

# KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

## Pro výrobu krytu motoru

Václav Janošík

---

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: **Václav JANOŠTÍK**

Osobní číslo: **T10258**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu krytu motoru**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovaného plastového dílu.
3. Navrhněte vstřikovací formu pro zadaný díl.
4. Nakreslete 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku.



Rozsah bakalářské 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

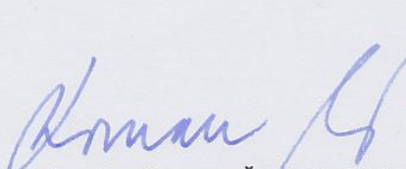
Datum zadání bakalářské práce:

**8. února 2013**

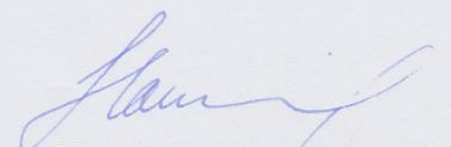
Termín odevzdání bakalářské práce:

**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: Vanoščík Václav

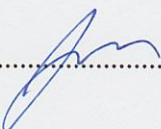
Obor: TZ - P1

## 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 15.5.2013

.....  


<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 nevýdělečně 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 výtěžku 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 přihlíží k výši výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro zadaný plastový díl. V teoretické části byla zpracována literární rešerše na téma vstřikování, dále pak byly zpracovány požadavky na konstrukci plastových dílu a také byla rozebrána problematika konstruování forem pro vstřikování. V praktické části byl vymodelován 3D zadaný díl, naddimenzovány tvarové vložky ( tvárník, tvárnice) a navržena dvounásobná zrcadlová vstřikovací forma.

Klíčová slova: Vstřikování, konstrukce forem, 3D modely

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis deals with the construction of injection mold for the specified plastic part. In the theoretical part was processed a literary research focused on injection , then were processed request for the construction of plastic parts and was also analyze the problem of constructing molds for injection molding. In the practical part was modeled 3D model of assignment part, dimensioned shaped inserts (core, blocks) and designed double mirror injection mold.

Keywords: Injection, Injection mold, 3D models

Velmi rád bych poděkoval Ústavu výrobního inženýrství za umožněné vzdělání bez kterého by nemohla tato bakalářská práce vzniknout. Dále bych chtěl poděkovat zejména Ing. Michalu Staňkovy, Ph.D. za ochotu a rady poskytnuté při vypracování této bakalářské práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. Dále prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická, nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, 10. 5. 2013

.....

podpis

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>12</b>
1.1 MATERIÁLY PRO VSTŘIKOVÁNÍ .....	13
1.2 ROZDĚLENÍ POLYMERŮ.....	13
1.2.1 Termoplasty.....	13
1.2.2 Amorfnní polymery.....	13
1.2.3 Semikrystalické polymery.....	14
1.2.4 Reaktoplasty .....	16
1.2.5 Elastomery.....	16
1.3 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	17
1.4 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS V PVT DIAGRAMU.....	19
<b>2 VSTŘÍKOVACÍ STROJ</b> .....	<b>21</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA .....	22
2.1.1 Pístové vstřikovací jednotky .....	22
2.1.2 Šnekové plastikační jednotky.....	23
2.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	24
2.3 OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....	25
<b>3 VÝSTŘÍK A POŽADAVKY NA JEHO KONSTRUKCI</b> .....	<b>26</b>
3.1 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI FORMY .....	26
3.2 ZÁVISLOST TLOUŠTKY STĚN NA VADY VÝROBKU .....	26
3.3 ZAOBLENÍ HRAN A ROHŮ .....	27
3.4 ÚKOSY A PODKOSY.....	28
3.5 ŽEBRA .....	28
3.6 OTVORY A DRÁŽKY .....	30
<b>4 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY</b> .....	<b>32</b>
4.1 POSTUP PŘI KONSTRUKCI FORMY .....	33
4.1.1 Zaformování výstřiku.....	33
4.1.2 Dimenzování tvarové dutiny .....	34
4.2 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY .....	35
4.2.1 Kuželový vtok .....	39
4.2.2 Bodový vtok.....	39
4.2.3 Tunelový vtok .....	40
4.2.4 Boční vtok .....	40
4.2.5 Filmový vtok .....	41
4.3 VYHRÍVANÉ VTOKOVÉ SOUSTAVY.....	42
4.4 VYHAZOVACÍ SYSTÉM .....	43
4.4.1 Válcové kolíky .....	43
4.4.2 Šikmé kolíky .....	44
4.4.3 Stírací deska .....	44
4.4.4 Trubkové vyhazovače .....	45
4.4.5 Vícetupňové vyhazování .....	45



4.4.6	Vyhazování vtokového zbytku.....	45
4.5	TEMPERACE FOREM.....	46
4.5.1	Aktivní prostředky .....	47
4.5.2	Pasivní prostředky .....	48
4.6	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	49
<b>II</b>	<b>STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....</b>	<b>50</b>
<b>III</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....</b>	<b>52</b>
<b>5</b>	<b>POUŽITÉ PROGRAMY .....</b>	<b>53</b>
5.1	AUTODESK INVENTOR 2011 – .....	53
5.2	HASCO 3D UNIVERSAL MODUL.....	53
<b>6</b>	<b>SPECIFIKACE ZADANÉHO VÝROBKU .....</b>	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>VOLBA MATERIÁLU VÝROBKU .....</b>	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>VOLBA STROJE A VÝPOČTY FOREM.....</b>	<b>56</b>
<b>9</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....</b>	<b>59</b>
9.1	VOLBA DĚLÍCÍ ROVINY A DIMENZOVÁNÍ TVAROVÝCH DUTIN .....	59
9.2	NÁSOBNOST FORMY .....	60
9.3	VSTŘIKOVACÍ FORMA.....	61
9.4	VARIANTY ŘEŠENÍ, PRAVÉ STRANY FORMY .....	62
9.4.1	Varianta A , pravá strana formy, vtokový systém.....	62
9.4.2	Varianta B, pravá strana formy, vtokový systém.....	64
9.5	LEVÁ STRANA FORMY, STRANA VYHAZOVAČE .....	65
9.6	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	66
9.7	FUNKCE ŠIKMÉHO ČEPU A ŠOUPÁTKA (ŠÍBRŮ) .....	68
9.8	FUNKCE VYHAZOVACÍHO SYSTÉMU.....	69
9.9	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	70
9.10	EKONOMICKÝ ROZBOR .....	71
9.11	VZOROVÝ PŘÍKLAD VÝPOČTU.....	71
9.11.1	Výpočet pro SVS.....	71
9.11.2	Výpočet pro kombinaci vyhřívané trysky a studeného vtokového systému.....	74
<b>10</b>	<b>DISKUZE VÝSLEDKŮ.....</b>	<b>75</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>79</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>82</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>84</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>85</b>
	<b>PŘÍLOHA P I: KATALOGOVÝ LIST .....</b>	<b>86</b>
	<b>PŘÍLOHA P II: VSTŘIKOVACÍ FORMA .....</b>	<b>89</b>
	<b>PŘÍLOHA P III: STRANA VYHAZOVAČE .....</b>	<b>91</b>
	<b>PŘÍLOHA P IV: STRANA TRYSKY .....</b>	<b>92</b>
	<b>PŘÍLOHA P V: VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....</b>	<b>93</b>

## ÚVOD

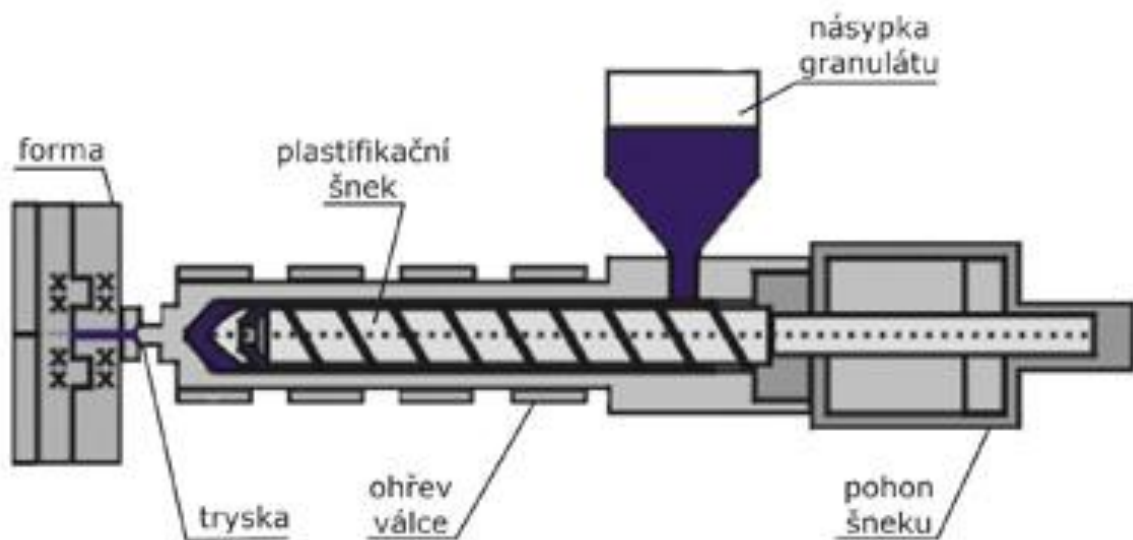
Polymerní materiály v současné době zaujímají nenahraditelné místo v mnoha směrech. Nahrazují tradiční materiály, jako jsou dřevo, ocel, bavlna, sklo. Polymerní materiály konkurují tradičním materiálům nízkou cenou, možnostmi zpracování a zejména mechanickými a fyzikálními vlastnostmi. Polymerní materiály je možno zpracovávat mnoha způsoby tváření. V teoretické části se budu věnovat metodě vstřikování a konstrukce vstřikovacích forem. Vstřikování je jedna z nejvíce užívaných metod, umožňuje nám rychlou výrobu řádově v desítkách sekund, možnost výroby tvarově složitých součástí, které jsou tradičními metodami jen těžko realizovatelné. Tavenina se vstříkuje velkou rychlostí do dutiny formy (tvořenou tvárníkem a tvárnici), která má negativní tvar požadovaného výrobku. Samotná forma je nákladná část, a proto se o vstřikování uvažuje pro velké série řádově desítek až tisíců kusů (výstřiku).

V současné době se pro konstrukci vstřikovacích forem, a analýz využívá CAD programů jako je například Solid Edge, Catia, Inventor, NX8 Solid Works Pro Engineering z důvodu zamezení chyb při návrhu, urychlení konstrukce forem a možnosti tokových analýz.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 VSTŘIKOVANÍ

Vstřikováním se označuje takový způsob tváření polymerních materiálů, při kterém se plastifikovaný materiál plní vysokou rychlostí (vstřikuje) do uzavřené dutiny formy, která je temperována. Materiál se plastifikuje v plastifikační jednotce, která je součástí vstřikovacího stroje. Plastifikací rozumíme proces převádění materiálu do plastického stavu, zpravidla účinkem tepelné energie. [1]



Obr.1 Schéma vstřikování [3]

Síla, která působí na plastifikovaný materiál při vstřikování se nazývá vstřikovací síla. Vstřikovací síla vztažená na plochu pístu, trn šneku, se nazývá vstřikovací tlak. Účinkem vstřikovacího tlaku teče plastifikovaný materiál vstřikovací tryskou a vtokovými kanály do dutiny formy. Vstřikovací tryska zabezpečuje dočasné těsnění spojení plastifikační jednotky s formou. Vstřikovací trysky se mění podle druhu zpracovávaného materiálu [1]

Teplota vstřikovací trysky se často označuje jako teplota vstřikování. Teplota vstřikovaného materiálu se k ní může více nebo méně blížit. Forma je temperována tj. udržována přibližně na přiměřené teplotě a uzavíraná uzavírací silou. Během vstřiku a dotlaku je forma přidržována přidržovací silou, která musí zabezpečit její těsnost. [1]

Teplota formy při vstřikování termoplastu je vždy nižší než teplota vstřikování; při vstřikování reaktoplastů je tomu přesně naopak. Teplotní poměry na formě mají velký vliv na její zaplnění.[1] V dutině formy působí tlak, který je vždy menší než vstřikovací tlak; nazývá se také tvářecí tlak. Rozdíl je způsoben tlakovými ztrátami v plastifikační jednotce i ve vlastní dutině formy.[1]

## 1.1 Materiály pro vstřikování

Polymery – látky z makromolekul, které obsahují atomy C, H, O často N, Cl a jiné prvky. V určitém stádiu zpracování se polymery nacházejí v kapalném stavu, který umožňuje udělit tvar budoucího výrobku za zvýšené teploty a tlaku.[4]

Vstřikovat lze jak termoplasty, tak i reaktoplasty a kaučukové směsi. Zatímco v prvním případě je interval pro tváření teoreticky neomezený, v dalších případech je tento interval omezený probíhajícími síťováním a u elastomeru je omezen probíhající vulkanizací. Čím je teplota tváření vyšší, tím je tvářecí interval kratší.[1]

## 1.2 Rozdělení polymerů

Polymery jsou děleny dle chemického složení a vlastnosti na:

### 1.2.1 Termoplasty

Jedná se o polymerní materiály, které při zahřívání přecházejí do plastického stavu tj. do stavu vysoce viskózních neneutronovských kapalin, kde je lze snadno tvářet a zpracovávat různými technologiemi. Do tuhého stavu přejdou ochlazením pod teplotu tání  $T_m$  (semikrystalické plasty), resp. teplotu viskózního toku  $T_f$  (amorfní plasty). Protože při zahřívání nedochází ke změnám chemické struktury, lze proces měknutí a následného tuhnutí opakovat teoreticky bez omezení. Jedná se pouze o fyzikální proces. [5],[6]

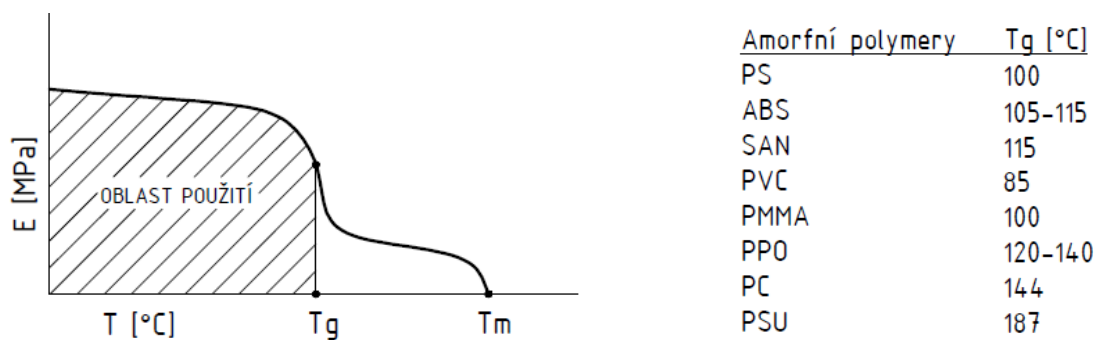
### 1.2.2 Amorfní polymery



Obr.2 Struktura amorfního polymeru [3]

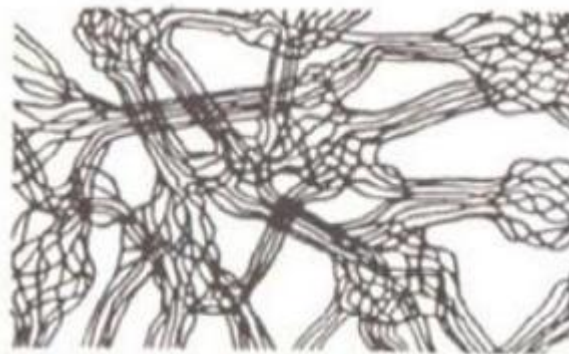
Jejich řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány. Jsou charakteristické tvrdostí, křehkostí, vysokou pevností, modulem pružnosti a jsou vzhledem k nízkému indexu lomu (1,4 až 1,6) průhledné, resp. dle propustnosti světla čiré (92 % propustnosti světla), transparentní anebo průhledné (60 % propustnosti světla).

Součinitel teplotní roztažnosti je menší než u semikrystalických polymerů. Použitelnost amorfních polymerů je do teploty zesklnění  $T_g$ . [5],[6]



Obr.3 Amorfní polymery [5]

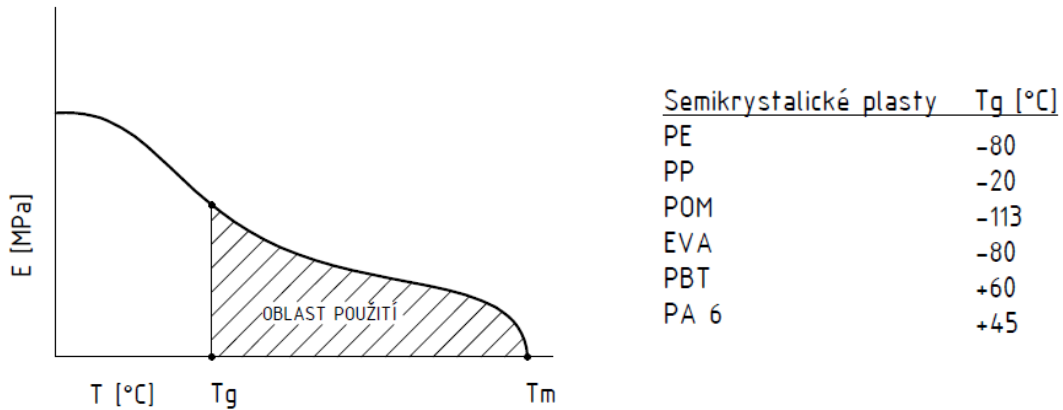
### 1.2.3 Semikrystalické polymery



Obr.4 Struktura semikrystalického polymeru [3]

Jsou polymery, kde je podstatná část řetězců pravidelně a těsně uspořádaná a tvoří krystalické útvary. Zbytek má amorfni uspořádání. Podíl mezi krystalickou a amorfni částí se vyjadřuje jako stupeň krystalinity (pohybuje se od 40 do 90 %). Nemůže nikdy dosáhnout 100 %, proto se krystalické plasty označují jako semikrystalické. Patří sem PE, PP,

PA, PTFE, POM, atd. Jsou mléčně zakalené, index lomu je větší a jsou charakterizovány houževnatostí materiálu, pevnost a modul pružnosti roste se stupněm krystalinity. Použitelnost semikrystalických plastů je do teploty tání  $T_m$ . [5] [6]



Obr.5 Schéma semikrystalických polymerů [5]

Tab.1 Vstřikovací vlastnosti některých polymerů [6]

	Teplota vstřikování [°C]	Vstřikovací tlak [MPa]	Teplota formy [°C]	smrštění [%]
PS	150 - 240	60 - 150	40 - 65	0,3 - 0,5
hPS	180 - 260	60 - 150	50 - 70	0,3 - 0,5
ABS	180 - 220	100 - 150	60 - 80	0,4 - 0,6
PE	220 - 300	80 - 150	25 - 80	1,0 - 3
neměkčené PVC	170 - 180	100 - 150	30 - 40	0,5 - 1
houževnaté PVC	170 - 180	100 - 150	30 - 40	0,5 - 1
měkčené PVC	160 - 180	80 - 100	30 - 40	0,5 - 1
PA6, PA66	230 - 320	70 - 100	40 - 50	0,5 - 2
PUR	180 - 200	70 - 100	60 - 90	1,0 - 1,5
PPO	250 - 300	60 - 140	80 - 100	0,5 - 0,7
POM	180 - 230	80 - 140	70 - 120	1,5 - 3,0
PMMA	180 - 240	45 - 100	40 - 100	0,3 - 0,8
PC	280 - 320	80 - 120	90 - 110	0,7 - 0,8

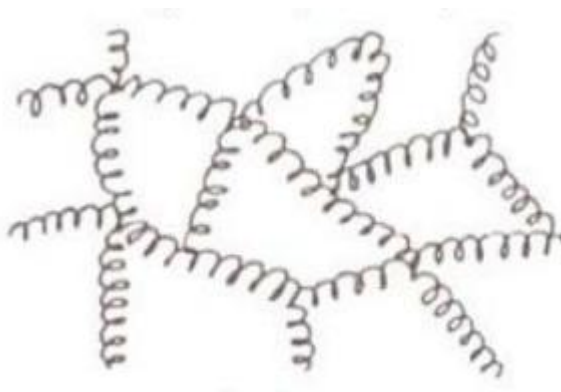
### 1.2.4 Reaktoplasty



*Obr.6 Struktura reaktoplastu [3]*

Jedná se o polymerní materiály, dříve nazývané termosety, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen 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 následné rychlé ochlazení materiálu, by bylo obtížné. Tento děj je nevratný a vytvrzené plasty nelze roztažit ani rozpustit, dalším zahříváním dojde k rozkladu hmoty (degradaci). Patří sem fenol-formaldehydové hmoty, epoxidové pryskyřice, polyesterové hmoty, apod.[6]

### 1.2.5 Elastomery



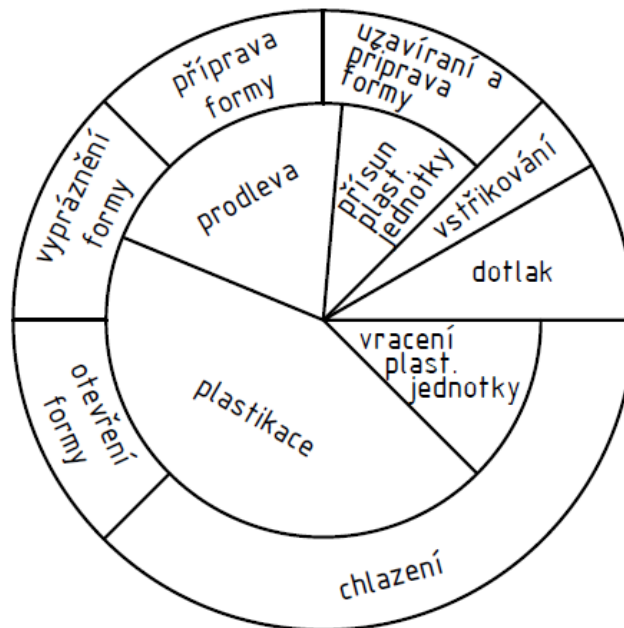
*Obr.7 Struktura elastomeru [3]*

Jedná se o polymerní materiály, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci –



prostorovému zasíťování struktury, probíhá tzv. vulkanizace. U elastomerů na bázi termoplastů nedochází ke změnám chemické struktury, proces měknutí a následného tuhnutí lze opakovat teoreticky bez omezení, probíhá zde pouze fyzikální děj. [5],[6]

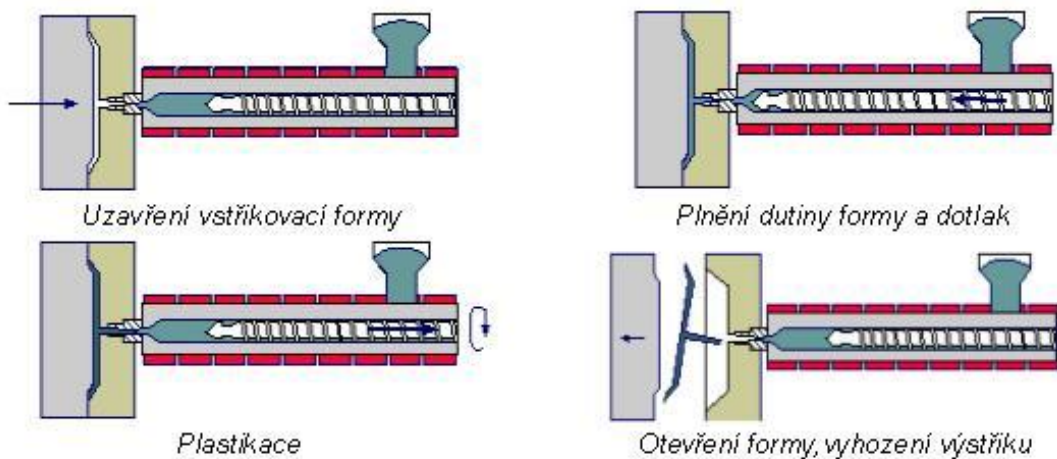
### 1.3 Vstřikovací cyklus



Obr. 8 Vstřikovací cyklus [1]

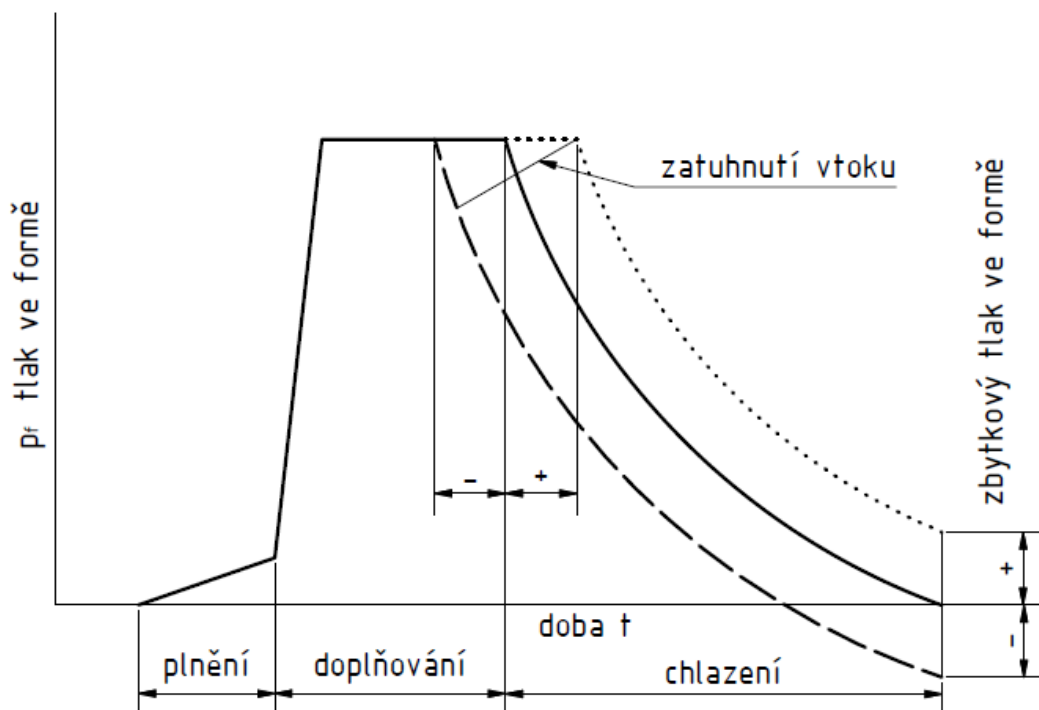
K uzavřené formě se přisune plastifikační jednotka, ze které se plastifikovaný materiál vstříkuje do dutiny formy. Doba, po kterou se dutina formy plní, se nazývá doba plnění. Po zaplnění dutiny formy se na materiál dále působí tlakem, který se označuje jako dotlak. Dotlak bývá stejný, nebo nižší než vstřikovací tlak, redukováný za dutinou formy. Řízení dotlaku se odvozuje od tlaku dosaženého v dutině formy.

Doba, po kterou působí dotlak, se nazývá doba doplnění. Dotlak má částečně vyrovnat vliv smrštění a zabraňovat unikání materiálu z dutiny formy. Doba doplňování je omezena zatuhnutím materiálu ve vtokovém systému. Potom již její další prodlužování nemá vliv na tlakové poměry v dutině formy. Dotlak ztrácí význam u tenkostěnných výstřiků. U tlustostěnných výstřiků má vliv na výskyt závad, jako bubliny, propadliny, staženiny apod. Dotlakem lze také ovlivnit zbytková pnutí ve výstřiku. [1]



Obr.9 Vstřikovací cyklus [2]

Znížením dotlaku nebo zkrácením doby doplňování lze snížit zbytkový tlak v dutině formy až na „záporné“ hodnoty. To bývá spojeno s borcením výstřiku.

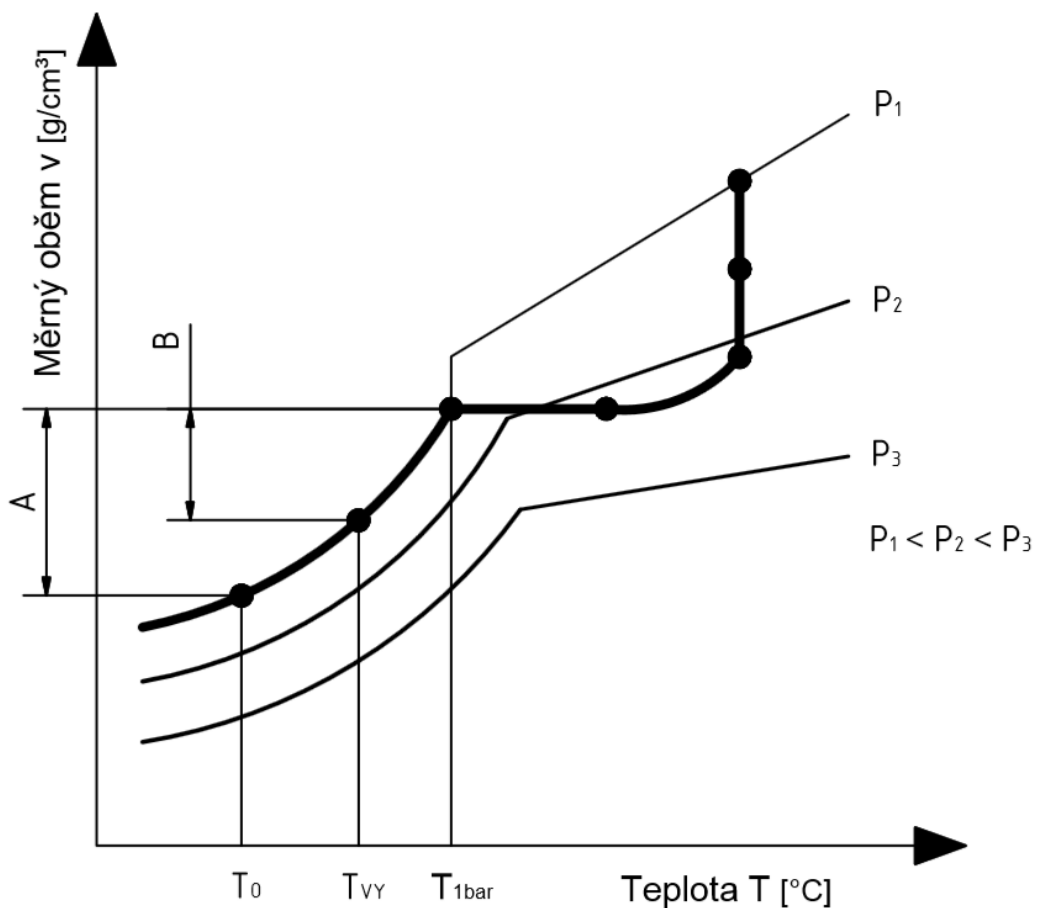


Obr. 10 Vliv doplňování na zbytkový tlak ve formě [1]

Chlazení výstřiku probíhá z části ve formě, z části mimo ni; větší přesnosti se dosáhne na chladicích přípravcích. Při otevření a vyprazdňování formy lze výstřik také oddělit od vtokového zbytku, odšroubovat vložku, vysunout jádra apod. Časová prodleva před

zahájením nového cyklu slouží k uložení vložek do formy, případě k úpravě líce formy. U plně automatizovaných procesů tato prodleva prakticky odpadá. Během vstřikovacího cyklu lze vykonávat další operace, jako např. třídění výstříků, drcení vtokových zbytků a zmetků apod. Jsou to vesměs operace, které mohou probíhat souběžně bez přímého vlivu na vlastním cyklu. Při vstřikování reaktoplastů je vstřikovací cyklus obdobný pouze s tím rozdílem, že místo chlazení probíhá ve formě tvrzení. Analogicky při vstřikování kaučukových směsí probíhá vulkanizace. V obou případech se výstříky chladí mimo formu. [1]

#### 1.4 Vstřikovací cyklus v $p-v-T$ diagramu



Obr.11 Diagram  $p-v-T$  vstřikovací cyklus [4]

*bod {0}* – šnek v plastifikační komoře vstřikovacího stroje stlačí taveninu o příslušné teplotě,

tím vyvolá vstřikovací tlak před čelem šneku v dávce taveniny takový, který při požadované vstřikovací rychlosti dopraví taveninu přes odpory vtokového systému až k ústí dutiny;

*bod {0;1}* – probíhá objemové naplnění tvarové dutiny formy taveninou, v bodě 1 je dutina plně naplněná;

*bod {1;2}* – tavenina v dutině formy je komprimována, v bodě 2 dosahuje tlak maxima;

*bod {2}* – přepnutí stroje z režimu vstřikovacího tlaku do režimu dotlaku;

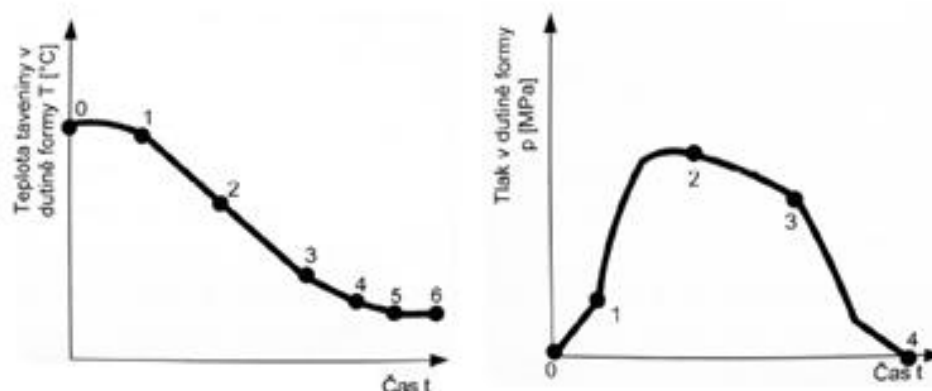
*bod {2;3}* – dotlaková fáze: probíhá chlazení taveniny a snížení tlaku umožní objemovou kontrakci, přičemž zároveň dotlak doplňuje do systému novou taveninu a tak kompenzuje objemovou ztrátu;

*bod {3}* – vtokové ústí zamrzlo: další působení dotlaku je neúčinné, taveninu již není možné do tvarové dutiny dodávat;

*bod {3;4}* – tlakový pokles při konstantním objemu výstřiku v počáteční fázi: v bodě 4 tlak v dutině formy dosáhl hodnoty atmosférického tlaku, povrch výstřiku se v důsledku smrštění separuje od stěn formy;

*bod {4;5}* – probíhá chlazení výstřiku za konstantního tlaku: v bodě 5 je výstřik z formy vyhozen při vyhazovací teplotě;

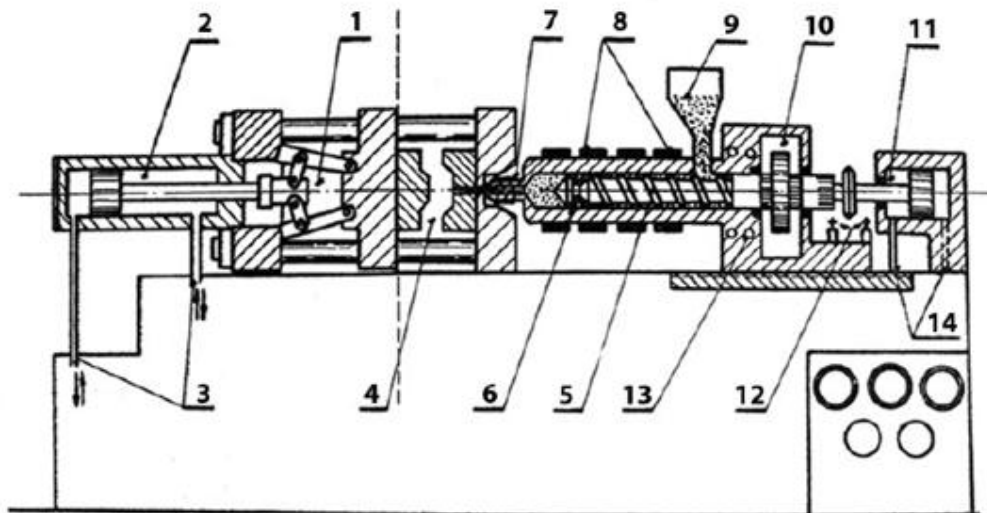
*bod {5;6}* – dochlazení výstřiku mimo formu. [4]



Obr. 12 Diagram  $p-vT$  vstřikovací cyklus [4]

## 2 VSTŘÍKOVACÍ STROJ

V současnosti se staví především hydraulické nebo hydraulicko-mechanické stroje většinou stavebního uspořádání s různým stupněm elektronického řízení. Modulární řešení je uplatňováno jak v oblastech řízení hydrauliky, tak i u vstříkovacích a uzavíracích jednotek. Jejich vzájemnou kombinací se dosáhne optimálních konfigurací vstříkovacího stroje, s ohledem na požadavky zákazníka to má přímý vliv na ekonomiku výroby. Vstříkování zaznamenalo v poslední době nejbouřlivější rozvoj ze všech technologií zpracování plastů a elastomerů. Na vstříkovacích strojích lze vyrábět i výrobky velmi složitých tvarů v úzkých výrobních tolerancích a v obrovských seriích. [8][5]



Obr.13 Schéma vstříkovacího stroje [9]

1 – kloubový mechanismus, 2 – hydraulický válec s pístem, 3 – přívod a odvod tlakové kapaliny, 4 – forma, 5 – šnek, 6 – tavný válec, 7 – tryska, 8 – odporové topení, 9 – násypka, 10 – hydromotor, 11 – hydraulický válec s pístem pro axiální pohyb šneku, 12 – koncové spínače, 13 – chladicí kanály, 14 – přívod a odvod hydraulické kapaliny

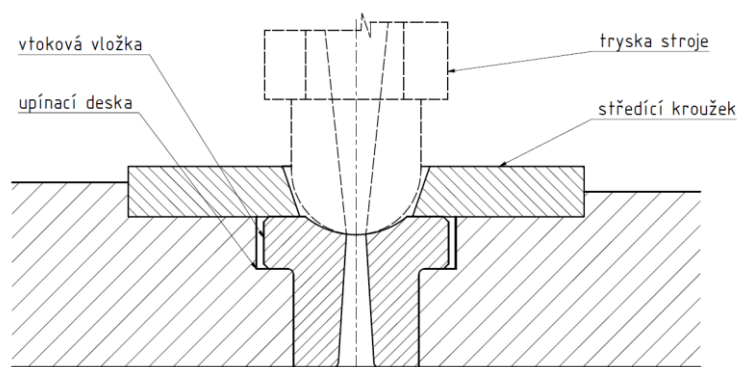
Vstříkovací stroj se dělí na tři základní části;

- vstříkovací jednotka,
- uzavírací jednotka,
- ovládací a řídicí jednotka stroje

## 2.1 Vstřikovací jednotka

Připraví a dopraví požadované množství roztaveného polymeru s předepsanými technologickými parametry do formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při malém vstřikovacím množství zase setrvává plast ve vstřikovací jednotce delší dobu a tím může nastat jeho degradaci. To se dá ovlivnit rychlejšími cykly výroby. Maximální vstřikované množství nemá překročit 90% kapacity jednotky, protože je ještě nutná rezerva pro případné doplňování úbytku hmoty při chlazení (smrštění). Optimalizace je 80%. [5]

Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracováván polymer z násypky pohybem šneku. Plast je posouván šnekem s možnou změnou otáček přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Postupně se plastikuje, homogenizuje a hromadí před šnekem. Současně se šnek posouvá do zadní polohy [5]. Topení tavné komory je rozděleno do tří pásem, (vstupní, střední pásmo a pásmo u trysky). rýska má zvláštní samostatné topení. Část tepelné energie vzniká disipací v materiálu. Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesnější dosednutí do sedla vtokové vložky ve formě. Jejich sousost, menší průměr otvoru a menší poloměr trysky, než je u sedla vtokové vložky, jsou podmínkou správné funkce. [5]



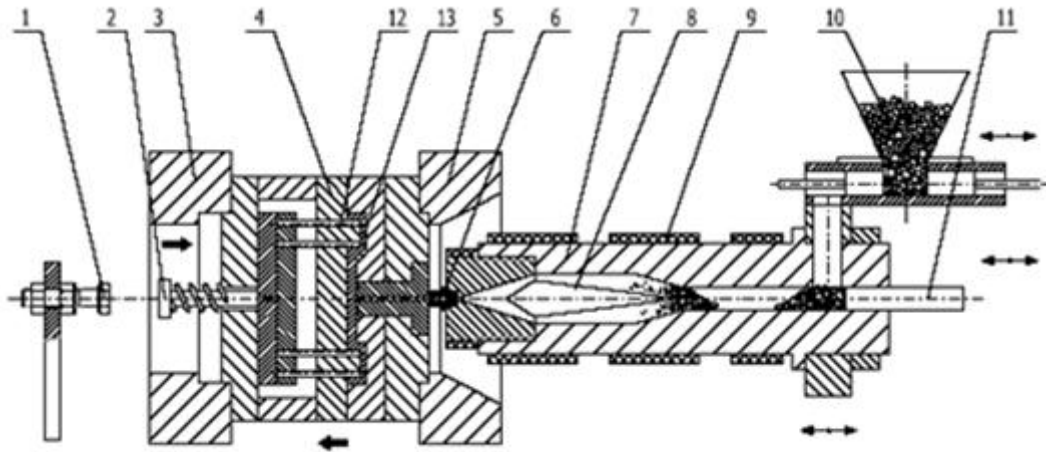
Obr.14 Dosednutí trysky stroje na trysku formy [5]

### 2.1.1 Pístové vstřikovací jednotky

Granulátová směs je stlačována pístem, protlačuje jí tavným pásmem, v tavném pásmu probíhá plastikace a vstřik do formy. Rychlost dějů je omezena tepelnými vlastnostmi granulátu, proto bývají používána různé topení (torpéda) a plastifikační vložky, které urychlují plastifikaci, avšak zvětšují tlakové ztráty. Zahřívání u pístových plastifikač-

ních jednotek probíhá pomocí odporového topení. Nevýhodou je zde špatný přestup tepla torpéd a žeber na polymer.

Používají se pouze pro malé výstřiky. [1]

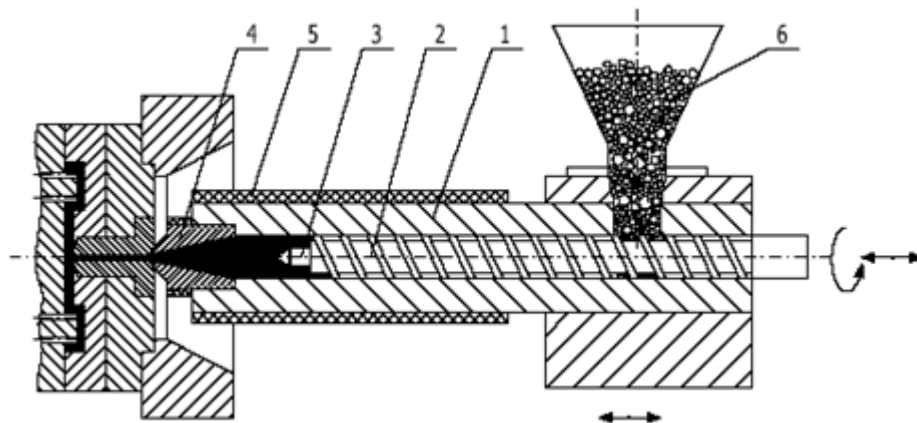


Obr.15 Pístová vstřikovací jednotka [8]

1 – vyhazovací doraz, 2 – tyč vyhazovače, 3 – zadní upínací deska, 4 – dělená vstřikovací komora, 5 – přední upínací deska, 6 – vstřikovací tryska, 7 – tavicí komora, 8 – torpédo, 9 – topné těleso, 10 – dávkovací zařízení, 11 – vstřikovací píst, 12 – vyhazovače, 13 - výstřik

### 2.1.2 Šnekové plastikační jednotky

Má vyšší plastifikační výkon a lepší kvalitu taveniny; pracuje zcela analogicky, jako vytlačovací stroj, ale cyklicky. Při plastikaci šnek ustupuje dozadu a v prostoru před jeho čelem (špicí) se hromadí tavenina. Při šnekové plastikaci je lepší využití zdvihu šneku, vyšší rychlost vstřikování ( $200-800 \text{ cm}^3/\text{s}$ ). Velikost šneku 20 – 22 D. Axiální pohyb šneku je ovládán hydraulicky. Pohon šneku je zajištěn zpravidla elektromotory, nebo hydraulickými motory. Vyhřívání probíhá topnými pásy. Zakončení šneku bývá různé, dle polymerů. [1]



Obr.16 Šneková plastikační jednotka [8]

1 – pracovní válec, 2 – šnek, 3 – zpětný uzávěr, 4 – vstříkovací tryska,  
5 – topné těleso, 6 - násypka

## 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 vstříkovacího tlaku, ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. [5]

Hlavní části uzavírací jednotky;

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

Uzavírací mechanismus je ukazatelem kvality uzavírací jednotky. Má nejrůznější provedení. Hydraulické uzavírací jednotky umožňují pootevření nástroje hydraulickým tlakem a vyžadují zajištění závorou. Výhodou těchto jednotek je nastavení libovolné hloubky otevření nástroje. Hydraulicko-mechanická jednotka je nejčastěji používána u strojů malých gramáží. Zaručuje vyšší rychlost uzavírání, potřebné zpomalení před uzavřením formy a dostatečnou tuhost. Je konstruována jako kloubový mechanismus ovládaný hydraulickým válcem. Formu proti pootevření při vstříkování zajistí hydraulický válec velkého průřezu, který je pevně spojen s upínací deskou. Některé konstrukce uzavíracích jednotek jsou bez vodících sloupů. [5]



### 2.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

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

Novější koncepce vstřikovacích strojů se v současnosti neobejdou bez výkonné výpočetní techniky. Místo obvyklé textové formy nastavování technologických parametrů se využívá nejrůznější grafické formy řízení pracovního cyklu na displeji se selektivním přístupem k jednotlivým parametrům stroje. Pracovní cyklus sestavený do potřebných programových sekvencí je pak snadno kontrolovatelný a případně i upravitelný. [5] [4]

Koncepčně je takové zařízení rozděleno na:

- Sestavení grafu vstřikovacího stroje
- Definice a nastavení parametrů
- Kontrola procesu

Nastavení stroje je řídicím systémem také kontrolováno (zpětná vazba). Alternativní volba a úprava programu se pak může snadno uskutečnit za pomoci barevné obrazovky. Na přesnost a jakost výstřiku má řízení stroje rozhodující vliv. Tím, že určuje a dodržuje přesnost:

- Nastavení výše i doby vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení.

Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiku.

Nastavením doby a výšky teploty taveniny, její homogenizací jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiků. [5] [4]



Obr. 17 řídicí jednotka vstřikovacího stroje [13]

### 3 VÝSTŘÍK A POŽADAVKY NA JEHO KONSTRUKCI

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. To vyžaduje znát technologii jejich zpracování.

Pro realizaci plastových součástí jsou dány určité meze konstrukčních tvarů a jejich vlastností, které by se neměly překročit, jinak vzniknou při výrobě problémy. Bez potřebných znalostí se jim lez jen obtížně vyvarovat a docílit, aby vzniklá součást vyhovovala podmínkám výroby. Všeobecně platí: čím jednodušší je součást, tím výhodnější jsou její pevnostní podmínky, snadnější dodržení rozměrů, lacinější výroba formy a jednodušší výroba výstřiků. Ve skutečnosti však vždy je třeba hledat kompromis mezi vznášenými požadavky.

Proto je třeba zdůraznit, aby se bez znalostí zásad o specifických vlastnostech plastů a jejich zpracování nepřistupovalo ke konstrukci výstřiku. Pracovníku, kterému chybí dostatečná zkušenost v tomto oboru, se doporučuje spolupracovat se zkušeným odborníkem.[5]

#### 3.1 Požadavky na konstrukci formy

K základním podkladům pro konstrukci formy slouží výkres vyráběné součásti. Její tvar má být řešen nejen z funkčního a ekonomického hlediska, ale musí se přihlídnout i k způsobu její výroby. Doplnující zásady jsou následující;

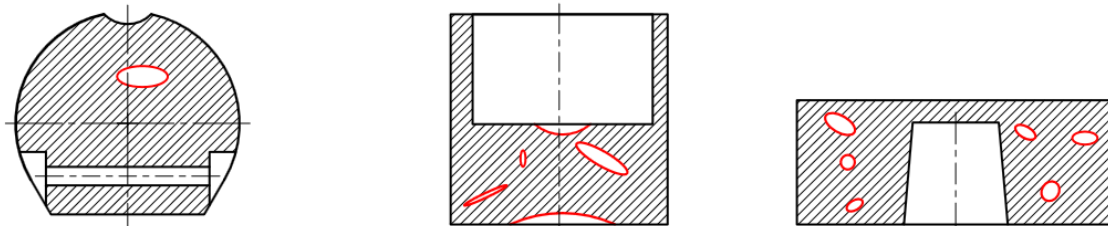
- celková konstrukce součásti musí především splňovat vhodnou polohu dělicí roviny (dělicích rovin) a tím je určen i způsob jejího zaformování. K ní se váže i koncepce vyhazování, vtokového systému, odvzdušnění, směr úkosů, přesnost i vzhled apod.,
- tloušťka stěn musí splnit svoji přísnou závislost s dráhou toku plastu

#### 3.2 Závislost tloušťky stěn na vady výrobku

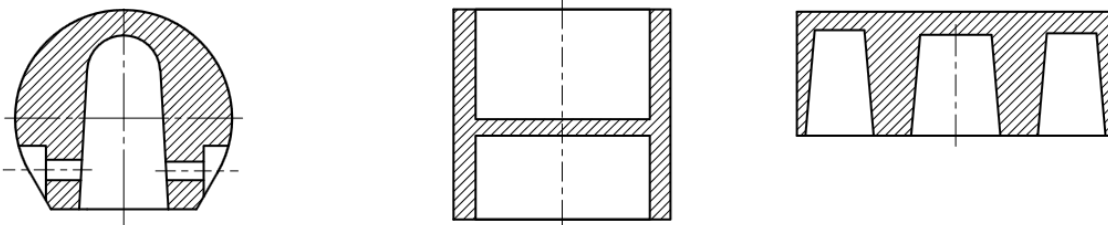
V úzké dutině se tavenina rychle ochlazuje a tuhne, tlusté stěny zase vyžadují dlouhou dobu chlazení. Různě tlusté stěny s hromaděním materiálu nesterjně tuhnou, vzniká vnitřní pnutí a různé povrchové vady, propadliny a lunkry.

Zásady správné konstrukce tloušťky stěn vyžadují jednotnou tloušťku, náhle přechody mají být bez ostrých hran a v případě, kde se nelze vyhnout tlustším stěnám, se provede vhodné vylehčení, nejlépe na opačné straně, jak vidíme na obrázku (Obr. 16 nahoře chybné výrobky, dole správné výrobky). Tloušťka bočních stěn, nebo žeber se zaoblenou přechodovou hranou by neměla překročit  $0,8T$  hlavní stěny. [5]

Chybná konstrukce



Správná konstrukce



Obr. 18 Vady tenkostěnných výstřiků [4]

### 3.3 Zaoblení hran a rohů

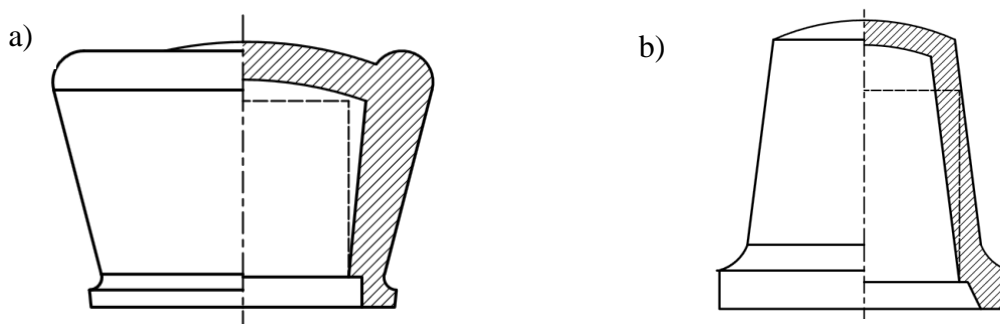
Zaoblením hran, rohů a koutů se usnadní tok taveniny, zabrání se koncentraci napětí v těchto místech a sníží se i opotřebení formy, protože přechody s ostrými hranami vyžadují vyšší vstřikovací tlaky. Rázová houževnatost součásti se tímto zvýší až o 50%. Doporučené poloměry zaoblení jsou: [5]

Tab.2 Doporučená zaoblení [5]

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

### 3.4 Úkosy a podkosy

Jsou 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 anebo vnitřní. Volbu jejich velikosti ovlivňuje především smrštění, elasticita plastu, povrch stěn formy a automatizace výroby. S ohledem na tyto faktory pak se volí jejich velikost dle tabulek. U vnitřních stěn větší a u vnějších menší úkosy. Podkosy s výjimkou technologických, komplikují konstrukci i funkci formy, a proto je snaha se jim vyhnout [5]



Obr.19 a) Podkosy b) Úkosy [4]

Tab.3 Úkosy a podkosy[4]

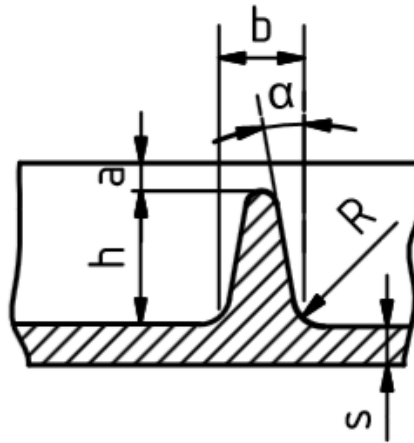
úkosy pro	velikost úkosu
Vnější plochy	$30' \div 2^\circ (1^\circ)$
vnitřní plochy	$30' - 3^\circ$
otvor do hloubky 2D	$30' - 1^\circ (45')$
hluboké otvory	$1^\circ - 10^\circ$
žebra, nálitky	$1^\circ - 10^\circ$
výstupky	$2^\circ - 10^\circ$

### 3.5 Žebra

Dělí se podle účinku, který plní na součásti, případně v dutině formy. Technická žebra zabezpečující pevnost a tuhost součásti. Technologická žebra umožňují optimální

plnění dutiny formy, nebo brání zborcení stěn, případně odstraňují předpokládaný vznik povrchových vad. Někdy se volí žebra i tak, aby zlepšily vzhled výrobku. [5]

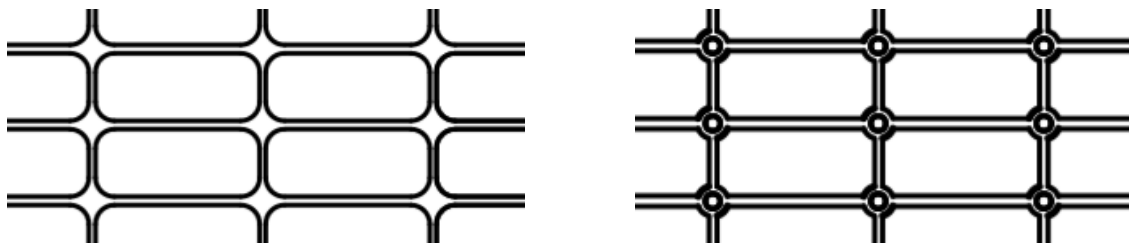
Vhodná konstrukce žeber:



Obr.20 Žebro [5]

Tab.4 Minimální požadavky žeber [5]

s	b max.	h max.	R max.	a min.	$\leq \alpha$
1,6	1	4	0,3-2	0,5	30' 1°,2°,3°
2,0	1,5	6			
2,5	2	7,5			
3,0	2,2	9			
4,0	2,8	12			
5,0	3	15			
6,0	3,5	18			



Obr.21 Technologické žebrování [5]

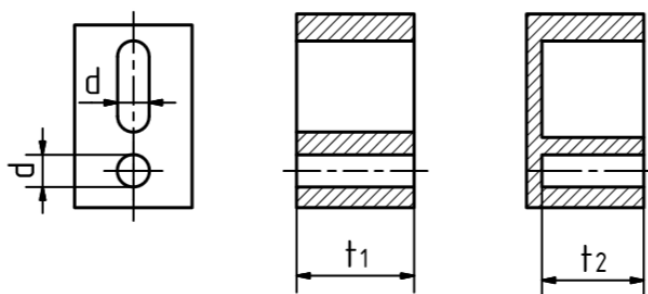
### 3.6 Otvory a drážky

Na výstřiku se doporučují volit tak, aby při výrobě činily co nejmenší potíže. Záleží hlavně na jejich poloze vzhledem k zaformování. Otvory a drážky kolmo na směr dělicí roviny se zhotoví pomocí čelistí, nebo výsuvných jader.

Výroba otvorů a drážek ve směru zaformování je celkem jednoduchá. Vytváří se pomocí pevných kolíku a trnů vyhazovačů, u kterých by průměr neměl klesnout pod 1 mm. Hloubka slepých děr bývá max 5d.

Tab.5 Hloubka otvorů [5]

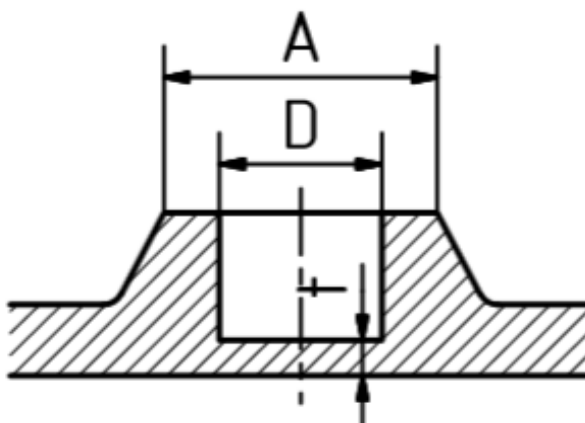
d	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>
1,6	4,5	4,5
2	5,3	5,3
2,5	8,5	7,1
3	14	8,5
4	20	14
5	28	20
6	36	25
8	53	34
10	67	45
12	80	53



Obr.22 Hloubka otvorů [5]

Tab.6 Tloušťka stěn u slepých otvorů [5]

D (mm)	do 3	3 – 6	6 – 10	10 – 18	18 – 30	30 – 50
t (mm)	1	2	2,5	3	4	5



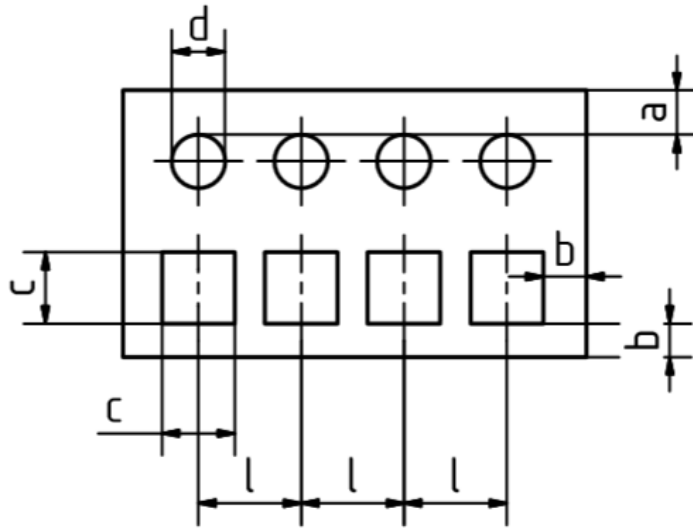
Obr.23 Slepý otvor [5]

Doporučené vzdálenosti otvorů a drážek ukazuje následující tabulka. Jinak by mohlo dojít k popraskání stěn mezi nimi nebo okrajem. Vhodnější jsou otevřené drážky až

ke kraji. Proud taveniny se oddělí a nevytváří za otvorem studené spoje. Velikost otvorů pro závity šroubů se také volí dle tabulek. Zhloubení pro kuželové hlavy se vyhýbáme z důvodu nevhodného rozložení tlaku v plastu.

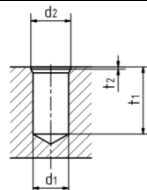
Tab.7 Vzdálenost otvorů a drážek od kraje výstřiků [5]

Doporučené vzdálenosti otvorů a drážek										
a	1,6	1,6	2,0	2,5	2,5	3,2	3,2	4,0	5,0	5,5
b	2,1	2,1	2,6	3,3	3,3	4,1	4,1	5,2	6,5	7,2
c,d	1,6	2,0	2,5	3	4	5	6	8	10	12
l	3,2	3,6	4	5	6	8	9	11	14	16



Tab.8 Velikost otvoru pro závity [5]

	ABS, SAN, PC PMMA, PS, PVC				PA, PE, PP			
	d1	d2	t1	t2	d1	d2	t1	t2
M 2,5	2,2	3	4	0,3	2,3	2,6	4	0,5
M 3	2,6	3,5	5	0,3	2,7	3,1	6	0,6
M 3,5	3	4	6	0,4	3,1	3,6	7	0,6
M 4	3,3	4,5	8	0,4	3,6	4,1	9	0,8
M 5	4,2	5,5	10	0,5	4,6	5,2	12	1
M 6	4,9	6,5	12	0,6	5,6	6,2	14	1,2
M 8	6,6	9	16	0,8	7,5	8,4	18	1,6
M10	8,3	11	20	1	9,5	10,4	22	2

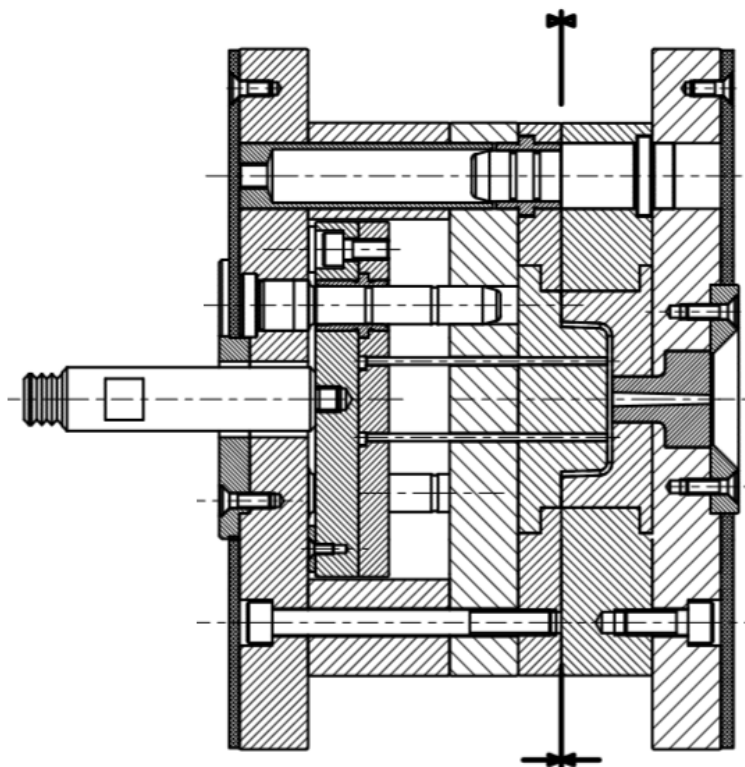


## 4 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Výroba dílů vstřikováním probíhá na vstřikovacím stroji a ve formě v krátkém čase, za působení dostatečného tlaku a teploty a dalších nutných parametrů. Z toho vyplývají základní požadavky na stroj a formu, které spolu úzce souvisejí a u forem se vyžaduje;

- vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch zhotovené dutiny formy a ostatních funkčních dílů,
- maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí formy i celků pro zachycení potřebných tlaků,
- správná funkce formy, vhodný vtokový systém, vyhazování, odvzdušnění a temperování,
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou.

Vyšší nároky na přesnost a jakost forem se projeví zvýšením pracnosti při jejich konstrukci i výrobě. Větší robustnost forem, kterou vyžadují použité tlaky při vstřikování, často svádí k méně citlivému zacházení. To bývá někdy příčinou jejich nedokonalé funkce, snížené přesnosti i životnosti. Proto je nutné respektovat zásady a směrnice při jejich konstrukci, výrobě i obsluze [5]



Obr.24 Řez vstřikovací formou [10]



## 4.1 postup při konstrukci formy

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji, jsou podklady pro konstruktéra forem. Vlastní konstruktér má pak následující postup:

1. Posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek
2. Určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled
3. Dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Volby vhodného typu vtokového systému, velikost průřezů, tvary a délky hlavního a rozváděcího kanálku i ústí vtoku
4. Stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvodu vzduchu formy.
5. Navržení rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování a temperace formy.
6. Vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků.
7. Zkontrolování funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, jeho průmětnou plochu vstřikovací a uzavírací tlaky

Celá koncepce konstrukce vstřikovací formy musí směřovat k možné a snadné výrobní technologii dle stanovených požadavků. Je vhodné s objednavatelem návrh formy konzultovat. U externích zákazníků předložit objednateli případné návrhy a doplňky výkresu součástí i návrhu konstrukčního řešení formy ke schválení [5]

### 4.1.1 Zaformování výstřiku

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

Dělicí rovina bývá zpravidla jako rovina rovnoběžná s upínáním formy. Může však být i šikmá nebo různě tvarovaná, případně vytváří u výstřiků s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí roviny. Taková koncepce způsobuje obtížnější výrobu formy. Je snaha se takovým tvarům vyhnout. Nepřesnost v dělicí rovině 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 rovina;

- umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy,
- byla pravidelná, jednoduchého geometrického tvaru, snadno vyrobitelná a dobře slícovatelná,
- probíhala v hranách výrobku,
- Byla umístěna tak, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a sousost výstřiků, pokud je v obou polovinách formy,
- Stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad,
- U více dělicích rovin volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet.

Pozitivní úlohu hraje dělicí rovina při odvzdušňování dutin formy, i k tomu je třeba přihlédnout. [5]

#### 4.1.2 Dimenzování tvarové dutiny

Tvar a rozměry funkčních dílu, které jsou převážně umístěny v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu. Jejich dimenzování je důležitou etapou konstrukčního řešení. [5] [11]

Chybně dimenzované rozměry se projeví v nedotečení rozměrů výstřiku. V případě, že se nejedná o rozměr s předepsanou tolerancí, lze tuto chybu někdy napravit úpravou technologických parametrů, někdy jen nákladnou korekcí rozměrů formy

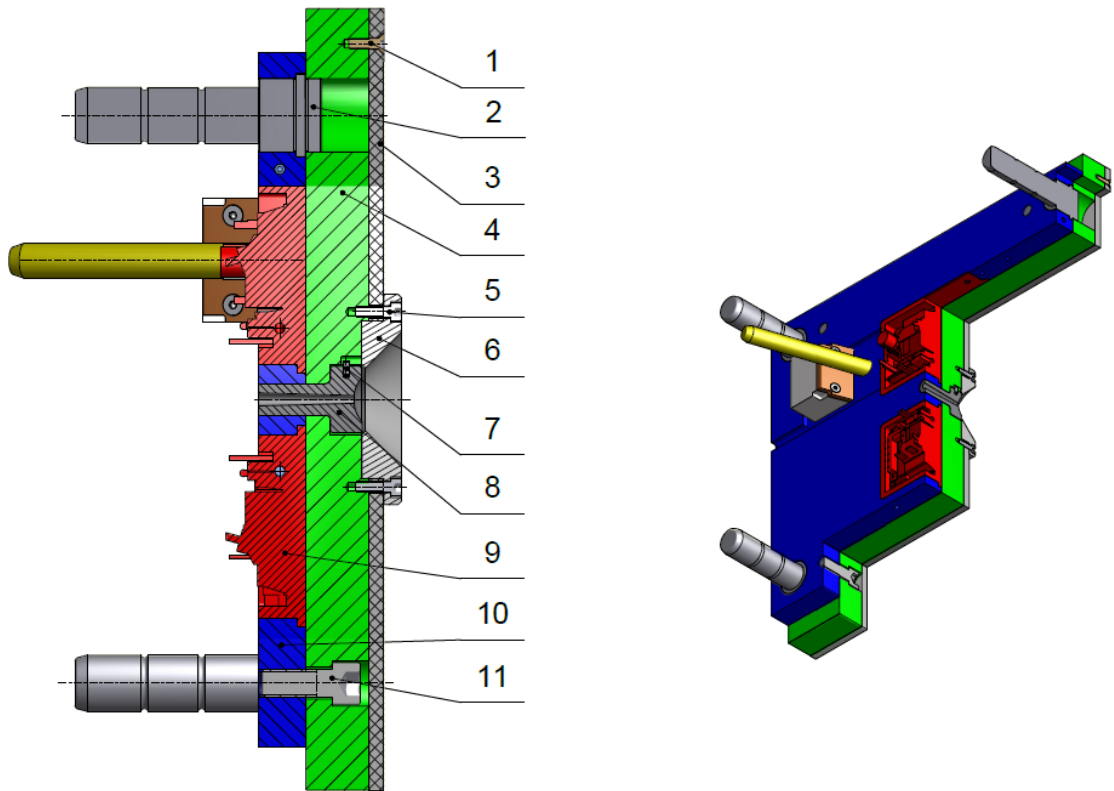
Povrch i rozměry výstřiků jsou tedy dány přesností tvarové dutiny a kvalitou její plochy, která je obvykle složena z tvárnice, tvárníku, jader a tvarových vložek. Přesnost dutin se pohybuje v rozmezí IT 8 až IT 10 a ovlivňují ji tři činitelé;

- smrštění polymeru,
- výrobní tolerance,
- opotřebení dutiny.

Nejčastější příčinou chybného dimenzování rozměru je především nepřesný odhad smrštění daného rozměru v průběhu tváření plastu. Správný odhad smrštění pro konkrétní rozměr dílu je někdy obtížné určit, neboť výpočetní smrštění se u složitějších výstřiků jen zřídka kryje s hodnotou uváděnou v tabulkách výrobců plastů. Konstruktor je většinou odkázán na vlastní zkušenosti. Exaktní podklady umožňují přepočítání smrštění udávaného výrobcem plastu (ze zkušebních tělísek) na smrštění reálných těles dosud neexistuje.

## 4.2 Studené vtokové systémy

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřikování vedení proudu roztaveného polymeru od vstřikovací jednotky do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. [5] [11]



Obr.25 Pravá strany forma se studeným vtokovým systémem

1 – Šroub A, 2 – Vodící čep A, 3 – Izolační deska, 4 – Upínací deska,  
5 – Šroub B, 6 – Středící kroužek, 7 – Válcový čep, 8 – Vtoková objímka,  
9 – Tvárník, 10 – Kotevní deska pravá, 11 – Šroub C

Proud taveniny vtokovým systémem je provázen složitými tepelně-hydraulickými poměry. Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují;

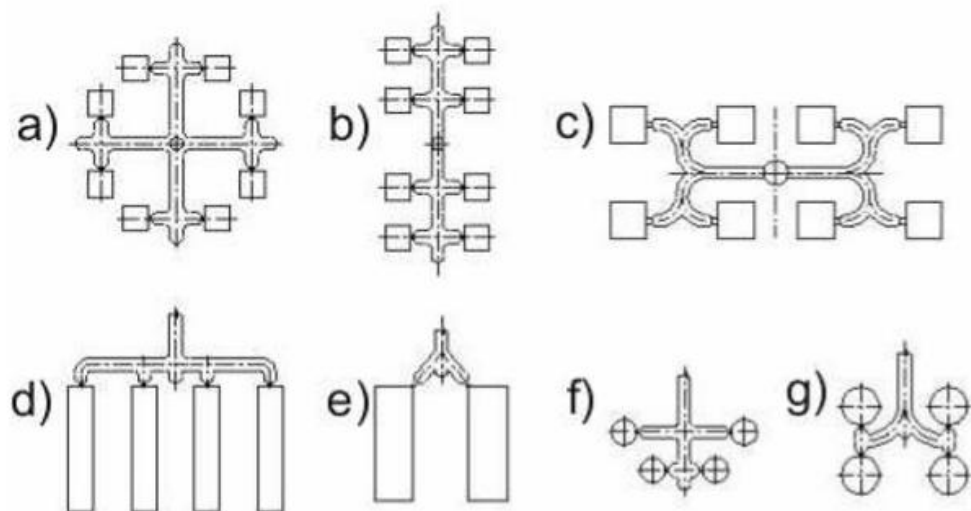
- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku,
- spotřebu materiálu plastu,
- náročnost opracování na začištění výstřiku,
- energetická náročnost výroby.

Zásadní rozdíly v celkovém uspořádání vtokového systému jsou dány především konstrukcí vstřikovací formy a její násobností. U vícenásobných forem má tavenina dorazit ke všem ústím vtoku za stejného tlaku a současně (vyvážený vtok)

Při volbě určitého vtokového systému se vychází z toho, že tavenina se vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnějším povrchu prudce roste, nejnižší je uprostřed. Vysoká viskozita vyžaduje vysoké tlaky v systému (40 – 200MPa).

Ztuhlá povrchová vrstva taveniny vytváří tepelnou izolaci vnitřnímu proudu taveniny. Za tohoto stavu se zaplní celá dutina. V okamžiku zaplnění vzroste prudce odpor a poklesne průtok. V dutině formy nastává postupné tuhnutí taveniny odvodem tepla do stěn formy. Další doplňování taveniny může nastat jen jejím elastickým stlačením. Ve vtokových ústích ještě v tomto okamžiku dochází k vývinu tepla vlivem tlaku a tím oddálení ztuhnutí taveniny. V případě, že již stroj není schopen překonávat tlakové ztráty, dochází k poklesu rychlosti vstřikování a celkovému ochlazení plastu ve vtokovém systému i v dutině formy.

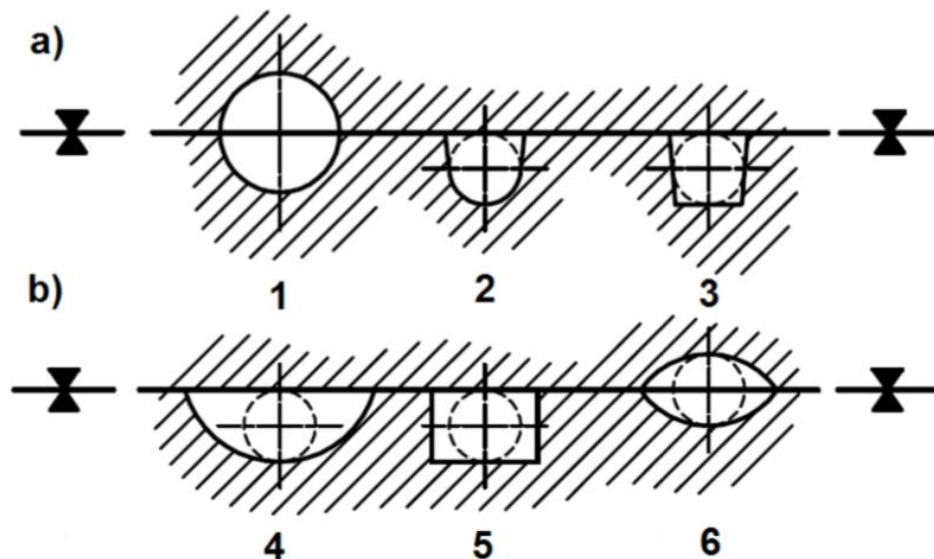
Při proudění taveniny vtokovým systémem dochází také vlivem tření k vývinu tepla, které se koncentruje do míst nejvyššího smykového napětí, tam může dojít k výraznému zvýšení teploty až o 200°C. I když je toto zvýšení krátkodobé, může docházet k degradaci. Tepelná vodivost plastů je nízká, a proto ohřátí formy v těchto místech není velké. [5] [11]



Obr.26 Příklady vyvážených vtokových systému [11]

Funkční vtokový systém má zabezpečit, aby:

- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší (bez zbytečných tlakových a tepelných ztrát),
- ke všem tvářecím dutinám byla dráha toku stejná (kvůli rovnoměrnému plnění),
- byl dostatečně velký průřez vtokových kanálů (aby bylo zaručeno, že po naplnění dutiny zůstane jádro taveniny plastické a umožní působení dotlaku). Vtokový kanál má mít minimální povrch, ale současně maximální průřez (kruhový apod.).
- vyústění vtoků do dutiny formy, jeho průřez, poloha a počet zajistily kvalitní spojení a ochlazení proudů taveniny (tyto spoje jsou tzv. studené spoje a mají sníženou pevnost)
- u vícenásobných forem byla zachována stejná rychlost taveniny (odstupňovaný průřez kanálů). [11]



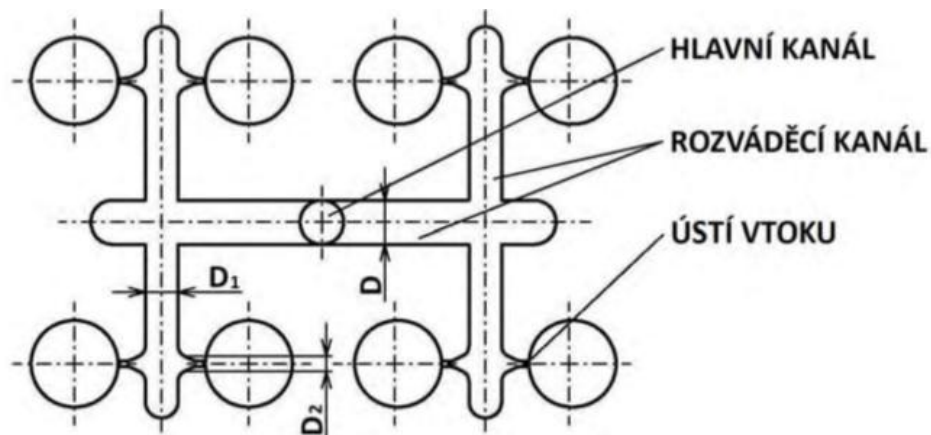
Obr. 27 Průřez vtokových kanálů [11]

- |                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| a) Funkčně vhodné   | 1,6 – výrobně nevýhodné  |
| b) Funkčně nevhodné | 2,3,4,5 – výrobně vhodné |

Hlavní vtokový kanál navazující na trysku vstřikovacího stroje se konstruuje jako kuželový s rozšířeným ústím do rozváděcího kanálu nebo přímo do výstřiku. Vtoková část bývá o 0,5 až 1 mm větší než průměr trysky. Jeho velikost se určuje empiricky podle hmotnosti výstřiku. Kužel má úkos  $1,5^\circ$ . [11]

Průměr rozváděcího kanálu se volí buď nepatrně větší, nebo stejný jako ústí vtokového kanálu. V místě spojení je nutné vytvořit jímku chladného čela taveniny jako tahače vtoku. Jímka tak umožní snadnější vyhození vtokového zbytku. [11]

Vtokové ústí je zúžená část rozváděcího kanálu. Jen ve výjimečných případech, jako je potlačení např. propadů se může použít plně nezúžený vtok. Zúžením se zvýší teplota taveniny před vstupem do dutiny formy. Jeho velikost musí být co nejmenší kvůli snadnému začištění vtoku, ale také musí zajistit spolehlivé naplnění dutiny formy. Tvar ústí bývá kruhový pro rotační díly nebo šterbinový pro ploché výstřiky. Jeho parametry se volí podle objemu výstřiku. [11]



Obr. 28 Části vtokového systému[11]

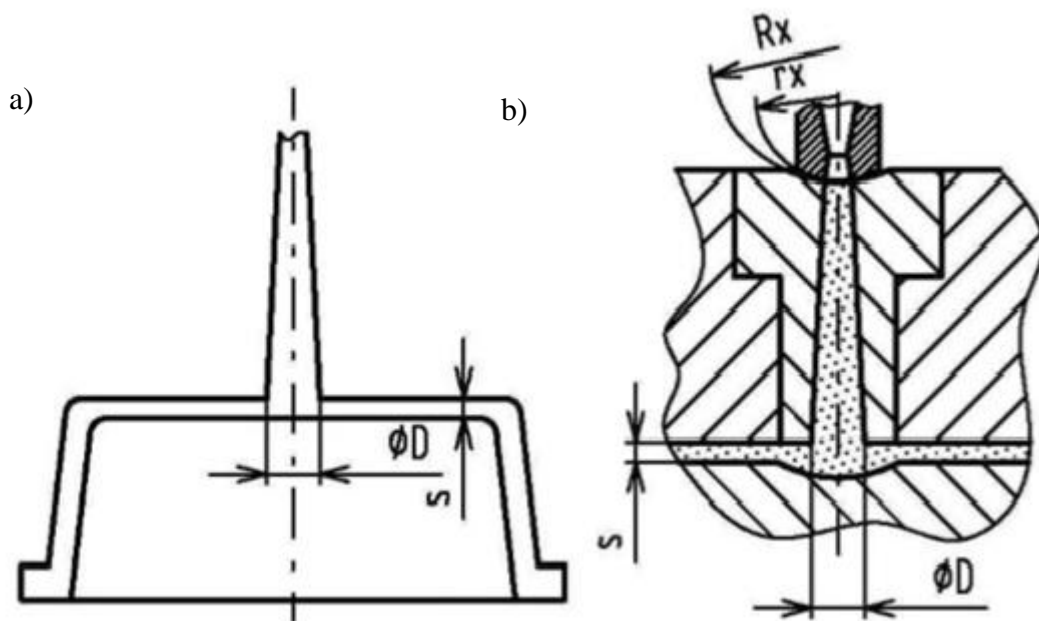
Rozhodující vliv na vzhled a kvalitu vtokového ústí má jeho umístění na výstřiku. Umístuje se;

- do nejtlustšího místa stěny výstřiku (tavenina má téct vždy z většího místa do menšího),
- do geometrického středu dutiny (aby tavenina zatekla do všech míst rovnoměrně),
- při požadavku na větší přesnost výstřiku se musí vzít v úvahu rozdíly podélného a příčného smrštění (u semikrystalických a plněných plastů), - ve směru orientace žeber,
- mimo více namáhaných nebo opticky činných ploch, - u obdélníkových tvarů ve směru delší strany,
- tak, aby umožnil únik vzduchu z dutiny,

- aby bylo možné přeměřovat proud taveniny při vzniku studených spojů mimo vzhledové a mechanicky namáhané místa,
- aby stopa po vtoku neměla vliv na estetickou hodnotu výstřiku,
- aby se zamezilo volnému vtoku taveniny, která by způsobovala turbulentní proudění při plnění dutiny. [11]

#### 4.2.1 Kuželový vtok

Přivádí taveninu do dutiny vtoku bez zúžení vtokového ústí. Používá se převážně u jednonásobných forem pro symetrické tlustostěnné výstřiky. Je výhodný zejména kvůli vysoké účinnosti dotlaku. Nevýhodou tohoto vtoku je, že vždy zanechá stopu a jeho odstranění je velmi pracné. [11]



a) plný kuželový vtok

b) čočkovité vybrání v dutině formy

$D$  – průměr vtokového kanálu,  $s$  – tloušťka stěny výstřiku,

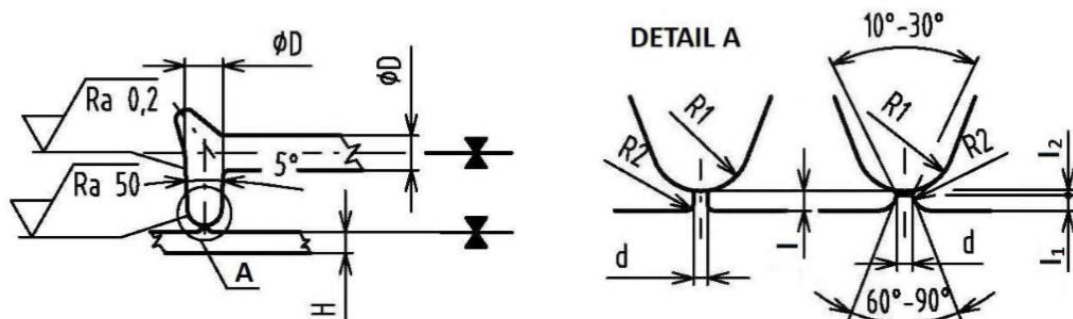
$R_x$  – poloměr sedla trysky formy,  $r_x$  – poloměr trysky sedla stroje

Obr.29 Kuželový vtok[11]

#### 4.2.2 Bodový vtok

Je nejpoužívanější z kategorie zúžených vtoků. Má většinou kruhový průřez. Bývá používán jako ústí z vtokového kanálu, předkomůrky nebo z rozváděcích kanálů. Při pou-

žití tohoto typu vtoku je třeba použít třídeskový systém formy, aby bylo zajištěno, že se nejprve odtrhne vtokové ústí a až poté se otevře forma. Nedoporučuje se požívat u méně tekutých a plněných plastů. [11]



Obr.30 Bodové ústí [11]

$D$  – průměr komůrky,  $R_1$  – poloměr zakončení komůrky,  $R_2$  – poloměr zakončení komůrky  
 $d$  – průměr ústí,  $H$  – tloušťka výstřiku

#### 4.2.3 Tunelový vtok

Je zvláštní případ bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výstřik. Umístění může být v pevné i v pohyblivé části formy. Není proto nutné konstruovat formu s více dělicími rovinami. Předpokladem dobré funkce tunelových vtoků je existence ostré hrany, která odděluje při odformování vtokový zbytek od výstřiku. To je třeba zvážit u vzhledově náročných výstřiků. Není-li zaústění do boku výstřiku možné, využívá se zaústění do vnitřního nálitku, žebra apod. Oddělení vtokového zbytku se provádí buď při otevírání formy, nebo při vyhazování výstřiku, k tomu je ale nutno užít přidržovače vtoku. [7]



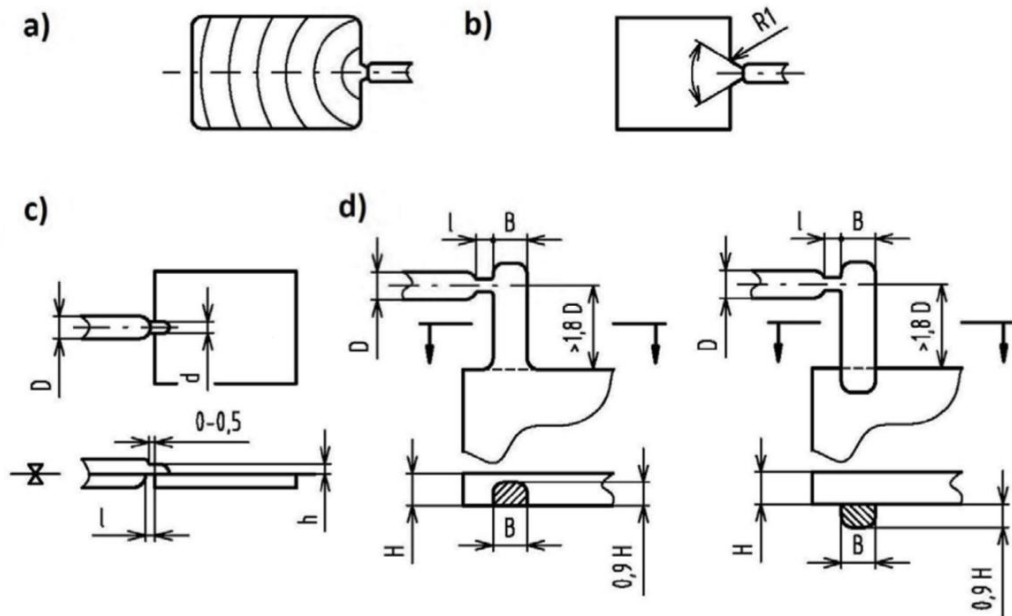
Obr. 31 Banánový vtok [11]

#### 4.2.4 Boční vtok

Jedná se o typ se zúženým vtokovým ústím, které leží v dělicí rovině. Průřez bývá obvykle obdélníkový, ale může být i jiný (kruhový či lichoběžníkový). Je nejrozšířenějším



a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Při odformování zůstává zpravidla výstřik od vtokového zbytku neoddělený. Při automatickém cyklu se řeší jeho oddělení zvláštním odřezávacím zařízením, které je součástí formy. Ústí se často upravuje do tvaru vějíře k zamezení volného vstříku. [11]

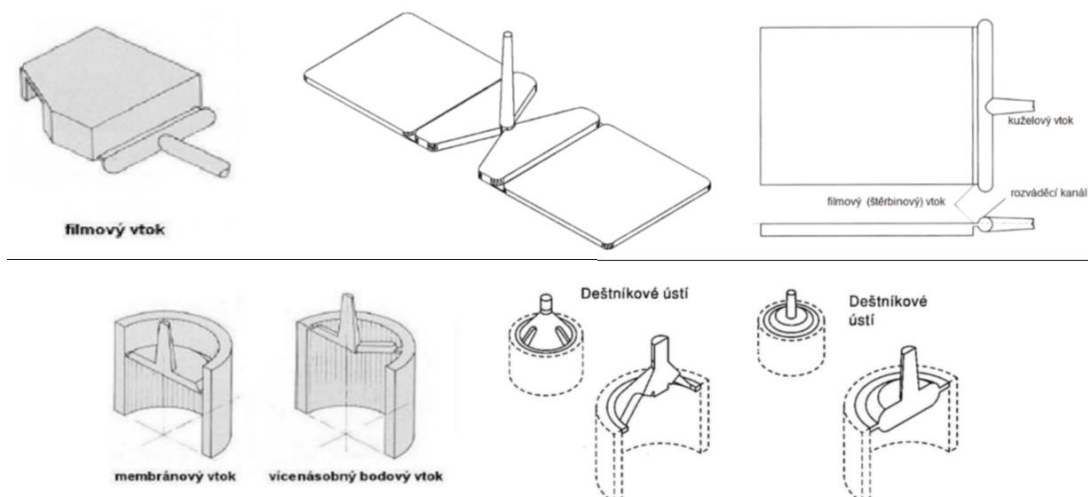


Obr.32 Boční vtoky [11]

a) běžný , b) vějířový , c) s překrytím , d) nepřímé vtoky

#### 4.2.5 Filmový vtok

Je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí. Užíván hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. Mezi filmové vtoky se ještě řadí vtoky diskové, prstencové, deštníkové a další. [11]



Obr.33 Druhy filmových vtoků [11]

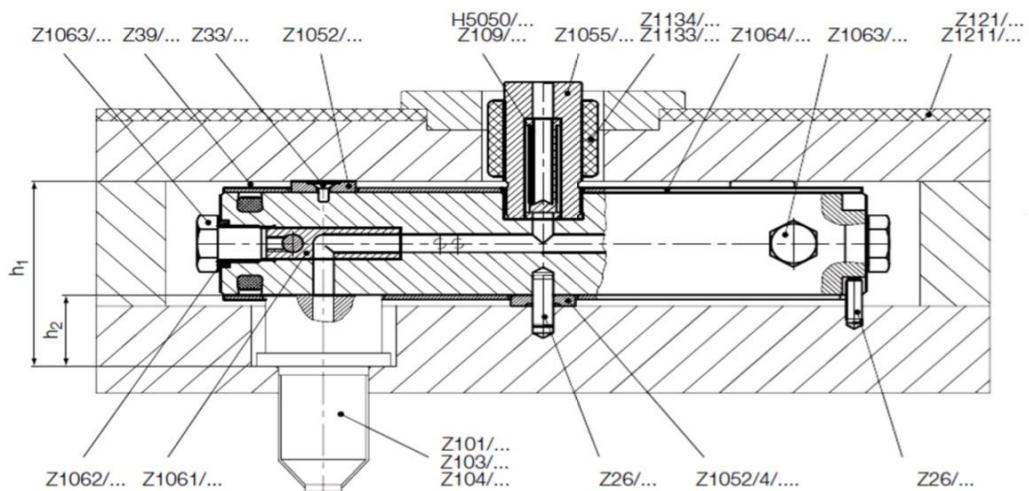
### 4.3 Vyhřívání vtokových soustav

Vyhřívání vtokových soustav se používají především u forem pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Jelikož je soustava rozvodu taveniny značně tepelně i mechanicky namáhána, vyžaduje větší tuhost formy a tedy i větší přesnost jejich výroby. Tím se zvýší také výsledná cena formy. Proto nejsou tyto formy ekonomicky vhodné pro krátkodobý nebo přerušovaný provoz.



Obr.34 Příklad rozvodných bloků [12]

U jednonásobné formy je vstříkací tryska napojena přímo na ústí do dutiny formy. U vícenásobných forem je součástí vyhřívání vtokové soustavy vyhřívání rozváděcí blok s tryskami, který pak ústí přímo do dutiny formy nebo do pomocných kanálů. Správná teplota taveniny je řízena regulátorem ovládaným snímači. U náročnějších a větších forem se používá více nezávislých topných okruhů. [11]



Obr.35 Vyhříváný blok ve formě [12]

#### 4.4 Vyhazovací systém

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřík. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. [11]

Obsahuje dvě fáze;

- dopředný pohyb, vlastního vyhazování,
- zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do původní polohy. [11]

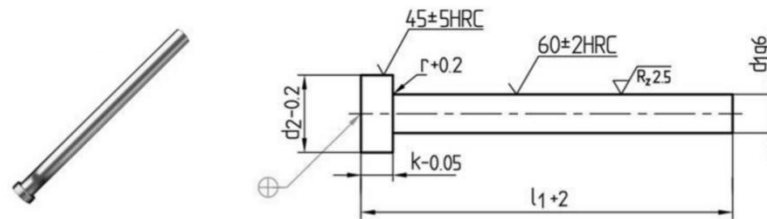
Základní podmínkou správného vyhazování výstříku je hladký povrch a úkosovitost jeho stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší než 30°. Vyhazovací systém musí výstřík vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité a musí být vždy voleno s ohledem na fakt zanechání co nejmenší stopy po vyhození. V základní poloze tvoří část funkční dutiny. U hlubokých tvarů je třeba počítat s jejich zavzdušněním.

##### 4.4.1 Válcové kolíky

Jedná se o nejčastější a nejlevnější způsob vyhazování výstřiků. Uvedený systém lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstříku ve směru vyhlazení. Jsou výrobně jednoduché a funkčně zaručené. [11] Správná volba tvaru vyhazovacího kolíku i jeho vhodného umístění, umožní snadné vyhození výstříku bez vážnějšího poškození. Kolík se musí opírat o stěnu nebo žebro výstříku, které se nesmí při vyhazování

bortit. Jinak by mohla nastat trvalá a nežádaná deformace výstříku. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstříku stopy, proto je není vhodné umisťovat oproti pohledovým plochám. Pokud je vyhazování realizováno větším množstvím vyhazovacích kolíků, tak se snižuje možný využitelný prostor pro temperanční kanály. [11]

Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem mechanického vyhazování. Z konstrukčního hlediska mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Jejich tvar je obvykle válcový.



Obr.36 Válcový vyhazovač [12]

Mohou však mít jakýkoliv jiný tvar včetně speciálního tvarového čela. Ve formě jsou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/k6 dle požadované funkce a viskozity vstříkovaného polymeru. Vůle v uložení působí zároveň i jako odvzdušnění. Tvar i způsob ukotvení má nejrůznější podobu. [11]

#### 4.4.2 Šikmé kolíky

Jsou speciální formou mechanického vyhazování. Šikmé vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou k ní uloženy pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstříků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Tím se odstraní využití konstrukčně náročných posuvných čelistí s klínovým mechanismem. Je snahou, aby způsob byl funkčně dokonalý a výrobně jednoduchý. [11]

#### 4.4.3 Stírací deska

Jedná se o typ plošného vyhození, kdy vyhazovací síla působí po celém obvodu výstříku. Díky velké styčné ploše, nezanechává na výstříku žádné stopy po vyhození. Používá se především u tenkostěnných výstříků, kde je vysoké nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných výstříků, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřík na stírací desku větší plochou nebo mírně nakloněnou rovinou.

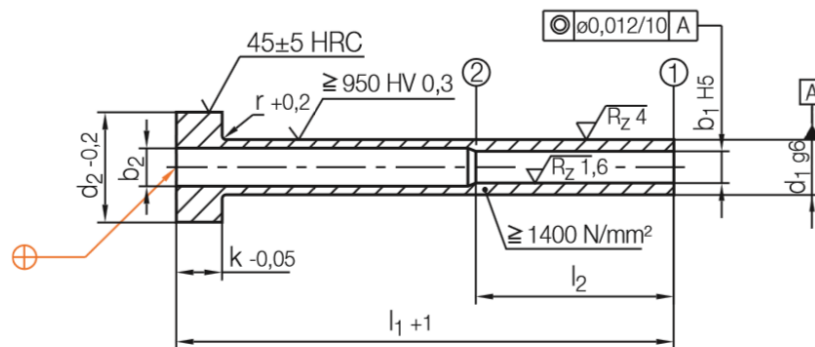
Tento způsob se používá i pro vícenásobné formy, někdy se doplňuje systémem oddělování výstříku od stírací desky (např. odpruženým vyhazovačem). To především pro-

to, že zde často dochází k "lepení" výstřiku svým povrchovým napětím a elektrostatickou silou k po- vrchu stírací desky. Lze použít i ofukování stlačeným vzduchem.

Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu, který působí přes vyhazovací desku spojenou táhly se stírací deskou. Síla může být také vyvozena pružinami, hydraulickým, nebo pneumatickým zařízením. Pro zvýšení životnosti je stírací deska obvykle vyložena tepelně zpracovanou tvarovou vložkou, upevněnou v desce. [11]

#### 4.4.4 Trubkové vyhazovače

Užití trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač s axiálním otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Uvnitř vyhazovače je vedeno jádro, které je upnuto v nehybné desce. [11]



Obr.37 Trubkový vyhazovač bez jádra [12]

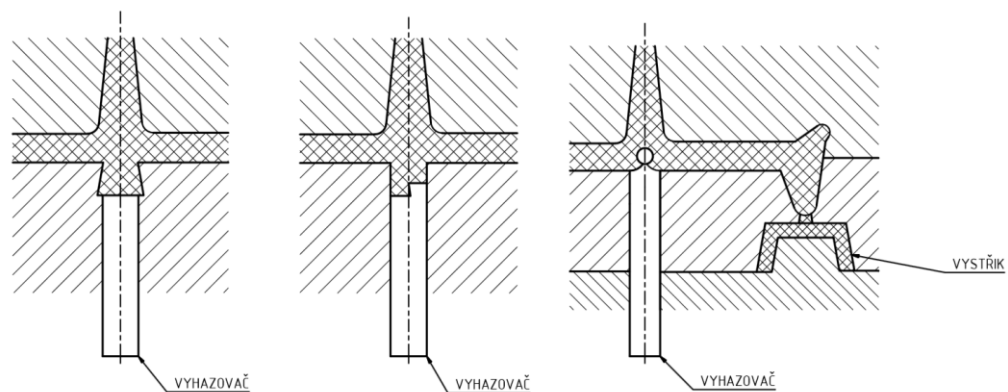
#### 4.4.5 Vícetupňové vyhazování

Patří do skupiny mechanického vyhazování. Vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se navzájem ovlivňují. Způsob umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. Proto se s výhodou užívá k vyhazování tenkostěnných výstřiků v kombinaci stírání s vyhazovacími kolíky, při šikmém vyhazování výstřiků se zápichem apod. Rovněž se tento způsob využívá k oddělování vtokových kanálů od výstřiku přímo v dutině formy. [11]

#### 4.4.6 Vyhazování vtokového zbytku

Při rozevírání formy je třeba zajistit, aby byl vtokový zbytek přidržen na vyhazovací straně, dokud není bezpečně vytažen vtok z vtokové vložky. Potom je teprve vyhazova-

cím kolíkem vyhozen výstřik s vtokovým zbytkem. Použití daného způsobu se odvíjí od koncepce formy a funkci vtokového zbytku.

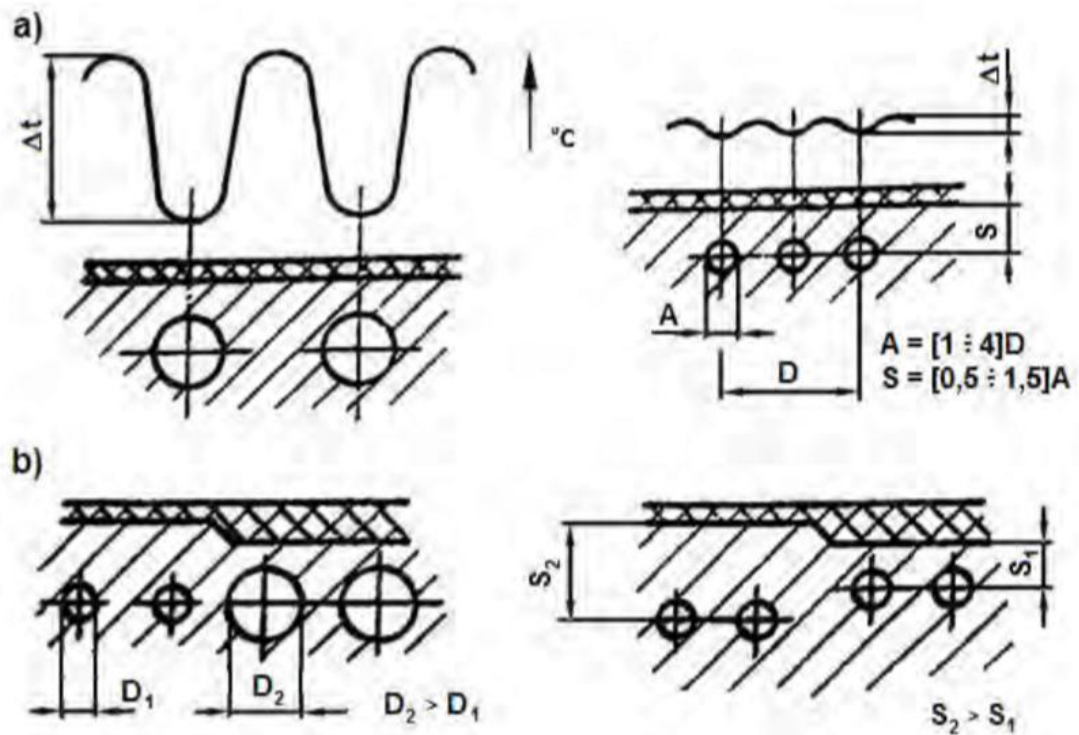


Obr.38 Přidržovač vtoku [11]

#### 4.5 Temperace forem

Temperace formy slouží k udržování konstantního teplotního pole uvnitř formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování, při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Děje se tak ochlazováním, případně vyhříváním celé formy, či některé její části. Během procesu vstřikování je polymer přiváděn ve formě taveniny do dutiny formy, kde je následně chlazen na vyhazovací teplotu tj. teplotu, při které již nedochází k deformaci výstřiku vlivem vyhození. Temperace tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí výstřiku. Při každém vstřiku forma přijímá a akumuluje teplo z taveniny. Toto přebytečné teplo je nutno odvést temperačním systémem formy, pro zajištění stejných technologických podmínek pro všechny výstřiky. [2]

Některé plasty se zpracovávají při vyšších teplotách formy. V takovém případě jsou tepelné ztráty formy do okolí větší, než její ohřátí taveninou a forma se musí naopak ohřívat. Taktéž při zahájení výroby je třeba nejdříve formu vyhřát na pracovní teplotu. V opačném případě by nebyla garantována dostatečná kvalita výstřiků a reprodukovatelnost. [11]



Obr.39 Velikost temperačního kanálu [11]

Úkolem temperace je:

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

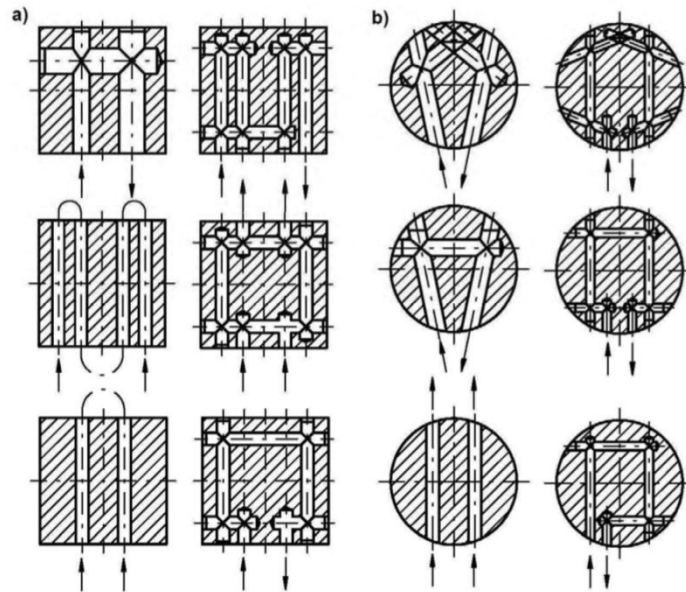
Pokud má forma dostatečnou hmotnost a dobře řešený temperační systém, zvýší se její tepelná a tím i rozměrová stabilita a sníží se nebezpečí deformace, při vysokých vstříkovacích tlacích. [11]

#### 4.5.1 Aktivní prostředky

Jedná se o prostředky, které působí přímo na formě. Teplo do formy přivádí, nebo naopak odvádí. Aktivní prostředky představují především:

- kapaliny, které proudí nuceným oběhem temperačními kanály, jež jsou vytvořeny uvnitř formy. Účinnost závisí na fyzikálních vlastnostech kapaliny, teplotní spádu, ploše a vzdálenosti kanálu od dutiny či druhu proudění. Užívá se vody, oleje nebo glykolu,

- u vzduchu se využívá buď volného proudění, nebo nuceného proudění působením přetlaku či podtlaku. Díky malé účinnosti se užívá jen v místech, kam není možné přivést kapalinu pro nedostatek prostoru,
- topné elektrické články se využívají především k temperaci forem na požadovanou vyšší teplotu v případě, kdy ztráty do okolí jsou větší, než teplo dodané vstříkovaným polymerem. [11]



Obr.40 Ukázka konstrukčních řešení temperančních kanálů [11]

#### 4.5.2 Pasivní prostředky

Tento druh temperančních prostředků působí na formu svými fyzikálními vlastnostmi. Lze je rozdělit na:

- tepelné izolační materiály, které se využívají především k omezení přestupu tepla do upínacích desek vstříkovacího stroje a to zejména v případech, kdy potřebujeme vysokou teplotu formy. Zde se volí pevnostně a teplotně odolné materiály na bázi vyztužených reaktoplastů, či nekovových anorganických látek,
- tepelně vodivé materiály se užívají k odvodu resp. přívodu tepla z míst jiným způsobem obtížně temperovatelných do míst, kde lze již odvod resp. přívod tepla zajistit obvyklým způsobem. Užívá se především měď a její slitiny s Be, Co, Zr, Cd, Sn nebo hliník a jeho slitiny,
- tepelné trubice (angl. Heatpipes) jsou nejúčinnějším prostředkem k přenosu tepla. Využívají výparného tepla látky, cirkulující uvnitř trubice v důsledku teplotního



gradientu. Tímto způsobem lze zvýšit odvod tepla až o řád, ve srovnání s čistou mědí. [5, 11]

#### 4.6 Odvzdušnění forem

Při plnění dutiny formy je nutno třeba zajistit únik vzduchu, který je v ní obsažen na začátku vstřikování, jakožto i plynů uvolňujících se při ochlazování taveniny. Vzduch, který se uzavře v dutině formy při adiabatickém stlačení, může dosáhnout vysokých teplot, a tím poškodit vlastní výstřik lokálním spálením (tzv. Dieselův efekt). Tyto tmavé skvrny nejsou vždy jen povrchové. Dalším záporným aspektem je lokální zvýšení tlaků přetěžujících povrch formy. Aby tyto jevy nenastaly, musí se dutina formy odvzdušnit. Dosahuje se toho tím, že se v dělicí rovině vytvářejí jemné drážky 0,005 až 0,05 mm hluboké a 3 až 6 mm

široké. K odvzdušnění lze také užít vyhazovacích kolíků, které se po části průřezu zploští přebroušením. Vzniklá vůle poté umožní unikání vzduchu, ale nikoliv taveniny. Odvzdušňovací drážky se umísťují ve formě tak, aby se nemohly vytvořit uzavřené vzduchové kapsy. Pokud taková místa nelze spojit s vnější atmosférou, vkládají se zde porézní vložky ze slinutých kovů, které se případně dále propojují do chladících kanálů. K takovému účelu se využívá podtlaku v chladicím systému. [11]

## **II. STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- Vypracujte literární studii na dané téma.
- Proveďte konstrukci 3D modelu vstřikovaného plastového dílu.
- Navrhněte vstřikovací formu pro zadaný díl.
- Nakreslete 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku.

V teoretické části bakalářské práce byly shrnuty poznatky týkající se vstřikovacího procesu a také poznatky o konstruování vstřikovacích forem. Tyto poznatky byly využity při zpracování experimentální části.

Cílem experimentální části je, navrhnout dvě varianty forem a to: dvounásobnou vstřikovací formu se studeným vtokovým systémem, a dvounásobnou vstřikovací formu s kombinací horké trysky a studeného rozvodného systému, tak aby splňovala zásady při konstruování forem, které byly popsány v teoretické části bakalářské práce. Dále budou obě dvě varianty ekonomicky porovnány. Byl kladen velký ekonomický důraz na konstrukci formy, a také využití normálí od firmy HASCO pomocí CAD knihovny v programu HASCO DAKO Modul.

### **III. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST**

## 5 POUŽITÉ PROGRAMY

### 5.1 Autodesk Inventor 2011 –

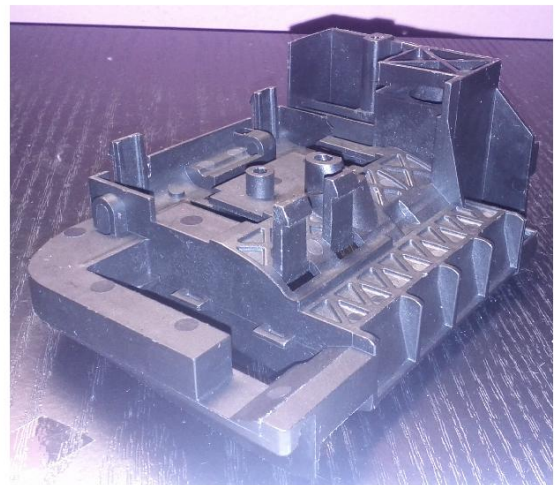
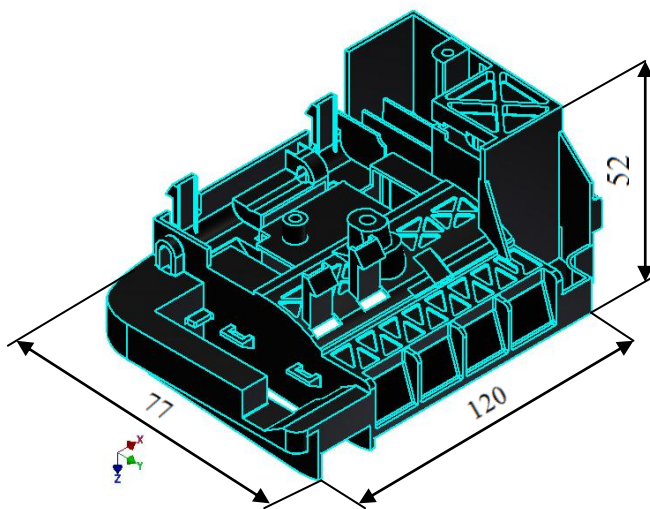
Je parametrický adaptivní 3D modelář, více než 10 let je Inventor světově nejprodávanější strojírenskou 3D CAD aplikací. CAD softwarové produkty nabízejí komplexní, flexibilní sadu softwaru pro 3D strojírenské navrhování dílů, simulace zatížení, tvorbu nástrojů, a komunikaci mezi designéry. Inventor umožňuje vytvářet přesné 3D modely, které usnadní navrhování, vizualizaci a simulaci projektu, před tím než jsou postaveny. Digitální prototypy pomáhají firmám navrhovat lepší výrobky, snižovat náklady na vývoj, a rychleji se prosadit na trh. [13]

### 5.2 HASCO 3D universal modul

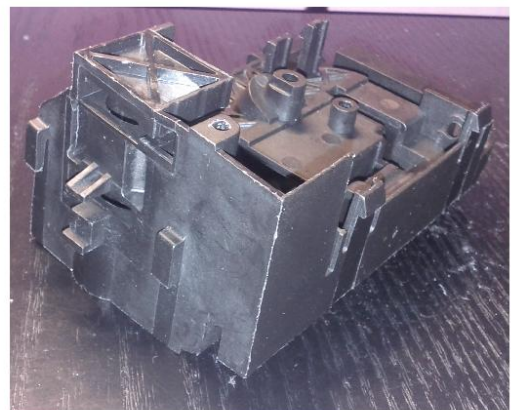
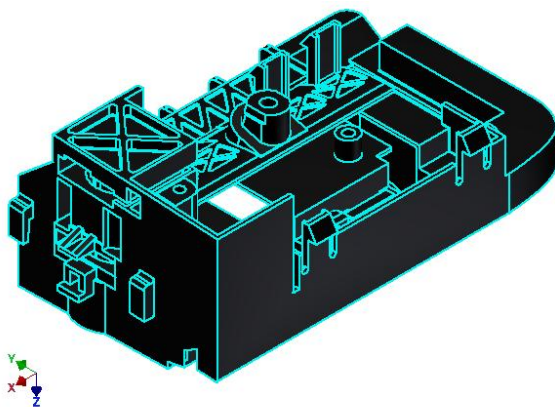
Jedná se o software od společnosti HASCO který obsahuje knihovnu 3D normálií vyráběné společností HASCO. Program umožňuje generování 3D normálií a jejich následné ukládání v různých typech formátů. Díky tomu lze tyto normálie zobrazovat v různých aplikacích. Poskytuje také informace o rozměrech, umístění a případné funkci. [12]

## 6 SPECIFIKACE ZADANÉHO VÝROBKU

Zadaný výrobek má neurčitý tvar, jedná se o tenkostěnný „hranol“ nepravidelné výšky. Na prostřední části výrobku je velmi členitý žebrovitý povrch, ze zadní strany má výrobek průchozí díru, více dutin, a také pár menších výstupků. Je nutné při zaformování použít více dělicích rovin.



Obr. 41 Zadaný plastový díl pohled 1.



Obr. 42 Zadaný plastový díl pohled 2.

## 7 VOLBA MATERIÁLU VÝROBKU

Vzhledem k použití daného výrobku byl zvolen materiál polypropylen plněný 30% skelným vláknem PP-GF30. Polypropylen je termoplastický polymer ze skupiny polyolefinů, který patří mezi nejběžnější plasty. Díky své svému širokému teplotnímu použití a velmi malé nasákavosti, je použit v mnoha odvětvích průmyslu, například v potravinářství, textilním průmyslu. A však pokud je PP plněn skelným vláknem výrazně zlepšuje své mechanické vlastnosti a to zejména Youngův Modul pružnosti v tahu (tuhost materiálu). [16]

Ze spousty výrobců a velkého množství druhů PP, které je dnes na trhu, byl vybrán Celstran PP-GF30-02 vyráběn firmou Ticona Engineering Polymers.

Kvůli vlastnostem PP, zejména jeho smrštění byla dutina formy zvětšena o 1 % (tab.).

Tab. 9 Vlastnosti materiálu (Moldflow Plastics Labs)

		Jednotka
<b>Název materiálu:</b>	Polypropylen (PP)	
<b>Obchodní název:</b>	Celstran PP-GF30-02	
<b>Výrobce:</b>	Ticona	
<b>Plnivo:</b>	30% Skelného vlákna	
<b>Rozsah teplot formy:</b>	40 – 70	°C
<b>Rozsah teplot taveniny:</b>	210 – 260	°C
<b>Teplota vyhození:</b>	100	°C
<b>Maximální smykové napětí:</b>	0,25	MPa
<b>Maximální smyková rychlost:</b>	100000	1/s
<b>Modul pružnosti v tahu v prvním hlavním směru:</b>	6722,85	MPa
<b>Modul pružnosti vtahu v druhém hlavním směru:</b>	3216.74	MPa
<b>Poissonovo číslo:</b>	0,45	
<b>Maximální rovnoběžné smrštění:</b>	0,18	%
<b>Maximální kolmé smrštění:</b>	0,8685	%

## 8 VOLBA STROJE A VÝPOČTY FOREM

Stanovený vstřikovací stroj musí technologickými parametry, rozměry a kapacitou splnit požadavky na výrobu výstřiku. Ověření dostatečné kapacity stroje představuje následující výpočet dopravovaného množství plastu do formy při jednom zdvihu. Zdvihová hmotnost plastu  $M$  je daná vztahem: [5]

$$M = 1,2 \cdot (G \cdot n + A) \frac{\alpha_x}{\alpha_p} [g] \quad (1.1)$$

$G$ ... hmotnost výstřiku v [g]

$A$ ... hmotnost vtoků a kanálů [g]

$n$ ... násobnost formy

$\frac{\alpha_x}{\alpha_p}$  podíl poměrových hodnot z určeného plastu k polystyrenu (tabulkové hodnoty)

Výpočet objemu výstřiku, rozvodných kanálů a vtoků byly určeny pomocí Autodesk Inventor 2011:

$$V = 88,83 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 1,12 \text{ g/cm}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 88,83 \cdot 1,12 = 99,48g \quad (2)$$

Substituce části vzorce pro výpočet hmotnosti materiálu:

$$G \cdot n + A = 99,48 \text{ g} \quad (1.2)$$

Výpočet množství polymeru na jeden cyklus:

$$M = 1,2 \cdot (99,48) \frac{91}{100} = 108,64g \quad (1.3)$$

V dutině formy, i v dělicí rovině, která je také částí dutiny, působí tlak vstřikovaného plastu, který má snahu formu rozevírat. Jeho potřebná velikost se stanoví z hmotnosti, tloušťky stěn a rozměru výstřiku. [5]



Uzavírací síla vyvozená vstřikovacím strojem musí být větší, než je rozevírací síla, vyvolaná vstřikovacím tlakem v dělicí rovině formy. Pro výpočet uzavírací síly platí rovnice. [5]

$$F = 1,2 \cdot S \cdot p_v \cdot k \leq F' \quad (3.1)$$

F... uzavírací síla v dělicí rovině

F'... uzavírací síla vstřikovacího stroje

S ... průmět plochy výstřiku do děl, roviny včetně rozváděcích kanálů

P<sub>v</sub>... tlak plastu v dutině formy = 35MPa(tabulková hodnota)

k ... koeficient tekutosti = 1 (tabulková hodnota)

Dílčí výpočet průmětu plochy výstřiku do dělicí roviny včetně rozváděcích kanálů byl odvozeny z Autodesk Inventor 2011:

$$S = 189,21 \text{ cm}^3$$

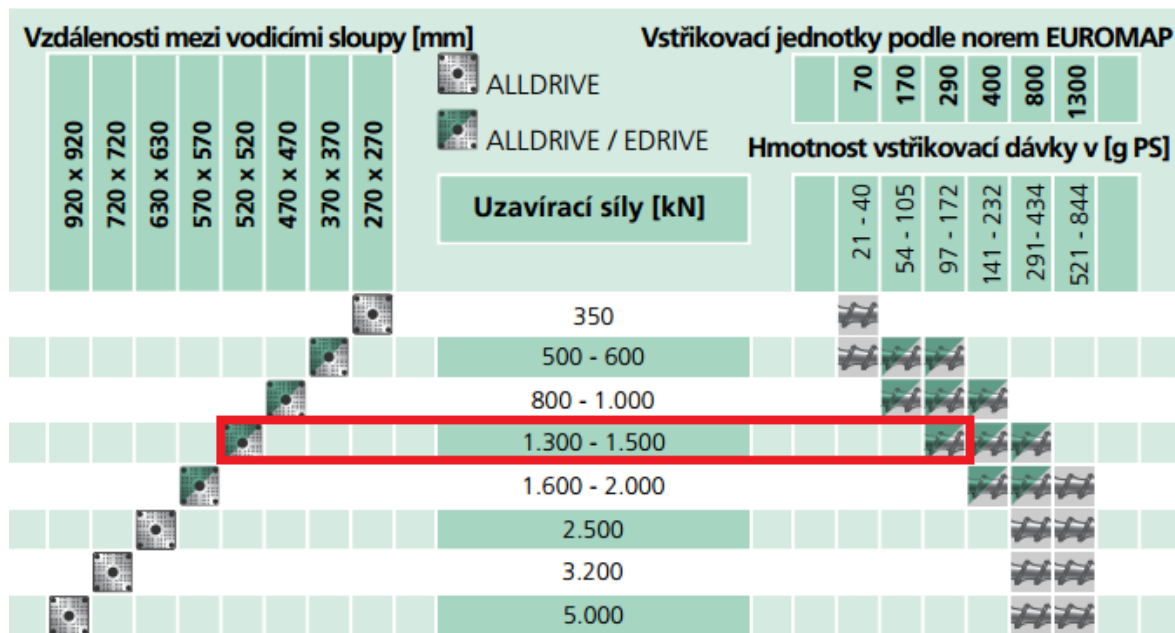
Vypočet uzavírací síly pro volbu stroje:

$$F = 1,2 \cdot 189,21 \cdot 35 \cdot 1 = 7\,946 \text{ kg} = 79,5 \text{ kN} \quad (3.2)$$

Finální rozměry vstřikovací formy pro zadaný díl jsou 495mm X 445mm

Z těchto parametrů se určí typ vstřikovacího stroje...

Vstřikovací stroj byl zvolen z elektrické řady strojů Allrounder– vstřikovací stroje pro výrobu náročných součástí od firmy Arburg.



Obr.43 Volba vstřikovacího stroje

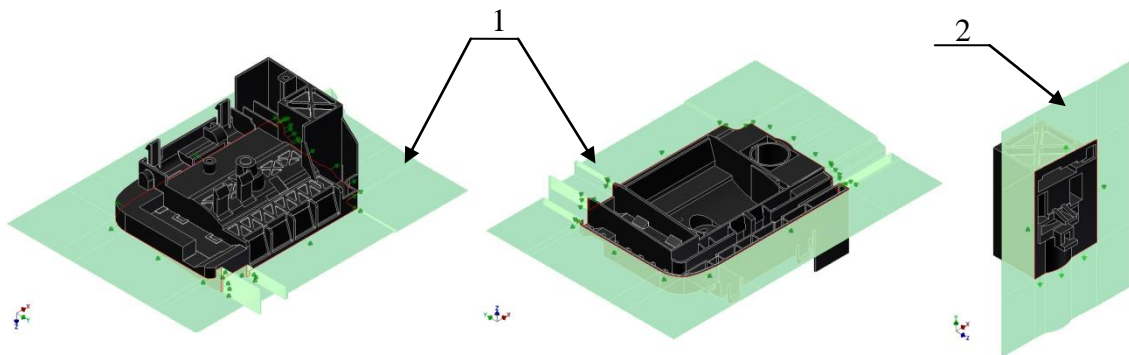


Obr. 44 Vstřikovací stroj

## 9 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

### 9.1 Volba dělicí roviny a dimenzování tvarových dutin

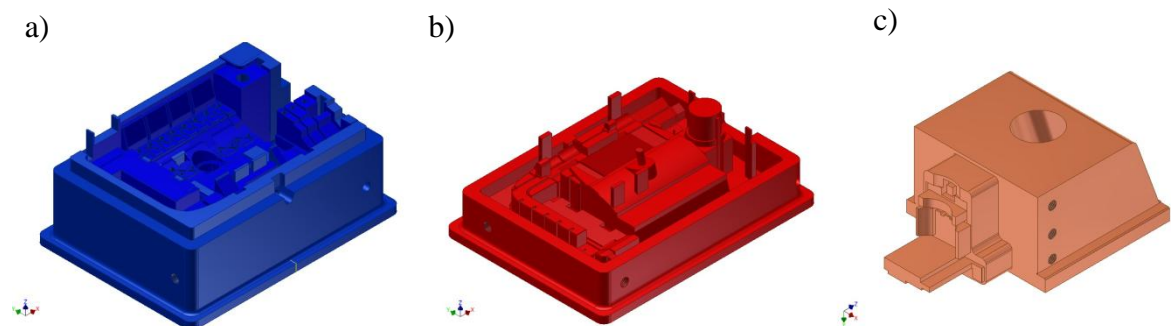
Jak již napovídá tvarová složitost výrobku, bude za potřebí více než jedna dělicí rovina. Na obrázku vede hlavní dělicí rovina po obvodu spodní hrany daného výrobku, dělicí rovina má ovšem i tak složitý tvar, a proto budeme dále pracovat na jejím zjednodušení. Vedlejší dělicí rovina je kolmá k hlavní dělicí rovině, k doformování takto vzniklé dutiny bude zapotřebí použít šikmé čepy, šoupátek (šíbrů). Pro tvorbu dělicí roviny a tvarových dutin jsem použil zjednodušený díl, a dále tvarové dutiny upravoval.



*Obr. 45 Volba dělicích rovin výrobku*

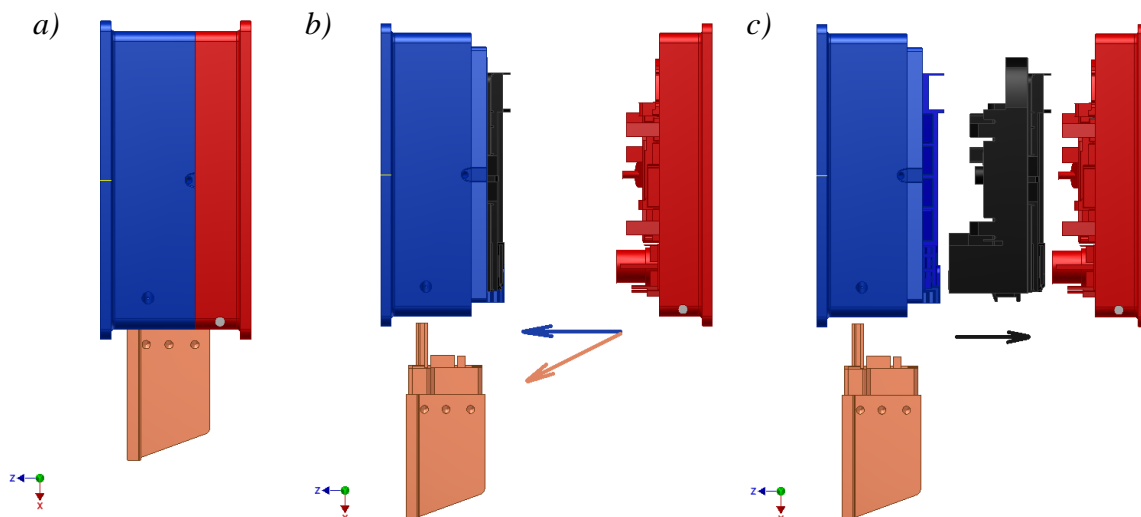
*1- hlavní dělicí rovina, 2 – vedlejší dělicí rovina*

Aby bylo dosaženo dělicí roviny rovnoběžnou s upínací deskou formy, byla dělicí rovina zapuštěná do tvarových desek (tvárník, tvárnice), „kapsa v kapse“.



*Obr. 46 Tvarové vložky*

*a) tvárnice, b) tvárník, c) posuvný tvárník*

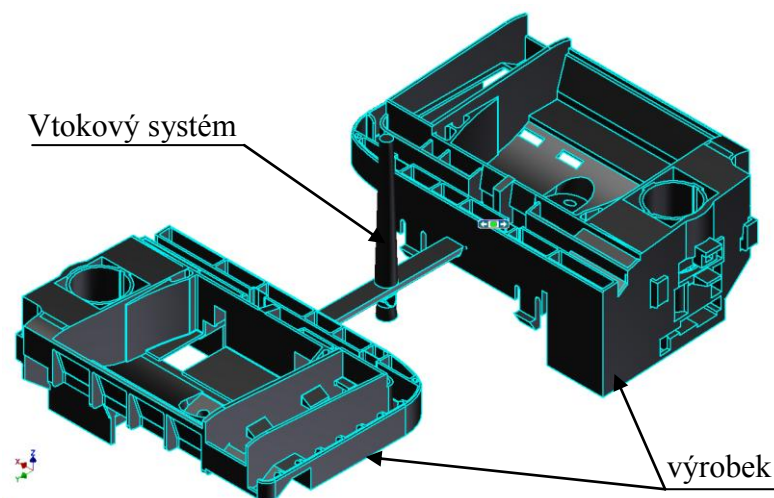


Obr. 47 Funkce formy

a) uzavřená forma, b) otevírání formy, c) vyhození výstříku

## 9.2 Násobnost formy

Hlavním kritériem, které rozhoduje při volbě násobnosti formy, je požadované množství výstříků za čas, složitost daného výstříku a také rozměry výstříku, protože se vychází ze vzdálenosti mezi vodícími sloupy vstřikovacího stroje, který je k dispozici (velikost stroje). Z technologického pohledu platí, že čím větší násobnost formy, tím se zhoršuje jakost výstříku. Je také potřeba větších vstřikovacích tlaků, a dalším problémem je nutnost vyváženého vtokového systému z důvodu stejných mechanických vlastností výstříku. Z ekonomického pohledu platí čím větší násobnost, tím kratší čas pro zhotovení dané zakázky. [5] Byla zvolena dvojnásobnou vstřikovací formou.

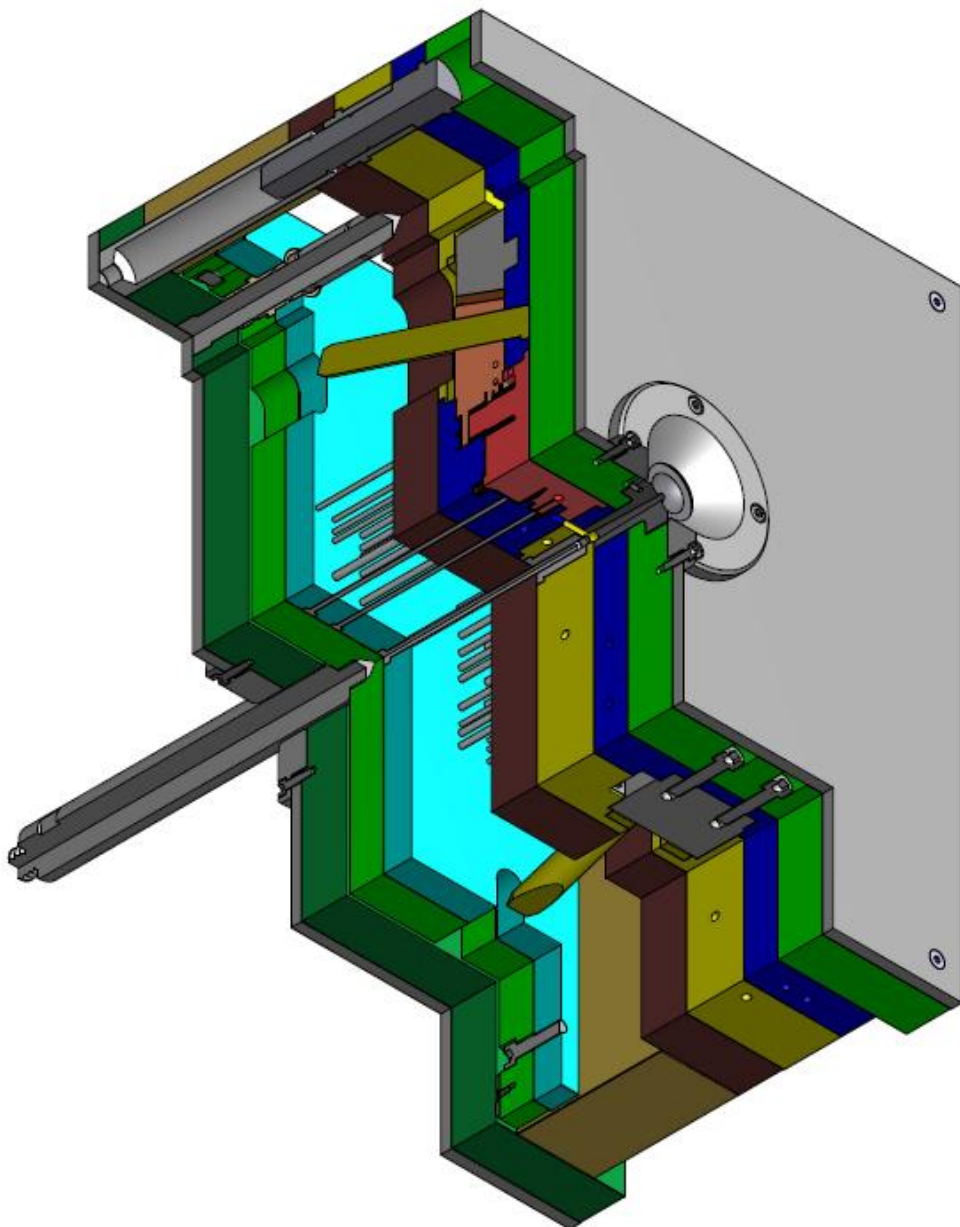


Obr. 48 Představa výroby na jeden cyklus

### 9.3 Vstřikovací forma

Vstřikovací formy se skládají ze tří částí, a to z pravé strany, často označována jako strana trysky, z levé části, označovanou jako stranu vyhazovače, a z vyhazovacího systému. Vyhazovací systém bývá často spojen s levou částí formy (strana vyhazovače). [5]

U konstruování vstřikovacích forem se klade velký důraz na využití normálii od firem HASCO, DME, POLYMOLD a jiné. Normálie umožňují zrychlení konstruování forem, a hlavně mají menší ekonomický dopad na celkovou cenu formy.

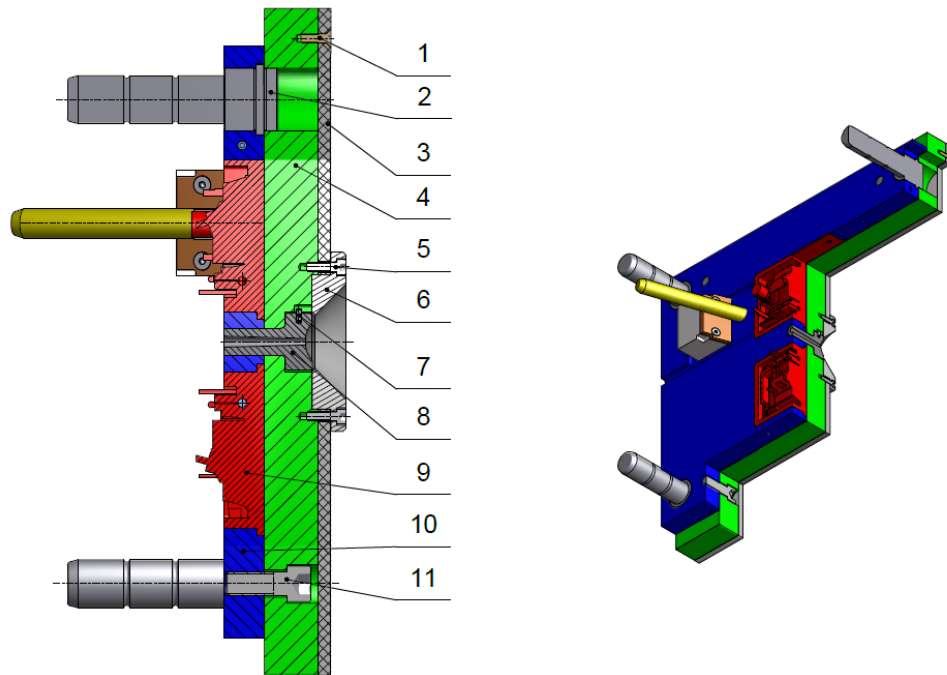


Obr. 49 3D Řez formy pro plastový díl

## 9.4 Varianty řešení, pravé strany formy

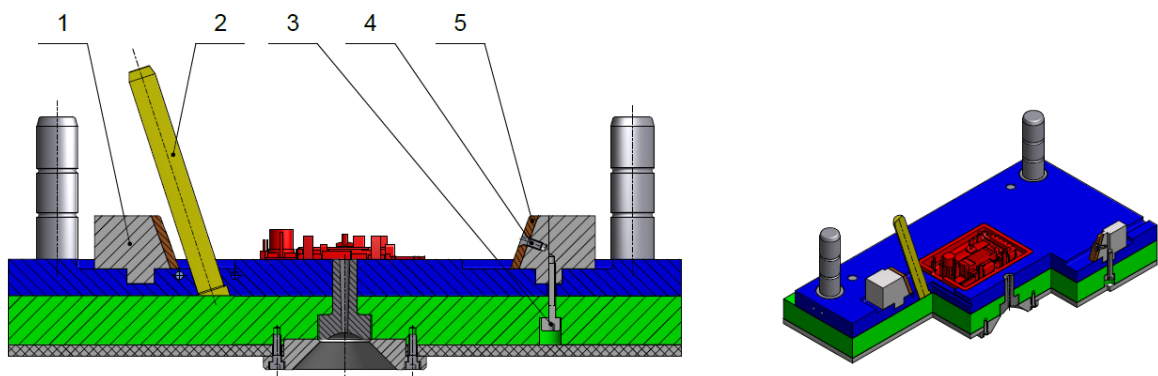
Byly navrženy dvě varianty řešení, rozdíl mezi variantou A a variantou B byl nepatrný, a liší se v konstrukci pravé části formy (strana trysky) jak bude dále vysvětleno. Byla posuzována a zvažována ekonomická výhodnost daných řešení.

### 9.4.1 Varianta A , pravá strana formy, vtokový systém



Obr. 50 Řez pravou stranou formy, upínacími a vodicími prvky

1 – šroub A, 2 – vodicí čep A, 3 – izolační deska, 4 – upínací deska,  
5 – šroub B, 6 – středící kroužek, 7 – válcový čep, 8 – vtoková objímka,  
9 – tvárník, 10 – kotevní deska pravá, 11 – šroub C



Obr. 51 Řez pravou stranou formy, komponenty šikmého čepu

1 – šoupátkový uzávěr, jištění síbrů, 2 – šikmý čep,

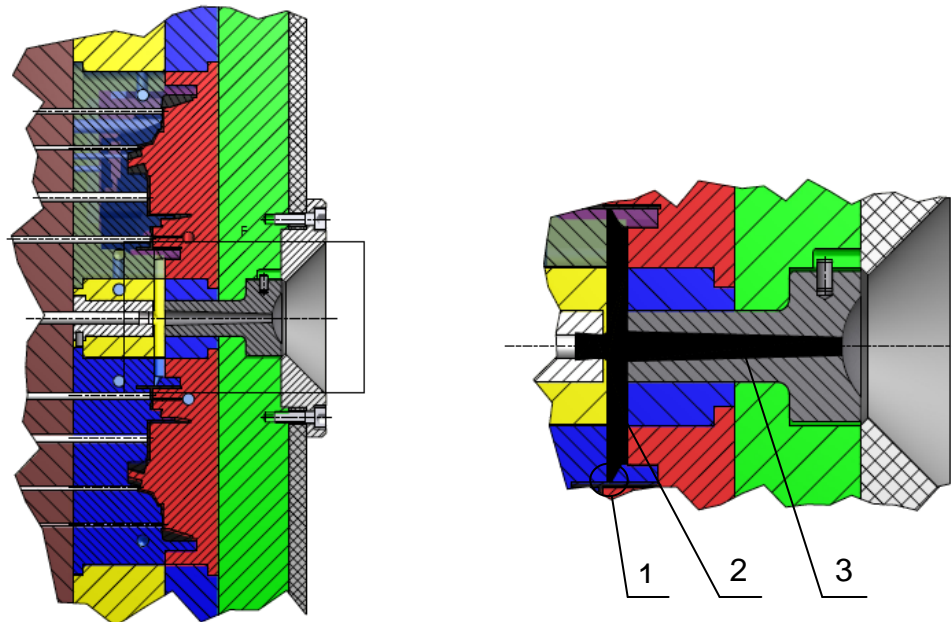
3 – šroub D, 4 – šroub E, 5 – dosedací deska

Pravá strana trysky se skládá z izolační desky, upínací desky, kotevní desky tvarových vložek, vodících, upínacích, středících a pojistných prvků, dále z vtokové vložky .

Do kotevní desky jsou nalisovány tvarové vložky, šikmé čepy a vodící čepy, dále jsou překryty upínací deskou, která je vystředěna vodícími čepy, a přišroubovaná zápustnými šrouby. Dále jsou do kotevní desky vložena jištění šoupátek (šíbrů), které jsou k ní upevněny šrouby vedoucí přes upínací desku.

V upínací a kotevní desce je vložena vtoková vložka, která má za úkol dopravit roztažený polymer do dutiny formy. Vtoková vložka je zajištěna v upínací desce válcovým kolíkem proti pootočení, dále je zajištěna středícím kroužkem, který vede přes izolační desku do desky upínací a je upevněn šrouby, stejně jako izolační deska. Středící kroužek středí formu k rámu stroje.

Ve formě varianta A byl zvolen studený vtokový systém, s rozvodnými kanály zakončenými tunelovými vtoky, což nám umožňuje plnou automatizaci výroby, jelikož k odstřížení výstřiku od vtokového zbytku dojde při vyhazování výstřiku. Oproti vyhřívanému vtokovému systému je levnější, energeticky méně náročnější, a však je zde větší spotřeba materiálu a dochází k zamrznutí vtokového systému.

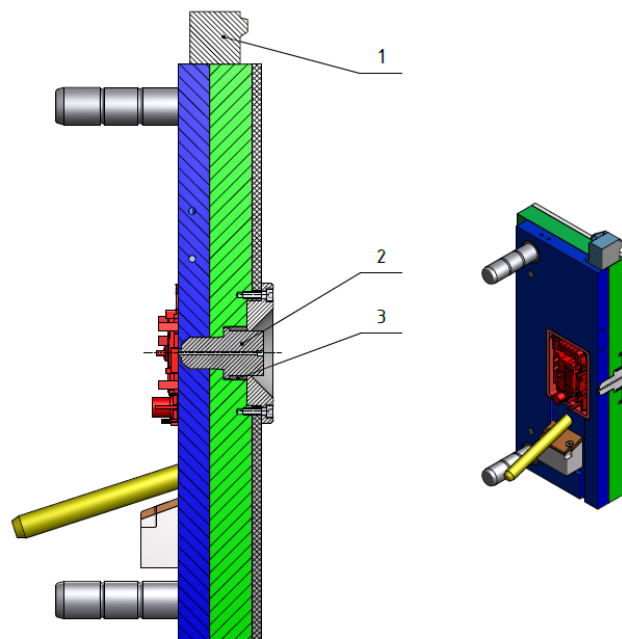


Obr. 52 Detail vstřikovací formy, a detail vtokového systému

1 – vtokové ústí, 2 – rozvodný kanál, 3 – vtokový kužel

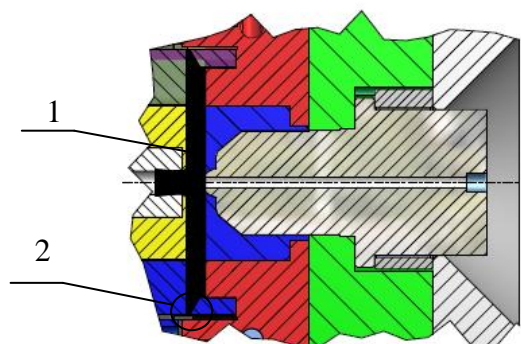
### 9.4.2 Varianta B, pravá strana formy, vtokový systém

Vstřikovací forma varianta B se od varianty A téměř neliší, jen a pouze byl nahrazen studený vtokový systém, za kombinaci horké trysky a studeného rozvodného kanálu, což nám zvyšuje pořizovací cenu a energetickou náročnost, ale ovšem snižuje hmotnost vtokového zbytku. Tím se i zmenšuje množství odpadu, z ekonomického hlediska, pro sériovou výrobu statisíce cyklů, výrazně snižuje množství potřebného materiálu, a tím, i celkové náklady na výrobu. Horká tryska je vyhřívána odporovým topením. Tryska je nalisována v upínací desce, dále je pojištěna rozpěrným kroužkem a ten pojišťuje středící kroužek. Tryska je zapojena do zásuvky pomocí kabelů vedoucími v upínací desce.



Obr. 53 Forma varianta B, horká tryska

1 – zásuvka pro horkou trysku, 2 – horká tryska, 3 – rozpěrný pojišťující kroužek

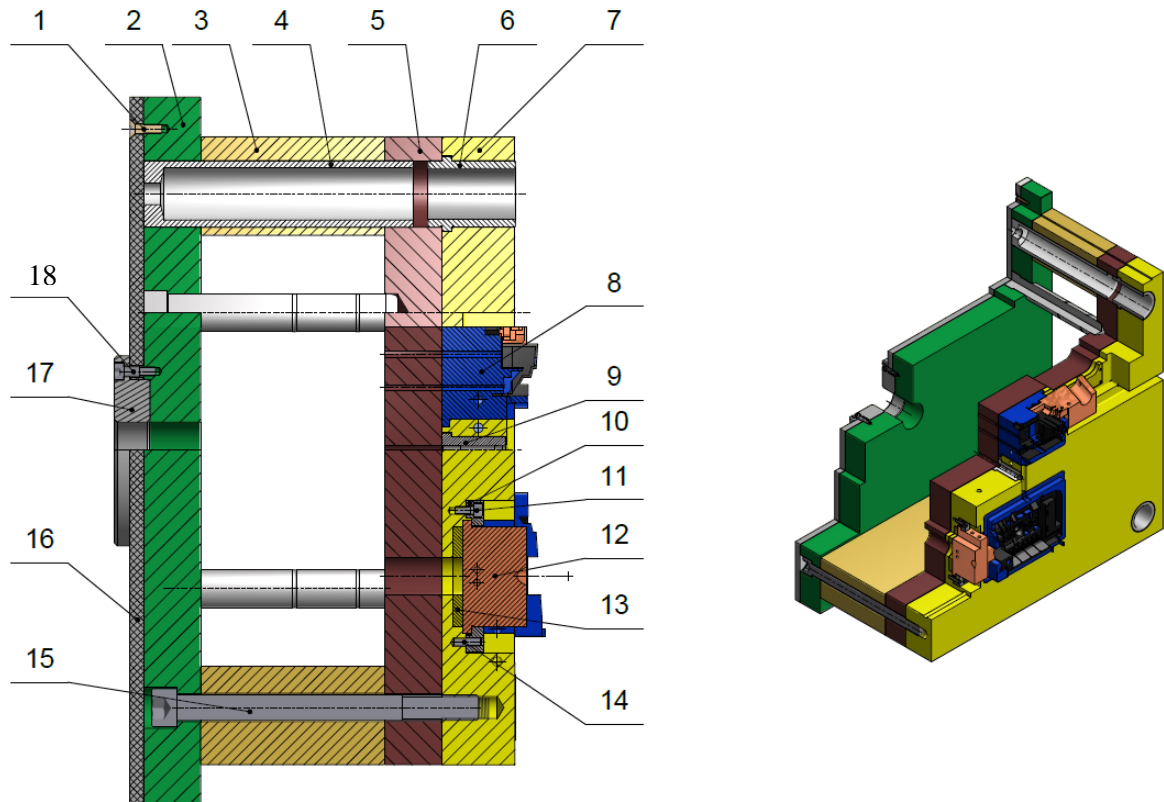


Obr. 54 Detail horké trysky, vtokový zbytek

1 – rozvodný kanál, 2 – vtokové ústí



### 9.5 Levá strana formy, strana vyhazovače



Obr. 55 Řez levou stranou vstřikovací formy

- 1 – šroub A, 2 – upínací deska, 3 – rozpěrná deska, 4 – středící pouzdro - trubka,  
 5 – opěrná deska, 6 – vodící pouzdro A, 7 – kotevní deska levá, 8 – tvárnice  
 9 – přídržovač vtoku, 10 – vodící lišta, 11 – šroub F, 12 – šoupátko - šibr ,  
 13- ploché samomazné vedení, 14 – středící kolík, 15 - šroub G,  
 16 – izolační deska, 17 – středící kroužek, 18 – šroub B

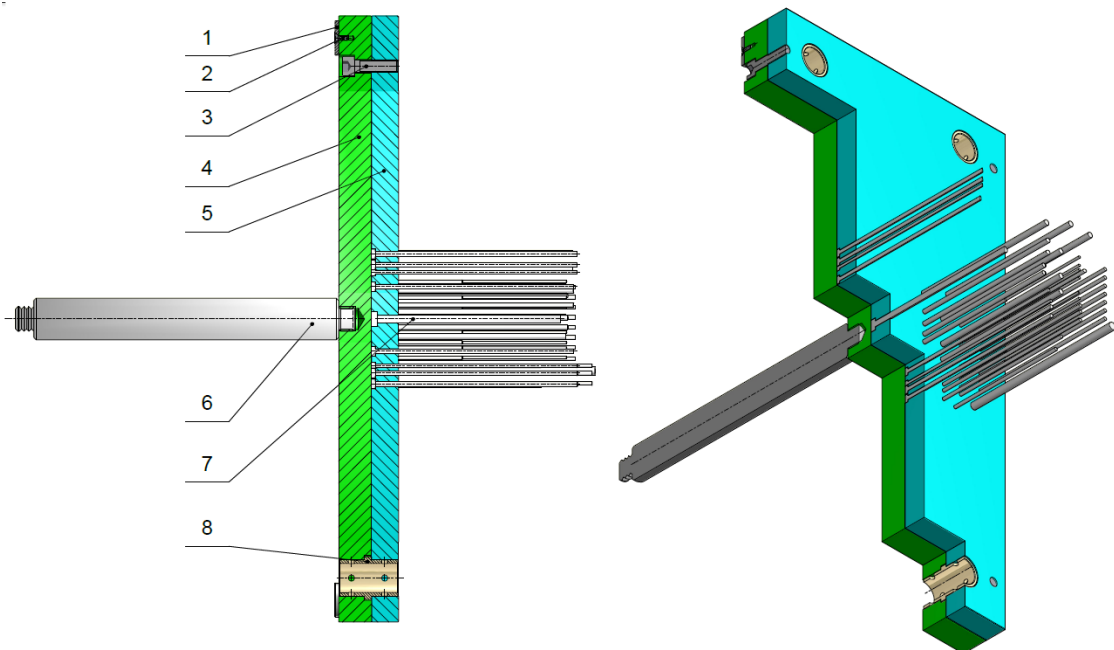
Levá strana formy se skládá z izolační desky, upínací desky, rozpěrných desek, opěrné desky, kotevní desky, z vodících, středících a upínacích prvků.

Do kotevní desky jsou nalisovány tvarové vložky, vodící pouzdra, které mají za úkol středit levou stranu formy vůči pravé. Také je v ní nalisován přídržovač toku, který je pojištěn válcovým kolíkem proti pootočení. Dále jsou v ní umístěna samomazná vedení, po nichž se posouvají šoupátka (šibry), které jsou pojištěny vodícími lištami, a ty jsou vystředěny válcovými kolíky a upevněny zápusnými válcovými šrouby. Na kotevní desku je umístěna opěrná deska, ve které jsou vyvrtané vodící díry pro vyhazovače. Dále jsou použity rozpěrné desky, v nichž jsou středící pouzdra, která středí upínací desku, rozpěrné

desky a opěrnou desku. Opěrná deska je středěna pouzdry s kotevní deskou. Desky jsou k sobě upevněny svěrnými spoji, které vznikají pomocí šroubů vedoucí z upínací desky, přes rozpěrné, opěrné až do kotevní desky.

V upínací desce jsou nalisovány vodící čepy B po, kterých se bude pohybovat vyhazovací systém, a jsou pojištěny izolační deskou, která je upevněna zápustnými šrouby, a pojištěna středícím kroužkem, který je rovněž upevněn zápustnými šrouby.

## 9.6 Vyhazovací systém



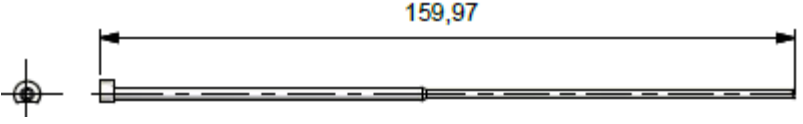
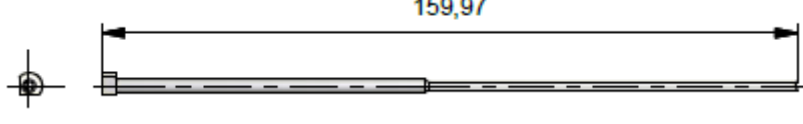
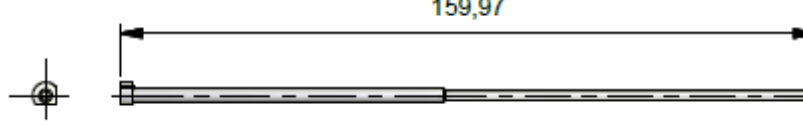
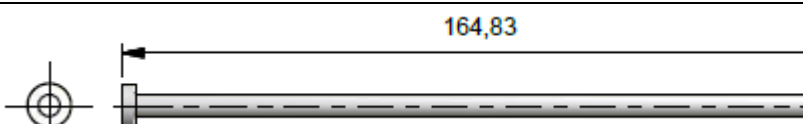
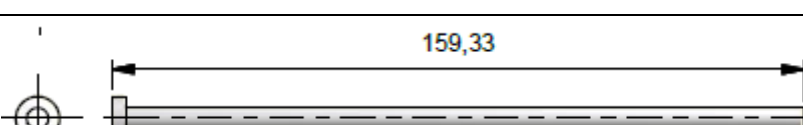
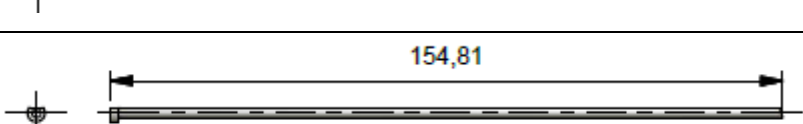
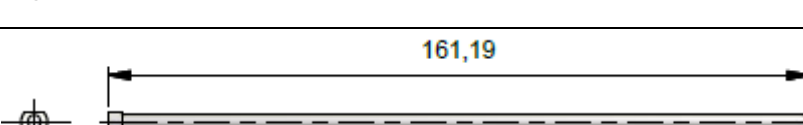
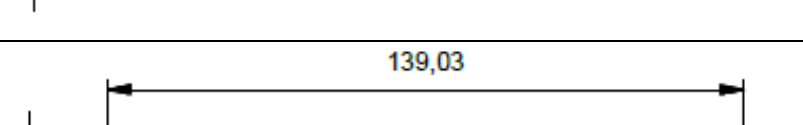
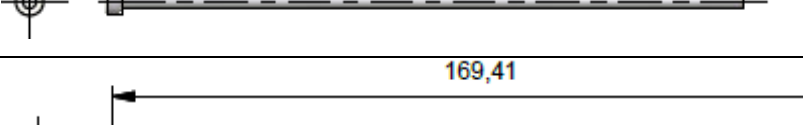
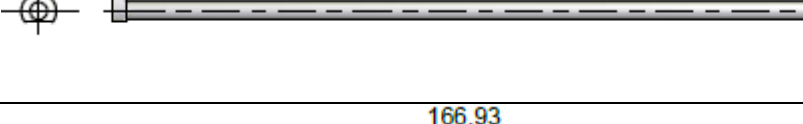
Obr. 56 Vyhazovací systém

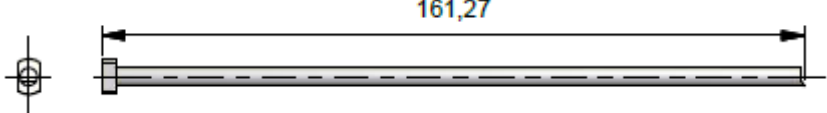
1 – dosedací podložka, 2 – šroub H, 3 – šroub J, 4 – opěrná deska vyhazovače,  
5 – kotevní deska vyhazovače, 6 – trn, 7 – vyhazovače, 8 – vodící pouzdro B

Vyhazovací systém se skládá z opěrné a kotevní desky vyhazovače, z vodicích a upínacích prvků, a různých typů válcových a prizmatických vyhazovačů.

V kotevní desce jsou nalisovány vyhazovače a řadě z nich je zabráněno pootočení různými zkoseními. Dále jsou v kotevní desce nalisovány vodící pouzdra, které středí upínací desku, a také středí vyhazovací systém do levé strany formy strany vyhazovače. Nutno zabudovat vyhazovací systém do levé části formy při její montáži. Opěrná deska je ke kotevní upevněna šrouby. V opěrné desce jsou zápustnými šrouby upevněny dosedací podložky, které vykonávají funkci dorazu. Dále je v opěrné desce upevněn, pomocí závitu, trn, a ten je upevněn ve vyhazovacím dorazu vstřikovacího stroje

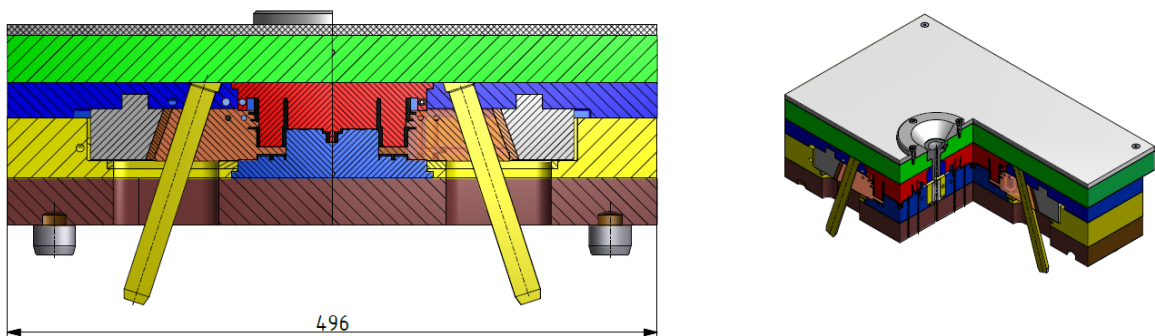
Tab. 10 příklady použitých vyhazovačů

Norma	Náhled	ks
Z441-2x160		8
Z441-2x160		4
Z441-2x160		4
Z40 – 5x200		6
Z40 – 5x160		6
Z40-2x160		2
Z40- 3x200		12
Z40-3x160		4
Z40-7x200		2
Z40-3x200		16

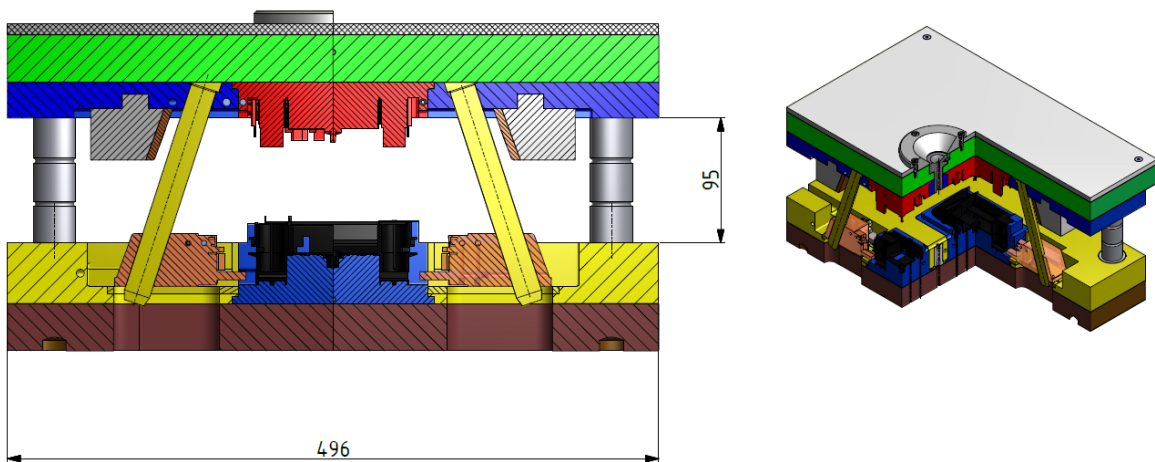
Z40-4x200		10
-----------	------------------------------------------------------------------------------------	----

### 9.7 Funkce šikmého čepu a šoupátka (šibrů)

Šikmé čepy a s nimi i šoupátka (šibrů) používáme pro odformování vedlejších dělicích rovin. Při otvírání formy se šoupátka (šibrů) posouvají po šikmém vyhazovači a doformovávají vedlejší dělicí rovinu tak, jako ukazují následující obrázky.



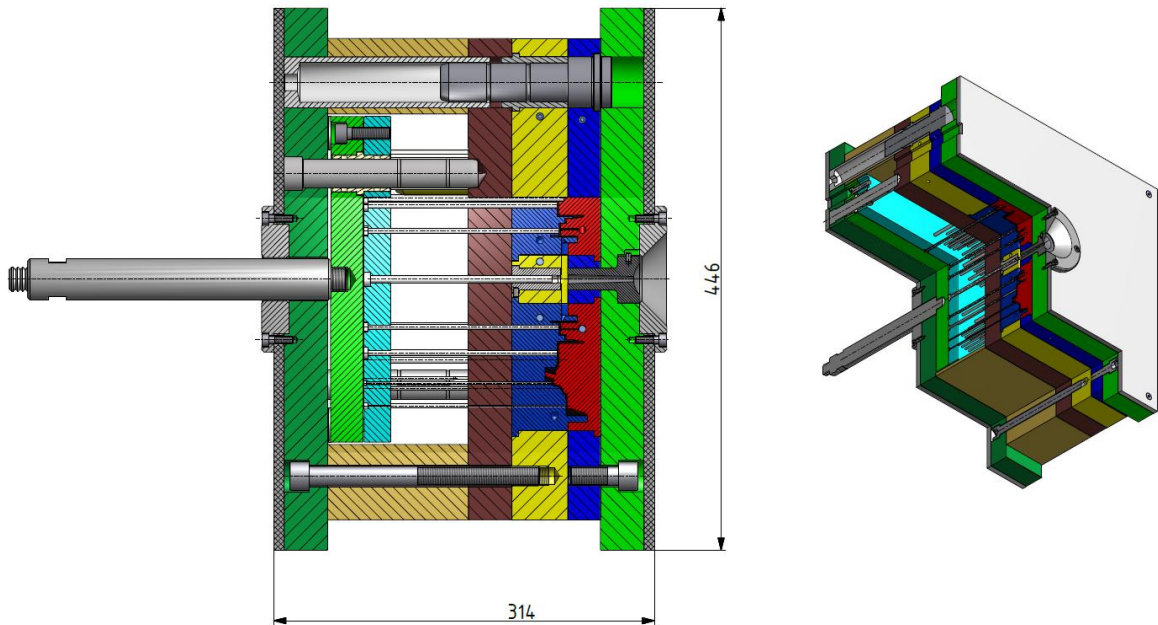
Obr. 57 Funkce šikmého čepu a šoupátka (šibrů), forma uzavřena



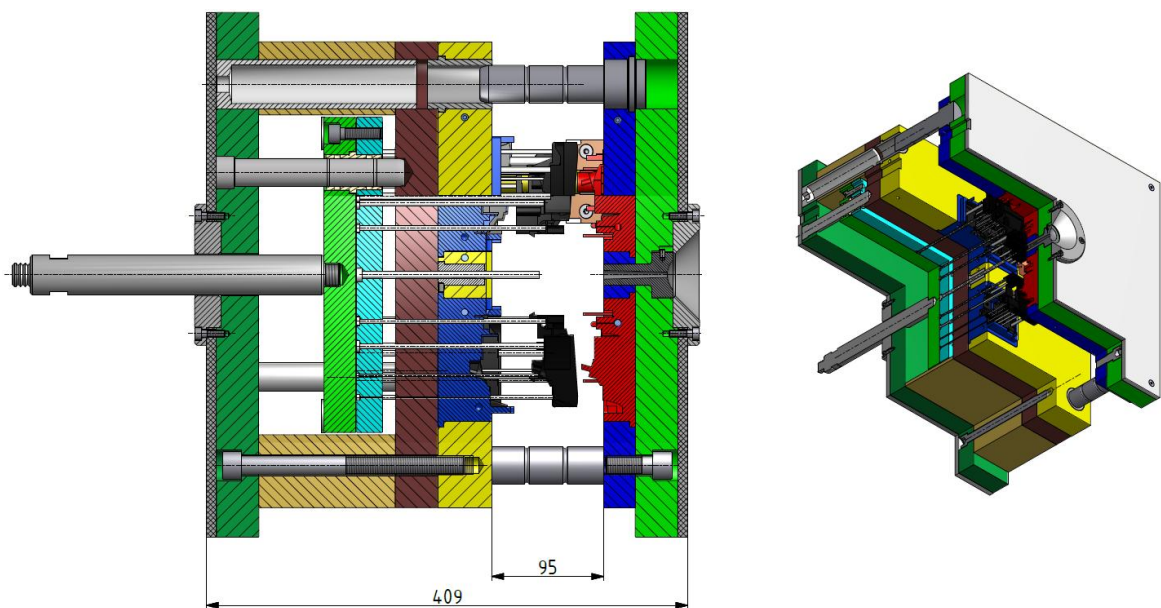
Obr 58 Funkce šikmého čepu a šoupátka (šibrů), forma otevřena

## 9.8 Funkce vyhazovacího systému

Vyhazovací systém slouží k vyhození výstřiku z dutiny tvárnice. Vyhazovací systém se skládá z celé řady válcových a prizmatických vyhazovačů, jak vidíme na následujících obrázcích vyhazovací systém je rozměrově dostačující.



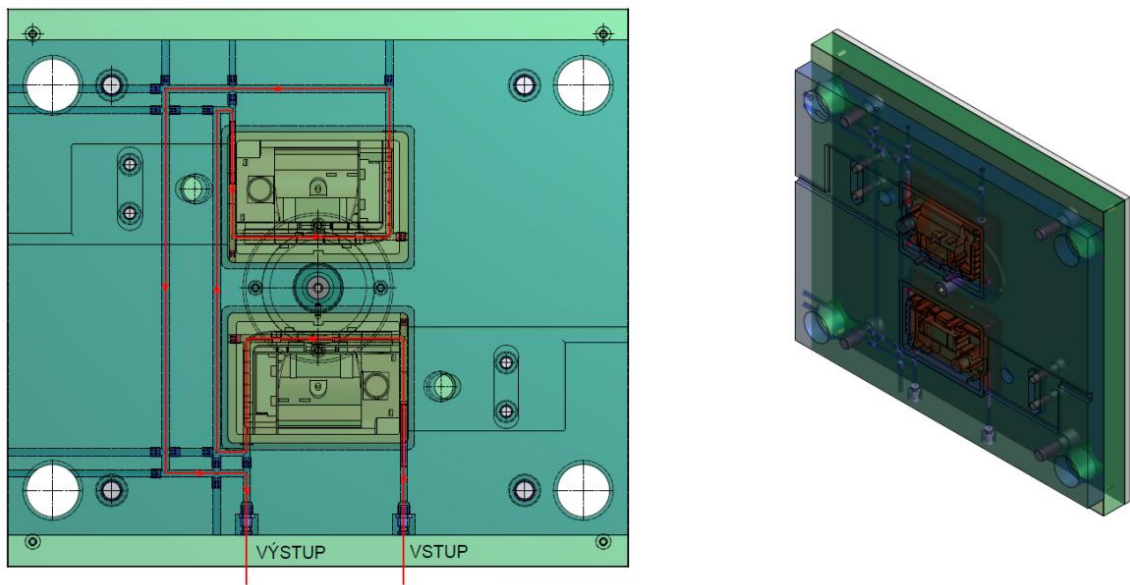
Obr. 59 Funkce vyhazovacího systému forma zavřená



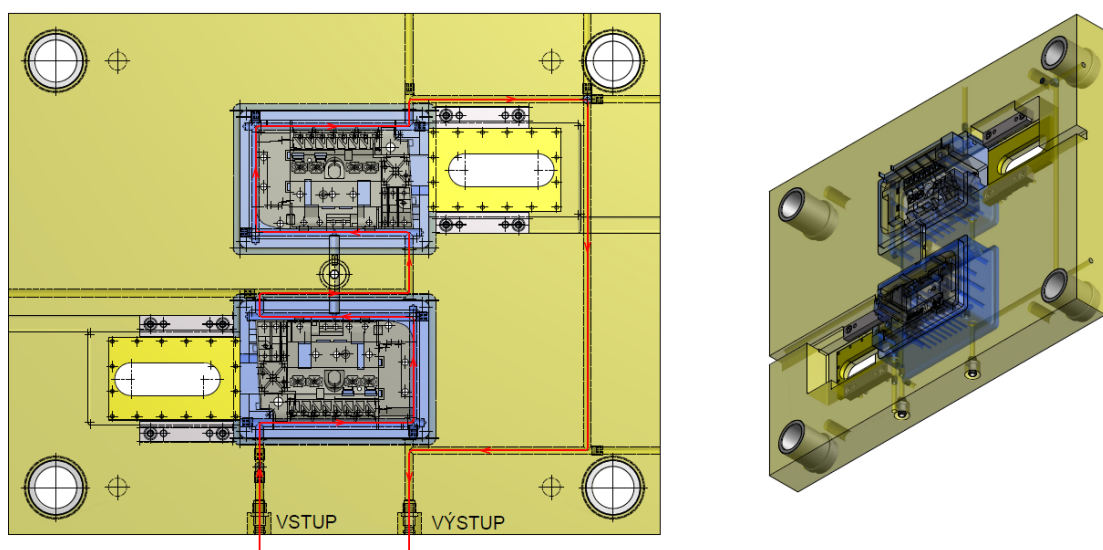
Obr. 60 Funkce vyhazovacího systému forma otevřená

## 9.9 Temperační systém

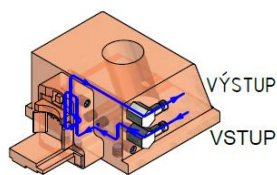
Temperační systém slouží k udržení konstantní teploty formy, k odvodu tepla z dutiny formy. Jako temperační médium bude použita voda, která bude proudit turbulentně soustavou navrtaných kanálů v levé i pravé desce a také v šíbrech. Kanály jsou uzavřeny uzavírkami pomocí závitu a na vstupu a výstupu jsou použity koncovky, na které se upevní hadice.



Obr. 61 Temperace pravé strany



Obr. 62 Temperace levé strany



Obr. 63 Temperace šíbrů

## 9.10 Ekonomický rozbor

Vstupní parametry k ekonomickému rozboru:

Tab. 11 Vstupní parametry rozvahy

Varianta A, studený vtokový systém			Varianta B, kombinace vyhřívané trysky a studených rozvodných kanálů		
Délka 1 cyklu	15	s	Délka 1 cyklu	12	s
Počet kusu za hodinu	240	Ks/h	Počet kusu za hodinu	300	ks
Celková hmotnost v.	99,48	g	Celková hmotnost v.	97,74	g
Čistá hmotnost v.	95,41	g	Čistá hmotnost v.	95,41	h
Hmotnost odpadu	4,07	g	Hmotnost odpadu	2,33	g
Pořizovací cena trysky	1 000	Kč	Pořizovací cena trysky	24 706	Kč
			Spotřeba energie	400	W
Cena materiálu	100	Kč/kg			
Cena energie 1kWh	4,64	Kč			

## 9.11 Vzorový příklad výpočtu

### 9.11.1 Výpočet pro SVS

Pro výpočet předpokládáme nepřetržitý provoz .

Vzorový výpočet je prezentován pro požadované množství 1000 ks výstřiků což je 500 cyklů

1. Výpočet celkového počtu hodin pro SVS pro dané množství

Celkový čas spočítáme jako počet cyklů lomeno počtem kusu za jednu hodinu:

$$P_C = 500 \text{ ks}$$

$$P_{k/h} = 240 \text{ ks/h}$$

$$t_c = \frac{P_C}{P_{k/h}} \quad (4.0)$$

$$t_c = \frac{500}{240} = 2,08 \text{ h} = 125 \text{ min} \quad (4.1)$$

2. Výpočet spotřeby materiálu pro dané množství

Hmotnost materiálu vypočteme jako hmotnost výstřiků krát počet cyklů

$$m_C = 98,48 \text{ g}$$

$$P_C = 500 \text{ ks}$$

$$m = m_C \cdot P_C \quad (5.0)$$

$$m = \frac{98,48 \cdot 500}{1000} = 49,7 \text{ kg} \quad (5.1)$$

3. Výpočet hmotnosti odpadu

Hmotnost odpadu vypočteme jako hmotnost materiálů na jeden cyklus minus čistá hmotnost výstřiku krát počet cyklu.

$$m_C = 98,48 \text{ g}$$

$$P_C = 500 \text{ ks}$$

$$m_V = 95,41 \text{ g}$$

$$m_O = (m_C - m_V) \cdot P_C \quad (6.0)$$

$$m_O = \frac{(98,48 - 95,41) \cdot 500}{1000} = 2,04 \text{ kg} \quad (6.1)$$

4. Výpočet nákladu na materiál pro výrobu

Náklady vypočítáme jako spotřebu materiálu na výrobu krát cenu materiálu

$$C = 100 \text{ Kč/kg}$$

$$N = m \cdot C \quad (7.0)$$

$$N = 49,7 \cdot 100 = 4\,970 \text{ Kč} \quad (7.1)$$

5. Pro výpočet VVS se použilo totožných vztahů + energetická náročnost

Náklady na energii náročnost

$$\text{Cena } 1 \text{ kWh je v průměru } E = 4,64 \text{ Kč}$$

$$W = 0,4 \text{ kW}$$



$$N_E = t_C \cdot W \cdot E \quad (8.0)$$

$$N_E = 1,67 \cdot 0,4 \cdot 4,64 = 3,09 \text{ Kč} \quad (8.1)$$

Tab. 12 Výpočet nákladu SVS

Studený vtokový systém							
Počet kusů (ks)	Počet cyklu (cyklu)	Počet hodin (h)	Hmotnost materiál (kg)	Hmot. Odpad (kg)	náklady Na výrobu (Kč)	Celkové náklady (Kč)	Cena energie (Kč)
2	1	0,004	0,099	0,004	1 010 Kč	1 010 Kč	0
20	10	0,042	0,995	0,04	1 099 Kč	1 099 Kč	0
200	100	0,417	9,948	0,4	1 995 Kč	1 995 Kč	0
2 000	1 000	4,2	99,5	4,1	10 948 Kč	10 948 Kč	0
20 000	10 000	41,7	994,8	40,7	100 480 Kč	100 480 Kč	0
40 000	20 000	83,3	1989,6	81,4	199 960 Kč	199 960 Kč	0
60 000	30 000	125,0	2984,4	122,1	299 440 Kč	299 440 Kč	0
80 000	40 000	166,7	3979,2	162,8	398 920 Kč	398 920 Kč	0
100 000	50 000	208,3	4974,0	203,5	498 400 Kč	498 400 Kč	0
120 000	60 000	250,0	5968,8	244,2	597 880 Kč	597 880 Kč	0
140 000	70 000	291,7	6963,6	284,9	697 360 Kč	697 360 Kč	0
160 000	80 000	333,3	7958,4	325,6	796 840 Kč	796 840 Kč	0
180 000	90 000	375,0	8953,2	366,3	896 320 Kč	896 320 Kč	0
200 000	100 000	416,7	9948	407	995 800 Kč	995 800 Kč	0
300 000	150 000	625,0	14922	610,5	1 493 200 Kč	1 493 200 Kč	0
400 000	200 000	833,3	19896	814	1 990 600 Kč	1 990 600 Kč	0
500 000	250 000	1041,7	24870	1017,5	2 488 000 Kč	2 488 000 Kč	0
600 000	300 000	1250,0	29844	1221	2 985 400 Kč	2 985 400 Kč	0
700 000	350 000	1458,3	34818	1424,5	3 482 800 Kč	3 482 800 Kč	0
800 000	400 000	1666,7	39792	1628	3 980 200 Kč	3 980 200 Kč	0
900 000	450 000	1875,0	44766	1831,5	4 477 600 Kč	4 477 600 Kč	0
1 000 000	500 000	2083,3	49740	2035	4 975 000 Kč	4 975 000 Kč	0
1 100 000	550 000	2291,7	54714	2238,5	5 472 400 Kč	5 472 400 Kč	0
1 200 000	600 000	2500,0	59688	2442	5 969 800 Kč	5 969 800 Kč	0
1 300 000	650 000	2708,3	64662	2645,5	6 467 200 Kč	6 467 200 Kč	0
1 400 000	700 000	2916,7	69636	2849	6 964 600 Kč	6 964 600 Kč	0
1 500 000	750 000	3125,0	74610	3052,5	7 462 000 Kč	7 462 000 Kč	0
1 600 000	800 000	3333,3	79584	3256	7 959 400 Kč	7 959 400 Kč	0
1 700 000	850 000	3541,7	84558	3459,5	8 456 800 Kč	8 456 800 Kč	0
1 800 000	900 000	3750,0	89532	3663	8 954 200 Kč	8 954 200 Kč	0
1 900 000	950 000	3958,3	94506	3866,5	9 451 600 Kč	9 451 600 Kč	0
2 000 000	1 000 000	4166,7	99480	4070	9 949 000 Kč	9 949 000 Kč	0

## 9.11.2 Výpočet pro kombinaci vyhřívání trysky a studeného vtokového systému

Tab. 13 Výpočet nákladu VVS

Kombinace Vyhřívání trysky studený vtokový systém							
Počet kusů (ks)	Počet cyklu (cyklu)	Počet hodin (h)	Hmotnost materiál (kg)	Hmot. (kg)	náklady Na výrobu (Kč)	Celkové náklady (Kč)	Cena energie (Kč)
2	1	0,003	0,098	0,002	10 Kč	24 716 Kč	0,02
20	10	0,03	0,98	0,02	98 Kč	24 804 Kč	0,2
200	100	0,3	9,8	0,2	977 Kč	25 685 Kč	1,5
2 000	1 000	3,3	97,7	2,3	9 774 Kč	34 495 Kč	15,5
20 000	10 000	33,3	977,4	23,3	97 740 Kč	122 601 Kč	154,7
40 000	20 000	66,7	1954,8	46,6	195 480 Kč	220 495 Kč	309,3
60 000	30 000	100,0	2932,2	69,9	293 220 Kč	318 390 Kč	464,0
80 000	40 000	133,3	3909,6	93,2	390 960 Kč	416 285 Kč	618,7
100 000	50 000	166,7	4887,0	116,5	488 700 Kč	514 179 Kč	773,3
120 000	60 000	200,0	5864,4	139,8	586 440 Kč	612 074 Kč	928,0
140 000	70 000	233,3	6841,8	163,1	684 180 Kč	709 969 Kč	1082,7
160 000	80 000	266,7	7819,2	186,4	781 920 Kč	807 863 Kč	1237,3
180 000	90 000	300,0	8796,6	209,7	879 660 Kč	905 758 Kč	1392,0
200 000	100 000	333,3	9774,0	233,0	977 400 Kč	1 003 653 Kč	1546,7
300 000	150 000	500,0	14661,0	349,5	1 466 100 Kč	1 493 126 Kč	2320,0
400 000	200 000	666,7	19548,0	466,0	1 954 800 Kč	1 982 599 Kč	3093,3
500 000	250 000	833,3	24435,0	582,5	2 443 500 Kč	2 472 073 Kč	3866,7
600 000	300 000	1000,0	29322,0	699,0	2 932 200 Kč	2 961 546 Kč	4640,0
700 000	350 000	1166,7	34209,0	815,5	3 420 900 Kč	3 451 019 Kč	5413,3
800 000	400 000	1333,3	39096,0	932,0	3 909 600 Kč	3 940 493 Kč	6186,7
900 000	450 000	1500,0	43983,0	1048,5	4 398 300 Kč	4 429 966 Kč	6960,0
1 000 000	500 000	1666,7	48870,0	1165,0	4 887 000 Kč	4 919 439 Kč	7733,3
1 100 000	550 000	1833,3	53757,0	1281,5	5 375 700 Kč	5 408 913 Kč	8506,7
1 200 000	600 000	2000,0	58644,0	1398,0	5 864 400 Kč	5 898 386 Kč	9280,0
1 300 000	650 000	2166,7	63531,0	1514,5	6 353 100 Kč	6 387 859 Kč	10053,3
1 400 000	700 000	2333,3	68418,0	1631,0	6 841 800 Kč	6 877 333 Kč	10826,7
1 500 000	750 000	2500,0	73305,0	1747,5	7 330 500 Kč	7 366 806 Kč	11600,0
1 600 000	800 000	2666,7	78192,0	1864,0	7 819 200 Kč	7 856 279 Kč	12373,3
1 700 000	850 000	2833,3	83079,0	1980,5	8 307 900 Kč	8 345 753 Kč	13146,7
1 800 000	900 000	3000,0	87966,0	2097,0	8 796 600 Kč	8 835 226 Kč	13920,0
1 900 000	950 000	3166,7	92853,0	2213,5	9 285 300 Kč	9 324 699 Kč	14693,3
2 000 000	1 000 000	3333,3	97740,0	2330,0	9 774 000 Kč	9 814 173 Kč	15466,7

## 10 DISKUZE VÝSLEDKŮ

V ekonomickém rozboru byly porovnány: varianta A se SVS a varianta B s kombinací vyhřívané trysky a studených rozvodných kanálů, z hlediska celkových nákladů.

Při kusové výrobě dvou kusů výrobků čili při jednom cyklu se nevyplatí konstruovat formu s kombinací vyhřívané trysky a studených rozvodných kanálů. Ekonomický dopad na tuto variantu je ztrátový. I pro konstrukci studeného vtokového systému se forma z hlediska ekonomického nevyplatila, díl by byl velmi drahý, a proto bych pro zhotovení dílů doporučil využít 3D tiskárnu.

Pro malosériovou výrobu 1000 – 200 000 výrobků je z ekonomického hlediska vhodné pro konstrukci vstřikovací formy využít variantu A se studeným vtokovým systémem. Pro výrobu 200 000 výrobků což je 100 000 cyklů jsou celkové náklady na výrobu formy se studeným vtokovým systémem a na zhotovení dané zakázky nižší než na formu s kombinací vyhřívané trysky a studených rozvodných kanálů. Zejména z důvodu vysoké pořizovací ceny horké trysky.

Pro sériovou výrobu 300 000 výrobků což je 150 000 cyklu by z ekonomického hlediska bylo výhodné vyrobit vstřikovací formu, a to formu se SVS nebo formu s kombinací horké trysky. Pro tento případ je 300 000 výrobků hraničním přechodem, kdy se celkové náklady téměř neliší, ovšem kombinace vyhřívané trysky a studených rozvodných kanálů snižuje množství odpadu o 42% a proto bych ji pro dané množství doporučil.

Při velkosériové výrobě 400 000 – 2 000 000 výrobků, značně dominuje forma varianta B s kombinací vyhřívané trysky a studených rozvodných kanálů. A to zejména celkovými náklady na výrobu daného množství. Oproti variantě A se SVS zde dochází k značným finančním úsporám na výrobu a také tím se i zlevňuje konečná cena jednoho výrobku.

Všechny tvrzení, které jsou zde uvedeny, jsou teoretické pro konkrétní případ výroby zadaného dílu a demonstruje je následující tabulka.

Tab. 14 Porovnání výsledků

Počet kusů (ks)	Počet cyklu (cyklu)	Celkové náklady SVS (kč)	Celkové náklady VVS (kč)	nevyhodnost vyhodnost (kč)
2	1	1 010 Kč	24 716 Kč	-23 706 Kč
20	10	1 099 Kč	24 804 Kč	-23 704 Kč
200	100	1 995 Kč	25 685 Kč	-23 690 Kč
2 000	1 000	10 948 Kč	34 495 Kč	-23 547 Kč
20 000	10 000	100 480 Kč	122 601 Kč	-22 121 Kč
40 000	20 000	199 960 Kč	220 495 Kč	-20 535 Kč
60 000	30 000	299 440 Kč	318 390 Kč	-18 950 Kč
80 000	40 000	398 920 Kč	416 285 Kč	-17 365 Kč
100 000	50 000	498 400 Kč	514 179 Kč	-15 779 Kč
120 000	60 000	597 880 Kč	612 074 Kč	-14 194 Kč
140 000	70 000	697 360 Kč	709 969 Kč	-12 609 Kč
160 000	80 000	796 840 Kč	807 863 Kč	-11 023 Kč
180 000	90 000	896 320 Kč	905 758 Kč	-9 438 Kč
200 000	100 000	995 800 Kč	1 003 653 Kč	-7 853 Kč
300 000	150 000	1 493 200 Kč	1 493 126 Kč	74 Kč
400 000	200 000	1 990 600 Kč	1 982 599 Kč	8 001 Kč
500 000	250 000	2 488 000 Kč	2 472 073 Kč	15 927 Kč
600 000	300 000	2 985 400 Kč	2 961 546 Kč	23 854 Kč
700 000	350 000	3 482 800 Kč	3 451 019 Kč	31 781 Kč
800 000	400 000	3 980 200 Kč	3 940 493 Kč	39 707 Kč
900 000	450 000	4 477 600 Kč	4 429 966 Kč	47 634 Kč
1 000 000	500 000	4 975 000 Kč	4 919 439 Kč	55 561 Kč
1 100 000	550 000	5 472 400 Kč	5 408 913 Kč	63 487 Kč
1 200 000	600 000	5 969 800 Kč	5 898 386 Kč	71 414 Kč
1 300 000	650 000	6 467 200 Kč	6 387 859 Kč	79 341 Kč
1 400 000	700 000	6 964 600 Kč	6 877 333 Kč	87 267 Kč
1 500 000	750 000	7 462 000 Kč	7 366 806 Kč	95 194 Kč
1 600 000	800 000	7 959 400 Kč	7 856 279 Kč	103 121 Kč
1 700 000	850 000	8 456 800 Kč	8 345 753 Kč	111 047 Kč
1 800 000	900 000	8 954 200 Kč	8 835 226 Kč	118 974 Kč
1 900 000	950 000	9 451 600 Kč	9 324 699 Kč	126 901 Kč
2 000 000	1 000 000	9 949 000 Kč	9 814 173 Kč	134 827 Kč

## ZÁVĚR

Cílem experimentální části bylo vymodelovat 3D díl zadaného dílu krytky motoru, dále navrhnout a zkonstruovat 3D sestavu vstřikovací formy a dále 2D řez vstřikovací formy a pohledy do pravé a levé dutiny formy.

V kapitole 6 byl charakterizován a rozměrově specifikován zadaný výrobek kryt motoru.

V kapitole 7 byla řešena vhodnost materiálu. Materiál byl zvolen, vzhledem k použití výrobku, ze skupiny konstrukčních polymerů a to PP – GF30 (Polypropylen plněný 30% skelným vláknem).

Kapitola 8 byla zaměřena na volbu vstřikovacího stroje. U volby stroje rozhodovali parametry jako vstřikovací hmotnost jedné dávky, vzdálenost mezi vodícími sloupy a maximální uzavírací síla stroje. Po zvážení těchto parametrů byl zvolen vstřikovací stroj z elektrické řady strojů Allrounder – výrobce Arburg.

Kapitola 9 byla zaměřena na konstrukci vstřikovací formy. Jako první věci zde bylo řešeno zaformování výstřiku, volba dělicích rovin a tvorba tvarových vložek formy. Dále byla řešena násobnost formy. Z hlediska složitosti vstřikované součásti a byla zvolena dvounásobná zrcadlová forma.

Pro konstrukci vstřikovací formy byly zpracovány dvě varianty. Varianta A se studeným vtokovým systémem a varianta B s kombinací horké trysky a studených rozvodných kanálů. Tyto varianty se od sebe příliš neliší, jen a pouze v typu trysky.

U vyhazovacího systému bylo použito prizmatických a různých typů válcových vyhazovačů, kterým muselo být v mnoha případech bráněno proti pootočením menší úpravou a nalisováním do kotevní vyhazovací desky.

Byla provedena virtuální rozměrová kontrola šikmých čepů a vyhazovacího systému vstřikovací formy.

Temperanční systém byl řešen navrtáním temperačních kanálů v kotevních deskách ve tvarových vložkách a také ve tvarových vložkách šoupátka.

V ekonomickém rozboru byly porovnány obě varianty z hlediska celkových nákladů potřebné pro zhotovení dané zakázky. Rozepsané v diskuzi výsledku.

Zvolený program pro tvorbu 3D návrhů a výkresové dokumentace byl Autodesk Inventor 2011. Tento program se z hlediska uživatelského intuitivního prostředí zdál jako rozumná volba. Dále obsahuje prostředí pro konstrukci forem, který obsahuje moduly pro navrhování různých částí formy (dělicí rovinu, tvarové vložky, vtokový systém, temperační systém, vyhazovací systém). Také obsahuje bohaté zastoupení normálií stavebnicových prvků pro konstruování forem zejména od firem: HASCO, DME, POLYMOLD a jiné. Zaměřil jsem se na využití normálií od firmy HASCO, a také jsem použil HASCO DAKO modul, který obsahuje kompletní výrobky normálií od firmy HASCO.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] TOMIS, František. *Gumárenská a plastikářská technologie: Zpracovatelské procesy*. 2. přepr.vyd. Brno: VUT, 1987, 289 s. ISBN gumárenská a plastikářská technologie.
- [2] Technická univerzita Liberec: Katedra strojírenské technologie, oddělení tváření plastů.[online].[cit.2013-01-13].Dostupné:  
[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm)
- [3] *Jan Kašník / DIXI: výroba plastových obalů* [online]. [cit. 2013-01-13]. Dostupné z: <http://www.dixi.cz/technologie.html>
- [4] *Konstrukce forem: Ing. Michal Staněk, Ph.D.* Zlín, 2012/2013. T5KF. Přednášky. Univerzita Tomáše Bati..
- [5] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů*. 2. vyd. - Brno: UNIPLAST, 1999. 134 s.
- [6] Technická univerzita Liberec: Katedra strojírenské technologie, oddělení tváření plastů.[online].[cit.2013-01-13].Dostupné z:  
[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/01.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm)
- [7] Vysoké učení technické v Brně: Ústav strojírenské technologie. [online]. [cit. 2013-01-13].Dostupné z:  
[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).
- [8] TOMIS, František a František RULÍK. *Gumárenské a plastikářské stroje II*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1981, 399 s..
- [9] NEUHAUSL,E. *Vstřikování plastických hmot*. PRAHA SNTL 1973.206.s,
- [20] T5KO - SEMINÁŘ.
- [11] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů*. 1. vyd. - Brno: UNIPLAST, 1999. 214 s.
- [12] Hasco [online]. [cit. 2013-11-15]. Dostupný z WWW: <http://hasco.com>
- [13] AUTODESK. Inventor [online]. [cit.2013-04-30]. Dostupné z :  
<http://www.autodesk.com/products/autodesk-inventor-family/features>
- [14] TechnoCentrum CAD s.r.o. [online]. [cit. 12.3.2004]. Dostupné na World Wide Web :  
< <http://www.tccad.cz/cz/produkty/produkty.php?page=manualy> >.

[15] Autodesk: Simulation. [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z:

<http://www.autodesk.com/products/autodesk-simulation-amily/features/simulation-moldflow>

[16] Wikipedia: Polypropylen. [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z:

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Polypropylen>

### Seznam použitých symbolů a zkratk

CAD Computer aided design (Počítačová podpora konstrukce)

T<sub>m</sub> Teplota tání

T<sub>f</sub> Teplota viskózního toku

T<sub>g</sub> Teplota skelného přechodu

PE Polyethylen

PP Polypropylen

PA Polyamid

PTFE Polytetrafluorethylen

POM Polyoximethylen

M Zdvihová hmotnost plastu

G Hmotnost vystřiku

A Hmotnost vtokových kanálů

n Násobnost formy

$\frac{\alpha_x}{\alpha_p}$  Podíl poměrových hodnot z určeného plastu k polystyrenu

V Objem

$\rho$  Hustota

F Uzavírací síla v dělicí rovině

F' Uzavírací síla vstřikovacího stroje



---

S	Průmět plochy výstřiku do dělicí roviny, včetně rozvodných kanálů
P <sub>v</sub>	Tlak plastu v dutině formy
k	Koeficient tekutosti
P <sub>c</sub>	Počet cyklů
P <sub>k/h</sub>	Počet kusů v hodině
t <sub>c</sub>	Počet hodin
m <sub>c</sub>	Celková hmotnost výstřiku
m <sub>v</sub>	Čistá hmotnost výstřiku
m <sub>o</sub>	Hmotnost odpadu
m	Hmotnost materialu
C	Cena materiálu
N	Náklady na danou výrobu
SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
N <sub>E</sub>	Náklady na energii
W	Výkon trysky
E	Ceny energie

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr.1 Schéma vstřikování [3].....</i>	12
<i>Obr.2 Struktura amorfního polymeru [3] .....</i>	13
<i>Obr.3 Amorfní polymery [5] .....</i>	14
<i>Obr.4 Struktura semikrystalického polymeru [3] .....</i>	14
<i>Obr.5 Schéma semikrystalických polymerů [5] .....</i>	15
<i>Obr.6 Struktura reaktoplastu [3] .....</i>	16
<i>Obr.7 Struktura elastomeru [3] .....</i>	16
<i>Obr. 8 Vstřikovací cyklus [1].....</i>	17
<i>Obr.9 Vstřikovací cyklus [2] .....</i>	18
<i>Obr. 10 Vliv doplňování na zbytkový tlak ve formě [1].....</i>	18
<i>Obr.11 Diagram <math>p</math><math>v</math><math>T</math> vstřikovací cyklus [4] .....</i>	19
<i>Obr. 12 Diagram <math>p</math><math>v</math><math>T</math> vstřikovací cyklus [4].....</i>	20
<i>Obr.13 Schéma vstřikovacího stroje [9] .....</i>	21
<i>Obr.14 Dosednutí trysky stroje na trysku formy [5].....</i>	22
<i>Obr.15 Pistová vstřikovací jednotka [8].....</i>	23
<i>Obr.16 Šneková plastikační jednotka [8] .....</i>	24
<i>Obr. 17 řídicí jednotka vstřikovacího stroje [13].....</i>	25
<i>Obr. 18 Vady tenkostěnných výstřiků [4] .....</i>	27
<i>Obr.19 a) Podkoso b) Úkoso [4].....</i>	28
<i>Obr.20 Žebro [5] .....</i>	29
<i>Obr.21 Technologické žebrování [5] .....</i>	29
<i>Obr.22 Hloubka otvorů [5].....</i>	30
<i>Obr.23 Slepý otvor [5] .....</i>	30
<i>Obr.24 Řez vstřikovací formou [10] .....</i>	32
<i>Obr.25 Pravá strany forma se studeným vtokovým systémem .....</i>	35
<i>Obr.26 Příklady vyvážených vtokových systému [11] .....</i>	36
<i>Obr. 27 Průřez vtokových kanálů [11] .....</i>	37
<i>Obr. 28 Části vtokového systému[11] .....</i>	38
<i>Obr.29 Kuželový vtok[11] .....</i>	39
<i>Obr.30 Bodové ústí [11] .....</i>	40
<i>Obr. 32 Banánový vtok [11] .....</i>	40
<i>Obr.33 Boční vtoky [11] .....</i>	41

<i>Obr.34 Druhy filmových vtoku [11]</i> .....	42
<i>Obr.35 Příklad rozvodných bloků [12]</i> .....	42
<i>Obr.36 Vyhřívání blok ve formě [12]</i> .....	43
<i>Obr.37 Válcový vyhazovač [12]</i> .....	44
<i>Obr.38 Trubkový vyhazovač bez jádra [12]</i> .....	45
<i>Obr.39 Přidržovač vtoku [11]</i> .....	46
<i>Obr.40 Velikost temperančního kanálu [11]</i> .....	47
<i>Obr.41 Ukázka konstrukčních řešení temperančních kanálů [11]</i> .....	48
<i>Obr. 42 Zadaný plastový díl pohled 1</i> .....	54
<i>Obr. 43 Zadaný plastový díl pohled 2</i> .....	54
<i>Obr.44 Volba vstřikovacího stroje</i> .....	58
<i>Obr. 45 Vstřikovací stroj</i> .....	58
<i>Obr. 46 Volba dělicích rovin výrobku</i> .....	59
<i>Obr. 47 Tvarové vložky</i> .....	59
<i>Obr. 48 Funkce formy</i> .....	60
<i>Obr. 49 Představa výroby na jeden cyklus</i> .....	60
<i>Obr. 50 3D Řez formy pro plastový díl</i> .....	61
<i>Obr. 51 Řez pravou stranou formy, upínacími a vodícími prvky</i> .....	62
<i>Obr. 52 Řez pravou stranou formy, komponenty šikmého čepu</i> .....	62
<i>Obr. 53 Detail vstřikovací formy, a detail vtokového systému</i> .....	63
<i>Obr. 54 Forma varianta B, horká tryska</i> .....	64
<i>Obr. 55 Detail horké trysky, vtokový zbytek</i> .....	64
<i>Obr. 56 Řez levou stranou vstřikovací formy</i> .....	65
<i>Obr. 57 Vyhazovací systém</i> .....	66
<i>Obr. 58 Funkce šikmého čepu a šoupátka (šibrů), forma uzavřena</i> .....	68
<i>Obr 59 Funkce šikmého čepu a šoupátka (šibrů), forma otevřena</i> .....	68
<i>Obr. 60 Funkce vyhazovacího systému forma zavřená</i> .....	69
<i>Obr. 61 Funkce vyhazovacího systému forma otevřena</i> .....	69
<i>Obr. 62 Temperace pravé strany</i> .....	70
<i>Obr. 63 Temperace levé strany</i> .....	70
<i>Obr. 64 Temperace šibrů</i> .....	71

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab.1 Vstřikovací vlastnosti některých polymerů [6]</i> .....	15
<i>Tab.2 Doporučená zaoblení [5]</i> .....	27
<i>Tab.3 Úkosy a podkosy[4]</i> .....	28
<i>Tab.4 Minimální požadavky žeber [5]</i> .....	29
<i>Tab.5 Hloubka otvorů [5]</i> .....	30
<i>Tab.6 Tloušťka stěn u slepých otvorů [5]</i> .....	30
<i>Tab.7 Vzdálenost otvorů a drážek od kraje výstřiků [5]</i> .....	31
<i>Tab.8 Velikost otvoru pro závity [5]</i> .....	31
<i>Tab. 9 Vlastnosti materiálu ( Moldflow Plastics Labs)</i> .....	55
<i>Tab. 10 příklady použitých vyhazovačů</i> .....	67
<i>Tab. 11 Vstupní parametry rozvahy</i> .....	71
<i>Tab. 12 Výpočet nákladu SVS</i> .....	73
<i>Tab. 13 Výpočet nákladu VVS</i> .....	74
<i>Tab. 14 Porovnání výsledků</i> .....	76

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I.: Katalogový list

Příloha P II.: Vstřikovací forma

Příloha P III.: Strana vyhazovače

Příloha P IV.: Strana trysky

Příloha P V.: Vyhazovací systém

Příloha P VI.: Výkresová dokumentace :

- ŘEZ VSTŘIKOVACÍ FORMOU
- STRANA TRYSKY
- STRANA VYHAZOVAČE
- KUSOVNÍK

# PŘÍLOHA P I: KATALOGOVÝ LIST



## CELSTRAN® PP-GF30-02 | PP | Glass Reinforced

### Description

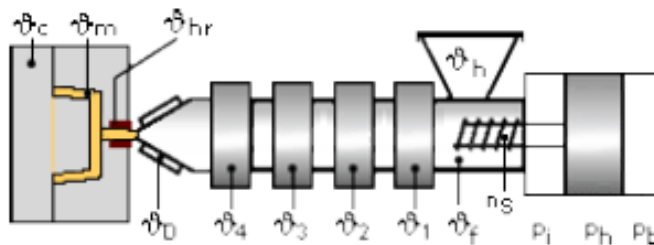
30% strand glass fiber reinforced polypropylene

Physical properties	Value	Unit	Test Standard
Density	1120	kg/m <sup>3</sup>	ISO 1183

Mechanical properties	Value	Unit	Test Standard
Tensile modulus (1mm/min)	5800	MPa	ISO 527-2/1A
Tensile stress at break (5mm/min)	92	MPa	ISO 527-2/1A
Tensile strain at break (5mm/min)	2.53	%	ISO 527-2/1A
Flexural modulus (23°C)	6000	MPa	ISO 178
Flexural strength (23°C)	155	MPa	ISO 178
Charpy notched impact strength @ 23°C	20	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1eA

Thermal properties	Value	Unit	Test Standard
DTUL @ 1.8 MPa	150	°C	ISO 75-1/-2

### Typical injection moulding processing conditions



Maximum residual moisture content: 0.2000%

#### Processing Temperatures:

	∅ Cavity	∅ Melt	∅ Hot Runner	∅ Die	∅ 4	∅ 3	∅ 2	∅ 1	∅ Feeding	∅ Hopper
min (°C)	40	230	N/A	230	230	220	210	200	20	N/A
max (°C)	70	240	N/A	240	240	230	220	210	50	N/A

#### Processing Pressures:

No info

#### Injection speed:

#### Screw speed:

Screw diameter (mm)	40	55	75

### CELSTRAN® PP-GF30-02 | PP | Glass Reinforced

Screw speed (rpm)	50	35	25
-------------------	----	----	----

#### Pre-drying conditions:

It is normally not necessary to dry CELSTRAN PP. However, should there be surface moisture (condensate) on the molding compound as a result of incorrect storage, drying is required.

The product can then be stored in standard conditions until processed.

Drying time: 2.00 h

Drying temperature: 90 - 100 °C

#### Special information:

Celstran TPU:

Melt temperature < 275 °C (527 °F)!

### Injection Molding

Celstran can be processed on a standard injection molding unit. A general purpose metering screw is recommended with a zone distribution of 40% feed, 40% transition, and 20% metering. A free flowing check ring assembly is recommended.

Melt Temp: 210-220°C.

Mold Temp: 65- 75°C.

### Contact Information

#### Americas

Ticona  
Product Information Service  
8040 Dixie Highway  
Florence, KY 41042  
USA  
Tel.: +1-800-833-4882  
Tel.: +1-859-372-3244  
email: [prodinfo@ticona.com](mailto:prodinfo@ticona.com)  
Ticona on the web: [www.ticona.com](http://www.ticona.com)

[prodinfo@ticona.com](mailto:prodinfo@ticona.com)

Tel.: +1-800-526-4960  
Tel.: +1-859-372-3214  
Fax: +1-859-372-3125

#### Europe

Ticona GmbH  
Information Service  
Tel.: +49 (0) 180-5842662 (Germany)\*  
+49 (0) 69-30516299 (Europe)  
Fax: +49 (0) 180-2021202 (Germany & Europe)\*\*  
email: [infoservice@ticona.de](mailto:infoservice@ticona.de)  
Internet: [www.ticona.com](http://www.ticona.com)

\*starting 01.01.2007 0,14€/minute + local landline rates

\*\*0,06€/Call + local landline rates

### General Disclaimer

NOTICE TO USERS: Values shown are based on testing of laboratory test specimens and represent data that fall within the standard range of properties for natural material. These values alone do not represent a sufficient basis for any part design and are not intended for use in establishing maximum, minimum, or ranges of values for specification purposes. Colorants or other additives may cause significant variations in data values.

**CELSTRAN® PP-GF30-02 | PP | Glass Reinforced**

Properties of molded parts can be influenced by a wide variety of factors including, but not limited to, material selection, additives, part design, processing conditions and environmental exposure. Any determination of the suitability of a particular material and part design for any use contemplated by the users and the manner of such use is the sole responsibility of the users, who must assure themselves that the material as subsequently processed meets the needs of their particular product or use.

To the best of our knowledge, the information contained in this publication is accurate; however, we do not assume any liability whatsoever for the accuracy and completeness of such information. The information contained in this publication should not be construed as a promise or guarantee of specific properties of our products. It is the sole responsibility of the users to investigate whether any existing patents are infringed by the use of the materials mentioned in this publication.

Moreover, there is a need to reduce human exposure to many materials to the lowest practical limits in view of possible adverse effects. To the extent that any hazards may have been mentioned in this publication, we neither suggest nor guarantee that such hazards are the only ones that exist. We recommend that persons intending to rely on any recommendation or to use any equipment, processing technique or material mentioned in this publication should satisfy themselves that they can meet all applicable safety and health standards.

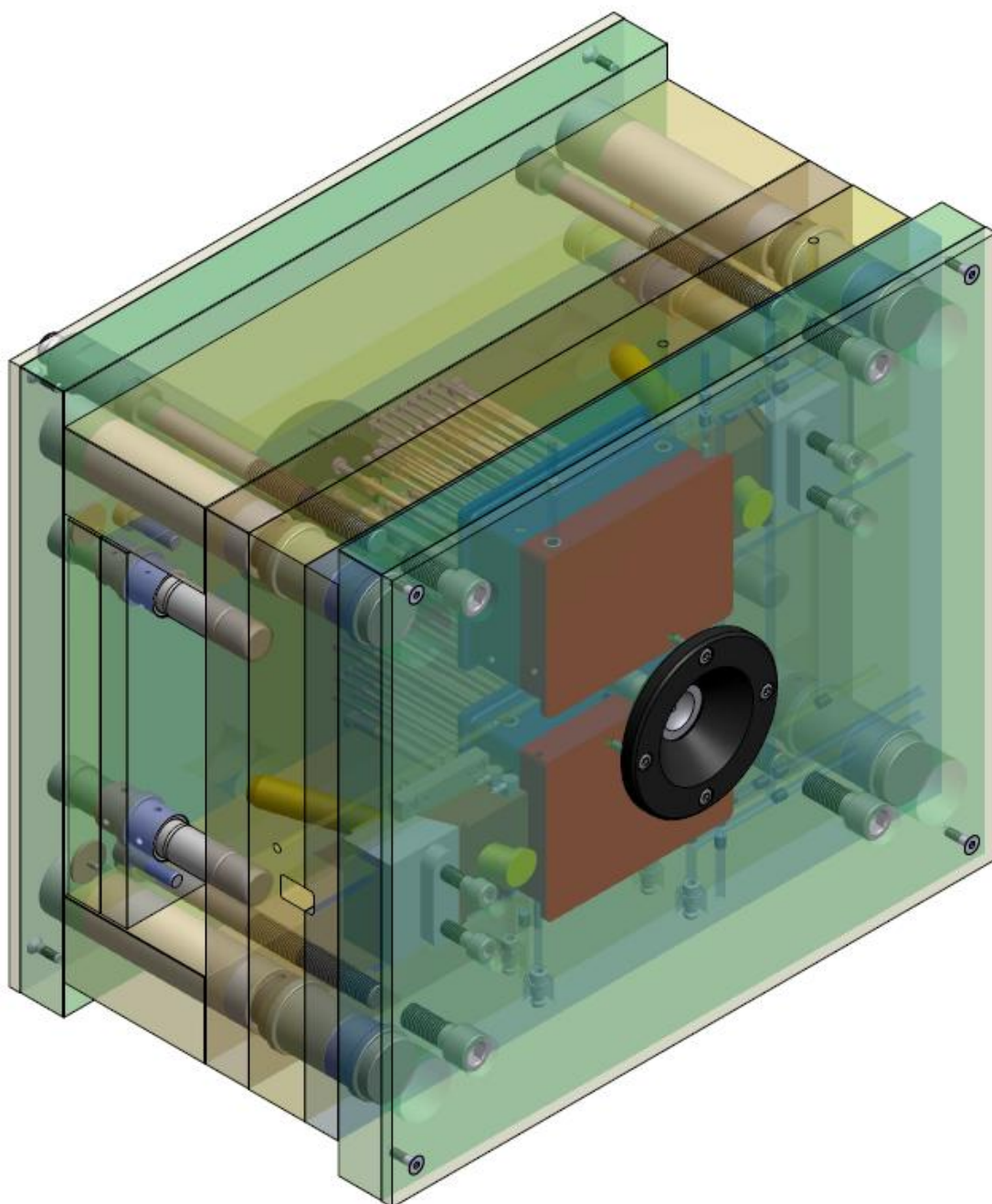
We strongly recommend that users seek and adhere to the manufacturer's current instructions for handling each material they use, and entrust the handling of such material to adequately trained personnel only. Please call the telephone numbers listed (+49 (0) 69 30516299 for Europe and +1 859-372-3244 for the Americas) for additional technical information. Call Customer Services for the appropriate Materials Safety Data Sheets (MSDS) before attempting to process our products.

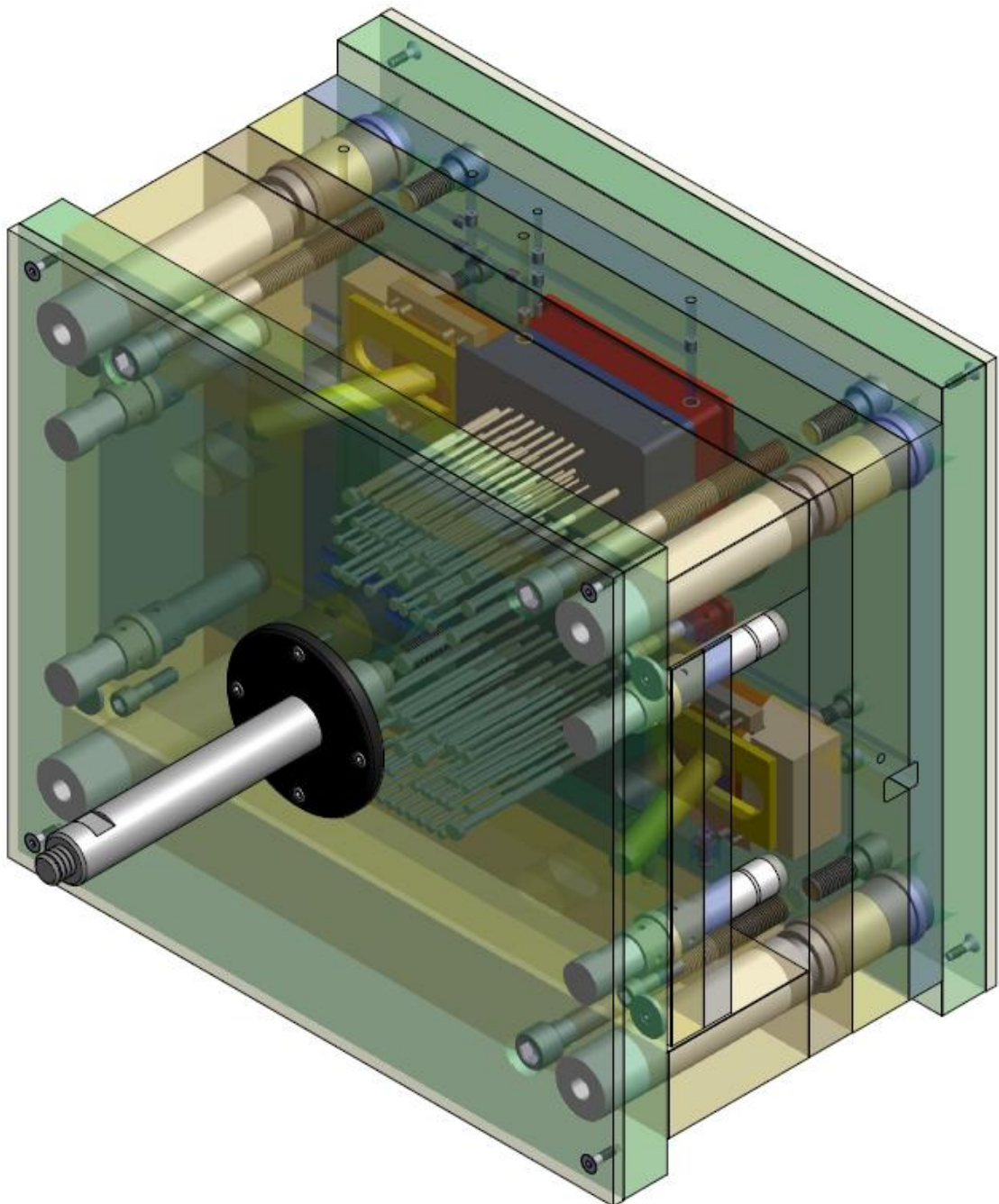
The products mentioned herein are not intended for use in medical or dental implants.

© Copyright 2007, Ticona, all rights reserved. (Pub. 02-Jan-2007)

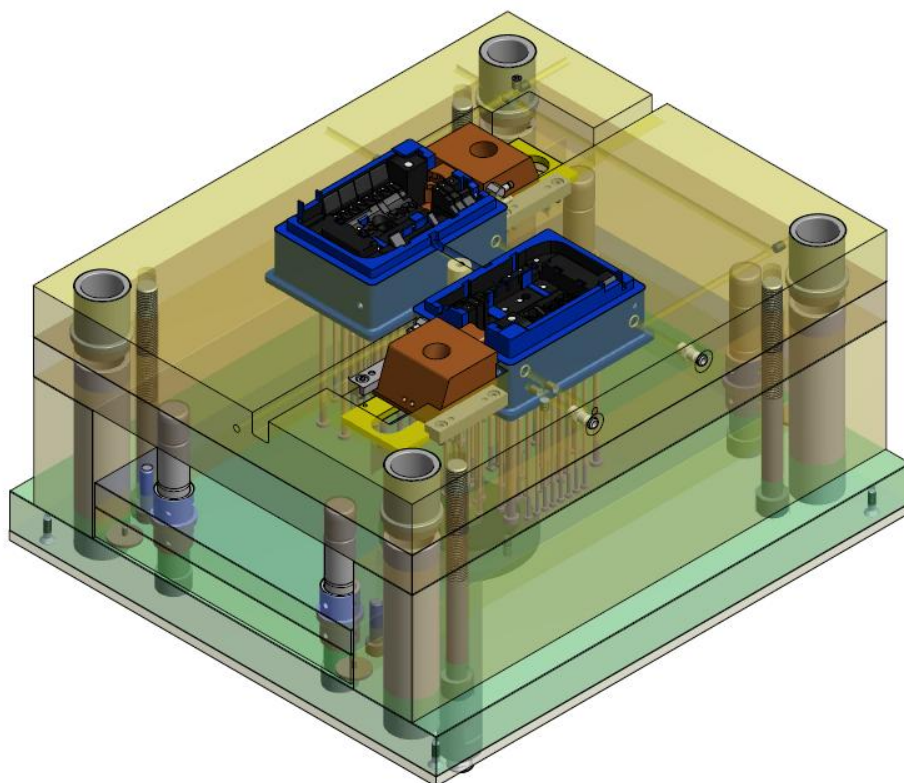
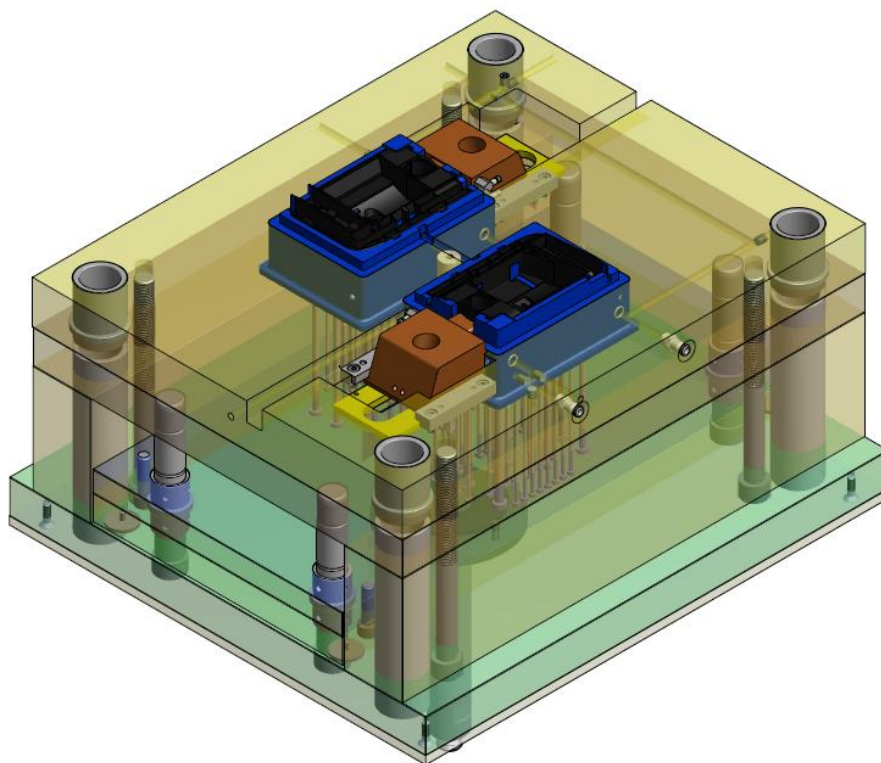


## PŘÍLOHA P II: VSTŘIKOVACÍ FORMA

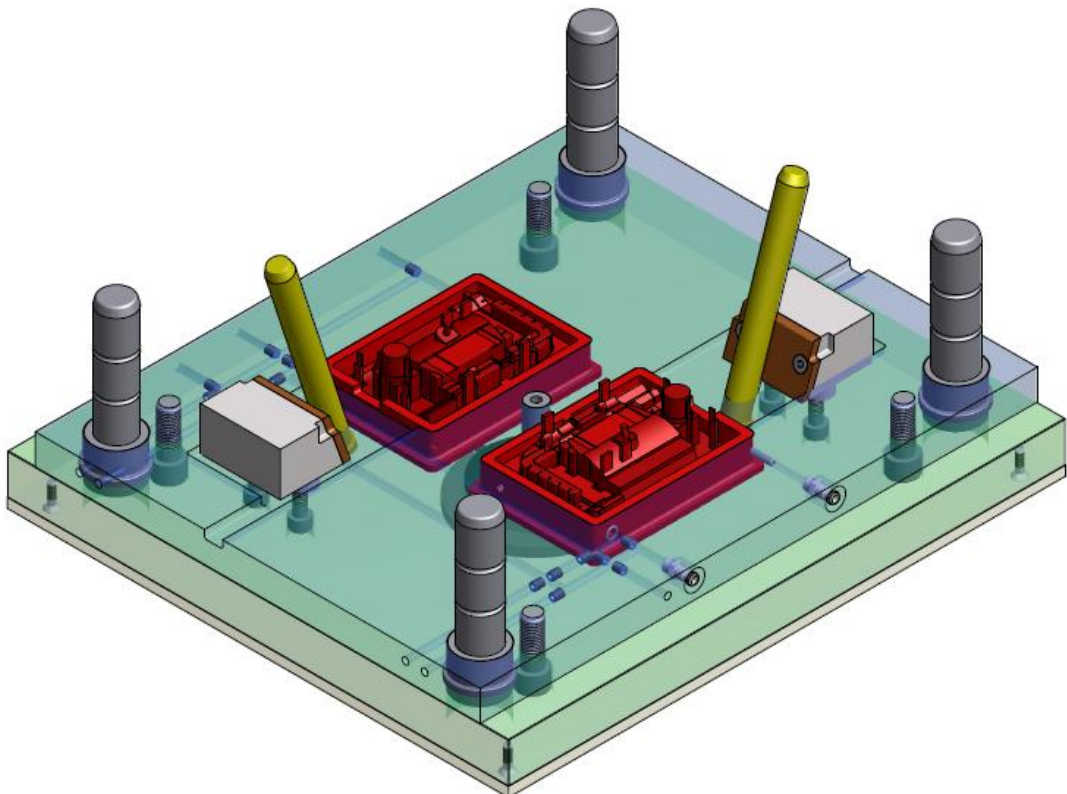
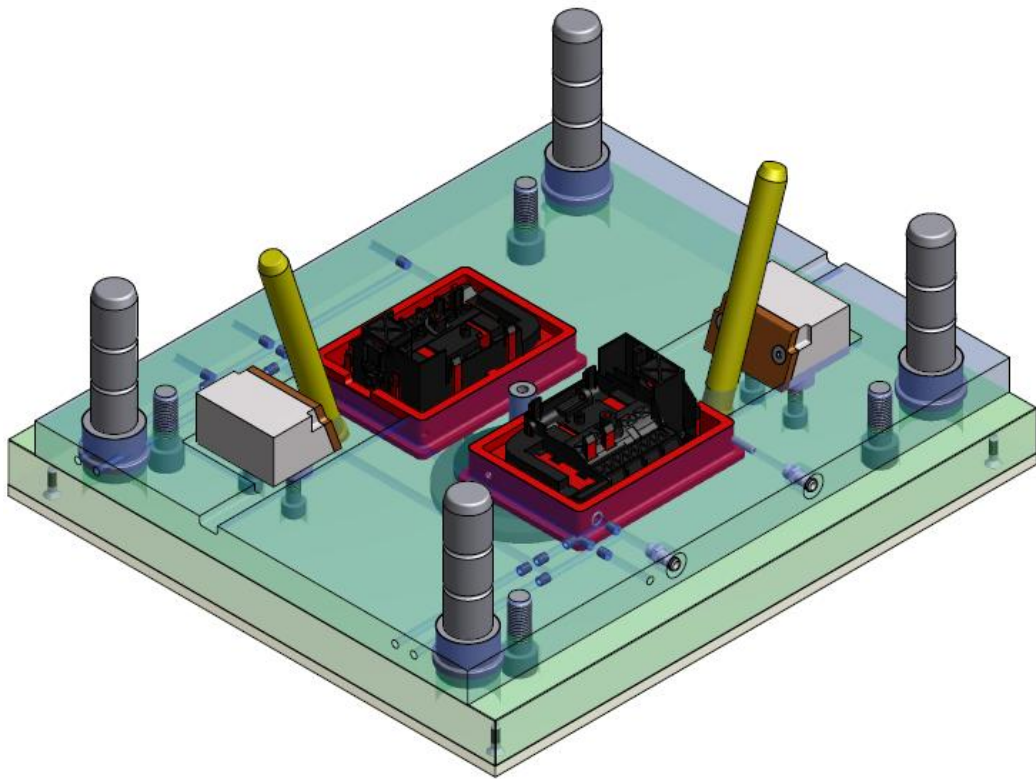




## PŘÍLOHA P III: STRANA VYHAZOVAČE



## PŘÍLOHA P IV: STRANA TRYSKY



**PŘÍLOHA P V: VYHAZOVACÍ SYSTEEM**