

# Vstřikovací forma na upomínkové předměty

Jakub Matoušek

---

Bakalářská práce  
2008

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2007/2008

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub MATOUŠEK**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Vstříkovací forma na upomínkové předměty**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Navrhněte a nakreslete vstříkovaný díl
3. Proveďte konstrukci vstříkovací formy
4. Nakreslete výrobní dokumentaci vyráběných dílů formy

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**dle zadání vedoucího BP**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Michal Staněk, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**19. února 2008**

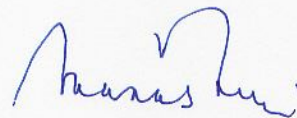
Termín odevzdání bakalářské práce:

**6. června 2008**

Ve Zlíně dne 1. února 2008



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



doc. Ing. Miroslav Mañas, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá konstrukcí dvou forem pro výrobu plastového dílce, konkrétně otvíráku na plastové lahve.

V teoretické části jsou stručně popsány termoplasty a reaktoplasty. Další důležitou kapitolou je vstřikovací cyklus a vstřikovací stroje a v neposlední řadě konstrukce forem.

Praktická část obsahuje popis konstrukce těchto vstřikovacích forem včetně výkresové dokumentace. Ke konstrukci byl použit program Catia V5 R17 a normálie HASCO v podobě katalogového modulu pro tento software.

Klíčová slova: vstřikovací forma, vstřikování, konstrukce

## **ABSTRACT**

This Bachelor's thesis deals with construction of two injection molds for production of a plastic part, specifically a bottle opener.

In the theoretical part the thermoplastics and reactoplastics are briefly described. This chapter further deals with injection mold cycle, injection machines and concludes with design of injection molds.

The practical part describes the construction of these injection molds including the complete technical documentation. We used Catia V5R17 for the design with HASCO standards as a library for this software.

Keywords: injection mould, injection, construction

Poděkování:

Touto formou bych chtěl především poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Ing. Michalovi Staňkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky. A mé rodině za podporu.

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, 6.6.2008

.....  
Podpis

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>9</b>
<b>1 VSTŘIKOVÁNÍ.....</b>	<b>10</b>
1.1 CHARAKTERISTIKA TERMOPLASTU .....	10
1.2 CHARAKTERISTIKA REAKTOPLASTŮ .....	10
1.3 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	11
1.3.1 Strojní časy .....	11
1.3.2 Plastikace.....	12
1.3.3 Vstřikování .....	12
1.3.4 Dotlak.....	14
1.3.5 Chlazení.....	14
1.3.6 Vyhození výstřiku .....	15
<b>2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....</b>	<b>16</b>
2.1 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	16
2.1.1 Hydraulická uzavírací jednotka.....	17
2.1.2 Hydraulicko-mechanická uzavírací jednotka .....	17
2.1.3 Elektromechanická uzavírací jednotka .....	18
2.2 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA.....	19
2.2.1 Vstřikovací jednotka bez předplastikace .....	19
Pístová plastikace.....	19
Šneková plastikace.....	20
2.2.2 Vstřikovací jednotka s předplastikací.....	21
Pístová předplastikace.....	21
Šneková předplastikace.....	22
<b>3 VSTŘIKOVACÍ FORMA.....</b>	<b>23</b>
3.1 RÁM FORMY .....	24
3.2 STUDENÁ VTOKOVÁ SOUSTAVA (SVS).....	24
3.2.1 Rozváděcí vtokové kanály.....	24
3.2.2 Vtokové ústí .....	25
Plné vtokové ústí .....	25
Boční vtokové ústí.....	26
Filmové vtokové ústí.....	26
Bodové vtokové ústí.....	27
Tunelové vtokové ústí.....	27
Srpkové (banánové) vtokové ústí.....	27
3.3 VYHŘÍVANÁ VTOKOVÁ SOUSTAVA (VVS).....	28
3.3.1 Vyhřívané trysky .....	28
Nepřímo vyhřívané trysky .....	29
Vyhřívané trysky.....	29
3.3.2 Vytápěné rozvodné bloky.....	29

3.4	VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘÍKŮ Z FORMY .....	30
3.5	TEMPERACE FOREM.....	30
3.6	ODVZDUŠNĚNÍ .....	31
3.7	DUTINA FORMY .....	32
3.7.1	Zaformování výstřiku .....	32
3.7.2	Smrštění výstřiku .....	32
3.8	MATERIÁLY PRO VÝROBU FOREM .....	32
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>SPECIFIKACE VÝROBKU.....</b>	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>KONSTRUKCE FORMY.....</b>	<b>37</b>
6.1	NÁSOBNOST FORMY .....	37
6.2	ZAFORMOVÁNÍ VÝROBKU.....	38
6.3	VTOKOVÝ SYSTÉM .....	40
6.4	TEMPERACE FORMY .....	40
6.5	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	42
6.6	KONCEPCE FORMY .....	43
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>45</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>46</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>47</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK: .....</b>	<b>49</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH:.....</b>	<b>50</b>

## ÚVOD

Hlavním důvodem rozvoje plastických hmot je vedle jejich výhodných vlastností především produktivní způsob zpracování. V současné době existuje velké množství zpracovatelských technologií a mezi nejznámější a nejrozšířenější způsob zpracování plastických hmot patří vstřikování. Touto technologií lze vyrábět výrobky a to od miniaturních cca 1g až po rozměrné výrobky.

S rozvojem využití plastů ve společnosti vzrůstají nároky na technologie umožňující zpracování plastů. Jednou z těchto technologií je i vstřikování termoplastů, kdy se roztavená hmota vstřikuje do tvarové dutiny formy.

Formy vstřikovacího stroje pro vstřikování termoplastů, od nejjednodušších až po nejsložitější, od nejmenších až po ty největší, musí splňovat pro svůj správný chod několik základních funkcí. Tvarová dutina musí přesně odpovídat požadovanému tvaru výstřiku, forma musí zajistit co nejrychlejší temperaci výstřiku na požadovanou teplotu podle použité technologie zpracování daného plastu a v neposlední řadě umožnit správné a rychlé vyjmutí výstřiku z dutiny formy.

Konstrukce formy prošla od svého vzniku řadou změn. Od rýsovacího prkna, tužky a papíru až do elektronické podoby, jak je již dnes běžné. Programy na konstrukci, které jsou schopny vytvářet i dokonalou simulaci, pomáhají předejít řadě nesrovnalostí a chyb při konstrukci. Zároveň také zrychlují výrobu a snižují náklady.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je způsob tváření polymerních materiálů, při kterém se dávka zpracovaného materiálu vstřikuje z tlakové komory do uzavřené dutiny formy. Je to technologie vhodná pro velkosériovou výrobu s vysokým stupněm automatizace. Většinou se vstřikují termoplasty, v menší míře také reaktoplasty a elastomery. [1]

## 1.1 Charakteristika termoplastu

Termoplasty jsou makromolekulární látky s lineárními nebo rozvětvenými řetězci. Jsou tepelně tavitelné a v roztaveném stavu se pod tlakem vstřikují do forem, v nichž ochlazením ztuhnou na požadovaný tvar. Jsou buď homogenní, tj. bez přísad a plniv nebo s přísadami pro zlepšení jejich fyzikálních vlastností, jako je odolnost proti vlivům záření, povětrnosti, hoření, zvýšeným teplotám apod. nebo s plnivem pro zlepšení některých mechanických vlastností.

Zpracovatelnost termoplastů je určena hlavně odolností materiálu proti tepelné degradaci během vstřikování a tekutostí, tj. schopností vyplnit dokonale složité a tenkostěnné tvarové dutiny ve formě. Materiál dobře odolný proti degradaci má dostatečně široké pásmo zpracovatelských teplot a smí mít delší dobu prodlevy v tavicí komoře vstřikovacího stroje.[2]

## 1.2 Charakteristika reaktoplastů

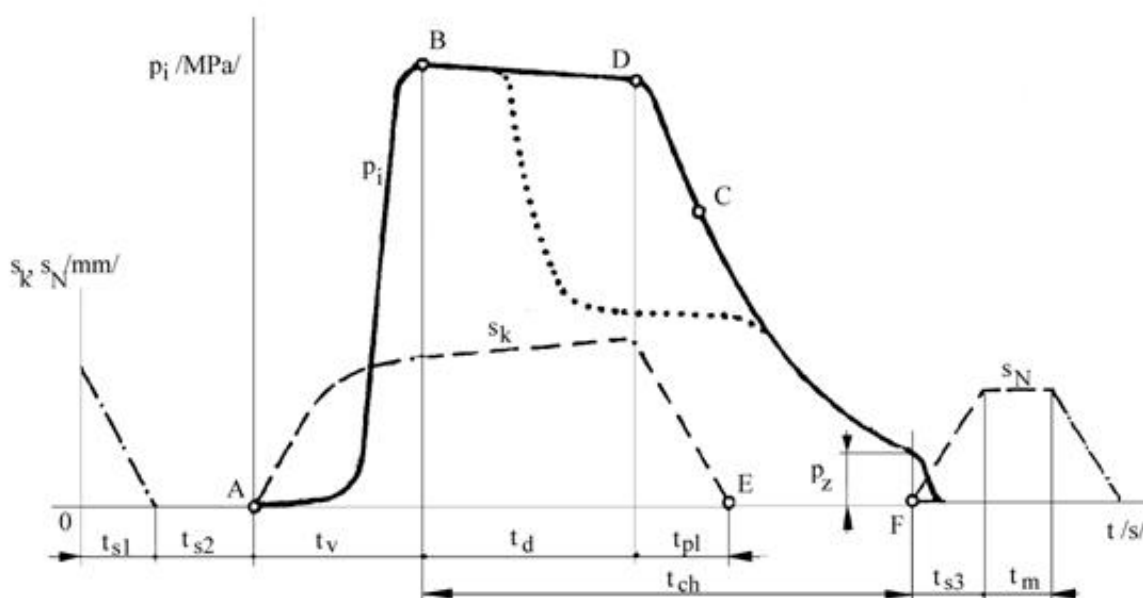
Reaktoplasty jsou makromolekulární látky, u nichž při zpracování nastává zesíťování makromolekul, tzv. vytvrzení. Vytvrzený reaktoplast je již netavitelný. Vstřikovací reaktoplasty obsahují příslušnou syntetickou pryskyřici a plnivo. Proti termoplastům vynikají reaktoplasty vysokou tuhostí a tvrdostí, teplotní odolností a tvarovou stálostí za tepla, odolností proti korozi za napětí a proti vlivům povětrnosti a nerozpustností. Modul pružnosti není tolik závislý na teplotě jako u termoplastů, takže mechanické vlastnosti reaktoplastů nejsou v rozmezí používaných teplot příliš proměnlivé.

Zpracovatelnost reaktoplastů je určena hlavně tekutostí, která je všeobecně horší než u termoplastů a závisí na druhu pryskyřice a charakteru plniva. Při vstřikování nastává silná orientace plniva, anizotropie vlastností a vzniká velké vnitřní pnutí, které vzhledem ke křehkosti reaktoplastů může vést až k prasknutí výstřiku. Vstřikovací reaktoplasty jsou většinou ve formě granulátu. Výrobní cykly jsou delší než u termoplastů. [2]

### 1.3 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus tvoří sled přesně definovaných operací. Jedná se o proces neizotermický, během něhož plast prochází teplotním cyklem. Při popisu vstřikovacího cyklu je nutno jednoznačně definovat jeho počátek. Za počátek cyklu lze považovat okamžik odpovídající impulsu k uzavření formy.

Vstřikovací cyklus se posuzuje i z hlediska zpracovávaného plastu a s výhodou jej vyjádřit jako závislost tlaku v dutině formy na čase. Tento tlak se nazývá vnitřní tlak. Kromě vnitřního tlaku existuje i vnější tlak, kterým se myslí tlak vztažený na jednotku plochy průřezu šneku. [3]

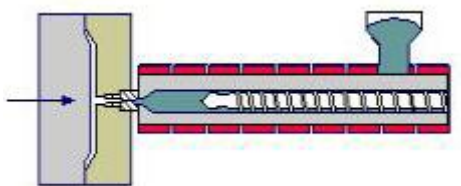


Obr.1. Průběh vnitřního tlaku  $p_i$  v dutině formy během procesu vstřikování

$s_k$  – pohyb šneku,  $s_N$  – pohyb nástroje

#### 1.3.1 Strojní časy

Strojní časy na zavření a otevření formy závisí na rychlosti pohybující se formy a na dráze, kterou musí forma urazit. Dráha otevření formy je dána rozměrem výstřiku ve směru otevírání formy a musí být tak velká, aby bylo možno výrobek z formy vyjmout, případně aby bylo dost prostoru pro činnost manipulátoru ve formě. Je snaha zkrátit strojní časy na minimum. Toho se dá dosáhnout zvýšením rychlosti pohybující se formy. [3]



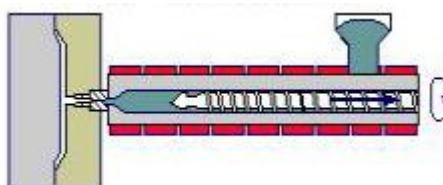
Obr. 2. Uzavření vstřikovací formy

### 1.3.2 Plastikace

Účelem plastikace je roztavit granulovaný (případně práškový) materiál, homogenizovat ho a připravit pro vstříknutí do formy. Plastikace se provádí v tavicí komoře stroje, v němž je otočně a posuvně uložen plastikační šnek. Přívod tepla k roztavení granulátu se děje asi z jedné třetiny elektrickým topením tavicí komory a asi ze dvou třetin třením hmoty při hnětení šnekem.

Při plastikaci se šnek otáčí a současně posouvá vzad, granulát padající z násypky mezi závitů šneku se při tom dopravuje směrem k trysce, taví se, hněte, mísí, homogenizuje, komprimuje a shromažďuje se v prostoru před čelem šneku uvnitř komory.[1]

Velikost zplastikované dávky musí zabezpečit naplnění tvarové dutiny formy a vtokového systému, ale i kompenzovat změnu objemu, vyvolanou smrštěním. [3]



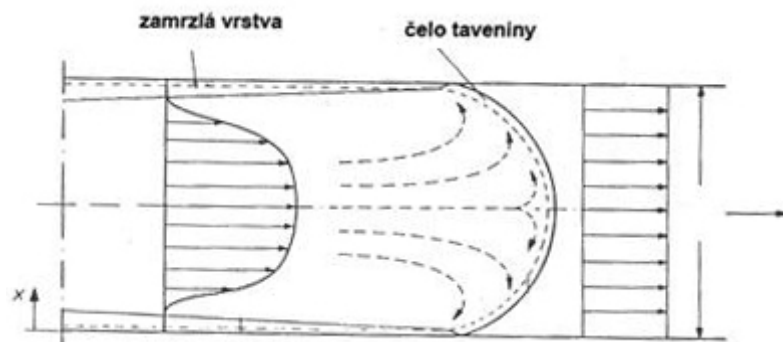
Obr. 3. Plastikace

### 1.3.3 Vstřikování

Na počátku vstřikovacího cyklu je dutina formy prázdná a forma je otevřená. V nulovém čase dostane stroj impuls k zahájení vstřikovacího cyklu, pohyblivá část formy se přisune k pevné, forma se zavře a uzamkne.

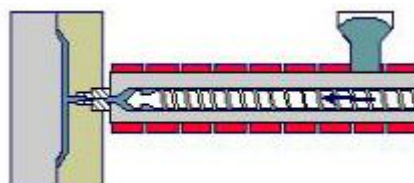
Doba plnění dutiny formy se odvíjí od rychlosti vstřikování, tj. od rychlosti pohybu šneku vpřed, která závisí na technologických podmínkách, zejména na teplotě taveniny a na vstřikovacím tlaku. Vliv však má i teplota formy, objem výstřiku a jeho geometrický tvar, dále řešení vtokové soustavy a druh plastu. U složitých výrobků a u výrobků s vysokými požá-

dvky na kvalitu povrchu a přesnost výroby je možné programovat průběh rychlosti vstříkování. Vysoká vstříkovací rychlost má příznivý vliv na orientaci makromolekul, ale je zde i nebezpečí přehřátí a degradace materiálu. Doba plnění se pohybuje od zlomku sekundy do několika málo sekund u výstříků s velkou hmotností. Doba plnění má být co nejkratší, protože vstříkovaná tavenina se stykem s chlazenou formou ochlazuje a ztrácí tekutost, takže při dlouhé době by nezaplnila celou dutinu a vznikl by nedostříknutý zmetek. Proces plnění se musí řídit tak, aby tavenina nevtékala do formy volným tokem, ale aby materiál vtékal do formy postupně. Při postupném plnění, laminárním toku, se jedná o složitý mechanismus tuhnutí vrstev taveniny. Teplota formy je mnohem nižší, než teplota taveniny a tak tavenina při styku se stěnou formy okamžitě ztuhne a vytvoří vrstvu nepohyblivé hmoty a zároveň i vrstvu tepelné izolace.



Obr. 4. Tok taveniny

Uvnitř je plastické jádro s nízkou viskozitou, umožňující další průtok taveniny platu do dutiny formy, která se potom roztéká směrem ke stěnám až dojde k zaplnění tvarové dutiny formy. Vzhledem ke zvyšování viskozity směrem ke stěně formy dochází k rostoucí rychlosti v plastickém jádru a k zakřivení čela. Pokles tlaku je potom směrem ke stěně formy. [3]



Obr. 5. Plnění dutiny formy a dotlak

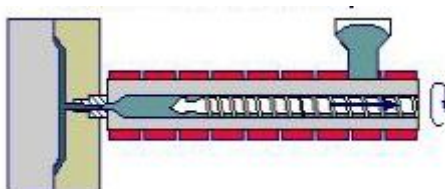
### 1.3.4 Dotlak

Po naplnění formy je tavenina v dutině ještě stlačena a tlak dosáhne maximální hodnoty. Pokud by tlak zůstal na původní hodnotě, došlo by ke vzniku tlakové špičky, ke zvětšení hmotnosti a rozměrů výstřiku a k vysokému namáhání formy, které by mohlo vést k pružnému prohnutí formy. Aby se zamezilo těmto jevům je nutné v určité době přepnout na dotlak. Je-li přepnutí opožděné stoupne tlak příliš vysoko a dojde k výše popsaným jevům. Při předčasném přepnutí dochází k opačným jevům a je zde až možnost nedostříknutého výrobku. K přepnutí na dotlak může dojít buď podle dráhy šneku, nebo podle vstřikovacího času, nebo podle tlaku ve formě a nebo podle tlaku v hydraulice.

Doba dotlaku závisí hlavně na průřezu vtokového kanálu a zpravidla činí několik sekund až desítky sekund. Účelem je dodávání materiálu do formy a tím tedy kompenzování smrštění během chladnutí, aby nevznikly propadliny a staženiny. U strojů s optimalizací procesu lze průběh dotlaku optimalizovat. V první fázi je dotlak vyšší, aby se využilo vysoké tekutosti taveniny a ke konci se dotlak sníží, aby se omezila orientace v okolí vtoku. [3]

### 1.3.5 Chlazení

Doba chlazení představuje největší část cyklu a pohybuje se od několika sekund u tenkostěnných výstřiků do několika málo minut. Závisí na určující tloušťce stěny výstřiku, na druhu plastu, teplotě taveniny, teplotě formy a na teplotě výstřiku v okamžiku vyjímání z formy. Je snaha ji zkrátit na minimum účinným chlazením formy, zejména těch míst, v nichž hmota chladne nejpomaleji. Chladnutí začíná již během fáze vstřikování a pokračuje během dotlaku a dochází ke značným změnám stavových veličin, tlaku, měrného objemu a teploty. Fáze chladnutí ovlivňuje nejenom strukturu, tj. orientaci, krystalizaci a vnitřní pnutí, ale také kvalitu povrchu, zejména lesk. [3]



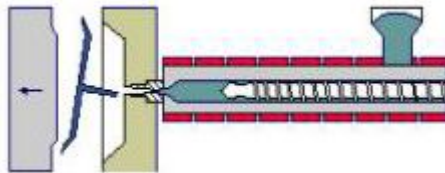
Obr. 6. Chlazení a plastikace

### 1.3.6 Vyhození výstřiku

Po ochlazení výstřiku ve formě následuje otevření formy a vyhození výstřiku z dutiny formy. K tomu slouží vyhazovací kolíky, stírací desky, stlačený vzduch, případně kombinace uvedených prvků.

Rozhodujícím faktorem pro volbu vyhazovacího systému je velikost potřebné vyhazovací síly. Tato síla závisí:

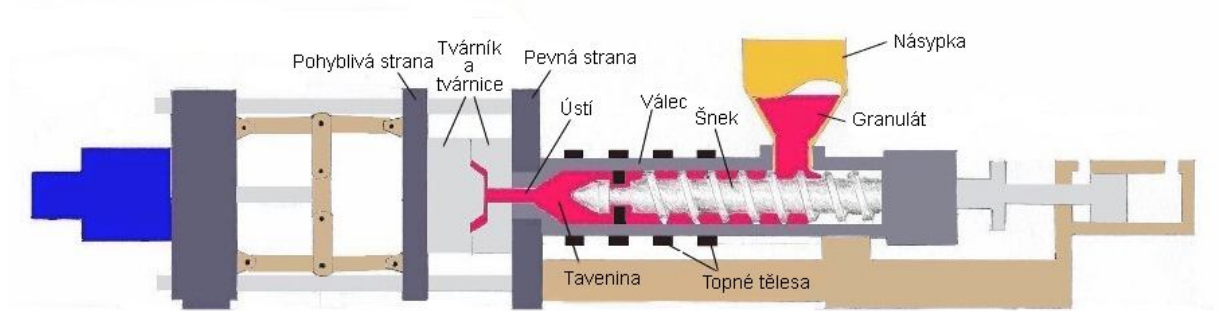
- na smrštění výstřiku ve formě,
- na adhezi plastu k lici formy,
- na podtlaku vznikajícím při vyhazování,
- na pružných deformacích formy. [4]



Obr. 7. Otevření formy a vyhození výstřiku

## 2 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací stroj se skládá z dvou hlavních částí, kterými jsou vstřikovací jednotka a uzavírací jednotka. Výrobky zhotovené na vstřikovacím stroji se nazývají výstřiky a zhotovují se ve vstřikovací formě. [5]



Obr. 8. Vstřikovací stroj

### 2.1 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka otevírá a uzavírá formu. Při uzavírání vyvozuje uzavírací sílu, při vstřikování pak přidržovací sílu, která zajišťuje formu proti otevření tlakem taveniny. Uzavírací síla bývá menší než síla přidržovací. [1]

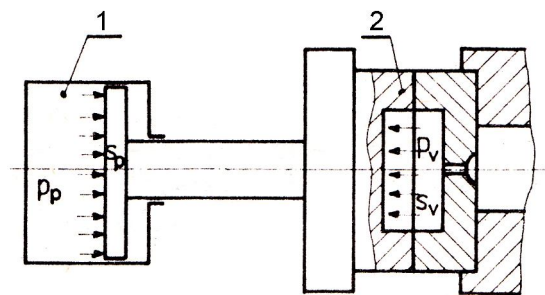
Potřebná uzavírací síla je přímo úměrná průmětu plochy výstřiku do dělicí roviny a velikosti vstřikovacího tlaku.

Uzavírací ústrojí se dělí podle pohonu na:

- hydraulické (přímé, se závorymi),
- hydraulicko-mechanické,
- elektromechanické.



### 2.1.1 Hydraulická uzavírací jednotka



Obr. 9. Hydraulická uzavírací jednotka

1 - hydraulický válec, 2 - Uzavřená forma

Jedná se o nejjednodušší uzavírací jednotku. K dosažení velkých uzavíracích sil jsou zapotřebí velké rozměry hydraulických válců a k dostatečně vysokých uzavíracích rychlostí značná množství hydraulické kapaliny.

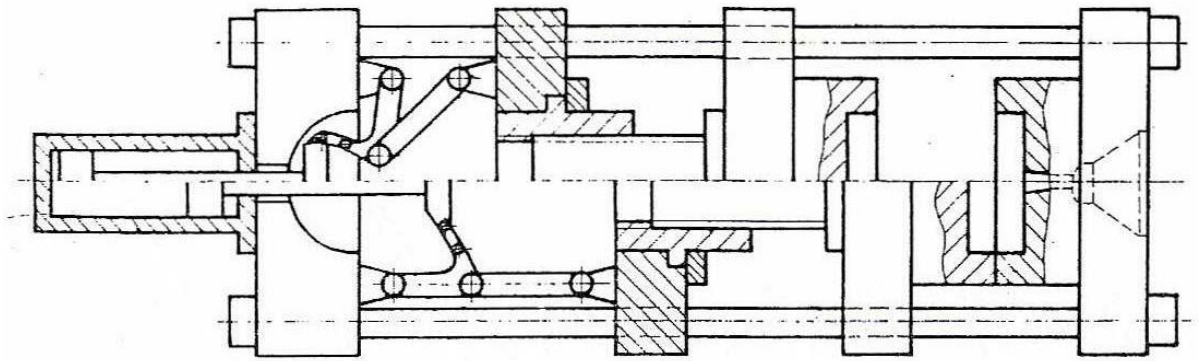
Nevýhodu tohoto uspořádání odstraňuje uzavírací ústrojí s pomocnými hydraulickými válci. Pomocné hydraulické válce mají malý průměr, ale vysoký zdvih. [6]

### 2.1.2 Hydraulicko-mechanická uzavírací jednotka

Některé nedostatky hydraulických uzavíracích ústrojí vedly postupně k řešení hydraulicko-mechanických ústrojí, kdy uzavírací síla je vyvozována malým hydraulickým válcem přes vhodný systém pák. Tím se dosáhne příznivých silových a rychlostních poměrů. Konstrukce těchto uzávěrů se postupně zdokonalovala, až se vyhranilo několik skupin, které se také nazývají kloubovými uzávěry.

Hydraulický válec může být umístěn v ose stroje nebo mimo ni. V obou těchto případech má válec malý průměr a tedy malou spotřebu tlakové kapaliny.

Poměrně malé setrvačné hmoty a malý průměr hydraulického válce umožňují vysoké uzavírací rychlosti.

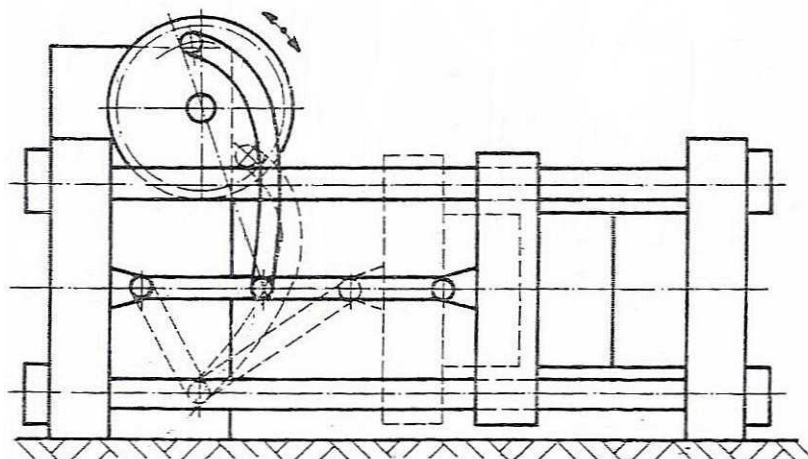


Obr. 10. Hydraulicko-mechanická uzavírací jednotka s válcem v ose

Aby se zabránilo přetěžování stroje, bývá hydraulický válec opatřen pojistným ventilem, který se seřizuje při každé výměně formy. K dovření formy se také může použít hydraulického polštáře nebo membrány, přičemž uzavření a otevření zajišťuje kloubový mechanismus. [7]

### 2.1.3 Elektromechanická uzavírací jednotka

Příprava tlakové energie pro pohon hydraulických válců je energicky velmi náročná. U elektromechanické uzavírací jednotky se jedná především o nahrazení přímočarého hydraulického motoru elektromotorem s klikovým mechanismem. Elektromotory jsou jednoduché, vyvolávají vysokou uzavírací sílu a mají snadnou automatizaci celého pracovního cyklu.



Obr. 11. Elektromechanická uzavírací jednotka

## 2.2 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka plní dva hlavní úkoly: přeměňuje granulát plastu na homogenní taveninu o dané viskozitě a vstřikuje taveninu vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny formy. Vstřikovací jednotky se dělí na s předplastikací a bez předplastikace. Tyto dva druhy se dále dělí na pístové a šnekové.

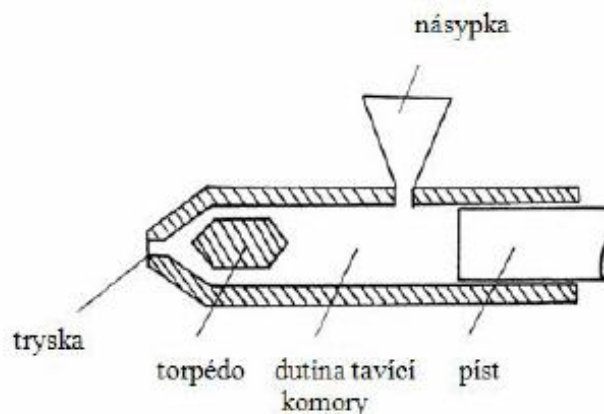
### 2.2.1 Vstřikovací jednotka bez předplastikace

U vstřikovací jednotky bez předplastikace probíhá plastikace v tavicí komoře u pístové plastikace nebo v pracovním válci u šnekové plastikace.

#### *Pístová plastikace*

Při pístové plastikaci se dávkuje zpracovaný materiál dávkovacím zařízením do tavicí komory, kde se materiál roztaví a ve formě taveniny se vstříkne do formy. Energie potřebná k roztavení se dodává pomocí pásových topných těles.

Pístová plastikace se používá jen výjimečně. Tato dnes již zastaralá metoda byla vytlačena šnekovou plastikací.

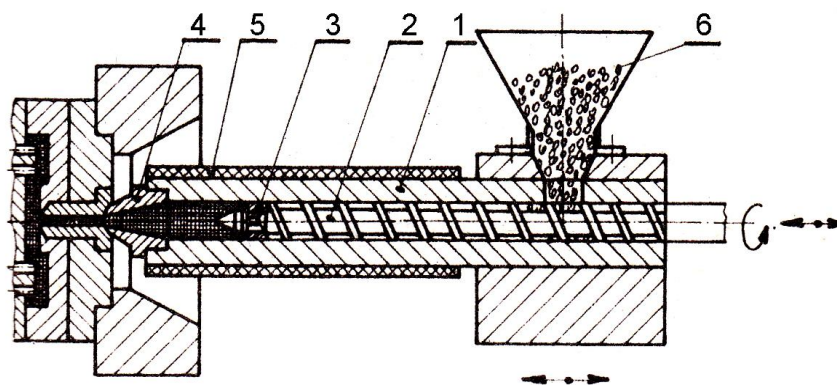


Obr. 12. Pístová plastikace

### Šneková plastikace

U šnekové plastikace je oproti pístové plastikaci hlavní rozdíl v tavicí komoře. Jejím úkolem je převést do plastického stavu v co nejkratší době co největší množství hmoty a zajistit maximální teplotní homogenitu taveniny. Pohyb plastu v komoře je zajišťován šnekem. Konstrukcí šnekových vstřikovacích strojů byly s úspěchem vyřešeny všechny hlavní nedostatky pístových strojů.

Činnost šnekového stroje je následující: při plastikaci se šnek otáčí a v hrdle násypky nabírá granulovaný plast, který stlačuje a dopravuje jej do vytápěných částí tavicí komory, kde materiál taje a jako tavenina se hromadí před čelem šneku a šnek během otáčení ustupuje dozadu. Po zplastikování potřebného množství plastu se otáčivý pohyb šneku zastaví a šnek se bez otáčení pohybuje dopředu jako píst a vstřikuje taveninu do dutiny formy.



Obr. 13. Šneková plastikace

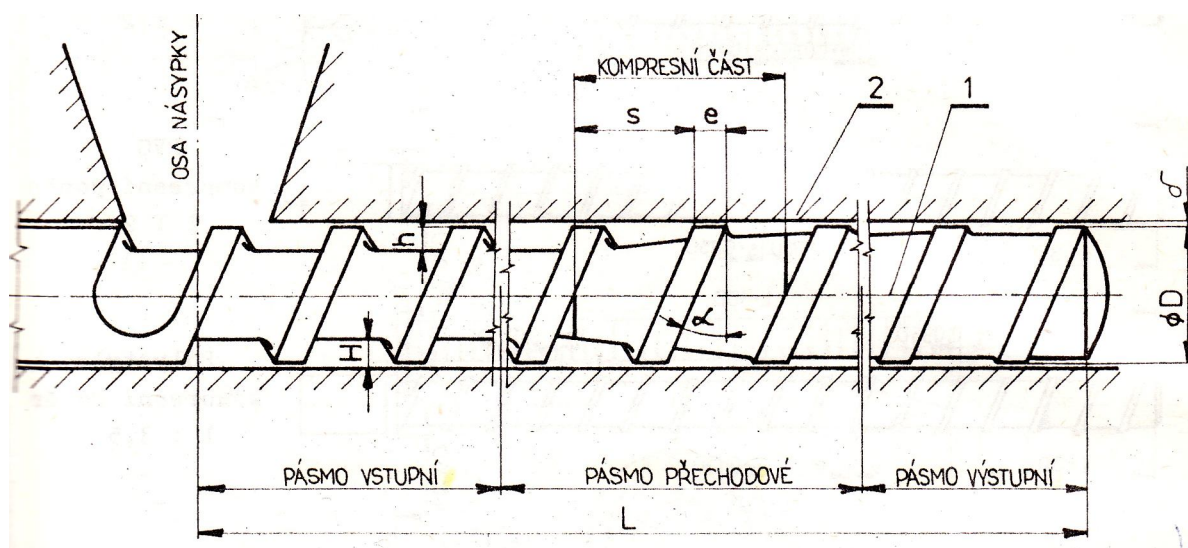
1 - válec, 2 - šnek, 3 – špička šneku, 4 - tryska, 5 - topné těleso, 6 - násypka

### Šnek

Konstrukce šneku je přizpůsobena činnostem, které šnek musí vykonávat, tj. dávkování a doprava materiálu, plastikace, hnětení a vstříknutí do formy.

Na šneku je možno rozlišit tři funkční pásma. Pod násypkou je šnekový kanál (nazývaný také drážka šneku) nejhlubší a průměr jádra šneku nejmenší. Hloubka je konstantní. Toto pásmo se nazývá vstupní nebo také dopravní, někdy i dávkovací. Zpracovávaný materiál je v něm hlavně stlačován, čímž se vytěsňuje vzduch z prostoru mezi granulami, a ohříván

a teprve na konci této části může začít i tát. Ve druhém, prostředním pásmu, se průměr jádra šneku směrem k trysce zvětšuje a hloubka šnekového kanálu se zmenšuje.



Obr. 14. Pásma šneku

1 – Šnek, 2 – Tavicí komora

Důsledkem toho dochází ke značnému stlačování materiálu, a proto se této části říká pásmo kompresní nebo přechodové. V ní dochází k nejintenzivnějšímu tání granulátu. Vzniklá tavenina je však zatím teplotně nehomogenní. Homogenizace je úkolem posledního pásma šneku u trysky. Toto pásmo se proto jmenuje hnětací neboli homogenizační anebo výstupní. Hloubka šnekového kanálu je po celé délce výstupního pásma opět konstantní, ale je menší, než-li ve vstupním pásmu. [3]

### 2.2.2 Vstřikovací jednotka s předplastikací

Požadavky na zvýšení plastikačního výkonu a na zkracování vstřikovacího cyklu vedly k oddělení části plastikační od části vstřikovací. Zpracovaný materiál se nejdříve plastikuje a takto připravená tavenina se dopravuje do vstřikovacího válce, odkud se pak vstříkne pístem do formy.

#### *Pístová předplastikace*

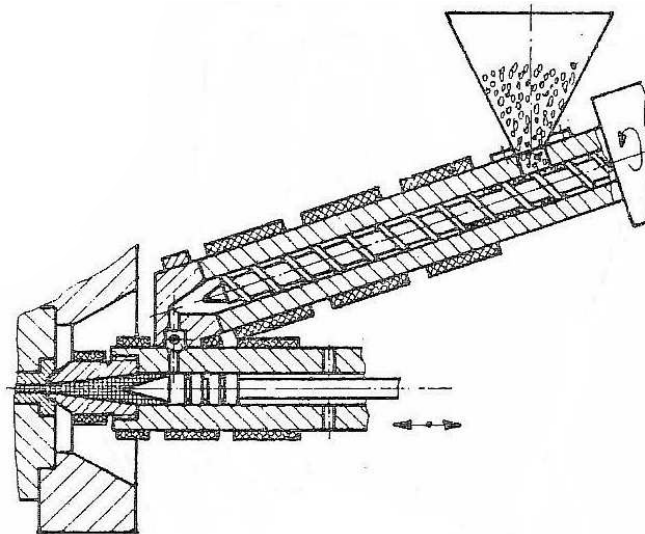
U velkých jednotek může být plastikační část rozdělena do dvou stupňů. Dvoustupňovým uspořádáním se zmenší tlakové ztráty. Konstrukce tavicí komory je analogická jako u pístové plastikace.

Musí být přerušena plastikační a vstřikovací část, aby vstřikovací tlak nevracel taveninu zpět do předplastikační části. Toho je docíleno použitím zpětných ventilů. Zpětné ventily pracují tak, že jsou v době průtoku taveniny z plastikační části do části vstřikovací v otevřené poloze, zatím co v době vstřikování taveniny do formy jsou v uzavřené poloze a tak zabraňují zpětnému toku taveniny do předplastikační části. I když ústrojí s pístovou předplastikací jsou jednoduchá, přece se příliš nepoužívají. [7]

### *Šneková předplastikace*

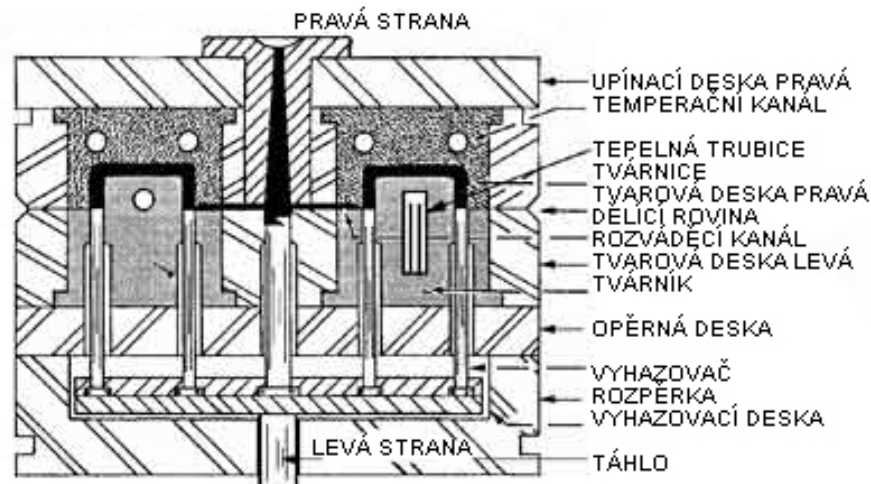
U šnekové předplastikace tvoří první stupeň předplastikační část se šnekem. Druhý stupeň tvoří část vstřikovací se vstřikovacím pístem. Uvedené spojení umožňuje spojit výhody šnekové plastikace s výhodami pístového vstřikování. Dosahuje se tak především rychlé a dokonalé plastikace materiálu, který se pak rychle vstřikuje do formy. Pohon šneku zajišťuje elektromotor nebo hydromotor, zatím co pohyb pístu je ovládán hydraulicky.

U šnekové předplastikace se lépe ovládají plastikační podmínky a dosahuje se vyšších výkonů. [7]



Obr. 15. Šneková předplastikace

### 3 VSTŘIKOVACÍ FORMA



Obr. 16. Vstřikovací forma

Zpracování plastů a kaučukových směsí vyžaduje použití přípravků a speciálního operačního nářadí, mezi nimiž formy zaujímají významné postavení. Obecně se za formu považuje nástroj, kterým se výrobku dává požadovaný tvar. Přípravek pak plní svou funkci u vznikajícího nebo již hotového výrobku. [4]

Formy se můžou rozdělit podle několika kritérií:

- podle násobnosti na jednonásobné a vícenásobné,
- podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení na dvou deskové, třídeskové, etážové, čelistové, vytáček, apod.,
- podle konstrukce vstřikovacího stroje na formy se vstřikem kolmo na dělicí rovinu a na formy se vstřikem do dělicí roviny.

Jedním z velmi důležitých problémů v konstrukci vstřikovacích forem je řešení vtokové soustavy. Vtokové soustavy rozdělujeme na studenou vtokovou soustavu, neboli SVS a vyhřívávanou vtokovou soustavu, neboli VVS, která se také někdy nazývá jako horká vtoková soustava. Forma je složena z pevné a posuvné části a z vyhazovací soustavy.

### 3.1 Rám formy

Skládá se ze součástí tvořících nosnou konstrukci tvářecích dílů a ovládacích mechanismů formy. Při navrhování desek rámu je nutno pamatovat na dostatečnou tuhost celé soustavy, zvláště pak pravé, pevné části formy. Pokud jsou tloušťky desek příliš malé, dochází k jejich prohýbání přítlačnými kroužky a tím k netěsnosti systému. Z toho důvodu se volí desky co nejlustší (pokud to dovolí otevření stroje).

Spojovací šrouby se dimenzují tak, aby spolehlivě přenášely sílu vyvozenou tlakem taveniny na přítlačných kroužcích. Aby se zmenšila ohybová napětí v desce, umísťují se šrouby co nejbliže k přítlačným kroužkům.

### 3.2 Studená vtoková soustava (SVS)

Při řešení studené vtokové soustavy je třeba dodržovat tyto zásady:

- dosáhnout co nejrovnoměrnějšího plnění tvarových dutin formy,
- správně volit vtokové ústí, tak
  - aby nevznikaly studené spoje,
  - aby zbytkové napětí ve výstřiku bylo co nejmenší,
  - aby vyhození včetně vtokových zbytků bylo co nejsnazší,
  - aby začišťování vtoků na výstřiku bylo co nejsnazší. [8]

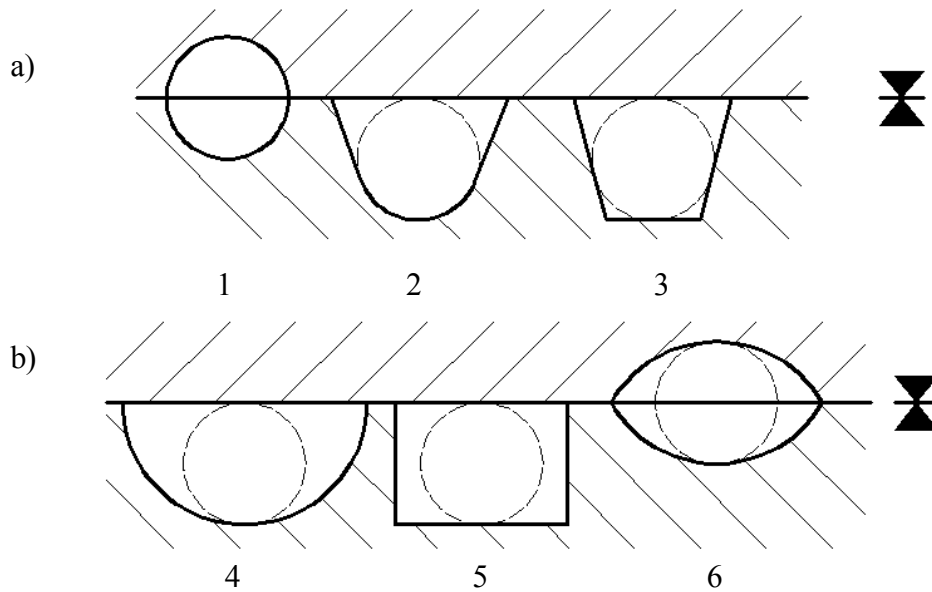
#### 3.2.1 Rozváděcí vtokové kanály

Privádějí k jednotlivým dutinám formy hmotu od trysky formy. Vtokové zbytky mohou být po rozemletí znovu zpracovány jako vratný materiál (recyklát). Vždy však snižují plastikační výkon a prodlužují dobu pracovního cyklu. U namáhaných výstřiků by se recyklát neměl používat vůbec.

Rozváděcí kanály mají být co nejkratší nejen z důvodu snížení plastikačního výkonu, ale také se zřetelem na ztrátu tlaku taveniny, která se zvětšuje v poměru k jejich délce.

Na velikosti průřezu rozváděcího kanálu má vliv mnoho činitelů. Je to délka toku taveniny, tekutost hmoty, váha a tloušťka stěny výstřiku. Rozváděcí kanál by měl být nejméně tak tlustý, jako je největší tloušťka stěny výrobku. [8]





Obr. 17. Rozváděcí vtokové kanály

a) funkčně výhodné, b) funkčně nevýhodné,

1, 6 - výrobně nevýhodné, 2, 3, 4, 5 - výrobně výhodné

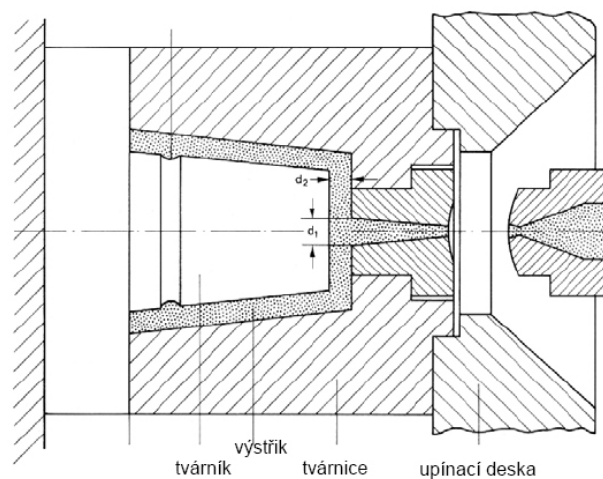
### 3.2.2 Vtokové ústí

Vtokové ústí je zakončení rozváděcího kanálu. Spojuje rozváděcí kanál s tvarovou částí formy. Umísťuje se do nejtlustšího místa výstřiku. Vtokové ústí by mělo zajistit co nejmenší tlakovou ztrátu.

Podle umístění vtokového ústí na výstřiku a druhu vyráběné součásti se rozděluje na plné, boční, bodové, tunelové, srpkové a filmové.

#### *Plné vtokové ústí*

Používá se většinou u jednonásobných forem. Protože plný kuželový vtok je poměrně velký, volí se tak, aby nebyl na pohledové straně výstřiku, protože i po jeho odstranění může zůstat stopa.



Obr. 18. Plné vtokové ústí

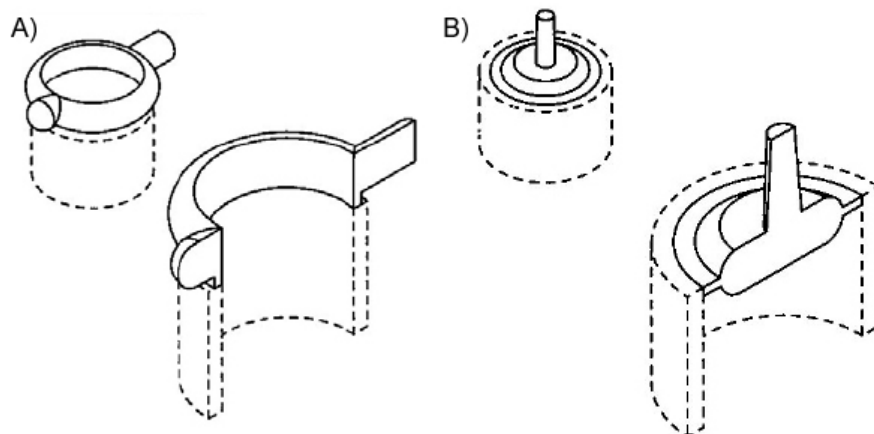
***Boční vtokové ústí***

Boční vtokové ústí patří mezi nejrozšířenější vtokové ústí a leží v dělicí rovině. Má obvykle obdélníkový, někdy také kruhový nebo lichoběžníkový průřez.

***Filmové vtokové ústí***

Je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí hlavně k plnění trubicových dutin. K nim se řadí vtoky diskové, prstencové, deštníkové a další.

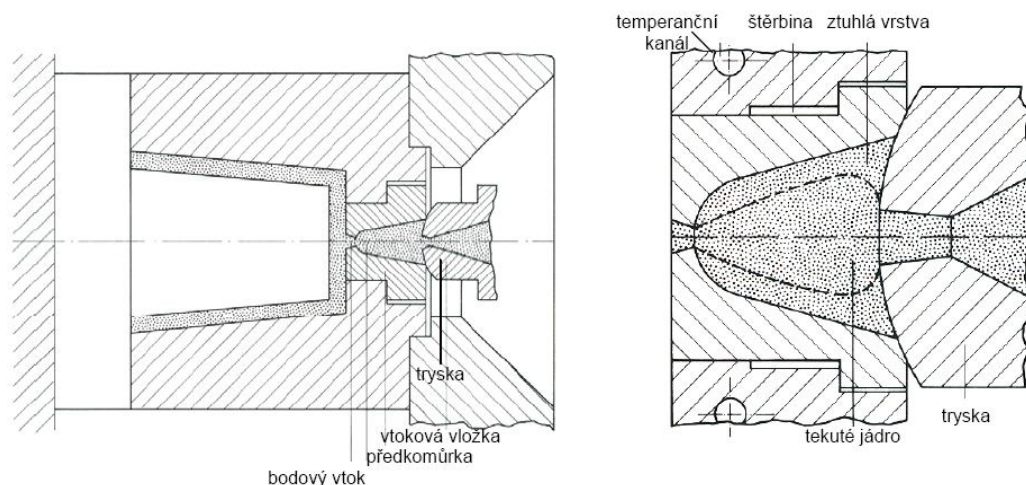
Rozvedení taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu. To se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu. [9]



Obr. 19. A) Deštníkový vtok, B) Prstencový vtok

### ***Bodové vtokové ústí***

Bodové vtokové ústí se používá tam, kde je požadavkem docílení snadného odstranění vtokového zbytku od výstřiku. Leží v dělicí rovině nebo mimo ni. Toto vtokové ústí se používá u systému třídeskových forem. Zvláštním případem bodového vtokové ústí je tunelové a srpkovité, u kterých dochází k oddělení vtokového zbytku od výstřiku přímo ve formě při jejím otevírání.



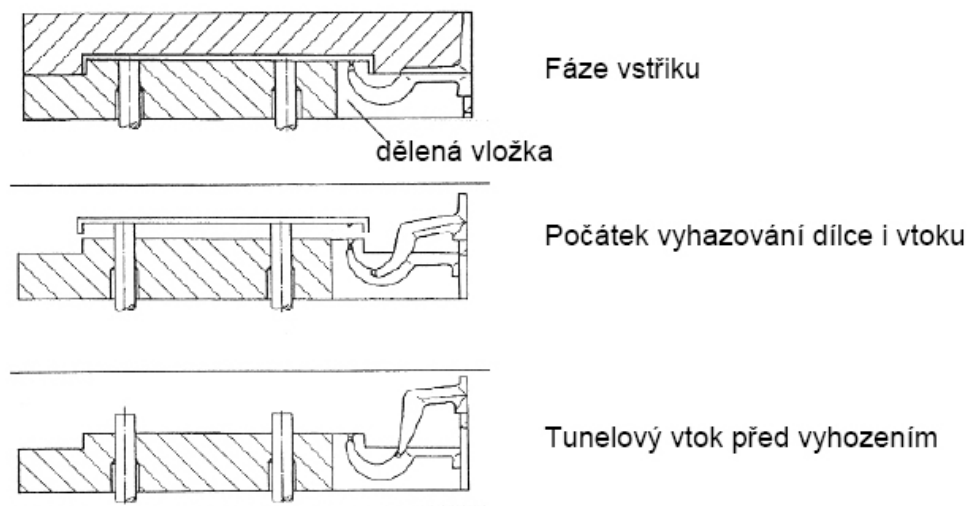
Obr. 20. Bodové vtokové ústí

### ***Tunelové vtokové ústí***

Je konstrukčně složitější, ale jeho odstranění je velice snadné. Vtokový zbytek se odděluje při otevření pomocí ostré hrany. Při konstrukci tunelového vtoku se nesmí zapomínat na přidržovač vtoku, obvykle kombinovaným s vyhazovačem.[9]

### ***Srpkové (banánové) vtokové ústí***

Umožňuje umístit vtokové ústí do části výstřiku, ve které nepůsobí rušivě. Tento vtok je vhodný jen pro plasty s vysokou elasticitou. U křehkých plastů by mohlo dojít při oddělování k vytržení materiálu (k poškození výstřiku).



Obr. 21. Banánové vtokové ústí - postup odformování

### 3.3 Vyhřívaná vtoková soustava (VVS)

Koncepce formy s VVS je proti SVS rozdílná v tom, že v její pravé části jsou umístěny všechny potřebné části tohoto systému. Její levá část se od SVS neliší.

Vyhřívané vtokové soustavy mají vyhřívané trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. [9]

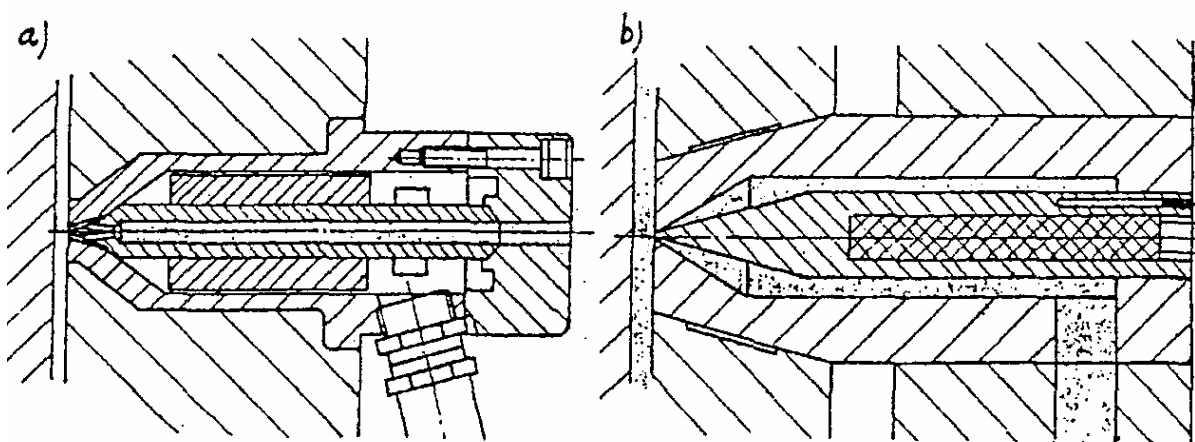
Používá se jen bodového vtokového ústí, které je s výhodou použitelné pro celou škálu vyráběných součástí.

Výhodami VVS jsou především:

- zkrácení pracovního cyklu,
- snížení spotřeby plastu (odpadá vtokový zbytek).

#### 3.3.1 Vyhřívané trysky

Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný člunek i s regulací nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky vstřikování. [9]



Obr. 22. Vyhřívaná tryska s vlastním vytápěním

a) vnějším, b) vnitřním

***Nepřímo vyhřívané trysky***

Vytápění je pomocí vyústění izolovaného rozvodu vtoku, které je charakterizováno velmi malým topným tělesem, které je zabudováno do ocelového pouzdra. Jeho špička zasahuje do vyústění vtoku. U tohoto způsobu je nutné dodržovat poměrně rychlý pracovní cyklus. Jako druhý způsob se uvádí přenos tepla z vyhřívajícího rozvodného bloku. Vyznačuje se přenosem tepla z vyhřívajících rozvodů vtoku na trysku. Používá se pro vícenásobné formy. [10]

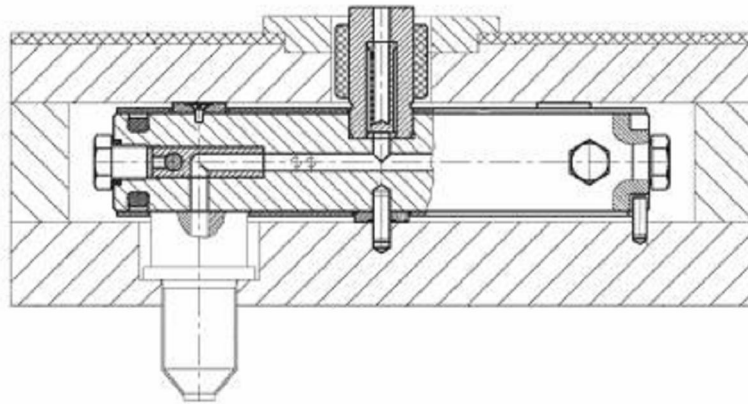
***Vyhřívané trysky***

V tryskách s vnějším topením tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je z tepelně vodivého materiálu. Z vnějšku je kolem tělesa trysky umístěno topení. V tryskách s vnitřním topením tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku (torpédo), zhotovenou také z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí. [10]

**3.3.2 Vytápěné rozvodné bloky**

Vstřikovací formy s rozvodným blokem slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Rozváděcí blok je ocelový, uložen mezi upínací a tvarovou deskou v pravé části formy. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy. Je nejčastěji vytápěn zvenku elektrickým odporovým topením nebo topnými patronami s vytápěním zevnitř.

Pro zvýšení tuhosti formy je rozvodný blok ve formě upevněn pomocí přítlačných kroužků a je zajištěn proti pootočení. [9]



Obr. 23. Vytápěný rozvodný blok

### 3.4 Vyhazování výstřiků z formy

Po částečném ochlazení výstřiku ve formě následuje její otevření a vyhození výstřiku z dutiny formy. K tomuto účelu se forma vybavuje vyhazovacím systémem.

Základní podmínkou dobré funkce vyhazování je úkosivost stěn ve směru vyhazování. Vyhazovací mechanismus je ovládán buď mechanickým vyhazovačem, který je příslušenstvím stroje nebo samostatným zařízením ve formě.

Samotné vyhazování výstřiku z formy se provádí pomocí vyhazovačů, které se dělí podle tvaru a funkce na:

- válcové kolíky,
- tvarové vyhazovače,
- trubkové vyhazovače,
- stírací desky,
- pomocí stlačeného vzduchu. [8]

### 3.5 Temperace forem

Temperací forem se rozumí jejich udržování na požadované teplotě. Správně navržený temperační systém umožňuje:

- optimální dobu vstřikovacího cyklu a hospodárnost provozu,
- dosažení kvalitních výrobků při optimální struktuře.

Správně řešený temperační systém dává rovněž předpoklady pro dobrou funkci formy. Tlakové a tepelné vlastnosti plastů uplatňují svůj vliv na způsob temperace formy. Množství tepla, které je třeba při chlazení odvést závisí na rozdílu entalpií při teplotě vstřikování a při teplotě vyhazování z formy.

### 3.6 Odvzdušnění

Jedním ze zdánlivě méně důležitých problémů při vstřikování termoplastů je odvzdušnění vstřikovacích forem a s ním spojené vady výstřiků. Neodvedený vzduch uzavřený v tvarových dutinách vstřikovacích forem může vyvolat tyto vady:

- nedostřiky,
- zamrznutí postupu čela taveniny,
- spálená místa na výstřicích vyvolaná tzv. Dieselovým efektem,
- uzavření vzduchu (tvorba bublin) ve stěnách výstřiků s větší tloušťkou,
- zvýšení nebezpečí výskytu studených spojů a s nimi spojených vad povrchu a lokální snížení pevnosti,
- vnesení vnitřního pnutí do výstřiků,
- zvýšení anizotropie vlastnosti výstřiků,
- nutnost enormního zvýšení vstřikovacího tlaku,
- velké tlakové spády v dutině formy.

Problémy s odvodem vzduchu z tvarových dutin vstřikovacích forem je možno řešit již při konstrukci forem. Vzduch může uniknout kolem vyhazovacích kolíků nebo v dělicích rovinách, případně se konstruují odvzdušňovací kanály.[11]

### 3.7 Dutina formy

Dutina formy představuje negativní obraz výstřiku včetně přídaveků na smrštění.

#### 3.7.1 Zaformování výstřiku

Správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí plochy náleží k rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Vychází z konstrukčního řešení.

Nepřesnost v dělicí ploše může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. Proto je třeba, aby dělicí plocha:

- umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy,
- probíhala v hranách výrobku,
- byla umístěna tak, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů,
- stopa po dělicí rovině nesmí způsobit funkční nebo vzhledové vady. [9]

#### 3.7.2 Smrštění výstřiku

Velikost smrštění je rozdíl mezi rozměrem dutiny formy a skutečným rozměrem výrobku. Jeho velikost závisí na teplotní roztažnosti plastu a udává se v %.

Smrštění je zpravidla rozděleno do dvou fází. První fází je výrobní smrštění, které představuje asi 90% celkového smrštění. Druhou fází je smrštění dodatečné, které představuje asi 10% celkového smrštění.

Smrštění je vždy jen orientační hodnota a je ve všech směrech stejné.

### 3.8 Materiály pro výrobu forem

Při výrobě vstřikovaných dílů se od formy vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významným činitelem pro splnění těchto podmínek je materiál, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené:

- druhem vstřikovaného plastu,
- přesností a jakostí výstřiku,



- podmínkami vstřikování,
- vstřikovacím strojem.

Pro výrobu forem se tedy používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Jsou to zejména tyto tři skupiny:

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

Jednotlivé díly formy nemají stejnou funkci, proto vyžadují svoje specifické požadavky na volbu materiálu, z kterého budou vyrobeny. Jejich výběr má odpovídat požadované funkci součásti s ohledem na opotřebení a životnost. Oceli jsou nejvýznamnějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Od použitých materiálů na formy se vyžaduje především:

- dostatečná mechanická pevnost,
- dobrá obrobiteľnosť.

Z hlediska technologie výroby výstřiků má navíc materiál funkčních dílů zajišťovat speciální požadavky na kvalitu struktury, která je dána:

- dobrou leštitelností a obrobiteľnosť,
- zvýšenou odolností proti otěru,
- odolností proti korozi a chemickým vlivům plastu,
- vyhovující kalitelností a prokalitelností,
- stálostí rozměrů a minimálními deformacemi při kalení,
- vhodnými fyzikálními vlastnostmi. [12]

Pro vodící součásti formy, jako jsou čepy a pouzdra se často používá cementační ocel třídy 14, která je kalená a cementovaná (popř. nitridovaná). Funkční části (tvárník, tvárnice) a také vtokový čep se kalí. Pro tyto součásti se používá nástrojová ocel třídy 19. Pro ostatní části, jako jsou desky a středící kroužky se používají materiály běžných ocelí. [13]

## II. PRAKTICKÁ ČÁST

## 4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V bakalářské práci byly stanoveny následující cíle:

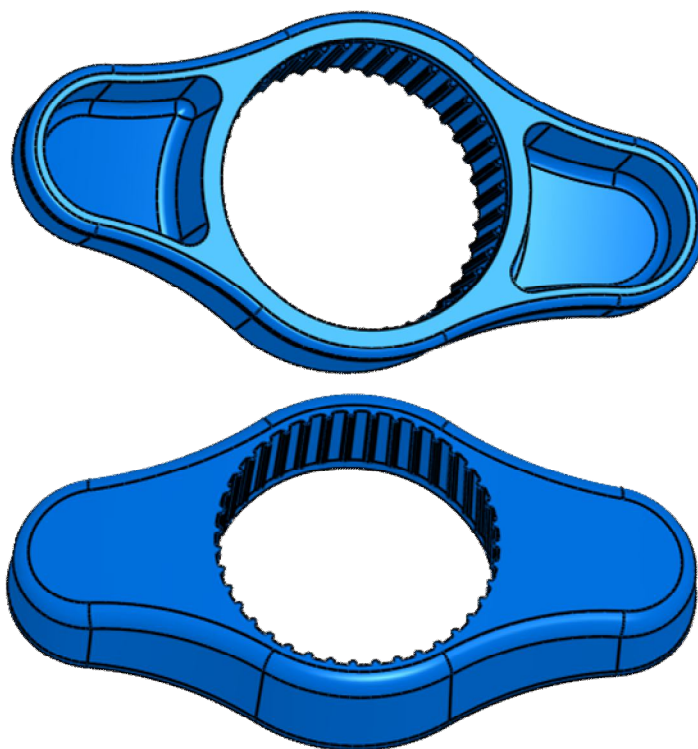
- nakreslit model 3D výrobku,
- zhotovit konstrukci dvou forem pro výrobu tohoto dílce,
- vytvořit 2D sestavy a kompletní dokumentaci jednotlivých částí forem.

Teoretická část obsahuje poznatky a fakta potřebná ke správnému vyhotovení praktické části. Problematika vstřikování je pojata spíše zeširoka, nezabývá se detaily, ale má za úkol nastínit postup a řešení při konstrukci vstřikovacích forem.

Formy byly nakresleny v programu Catia V5 R17. Pro jednodušší konstrukci a nižší náklady byly použity normálie od firmy Hasco. Dle požadavků byla forma zhotovena ve dvou provedeních, jako 1-násobná pro stroj Arburg ALLROUNDER 170S 150-30 a jako 4-násobná pro stroj Arburg ALLROUNDER 420C 1000-350.

## 5 SPECIFIKACE VÝROBKU

Vstříkovaným výrobkem je otvírák na plastové lahve. Vnitřní, funkční, otvor je opatřen zuby, které brání prokluzu víčka v otvíráku. Úkos v tomto otvoru je záměrně zvolen nejen kvůli snadnějšímu vyhození z formy, ale také kvůli lepší soudržnosti otvíráku s víčkem při budoucím použití. Zespod je výrobek odlehčen. Stěny jsou dostatečně tlusté na to, aby se neprobořili při požívání. Aby nedošlo k poranění, jsou všechny hrany opatřeny rádiusy. Větší rádiusy jsou voleny z estetického hlediska.



Obr. 24. Vstříkovaný výrobek

Zvoleným materiálem výrobku je polypropylén PP. Polypropylen je termoplastický polymer, používaný v mnoha odvětvích potravinářského a textilního průmyslu a v laboratorních vybaveních. Prodává se pod obchodním názvem Mosten, Triplen, atd. Je to středně pevný, tuhý a houževnatý materiál. Má vyšší mez únavy, vyšší teplotní odolnost a vyšší tvarovou stálost za tepla než IPE. [2]

Polypropylen Mosten GB 506 je blokový kopolymer určený pro vstříkování technických dílů a součástí s nároky na vysokou houževnatost. Je vhodný rovněž pro výrobu koextuzních fólií určených pro tvarování. Může být použit jako matrice pro výrobu nejrůznějších kompaundů zejména pro potřeby automobilového průmyslu. [14]

## 6 KONSTRUKCE FORMY

Snahou bylo zhotovit dvě formy pro dva různé vstřikovací stroje. Stroje se liší zejména v kapacitě tavicí komory, od tohoto parametru se také dále odvíjí násobnost formy. Z důvodu snahy o snížení nákladů na výrobu formy byly použity normálie, konkrétně normálie HASCO.

### 6.1 Násobnost formy

Násobnost se odvíjí od několika faktorů. Přesnost a kvalita výrobku, kapacita tavicí komory a ekonomika jsou nejdůležitější faktory. Se zvyšující se násobností se snižuje přesnost výrobku.

Pro stroj Arburg ALLROUNDER 170S 150-30 byla navržena 1-násobná forma. V tomto případě byla nejvíce ovlivňujícím faktorem kapacita tavicí komory. Objem výstřiku včetně odpadu je  $9,2 \text{ cm}^3$ .

Hlavní údaje o stroji:

- Uzavírací síla: 150 kN
- Maximální objem výstřiku (včetně odpadu):  $10,6 \text{ cm}^3$
- Minimální zdvih stroje: 150 mm
- Vzdálenost mezi vodícími sloupy: (170 x 170) mm



Obr. 25. Arburg ALLROUNDER 170S

Stroj Arburg ALLROUNDER 420C 1000-350 už výrobu z hlediska kapacity neomezoval, a proto byla navržena 4-násobná forma. Objem výstřiku včetně odpadu je 34,8 cm<sup>3</sup>.

Hlavní údaje o stroji:

- Uzavírací síla: 1000 kN
- Maximální objem výstřiku (včetně odpadu): 182cm<sup>3</sup>
- Minimální zdvih stroje: 250 mm
- Vzdálenost mezi vodícími sloupy : (420 x 420) mm



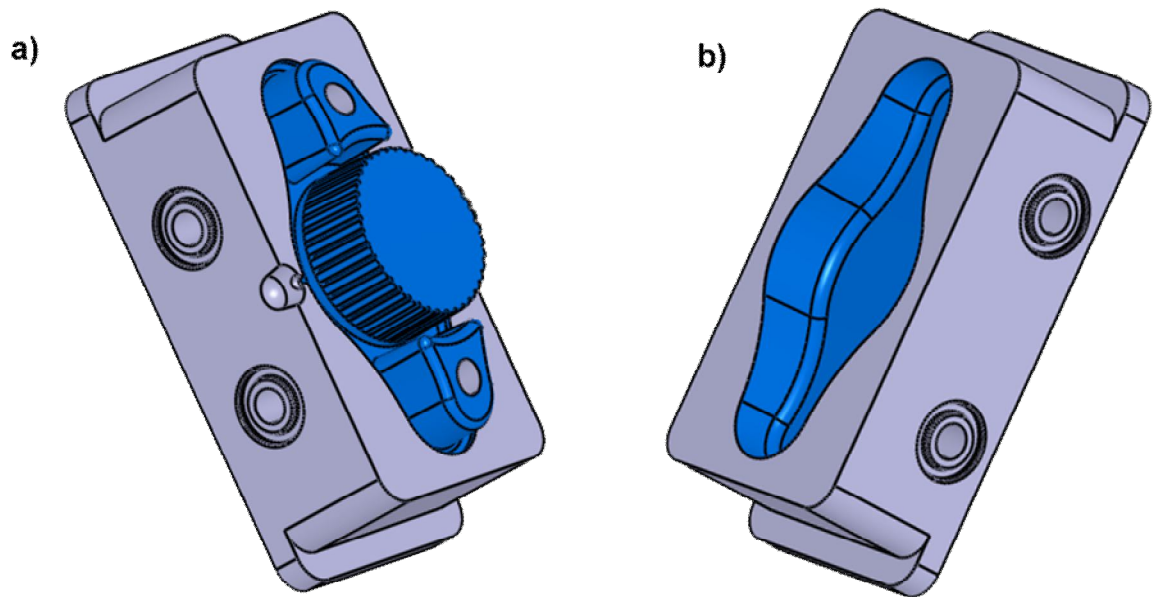
Obr. 26. Arburg ALLROUNDER 420C

## 6.2 Zaformování výrobku

Poloha dělicí roviny výrobku je volena tak, aby bylo co nejsnazší odformování výrobku. Pokud není možné zaformovat výrobek jen s jednou dělicí rovinou, musí se použít více dělicích rovin, čímž se zvýší ekonomika a požadavky na kvalitu výroby.

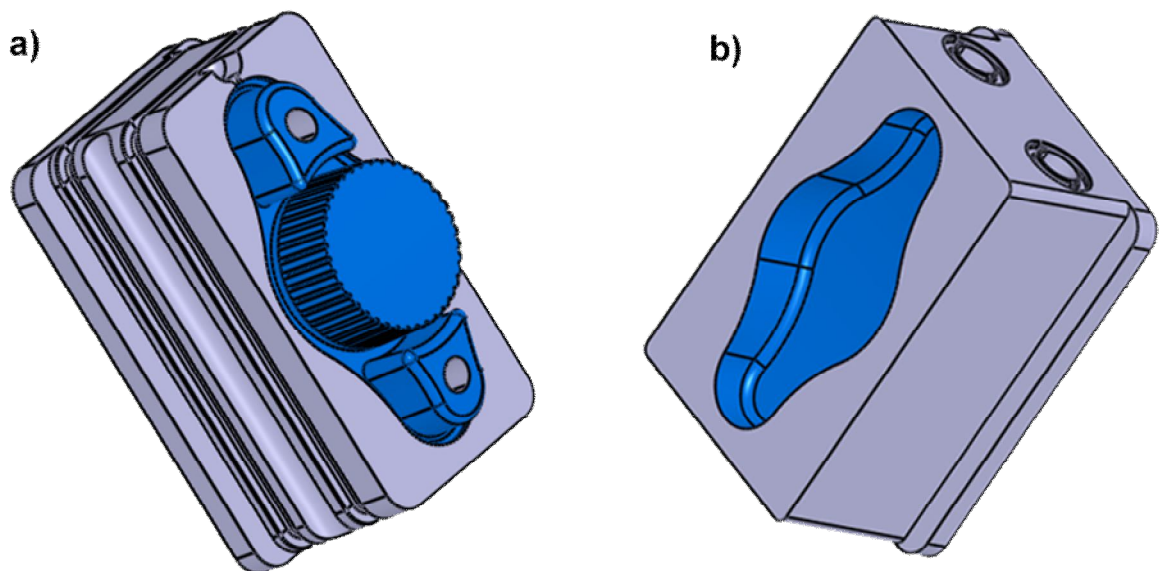
V tomto případě je tvar jednoduchý a umožňuje zaformování dělicí roviny rovnoběžně s deskami formy. Tvárník v levé straně formy byl zvolen tak, aby se vyhazovače opíraly o nepohlednou stranu výrobku.

Ústí vtoku u 4-násobné formy je voleno ve směru délky výrobku, u 1-násobné formy je voleno doprostřed výrobku. V obou případech tavenina ihned po vstupu do dutiny narazí na stěnu, čímž je splněna jedna s nejdůležitějších podmínek vstřikovacích forem.



Obr. 27. Tvarové vložky 1-násobné formy

a) Tvárník, b) Tvárnice



Obr. 28. Tvarové vložky 4-násobné formy

a) Tvárník, b) Tvárnice

### 6.3 Vtokový systém

Zvolen byl studený vtokový systém. Vtokový systém slouží k přivedení taveniny do dutiny formy a to v co nejkratším čase. Protože tavenina poměrně rychle chladne a tuhne, měly by být voleny dostatečně velké rozvodné kanály k poměru své délky, aby došlo k pohodlnému vyplnění dutiny formy.

Průřez kanálu je kruhový. Výrobek bude vyhozen i s vtokovým zbytkem, ten se bude odstraňovat ručně. Ústí vtoku je bodové a stopa po něm bude snadno začistitelná a téměř neznatelná.

### 6.4 Temperace formy

Temperací formy se rozumí jak její ochlazování, tak i ohřívání. Temperační médium se vhání do formy temperačními kanály. Ty jsou voleny tak, aby výkyv teplot v objemu formy byl co nejmenší. Úniku tepla do rámu formy brání termoizolační desky.

Temperační kanály jsou vedeny přes tvárníky a tvárnice, proto je nutné použít těsnění okolo kanálů, aby nedošlo k úniku temperačního média.

U 1-násobné formy je temperace vedená tvárníkem i tvárnici. V tvárníku jsou temperační kanály ve vyšší rovině a blíže u sebe, než v tvárnici. Omezením polohy kanálů jsou vyhazovače, které tvárníkem procházejí. Mezi kanály, dírami pro vyhazovače a dírou pro přídržovač vtoku jsou tenké stěny, proto by se mělo dbát vyšší opatrnosti při vrtání.

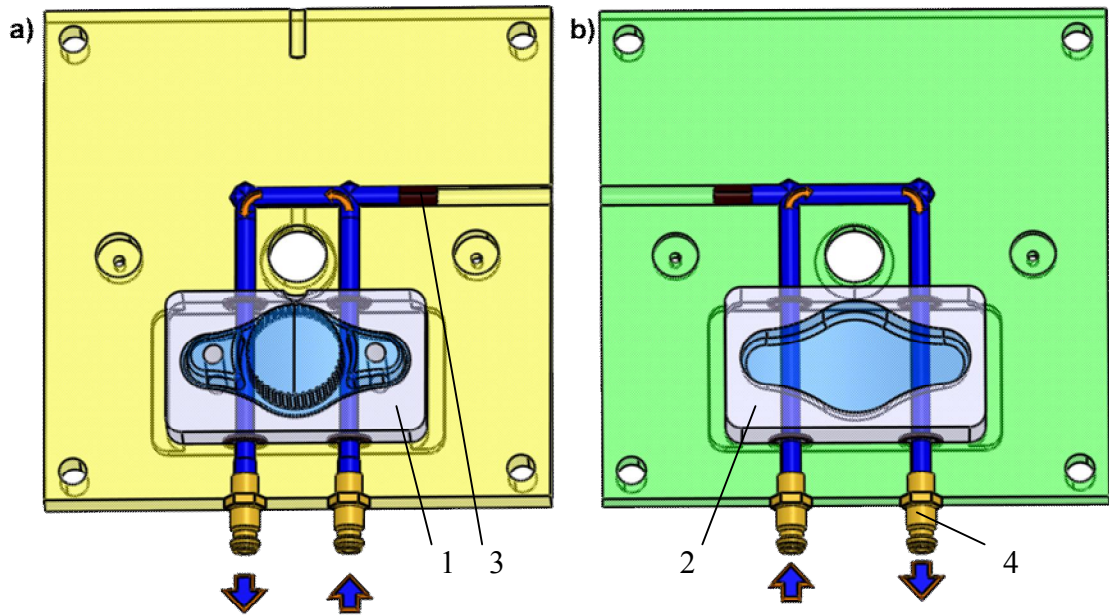
V tvárnici jsou rozestupy mezi kanály větší, ale v nižší rovině, což je omezeno tvarem v tvárnici.

V obou případech jsou temperační kanály utěsněny těsníci kroužky.

Temperace 4-násobné formy je v tvárnících a tvárnících rozdílná. V tvárnících, v levé straně formy, jsou vedeny temperační kanály podél tvárníků a tvárníky jsou utěsněny po obvodu. Takto temperované tvárníky jsou voleny kvůli menší spotřebě materiálu.

Tvárnice 4-násobné formy jsou s průchozími kanály. Pokud by zůstaly tvárnice stejně široké jako tvárníky a těsnění by bylo po obvodu, potom by drážka pro těsnící kroužky zasahovala do tvaru. Z tohoto důvodu byly voleny tvárnice širší a kanály procházejí skrz. Temperační kanály jsou utěsněny stejně jako u jednonásobné formy těsníci kroužky.

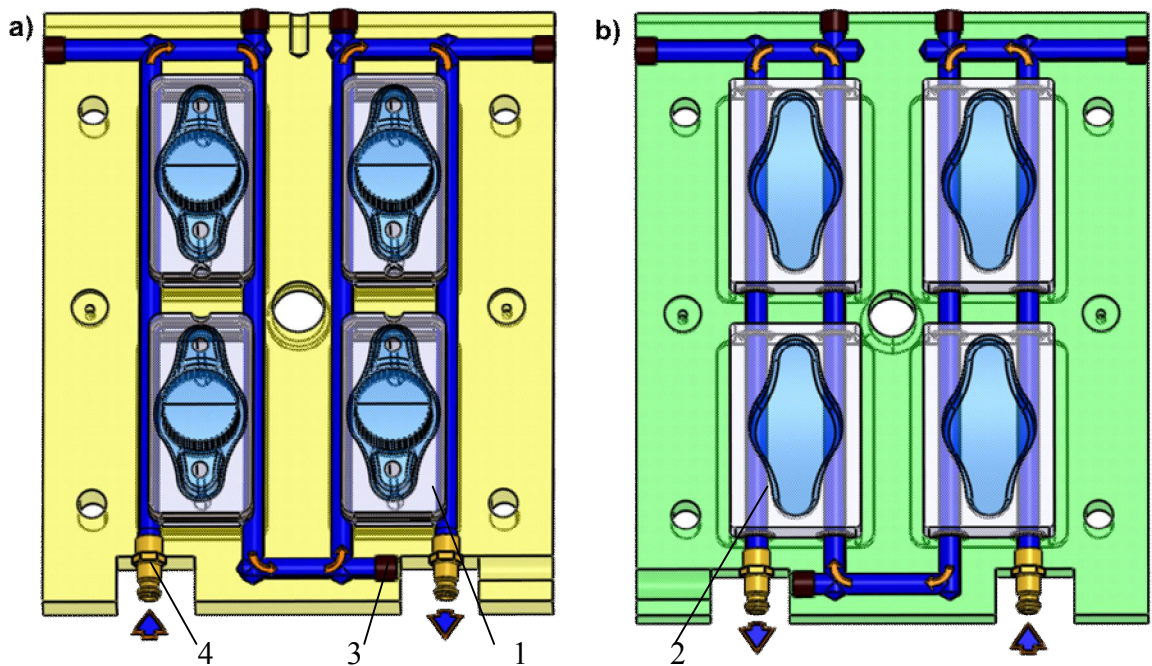




Obr. 29. Temperace 1-násobné formy

a) levá strana formy, b) pravá strana formy

1 - Tvárník, 2 - Tvárnice, 3 - Ucpávka, 4 - Nátrubek



Obr. 30. Temperace 4-násobné formy

a) levá strana formy, b) pravá strana formy

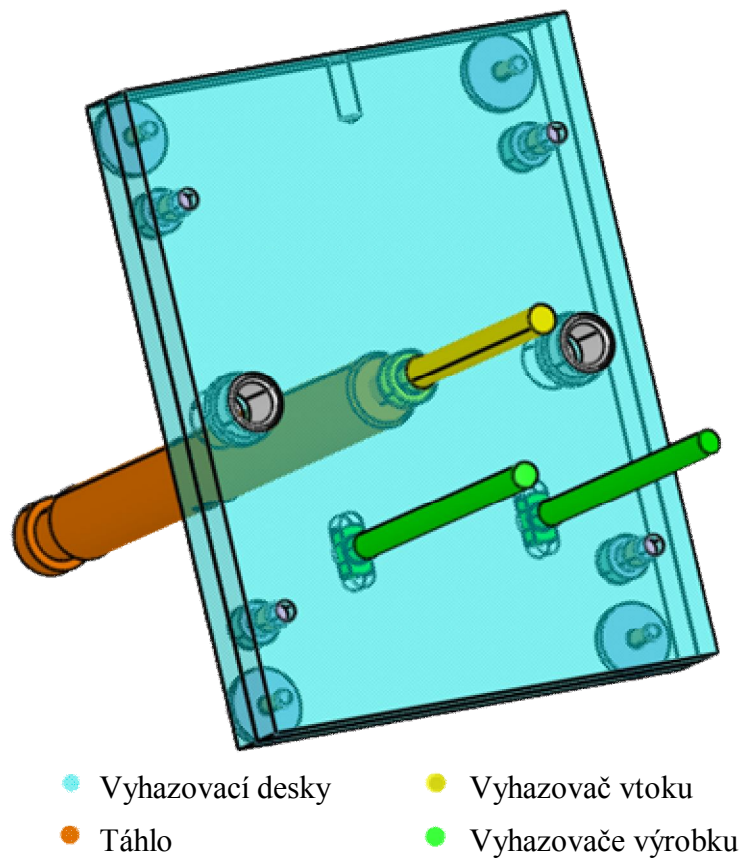
1 - Tvárník, 2 - Tvárnice, 3 - Ucpávka, 4 - Nátrubek

## 6.5 Vyhazovací systém

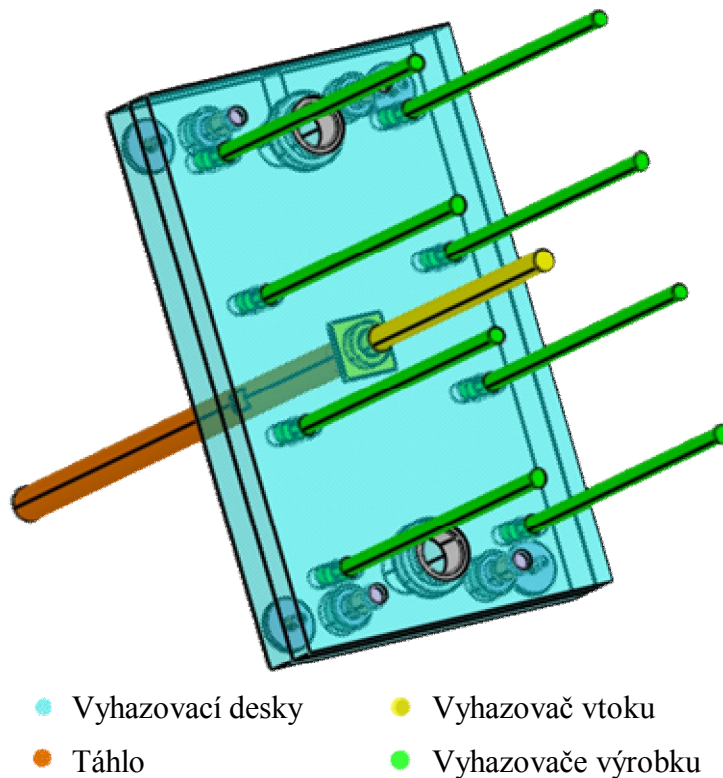
Vyhození výrobku včetně vtokového zbytku z dutiny formy je zajištěno třemi vyhazovači u 1-násobné formy a devíti vyhazovači u 4-násobné formy. Vyhození jednoho výrobku je vždy realizováno dvěma vyhazovači. Vyhazovače jsou ukotveny v kotevní desce a zapřeny o opěrnou desku. Pohyb vyhazovací soustavy je realizován táhlem. Obě desky se pohybují po dvou vodících čepích, které jsou ukotveny v opěrné desce pravé strany formy. Po vyhození zůstanou stopy na výrobku.

Vyhazovače jsou zhotoveny z normalizovaných vyhazovačů. Vyhazovač vtoku je jen zkrácen na potřebnou délku, vyhazovač výrobku je opatřen rámusem, aby co nejméně zasahoval do výrobku.

Na vyhazovací desky jsou zespod přidělaný dosedky, které mají za úkol zmírnit rázy při návratu vyhazovací soustavy. Kotevní a opěrná deska vyhazovačů jsou sešroubovány čtyřmi šrouby.



Obr. 31. Vyhazovací soustava 1-násobné formy

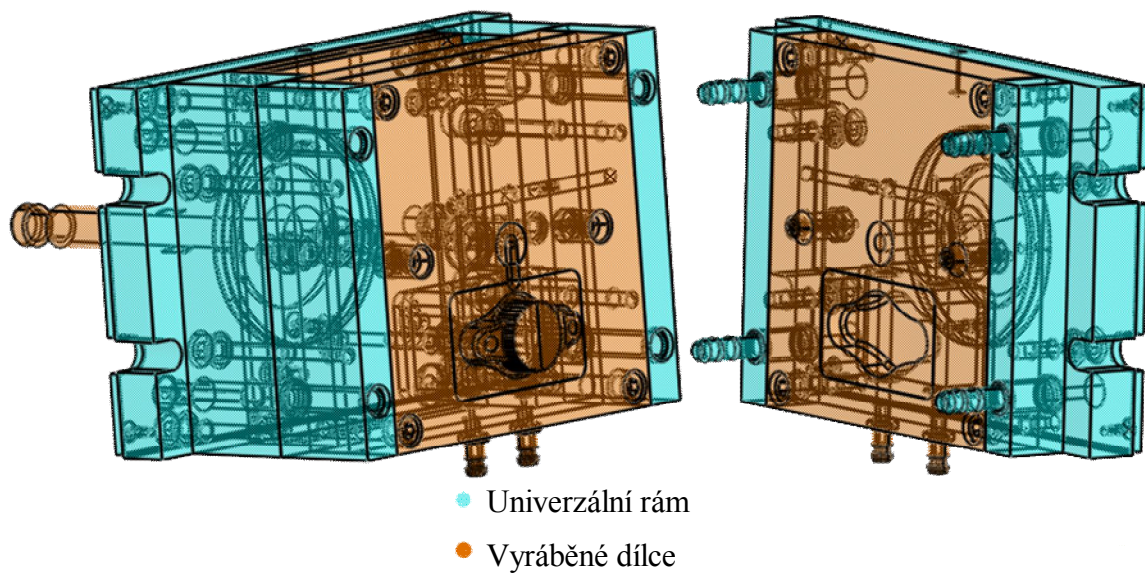


Obr. 32. Vyhadzovací soustava 4-násobné formy

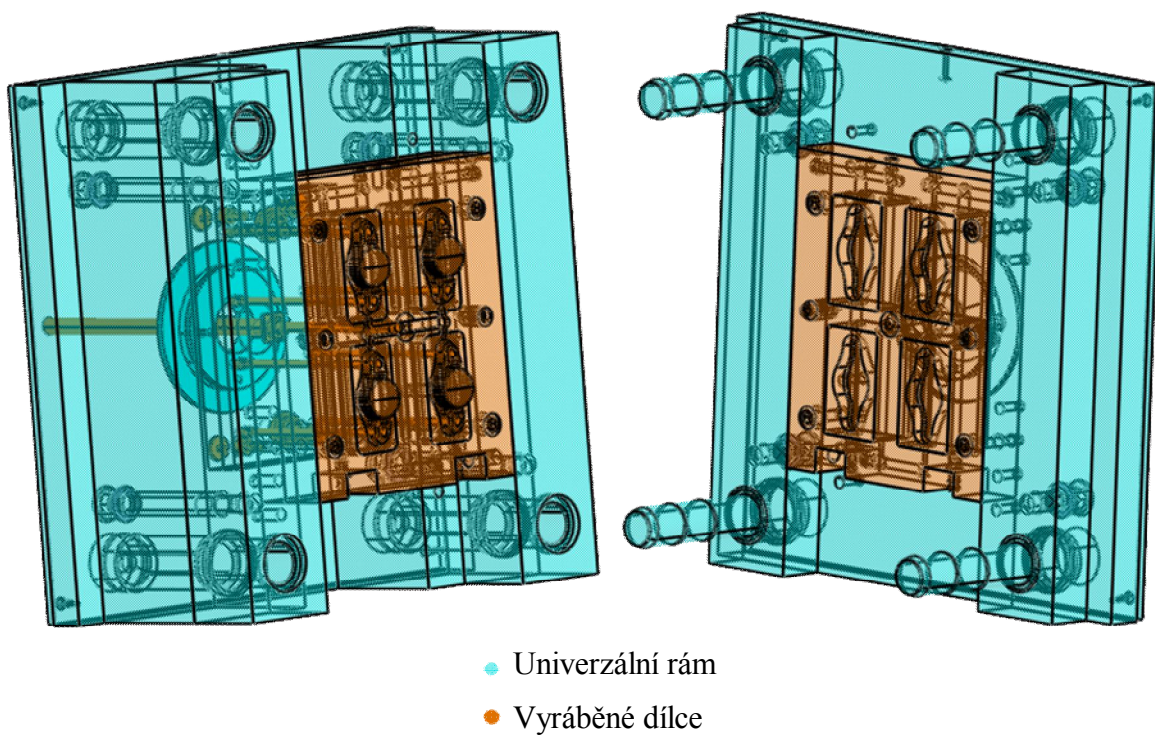
## 6.6 Koncepce formy

Základ formy tvoří univerzální rám složený z upínacích desek, středících kroužků, vodících prvků a rozpěrek, do něhož je připevněna pravá strana formy (tvarové desky s tvárnici a vtokovou vložkou) a levá strana formy včetně vyhadzovací soustavy.

Univerzální rám je v podstatě upínací přípravek. Je již zhotoven a upevněn ve vstřikovacím stroji. Univerzální rám je opatřen několika děrami pro různé velikosti tvarových desek. Transportní můstek pro přenos rámu je samostatný, tvarové desky a vyhadzovací soustava mají svůj transportní můstek. Upínání do univerzálního rámu je jednodušší, a rychlejší. Rám zlevňuje výrobu formy.



Obr. 33. Koncepce 1-násobné formy



Obr. 34. Koncepce 4-násobné formy

## ZÁVĚR

Pro zadaný výrobek byly zkonstruovány 2 vstřikovací formy. Tyto formy se řídí zásadami pro konstrukci vstřikovacích forem. Vstřikovaný výrobek byl navrhován podle skutečného výrobku, ale byly provedeny nepatrné změny, aby bylo vyhověno požadavkům na objem výrobku, které jsou ve výsledku téměř neznamenné.

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

Praktická část se týkala konstrukce konkrétních forem. 3D Model byl vytvořen v programu Catia V5 R17. Po zaformování výrobku byla nejprve navržena konstrukce 4-násobné formy, poté 1-násobné formy. Bylo použito normálií, čímž se zjednodušila a urychlila konstrukce formy. Nenormalizované části formy byly navrženy v závislosti na těchto normáliích. Po zhotovení 3D modelů forem byla vytvořena výkresová dokumentace, která je součástí přílohy.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Klokánek, L., Sáhová, V., Technologie – pro 1.a 2. ročník učebního oboru gumař – plastikář, SNTL- Nakladatelství technické literatury, Praha, 1982
- [2] Kolouch, J., Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním, SNTL-nakladatelství technické literatury, Praha, 1986
- [3] Dostupné na:  
[http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm#044](http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm#044)
- [4] Tomis, F., Holštýn, S., Formy a přípravky, SNTL- Nakladatelství technické literatury, Praha, 1985
- [5] Dostupné na: [http://en.wikipedia.org/wiki/Injection\\_molding\\_machine](http://en.wikipedia.org/wiki/Injection_molding_machine)
- [6] Mañas, M., Holštýn, S., Výrobní stroje a zařízení Gumárenské a plastikářské stroje II, ISBN 80-214-0213-X
- [7] Tomis, F., Rulík, F., Gumárenské a plastikářské stroje II, SNTL - Nakladatelství technické literatury, Praha, 1981
- [8] Kulhánek, J., Formy pro tváření plastických hmot, SNTL - Nakladatelství technické literatury, Praha, 1966
- [9] Bobčík, L., Formy pro zpracování plastů – I.díl Vstřikování termoplastů, Uniplast, Brno, 1999
- [10] BRUMMEL, M., Rozměrově přesné výrobky z plastu, VÚNM, Praha, 1977.
- [11] Dostupné na: <http://www.techtydenik.cz/>
- [12] BOBCÍK, L., Formy pro zpracování plastu II. díl – Vstřikování termoplastu, UNIPLAST, Brno, 1999
- [13] H., GASTROW, H., Der Spritzgieß-Werkzeugbau in 130 Beispielen, Hansen, 1998
- [14] Dostupné na: <http://www.chemopetrol.cz/>

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr.1. Průběh vnitřního tlaku $p_i$ v dutině formy během procesu vstřikování.....	11
Obr. 2. Uzavření vstřikovací formy .....	12
Obr. 3. Plastikace.....	12
Obr. 4. Tok taveniny.....	13
Obr. 5. Plnění dutiny formy a dotlak.....	13
Obr. 6. Chlazení a plastikace .....	14
Obr. 7. Otevření formy a vyhození výstřiku .....	15
Obr. 8. Vstřikovací stroj .....	16
Obr. 9. Hydraulická uzavírací jednotka .....	17
Obr. 10. Hydraulicko-mechanická uzavírací jednotka s válcem v ose.....	18
Obr. 11. Elektromechanická uzavírací jednotka.....	18
Obr. 12. Pístová plastikace.....	19
Obr. 13. Šneková plastikace.....	20
Obr. 14. Pásma šneku .....	21
Obr. 15. Šneková předplastikace.....	22
Obr. 16. Vstřikovací forma .....	23
Obr. 17. Rozváděcí vtokové kanály.....	25
Obr. 18. Plné vtokové ústí .....	26
Obr. 19. A) Deštníkový vtok, B) Prstencový vtok.....	26
Obr. 20. Bodové vtokové ústí.....	27
Obr. 21. Banánové vtokové ústí - postup odformování.....	28
Obr. 22. Vyhřívaná tryska s vlastním vytápěním.....	29
Obr. 23. Vytápěný rozvodný blok .....	30
Obr. 24. Vstřikovaný výrobek.....	36
Obr. 25. Arburg ALLROUNDER 170S .....	37
Obr. 26. Arburg ALLROUNDER 420C.....	38
Obr. 27. Tvarové vložky 1-násobné formy .....	39
Obr. 28. Tvarové vložky 4-násobné formy .....	39
Obr. 29. Temperace 1-násobné formy .....	41
Obr. 30. Temperace 4-násobné formy .....	41
Obr. 31. Vyhazovací soustava 1-násobné formy.....	42

Obr. 32. Vyhazovací soustava 4-násobné formy.....	43
Obr. 33. Koncepce 1-násobné formy.....	44
Obr. 34. Koncepce 4-násobné formy.....	44



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK:**

$p$	tlak
$t$	čas
$s_k$	pohyb šneku
$s_N$	pohyb nástroje
$p_p$	tlak válce
$p_v$	tlak výstřiku
$S_p$	plocha válce
$S_v$	plocha výstřiku
SVS	studená vtoková soustava
VVS	vyhříváná vtoková soustava
PP	polypropylen
LPE	lineární polyethylen

## **SEZNAM PŘÍLOH:**

PŘÍLOHA P I: Materiálový list

PŘÍLOHA P II: Výkresová dokumentace

PŘÍLOHA P III: CD disk obsahující:

- Bakalářskou práci
- Modely forem
- Výkresy forem

# PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST



Informační list  
**PP Mosten GB 506**

## Charakteristika

**Polypropylen Mosten GB 506** je blokový kopolymer určený pro vstřikování technických dílů a součástí s nároky na vysokou houževnatost. Je vhodný rovněž pro výrobu koextrudovaných fólií určených pro tvarování.

Může být použit jako matrice pro výrobu nejrůznějších kompaundů zejména pro potřeby automobilového průmyslu.

## Typické vlastnosti a použití

VLASTNOST	JEDNOTKA	TYPICKÁ HODNOTA	ZKUŠEBNÍ METODA
INDEX TOKU TAVENINY (230/ 2,16 )	g/10 min	6	ISO 1133
NAPĚTÍ NA MEZI KLUZU	MPa	30	ISO 527
CELKOVÁ TAŽNOST	%	60	ISO 527
OHYBOVÝ MODUL	MPa	1600	ISO 178
VRUBOVÁ HOUŽEVNATOST CHARPY 23°C	kJ/m <sup>2</sup>	10	ISO 179
VRUBOVÁ HOUŽEVNATOST CHARPY -20°C	kJ/m <sup>2</sup>	4,5	ISO 179
TEPLOTA MĚKNUTÍ DLE VICATA	°C	155	ISO 306
HDT (1,8 MPa)	°C	58	ISO 75

## Poznámka:

*Data obsažená v tabulce představují typické hodnoty jednotlivých vlastností. Jedná se o údaje informativního charakteru, tj. netvoří meze specifikací daného typu.*

**Mosten GB 506** odpovídá českým hygienickým předpisům pro styk s potravinami a splňuje rovněž obdobné předpisy Evropské unie (Směrnice Rady), SRN (BfR) a USA (FDA). Uvedený výrobek není ve smyslu zákona č. 356/2003 Sb. klasifikován jako nebezpečná látka.

## Obchodní kontakty

Ing. Tomáš Francírek, Ředitel úseku  
prodeje a marketingu  
tel. 476 163 230, fax: 476 162 697

Ing. Pavel Štástka - vedoucí Odboru prodeje polyolefinů II -  
tuzemsko a východní EU  
tel. 476 164 417, fax: 476 162 697

Jana Kratochvílová - prodejce II - tuzemsko  
tel. 476 165 719, fax: 476 164 262

Eva Vindušková - prodejce II - tuzemsko  
tel. 476 164 006, fax: 476 164 262

[plasty@unipetrol.cz](mailto:plasty@unipetrol.cz)