

# Konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl

Tomáš Barbořík

---

Bakalářská práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**

**Fakulta technologická**

**Ústav výrobního inženýrství**

**akademický rok: 2010/2011**

# **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

**(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)**

**Jméno a příjmení: Tomáš BARBOŘÍK**

**Osobní číslo: T08576**

**Studijní program: B 3909 Procesní inženýrství**

**Studijní obor: Technologická zařízení**

**Téma práce: Konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl**

**Zásady pro vypracování:**

- 1. Vypracujte literární studii na dané téma.**
- 2. Připravte 3D model vstřikovaného plastového dílu.**
- 3. Provedte konstrukci vstřikovací formy pro daný díl.**
- 4. Nakreslete 2D sestavu formy.**

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:

**14. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**3. června 2011**

Ve Zlíně dne 11. ledna 2011

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



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*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 17. 5. 2011

.....

---

<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 nevdělečně 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 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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je vytvořit konstrukční návrh vstřikovací formy pro výrobu krytu skořepinového charakteru. V teoretické části je obecně popsána problematika procesu vstřikování, zásady konstrukce tělesa vstřikovací formy, struktura polymerů a jejich vhodnost užití v této aplikaci. Praktická část se zabývá vymodelováním daného dílu, určením vhodného vstřikovacího stroje a konstrukčním návrhem dvou dutinové vstřikovací formy za využití normálí firmy Hasco. Celý návrh je proveden, za pomoci 3D modelovacího softwaru DSS Catia a zhodnocen analýzou nejlepšího místa vtoku programu Autodesk Moldflow Insight.

Klíčová slova: vstřikování, polymer, vstřikovací stroj , vstřikovací forma, 3D konstrukce formy

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor thesis is to create constructional solution of an injection mold for housing of shell character. In the theoretical part are generally described an issues of injection molding process, principle of construction solutions of injection molds, structure of polymers and its suitability for this application. The practical part deals with a design of an engage molding part, determination of appropriate injection machine and constructional of double cavity injection mold with support standards provided by Hasco company. Entire constructional design is powered by 3D modeling software DS Catia and evaluated by analysis of best gate location in Autodesk Moldflow Insight programme.

Keywords: injection molding, polymer, injection machine, injection mold, 3D mold design

Velice rád bych tímto chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, doktoru Michalu Staňkovi za odborné vedení, cenné rady a čas, který mi věnoval při psaní této bakalářské práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

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

Ve Zlíně 17. 5. 2011

.....

podpis autora

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>10</b>
1.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	10
1.2 POLYMERY .....	12
1.2.1 Termoplasty.....	13
1.2.2 Reaktoplasty .....	13
1.2.3 Elastomery.....	13
<b>2 VSTŘIKOVACÍ STROJ</b> .....	<b>14</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA.....	15
2.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	16
2.3 OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE.....	17
<b>3 VSTŘIKOVACÍ FORMA</b> .....	<b>18</b>
3.1 KONSTRUKCE FORMY .....	18
3.1.1 Obecný postup konstrukce formy.....	19
3.1.2 Zaformování výstřiku .....	20
3.1.3 Dimenzování tvarové dutiny .....	20
3.2 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY.....	21
3.2.1 Plný kuželový vtok.....	22
3.2.2 Bodový vtok .....	23
3.2.3 Tunelový vtok .....	24
3.2.4 Boční vtok .....	24
3.2.5 Filmový vtok .....	25
3.2.6 Více vtokový systém .....	25
3.3 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SOUSTAVY .....	26
3.3.1 Vyhřívané trysky .....	26
3.3.2 Vyhřívané rozvodné bloky .....	27
3.4 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY .....	29
3.4.1 Válcové kolíky .....	29
3.4.2 Šikmé kolíky .....	30
3.4.3 Stírací deska .....	30
3.4.4 Vícestupňové vyhazování.....	31
3.4.5 Speciální způsoby.....	31
3.5 TEMPERACE FOREM .....	32
3.5.1 Aktivní prostředky.....	32
3.5.2 Pasivní prostředky .....	33
3.6 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM .....	33
3.7 MATERIÁLY FOREM .....	34



<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>36</b>
<b>4</b>	<b>STANOVENÍ CÍLŮ .....</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>VSTŘÍKOVANÝ DÍL .....</b>	<b>38</b>
5.1	PROFIL VSTŘÍKOVANÉHO DÍLU .....	38
5.2	MATERIÁL VÝSTŘIKU .....	38
<b>6</b>	<b>VSTŘÍKOVACÍ STROJ .....</b>	<b>40</b>
6.1	VÝBĚR STROJE.....	40
6.2	VÝPOČET POTŘEBNÝCH PARAMETRŮ STROJE.....	41
<b>7</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘÍKOVACÍ FORMY .....</b>	<b>43</b>
7.1	UŽITÉ PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ .....	43
7.1.1	DS Catia V5R18 (SP8).....	43
7.1.2	Autodesk Moldflow Insight 2011 .....	43
7.1.3	Hasco - Dako Modul (R1-2011).....	44
7.1.4	Luxion KeyShot 2 (v2.2.65).....	44
7.2	RÁM FORMY .....	45
7.3	NÁSOBNOST FORMY .....	47
7.4	ZAFORMOVANÍ VÝSTŘIKU.....	48
7.5	TVAROVÉ ČÁSTI .....	48
7.5.1	Tvárník a Tvárnice .....	48
7.5.2	Posuvná jádra .....	49
7.6	VTKOVÝ SYSTÉM.....	51
7.6.1	Horká tryska .....	52
7.6.2	Rozvodný kanál.....	52
7.6.3	Vtokové ústí .....	52
7.7	VYHAZOVACÍ SYSTÉM .....	53
7.8	TEMPERACE.....	54
7.9	ODVZDUŠŇOVACÍ SYSTÉM.....	56
7.10	TRANSPORTNÍ SYSTÉM VSTŘÍKOVACÍ FORMY .....	56
	<b>DISKUZE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>57</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>66</b>

## ÚVOD

Polymerní materiály dnes zaujímají nenahraditelnou pozici v mnoha aplikacích. Substitují dosud tradičně využívané materiály, jakými jsou dřevo, vlna, kov a sklo. Mohou jim konkurovat svou nízkou cenou, možnostmi zpracovatelnosti a především svými mechanicko-fyzikálními vlastnostmi, které bychom u jiných, zejména přírodních materiálů jen stěží hledali. Díky tomu zaujímají pevnou pozici v mnoha různorodých oborech lidské činnosti a umožňují konstrukci a následnou výrobu velice komplikovaných produktů, které by byly zcela nemyslitelné, nebo jen obtížně vyrobitelné konvenčními způsoby.

Polymerní systémy lze zpracovávat mnoha technologiemi. Jednou z nejpoužívanějších je metoda vstřikování. Vyznačuje se velkou efektivností výroby, možnou tvarovou složitostí produktu a jeho přesností bez nutnosti dodatečných úprav. Tavenina se vstřikuje do kovové formy, jejíž dutina má negativní tvar budoucího výrobku. Spolu se vstřikovacím strojem tvoří velice nákladný a složitý nástroj, který má za úkol vyrobit desítky tisíc výrobků.

Díky silnému technologickému rozvoji na poli výpočetní techniky dochází ke stále větší penetraci těchto technologií i do sektoru konstrukce a samotné výroby forem, kde výrazným způsobem urychlují a usnadňují konstrukční návrhy a mechanické analýzy. Jedná se především o CAD, CAM a CAE řešení. Využitím těchto vysoce specializovaných programů se zamezí možným chybám při výrobě vstřikovací formy a lze předejít vadám na výstřicích. Výsledkem je zkvalitnění a zrychlení výroby při menším počtu nutných dodatečných úprav na vyrobené formě, což se v důsledku přináší menší finanční zátěž a vyšší zisky.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 VSTŘIKOVÁNÍ

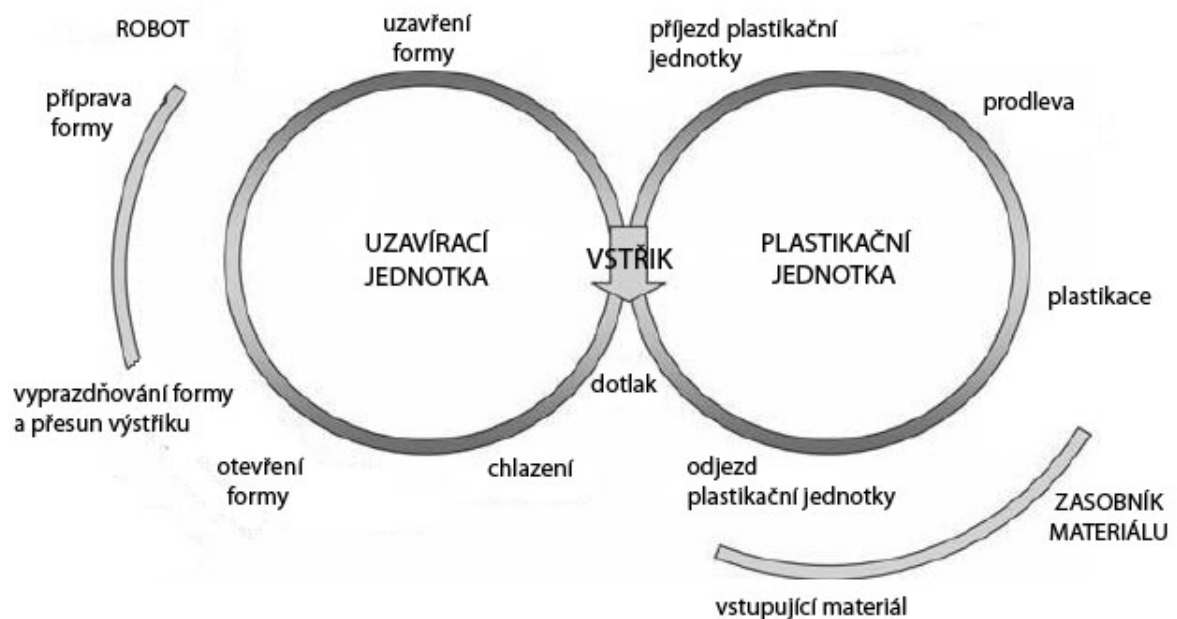
Proces vstřikování polymerních materiálu je velice složitý tepelně - mechanický proces tváření, kterého se zúčastňuje výchozí materiál, vstřikovací stroj a forma jako nástroj udělující výrobku (tzv. výstřiku) konečný tvar. [1]

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy, kde ztuhne ve finální výrobek. Tlaková komora je součástí vstřikovacího stroje a zásoba vstřikovaného materiálu je v ní během cyklu stále doplňována. [6]

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, jedná se o proces diskontinuální, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky. [15]

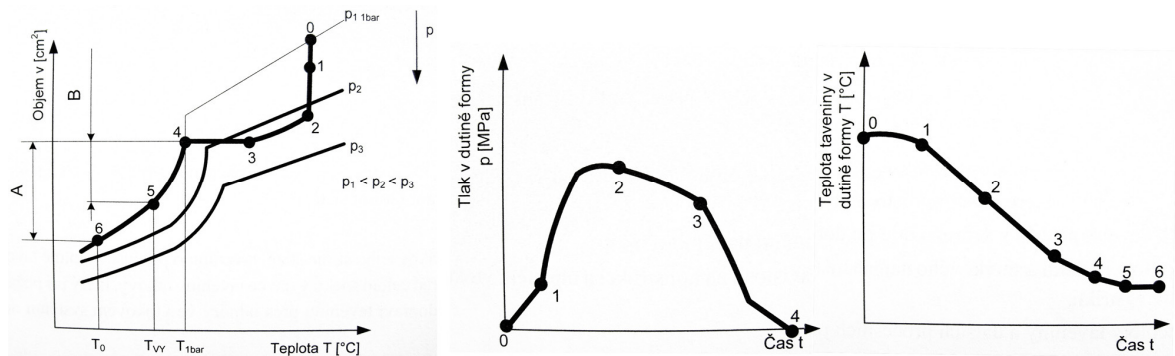
## 1.1 Vstřikovací cyklus

Soustava úkonů, které musí vykonat plastikační a uzavírací jednotka pro zdárné vytvoření výstřiku ve formě.



Obr. 1. Průběh vstřikovacího cyklu. [7]

Jedná se o neizotermický proces, během něhož plast prochází teplotním zatížením. Při popisu vstřikovacího cyklu je nutno jednoznačně definovat jeho počátek. Za počátek cyklu lze považovat okamžik odpovídající impulsu k uzavření formy. Lze popsat  $p$  $T$  diagramem. [15]



Obr. 2. Diagram  $p$  $T$  vstřikovacího cyklu. [10]

*bod {0}* – šnek v plastikační komoře vstřikovacího stroje tlačí taveninu o příslušné teplotě, tím vyvolá vstřikovací tlak před čelem šneku v dávce taveniny takový, který při požadované vstřikovací rychlosti dopraví taveninu přes odpory vtokového systému až k ústí dutiny;

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

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

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

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

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

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

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

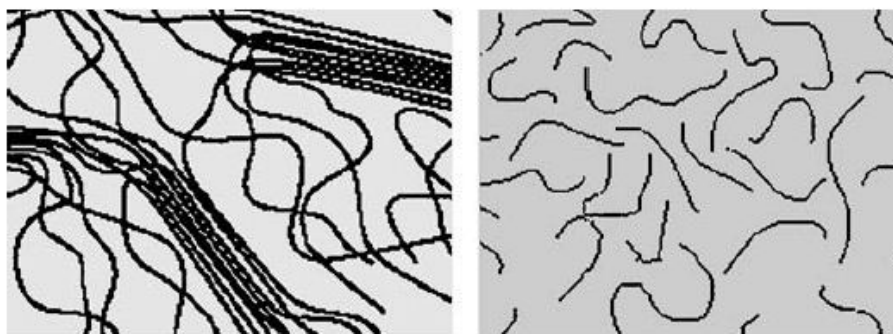
*bod {5;6}* – dochlazení výstřiku mimo formu. [10]

## 1.2 Polymery

Plasty jsou obecně makromolekulární látky o molekulové hmotnosti vyšší jak  $10^4$  a z chemického hlediska jsou to látky organické. Podstatou polymerů je makromolekulární látka přírodního nebo syntetického původu, v jejichž makromolekule se jako články řetězu mnohokrát opakuje základní monomerní jednotka. Základním prvkem řetězce je atom uhlíku. Uhlíkové atomy mají schopnost vzájemně se vázat a vytvářet dlouhé řetězce. V zásadě existují tři druhy polymerních makromolekul: lineární, rozvětvené (typické pro termoplasty) a zesíťované (kaučuky, reaktoplasty). Tyto vysokomolekulární látky vznikají polyreakcemi (polymerace, polykondenzace a polyadice). Jedná se v podstatě o velmi jednoduché chemické reakce, které se mnohokrát opakují, takže původní nízkomolekulární sloučenina (tzv. monomer) přechází ve vysokomolekulární látku zvanou polymer. [1, 11]

Podle nadmolekulární struktury se dělí na:

- amorfní polymery, kde makromolekuly zaujímají zcela nahodilou pozici (Obr. 3). Charakteristická je pro ně tvrdost, křehkost, vysoká pevnost, vysoký modul pružnosti  $E$  a vizuálně jsou transparentní. Oblast jejich použitelnosti se pohybuje do teploty  $T_g$ . Patří zde PS, PMMA, PC, apod.
- krystalické polymery, které vykazují určitý stupeň uspořádanosti tzv. stupeň krystalicity. Vyjadřuje relativní podíl uspořádaných oblastí, uložených mezi oblastmi amorfními (Obr. 3). Tato hodnota nemůže nikdy dosáhnout 100%, proto se často označují jako semikrystalické. Jsou houževnaté, mléčně zakalené, pevnost a modul pružnosti  $E$  roste se stupněm krystalicity. Oblast jejich použitelnosti se pohybuje do teploty  $T_m$ . Patří zde PE, PA, POM, PP, PTFE, apod. [14]



Obr. 3. Konformace makromolekul pro semikrystalický polymer (vlevo) a amorfní polymer (vpravo). [4]

### 1.2.1 Termoplasty

Jedná se o polymerní materiály, které vlivem zahřívání přecházejí do plastického stavu, tedy stavu vysoce viskózních neneutronovských kapalin, kde je lze relativně 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 polymerů, jako je polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polyamid (PA), atd. [14]

### 1.2.2 Reaktoplasty

Polymerní materiály, dříve označovány jako termosety, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci (tzv. vytvrzení). Výrobek je možno považovat za jednu velkou makromolekulu. Tento děj je nevratný a vytvrzené plasty nelze roztavit ani rozpustit, dalším zahříváním dojde k degradaci hmoty. Patří sem fenolformaldehydové hmoty, epoxidové pryskyřice, polyesterové hmoty, apod. [14]

### 1.2.3 Elastomery

Jedná se o polymerní materiály, které v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury (tzv. vulkanizace), čímž jsou převedeny na pryž. Jakmile je proces ukončen, další tváření již není možné. Výrazným rozdílem, v komparaci s reaktoplasty, je schopnost těchto polymerů po vulkanizaci vydržet bez poškození velké vratné deformace. 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. [14]

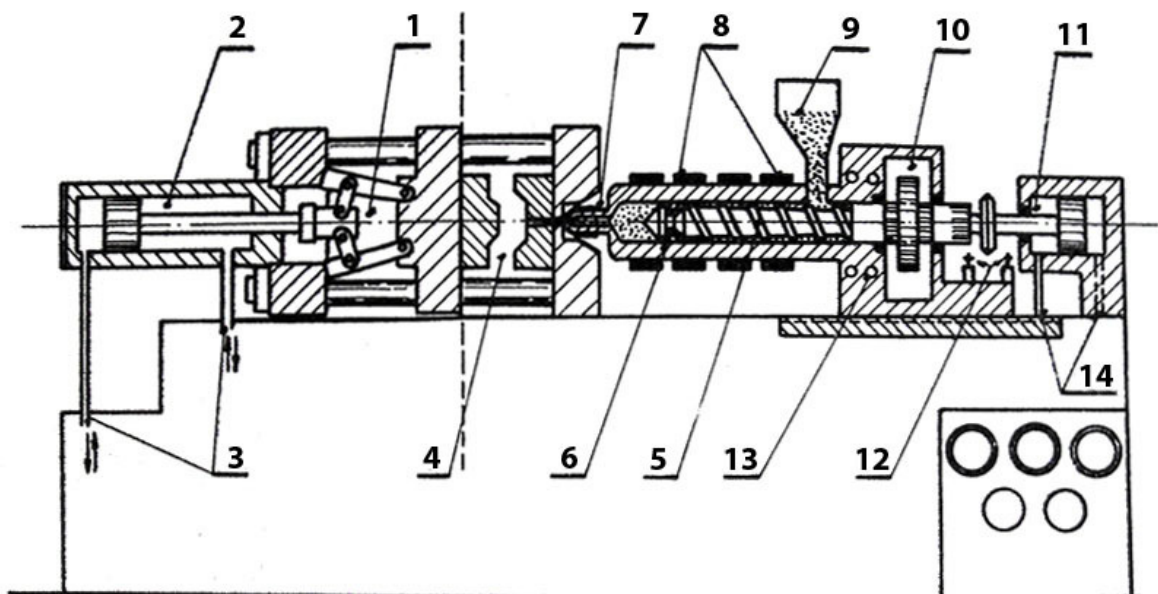
## 2 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací proces probíhá na moderních strojích většinou plně automaticky, tím se dosahuje velké produktivity výroby. Pořizovací cena strojního zařízení i vstřikovací formy je však značně vysoká, proto je tato technologie vhodná zejména pro velkosériovou a hromadnou výrobu. [12, 5]

Vstřikovací stroj (Obr. 4) jako celek je výrobní zařízení, které umožňuje roztavení plastické hmoty a její homogenizaci, dále vstříknutí taveniny pod vysokým tlakem do uzavřené formy, kde tavenina následně chladne. Nevhodný výběr stroje, již od počátku zvyšuje možnost výroby nepřesných výstřiků s vadami rozličného druhu. [6, 5]

Základní části stroje:

- vstřikovací jednotka,
- uzavírací jednotka,
- ovládací jednotka.



Obr. 4. Schéma šnekového vstřikovacího stroje. [6]

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



V současnosti se používají především hydraulické nebo hydraulicko-mechanické stroje, většinou stavebnicového uspořádání s různým stupněm elektronického řízení. [1]

Vstřikovací stroj pro přesné výstřiky vyžaduje aby:

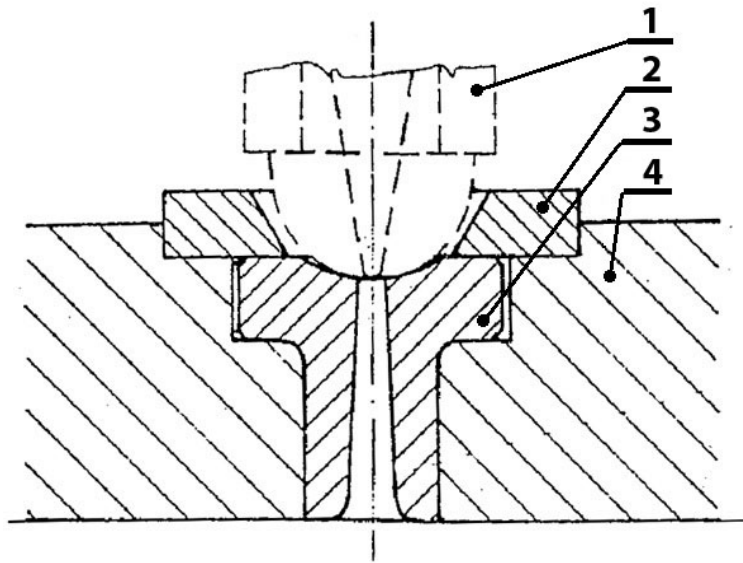
- byl tuhý a pevný při vstřiku,
- měl konstantní tlak, rychlost, teplotu, ostatní parametry a jejich časování,
- měl přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů. [1]

## 2.1 Vstřikovací jednotka

Má za úkol připravit a dopravit požadované množství roztaveného polymeru s požadovanými technologickými parametry do formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracováváný polymer z násypky pohybem šneku. Maximální vstřikované množství nemá překročit 90% kapacity jednotky, protože je zde nutná rezerva pro případné doplnění úbytku materiálu vlivem chlazení. Dále je polymer postupně transportován šnekem přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Postupně se tedy plastikuje, homogenizuje a hromadí před čelem šneku, který se současně axiálně posunuje ve válci do zadní polohy. [1, 6]

Topení tavného válce je rozděleno do tří zón. Část tepelné energie vznikne disipací polymerního materiálu. Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou (Obr. 5). Kulové zakončení trysky zajišťuje bezpečné a přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. [1]

Vstřikovací trysky mohou být otevřené a uzavíratelné. Otevřené jsou využívány nejčastěji pro vstřikování polymerů s větší viskozitou. Uzavíratelné zabraňují samovolnému vytékání materiálu při plastifikaci. K otevření trysky dochází odjištěním jehlového uzávěru při dosednutí trysky do sedla vtokové vložky. [1, 6]



Obr. 5. Usazená vstříkovací tryska na vtokové vložce. [1]

1 – vstříkovací tryska, 2 – středící kroužek, 3 – vtoková vložka, 4 – deska formy

## 2.2 Uzavírací jednotka

Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je nastavitelná a je přímo závislá na velikosti vstříkovacího tlaku a průmětu plochy dutiny formy (včetně vtokových kanálů) do dělící roviny. [1]

Hlavní části uzavírací jednotky:

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

Uzavírací mechanismus je hlavním znakem kvality uzavírací jednotky. [1]

Konstrukční provedení uzavíracích jednotek:

- hydraulické uzavírací jednotky umožňují otevření formy hydraulickým tlakem a vyžadují zajištění uzavřené polohy závorou,
- hydraulicko - mechanické jednotky jsou nejčastěji užívané u strojů vstříkujících nízkou gramáž taveniny. Zaručují vyšší uzavírací rychlost, potřebné zpomalení před dosednutím dělících rovin a dostatečnou tuhost celé soustavy. Jsou konstruovány

jako kloubové mechanizmy ovládané hydraulickým válcem. Zajištění uzavřené polohy zde realizuje hydraulický válec s velkým průměrem pístu. [1]

### 2.3 Ovládaní a řízení vstřikovacího stroje

Vysoká schopnost řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je význačným a nutným faktorem. Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na přesnosti a kvalitě výroby výstřiků. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými regulačními prvky. [1]

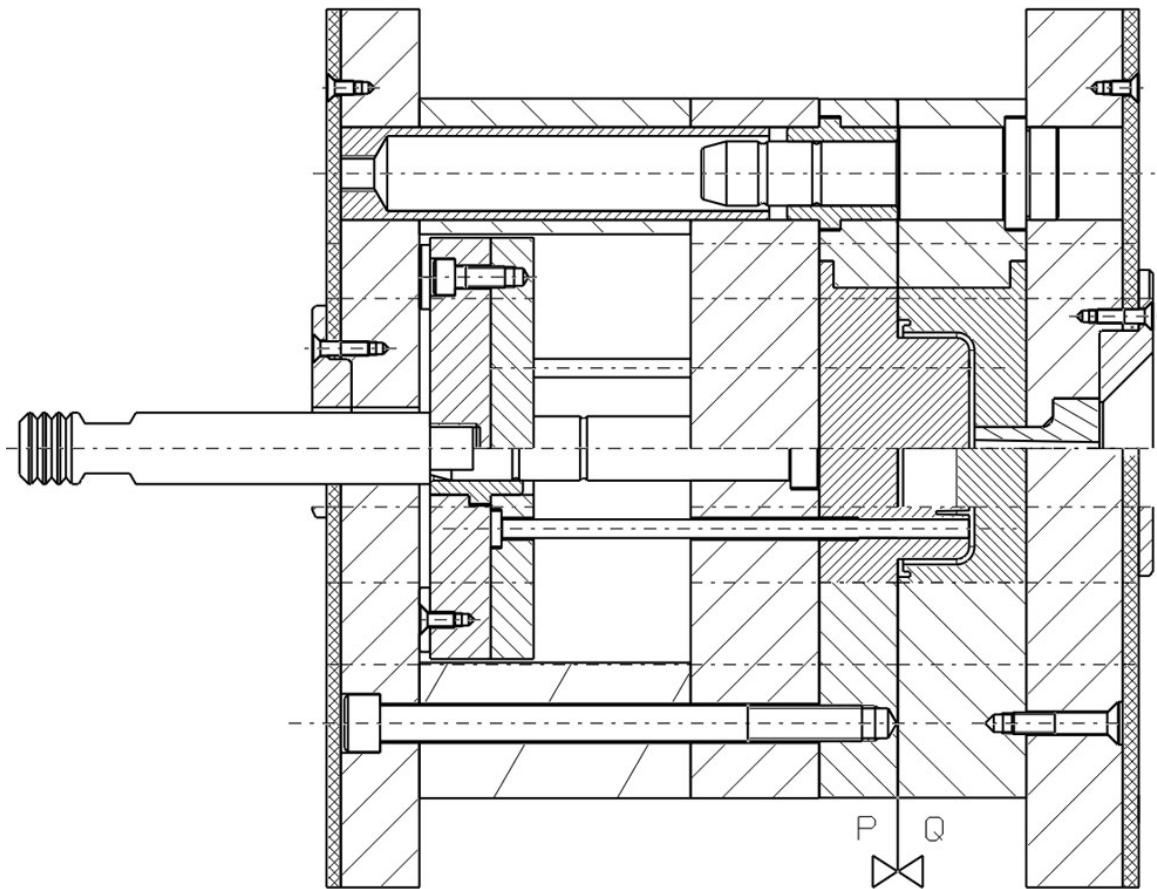
Stroje současné doby jsou řízeny elektronickou jednotkou s procesorem. Místo obvyklé stroje textové formy nastavování technologických parametrů se využívají nejrůznější grafické nadstavby, kteréžto jsou zobrazovány LCD displejem přímo na informačním panelu vstřikovacího stroje. Mnohdy jsou tyto stroje propojeny rozhraním se stolním počítačem s "dospělým" operačním systémem a připojením k lokální počítačové síti, nebo tento počítač mají implementovány přímo ve svém těle. Obsluha tedy nemusí k zjištění podrobných informací o výstřiku přecházet k jinému terminálu. Koncepčně je celé řízení rozděleno:

- sestavení grafu vstřikovacího cyklu,
- definice a nastavení parametrů,
- kontrola procesu. [1, 4]

Veškerá nastavení vstřikovacího procesu jsou čidly zpětně verifikovány a případně dynamicky upravovány v závislosti na vnějších podmínkách. Na přesnost a jakost výstřiků má řízení stroje rozhodující vliv, tím že určuje a dodržuje přesnost nastavení výše i doby vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiku. Dále nastavením hodnoty teploty taveniny, jejíž homogenizací jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiků. Vedle vstřikovacího stroje a polymeru ovlivňuje tyto parametry i forma, její teplota a doba chlazení. [1]

### 3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma (Obr. 6) je výměnou části uzavírací jednotky. Její funkcí je dát tavenině výsledný tvar výrobku a zachovat jej až do ztuhnutí a ochlazení na takovou teplotu, při níž nedochází k podstatnější deformaci. Forma je vedle plastikačního válce nejdůležitější částí vstřikovacího stroje a na její konstrukční a výrobní přesnosti závisí nejen rozměrové tolerance výrobku, ale i jeho užité mechanické vlastnosti a také ekonomie celé výroby tj. dosažitelný stupeň automatizace. [6, 5]



Obr. 6. Řez vstřikovací formou.

#### 3.1 Konstrukce formy

Výroba dílů vstřikováním probíhá na vstřikovacím stroji a ve formě v krátkém časovém intervalu, za působení dostatečného tlaku, teploty a dalších nutných parametrů. Z toho vyplývají základní požadavky na stroj a formu, které spolu úzce souvisí. [1]

U formy se vyžaduje:

- maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí formy i celků, pro zachycení vznikajících tlaků,
- vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch dutiny formy,
- správná funkce formy, vhodný vtokový, vyhazovací, temperační a odvzdušňovací systém,
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou. [1]

Větší robustnost forem, kterou vyžadují použité tlaky při vstřikování, často svádí k méně citlivému zacházení. To bývá někdy příčinou jejich nedokonalé funkce, snížené přesnosti i životnosti. Proto je nutné respektovat zásady a směrnice při jejich konstrukci, výrobě i obsluze. [1]

### 3.1.1 Obecný postup konstrukce formy

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji, jsou podkladem pro konstruktéra forem. Celá koncepce konstrukce vstřikovací formy musí směřovat k možné a snadné výrobní technologii dle stanovených požadavků. [1]

Vlastní konstrukce pak má následující postup:

1. Posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek.
2. Určení dělicí roviny součásti a způsobu zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Je zde nutné respektovat také směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění vtoků a vyhazování z dutiny formy.
3. Dimenzování tvarových dutin a navržení jejich topologie. Volba vhodného vtokového systému, velikosti jeho průřezu, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálu i ústí vtoků.
4. Stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvzdušnění dutin formy.
5. Navržení vhodného rámu formy s ohledem na typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperaci formy.

6. Výběr vhodného středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupný prostředků.
7. Kontrola funkčních parametrů formy, hmotnosti výstřiku, jeho průmětné plochy, vstřikovacího tlaku, uzavíracího tlaku a dalších faktorů s ohledem na doporučený stroj. [1]

### 3.1.2 Zaformování výstřiku

Dělicí rovina bývá zpravidla rovina rovnoběžná s upínací plochou formy. Může ovšem být i šikmá, nebo různě tvarovaná, případně vytvářet u výstřiků s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí roviny. Taková koncepce způsobuje obtížnější a dražší výrobu formy a zvyšuje počet nevázaných rozměrů. Je snaha se takovým tvarům vyhnout. Nepřesnost v dělicí rovině může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. Proto je třeba, aby dělicí rovina:

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

Pozitivní úlohu hraje dělicí rovina při odvzdušnění dutin formy. [1]

### 3.1.3 Dimenzování tvarové dutiny

Tvar a rozměry funkčních dílů, které jsou převážně umístěny v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu. Jejich dimenzování je důležitou etapou konstrukčního řešení. [1]

Chybně dimenzované rozměry se projeví v nedodržení rozměrů výstřiku. V případě, že se nejedná o rozměr s předepsanou tolerancí, lze tuto chybu někdy napravit úpravou technologických parametrů, někdy však jen nákladnou korekcí rozměrů formy. [1]

Povrch i rozměry výstřiku jsou tedy dány přesností tvarové dutiny a kvalitou její plochy, která je obvykle složena z tvárnice, tvárníku, jader a tvarových vložek. Přesnost dutin se pohybuje v rozmezí IT 8 až IT 10 a ovlivňují ji tři činitelé: [1]

- smrštění polymeru (zejména provozní),
- výrobní tolerance,
- opotřebení dutiny formy.

Nejčastější příčinou chybného dimenzování rozměru je především nepřesný odhad smrštění daného rozměru v průběhu tváření polymeru. Správný odhad velikosti provozního smrštění pro konkrétní rozměry dílů, je někdy obtížně určit. Konstruktor je většinou odkázán na vlastní zkušenosti. V posledních letech se v této oblasti užívá CAE (z angl. computer aided engineering) aplikací, které pracují na modelu konečně prvkového systému. Na základě této konečně prvkové analýzy a vstupních procesních informacích dokáží aproximovat možně výsledné smrštění výstřiku. [1]

Velikost smrštění ovlivňuje:

- tvar výstřiku (rozměry a tloušťka stěn, ...),
- konstrukce formy (vtokový systém, poloha a velikost ústí vtoku, temperace formy),
- technologie vstřikování (tlak, teplota taveniny, ...). [1]

### 3.2 Studené vtokové systémy

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného polymeru od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. [1]

Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jeho ústí ovlivňuje:

- rozměry, vzhled i mechanické vlastnosti výstřiku,
- spotřebu polymerního materiálu,
- náročnost opracování při začišťení výstřiku,
- energetickou náročnost výroby. [1]

Zásady řešení studených vtokových systémů:

- dráha toku taveniny od vstřikovacího stroje do dutiny formy má být co nejkratší a to bez zbytečných tlakových a časových ztrát,
- v případě více dutinové formy má tavenina dorazit do všech dutin při stejném tlaku a současně,
- délka dráhy toku má být ke všem dutinám stejně dlouhá, aby se zajistilo rovnovážné plnění,
- plnění dutiny má probíhat při co nejmenším počtu vtoků, pro snížení výskytu studených spojů,
- průřez vtokových kanálů se musí dimenzovat dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku k eliminaci smrštění,
- u vícenásobných forem je vhodné odstupňovat průřez kanálů, aby byla zachována stejná rychlost taveniny. [1, 9]

Pro splnění uvedených zásad je nutné splnit:

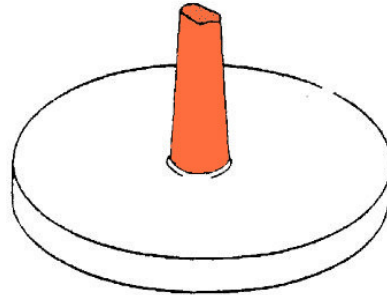
- zaoblit všechny ostré hrany vtokových kanálů na minimální hodnotu  $R = 1 \text{ mm}$ ,
- stanovit úkosovitost všech vtoků, pro jejich snadné odformování minimálně však  $1,5^\circ$ ,
- podkosy volit jen u přidržovače,
- leštit povrch vtokového systému s orientací ve směru vyjímání, minimální  $R_a = 0,2 \mu\text{m}$ ,
- pokud to topologie vtokového systému dovolí, užít jímek pro zachycení chladnějšího čela taveniny a tím snížit možný vznik povrchových vad výstřiku,
- neprovádět větvení vtokového systému pod ostrým úhlem, ale právě naopak pod úhlem větším než  $90^\circ$ . [1]

### 3.2.1 Plný kuželový vtok

Přivádí taveninu do tvarové dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Používá se převážně u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Je vhodný především pro tlus-



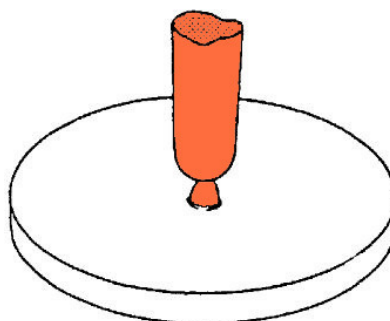
tostěnné výstřiky. Z hlediska působení dotlaku je velmi účinný, protože vtok tuhne ve formě poslední. Jeho odstranění je pracné a zanechává vždy stopu na výrobku. Pro určení jeho průměru platí, že ústí vtoku má být o 1 až 1,5 mm větší, než je tloušťka stěny výstřiku. Pro menší tloušťky stěn se používá čokovitého zahlobení oproti vtokovému ústí. [1]



Obr. 7. Plný kuželový vtok. [7]

### 3.2.2 Bodový vtok

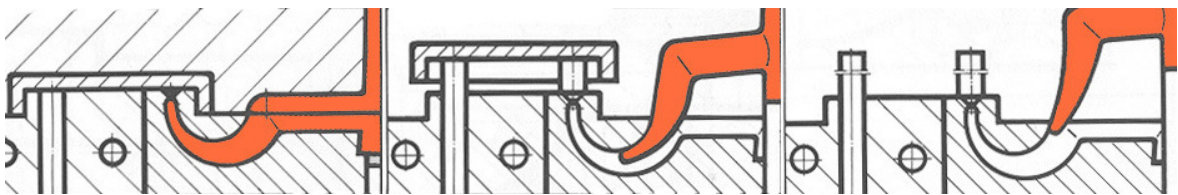
Jedná se o nejužívanější typ zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, které leží mimo nebo i v dělicí rovině. Může vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo z rozváděcích kanálů. Vyžaduje systém třídeskové formy. U tohoto typu musí být zajištěno, aby nejprve došlo k odtržení vtokového ústí a teprve potom k otevření formy v dělicí rovině. V zúženém místě vtoku dochází při odformování k odtržení vtokového zbytku od výstřiku. U tenkostěnných výstřiků se nejužší místo volí dál od těla výstřiku, než je tomu u výstřiků tlustostěnných, tím je zamezeno vytržení materiálu na budoucím výrobku. [1]



Obr. 8. Bodový vtok. [7]

### 3.2.3 Tunelový vtok

Je zvláštní případ bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výstřik. Umístění může být v pevné i v pohyblivé části formy. Není proto nutné konstruovat formu s více dělicími rovinami. Předpokladem dobré funkce tunelových vtoků je existence ostré hrany, která odděluje při odformování vtokový zbytek od výstřiku. To je třeba zvážit u vzhledově náročných výstřiků. Není-li zaústění do boku výstřiku možné, využívá se zaústění do vnitřního nálitku, žebra apod. Oddělení vtokového zbytku se provádí buď při otevírání formy, nebo při vyhazování výstřiku, k tomu je ale nutno užít přidržovače vtoku. [1]

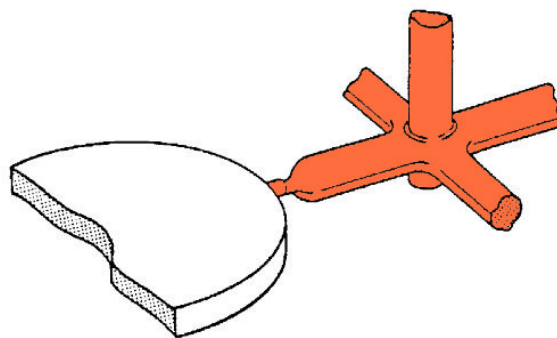


Obr. 9. Srpkovitý vtok. [1]

Zvláštním typem tunelového vtoku je srpkovitý (banánový) vtok, který umožňuje umístit vtokové ústí do části výstřiku, ve kterém nepůsobí rušivě. Takový vtok je vhodný jen pro plasty s vysokou elasticitou. [1]

### 3.2.4 Boční vtok

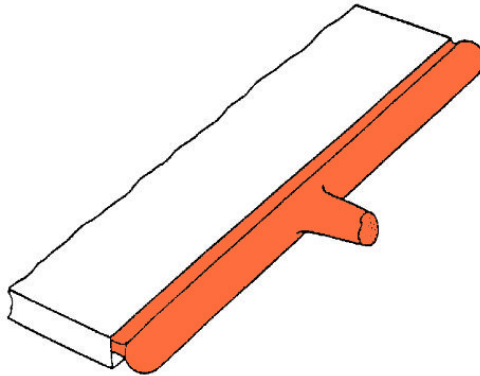
Jedná se o typ se zúženým vtokovým ústím, které leží v dělicí rovině. Průřez bývá obvykle obdélníkový, ale může být i jiný (kruhový či lichoběžníkový). Je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Při odformování zůstává zpravidla výstřik od vtokového zbytku neoddělený. Při automatickém cyklu se řeší jeho oddělení zvláštním odřezávacím zařízením, které je součástí formy. Ústí se často upravuje do tvaru vějíře k zamezení volného vstřiku. [1]



Obr. 10. Bodový vtok. [7]

### 3.2.5 Filmový vtok

Je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí. Užíván hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. Mezi filmové vtoky se ještě řadí vtoky diskové, prstencové, deštníkové a další. [1]



Obr. 11 Filmový vtok. [7]

Od filmového ústí se vyžaduje:

- dodržení rovinnosti, přímosti a přesnosti tvaru výstřiku,
- malé vnitřní pnutí,
- odstranění studených spojů,
- vyvážení tlaku, kterým proudící tavenina působí na jádra,
- zmenšení rychlosti taveniny vstupující do formy,
- zmenšení odporu vtokového systému. [1]

Důležitým aspektem je, že rozvedení taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu. Toto se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu. [1]

### 3.2.6 Více vtokový systém

Pro výstřik je účelné naplnit dutinu formy taveninou jedním vtokem. Neumožňuje-li to tvarová dutina (nebo i jiný důvod - rychlost plnění) použije se více vtoků. Před použitím je třeba zvážit jejich vliv na uzavírání vzduchu a vznik studených spojů při setkání proudů taveniny z jednotlivých vtoků. [1]

### 3.3 Vyhřívané vtokové soustavy

Technologie vstřikování s použitím vyhřívaných vtokových soustav spočívá v tom, že polymerní tavenina po naplnění formy, zůstává v celé oblasti vtokového kanálu až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodového vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. I přes malý průřez ústí je ovšem možné částečně pracovat s dotlakem. Menší nevýhodou oproti studeným vtokovým systémům je nutnost užití regulátorů a vyhřívaných bloků, které zvyšují energetickou náročnost výroby. [1, 13]

I přes tyto výše popsané nevýhody dochází k nárůstu využívání této technologie, protože:

- umožňuje automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus,
- snižuje spotřebu polymeru - žádné vtokové zbytky,
- snižuje náklady na dokončovací operace,
- odpadá manipulace a regenerace vtokových zbytků. [1]

#### 3.3.1 Vyhřívané 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. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky vstřikování. Tyto soustavy se kupují jako celky u specializovaných firem. [1]

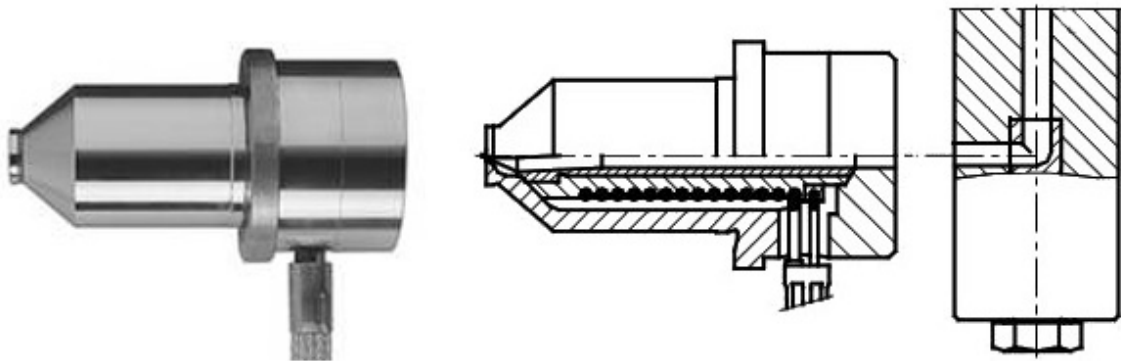
Nepřímo ohřívané trysky, jejichž jednodušší provedení si zpracovatel může sám vyrobit, se vyznačují dvěma provedeními:

- dotápěné vyústění izolovaného rozvodu vtoků. Je charakterizováno miniaturním topným tělesem, které je zabudováno do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do vyústění vtoků. U tohoto způsobu je nutné dodržovat poměrně rychlý pracovní cyklus,
- druhý způsob se vyznačuje přenosem tepla z vyhřívaného rozvodu vtoků na trysku. Je dokonalejší oproti dříve popisovanému systému. Používá se pro vícenásobné formy. [1]

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. Při vstřikování abrazivních a plněných materiálů je ocelový materiál legován molybdenem. Z vnější strany je kolem tělesa trysky umístěno topení,
- trysky s vnitřním topením. U tohoto systému tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku (torpédo), zhotovenou také z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí. [1]

Tyto typy trysek jsou konstrukčně upraveny tak, že ústí je otevřené pro polymer, který netáhne vlas (PE) nebo se špičkou pro polymer, který je náchylný k tažení vlasu (PS, ABS, PP). Při použití velkého průřezu ústí je nutno užít uzavírací jehlu. [1]

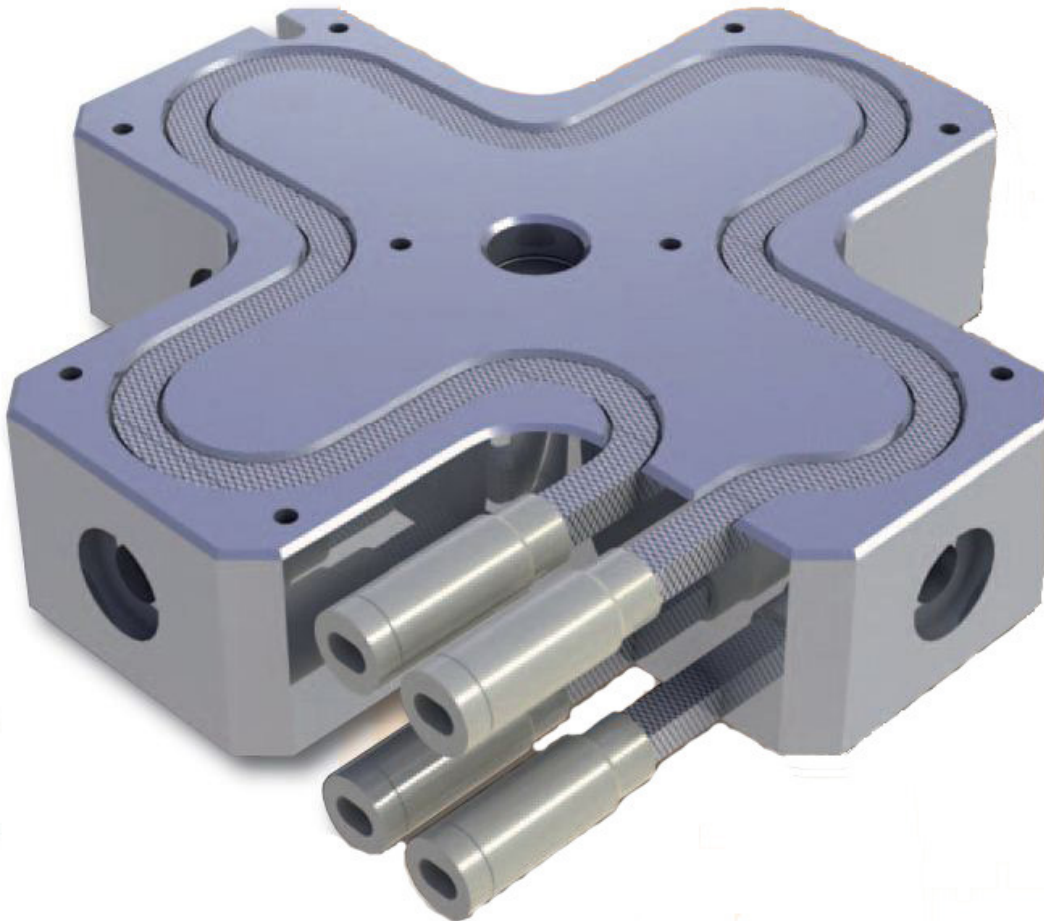


Obr. 12. Vyhřívaná tryska bez hrotu. [16]

### 3.3.2 Vyhřívané rozvodné bloky

Vstřikovací formy s rozvodným blokem se používají v kombinaci s vyhřívanými nebo izolovanými tryškami s předkomůrkou. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce silně závisí na rovnoměrném vytápění. Blok je ocelový a je 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 reprezentovaného písmeny I, H, X, Y či hvězdice. Blok jako celek musí být izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou a leštěnými plechy. Vytápění je realizováno elektrickým odporovým topením v podobě topných hadů zalitých v mědi či topnými patronami. Regulace výkonu topení probíhá pomocí teplotních senzorů, které následně předávají potřebné informace regulátoru. Kanály pro taveninu musí být pre-

cizně vyrobeny, protože nikde nesmí vzniknout ostré hrany a přechody s mrtvými kouty. Celý blok je ve formě středěn a zajištěn proti otočení pomocí trysek a kolíků. [1, 13]



*Obr. 13. Vyhříváný rozvodný blok tvaru X. [16]*

### 3.4 Vyhazovací systémy

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřík. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. [2]

Obsahuje dvě fáze:

- dopředný pohyb, vlastního vyhazování,
- zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do původní polohy. [2]

Základní podmínkou správného vyhazování výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jeho stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší než 30°. Vyhazovací systém musí výstřík vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité a musí být vždy voleno s ohledem na fakt zanechání co nejmenší stopy po vyhození. V základní poloze tvoří část funkční dutiny. U hlubokých tvarů je třeba počítat s jejich zavzdušněním. [2]

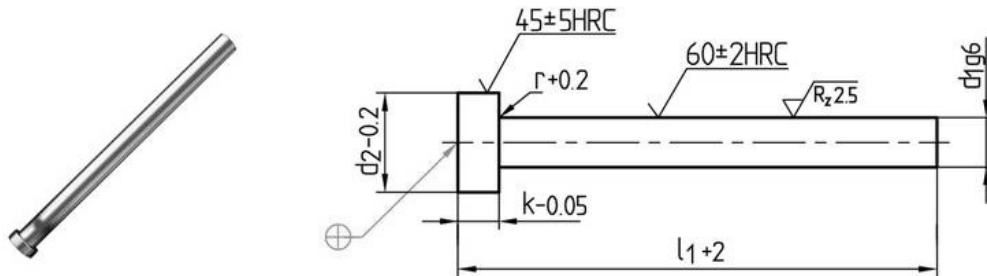
#### 3.4.1 Válcové kolíky

Jedná se o nejčastější a nejlevnější způsob vyhazování výstřiků. Uvedený systém lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Jsou výrobně jednoduché a funkčně zaručené. [2]

Správná volba tvaru vyhazovacího kolíku i jeho vhodného umístění, umožní snadné vyhození výstřiku bez vážnějšího poškození. Kolík se musí opírat o stěnu nebo žebro výstřiku, které se nesmí při vyhazování bortit. Jinak by mohla nastat trvalá a nežádaná deformace výstřiku. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy, proto je není vhodné umísťovat oproti pohledovým plochám. Pokud je vyhazování realizováno větším množstvím vyhazovacích kolíků, tak se snižuje možný využitelný prostor pro temperační kanály. [2]

Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem mechanického vyhazování. Z konstrukčního hlediska mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Jejich tvar je obvykle válcový. Mohou však mít jakýkoliv jiný tvar, včetně speciálního tvarového čela. Ve formě jsou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/k6 dle požadované funkce a viskozity vstříkovaného

polymeru. Vůle v uložení působí zároveň i jako odvzdušnění. Tvar i způsob ukotvení má nejrůznější podobu. [2]



Obr. 14. Válcový vyhazovací kolík. [16]

### 3.4.2 Šikmé kolíky

Jsou speciální formou mechanického vyhazování. Šikmé vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou k ní uloženy pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Tím se odstraní využití konstrukčně náročných posuvných čelistí s klínovým mechanismem. Je snahou, aby způsob byl funkčně dokonalý a výrobně jednoduchý. [2]

### 3.4.3 Stírací deska

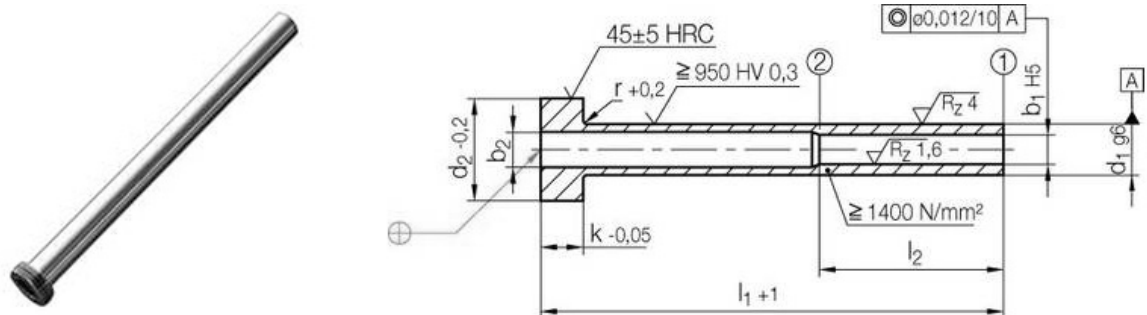
Jedná se o typ plošného vyhození, kdy vyhazovací síla působí po celém obvodu výstřiku. Díky velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku žádné stopy po vyhození. Používá se především u tenkostěnných výstřiků, kde je vysoké nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných výstřiků, které vyžadují velkou vyhazovací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

Tento způsob se používá i pro vícenásobné formy, někdy se doplňuje systémem oddělování výstřiku od stírací desky (např. odpruženým vyhazovačem). To především proto, že zde často dochází k "lepení" výstřiku svým povrchovým napětím a elektrostatickou silou k povrchu stírací desky. Lze použít i ofukování stlačeným vzduchem.

Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu, který působí přes vyhazovací desku spojenou táhly se stírací deskou. Síla může být také vyvozena pružinami, hydraulickým, nebo pneumatickým zařízením. Pro zvýšení životnosti je stírací deska obvykle vyložena tepelně zpracovanou tvarovou vložkou, upevněnou v desce. [2]



Užití trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač s axiálním otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Uvnitř vyhazovače je vedeno jádro, které je upnuto v nehybné desce. [2]



Obr. 15. Trubkový vyhazovací kolík. [16]

#### 3.4.4 Vícestupňové vyhazování

Patří do skupiny mechanického vyhazování. Vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se navzájem ovlivňují. Způsob umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. Proto se s výhodou užívá k vyhazování tenkostěnných výstřiků v kombinaci - stírání s vyhazovacími kolíky, při šikmém vyhazování výstřiků se zápichem apod. Rovněž se tento způsob využívá k oddělování vtokových kanálů od výstřiku přímo v dutině formy. [2]

#### 3.4.5 Speciální způsoby

- vzduchové vyhazování: Je vhodným systémem pro vyhazování tenkostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Stlačený vzduch je zde zaváděn mezi výstřik a líc formy. Způsob není tak častý, ale pro výstřiky uvedeného tvaru (např. kbelík) velmi výhodný. Běžné mechanické vyhazování větších výstřiků vyžaduje značné zvětšení délky formy (velký zdvih vyhazovače), bez záruky dobré funkce.
- hydraulické vyhazování: Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů s výhodou pružnějšího pohybu. [2]

### 3.5 Temperace forem

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

Některé plasty se zpracovávají při vyšších teplotách formy (PC). V takovém případě jsou tepelné ztráty formy do okolí větší, než její ohřátí taveninou a musí se forma naopak ohřívat. Taktéž při zahájení výroby je třeba nejdříve formu vyhřát na pracovní teplotu. V opačném případě by nebyla garantována dostatečná kvalita výstřiků a reprodukovatelnost. [2]

Úkolem temperace je:

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

Pokud má forma dostatečnou hmotnost a dobře řešený temperační systém, zvýší se její tepelná a tím i rozměrová stabilita a sníží se nebezpečí deformace, při vysokých vstřikovacích tlacích. [2]

#### 3.5.1 Aktivní prostředky

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

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

- u vzduchu se využívá buď volného proudění, nebo nuceného proudění působením přetlaku či podtlaku. Díky malé účinnosti se užívá jen v místech, kam není možné přivést kapalinu pro nedostatek prostoru,
- topné elektrické články se využívají především k temperaci forem na požadovanou vyšší teplotu v případě, kdy ztráty do okolí jsou větší, než teplo dodané vstříkovaným polymerem. [2]

### 3.5.2 Pasivní prostředky

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

- tepelné izolační materiály, které se využívají především k omezení přestupu tepla do upínacích desek vstříkovacího stroje a to zejména v případech, kdy potřebujeme vysokou teplotu formy. Zde se volí pevnostně a teplotně odolné materiály na bázi vyztužených reaktoplastů, či nekovových anorganických látek,
- tepelně vodivé materiály se užívají k odvodu resp. přívodu tepla z míst jiným způsobem obtížně temperovatelných do míst, kde lze již odvod resp. přívod tepla zajistit obvyklým způsobem. Užívá se především měď a její slitiny s Be, Co, Zr, Cd, Sn nebo hliník a jeho slitiny,
- tepelné trubice (angl. Heatpipes) jsou nejúčinnějším prostředkem k přenosu tepla. Využívají výparného tepla látky, cirkulující uvnitř trubice v důsledku teplotního gradientu. Tímto způsobem lze zvýšit odvod tepla až o řád, ve srovnání s čistou mědí. [2, 13]

### 3.6 Odvzdušnění forem

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

široké. K odvodu vzduchu lze také užít vyhazovacích kolíků, které se po části průřezu zploští přebroušením. Vzniknuvší vůle poté umožní unikání vzduchu, ale nikoliv taveniny. Odvzdušňovací drážky se umísťují ve formě tak, aby se nemohly vytvořit uzavřené vzduchové kapsy. Pokud taková místa nelze spojit s vnější atmosférou, vkládají se zde porézní vložky ze slinutých kovů, které se případně dále propojují do chladících kanálů. K takovému účelu se využívá podtlaku v chladicím systému. [9]

### 3.7 Materiály forem

Vstřikovací forma je velice nákladný nástroj sestavený z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiků se zde vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn podmínkami výroby, jež jsou určené:

- druhem vstřikovaného polymerního materiálu,
- přesností a jakostí výstřiku,
- podmínkami vstřikování,
- vstřikovacím strojem. [2]

Pro výrobu forem se používají tedy takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře a mají univerzální rozsah použití. Takové druhy představují:

- oceli vhodných jakostí,
- neželezné slitiny kovů (Cu, Al, ...),
- ostatní materiály (tepelně izolační, tepelně vodivé). [2]

Oceli jsou nejvýznačnějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Svou pevností a ostatními mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit. Jednotlivé díly forem nemají stejnou funkci. Proto vyžadují i svoje specifické požadavky na volbu materiálu, z kterého budou vyrobeny. Jejich výběr a doporučená řada má odpovídat funkci součásti, s ohledem na opotřebení a požadovanou životnost. [2]

Od materiálů vhodných pro výrobu forem se očekává:

- dostatečná mechanická pevnost,
- dobrá obrobitelnost,

- dobrá tepelná zpracovatelnost (cementování, kalení, nitridování, ...). [2]

Z technologického hlediska výroby výstřiku má materiál ještě 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. [2]

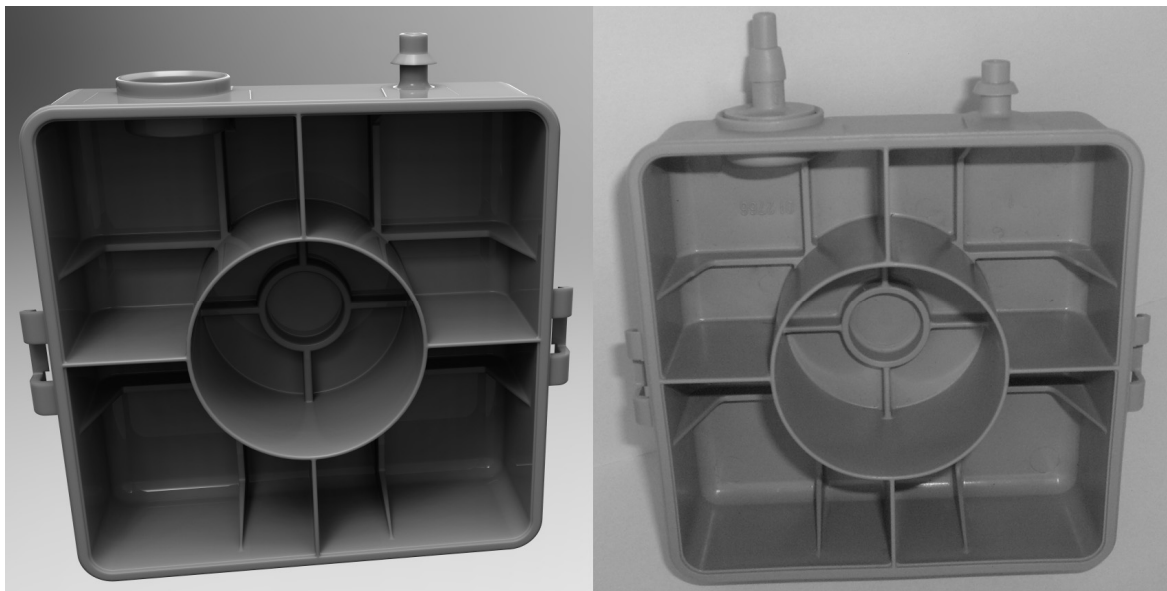
## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 STANOVENÍ CÍLŮ

Cílem této bakalářské práce je navrhnout vstřikovací formu pro zadaný plastový díl, kterým je skořepinová součást. Prvotní návrh bude spočívat v určení vhodného materiálu pro výstřik a vstřikovacího stroje s ohledem na rozměry formy a nutný plastikační výkon. V další navazující části bude provedena konstrukce samotného tělesa formy s využitím normálií a počítačové podpory konstrukce. Budou zde konstrukčně navrženy a diskutovány středící, pohybové, spojovací, rozvodné a tvarové elementy formy se zaměřením na pevnost, jednoduchost a ekonomičnost celé konstrukce. V závěru bude takto vytvořený 3D model sestavy transformován do 2D výkresové dokumentace.

## 5 VSTŘÍKOVANÝ DÍL

Vstříkovaný skořepinový díl je částí krytu hydraulického řetězce.



*Obr. 16. Porovnání renderovaného modelu (vlevo) s reálnou fotografií výstřiku (vpravo).*

### 5.1 Profil vstříkovaného dílu

Jedná se o skořepinu čtvercového půdorysu o tloušťce stěny 2 mm a výšce 36 mm. Vnitřní dutina je vyztužena soustavou žebér a doplněna zesíleným okrajem, zvyšující celkovou tuhost soustavy. Na bočních protilehlých stranách se nachází západkový systém pro uchycení. Na jedné z bočních stran, kolmých na výše zmíněné, jsou situovány dvě průchozí díry průměru 2,5 a 3 mm. Pokračováním těchto děr jsou dva neidentické přípojné krky vystupující do vnějšího prostoru. Celkový objem dílu činí 74,15 cm<sup>3</sup>.

### 5.2 Materiál výstřiku

Materiál výstřiku byl zvolen polypropylen (PP) plněný 20% mastku. Jedná se o termoplastický, semikrystalický, polymerní materiál ze skupiny polyolefinů. Teplotní interval použití se nachází mezi -15°C a 135°C. Je odolný vůči olejům, organickým rozpouštědlům a alkoholům. Z mechanického a chemického hlediska se vyznačuje vysokou odolností. Velice často je užíván s plnivem. V tomto případě s přísadkou anorganického plniva - mastku. Touto modifikací je zapříčiněn nárůst mezních hodnot většiny fyzikálně - mechanických vlastností (pevnosti, modulu pružnosti, tuhosti, apod.) a naopak pokles rázových vlastností



(houževnatosti a tvárnosti). Využíván je zejména pro výrobu lan, interiérových částí vozidel, elektrických izolací, apod.

Poznámka pro vstřikování: Užitím minerálního typu plniva se zvyšuje smyková viskozita polymerní taveniny. Při delších drahách toku tedy hrozí jeho zamrznutí a vznik nedotečeného výstřiku. [19]

Dodavatelem granulovaného materiálu byla zvolena firma RTP Co.

*Vybrané parametry vstřikovaného materiálu:* [20]

• Název	RTP PP 20 TALC
• Hustota	1,05 [g.cm <sup>-3</sup> ]
• MFR (230 [°C]/2,16 [kg])	10 [g/10 min]
• Smrštění	1,10 - 1,50 [%]
• Pevnost v tahu	33 [MPa]
• Pevnost v ohybu	52 [MPa]
• Teplota tání	191 - 232 [°C]
• Teplota formy	32 - 66 [°C]
• Vstřikovací tlak	69 - 103 [MPa]
• Doba sušení	2 [hod] při 79 [°C]

## 6 VSTŘIKOVACÍ STROJ

### 6.1 Výběr stroje

Pro vstřikování byl vybrán horizontální vstřikovací stroj od německé firmy Arburg s typovým označením ALLROUNDER 520S (1600 - 400), který splňuje potřebné rozměrové i procesní parametry.



Obr. 17. Vstřikovací stroj Arburg ALLROUNDER patřící do rodiny S. [21]

Vybrané parametry stroje: [22]

- Maximální uzavírací síla 1600 [kN]
- Maximální délka otevření 575 [mm]
- Maximální světlost mezi upínacími deskami 825 [mm]
- Minimální výška formy 250 [mm]
- Velikost upínací desky 688 x 688 [mm]
- Vzdálenost mezi vodícími sloupy 520 x 520 [mm]
- Průměr otvoru středícího kroužku stroje 125 [mm]
- Maximální vyhazovací síla 50 [kN]
- Maximální zdvih vyhazovacího systému 175 [mm]

• Celkový výkon stroje	40 [kW]
• Průměr šneku	45 [mm]
• Poměr šneku	20 [-]
• Maximální objem vstřikované dávky	254 [cm <sup>3</sup> ]
• Maximální vstřikovací tlak	158 [MPa]
• Maximální kroutící moment na šneku	610 [N.m]
• Maximální přítlačná síla trysky	60 [kN]

## 6.2 Výpočet potřebných parametrů stroje

Určení množství polymeru nutného pro jeden zdvih: [2]

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

$$M \leq M_s \quad (2)$$

kde: G - hmotnost výstřiku [ g ], n - násobnost formy [-], A - hmotnost vtokového systému

[ g ],  $\frac{\alpha_x}{\alpha_p}$  - korekce množství vstřikovaného polymeru vůči PS, M<sub>s</sub> - strojem dodaná maxi-

mální hmotnost polymerní taveniny [g].

$$M = 1,2 \cdot (77,86 \cdot 2 + 1,04) \cdot \frac{91}{100} = 171,18 [g] \quad (3)$$

Pozn.: Hodnoty G = 77,86 g a A = 1,04 g byly získány z analýzy 3D modelu programem Catia.

Určení potřebné uzavírací síly: [2]

$$F = 1,2 \cdot S \cdot p_v \cdot k \leq F_{vs} [kN] \quad (4)$$

kde: S - průmět plochy výstřiku do dělicí roviny včetně rozvodných kanálů [ mm<sup>2</sup> ], p<sub>v</sub> - tlak v dutině formy [ MPa ], k - koeficient tekutosti vstřikovaného polymeru, F<sub>vs</sub> - uzavírací síla vstřikovacího stroje [kN].

$$F = 1,2 \cdot 21900 \cdot 12 \cdot 1 = 315,4[kN] \leq 1600[kN] \quad (5)$$

Pozn.: Hodnota  $S = 21900 \text{ mm}^2$  byla získána z analýzy 3D modelu programem Catia.

Zpětné určení plastikační doby pro jeden zdvih: [2]

$$t_{pl} = \frac{3,6 \cdot M}{Q} [s] \quad (6)$$

kde: M - zdvihová hmotnost polymeru [ g ], Q - plastikační výkon stroje [  $kg \cdot hod^{-1}$  ].

$$t_{pl} = \frac{3,6 \cdot 171,18}{35} = 17,6[s] \quad (7)$$

Po komparaci hodnot vypočtených s hodnotami výrobcem stroje uvedenými, daný stroj pro tuto aplikaci vyhovuje.

Z dokumentace ke vstřikovacímu stroji vyplývá nutnost použít šnek průměru 45 mm, který je schopen dodat 185 g polypropylenu na jeden zdvih. Při užití šneku jiného nižšího průměru by nebyla splněna nerovnice (2).

## 7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Cílem konstrukce by měla být jednoduchost formy při požadované přesnosti a z toho plynoucí ekonomická úspora. Jednou z možností jak tohoto docílit je využívat v maximální možné míře normalizovaných dílů, proto bylo v následujícím konstrukčním rozboru použito velké množství normálů vyráběných německou firmou Hasco. Další možností je využití intuitivního konstruování ve 3D s využitím softwaru. V tomto případě modulu Mold Tooling Design, Part Design a Assembly design programu Catia V5, který efektivně realizuje konstrukční záměry.

### 7.1 Užití programové vybavení

#### 7.1.1 DS Catia V5R18 (SP8)

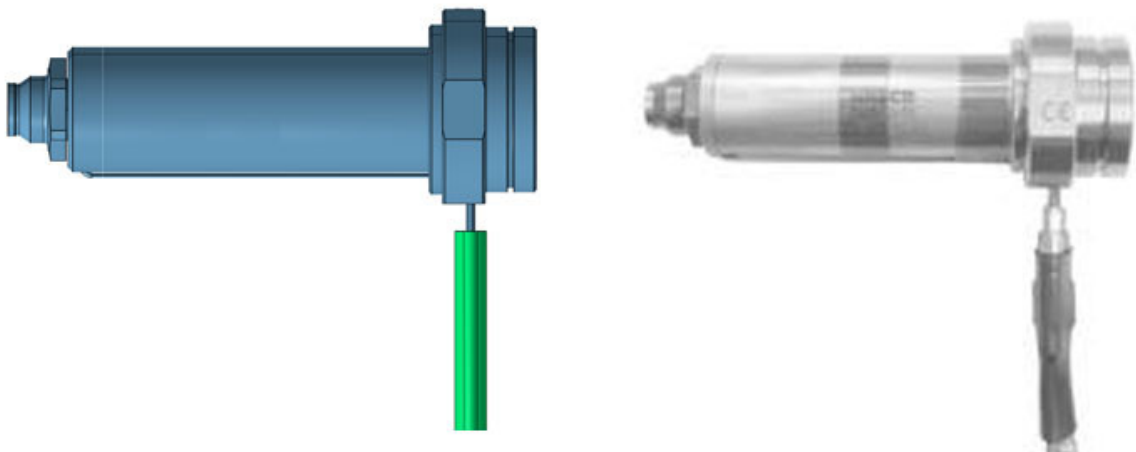
Software Catia francouzské firmy Dassault Systèmes představuje špičku v konstruktérsko - analytických programech. Sestává se z modulů, jejichž obsah je schopen pokrýt kompletní životní cyklus výrobku, tzn. od koncepčního návrhu designu, přes vlastní konstrukci, různé analýzy, simulace a optimalizace až po tvorbu dokumentace a NC programů pro vlastní výrobu. Systém Catia V5 užitý v této práci se vyznačuje značnou úrovní průmyslové univerzality, tzn. že může být nasazen do zcela rozdílných oblastí strojírenství. Široké spektrum modulů, které Catia obsahuje, umožňuje vytvářet softwarové řešení sladěné s konkrétními podmínkami a požadavky uživatelů. Jedná se například o automobilový, letecký a spotřební průmysl. [17]

#### 7.1.2 Autodesk Moldflow Insight 2011

Software Moldflow Insight je řešení od společnosti Autodesk. Je užíván pro digitální prototypizaci simulací vstřikovacího procesu na digitálním prototypu. Software poskytuje možnost hloubkově řešit, vyhodnocovat a optimalizovat plastový díl i vstřikovací formu a tím napomáhat ke studiu vstřikovacích procesů, užívaných v praxi. V současnosti je spolu s dalšími simulačními programy využíván předními světovými výrobci v automobilovém průmyslu, v odvětvích spotřební elektroniky a zdravotního materiálu za účelem optimalizace a snížení nákladu na výrobu. [18]

### 7.1.3 Hasco - Dako Modul (R1-2011)

Jedná se o proprietární software, výrobce normálií, německé firmy Hasco GmbH v kooperaci s firmou Dako. Obsahem programu je elektronický katalog všech výrobků, které jsou společností vyráběny. Aplikace podporuje možnost výběru produktu s následným exportem jeho geometrie do formátů kompatibilních s předními konstruktérskými programy (Catia, NX, SolidWorks, Inventor, AutoCad, apod.).



*Obr. 18. Komparace exportovaného modelu (vlevo) s reálnou fotografií vstříkovací trysky (vpravo).*

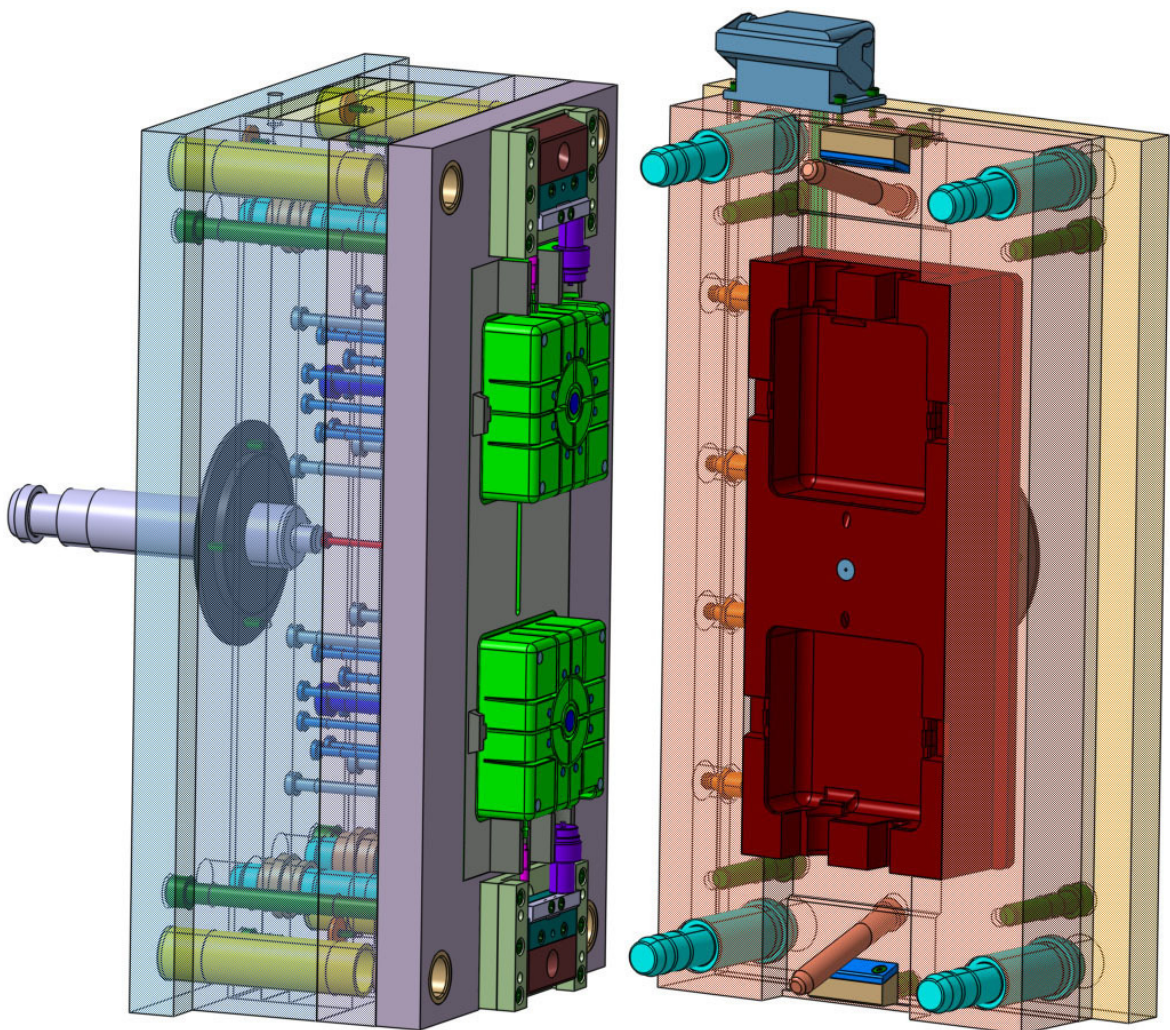
### 7.1.4 Luxion KeyShot 2 (v2.2.65)

Real-time renderovací software od společnosti Luxion Inc. Hlavní doménou tohoto programu je schopnost vytvořit fotorealistické ztvárnění jinak běžně vizualizovaných modelů v konstrukčních programech.

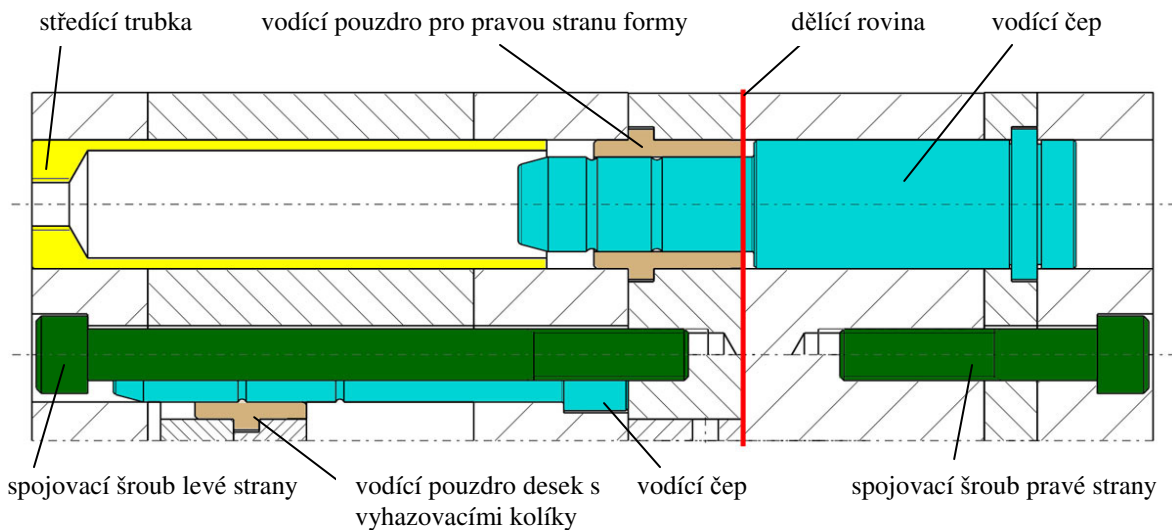
## 7.2 Rám formy

Forma byla navržena za použití systému normálií firmy Hasco. Jako základ formy byly vybrány desky ze setu Hasco/MBA5 velikosti 246x496. Rozměry desek byly voleny s ohledem na násobnost formy, typ zaformování a velikost výstřiku. Některé parametry desek, zejména výška, byly konstrukčně upraveny na potřebné hodnoty a v kusovníku jsou tyto vyznačeny. Veškeré desky setu byly aretovány pomocí středících členů a spojeny pomocí šroubů do funkčního celku. Vodící čepy byly situovány do pravé části formy. Na horní straně konstrukce bylo instalováno úchytné zařízení, dovolující transport formy jeřábem do vstřikovacího stroje, kde bude tato následně upnuta za pomoci upínek a vystředěna středícími kroužky.

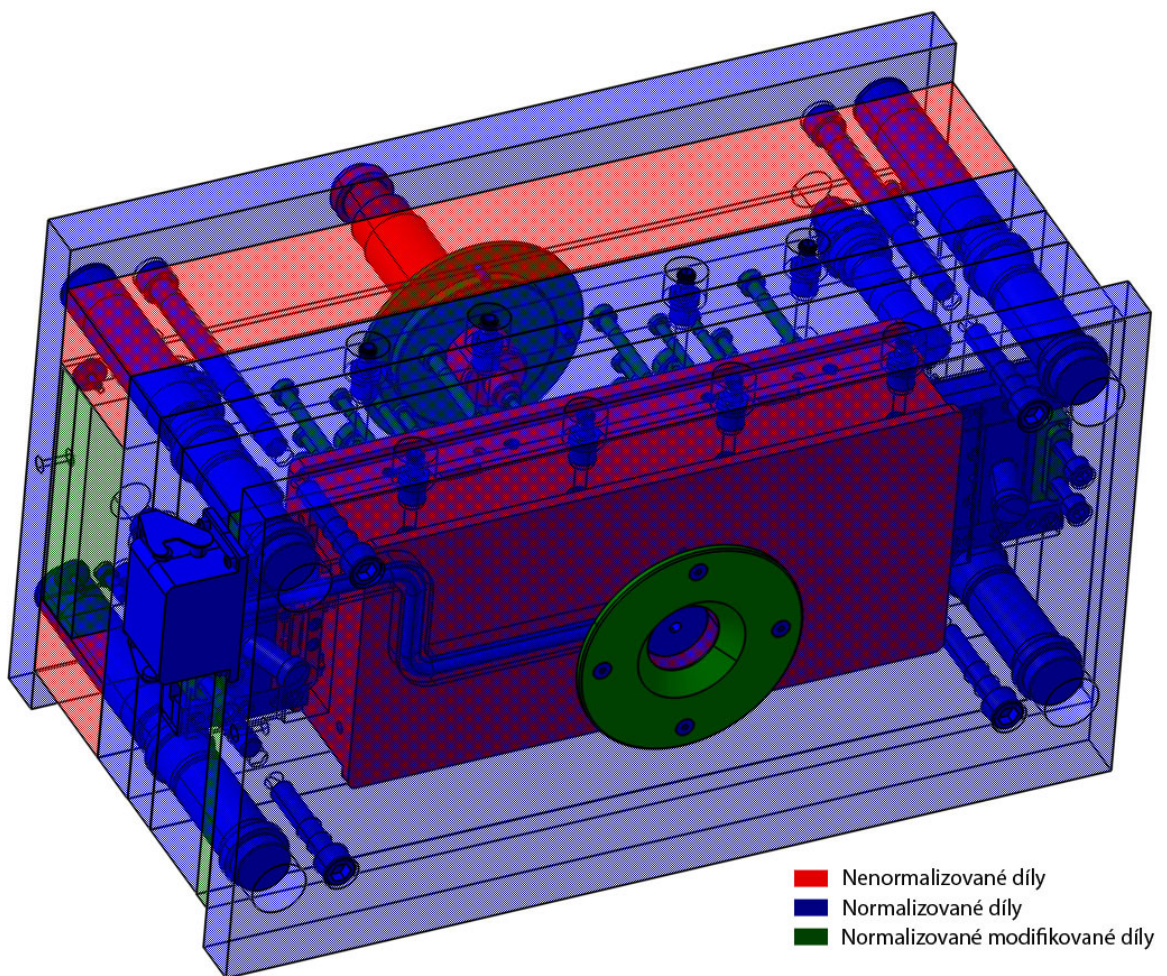
Celkové určující rozměry rámu formy jsou tedy 261 x 246 x 496 (mm).



Obr. 19. Pohled do levé a pravé dělící roviny.



Obr. 20. Řez soustavou pohybových a spojovacích elementů formy (barvy korespondují s modelem).

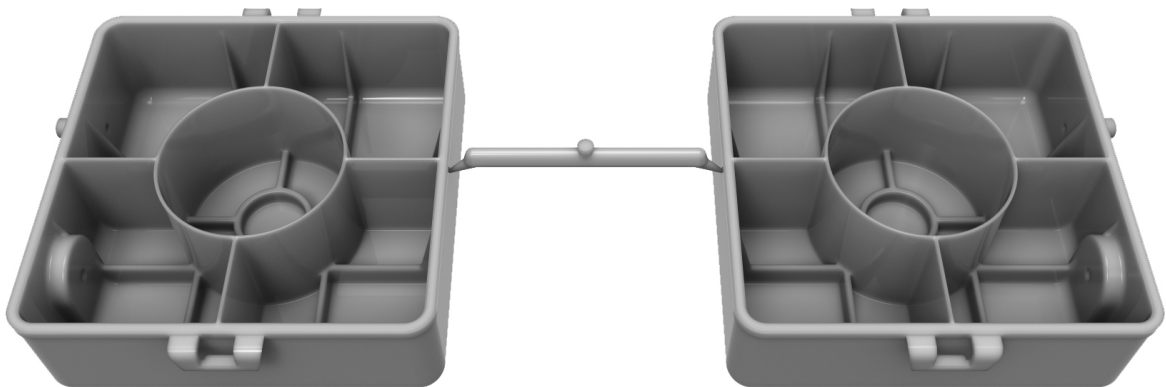


Obr. 21. Vizualizace využití normalizovaných, normalizovaných modifikovaných a nenormalizovaných částí vstříkací formy (uzavřený stav).

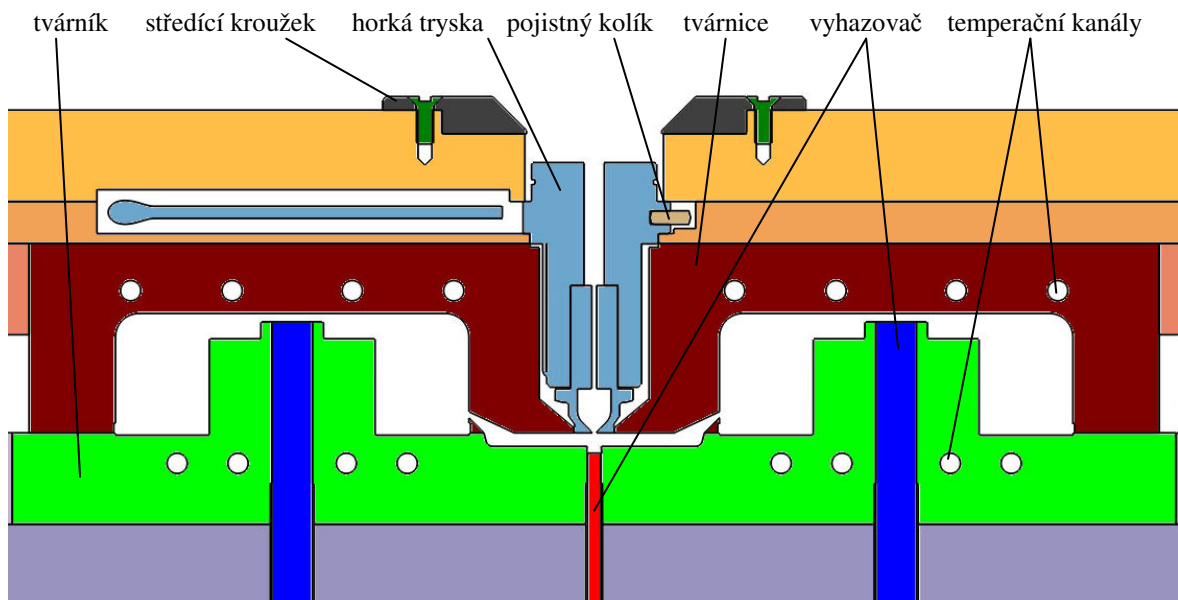


### 7.3 Násobnost formy

Násobnost formy je funkcí mnoha činitelů. Mezi ně patří především požadovaná kvalita výstřiků, jejich složitost, přesnost a konečný počet. Těmito aspekty je následně definována i celá ekonomika výroby. Z hlediska kvality a přesnosti je nejvhodnější volit co nejmenší násobnost, avšak z hlediska ekonomického násobnost co nejvyšší. V tomto případě byla násobnost dána a reverzně se hledal nejvhodnější vstřikovací stroj, který je schopen poskytnout požadované množství polymerní taveniny.



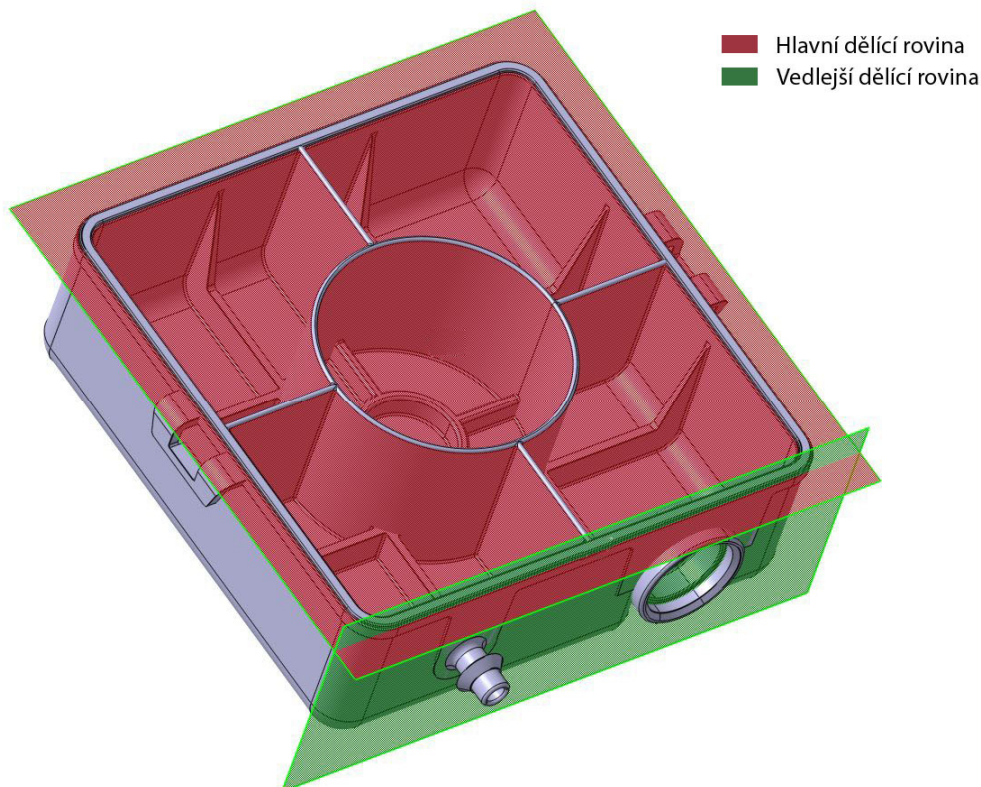
Obr. 22. Výstřik bez odděleného vtokového systému.



Obr. 23. Výřez průřezu osou formy.

## 7.4 Zaformování výstříku

Vzhledem ke geometrii výstříku bylo nutné zvolit více dělicích rovin i za toho předpokladu, že bude snížena přesnost výstříku vznikem nevázaných rozměrů. Hlavní dělicí rovina byla určena s ohledem na potřebu, aby výstřík zůstal po otevření formy na její levé straně a šel snadno vyhodit pomocí vyhazovacích kolíků. Vedlejší dělicí rovina byla umístěna do stěny výstříku, na které se nalézají díry, jichž osy jsou kolmé k ose formy. Tento fakt neumožňuje využití klasického odformování.



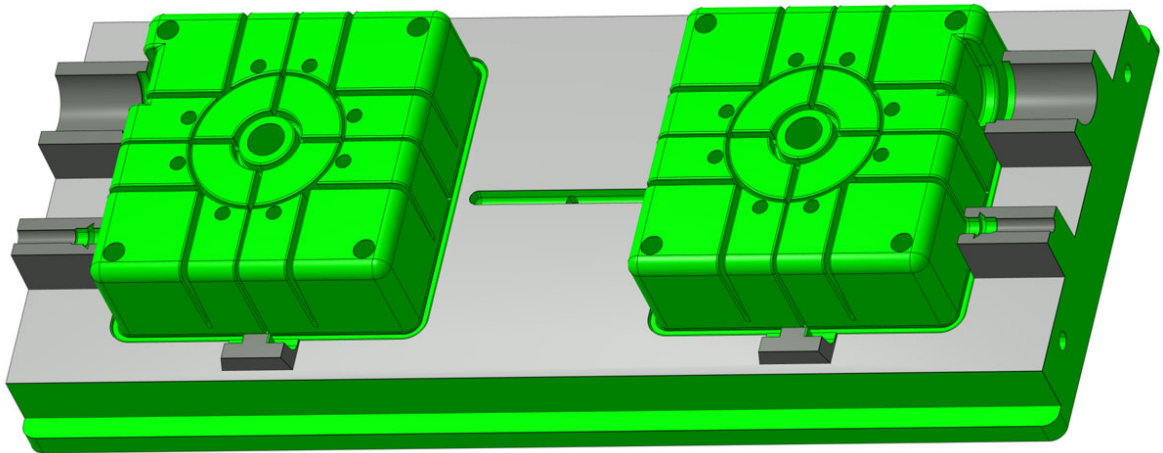
Obr. 24. Vizualizace zvolených dělicích rovin na výrobku.

## 7.5 Tvarové části

### 7.5.1 Tvárník a Tvárnice

Tvárník a tvárnice spolu se skupinou posuvných jader tvoří dutinu formy, která uděluje výsledný tvar vstříkované polymerní tavenině. Dutina formy je negativem vyráběného dílu zvětšená o hodnoty smrštění v podélném a příčném směru. Tvárnice je umístěna do pravé, pevné strany formy, kde je zajištěna tvarovým stykem a vrtána pro účely temperace. Tvárník je soustředěn do levé, pohyblivé části formy a zajištěn stejným způsobem jako tvárnice

ovšem s odlišným vrtáním kanálů z důvodu nutnosti koexistence temperačního okruhu a vyhazovacího systému. Oba tvarové prvky jsou vyrobeny z nástrojové oceli třídy 19, cementovány a kaleny, aby byly schopny dlouhodobě odolávat podmínkám vznikajícím během vstřikovacího procesu. Výše zmíněné tvarové prvky byly konstruovány s ohledem na potřebu zachovat výstřik na levé straně formy, kde bude následně po otevření formy vyhozen vyhazovacím systémem.



Obr. 25. Tvárník.

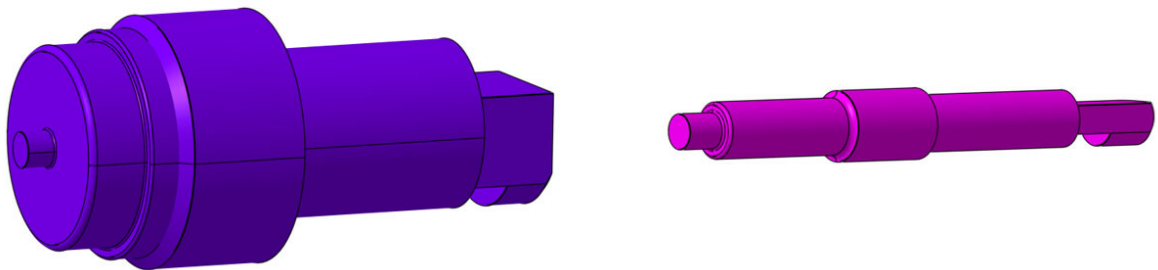


Obr. 26. Tvárnice.

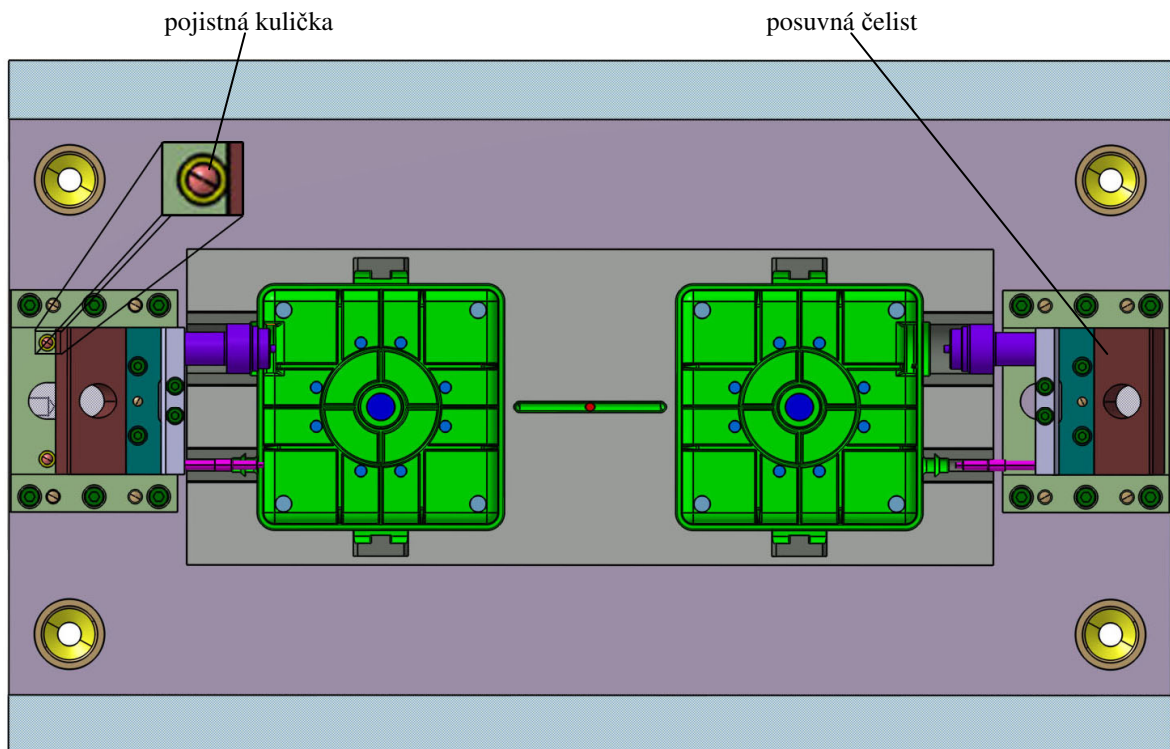
### 7.5.2 Posuvná jádra

Sada posuvných jader slouží k zaformování dvou bočních děr na výstřiku. Axiálním pohybem těchto dojde k odformování bočních děr. Tento pohyb je možno realizovat několika způsoby. Jako nejvhodnější a ekonomicky nejvýhodnější se jeví využití šikmých válco-

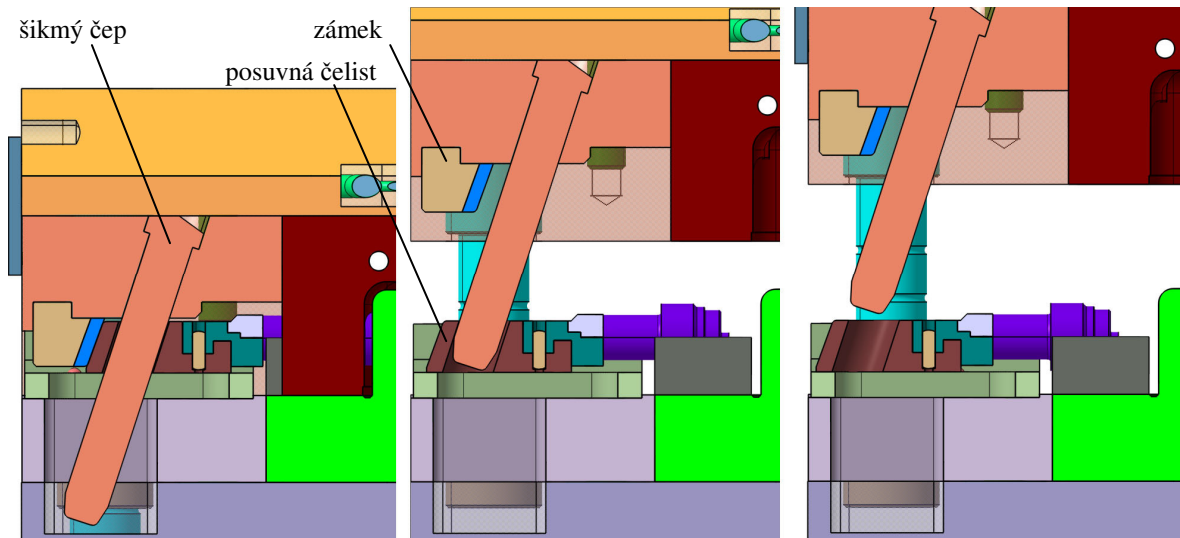
vých čepů s posuvnými čelistmi. Za posuvné čelisti byl zvolen set od společnosti Hasco. Kolík byl volen samostatně opět jako normalizovaná část. Jednotlivá jádra jsou uložena do unášeče, v němž jsou centrována tvarovým stykem a vedena ve vedení, jež je součástí tvárníku. Ve fázi otevírání či zavírání formy je pohyb posuvných čelistí vyvolán pomocí šikmých kolíků. Otevřená konečná poloha čelistí je poté zajištěna pomocí pojistné kuličky. Vlivem vysokých tlaků uvnitř dutiny, které provázejí vstřikovací proces, by mohlo dojít k samovolnému pootočení vedlejší dělicí roviny a tím pádem přetoku taveniny z dutiny formy. Z tohoto důvodu bylo nutno zajistit zavřený stav čelistí zámek, umístěným na pravé části formy.



Obr. 27. Sada výsuvných tvarových jader.



Obr. 28. Pohyblivá strana formy, vlevo zobrazena pozice zavřené čelisti, vpravo pak pozice otevřené čelisti. Konjunkce těchto stavů je ve výrobní praxi ovšem nepřijatelná.

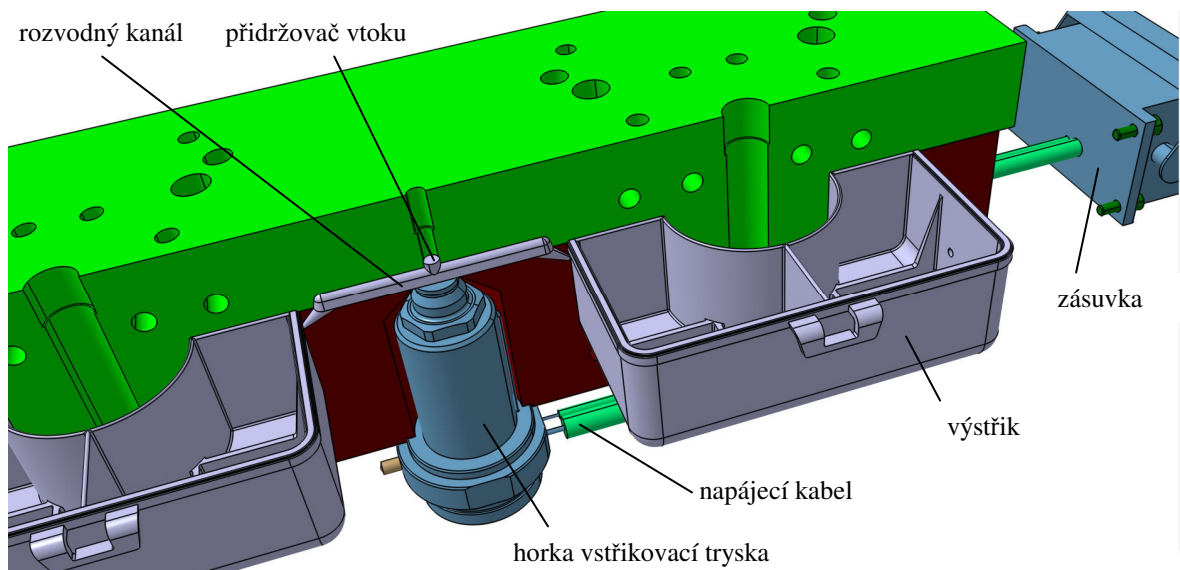


Obr. 29. Uzavřený - zamčený stav čelisti (vlevo), probíhající vysouvání čelisti pomocí šikmého čepu (uprostřed), otevřený stav čelistí zajištěný pojistnou kuličkou (vpravo).

## 7.6 Vtokový systém

Vtokový systém vstřikovací formy zajišťuje vedení proudu taveniny od vstřikovací trysky až po jednotlivé tvarové dutiny. Plnění těchto dutin musí probíhat v co nejkratších časech a při minimálních odporech.

V závislosti na typu výstřiku, úspoře materiálu, násobnosti a typu vstřikovaného materiálu byla zvolena kombinace horkého a studeného vtokového systému.



Obr. 30. Osamostatněný řez v ose formy tvárníkem a tvárnící.

### 7.6.1 Horká tryska

Jako horká tryska zde byl použit typ Techni Shot Z342040 od firmy Hasco, která je schopna dodat až 200 g polypropylenu na jeden zdvih, což v dostatečném rozsahu vyhovuje této aplikaci. Vzhledem ke skutečnosti, že tryska ústí do rozvodného kanálu zde bylo upuštěno od verze s hrotem, i přesto že vstřikovaný materiál je náchylný k tažení vlákna.

Tryska je umístěna v pravé části formy, kde její délka zasahuje přes všechny tři ustavovací desky. V deskách bylo nutno vyrobit dostatečně velké vybrání, které v kombinaci s dvou-podporovým uložením trysky zajistí dostatečnou tepelnou izolaci (vůči vedení) mezi jejím povrchem a povrchem tělesa formy. První tato podpora je umístěna v oblasti čela trysky, fixovaného v tvárnici, v podobě přesně vrtané díry za účelem vystředit a zamezit radiálnímu posuvu. Druhá podpora byla situována do opěrné desky v podobě osazení, které trysce zamezuje v pohybu v radiálním i axiálním směru. Proti pootočení je tryska zajištěna kolíkem. Čelo trysky ústí do studené vtokové soustavy, která zajišťuje distribuci toku taveniny do jednotlivých tvarových dutin. Napájení trysky elektrickou energií bylo řešeno kabely vedenými v opěrné desce tvárnice přímo do zásuvky Hasco Z1227, která byla umístěna na horní pravé straně formy. V případě vysokého přenosu tepla z formy na vstřikovací stroj, by ji bylo nutno opatřit izolačními deskami.

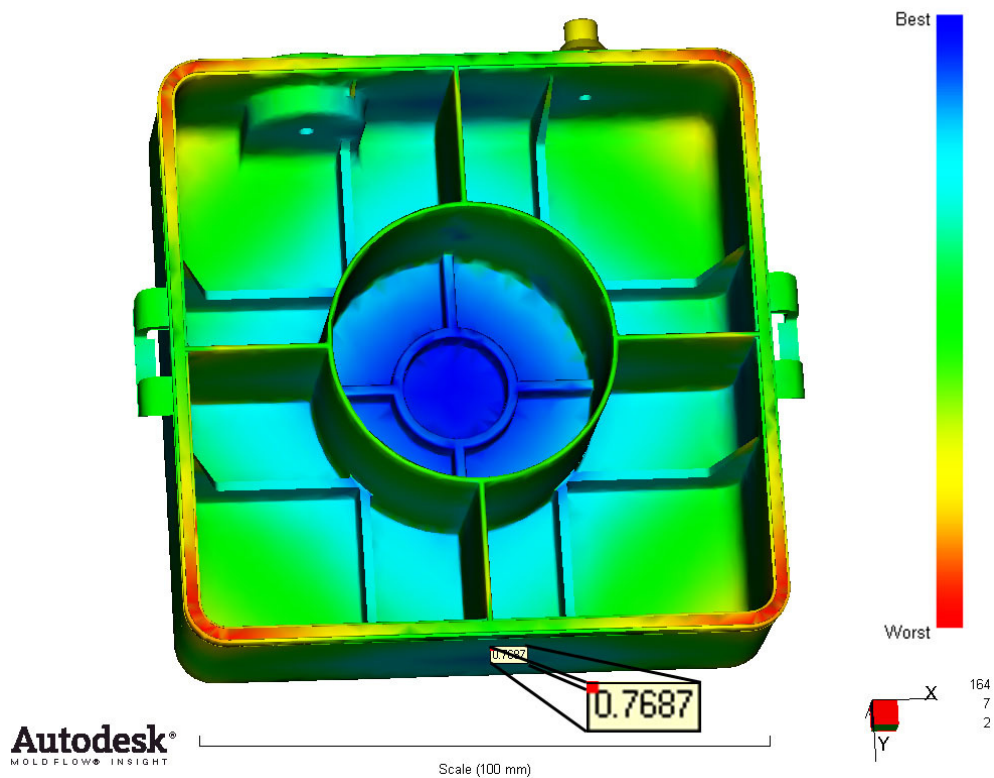
### 7.6.2 Rozvodný kanál

Rozvodný kanál se nachází na levé straně formy a je vyroben v tvárníku. Průřez kanálu byl zvolen parabolický a to vzhledem ke svým vhodným vlastnostem, mezi něž se řadí snadná vyrobiteľnost, nízké tlakové ztráty a relativně vysoká hodnota smáčivého průměru. Délka rozvodného kanálu k jedné tvarové dutině byla zvolena na 30 mm při průměru 4 mm. Tyto hodnoty byly určeny vzhledem k zaformování a velikosti výstřiku dle literatury [2]. Součástí rozvodného kanálu, přesně v ose formy, je i přidržovač vtoku.

### 7.6.3 Vtokové ústí

Bylo zvoleno tunelového vtoku, kterým je zajištěno oddělení vtokového zbytku od výstřiku během otevírací fáze formy. Geometrie ústí byla volena dle parametru objemu výstřiku. Umístění vtoku bylo určeno dle tvaru výstřiku a situováno do stěny oproti stěně s jádrem, což ve výsledku snižuje možnost uzavření vzduchu v dutině formy. Tato volba byla následně konfrontována s výstupem analýzy best gate location (BGL) programu Autodesk Moldflow

Insight. Analýza je schopna určit nejvhodnější místo pro vtok s ohledem na nejrovnoměrnější plnění dutiny formy polymerním materiálem. Při výpočtu je vzat v potaz tvar výrobku, druh vstřikovaného materiálu a jeho teplota. Za nejvhodnější místo vtoku byl označen střed největší rovinné plochy na výstřiku. Tento výsledek ovšem nemohl být přijat, s ohledem na pohledovou funkci této plochy. Vhodnost výsledného použitého místa je cca 77 %.

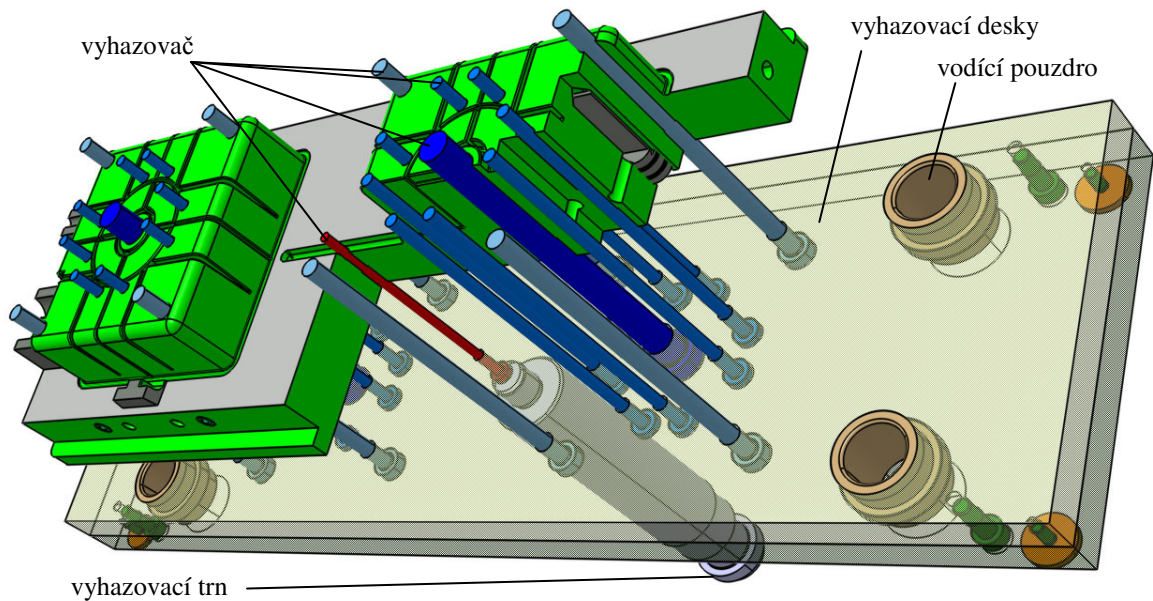


Obr. 31. Výstup BGL analýzy, barva v daném místě určuje vhodnost umístění vtoku. Modrá barva odpovídá místu nejvhodnějšímu, červená místu nejméně vhodnému.

## 7.7 Vyhazovací systém

Předpokladem pro správné vyhození je zde nutnost, aby výstřík po otevření formy zůstal přichycen k levé, pohyblivé straně formy. Tohoto je docíleno nasmrštěním materiálu výstřiku na tvárník vlivem procesu chladnutí. Vyhození výstřiku z formy je v tomto případě realizováno pomocí válcových vyhazovacích kolíků od firmy Hasco. Tyto vyhazovače jsou dodávány v normovaných řadách a jejich délka je krácena, na výsledný požadovaný rozměr, až koncovým uživatelem. Každá dutina obsahuje celkem 13 vyhazovačů ve třech průměrových řadách 12, 7 a 5 mm, které byly upraveny na funkční délku 151,8 mm. K odformování přídržovače vtoku je využito 4 mm válcového vyhazovače zkráceného na délku

113 mm. Celá skupina vyhazovacích kolíků je ukotvena ve vyhazovacích deskách, jež jsou vedeny po čtveřici vodících čepů. Potřebná délka vyhazovacího zdvihu, dána výškou výstřiku, je zde 35 mm a je bezpečně vyvozena vyhazovacím mechanismem vstřikovací stroje. Toto se děje přes výrobcem stroje normovaný trn našroubovaný do opěrné vyhazovací desky. Procesem vyhození budou na nepohledové straně výstřiku s největší pravděpodobností zanechány kruhové stopy po vyhazovacích kolících.

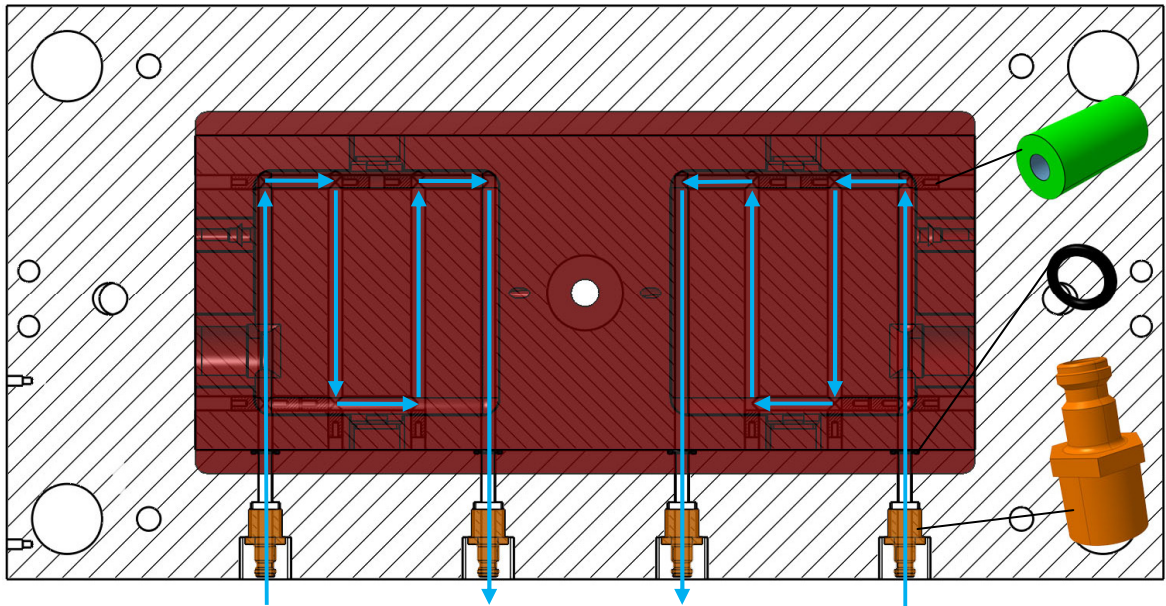


Obr. 32. Osamostatněný řez tvárníkem s vysunutými vyhazovacími kolíky.

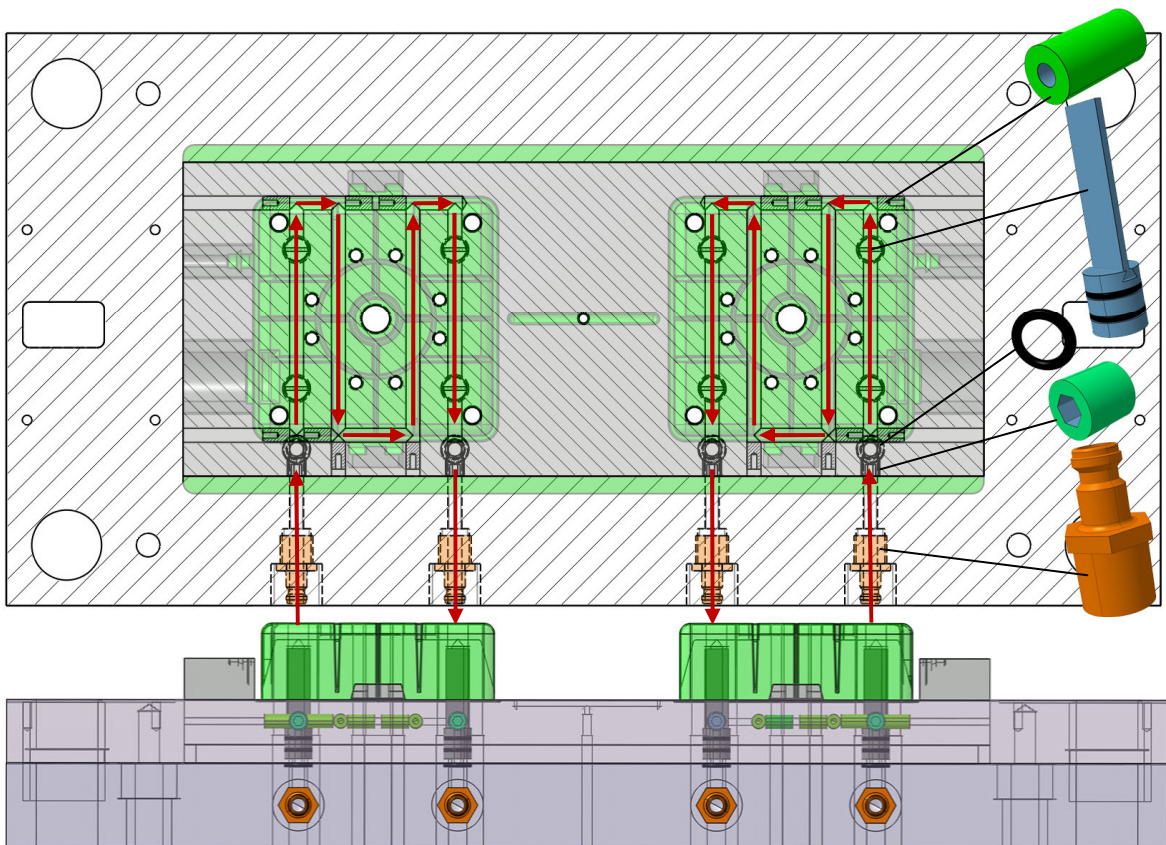
## 7.8 Temperace

Vzhledem ke geometrii dutiny je rozložení temperačních kanálů tvárníku a tvárnice odlišné. Tvárnice spolu s pravou tvarovou deskou jsou temperovány dvěma okruhy rovinného systému vrtaných kanálů průměru 6 mm s kruhovým průřezem. V případě temperace tvárníku bylo užito též dvou okruhového systému navíc se sériovým zapojením čtyř obtokových jader. Těmito jádry je zajištěno dostatečné prochlazení tvárníku ve třetím směru. Přechody temperačních kanálů mezi deskami jsou opatřeny těsnícími O-kroužky k zamezení nežádoucího úniku temperačního média mimo okruh. K vymezení a utěsnění námi míněné dráhy toku média, uvnitř tvarových částí, bylo užito vnitřních a vnějších ucpávek firmy Hasco. Geometrie kanálů byla volena v zájmu nejmenších tlakových ztrát a rovnoměrnému prochlazení tvárníku i tvárnice. Pro splnění bezpečnostních požadavků byly veškeré temperační nátrubky vyvedeny na odvrácené straně vůči obsluze vstřikovacího stroje. Za temperační médium byla zvolena voda s aditivními přísadami.





Obr. 33. Vizualizace drah temperačních kanálů tvárnice. Bráno z hora: vnitřní ucpávka, O-kroužek, nátrubek pro připojení hadic s temperačním médiem.



Obr. 34. Vizualizace drah temperačních kanálů tvárníku. Bráno z hora: vnitřní ucpávka, obtokové jádro, O-kroužek, vnější ucpávka, nátrubek.

## 7.9 Odvzdušňovací systém

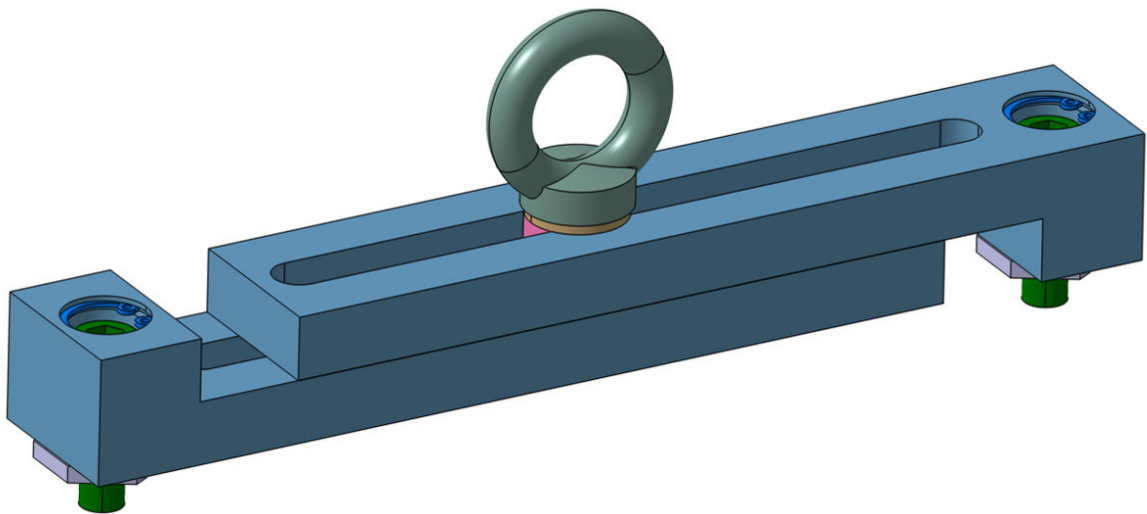
Dutina vstříkovací formy je po uzavření a před vstříknutím polymerní taveniny naplněna vzduchem. Tento plyn je při vstříknutí taveniny jejím čelem velice rychle komprimován, a pokud nemá místo kudy uniknout jeho teplota roste až na úroveň, kdy může poškodit výsledný výstřik formou spálených míst, či nedotečení zpravidla periferních částí výstřiku.

V tomto konstrukčním řešení se předpokládá, že vůle mezi vyhazovači a tvárníkem, dělicí rovině a zejména vůle okolo posuvných jader, která jsou příhodně umístěna naproti vtoku, zajistí dostatečný únik vzduchu z dutiny formy.

Pokud by se tak v praxi nestalo je nutno toto zajistit dodatečnou výrobou vhodných odvzdušňovacích kanálů.

## 7.10 Transportní systém vstříkovací formy

Vzhledem k hmotnosti a zlepšení možnosti manipulace s tělesem formy je tato vybavena závěsným nosičem s možností variabilního nastavení délky úchyty od firmy Hasco.



*Obr. 35. Variabilní transportní nosič formy.*

## DISKUZE VÝSLEDKŮ

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout vhodnou konstrukci vstřikovací, dvou dutinové formy pro skořepinový plastový díl. Návrh byl směřován na maximalizaci využití normálií, poskytnutých firmou Hasco. Toto bylo dobrým předpokladem pro návaznost a vyměnitelnost jednotlivých dílů formy v budoucnu.

Konstrukce formy byla již od počátku podřízena parametrům, které zaručují kompatibilitu mezi formou a voleným vstřikovacím strojem. Zejména se jednalo o vzdálenost mezi sloupky a schopnost dodat požadované množství taveniny do dutiny formy. Výběr stroje byl podpořen výpočty.

Materiál tvarových elementů tvořících tvarovou dutinu byl volen s ohledem na přímou expozici těchto částí polymerní tavenině. Byla vybraná nástrojová ocel třídy 19 s následnou tepelně - chemickou úpravou pro zvýšení odolnosti. Rozměry tvarové dutiny, která je výsledkem složení tvárníku, tvárnice a jader byly zvětšeny o hodnotu smrštění vstřikovaného materiálu, za účelem kompenzace smrštění.

S přihlédnutím k tvaru výrobku, bylo rozhodnuto o užití dvou dělících rovin. Při odformování vedlejší dělící roviny bylo zvažováno použití hydraulického odtahového zařízení, což bylo nakonec zavrženo vzhledem k ceně a nutnému počtu těchto zařízení. Proto byl zvolen návrh jiný v podobě odformování pomocí posuvných čelistí a šikmého vodícího čepu.

Temparační systém byl koncipován jako čtyř okruhový s vrtanými kruhovými kanály vhodného průřezu. Dva okruhy byly umístěny do tvárnice v rovinném rozložení. Zbylé dva okruhy byly situovány do tvárníku. Vzhledem ke geometrii tvárníku a nutnosti koexistence temperačního okruhu s vyhazovacím systémem, bylo nutno použít obtokových jader, které jsou schopny zajistit dostatečné a rovnoměrné prochlazení útroby dutiny.

Vyhazování výstřiku a vtokového kanálu z dutiny formy bylo realizováno sadou válcových vyhazovačů. Toto se již od počátku jevílo jako vhodné řešení i vzhledem k nutnosti zamezit možnosti zachycení vzduchu uvnitř dutiny formy a následnému vzniku nedotečených výstřiků.

Jako vtokový systém byla zvolena kombinace horkého a studeného vtoku, která zaručuje bezpečné dopravení taveniny do dutiny formy. Řešení bylo užito vzhledem k náchylnosti

vstřikovaného materiálu k zamrznání na dlouhých tokových drahách vlivem plniva a v neposlední řadě i k materiálové úspoře na vtokovém systému.

Vyústění rozvodného kanálu bylo konstruováno jako tunelové, které zabezpečuje v kombinaci s přídržovačem vtoku oddělení výstřiku od vtokového systému již ve fázi otevírání formy.

V závěru bylo na formu instalováno úchytné zařízení, zaručující možnost transportu tělesa formy při instalaci na vstřikovací stroj.

Celé konstrukční řešení bylo zpracováno za podpory programu Catia V5R18, který v kooperaci s digitálním katalogem normálíí firmy Hasco významně zrychlil a zjednodušil návrh 3D sestavy a generaci 2D výkresové dokumentace.

## ZÁVĚR

Cíl této bakalářské práce spočíval v návrhu vhodné konstrukce vstřikovací formy pro skořepinový polymerní výrobek, sloužící jako kryt v hydraulickém řetězci. Celý návrh již od počátku podléhal zásadám a pravidlům správné konstrukce.

V teoretické části byla popsána obecná problematika konstrukce vstřikovacích forem a procesu vstřikování. Tyto poznatky byly následně aplikovány na část praktickou, která byla zaměřena na konstrukci samotného tělesa formy. Pro tento účel byl použit konstrukční program Catia V5R18 za podpory Hasco Dako modulu, jako elektronického katalogu normálií. Veškerý návrh tvarových, spojovacích a posuvných elementů formy, spolu s následnou kompletací jednotlivých dílů do sestavy, probíhal ve 3D a sloužil následně jako podklad pro tvorbu 2D výkresové dokumentace. Jednotlivé konstrukční řešení jsou podrobně popsány v příslušných kapitolách. Na přiloženém výkrese sestavy formy a seznamu dílů je shrnuta veškerá konstruktérská činnost v klasickém pohledu.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů*. 2. vyd. - Brno: UNIPLAST, 1999. 134 s.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů*. 1. vyd. - Brno: UNIPLAST, 1999. 214 s.
- [3] CZERWINSKI, F., POSPÍŠIL, L. *Magnesium Injection Molding*. Ontario, Canada: Springer, 2008. 586 s. ISBN 978-0-387-72399-0.
- [4] GOODSHIP, V. *Practical Guide to Injection Moulding*. Shropshire, UK: Rapra Tech. Ltd. and ARBURG Ltd, 2004. 202s. ISBN 1-85957-444-0
- [5] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje II*. Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X.
- [6] NEUHAUSL, E. *Vstřikování plastických hmot*. Praha: SNTL, 1973. 206 s.
- [7] 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.
- [8] RŮŽIČKA, K., POSPÍŠIL, L. *Směrnice pro konstrukci vstřikovacích forem I*. Gottwaldov - Louky: VŮGPT, 1979. 202 s.
- [9] TOMIS, F., HELŠTÝN, J., KAŇOVSKÝ, J. *Formy a přípravky*. Brno: VUT, 1979. 278 s.
- [10] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování plastů*. 1.vyd Praha: BEN – technická literatura, 2009. 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [11] BEAUMONT, J. *Runner and gating design handbook*. 2nd ed. Munich, Germany: Hanser Publishers, 2007. 308 s. ISBN 978-1-56990-421-3.
- [12] PÖTSCH, G. *Injection molding: an introduction*. 2nd ed. Munich, Germany: Carl Hanser Publishers, 2008. 246 s. ISBN 978-3-446-40635-3.
- [13] OSSWALD, T. A. *Injection molding handbook*. 2nd ed. Munich, Germany: Carl Hanser Publishers, 2008. 764 s. ISBN 978-3-446-40781-7.

- [14] *Vstřikování Plastů* [online]. [cit. 2008-11-12]. Dostupný z WWW:  
<[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/01.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm)>
- [15] *Vstřikování Plastů* [online]. [cit. 2010-11-12]. 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)>
- [16] *Hasco* [online]. [cit. 2010-11-15]. Dostupný z WWW: <<http://hasco.com>>
- [17] *Technodat* [online]. [cit. 2011-04-15]. Dostupný z WWW <<http://technodat.cz/>>
- [18] *Smartplast* [online]. [cit. 2011-04-16]. Dostupný z WWW <<http://smartplast.cz>>
- [19] *MM Průmyslové spektrum* [online]. [cit. 2011-04-16]. Dostupný z WWW <  
<http://www.mmspektrum.com/clanek/vyroba-forem-pro-vstrikovani-plastu-2>>
- [20] *RTP Co.* [online]. [cit. 2011-04-16]. Dostupný z WWW <  
<http://www.rtpcompany.com/index.htm>>
- [21] *Arburg* [online]. [cit. 2011-04-16]. Dostupný z WWW <<http://www.arburg.de>>
- [22] *Arburg* [online]. [cit. 2011-04-16]. Dostupný z WWW <[http://www.arburg.de/com/common/download/Web\\_680161\\_EN\\_GB.pdf](http://www.arburg.de/com/common/download/Web_680161_EN_GB.pdf)>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

pVT	Digram závislosti tlaku, objemu a teploty.
E	Modul pružnosti v tahu [MPa].
T <sub>g</sub>	Teplota skelného přechodu polymerního materiálu [°C].
PS	Polymerní materiál: polystyren.
PMMA	Polymerní materiál: polymethylmethakrylát.
PC	Polymerní materiál: polykarbonát.
T <sub>m</sub>	Teplota roztavení polymerního materiálu [°C].
PE	Polymerní materiál: polyethylen.
PA	Polymerní materiál: polyamid.
POM	Polymerní materiál: polyacetal.
PP	Polymerní materiál: polypropylen.
PTFE	Polymerní materiál: polytetrafluorethylen.
T <sub>f</sub>	Teplota viskozního toku polymerního materiálu [°C].
LCD	Liquid Crystal Display (displej z tekutých krystalů).
IT	Třída přesnosti.
CAE	Computer aided engineering (počítačem podporovaná konstrukce).
R	Rádus [mm].
R <sub>a</sub>	Střední aritmetická úchylka profilu [μm].
ABS	Polymerní materiál: akrylonitrilbutadienstyren.
Be	Chemický prvek: berylium.
Co	Chemický prvek: kobalt.
Zr	Chemický prvek: zirkonium.
Cd	Chemický prvek: kadmium.
Cu	Chemický prvek: měď.



Al	Chemický prvek: hliník.
PS	Polymerní materiál: polystyren.
2D	Two dimensions (dvourozměrný).
3D	Three dimensions (trojrozměrný).
RTP	Výrobce polymerních materiálů.
MFR	Mass Flow Rate (index toku taveniny) [g/10 min].
M	Množství polymeru nutného pro jeden zdvih šneku vstřikovacího stroje [g].
$M_s$	Strojem dodaná maximální hmotnost polymerní taveniny [g].
G	Hmotnost výstřiku [g].
n	Násobnost formy [-].
A	Hmotnost vtokového systému [g].
$\alpha_x / \alpha_p$	Korekce množství vstřikovaného polymeru vůči PS [-].
F	Potřebná uzavírací síla [kN].
S	Průmět plochy výstřiku do dělicí roviny včetně rozvodných kanálů [mm <sup>2</sup> ].
$p_v$	Tlak v dutině formy [MPa].
k	Koeficient tekutosti vstřikovaného polymeru [-].
$F_{vs}$	Uzavírací síla vstřikovacího stroje [kN].
$t_{pl}$	Plastikační doba pro jeden zdvih šneku vstřikovacího stroje [s].
Q	Plastikační výkon vstřikovacího stroje [kg.hod <sup>-1</sup> ].
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung (společnost s ručením omezeným).
Catia	Computer - Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application (Počítačově - graficky podporovaná tří rozměrová interaktivní aplikace).
NX	Konstrukční program vytvořený společností Siemens.
MBA	Mold Base Assembly (sestava základny formy).
BGL	Best Gate Location (nejlepší umístění vtoku).

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Průběh vstřikovacího cyklu. [7].....	10
Obr. 2. Diagram pV-T vstřikovacího cyklu. [10].....	11
Obr. 3. Konformace makromolekul pro semikrystalický polymer (vlevo) a amorfní polymer (vpravo). [4] .....	12
Obr. 4. Schéma šnekového vstřikovacího stroje. [6] .....	14
Obr. 5. Usazená vstřikovací tryska na vtokové vložce. [1].....	16
Obr. 6. Řez vstřikovací formou. ....	18
Obr. 7. Plný kuželový vtok. [7].....	23
Obr. 8. Bodový vtok. [7].....	23
Obr. 9. Srpkovitý vtok. [1].....	24
Obr. 10. Bodový vtok. [7].....	24
Obr. 11. Filmový vtok. [7].....	25
Obr. 12. Vyhřívaná tryska bez hrotu. [16] .....	27
Obr. 13. Vyhřívaný rozvodný blok tvaru X. [16] .....	28
Obr. 14. Válcový vyhazovací kolík. [16].....	30
Obr. 15. Trubkový vyhazovací kolík. [16].....	31
Obr. 16. Porovnání renderovaného modelu (vlevo) s reálnou fotografií výstřiku (vpravo). .....	38
Obr. 17. Vstřikovací stroj Arburg ALLROUNDER patřící do rodiny S. [21].....	40
Obr. 18. Komparace exportovaného modelu (vlevo) s reálnou fotografií vstřikovací trysky (vpravo).....	44
Obr. 19. Pohled do levé a pravé dělicí roviny.....	45
Obr. 20. Řez soustavou pohybových a spojovacích elementů formy (barvy korespondují s modelem). ....	46
Obr. 21. Vizualizace využití normalizovaných, normalizovaných modifikovaných a nenormalizovaných částí vstřikovací formy (uzavřený stav). ....	46
Obr. 22. Výstřik bez odděleného vtokového systému.....	47
Obr. 23. Výřez průřezu osou formy. ....	47
Obr. 24. Vizualizace zvolených dělicích rovin na výrobku. ....	48
Obr. 25. Tvárník.....	49
Obr. 26. Tvárnice. ....	49

Obr. 27. Sada výsuvných tvarových jader.....	50
Obr. 28. Pohyblivá strana formy, vlevo zobrazena pozice zavřené čelisti, vpravo pak pozice otevřené čelisti. Konjunkce těchto stavů je ve výrobní praxi ovšem nepřijatelná. ....	50
Obr. 29. Uzavřený - zamčený stav čelisti (vlevo), probíhající vysouvání čelisti pomocí šikmého čepu (uprostřed), otevřený stav čelistí zajištěný pojistnou kuličkou (vpravo). ....	51
Obr. 30. Osamostatněný řez v ose formy tvárníkem a tvárnící.....	51
Obr. 31. Výstup BGL analýzy, barva v daném místě určuje vhodnost umístění vtoku. Modrá barva odpovídá místu nejvhodnějšímu, červená místu nejméně vhodnému. ....	53
Obr. 32. Osamostatněný řez tvárníkem s vysunutými vyhazovacími kolíky.....	54
Obr. 33. Vizualizace drah temperačních kanálů tvárnice. Bráno z hora: vnitřní ucpávka, O-kroužek, nátrubek pro připojení hadic s temperačním médiem. ....	55
Obr. 34. Vizualizace drah temperačních kanálů tvárníku. Bráno z hora: vnitřní ucpávka, obtokové jádro, O-kroužek, vnější ucpávka, nátrubek.....	55
Obr. 35. Variabilní transportní nosič formy.....	56

**SEZNAM PŘÍLOH**

P 1	Materiálový list vstříkovaného PP	
P 2	Technická data horké trysky	
P 3	Technická data vstříkovacího stroje Arburg ALLROUNDER 520S (1600 - 400)	
P 4	Výkresová dokumentace	- VSTŘIKOVACÍ FORMA
P 5	Výkresová dokumentace	- VSTŘIKOVACÍ FORMA POHLED DO LEVÉ DĚLÍČÍ ROVINY
P 6	Výkresová dokumentace	- VSTŘIKOVACÍ FORMA POHLED DO PRAVÉ DĚLÍČÍ ROVINY
P 7	Výkresová dokumentace	- KUSOVNÍK
P 8	DVD obsahující	- Bakalářskou práci (doc/pdf) - Model formy, výrobku a výkresovou dokumentaci

# PŘÍLOHA P 1: MATERIÁLOVÝ LIST VSTŘIKOVANÉHO PP



## Product Data Sheet & General Processing Conditions

### RTP PP 20 TALC Polypropylene (PP) Value Product Mineral

#### PROPERTIES & AVERAGE VALUES OF INJECTION MOLDED SPECIMENS

PERMANENCE	English	SI Metric	ASTM TEST
Primary Additive	20 %	20 %	
Specific Gravity	1.05	1.05	D 792
Melt Flow Rate @ 230 °C, / 2.16 kg	10.00 g/10 min	10.00 g/10 min	D 1238
Molding Shrinkage 1/8 in (3.2 mm) section	0.0110 - 0.0150 in/in	1.10 - 1.50 %	D 955
<b>MECHANICAL</b>			
Impact Strength, Izod notched 1/8 in (3.2 mm) section	0.8 ft-lbs/in	43 J/m	D 256
unnotched 1/8 in (3.2 mm) section	13.0 ft-lbs/in	694 J/m	D 4812
Tensile Strength	4800 psi	33 MPa	D 638
Tensile Elongation	> 10.0 %	> 10.0 %	D 638
Tensile Modulus	0.45 x 10 <sup>6</sup> psi	3103 MPa	D 638
Flexural Strength	7500 psi	52 MPa	D 790
Flexural Modulus	0.35 x 10 <sup>6</sup> psi	2413 MPa	D 790
<b>THERMAL</b>			
Deflection Temperature @ 264 psi (1820 kPa)	160 °F	71 °C	D 648
@ 66 psi (455 kPa)	265 °F	129 °C	D 648
Ignition Resistance* Flammability**	HB @ 1/16 in	HB @ 1.5 mm	D 635

#### PROPERTY NOTES

Data herein is typical and not to be construed as specifications.  
Unless otherwise specified, all data listed is for natural or black colored materials. Pigments can affect properties.  
\* This rating is not intended to reflect hazards of this or any other material under actual fire conditions.  
\*\* Values per RTP Company testing.

#### GENERAL PROCESSING FOR INJECTION MOLDING

	English	SI Metric
Injection Pressure	10000 - 15000 psi	69 - 103 MPa
Melt Temperature	375 - 450 °F	191 - 232 °C
Mold Temperature	90 - 150 °F	32 - 66 °C
Drying	2 hrs @ 175 °F	2 hrs @ 79 °C

#### PROCESSING NOTES

21 Apr 2009 BDK

This information is intended to be used only as a guideline for designers and processors of modified thermoplastics. Because design and processing is complex, a set solution will not solve all problems. Observation on a "trial and error" basis may be required to achieve desired results.

Data are obtained from specimens molded under carefully controlled conditions from representative samples of the compound described herein. Properties may be materially affected by molding techniques applied and by the size and shape of the item molded. No assurance can be implied that all molded articles will have the same properties as those listed.

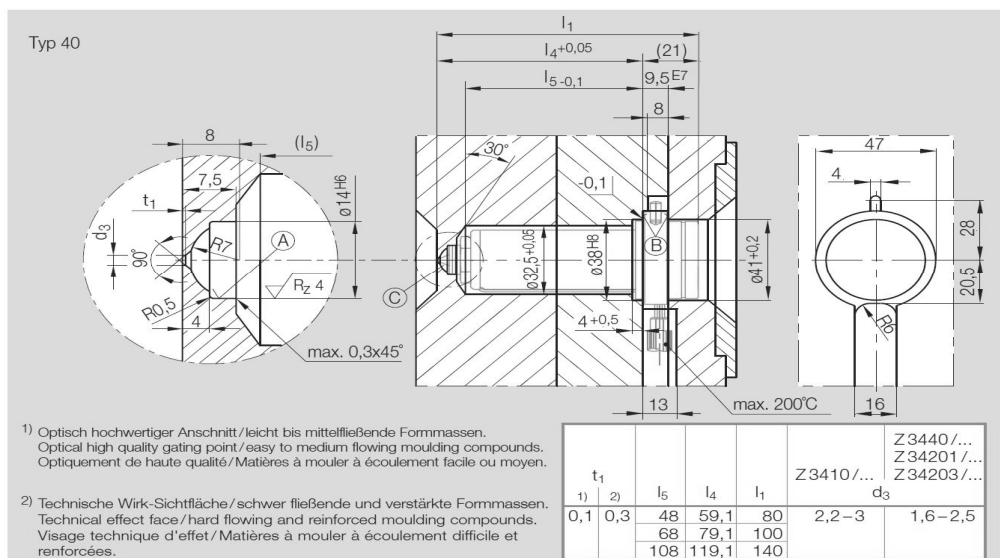
No information supplied by RTP Company constitutes a warranty regarding product performance or use. Any information regarding performance or use is only offered as suggestion for investigation for use, based upon RTP Company or other customer experience. RTP Company makes no warranties, expressed or implied, concerning the suitability or fitness of any of its products for any particular purpose. It is the responsibility of the customer to determine that the product is safe, lawful and technically suitable for the intended use. The disclosure of information herein is not a license to operate under, or a recommendation to infringe any patents.

# PŘÍLOHA P 2: TECHNICKÁ DATA HORKÉ TRYSKY

Bestell-Nr. Order No. Référence		Z3410 /32x1... /40x1...	Z3440 /32x1... /40x1...	Z34201 /32x1... /40x1... /25x1...	Z342011 /32x1... /40x1... /25x1...	Z342012 /32x1... /40x1... /25x1...	Z34203 /32x1... /40x1... /25x1...	Z342031 /32x1... /40x1... /25x1...	Z342032 /32x1... /40x1... /25x1...
Schussgewichte [g] Shot weights [g] Charges d'injection [g]									
	2								
	5								
	8								
	10								
	20			●	●	●	●	●	●
	30								
	50	●	●	●	●	●	●	●	●
	80	●	●	●	●	●	●	●	●
	100								
	150								
	200	●	●	●	●	●	●	●	●
	400	●	●	●	●	●	●	●	●
	600								
	800	●	●	●	●	●	●	●	●
	1200								
	1500								
Formmassen Moulding compounds Matières à mouler	leicht fließend easy-flowing à écoulement facile	PE PP PS	●	●	●	●	●	●	●
	mittel fließend medium-flowing à écoulement moyen	ABS ABS/PC PMMA PA SAN CA ASA EVAC	●	●	●	●	●	●	●
	schwer fließend hard-flowing à écoulement difficile	TPE PC PC* POM POM* PPE PPE* PPS PPS* PSU PSU* PET PET* PBT PBT* PP* PA* SAN*	●	●	●	●	●	●	●
Verarbeitungstemperatur Processing temperature Température de transformation		max. 400 °C							

- = mit Z 107/...  
nur in Verbindung mit  
Heißkanal,  
leicht verarbeitbar  
with Z 107/...  
only in connection with  
hot runner,  
easy processable  
avec Z 107/...  
seulement en relation  
avec le canal chaud,  
transformation aisée
- \* = verstärkte  
Formmassen  
reinforced moulding  
compounds  
matières à mouler  
renforcées
- = leicht verarbeitbar  
easy processable  
transformation aisée
- = mit Einschränkung  
verarbeitbar  
(Rücksprache mit der  
Anwendungstechnik  
wird empfohlen)  
processable within limits  
(Please contact our  
application engineers)  
transformation limité  
(Contact avec le service  
technique conseillé)

## Einbaumaße      Mounting dimensions      Côtes de montage



1) Optisch hochwertiger Anschnitt/leicht bis mittelfließende Formmassen.  
Optical high quality gating point/easy to medium flowing moulding compounds.  
Optiquement de haute qualité/Matières à mouler à écoulement facile ou moyen.

2) Technische Wirk-Sichtfläche/schwer fließende und verstärkte Formmassen.  
Technical effect face/hard flowing and reinforced moulding compounds.  
Visage technique d'effet/Matières à mouler à écoulement difficile et renforcées.

# PŘÍLOHA P 3: TECHNICKÁ DATA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

## ARBURG ALLROUNDER 520S (1600 - 400)

### Technical data

520 S

Machine model		520 S 1600		
<b>Clamping unit</b>				
Clamping force	max. kN	1600		
Closing force	max. kN	60		
Opening force / increased	max. kN	40 / 365		
Opening stroke	max. mm	575		
Mould height	min. mm	250		
Daylight	max. mm	825		
Distance between tie bars	mm	520 x 520		
Platen size (hor. x vert.)	mm	688 x 688		
Weight of mov. mould half	max. kg	1050		
Ejector force	max. kN	50		
Ejector stroke	max. mm	175		
<b>Control cabinet</b>				
Safety standard according to		DIN EN 60204		
Socket combination (1 single phase, 1 three phase)		1 x 16 A		
<b>Miscellaneous</b>				
Colour: plastic coated, structure light grey / mint green / canary yellow				
<b>Injection unit according to EUROMAP<sup>1)</sup></b>		290	400	800
Screw diameter	mm	30 / 35 / 40	35 / 40 / 45	45 / 50 / 55
Effective screw length	L/D	23,3 / 20 / 17,5	23 / 20 / 18	22 / 20 / 18
Screw stroke	max. mm	150	160	200
Calculated injection volume	max. cm <sup>3</sup>	106 / 144 / 188	154 / 201 / 254	318 / 392 / 474
Shot weight	max. g PS	97 / 132 / 172	141 / 184 / 232	291 / 359 / 434
Material throughput <sup>2)</sup>	max. kg/h PS	17 / 20,5 / 24,5	25 / 29 / 35	46 / 53 / 59
	max. kg/h PA 6.6	8,5 / 10,5 / 12,5	12,5 / 15 / 17,5	23 / 27 / 30
Injection pressure	max. bar	2500 / 2000 / 1530	2500 / 2000 / 1580	2470 / 2000 / 1650
Injection flow with accumulator	max. cm <sup>3</sup> /s	316 / 430 / 562	492 / 642 / 814	530 / 656 / 792
Back pressure positive / negative	max. bar	350 / 200	350 / 160	350 / 190
Circumferential screw speed <sup>3)</sup>	max. m/min	23 / 27 / 30	16 / 19 / 21	28 / 32 / 35
Screw torque	max. Nm	320 / 380 / 430	480 / 550 / 610	880
Nozzle contact force	max. kN	60	60	70
Nozzle retraction stroke	max. mm	240	300	400
Installed cylinder heating power / heating zones	kW	5,8 / 4	8,8 / 4	19,3 / 7
Installed nozzle heating power	kW	0,6	0,6	0,6
Material hopper capacity	l	50	50	50
Horizontal injection position	max. mm	170	170	140
<b>Variable values</b>				
Horizontal injection unit - vertical <sup>4)</sup>		<b>290-30 / -70 / -100 / -170 / -290</b>	<b>400-30 / -70 / -100 / -170 / -290</b>	<b>800-30 / -70 / -100 / -170 / -290</b>
Drive power of the hydraulic pump <sup>5)</sup>	kW	22	22	30
Total connected load <sup>6)</sup>	kW	33 / 35 / 36 / 40 / 37	36 / 38 / 39 / 43 / 40	55 / 57 / 57 / 61 / 59
Oil capacity <sup>7)</sup>	l	175	175	240
Net weight of basic machine	kg	7000 / 6990 / 7030 / 7160 / 7150	7350 / 7340 / 7380 / 7510 / 7500	7720 / 7710 / 7750 / 7880 / 7870
Electrical connection (pre-fused) <sup>8)</sup>	A	80 / 100 / 100 / 100 / 100	100	125 / 125 / 125 / 160 / 125

- 1) 1st figure: clamping force (kN), 2nd figure: max. dosage volume (cm<sup>3</sup>) x max. injection pressure (kbar)
- 2) Values refer to 400 V/50 Hz. The load is symmetrically distributed on three phases. The specified value applies to the basic machine.
- 3) Deviations are possible depending upon process settings and material type
- 4) The drive power of the hydraulic pump is determined by the required injection cycle
- 5) The required oil filling volume is determined by the drive power of the hydraulic pump
- 6) Values apply to serial operation. Reduced values are possible with simultaneous movements (depending on equipment of machine)
- 7) Further injection unit combinations on request

The shown 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.