

# Konstrukce vstřikovací formy

Martin Sklář

---

Bakalářská práce  
2013

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2012/2013

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin SKLÁŘ**  
Osobní číslo: **T10281**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy krytu mobilního telefonu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární řešení na zadané téma
2. Zkonstruujte vstřikovací formu dle zadaného výrobku
3. Vytvořte výkresovou dokumentaci
4. Vyhodnoťte vytvořené řešení

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**REES, H. Mold engineering**

**BEAUMONT, J. P., NAGEL, R. L., SHERMAN, R. Successful injection molding: process, design, and simulation**

**BOBČÍK, L. Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 1 a 2**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jan Navrátil**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**8. února 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**17. května 2013**

Ve Zlíně dne 11. února 2013



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





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

Příjmení a jméno: SKLÁŘ MARTIN.....

Obor: T.Z.....

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby<sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3<sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60<sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60<sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 2.5.2013.....

  
.....

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

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

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

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

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

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

<sup>3)</sup> *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukcí vstřikovací formy pro vybraný díl. Zadaným dílem je kryt mobilního telefonu skládající se ze dvou částí, který slouží jako ochranný kryt pro elektroniku.

Teoretická část popisuje princip vstřikování, používané vstřikované materiály, konstrukce vstřikovacích forem a jejich jednotlivých částí.

Praktická část vychází z 3D modelu zadaného výrobku. Dále se zabývá vlastní konstrukcí dvou variant vstřikovacích forem a jejich příslušnou výkresovou dokumentací s využitím programu CATIA V5R18.

Klíčová slova: vstřikovací formy, princip vstřikování, části vstřikovacích forem

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the design and construction of injection molds for the selected part. Assigned product is a mobile telephone cover, consisting of two parts, which serves as a protective cover for the electronics.

The theoretical part describes principle of injection molding, injected materials, construction of injection molds and their individual parts.

The practical part is based on the 3D model of the assigned product. It also deals with construction of two variants relevant technical documentation of two variants of injection molds and their relevant technical drawings using the CATIA V5R18.

Keywords: injection molds, principle, parts of injection molds

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Janu Navrátilovi za odborné vedení, konzultace, rady a poskytnutý čas, který mi věnoval při tvorbě této bakalářské práce.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>12</b>
1.1 VSTŘIKOVÁNÍ.....	12
1.1.1 Vstřikovací cyklus.....	13
1.2 VSTŘIKOVACÍ STROJE.....	14
1.2.1 Vstřikovací jednotka .....	15
1.2.2 Uzavírací jednotka .....	15
1.2.3 Ovládání .....	17
1.3 PLASTY POUŽÍVANÉ PRO VSTŘIKOVÁNÍ .....	17
1.3.1 Termoplasty.....	18
1.3.2 Reaktoplasty .....	18
1.3.3 Elastomery.....	18
1.3.4 Volba materiálu při návrhu součásti .....	19
<b>2 KONSTRUKCE VÝROBKU</b> .....	<b>20</b>
2.1 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY PŘI NÁVRHU VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU.....	20
2.1.1 Úkoso, podkoso .....	20
2.1.2 Zaoblení rohů, koutů a hran .....	21
2.1.3 Tloušťky stěn.....	21
2.1.4 Žebra a rýhování .....	22
2.1.5 Okraje a obruby .....	23
2.1.6 Zálisky, zástříky, inserty z kovových materiálů.....	24
2.1.7 Závity .....	24
2.1.8 Nápisý .....	25
2.2 DODATEČNÉ ÚPRAVY VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU.....	25
2.3 JAKOST VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU .....	26
2.4 SMRŠTĚNÍ VÝROBKU .....	27
<b>3 VSTŘIKOVACÍ FORMA</b> .....	<b>29</b>
3.1 KONSTRUKCE FOREM .....	29
3.1.1 Postup při konstrukci.....	29
3.1.2 Zaformování výrobku.....	30
3.1.3 Násobnost formy .....	30
3.1.4 Materiály částí vstřikovací forem.....	31
3.2 VTOKOVÝ SYSTÉM .....	31
3.3 STUDENÝ VTOKOVÝ SYSTÉM (SVS) .....	31
3.3.1 Vtokový kanál .....	32
3.3.2 Rozváděcí kanál .....	33
3.3.3 Vtokové ústí .....	34
3.4 VYHŘÍVANÝ VTOKOVÝ SYSTÉM (VVS).....	38
3.4.1 Vyhřívané trysky .....	39
3.4.2 Vyhřívané rozvodné bloky .....	40
3.4.3 Izolované vtokové soustavy (IVS).....	41



3.5	TEMPERACE FOREM.....	42
3.5.1	Prostředky temperace .....	42
3.6	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	42
3.6.1	Mechanický systém vyhazování .....	43
3.6.2	Pneumatický systém vyhazování .....	43
3.6.3	Hydraulický systém vyhazování .....	44
3.7	ODVZDUŠNĚNÍ.....	44
<b>4</b>	<b>ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI.....</b>	<b>45</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>ZADANÝ DÍL.....</b>	<b>48</b>
6.1	ZÁKLADNÍ ROZMĚRY DÍLŮ .....	48
6.2	ZAFORMOVÁNÍ A NÁSOBNOST VÝROBKU.....	48
6.3	MATERIÁL VÝROBKU.....	49
6.4	KONTROLNÍ VÝPOČTY .....	51
6.5	VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	52
<b>7</b>	<b>KONSTRUKCE FORMY .....</b>	<b>53</b>
7.1	SPOLEČNÉ KONSTRUKČNÍ ČÁSTI VARIANTY 1 A 2 .....	53
7.1.1	Vyhazovací systém.....	53
7.1.2	Vyhazovací část formy.....	54
7.1.3	Tempereční systém.....	55
7.1.4	Manipulační přípravek .....	57
7.2	VSTŘIKOVACÍ ČÁST VARIANTY 1 .....	57
7.3	VSTŘIKOVACÍ ČÁST VARIANTY 2.....	58
7.4	POROVNÁNÍ KONSTRUKCÍ FOREM.....	60
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR PRAKTICKÉ ČÁSTI.....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>69</b>

## ÚVOD

Vstřikování je jedním z hlavních způsobů zpracování termoplastů. Stále více se uplatňuje i při zpracování kaučukových směsí. V současné době se vstřikováním zpracovává značné množství polymerů a význam této technologie stále vzrůstá. Umožňuje ekonomicky produkovat kvalitní a rozměrově dostatečně přesné výrobky. V jedné operaci se mění polymerní směs ve zcela hotový výrobek. Pečlivě navržená a vyrobená forma může eliminovat opracování výrobku. Vtoky a vtokové zbytky můžeme v případě termoplastů rozemlít a znovu vstřikovat. [7]

Vstřikování se vyrábějí takové výrobky, které mají buď charakter konečného výrobku a nebo jsou polotovary a díly pro další zkompletování samostatného celku. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, je to proces diskontinuální, cyklický. [18]

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, je to proces diskontinuální, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky.[18]

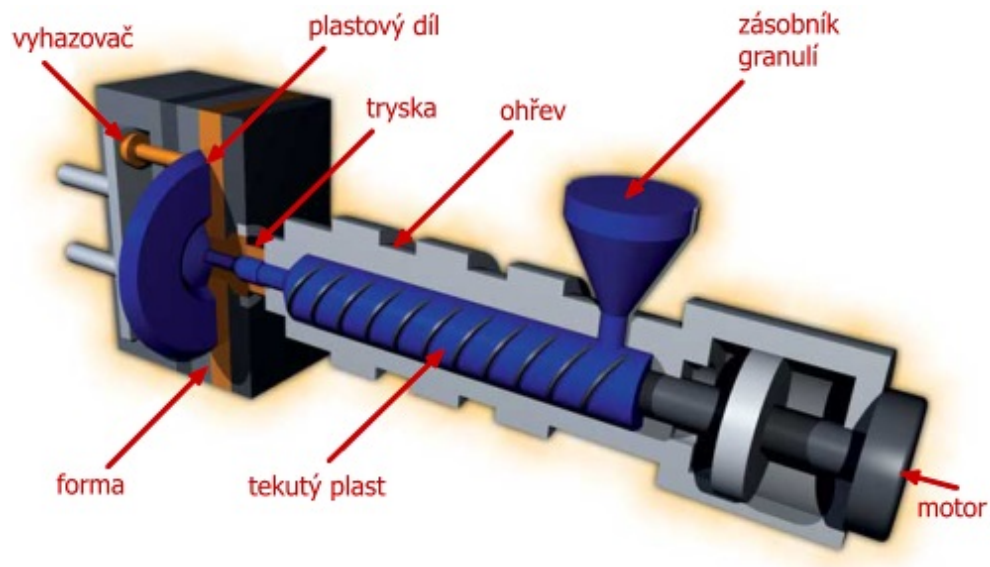
## 1.1 Vstřikování

Vstřikování plastů je poměrně složitý tepelně-mechanický proces tváření, na kterém se podílí:

- Výchozí materiál, ze kterého se vyrábí požadovaná součást
- Výrobní cyklus především se vstřikovacím strojem a ostatními zařízeními, umožňující přípravu taveniny a její dopravu za určitých podmínek do formy
- Forma jako nástroj pro vlastní tváření taveniny na součást

Všechny uvedené faktory ovlivňují užité vlastnosti a kvalitu výstřiku (vyrobené součásti). [1]

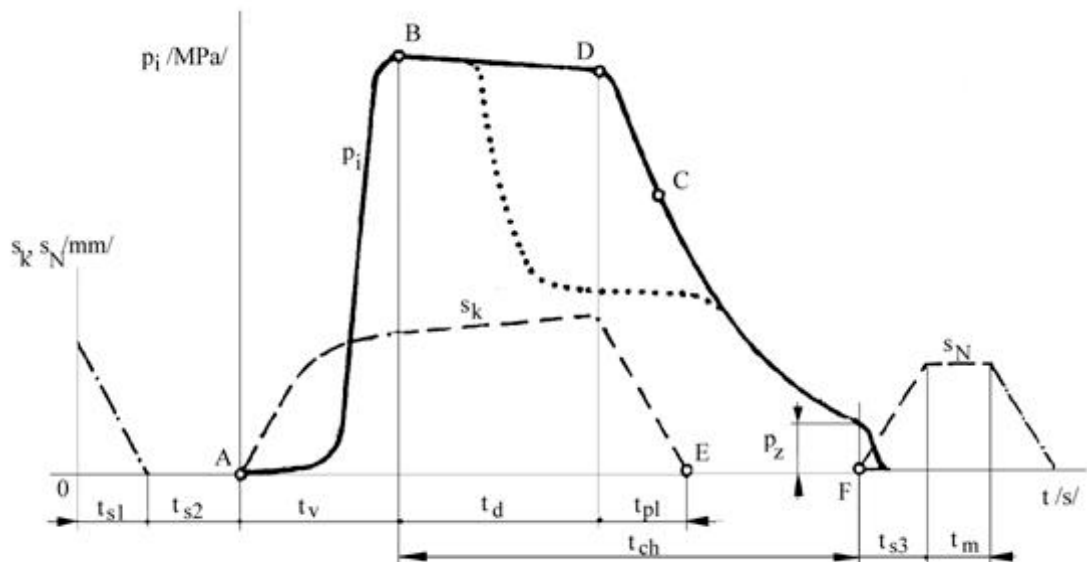
Při výrobě touto technologií se surovina (plastový granulát) plní do násypky vstřikovacího stroje, ze které se sype do pracovního válce, kde je plastikačním šnekem tlačena do další části vstřikovacího stroje, ve kterém se ohřívá, taví a ve formě taveniny vstupuje do trysky, kterou je vstřikována do formy. Po vychlazení se forma otevírá, výrobek se vyhazuje a celý cyklus se opakuje stále dokola. [16]



Obr. 1. Schéma procesu vstřikování [17]

### 1.1.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus se realizuje na vstřikovacím stroji. Před vstupem taveniny do formy se tato musí připravit. Příprava spočívá v temperaci, vložení zálisků, závitových jader apod. temperace formy závisí na typu zpracovávaného plastu, tvaru a tloušťce stěn výrobku. [1]



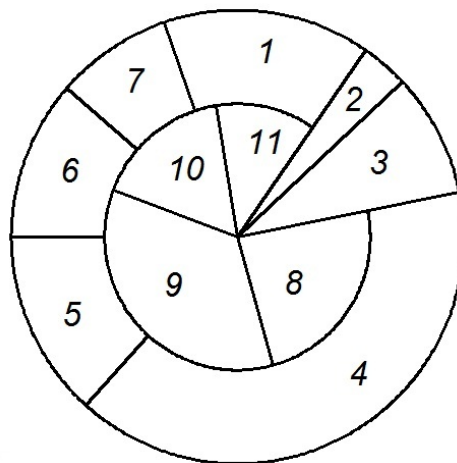
Obr. 2. Průběh vnitřního tlaku  $p_i$  v dutině formy během procesu vstřikování [18]

$s_k$ -pohyb šneku,  $s_N$ - pohyb nástroje (formy)

$t_{s1}$  – doba uzavírání formy,  $t_{s2}$  – doba přisouvání vstřikovací jednotky k formě,  $t_{s3}$  - doba otevírání formy,  $t_m$ - doba otevření formy,  $t_v$ - doba vstřikování,  $t_d$ - doba dotlaku,  $t_{pl}$ =doba plastikace,  $t_{ch}$ -doba chlazení

$p_i$ -vnitřní tlak,  $p_z$ -zbytkový tlak při otevírání formy

A - začátek vstřikování, B - konec vstřikování, začátek dotlaku a chlazení, C - chlazení při nižším tlaku, D- konec dotlaku, E- konec plastikace (pohybu šneku), F-začátek pohybu formy [18]



Obr. 3. Vstřikovací cyklus [1]

1 - uzavření formy, 2- vstříknutí, 3- dotlak, 4 - chlazení, 5- otevření formy, 6- vyprázdnění formy, 7- příprava formy, 8- odjezd plastikační jednotky, 9 - plastikace , 10- prodleva, 11 - příjezd plastikační jednotky [1]

## 1.2 Vstřikovací stroje

Stroj jako jeden z hlavních činitelů výroby má nejrůznější uspořádání. Vyžaduje se od něho aby kvalitou svých parametrů a dokonalým řízením, byla zajištěna výroba jakostních výstřiků. V současné době 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. Konstrukce stroje je charakterizována podle:

- Vstřikovací jednotky
- Uzavírací jednotky
- Ovládání a řízení stroje [1]

Někteří výrobci přesných součástí z plastů považují za rozhodujícího činitele formu a při zvlášť vysokých sériích těchto součástí si konstruují sami vstřikovací stroj (s ohledem na formu) z vybraných dílců dodávaných specializovanými firmami. U vstřikovacího stroje pro přesné výstřiky se zaměřujeme na:

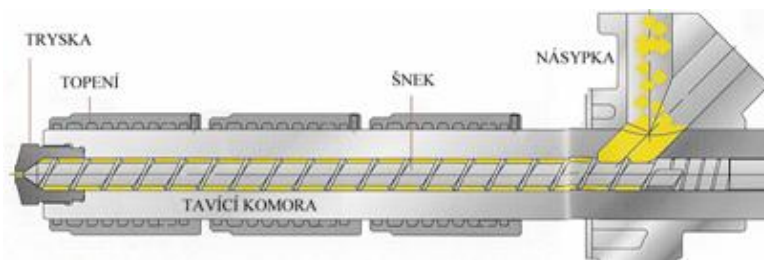
- Plastikační schopnost vstřikovací jednotky
- Tuhost konstrukce uzavírající jednotky
- Ovladatelnost a vybavení regulační technikou

- Stupeň automatizace [3]

Každý výrobce vstřikovacích strojů je schopen vybavit vstřikovací stroj tak, aby plnil funkci částečně nebo plně automatizovaného pracoviště, tj. dovybavit stroj manipulatory, roboty, temperačním zařízením, dávkovacím a mísicím zařízením, sušárnami a dopravníky pro výrobky a vtoky. [18]

### 1.2.1 Vstřikovací jednotka

Připraví a dopraví požadované množství roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry do formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Maximální vstřikované množství nemá překročit 90% kapacity jednotky, protože je nutná ještě rezerva pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení (smrštění). Optimální množství je 80%. [1]



Obr. 4. Řez vstřikovací jednotkou [18]

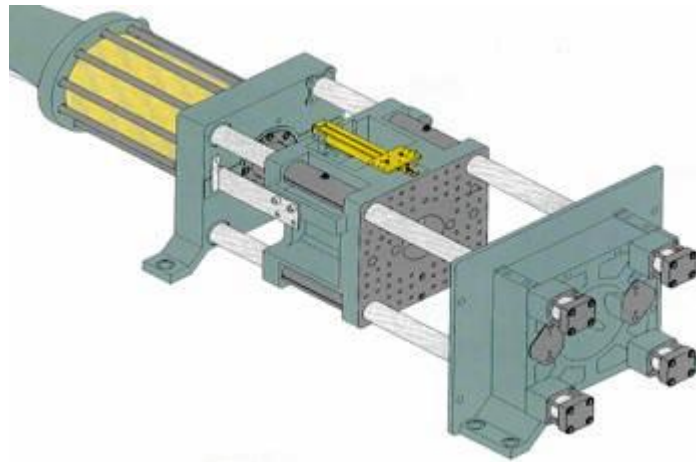
Při plastikaci se šnek otáčí a v hrdle násypky nabírá granulovaný plast, který stlačuje a dopravuje jej do vytápěných částí tavící komory, kde materiál taje a jako tavenina se hromadí před čelem šneku a šnek během otáčení ustupuje dozadu. Po zplastování potřebného množství plastu se otáčivý pohyb šneku zastaví a šnek se bez otáčení pohybuje dopředu jako píst a vstřikuje taveninu do dutiny formy. Jelikož plastikace nové dávky plastu může probíhat ještě ve fázi chlazení výstřiku ve formě, je výrobní cyklus kratší oproti pístovým strojům. [9, 18]

### 1.2.2 Uzavírací jednotka

Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. Hlavní částí uzavírací jednotky jsou:

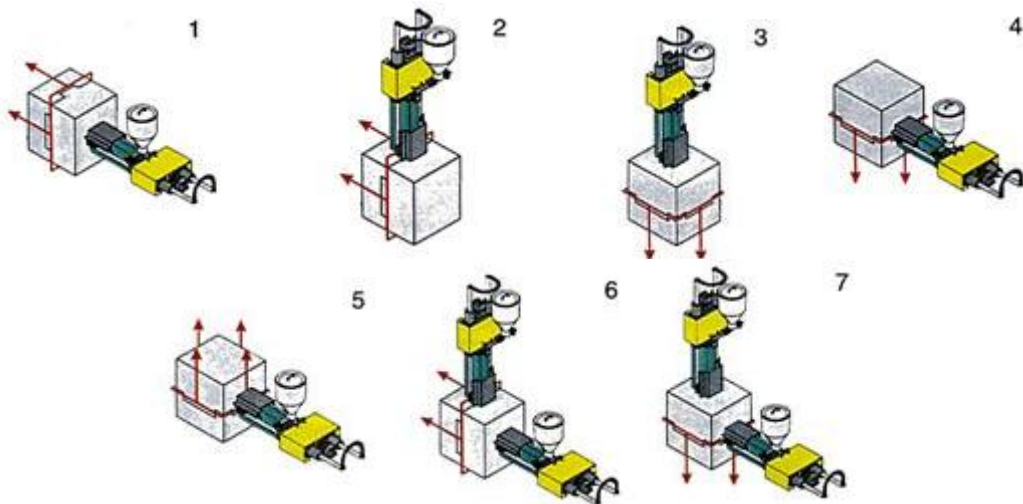
- Opěrná deska pevná
- Upínací deska

- Vodící sloupky
- Uzavírací mechanismus [14]



Obr. 5. Schéma uzavírací jednotky [18]

Vstřikovací stroje používají v současné době různé uzavírací systémy, které např. mohou být konstruovány jako hydraulické, mechanické, kombinace hydraulického a mechanického způsobu a elektrické systémy. Vstřikovací a uzavírací jednotky mají vůči sobě určité umístění - polohu. Nejčastější uspořádání u vstřikovacích strojů je horizontální poloha vstřikovací i uzavírací jednotky. [9, 18]



Obr. 6. Polohy vstřikovací a uzavírací jednotky [18]

1 - standardní pracovní poloha, 2 - vstřikování do dělicí roviny, 3 - U verze, záliskování, 4 - vstřikování do dělicí roviny se zakládáním zálisků, 5 - zastřikávání komplikovaných zálisků, 6 - dvoukomponentní vstřikování,





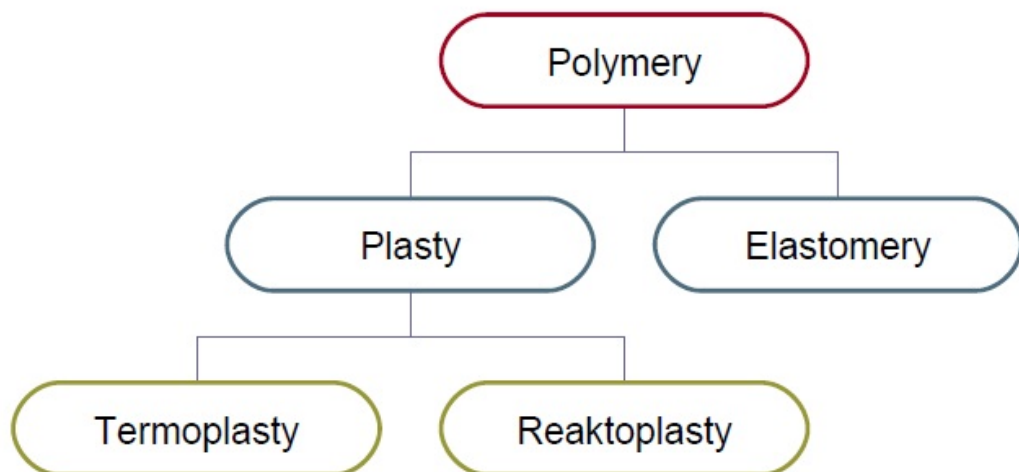
*Obr. 7. Překlopná uzavírací jednotka [19]*

### **1.2.3 Ovládání**

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je význačným a nutným faktorem. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky. [1]

## **1.3 Plasty používané pro vstřikování**

Všechny syntetické polymery jsou tvořeny makromolekulami, které vznikají opakovaným spojováním základní jednotky-meru, odvozené od výchozí molekuly – monomeru. Spojováním dvou nebo více základních jednotek vznikají kopolymery. Makro molekuly jsou tedy řetězce opakujících se merů. Chemické složení meru – druh atomů a způsob jejich spojení chemickými vazbami určuje základní chemické a fyzikálně-chemické vlastnosti příslušného polymeru. V jednom polymeru jsou obsaženy různě dlouhé řetězce, a proto se polymer charakterizuje pomocí distribuční křivky molekulárních hmotností. [4]



Obr. 8. Dělení polymerů [20]

### 1.3.1 Termoplasty

Jedná se o polymerní materiály, které při zahřívání přecházejí do plastického stavu, do stavu vysoce viskózních neneutonských kapalin, kde je lze snadno tvářet a zpracovávat různými technologiemi. Do tuhého stavu přejdou ochlazením pod teplotu tání  $T_m$  (semikrystalické plasty), resp. teplotu skelného stavu  $T_g$  (amorfní plasty). Protože při zahřívání nedochází ke změnám chemické struktury, lze proces měknutí a následného tuhnutí opakovat teoreticky bez omezení, jedná se o fyzikální proces. Např.: polyetylen (PE), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polyamid (PA) a mnoho dalších. [18, 21]

### 1.3.2 Reaktoplasty

Jedná se o polymerní materiály, které v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci- prostorovému zesíťování struktury, k tzv. vytvrzování. Výrobek je možno považovat za jednu velkou makromolekulu. Ochlazování reaktoplastů probíhá mimo nástroj, neboť zajištění rychlého ohřevu formy pro vytvrzení a následně rychlé ochlazení materiálu by bylo obtížné. Tento děj je nevratný a vytvrzené plasty nelze roztavit ani rozpustit, dalším zahříváním dojde k rozkladu hmoty (degradaci). Např.: fenolformaldehydové hmoty, epoxidové pryskyřice, polyesterové hmoty a mnoho dalších. [18, 21]

### 1.3.3 Elastomery

Elastomery lze obecně považovat za vysoce kondenzované plyny, protože většina dílčích monomerů se vyskytuje v plynném skupenství. Polymerizací vznikají řetězce dlou-

hých molekul. Jejich molekulová struktura může být amorfni, semikrystalická anebo krystalická. Elastomery jsou typické amorfni polymery s náhodným uspořádáním molekul. Elastomery jsou výjimečný svojí velkou pružnou deformací. [8]

Jedná se o polymerní materiály, které v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci - prostorovému zesíťování struktury, probíhá tzv. vulkanizace. [18]

#### 1.3.4 Volba materiálu při návrhu součásti

Obecně platí, že tvar výrobku a jeho vlastnosti musí odpovídat použitému plasty a zvolené technologii. Při volbě materiálu musí zhodnotit funkční a zpracovatelské hledisko.

Funkční hledisko hodnotí:

- Mechanickou pevnost (dlouhodobě, krátkodobě)
- Elektrické vlastnosti (vodivost)
- Chemickou odolnost
- Optické vlastnosti (průhlednost, barva, lesk)

Zpracovatelské hledisko hodnotí:

- Tekutost: ovlivňuje tloušťku stěn výrobku, koncepci zaformování, velikost vtoku, temperaci formy
- Smrštění: určuje výrobní přesnost výrobku
- Citlivost na procesní podmínky [1, 12]

## 2 KONSTRUKCE VÝROBKU

Konstrukční návrh součástí z plastu se řídí úplně jinými zásadami, než u součástí kovových. Při její tvorbě musí konstruktér zvažovat, co všechno se při vstřikování v dílu z plastu bude dít. [1]

### 2.1 Konstrukční zásady při návrhu vstřikovaného výrobku

Konstrukční návrh součástí z plastu se řídí úplně jinými zásadami, než u součástí kovových. Při její tvorbě musí konstruktér zvažovat, co všechno se při vstřikování v dílu z plastu bude dít. Pro realizaci 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 formy a jednodušší výroba výstřiků. [5, 10]

#### 2.1.1 Úkosy, podkosy

Jsou to sklony stěn výstřiku kolmo k dělicí rovině, kterými se umožňuje nebo u podkosů zabraňuje vyjímání výstřiku z dutiny formy. Jejich velikost se řídí požadovanou funkcí. Svým uspořádáním jsou buď vnější, nebo vnitřní. Volbu jejich velikosti ovlivňuje především smrštění, elasticita plastu, povrch stěn a automatizace výroby. S ohledem na tyto faktory se pak volí jejich velikost dle Tab. 1. [1]

Tab. 1. Velikost úkosů [1]

Úkosy pro	Velikost úkosu
Vnější plochy	30' - 2°
Vnitřní plochy	30' - 3°
Otvory do hloubky 2D	30' - 1°
Hluboké otvory	1°-10°
Žebra, nálitky	1°-10°
Výstupky	2°-10°

U termoplastů – dochází ochlazováním taveniny ke zmenšování objemu (objemová kontrakce) a následně ke smrštění výlisku. Objemová kontrakce je zčásti kompenzovaná dotlakem, k eliminaci vtaženin a lunkrů. U termoplastů jsou vnitřní úkosy větší než venkovní, neboť dochází ke smrštění na tvary vystouplé, trny, kolíky, tvárníky. [3]

U reaktoplastů – neexistují v okamžiku vyhazování smršťující síly. Vysvětluje se to tím, že reakční smrštění v konečné fázi zesíťování, se vyrovnává vzestupem tepla tvářené hmoty a s tím spojenou tepelnou dilatací. Proto platí naopak, že vnější jsou větší jak vnitřní. [5]

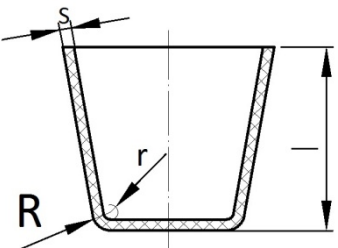
### 2.1.2 Zaoblení rohů, koutů a hran

Většina plastických hmot je citlivá na ostré rohy a vruby. Ostrým rohům bychom se měli při konstrukci výrobku vyhnout. Vnitřní ostrý roh působí ve výrobku jako koncentrátor napětí při namáhání. Jakákoliv změna průřezu způsobí zvýšení napětí. Vnitřní poloměr zaoblení by měl být minimálně 50% tloušťky hlavní stěny. [6, 10]

Zaoblení hran, rohů a koutů se usnadní tok taveniny, zabrání se koncentraci napětí v těchto místech a sníží se i opotřebení formy, protože přechody s ostrými hranami vyžadují vyšší vstřikovací tlaky. Rázová houževnatost součásti se tím zvýší až o 50%. [1, 15]

Rozdíl mezi vnitřním poloměrem  $r$  a vnějším poloměrem  $R$  je tloušťka stěny  $s$ .

Tab. 2. Zaoblení hran a rohů [1]

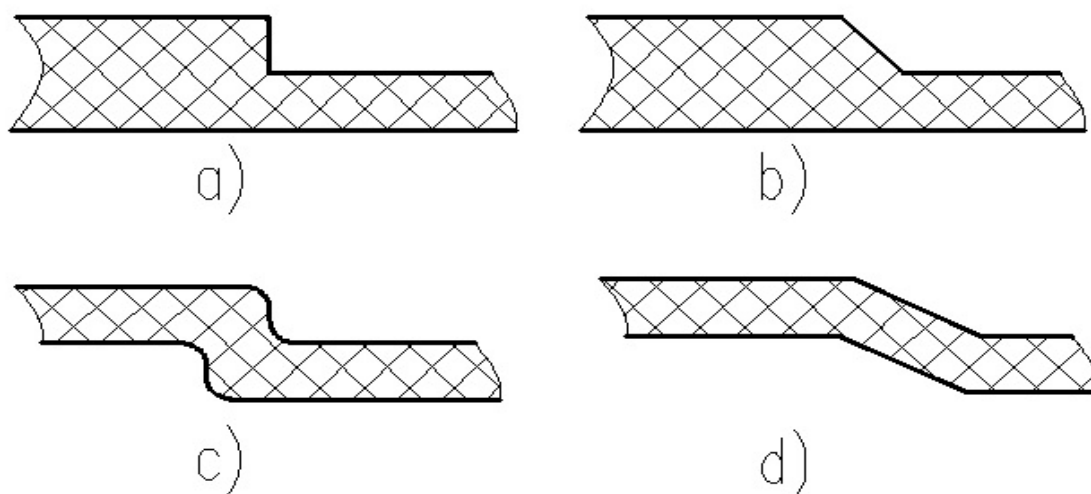
Minimální poloměr			Doporučený poloměr		
Plast	$r$	$R$	$l$	$r$	
Plněné PA, PC	1,5	$r + s$	>50	1,6	
			50-100	2,5	
PS, PC, CAB, PMMA, PVC	0,6-1	$r + s$	100-150	4	
			150-200	5	
			200-250	6	
			250-300	8	
PE, PP, CA, PPO, POM, PETP, PA, ABS, SAN	0,5	$r + s$	300-400	12	
			400-500	20	

### 2.1.3 Tloušťky stěn

Tloušťka stěny musí splňovat požadavek funkční – tzn. pevnost, tuhost. Tuhost je spolu s pevností závislá na volbě materiálu, na tloušťce stěny, respektive tvaru namáhaného profilu. Obvyklé tloušťky stěn u výrobků z termoplastů bývají podle velikosti dílů ko-

lem 5 mm. Pro větší tloušťky stěn se používají z důvodu eliminace vtaženin a lunek, technologie s použitím nadouvadla, případně technologie s tlakovým plynem respektive s tlakovou vodou. [5, 15]

Zásady správné konstrukce tloušťky stěn vyžadují jednotnou tloušťku, náhlé přechody mají být bez ostrých hran a v případě kdy se nelze vyhnout tlustším stěnám provedeme vhodné vylehčení, nejlépe na opačné straně. Tloušťka bočních stěn, nebo žeber se zaoblenou přechodovou hranou nemá překročit 0,8 násobek tloušťky hlavní stěny. [1, 10]

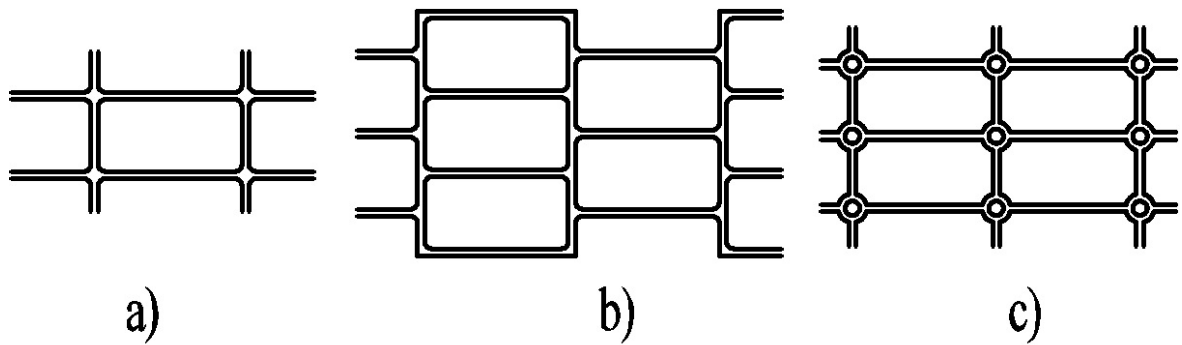


Obr. 9. Příklady přechodů tloušťky stěn a) nevhodné, b) lepší, c,d) vhodné [6]

#### 2.1.4 Žebra a rýhování

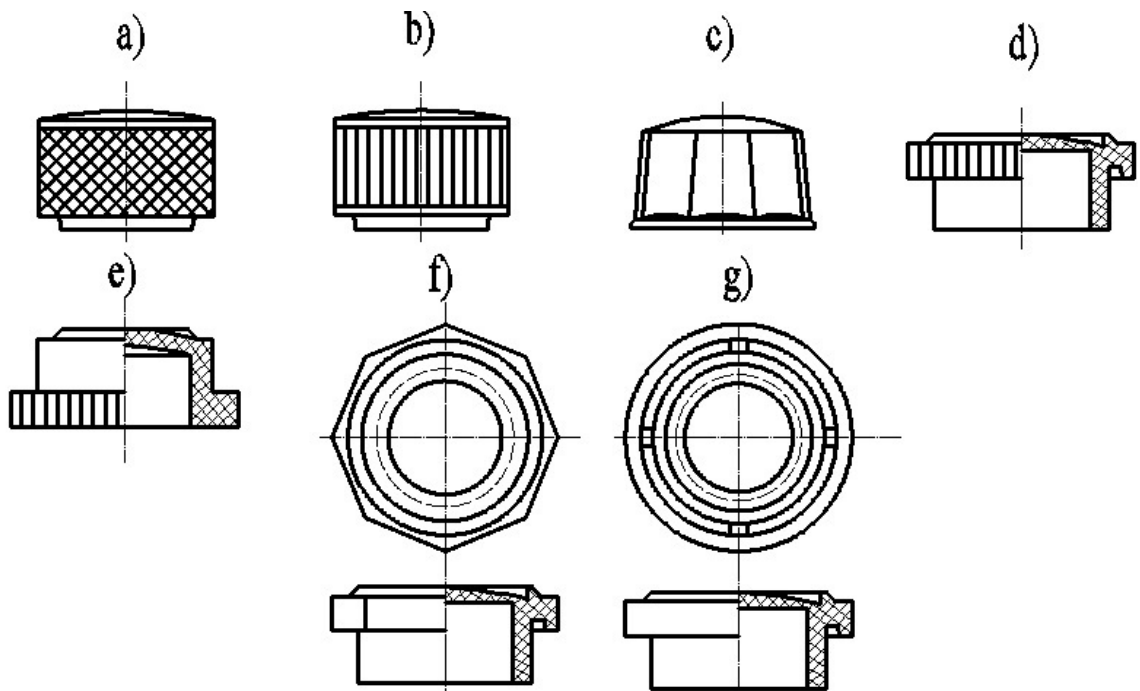
Žebra se dělí podle účinku, který plní na součásti, případně v dutině formy. Technická žebra zabezpečují pevnost a tuhost součásti. Technologická zase umožňují optimální plnění dutiny formy, nebo brání zborcení stěn, případně odstraňují předpokládaný vznik povrchových vad. [1]

Žebra jsou v první řadě použita k tomu, aby zvýšila tuhost specifické oblasti. Základna žebra by měla být zaoblená. Velikost zaoblení by měla být 0,25 násobek tloušťky hlavní stěny, minimální velikost zaoblení je 0,25 mm. Výška žebra by neměla být větší než 2,5 až 5 násobek tloušťky hlavní stěny. Přesná velikost žeber závisí na použitém materiálu. [6, 9]



Obr. 10. Příklady žeber, a,c) technologické, b) technické [1]

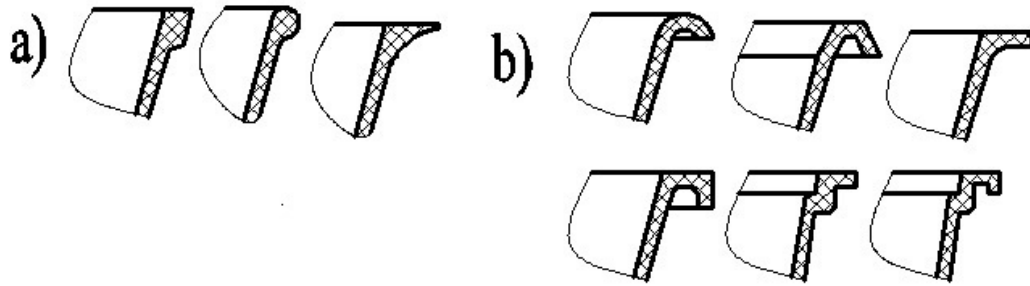
Rýhování používáme u různých držáků a ovládacích prvků, má být lehce zaformovatelné. Křížové rýhování (Obr. 11a) činí při vyhazování velké potíže. Proto se používá podélného rýhování s různým osazením a kuželovými stěnami. [1]



Obr. 11. Příklady rýhování [1]

### 2.1.5 Okraje a obruby

Okraje a obruby umístěné do dělicí roviny se často vyztužují. Okraje a obruby zvyšují pevnost tenkostěnných výrobků. [1]



Obr. 12. Příklady okrajů a obrub a) nevhodné, b) vhodné [1]

### 2.1.6 Zálisky, zástříky, inserty z kovových materiálů

Zálisky z kovových materiálů zastříknuté v součásti, mají zpevnit, nebo zajistit její rozměrovou stabilitu, případně vyztužit a realizovat pevné spojení s ostatními díly. Zajišťují se proti otáčení a vytažení tvarovými zápichy různého provedení. Technologie zastříknutí zálisků má však některé nevýhody mezi které patří problémy s automatizací výroby, i zvyšující pracností. V plastu vzniká napětí z důvodu vyššího koeficientu teplotní roztažnosti plastu oproti kovovým dílcům, to vyvolává nebezpečí vzniku trhlin. Z toho důvodu musí být kolem zálisku dostatečná tloušťka stěny z plastu a také nesmí ležet blízko kraje. [1, 15]



Obr. 13. Příklady konstrukcí insertů [22]

### 2.1.7 Závity

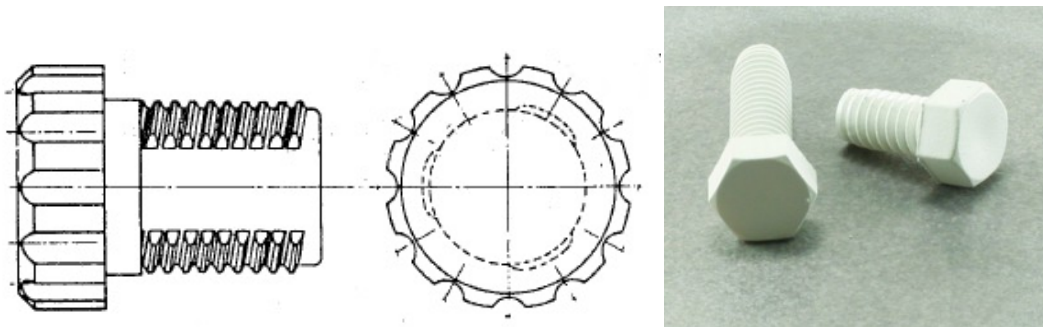
Závity na plastových dílech se vyznačují menší pevností a u jemnějších tvarů i obtížností zaformování. Proto se doporučuje vyrábět větší průměry se závity s větším stoupáním a ve tvaru oblého, pilového, trapézového závitu, které jsou pevnostně i výrobně vhodnější. [1]

Vnější závity se tvarují pomocí čelistí, závitových kroužků, rozpínacích trnů. Vnitřní závity se tvarují závitovými kolíky, závitovými trny s vytáčením, jádry



s pohyblivými segmenty. Již při konstrukci je nutno zohlednit jaký závit je nutný z hlediska funkčního určení dílu, materiálu a prostředí. [5]

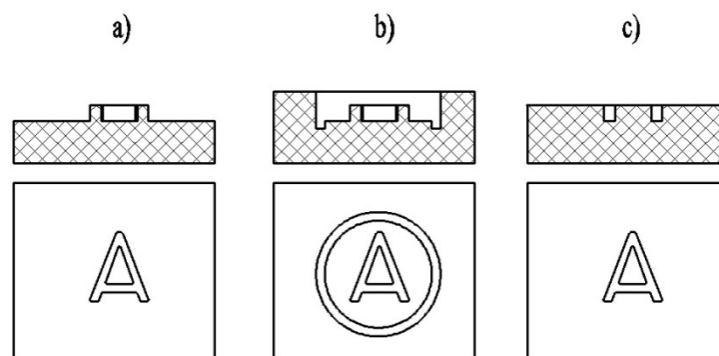
Závity mají menší pevnost, malé průměry závitů a malá stoupání je vhodné vyřezat. Závit nesmí začínat na okraji výrobku. Při výrobě závitů můžeme docílit nízké výrobní náklady při použití přerušovaných závitů. [9]



Obr. 14. Plastový šroub [1, 23]

### 2.1.8 Nápis

Nápisy a značky se obvykle zhotoví na výstřiku při jeho výrobě ve formě nejrůznějšími způsoby. Vystouplé nápisy a značky jsou výrobně nejjednodušší, ale účelově nejméně vhodné Obr. 16a. Zapuštěné písmo je výrobně obtížné Obr. 16b. Nejvhodnější způsob je kombinací prvních dvou možností, tedy vystouplé písmo v zahloubení tak, aby nepřesahovalo nad povrch Obr. 16c. [1]



Obr. 15. Způsoby značení [1]

## 2.2 Dodatečné úpravy vstříkovaného výrobku

Vyrobený výstřík je dán svými vlastnostmi, tvarem, rozměry a jakostí ploch. Ne vždy se všechny tyto činitele podaří realizovat hned při vstříkování. Potom je třeba je

opravit nebo dokončit. Může nastat nedodržení jejich vlastností, nepřesnosti rozměrů, nedokončená výroba tvaru, špatná kvalita, nebo speciální úprava povrchu. [1]

Příklady dodatečných úprav:

- Obrábění – nedodržení rozměrů vlivem smrštění, zvýšená přesnost výrobku, boční otvory
- Barvení – barva plastu je dána použitým materiálem, pokud se vyžaduje jiná barevná, nebo speciální úprava, je třeba ji dokončit na vyrobeném výstřiku
- Temperování – tepelné zpracování pro zlepšení vlastností, nebo stabilizaci rozměrů. Provádí se za zvýšené teploty 30 - 40°C
- Kondicionování – tepelné zpracování silně navlhávajících plastů ve vodě. Dochází ke zvýšení houževnatosti a ustálení rozměrů [1]

### 2.3 Jakost vstříkovaného výrobku

Jakost povrchu je obrazem kvality povrchu dutiny formy. [1]

Z hlediska volby druhu plastu má na jakost výstřiku vliv:

- Rychlost plastikace polymeru, která by měla být co nejkratší
- Tekutost plastu, která má být dostatečná a nesmí se měnit s teplotou příliš rychle
- Dostatečná tepelná stabilita plastu v rozsahu zpracovatelských teplot, která měla být co nejširší
- Uvolňování těkavých látek
- Velikost vnitřního pnutí, které má být co nejnižší
- Smrštění plastu v jednotlivých směrech na výrobku, které je ovlivněno technologickými podmínkami [18]

Z hlediska technologických parametrů má největší vliv:

- Vstřikovací tlak – ovlivňuje plnění formy, uzavírací sílu, vnitřní pnutí, smrštění atd.
- Teplota taveniny – ovlivňuje tekutost plastu, vstřikovací tlak, dobu chlazení a tedy dobu cyklu, smrštění, dotlak atd.
- Teplota formy – ovlivňuje tekutost plastu, rychlost plnění, dobu chlazení, lesk výrobku, teplotu taveniny, smrštění, vnitřní pnutí atd.

- Rychlost plnění dutiny formy – má být co nejrychlejší, je však nutné kontrolovat teplotu taveniny, aby nedošlo k degradaci materiálu
- Výše a doba trvání dotlaku – ovlivňuje hlavně rozměry výrobku, smrštění a vnitřní pnutí [18]

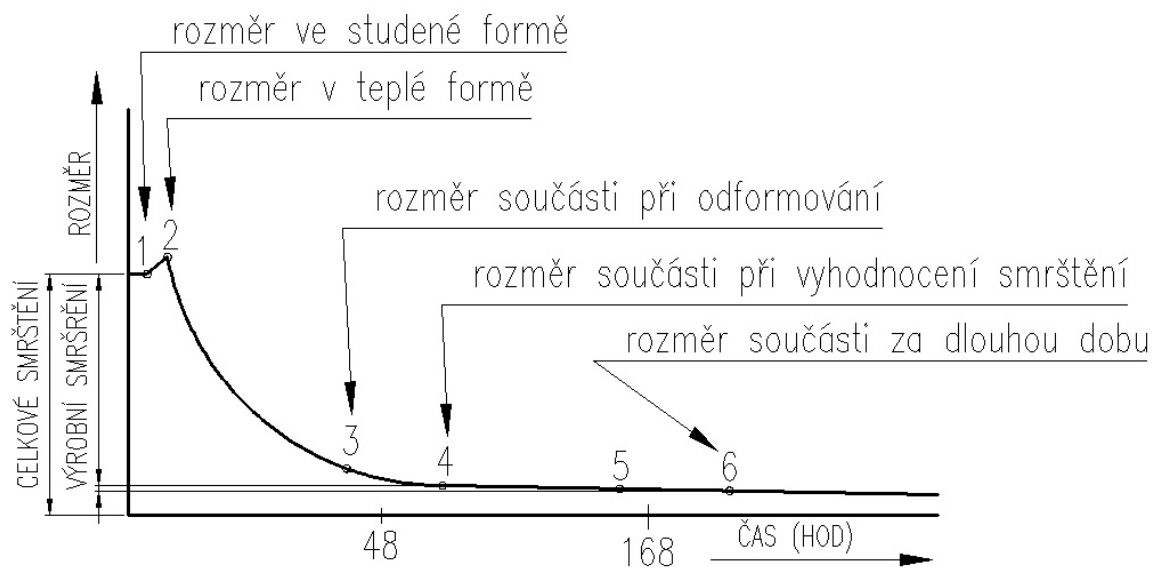
## 2.4 Smrštění výrobku

Smrštění plastu proti formě je objemová změna, vyvolána fyzikálními nebo chemickými ději, které probíhají při procesu tváření. Projevuje se hlavně v průběhu tuhnutí taveniny polymeru a v čase bezprostředně následujícím po vyjmutí tvářeného výrobku z formy. Smrštění měřené po temperování nebo po delším časovém odstupu od výroby je tzv. dodatečné smrštění. Smrštění je vyvoláno teplotní roztažností, kdy povrch výrobku je již ztuhlý a jádro stále tekuté. Dochází ke zmenšování (smrštění) objemu tekutého jádra a tím vyvolání vnitřního pnutí a změnou rozměrů. [4]

Smrštění se dělí na výrobní smrštění a dodatečné. Výrobní smrštění je 90 % celkového smrštění výrobku, dodatečné smrštění je 10 % celkového smrštění. [4]

Smrštění je ovlivňováno strukturou plastu charakterizovanou:

- Orientací
- Vnitřním pnutím
- Krystalinitou
- Stupněm zesíťování [3]



Obr. 16. Průběh smrštění polymeru [1]

### 3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku a to v tomto tvaru se ochladit do tuhého stavu, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. [13]

#### 3.1 Konstrukce forem

Vstřikovací forma musí splňovat následující základní požadavky:

- Musí mít jádro a dutinu, které definují rozměry vstřikované součásti
- Musí poskytovat prostředky pro dodání roztaveného plastu z plastikací jednotky do dutiny formy
- Musí působit jako výměník tepla který bude rychle a rovnoměrně ochlazovat vstřikovanou součást
- Odformování a vyhození vstřikovaného výrobku z dutiny formy
- U vícenásobných forem bude dodrženo rovnoměrné plnění všech dutin [6]

##### 3.1.1 Postup při konstrukci

Konstrukce vstřikovací formy musí směřovat k možné a snadné výrobní technologii dle stanovených požadavků. Konstrukce má následující postup:

- Posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek
- Určení dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na vzhled a funkci
- Dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Volba vhodného typu vtokového systému
- Stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvzdušnění dutiny formy
- Navržení rámu formy s ohledem na počet a rozmístění dutin, systém vyhazování a temperace formy
- Vhodné uspořádání, středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků
- Zkontrolování funkčních parametrů formy s ohledem na doporučený stroj [1]

### 3.1.2 Zaformování výrobku

Zaformování výrobku se rozumí způsob optimálního zaformování ve formě (volba dělicích rovin), aby výlisek, odformovatelný pomocí různých konstrukčních prvků (posuvných čelistí, válcových kolíků, stírajících desek apod.), mohl být ekonomicky vyráběn, nejlépe v automatickém chodu. Vhodná volba dělicí plochy náleží k rozhodujícím zásadám konstrukce forem. [5]

Konstrukční podmínky pro návrh dělicí roviny:

- Umožnění snadného vyjímání výstřiku z formy
- Pravidelná dělicí rovina, jednoduchý geometrický tvar, snadno vyrobitelná a dobře slícovatelná
- Umístěná v hranách výrobku
- Stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad
- U více dělicích ploch volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet [1]

### 3.1.3 Násobnost formy

Výroba formy je finančně náročná, je výhodné vyrábět tzv. násobné formy pro výrobu několika součástí najednou. Volba optimální násobnosti je závislá na mnoha faktorech, posuzuje se například z hlediska:

- Charakteru a přesnosti výstřiku
- Velikosti a kapacitě vstřikovacího stroje
- Požadovaného množství a termínu dodávky
- Ekonomiky výroby [24]

Součásti tvarově náročné, které vedou ke složité formě, jako i velkorozměrové výstřiky se většinou vyrábí v jednonásobných formách. Z hlediska kvality a přesnosti výstřiku je žádoucí, aby násobnost byla co nejmenší. Výroba rozměrově přesných součástí vedle nepřesností jednotlivých dutin, zavádí do produkce další faktor chyb (nerovnoměrná teplota formy i plastu při plnění dutin, nestejně vstřikovací tlaky, rozdílné dráhy vtoků apod.). [1, 12]

Násobnost vstřikovací formy je významnou otázkou při konstrukčním řešení vstřikovací formy. Násobnost formy má zásadní vliv na hospodárnost vstřikování. [13]

### 3.1.4 Materiály částí vstříkovací forem

Materiály používané pro výrobu formy musí splňovat určité požadavky. Musí odolávat silám a tlakům vyvinutých během vstříkovacího procesu, musí mít dobrou odolnost proti opotřebení a dobrou tepelnou odolnost. Je běžné, že všechny části formy nejsou vyrobeny z jednoho druhu materiálu. Jádra a vložky vstříkovací dutiny musí být vyrobeny z nástrojové oceli. Tato ocel musí být dále tepelně zpracována, aby odolávala opotřebení tekoucího plastického materiálu přes miliony pracovních cyklů. Rám formy může být vyrobený z méně ušlechtilých ocelí. [6]

Obecně platí, že části formy, které jsou v kontaktu s roztaveným plastem jsou vyrobeny z nástrojové oceli a dále tepelně zušlechťeny, části formy, které jsou v kontaktu s jinými částmi formy (čepy, vodící pouzdra) musí být z ušlechtilého materiálu. Ostatní části mohou být z konstrukčních ocelí. [1]

## 3.2 Vtokový systém

Vtokový systém je systém rozvádějících kanálů a ústí vtoku spojující otvor v trysce vstříkovacího stroje s tvarovou dutinou formy. Musí zajišťovat správné, rovnoměrné naplnění dutiny formy, snadné odtržení, nebo oddělení od výstřiku, snadné vyhození vtokového zbytku a objem vtokové soustavy omezit na minimum. Vtoková soustava je navrhována podle počtu tvarových dutin, jejich rozmístění, konstrukčního provedení výstřiku, materiálu plastu a také podle toho, zda bude konstruován jako studený, nebo horký systém. [12, 25]

## 3.3 Studený vtokový systém (SVS)

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

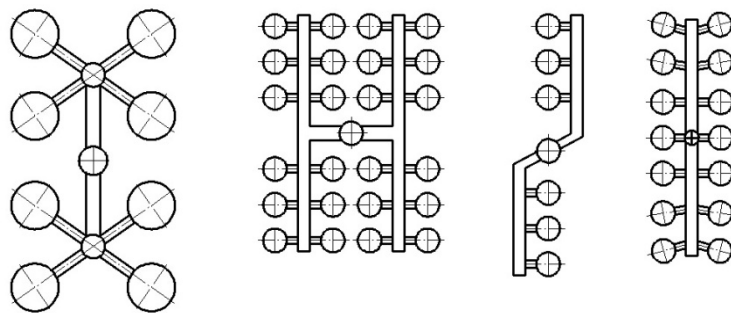
Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním ústí ovlivňují:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku
- spotřebu materiálu plastu
- náročnost opracování na začistění výstřiku
- energetickou náročnost [5]

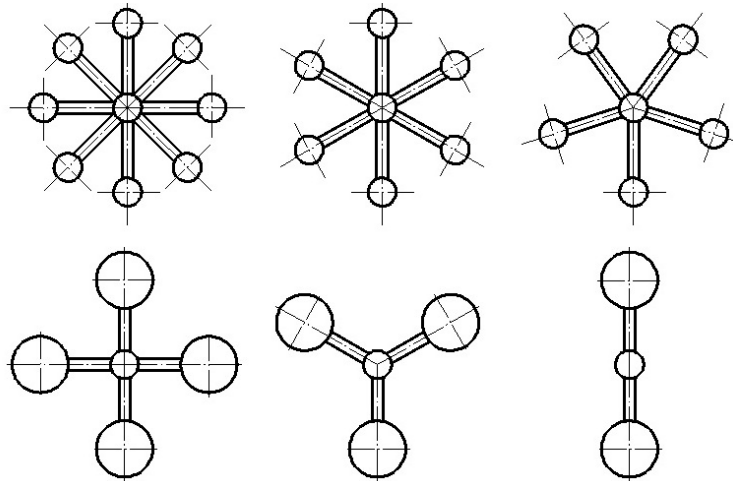
U vícenásobných forem musí tavenina dorazit ke všem dutinám ve stejnou dobu a mít přitom stejný tlak jedná se o tzv. vyvážený vtokový systém. Tavenina se vstříkuje velkou rychlostí do relativně studené vstřikovací formy. Během průtoku SVS roste viskozita taveniny a zvyšuje se tlak. Ztuhlá povrchová vrstva taveniny vytváří tepelnou izolaci vnitřnímu proudu taveniny. [9]

Typy uspořádání vtokové soustavy u vícenásobných forem:

- řadové uspořádání
- symetrické uspořádání [26]



Obr. 17. Řadové uspořádání [26]



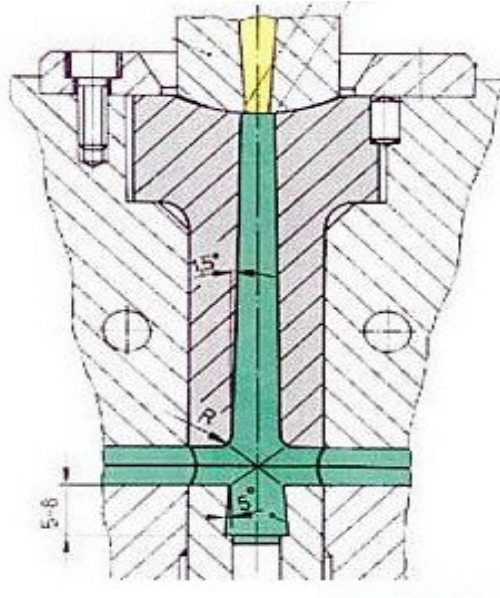
Obr. 18. Symetrické uspořádání [26]

### 3.3.1 Vtokový kanál

Nejobvyklejším je kuželový vtokový kanál, vytvořený uvnitř vtokové vložky. Ústí do rozvádějících kanálů, případně přímo do výstřiku. Vtoková vložka s vypracovaným vtokovým kanálem se vyrábí z nástrojové oceli a je tepelně zpracována (tvrdost kolem 58 HRC). Je velmi tepelně a mechanicky namáhána. Průměr vtokového kanálu trysky stro-



je je minimálně o 0,5 až 1 mm větší, než je průměr otvoru trysky vstřikovacího stroje. Na opačné straně největší průměr kanálu má být větší minimálně o 1,5 mm, než je největší tloušťka výstřiku. Je leštěný, s drsností 0,1 Ra s minimální úkosem 1,5°. [1, 11]

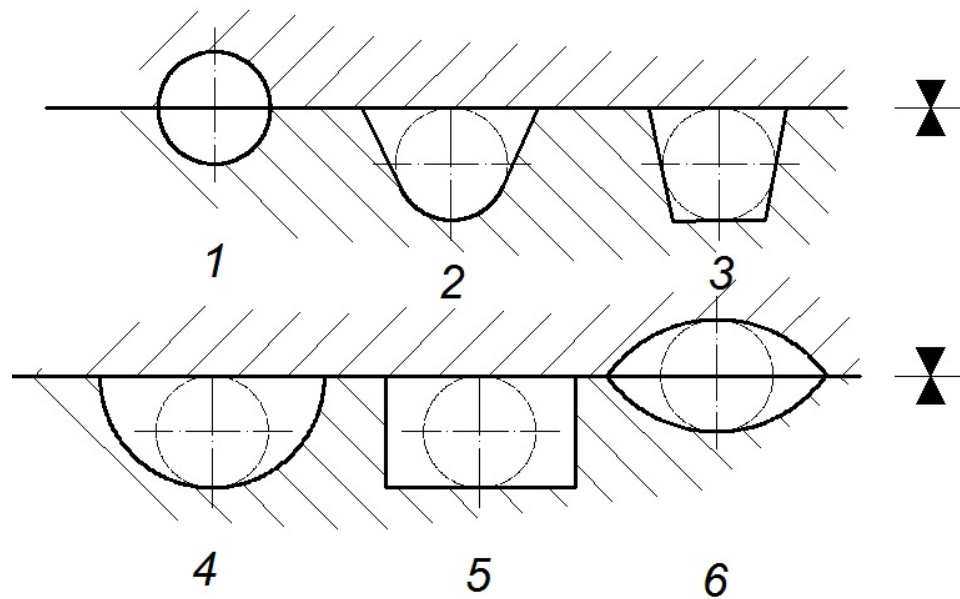


Obr. 19. Vtokový kanál [25]

### 3.3.2 Rozváděcí kanál

Rozváděcí kanály jsou nejdelší částí vtokového systému a výrazně tak ovlivňují celkové tlakové a tepelné ztráty. Povrch průřezů rozváděcích kanálů má být co nejmenší tak, aby měly co nejmenší odpor při toku taveniny. Velikost průřezů je dána délkou toku taveniny, tekutostí plastu, tloušťkou a hmotností výstřiku. [11, 25]

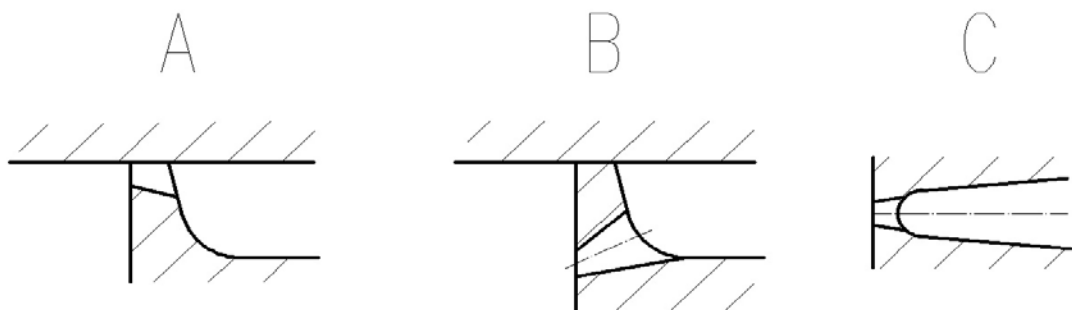
Rozváděcí kanály spojují vtokový kanál s ústím vtoku a tvářecí dutinou. Jejich délka je dána typem formy. Při stanovení průřezů rozváděcího kanálu se dává přednost kruhovému, nebo lichoběžníkovému, který zabezpečí nejmenší teplotní i tlakové ztráty a nižší hodnoty průtokového odporu. Všeobecně platí, že nejmenší průměr rozváděcího (i vtokového) kanálu nemá překročit 1,54 násobek největší tloušťky stěny výstřiku. [1, 11]



Obr. 20. Typy průřezů rozváděcích kanálů, 1, 6 - výrobně nevýhodné ale nejvhodnější pro rozvod taveniny, 2, 3, 4, 5 - výrobně výhodné [9]

### 3.3.3 Vtokové ústí

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jen v ojedinělých případech může být použitý plný nezúžený vtok (pro potlačení propadlin a lunek u velkoobjemových dílů). Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny, omezí se strhávání chladných vrstev z obvodu vtoků a tím i vytváření povrchových defektů. Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, plastu i technologii vstřikování a mělo by umožnit snadné začištění. Velikost zúženého průřezu musí spolehlivě naplnit dutinu formy. [1]



Obr. 21. Nejčastější vtoková ústí, A- boční ústí, B- tunelové ústí, C- bodové ústí [25]

### ***Plný kuželový vtok***

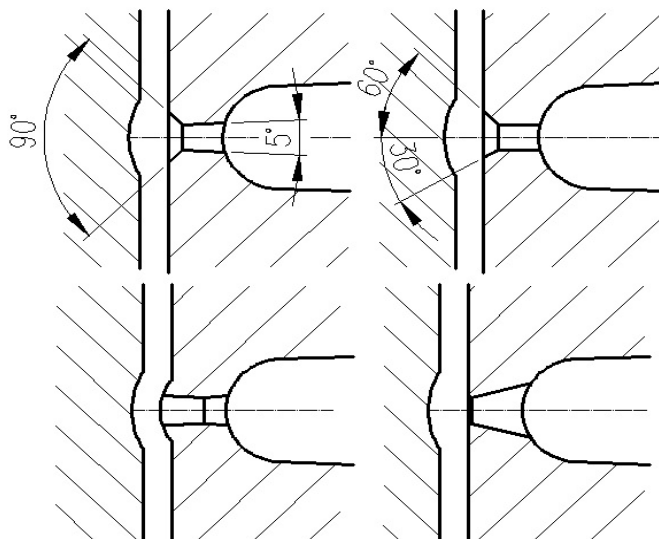
Přivádí taveninu do tvarové dutiny formy bez zúženého vtokové ústí. Používá se převážně u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Je vhodný především pro tlustostěnné a objemné výstřiky. Z hlediska působení dotlaku je velmi účinný, protože vtok tuhne ve formě jako poslední. Jeho odstranění je pracné a zanechává stopy na výstřiku. Pro menší tloušťky stěn je vhodné konstruovat čočkovité zahlobení. [1]

Konstruuje se s kuželovitostí 1:15 až 1:50, bez kuželovitosti by hrozilo nebezpečí předčasného zatuhnutí, neuvolnění vtokové vložky při vyhazování. Naopak větší kuželovitost prodlužuje dobu chlazení a zvyšuje množství odpadu. Vhodný při vstřikování termoplastů s horší tekutostí, kde je nutný delší dotlak. Čočkovité zahlobení vytvořené proti ústí je pro zlepšení tokových vlastností a jednak proto, aby v ústí vtoku bylo soustředěno více taveniny pro vyrovnání vzniklé deformace. [25]

### ***Bodový vtok***

Je nejznámější typ zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, který leží mimo nebo v dělicí rovině. Může vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo z rozváděcích kanálů. Vyžaduje systém třídeskových forem. U tohoto typu musí být zajištěno, aby nejprve došlo k odtržení vtokového ústí a teprve potom k otevření formy v dělicí rovině s tvarovou dutinou. [1]

Průměr ústí bodového vtoku nejčastěji 1 mm, vhodný pro tenkostěnné výrobky. Směrem k výrobku je vtok kuželovitě rozšířen. [25]

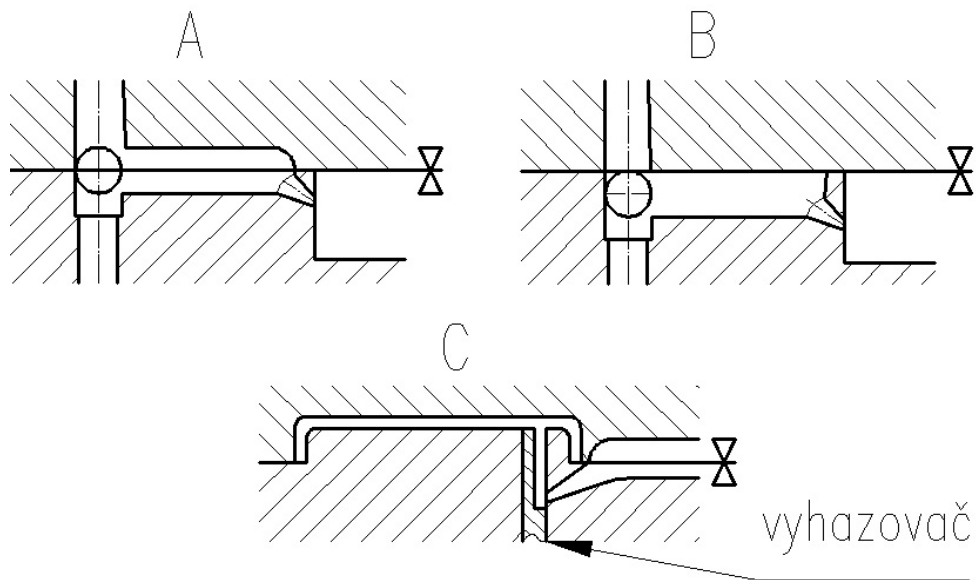


Obr. 22. Typy zakončení bodového vtoku [1]

### *Tunelový vtok*

Je zvláštním případem bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výrobek. Díky tomu není třeba konstruovat více výrobně náročnější systém třídeskové formy. Předpokladem dobré funkce tunelového vtoku je existence ostrých hran pro oddělení vtokového zbytku od výrobku. Oddělení vtokového zbytku se provádí při otevírání formy nebo při vyhazování výrobku. Tunelový vtok se umísťuje zejména do levé (pohyblivé) části formy. [1]

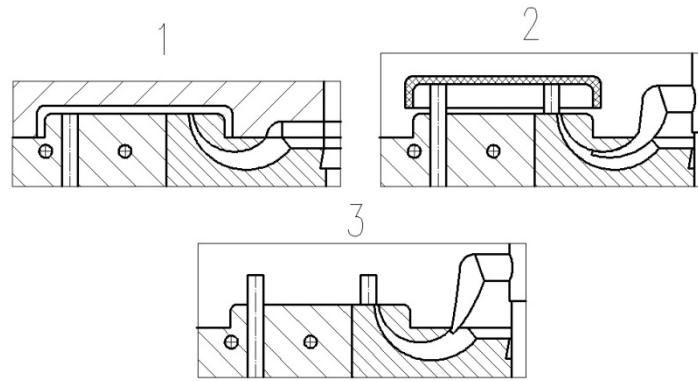
Není-li zaústění do boku výstřiku možné, využívá se zaústění do vnitřního nálitku, žebra a pod. Může se vytvořit i nálitek, pokud to funkci výstřiku nevadí. [1]



Obr. 23. Tunelový vtok, A-rozváděcí kanál v obou polorovinách, B- rozváděcí kanál v jedné polorovině, C - zaústění do nálitku [1]

### *Srpkovitý vtok*

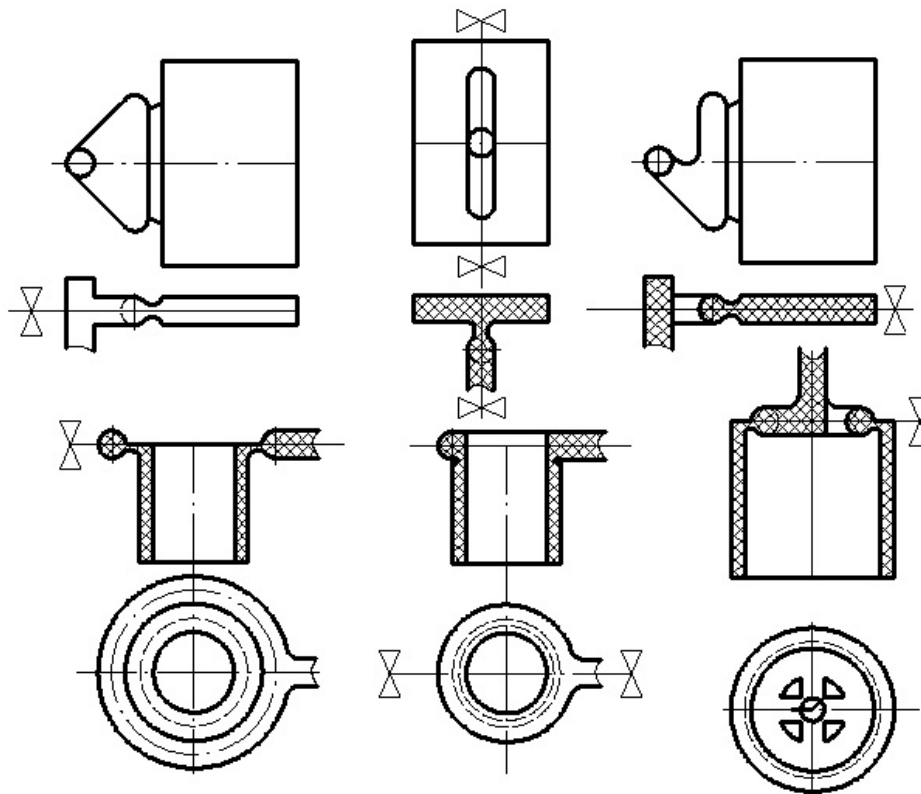
Speciálním případem tunelového vtoku je srpkovitý vtok (banánový vtok). Používá se v případech, kdy stopa po vtoku nesmí působit rušivě na pohledové části výrobku. Není vhodný pro křehké materiály, které by mohli popraskat a ucpat vtokové ústí. [1]



Obr. 24. Funkce sprkovitého vtoku [2]

**Filmový vtok**

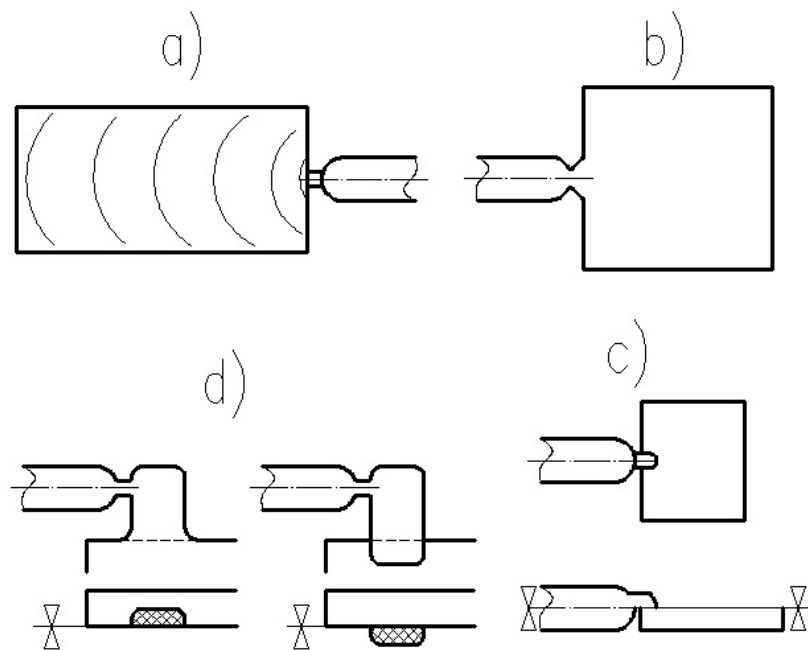
Je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí k plnění kruhových a trubcových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. Rozvedení taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu. To se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu. Vzhledem k obtížím s odřezáváním vtokového zbytku volí se co nejmenší tloušťka. Její minimální hodnota bývá 0,3 mm, u plněných plastů 0,5 mm. [1]



Obr. 25. Uspořádání filmového vtoku [1]

**Boční vtok**

Je také typ se zúženým vtokovým ústím, které leží v dělicí rovině. Průřez bývá obvykle obdélníkový, ale může být i kruhový a lichoběžníkový. Je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Při odformování zůstává zpravidla výstřik od vtokového zbytku neoddělený. Při automatickém cyklu se řeší jeho oddělování zvláštním odřezávacím zařízením, které je součástí formy. Vtokové ústí bývá napojeno na rozváděcí kanál zúžením průtokového průřezu. [1]



Obr. 26. Obr. 27 Boční vtok, a) typický boční vtok, b) vějířový vtok, c) boční vtok s překryvem, d) nepřímý boční vtok [1]

**3.4 Vyhříváný vtokový systém (VVS)**

Snaha po úsporách materiálu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se pomocí vyhříváných vtokových soustav (VVS). Vyhříváné vtokové soustavy mají vyhříváné trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. Dnešní typy VVS se nakupují od specializovaných výrobců tzv. normálie. [1]

Vyhříváný vtokový systém představuje prodloužení plastické komory vstřikovacího stroje. Roztavený plast se dále homogenizuje, je vedený přímo do dutiny formy, nebo je tok taveniny rozdělený do více tvarových dutin, přičemž se plast ve vtokové soustavě stále

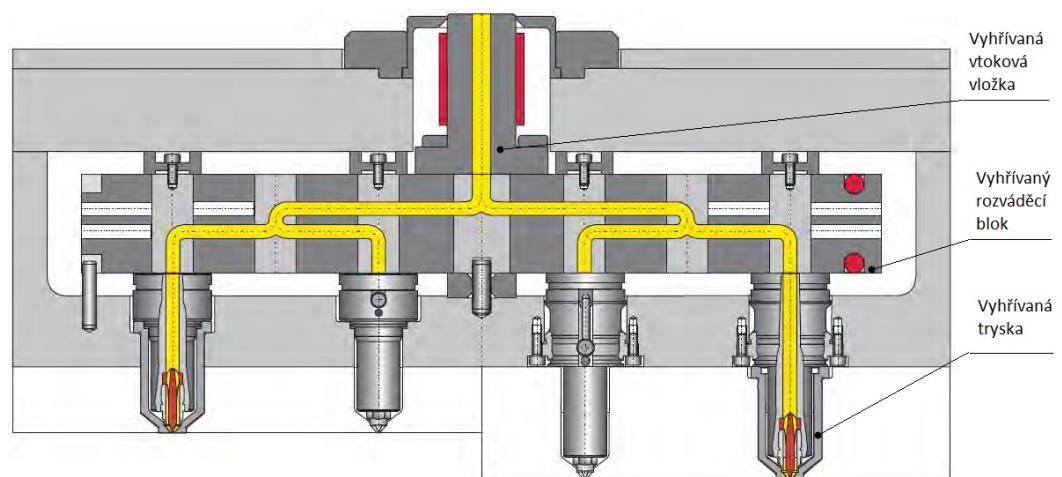
udržuje ve stavu taveniny. To dovoluje použít pouze bodové vtokové ústí s malým průřezem, ale i tak se dá pracovat s dotlakem. [27]

Výhody:

- automatizace výroby
- zkrácení výrobního cyklu, odpadnutí manipulace s vtokovým zbytkem
- odstranění vtokové soustavy, nižší náklady na dokončovací práce [5]

Nevýhody:

- energetická náročnost
- omezená aplikovatelnost
- vysoká cena
- technicky náročné [5]



Obr. 27. Příklad VVS [24]

### 3.4.1 Vyhřívané trysky

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

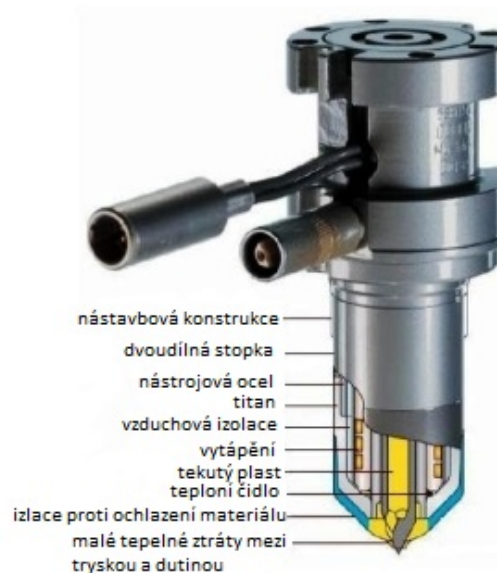
Vyhřívání trysek :

- a) Nepřímo vyhřívané trysky:
  - dotápěná tryska vlastním zdrojem tepla

- dotápěná tryska rozvodným blokem [5]

b) Vyhřívání trysky:

- s vnějším topením
- s vnitřním topením [5]



Obr. 28. Vyhřívání trysky [25]

### 3.4.2 Vyhřívání rozvodných bloků

Rozvodné bloky VVS slouží k rozvodu taveniny do dutiny formy, u vícenásobných forem. Podle dislokace dutin mají různá uspořádání a tvar. Vyhřívání rozvodných bloků mají vlastní tepelnou regulaci. Systémy vedení taveniny a vyhřívání bloků jsou různé, nejčastějším systémem je vyhřívání taveniny z vnějšku, pomocí topných hadů zalitých v mědi, nebo pomocí topných patron s vysokým povrchovým výkonem. [5]

Jeho dobrá funkce je podmíněna rovnoměrným vytápěním. V opačném případě ovlivní tokové chování taveniny a její tlakové rozložení v jednotlivých tvarových dutinách. Rozváděcí blok je ocelový, uložen mezi upínací a tvarovou desku v pevné části formy. Rozvodný blok je ustředěn a zajištěn proti pootočení vzhledem k tvárnici a jeho vyústění přes trysky do dutiny formy. Instalovaný výkon ohřevu rozvodného bloku musí být takový aby se dosáhlo:

- rychlého ohřevu
- dostatečné teploty pro optimální tok taveniny v bloku i případně trysce



- eliminace tepelných ztrát [1]

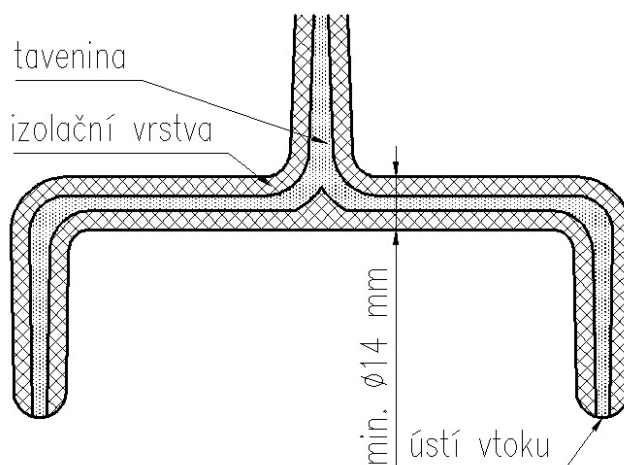


Obr. 29. Příklady vyhřívaných rozvodných bloků [28]

### 3.4.3 Izolované vtokové soustavy (IVS)

Pracují na principu termoplastické izolace v okrajových vrstvách vtokových kanálů, nebo předkomůrky. Teplotu trysky udržuje větší vrstva taveniny svou tepelně izolační vlastností, nebo je ohřívána nepřímou. Nejjednodušší a dnes málo používané jsou takové, kde vtoková vložka s rozváděcími kanály mají až k ústí takový průřez, aby v celém systému nedošlo během zpracovatelského cyklu k úplnému zatuhnutí taveniny. [1]

U tohoto systému nemá tryska vlastní vytápění. Používá se pro krátké vstříkovací cykly (cca 10 s). Nevýhodou tohoto systému je možnost strhávání ztuhlých zbytků z okrajových vrstev, proto se nepoužívá pro pohledové a pevnostně náročné výstřiky. [5]



Obr. 30. IVS s rozšířenými vtoky [2]

### 3.5 Temperace forem

Temperace slouží k udržení konstantního teplotního pole formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Děje se tak ochlazováním, popřípadě vyhříváním celé formy, nebo její části. [2]

Temperační systém je soustava kanálů a dutin jimiž proudí vhodná kapalina, která udržuje teplotu jednotlivých částí formy na požadované hodnotě. [24]

#### 3.5.1 Prostředky temperace

Temperační prostředky představují média, která svým působením umožňují pracovat v optimálních tepelných podmínkách. [2]

Rozdělení:

- Aktivní: působí přímo ve formě, přivádí nebo odvádí teplo z formy (proudící vzduch, kapaliny, topné elektrické články)
- Pasivní: svými fyzikálními vlastnosti ovlivňují tepelný režim formy (tepelné izolační a vodivé materiály, tepelná trubice, vzduch v okolí formy) [5]

### 3.6 Vyhazovací systém

Vyhazování výstřiku z formy je činnost, kdy se z dutiny otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřik. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. [1]

Vyhazování má 2 fáze:

- dopředný pohyb - vlastní vyhazování
- zpětný pohyb - návrat vyhazovacího systému do původní polohy [24]

Při vyhazování nesmí docházet k deformacím na výrobku, nebo vznikání povrchových vad. Z toho důvodu se nesmí vyhazovače opírat o pohledové strany výrobku, nebo o části, které by se mohli deformovat. [2]

### 3.6.1 Mechanický systém vyhazování

Je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem. Používá se všude tam, kde je to možné. Jeho konstrukce má různá provedení (vyhazovací kolíky různých provedení, stírací desky, stírací kroužky, speciální vyhazování). Při vyhazování se používá kombinace různých provedení. [2]

#### *Válcové vyhazovače*, Obr. 32.a

Je to nejčastější a nejlevnější způsob díky své výrobní jednoduchosti a to se zaručenou funkčností. [24]

#### *Prizmatické vyhazovače*, Obr. 32.b

Prizmatický vyhazovač je speciálním druhem válcového kolíku. Jeho průřez je odstupňovaný z důvodu dlouhých vyhazovačů a eliminace způsobeného namáhání na vzpěr. [2]

#### *Trubkové vyhazovače*, Obr. 32.c

Trubkový vyhazovač je speciálním případem stírací desky. Tvoří jej nepohyblivé jádro, které v dutině formy působí jako jádro a nepohybuje se, a vyhazovače, který se posouvá po jádře a vyvíjí vyhazovací sílu na výrobek a způsobuje jeho setření. [28]



Obr. 31. Vyhazovače [28]

### 3.6.2 Pneumatický systém vyhazování

Pneumatický systém vyhazování je nejvhodnější pro tenkostěnné výstřiky větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování odvdzdušnit, aby se nedeformovali. Běžné mechanické vyhazování používané u větších výstřiků vyžaduje velký zdvih vyhazovače a tím také velkou výšku formy. Pneumatické vyhazování přivádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím je dosaženo rovnoměrného oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se tím místní přetížení a eliminují se stopy po vyhazovačích. [24]

### 3.6.3 Hydraulický systém vyhazování

Hydraulický vyhazovač se vyrábí jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje do připraveného místa ve formě. Používá se hlavně k ovládní mechanických vyhazovačů jako jsou kolíky, stírací desky apod. Umožňuje pružnější pohyb a větší flexibilitu. Charakteristickým znakem je velká vyhazovací síla, kratší a pomalejší zdvih. [5]

## 3.7 Odvzdušnění

V dutině formy je před vstříknutím plastu vzduch. Při jejím plnění je vzduch v dutině stlačován a jeho tlak narůstá. Tento narůst tlaku může vyústit až k zažehnutí vzduchu a ke spálení plastu (Dieselův efekt). Vzduch ve formě také negativně ovlivňuje mechanické vlastnosti výstřiku tvořením bublin, které zůstávají uzavřené ve stěnách výrobku. [24]

Čím je větší rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny. Velikost odvzdušňujících kanálů bývá v rozmezí 0,02 až 0,08 mm. Velikost se volí podle viskozity a teploty použitého plastu. Při odvzdušnění nesmí docházet k zatečení taveniny do odvzdušňovacích otvorů. Určení míst pro odvzdušnění vychází z tvaru výrobku a směru plnění dutiny formy. K určení vzduchových kapes v dutině je možné použít CAE programy. Vůle mezi vyhazovači a dělicí rovina slouží taktéž jako odvzdušnění. [2]

## 4 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část bakalářské práce je rozdělena na 3 části. V první části je popsána technologie vstřikování plastů, vstřikovací stroje se všemi jejich náležitostmi a v neposlední řadě základní rozdělení plastů s jejich vlastnostmi. Druhá část se zabývá problematikou konstrukce výstřiků, od základních požadavků až po finální jakost a přesnost. Poslední část shrnuje problematiku konstrukce nástrojů pro zpracování plastů – vstřikovacích forem.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

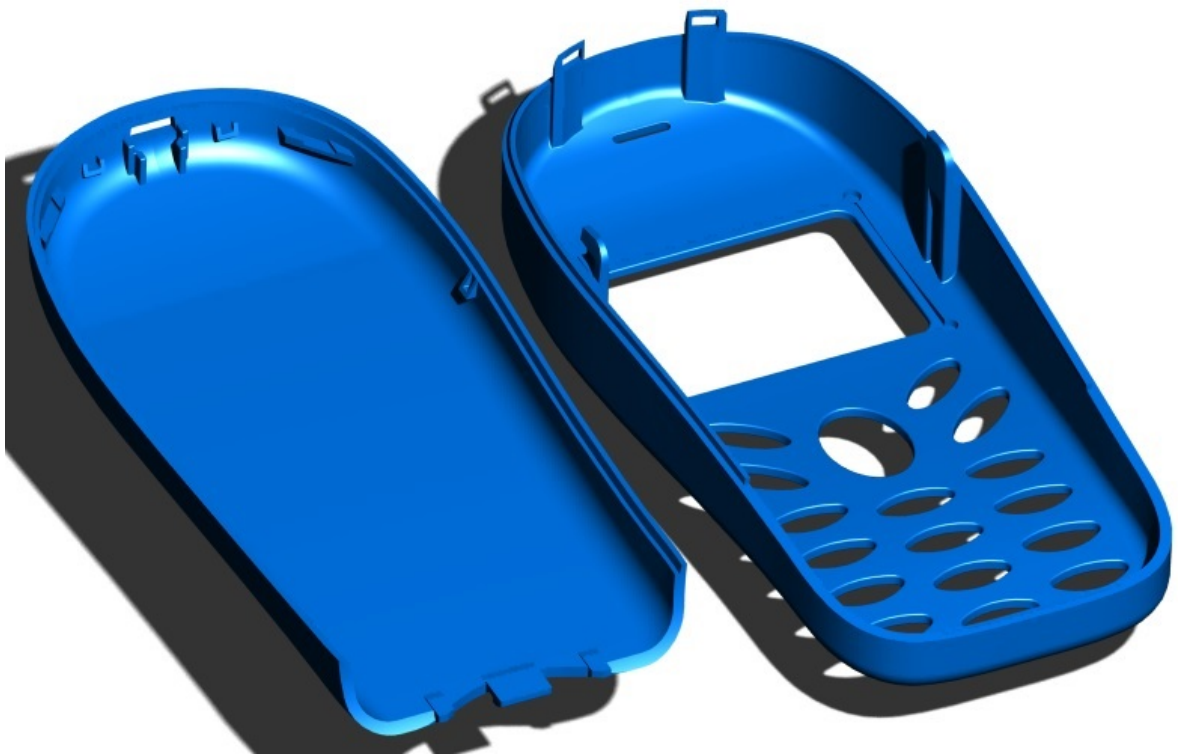
## 5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cíle bakalářské práce byly stanoveny:

- zpracování studie na zadané téma
- zpracování 3D modelu výrobku
- návrh a 3D konstrukce dvou variant vstřikovacích forem
- srovnání obou konstrukcí
- vypracování 2D výkresové dokumentace obou variant forem

## 6 ZADANÝ DÍL

Zadaný díl bakalářské práce byl zvolen kryt mobilního telefonu Siemens. Výrobek se skládá ze dvou částí. Přední část krytu je tvořena dvěma zámky spojujícími přední a zadní část obalu mobilního telefonu. Dále je tvořena základní plochou, která udává výsledný tvar výrobku, s otvory na tlačítka a otvorem pro displej. Zadní část krytu je tvořena plochou, která navazuje na přední část krytu a je osazena protikusy, které jsou určeny pro zapadnutí do zámků přední části krytu.



Obr. 32. Zadaná součást

### 6.1 Základní rozměry dílů

Základní rozměry přední části krytu: výška=102,9 mm, šířka=45,6 mm, největší hloubka profilu=18 mm, největší tloušťka stěn výrobku=1,6 mm. Základní rozměry zadní části krytu: výška=95,5 mm, šířka=45,6 mm, největší hloubka profilu=8,5 mm, největší tloušťka stěn výrobku=1,6 mm. V příloze je přiložen výrobní výkres se základními rozměry výrobku.

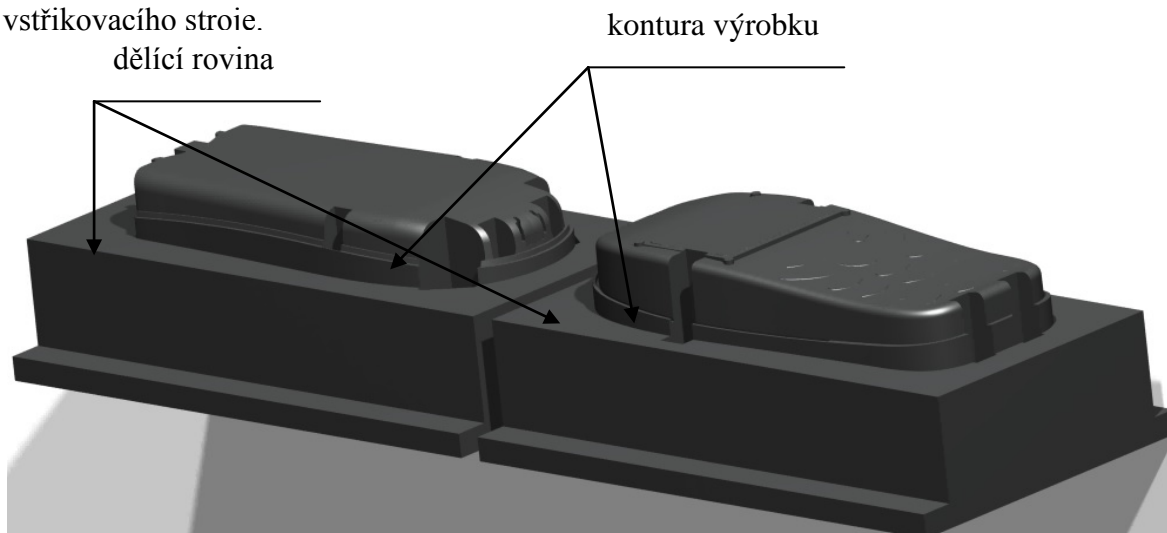
### 6.2 Zaformování a násobnost výrobku

Z důvodu velké složitosti a členitosti povrchu výrobku bylo rozhodnuto, že výrobek bude zaformovaný do tvarových vložek, které výrazně usnadní případnou opravu nebo



výměnu vložky při poškození, kdy se nebude muset opravovat celá tvarová deska. Dělicí rovina obou částí byla zvolena s ohledem na tvar výrobku, pod úrovní kontury profilu z důvodu, že plocha kterou se dotýkají obě části krytů není rovná ale je to křivka.

Verze 1 i verze 2 byly navrženy jako dvojnásobné. Toto řešení bylo zvoleno z důvodu výroby jednoho kompletního obalu mobilního telefonu na jeden pracovní cyklus vstřikovacího stroje.



*Obr. 33. Dělicí rovina a zaformování výrobku u tvárníků*



*Obr. 34. Dělicí rovina a zaformování výrobku u tvárnice*

### 6.3 Materiál výrobku

Jako vhodný materiál byl pro tuto aplikaci zvolen materiál PC/ABS (polykarbonát/akrylonitrilbutadienstyren). Tento materiál kombinuje výborné vlastnosti ABS (kterou je vysoká zpracovatelnost) a vynikajícími vlastnostmi (rázovou a tepelnou odolností) PC.

Poměr těchto dvou komponent ovlivňuje tepelnou odolnost a výsledné vlastnosti materiálu. Tato směs má výborné vlastnosti toku. Podélné smrštění materiálu je 0,6 % a příčné smrštění 0,4%.

Typické aplikace pro tento materiál jsou kryty počítačů, kancelářských strojů a telefonů, zahradní vybavení a automobilový průmysl. Před zpracováním se vyžaduje vysoušení. Je nutno zařídit, aby byl obsah vlhkosti materiálu menší než 0,04% k zajištění stabilních parametrů zpracování. Doporučeným rozsahem vysoušecích teplot je 90-110°C po dobu 2 až 4 hodin. Teplota taveniny při zpracování má být v rozmezí 230-300°C při teplotě formy 50-100°C. Další hodnoty jako vstřikovací tlak a rychlost vstřikování závisí na tvaru a velikosti vstřikovaného dílu.

Pro tuto aplikaci byl zvolen materiál PC/ABS od firmy LPM s.r.o.. V příloze je přiložen kompletní materiálový list ke zvolenému materiálu. [29]

## 6.4 Kontrolní výpočty

Kontrolní výpočty byly použity k ověření vhodně zvoleného vstřikovacího stroje s vhodnou vstřikovací a uzavírací silou.

Určení množství potřebného plastu  $M$  [g] [2]:

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

$G$ - hmotnost výstřiku [g],  $A$ - hmotnost vtoků a kanálů [g],  $n$ - násobnost formy,  $\frac{a_x}{a_p}$ -podíl

poměrových hodnot určeného plastu k polystyrenu

$$M = 1,2 \cdot (15,1 + 10) \cdot \frac{110}{100} = 33 \text{ g}$$

Plastikační doba jednoho cyklu [2]:

$$t_{pl} = \frac{3,6 \cdot M}{Q} \text{ [kg / hod]} \quad (2)$$

$M$  - hmotnost výstřiku [g],  $Q$ - plastikační výkon stanovený výrobcem stroje kg/hod

$$t_{pl} = \frac{3,6 \cdot 33}{20,5} = 5,8 \text{ s}$$

Výpočet potřebné uzavírací síly vstřikovacího stroje [2]:

$$F = 1,2 \cdot S \cdot p_v \cdot k \text{ [kN]} \quad (3)$$

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

$$F = 1,2 \cdot 88,22 \cdot 36 \cdot 1,5 = 57,2 \text{ kN}$$

## 6.5 Vstřikovací stroj

Jako výrobní stroj byl zvolen stroj Allrounder 420 C golden edition od německé firmy Arburg. Jedná se o horizontální vstřikovací stroj. Kompletní technická dokumentace k příslušnému stroji je na stránkách firmy ARBURG.



Obr. 35. Allrounder 420 C [19]

Tab. 3. Vybrané technické údaje stroje [19]

ALLROUNDER 420 C GOLDEN EDITION		
Průměr šneku	[mm]	30
Maximální objem dávky	[cm <sup>3</sup> ]	93
Maximální uzavírací síla	[kN]	1000
Vzdálenost mezi sloupky	[mm]	420x420
Maximální vyhazovací síla	[kN]	40
Velikost upínací desky	[mm]	570x570
Maximální vzdálenost mezi deskami	[mm]	750
Celkový příkon stroje	[kW]	23,9
Maximální vstřikovací tlak	[bar]	2500

## 7 KONSTRUKCE FORMY

Zadáním bylo navrhnout 2 varianty konstrukce vstřikovací formy. Varianta 1 byla navržena se studeným vtokovým systémem. Varianta 2 byla navržena s vyhříváním vtokovým systémem. Obě varianty formy vyrobí přední i zadní část krytu na jeden pracovní cyklus.

Při návrhu byl využit 3D modelovací software CATIA V5R18 od společnosti DASSAULT SYSTEMS. Při konstrukci byly dále využity normalizované polotovary od firmy HASCO, které importují modely polotovarů do catie, ve které se dále upravovaly.

### 7.1 Společné konstrukční části varianty 1 a 2

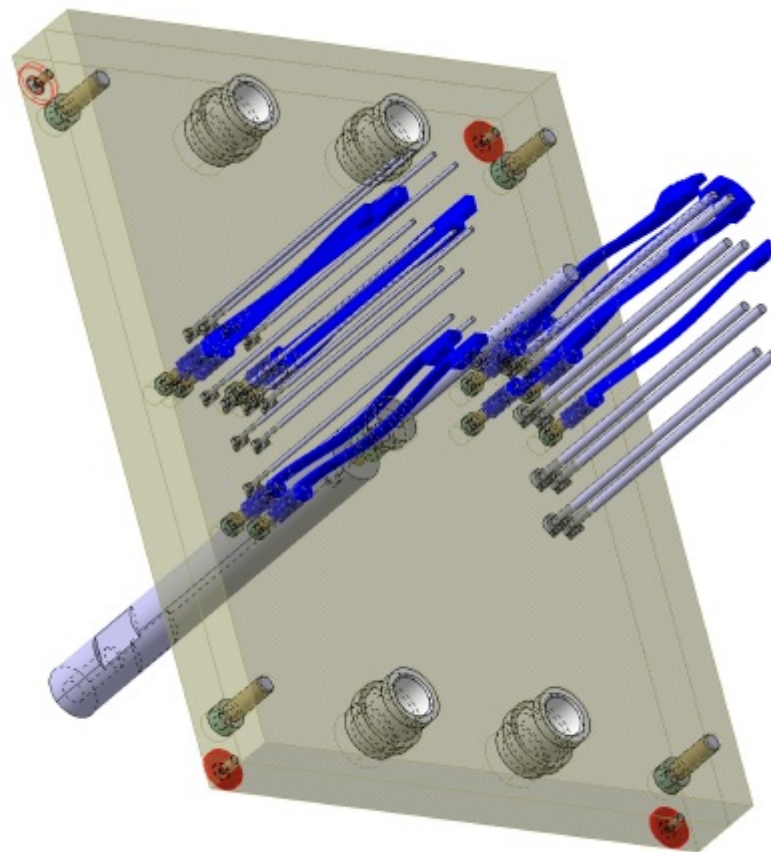
Varianta 1 i 2 byly navrženy ve dvou konstrukčních provedení vtokových systémů. Zbývající části formy (vyhazovací systém, vyhazovací část formy a temperační systém) jsou pro obě varianty stejné.

#### 7.1.1 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém byl zvolen mechanický složený z válcových a pružných vyhazovačů. Pro vyhození přední části byl zvolen válcový vyhazovač Z40/2x160 mm upravený na požadovaný rozměr. Čelní plocha přední části krytu není tvořena rovnou plochou a z toho důvodu musely být vyhazovače pojištěny proti pootočení válcovým kolíkem.

Pro vyhození přidržovače vtokového systému byl zvolen válcový kolík Ø8x131 mm. U zadní části byl použit válcový vyhazovač Z40/4x160 mm upravený na požadovaný rozměr. Pro odformování všech zámků u obou částí bylo použito pružných vyhazovačů.

Pro ovládání vyhazovacího systému bylo zvoleno táhlo Z02/24x200 mm.

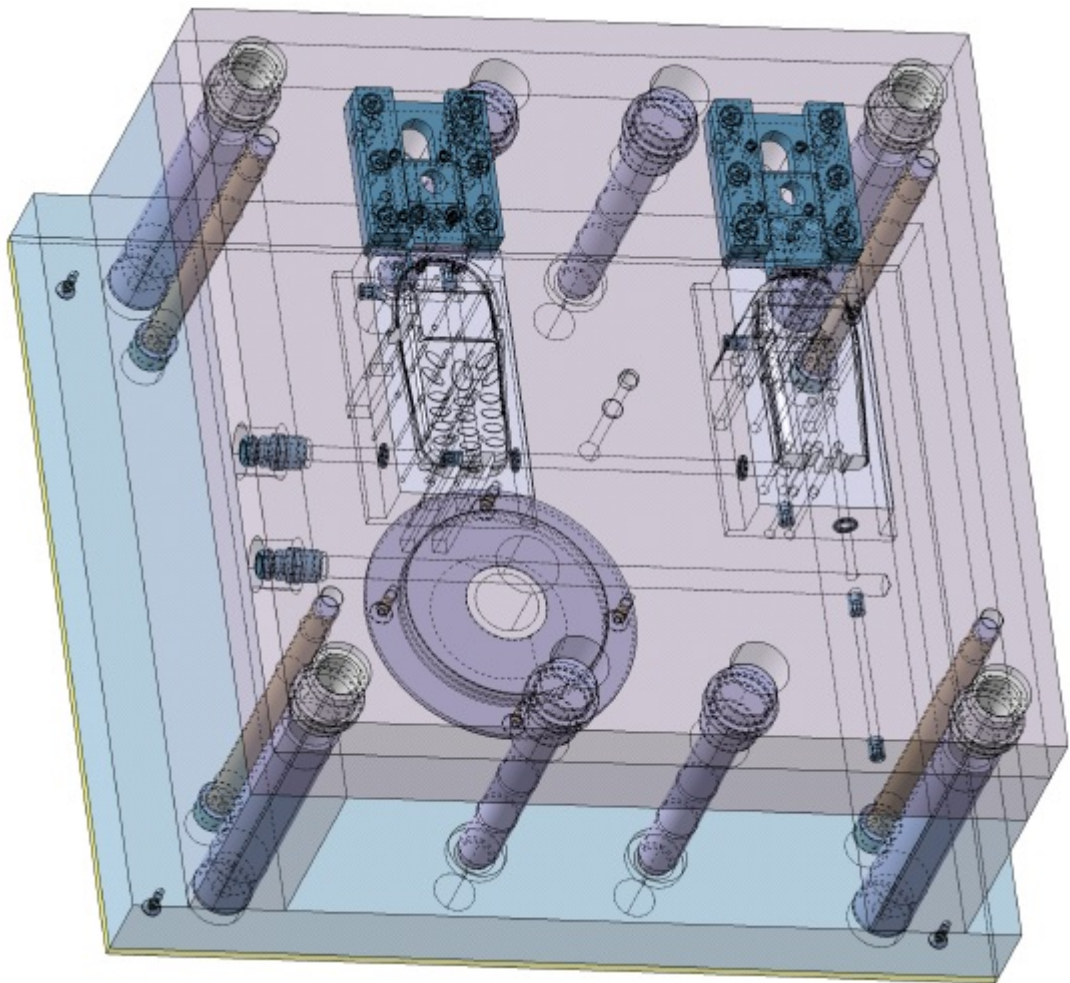


*Obr. 36. Vyhazovací systém*

### **7.1.2 Vyhazovací část formy**

Vyhazovací část byla konstruována s dostatečnými přídávky , aby bylo dosaženo dostatečné tuhosti celé sestavy.

Při návrhu byl použit princip odformování tvarů kolmých na dělicí rovinu tzv. šikmé vyhazovače. Při návrhu bylo opět použito normálí od firmy HASCO kde bylo použito celého posuvného elementu při odformování otvorů kolmých na dělicí rovinu Z1880/12x25x71.

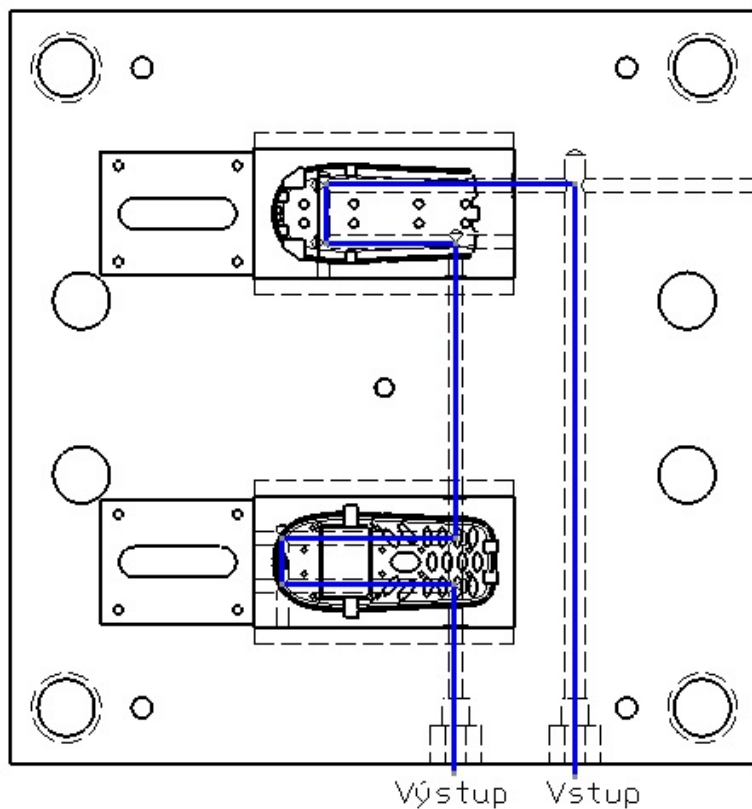


Obr. 37. Vyhazovací část vstřikovací formy

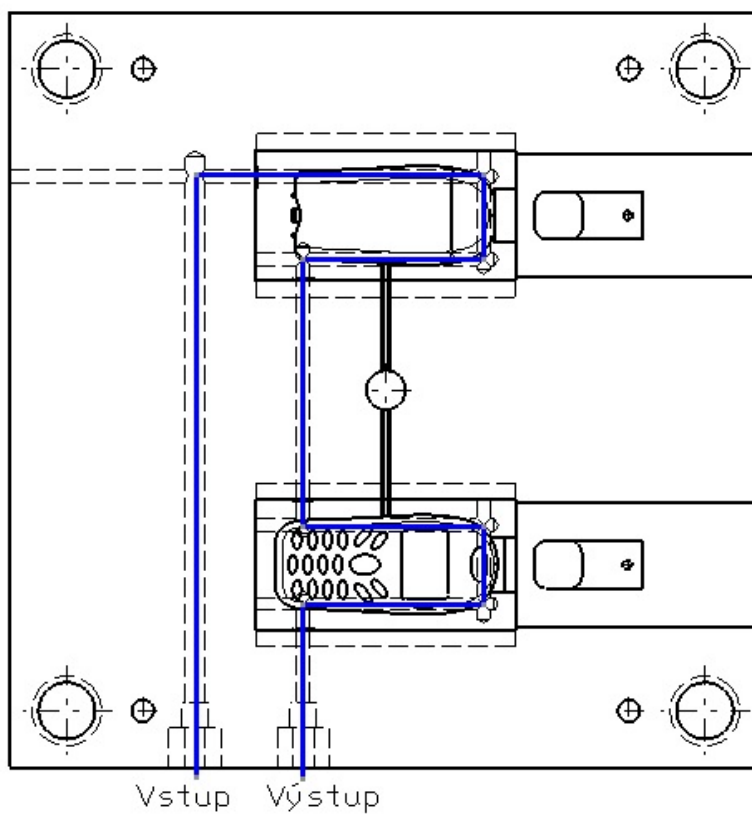
### 7.1.3 Temperační systém

Úkolem temperačního systému je udržet konstantní teplotní pole pro tvarové dutiny vstřikovací formy. Jako temperační kanály byly zvoleny vrtané kanály kruhového průřezu o průměru 6 mm. Kanály byly vyvrtány dohromady s tvárníky obou částí krytu a spoje byly utěsněny kruhovými těsníci O kroužky Z98/8x2.

Kanály byly utěsněny kruhovými zátkami tak, aby byla zajištěna těsnost formy a správná cirkulace temperačního média. Jako temperační médium byla zvolena voda. Temperační systém je spojen "rychlospojky" Z81/13/14x1,5 pro jednoduché a těsné spojení.



Obr. 38. Temperační systém vyhazovací části

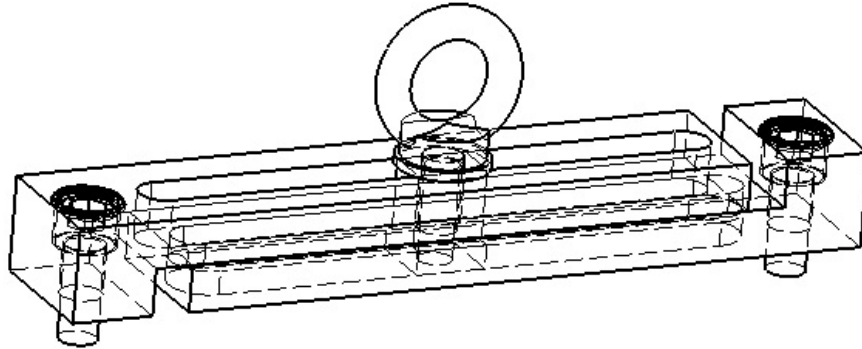


Obr. 39. Temperační systém vstřikovací části



### 7.1.4 Manipulační přípravek

Vstřikovací formy byly osazeny přípravkem, který zamezí otevření formy při manipulaci a šroubem s okem, který slouží pro upínání k manipulačnímu prostředku. Varianta 1 byla osazena typem Z70 typ 2. Varianta 2 byla osazena typem Z70 typ 3.



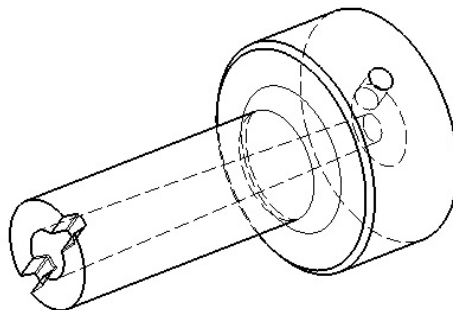
Obr. 40. Transportní můstek

## 7.2 Vstřikovací část varianty 1

Varianta 1 byla konstruována se studeným vtokovým systémem, který se skládá z centrální vtokové vložky, rozváděcích kanálů a vtokového ústí. U této varianty tvoří vtokový zbytek odpad, který se může dále recyklovat a použít pro méně namáhané výrobky.

Vstřikovací forma byla osazena přípravkem, který zamezí otevření formy při manipulaci a šroubem s okem, který slouží pro upínání k manipulačnímu prostředku Z70 typ 2.

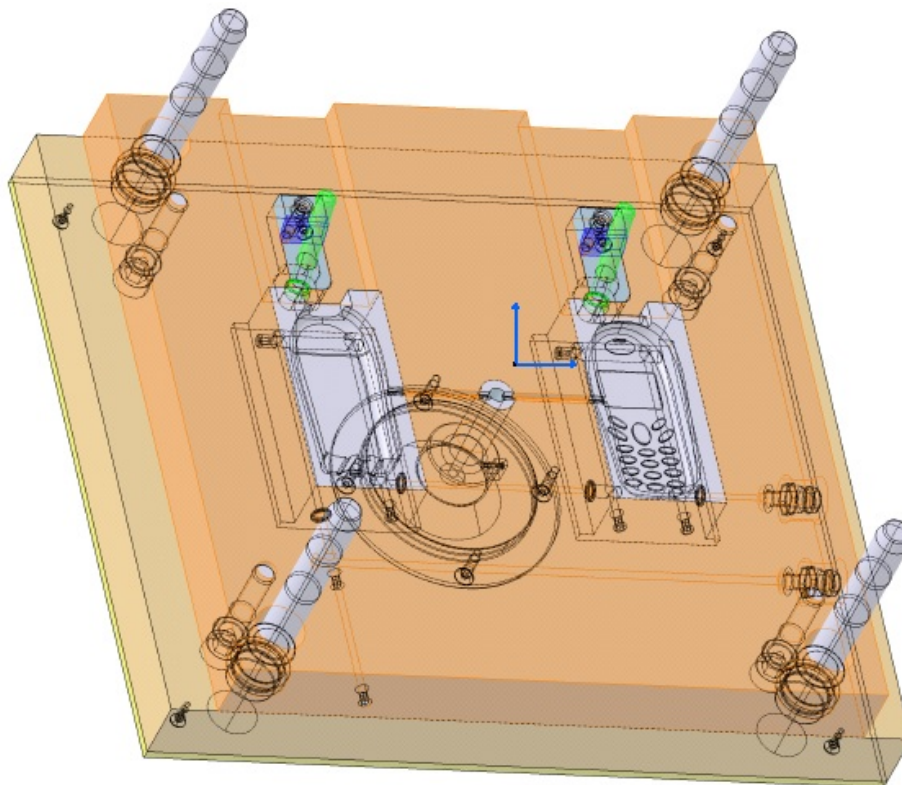
Polotovár pro centrální vtokovou vložku byl zvolen Z51/18x56/4,5/1/2. Vtoková vložka byla upravena na požadovaný rozměr s vyfrézovanými drážkami vtokových kanálů. Vtoková vložka musí být pojištěna proti pootočení stavěcím šroubem.



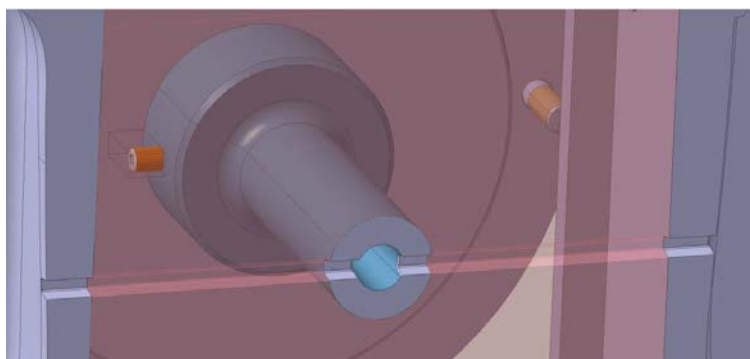
Obr. 41. Vtoková vložka

Rozvodný kanál byl zvolen lichoběžníkového průřezu, který je výrobně výhodnější než kruhový průřez. Rohy rozvodného kanálu byly zaobleny  $R=0,3$  mm. Stěny kanálů jsou zkoseny o úhel  $10^\circ$ .

Typ vtokového ústí byl zvolen boční vtok obdélníkového průřezu. Kvůli zaformování výrobku ve tvarových vložkách vede vtokové ústí u přední i zadní části kolmo na dělicí rovinu. Vtokové ústí bylo navrženo tak, aby nezasahovalo do tvarových a pohledových tvarů výrobku a mohlo být jednoduše odstraněno.



Obr. 42. Vstřikovací část varianty 1



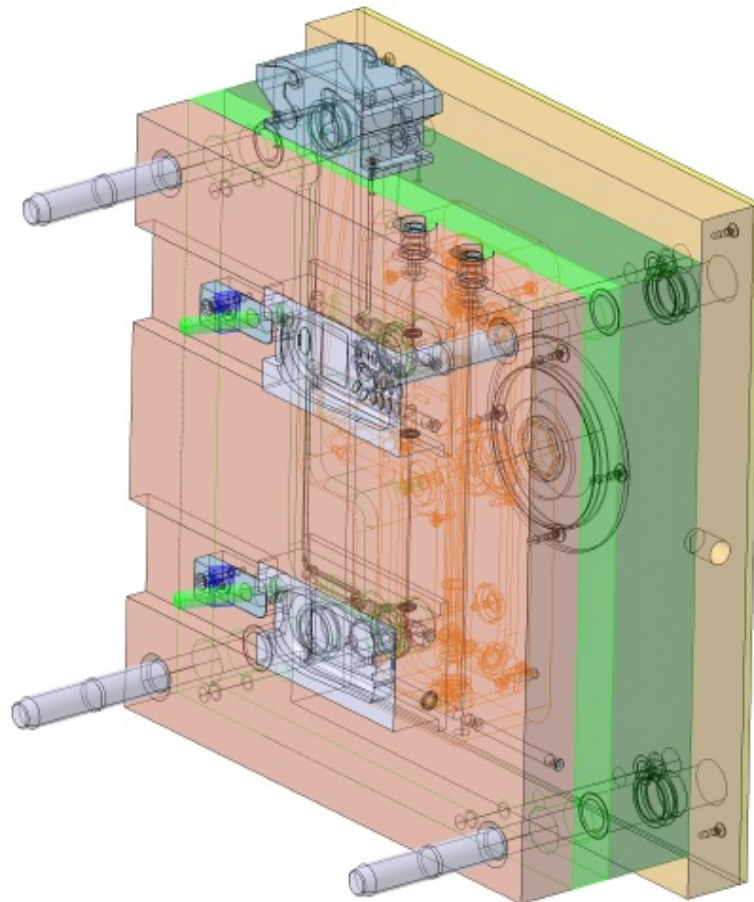
Obr. 43. Studený vtokový systém

### 7.3 Vstřikovací část varianty 2

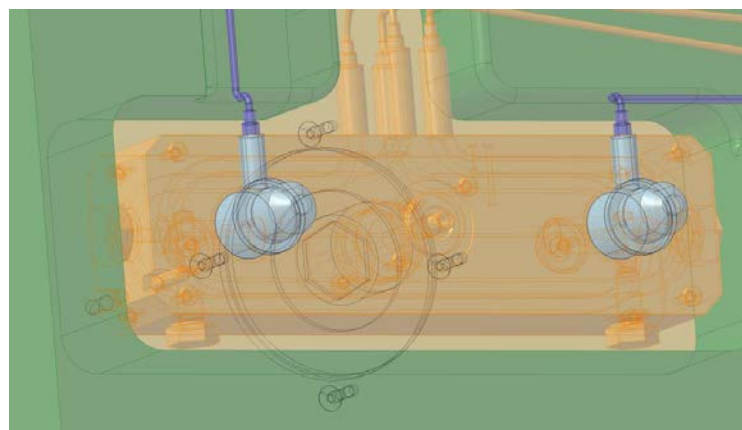
Vstřikovací část varianty 2 byla konstruována s vyhříváním vtokovým systémem, který se skládá z centrální vtokové vložky, vyhřívajícího rozvodného bloku a vyhříváních trysek. Pro tuto variantu odpadá manipulace s vtokovým systémem a následná recyklace.

Vstřikovací část byla doplněna o dvě desky navíc, které slouží k zaformování normálí od firmy HASCO. První deska byla zakomponována k zaformování 2 vyhřívaných vstřikovacích trysek Z101/27x49/0,8. Druhá deska byla přidána do sestavy formy k zaformování vyhřívaného rozvodného bloku H106/1/71x250/46.

Vyhřívané trysky a rozváděcí kanál jsou napájeny z elektrické sítě. Jako propojení vyhřívaných součástí a elektrické sítě byla zvolena zásuvka od firmy HASCO Z1227/16/8.



Obr. 44. Vstřikovací část varianty 2



Obr. 45. Vyhřívaný vtokový systém

## 7.4 Porovnání konstrukcí forem

Cílem praktické části práce bylo navrhnout a zkonstruovat dvě varianty vstřikovacích forem s rozdílným systémem rozvodu taveniny do dutiny forem.

Varianta 1 byla konstruována se studeným rozvodným systémem. Rozvodné kanály pro taveninu byly zvoleny lichoběžníkového průřezu s patřičnými zaobleními. Vtokové ústí bylo zvoleno boční vtok obdélníkového průřezu.

Výhody varianty 1 oproti variantě 2 :

- nízká pořizovací cena
- jednodušší konstrukce vstřikovacího systému
- menší energetická náročnost provozu formy (odpadá vytápění vstřikovacího systému)
- menší celkové rozměry a hmotnost vstřikovací formy

Nevýhody varianty 1 spočívají v nutnosti manuálního oddělování vtokového systému od vstřikovaného výrobku mimo formu a následnou manipulaci a recyklaci vtokového systému. Vtokový systém je u této varianty brán jako odpad, který zvyšuje spotřebu materiálu.

Varianta 2 byla konstruována s vyhřívaným rozvodným systémem. Části vyhřívaného systému (centrální vložka, vyhřívaný rozvodný blok, vstřikovací tryska) byly zvoleny normální firmy HASCO. Rozvodný blok a vstřikovací trysky mají vlastní vyhřívací element. Centrální vtoková vložka se vyhřívá od vstřikovací jednotky stroje a rozvodného bloku.

Výhody varianty 2 oproti variantě 1:

- snížení spotřeby materiálu (odpadá rozvod materiálu k dutinám)
- snížení nákladů na dokončovací operace a odstranění vtokového zbytku (recyklaci)
- zkrácení pracovního cyklu vstřikovacího stroje
- jednoduchá montáž a demontáž a výměna dílů vstřikovacího systému v případě poruchy

Nevýhody varianty 2 spočívají ve složitější a náročnější konstrukci vstřikovací části formy. Proti variantě 1 má tato varianta o 2 konstrukční desky navíc k zaformování rozvodného bloku a vstřikovacích trysek. Větší celkové rozměry a hmotnost vstřikovací formy. Další nevýhodou je vyšší pořizovací cena a nutnost regulace a kontroly vyhřívání jednotlivých dílů vtokového systému.

## 8 ZÁVĚR PRAKTICKÉ ČÁSTI

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a zkonstruovat dvě varianty vstřikovacích forem a zpracování studie na zadané téma. Formy a zadaný díl byly zpracovány jako 3D modely s 2D výkresovou dokumentací.

Navrhnuty byly 2 varianty vstřikovacích forem. Obě formy se liší vstřikovacími částmi, které se liší použitým vtokovým systémem. Pro variantu 1 byl zvolen studený vtokový systém a pro variantu 2 byl zvolen vyhřívaný vtokový systém. Dále se formy liší celkovými rozměry a váhou. Obě formy byly osazeny přenosnými můstky pro manipulaci. U obou forem bylo použito jako temperační médium voda. K vyhazování výrobku bylo použito mechanické vyhazování pomocí vyhazovačů a šikmých čepů. Formy byly navrhnuty s použitím normálií firmy HASCO.

Při návrhu forem modelování výrobku a 2D výkresové dokumentace byl použit CAD program Catia V5R18 od firmy Dassault systemes. Pro volbu normálií, které byly použity při konstrukci, byl použit katalog DAKO modul od firmy HASCO.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

Monografie:

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl - Vstřikování termoplastů*. 2. upr. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 133 s.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II. díl - Vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 214 s.
- [3] BRUMEL, M. a kol. *Rozměrově přesné výrobky z plastů*. 1. vyd. Praha: VÚNM, 1977. 272 s.
- [4] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů*. [s. l.]: [s. n.], 2009. 247 s.
- [5] ZDENĚK, Ř. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů*. SEKURKON. 225 s. ISBN 80-86604-18-7
- [6] 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.
- [7] DUCHÁČEK, V. *Polymery, výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Praha: VŠCHT 2006. 280 s.
- [8] DVOŘÁK, Z., JAVOŘÍK, J. *Konstrukce výrobků konstrukční materiály elastomerní a formy pro jejich výrobu*. Zlín: UTB, 2011. 152 s.
- [9] RESS, Herbert. *Mold engineering*. 2nd edition. Munich: Hanser, 2002. 688 s. ISBN 3-446-21659-6.
- [10] TOMIS, František, HELŠTÝN, Josef. *Formy a přípravky*. 2. přeprac. vyd. Brno: VUT, 1985. 374 s.
- [11] RŮČKA, K., POSPÍŠIL, L. *Směrnice pro konstrukci vstřikovacích forem I*. Zlín: VÚGPT. 1979. 202 s.
- [12] KULHÁNEK, J. *FORMY pro tváření plastických hmot*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1966. 224 s.
- [13] ŠTĚPEK, J., ZELINGER, J., KUTA, A. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989. 637 s.
- [14] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje II*. Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X.

- [15] DYM, B. J. *Injection molds and molding*. I. Title. New York: Van Nostrand Reinhold company Inc. 1979, 400 s. ISBN 0-442-22223-8.

Internetové zdroje:

- [16] Princip vstřikování plastů [online]. [cit. 2012-12-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.sotallia.com/princip-vstrikovani-plastu.html>>
- [17] Plastové díly [online]. [cit. 2012-12-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.designtech.cz/c/plm/k-plastovemu-dilu-cesta-dlouha.htm>>
- [18] Vstřikování plastů [online]. [cit. 2012-12-15]. 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)>
- [19] Arburg [online]. [cit. 2012-12-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.arburg.com/cs/cz/reseni/technology/flexibility/>>
- [20] Pasty [online]. [cit. 2012-15-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.ateam.zcu.cz/download/plasty.pdf>>
- [21] Polymery [online]. [cit. 2012-15-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.ped.muni.cz/wphy/FyzV1a/FMkomplet3.htm>>
- [22] Inserty [online]. [cit. 2012-12-15]. Dostupný z WWW: <<http://news.directindustry.com/press/specialinsert-srl/crown-nut-58531-353034.html>>
- [23] Plastový šroub [online]. [cit. 2012-12-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.plasticscrewsandnuts.com/>>
- [24] Vstřikovací formy [online]. [cit. 2012-12-15]. Dostupný z WWW: <[http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni\\_soubory/htn\\_\\_tvareci\\_nastroje\\_vstrikovaci\\_formy\\_\\_zak.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni_soubory/htn__tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy__zak.pdf)>
- [25] Vstřikování [online]. [cit. 2012-12-15]. Dostupný z WWW: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud\\_materialy/tzn/c8/VS.pdf](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c8/VS.pdf)>
- [26] Vtoková soustava [online]. [cit. 2012-12-15]. Dostupný z WWW: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud\\_materialy/tzn/c9/vtokova%20soustava.pdf](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c9/vtokova%20soustava.pdf)>
- [27] Speciální metody vstřikování [online]. [cit. 2012-12-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.engineering.sk/index.php/clanky2/stroje-a-technologie/853-inovativne-metody-vstrekovania>>

- [28] Katalog firemních normálí HASCO [online]. [cit. 2012-12-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.hasco.com/se/Products/Hot-runner-Technology>>
- [29] LPM s. r. o. - Technické díly z plastů, polotovary, profily, stavební prvky, skříně a obaly pro strojírenství a stavbu přístrojů. [online]. [cit. 2013-5-3]. Dostupný z WWW: <<http://www.lpm.cz/cgi-bin/riweta.cgi?nr=2271&lng=1>>



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PC	Polykarbonát
M	Množství potřebného plastu
G	Hmotnost výstřiku
n	Násobnost formy
A	Hmotnost vtoků a kanálů
Q	Plastikační výkon stanovený výrobcem stroje
S	Průmět plochy výrobku do dělicí roviny včetně rozváděcích kanálů
$p_v$	Tlak v dutině formy
k	Koeficient tekutosti vstřikovaného materiálu
Ø	Průměr
R	Poloměr zaoblení

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Schéma procesu vstřikování [17]</i> .....	12
<i>Obr. 2. Průběh vnitřního tlaku <math>p_i</math> v dutině formy během procesu vstřikování [18]</i> .....	13
<i>Obr. 3. Vstřikovací cyklus [1]</i> .....	14
<i>Obr. 4. Řez vstřikovací jednotkou [18]</i> .....	15
<i>Obr. 5. Schéma uzavírací jednotky [18]</i> .....	16
<i>Obr. 6. Polohy vstřikovací a uzavírací jednotky [18]</i> .....	16
<i>Obr. 7. Překlopná uzavírací jednotka [19]</i> .....	17
<i>Obr. 8. Dělení polymerů [20]</i> .....	18
<i>Obr. 9. Příklady přechodů tloušťky stěn a) nevhodné, b) lepší, c,d) vhodné [6]</i> .....	22
<i>Obr. 10. Příklady žeber, a,c) technologické, b) technické [1]</i> .....	23
<i>Obr. 11. Příklady rýhování [1]</i> .....	23
<i>Obr. 12. Příklady okrajů a obrub a) nevhodné, b) vhodné [1]</i> .....	24
<i>Obr. 13. Příklady konstrukcí insertů [22]</i> .....	24
<i>Obr. 14. Plastový šroub [1, 23]</i> .....	25
<i>Obr. 15. Způsoby značení [1]</i> .....	25
<i>Obr. 16. Průběh smrštění polymeru [1]</i> .....	28
<i>Obr. 17. Řadové uspořádání [26]</i> .....	32
<i>Obr. 18. Symetrické uspořádání [26]</i> .....	32
<i>Obr. 19. Vtokový kanál [25]</i> .....	33
<i>Obr. 20. Typy průřezů rozváděcích kanálů, 1, 6 - výrobně nevhodné ale nejvhodnější pro rozvod taveniny, 2, 3, 4, 5 - výrobně výhodné [9]</i> .....	34
<i>Obr. 21. Nejčastější vtoková ústí, A- boční ústí, B- tunelové ústí, C-bodové ústí [25]</i> .....	34
<i>Obr. 23. Typy zakončení bodového vtoku [1]</i> .....	35
<i>Obr. 24. Tunelový vtok,A-rozváděcí kanál v obou polorovinách, B- rozváděcí kanál v jedné polorovině, C - zaústění do nálitku [1]</i> .....	36
<i>Obr. 25. Funkce sprkovitého vtoku [2]</i> .....	37
<i>Obr. 26. Uspořádání filmového vtoku [1]</i> .....	37
<i>Obr. 27. Obr. 27 Boční vtok, a) typický boční vtok, b) vějířový vtok, c) boční vtok s překryvem, d) nepřímý boční vtok [1]</i> .....	38
<i>Obr. 28. Příklad VVS [24]</i> .....	39
<i>Obr. 29. Vyhřívaná tryska [25]</i> .....	40
<i>Obr. 30. Příklady vyhříváných rozvodných bloků [28]</i> .....	41

---

<i>Obr. 31. IVS s rozšířenými vtoky [2]</i> .....	41
<i>Obr. 31. Vyhazovače [28]</i> .....	43
<i>Obr. 32. Zadaná součást</i> .....	48
<i>Obr. 33. Dělicí rovina a zaformování výrobku u tvárníků</i> .....	49
<i>Obr. 34. Dělicí rovina a zaformování výrobku u tvárnice</i> .....	49
<i>Obr. 35. Allrounder 420 C [19]</i> .....	52
<i>Obr. 36. Vyhazovací systém</i> .....	54
<i>Obr. 37. Vyhazovací část vstřikovací formy</i> .....	55
<i>Obr. 38. Temperační systém vyhazovací části</i> .....	56
<i>Obr. 39. Temperační systém vstřikovací části</i> .....	56
<i>Obr. 40. Transportní můstek</i> .....	57
<i>Obr. 41. Vtoková vložka</i> .....	57
<i>Obr. 42. Vstřikovací část varianty 1</i> .....	58
<i>Obr. 43. Studený vtokový systém</i> .....	58
<i>Obr. 44. Vstřikovací část varianty 2</i> .....	59
<i>Obr. 45. Vyhříváný vtokový systém</i> .....	59

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Velikost úkosů [1] .....</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 2. Zaoblení hran a rohů [1] .....</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 3. Vybrané technické údaje stroje [19] .....</i>	<i>52</i>

**SEZNAM PŘÍLOH**

- PI** Materiálový list použitého materiálu
- PII** 2D výkres výrobků, přiloženo
- PIII** 2D výkres vstřikovací formy varianty 1
- sestava formy, přiloženo
  - pohled do levé strany formy, přiloženo na CD
  - pohled do pravé strany formy, přiloženo na CD
  - kusovník, přiloženo na CD
- PIV** 2D výkres vstřikovací formy varianty 2
- sestava formy, přiloženo
  - pohled do levé strany formy, přiloženo na CD
  - pohled do pravé strany formy, přiloženo na CD
  - kusovník, přiloženo na CD
- PV** CD, přiloženo

# PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST POUŽITÉHO MATERIÁLU

5.4.13

Vlastnosti Polykarbonát+ABS-blend (PC+ABS) - Datový list od LPM s.r.o.

## Polykarbonát+ABS-blend (PC+ABS)

Zpracováváme tyto materiály následujícími postupy:

### Extruze.

Extrudované profily podle výkresů a polotovary podle DIN

### Obráběné díly.

Soustr. a frézované díly v kusové a sériové výrobě

### Výlisky.

Vstřikované funkční díly do hmotnosti 16.000 g

**Termoplastické vypěňování(TVP)Vysoce funkční díly a skříně do hmotnosti 16 kg .**

### Termoformy.

Ve vakuu vytvářené díly do rozměru 2000 x 2000 mm

Číslo materiálu		2271	
Hustota	ISO 1183	1,13	g/cm <sup>3</sup>

## Mechanické vlastnosti

Napětí na mezi kluzu	ISO 527	52	MPa
Tažnost	ISO 527	>50	%
E-Modul pružnosti v tahu	ISO 527	2200	MPa
Tvrdost podle Brinella	ISO 2039-1	90	MPa
Norma pro Tvrdost podle Brinella		H358/30	
Izod-vrubová houževnatost při 23 °C	ISO 180/1A	48	KJ/m <sup>2</sup>

## Elektrické vlastnosti

Permitivita při 50 Hz	IEC 60250	3	-
Permitivita při 1 MHz	IEC 60250	3	-
Dielektrický faktor ztrát při 50 Hz	IEC 60250	30	1E-4
Dielektrický faktor ztrát při 1 MHz	IEC 60250	85	1E-4
Průrazová pevnost	IEC 60243-1	35	kV/mm
Síla pro průrazovou pevnost		1	mm
Specifický průrazový odpor	IEC 60093	>10 <sup>13</sup>	Ohm · m
Povrchový odpor	IEC 60093	1,00E+15	Ohm
Odolnost vůči plazivým proudům CTI	IEC 60112	250	-

## Teplotní vlastnosti

Tepelná vodivost	DIN 52 612	0,2	W/K m
Koeficient délkové roztažnosti příčný	ISO 11359	80	10 <sup>-6</sup> /K
Teplota tavení popř. zesklivatění	ISO 11357	130	°C
Tvarová stálost za tepla A	ISO 75 HDT/A (1.8 MPa)	100	°C
Tvarová stálost za tepla B	ISO 75 HDT/B (0,45 MPa)	122	°C
max. teplota krátkodobá		120	°C
max. teplota dlouhodobá		90	°C
min. teplota použití		-50	°C

## Jiné vlastnosti

Nasákavost při norm. podmínkách	ISO 62	0,2	%
Nasákavost při vlhkosti	ISO 62	0,7	%
Chování při hoření podle UL 94	IEC 60695-11-10	HB	-
Síla pro UL 94		0,85	mm
Průsvitnost (průhledný/průsvitný/průhledný)		průhledný	
Surovina		Bayblend T65 (Bayer)	

Tento datový list RIWETA 4.1 je určen pro Vaši osobní potřebu. V těchto datech jsou udány hodnoty.

Tyto hodnoty jsou ověřeny podmínkami zpracování. Modifikace, přísady materiálů a okolní vlivy neosvobozují uživatele od vlastních zkoušek a pokusů. Jsou sestaveny na základě současných zkušeností a znalostí. Právní závazná ujištění určitých vlastností či způsobilost pro konkrétní účel nasazení nemůže být z našich údajů odvozena.

Další právní ochrana jakož i stávající zákony a ustanovení jsou od příjemce našich výrobků v jeho vlastní zodpovědnosti.

LPM s.r.o.  
Technické díly z plastů  
Koněvova 536  
CZ-506 11 Jičín