2008 [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.kubousek.cz/pdf/smart.pdf>>.
- [19] *Vstřikování* [online]. 2005 [cit. 2008-11-10]. Dostupný z WWW: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud\\_materialy/tzn/c8/vstrikovani.pdf](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c8/vstrikovani.pdf)>.
- [20] *Vstřikování Plastů* [online]. 2005 [cit. 2008-11-10]. 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)>.

## Elektronické programy:

- [21] *Moldflow Plastics Inside* [počítačový program]. Ver. MPI 6.2 Academic Edition Revision 3. Moldflow Corporation, 2008 [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.moldflow.com/stp/>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

2D	Dvourozměrný prostor
3D	Třírozměrný prostor
ABS	Akrylonitril-butadien-styren
ČSN	Česká státní norma
DIN	Německý ústav pro průmyslovou normalizaci
E	Modul pružnosti v tahu [MPa]
F	Potřebná uzavírací síla vstřikovacího stroje [kN]
G	Modul pružnosti ve smyku [MPa]
HRC	Rockwellova tvrdost
IT	Třída přesnosti
ITT	Index toku taveniny [g/10min]
M	Množství potřebného plastu [g]
n	Násobnost vstřikovací formy
PA6	Polyamid 6
PA66	Polyamid 66
PB	Polybuten
PC	Polykarbonát
PE	Polyethylen
PET	Polyethylentereftalát
PMMA	Polymethylmetakrylát
POM	Polyoximethylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PVC	Polyvinylchlorid
R	Poloměr zaoblení [mm]

Ra	Střední aritmetická drsnost [ $\mu\text{m}$ ]
SAN	Styrenakrylonitril
SVS	Studená vtoková soustava
Tg	Teplota skelného přechodu [ $^{\circ}\text{C}$ ]
$t_{pl}$	Plastikační doba jednoho cyklu vstřikovacího stroje [s]
VVS	Vyhřívaná vtoková soustava

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1: Vstřikování + dotlak a chlazení [19].....	11
Obrázek 2: Plastikace polymeru [19].....	11
Obrázek 3: Otevření formy a vyhození výrobku [19].....	11
Obrázek 4: Základní rozdělení [17].....	12
Obrázek 5: Amorfní struktura [1].....	13
Obrázek 6: Semikrystalická struktura [1].....	13
Obrázek 7: Struktura reaktoplastů [1].....	14
Obrázek 8: Tloušťka stěn [1].....	17
Obrázek 9: Uspořádání žeber [2].....	18
Obrázek 10: Závit [2].....	19
Obrázek 11: Průřezy rozvodných kanálů [2].....	25
Obrázek 12: a) Polymerní část, b) Zástřík, c) Hotový otvůrka.....	41
Obrázek 13: ALLROUNDER 420C [14].....	42
Obrázek 14: Boční náhled rámu.....	46
Obrázek 15: Čelní náhled rámu.....	46
Obrázek 16: Vodící části formy.....	47
Obrázek 17: Řez dutinou formy.....	47
Obrázek 18: Tvárnice a detail dutiny.....	48
Obrázek 19: Tvárník a detail dutiny.....	48
Obrázek 20: Vtoková vložka.....	49
Obrázek 21: Analýza umístění vtoku.....	50
Obrázek 22: Temperační kanály.....	51
Obrázek 23: Temperační zařízení [18].....	51
Obrázek 24: Vyhazovací systém.....	52
Obrázek 25: Transportní můstek s distančními kusy.....	53
Obrázek 26: Zajištění dělicí roviny.....	53
Obrázek 27: Boční náhled univerzálního rámu.....	54
Obrázek 28: Čelní náhled univerzálního rámu.....	55
Obrázek 29: Boční náhled navrhovaných desek.....	55
Obrázek 30: Čelní náhled navrhovaných desek.....	56
Obrázek 31: Tvarová d. pravá a detail dutiny.....	57
Obrázek 32: Tvarová d. levá a detail dutiny.....	57

Obrázek 33: Vtoková vložka .....	58
Obrázek 34: Temperační kanály .....	59
Obrázek 35: Vyhazovací systém.....	60
Obrázek 36: Transportní můstek.....	61

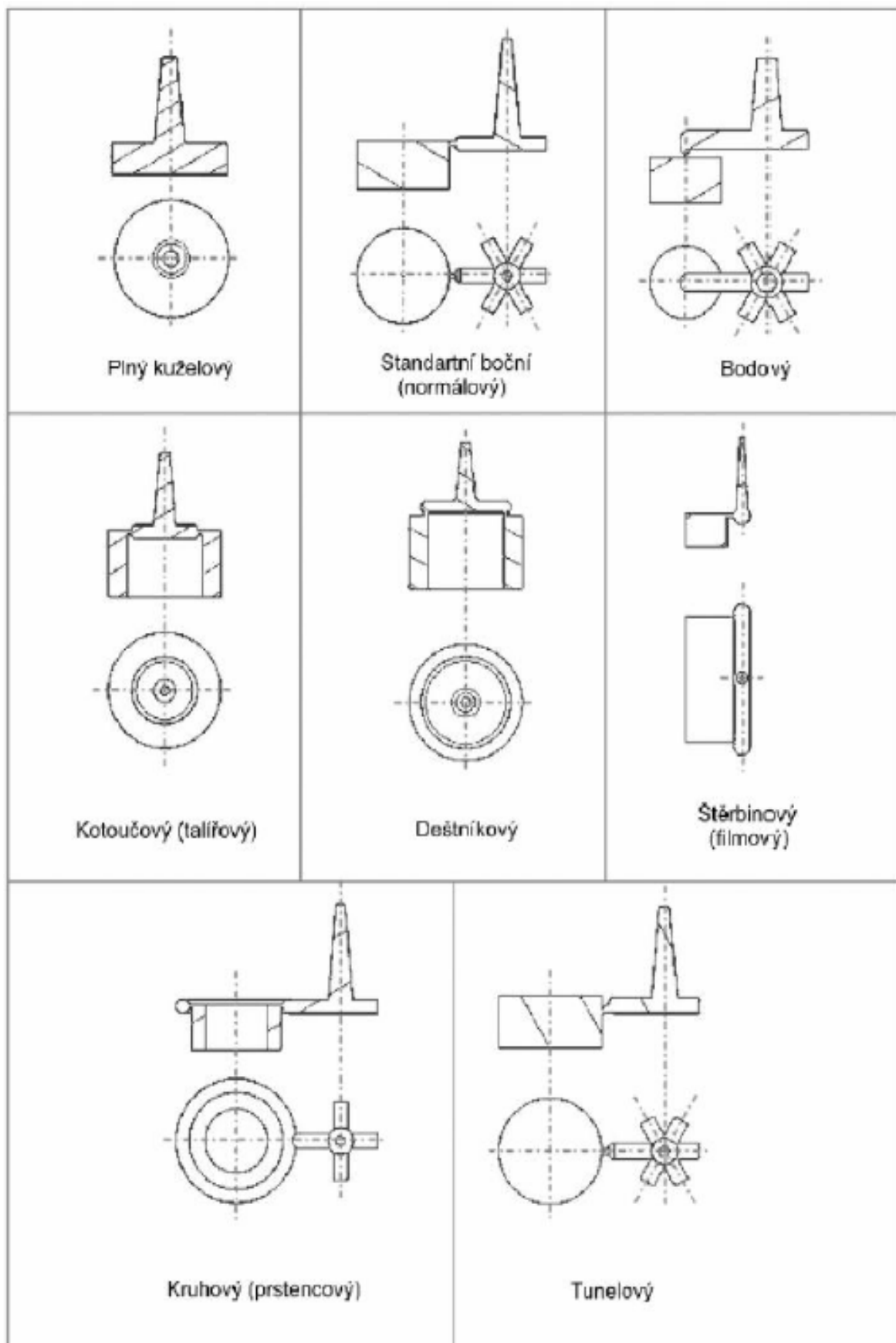
## SEZNAM PŘÍLOH

- PI Základní části vstřikovací formy
- PII Základní typy vtokových ústí
- PIII Pravá strana vstřikovací formy
- PIV Levá strana vstřikovací formy
- PV Pravá strana vstřikovací formy – univerzální rám
- PVI Levá strana vstřikovací formy – univerzální rám
- PVII Výrobní dokumentace
- PVIII CD - disk

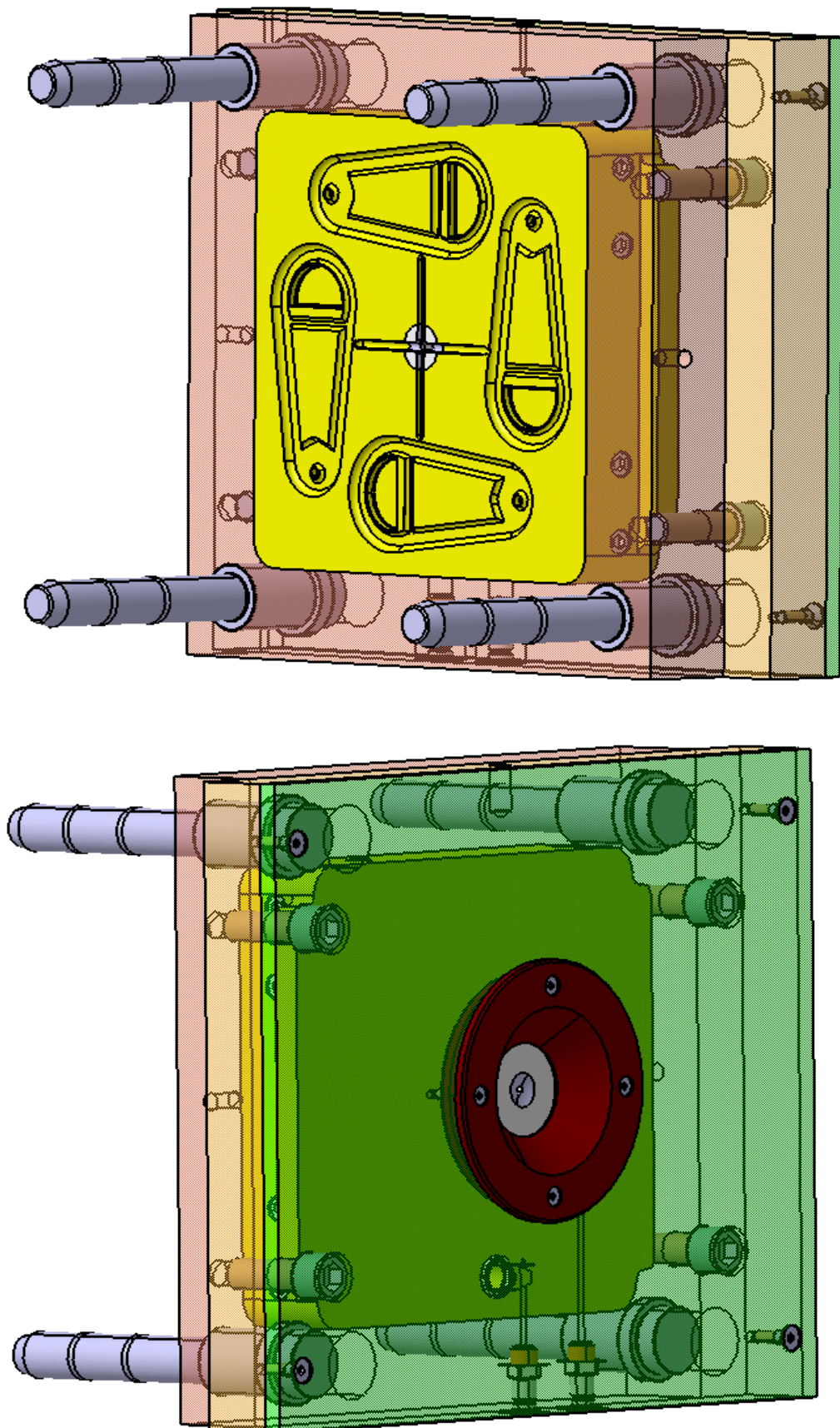




## PŘÍLOHA PII: ZÁKLADNÍ TYPY VTOKOVÝCH ÚSTÍ

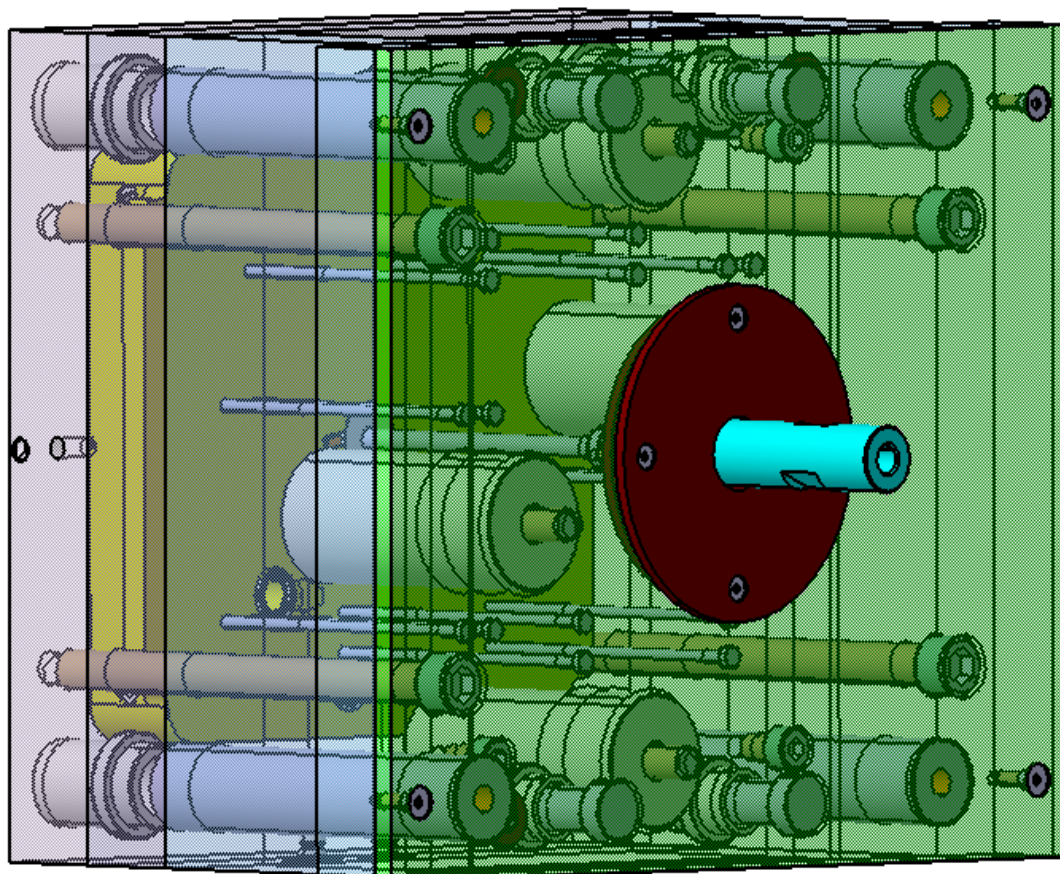
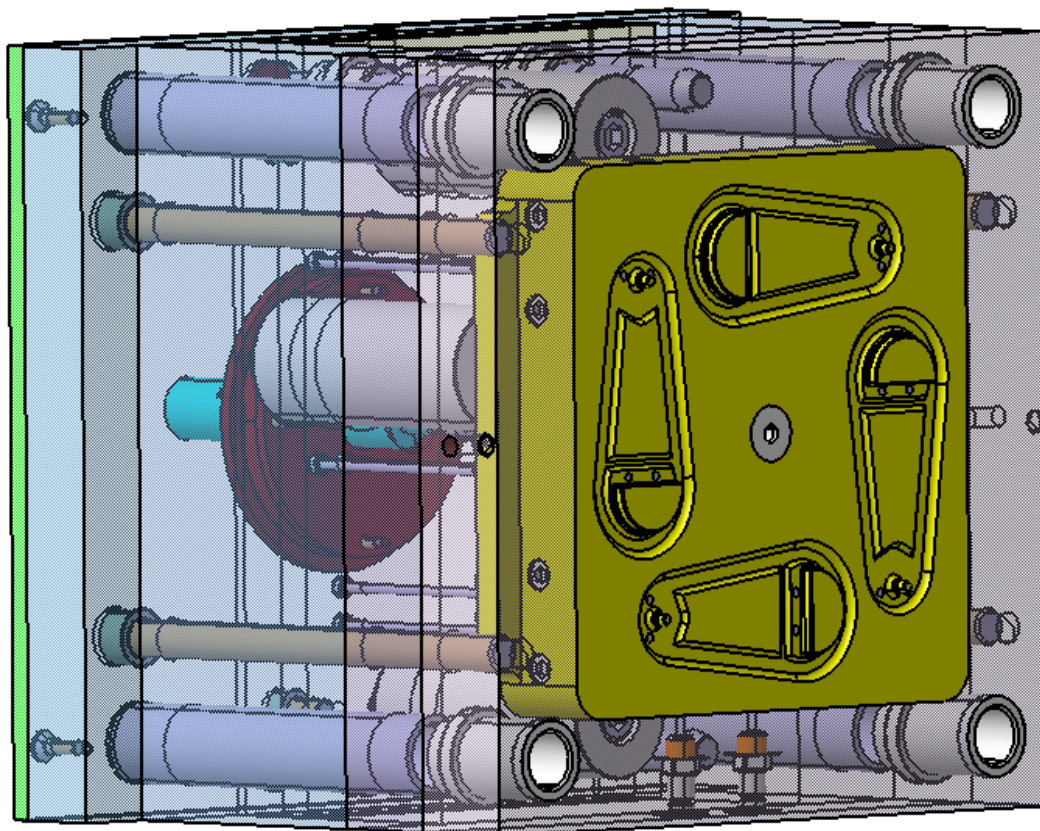


### PIII: PRAVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY



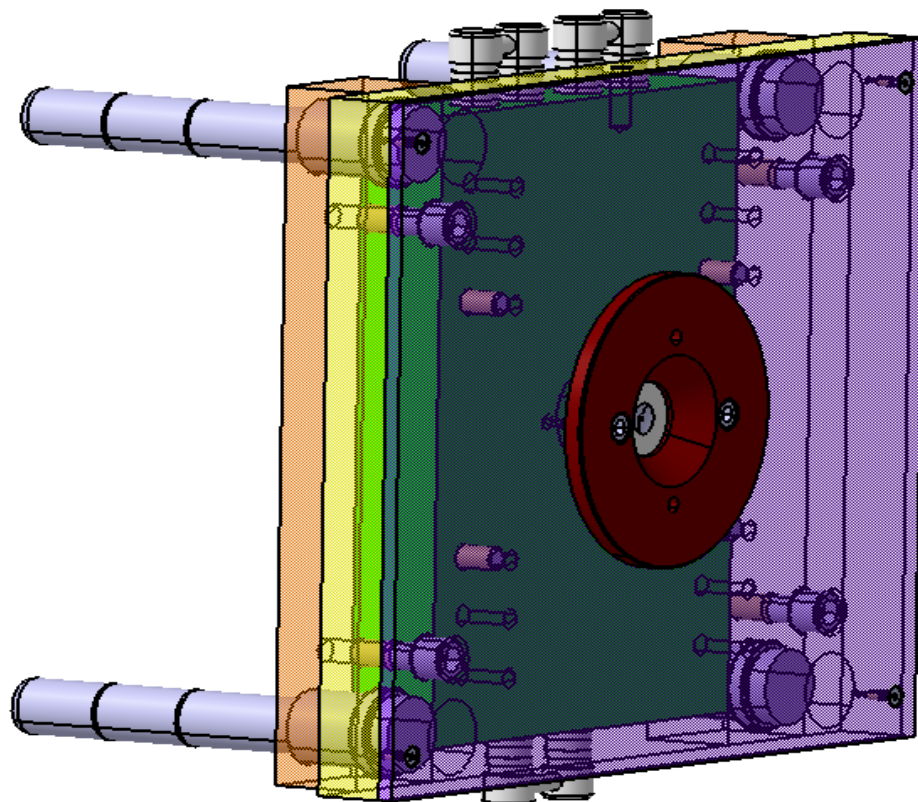
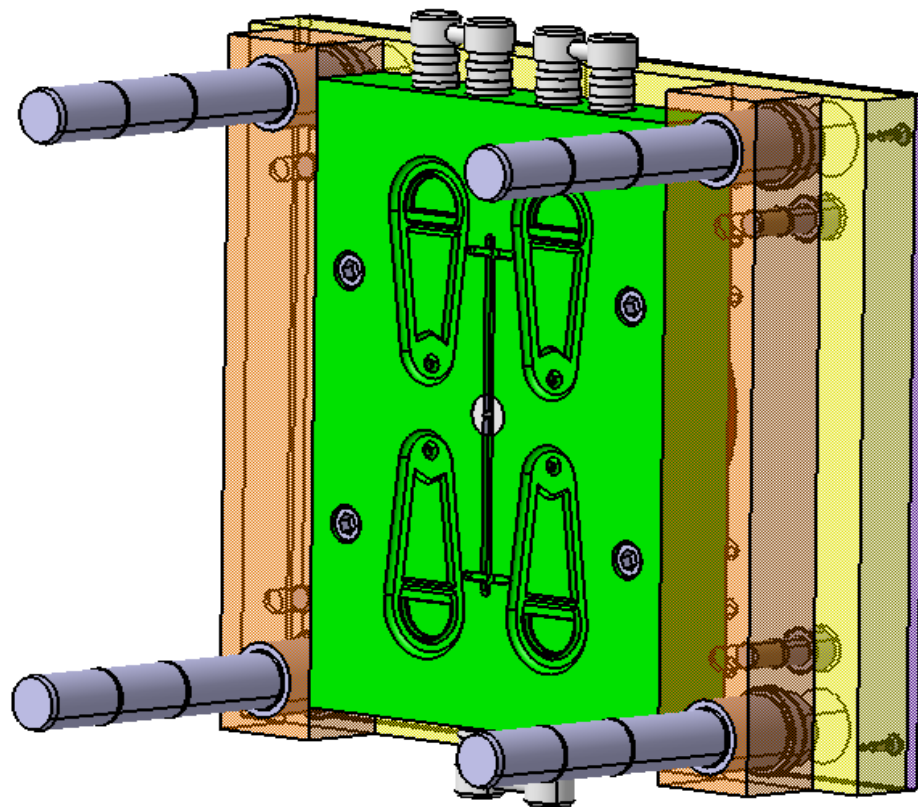


# PIV: LEVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY





**PV: PRAVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY – UNIVERZÁLNÍ RÁM**





# PVI: LEVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY – UNIVERZÁLNÍ RÁM

