

# Konstrukční návrh vstřikovací formy pro díl tiskárny

Jan Brhel

---

Bakalářská práce  
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2017/2018

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Brhel**  
Osobní číslo: **T15773**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukční návrh vstřikovací formy pro díl tiskárny**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracovat literární studii na dané téma.**
- 2. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovaného 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 doporučení vedoucího BP.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Vojtěch Šenkeřík, PhD.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**2. ledna 2018**

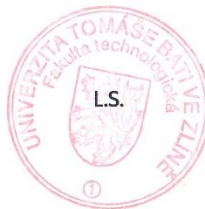
Termín odevzdání bakalářské práce:

**18. května 2018**

Ve Zlíně dne 22. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



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

Příjmení a jméno: Brhel Jan

Obor: TZ

## 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 15.5.2018

Brhel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem vstřikovací formy pro zadaný výrobek, kterým je díl do tiskárny.

V teoretické části bylo popsáno rozdělení polymerních materiálů, dále pak problematika vstřikování, konstrukční řešení vstřikovacích forem.

V praktické části byl vymodelován zadaný výrobek. Pro výrobek byla zkonstruována vstřikovací forma. Konstrukce formy byla provedena v programu CATIA V5 R19 a využity normy Hasco a Meusburger.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, 3D model, CATIA V5 R19

## **ABSTRACT**

The Bachelor thesis deals with construction design of injection mold for specified product, which is part to the printer.

In the theoretical part has been described a distribution of polymeric materials, problematics of injection molding and constructional solutions of injection molds.

In the practical part the product and the injection mold have been designed by using software CATIA V5 R19 and normal parts of Hasco and Meusburger also have been used.

Keywords: injection molding, injection mold, 3D part, CATIA V5 R19

Touto cestou bych rád poděkoval Ing. Vojtěchovi Šenkeříkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a čas, který mi věnoval při vypracování této bakalářské práce.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 POLYMERY</b> .....	<b>11</b>
1.1 PLASTY .....	11
1.1.1 Termoplasty.....	11
1.1.2 Reaktoplasty.....	12
1.2 ELASTOMERY .....	13
<b>2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>14</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	14
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	15
2.2.1 Vstřikovací jednotka .....	15
2.2.2 Uzavírací jednotka .....	17
2.2.3 Ovládaní a řízení vstřikovacího stroje.....	17
2.3 TOK POLYMERU.....	18
<b>3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU</b> .....	<b>19</b>
3.1 TLOUŠŤKA STĚN .....	19
3.2 ZAOBLNĚNÍ HRAN.....	20
3.3 ÚKOSY A PODKOSY.....	20
3.4 ŽEBRA .....	20
<b>4 VSTŘIKOVACÍ FORMA</b> .....	<b>21</b>
4.1 KONSTRUKCE FORMY .....	22
4.1.1 Výkres výrobku.....	22
4.1.2 Násobnost formy .....	22
4.2 VTOKOVÝ SYSTÉM .....	23
4.2.1 Studený vtokový systém (SVS) .....	23
Obecné zásady řešení SVS .....	23
Vtokové ústí.....	24
4.2.2 Vyhřívané vtokové soustavy (VVS) .....	25
Vyhřívané trysky.....	25
Vytápěné rozvodné bloky .....	26
4.3 VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	27
4.3.1 Mechanické vyhazování.....	28
Vyhazovací kolíky .....	28
Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů .....	28
Stírací desky a trubkové vyhazovače.....	29
Dvoustupňové vyhazování.....	29
4.3.2 Pneumatické vyhazování.....	30
4.3.3 Hydraulické vyhazování.....	30
4.4 TEMPERACE FORMY .....	30
4.4.1 Aktivní prvky .....	30
4.4.2 Pasivní prvky.....	31



4.5	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	31
4.6	MATERIÁL FOREM.....	32
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>SPECIFIKACE VÝROBKU .....</b>	<b>36</b>
6.1	MATERIÁL VÝROBKU .....	36
<b>7</b>	<b>VSTŘIKOVACÍ STROJ .....</b>	<b>37</b>
<b>8</b>	<b>KONSTRUKCE FORMY .....</b>	<b>38</b>
8.1	ZAFORMOVÁNÍ VÝROBKU.....	38
8.1.1	Tvárník .....	39
8.1.2	Tvárnice.....	39
8.1.3	Boční odformování.....	40
8.2	NÁSOBNOST FORMY .....	42
8.3	V TOKOVÝ SYSTÉM .....	43
8.4	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	44
8.5	TEMPERAČNÍ SYSTÉM FORMY .....	44
8.6	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	46
8.7	SESTAVA VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	46
8.7.1	Levá strana formy .....	46
8.7.2	Pravá strana .....	47
8.8	TRANSPORTNÍ ZAŘÍZENÍ .....	47
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>48</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>49</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>51</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>52</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>53</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>54</b>

## ÚVOD

V dnešním moderním světě, kdy průmysl jde hodně dopředu, jsou běžné materiály, jako jsou např. kov, keramika, dřevo, sklo atd. nahrazovány polymerními materiály. Ty díky svým vlastnostem svou dostupností a zpracovatelností zaujímají čím dál větší postavení v průmyslovém odvětví, jako je např. automobilový průmysl, elektrotechnický průmysl a řada dalších. Právě vstřikování polymerních materiálů patří mezi nejrozšířenější způsob zpracování. K tomu aby byl výrobek uveden do finálního tvaru je zapotřebí mít vstřikovací formu.

Řešení forem zahrnuje spoustu různých aspektů. Nevýhodou vstřikování jsou náklady, které jsou podstatně vyšší než ostatní metody. Jelikož je potřeba pro každý plastový výrobek řešit formu individuálně. Dále jsou kladeny velké nároky na kvalitu výrobku. Proto se tímto zabývá spousta firem a dodává na trh již normalizované polotovary, které pak usnadňují výrobku forem. Mezi tyto firmy patří např. HASCO, DME, STRACK. Složením formy z těchto normalizovaných polotovarů je pak ekonomičtěji méně náročné.

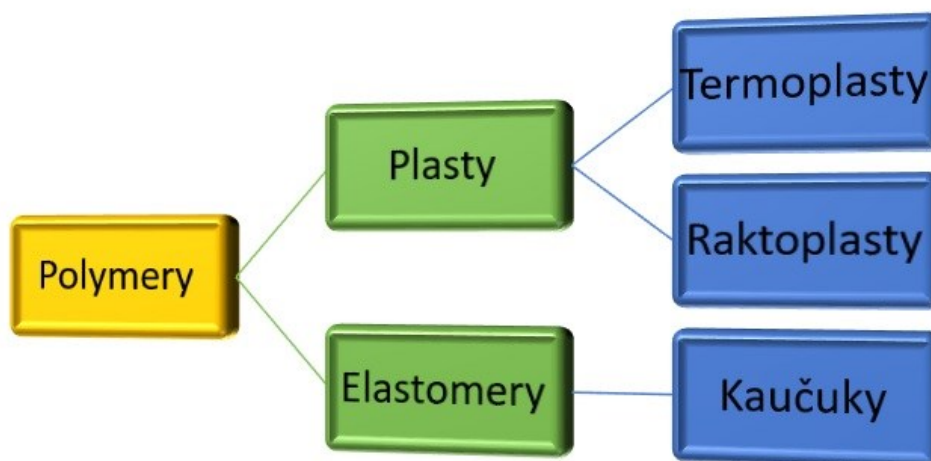
Pro zkvalitnění a zjednodušení konstrukce forem se využívá spousta různých softwarových programů. Ty nám usnadní vymodelování výrobku a formy ve 3D a následné přenesení na 2D. V následující práci byl využit program CATIA V5 R19.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 POLYMERY

## 1.1 Plasty

Plasty jsou přírodní nebo syntetické látky, do kterých se přidávají (stabilizátory, maziva, změkčovadla, barviva a nadouvadla) a následně jsou upraveny do různých podob pro zpracování např. granulátu, prášku. Ve svých velkých molekulách obsahují atomy uhlíku, vodíku, kyslíku, ale mohou se vyskytovat i například atomy dusíku, chlóru a jiných prvků. Za běžných podmínek jsou zpravidla tvrdé, houževnaté nebo křehké. Působením tepla se plasty taví a z tuhého stavu přecházejí na kapalný a stává se z nich tavenina. Taveninu lze poté vstříkovat do forem a vytvořit tak plastový výrobek nebo je chemickou reakcí a působením tepla vytvrzovat. [1], [2]



Obr. 1 Rozdělení polymerů

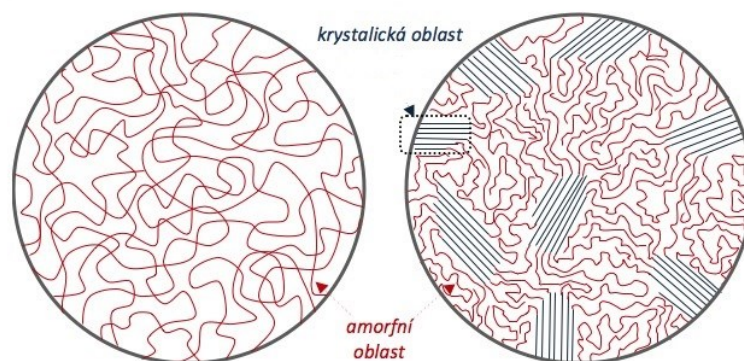
### 1.1.1 Termoplasty

Termoplasty jsou materiály, které během zahřívání přecházejí z tuhého stavu na taveninu a stávají se vysoce viskózním materiálem, který je možné v tomto stavu tvářet a zpracovávat různými zpracovatelskými technologiemi. K tomu, aby se opět z taveniny stal tuhý stav, je třeba jí ochladit, a to pod teplotu tání  $T_m$  u semikrystalických plastů a u amorfních pod teplotu  $T_f$  neboli teplotu viskózního toku. Jedná se zejména o fyzikální proces. Jelikož u termoplastů nedochází k žádnému chemickému zesíťování, lze je měnit na taveninu a zpět

do tuhého stavu stále dokola. Mezi termoplasty se řadí většina zpracovatelských materiálů, jako jsou: polyetylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polyamid (PA), atd.

Termoplasty dělíme:

- Amorfni: materiály mají zcela nahodilé a neuspořádané řetězce. Mezi charakteristické vlastnosti termoplastu patří jejich tvrdost, křehkost, mají vysokou pevnost a vysoký modul pružnosti. Amorfni materiály mají nízký index lomu, proto jsou průhledné. Oblast, ve které amorfni plasty lze používat, je po teplotu  $T_g$  neboli teplota skelného přechodu.
- Semikrystalické: materiály mají určitý stupeň uspořádanosti řetězců, tzv. stupeň krystality. Nikdy však nelze dosáhnout 100% uspořádání, a proto se nazývají semikrystalické materiály. Tento stupeň krystality bývá často vyjádřen relativním podílem uspořádaných oblastí uložených mezi oblastmi amorfni. Semikrystalické materiály se vyznačují zejména mléčným zakalením. Největší charakteristikou je houževnatost, pevnost a modul pružnosti, který roste se stupněm krystality. Použitelnost semikrystalických materiálu je do teploty tání  $T_m$ . [1], [3]



Obr. 2 Uspořádání makromolekul semikrystalických a amorfni polymerů [17]

### 1.1.2 Reaktoplasty

Jedná se o materiály, které zahříváním taktéž měknou a lze je tvářet, ale jen určitou dobu. Dalším ohřátím reaktoplastu dojde k chemickým vazbám, neboli zesíťování struktury a následnému vytvrzení. Po vytvrzení lze výrobek považovat za jednu velkou makromolekulu. Ochlazení reaktoplastů dochází mimo nástroj. Tento děj je nevratný a vytvrzené materiály už nelze opakovaně tavit, nelze je ani rozpustit, neboť dalším zahříváním by došlo

k degradaci. Výrobky z reaktoplastů se vyznačují vysokou chemickou a tepelnou odolností, tvrdostí a tuhostí. Mezi reaktoplasty lze zařadit fenolformaldehydové hmoty, epoxidové pryskyřice nebo polyesterové hmoty. [3], [4]

## 1.2 Elastomery

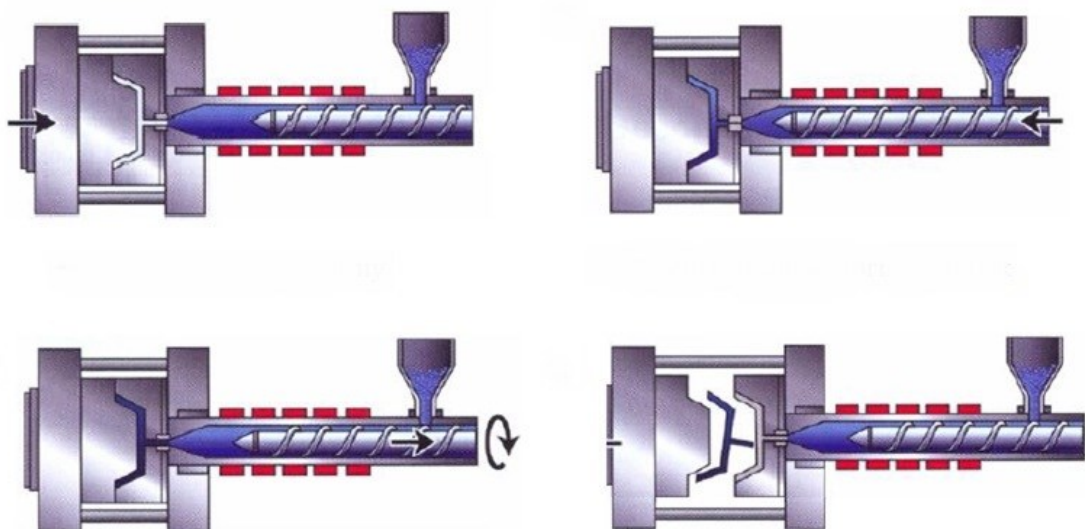
Jsou takovými polymerními materiály, u nichž převažuje viskoelastické chování v určitém rozsahu teplot. Mezimolekulární síly jsou velice nízké. Elastomery jsou vysoce pružné materiály s nízkou tuhostí, které lze za normálních podmínek malou silou deformovat, deformace je poté převážně vratná. Během zahřívání elastomery měknou a jsou tvárné. Po dalším zahřátí začnou vznikat chemické reakce a elastomer začne vulkanizovat. Určitým příkladem jsou kaučuky, které jakmile z vulkanizují, stává se z nich pryž. Pryž je vysoce pružný materiál, který je odolný vůči trvalé deformaci. [4], [5]

## 2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Tato technologie patří mezi nejrozšířenější způsoby výroby plastových dílů. Pomocí této technologie lze vyrábět spoustu tvarově složitých součástí používaných například v automobilovém, leteckém, kosmickém průmyslu. Vstřikování plastů se vyznačuje složitým fyzikálním procesem. Zásadním podílem na proces má polymer, vstřikovací stroj a forma. Během vstřikování dochází k roztavení polymeru na taveninu, která je později vstříknuta do dutiny formy, kde se ochladí ve tvaru vyráběné součásti. [1], [6]

### 2.1 Vstřikovací cyklus

Nejdříve dojde k uzavření formy. Následně se vstřikovací jednotka s připraveným materiálem přisune k formě. Poté, co jednotka dosedne na formu, dojde k vstříknutí taveniny do dutiny. Jakmile je forma naplněna, dojde k postupnému tuhnutí taveniny ve formě, což má za následek objemové ztráty materiálu. Z důvodu docílení dokonalého tvaru a správných rozměrů vstřikovaného výrobku, musí být forma doplněna o další materiál, což nám zajistí dotlak, který tam vstříkne další množství materiálu. Poté, co dojde k zatuhnutí vtokového systému, následuje i k tuhnutí výrobku ve formě. Po zatuhnutí celého vstřiku se vstřikovací jednotka odsune od formy a také otevření formy, ze které je vhozen už ztuhnutý výrobek. Mezi tím ve vstřikovací jednotce dojde k přípravě dalšího materiálu a celý cyklus se opakuje. [1], [7]



Obr. 3 Vstřikovací cyklus [14]

## 2.2 Vstříkovací stroj

Vysoké produktivity práce lze docílit pomocí moderních, hydraulických nebo hydraulicko-mechanických vstříkovacích strojů. V dnešní době lze nalézt mnoho různých konstrukcí strojů, kdy hlavními rozdíly jsou: provedení, stupeň řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů. Nevýhodou těchto strojů a forem je poměrně vysoká cena. Hlavním úkolem vstříkovacího stroje je nejprve roztavit materiál v plastikační jednotce a poté ho dopravit do dutiny formy. Plastikační jednotky mohou být dvojího druhu, stroje se šnekovou plastikační jednotkou a s pístovou plastikační jednotkou. Vyžaduje se, aby svým výborným řízením, kvalitou stroje a kvalitou svých parametrů, byl zajištěn dobrý provoz a výborná jakost výstříku. Konstrukci stroje lze rozdělit pomocí:

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

Aby byly výstříky přesné, ve správných rozměrech tak se po stroji vyžaduje:

- tuhost a pevnost během vstříkovacího procesu,
- bylo dosaženo konstantního tlaku, rychlosti, teploty, dalších parametrů a jejich časování,
- měl přesné opakování technologických parametrů. [6], [14]

### 2.2.1 Vstříkovací jednotka

První jednotky, které se začaly používat, byly pístové. Tento princip byl převzat z lití roztaveného kovu pod tlakem. Pístové jednotky se udržely do poloviny 20. století, kdy byly nahrazeny šnekovými jednotkami. [6]

Mezi výhody šnekových jednotek patří:

- dobrá plastikace a homogenizace plastu,
- zabránění přehřátí materiálu,
- velký plastikační výkon a zdvihový objem,
- přesné dávkování a zbránění ztráty tlaku.

Vstříkovací jednotka má za úkol dopravit určité množství roztaveného materiálu s předepsanými technologickými požadavky do formy. Množství, které dopravujeme, musí být menší než kapacita vstříkovací jednotky při jednom zdvihu. Malé množství

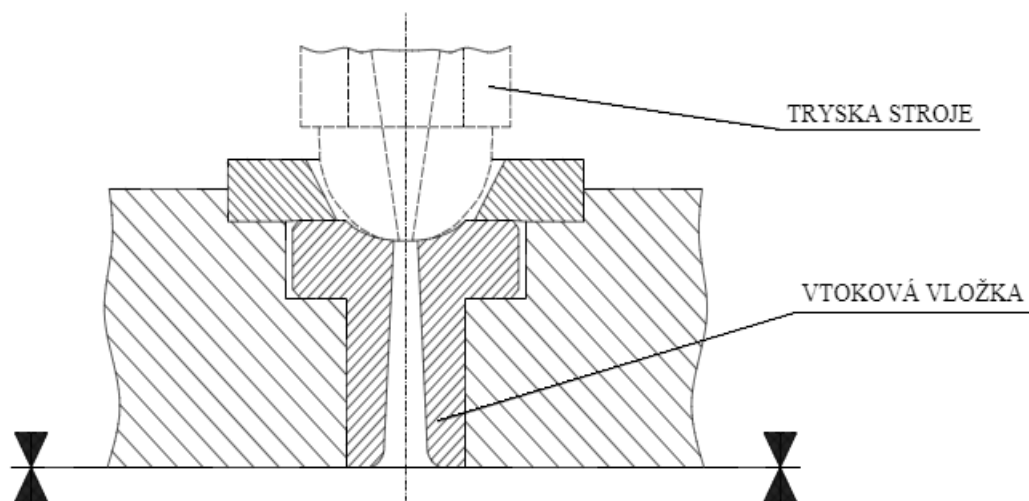


vstřikovaného materiálu pak může setrvat v jednotce delší dobu, což poté vede k degradaci materiálu. Tenhle problém lze vyřešit rychlejším výrobním cyklem. Z pravidla by maximální množství vstřikovaného materiálu nemělo překročit 90 % kapacity vstřikovací jednotky, protože z důvodu úbytku materiálu při chlazení (smrštění) musí být rezerva pro případné doplnění. Jako optimální množství se udává 80 %.

Princip vstřikovací jednotky spočívá v tom, že do tavného válce je nasypán zpracovaný plast z násypky. Pomocí šneku je plast dopravován přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Postupně se plastikuje, homogenizuje a poté se začne hromadit před šnekem.

Tavení plastu je zaručeno pomocí topení tavné komory, které je zpravidla rozděleno do tří částí: vstupní, střední a pásmo u trysky. Tryska má své samostatné topení. Určité množství tepelné energie vznikne disipací v materiálu.

Tavná komora je ukončena tryskou, která propojuje jednotku s formou. Aby bylo zajištěno přesné dosednutí trysky na formu, jsou trysky vyráběny tak, aby jejich zakončení mělo kulový tvar.



Obr. 4 Vstřikovací tryska [6]

Trysky mohou být dvojího druhu, trysky otevřené a uzavíratelné. Při vstřikování taveniny, která se vyznačuje větší viskozitou, se používají trysky otevřené. Trysky uzavíratelné použijeme v případech, kdy potřebujeme zamezit samovolnému vytékání materiálu během plastikace. [6], [14]

### 2.2.2 Uzavírací jednotka

Úkolem uzavírací jednotky je správně a dokonale uzavřít, otevřít a případně vyprázdnit formu. Tlak, který potřebujeme k uzavření formy, je nastavitelný a určuje ho velikost vstřikovaného tlaku, plocha dutiny a vtoky v dělicí rovině. Uzavírací tlak musí být natolik velký, aby se forma neotevřela tlakem, který bude vyvinut taveninou.

Hlavní části uzavírací jednotky jsou:

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

Kvalitu uzavírací jednotky udává uzavírací mechanismus. Máme různé druhy.

Hydraulické uzavírací jednotky, které pomocí hydraulického tlaku umožňují pootevření nástroje, vyžadují však zajištění závorou.

Hydraulicko-mechanické jednotky se nejčastěji využívají u strojů s malou gramáží. Značnou výhodou je rychlejší uzavření a mají dostatečnou tuhost.

Hydraulický válec velkého průřezu, který je pevně spojen s upínací deskou, zajišťuje formu proti pootevření během vstřikování. [11], [14]

### 2.2.3 Ovládaní a řízení vstřikovacího stroje

Pro kvalitu stroje je důležitá snadná obsluha a stupeň řízení. Technologické parametry a jejich reprodukovatelnost jsou důležitým a velmi nutným faktorem. Pokud by nastala situace nepřiměřeného kolísání těchto parametrů, projevilo by se to na kvalitě a přesnosti výstřiku. Proto je chod stroje zajištěn správnými řídicími a regulačními prvky. V dnešní době se stroje neobejdou bez procesorové techniky. Pracovní cyklus, který je sestaven do správných programových sekvencí, má výhodu snadné kontroly a popřípadě i úpravy.

Koncepčně je seřazení rozděleno:

- sestavení grafu vstřikovacího stroje,
- definice a nastavení parametru,
- kontrola procesu.

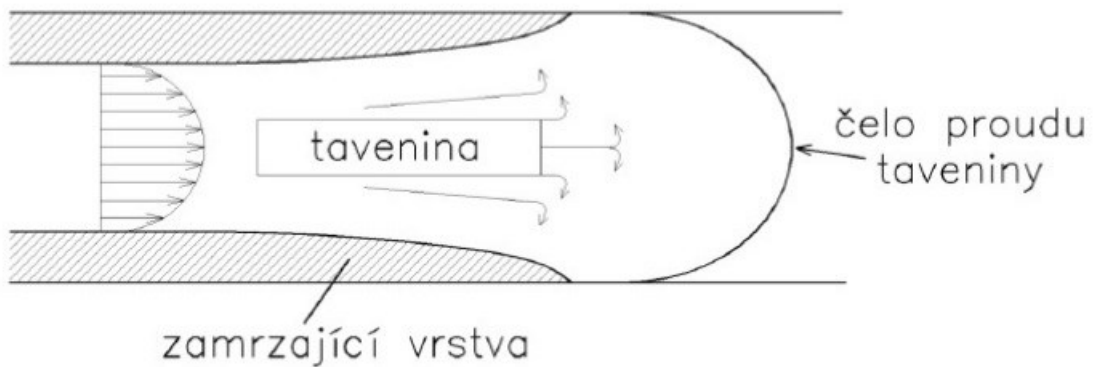
Také nastavení vstřikovacího stroje je kontrolováno řídicím systémem. Řízení stroje je důležitým faktorem, který ovlivňuje přesnost a jakost výstřiku.

Pro dodržení určité přesnosti a tolerance musí dodržené určité podmínky: nastavení výše a doby vystřikovacího tlaku, dotlaku, rychlost a chlazení vstříku.

Fyzikální a mechanické vlastnosti výstříku jsou určeny nastavením doby a výšky teploty taveniny a její homogenizací. [6]

### 2.3 Tok polymeru

Během zaplňování dutiny nedochází ke skluzu taveniny po stěně, ale dochází k valení taveniny, což má za následek tuhnutí vrstvy na stěně. Tenhle tok se nazývá jako fontánový tok.



Obr. 5 Tok taveniny [1]

Výrazným problémem by mohl nastat stykem dvou proudů taveniny, což by značně ovlivnilo kvalitu výstříku. V případě, kdy by tok obtékal překážku ve stejné dráze, došlo by ke spojení dvou toků a vznikl by tzv. studený spoj. Studený spoj by měl za následek zhoršení mechanických vlastností. Problém studených spojů však lze vyřešit vhodným uspořádáním vtoků nebo jejich umístění, aby studený spoj vznikl v místech, kde by byla ovlivněna funkce budoucího výrobku co nejméně. [1]

### 3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU

Návrh součásti vyrobené z plastu se musí řídit jinými zásadami než u součásti vyrobené z kovu. Při tvorbě musí konstruktér uvažovat, co všechno se s výrobkem během vstřikovacího cyklu bude dít. Proto musí konstruktér, jenž díl zhotovuje dbát na to, aby byl správně z konstrukčního hlediska, ale i z technologického hlediska díl vyroben. [9], [10]

Konstrukční požadavky:

- funkčnost vstřikovaného výrobku,
- bezpečnost vstřikovaného výrobku.

Technologické požadavky:

- zaformování výrobku,
- tloušťky stěn, žeber,
- správné úkosy a rádiusy,
- správná volba plastu.

Ze zmíněných požadavků je zřejmé, aby konstruktér měl znalosti v technických a konstrukčních oblastech a dobře znal vlastnosti a použití zvoleného materiálu v provozních podmínkách.

Hlavním aspektem výrobku je správná volba dělicí roviny, na kterou se poté váže i zaformovatelnost, vtokový a vyhazovací systém, úkosy, odvodušnění, vzhled apod. [10]

#### 3.1 Tloušťka stěn

Musí zohledňovat dráhu toku plastu. Během toku taveniny v úzké dutině dojde k ochlazení taveniny a k následnému tuhnutí, tlusté stěny pak potřebují delší dobu chlazení a vzniká také větší smrštění. Když pak vzniknou různě tlusté stěny, dojde k hromadění materiálu a k následnému vnitřnímu pnutí a vad (lunkry, propadliny).

Z důvodů zachování správné konstrukce výrobku je požadováno, aby tloušťka stěn byla jednotná a nebyla tloušťka stěn příliš velká. Náhlé přechody mezi tloušťkami musí být bez ostrých hran, a v případech, kdy nezabráníme tlustším stěnám, se provede vhodné vylehčení. Zpravidla by tloušťka bočních stěn, nebo žeber se zaoblenou přechodovou hranou neměla překročit 0,8 tloušťky hlavních stěn. [6], [8]

### 3.2 Zaoblení hran

Hlavní podstatou zaoblených hran je usnadnění toku taveniny. Dále se zabrání koncentraci napětí v určitých místech a sníží se i opotřebení formy a to z důvodu, že ostré hrany vyžadují větší vstřikovací tlaky. Rázová houževnatost výrobku se pak zvětší až o 50 %. [8]

### 3.3 Úkosy a podkosy

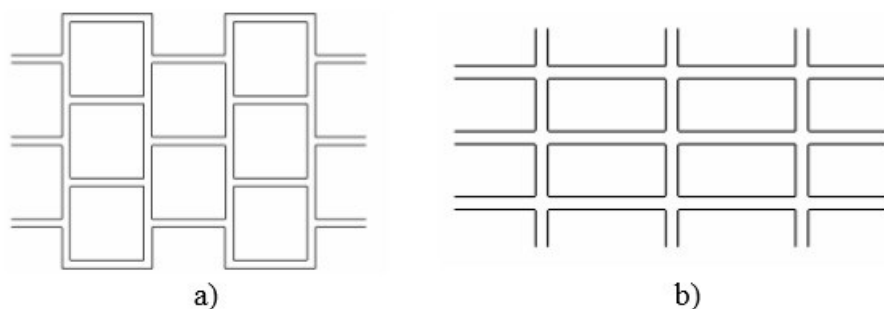
Úkosy a podkosy jsou sklony stěn výrobku, které jsou kolmo k dělicí rovině. Úkosy lépe umožňují vyjímání výrobků z dutiny formy, podkosy naopak zabraňují vyjímání. Svým uspořádáním je lze rozdělit na vnější a vnitřní. Správnou volbu úkosů podkosů nám určuje smrštění, elasticita plastu, povrch stěn formy a také automatizace výroby. S ohledem na tyto faktory, jsou poté zvoleny správné velikosti. Zpravidla máme na vnitřních stranách větší a na vnějších menší úkosy. Z důvodu, že podkosy komplikují konstrukci i funkci formy, je snaha se jim vyhýbat. [6], [10]

### 3.4 Žebra

Správnou konstrukcí žeber lze vyloučit vady (propadliny). V určitých případech jde pomocí žeber zlepšit i vzhledová stránka výrobku.

Podle funkcí dělíme žebra na technická a technologická.

- Technická žebra zlepšují pevnost a tuhost výrobku.
  - Technologická žebra pak umožňují optimální plnění formy, nebo brání zborcení stěn.
- [6], [7]



Obr. 6 Žebra [7]

a) technická b) technologická

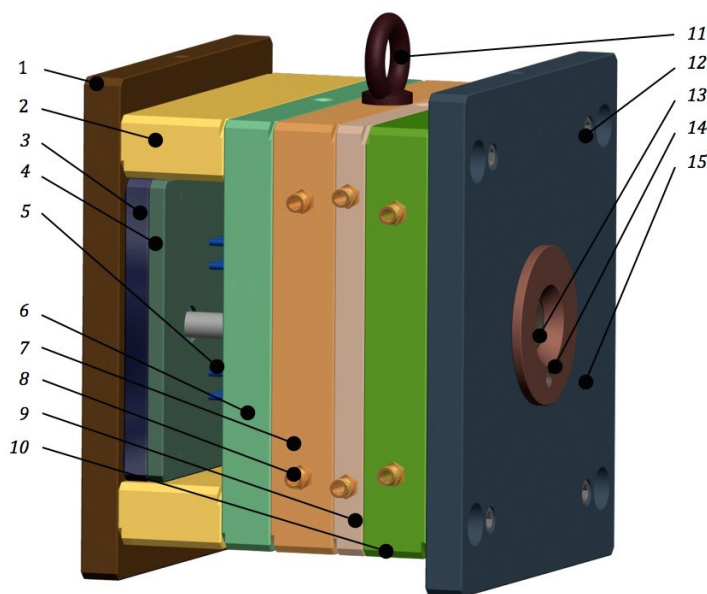
## 4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Úkolem vstřikovací formy je dát tavenině její budoucí tvar a rozměry výrobku až do ztuhnutí a ochlazení přičemž musí zachovat fyzikální i mechanické vlastnosti.

Při konstrukci, výrobě a provozu formy musí být dodrženy následující podmínky:

- Z technického hlediska musí být zaručena správná funkce formy, aby vyrobila požadovaný počet výrobku s určitou přesností a kvalitou. Musí být taky dodržena podmínka dobré manipulace při výrobě.
- Z ekonomického hlediska by měla mít forma nízkou pořizovací cenu, optimální životnost, snadnou a poměrně rychlou výrobou součástí a také velkým využitím plastu.
- Ze společenskoestetického hlediska, které umožňuje bezpečnou práci a utvářet vhodné prostředí.

Jelikož výroba probíhá v krátkých časech za působením dostatečného tlaku a tepla, musí mít forma, ale i celky v ní, dostatečnou tuhost a pevnost k zachycení potřebných tlaků. [6], [10]



Obr. 7 Vstřikovací forma [18]

- 1) upínací deska pohyblivé části vstřikovací formy, 2) rozpěra, 3) hlavní vyhazovací deska, 4) přidržovací vyhazovací deska, 5) vyhazovač, 6) opěrná deska, 7) „B“ deska, 8) přípojka chlazení, 9) „C“ deska, 10) „A“ deska, 11) manipulační oko, 12) hlavní montážní šrouby, 13) vtoková vložka, 14) středící kroužek pevné části vstřikovací formy, 15) upínací deska pevné části vstřikovací formy

## 4.1 Konstrukce formy

Výroba a následná konstrukce vstřikovací formy je náročný proces. Firmy, jež se zabývají vstřikováním, si obvykle nechávají formy vyrábět a dodávat od specializovaných firem, které se tím zabývají. Proto, aby mohla být forma vyrobena, musí být dodány všechny důležité informace.

Podmínky pro konstrukci formy:

- výkres výrobku,
- násobnost formy,
- typ vstřikovacího stroje,
- podmínky konstrukce. [6], [7]

### 4.1.1 Výkres výrobku

Výrobek by svým tvarem a rozměry měl umožnit poměrně jednoduchou výrobu a také dodržení správných fyzikálních a mechanických vlastností.

Výkres výrobku by měl zpravidla obsahovat, z jakého materiálu bude zhotoven, včetně jeho označení, tvaru, rozměru a požadované tolerance. Dále pak jakost výrobku, pohledové požadavky co se týče barvy, stopy po vyhazovačích nebo vtoku. Výkres musí také obsahovat hmotnost výrobku. [6], [11]

### 4.1.2 Násobnost formy

Pro zvolení správné násobnosti formy musí být dobře vyhodnoceny jednotlivé parametry, které jí ovlivňují. [10]

- charakteru a přesnosti výstřiku,
- požadovaného množství,
- velikosti a kapacitě stroje,
- termínu dodání,
- finanční stránky výroby.

Výrobky, které jsou tvarově náročné nebo rozměrově velké a směřují tak ke složitým formám, jsou vyráběny nejčastěji v méně násobných formách. [6]

## 4.2 Vtokový systém

Vtokový systém má za úkol dopravovat taveninu plastu ze vstřikovacího stroje do dutiny formy. Vtoky dělíme na studený vtokový systém a vyhřívaný vtokový systém. [10]

### 4.2.1 Studený vtokový systém (SVS)

U studených vtoků, je tavenina vstřikována do poměrně chladné formy. Během toku dochází k růstu viskozity a to současně vede ke zvýšení tlaku. Vysoká viskozita vyžaduje poměrně vysoké tlaky, které se pohybují od 40 do 200 MPa. V okamžiku, kdy dojde k zaplnění dutiny formy, prudce vzroste odpor, a tak poklesne průtok taveniny, čímž následně dochází k postupnému zamrznání SVS.

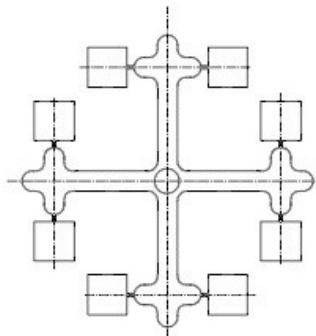
Umístění vtokového ústí, tvar a rozměry vtoku určují:

- rozměry, vlastnosti a vzhled výrobku,
- spotřeba materiálu,
- požadavky na následné opracování výrobku,
- energetický náročnost výroby.

Konstrukce formy a její násobnost určují celkové spořádání vtokového systému. U vícenásobných forem je hlavní podmínkou, aby tavenina dorazila ke každému vtokovému ústí ve stejný čas a za stejného tlaku. [6]

#### *Obecné zásady řešení SVS*

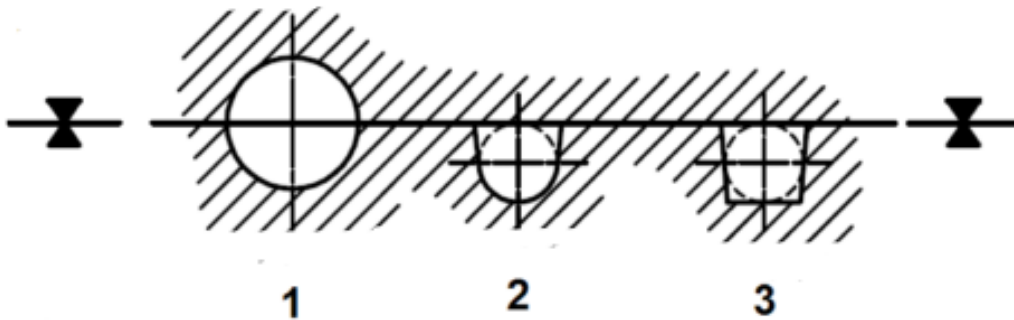
- Během vstřikování by dráha, kterou urazí tavenina od stroje do formy, měla být co nejkratší a nemělo by dojít k tlakovým a časovým ztrátám.
- Musí být zajištěno rovnovážné zaplnění dutiny, čehož je dosaženo stejně dlouhou dráhou k dutinám.



Obr. 8 Řešení vtokové dráhy [6]



- Průřezy vtokových kanálů by zpravidla měly mít správnou velikost, aby se po vyplnění dutiny formy jádro taveniny nacházelo ještě v plastickém stavu a bylo možné umožnit dotlak. Přitom však musíme kontrolovat spotřebu plastu. Vtokové kanály mají zpravidla při minimální povrchu pokud možno co největší průřez, čímž se zamezí ztrátám při ochlazování. Této podmínce odpovídá kruhový průřez. [6], [7]



Obr. 9 Průřez vtokových kanálků [6]

1 - výrobně špatně, 2,3 – výrobně správně

### **Vtokové ústí**

Vtokové ústí lze získat pomocí rozváděcího kanálku, jehož průměr je značně zmenšen. Pouze v ojedinělých situacích lze použít plný nezměněný průměr, a to když je potřeba protlačit propadliny lunkrů. Za pomoci zúžení se klesající teplota taveniny zvýší před vstupem do dutiny formy, a tak se omezí strhávání chladných vrstev, které mají za následek povrchové defekty. Délka a průřez vtokového ústí se zpravidla volí co nejmenší, v závislosti na charakteru vstřiku, plastu a také technologii vstřikování. Zúžený průřez však musí spolehlivě zaplnit dutinu a navíc musí vydržet následný dotlak.

Nejčastější místa umístění vtokového ústí jsou:

- Do nejtlustšího místa vstřiku z důvodu, že tavenina musí téct z oblasti největší průřezu do míst, kde je průřez nejmenší.
- Dále pak do geometrického středu dutiny tak, aby tavenina rovnoměrně zatekla do všech míst dutiny.
- U výrobku, který má žebrování, musí tavenina téct ve směru jejich orientace.
- Tak, aby v případně vzniku studených spojů bylo možné změnit směr mimo vzhledové a mechanicky namáhané místa.
- Aby místa po vtoku neznehodnocovali výrobek po estetické stránce. [6],[7]

#### 4.2.2 Vyhřívání vtokové soustavy (VVS)

Vyhřívání vtoků se začínají čím dál více uplatňovat při zpracování plastů a při konstrukci forem. Hlavním důvodem jsou značné výhody, které jsou dány neustálým vývojem těchto systémů. Vývojem se vyhřívání vtokové soustavy zdokonalily tak, že jsou dnes charakterizovány minimálním úbytkem tlaku a teploty, ale také tok taveniny je optimální.

Vyhřívání vtokové soustavy jsou založeny na principu, že tavenina po naplnění dutiny formy zůstává v celém svém oběhu až k vtokovému ústí v plastickém stavu.

Mezi hlavní výhody patří například:

- automatizovaná výroba,
- značné zkrácení výrobního cyklu,
- snížení nákladů na dokončovací práce,
- snadná montáž a demontáž,
- odstranění vtokového zbytku.

Vyhřívání vtokové soustavy mají také své nevýhody:

- VVS nelze využít u všech aplikací, zejména ne při sériové výrobě,
- soustava je ekonomicky a energeticky náročnější oproti SVS,
- náročnější konstrukce formy. [10], [12]

#### *Vyhřívání trysky*

Konstrukce těchto trysek umožňuje, aby se propojil vstřikovací stroj s dutinou formy a byla tak zaručena dokonalá tepelná stabilizace. Metoda vyhřívání trysek umožňuje zlepšit technologické podmínky vstřikování. Trysky mají svůj topný článek i jeho regulaci. Trysky mají dva druhy vytápění.

- Nepřímo vyhřívání trysek

Dotápní tryška s vlastním zdrojem tepla. Tryška má své vlastní malé topné tělíčko, které je zabudované v ocelovém pouzdře a jeho špička zasahuje do vtokového ústí. Tento způsob vyžaduje poměrně rychlý pracovní cyklus.

Dotápní tryška s rozvodným blokem. Využívá princip toho, že se převede teplo z rozvodného bloku na tryšku. Lze tohoto využít u hromadné výroby.

- Přímé vyhřívání trysek

Trysky s vnějším topením. U tohoto způsobu jde proud taveniny přímo uvnitř trysky, která musí být vyrobena z vodivého materiálu.

Trysky s vnitřním topením. Zde to funguje tak, že tavenina obtéká vložku, která je vyhřívána a musí být vyrobena z materiálu, který má dobrou tepelnou vodivost. [7], [9]



*Obr. 10 Vyhříváná tryska bez hrotu [15]*

### ***Vytápěné rozvodné bloky***

Hlavní využití vytápěných rozvodných bloků je u vícenásobných forem. Správná funkce bloku je podmíněna rovnoměrným vytápěním, v opačném případě by mohlo dojít k ovlivnění toku a změně tlakového rozložení u tvarových dutin. Rozvodný blok bývá nejčastěji uložen mezi upínací a tvarovou částí formy.

Je konstrukčně navrhnut tak, aby jeho tvar byl přizpůsoben poloze rozváděcích kanálků. Nejčastější tvary, ve kterých jsou bloky vyrobeny: I, H, X, Y apod.

Vytápění bloků je řešeno z venku pomocí topných hadů, které jsou zalité v mědi nebo zevnitř pomocí topných patron.

Kanálky, ve kterých proudí tavenina, musí být precizně opracované bez ostrých hran, přechodů nebo mrtvých koutů. [9], [10]



Obr. 11 Rozvodné bloky [15]

### 4.3 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém slouží ke správnému vyhození daného výrobku a také vtokového zbytku z dutiny formy. Jsou používány různé vyhazovací systémy, které fungují automaticky nebo poloautomaticky, ale hlavní podmínkou je zajistit automaticky cyklus.

Vyhazovací cyklus má dvě fáze:

- dopředný pohyb – vlastní vyhození,
- zpětný pohyb – návrat vyhazovacího zařízení do původní polohy.

Základní podmínky:

- hladký povrch a úkosy na stěnách výrobku (musí být větší než  $30^\circ$ ),
- vyhazovací síla musí působit na výrobek rovnoměrně, aby nedošlo k deformacím,
- stopy po vyhazovacím systému musí být minimální. [7], [9]

### 4.3.1 Mechanické vyhazování

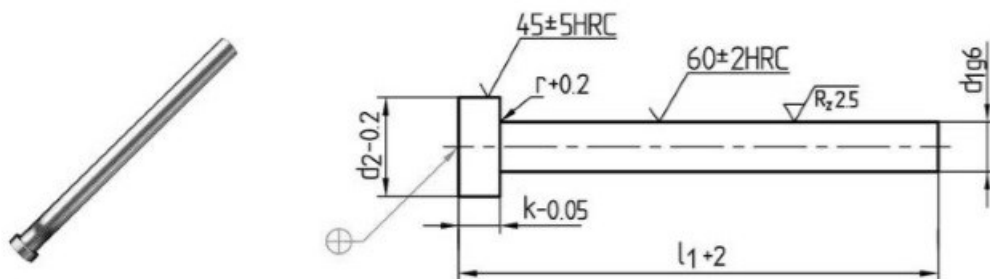
Mechanický vyhazovací systém je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším systémem. Používá se téměř všude, kde je to možné.

Konstrukce mechanického systému:

- vyhazovací kolík,
- stírací desky, nebo trubkového vyhazovače,
- šikmé vyhazovače,
- vícestupňové vyhazovače,
- speciální vyhazovače. [9]

#### *Vyhazovací kolíky*

Vyhazovací kolíky je nejčastěji používaný systém pro vyhazování výrobku. Kolíky jsou výrobně jednoduché a funkčně spolehlivé. Tento způsob lze využít téměř všude, kde je možné dát vyhazovač proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Správné umístění a volba tvaru kolíku zaručí dobré vyhození bez poškození povrchu výrobku.



Obr. 12 Válcový vyhazovač [15]

#### *Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů*

Tento způsob vyhazování je speciální formou mechanického vyhazování. Kolík není kolmý na dělicí rovinu, ale je do formy vložen pod určitým úhlem. Hlavní uplatnění má u vyhazování malých nebo středně velkých výrobků s vnitřním nebo vnějším zápichem. Tím vymežeme použití posuvných čelistí s klínovým mechanismem.

Uspořádání těchto systémů má mnoho podob a dá se taky dobře kombinovat s přímým vyhazovacím systémem. Hlavní podmínkou je však, aby systém byl funkčně dokonalý a konstrukčně jednoduchý. [7], [9]

### *Stírací desky a trubkové vyhazovače*

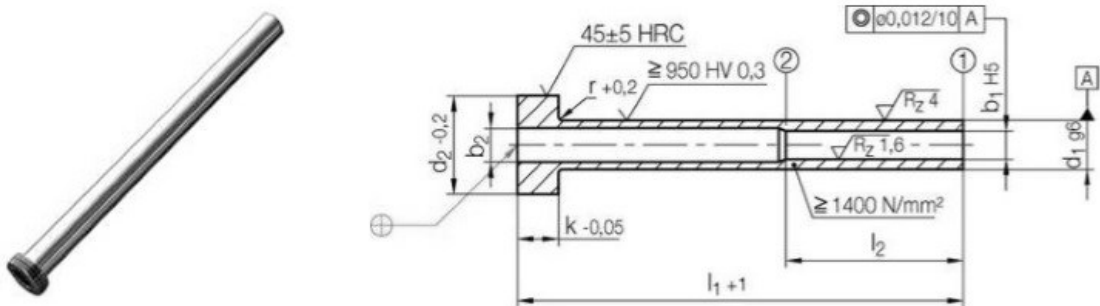
Stírací deska při vyhazování působí na výrobek celou svou plochou. Působením velké styčné plochy nezůstanou po desce na výrobku stopy po vyhození. Proto jsou deformace na výrobku minimální a působící síla, kterou je výrobek vyhozen podstatně velká.

Způsob stírací desky je využíván u rozměrných a tenkostěnných výrobků, které vyžadují větší vyhazovací sílu nebo také u vícenásobných forem. Lze jí použít, dosedá-li výrobek na stírací desku v rovině.

Pohyb stírací desky může být vyvozen:

- tlakem vyhazovacího systému (tlak vyvozen trnem působícím na stírací desku přes táhla),
- tahem ve speciálních případech (systém třideskové formy).

Funkce trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač, který je opatřen otvorem, plní funkci stírací desky, ale pracuje jako vyhazovací kolík. Jádro trubkového vyhazovače je upevněno v nepohyblivé desce. [7], [9]



Obr. 13 Trubkový vyhazovač [15]

### *Dvoustupňové vyhazování*

Je zařazeno do mechanického vyhazování. Z funkčního hlediska vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se budou navzájem ovlivňovat. Výhodou dvoustupňového vyhazovacího systému je takový, že umožňuje vyhození výrobku s časovým posunem, a také s rozdílnou velikostí zdvihu. Proto se nejčastěji využívá k vyhození vtokového zbytku od výrobku a následného vyhození výrobku nebo k vyhození tenkostěnným výrobků. [7], [9]

### 4.3.2 Pneumatické vyhazování

Nejčastěji používané u vyhazování tenkostěnné výrobky větších rozměrů, které vyžadují během vyhazování zavzdušnění, aby nedošlo k deformacím. Pneumatické vyhazování je méně používaným způsobem, ale u určitých tvarů bychom se bez něj neobešli. Hlavní výhodou pneumatického vyhazování je povrch bez stop po vyhazovači. Využívá se kombinací mechanického a pneumatického vyhazování. [9]

### 4.3.3 Hydraulické vyhazování

Hydraulické vyhazovače jsou součástí stroje a jejich značné využití je k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem. Nejčastěji je lze vidět u ovládní bočních čelistí. Pomocí hydraulických vyhazovačů se ovládají kolíky a stírací desky. [7]

## 4.4 Temperace formy

Temperace formy se používá z důvodu, abychom dosáhli konstantní teploty formy. V průběhu vstřikování plastu do formy je materiál dopravován do dutiny formy, kde následně je ochlazován a při vhodné teplotě následně vyhozen. Temperační systém ovlivňuje plnění dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí materiálu. Během každého vstříknutí je forma zahřívána, a proto je třeba následující výrobek vyrobít při zadaných technologických podmínkách. Z těchto důvodů se musí přebytečné teplo odvést pomocí temperační soustavy. Některé plasty se však vystříkují při vyšších teplotách formy.

Úkolem temperačního systému je:

- Zajistit, aby měla vstřikovací forma po celou dobu rovnoměrnou teplotu po celém povrchu dutiny.
- Odvést teplo z dutiny, která je naplněna taveninou, aby pracovní cyklus měl ekonomickou délku.

Správná hmotnost formy a dobře vyřešený temperační systém může zvýšit tepelnou a také rozměrovou stabilitu nebo snížit deformace, které vznikají při vyšších vstřikovacích tlacích.

### 4.4.1 Aktivní prvky

Aktivní temperační prvky působí přímo na formu a teplo do formy přivádí nebo odvádí.

- Kapalina: v temperačních kanálcích proudí kapalina a dochází k přestupu tepla mezi formou a kapalinou, jako proudící médium se používá nejčastěji voda nebo olej.
- Vzduch: použití vzduchu může být volné nebo nucené proudění, avšak kvůli malé účinnosti je použití vzduchu pouze výjimečným případem (chlazení jader, vyhazovačů).
- Topné články: většinou se používají topné patrony a to z důvodu, kdy je potřeba vytemperovat formu na vyšší teplotu. Tento případ nastává, když jsou tepelné ztráty do okolí vyšší, než je teplo dodané vstříkovaným materiálem.

#### 4.4.2 Pasivní prvky

Pasivní temperační prostředky působí na formu pomocí fyzikálními vlastnostmi.

- Tepelně izolační materiály: jejich hlavní funkcí je izolovat teplo, aby nedošlo k přestupu tepla do upínacích desek stroje, a to v případech, kdy je požadována vysoká teplota formy. Zpravidla se volí materiály, které jsou jak pevnostně, tak i tepelně odolné.
- Tepelně vodivé materiály: využívají se k odvodu tepla z míst, kde je obtížné zavést temperační systém, např. tvárníky, vtokové trysky do míst, kde již je temperační systém a lze tak odvod tepla zajistit obvyklým způsobem, nejčastěji se používá měď a její slitiny, protože dobře vedou teplo.
- Tepelné trubice: jsou nejúčinnějším prostředkem pro odvod tepla, trubice využívají výparné teplo, které cirkuluje uvnitř trubice v důsledku teplotního spádu. Tím lze zvýšit odvod tepla až o jeden řád ve srovnání s mědí. [7], [9]

#### 4.5 Odvzdušnění formy

Jakmile dochází k vstříknutí polymer do dutiny formy, tok polymeru před sebou tlačí vzduch, který po uzavření formy zůstává v dutině, což by mohlo způsobit řadu vad. I když část vzduchu je vytlačena přes dělicí rovinu nebo vodíci plochami vyhazovačů, je nezbytné, aby forma obsahovala odvzdušňovací prvky, které odvedou přebytečný vzduch pryč. [13]

Nejčastějším jevem, jenž vzniká při rychlém plnění, je stlačený vzduch, který pomocí vysokého tlaku se prudce ohřeje a vzniká spálené místo, tzv. dieselův efekt.





*Obr. 14 Dieselův efekt [16]*

Abychom předešli těmto vadám, musí být dutina odvzdušněna. Nejjednodušším způsobem je vytvořit odvzdušňovací plochu v dělicí rovině. Plochy jsou jednoduché na výrobu a představují přímou cestu pro vzduch, který je tlačeny.

Dalším způsobem, jak odvést vzduch, je vytvoření odvzdušňovacích kanálek. Kanálky by měly být zpravidla umístěny podél rozváděcích kanálek taveniny. Zejména místa, která jsou zaplněna v dutině formy jako poslední, si vyžadují odvzdušňovací kanálky, protože by mohlo dojít k vytvoření dieselova efektu. [13]

#### **4.6 Materiál forem**

Formy jsou finančně nákladné, jelikož se skládají z mnoha funkčních a pomocných dílů. Zejména v provozu se po formách vyžaduje určitá kvalita, životnost, a co nejnižší pořizovací cena. Určitým aspektem pro splnění daných podmínek je materiál formy, jenž je ovlivněn řadou určitých provozních podmínek:

- druhem vystřikovaného materiálu,
- přesností a drsností materiálu,
- podmínkami vstřikování,
- vstřikovacím strojem.

Z těchto podmínek se pro výrobu používají určité materiály, které splňují provozní požadavky v určité míře.

- oceli určitých jakostí,
- neželezné slitiny kovu (Cu, Al),

- ostatní materiály (izolační).

Nejvýznamnější uplatnění mají oceli, které svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi se těžko nahrazují.

Od používaných materiálu se především očekává:

- dostatečná mechanická pevnost,
- dobrá obrobitelnost,
- dobré tepelné zpracování.

Z technologického hlediska výroby výstřiku by měl materiál zajišťovat speciální požadavky na kvalitu struktury, která je dána:

- dobrou leštitelností a obrusitelností,
- zvýšenou odolností proti otěru,
- odolností proti korozi a chemickým vlivům polymerů,
- vyhovující kalitelností a prokalitelností,
- stálostí rozměrů a minimálními deformacemi při kalení. [9]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny následující cíle:

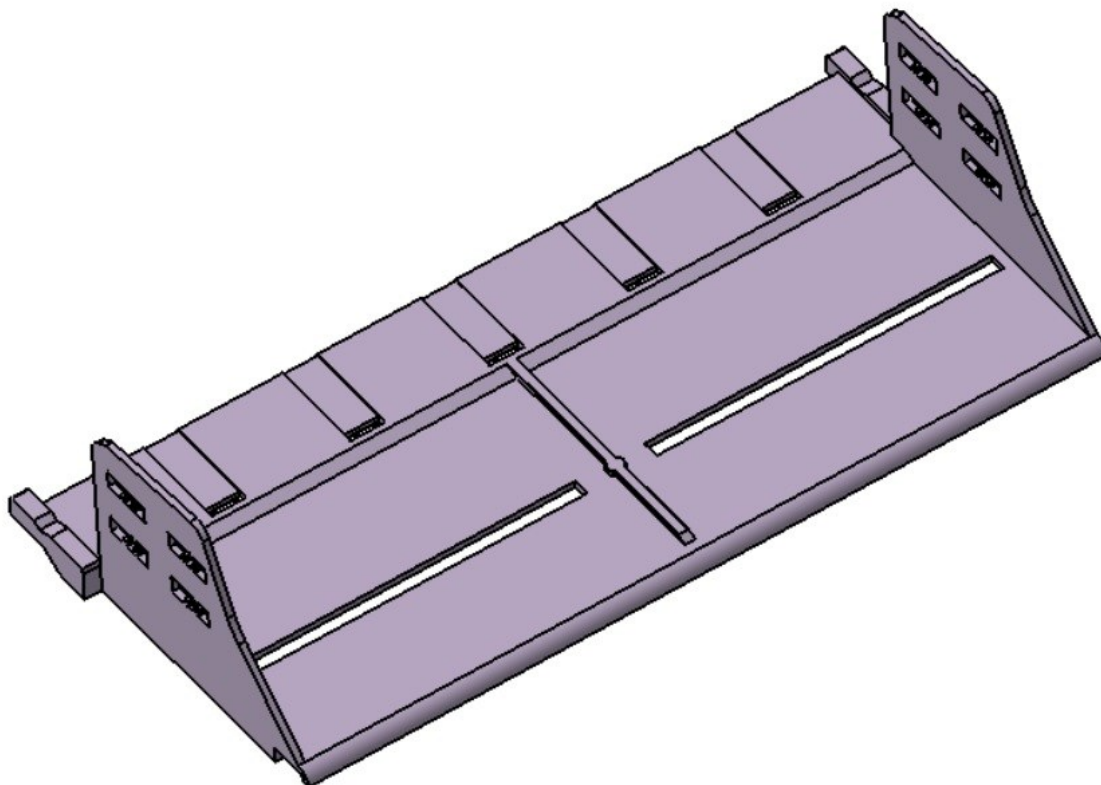
- vypracovat literární studii na dané téma,
- provést konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu,
- navrhnout vstřikovací formu pro daný díl,
- zhotovit 2D řez vstřikovací formy včetně příslušných pohledů a kusovníku.

Literární studií se rozumí teoretická část, ve které jsou shromážděny poznatky o procesu vstřikování, vstřikovacího stroje a konstrukce formy.

V části praktické byl potom nakreslen zadaný plastový díl a to ve 3D. Pro vymodelovaný díl byla zhotovena dvojnásobná vstřikovací forma. Následně pro danou formu byl zvolen vstřikovací stroj s vhodnými parametry. Poté bylo za úkol zhotovit 2D výkres výrobku, řez vstřikovací formy a příslušných pohledů. Vytvoření dílu a následně i formy bylo za pomoci programu CATIA V5 R19 a normálie Hasco.

## 6 SPECIFIKACE VÝROBKU

Výrobkem, pro který byla zhotovena vstřikovací forma, je díl do tiskárny. Díl slouží pro úpravu velikosti tisknutého papíru. Rozměry výrobku jsou 230×110×57 mm (délka, šířka, výška). Objem vstřikovaného výrobku je 73,12 cm<sup>3</sup>. Hmotnost výrobku je 76 g. Na výrobku jsou vytvořeny úkosy pro snadnější odformování.



Obr. 15 3D model výrobku

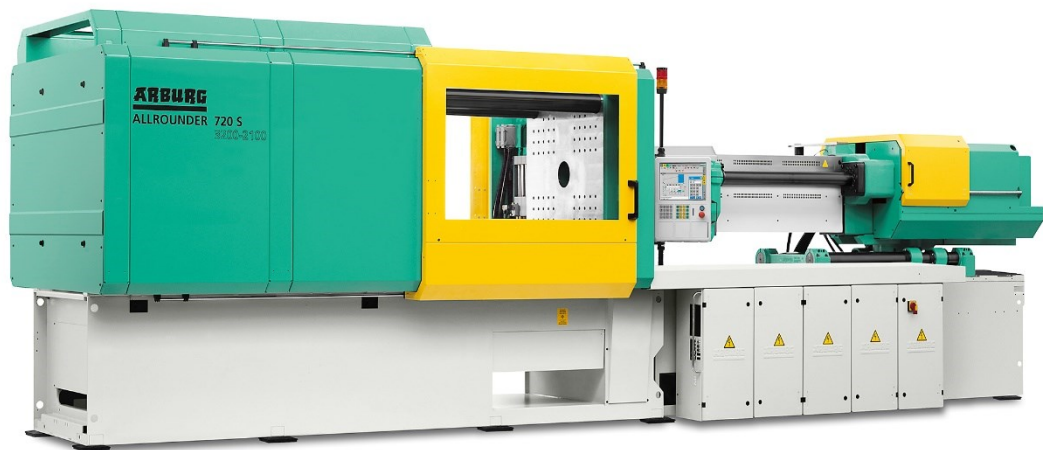
### 6.1 Materiál výrobku

Jako materiál, který byl zvolen pro vstřikovaný výrobek, je PS neboli polystyren. Polystyren patří mezi nejpoužívanější vstřikované materiály. Jde o poměrně tvrdý polymer, který se dá snadno barvit a má téměř nulovou nasákavost. Výhodou polystyrenu, je jeho opracovatelnost. Nevýhodou je, že při stárnutí polystyren žloutne. Typickými aplikacemi, kde se polystyren používá, mohou být přepravky, víka, obaly a podobné výrobky.

- Hustota – 1,05 g/cm<sup>3</sup>
- Pevnost v tahu – 55 MPa
- Teplota skelného přechodu – 100 °C
- Teplota měknutí – 80 °C

## 7 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací stroj byl zvolen podle rozměrů formy, které jsou  $546 \times 546 \times 442$  mm (délka  $\times$  šířka  $\times$  výška). Na základě těchto rozměrů byl zvolen vstřikovací stroj Allrounder 720 S, který je od německé firmy Arburg. Firma patří mezi přední výrobce vstřikovacích strojů.



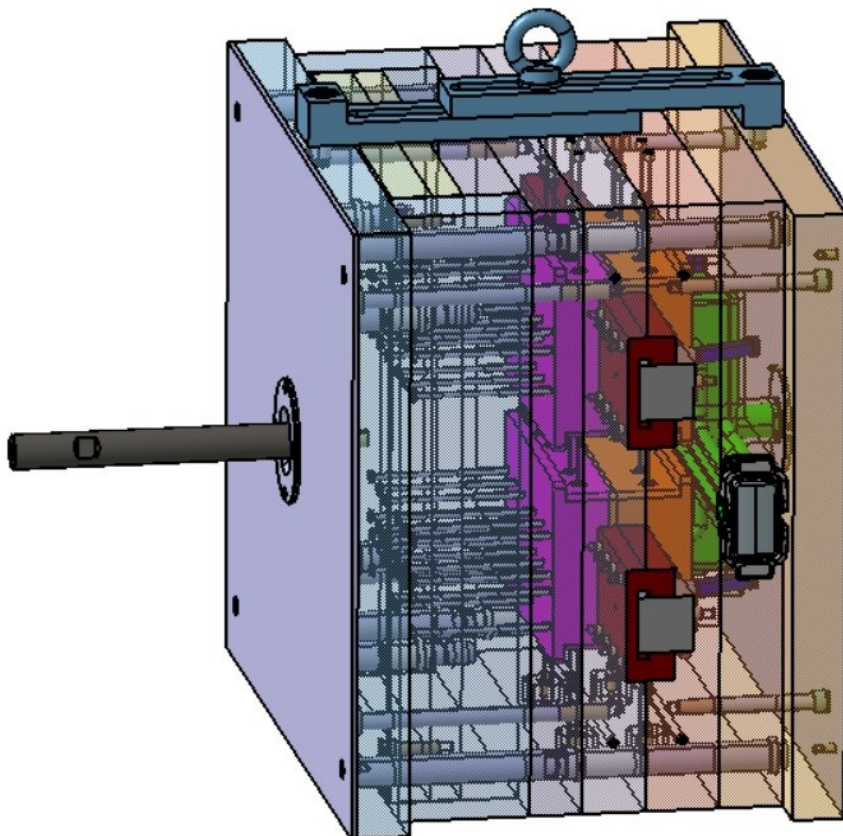
Obr. 16 Vstřikovací stroj [19]

Tab. 1. Základní parametry stroje [19]

	Hodnota	Jednotky
Uzavírací síla	3200	kN
Otevírací síla	100 - 800	kN
Výška formy	300 - 700	mm
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	$720 \times 720$	mm
Otevírací zdvih	1000 - 1400	mm
Vyhazovací síla	100	kN
Vyhazovací zdvih	250	mm
Objem dávky	268	cm <sup>3</sup>

## 8 KONSTRUKCE FORMY

Ke konstrukci formy bylo použito co nejvíce normálií ze stránek Hasco a Meusburger. To vede k ekonomicky výhodnějšímu a rychlejšímu výrobnímu procesu vstřikovací formy a také případná výměna některého poškozeného komponentu by nebyla náročná.



*Obr. 17 Sestava celé formy*

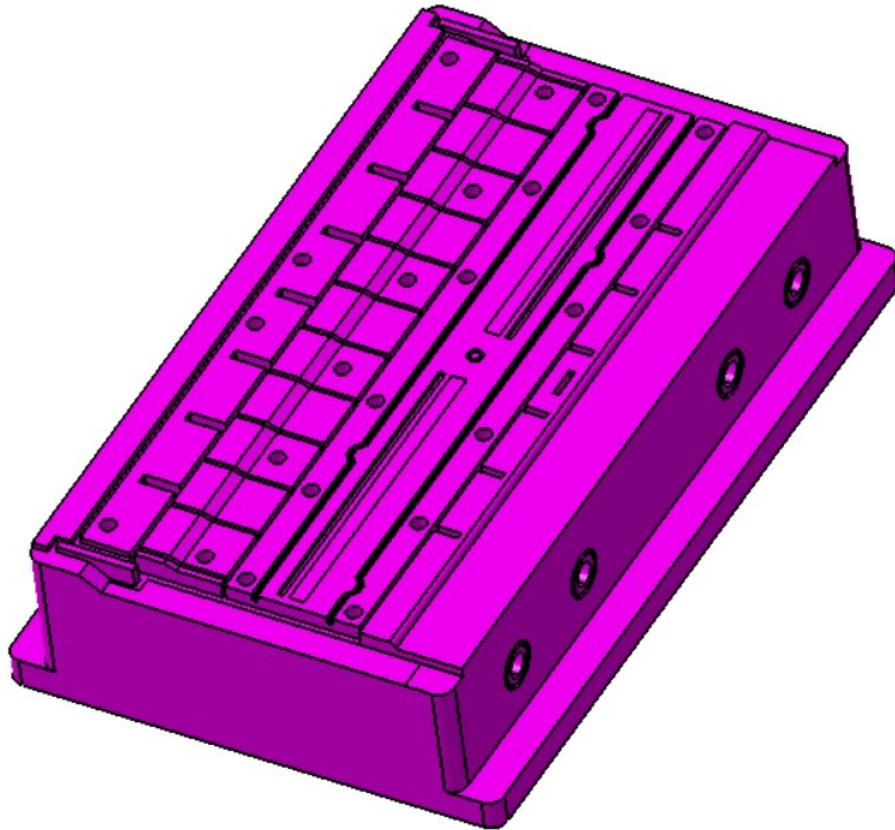
### 8.1 Zaformování výrobku

Mezi hlavní úkony při konstrukci formy je určení dělicí roviny výrobku. Dělicí rovina by měla být volena tak, aby byla co nejjednodušší, aby bylo možno výrobek co nejjednodušeji vyhodit. Dále pak, aby rovina nebyla na výrobku příliš viditelná a stopy po vyhazovačích byly na nepohledové straně výrobku.

Tvarové části, tvárník a tvárnice tvoří negativ vstřikovaného výrobku.

### 8.1.1 Tvárník

Nachází se na pevné části formy. Tvárník je po bocích osazen pro lepší ukotvení do tvarové desky. Zadní strana tvárníku je přitlačena opěrnou deskou, aby nedošlo k posunu. Tvárník je vyroben z nástrojové oceli, následně cementován a zakalen.

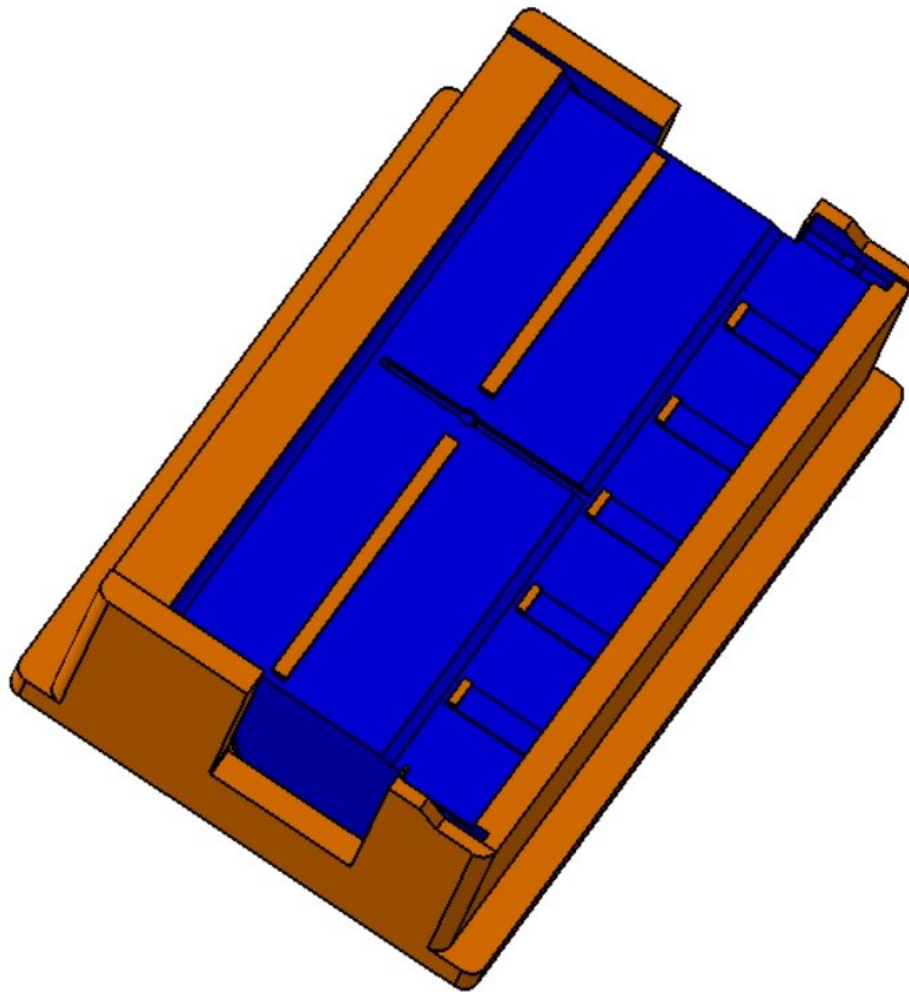


*Obr. 18 Tvárník*

### 8.1.2 Tvárnice

Tvárnice se nachází na pevné (pravé) části formy. Osazení tvárnice slouží k ukotvení do tvarové desky. Zadní strana tvárnice je přitlačena deskou a zajišťuje ji proti vypadnutí. Tvárnice je vyrobena z nástrojové oceli, je cementována a následně zakalena.

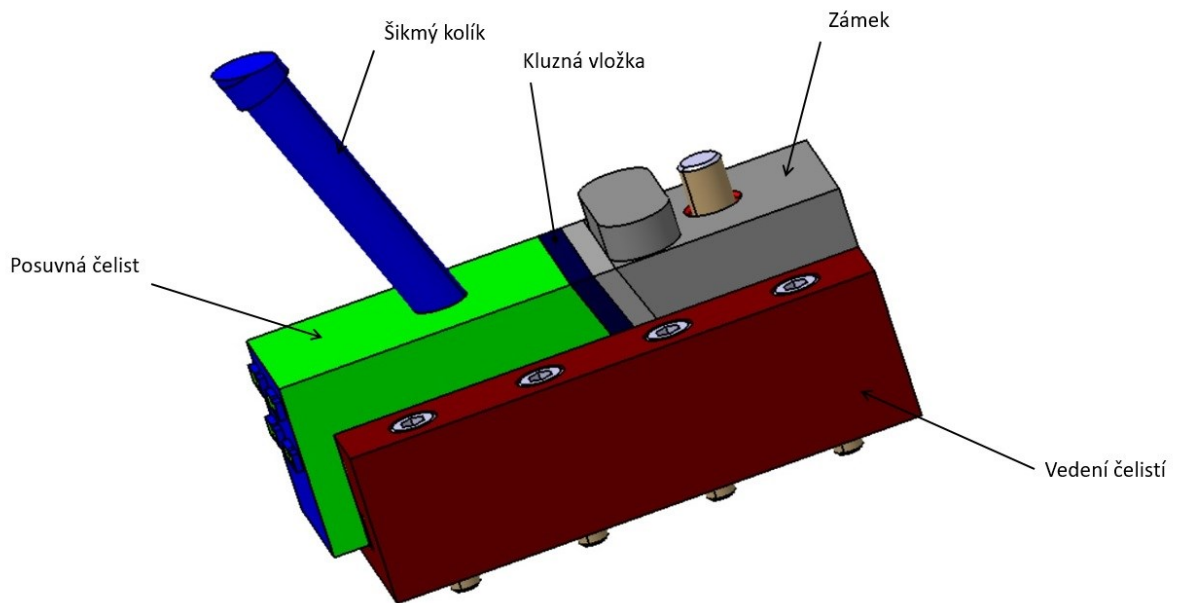




*Obr. 19 Tvárnice*

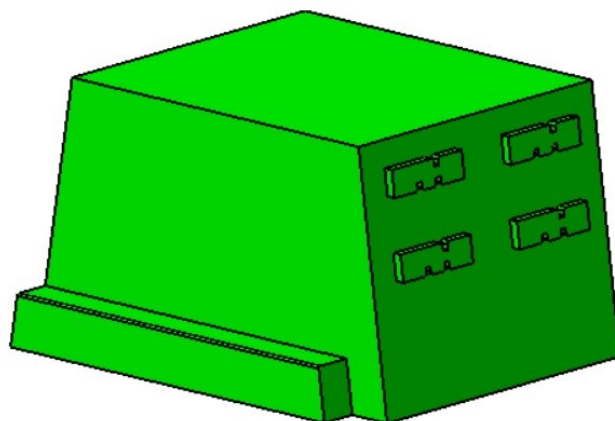
### **8.1.3 Boční odformování**

Vzhledem ke složitosti výrobku jej není možno odformovat pouze pomocí jedné dělicí roviny. Proto muselo být vyrobeno boční odformování. Boční odformování slouží k odformování bočních děr a otvorů.

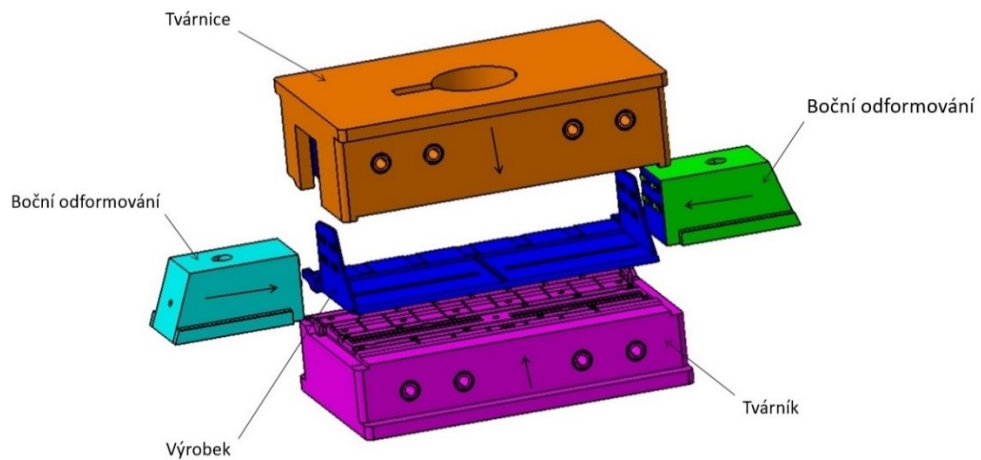


*Obr. 20 Systém bočního odformování*

Čelisti konají pohyb pomocí šikmých kolíků, při otvírání a zavírání formy. Šikmé kolíky mají sklon  $20^\circ$ . Během vstřikování dochází k vyvíjení vysokých tlaků. Důsledkem vysokých tlaků by mohlo dojít k posunu čelistí, a proto je zde zámek, který jistí zavřenou polohu a nedojde tak k posunu čelistí. Otevřenou polohu zajišťuje kulička s pružinkou, která zapadne do jamky v posuvné čelisti.



*Obr. 21 Boční odformování*

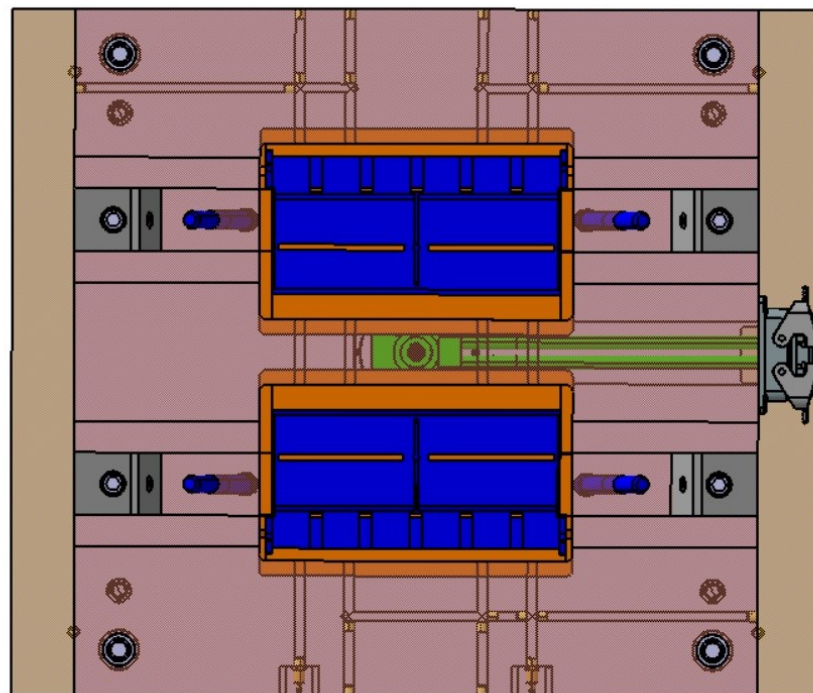


Obr. 22 Odformování výrobku

## 8.2 Násobnost formy

Násobnost formy je ovlivněna mnoha parametry, které se týkají např. ekonomické stránky, kapacity vstřikovacího stroje atd. (viz. str. 19)

Vzhledem ke složitosti a velikosti dílce byla zvolena dvojnásobná násobnost formy.

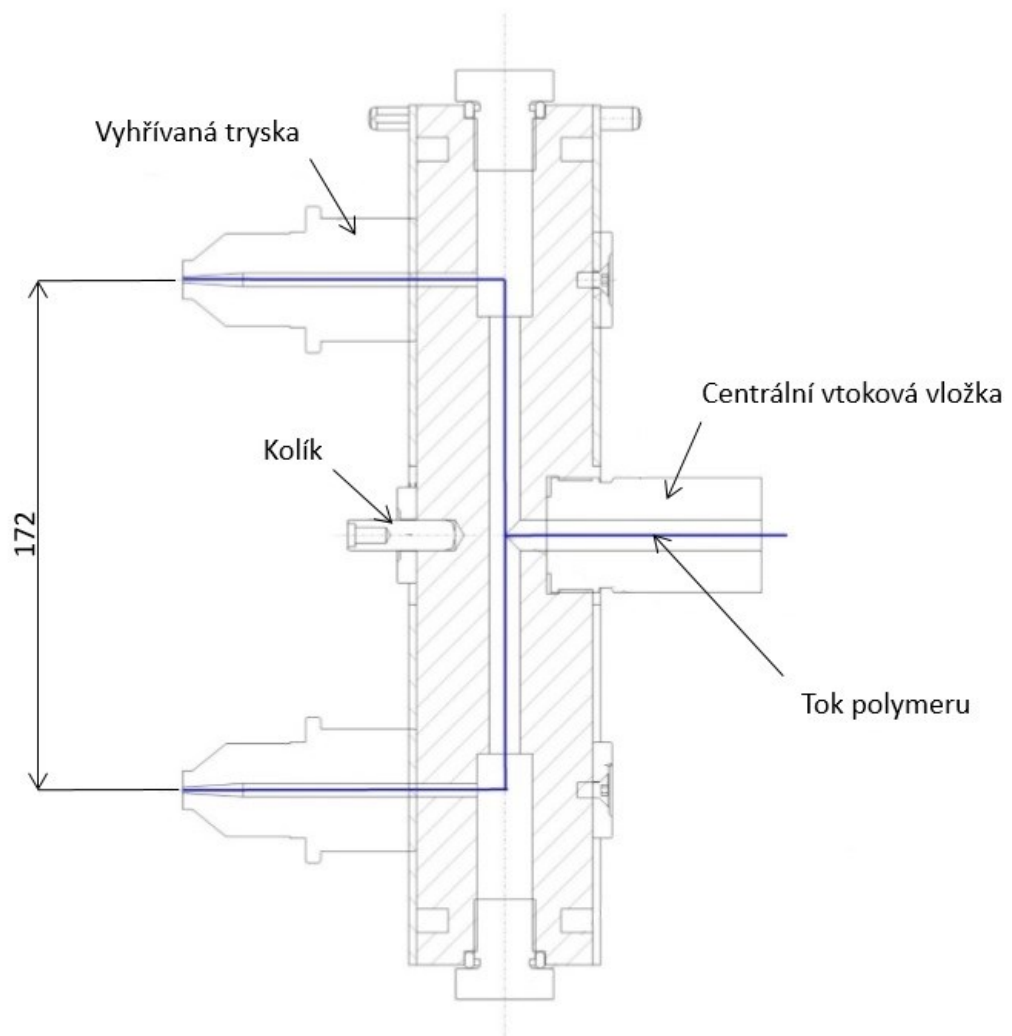


Obr. 23 Násobnost formy

### 8.3 Vtokový systém

Hlavním úkolem vtokového systému je dopravení taveniny do tvarové dutiny formy, a to v co nejkratším čase.

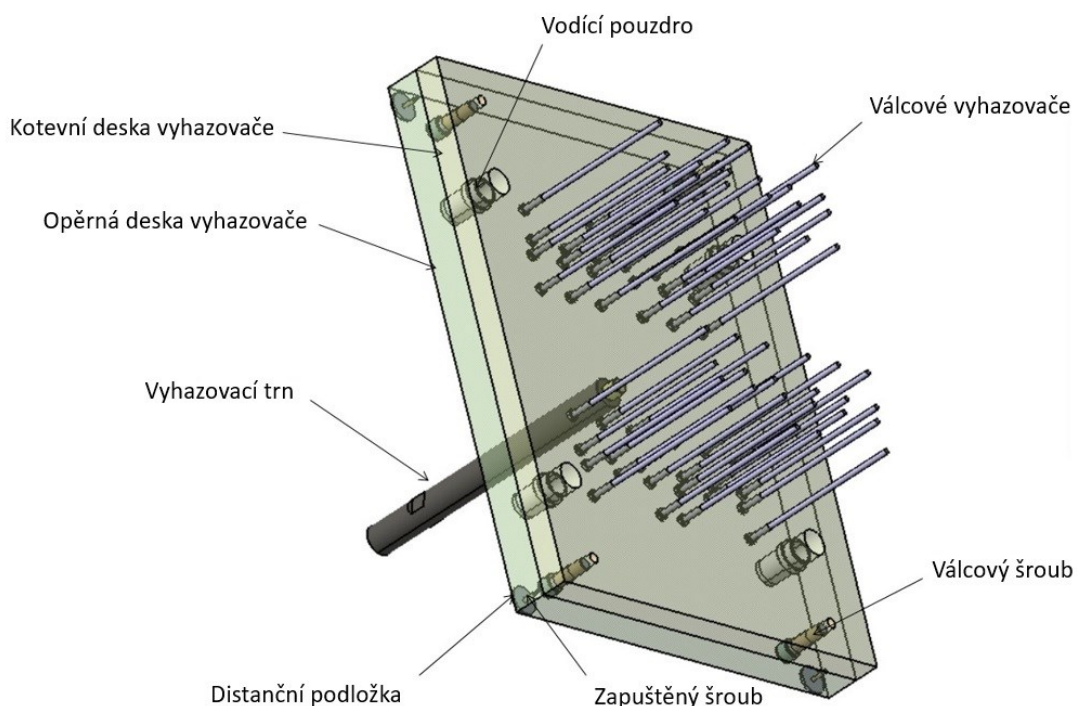
Pro daný výrobek byla zvolena horká vtoková soustava, přesněji horký vyhřívaný blok. Důvodem zvolení vyhřívaného bloku bylo zamezit zbytečnému odpadu ze vstřikování. Blok je umístěn mezi deskou opěrnou a pravou upínací deskou. V daném prostoru je pro blok vyfrézovaný otvor. Zde je vystředěn a také ukotven vůči pootočení pomocí kolíku. Blok je tvořen centrální vtokovou vložkou a dvěma vyhřívanými tryskami. Celá soustava je připojena do zásuvky a pomocí kabelů napájena. Vzdálenost mezi tryskami je 172 mm.



Obr. 24 Vyhřívaný blok

## 8.4 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém slouží ke správnému vyhození výrobku z dutiny formy. Správné vyhození jednoho výrobku je zajištěno pomocí 22 válcových vyhazovačů o průměru 5 mm. Byl zvolen větší počet vyhazovačů, aby nedošlo k poškození výrobku. Vyhazovače jsou upevněny v kotevní a opěrné desce vyhazovače. Na výrobku zůstanou stopy po vyhazovačích, které jsou však z nepohledové strany výrobku a ničemu tedy nevadí. Zdvih vyhazovačů musí být natolik velký, aby došlo ke správnému vyhození.

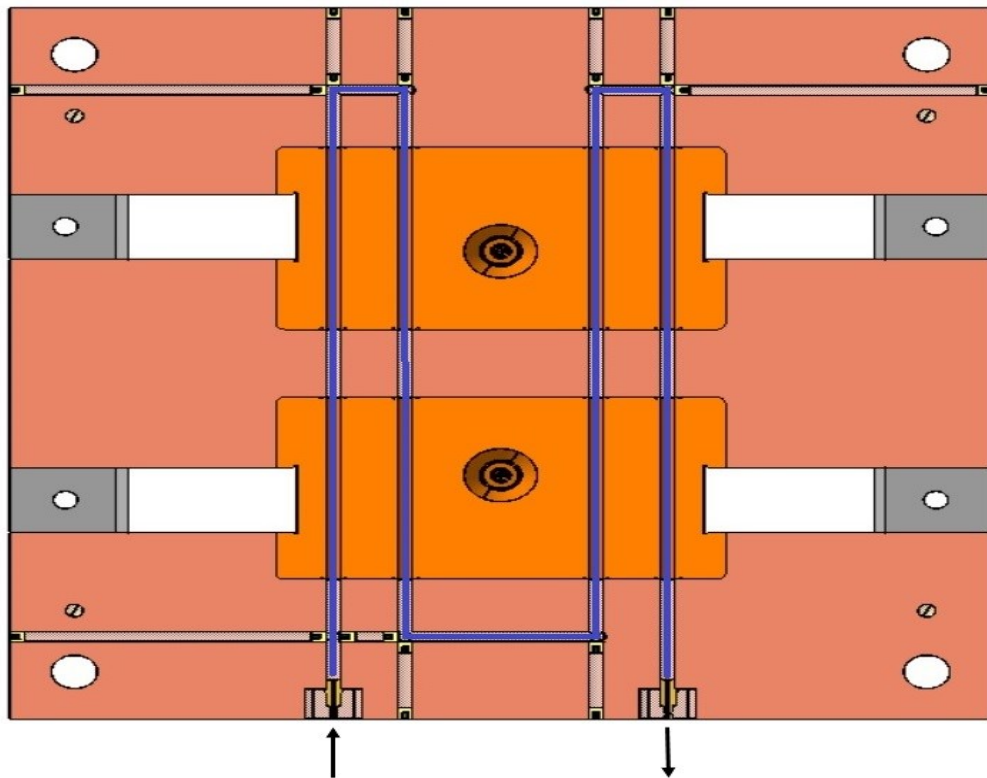


Obr. 25 Vyhazovací systém

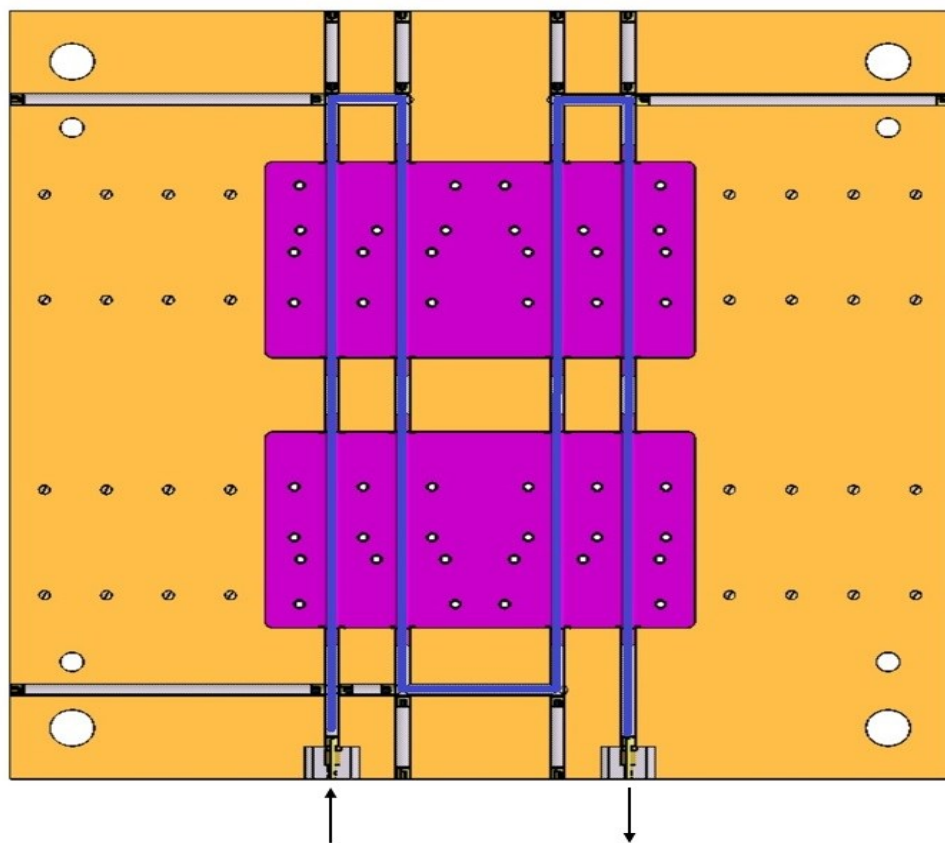
## 8.5 Temperační systém formy

Úkolem temperačního systému je udržovat určitou teplotu formy. Správným temperačním systémem je pak dosaženo optimálního vstřikovacího cyklu. Temperace výrobku by měla být umístěna tak, aby došlo k rovnoměrnému a rychlému chlazení.

Pro danou formu bylo zvoleno chlazení přímo tvárníku a tvárnice. Kanálky, které vedou v desce, jsou vrtány. Průměr vrtaných kanálků je 8 mm.



Obr. 26 Temperační systém tvárníku



Obr. 27 Temperační systém tvárnice

## 8.6 Odvzdušnění formy

Během uzavírání formy dochází ke stlačení vzduchu v dutině formy, který je poté tlačěn čelem taveniny. Během tohoto procesu nabývá vysokých teplot a mohlo by dojít k jeho degradaci. Degradace by poté měla za následek povrchové vady výrobku. Kvůli těmto problémům je potřeba vzduch z formy dostat.

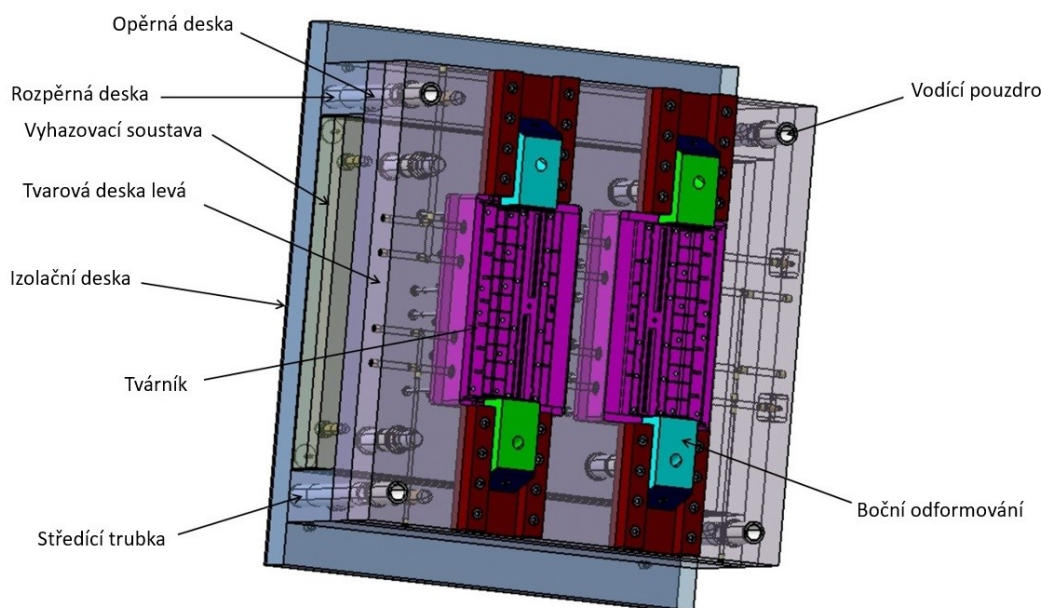
Únik vzduchu je zajištěn pomocí vůle v uložení tvárníku a tvárnice, dále vůle mezi dělicí rovinou a vůle u vyhazovačů.

## 8.7 Sestava vstřikovací formy

Vstřikovací forma je složená ze dvou částí a to z levé části, která je pohyblivá a nachází se zde vyhazovací systém a z části pravé, která je pevná a je v ní umístěný vtokový systém.

### 8.7.1 Levá strana formy

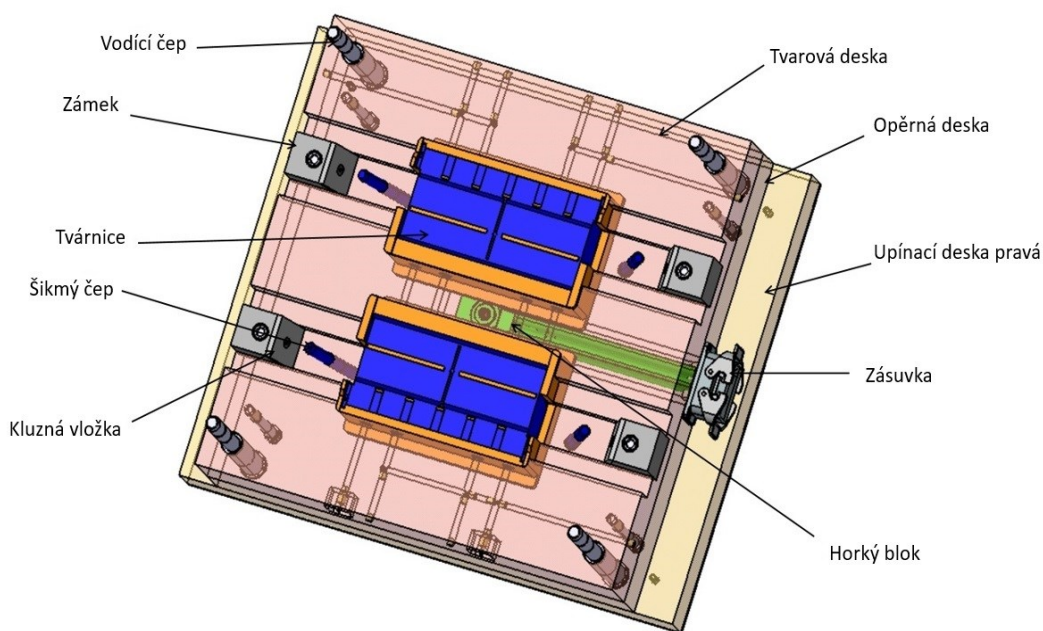
Levá strana formy, neboli vyhazovací slouží k otevírání formy. Levá strana je složena z izolační desky, upínací desky, ze dvou rozpěrných desek, opěrné desky a kotevní desky, ve které jsou uloženy tvarové části. Zde se také nachází vyhazovací systém, který se skládá z opěrné a kotevní desky sadou vyhazovačů a táhla. Levá strana je vystředěna pomocí vodícími pouzdry a středící trubky. Desky jsou k sobě sešroubovány s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem.



Obr. 28 Levá strana formy

### 8.7.2 Pravá strana

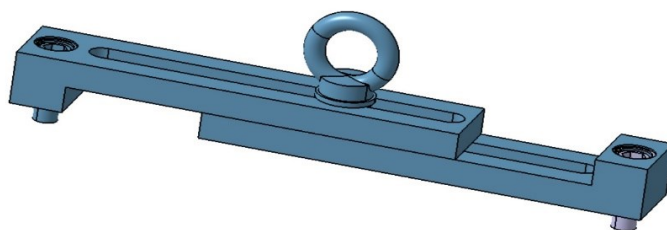
Jedná se o pevnou část formy, která je pomocí středícího kroužku vystředěna s plastikační jednotkou. Skládá se z izolační desky, upínací desky, opěrné desky a tvarové desky, ve které jsou uloženy tvarové vložky. V opěrné desce se nachází horký vtokový blok, který slouží ke vstříknutí materiálu. Vystředění pravé strany s levou je pomocí vodících čepů. Pravá strana je pevně sešroubována pomocí šrouby s vnitřním šestihranem.



Obr. 29 Pravá strana formy

### 8.8 Transportní zařízení

Snadná manipulace a transport formy, je řešen pomocí transportního zařízení. To je upevněno na horních upínacích deskách. Zařízení je k formě připevněno pomocí dvou šroubů. Součástí zařízení je oko, které slouží k ukotvení háku. Transportní zařízení lze najít v katalogu Hasco.



Obr. 30 Transportní zařízení



## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo za úkol zhotovit konstrukční návrh vstříkovací formy pro díl z tiskárny. Díl je používán pro úpravu velikosti papíru. Během konstrukce formy byla snaha dodržet konstrukční zásady, které formám podléhají.

Teoretická část bakalářské práce byla zaměřena na rozdělení polymerních materiálu dále pak na problematiku vstříkování a na konstrukční řešení forem.

V praktické části byla řešena již samotná konstrukce vstříkovací formy. Nejprve byl vymodelován 3D model. Model byl poté zaformován. Vzhledem ke složitosti dílce, kdy byla potřeba zaformovat i boční díry, byly vytvořeny 3 tvarové vložky. Boční díry byly zaformovány pomocí bočních posuvných čelistí. Pohyb bočních čelistí je zajištěn pomocí šikmých čepů. Pro formu byl zvolen vyhřívaný vtokový systém, který byl zvolen z důvodu automatizace výroby a k odstranění vtokových zbytků. Tvarové části jsou temperovány pomocí vrtaných kanálek, ve kterých proudí temperační médium. Odvzdušnění dutiny formy je zajištěno pomocí vůle mezi vyhazovači a také přes dělicí rovinu. Vyhození výrobku je zajištěno pomocí válcových kolíků.

Ke konstrukci formy a vymodelování 3D modelu výrobku a dalších částí, byl použit program CATIA V5 R19. Snahou bylo použít co nejvíce normalizovaných částí, které byly stáhnuty ze stránek Hasco a Meusburger, což částečně usnadnilo práci při konstrukci formy. Po vymodelování 3D forem, byly vytvořeny 2D výkresy sestavy formy a vstříkovaného výrobku. Všechny tyto výkresy jsou přiloženy v přílohách.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] MAŇAS, Miroslav a Jiří VLČEK, 2001. *Aplikovaná reologie*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-731-8039-1.
- [2] MÉZL, Milan, 2012. *Základy technológie vstrekovania plastov*. Olomouc: Mapro, 301 s. ISBN 978-80-970749-7-5.
- [3] [online], [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/01.htm#012](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm#012)
- [4] [online], [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/04.html>
- [5] SOVA, Miloš a Josef KREBS, 2001. *Termoplasty v praxi*. Praha: Verlag Dashöfer. ISBN 80-862-2915-7.
- [6] BOBČÍK, Ladislav a kol. *Formy pro zpracování plastů I.díl - Vstřikování termoplastů*. 2. opravené vyd. Brno: Uniplast Brno, 1999. 134 s.
- [7] STANĚK, M. přednášky T5KF
- [8] ZEMAN, Lubomír, 2009. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN - technická literatura. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [9] BOBČÍK, Ladislav a kol. *Formy pro zpracování plastů II.díl - Vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Brno: Uniplast Brno, 1999. 214 s.
- [10] ŘEHULKA, Zdeněk, 2007. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů*. Brno: Sekurkon. ISBN 978-80-86604-36-7.
- [11] ROSATO, Dominick V., Donald V. ROSATO a Marlene G. ROSATO, 2000. *Injection molding handbook*. 3rd ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, xxxi, 1457 s. ISBN 0792386191.
- [12] MENGES, Georg, Walter MICHAELI a Paul MOHREN, c2001. *How to make injection molds*. 3rd ed. Munich: Hanser, xvii, 612 s. ISBN 3446212566.
- [13] [online]. [cit. 2018-01-12]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/11.html>
- [14] [online], [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04).
- [15] [online], [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: [www.hasco.com/hasco/en/](http://www.hasco.com/hasco/en/)

[16] [online], [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <http://www.plasticportal.sk/sk/konec-diesel-efektu-ve-formach/c/2375/>

[17] [online], [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/03.html>

[18] [online], [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/02.html>

[19] [online], [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <http://www.arburg.com>

[20] DANGEL, Rainer, 2016. *Injection moulds for beginners*. Munich: Hanser, xviii, 308. ISBN 978-1-56990-631-6.

[21] MENGES, Georg, Walter MICHAELI a Paul MOHREN. How to Make Injection Molds [online]. 3. Hanser Publishers, 2001 [cit. 2018-01-5]. ISBN 978-3-44621256-5.

[22] PRUNER, Harry a Wolfgang NESCH. Understanding Injection Molds [online]. 1. Hanser Publishers, 2013 [cit. 2018-01-05]. ISBN 978-1-56990-527-2.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$T_m$	Teplota tání [°C].
$T_f$	Teplota viskózního toku [°C].
$T_g$	Teplota skelného přechodu [°C].
PE	Polyethylen.
PP	Polypropylen.
PS	Polystyren.
PVC	Polyvinylchlorid.
PA	Polyamid.
Cu	Měď.
Al	Hliník.
SVS	Studený vtokový systém.
VVS	Vyhřívaný vtokový systém.
°C	Stupeň celsia

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1 Rozdělení polymerů .....</i>	11
<i>Obr. 2 Uspořádání makromolekul semikrystalických a amorfních polymerů [17] ....</i>	12
<i>Obr. 3 Vstřikovací cyklus [14] .....</i>	14
<i>Obr. 4 Vstřikovací tryska [6] .....</i>	16
<i>Obr. 5 Tok taveniny [1] .....</i>	18
<i>Obr. 6 Žebra [7] .....</i>	20
<i>Obr. 7 Vstřikovací forma [18] .....</i>	21
<i>Obr. 8 Řešení vtokové dráhy [6] .....</i>	23
<i>Obr. 9 Průřez vtokových kanálků [6] .....</i>	24
<i>Obr. 10 Vyhřívání trysky bez hrotu [15] .....</i>	26
<i>Obr. 11 Rozvodné bloky [15] .....</i>	27
<i>Obr. 12 Válcový vyhazovač [15] .....</i>	28
<i>Obr. 13 Trubkový vyhazovač [15] .....</i>	29
<i>Obr. 14 Dieselův efekt [16] .....</i>	32
<i>Obr. 15 3D model výrobku.....</i>	36
<i>Obr. 16 Vstřikovací stroj [19] .....</i>	37
<i>Obr. 17 Sestava celé formy .....</i>	38
<i>Obr. 18 Tvárník.....</i>	39
<i>Obr. 19 Tvárnice.....</i>	40
<i>Obr. 20 Systém bočního odformování.....</i>	41
<i>Obr. 21 Boční odformování .....</i>	41
<i>Obr. 22 Odformování výrobku.....</i>	42
<i>Obr. 23 Násobnost formy.....</i>	42
<i>Obr. 24 Vyhřívání blok.....</i>	43
<i>Obr. 25 Vyhazovací systém .....</i>	44
<i>Obr. 26 Temperační systém tvárníku .....</i>	45
<i>Obr. 27 Temperační systém tvárnice .....</i>	45
<i>Obr. 28 Levá strana formy.....</i>	46
<i>Obr. 29 Pravá strana formy.....</i>	47
<i>Obr. 30 Transportní zařízení .....</i>	47

## SEZNAM TABULEK

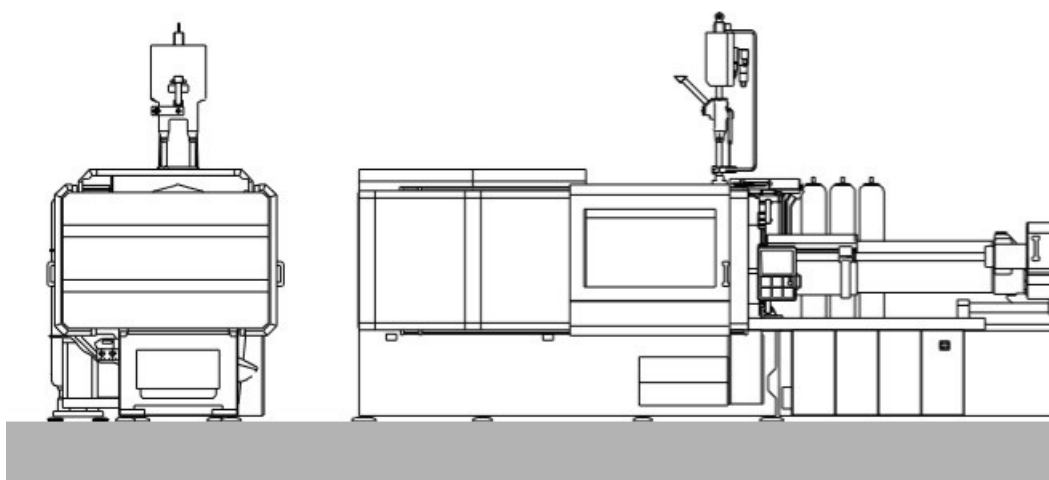
<i>Tab. 1. Základní parametry stroje [19] .....</i>	<i>37</i>
---	-----------

**SEZNAM PŘÍLOH**

- P1 Parametry vstřikovacího stroje Arburg Allrounder 720 S multi-component
- P2 Výkres sestavy formy
- P3 Výkres pravé strany hlavní dělicí roviny
- P4 Výkres levé strany hlavní dělicí roviny
- P5 CD obsahující:
- Textovou část bakalářské práce
  - Model formy, výrobku a výkresy příloh P2, P3, P4

# PŘÍLOHA P 1: PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE ARBURG ALLROUNDER 720 S MULTI-COMPONENT

Facts and figures



## ALLROUNDER 720 S multi-component

Tie bar distance: 720 x 720 mm

Clamping force: 3200 kN

Injection unit (according to EUROMAP):

70, 100, 170, 290, 400, 1300, 2100, 3200

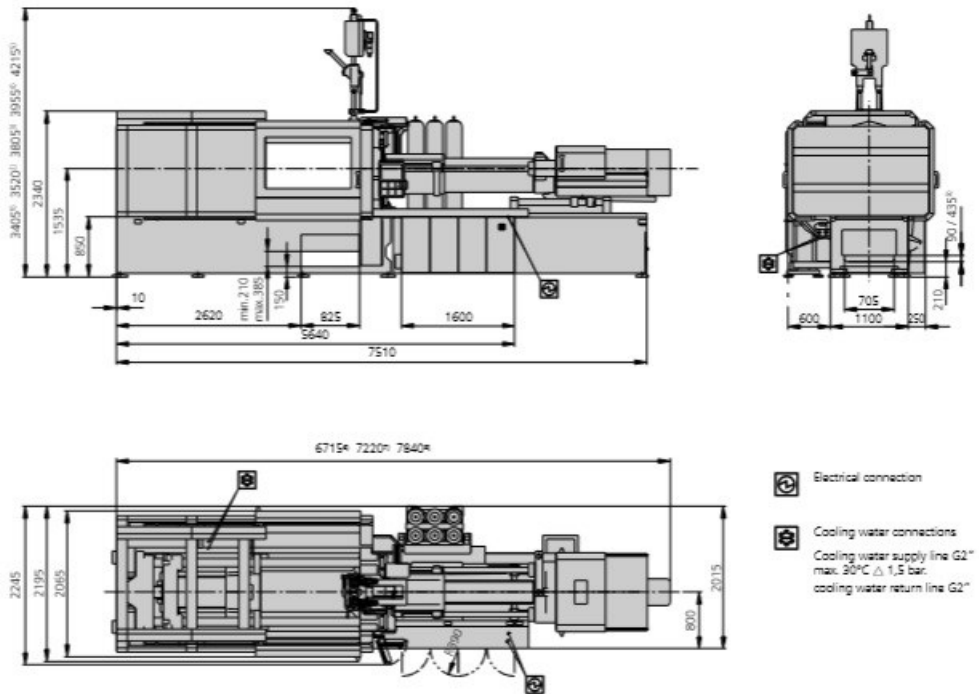
**ARBURG**

[www.arburg.com](http://www.arburg.com)



## Machine dimensions

| 720 S



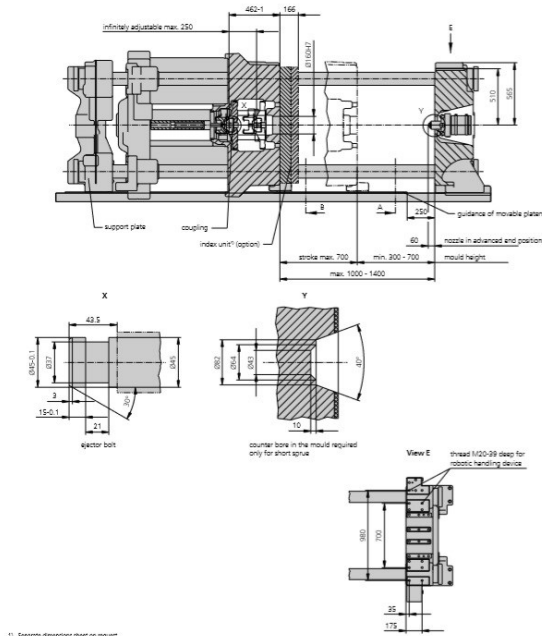
① Dimension for injection unit 70  
 ② Dimension for injection unit 100  
 ③ Dimension for injection unit 170  
 ④ Dimension for injection unit 290  
 ⑤ Dimension for injection unit 400  
 ⑥ Dimension for injection unit 1300  
 ⑦ Dimension for injection unit 2100  
 ⑧ Dimension for injection unit 3200  
 Dimension only valid in conjunction with conveyor belt

Machine model	720 S 3200	720 S 2000	720 S 2000	720 S 2000
<b>Clamping unit</b>				
Clamping force	max. kN 3200	3200	3200	3200
Closing force	max. kN 130	130	130	130
Opening force / increased	max. kN 100 / 600	100 / 600	100 / 600	100 / 600
Opening stroke	max. mm 700	700	700	700
Mould height	min. mm 300 - 700	300 - 700	300 - 700	300 - 700
Daylight	max. mm 1000 - 1400	1000 - 1400	1000 - 1400	1000 - 1400
Distance between tie bars	mm 720 x 720	720 x 720	720 x 720	720 x 720
Platen size (hor. x vert.)	mm 1040 x 1040	1040 x 1040	1040 x 1040	1040 x 1040
Weight of mov. mould half	max. kg 3600	3600	3600	3600
Ejector force	max. kN 100	100	100	100
Ejector stroke	max. mm 250	250	250	250
<b>Control cabinet</b>				
Safety standard according to	DIN EN 60204	DIN EN 60204	DIN EN 60204	DIN EN 60204
Socket combination (1 single phase, 1 three phase)	1 x 16 A	1 x 16 A	1 x 16 A	1 x 16 A
<b>Miscellaneous</b>				
Oil capacity	l 590	590	590	590
Colour: plastic coated, structure light grey / mint green / canary yellow				
<b>Injection unit according to EUROMAP</b>				
Injection unit	70	100	170	200
Screw diameter	mm 18 / 22 / 25	20 / 25 / 30	25 / 30 / 35	30 / 35 / 40
Effective screw length	LD 24.5 / 20 / 17.5	25 / 20 / 16.7	24 / 20 / 17	23.8 / 20 / 17.5
Screw stroke	max. mm 90	100	120	150
Calculated injection volume	max. cm <sup>3</sup> 23 / 24 / 44	31 / 49 / 71	59 / 85 / 115	106 / 144 / 168
Shot weight	max. g 95	217 / 31 / 40	29 / 45 / 65	54 / 77 / 105
Material throughput <sup>1)</sup>	max. kg/h 95	4.1 / 5.5 / 6.5	5.5 / 8 / 9.5	10 / 13.5 / 16
Injection pressure	max. bar 2900 / 2000 / 1550	2900 / 2000 / 1390	2900 / 2000 / 1470	2900 / 2000 / 1530
Injection flow with accumulator	max. cm <sup>3</sup> /s 138 / 208 / 268	172 / 268 / 388	216 / 312 / 424	316 / 430 / 562
Back pressure positive / negative	max. bar 350 / 200	350 / 200	350 / 200	350 / 200
Circumferential screw speed	max. min/min 49 / 60 / 68	34 / 43 / 51	49 / 52 / 60	41 / 48 / 54
Screw torque	max. Nm 90 / 110 / 120	120 / 150 / 180	210 / 250 / 290	320 / 380 / 430
Nozzle contact force	max. kN 50	50	50	50
Nozzle retraction stroke	max. mm 150	180	210	240
Installed cylinder heating power / heating zones	kW 3 / 2.2 / 2	4.5 / 4	5.5 / 4	5.5 / 4
Installed nozzle heating power	kW 0.3	0.6	0.6	0.6
<b>Variable values</b>				
Horizontal injection unit / variant <sup>2)</sup>	100/70 / 100 / 170 / 290 / 400	2100/70 / 100 / 170 / 290 / 400	3200/70 / 100 / 170 / 290 / 400	4200/70 / 100 / 170 / 290 / 400
Drive power of the hydraulic pump <sup>3)</sup>	kW 55	55	55	55
Total connected load <sup>4)</sup>	kW 85 / 86 / 89 / 87 / 90	93 / 94 / 98 / 96 / 99	100 / 101 / 105 / 103 / 106	107 / 108 / 112 / 110 / 113
Net weight	kg 18200 / 18200 / 18370 / 18360 / 18540	18900 / 18900 / 19070 / 19060 / 19240	23700 / 23700 / 23870 / 23860 / 24040	28500 / 28500 / 28670 / 28660 / 28840
Electrical connection	motor A 128	128	145	145
heating A 40 / 52 / 63 / 50 / 63	63 / 63 / 80 / 63 / 80	80 / 80 / 80 / 80 / 80		

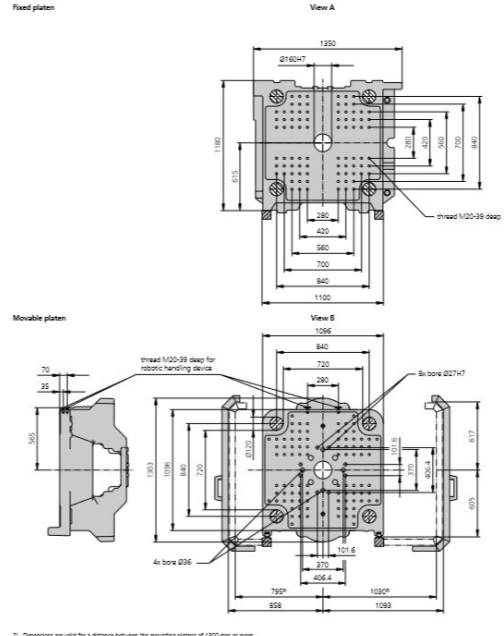
1) Max. discharge volume (cm<sup>3</sup>/s) max. injection pressure (bar)  
 2) Values refer to 400 (100) kg. The load is symmetrically distributed on three phases. The specified value applies to the basic machine.  
 3) Dimensions are positive depending on the chosen nozzle and the material flow.  
 4) The data is based on the hydraulic pump recommended by the machine manufacturer.  
 5) Further injection unit combinations on request.  
 The above specifications reflect the state at the time of printing. In the interest of a continuous development of our products, we reserve the right to modify specifications.

Machine model	720 S 5200	720 S 5200	720 S 5200	720 S 5200
<b>Clamping unit</b>				
Clamping force	max. kN 3200	3200	3200	3200
Closing force	max. kN 130	130	130	130
Opening force / increased	max. kN 100 / 600	100 / 600	100 / 600	100 / 600
Opening stroke	max. mm 700	700	700	700
Mould height	min. mm 300 - 700	300 - 700	300 - 700	300 - 700
Daylight	max. mm 1000 - 1400	1000 - 1400	1000 - 1400	1000 - 1400
Distance between tie bars	mm 720 x 720	720 x 720	720 x 720	720 x 720
Platen size (hor. x vert.)	mm 1040 x 1040	1040 x 1040	1040 x 1040	1040 x 1040
Weight of mov. mould half	max. kg 3600	3600	3600	3600
Ejector force	max. kN 100	100	100	100
Ejector stroke	max. mm 250	250	250	250
<b>Control cabinet</b>				
Safety standard according to	DIN EN 60204	DIN EN 60204	DIN EN 60204	DIN EN 60204
Socket combination (1 single phase, 1 three phase)	1 x 16 A	1 x 16 A	1 x 16 A	1 x 16 A
<b>Miscellaneous</b>				
Oil capacity	l 590	590	590	590
Colour: plastic coated, structure light grey / mint green / canary yellow				
<b>Injection unit according to EUROMAP</b>				
Injection unit	400	1300	2100	2200
Screw diameter	mm 25 / 40 / 45	55 / 60 / 70	60 / 70 / 80	70 / 80 / 90
Effective screw length	LD 23 / 20 / 18	22 / 20 / 17	22 / 20 / 17.5	23 / 20 / 18
Screw stroke	max. mm 160	225	280	320
Calculated injection volume	max. cm <sup>3</sup> 154 / 201 / 254	558 / 664 / 904	792 / 1078 / 1407	1232 / 1628 / 2036
Shot weight	max. g 95	141 / 184 / 232	210 / 267 / 326	323 / 394 / 496
Material throughput <sup>1)</sup>	max. kg/h 95	25 / 29 / 35	86 / 96 / 115	125 / 145 / 175
Injection pressure	max. bar 2900 / 2000 / 1590	2900 / 2000 / 1470	2900 / 2000 / 1530	2900 / 2000 / 1590
Injection flow with accumulator	max. cm <sup>3</sup> /s 482 / 642 / 814	714 / 848 / 1156	1132 / 1540 / 2012	1188 / 1552 / 1964
Back pressure positive / negative	max. bar 350 / 200	350 / 190	350 / 200	350 / 200
Circumferential screw speed	max. min/min 29 / 34 / 38	24 / 27 / 31	26 / 31 / 35	19 / 22 / 24
Screw torque	max. Nm 450 / 550 / 610	1510 / 1640 / 1920	2140 / 2500 / 2550	3140 / 3510 / 3510
Nozzle contact force	max. kN 60	60	110	110
Nozzle retraction stroke	max. mm 300	350	600	600
Installed cylinder heating power / heating zones	kW 6.9 / 4	21.9 / 7	20.3 / 7	27.3 / 7
Installed nozzle heating power	kW 0.6	1	1.1	1.1
<b>Variable values</b>				
Horizontal injection unit / variant <sup>2)</sup>	1000/70 / 100 / 170 / 290 / 400	2100/70 / 100 / 170 / 290 / 400	3200/70 / 100 / 170 / 290 / 400	4200/70 / 100 / 170 / 290 / 400
Drive power of the hydraulic pump <sup>3)</sup>	kW 55	55	55	55
Total connected load <sup>4)</sup>	kW 85 / 86 / 89 / 87 / 90	93 / 94 / 98 / 96 / 99	100 / 101 / 105 / 103 / 106	107 / 108 / 112 / 110 / 113
Net weight	kg 18200 / 18200 / 18370 / 18360 / 18540	18900 / 18900 / 19070 / 19060 / 19240	23700 / 23700 / 23870 / 23860 / 24040	28500 / 28500 / 28670 / 28660 / 28840
Electrical connection	motor A 128	128	145	145
heating A 40 / 52 / 63 / 50 / 63	63 / 63 / 80 / 63 / 80	80 / 80 / 80 / 80 / 80		

1) Max. discharge volume (cm<sup>3</sup>/s) max. injection pressure (bar)  
 2) Values refer to 400 (100) kg. The load is symmetrically distributed on three phases. The specified value applies to the basic machine.  
 3) Dimensions are positive depending on the chosen nozzle and the material flow.  
 4) The data is based on the hydraulic pump recommended by the machine manufacturer.  
 5) Further injection unit combinations on request.  
 The above specifications reflect the state at the time of printing. In the interest of a continuous development of our products, we reserve the right to modify specifications.

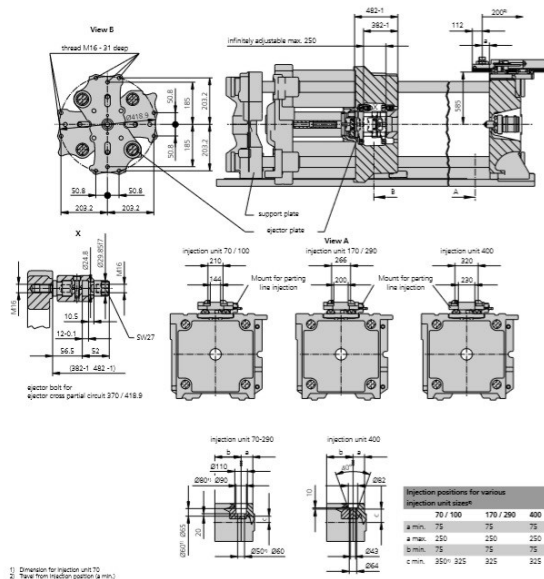


1) Separate dimensions sheet on request.



2) Dimensions are valid for a distance between the mounting plates of 1300 mm or more.

Dimensions for parting line injection on carrier with horizontal clamping unit



- 1) Dimension for injection unit 70
- 2) Value from injection position (a min.)
- 3) In mould clamping position
- 4) Dimension for hydraulic nozzles, see separate dimension sheet (upon request)

Counter bore in the mould required only for short bore.  
 Dimensions for hydraulic nozzles, see separate dimension sheet (upon request)

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

Injection units according to EUROMAP	70	100	170	290
Steel (alloy)	18	22	25	30
Polystyrene	21	21	40	29
Styrene butadiene copolymer	20	21	39	28
Cellulose acetate	24	35	45	32
Cellulose acrylate	22	23	42	30
Poly(methyl) methacrylate	22	24	42	30
Polycarbonate	22	23	42	30
Polysulfone	22	24	44	31
Polyethylene	21	31	40	28
Polypropylene	19	29	37	26
Polyethylene terephthalate	26	39	50	35
Polyethylene oxide	25	27	48	34
Polyethylene glycol	16	24	30	22
Polypropylene	17	25	32	23
Polyoxymethylene	23	50	65	46
Polyvinyl chloride	25	28	49	35
Polyvinylidene fluoride	23	25	45	32

1) average value

Maximum theoretical shot weights for the most important injection moulding materials (in grams)													
Injection units according to EUROMAP		400			1300			2100			3200		
Screw diameter	mm	35	40	45	55	60	70	60	70	80	70	80	90
Polystyrene	PS	141	184	232	510	607	826	723	984	1286	1125	1469	1960
Styrene heteropolymerizates	SB	137	179	227	499	593	807	707	962	1256	1099	1436	1917
	SAN, ABS <sup>1)</sup>	135	176	223	488	581	791	693	943	1231	1077	1407	1781
Cellulose acetate	CA <sup>1)</sup>	158	207	262	574	683	930	814	1108	1447	1266	1654	2096
Celluloseacetobutyrate	CAB <sup>1)</sup>	147	192	243	534	635	865	757	1030	1346	1177	1539	1946
Poly(methyl methacrylate)	PMMA	145	190	240	527	627	854	747	1017	1329	1163	1518	1922
Polyphenylene ether, mod.	PPE	131	171	216	473	563	767	671	914	1194	1044	1364	1726
Polycarbonate	PC	148	193	244	536	638	868	760	1034	1351	1182	1544	1954
Polysulphone	PSU	153	199	252	554	659	897	785	1069	1396	1222	1596	2019
Polyamides	PA 6.6, PA 6 <sup>1)</sup>	140	183	231	507	603	821	719	979	1278	1118	1461	1948
	PA 6.10, PA 11 <sup>1)</sup>	131	171	216	473	563	767	671	914	1194	1044	1364	1726
Polyoximethylene (Polyacetal)	POM	174	227	287	630	749	1020	893	1215	1588	1389	1814	2296
Polyethylene terephthalate	PET	167	219	277	607	723	984	861	1172	1531	1340	1750	2215
Polyethylene	PE-LD	106	139	176	385	458	624	546	744	971	850	1110	1405
	PE-HD	110	143	181	398	473	644	576	784	1025	897	1171	1482
Polypropylene	PP	112	146	185	406	484	658	564	768	1003	877	1146	1450
Fluoropolymerides	FER, PFA, PCTFE <sup>1)</sup>	225	294	372	816	971	1322	1157	1575	2058	1800	2352	2976
	ETFE	196	256	324	712	847	1153	1009	1374	1794	1570	2051	2596
Polyvinyl chloride	PVC-U	170	222	281	616	734	998	874	1190	1554	1360	1776	2247
	PVC-P <sup>1)</sup>	157	205	260	569	678	922	808	1099	1436	1256	1641	2076

1) average value

#### ARBURG GmbH + Co KG

Postfach 11 09 · 72286 Lossburg · Tel.: +49(0)7446 93-0 · Fax: +49(0)7446 93-3365 · 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, USA

For 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