

# Návrh vstřikovací formy pro výrobu ovládní světloometu

Mikel Tomáš

---

Bakalářská práce  
2014

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Mikel**  
Osobní číslo: **T12753**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh vstřikovací formy pro výrobu ovládacího světlometu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Nakreslete 3D model vyráběného dílu
3. Provedte konstrukci sestavy vstřikovací formy
4. Nakreslete 2D výkres sestavy s kusovníkem dílů

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**dle zadání vedoucího BP**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Michal Staněk, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**10. února 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**23. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014



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



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

## 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 12. 5. 2014

*Mikel Tomáš*  
.....

<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 nevydávalečně 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 vzdělávacího zařízení (školní dílo).

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro plastový díl, kterým je ovládací prvek světlometů. V teoretické části je popsán princip vstřikování, konstrukce vstřikovací formy a také rozdělení polymerních materiálů. Úkolem praktické části je konstrukce vstřikovací formy a výkresové dokumentace pomocí programu CATIA V5R19 a normálíí firmy Meusburger.

Klíčová slova: vstřikovací forma, konstrukce, polymer, CATIA V5

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis is focused on the construction of injection mold for plastic part which is the headlamp control. In the theoretical part is described principle of injection technology, design of injecting molding machine and distribution of polymeric materials. The task of the practical part is to design the mold and drawing documentation using the program CATIA V5R19 and standard parts of Meusburger company.

Keywords: injection mold, design, polymer, CATIA V5

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odborné vedení, poskytnuté rady a čas, který mi věnoval při vypracování této práce. Dále bych chtěl také poděkovat Janu Valentinovi z firmy Valendin spol. s.r.o. Jasenná za poskytnuté rady a čas, který mi věnoval.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>12</b>
1.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	12
1.2 PLASTY POUŽÍVANÉ PRO VSTŘIKOVÁNÍ .....	13
1.2.1 Termoplasty.....	13
1.2.2 Reaktoplasty .....	13
1.2.3 Elastomery.....	14
<b>2 VSTŘIKOVACÍ STROJ</b> .....	<b>15</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA .....	16
2.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	16
2.3 OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....	17
<b>3 VSTŘIKOVACÍ FORMA</b> .....	<b>19</b>
3.1 KONSTRUKCE FORMY .....	19
3.1.1 Postup při konstrukci formy.....	19
3.1.2 Smrštění.....	20
3.2 VTOKOVÉ SYSTÉMY .....	21
3.3 STUDENÝ VTOKOVÝ SYSTÉM.....	21
3.3.1 Vtokový kanál .....	22
3.3.2 Rozváděcí kanál .....	23
3.3.3 Vtokové ústí .....	24
3.3.4 Základní typy vtokových ústí.....	25
3.4 VYHŘÍVANÝ VTOKOVÝ SYSTÉM .....	27
3.4.1 Vyhřívané trysky .....	27
3.4.2 Vyhřívané rozvodné bloky .....	28
3.5 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY.....	29
3.5.1 Mechanický vyhazovací systém.....	30
3.5.2 Pneumatický vyhazovací systém.....	32
3.6 TEMPERAČNÍ SYSTÉM FOREM .....	33
3.7 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM .....	34
3.8 MATERIÁLY FOREM.....	35
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>36</b>
<b>4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALARSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>37</b>
<b>5 POUČITÉ APLIKACE</b> .....	<b>38</b>
5.1 CATIA V5R19 .....	38
5.2 MEUSBURGER CATALOG.....	38
5.3 AUTODESK MOLDFLOW INSIGHT 2014.....	38
<b>6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK</b> .....	<b>39</b>
<b>7 VSTŘIKOVACÍ STROJ</b> .....	<b>40</b>
<b>8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY</b> .....	<b>41</b>



8.1	DĚLÍCÍ ROVINA .....	42
8.2	NÁSOBNOST FORMY .....	43
8.3	RÁM FORMY .....	43
8.4	TVÁRNÍK A TVÁRNICE .....	44
8.5	VTOKOVÝ SYSTÉM .....	45
8.6	VYHAZOVACÍ SYSTÉM .....	46
8.7	TEMPERAČNÍ SYSTÉM .....	48
8.8	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY .....	49
8.9	TRANSPORTNÍ SYSTÉM FORMY .....	50
	<b>DISKUZE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>51</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>52</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>53</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>55</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>58</b>

## ÚVOD

V druhé polovině 19. století byl objeven první plast, ale k masovému rozšíření polymerů došlo až po druhé světové válce. Plastická hmota pozvolna nahrazovala slonovinu, hedvábní, sklo, dřevo kov atd. V dnešní době plasty zaujímají nezastupitelné místo jako moderní technický materiál. Především díky dobrým fyzikálním, chemickým a mechanickým vlastnostem, nízkou cenou a snadnému zpracování. Dále můžeme z plastu vyrábět velmi složité tvarové dílce, které jiným způsobem nejdou vyrobit. Plasty mají mnoho způsobů zpracování jako vytlačování, lisování, válcování a vstřikování, které je nejpoužívanější. Základní princip vstřikování je naplnění dutiny formy, která je negativem výrobku, polymerní taveninou. Tavenina v dutině formy ztuhne a vyhazovače z formy vyhodí výstřík.

Teoretická část této bakalářské práce se věnuje popisu technologie vstřikování. V první části je popsán vstřikovací cyklus a rozdělení polymerních materiálů na termoplasty, reaktoplasty a elastomery. Druhá část podrobně popisuje vstřikovacího stroje s jeho vstřikovací a uzavírací jednotkou, dále ovládání a řízení vstřikovacího stroje. Třetí část je zaměřena na konstrukci vstřikovací formy.

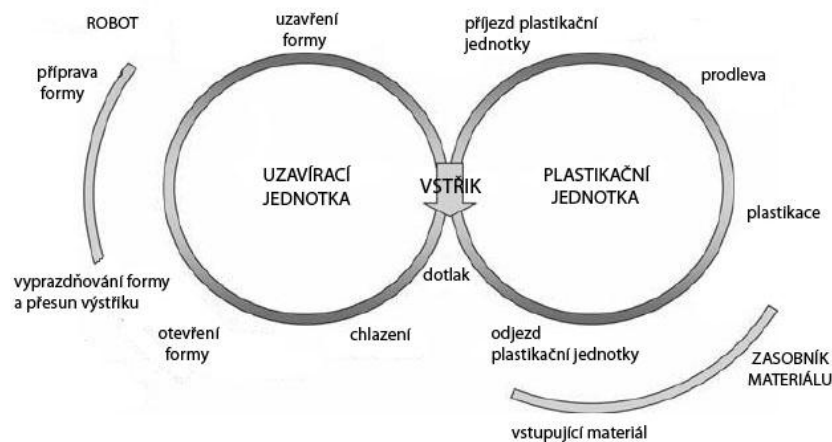
## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikováním se vyrábějí takové výrobky, které mají buď charakter konečného výrobku a nebo jsou polotovary nebo díly pro další zkompletování samostatného celku. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, je to proces diskontinuální, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstříkují i některé reaktoplasty a kaučuky. [5]

Vstřikování plastů je poměrně složitý tepelně-mechanický proces tváření polymerních materiálů, při kterém zplastikovaný materiál se vstříkuje vysokou rychlostí do uzavřené dutiny formy, která je temperovaná. Materiál se plastikuje v plastikační jednotce, která je součástí vstřikovacího stroje. Plastikaci probíhá převedením materiálu do plastického stavu, zpravidla účinkem tepla. [1,4]

## 1.1 Vstřikovací cyklus



Obr. 1 Vstřikovací cyklus [10]

Vstřikovací cyklus, zahrnuje dvě oblasti; jedna se vztahuje k plastikační jednotce, druhá k formě. Forma se uzavírá uzavírací jednotkou. K uzavřené formě se přisune vstřikovací jednotka, ze které se vstříkne zplastikovaný materiál do dutiny formy. Doba po kterou se plní dutina formy se nazývá doba plnění. Po zaplnění dutiny formy působí se na materiál dále dotlakem, který označujeme jako dotlak (bývá stejný nebo nižší než vstřikovací tlak). Dotlak má za účel částečně vyrovnat vliv smrštění a zabránit unikání materiálu z dutiny formy. Doba dotlaku je omezena zatuhnutím materiálu ve vtokovém systému. [4]

## 1.2 Plasty používané pro vstřikování

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

S rostoucí střední molární hmotností polymeru rostou jeho mechanické vlastnosti a zároveň se zvyšuje viskozita jeho taveniny při dané teplotě, tj. zhoršuje se jeho tekutost a tedy i zpracovatelnost. [3]

### 1.2.1 Termoplasty

Jedná se o polymerní materiály, které při zahřívání přecházejí do plastického stavu, do stavu vysoce viskózních newtonovských kapalin, kde je lze snadno tvářet a zpracovávat různými technologiemi. Do tuhého stavu přejdou ochlazením pod teplotu tání  $T_m$  (semikrystalické plasty), resp. teplotu viskózního toku  $T_f$  (amorfní plasty). Protože při zahřívání nedochází ke změnám chemické struktury, lze proces měknutí a následného tuhnutí opakovat teoreticky bez omezení. Jedná se pouze o fyzikální proces. K termoplastům patří většina zpracovávaných plastů, jako je polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polyamid (PA), atd. [5]

### 1.2.2 Reaktoplasty

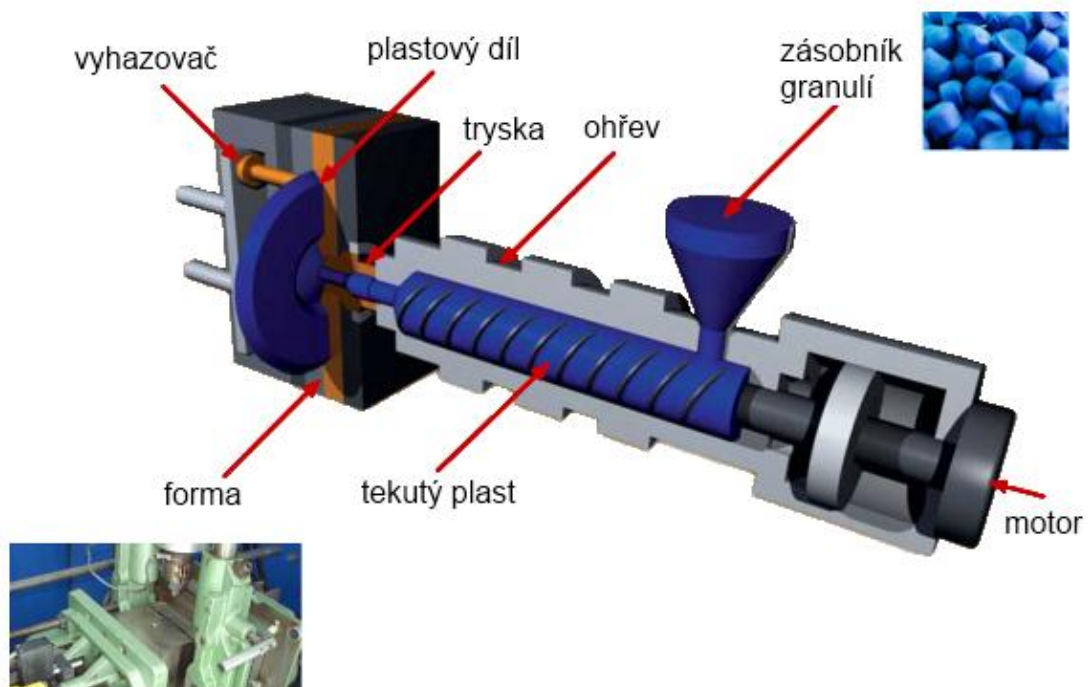
Jedná se o polymerní materiály, dříve nazývané termosety, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, k tzv. *vytvrzování*. Výrobek je možno považovat za jednu velkou makromolekulu. Ochlazování reaktoplastů probíhá mimo nástroj, neboť zajištění rychlého ohřevu formy pro vytvrzení a následné rychlé ochlazení materiálu by bylo obtížné. Tento děj je nevratný a vytvrzené plasty nelze roztavit ani rozpustit, dalším zahříváním dojde k rozkladu hmoty (degradaci). Patří sem fenolformaldehydové hmoty, epoxidové pryskyřice, polyesterové hmoty, apod. [5]

### 1.2.3 Elastomery

Jedná se o polymerní materiály, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, probíhá tzv. vulkanizace. U elastomerů na bázi termoplastů nedochází ke změnám chemické struktury, proces měknutí a následného tuhnutí lze opakovat teoreticky bez omezení, probíhá zde pouze fyzikální děj. [5]

## 2 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací proces probíhá na moderních strojích většinou plně automaticky, takže se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena strojního zařízení i vstřikovací formy je však značně vysoká. Technologie je proto vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Vstřikovací stroj se skládá ze vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky a z řízení a regulace. Každý výrobce vstřikovacích strojů je schopen vybavit vstřikovací stroj tak, aby plnil funkci částečně nebo plně automatizovaného pracoviště, tj. dovybavit stroj manipulátory, roboty, temperačním zařízením, atd. [5]



Obr. 2 Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou vstřikovací jednotkou [14]

V současnosti jsou nejrozšířenější elektrické stroje, které nahradili dříve hojně používané hydraulické a hydraulicko – mechanické stroje, s různým stavebnicovým uspořádáním elektrického řízení.

Vstřikovací stroj pro přesné výstřiky vyžaduje aby:

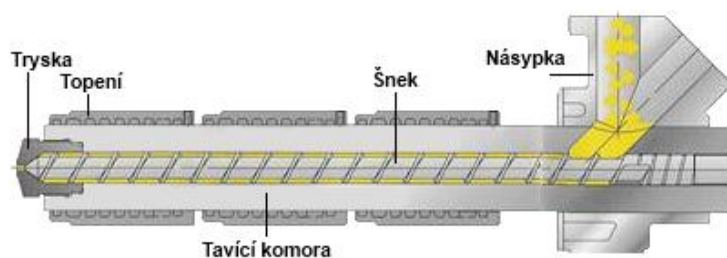
- aby byl tuhý a pevný při vstřiku upínací deska,
- měl konstantní tlak, rychlost, teplotu, ostatní parametry a jejich časování,
- měl reprodukovatelnost technologických parametrů. [1,5]

## 2.1 Vstřikovací jednotka

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

Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracováváný plast z násypky pohybem šneku. Plast je posouván šnekem s možnou změnou otáček přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Postupně se plastikuje, homogenizuje a hromadí před šnekem. Současně je šnek odtlačován do zadní polohy.

Topení tavné komory je nejčastěji rozděleno do tří pásem (vstupní, střední a pásmo u trysky). Tryska má zvláštní samostatné topení. Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. Jejich sousost, menší průměr otvoru a menší poloměr trysky než je u sedla vtokové vložky jsou podmínkou správné funkce.



Obr. 3 Řez vstřikovací jednotkou [5]

Vstřikovací trysky mohou být otevřené nebo uzavíratelné. Otevřené pro vstřikování taveniny s větší viskozitou, uzavíratelné zamezují samovolnému vytékání materiálu při plastikaci a k otevření trysky dochází otevřením jehlového uzávěru při dosednutí trysky do sedla vtokové vložky. [1]

## 2.2 Uzavírací jednotka

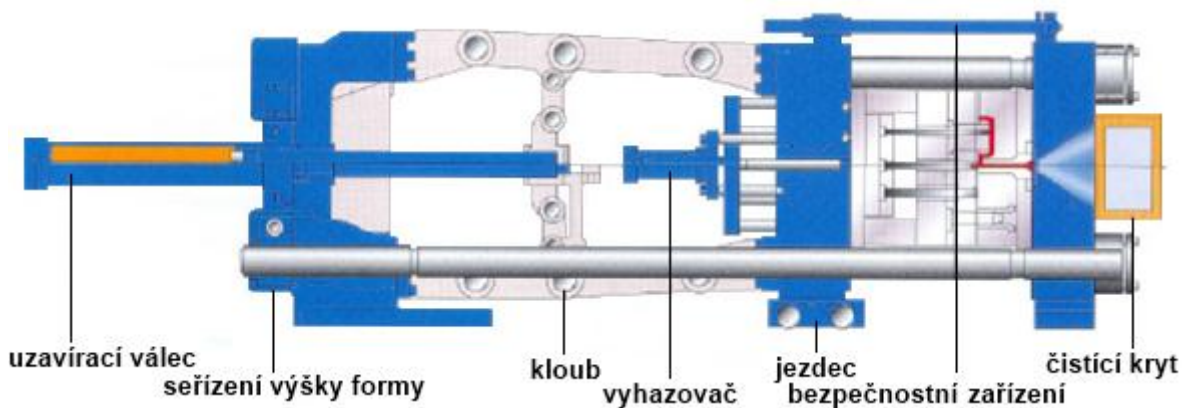
Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině.



Hlavní části uzavírací jednotky jsou:

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

Uzavírající mechanismus vstřikovací formy má nejrůznější provedení např. hydraulické, mechanické, kombinace hydraulického a mechanického způsobu a elektrické systémy. Nejčastější uspořádání u vstřikovacích strojů je horizontální poloha vstřikovací i uzavírací jednotky, tedy vstřikování kolmo na dělicí rovinu formy. [1,5]



Obr. 4 Řez uzavírací jednotkou [5]

### 2.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Stálá reproductivnost technologických parametrů je význačným a nutným faktorem.

Novější koncepce vstřikovacích strojů se bez výkonné procesorové techniky v současnosti neobejde. Používají se nejrůznější grafické formy řízení pracovního cyklu na displeji se selektivním přístupem k jednotlivým parametrům stroje.

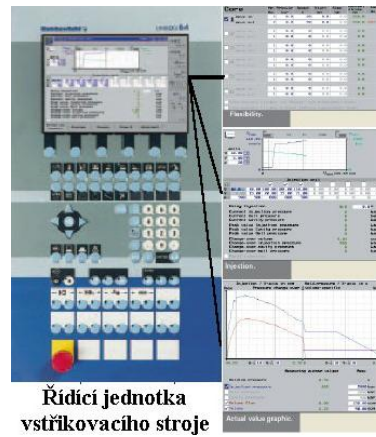
Konceptně je takové seřízení rozděleno na:

- graf vstřikovacího procesu,
- definice a nastavení paramerů,
- kontrola procesu.

Nastavení stroje je řídicím systémem také kontrolováno (zpětná vazba). Na přesnosti a jakosti výstřiků má řízení stroje rozhodující vliv tím, že určuje a dodržuje přesnost nastavení.

vení výše a doby vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiku. Nastavením doby vstřiku a teploty taveniny, její homogenizaci jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiků.

Vedle stroje a plastu ovlivňuje tyto hodnoty i forma, její teplota a doba chlazení. [1]



Obr. 5 Řídicí jednotka vstřikovacího stroje [5]

### 3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Forma je nástroj, který se upíná na vstřikovací stroj. V průběhu vstřikovacího cyklu je naplněna roztaveným plastem. Po ochlazení je zhotoven s požadovaným tvarem a funkčními vlastnostmi. Forma během své životnosti musí splňovat tyto požadavky:

- odolávat vůči vysokým tlakům,
- zajistit požadovaný rozměr a kvalitu výstřiku,
- snadné vyjmutí výstřiku,
- snadná obsluha a automatický provoz,
- snadná a rychlá výroba,
- vysoké využití zpracovaného plastu.

Vstřikovací formy jsou konstrukčně velmi rozmanité a lze rozdělit do následujících skupin:

- podle násobnosti na jednonásobné a vícenásobné,
- podle způsobu zaformátování a konstrukční řešení na dvoudeskové, třidedkové, etážové, čelistové, vytáček apod.,
- podle konstrukce vstřikovacího stroje na formy se vstřikem kolmo na dělicí rovinu a na formy se vstřikem do dělicí roviny.

Vstřikovací forma se skládá z mnoha dílů. Jednotlivé díly lze rozdělit do několika kategorií. Jsou to díly:

- vymežující tvarovou dutinu,
- vtokového systému,
- upínací a vodící elementy. [6]

#### 3.1 Konstrukce formy

##### 3.1.1 Postup při konstrukci formy

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

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek. Nezanedbat ani úpravu ostrých hran a rohů, které vyvolávají velké pnutí a obtížné plnění dutiny,
- určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformátování s ohledem na funkci a vzhled,

- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Volba vtokové typu vtokového systému, velikost průřezů, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálku i ústí vtoku,
- stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvodu vzdušné dutiny formy,
- návrh rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperace formy,
- zkontrolování funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, jeho průměrnou plochu, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na doporučený stroj,
- nakonec je vhodné s objednavatelem návrh formy konzultovat. [1]

### 3.1.2 Smrštění

Smrštění je fenomén, který se vyskytuje u všech plastů. Při vstřikování kteréhokoliv termoplastu amorfního (např. PS, SAN, PMMA, PC,...) nebo částečně krystalického (např. PP, LDPE, HDPE, PA, PET,...) platí, že rozměry výstřiku po jeho vyhození z formy jsou rozdílné od rozměrů měřených po nějaké době od jeho výroby. Uvedené rozměrové změny jsou velmi často přičítány smrštění nebo deformaci. Zde je však nutné rozlišovat, protože mezi oběma pojmy je podstatný rozdíl, a navíc deformace může být a velmi často je důsledkem smrštění:

*Smrštění* – objemová změna při tuhnutí polymerních tavenin, jejíž základní příčinou je stlačitelnost, tepelná rozpínavost a kontrakce plastů, u částečně krystalických plastů ještě přistupují krystalizační změny.

*Deformace* – změna tvaru při zachování konstantního objemu výstřiku.

Samozřejmým a základním požadavkem všech uživatelů výstřiků z termoplastů je, že vyrobený díl musí mít požadované rozměry, definované jmenovitou hodnotou a tolerancemi, jak rozměrovými, tak i tolerancemi tvaru a polohy. Tvarová dutina formy tedy musí být o příslušné smrštění v daném místě větší. Takto jednoduše definovaný požadavek je ale v praxi velmi obtížné realizovat. Důvodem je, že na výsledné smrštění působí velké množství ovlivňujících parametrů, přičemž mezi základní je možné počítat:

- procesní parametry výroby – tlaky, teploty, časy,
- typ a vlastnosti zpracovaného termoplastu – amorfní, částečně krystalické materiály, plněné, neplněné plasty, druh a obsah plniva,

- konstrukce výstřiku, resp. Formy – zejména tloušťka stěn výstřiku, tvary ovlivňující smrštění apod. [3]

### 3.2 Vtokové systémy

Vtokový systém zajišťuje dopravu taveniny ze vstřikovacího stroje do dutina formy. V zásadě se vtokové systémy dělí na studené a horké.

### 3.3 Studený vtokový systém

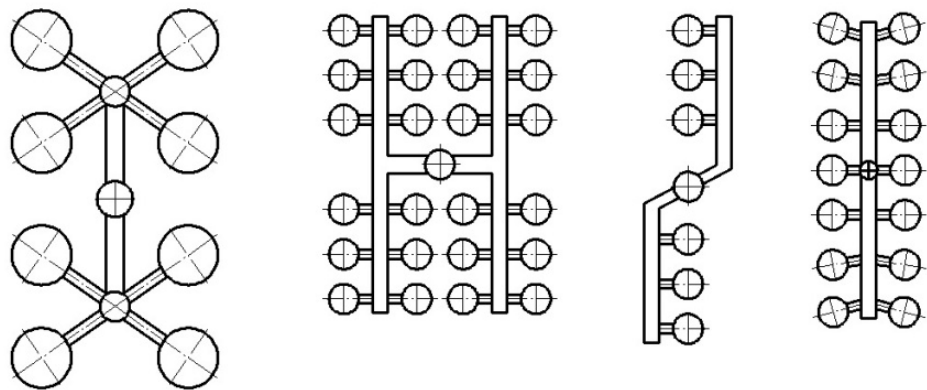
Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu do vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují:

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

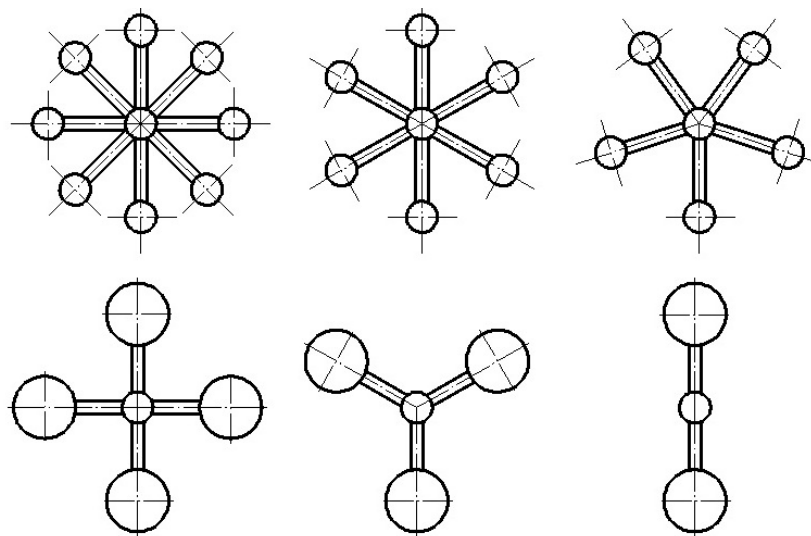
Zásadní rozdíly v celkovém uspořádání vtokového systému jsou dány především konstrukcí formy a její násobností. U vícenásobných forem má tavenina dorazit ke všem ústím vtoku za stejného tlaku a současně (vyvážené vtoky). Při volbě určitého vtokového systému se vychází z toho, že tavenina se vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnějším povrchu prudce roste, nejnižší je uprostřed. Vysoká viskozita vyžaduje vysoké tlaky v systému (40-200 MPa).

Typy uspořádání vtokové soustavy u vícenásobných forem:

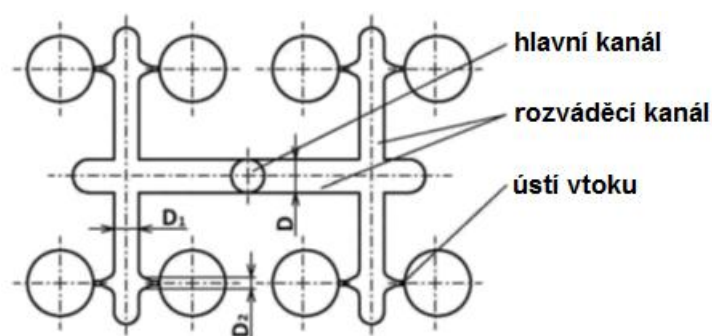
- řadové uspořádání,
- symetrické uspořádání. [1,6]



Obr. 6 Řadové uspořádání vtokové soustavy vícenásobných forem [6]



Obr. 7 Symetrické uspořádání vtokové soustavy vícenásobných forem [6]



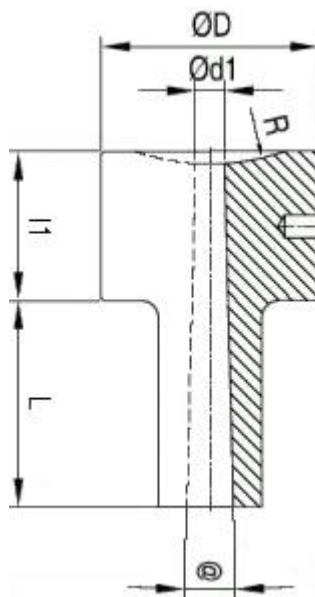
Obr. 8 Odstupňovaný průřez vtoku – stejná rychlost taveniny [1]

### 3.3.1 Vtokový kanál

Vtokový kanál navazující na vtokovou vložku vstřikovacího stroje se konstruuje jako kuželový s rozšířeným ústím do rozváděcího kanálku nebo přímo do výstřiku. Vtoková část

bývá o 0,5 až 1 mm větší než průměr trysky. Jeho velikost se určuje empiricky podle hmotnosti výstřiku. Kužel má úkos  $1,5^\circ$ .

Vtoková vložka s vypracovaným vtokovým kanálem se vyrábí z pevné, houževnaté oteřuvzdorné oceli a je tepelně zpracovaná (tvrdost 58 HRC). Je velmi tepelně a mechanicky namáhaná a proto se jí věnuje velká péče při výběru vhodného materiálu (19435, 19581, 19572,...),[1,6]

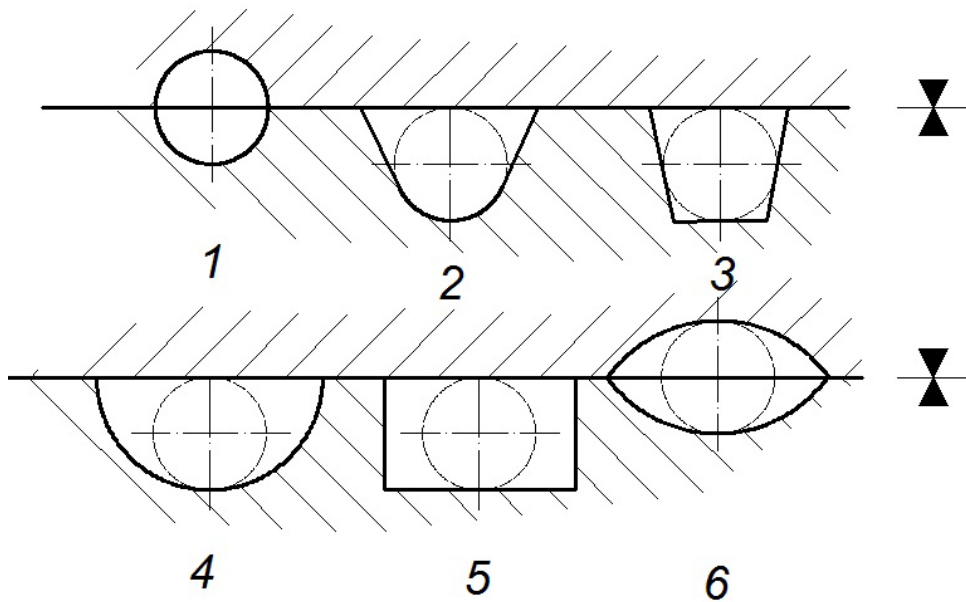


Obr. 9 Řez vtokovou vložkou [11]

### 3.3.2 Rozváděcí kanál

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

Rozváděcí kanály spojují vtokový kanál s ústím vtoku a tvářecí dutinou. Jejich délka je dána typem formy. Při stanovení průřezů rozváděcího kanálu se dává přednost kruhovému, který má maximální poměr objemu k ploše, což minimalizuje tlakové a tepelné ztráty, nicméně náklady na obrábění jsou u tohoto typu vyšší, protože obě poloviny formy musí být přesně půlkruhově obrobeny tak, aby po uzavření na sebe dosedli a vznikl tak kruhový kanál. Druhý často používaný profil je lichoběžníkový, který zabezpečí nejmenší teplotní i tlakové ztráty a nižší hodnoty průtokového odporu. Všeobecně platí, že nejmenší průměr rozváděcího (i vtokového) kanálu nemá překročit 1,54 násobek největší tloušťky stěny výstřiku. [1,8]

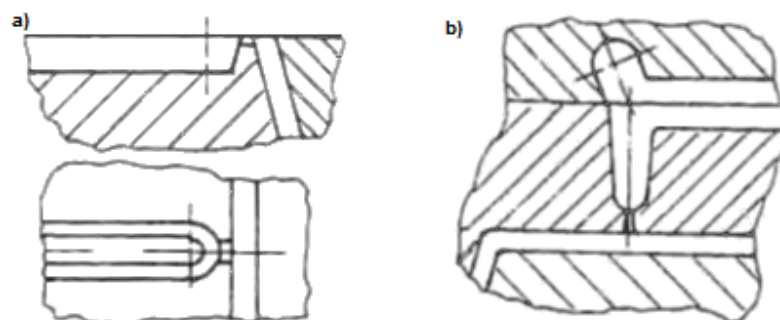


Obr. 10 Průřezy vtokových kanálů (1, 6 – výrobně nevýhodné; 2, 3, 4, 5 – výrobně výhodné) [1]

### 3.3.3 Vtokové ústí

Vtokové ústí je zúžená část rozváděcího kanálu. Jen ve výjimečných případech jako je potlačení např. propadů se může použít plně nezúžený vtok. Zúžením se zvýší teplota taveniny před vstupem do formy. Jeho velikost musí být co nejmenší kvůli znečištění vtoku, ale také musí zajistit spolehlivé naplnění dutiny formy.

Tvar ústí bývá kruhový pro rotační díly nebo štěrbinový pro ploché výstřiky. Jeho parametry se volí podle objemu výstřiku.



Obr. 11 Ústí vtoku

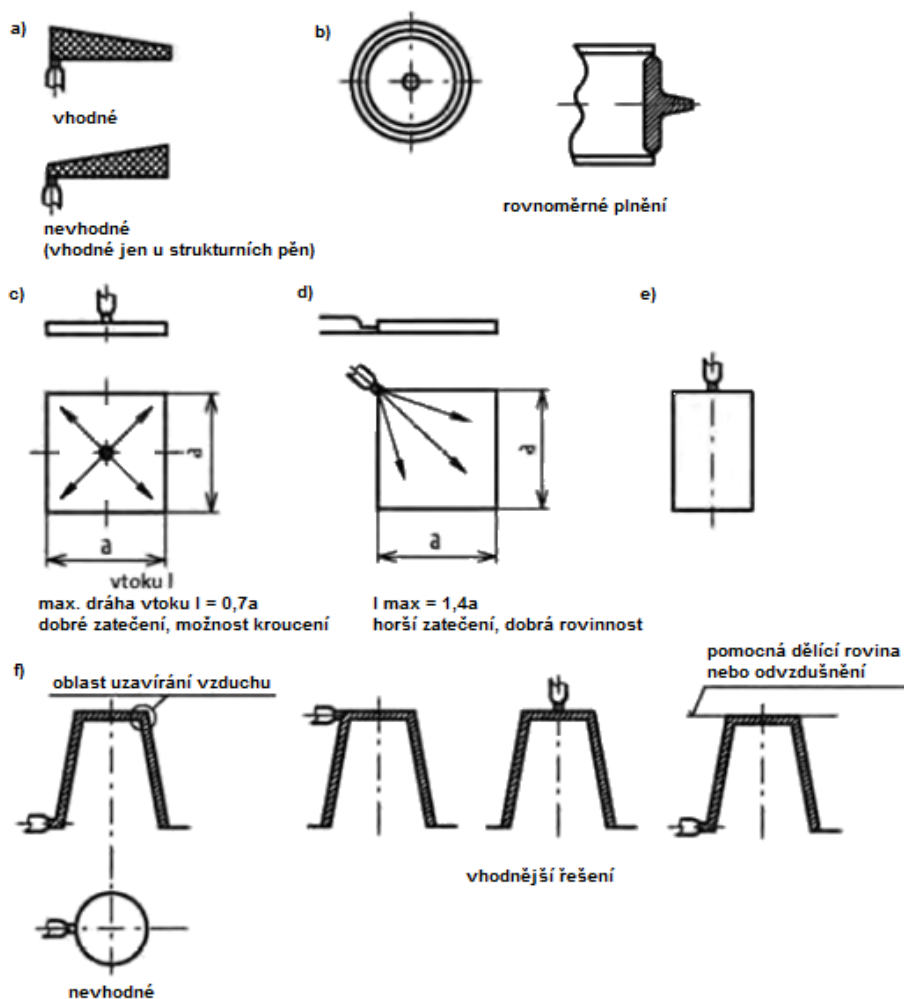
a) štěrbinové, b) kruhové [6]

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



Umíst'uje se:

- do nejtlustšího místa stěny výstřiku (tavenina má téct vždy z většího místa do menšího),
- do geometrického středu dutiny (aby tavenina zatekla do všech míst rovnoměrně),
- ve směru orientace žeber,
- mimo více namáhaných nebo opticky činných ploch,
- u obdélníkových tvarů ve směru delší strany, tak aby únik vzduchu z dutiny, [6]



Obr. 12 Umístění vtokového ústí [6]

### 3.3.4 Základní typy vtokových ústí

#### *Kuželový vtok*

Přivádí taveninu do dutiny vtoku bez zúžení vtokového ústí. Používá se převážně u jednonásobných forem pro symetrické tlustostěnné výstřiky. Je výhodný zejména kvůli vyso-

ké účinnosti dotlaku. Nevýhodou tohoto vtoku je, že vždy zanechává stopu a jeho odstranění je velmi pracné. [6]

### ***Bodový vtok***

Je nejvýznamnější typ zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, který leží mimo nebo i v dělicí rovině. Může vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo z rozváděcích kanálů. Vyžaduje systém třídeskových forem. U tohoto typu musí být zajištěno, aby nejprve došlo k odtržení vtokového ústí a teprve potom k otevření formy v dělicí rovině s tvarovou dutinou. Nedoporučuje se používat u méně tekutých plastů a plněných plastů pro větší výstřiky. [1]

### ***Tunelový vtok***

Je to zvláštní případ bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výstřík. Umístění může být v pevné i pohyblivé části formy. Není pro nutné konstruovat formu s více dělicími rovinami.

Předpokladem dobré funkce tunelových vtoků je existence ostré hrany, která odděluje při odformování vtokový zbytek od výstříku. Oproti bodovému vtoku je mnohem náročnější na výrobu. [1]

### ***Boční vtok***

Jedná se o typ se zúženým vtokovým ústím, který leží v dělicí rovině. Průřez bývá obdelníkový, ale může být i jiný (kruhový, lichoběžníkový). Je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Při odformování zůstává zpravidla výstřík od vtokového zbytku neoddělený. Při automatickém cyklu se řeší jeho oddělování zvláštním odřezávacím zařízením, které je součástí formy. [1]

### ***Filmový vtok***

Je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. K nim se ještě řadí vtoky diskové, prstencovité, deštníkové a další. Rozvádění taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu. To se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu. [1]

### 3.4 Vyhříváný vtokový systém

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhříváných vtokových soustav (VVS). Dříve než se došlo k současným typům VVS, předcházela jim řada jednodušších systémů, které se postupně zdokonalovaly. Nejprve se zesílenými vtoky, izolovanými vtokovými soustavami s předkomůrkami apod. Dnešní vyhříváné vtokové soustavy mají vyhříváné trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. To umožnila především výroba vysokovýkonných a minimálních topných těles a některých dalších jejich dílů.

Dnešní typy VVS se nakupují od specializovaných výrobců. Jejich konstrukční provedení i rozsah jejich použití jsou rozdílné.

Výhody:

- umožňuje automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus,
- snižuje spotřebu plastu- vstřikuje se bez vtokových zbytků,
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků,
- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování.

Nevýhody:

- podstatně technologicky složitější,
- vyšší cena formy, strojního zařízení a odborný personál,
- energetická náročnost (regulátory, snímače). [1]

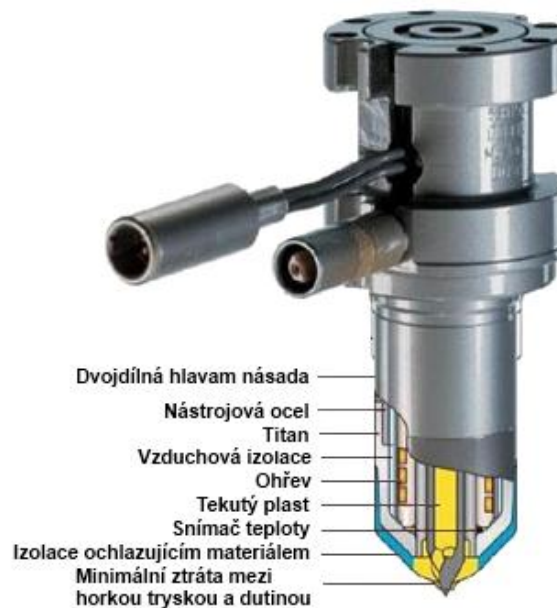
#### 3.4.1 Vyhříváné trysky

Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Konstrukční provedení přímo ohříváných trysek je charakterizováno dvěma základními principy:

- trysky s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je z tepelně vodivého materiálu. Z vnějšku je kolem tělesa trysky umístěno topení,
- trysky s vnitřním topením, kde tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložkou, zhotovenou také z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí.

Oba typy trysek jsou konstrukčně upraveny tak, že ústí je:

- otevřené pro plast, který netáhne vlas (PE),
- se špičkou (s hrotem) pro plast náchylný k tažení vlasu (PS, ABS, PP),
- s uzavírací jehlou,
- speciálně tvarované. [1]



Obr. 13 Řez vyhřívanou tryskou [9]

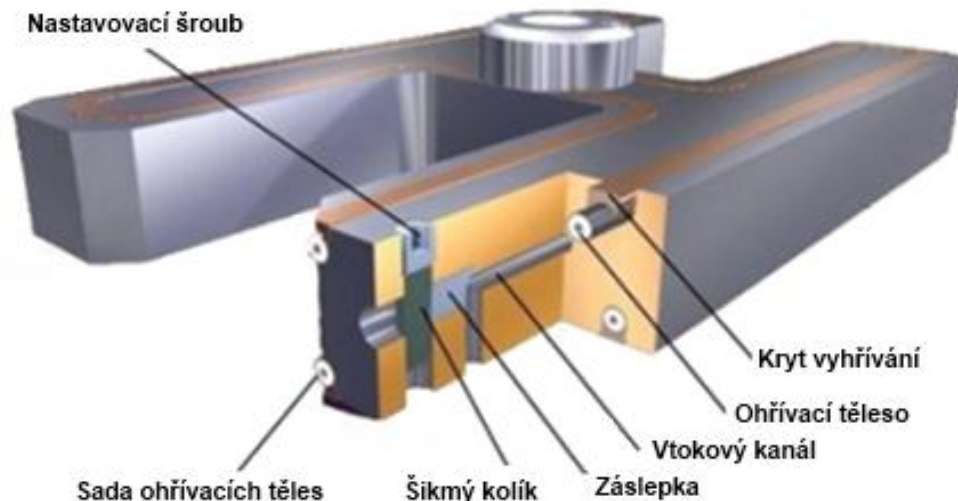
### 3.4.2 Vyhřívané rozvodné bloky

Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce je podmíněna rovnoměrným vytápěním. V opačném případě ovlivní vtokové chování taveniny a její tlakové rozložení v jednotlivých tvarových dutinách. Rozváděcí blok je ocelový, uložen mezi upínací a tvarovou desku v pevné části formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i k uložení trysek. Vyrábí se ve tvaru I, H, X, Y, hvězdice apod. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou. Otvory kanálů pro proudící taveninu musí být pečlivě provedeny, protože nikde nesmí vzniknout ostré hrany a přechody s mrtvými kouty taveniny.

Pro zvýšení tuhosti formy je rozvodný blok ve formě upevněn pomocí přitlačných kroužků. Je ustředěn a zajištěn proti pootočení vzhledem k tvárnici a jeho vyústění přes trysky

do dutiny formy. Instalovaný výkon ohřevu rozvodného bloku musí být takový, aby se dosáhlo:

- rychlého ohřevu
- dostatečné teploty pro optimální tok taveniny v bloku i případně v trysce
- eliminace tepelných ztrát (vodivost, prostupem, vyzařováním). To tím způsobem, že se minimalizuje plocha pro přestup tepla, izolace bloku a lesklé opracování [1]



Obr. 14 Řez vyhříváním rozvodným blokem [9]

### 3.5 Vyhazovací systémy

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny formy nebo tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí výstřik. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svoji funkci zajišťuje automatický výrobní cyklus.

Pracuje ve dvou fázích:

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

Pro správnou činnost vyhazovacího systému je třeba, aby měl výstřik hladký povrch a stěny měly úkos minimálně  $0^{\circ}50'$ . Vyhazovací systém musí výstřik vysunout rovnoměrně, aby se zamezilo přičení výstřiku a tím vzniku trvalých deformací nebo dokonce k poškození. Tvar, rozložení a umístění vyhazovačů je velmi rozmanitý a záleží na tvaru výstřiku. V některých případech lze vyhazovače použít i k výrobě funkčních dutin nebo jeho části tvárníku.

Ve většině případů zanechávají vyhazovače stopu po výstřiku. V takových případech, pokud je tato stopa na závadu, se výstřik buď dodatečně opraví nebo se vyhazovače umístí na stranu, kde stopa po jejich činnosti nebude vadit.

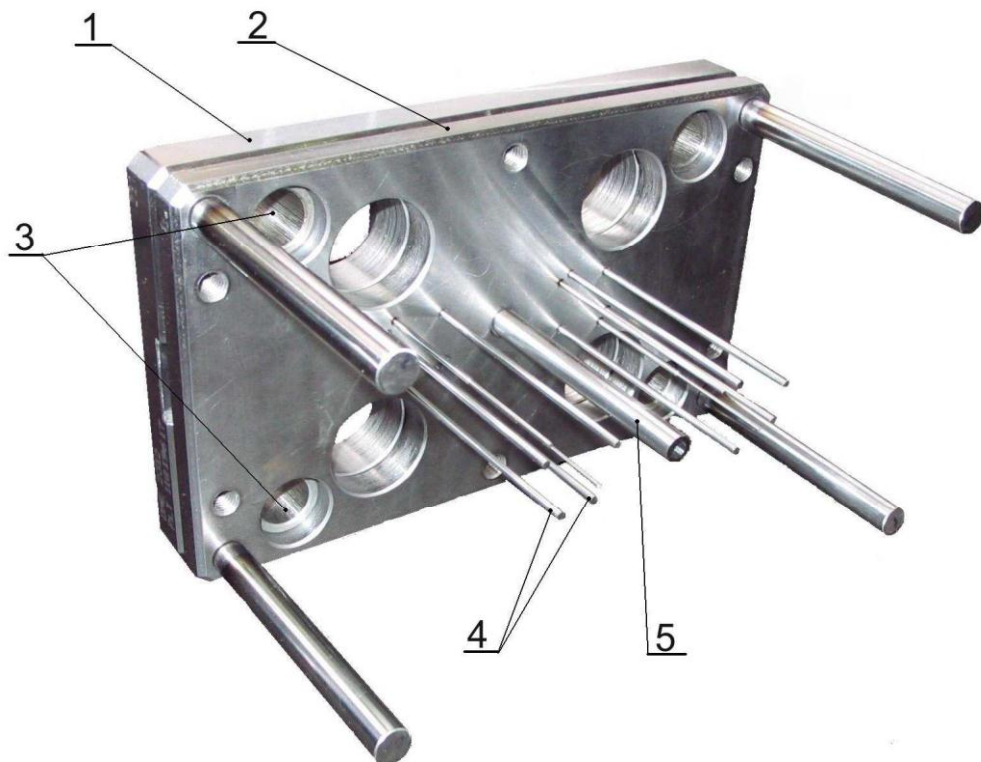
Kromě vyhazování výstřiků se vyhazují také vtokové zbytky. V některých případech uspořádání je dokonce možné oddělit vtokový zbytek od výstřiku. [6,2]

### 3.5.1 Mechanický vyhazovací systém

Je nejrozšířenější vyhazovací systém. Používá se všude tam, kde je to možné. Jeho konstrukce má různá provedení, která představují:

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

Ve zvláštních případech, kdy je výstřik mělký, se vyhazovačů nemusí používat. Postačí jen vyhození vtokového zbytku, se kterým je výstřik spojen. [2]



Obr. 15 Vyhazovací systém formy: 1 - opěrná deska, 2 - kotevní deska, 3 - vodící pouzdra, 4 - válcové vyhazovače, 5 - trubkový vyhazovač [7]

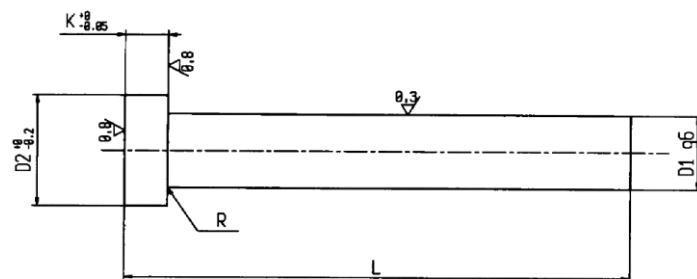
### Vyhazovací kolíky

Jsou nejčastější a nejlevnější způsobem vyhazování výstřiků. Uvedený systém lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Je výrobně jednoduchý a funkčně zaručený.

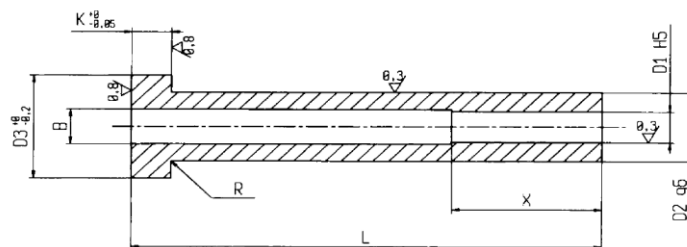
Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit. Jinak by mohla nastat jeho trvalá deformace. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy. Proto není vhodné je umístit na vzhledných plochách. Pokud je vyhazování vybaveno větším množstvím vyhazovacích kolíků, obtížněji se u formy zhoršují temperační kanály.

Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem mechanického vyhazování. Mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Jsou obvykle válcovité. Mohou však mít jakýkoliv jiný tvar. Ve formě jsou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6 podle požadované funkce a tekutosti plastu. [2]

a)



b)



Obr. 16 Vyhazovací kolíky: a) válcový vyhazovač, b) trubkový vyhazovač [12]

### *Stírací deska*

Tento způsob vyhazování funguje na principu stírání výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Tento způsob vyhazování je vhodný u výstřiků, na kterých by stopa po vyhazovači vadila. Díky velké stykové ploše stopu nezanechá. Velká styková plocha způsobuje také minimální deformace výstřiku. Používá se zejména u tenkostěnných výstřiků, kde by hrozila velká deformace díky vyhazovači a tam, kde vyžadujeme velkou vyhazovací sílu. Jediné omezení pro použití je, aby výstřik na stírací desku dosedal v rovině případně v mírně zakřivené ploše. Speciálním případem je trubkový vyhazovač. Pohyb stírací desky může být vyvozen tlakem vyhazovacího systému nebo může být vázán na pohyb pevné desky při otevírání formy. [6]

### *Šikmé vyhazování*

Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou uloženy k ní pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Při vyhazování výstřiku se zápichem, vyhazovače svým šikmým pohybem uvolňují zvětšenou, případně zmenšenou část výstřiku při jeho současném vyhození. Zápich může být vytvořen přímo na vyhazovači, nebo s šikmo uloženými kolíky jsou pevně spojeny čelisti, se kterými plní obdobnou funkci. [2]

### *Dvoustupňové vyhazování*

Vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se vzájemně ovlivňují. Způsob umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. Proto se s výhodou používá například k vyhazování slabostěnných výstřiků v kombinaci - stírání s vyhazovacími kolíky, při šikmém vyhazování výstřiků se zápichem. [2]

## **3.5.2 Pneumatický vyhazovací systém**

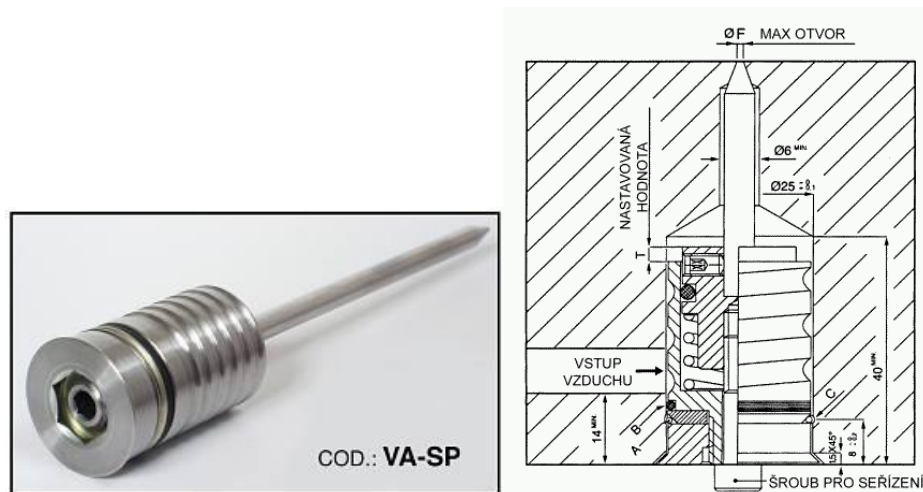
Vzduchový systém vyhazování je nejvhodnější pro tenkostěnné výstřiky větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování odvzdušnit, aby se nedeformovaly. Běžné mechanické vyhazování používané u větších výstřiků vyžaduje velký zdvih vyhazovače a tím také větší délku formy.

Pneumatické vyhazování přivádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím je dosaženo rovnoměrného oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se tím místní přetížení a nevzniknou stopy po vyhazovačích. Použití tohoto způsobu je omezeno pouze na některé tvary výstřiků.



Přívod vzduchu do formy je přes ventily a to talířové, jehlové nebo různé kolíky. Otevření ventilu je řízeno tlakem a zavření pomocí pružiny. Pro automatické formy je třeba volit dva nezávislé systémy tak, aby oba dokázali zabezpečit vyhození výstřiku. Používá se kombinace s mechanickým vyhazováním.

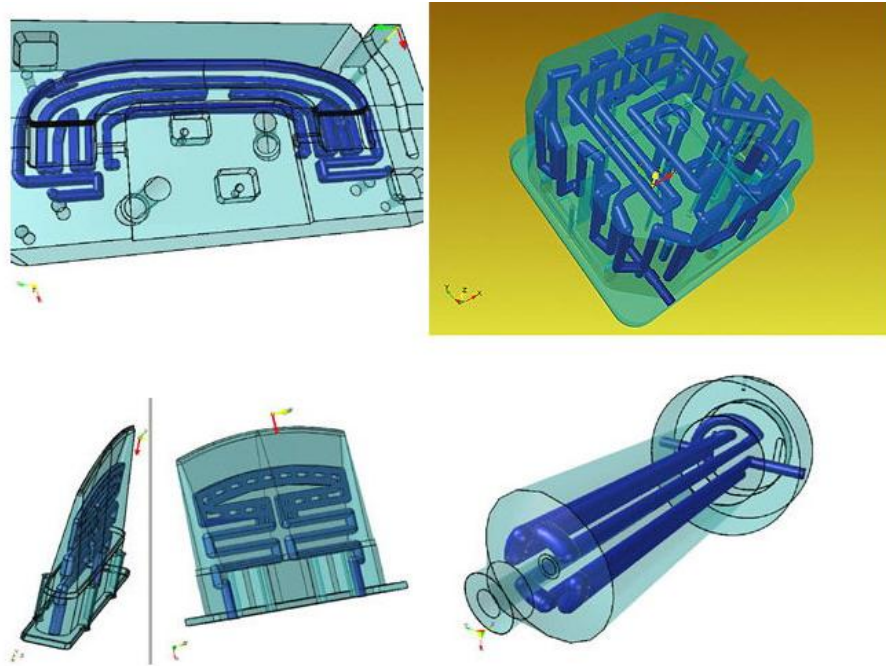
Vzduchový vyhazovač je ovládán mechanismem formy nebo vstřikovacího stroje. [6]



Obr. 17 Vzduchový ventil s jehlou (schéma) [12]

### 3.6 Temperační systém forem

Důležitou součástí vstřikování forem je temperační systém. Je to soustava kanálů uvnitř formy, kterými proudí chladicí médium a udržuje teplotu formy na předepsané hodnotě (liší se podle druhu vstřikovaného plastu). Cílem temperace je, aby se vstříknutá tavenina ochlazovala co nejrychleji a nejrovnoměrněji v celém objemu, jinak by mohlo nastat zdeformování finálního výstřiku. Celý temperační systém je navrhován s ohledem na celkovou koncepci formy jako je systém vtokových kanálků, tvarových vložek, vyhazovačů a jiných částí formy. Průřez kanálků je většinou kruhový a jejich vzdálenost od líce formy je přesně propočítán, aby nedocházelo k nerovnoměrnému ochlazení a nesnížila se tuhost a pevnost stěny dutiny. Z důvodu lepšího přestupu tepla se většinou volí více kanálků menšího průřezu s menší roztečí, než méně kanálků většího průřezu a velké rozteče. Průtok kapaliny je orientován od nejteplejšího k nejstudenějšímu místu formy. Některé složité vstřikovací formy, kde by mohl nastat problém s nerovnoměrným odvodem tepla, mohou mít několik na sobě nezávislých temperačních systémů. [7]



Obr. 19 Příklady temperačních systémů forem [6]

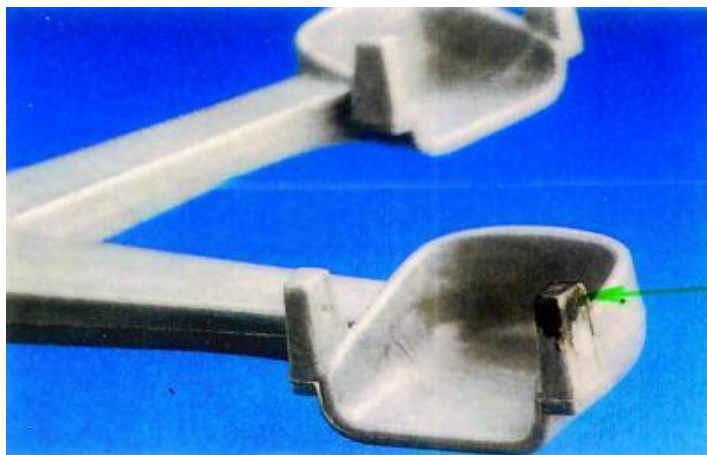
### 3.7 Odvzdušnění forem

V dutině formy je před vstříknutím plastu vzduch. Při jejím plnění je vzduch v dutině stlačován a jeho tlak narůstá. Tento nárůst tlaku může vyústit až k zažehnutí vzduchu a ke spálení plastu. Tomuto jevu se říká Dieselův efekt. Vzduch v dutině formy také negativně ovlivňuje mechanické vlastnosti výstřiku tvořením bublin, které zůstávají uzavřené ve stěnách výstřiku. Z těchto důvodů je třeba zajistit dobré odvzdušnění formy.

V průběhu vstřikování roste tlak taveniny. Velikost protitlaku stlačeného vzduchu je závislý na odvzdušnění. Je-li nutné zvýšit vstřikovací tlak díky nedokonalému odvzdušnění, bude to mít za důsledek vnesení zbytečných vnitřních pnutí do výstřiku.

U výstřiků s tenčími stěnami dříve nižší teplotě taveniny a nedostatečnému tlaku a rychlosti plnění se soustřeďuje vzduch na protilehlé straně od vtoku. Není-li umožněné vzduchu uniknout vzniká nedotečený výstřik. K této vadě může dojít i při nízké teplotě formy nebo malé dávce plastu.

Při určitých technologických parametrech a vnějších tloušťkách stěn výstřiku vzduch, který nemohl uniknout, vnikne do taveniny a při chladnutí vytvoří bubliny. Bubliny vzniklé nedostatečným odvzdušněním od bublin vzniklých jiným způsobem lze rozeznat tak, že jsou rozloženy na protilehlé straně vtoku. Bubliny vzniklé například z důvodu vlhkosti polymeru nebo přehřátím jsou naopak téměř rovnoměrně rozptýleny v celém objemu výstřiku. [6]



Obr. 18 Spálené místo na výstřiku [13]

### 3.8 Materiály forem

Cena každé vstřikovací formy je z určité části odvozena od ceny materiálu, ze kterého je vyrobena. Žádná forma není vyrobena pouze z jednoho druhu materiálu. Její části jsou nejvíce namáhány na tlak, opotřebení a podle druhu vstřikování plastu také na korozi. Na konstrukční části formy (to jsou např. různé rozpěrky, opěrné a kotevní desky) jsou klade-ny jiné nároky než na části funkční (tvarové vložky, vodící trny, vyhazovače, atd.). Důleži-tými faktory při volbě materiálu je druh vstřikovaného polymeru, velikost a složitost vý-robku, odolnost proti opotřebení a korozi, počet vyráběných kusů, obrobitelnost, požado-vané fyzikální a mechanické vlastnosti, ale mimo jiné také jeho cena.

Nejdůležitějším a nenahraditelnými materiály pro výrobu vstřikovacích forem jsou oceli. Těch je ovšem velké množství, každá má svoje specifické vlastnosti a to zužuje okruh je-jich použití. Pro výrobu tvarových dutin a mechanicky namáhaných částí formy se často používá ocel nástrojová, cementační nebo legovaná. Velmi důležité je také tepelné zpraco-vání na funkčních a tvarových částech formy, špatné tepelné zpracování mnohdy vede k znehodnocení celého nástroje nebo k velkým potížím za provozu. Některé firmy si do-konce nechávají vyrábět vstřikovací formy z ocelí, které si samy vyvinuly přímo pro daný druh plastu.

Kromě ocelí se při výrobě forem používají i jiné materiály jako je hliník, dural, měď, mosaz, a nejrůznější izolační a ochranné materiály. Z hlediska životnosti formy je velmi důležité již zmiňované tepelné nebo chemicko-tepelné zpracování, povrchová úprava (leš-těný povrch je odolnější vůči korozi) a v neposlední řadě také vlastní zacházením s for-mou. [7]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁRSKÉ PRÁCE

Úkolem teoretické části je vypracovat literární studii týkající se vstřikování, charakteristiky vstřikovacího stroje, konstrukci forem a jejich funkčních částí. V jednotlivých kapitolách jsou stručně popsány jednotlivé díly vstřikovací formy.

Hlavním úkolem bakalářské práce je navrhnout 3D model vstřikovací formy pro zadaný plastový díl, kterým je součást pro ovládání světlometů. Podle 3D modelu vstřikovací formy se provedl 2D řez formou, opozicování jednotlivých dílů formy a kusovníku. Při návrhu a konstrukci vstřikovací formy byl použit program CATIA V5R19 a normálí firmy Meusburger.

## 5 POUČITÉ APLIKACE

### 5.1 Catia V5R19

CATIA (Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application) je integrovaný systém počítačového návrhu, konstruování a výroby (CAD/CAM/CAE), vyvinutý francouzskou firmou Dassault Systèmes a užívaný hlavně v leteckém a automobilovém průmyslu. Jedná se o program, kterým lze vytvořit velkou část návrhu vstřikovací formy, a to od 3D modelu přes 2D výkresovou dokumentaci až po simulace obrábění nebo pevnosti. [15]

### 5.2 Meusburger catalog

Meusburger catalog je vytvořen stejnojmennou firmou funguje jako knihovna 3D normálií, pro konstrukci vstřikovacích forem. Aplikace obsahuje rozsáhlý souhrn dokumentace, jak normálie co nejlépe uplatnit. Součásti z katalogu lze uložit do formátů kompatibilních s nejrozšířenějšími konstrukčními programy ( Catia, Inventor, ProEngineer, SolidWorks, atd.)

### 5.3 Autodesk Moldflow Insight 2014

Software Autodesk Moldflow Insight jako součást řešení Autodesk pro digitální prototypování je nástroj pro simulaci vstřikovacího procesu na digitálním prototypu. Software Modflow poskytuje možnost hloubkově řešit, vyhodnocovat a optimalizovat plastový díl i vstřikovací formu a tím napomáhá ke studiu vstřikovacích procesů, užívaných v současné praxi. Moldflow využívají přední světoví výrobci v automobilovém průmyslu, v odvětví spotřební elektroniky, zdravotního materiálu i obalů k tomu, aby jim ušetřil náklady. [16]

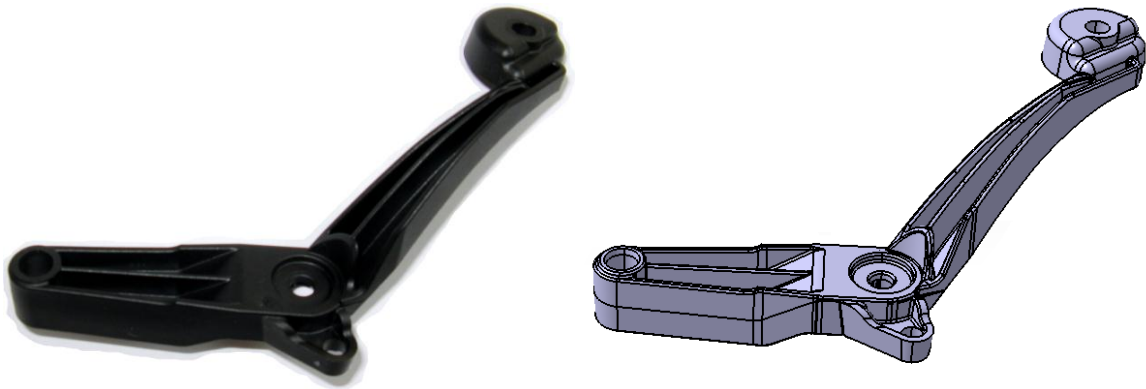
## 6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstřikovaný díl je ovládací prvek světlometů z automobilu Honda Civic. Materiál vstřiku byl zvolen polybutyltereftalát s obsahem 30% skelných vláken. Použitý materiál má vysokou mechanickou pevnost, tuhost, houževnatost, výborné elektroizolační vlastnosti, výbornou chemickou odolnost a vysoký lesk povrchu výrobku.

Daný materiál je vyráběn firmou BASF s prodejním označením ULTRADUR B4300 G6.

*Vybrané vlastnosti vstřikovaného materiálu: [17]*

- Název	ULTRADUR B4300 G6
- Hustota	1,53 [g.cm <sup>-3</sup> ]
- Index toku taveniny (250°C, 2,16kg)	11 [g/10 min]
- Smrštění	0,34 - 1,07 [%]
- Pevnost v tahu	137 [MPa]
- Teplota taveniny	250-275 [°C]
- Teplota formy	60-100 [°C]



*Obr. 19 Vstřikovaný výrobek*

*- vlevo originální výstřik, vpravo model výstřiku v CATII*

## 7 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Pro vstřikování byl vybrán horizontální vstřikovací stroj od firmy Engel s typovým označením ENGEL VC 500/120, který splňuje potřebné rozměrové i procesní parametry.



Obr. 20 Vstřikovací stroj Engel VC 500/120

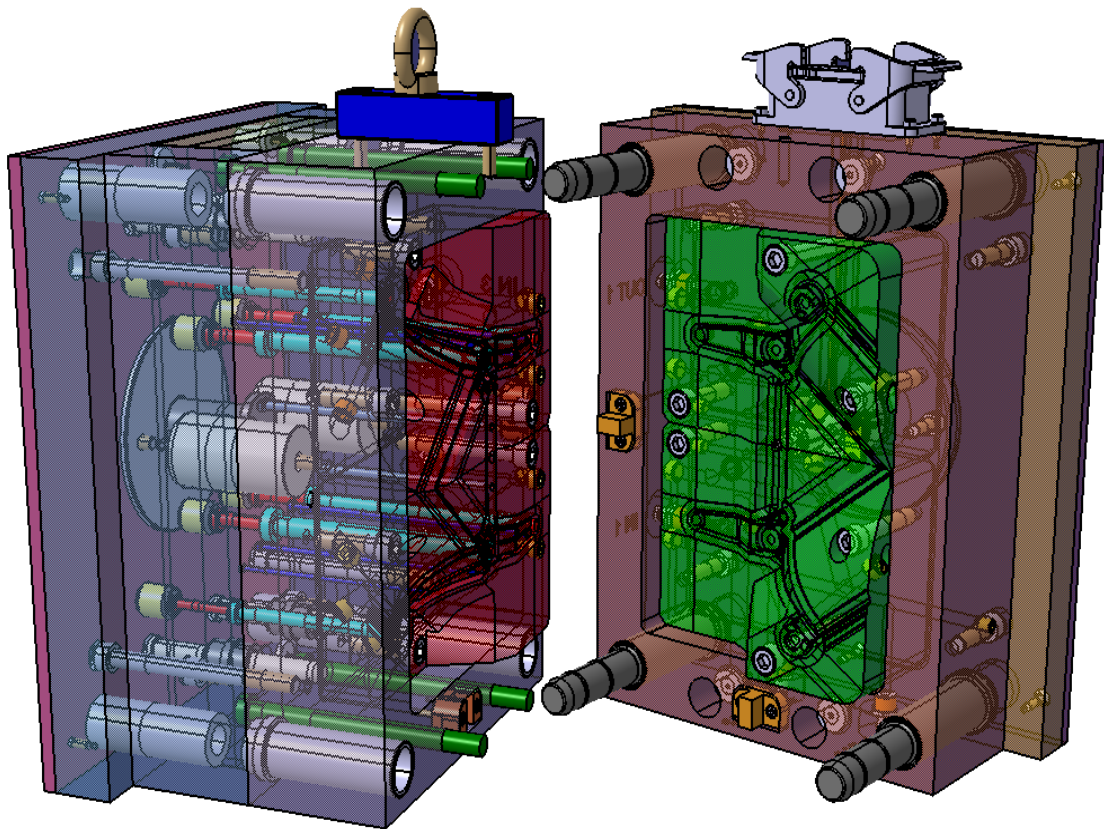
*Vybrané parametry stroje: [18]*

- Maximální uzavírací síla	1200 [kN]
- Maximální délka otevření	500 [mm]
- Maximální světlost mezi upínacími deskami	800 [mm]
- Minimální výška formy	300 [mm]
- Velikost upínací desky	740 x 680 [mm]
- Vzdálenost mezi vodícími sloupky	585 x 585 [mm]
- Průměr otvoru středícího kroužku stroje	125 [mm]
- Maximální vyhazovací síla	40 [kN]
- Maximální objem vstřikované dávky	330 [cm <sup>3</sup> ]

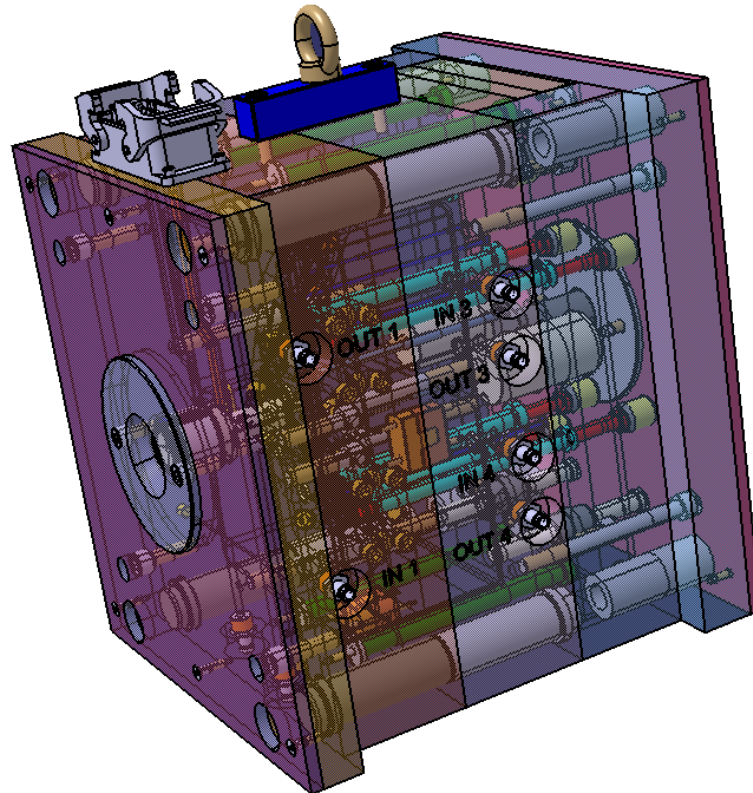


## 8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Konstrukce formy by měla být řešena s ohledem na složitost, přesnost a ekonomičnost výroby formy. Z tohoto důvodu je snaha o co největší použití normalizovaných dílů firmy Meusburger. Výroba formy by se tím zjednodušila, zrychlila a zlevnila. Navržená vstřikovací forma je tvořena sedmi deskami, vodícími a upínacími prvky, jako jsou šrouby, vodící čepy a pouzdra, středící trubky a kroužky.



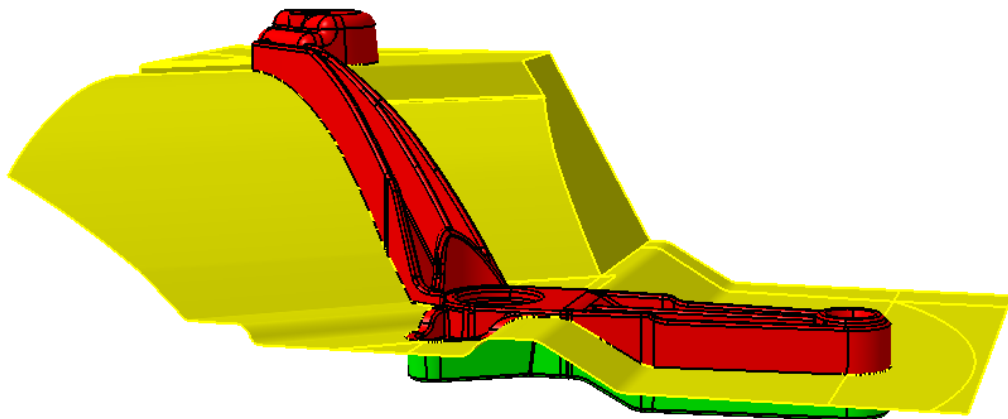
*Obr. 21 Pohled do pravé a levé dělicí roviny*



Obr. 22 Sestava vstříkovací formy

## 8.1 Dělicí rovina

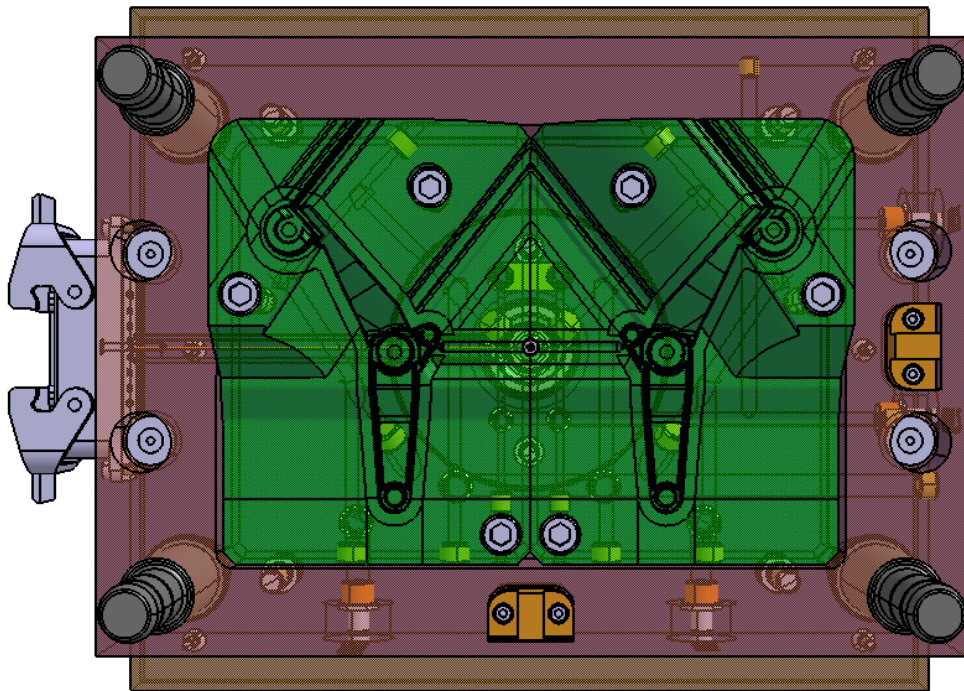
Jednou z prvním a nejdůležitějších zásad při konstrukci formy je dobře zvolit polohu dělicích rovin, pro zadaný výrobek stačila jen jedna dělicí rovina. Hlavní dělicí rovina rovina byla zvolena tak, aby při odformování výstřiku zůstal díl v levé části formy, odkud je potom vyhozen pomocí trubkových a válcových vyhazovačů.



Obr. 23 Dělicí rovina

## 8.2 Násobnost formy

Při volbě násobnosti formy se musí brát ohled na složitost a přesnost výstřiku, kapacitu stroje, požadované množství výrobků a ekonomika výroby. Z hlediska kvality výrobku je nejvhodnější volit co možná nejmenší násobnost formy, z pohledu ekonomického co největší násobnost. Pro tuto bakalářskou práci byla zvolena forma dvojnásobná, přičemž se jedná o levý a pravý výstřik.



Obr. 24 Násobnost formy

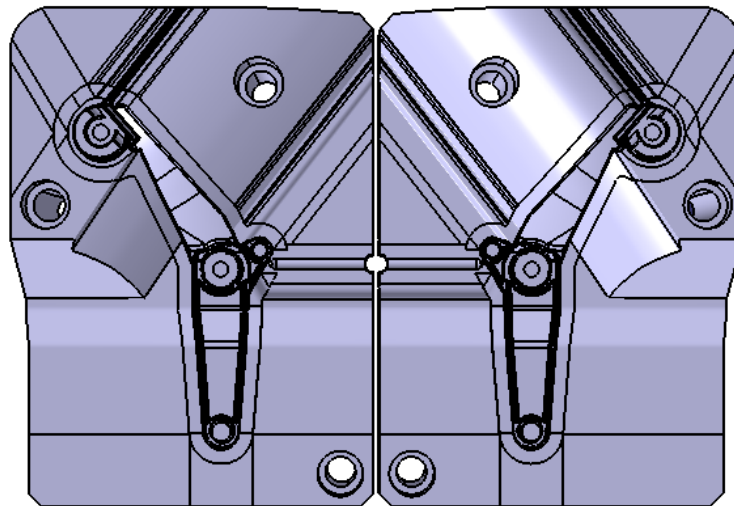
## 8.3 Rám formy

Forma byla navržena pomocí systému normálií firmy Meusburger. Jako základ formy byly zvoleny desky o rozměrech 346 x 296 mm. Při volbě desek se musel bát ohled na násobnost formy, typ zaformátování a velikost výstřiku. Některé parametry desek, zejména výška desek byly několikrát upraveny, až na konečnou hodnotu 341 mm. Veškeré desky formy byly aretovány pomocí středících čepů a spojeny pomocí šroubů do funkčního celku. Vodící čepy byly umístěny do pravé části formy. Na horní stranu formy, byl umístěn nosník s závěsným okem, dovolující transport formy jeřábem.

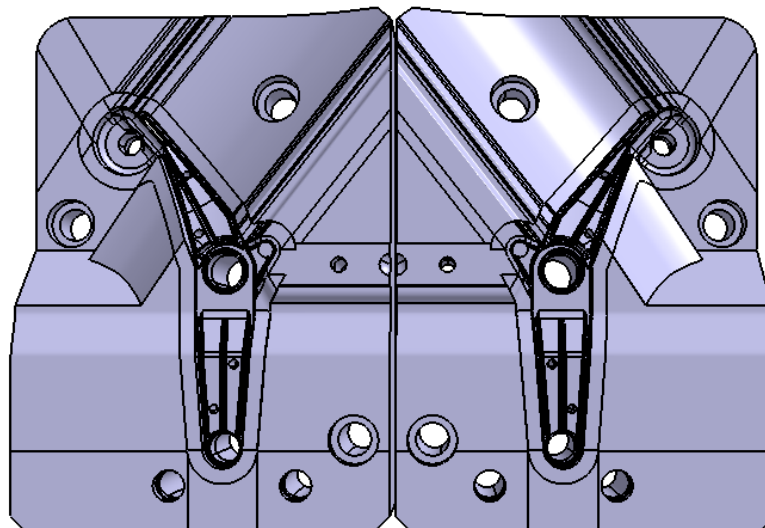
Celkové účující rozměry formy jsou tedy 346 x 296 x 341 mm.

## 8.4 Tvárník a tvárnice

Tvárnice je umístěna na pravé pevné části formy a tvárník je umístěn na levé pohyblivé části formy. Tvarové dutiny jsou negativem vstřikovacího výrobku. Dutiny jsou zvětšena o hodnotu smrštění použitého polymeru. U PBT GF30 je velikost smrštění 0,6 %, proto byly dutina formy zvětšena o tuto hodnotu. Jak tvárník, tak tvárnice je vyrobena z nástrojové oceli třídy 19, cementovány a kaleny, aby byly schopnou dlouhodobě odolávat podmínkám vznikajících během vstřikovacího procesu. Dutina formy byla konstruována tak, aby výstřik při otevření formy smrštěn na tvárníku, odkud bude po otevření tvárníku vyhazovacím systémem vyhozen.



Obr. 25 Tvárnice levá, pravá



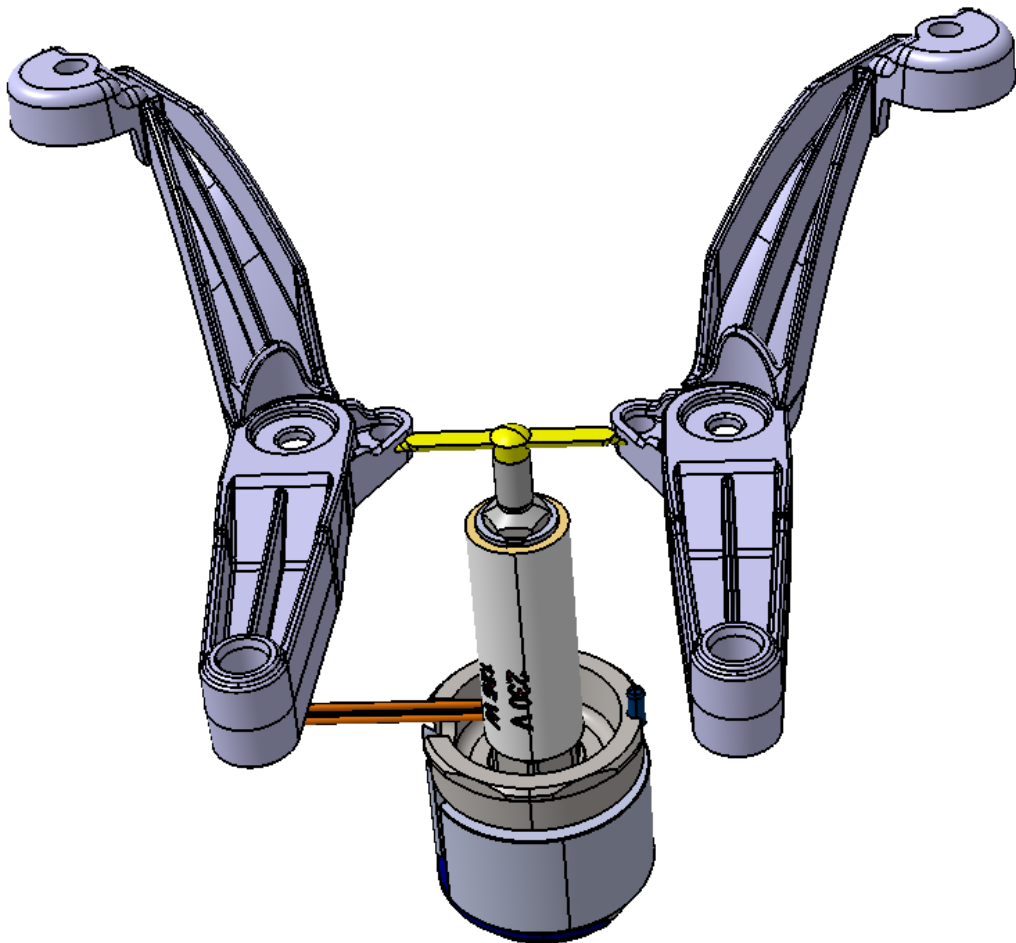
Obr. 26 Tvárník levý, pravý

## 8.5 Vtokový systém

Vtokový systém vstřikovací formy zajišťuje vedení proudu taveniny od vstřikovací trysky až po jednotlivé tvarové dutiny. Plnění má probíhat co nejrychleji a při minimálním odporu. Vzhledem k typu výstřiku, úspoře materiálu, násobnosti a typu vstřikovaného materiálu, byla zvolena kombinace horkého a studeného vtokového systému.

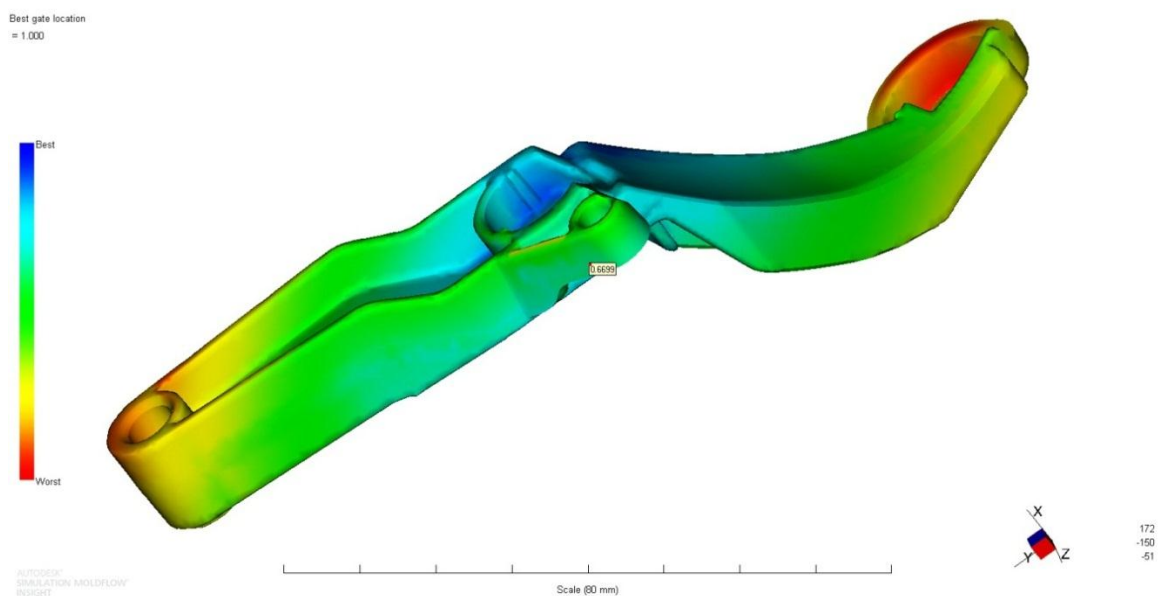
Jako horká tryska byl použit typ 06s060k01th20r40 od firmy Synventive, která dokáže dodávat až 200 g polymeru za jeden cyklus, což je pro formu dostatečné i s rezervou. Tryska je umístěna v pravé části formy, kde její délka zasahuje upínací po kotevní desku. Horká tryska je vystředěna a zajistěna proti pootočení pomocí kolíku. Napájení trysky bylo řešeno kabelem vedeným rámem tvárnice a opěrnou deskou přímo do zásuvky E2702, E2810 která byla umístěna na horní straně formy.

Studená vtoková soustava je řešena pomocí kruhového kanálu. Kanály jsou uspořádány do tvaru písmene I.



Obr. 29 Řešení vtokového systému

Pro vtokové ústí byl zvolen tunelový vtok, kterým je zajištěno oddělení vtokového zbytku od výstřiku během otevírací fáze formy. Velikost a tvar tunelového ústí byla zvolena dle velikosti a objemu výrobku. Umístění vtokového ústí bylo zvoleno s ohledem na použitý vtokový systém. Dále také tak, aby tavenina zatekla po celém objemu dutiny formy v co nejkratším čase a co nejlépe. Tato volba byla následně ověřena výpočtem analýzy best gate location (BGL) programu Mouldflow. Analýza je schopna určit nejvhodnější místo pro vtok s ohledem na nejrovnoměrnější plnění dutiny formy polymerem. Pro výpočet v programu byl brán zřetel na tvar výrobku, místo vtoku, druh vstřikovaného materiálu a jeho vlastnosti. Hodnota vhodnosti umístění vtokového ústí do zvoleného místa na výrobku je 0,6699. Umístění vtoku tedy je 67% vyhovuje.

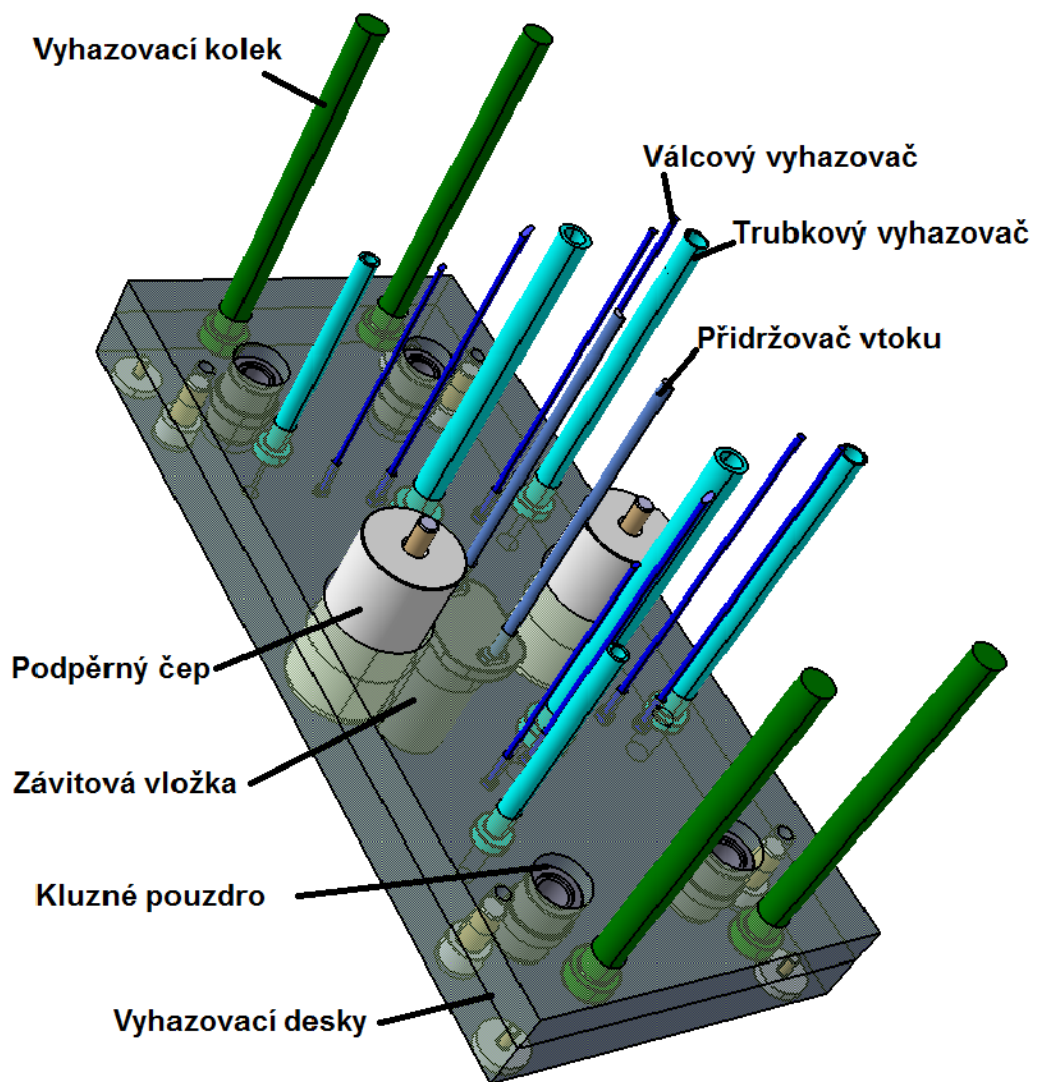


Obr. 30 Analýza místa vtoku (modrá – nejlepší, červená – nejhorší)

## 8.6 Vyhazovací systém

Základem správného vyhození výstřiku z dutiny formy je, aby výstřik přichycen k levé, pohyblivé straně formy. To je docíleno pomocí smržnění výstřiku na tvárníku a přidržovači vtoku. Na pravé straně formy jsou dva přidržovače vtoku ve tvaru „Z“. Vyhození výstřiku je provedeno 8 válcovými vyhazovači a 6 trubkovými vyhazovači. Válcové a trubkové vyhazovače byly ukotveny ve vyhazovacích deskách. Jádra trubkových vyhazovačů jsou upevněny v upínací desce. Vyhazovací desky jsou vedeny pomocí čtyř vodících čepů. Pohyb vyhazovacích desek je zajištěn pomocí závitové vložky. Procesem vyhození zanechá

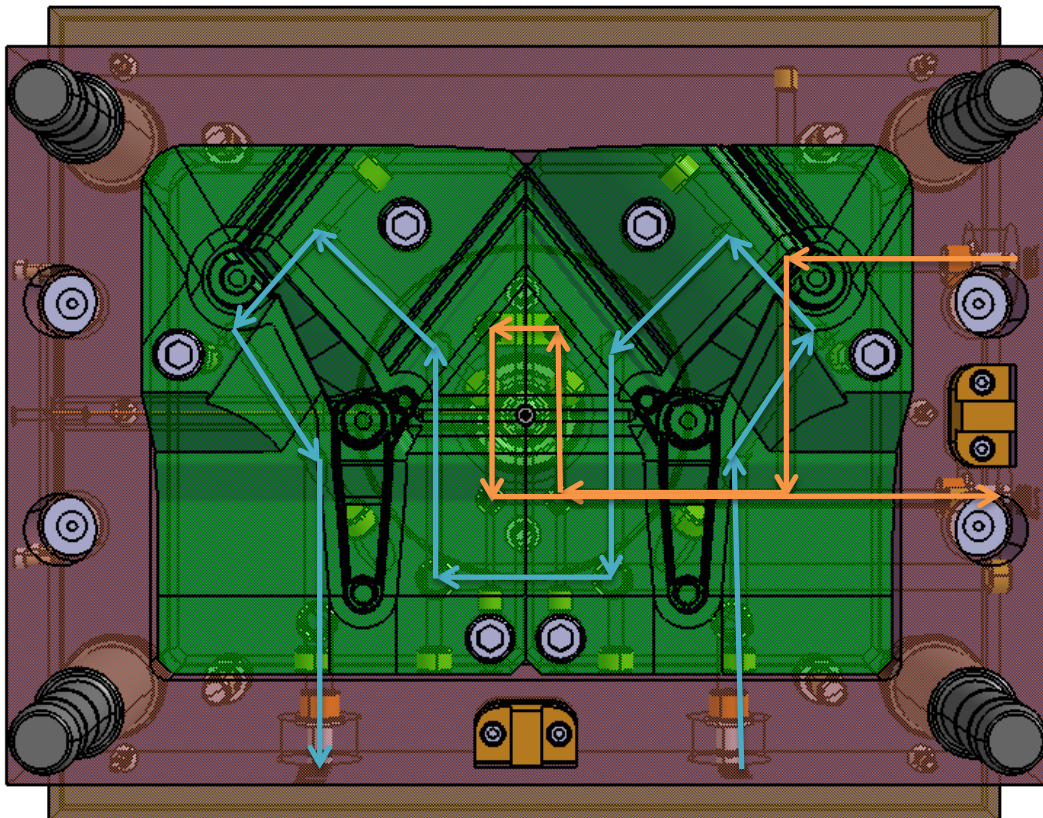
na výstřiku stopy po vyhazovačích. Vzhledem k tomu, že stopy nebudou na pohledových ani funkčních plochách výstřiku, tak se stopy zanedbávají. A dále čtyři vyhazovací kolky, které jsou o pár milimetrů větší než největší vyhazovač. Jejich hlavní funkcí je v případě zasaknutí některého vyhazovače při uzavírání formy, zabránit poškození tvarových ploch vyhazovačů pro výstřik.



Obr. 27 Vyhazovací systém

## 8.7 Temperační systém

V průběhu vstřikování je teplota formy proměnlivá. Při vstříknutí taveniny do dutiny formy nejprve teplota roste a následně se teplota formy snižuje. Optimalizace teploty se provádí vhodným navržení rozmístění kanálků, volbou temperačního média a jeho rychlost cirkulace. Temperace levé strany formy je tvořena dvěma okruhy vrtaných kanálků o kruhovém průřezu 10 mm. Na každý výstřik připadá jeden chladicí okruh. Přechody temperačních kanálků jsou opatřeny těsnícími O-kroužky, které zamezují nežádoucím únikům temperační tekutiny mimo temperační obruh. K vymezení a utěsnění návrhových kanálků temperace bylo použito vnějších ucpávek firmy Meusburger. Na vstupu a výstupu do okruhu jsou našroubovány přípojky E2000 pro připojení hadic. Temperace tvárnice je tvořena dvěma okruhy. První slouží k chlazení dutiny tvárnice, je kruhového průřezu 10 mm. Druhý okruh byl navrhnout k temperaci horké trysky, aby necházelo k přehřátí materiálu.



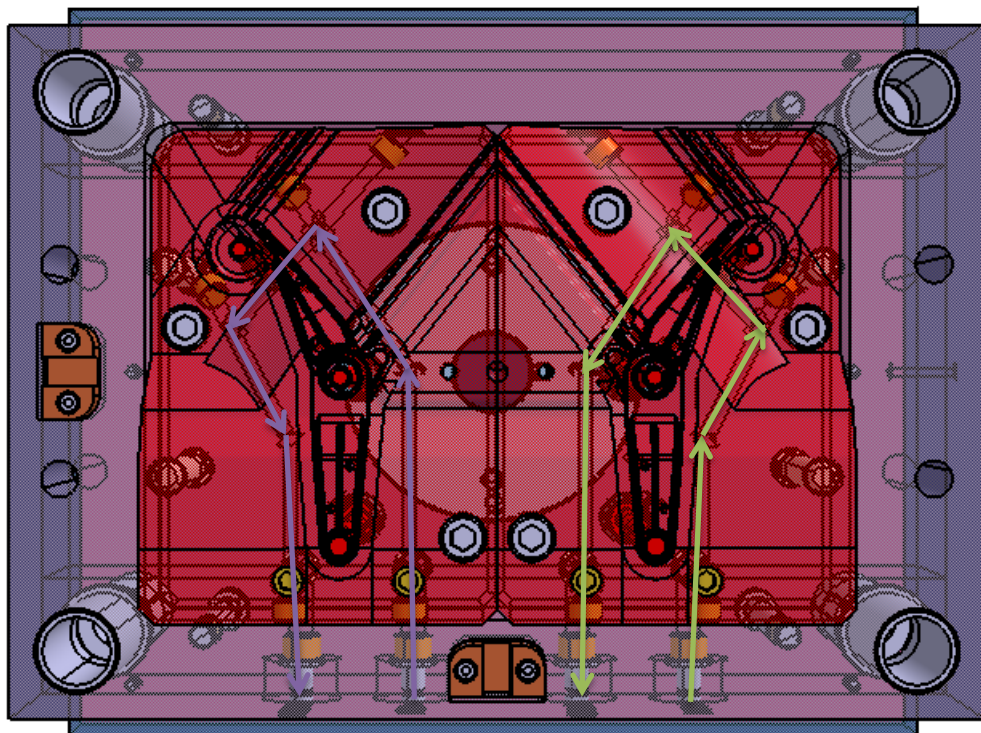
Obr. 28 Temperační systém tvárnice





Obr. 29 Temperační prvky

1. přechodový prvek, 2. přípojka pro temperační hadice, 3. záslepka, 4. O-kroužek



Obr. 30 Temperační systém tvárníku

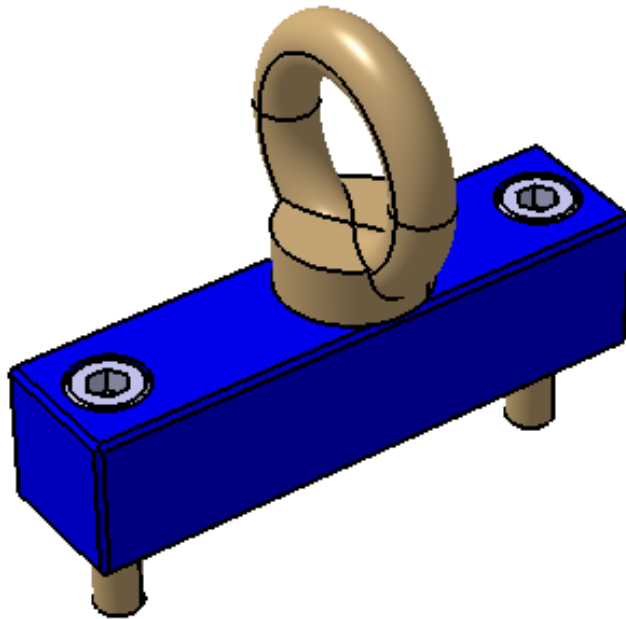
## 8.8 Odvzdušnění formy

V dutině formy je uzavřen vzduch, který při plnění dutiny taveninou, nemá možnost dostatečně unikat. Tento plyn je velice rychle adiabaticky stlačován čelem taveniny a následkem je zvýšení tlaku a teploty až na úroveň, kdy vznikají poruchy a vady výstříku (Dieselův efekt, bubliny, propadliny nebo nedostříknutá místa).

V případě formy navrhnuté v rámci bakalářské práce se očekává, že vzduch unikne hlavní dělicí rovinou, mezi tvarovými vložkami a vyhazovacími kolíky. Pokud by se při zkoušce formy zjistilo, že nedochází k dostatečnému úniku vzduchu, musely by se dodatečně vyrobit odvzdušňovací kanálky.

## 8.9 Transportní systém formy

Z důvodu usnadnění manipulace s velmi těžkou formou se na ni montuje nosič, který je přišroubován na horní ploše formy dvěma šrouby. Při manipulaci slouží k připevnění háku jeřábu k závěsnému oku a nedovolí rozevření formy v dělicí rovině.



*Obr. 31 Nosič formy*

## DISKUZE VÝSLEDKŮ

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout vstřikovací formu pro zadaný plastový dílec, kterým byl ovládací prvek světlometu z osobního automobilu. Při návrhu formy bylo použito normálií firmy Meusberger. Tento stavebnicový systém výrazně usnadnil a snížil cenu případné výroby formy.

Při návrhu tvarových částí forem se vycházelo z negativního tvaru dílce, který byl zvětšený o hodnotu smrštění materiálu 0,6 %. Násobnost formy zadána jako dvojnásobná, vzhledem k tomu, že výrobek bude vyráběn jako pravý a levý kus.

Materiál výrobku byl zvolen semikrystalický termoplast PBT GF30, který je plněný 30% skelných vláken. Tento termoplast má dobré mechanické, chemické a izolační vlastnosti.

Pro vstřikování byl navržen vstřikovací stroj od firmy ENGEL. Konkrétně typ stroje ENGEL VC 500/120, který splňuje všechny požadované parametry.

Vzhledem k násobnosti a tvaru dílce je zvolena kombinace horkého a studeného vtokového systému, kdy horká tryska od firmy Synventine dodává taveninu pomocí studených kanálků do dutiny formy. Pro trysku bylo nutno připojit zásuvku, která bude dodávat potřebnou elektrickou energii trysce.

K vyhození výstřiků byl zvolen vyhazovací systém s osmi válcovými, šesti trubkovými vyhazovači dvěma přídržovači vtoku Z a čtyřmi vyhazovacími kolky. Vyhazovače jsou uchyceny mezi kotevní a opěrnou deskou vyhazovacího systému. Desky jsou spojeny šrouby a díky závitové vložce, je konán vyhazovací pohyb.

Temperace formy zajišťuje celkem čtyři okruhy vrtaných kanálků, z toho jeden slouží k výhradně k chlazení horké trysky. Dráhu proudění temperačního média vymazují vnější zátky. Pro připojení temperačního média, jsou okruhy vybaveny koncovkami.

Problém odvzdušnění se v důsledku velkého množství vyhazovačů zanedbával, množství vzduchu uzavřené v dutině stačí uniknout vřelemi.

Rám formy byl vytvořen pomocí normálií Meusburger. Konečné rozměry formy jsou 346 x 296 x 341 mm s ohledem na tvar, velikost výstřiku a násobnost formy. Jednotlivé části formy jsou mezi sebou spojeny šrouby nebo vystředěny pomocí středících trubek a vodičích čepů.

Pro lepší manipulaci s formou byl nainstalován nosič formy.

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout vstřikovací formu pro plastový dílec, který slouží jako ovládací prvek světlometu osobního automobilu. Celá konstrukce formy, se podřizuje zásadám a pravidlům správné konstrukce vstřikovacích forem.

Teoretická část popisuje základní rozdělení polymerních materiálů, vstřikovací stroj a konstrukci forem pro vstřikování.

V praktické části byl zpracován 3D model výstřiku. Materiál výstřiku byl zvolen jako PBT GF30 - polybutylentereftalát s obsahem 30% skelných vláken. Nejsložitější částí bakalářské práce bylo vytvoření 3D sestavy vstřikovací formy. Přesněji vytvoření tvarových vložek v modulu CATIE Core and Cavity a následné vytvoření temperačního systému. Nedílnou součástí konstrukce formy byl i návrh vtokového a vyhazovacího systému. Posledním krokem pro dokončení 3D sestavy bylo vložení vodících a spojovacích prvků.

Z 3D sestavy vstřikovací formy vytvořené v programu CATIA V R19 vytvořen 2D řez sestavou formy spolu s opozicováním jednotlivých dílů a vytvoření kusovníku.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. Díl – Vstřikování termoplastů*. 2. upr. Vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 133 s.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II. Díl – Vstřikování termoplastů*. 1. upr. Vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 214 s.
- [3] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů*. [s. 1.]: [s. n.], 2009. 247 s.
- [4] TOMIS, F. *Základy gumárenské a plastikářské technologie*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1975. 278 s. ISBN 414-33543.
- [5] Vstřikování plastů [online]. [cit. 2014-01-14]. Dostupný z WWW: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm)>
- [6] Vstřikovací formy [online]. [cit. 2014-01-14]. Dostupný z WWW: <[http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni\\_soubory/htn\\_\\_tvareci\\_nastroje\\_vstrikovaci\\_formy\\_\\_zak.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni_soubory/htn__tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy__zak.pdf)>
- [7] Výroba vstřikovací formy [online]. [cit. 2014-01-14]. Dostupný z WWW: <[https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=14760](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=14760)>
- [8] Vstřikování [online]. [cit. 2014-01-14]. Dostupný z WWW: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud\\_materialy/tzn/c8/VS.pdf](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c8/VS.pdf)>
- [9] Speciální metody vstřikování [online]. [cit. 2014-01-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.engineering.sk/index.php/clanky2/stroje-a-technologie/853-inovativne-metody-vstrekovania>>
- [10] ROSATO, D. V., ROSATO, D. V., ROSATO, M. G. *Injection Molding Handbook (3rd Edition)*. NYC, NY, USA: Springer - Verlag, 2000. 1485s. ISBN 978-0-7923-8619-3.
- [11] Vtoková tryska [online]. [cit. 2014-01-14]. Dostupný z WWW: <http://www.dmeeu.com/cz/produkty/d/index/formy-sou-sti/sou-sti/vtokov-tryska/vtokov-tryska-1>
- [12] Vzduchový vyhazovač [online]. [cit. 2014-01-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.jansvoboda.cz/vzduchovy-vyhazovac-s-jehlou>>

- [13] Vady výstřiků [online]. [cit. 2014-01-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/vady-vystriku-1-dil-priciny-vzniku-vad-a-studene-spoje.html>>
- [14] K plastovému dílu vede dlouhá cesta [online]. [cit. 2014-01-14]. Dostupný z WWW: <http://www.designedu.cz/designtech/c/plm/k-plastovemu-dilu-cesta-dlouha.htm>
- [15] CATIA [online]. [cit. 2014-01-14]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/CATIA>
- [16] Autodesk Moldflow Insight 2011 [online]. [cit. 2014-01-14]. Dostupný z WWW: <http://www.smartplast.cz/ami.php>
- [17] ULTRADUR B4300 G6 [online]. [cit. 2014-01-14]. Dostupný z WWW: <http://www.taiwantpp.com.tw/marco/BASF/ULTARDUR/B4300G6.pdf>
- [18] ENGEL VC 500/120 [online]. [cit. 2014-01-14]. Dostupný z WWW: <http://www.usetec.com/traderpage/iframe/machine.php?machineno=1063-80122&hid=1063&lang=de&site=www.usetec.com%252Ftraderpage%252Fiframe%252Fcss>
- [29] BEAUMONT, J. P., NAGEL, R. L., SHERMAN, R. *Successful injection molding: proces, design, and simulation*. Munich: Hanser Publishers, 2002, ISBN 1-56990-291-7. 362 s.
- [20] BRUMMEL, Michal. *Rozměrově přesné výrobky z plastů. 1. Vyd. Praha: VÚNM, 1977. 278 s.*
- [21] TOMIS, František, HELŠTÝN, Josef, KAŇKOVSKÝ, Jiří. *Formy a přípravky*. Brno: VUT, 1979. 278 s.
- [22] DYM, Joseph B. *Injection molds and molding : A practical Manual* . New York : Van Nostrand Reinhold, 1979, ISBN 0-442-22223-8, 400 s.
- [23] MENGES, Georg. *How to make injection molds. 3rd ed. Munich: Hanser Publishers, 2001, ISBN 34-462-1256-6, 612 s.*
- [24] REES, Herbert. *Mold engineering*. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, 2002, ISBN 34-462-1659-6. 688 s.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

2D	Dvou rozměrný prostor
3D	Tří rozměrný prostor
PA	Polyamid
PE	Polyethylen
PS	Polystyren
PP	Polypropylen
PC	Polykarbonát
PET	Polyethylentereftalát
PVC	Polyvinylchlorid
PMMA	Polymethylmethakrylát
LDPE	Polyethylen nízkohustotní
HDPE	Polyethylen vysokohustotní
SAN	Styren Acrylonitril
SBS	Polykarbonát
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PBT GF30	Polybutylentereftalát se 30% skelných vláken
CAD	Computer aided design (počítačová podpora konstrukce)
CAM	Computer aided manufacturing (počítačová podpora obrábění)
CAE	Computer aided engineering (počítačová podpora ve strojírenství)
CATIA	Computer aided three dimensional interactive application ( počítačově graficky tří rozměrová interaktivní aplikace)
$T_m$	Teplota tání [°C]
$T_g$	Teplota skelného přechodu [°C]
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
IVS	Izolovaný vtokový systém

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Vstřikovací cyklus [10]</i> .....	12
<i>Obr. 2 Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou vstřikovací jednotkou [14]</i> .....	15
<i>Obr. 3 Řez vstřikovací jednotkou [5]</i> .....	16
<i>Obr. 4 Řez uzavírací jednotkou [5]</i> .....	17
<i>Obr. 5 Řídicí jednotka vstřikovacího stroje [5]</i> .....	18
<i>Obr. 6 Řadové uspořádání vtokové soustavy vícenásobných forem [6]</i> .....	22
<i>Obr. 7 Symetrické uspořádání vtokové soustavy vícenásobných forem [6]</i> .....	22
<i>Obr. 8 Odstupňovaný průřez vtoku – stejná rychlost taveniny [1]</i> .....	22
<i>Obr. 9 Řez vtokovou vložkou [11]</i> .....	23
<i>Obr. 10 Průřezy vtokových kanálů (1, 6 – výrobně nevýhodné; 2, 3, 4, 5 – výrobně výhodné) [1]</i> .....	24
<i>Obr. 11 Ústí vtoku a) štěrbinové, b) kruhové [6]</i> .....	24
<i>Obr. 12 Umístění vtokového ústí [6]</i> .....	25
<i>Obr. 13 Řez vyhřívanou tryskou [9]</i> .....	28
<i>Obr. 14 Řez vyhříváním rozvodným blokem [9]</i> .....	29
<i>Obr. 16 Vyhazovací systém formy: 1 - opěrná deska, 2 - kotevní deska, 3 - vodící pouzdra, 4 - válcové vyhazovače, 5 - trubkový vyhazovač [7]</i> .....	30
<i>Obr. 17 Vyhazovací kolíky: a) válcový vyhazovač, b)trubkový vyhazovač [12]</i> .....	31
<i>Obr. 18 Vzduchový ventil s jehlou (schéma) [12]</i> .....	33
<i>Obr. 19 Příklady temperačních systémů forem [6]</i> .....	34
<i>Obr. 20 Spálené místo na výstřiku [13]</i> .....	35
<i>Obr. 21 Výstřik</i> .....	39
<i>Obr. 22 Vstřikovací stroj Engel VC 500/120</i> .....	40
<i>Obr. 23 Pohled do pravé a levé dělicí roviny</i> .....	41
<i>Obr. 24 Sestava vstřikovací formy</i> .....	42
<i>Obr. 25 Dělicí rovina</i> .....	42
<i>Obr. 26 Násobnost formy</i> .....	43
<i>Obr. 27 Tvárnice levá, pravá</i> .....	44
<i>Obr. 28 Tvárník levý, pravý</i> .....	44
<i>Obr. 29 Řešení vtokového systému</i> .....	45
<i>Obr. 30 Analýza místa vtoku ( modrá – nejlepší, červená – nejhorší)</i> .....	46
<i>Obr. 31 Vyhazovací systém</i> .....	47



---

<i>Obr. 32</i> <i>Temperační systém tvárnice</i> .....	48
<i>Obr. 33</i> <i>Temperační prvky</i> .....	49
<i>Obr. 34</i> <i>Temperační systém tvárníku</i> .....	49
<i>Obr. 35</i> <i>Nosič formy</i> .....	50

## SEZNAM PŘÍLOH


P I MATERIÁLOVÝ LIST PBT GF 30

P II VÝKRES SESTAVY FORMY

P III KUSOVNÍK

P IV DVD - obsahuje diplomovou práci ve formátu .pdf a .doc, dále výkresovou dokumentaci ve formátu .pdf, .CATDrawing.

# PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST PBT GF 30

Product Information	<b>Ultradur®</b>	 The Chemical Company
	<b>B 4300 G6</b>	
03/2014	<b>PBT-GF30</b>	

## Product description

Easy flowing injection molding grade with 30 % glass fibers; for rigid, tough and dimensionally stable technical parts (eg windshield wiper arms, printed circuit boards PCBs, housing, consoles, contact carriers, covers).

Abbreviated designation according to ISO 1043-1: PBT  
CLASSIFICATION ACCORDING TO ISO 7792-1:  
Moulding Compound ISO 7792-PBT, MGHLNR, 11-100, GF30

## Product safety

Ultradur® melts are stable at temperatures up to 280°C and do not give rise to hazards due to molecular degradation or the evolution of gases and vapors. Like all thermoplastic polymers, however, Ultradur decomposes on exposure to excessive thermal stresses, e.g. when it is overheated or as a result of cleaning by burning off. In such cases gaseous decomposition products are formed. Decomposition accelerates above 350°C small quantities of aldehydes and saturated and unsaturated hydrocarbons are also formed. When Ultradur® is properly processed and there is adequate suction at the die no risks to health are to be expected.  
Further safety information see safety data sheet of individual product.  
Safety data sheet could be ask for at the Ultra-Infopoint under tel: 0621/60-78780 or fax:0621/60-78730.

## Physical form and storage

Standard packaging includes the 25-kg-bag and the 1000 kg octabin (octagonal container). Other forms of packaging are possible subject to agreement. All containers are tightly sealed and should be opened only immediately prior to processing. Further precautions for preliminary treatment and drying are described in the processing section of the brochure. The bulk density is about 0,7 to 0,8g/cm<sup>3</sup>.  
Under normal conditions Ultradur can be stored for unlimited periods. Even at elevated temperatures, e.g. 40°C in air, and under the action of sunlight and weather no decomposition reactions occur.  
Ultradur should generally have a moisture content of less than 0,04% when being processed.  
In order to ensure reliable production, therefore, pre-drying should generally be the rule and the machine should be loaded via a closed conveyor system. Appropriate equipment is commercially available. Pre-drying is also for the addition of batches, e.g. in the case of inhouse pigmentation.  
In order to prevent the formation of condensed water, containers stored in unheated rooms must only be opened when they have attained the temperature prevailing in the processing area. This can possibly take a very long time.  
Measurements have shown that the interior of a 25-kg bag originally at 5°C had reached the temperature of 20°C in the processing area only after 48 hours.

## Note

The data contained in this publication are based on our current knowledge and experience. In view of the many factors that may affect processing and application of our product, these data do not relieve processors from carrying out their own investigations and tests; neither do these data imply any guarantee of certain properties, nor the suitability of the product for a specific purpose. Any descriptions, drawings, photographs, data, proportions, weights etc. given herein may change without prior information and do not constitute the agreed contractual quality of the product. It is the responsibility of the recipient of our products to ensure that any proprietary rights and existing laws and legislation are observed.  
In order to check the availability of products please contact us or our sales agency.

# PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST PBT GF 30

## Ultradur® B 4300 G6



The Chemical Company

### Product Information

Typical values for uncoloured product at 23 °C <sup>1)</sup>	Test method	Unit	Values <sup>2)</sup>
<b>Properties</b>			
Polymer abbreviation	-	-	PBT-GF30
Density	ISO 1183	kg/m <sup>3</sup>	1530
Filler content: Glass fiber (GF), glass balls (GB), Mineral (M)	-	%	GF30
Viscosity number (solution 0,005 g/ml Phenole/1,2 Dichlorbenzol 1:1)	ISO 307, 1157, 1628	cm <sup>3</sup> /g	105
natural	-	-	+
coloured	-	-	+
black	-	-	+
Special colours	-	-	+
Water absorption, equilibrium in water at 23°C	similar to ISO 62	%	0.4
Moisture absorption, equilibrium 23°C/50% r.h.	similar to ISO 62	%	0.20
<b>Processing</b>			
Melt volume-flow rate MVR at 250 °C and 2.16 kg	ISO 1133	cm <sup>3</sup> /10min	11
Melting temperature, DSC	ISO 11357-1/-3	°C	223
Melt temperature, Injection moulding/Extrusion	-	°C	250 - 275
Mould temperature, Injection moulding	-	°C	60 - 100
Moulding shrinkage, free, longitudinal (plate with film gate 150*150*3 mm <sup>2</sup> )	-	%	0.2
Moulding shrinkage, free, transverse (plate with film gate 150*150*3 mm <sup>2</sup> )	-	%	1.1
Moulding shrinkage (parallel)	ISO 2577, 294-4	%	0.34
Moulding shrinkage (normal)	ISO 2577, 294-4	%	1.07
<b>Flammability</b>			
Burning Behav. at 1.6 mm nom. thickn.	IEC 60695-11-10	class	HB
Burning Behav. at thickness d = 0.4 mm	IEC 60695-11-10	class	HB
Automotive materials (thickness d >= 1mm) <sup>3)</sup>	FMVSS 302	-	+
Flammability by electrical sources of ignition, Method BH, d = 4 mm	IEC 60707	class	HB
<b>Mechanical properties</b>			
Tensile modulus	ISO 527-1/-2	MPa	9800
Stress at break	ISO 527-1/-2	MPa	137
Strain at break	ISO 527-1/-2	%	3
Tensile creep modulus, 1000 h, strain <= 0,5%, 23°C	ISO 899-1	MPa	7500
Charpy unnotched impact strength (23°C)	ISO 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	70
Charpy unnotched impact strength (-30°C)	ISO 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	68
Charpy notched impact strength (23°C)	ISO 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	9
Flexural strength	ISO 178	MPa	210
Ball indentation hardness at 981 N and 30 s	ISO 2039-1	MPa	190
<b>Thermal properties</b>			
HDT A (1.80 MPa)	ISO 75-1/-2	°C	215
HDT B (0.45 MPa)	ISO 75-1/-2	°C	220
Max. service temperature (short cycle operation)	-	°C	210
Temperature index at 50% loss of tensile strength after 20000 h	IEC 216	°C	140
Temperature index at 50% loss of tensile strength after 5000 h	IEC 216	°C	160
Coefficient of linear thermal expansion, longitudinal (23-80)°C	ISO 11359-1/-2	E-6/K	20 - 30
Thermal conductivity	DIN 52612-1	W/(m K)	0.27
Specific heat capacity	-	J/(kg*K)	1050
<b>Electrical properties</b>			
Relative permittivity (100Hz)	IEC 60250	-	4
Relative permittivity (1 MHz)	IEC 60250	-	3.8
Dissipation factor (100 Hz)	IEC 60250	E-4	25
Dissipation factor (1 MHz)	IEC 60250	E-4	170
Volume resistivity	IEC 60093	Ohm*m	1E14
Surface resistivity	IEC 60093	Ohm	1E13
Comparative tracking index, CTI, test liquid A	IEC 60112	-	375
Comparative tracking index, CTI M, test liquid B	IEC 60112	-	125

#### Footnotes

- 1) If product name or properties don't state otherwise.
- 2) The asterisk symbol "\*" signifies inapplicable properties.
- 3) + = passed

BASF SE

67056 Ludwigshafen, Germany