

# Návrh vstřikovací formy pro výrobu dílu části interiéru automobilu

Zdeněk Václavík

---

Bakalářská práce  
2020

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2019/2020

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE** (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Zdeněk Václavík**  
Osobní číslo: **T17615**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Návrh vstřikovací formy pro výrobu dílu části interiéru automobilu**

### Zásady pro vypracování

1. Vypracovat literární studii pro dané téma
2. Provést 3D konstrukci modelu vstřikované součásti
3. Navrhnout 3D konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl
4. Nakreslit 2D řez vstřikovací formou spolu s výkresy a kusovníkem

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

**Seznam doporučené literatury:**

BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: I.díl ? Vstřikování termoplastů*. 2. vydání ? Brno: Uniplast, 1999. 134s.  
BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: II.díl ? Vstřikování termoplastů*. 1. vydání ? Brno: Uniplast, 1999. 214s.  
ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. 1. vydání ? Praha: BEN ? technická literatura, 2009, 247 s.  
ISBN 978-80-7300-250-3.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Ovsík, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

---

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

---

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

Ve Zlíně dne 15. dubna 2020

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – 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);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem 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.

### Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Obsah této bakalářské práce tvoří konstrukční návrh vstříkovací formy pro výrobu dílu z interiéru automobilu HONDA CIVIC FK2. Bakalářská práce je rozdělena do dvou částí na teoretickou a praktickou. Teoretická část obsahuje literární studii o problematice technologie vstříkování a praktická část obsahuje výkresovou dokumentaci spolu s 3D modelem výrobku a vstříkovací formy.

Klíčová slova: vstříkovací forma, konstrukce forem, vstříkování, forma

## **ABSTRACT**

The content of this bachelor's is a design of an injection mold for the production of a part from the interior of a car HONDA CIVIC FK2. The bachelor thesis is divided into two parts, theoretical and practical. The theoretical part contains a literature study on the issue of injection technology and the practical part contains drawing documentation together with a 3D model of the product and the injection mold.

Keywords: injection mold, mold design, injection, mold

Tímto bych chtěl rád poděkovat zejména svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Martinu Ovsíkovi Ph.D. za čas, který mi věnoval při tvorbě mé bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat svým přátelům, kteří mi byli nápomocni a rodině, která mě podporovala.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 POLYMERY</b> .....	<b>10</b>
1.1 ROZDĚLENÍ POLYMERŮ .....	10
1.2 PLASTY .....	10
1.2.1 Termoplasty.....	10
1.2.2 Reaktoplasty .....	12
1.3 ELASTOMERY .....	13
1.3.1 Kaučuky .....	13
1.3.2 Termoplastické elastomery .....	14
<b>2 KONSTRUKCE PLASTOVÝCH VÝROBKŮ</b> .....	<b>15</b>
2.1 VOLBA MATERIÁLU PŘI KONSTRUKCI VÝROBKU.....	15
2.2 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI VÝROBKU.....	15
2.2.1 Zaoblení hran, rohů a koutů .....	16
2.2.2 Úkosy a podkosy .....	17
2.2.3 Žebra .....	18
2.3 JAKOST POVRCHU VÝROBKU .....	18
<b>3 VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>20</b>
3.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	20
<b>4 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM</b> .....	<b>22</b>
4.1 VÝKRES VÝROBKU .....	23
4.2 NÁSOBNOST FORMY .....	24
4.3 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY (SVS).....	24
4.3.1 Průřezy vtokových kanálů.....	26
4.3.2 Přidržovače vtoku.....	27
4.3.3 Vtokové ústí .....	27
4.3.4 Plný kuželový vtok.....	28
4.3.5 Bodový vtok .....	28
4.3.6 Tunelový vtok .....	29
4.3.7 Boční vtok .....	29
4.3.8 Filmový vtok .....	30
4.4 VYHRÍVANÉ VTOKOVÉ SOUSTAVY (VVS) .....	31
4.4.1 Vyhřívané trysky .....	32
4.4.2 Vytápěné rozvodové bloky .....	33
4.5 VYHAZOVÁNÍ VÝROBKU.....	34
4.5.1 Mechanické vyhazování.....	34
4.5.2 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků .....	35
4.5.3 Vyhazování stírací deskou .....	36
4.5.4 Vyhazování pomocí šikmých kolíků.....	36
4.5.5 Dvoustupňové vyhazování .....	37
4.5.6 Pneumatické vyhazování.....	37
4.5.7 Hydraulické vyhazování.....	37

4.6	TEMPERACE FOREM.....	38
4.7	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	39
<b>5</b>	<b>VSTŘIKOVACÍ STROJE.....</b>	<b>41</b>
5.1	VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA.....	41
5.2	UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	42
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>CHARAKTERISTIKA VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU.....</b>	<b>45</b>
<b>8</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....</b>	<b>46</b>
8.1	VOLBA DĚLÍCÍ ROVINY.....	46
8.2	NÁSOBNOST FORMY.....	46
8.3	DUTINA FORMY.....	47
8.4	BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI.....	48
8.5	ODVZDUŠNĚNÍ.....	48
8.6	VYHRAZOVACÍ SYSTÉM.....	49
8.7	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	50
8.8	VYHAZOVAČÍ SYSTÉM.....	51
8.9	RÁM VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	52
8.9.1	Levá strana formy.....	53
8.9.2	Pravá strana formy.....	54
8.10	MANIPULACE S FORMOU.....	55
<b>9</b>	<b>VSTŘIKOVACÍ STROJ.....</b>	<b>56</b>
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>57</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>64</b>



## ÚVOD

Rozvoj výroby polymerních produktů se v dnešní době zvětšuje čím dál víc a velkým procentem přispěly k dosažení současné kvality života ve světě. Velkou výhodou polymerů je zejména velká variabilita jejich vlastností a díky tomu i jejich následné možnosti použití a také nahrazení určitých tradičních materiálů jako je sklo, kov, slitiny, dřevo a jiné. Polymery patří mezi makromolekulární produkty, které se můžou upravovat tvářením nebo tvarováním na požadované tvary a tím i následně stanovit výrobek nebo polotovár k dalšímu zpracování.

Mezi nejčastější technologie zpracování plastů se řadí vstřikování, jejíž počátek se uvádí v roce 1870 v USA, kdy John Wesley Hyatt spolu se svým bratrem patentovali materiál, ze kterého následně vznikl celulooid a zároveň patent obsahoval vznik zařízení pro jeho vstřikování. Nejvýraznější pokrok vstřikování nastal v padesátých letech minulého století, kdy byla patentována šneková vstřikovací jednotka a první elektroerozivní hloubicí stroj na výrobu tvarových dílů vstřikovacích forem.

Metodou vstřikování lze vyrábět konstrukčně i tvarově složité součásti, které by jinou technologií výroby mohli být velice obtížné. Lze docílit výborné kvality a tvarové přesnosti výrobků. Vstřikování je rychlá produktivní výroba a díky tomu i ekonomicky výhodná. Na základě těchto výhod nachází uplatnění v různém odvětví průmyslu (automobilový, letecký, zdravotnický, elektrotechnický, potravinářský atd.)

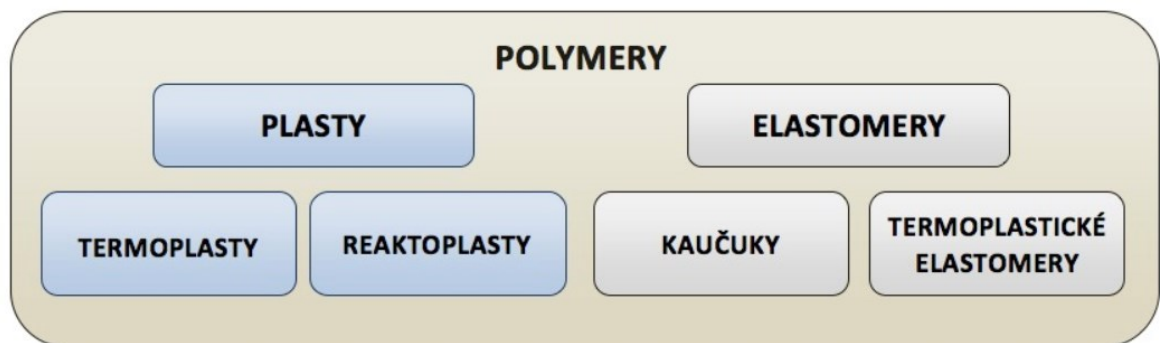
## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 POLYMERY

Polymery jsou látky, které se v dnešní době rozšiřují do téměř všech odvětví průmyslu (automobilový, letecký, elektrotechnický, zdravotnický aj.). Polymery čím dál více nahrazují klasické materiály (dřevo, slitiny, kovy, papír, sklo, přírodní vlákna aj.)

Jedná se o makromolekulární látky, jejichž stavebními částicemi jsou makromolekuly – systémy molekul složené z velkého počtu atomů (uhlíku, vodíku a kyslíku, často dusíku, chloru i jiných), které jsou na sebe vzájemně vázány chemickými vazbami do dlouhých řetězců. [2]

### 1.1 Rozdělení polymerů



Obrázek 1 – Základní rozdělení polymerů [8]

### 1.2 Plasty

Jsou polymery, u kterých při zatížení vnějším namáháním dochází k deformaci převážně nevratného (trvalého) charakteru. Pomocí tepla a tlaku lze měnit jejich tvar a formu. Při běžných podmínkách mají plasty většinou tvrdé, často i křehké vlastnosti. Plasty dělíme podle chování při zahřívání na termoplasty a reaktoplasty. [8]

#### 1.2.1 Termoplasty

Termoplasty jsou materiály, které při zahřívání mění svůj stav z pevného, do stavu plastickeho (tavenina). K tavení dochází v momentě, kdy se překročí teplota tání ( $T_m$ ). Při ochlazení pod teplotu tání se materiál vrací do původního pevného stavu. Při zpracování termo-

plastu nedochází ke změně chemické struktury. Během zahřívání neprobíhá chemická reakce, ale materiál prochází pouze fyzikální změnou. Proces tavení a tuhnutí je opakovatelně vratný. [8]

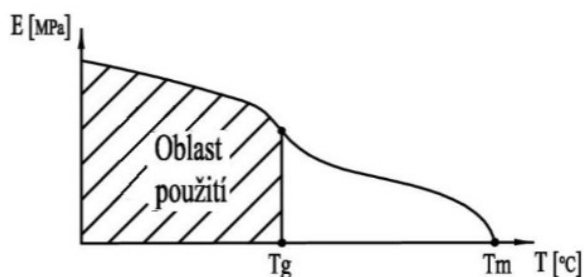
Termoplasty z hlediska vnitřní skupiny dělíme na:

- Amorfní – řetězce jsou prostorově nepravidelně uspořádány. Výrobky z amorfního termoplastu lze využívat v oblasti pod teplotou skelného přechodu ( $T_g$ ). Polymer je zde v pevném stavu. Při zvyšování teploty nad  $T_g$  dochází ke slábnutí kohézních sil mezi makromolekulami a plast se posouvá do plastické oblasti až do viskozního stavu, kdy je připraven pro zpracování, zároveň dochází důsledkem zvyšování teploty k nárůstu objemu polymeru.

Nejpoužívanější amorfní termoplasty: Polystyren (PS), Akrylonitrilbutadienstyren (ABS), Styren akrylonitril (SAN), Polymethylmethakrylát (PMMA), Polykarbonát (PC) [3]

Vlastnosti amorfních termoplastů:

- Tvrdý
- Křehký
- Vysoká pevnost
- Dobře rozpustný v organických rozpouštědlech
- Průhledný
- Transparentní



Obrázek 2 – Oblast použití amorfních termoplastů [3]



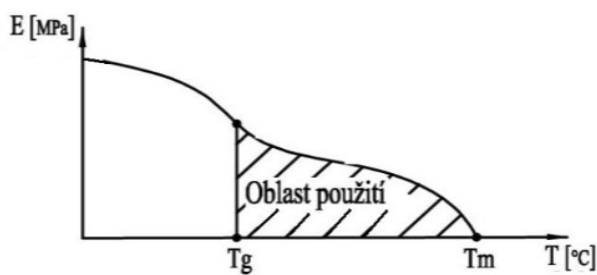
Obrázek 3 – Amorfní struktura [2]

- Semikrystalické – podstatná část řetězců je uspořádána pravidelně a vytváří krystalické útvary. Makromolekuly jsou vázány pevněji v lamelách a ve sférolitech krystalické fáze. Používání termoplastu tohoto druhu je v oblasti nad teplotou skelného přechodu ( $T_g$ ) do oblasti teploty tání ( $T_m$ ).

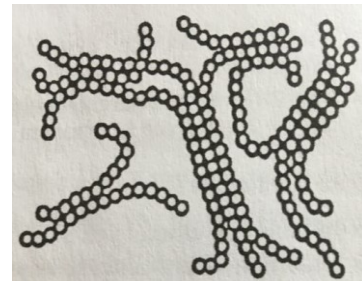
Nejpoužívanější semikrystalické termoplasty: Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyamid (PA6) [3]

Vlastnosti semikrystalických termoplastů:

- Houževnatý
- Vysoká pevnost
- Nerozpustný v organických rozpouštědlech
- Mléčně zakalený
- Pevnost a modul pružnosti roste se stupněm krystalinity



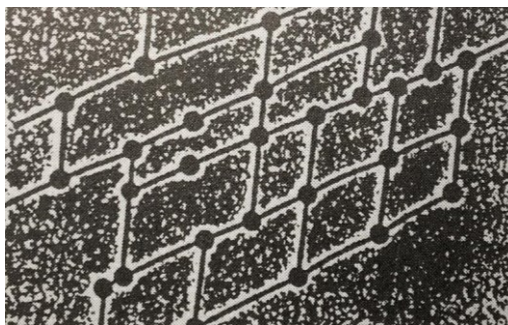
Obrázek 4 – Oblast použití semikrystalických termoplastů [3]



Obrázek 5 – Semikrystalická struktura [2]

### 1.2.2 Reaktoplasty

Jedná se o druh materiálu, který je po zahřátí tavitelný a tvarovatelný jen po určitou dobu. Řetězce u reaktoplastů jsou v konečné fázi chemické reakce pevně propojeny chemickými vazbami a dochází k vytvoření trojrozměrné sítě. Vlivem ohřívání dochází k zvětšení pohyblivosti sítě, nicméně daný proces zcela nerozpojuje řetězce. Během dalšího tváření vlivem teploty a tlaku (nebo pomocí katalyzátorů) dochází k chemické změně neboli k zesíťování plastu, daný proces se nazývá vytvrzování. Produkty z reaktoplastů se vyznačují vysokou chemickou a tepelnou odolností, tvrdostí a tuhostí. [3]



Obrázek 6 – Řetězce reaktoplastů [2]

### 1.3 Elastomery

Polymer, který lze za vhodných podmínek působením síly deformovat, aniž by došlo k jeho porušení. Chová se jako pružné (elastické) těleso neboli deformace jsou převážně vratné. Aktivace spojů mezi řetězci dochází vlivem tepla (vulkanizací). Hlavním představitelem elastomerů jsou kaučuky. [2],[5]



Obrázek 7 – Chování elastomeru při mechanickém namáhání [8]

#### 1.3.1 Kaučuky

Kaučuky se rozdělují na přírodní a syntetické, jedná se o druh polymeru, který se pomocí vulkanizace přetváří na pryž. Vulkanizace je proces, kdy dochází k zesíťování syntetických molekul nebo molekul přírodních kaučuků. Nejčastěji používaná vulkanizace je vulkanizace sírou, která probíhá při teplotách 140-160°C. Atomy síry pomáhají k vytváření příčné vazby (C-S-C) mezi původně lineárními makromolekulami kaučuku.

Při výrobním procesu pryže nedochází k výrobě pouze z čistého kaučuku, ale z gumárenských směsí. Mezi gumárenskou směs patří kaučuk, vulkanizační činidla, stabilizátory, plastifikátory a jiné pomocné látky (plniva, pigmenty apod.). Pryž se charakterizuje zejména amorfní strukturou a nízkou teplotou skelného přechodu. [8]



Obrázek 8 – Příklady výrobků z pryže [8]

### 1.3.2 Termoplastické elastomery

Termoplastický elastomer (TPE) je druh polymerního materiálu, který se skládá z tvrdé a měkké domény, charakterizované různými teplotami zesklenní  $T_g$  nebo  $T_m$ . Tvrdé domény tvoří termoplasty a zároveň působí jako plnivo, které má příznivý ztužující vliv na mechanické vlastnosti, zejména při větších deformacích, měkké domény tvoří elastomery. Mezi výhody termoplastických elastomeru patří, možnost vstřikování na běžných strojích, které jsou určeny pro termoplasty a zároveň možnost jejich opětovného zpracování (recyklace). Mezi hlavní rozdíl pryže a termoplastického elastomeru se řadí rozdíl ve vlastnostech uzlů sítě, kdy u pryží (po vulkanizaci kaučuku) jsou pouze chemické povahy, ale u TPE jsou povahy fyzikální. [8],[10]



Obrázek 9 – Příklady výrobků z TPE [8]

## 2 KONSTRUKCE PLASTOVÝCH VÝROBKŮ

Při konstrukci plastových výrobků by měl konstruktér mít základní přehled o doporučených zásadách pro výrobu plastových dílu metodou vstřikování. Je třeba znát technologii jejich zpracování a zvažovat, k čemu dochází při vstřikování dílu z plastu. Pro realizaci plastových výrobků se dodržuje mez konstrukčních tvarů a jejich vlastností, které se musí zohledňovat při konstrukci, jinak by mohlo dojít k negativnímu ovlivnění výsledného výrobku.[3]

### 2.1 Volba materiálu při konstrukci výrobku

Mezi základní rozhodnutí konstruktéra patří volba materiálu pro výstřik. Je nutné učinit rozhodnutí, jaký materiál zvolíme pro konkrétní díl.

Volba materiálu ovlivní zejména funkční a zpracovatelské hledisko.

- Funkční hledisko hodnotí: [7]
  - Mechanickou pevnost (krátkodobě, dlouhodobě)
  - Chemickou odolnost
  - Optické vlastnosti (průhlednost, barva, lesk)
  - Elektrické vlastnosti (vodivost)
- Mezi zpracovatelské hledisko zařazujeme, zejména:
  - Tekutost: ovlivňuje koncepci zaformování, tloušťku stěny výrobku, velikost vtoku, temperaci formy
  - Smrštění: určuje výrobní přesnost výrobku
  - Citlivost na procesní podmínky

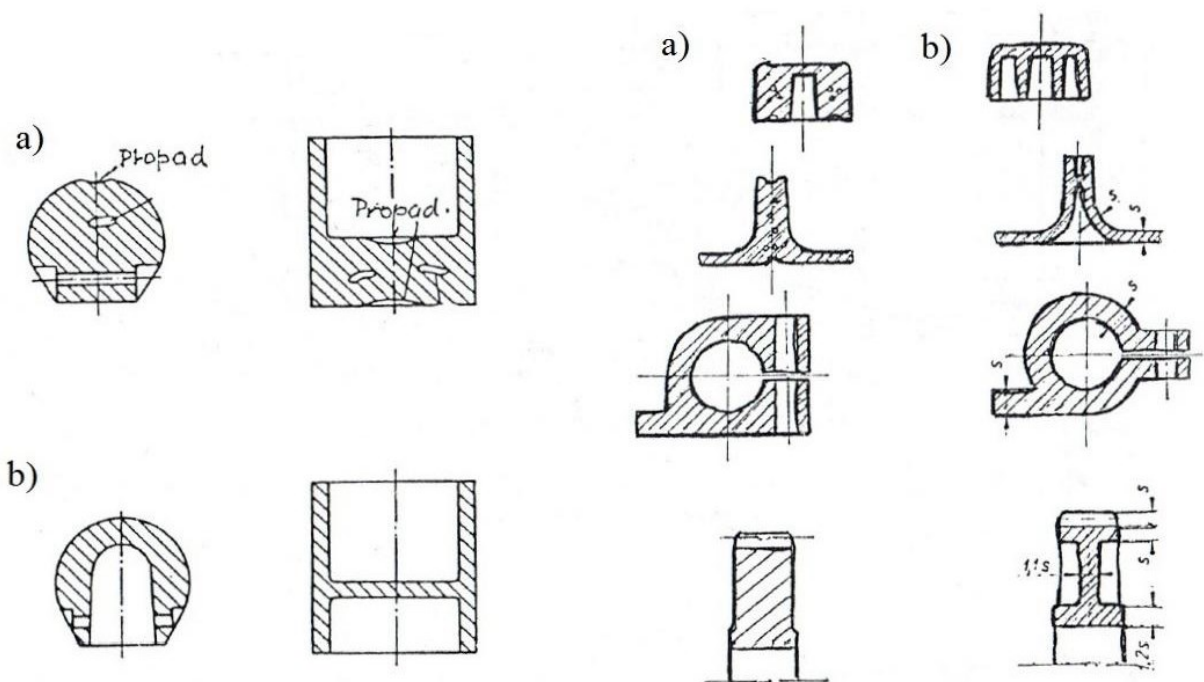
### 2.2 Požadavky na konstrukci výrobku

Nezbytnou součástí pro konstrukci formy slouží výkres vyráběného výrobku. Při řešení tvaru výrobku se přihlíží na funkční a ekonomické hledisko, ale i na způsob výroby dané součásti. U celkové konstrukce výrobku se zohledňuje především vhodné umístění polohy dělicí roviny (dělicích rovin). K volbě umístění dělicí roviny se předpokládá i určení způsobu zaformování, se kterým je spojen i návrh vtokového systému, odvodušnění, směr úkosu, vyhazování, přesnost i vzhled atd..



Při konstrukci tlustých stěn v dutině je potřeba počítat s dlouhou dobou chlazení, zatímco u úzkých stěn se tavenina rychle ochlazuje a tuhne. Náhlým přechodem v tloušťce stěny nedochází k rovnoměrnému tuhnutí materiálu v dutině formy a vznikají povrchové vady, propadliny, vnitřní pnutí a lunkry.

K zamezení komplikacím se dodržují zásady správné konstrukce, které vyžadují jednotnou tloušťku stěn, pokud se nelze dané zásadě vyhnout, doporučuje se provedení vhodného vylehčení, nejlépe na druhé straně. [3]



Obrázek 10 – a) Špatná konstrukce – tlusté stěny (vznik propadlin),

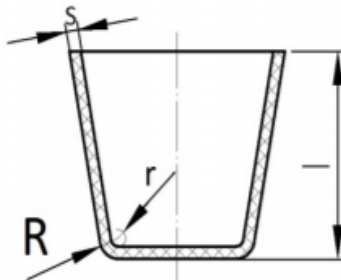
b) Správná konstrukce – vylehčení [3]

### 2.2.1 Zaoblení hran, rohů a koutů

Slouží k usnadnění toku taveniny, zamezení koncentrace v daných místech a zmenšení opotřeby formy, protože náhlé přechody ostrých hran vyžadují vyšší vstřikovací tlaky. Rázová houževnatost výrobku se pomocí zaoblení zvýší až o 50 %. [3]

Tabulka 1 – Doporučené zaoblení hran a rohů [3]

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



### 2.2.2 Úkosy a podkosy

Úkosy i podkosy se nachází kolmo k dělicí rovině a svým uspořádáním se dělí na vnější a vnitřní. Lepší vyhození a odformování z tvarové dutiny formy zajišťuje dostatečně zvolený úkos výstřiku. U výrobku s podkosem dochází k obtížnějšímu odformování. V některých případech je podkos navržen záměrně, aby výrobek zůstal na správné straně formy. Podkosy jsou také součástí přídržovačů vtokových zbytků, kde slouží k snadnějšímu odtržení vtokového zbytku od plastikační jednotky a zároveň k jeho přidržení na levé straně formy. Na zvolení jejich velikosti má vliv zejména smrštění, elasticita plastu, povrch stěn formy a automatizace výroby. [3],[5]

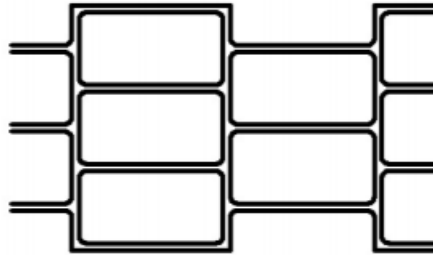
Tabulka 2 – Velikosti doporučených úkosů [3]

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

### 2.2.3 Žebra

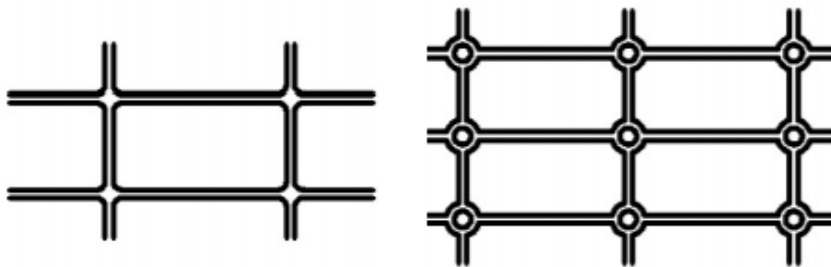
Žebra se rozdělují na dva druhy dle způsobu funkce, kterou mají splňovat na výrobku, případně v dutině formy, a to na:

- Technická
  - zabezpečují pevnost a tuhost výrobku.



Obrázek 11 – Uspořádání technických žeber [3]

- Technologická
  - brání zborcení stěn,
  - zajišťují optimální plnění dutiny formy,
  - odstraňují předpokládaný vznik povrchových vad.



Obrázek 12 – Uspořádání technologických žeber [3]

## 2.3 Jakost povrchu výrobku

Mezi důležité vlastnosti vyráběného výrobku patří i jeho kvalita neboli jakost. Hlavním postavením ve vztahu ke kvalitě povrchu má konstrukce daného dílce a z něho odpovídající konstrukce vstřikovací formy. Při chybné konstrukci výrobku, nedodržení zásad technologičnosti konstrukce výrobku nebo špatně navržená konstrukce formy (např. nevhodně zvolený vyhazovací systém, nevhodný způsob plnění tvarové dutiny, špatný návrh temperačního sys-

tému, malá tuhost atd.), sebekvalitnější vstřikovací stroj nebo materiál nedokáže lehce odstranit závadu způsobující výrobu nekvalitních výstřiků, které neodpovídají předepsané kvalitě. [3]

Vlivy, které ovlivňují jakost výrobku: [3]

- Výstřik
  - tvar (rovnoměrnost a tloušťka stěn, tvarová složitost, zaoblení hran, úkopy, způsob plnění).
- Konstrukce formy
  - dostatečná tuhost a bezchybné odvzdušnění v kritických místech tvarové dutiny,
  - temperační systém, který určuje teplotu stěny tvarové dutiny formy,
  - typ vtokového ústí a jeho umístění na vstřiku,
  - povrch tvarových dílů formy,
  - vyhazovací systém,
  - volba studeného nebo horkého rozvodu taveniny u vtokové soustavy.
- Vstřikovaný materiál
  - reologické vlastnosti,
  - aditiva,
  - druh a obsah plniva,
  - houževnatost a tvrdost,
  - smrštění.

Matné plochy jsou z ekonomického hlediska nejvýhodnější, protože jsou nejméně náročné na výrobu a zakrývají vzhledové nedostatky při vstřikování (studené spoje, stopy po toku, některé vady na tvarových plochách formy aj.)

Lesklé plochy jsou z ekonomického hlediska nejnáročnější, jelikož opracování dutiny formy musí být velice kvalitní, aby se docílilo vysoké jakosti povrchu výrobku. Lesklý povrch zvýrazňuje vzhledové i výrobní nedostatky. Lesklého povrchu nelze docílit ve všech případech, jelikož většina vstřikovaných plastů to nedovoluje.

Mezi časté úpravy výrobku patří dezénování jeho ploch. Dezénováním lze zvýraznit některou oblast, snížit průhlednost nebo zlepšit manipulovatelnost výrobku. Dezén se také využívá pro zakrytí některých výrobních nedostatků dutiny formy a špatných vzhledových vlastností plastů. [3]

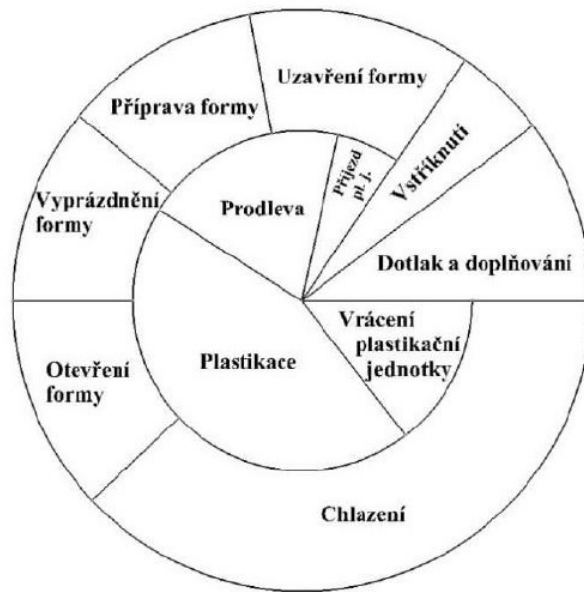
### 3 VSTŘIKOVÁNÍ

Nejrozšířenější způsob výroby plastových a elastomerních výrobků. Jedná se o diskontinuální, cyklický výrobní proces, na kterém se podílí vstřikovací stroj, forma a polymer. Při průběhu vstřikování se materiál ve formě taveniny vstřikuje z pomocné tlakové komory do dutiny formy, kde následně ztuhne na tvar vyráběného výrobku. Technologii vstřikování se zhotovují výrobky, které tvoří finální fázi výrobku (nádoby, krabičky, vaničky apod.) anebo výrobky určené jako polotovary nebo díly, se kterým se dále postupuje jako část výrobního celku (světla, součásti přístrojů atd.). Technologie vstřikování nachází uplatnění zejména ve velkosériové a hromadné výrobě. [2],[8]

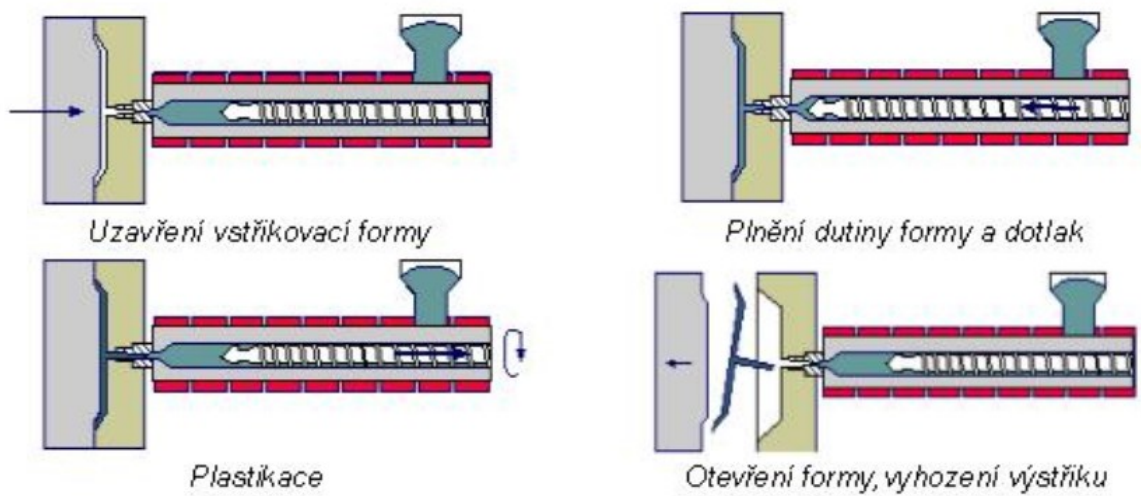
- Výhody vstřikování
  - vysoká rozměrová i tvarová přesnost výrobku,
  - výborná kvalita povrchu,
  - výroba složitých tvarů,
  - krátké výrobní cykly.
- Nevýhody vstřikování
  - velké pořizovací náklady na nákup vstřikovacích forem a strojů,
  - velikost strojního vybavení ve vztahu k velikosti dílu.

#### 3.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus se skládá z přesně specifikovaných úkonů. Při vstřikovacím cyklu plast prochází teplotní změnou a daný proces je neizotermický. Materiál ve formě granulátu je nasypán do násypky plastikační jednotky, ze které je přepravován šnekem nebo pístem do tavicí komory. V tavicí komoře se granulát mění důsledkem tření a topení na taveninu. Následuje proces, kdy je tavenina vstříknuta do dutiny formy, kterou zcela zaplní. Následuje fáze dotlaku kvůli snížení smrštění a rozměrových změn. Při chlazení se zároveň píst, šnek posouvá dozadu a probíhá plastikace další dávky materiálu. Po zatuhnutí výrobku nastává otevření formy a vyhození výrobku. Tento proces se po uzavření formy opakuje. [6]



Obrázek 13 – Vstříkovací cyklus a časová náročnost jednotlivých procesů [7]



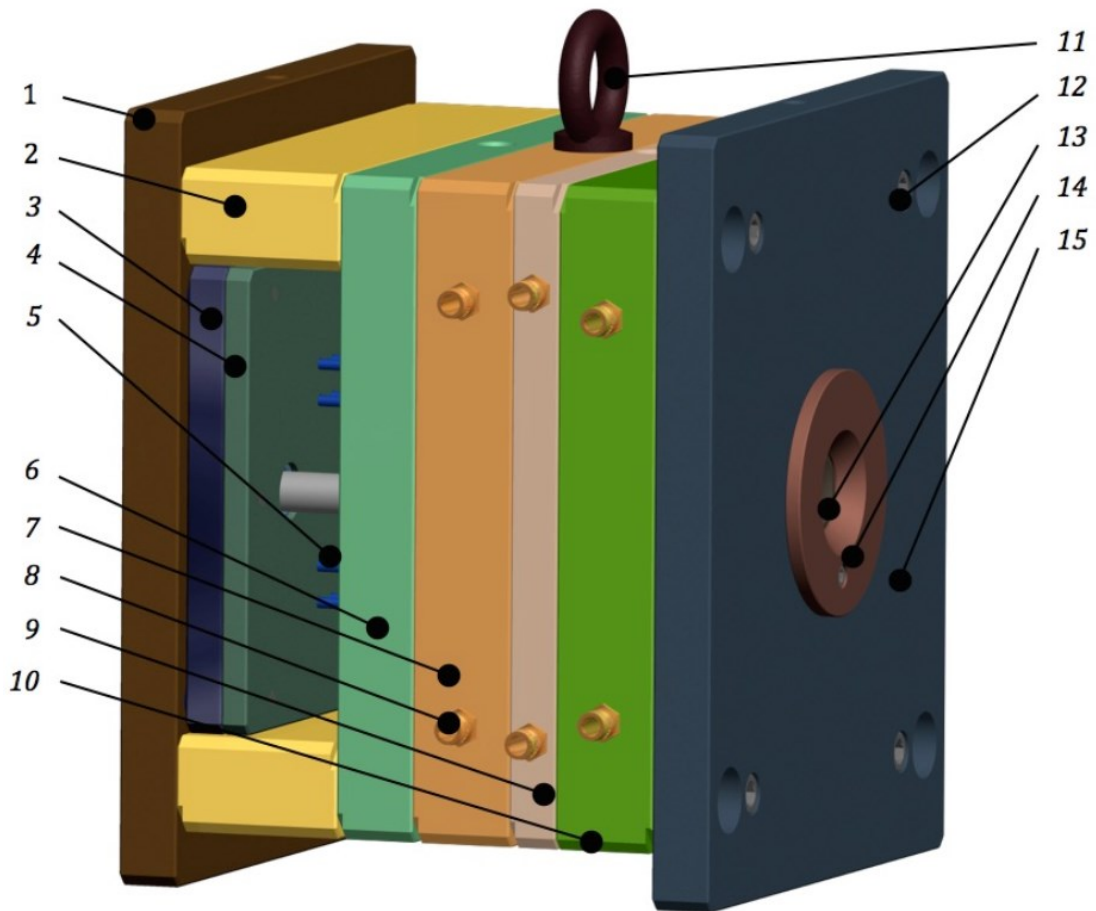
Obrázek 14 – vstříkovací cyklus [6]

## 4 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM

Vstřikovací forma vytváří z vstříknuté taveniny po ochlazení výsledný tvar výrobku. Formy musí odolávat zejména vysokým vstřikovacím tlakům, musí produkovat výrobky o přesných rozměrech, při správné konstrukci by měly umožnit snadné odformování výrobku z dutiny formy a pracovat automaticky. Při konstrukci vstřikovacích forem je třeba mít technologické znalosti a dodržovat výhodnou ekonomiku výroby, která se vyznačuje nízkou pořizovací cenou a dodržení snadné a rychlé produkce výrobků. Kvalitní vstřikovací forma dodržuje i společenskoekonomické požadavky, jako jsou bezpečnostní zásady při výrobě i konstrukci a bezpečné pracovní prostředí. [3],[7]

Vstřikovací formy lze rozdělit podle:[7]

- Násobnosti formy
  - jednonásobné,
  - vícenásobné.
- Způsobu zaformování a konstrukčního řešení
  - dvoudeskové,
  - třideskové,
  - etážové,
  - čelist'ové,
  - vytáček.
- Konstrukce vstřikovacího stroje na formy se vstřikem
  - kolmo na dělicí rovinu,
  - do dělicí roviny.



Obrázek 15 – Popis vstříkovací formy [8]

1 – upínací deska levá, 2 – rozpěrná deska, 3 – opěrná vyhazovací deska, 4 – kotevní vyhazovací deska, 5 – vyhazovač, 6 – opěrná deska, 7 – kotevní deska levá, 8 – přípojka chlazení, 9 – kotevní deska pravá, 10 – rozváděcí deska, 11 – manipulační oko, 12 – montážní šrouby, 13 – vtoková vložka, 14 – středící kroužek pravý, 15 – upínací deska pravá

#### 4.1 Výkres výrobku

Pro úspěšný návrh výkresu výrobku úzce spolupracuje konstruktér výrobku i konstruktér formy, díky této spolupráci se vyřeší problémy, které by mohly nastat při dalších výrobních procesech. Je třeba dbát technologickým zásadám a dodržovat malé rozdíly v tloušťce stěn, zaoblené ostré hrany a vyhnout se náhlým přechodům. Výrobek musí být jednoduše vyrobitelný a dodržet fyzikální a mechanické vlastnosti. [3]

Výkres výrobku by měl obsahovat: [3]

- tvar,
- materiál součásti,



- rozměry a tolerance,
- hmotnost,
- vzhledové požadavky a jakost povrchu (stopy po vtoku, vyhazovačích, barva apod.),
- technické přejímací podmínky,
- zvláštní požadavky.

## 4.2 Násobnost formy

U navrhování počtu dutin ve formě je třeba dbát na ovlivňující činitele:

- požadované množství výrobků,
- charakter a přesnost výstřiku,
- velikost a kapacita vstřikovacího stroje,
- požadovaný termín dodávky,
- ekonomika výroby.

Jednonásobné vstřikovací formy se volí zejména u součástí, které mají velké rozměry a jsou konstrukčně i tvarově náročné. Pro dodržení přesnosti a kvality výrobku je výhodnější volit násobnost co nejmenší. Vícenásobné formy volíme z důvodu finanční úspory, protože výroba vstřikovacích forem je finančně náročná, nicméně při výrobě s vícenásobnými formami jsou rozdílné dráhy toku, nerovnoměrná teplota formy i plastů při plnění dutin formy a odlišné vstřikovací tlaky, dané chyby způsobují vyšší nepřesnost a nižší kvalitu výrobku. Přesnost a kvalitu výrobku ovlivňuje také vstřikovací stroj, který musí mít správný plastikanční výkon, vstřikovací tlak a uzavírací síly, aby bez problému a s rezervou zaplnil dutinu formy. Požadovaná rezerva je přibližně 20 % objemu taveniny a uzavírací síly.[3],[9]

## 4.3 Studené vtokové systémy (SVS)

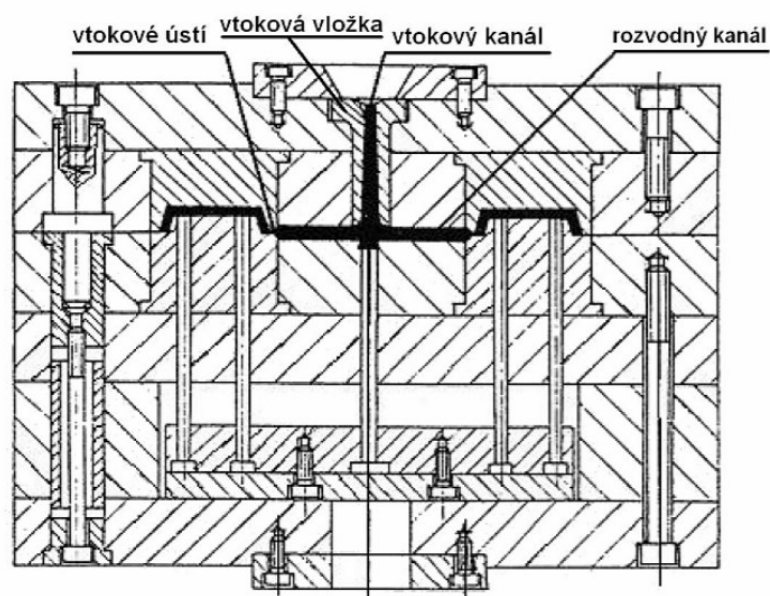
Při vstřikování slouží vtokový systém jako vedení proudu taveniny od vstřikovacího stroje do dutiny formy. Naplnění dutiny formy má proběhnout v co nejkratším čase a bez jakýchkoliv velkých odporů. Naplnění dutiny formy se musí plnit s co nejmenšími odpory a v krátkém časovém úseku.

Faktory, které ovlivňují tvar, rozměry vtoku a umístění ústí:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku,
- spotřebu materiálu plastu,
- náročnost opracování na začistění výstřiku,

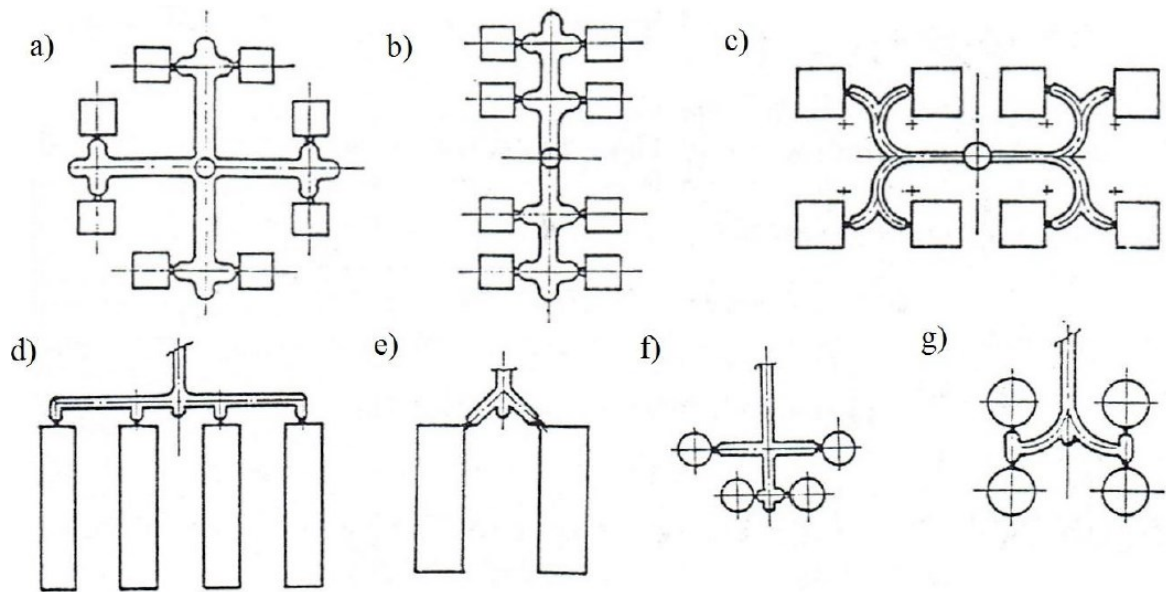
- energetickou náročnost výroby.

U vícenásobných vstřikovacích forem musí být vyvážený vtokový systém, který vede taveninu ke všem dutinám ve stejný čas a za stejného tlaku. Během průtoku taveniny vtokovým systémem je její viskozita nejmenší ve středu proudění a na vnějším povrchu razantně roste. Při vysoké viskozitě jsou požadovány vysoké vstřikovací tlaky v rozmezí 40-200 MPa. Při zatuhnutí taveniny na povrchu vtokového ústí dochází k vytváření tepelné izolace pro vnitřní proud taveniny, což vede k rovnoměrnému zaplnění celé dutiny formy. V okamžiku zaplnění dutiny formy dochází k prudkému nárůstu odporu a poklesnutí průtoku.[3]



Obrázek 16 – Studený vtokový systém [3]

Pro funkční řešení studeného vtokového systému je potřeba, aby délka dráhy toku mezi vstřikovacím strojem a dutinou formy byla co nejkratší (bez tepelných a zbytečných tlakových ztrát). Pro docílení rovnovážné plnění dutiny formy je důležité, aby délka dráhy toku taveniny byla ke všem dutinám stejná, pokud nelze dosáhnout stejné délky dráhy vtoku, je důležitá korekce vtokových ústí. Umístění vtokového ústí musí být takové, aby při plnění dutiny formy nevznikaly studené spoje. Studené spoje vznikají při neúplném ochlazení proudů taveniny a jejím vzájemným spojení, aby se zabránilo většímu vzniku studených spojů je výhodné navrhnout jeden vtok pro naplnění dutiny formy.[3],[9]

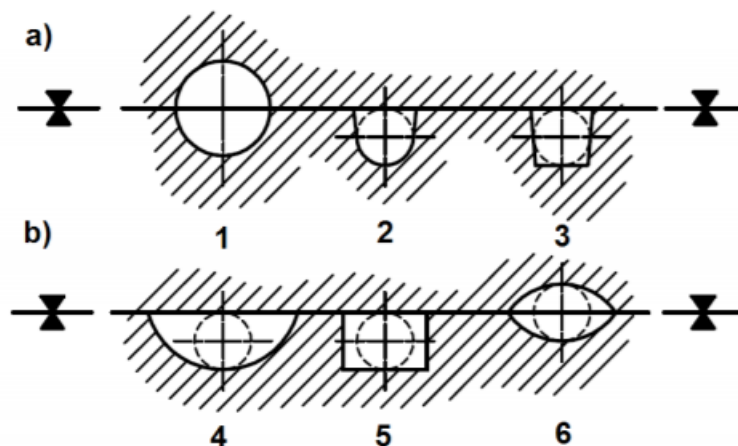


Obrázek 17 – Příklady řešení studených vtokových systému [3]

a , c, e, f, g – vhodné řešení    b, d – nevhodné řešení

### 4.3.1 Průřezy vtokových kanálů

Při vyplnění dutiny formy musí být ve vtokovém kanálu jádro taveniny tekuté, aby bylo možné docílit dotlaku, proto je potřeba navrhnout dostatečně velký průřez vtokového kanálu, nicméně při velkém průřezu dochází k vyšší spotřebě plastu. Konstruktor by měl při navrhování vhodného kanálu dbát na obě tyto skutečnosti. Kruhový průřez je nejvýhodnější a také nejpoužívanější. Mezi hlavní výhody tohoto průřezu patří snadná výroba. Z výrobního hlediska se volí lichoběžníkový tvar, který je podobný kruhovému.[3],[9]

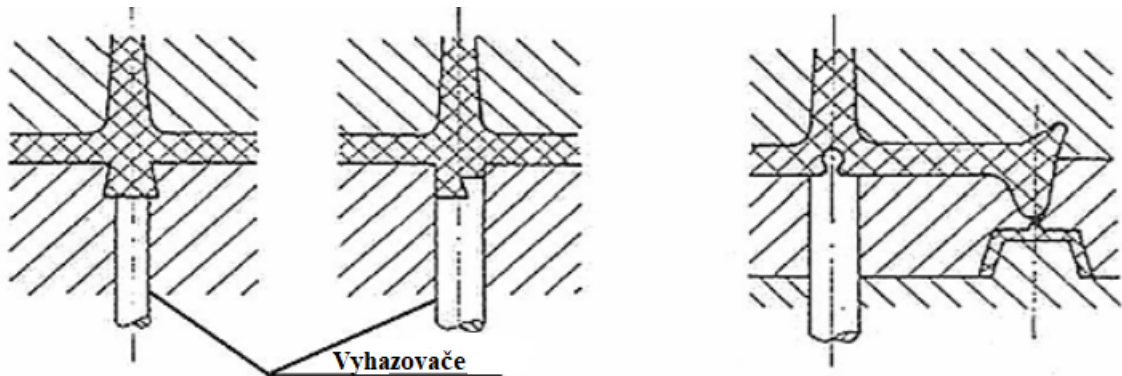


Obrázek 18 – Příklady průřezů kruhových kanálů [3]

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

### 4.3.2 Přidržovače vtoku

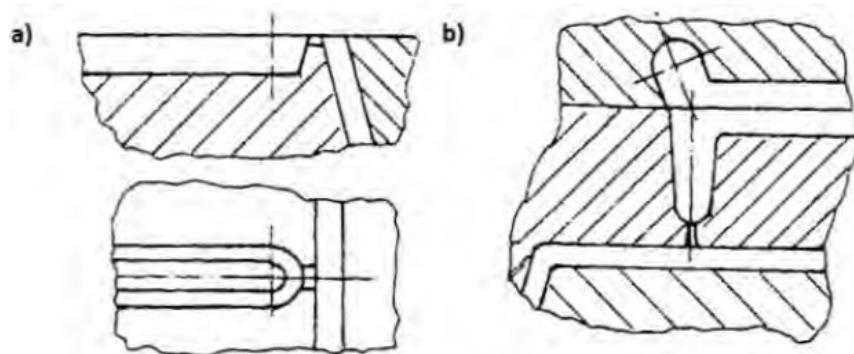
Přidržovač vtoku slouží k přidržení vtokového zbytku na levé straně formy a zároveň k jeho odtrhnutí od plastikační jednotky.



Obrázek 19 – Příklady přidržení vtokového systému [3]

### 4.3.3 Vtokové ústí

Vtokové ústí se tvoří zúžením rozváděcího kanálu. Výjimečné případy tvoří plný nezúžený vtok, který se volí pro potlačení propadlin a lunkrů. Při zúžení dochází ke zvýšení teploty taveniny v místě, kdy taveniny vstupuje do dutiny formy, přičemž se zamezí vytváření povrchových defektů. Při návrhu zúžení konstruktér musí dbát na spolehlivé naplnění dutiny formy, ale také musí brát v potaz, že při menším návrhu zúžení dochází k lepšímu začistění vtoku. Pro rotační výrobky se volí tvar ústí kruhový a pro výrobky ploché štěrbinový.[3],[9]



Obrázek 20 – Vtokové ústí [10]

a – štěrbinové, b – kruhové

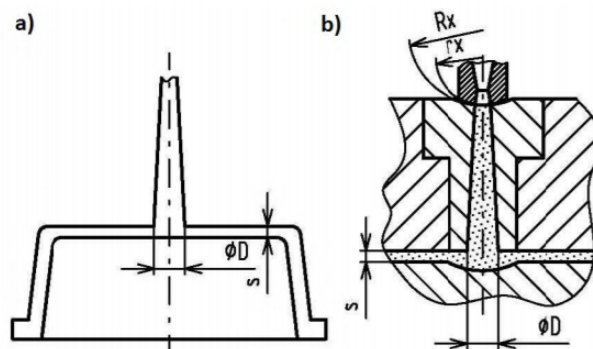
Velice důležité je umístění vtokového ústí, při chybném umístění dochází k negativnímu ovlivnění vzhledu a kvality.

Umisťuje se tedy:[9]

- do nejtlustšího místa stěny výstřiku,
- do geometrického středu dutiny,
- ve směru orientace žeber,
- mimo namáhané a opticky činné plochy,
- u obdélníkových tvarů ve směru delší strany,
- při požadavku na větší přesnost výrobku se musí vzít rozdíl podélného a příčného smrštění,
- tak, aby bylo docíleno odvzdušnění dutiny formy,
- aby nebyla ovlivněna vzhledová kvalita výrobku,
- aby došlo k zamezení volnému toku taveniny, která může způsobit turbulentní proudění při plnění dutiny formy.

#### 4.3.4 Plný kuželový vtok

U plného kuželového vtoku je tavenina přiváděna bez zúžení tvarového ústí. Používá se nejčastěji u jednonásobných forem se symetricky určenou dutinou a u výrobků, které mají tlusté stěny. Mezi největší výhodu se řadí jeho vysoká účinnost dotlaku. Odstranění vtokového zbytku je namáhavé a dochází k zanechání stopy na výrobku.[3]

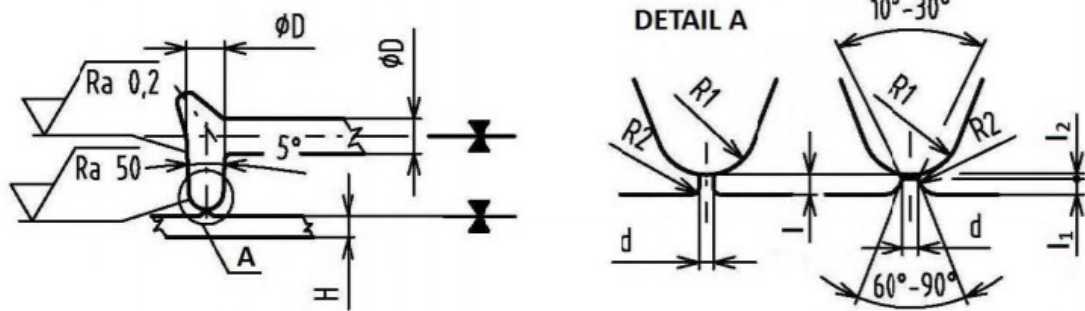


Obrázek 21 – Kuželový vtok [3]

a) plný kuželový vtok, b) čočkovité vybrání v dutině formy

#### 4.3.5 Bodový vtok

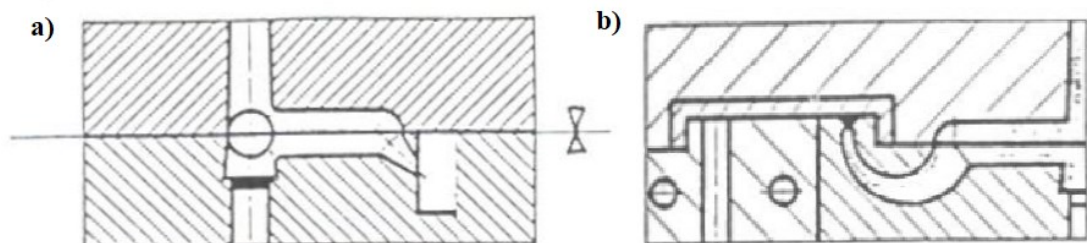
Patří mezi nejznámější a nejčastěji používaný typ zúženého vtokového ústí. Průřez bodového vtoku bývá nejčastěji kruhový a nachází se mimo nebo v dělicí rovině. Je nutné použití třídeskového systému, ve kterém první dochází v jedné dělicí rovině k oddělení vtokového ústí od výrobku a následně k otevření formy v druhé dělicí rovině. Při volbě méně tekutého plastu nebo plněných plastů se bodový vtok zásadně nedoporučuje.[3]



Obrázek 22 – Bodový vtok [3]

#### 4.3.6 Tunelový vtok

Funguje na principu bodového vtoku, ale vtokový zbytek může ležet zároveň v dělicí rovině. Tento způsob je výrobně náročnější. Oddělování vtokového zbytku dochází při otvírání formy nebo vyhazování výrobku. Tunelový vtok se umísťuje převážně do levé strany formy, protože při umístění do pravé strany (pevné části formy) dochází k obtížnému odformování. Konstrukční návrh se neobejde bez přídržovače vtoku. Používá se zejména u vzhledově náročnějších výrobku. Speciální případ konstrukce je srpkovitý tunelový vtok, který se navrhuje, aby stopa po vtoku nepůsobila na pohledovou část výrobku. Tunelový vtok nenachází vhodné použití u křehkých materiálů.[3]



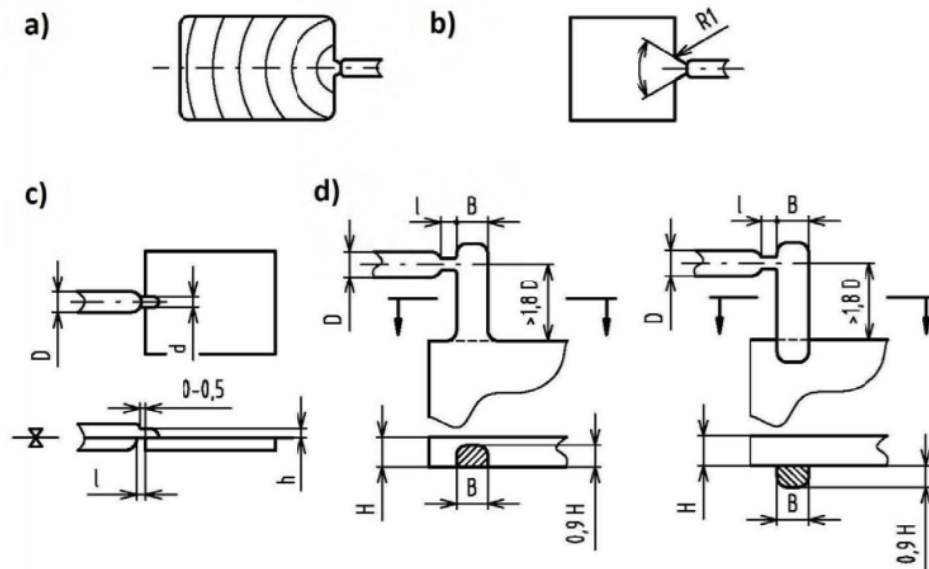
Obrázek 23 – Tunelový vtok [3]

a) tunelový vtok – rozváděcí kanál v obou polovinách formy, b) srpkovitý vtok

#### 4.3.7 Boční vtok

Patří mezi nejrozšířenější a nejčastěji používaný typ vtokového ústí. Jeho ústí se nachází v dělicí rovině. Na rozdíl oproti bodovému vtoku bývá jeho nejčastěji používaný průřez obdélníkový, nicméně může nastat situace, kdy se navrhuje kruhový nebo lichoběžníkový. Při odformování nedochází k oddělení vtokového zbytku od výrobku. Při některých konstrukčních řešeních se navrhuje oddělování pomocí speciálního odřezávacího ústrojí, které je součástí návrhu konstrukce formy. Návrh vtokového ústí se upravuje do tvaru vějíře nebo bočního

vtoku s překrytím, kvůli zabránění volného vstřikování do dutiny formy. Při výrobě optických prvků nebo mechanicky silně namáhaných výrobků se používá výhradně nepřímý boční vtok, který zabraňuje vzniku velkých vnitřních pnutí.[3]



Obrázek 24 – Boční vtoky [3]

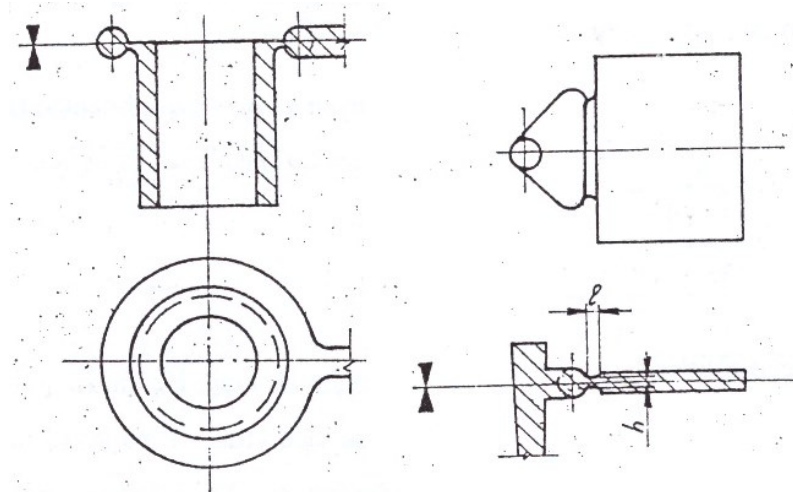
a) klasický boční vtok, b) vějířový vtok, c) s překrytím, d) nepřímé vtoky

#### 4.3.8 Filmový vtok

Řadí se mezi nejpoužívanější vtok z kategorie bočních vtokových ústí. Do téhle kategorie se řadí taky prstencové, diskové, deštníkové a další. Filmový vtok se používá k vyplnění kruhových a trubicových dutin, zejména u výrobků, kde se klade důraz na vysokou kvalitu. Nedochází k rovnoměrnému vyplnění dutiny formy, které se řeší škrcením a jinými úpravami.[3]

Správné navržení filmového vtoku zaručuje:[3]

- dodržení rovinnosti, přímosti a přesnosti tvaru výstřiku,
- malé vnitřní pnutí,
- odstranění studených spojů,
- zmenšení odporu vtokového systému,
- zmenšení rychlosti taveniny vstupující do dutiny formy.



Obrázek 25 – Příklady uspořádání filmového vtoku [3]

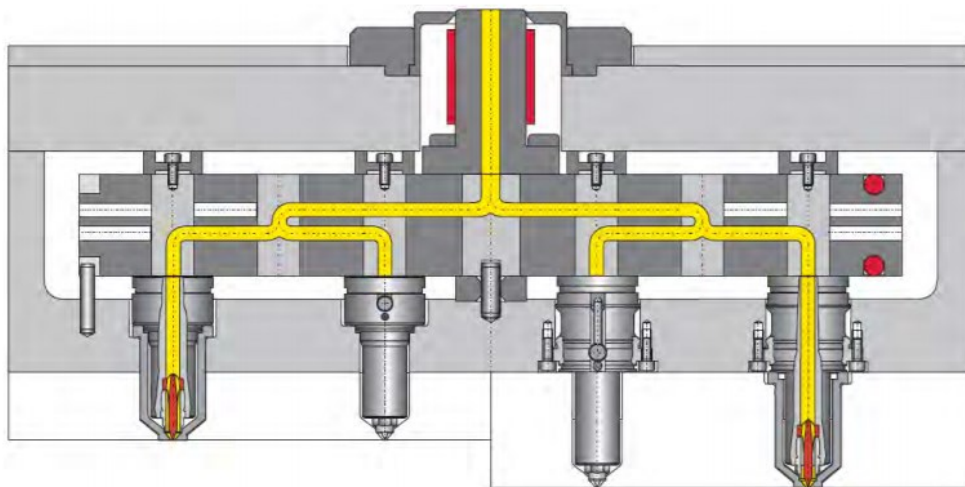
#### 4.4 Vyhřívané vtokové soustavy (VVS)

Vyhřívané vtokové soustavy nachází uplatnění zejména u forem, které se používají pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Při výrobním procesu je soustava rozvodu taveniny tepelně i mechanicky namáhána, kvůli tomu se při výrobě formy klade důraz na přesnost a větší tuhost. Následně tedy dochází ke zvětšení výrobních nákladů. Proto volba vyhřívaných vtokových soustav není ekonomicky výhodná pro krátkodobou nebo přerušovanou výrobu. Technologie vyhřívaných vtokových soustav funguje na principu, kdy tavenina setrvává v plastickém stavu v celé oblasti vtokového systému až do ústí formy. Proto je možnost použití pouze bodového ústí malého průřezu, které má široké využití při výrobním procesu. Ke korigování správné teploty taveniny slouží regulátor, který je ovládaný snímači. Při výrobě může zůstat nepatrný vtokový zbytek na výrobku, aby se zamezilo případnému přesahu přes úroveň výrobku, navrhuje se na něm zahloubení.[3],[9]

- Výhody VVS[4]
  - bezodpadové vstřikování (nevzniká vtokový zbytek),
  - možnost automatizace výroby,
  - zkrácení výrobních cyklů,
  - snížení nákladů na dokončující operaci s odstraněním vtokového zbytku,
  - snadná montáž, demontáž, údržba,
  - vlastní regulace teploty.
- Nevýhody VVS
  - nutnost zajistit regulátory a snímače teplot,



- náročné a nákladné konstrukční provedení,
- energeticky a ekonomicky nákladnější než SVS.



Obrázek 26 – Vyhříváný vtokový systém [9]

#### 4.4.1 Vyhříváné trysky

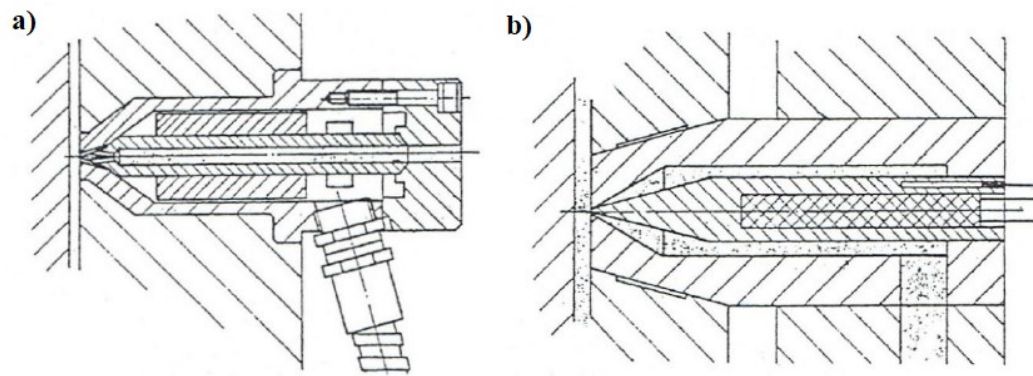
Konstrukce vyhříváných trysek poskytuje spojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při ideální teplotní stabilizaci. Tryska obsahuje vlastní topný článek s regulací nebo pro ohřívání slouží jiný zdroj vtokové soustavy.

Nepřímo vyhříváné trysky se vyznačují dvěma způsoby provedení:

- dotápěným vyústěním izolovaného rozvodu vtoku, ve kterém špička miniaturního topného tělesa zasahuje do vyústění vtoku a je zabudována do ocelového pouzdra. U daného způsobu provedení je třeba dodržovat rychlý pracovní cyklus.
- přenosem tepla z vyhříváného rozvodu na trysku. Tento způsob se používá obvykle pro vícenásobné formy.

Přímo vyhříváné trysky se rozdělují na:

- trysky s vnějším topením, při dané konstrukci trysek tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky.
- trysky s vnitřním topením, při dané konstrukci trysek tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou složku, která se navrhuje z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí.[3]



Obrázek 27 – Přímo vyhřívané trysky [3]

a) s vnějším vytápěním, b) s vnitřním vytápěním

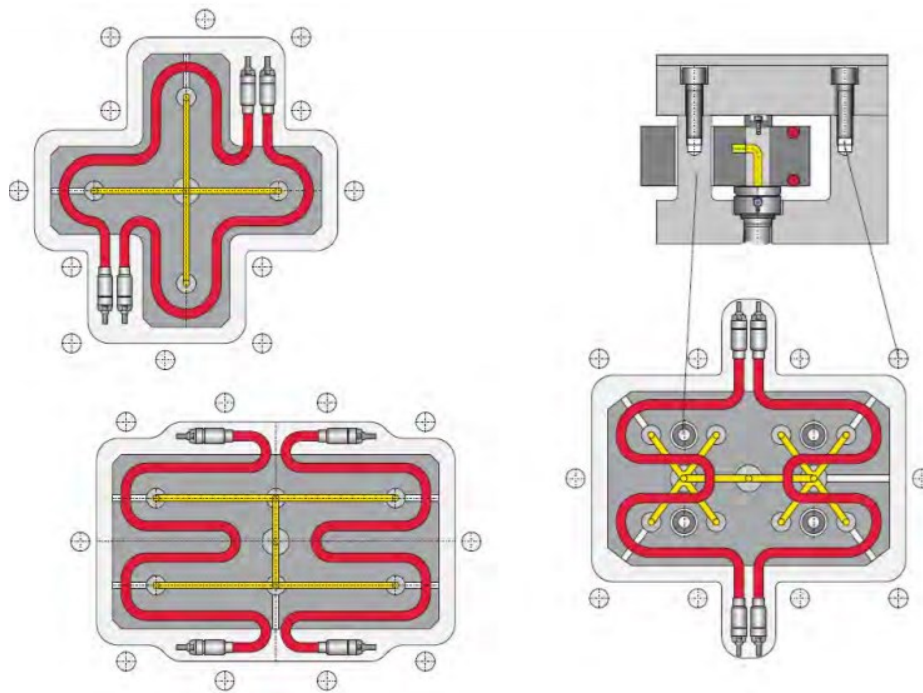
#### 4.4.2 Vytápěné rozvodové bloky

Vstřikovací formy s rozvedenými bloky se používají ve spojení s vyhříványými nebo izolovanými tryskami s předkomůrkami. Používají se u vícenásobných forem k rozvedení taveniny do dutin formy. Pro docílení správného fungování je důležité, aby rozvodné bloky byly rovnoměrně vytápěny. Při nerovnoměrném vytápění dochází k negativnímu ovlivnění toku taveniny. Rozváděcí blok je umístěn v pevné části formy mezi upínací a tvarovou deskou. Vyrábí se zejména ve tvaru X, I, H, Y, hvězdice a další. Pro teplotní izolaci od ostatních částí formy se využívá nejčastěji vzduchová mezera. Rozvodné bloky se vytápějí zvenku pomocí elektrického odporového topení nebo pomocí topných patron, které mají umístěné vytápění vevnitř. Při konstrukci rozvodných kanálů se musí konstruktér vyvarovat ostrým hranám, přechodům a mrtvým koutům. Rozvodný blok je koncipován tak, aby docházelo k rychlému ohřevu, k dostatečné teplotě pro optimální tok taveniny v bloku a trysce a eliminaci tepelných ztrát (přestupem, vodivostí, vyzařováním).

Teplotní rozdíl mezi formou a rozvodovým blokem při ohřevu a změně teploty bloku způsobuje změny v jeho délkových rozměrech, což může následně zapříčinit:

- vysoké tlaky ve formě,
- deformaci nástroje,
- změnu rozměrů bloků a následným přesezením trysky se zmenšením vtokového ústí.

Změny u trysek, které jsou pevně zakotveny v bloku, se musí kompenzovat vhodným konstrukčním řešením (přesazením otvoru pro trysku, zmenšení délky bloku apod.) [3], [9]



Obrázek 28 – Vytápěné rozvodové bloky [9]

## 4.5 Vyhazování výrobku

Nezbytnou součástí při konstrukci formy je i její vyhazovací systém, který zajišťuje po otevření formy vyhození nebo vysunutí výrobku z dutiny nebo tvárníku.

Vyhazovací systém funguje ve dvou fázích:

- pohyb směrem vpřed (vlastní vyhazování),
- pohyb vratný (návrat vyhazovacího systému do původní polohy).

Pro správný provoz vyhazovacího systému je důležité, aby měl výrobek hladký povrch a úkosovitost stěn minimálně  $0^{\circ}30'$ . Vyhazovací systém musí výrobek vyhazovat rovnoměrně, aby nedošlo následkem vzpříčení k trvalým deformacím nebo k jinému poškození. Při vyhazování zanechávají vyhazovací kolíky stopy na výrobku. Vyhazovače se umísťují zejména na nepohledové strany výrobku. U studených vtokových soustav se zároveň s výrobkem vyhazuje i vtokový zbytek, který lze při vhodné konstrukci záměrně oddělit a předejít tak dodatečným úpravám s jeho odstraněním.[4]

### 4.5.1 Mechanické vyhazování

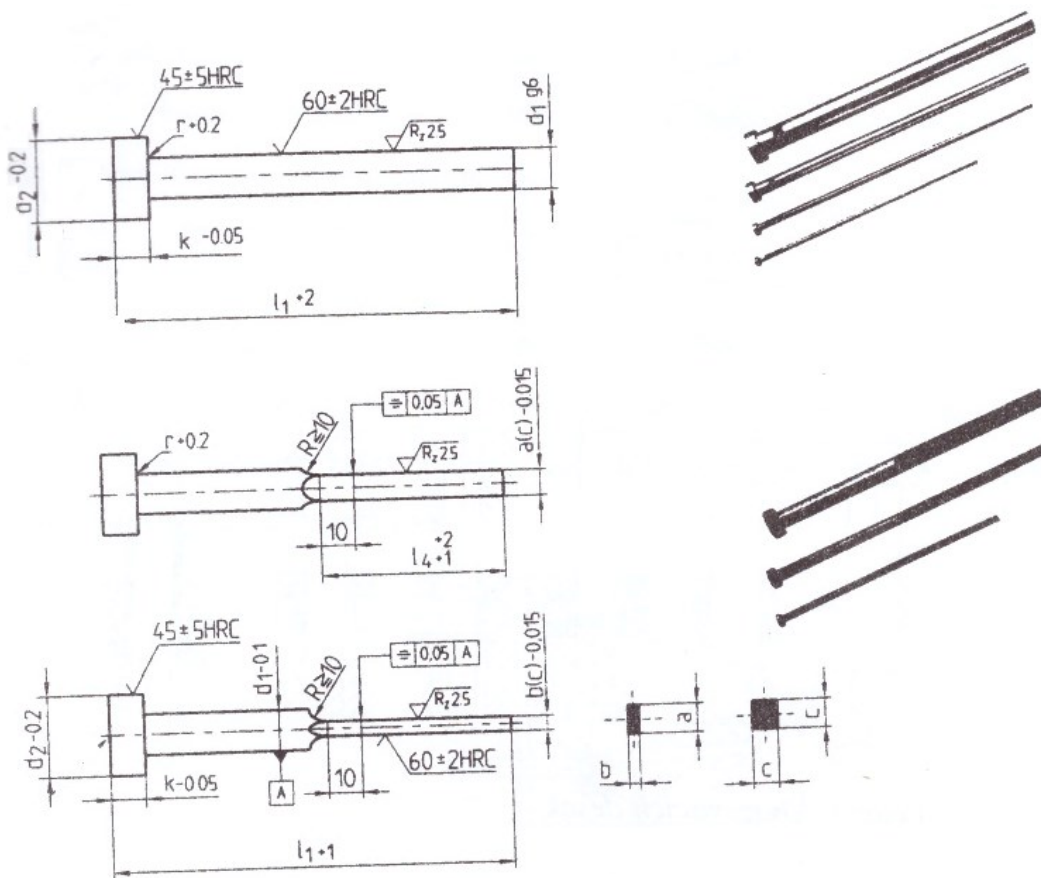
Patří mezi nejčastější volbu konstruktéra při návrhu vyhazovacího systému.[4]

Konstrukce provedení mechanického vyhazování:[4]

- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků,
- vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů,
- šikmé vyhazování,
- speciální vyhazování,
- postupné vyhazování.

#### 4.5.2 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

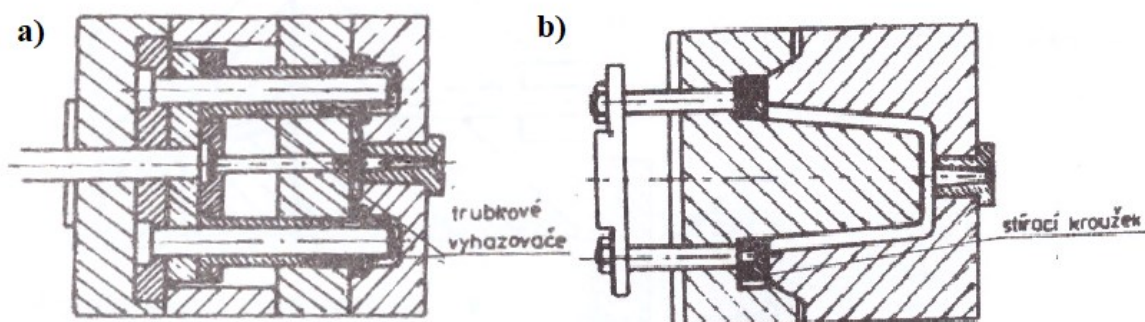
Je považován za nejčastější a nejlevnější způsob vyhazování výrobku. Tento způsob může být konstruován tam, kde lze umístit vyhazovače proti ploše výrobku ve směru vyhození. Jeho výroba je jednoduchá a funkčnost zaručena. Při správné volbě umístění vyhazovacího kolíku na stěnu nebo žebra výrobku se zabrání následnému poškození nebo trvalým deformacím. Nejčastější způsob tvaru kolíku je válcový a navrhuje se v toleranci H7/g6, H7/h6, H7/j6 na základě funkce, kterou budou vykonávat a tekutosti plastu. [4]



Obrázek 29 – Příklady tvaru vyhazovacích kolíků [4]

### 4.5.3 Vyhazování stírací deskou

Způsob vyhazování stírací deskou funguje na principu setření výrobku z tvárniku po celém jeho obvodu. Stírací deska při vyhazování nezanechává stopy na výrobku. Tento způsob nachází uplatnění zejména u tenkostěnných výrobků, kde hrozí poškození nebo u velkých výrobků, které potřebují velkou vyhazovací sílu. Stírání lze použít za předpokladu, že výrobek dosedá na stírací desku v rovině nebo v mírně zakřivené ploše. Trubkový vyhazovač je unikátní případ, který funguje jako stírací deska a pracuje jako vyhazovací kolík. Při vyhazovacím procesu je výrobek stírán tlakem. U trubkového vyhazovače se vlastní vyhazovací kolík nepohybuje a tvoří pouze jádro, které vodi pohyblivou část. [4]

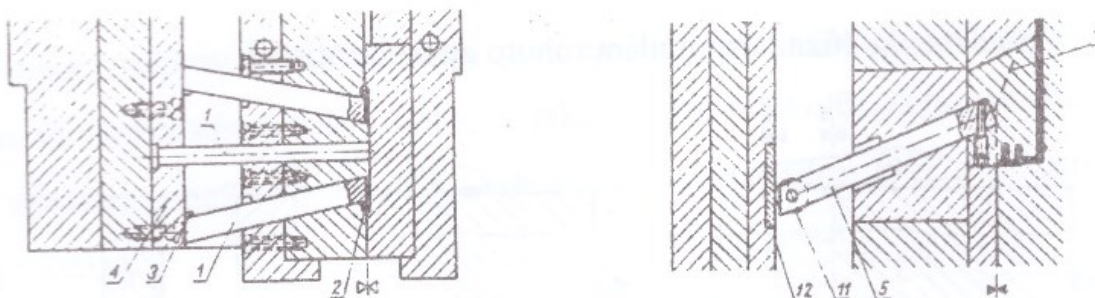


Obrázek 30 – Vyhazování stírací deskou [4]

a) trubkový vyhazovač, b) vyhazovací kroužek

### 4.5.4 Vyhazování pomocí šikmých kolíků

Jedná se o unikátní způsob mechanického vyhazování. Šikmý kolík neleží kolmo k dělicí rovině, ale pod různými úhly. Používá se zejména u malých a středně velkých výrobků s vnějším nebo mělkým vnitřním závitem. Díky danému vyhazování se zabrání použití konstrukčně náročných posuvných čelistí s klínovým mechanismem. Při konstrukci se kombinuje vyhazování šikmých kolíků s vyhazováním přímým. [4]



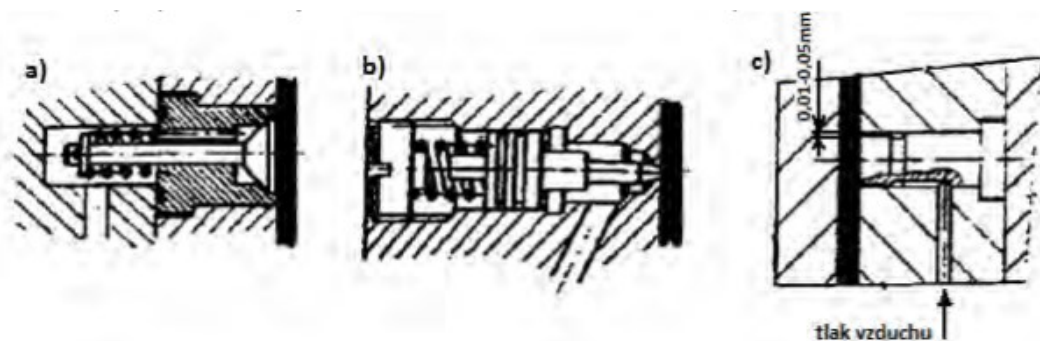
Obrázek 31 – Vyhazování pomocí šikmých kolíků [4]

#### 4.5.5 Dvoustupňové vyhazování

Je to druh mechanického vyhazování. Pro použití je nutné dvou vyhazovacích systémů, které se oboustranně ovlivňují. Tímto způsobem lze vyhazovat výrobky s odlišným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. Použit lze například u šikmého vyhazování výrobku se zápichem.[4]

#### 4.5.6 Pneumatické vyhazování

Pneumatické vyhazování výrobků se používá u tenkostěnných výrobků větších rozměrů ve tvaru nádob, které je nutné zavzdušnit, aby nedošlo k jejich deformaci. Tento způsob vyhazování přivádí stlačený vzduch mezi výrobek a líc formy, díky tomuto dochází k rovnoměrnému oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se jakékoliv přetížení a nedochází ke vzniku stop po vyhazovačích. Použití pneumatického vyhazování lze jen u některých tvarů výrobku. Příchod vzduchu do dutiny formy je zajištěn přes ventil jehlový, talířový případně kolíky. Ventil se otvírá pomocí tlaku vzduchu a zavírá pružinou. Při konstrukci automatické formy se volí dva nezávislé vyhazovací systémy takové, které zabezpečují vyhození výrobku z formy. Kombinovaný příklad může být například mechanicko-pneumatický.[4]



Obrázek 32 – Vzduchové ventily [4]

a) talířový ventil, b) jehlový ventil, c) zavzdušňovací kolík

#### 4.5.7 Hydraulické vyhazování

Používá se hlavně k ovládní mechanických vyhazovačů, u kterých je potřeba zvětšit flexibilitu a pružnější pohyb. Hydraulické vyhazování bývá nejčastěji spojené se vstřikovacím strojem nebo v některých případech je zabudováno přímo ve formě. Tento způsob vyhazování je specifický velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším vyhazováním.[4]

## 4.6 Temperace forem

Důležitý faktor, který ovlivňuje výrobní proces je teplota vstřikovací formy. Při správném návrhu temperačního systému se docílí krátkého pracovního cyklu a zároveň zachování technologických požadavků na výrobu (kvalitní povrch, rozměrově přesné součásti, požadované fyzikální a mechanické vlastnosti atd.).

Při vstřikování se tavenina přivádí do dutiny formy, ve které dochází k procesu chladnutí, aby se dosáhlo vhodné teploty pro vyhození výrobku. Temperace se tedy používá za účelem zajištění optimálního tuhnutí a chladnutí výrobku. Při výrobním procesu dochází k zahřívání formy vlivem roztavené taveniny, je tedy důležité stanovit teplotu formy pro další výrobní cyklus, díky temperační soustavě se přebytečné teplo z formy odvádí během pracovního cyklu.

V některých případech se plasty zpracovávají při vyšších teplotách formy. V takových situacích jsou tepelné ztráty formy vyšší než ohřátí, které způsobuje tavenina a musí se naopak ohřívat. Při celkovém zahájení výrobního cyklu je důležité, aby forma byla vyhřátá na pracovní teplotu. Pokud dojde k výrobě, aniž by byla počáteční pracovní teplota formy správně vyhřátá, může dojít k nedostatečné kvalitě výrobku.

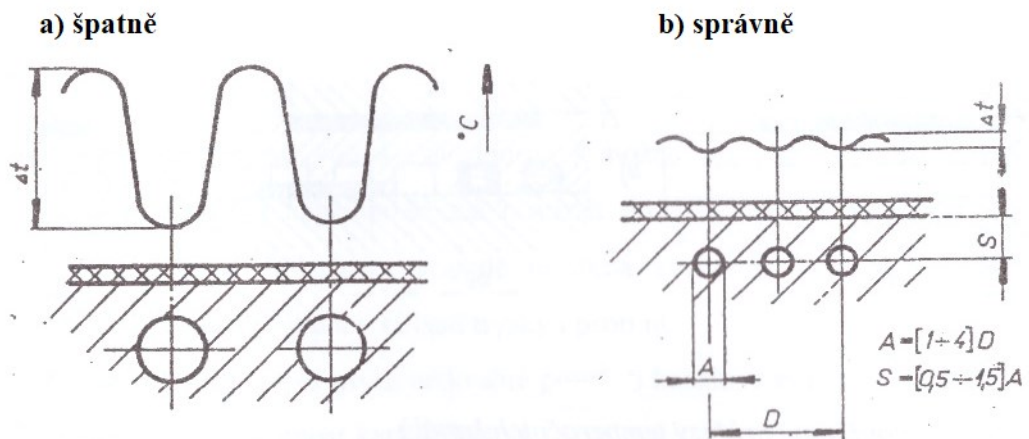
Při správně řešení temperačního systému a dostatečné hmotnosti formy se zvýší tepelná a na základě toho i rozměrová stabilita, přičemž se sníží nebezpečí deformací při vysokých vstřikovacích tlacích.

Pro správnou optimalizaci temperačního procesu je důležité volit správně velikost a rozmístění kanálů i rychlost a správné nastavení teploty temperačního média. Temperační systém se skládá ze soustavy kanálů a dutin, ve kterých proudí potřebná kapalina, která udržuje jednotlivé části na teplotě, která se požaduje. U plastů, které se zpracovávají při vyšších teplotách formy, dochází k ohřevu vlivem elektrického vytápění.[4],[7]

Umístění temperačního systému:

- v pevné (vtokové) části formy,
- v pohyblivé části formy.

Při volbě temperačních kanálů je vhodnější volit spíše větší počet malých kanálů s menšími roztečemi, než menší počet velkých kanálů s velkými roztečemi. Průřez kanálu se volí na základě výstřiku, druhu plastu a rámu formy. Kruhový tvar kanálu je nejběžnější a nejčastější volba konstruktéra.[4],[7]



Obrázek 33 – Vliv rozmístění kanálek na průběh teploty povrchu tvárnice [4]

Možnosti temperačního média: [4]

- Kapaliny- proudí temperačními kanály, které jsou vytvořeny uvnitř formy. Při proudění dochází k přestupu tepla mezi kapalinou a formou. Mezi nejčastější volbu patří voda, která je nejvýhodnější z ekonomického hlediska. Olej se používá především při teplotě nad 100°C.
- Vzduch- chlazení vzduchem má malou účinnost, proto se používá zejména tehdy, pokud nelze použít kapalina, kvůli nedostatku prostoru. Volným prouděním vzduchu se chladí povrch formy nebo tvarové části v momentě, kdy je otevřená forma, popřípadě nuceným prouděním vlivem přetlaku či podtlaku.
- Topné elektrické články- používají se za předpokladu, že se požaduje vyšší teplota formy a ztráty do okolí jsou větší, než teplo, které dodává tavenina. Jako topné elektrické články se používají především topné patrony a prstencová topná tělesa.

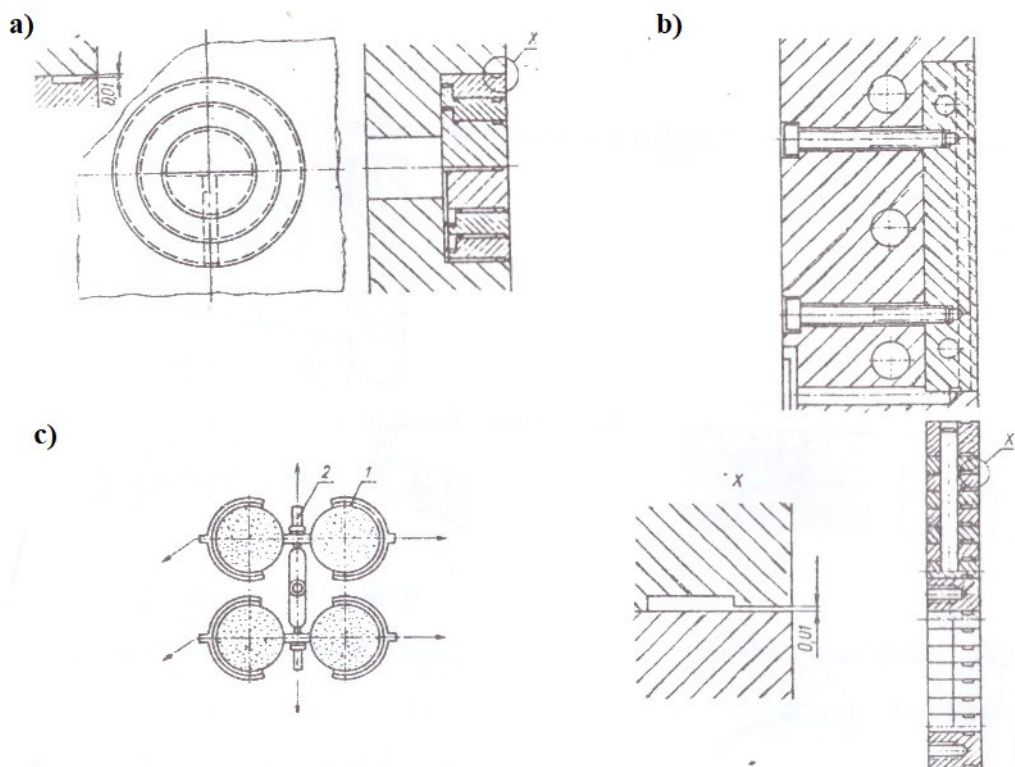
## 4.7 Odvzdušnění forem

Při vstřikovacím procesu se v dutině formy před naplněním nachází vzduch. Je důležité zabezpečit únik vzduchu a případných zplodin. Jakmile se začne vzduch vlivem plnění formy stlačovat, dochází ke kompresi vzduchu a s tím se zvětšuje i tlak v dutině. Při nárůstu tlaku může dojít až k zažehnutí vzduchu a tím pádem i ke spálení plastu. Tento jev se nazývá Dieselův efekt. Vlivem vzduchu v dutině formy může docházet ke vzniku bublin, které negativně ovlivní mechanické vlastnosti výrobku. Na základě těchto důvodů je třeba zajistit správné odvzdušnění dutiny formy. Při nízké vstřikovací rychlosti se tvoří a uvolňuje ztuhlý



polymer ze stěn formy a dochází k jeho strhávání do proudící taveniny. Uvolněné ztuhlé částice mohou negativně ovlivnit rozměrovou stabilitu, povrchové a mechanické vlastnosti.

Místo, ve kterém se bude odvzdušnění nacházet je často patrné z tvaru výrobku, někdy ovšem nastává situace, kdy je správné místo obtížné zvolit. Při volbě místa je třeba myslet nato, jakým způsobem a směry se plní dutina formy taveninou. V místě, které se zaplní naposled, je důležité zajistit dostatečné odvzdušnění. Vzduch se často dostává z formy tím, že konstruktér navrhuje odvzdušnění v dělicí rovině, vůli mezi pohyblivými částmi, odvzdušňovacími kanály apod..[4],[7]



Obrázek 34 – Příklady odvzdušnění [4]

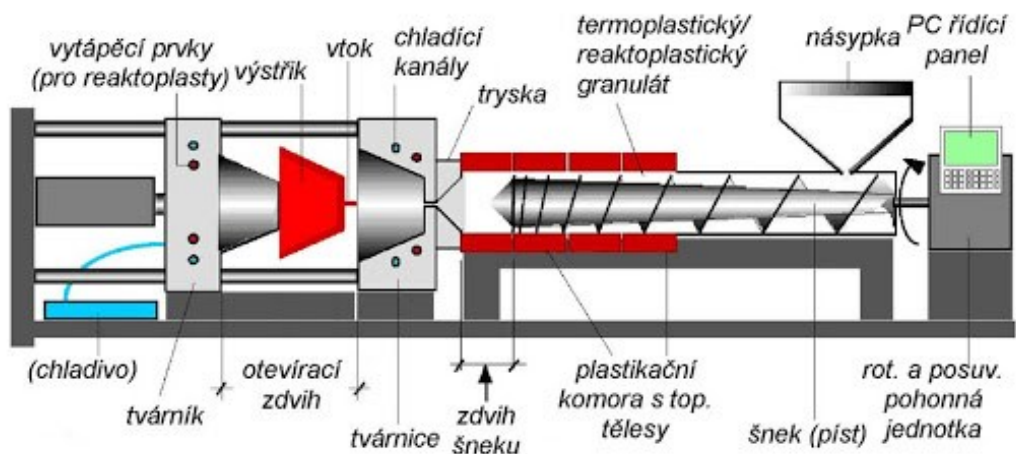
a) odvzdušnění dělenými kruhovými vložkami, b) odvzdušnění svazkem lamel, c) odvzdušnění dutin a kanálů při vstřikování optických dílů z PMMA

## 5 VSTŘIKOVACÍ STROJE

Kompletně funkční vstříkovací stroj, na kterém se pravidelně provádí údržba u hydraulických strojů i čištění olejové náplně, je nedílnou součástí výrobního procesu vstříkování. Vstříkovací stroj se skládá ze vstříkovací jednotky, uzavírací jednotky a řízení a regulace. Mezi důležitou vlastnost, podle které se volí vstříkovací stroj, patří reprodukovatelnost nastavených výrobních parametrů, uzavírací síla a kapacita plastikační jednotky. Nesmí se zapomínat, nýbrž přihlížet i na zpětný uzávěr na plastikačním a vstříkovacím šneku.[2]

Konstrukce stroje se navrhuje podle: [3]

- vstříkovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- ovládání a řízení stroje.



Obrázek 35 – Schéma vstříkovacího stroje [6]

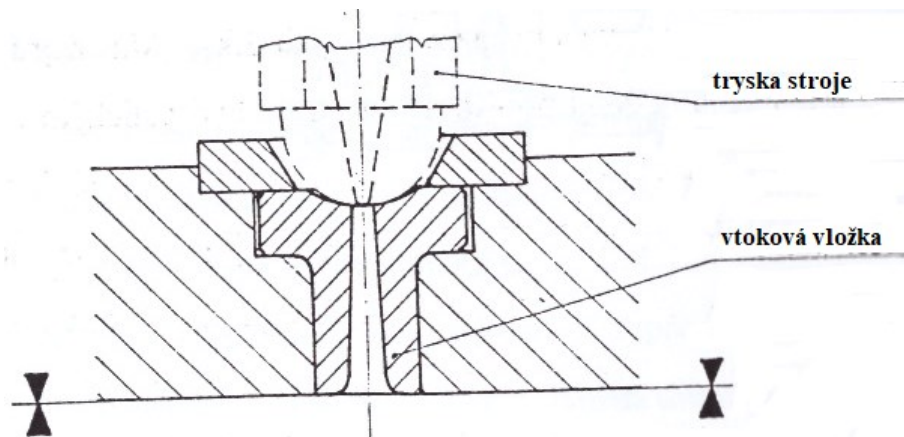
### 5.1 Vstříkovací jednotka

Vstříkovací jednotka vykonává dva hlavní úkoly:[6]

- přetváří granulát na homogenní taveninu o dané viskozitě,
- vstříkuje taveninu vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny formy.

Množství taveniny, která je dopravována při jednom pracovním cyklu musí být menší, než je kapacita vstříkovací jednotky. Jakmile se vstříkovací jednotka naplní malým množstvím taveniny, tak zůstává plast ve vstříkovací jednotce delší dobu a to může vést až k jeho degradaci. Optimální množství taveniny ve vstříkovací jednotce pro ideální výrobní cyklus je

80%. Vstřikovací jednotka funguje na principu, kdy je z násypky do tavného válce dopraven materiál ve formě granulátu. Granulát je posouvaný šnekem do topné tavné komory, která se skládá ze tří pásem (vstupní, přechodové a výstupní). V těchto pásmech dochází k plastikaci a homogenizaci taveniny. Na konci topné tavné komory se nachází vyhřívaná tryska, která zaručuje spojení mezi vstřikovací jednotkou a vstřikovací formou. K přesnému dosednutí vyhřívané trysky do sedla vtokové vložky formy slouží kulové zakončení.[3]



Obrázek 36 – Dosednutí trysky stroje na vtokovou vložku [6]

## 5.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka slouží k zajištění dokonalého uzavření, otevření a případně vyhození výrobku. Uzavírací síla musí být větší, než je vstřikovaný tlak taveniny, aby se zabránilo otevření formy. Mezi hlavní části uzavírací jednotky patří opěrná deska pevná, upínací deska, vodící sloupky a uzavírací mechanismus.[3]

## II. PRAKTICKÁ ČÁST

## 6 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zásady pro vypracování bakalářské práce na téma „Návrh vstříkovací formy pro výrobu dílu části interiéru automobilu“:

- Vypracovat literární studii pro dané téma
- Provést 3D konstrukci modelu vstříkované součásti
- Navrhnout 3D konstrukci vstříkovací formy pro zadaný díl
- Nakreslit 2D řez vstříkovací formou spolu s výkresy a kusovníkem

V literární studii se nachází seznámení s problematikou, kterou tvoří technologie vstříkovaní. V kapitolách se nacházejí informace ohledně polymerů, vstříkovaní, konstrukce výrobku, konstrukce formy a její konstrukční prvky

Jako předloha pro 3D model vstříkované součásti je kastlík z části interiéru automobilu Honda Civic FK2.

Největší část praktické části bakalářské práce tvoří 3D konstrukce vstříkovací formy, která byla vypracována v programu CATIA V5 R19. Normalizované součásti, které tvoří část 3D modelu vstříkovací formy byly vybrány od firmy HASCO.

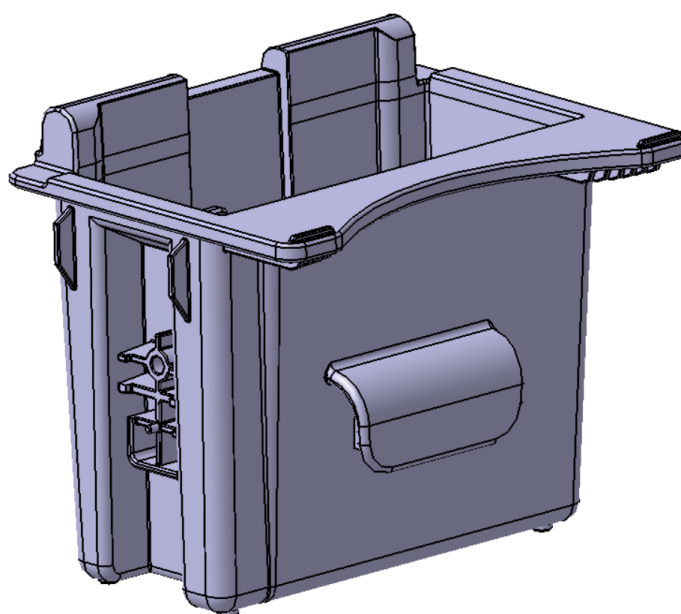
Následně se na základě 3D modelu vstříkovací formy vypracoval 2D řez formou, který tvoří pozice jednotlivých součástí formy. Celková sestava obsahuje i kusovník, ve kterém se nacházejí informace o jednotlivých prvcích formy.

## 7 CHARAKTERISTIKA VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU

Vstříkovaný výrobek byl vybrán z interiéru automobilu Honda Civic FK2. Materiál, který byl použit pro výrobu součásti je PA 66 s výztuží v podobě 30 % skelných vláken. Příslušný materiál vykazuje zejména mimořádné mechanické vlastnosti, do kterých patří vyšší pevnost, tuhost, rozměrová stabilita a dobrá vlastnost proti opotřebení.

Tabulka 3 – Vybrané vlastnosti materiálu PA66-GF30 [11]

Vlastnosti	NORMA	HODNOTA	JEDNOTKA
<b>Fyzikální</b>			
Hustota	1183	1,29	g/
Nasákavost při ponoření ve vodě 23 °C	62	5,5	%
Barva			ČERNÁ
Smrštění	2577	0,4-0,7	%
<b>Mechanické</b>			
Pevnost v tahu	DIN EN ISO 527-2	91	MPa
Pevnost v ohybu	DIN EN ISO 527-2	135	MPa
Modul pružnosti (tahová zkouška)	DIN EN ISO 527-2	5500	MPa
Prodloužení při přetržení	DIN EN ISO 527-2	8	%
<b>Teplotní</b>			
Teplota skelného přechodu	DIN EN ISO11 357	48	°C
Teplota tání	DIN EN ISO11 357	254	°C
Provozní teplota krátkodobá		180	°C
Provozní teplota dlouhodobá		110	°C
<b>Elektrické</b>			
Dielektrická síla	ISO 60243-1	35	kV/mm



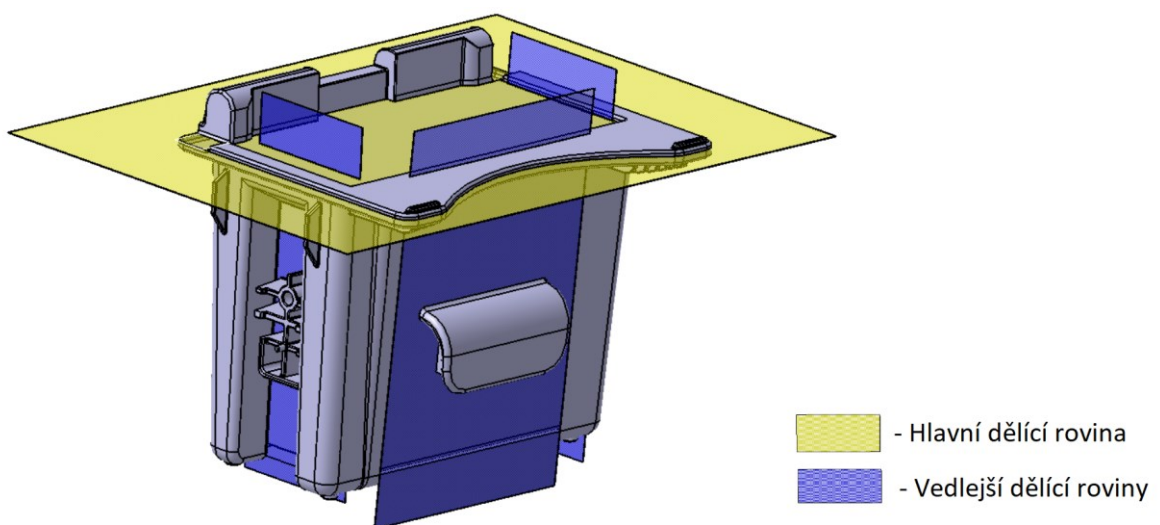
Obrázek 37 – 3D model výrobku

## 8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Při konstrukci formy je třeba dbát, aby byla výroba formy jednoduchá, přesná a ekonomicky výhodná, aby se splnily dané požadavky, používají se k sestavení formy především normalizované díly. V tomto konstrukčním řešení byly normalizované díly vybrány od firmy Hasco. Pomocí těchto normalizovaných dílů se předejde náročné výrobě některých součástí a zároveň urychlí vývoj vstřikovací formy.

### 8.1 Volba dělicí roviny

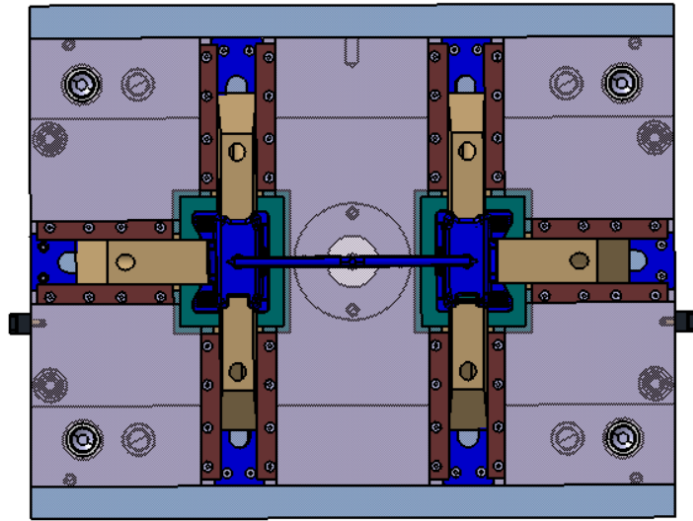
Důležitým faktorem při konstrukci formy je volba dělicích rovin. V případě, že dojde k chybnému návrhu dělicích rovin, může dojít ke špatnému fungování formy nebo negativnímu ovlivnění výsledného výrobku. Při volbě hlavní dělicí roviny se uvažuje tak, aby při výrobě zůstala vstřikovaná součást na levé části formy. V tomto případě bylo nutné zvolit i vedlejší dělicí roviny, bez kterých by nebylo možné součást vyrobit.



Obrázek 38 – Volba dělicích rovin

### 8.2 Násobnost formy

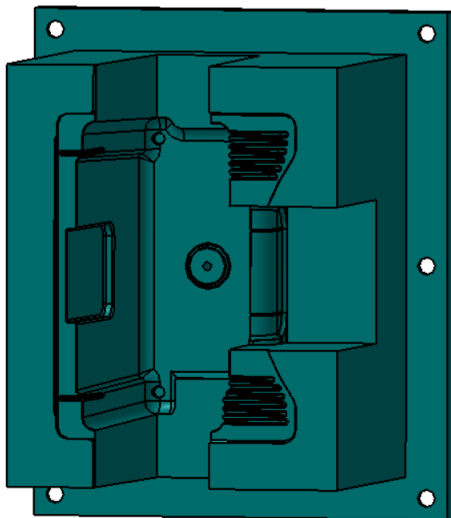
Volbu násobnosti formy ovlivňuje ekonomičnost výroby, kapacita vstřikovacího stroje, přesnost a kvalita výrobku a další činitelé. V tomto případě, aby se zvětšilo množství vstřikovaných výrobků na jeden pracovní cyklus a zvětšila tak produkce výroby, tak se volí dvou-násobná forma, ve které musí být zaručeno rovnoměrné plnění tvarových dutin, aby byla dodržena přesnost výrobků. Na jeden pracovní cyklus se tedy vyrobí dva výrobky.



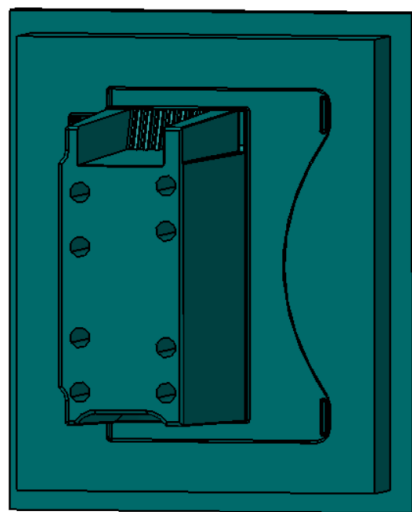
Obrázek 39 – Násobnost formy

### 8.3 Dutina formy

V tomto případě tvoří dutinu formy tvárník, tvárnice a boční posuvné čelisti, tento celek je nedílnou součástí vstříkovací formy a udává výsledný tvar vstříkovaného materiálu. Tvárník je připevněn v levé části formy a tvárnice v pravé části formy. Navzájem se tyto dvě součásti setkávají v hlavní dělicí rovině a spolu s bočními čelistmi tvoří negativ výsledného výrobku. U materiálu PA 66 GF30, který je použit jako vstříkovaný materiál je smrštění 0,6 %. Dutinu formy je nutné zvětšit o danou hodnotu smrštění, aby se docílilo požadovaného tvaru výrobku.



Obrázek 41 – Tvárnice

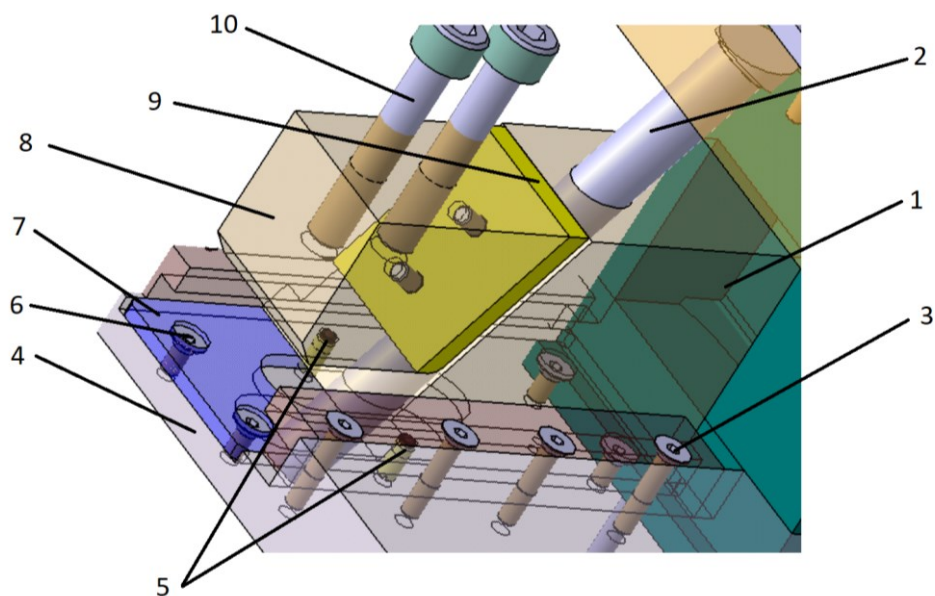


Obrázek 40 - Tvárník



## 8.4 Boční posuvné čelisti

V této formě se na výsledném tvaru výrobku podílí tři posuvné čelisti uložené v levé části formy. Trajektorie bočních posuvných čelistí je dána šikmými kolíky, které jsou uloženy v pravé části formy. Trajektorii také udávají kolejnice, které zároveň drží posuvnou čelist na levé straně formy. Materiál je do dutiny formy vstřikován pod vysokým tlakem, je tedy nutné nainstalovat opěrky, které slouží k zabezpečení proti pootvření. Pro lepší posuv jsou pod bočními posuvnými čelistmi a na opěrkách přišroubovány kluzné desky, které snižují tření a zajišťují lepší chod. Ve vysunuté pozici drží boční posuvné čelisti stavěcí šrouby, ve kterých je uložena kulička s pružinou.



Obrázek 42 – Uložení bočních posuvných čelistí

1 – boční posuvná čelist, 2 – šikmý kolík, 3 – šrouby k zajištění kolejnic, 4 – levá kotevní deska, 5 – stavěcí šroub, 6 zajištění kluzných desek, 7,9 – kluzná deska, 8 – opěrka, 10 – šrouby k zajištění opěrky

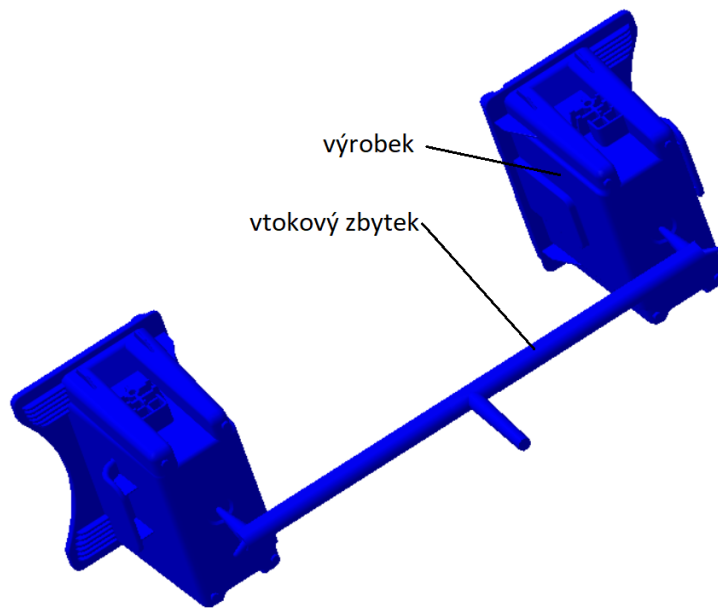
## 8.5 Odvzdušnění

Vzduch v dutině formy se při vstřikování materiálu zahřívá a může způsobit nežádoucí účinky jako např. Dieselův efekt, kdy dochází ke spálení vstřikovaného materiálu a tvarových dutin, aby se problémům předešlo, musí být forma dostatečně odvzdušněna. Zde je

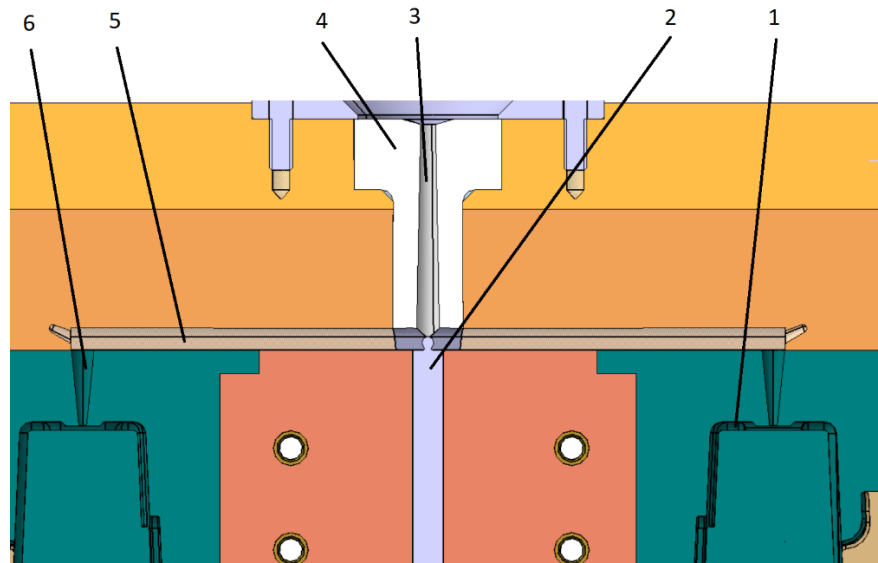
odvzdušnění řešeno únikem vzduchu dělicími rovinami a vůlemi mezi vyhazovači a tvárníkem

## 8.6 Vtokový systém

Vtokový systém slouží k dopravě roztaveného materiálu do dutiny formy. V tomto případě byl zvolen studený vtokový systém. Vtokový systém se skládá z vtokového kužele, vtokového kanálu a vtokového ústí. Vtokový kanál má lichoběžníkový průřez. Vtokový systém je navržen tak, aby se při otevření vedlejší dělicí roviny odtrhlo vtokové ústí od výrobku a zároveň celý vtokový zbytek zůstal na přídržovači vtoku. Po otevření hlavní dělicí roviny se vtokový zbytek setře z přídržovače vtoku a vypadne z formy. Pro automatické vyhození vtokového zbytku je nutné, aby se vedlejší dělicí rovina otevřela minimálně o délku vtokového kužele. To zajišťuje správné navržení západkového tažného systému.



Obrázek 43 – Výrobek s vtokovým zbytkem



Obrázek 44 – Řešení vtokového systému

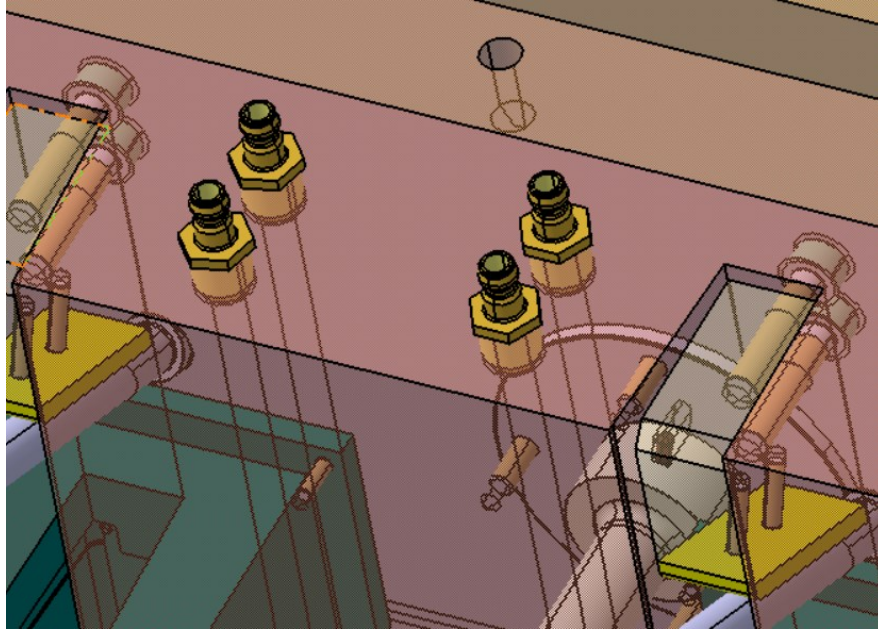
1 – tvarová dutina, 2 – přídržovač vtoku, 3 – vtokový kužel, 4 – vtoková vložka, 5 – vtokový kanál, 6 – vtokové ústí

## 8.7 Temperační systém

Temperační systém zajišťuje chlazení nebo zahřívání formy na teplotu potřebnou pro další vstřikovací cyklus. Slouží na vyrovnání teplotního pole formy, čímž dochází k rovnoměrnému tuhnutí materiálu v dutině formy. Používá se několik druhů temperace, v tomto případě se teplo odvádí kanálky, pomocí temperačního média (vody). Na základě koncepce formy je zvoleno umístění těchto kanálků pouze v pravé kotevní desce. Temperační systém se skládá ze čtyř okruhů, kde temperační kanálky jsou vyvrtány skrz celou kotevní desku a na všech koncích kanálků je přišroubovaná přípojka, na kterou je snadné připojit hadici.



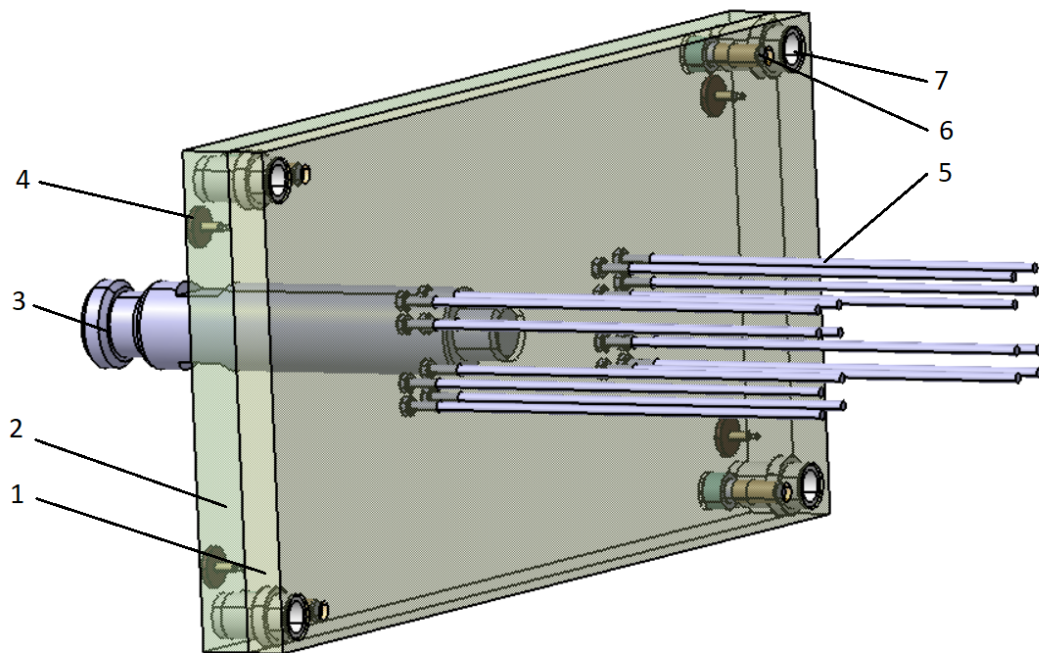
Obrázek 45 – Temperační okruh



Obrázek 46 – Umístění temperačních kanálků

## 8.8 Vyhazovací systém

Funkcí vyhazovacího systému je vyhodit výrobek, který zůstává při otevření hlavní dělicí roviny na levé straně formy. Vyhazovací systém se zpravidla navrhuje tak, aby vyhazovací kolíky působily na nepohledovou stranu výrobku. Pohyb vyhazovacího systému je zajišťován táhlem, které je upevněno ve vstřikovacím stroji. V tomto případě tvoří vyhazovací systém šestnáct vyhazovacích kolíků ukotvených v deskách vyhazovacího systému. Jedná se o válcové kolíky o průměru  $d=4,5$  mm. K vedení vyhazovacích desek je použit vodící systém skládající se z vodících čepů a pouzder. Vodící čepy jsou ukotveny v upínací desce na levé straně formy a pouzdra jsou umístěna v kotevní vyhazovací desce. Na vyhazovacím systému jsou použity 4 dosedky, které mají za úkol zmírnit rázy mezi vyhazovacím systémem a levou stranou formy a zajistit vyhazovací systém ve správné počáteční poloze.

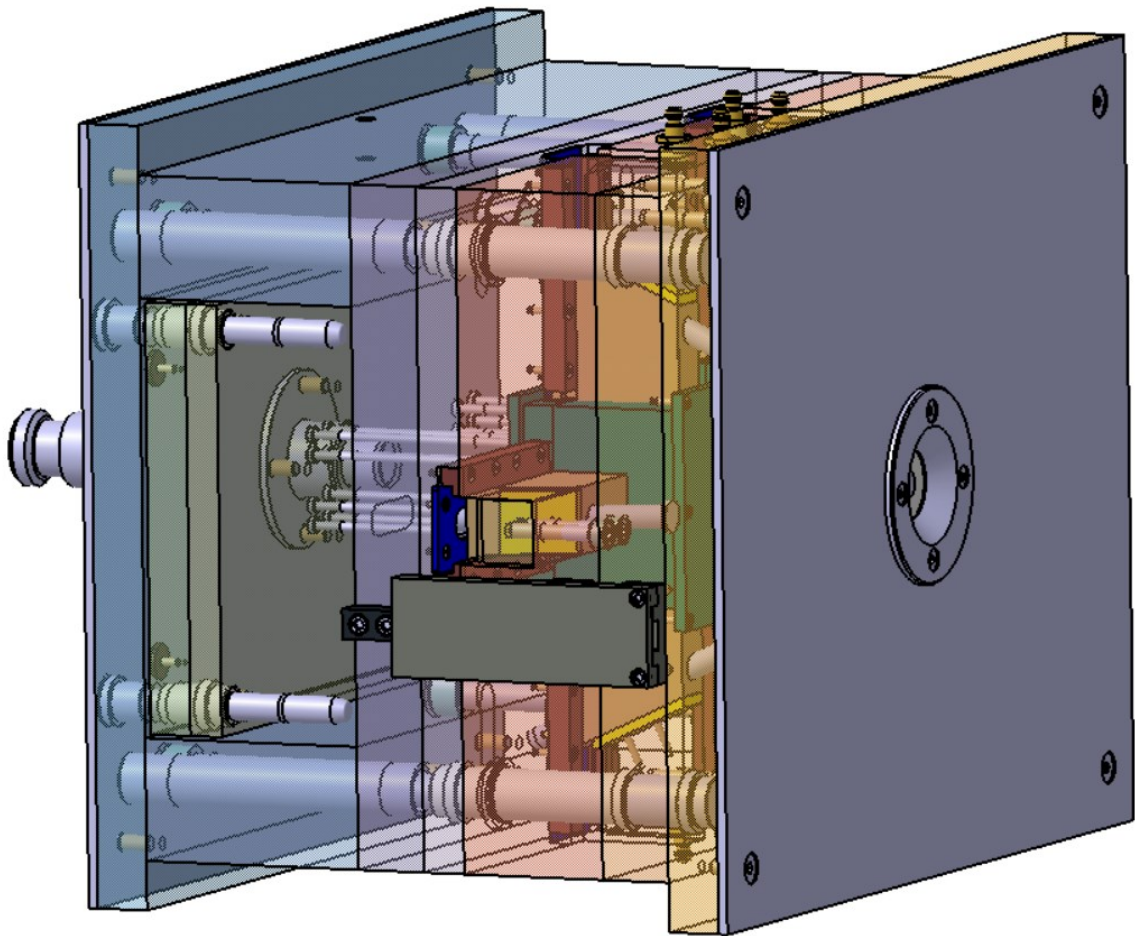


Obrázek 47 – Vyhozovací systém

1 – kotevní vyhozovací deska, 2 – opěrná vyhozovací deska, 3 – táhlo, 4 – dosedka, 5 – vyhozovač, 6 – pouzdro, 7 – spojovací šroub

## 8.9 Rám vstříkovací formy

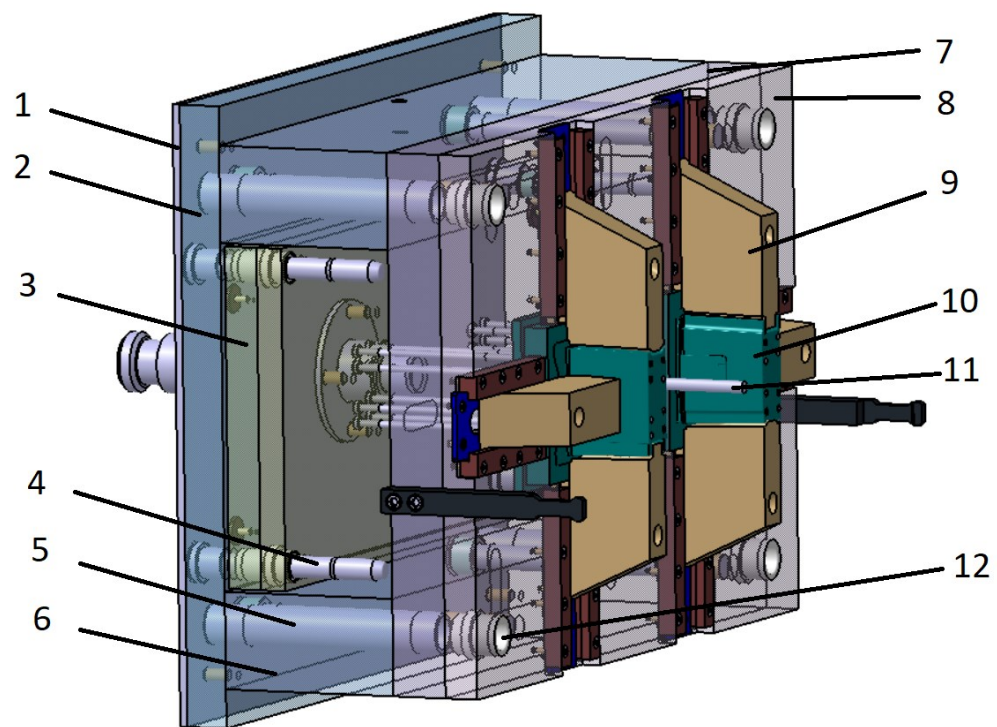
Rám vstříkovací formy je navrhnut jako třídeskový systém. Tento systém se používá kvůli odformování vtokového zbytku bez nutnosti manuální práce a tím dochází k automatizaci a urychlení výroby. Rám se skládá z několika navzájem vystředěných desek, které jsou přišroubovány zápustnými šrouby. Forma obsahuje normalizované součásti od firmy Hasco, kterými se vystředují jednotlivé části formy. Forma se rozděluje na dva velké celky, na levou a pravou stranu formy. Tyto dva celky spojuje západkový tažný systém, který nejprve otevře vedlejší dělicí rovinu a následně hlavní dělicí rovinu. Jednotlivé části formy jsou upevněny na stroj pomocí upínek za upínací desky.



Obrázek 48 – Rám vstříkovací formy

### 8.9.1 Levá strana formy

Jedná se o pohyblivou část formy vykonávající pohyb, který umožňuje odformování a vyhození výrobku. Levá strana formy je vystředěna pomocí vodících pouzder, do kterých zajišťují vodící čep z pravé strany formy. Jednotlivé desky jsou sešroubovány pomocí zápusťných šroubů. Součástí levé strany formy je i vyhazovací systém, který po otevření hlavní dělící roviny a odjezdu levé strany formy vyhazuje výrobek. Izolační deska, která je připevněna na upínací deskou pomocí šroubů zabraňuje přesunu tepla z formy na stroj.

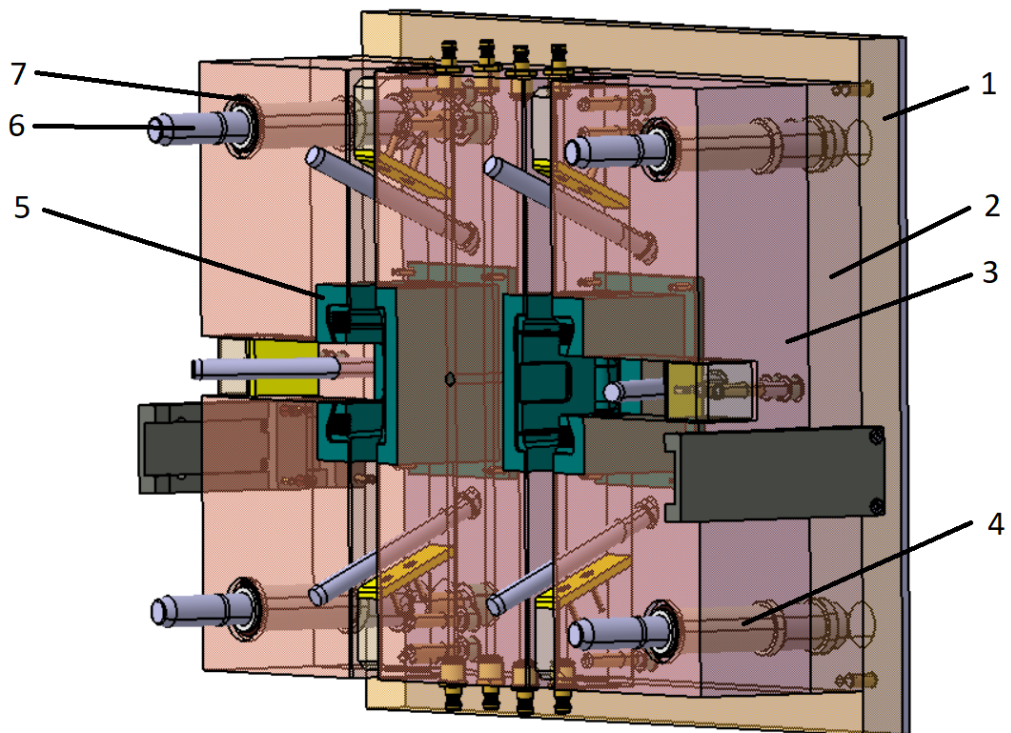


Obrázek 49 – Levá část formy

1 – izolační deska, 2 – upínací deska, 3 – vyhazovací systém, 4 – vodící čepy vyhazovacího systému, 5 – středící trubka, 6 – rozpěrné desky, 7 – opěrná deska, 8 – kotevní deska levá, 9 – boční posuvná čelist, 10 – tvárník, 11 – přidržovač vtoku, 12 – vodící pouzdro

### 8.9.2 Pravá strana formy

Jedná se o nepohyblivou část formy, která obsahuje středící kroužek sloužící k vystředění formy a vstřikovacího stroje. Přes vtokovou vložku, která je umístěna v upínací desce se do formy vstříkuje roztavený materiál a dále pokračuje vtokovým systémem do dutiny formy. V pravé straně formy jsou uloženy vodící čepy spolu s vodícími pouzdry a zaručují vystředění jednotlivých desek pravé části formy. Vodící pouzdra jsou zabezpečena proti vysunutí, při otevírání vedlejší dělicí roviny, pojistnými kroužky. Na pravé straně formy je na upínací desce taky přišroubována izolační deska a plní stejnou funkci jako na straně levé.

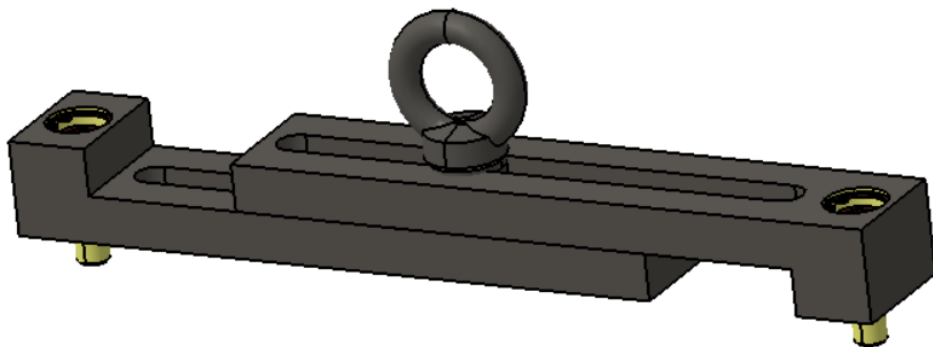


Obrázek 50 – Pravá strana formy

1 – upínací deska, 2 – vtoková deska, 3 – pravá kotevní deska, 4 – vodící pouzdro, 5 – tvárnice, 6 – vodící čep, 7 – pojistný kroužek

## 8.10 Manipulace s formou

Manipulace s formou je obtížná, proto se využívají např. jeřáby. Aby byla umožněna manipulace s formou pomocí jeřábu, montují se na formu závěsné zařízení, které však musí zajišťovat bezpečnou manipulaci se vstříkovací formou. Manipulaci se rozumí upínání forem do stroje, přemísťování forem během výroby a uskladnění forem. V tomto případě je použit transportní můstek.



Obrázek 51 – Transportní můstek



## 9 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Podle rozměrových hodnot vstřikovací formy a parametru výrobku byl zvolen vstřikovací stroj ALLROUNDER 470 C GOLDEN EDITION od německé firmy ARBURG.

Hodnoty vstřikovací formy a parametry výrobku:

- Celkové rozměry formy: 396x496x350 mm
- Objem vtokového systému a dutiny formy: 89,04 cm<sup>3</sup>

Tabulka 4 – Tabulka základních parametrů stroje [12]

	VLASTNOSTI	HODNOTA	JEDNOTKA
<b>Uzavírací jednotka</b>	Uzavírací síla	1500	kN
	Otevírací síla	50	kN
	Výška formy	250-750	mm
	Síla vyhazovacích kolíků	40	kN
	Vzdálenost mezi vodícími sloupky	470x470	mm
<b>Hydraulika, pohon</b>	Výkon čerpadla	18,5	kW
	Celkový příkon stroje	30,4	kW
<b>Vstřikovací jednotka</b>	Průměr šneku	35/40/45	mm
	Poměr šneku	23/20/18	L/D
	Objem vstřikované taveniny	154/201/254	max. cm <sup>3</sup>
	Vstřikovací tlak	2500/2000/1580	max. Bar
	Vstřikovací rychlost	128/168/212	max. cm <sup>3</sup> /s



Obrázek 52 – Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 C GOLDEN [12]

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce byl návrh vstříkovací formy pro výrobu dílu části interiéru automobilu. Díl byl vybrán z interiéru automobilu HONDA CIVIC FK2.

V teoretické části bakalářské práce se nachází základní vysvětlení problematiky technologie vstříkování, konstruování forem a zásady při konstrukci plastových dílců. Tato literární studie byla použita při řešení praktické části této bakalářské práce.

V praktické části bylo v první řadě nutné změřit parametry plastového dílce, tak, aby bylo možné následně vymodelovat 3D model plastového dílce. Pro tento model byl vybrán materiál PA66 s 30 % skelných vláken.

U návrhu 3D konstrukce vstříkovací formy byl na základě 3D modelu výrobku navržen studený vtokový systém, určen počet dělicích rovin a zvolena dvounásobná forma. Po těchto informacích bylo možné vymodelovat tvárník, tvárnici a boční posuvné čelisti. Dalším krokem bylo zvolení vhodných základních parametrů formy. Dále bylo potřeba navrhnout vhodné ukotvení bočních posuvných čelistí, aby bylo možné výrobek odformovat. Byl zvolen jednostupňový vyhadzovací systém s šestnácti válcovými kolíky. Poslední částí návrhu 3D konstrukce vstříkovací formy bylo vložení vodících a spojovacích elementů od firmy HASCO. Všechny tyto elementy jsou normalizovány, takže snižují náklady a časovou náročnost výroby formy.

Po vytvoření 3D modelu byla vytvořena výkresová dokumentace. Ta se skládá z výkresu výrobku, řezu formy, z levé a pravé strany formy. Celková výkresová dokumentace je doplněna kusovníkem. 3D model výrobku, vstříkovací formy a výkresová dokumentace byli vytvořeny pomocí programu CATIA V5R19.

Dle parametrů vstříkovací formy byl zvolen vstříkovací stroj ALLROUNDER 470 C GOLDEN EDITION od německé firmy ARBURG.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-7080-617-6.
- [2] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [3] BOBČÍK, Ladislav. *FORMY PRO ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ I. DÍL - VSTŘIKOVÁNÍ TERMOPLASTŮ*. 2. vydání. Brno: Pobočka uniplast Brno, 1999.
- [4] BOBČÍK, Ladislav. *FORMY PRO ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ II. DÍL - VSTŘIKOVÁNÍ TERMOPLASTŮ*. Brno: Pobočka uniplast Brno, 1999.
- [5] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0614-1.
- [6] Technologie II: Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti. *Katedra strojírenské technologie: Oddělení tváření kovů a plastů* [online]. Liberec, 2018 [cit. 2020-05-15]. 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] STANĚK, M. Konstrukce forem (přednášky) Zlín: UTB Zlín, 2015
- [8] Rozdělení a charakteristika polymerů. *Publi* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/04.html>
- [9] Vstřikovací formy. *Ust.fme.vutbr* [online]. Brno: Fakulta strojního inženýrství [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn\\_\\_tvareci\\_nastroje\\_vstrikovaci\\_formy\\_\\_zak.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn__tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy__zak.pdf)
- [10] VRATISLAV, Ducháček. Termoplastické elastomery: Moderní polymerní materiály. *Ust.fme.vutbr* [online]. Praha, 1997 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1997\\_01\\_23-29.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1997_01_23-29.pdf)
- [11] ERTALON 66GF-30: polyamid (PA66+GF30). *Eppplasty* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.eppplasty.cz/pdf/PA66-GF30.pdf>
- [12] *ARBURG* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/>
- [13] Produktový katalog. *HASCO: Enabling with system* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.hasco.com/cs/Produktov%C3%BD-katalog/c/1?search=false>

- [14] TICKOO, Sham. *CATIA: kompletní průvodce*. Brno: Computer Press, 2012. ISBN 978-80-251-3527-3.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

T <sub>m</sub>	Teplota tání
T <sub>g</sub>	Teplota skelného přechodu
PS	Polystyren
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
SAN	Styrenakrylonitril
PMMA	Polymethylmethakrylát
PC	Polykarbonát
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PA6	Polyamid
TPE	Termoplastický elastomer
R	Označení rádiusu
W/m·K	Jednotka tepelné vodivosti
g/cm <sup>3</sup>	Jednotka hustoty
MPa, bar	Jednotka tlaku
W	Jednotka výkonu
°C	Jednotka teploty
3D	Označení trojrozměrného prostoru
2D	Označení dvojrozměrného prostoru
cm <sup>3</sup>	Jednotka objemu
PA66 GF30	Polyamid s 30 % skelných vláken

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 – Základní rozdělení polymerů [8]</i> .....	10
<i>Obrázek 2 – Oblast použití amorfních termoplastů [3]</i> .....	11
<i>Obrázek 3 – Amorfní struktura [2]</i> .....	11
<i>Obrázek 4 – Oblast použití semikrystalických termoplastů [3]</i> .....	12
<i>Obrázek 5 – Semikrystalická struktura [2]</i> .....	12
<i>Obrázek 6 – Řetězce reaktoplastů [2]</i> .....	13
<i>Obrázek 7 – Chování elastomeru při mechanickém namáháním [8]</i> .....	13
<i>Obrázek 8 – Příklady výrobků z pryže [8]</i> .....	14
<i>Obrázek 9 – Příklady výrobků z TPE [8]</i> .....	14
<i>Obrázek 10 – a) Špatná konstrukce - tlusté stěny (vznik propadlin)</i> .....	16
<i>Obrázek 11 – Uspořádání technických žebor [3]</i> .....	18
<i>Obrázek 12 – Uspořádání technologických žebor [3]</i> .....	18
<i>Obrázek 13 – Vstřikovací cyklus a časová náročnost jednotlivých procesů [7]</i> .....	21
<i>Obrázek 14 – vstřikovací cyklus [6]</i> .....	21
<i>Obrázek 15 – Popis vstřikovací formy [8]</i> .....	23
<i>Obrázek 16 – Studený vtokový systém [3]</i> .....	25
<i>Obrázek 17 – Příklady řešení studených vtokových systému [3]</i> .....	26
<i>Obrázek 18 – Příklady průřezů kruhových kanálů [3]</i> .....	26
<i>Obrázek 19 – Příklady přidržení vtokového systému [3]</i> .....	27
<i>Obrázek 20 – Vtokové ústí [10]</i> .....	27
<i>Obrázek 21 – Kuželový vtok [3]</i> .....	28
<i>Obrázek 22 – Bodový vtok [3]</i> .....	29
<i>Obrázek 23 – Tunelový vtok [3]</i> .....	29
<i>Obrázek 24 – Boční vtoky [3]</i> .....	30
<i>Obrázek 25 – Příklady uspořádání filmového vtoku [3]</i> .....	31
<i>Obrázek 26 – Vyhřívání vtokový systém [9]</i> .....	32
<i>Obrázek 27 – Přímou vyhřívání trysky [3]</i> .....	33
<i>Obrázek 28 – Vytápění rozvodové bloky [9]</i> .....	34
<i>Obrázek 29 – Příklady tvaru vyhazovacích kolíků [4]</i> .....	35
<i>Obrázek 30 – Vyhazování stírací deskou [4]</i> .....	36
<i>Obrázek 31 – Vyhazování pomocí šikmých kolíků [4]</i> .....	36
<i>Obrázek 32 – Vzduchové ventily [4]</i> .....	37

<i>Obrázek 33 – Vliv rozmístění kanálků na průběh teploty povrchu tvárnice [4].....</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 34 – Příklady odvzdušnění [4] .....</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 35 – Schéma vstřikovacího stroje [6].....</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 36 – Dosednutí trysky stroje na vtokovou vložku [6] .....</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 37 – 3D model výrobku .....</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 38 – Volba dělicích rovin .....</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 39 – Násobnost formy.....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 40 - Tvárník .....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 41 – Tvárnice.....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 42 – Uložení bočních posuvných čelistí .....</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 43 – Výrobek s vtokovým zbytkem .....</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 44 – Řešení vtokového systému .....</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 45 – Temperační okruh .....</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 46 – Umístění temperačních kanálků .....</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 47 – Vyhazovací systém .....</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 48 – Rám vstřikovací formy.....</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 49 – Levá část formy .....</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 50 – Pravá strana formy.....</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 51 – Transportní můstek.....</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 52 – Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 C GOLDEN [12] ....</i>	<i>56</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1 – Doporučené zaoblení hran a rohů [3] .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabulka 2 – Velikosti doporučených úkosů [3] .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabulka 3 – Vybrané vlastnosti materiálu PA66-GF30[11] .....</i>	<i>45</i>
<i>Tabulka 4 – Tabulka základních parametrů stroje [12].....</i>	<i>56</i>



**SEZNAM PŘÍLOH**

P I	Materiálový list PA66 GF30	
P II	Technický list vstříkovacího stroje ARBURG 470 C GOLDEN EDITION	
P III	FORMA	ZV-UTB-MOLD-001
P IV	ŘEZ A-A	ZV-UTB-MOLD-002
P V	ŘEZ B-B	ZV-UTB-MOLD-003
P VI	ŘEZ C-C	ZV-UTB-MOLD-004
P VII	PRAVÁ STRANA FORMY	ZV-UTB-MOLD-005
P VIII	LEVÁ STRANA FORMY	ZV-UTB-MOLD-006
P IX	VÝROBEK	ZV-UTB-MOLD-007
P X	KUSOVNÍK	ZV-UTB-MOLD-008
P XI	CD disk	

# PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST PA66 GF30

## ERTALON 66-GF30

POLYAMID (PA 66+GF30)

## EPP Plasty a.s.

Videňská 99, Brno 639 00

tel.: 702 166 076

www.epplasty.cz

Ve srovnání s jednoduchými PA 66 má tento nylon (vyztužený 30-ti procenty skelných vláken) zvýšenou pevnost, tuhost, odolnost proti tečení a rozměrovou stálost. Současně si podržel vynikající odolnost proti opotřebení. Znamená to, že má vyšší maximální provozní teploty.

ISO 9001

### Fyzikální vlastnosti (indikativní hodnoty ▶)

VLASTNOSTI	Zkoušené ISO / IEC	Jednotky	Hodnoty
Barva	—	—	černá
Hustota	1183	g/cm <sup>3</sup>	1,29
Nasákavost vodou:			
- po 24/96 hod, ponoření ve vodě 23°C (1)	62	mg	30/56
- na vzduchu při 23°C a 50% relativní vlhkosti	62	%	0,39 / 0,74
- při ponoření ve vodě 23°C	—	%	1,7
- při ponoření ve vodě 23°C	—	%	5,5
<b>Tepelné vlastnosti (2)</b>			
Teplota tání	—	°C	255
Teplota zesklnění (3)	—	°C	—
Tepelná vodivost při 23°C	—	W / (K.m)	0,30
Koeficient lineární tepelné roztažnosti:			
- průměrná hodnota mezi 23 - 60°C	—	m/(m.K)	50.10 <sup>-6</sup>
- průměrná hodnota mezi 23 - 100°C	—	m/(m.K)	60.10 <sup>-6</sup>
Teplota deformace při zatížení:			
- metoda A: 1,8 MPa	+	°C	150
Maximální provozní teplota na vzduchu:			
- krátkodobá (4)	—	°C	240
- trvalá: po dobu 5000 / 20000 h (5)	—	°C	120/110
Minimální provozní teplota (6)	—	°C	- 20
Hořlavost (7)			
- "kyslíkový index"	4589	%	—
- UL 94 (tloušťka vzorku 1,6 mm)	—	—	HB / HB
<b>Mechanické vlastnosti při 23°C (8)</b>			
Zkouška tahem (9):			
- mez kluzu / napětí při přetržení (10)	+	MPa	- /100
	++	MPa	- /75
- deformace při přetržení (10)	+	%	5
	++	%	12
- modul pružnosti (11)	+	MPa	5900
	++	MPa	3200
Zkouška tlakem (12):			
- tlak, jenž způsobí 1/2 / 5 % deformaci (11) +	604	MPa	28 / 55 / 90
Zkouška odolnosti proti tečení v tlaku (9):			
- tlak, jenž způsobí 1% deformaci za 1000 hod, ( $\sigma_{1000}$ )	+	MPa	26
	++	MPa	18
Rázová houževnatost - Charpy (13)	+	179/1eU	kJ/m <sup>2</sup> ≥50
Vrbová houževnatost - Charpy	+	179/1eA	kJ/m <sup>2</sup> 6
Vrbová houževnatost - Izod	+	180/2A	kJ/m <sup>2</sup> 6
	++	180/2A	kJ/m <sup>2</sup> 11
Tvrdość (metoda kuličkou) (14)	2039-1	N/mm <sup>2</sup>	165
Tvrdość podle Rockwella (14)	2039-2	—	M 76
<b>Elektrické vlastnosti při 23°C</b>			
Elektrická pevnost (15)	+	(60243)	kV/mm 30
	++	(60243)	kV/mm 20
Vnitřní odpor	+	(60093)	Ω . cm > 10 <sup>14</sup>
	++	(60093)	Ω . cm > 10 <sup>13</sup>
Povrchový odpor	+	(60093)	Ω > 10 <sup>13</sup>
	++	(60093)	Ω > 10 <sup>12</sup>
Relativní permitivita $\epsilon_r$ - při 100 Hz	+	(60250)	— 3,9
	++	(60250)	— 6,9
Relativní permitivita $\epsilon_r$ - při 1 Hz	+	(60250)	— 3,6
	++	(60250)	— 3,9
Disipační činitel tan $\delta$ - při 100 Hz	+	(60250)	— 0,012
	++	(60250)	— 0,19
Disipační činitel tan $\delta$ - při 1 Hz	+	(60250)	— 0,014
	++	(60250)	— 0,04
Odolnost proti plazivým proudům (CTI)	+	(60112)	— 475
	++	(60112)	— 475

### Výrobní program:

Týče: Ø 5 - 320 mm - Fólie/Desky: tloušťka 0,5 - 100 mm - Trubky: 20 až 100 mm

### Poznámky:

+ : měřeno na suchých vzorcích  
++: měřeno na vzorcích v rovnováze se standardní atmosférou: 23°C, rel. vlhkost 50% (většinou odvozeno z literatury)

(1) Podle metody 1 normy ISO 62 a provedeno na discích Ø 50 x 3 mm.

(2) Uvedené hodnoty pro tyto vlastnosti jsou většinou odvozeny z údajů uváděných výrobcí surovin nebo jiné literatury.

(3) Hodnoty pro tuto vlastnost jsou uváděny pouze u amorfních materiálů. Nejsou uváděny u materiálů semi-krytalických.

(4) Pouze pro krátkodobé zatížení (několik hodin) v situacích, kdy materiál je zatížen jen velmi málo nebo vůbec.

(5) Po uplynutí této doby dochází ke snížení tahové pevnosti asi na 50% původní hodnoty. Uvedené teploty vycházejí z probíhající teplotně oxidační degradace, která způsobuje změnu vlastností. Stejně jako u všech ostatních termoplastů závisí maximální přípustná provozní teplota v mnoha případech zejména na době trvání a rozsahu hodnot mechanických napětí (hlavně rázů), jímž je materiál vystaven.

(6) Rázová houževnatost klesá se snižující se provozní teplotou. Minimální přípustná provozní teplota je určena prakticky rozsahem, v němž je materiál vystaven rázům. Uvedené hodnoty vycházejí z nepříznivých rázových podmínek a v důsledku toho nemusí být pokládány za absolutní použitelné limity.

(7) Tyto odhadované hodnoty jsou většinou odvozeny z údajů uváděných dodavateli surovin. Nemají vyjadřovat rizika, která hrozí ve skutečných podmínkách požárního ohrožení. Pro tyto materiály neexistují "žluté karty" dle specifikace UL 94.

(8) Hodnoty uvedené pro tyto vlastnosti suchých materiálů (+) jsou většinou průměrné hodnoty odvozené ze zkoušek provedených na vzorcích obrobekých z tyčí o Ø 40 - 60 mm. U materiálů ERTACETAL, ERTALYTE a PC 1000 můžeme vzhledem k jejich velmi nízké absorpci vody uvažovat, že hodnoty pro suché materiály (+) jsou stejné jako pro nasycené materiály (++).

(9) Zkušební vzorky: Typ 1 B.

(10) Zkušební rychlost: 20 mm/min. (5mm/min pro ERTALON 66-GF30, ERTACETAL H-TF a ERTALYTE TX).

(11) Zkušební rychlost: 1 mm/min.

(12) Zkušební vzorky:

válečky Ø 12 x 30 mm.

(13) Použité kyvadlo : 15 J.

(14) Zkušební vzorky tloušťky 10 mm.

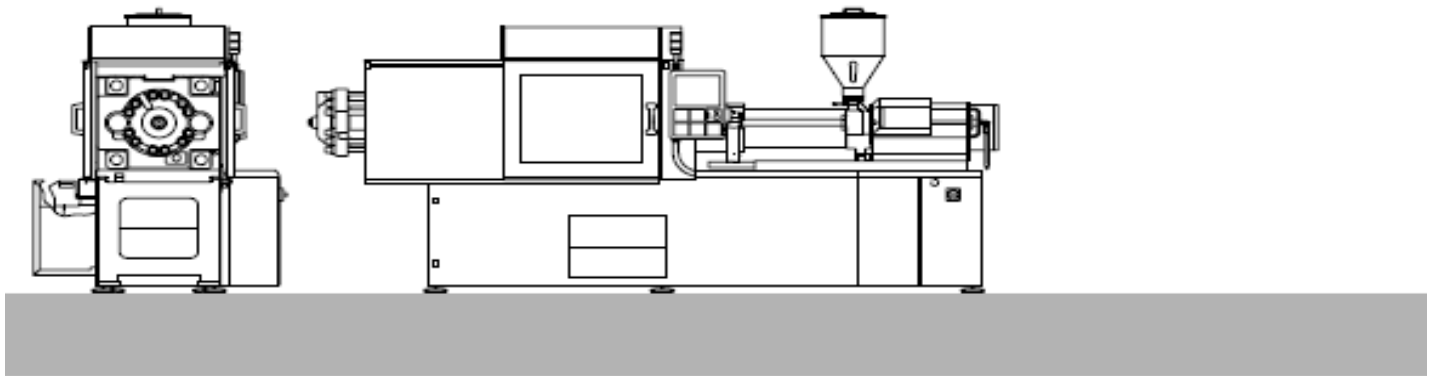
(15) Elektrody : 25/75 koaxiální válečkové, v transformátorovém oleji podle IEC 60296, zkušební vzorky o síle 1 mm, přírodní (bílé) materiál. Je důležité si uvědomit, že dielektrická pevnost černých materiálů (ERTALON 6SA, ERTALON 66 SA, ERTACETAL a ERTALYTE) může dosahovat pouze 50% hodnoty naměřené u přírodních (bílých) materiálů.

(16) Uvedené hodnoty neplatí pro fólie ERTALYTE.

▶ Hodnoty uvedené v tabulce slouží jako pomůcka pro volbu materiálu, popisují běžný rozsah vlastností materiálů, nejsou garantovány a neměly by být použity ke stanovení limitů materiálů nebo použity samostatně jako základ konstruktérského návrhu. ERTALON 66-GF30 je anizotropní materiál, a proto se jeho vlastnosti liší ve směru rovnoběžném se skelnými vlákny od směru kolmého na vlákna.

# PŘÍLOHA P II: TECHNICKÝ LIST VSTŘIKOVACÍHO STROJE ARBURG 470 C GOLDEN EDITION

Facts and figures



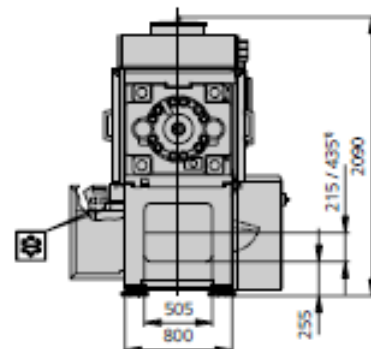
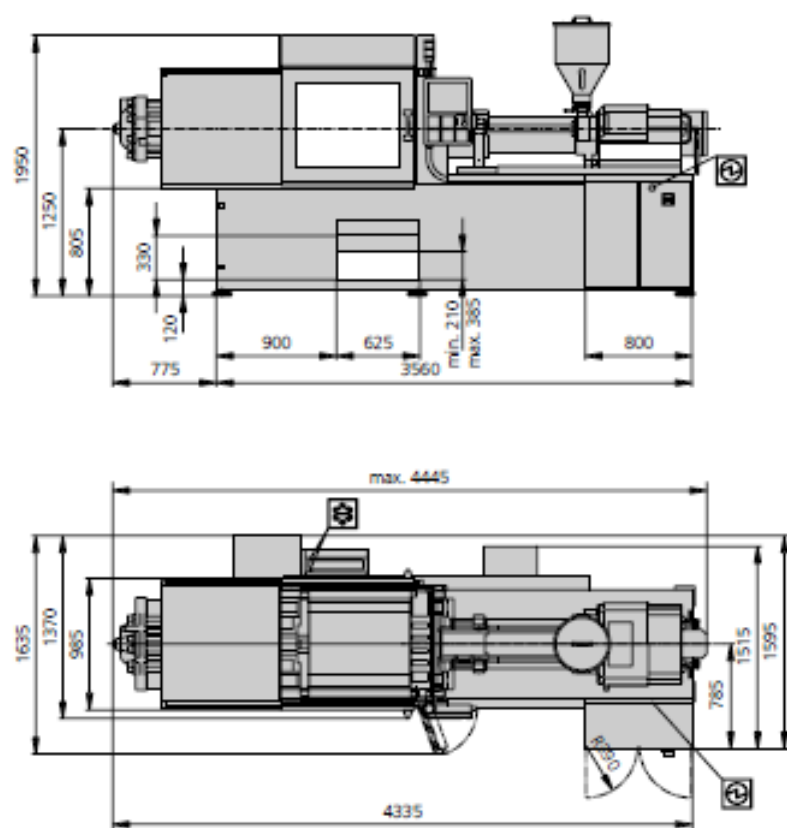
## ALLROUNDER 470 C GOLDEN EDITION

Tie bar distance: 470 x 470 mm

Clamping force: 1500 kN

Injection unit (according to EUROMAP): 400

**ARBURG**



Electrical connection



Cooling water connections

Cooling water supply line DN 25  
 max. 30°C min. Δ 1,5 bar  
 Cooling water return line DN 25

1) Dimension only valid in conjunction with conveyor belt

Machine model		470 C GOLDEN EDITION
EUROMAP size indication <sup>1)</sup>		1500-400
<b>Clamping unit</b>		
Clamping force	max. kN	1500
Closing force	max. kN	50
Opening force / increased	max. kN	35 / 350
Opening stroke	max. mm	500
Mould height	min. mm	250
Daylight	max. mm	750
Distance between tie bars	mm	470 x 470
Platen size (hor. x vert.)	mm	650 x 650
Weight of mov. mould half	max. kg	800
Ejector force	max. kN	40
Ejector stroke	max. mm	175
<b>Hydraulics, drive, general</b>		
Drive power of the hydraulic pump	kW	18,5
Dry cycle time for opening stroke <sup>2)</sup>	s-mm	1,8-329
Total connected load <sup>3)</sup>	kW	30,4
Colour: plastic coated, structure light grey / mint green / canary yellow		
<b>Control cabinet</b>		
Safety standard according to		DIN EN 60204
Socket combination (1 single phase, 1 three-phase)		1 x 16 A
<b>Injection unit</b>		
400		
Screw diameter	mm	35 / 40 / 45
Effective screw length	LD	23 / 20 / 18
Screw stroke	max. mm	160
Calculated injection volume	max. cm <sup>3</sup>	154 / 201 / 254
Shot weight	max. g PS	141 / 184 / 232
Material throughput <sup>4)</sup>	max. kg/h PS	25 / 29 / 35
	max. kg/h PA 6.6	12,5 / 15 / 17,5
Injection pressure <sup>5)</sup>	max. bar	2500 / 2000 / 1580
Injection flow <sup>5)</sup>	max. cm <sup>3</sup> /s	128 / 168 / 212
Back pressure positive / negative	max. bar	350 / 160
Circumferential screw speed	max. r/min	47 / 53 / 60
Screw torque	max. Nm	480 / 550 / 610
Nozzle contact force	max. kN	60
Nozzle retraction stroke	max. mm	300
Installed cylinder heating power / heating zones	kW	8,8 / 4
Installed nozzle heating power	kW	0,6
Material hopper capacity	l	50
<b>Machine dimensions and weights of the basic machine</b>		
Oil capacity	l	235
Net weight	kg	4850
Electrical connection (pre-fused) <sup>5)</sup>	A	80

1) 1st figure: clamping force (kN), 2nd figure: max. dosage volume (cm<sup>3</sup>) x max. injection pressure (kbar)

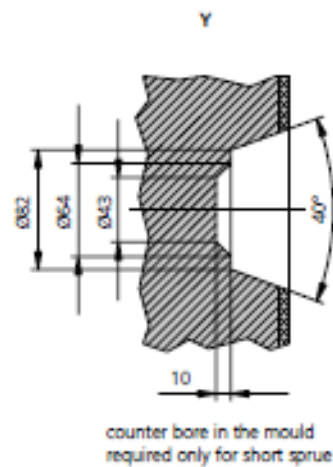
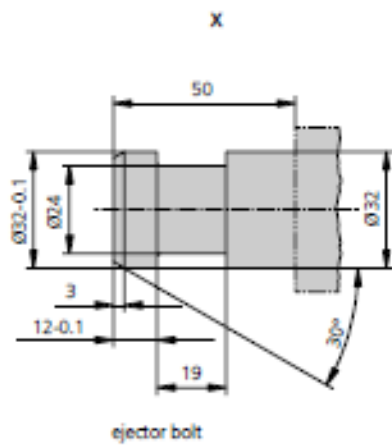
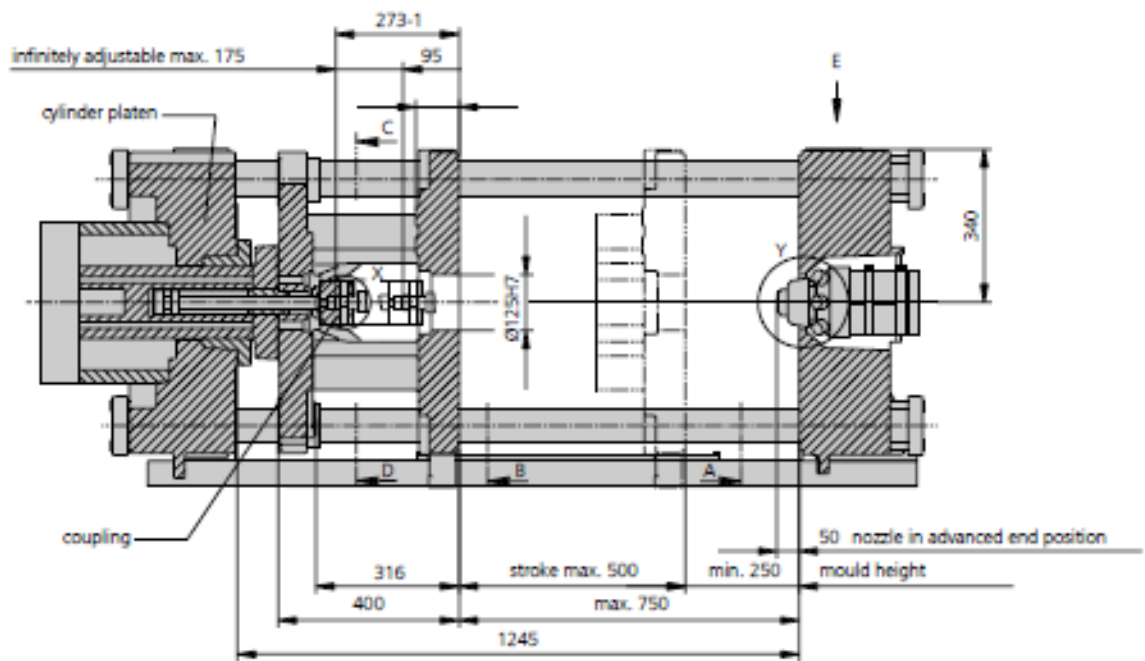
2) Values refer to 400 V/50 Hz. The load is symmetrically distributed on three phases (observe phase loading when installing new equipment)

3) A combination of max. injection pressure and max injection flow (max. injection capacity) can be mutually exclusive, depending on the equipment-related motor output

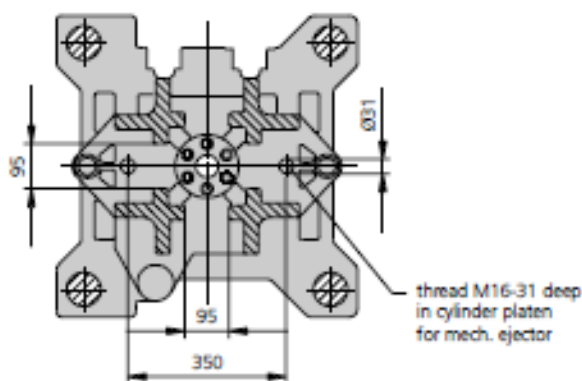
4) Deviations are possible depending upon process settings and material type

5) According to EUROMAP

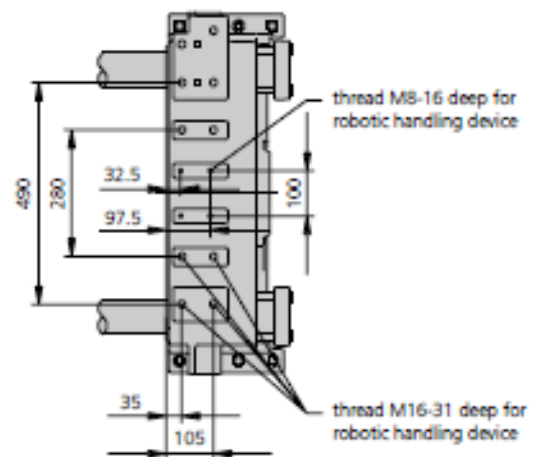
These technical data specifications refer to the state at the time of printing. We reserve the right to modify specifications in the interest of a continuous program of further development.



View C-D



View E





**Maximum theoretical shot weights for the most important injection moulding materials (in grams)**

Injection units according to EUROMAP		400		
Screw diameter	mm	35	40	45
Polystyrene	PS	141	184	232
Styrene heteropolymerizates	SB	137	179	227
	SAN, ABS <sup>1)</sup>	135	176	223
Cellulose acetate	CA <sup>1)</sup>	158	207	262
Celluloseacetobutyrate	CAB <sup>1)</sup>	147	192	243
Polymethyl methacrylate	PMMA	145	190	240
Polyphenylene ether, mod.	PPE	131	171	216
Polycarbonate	PC	148	193	244
Polysulphone	PSU	153	199	252
Polyamides	PA 6.6, PA 6 <sup>1)</sup>	140	183	231
	PA 6.10, PA 11 <sup>1)</sup>	131	171	216
Polyoximethylene (Polyacetal)	POM	174	227	287
Polyethylene terephthalate	PET	167	219	277
Polyethylene	PE-LD	106	139	176
	PE-HD	110	143	181
Polypropylene	PP	112	146	185
Fluoropolymerides	FEF, PFA, PCTFE <sup>1)</sup>	225	294	372
	ETFE	196	256	324
Polyvinyl chloride	PVC-U	170	222	281
	PVC-P <sup>1)</sup>	157	205	260

1) average value

**ARBURG GmbH + Co KG**

Postfach 11 09 · 72286 Loszberg · Tel.: +49(0)7446 33-0 · Fax: +49(0)7446 33-3365 · www.arburg.com · e-mail: contact@arburg.com

**With locations in Europe:** Germany, Belgium, Denmark, France, United Kingdom, Italy, Netherlands, Austria, Poland, Switzerland, Slovakia,Spain, Czech Republic, Turkey, Hungary | **Asia:** People's Republic of China, Indonesia, Malaysia, Singapore, Thailand, United Arab Emirates | **America:** Brazil, Mexico, USAFor more information, please go to [www.arburg.com](http://www.arburg.com).

© 2013 ARBURG GmbH + Co KG

The brochure is protected by copyright. Any utilisation, which is not expressly permitted under copyright legislation, requires the previous approval of ARBURG.

All data and technical information have been compiled with great care. However, we are unable to guarantee its correctness. Individual illustrations and information may deviate from the actual delivery condition of the machine. The relevant valid operating instructions are applicable for the installation and operation of the machine.

**ARBURG GmbH + Co KG**

DIN EN ISO 9001 + 14001 + 50001 certified



Partner of the Engineering Industry Sustainability Initiative