

# Návrh konstrukce výrobku a nástroje pro jeho zpracování

Petr Fluxa

---

Bakalářská práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Petr Fluxa

Osobní číslo: T13063

Studijní program: B3909 Procesní inženýrství

Studijní obor: Technologická zařízení

Forma studia: prezenční

Téma práce: Návrh konstrukce výrobku a nástroje pro jeho zpracování

Zásady pro vypracování:

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

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího BP.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Martin Ovsík, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**8. ledna 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**20. května 2016**

Ve Zlíně dne 3. února 2016



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



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

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....26.4.2016.....

..........

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem plastového výrobku, kterým je průtokoměr benzínu do automobilu, a vstřikovací formy pro jeho zpracování.

V teoretické části je popsána problematika vstřikování, zásady pro konstrukci vstřikovacích forem a vstřikovaných dílců, volba materiálů dílce a volba vstřikovacího stroje.

V praktické části bakalářské práce je vytvořen 3D model vstřikovaného dílce a sestavy vstřikovací formy včetně výkresové dokumentace. Výkresová dokumentace obsahuje výkres sestavy formy s kusovníkem a výkresy pohledů do levé a pravé části formy. Pro konstrukci byla využita školní verze softwaru CATIA V5R19 a normálie firmy HASCO.

Klíčová slova: Vstřikování, vstřikovací forma, konstrukce, polymer

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the design for plastic product, which is a gasoline flow meter in a car and the injection mold for its production.

Problems of injection, principles of the construction of injection molds and injecting components, option of material and injecting machine are presented in theoretic part.

In the practical part of the bachelor work there are the 3D model of the injecting component and the drawing of a configuration with a piece list and drawings of views to both right and left parts of the mold. For construction were used school version of software CATIA V5R19 and standards of company HASCO.

Keywords: Injection, Injection mold, design, polymer

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mě podporovali při vzniku této bakalářské práce. Zvláště bych velmi rád poděkoval vedoucímu mé práce Ing. Martinu Ovsíkovi, PhD za cenné rady a čas, který mi věnoval po celou dobu tvorby mé práce.

Čestně 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 dne.....

.....

Podpis autora

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 POLYMERNÍ MATERIÁLY A JEJICH PŘÍPRAVA</b> .....	<b>12</b>
1.1 MATERIÁLY PRO VSTŘIKOVÁNÍ .....	12
1.1.1 Termoplasty.....	12
1.1.2 Reaktoplasty .....	13
1.1.3 Elastomery.....	13
1.2 PŘÍPRAVA MATERIÁLU .....	13
1.2.1 Přísady.....	13
1.2.2 Granulace .....	14
1.2.3 Sušení granulátu .....	14
1.2.4 Barvení granulátu .....	15
1.2.5 Recyklace plastů.....	15
<b>2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>16</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	16
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	17
2.2.1 Vstřikovací jednotka .....	18
2.2.2 Uzavírací jednotka .....	19
2.2.3 Řízení vstřikovacího stroje.....	19
<b>3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ</b> .....	<b>20</b>
3.1 TLOUŠŤKA STĚN .....	20
3.2 ZAOBLENÍ HRAN, ÚKOSY A PODKOSY .....	21
3.3 ROZMĚRY SOUČÁSTÍ A SMRŠTĚNÍ .....	21
3.4 VÝZTUŽNÁ ŽEBRA .....	21
3.5 JAKOST POVRCHU SOUČÁSTÍ.....	22
<b>4 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM</b> .....	<b>23</b>
4.1 NÁSOBNOST FOREM.....	23
4.2 STUDENÝ VTKOVÝ SYSTÉM .....	24
4.2.1 Přidržovače vtoků.....	25
4.2.2 Vtoková ústí .....	26
4.3 VYHŘÍVANÝ VTKOVÝ SYSTÉM .....	27
4.3.1 Izolované vtokové soustavy .....	27
4.3.2 Vyhřívané trysky .....	28
4.4 TEMPERACE FOREM.....	28
4.5 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	30
4.6 VYHAZOVÁNÍ VÝROBKŮ.....	31
4.6.1 Vyhazovací kolíky .....	31
4.6.2 Stírací deska .....	33
4.6.3 Další typy vyhazování .....	33
4.7 BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI FOREM.....	34
4.7.1 Šikmé válcové kolíky .....	34
4.7.2 Lomené kolíky .....	35



4.7.3	Pneumatické a hydraulické tahače posuvných čelistí .....	35
4.8	RÁMY FOREM .....	36
4.9	MATERIÁLY FOREM .....	37
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....</b>	<b>40</b>
6.1	VOLBA MATERIÁLU .....	41
6.2	VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....	41
<b>7</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....</b>	<b>43</b>
7.1	NÁSOBNOST FORMY .....	43
7.2	URČENÍ DĚLÍCÍCH ROVIN .....	44
7.3	DUTINA FORMY A ODVZDUŠNĚNÍ.....	44
7.4	BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI .....	45
7.5	VTOKOVÝ SYSTÉM .....	47
7.6	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	49
7.7	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	50
7.8	VODÍCÍ A UPÍNACÍ PRVKY VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	51
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>56</b>	
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>57</b>	
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>58</b>	
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>59</b>	
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>61</b>	
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>62</b>	

## ÚVOD

V dnešní době dochází ke stále častějšímu nahrazování tradičních materiálů jako je sklo, dřevo nebo ocel pomocí polymerních materiálů a to ve všech oblastech průmyslové výroby. Hlavním důvodem jsou specifické vlastnosti polymerů, jako je chemická odolnost, dobré mechanické vlastnosti při nízké měrné hmotnosti a možnost výroby velmi složitých tvarů výrobku, nízká cena a možnost plné automatizace sériové výroby vedoucí k ušetření pracovní síly. Další výhodou je malé procento odpadu a možnost snadné recyklace odpadu, či samotných výrobků z termoplastů.

Jednou z nejčastějších a nejrozšířenějších technologií je technologie vstřikování. Podstatou této technologie je vstříknutí roztaveného polymerního materiálu do dutiny formy, kde po zatuhnutí získá požadovaný tvar. Plnění dutiny formy je nejdůležitější část procesu vstřikování a rozhoduje o konečných vlastnostech hotového výrobku. Proces končí vyhozením výrobku pomocí vyhazovacího systému formy. Vstřikovací forma je složitý nástroj, na který jsou kladeny vysoké požadavky a to se projevuje na finanční a časové náročnosti při výrobě formy. Z tohoto důvodu se technologie vstřikování používá ve velkosériové výrobě. Ke snížení nákladů přispívá využití normalizovaných prvků při konstrukci formy.

Technologie vstřikování našla uplatnění v mnoha odvětvích průmyslu jako je automobilový a letecký průmysl, v elektrotechnice, ve zdravotnictví, v potravinářském průmyslu nebo také výroba hraček, kuchyňských a sportovních potřeb atd.

V současnosti se využívá pokročilých softwarů, které umožňují zrychlení a zkvalitnění konstrukce 3D modelu vstřikovací formy. Díky simulacím v těchto softwarech lze zkontrolovat funkci formy, což by bez této možnosti bylo realizovatelné pouze na již vyrobené formě.

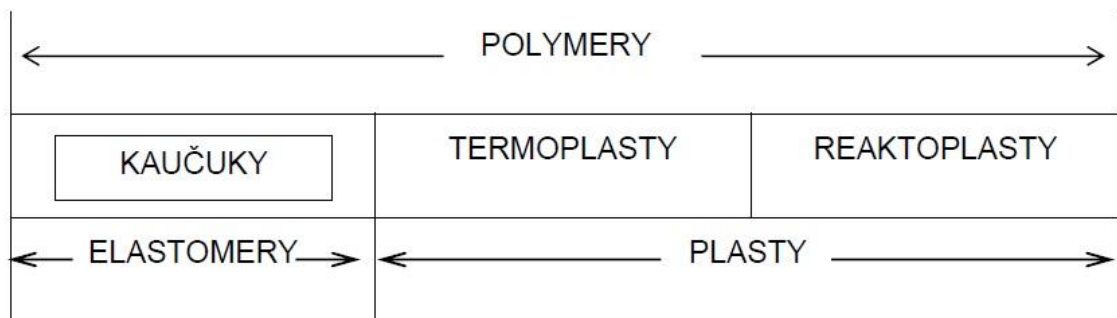
## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 POLYMERNÍ MATERIÁLY A JEJICH PŘÍPRAVA

Polymery jsou chemické látky, které díky svým vlastnostem nacházejí stále častější uplatnění ve všech odvětvích průmyslu. Jejich struktura je tvořena z makromolekulárních řetězců, které obsahují atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, často pak dusíku, chloru a dalších prvků. Za běžných podmínek je výrobek z polymerů v tuhém stavu ale při zpracování za zvýšené teploty a tlaku lze udělit výrobku nejrůznější tvar, podle následné aplikace. [6]

## 1.1 Materiály pro vstřikování

Polymery se dělí na elastomery a plasty. Plasty lze rozdělit na termoplasty a reaktoplasty, jak je patrné z obr. 1.



Obr. 1. Základní rozdělení polymerů [6]

### 1.1.1 Termoplasty

Ze všech polymerů jsou nejrozšířenější termoplasty. Vyznačují se vratnou změnou z plastického do tuhého stavu. Mají přímé řetězce (lineární polymery) nebo řetězce rozvětvené (rozvětvené polymery). Termoplasty lze rozdělit podle vnitřní struktury na: [1,3]

- amorfní - řetězce jsou nepravidelně propleteny. Amorfní termoplasty nacházejí využití v oblasti pod teplotou skelného přechodu ( $T_g$ ), kdy je polymer pevný.
- semikrystalické - části řetězců jsou uspořádány pravidelně a vytvářejí krystalickou fázi, zbylé řetězce mají amorfni strukturu. Vlastnosti semikrystalických termoplastů jsou závislé na podílu krystalické fáze, který se označuje jako stupeň krystalinity. Tyto plasty mají větší smrštění než amorfni plasty a jsou z pravidla neprůhledné. Používají se v oblasti nad teplotou skelného přechodu ( $T_g$ ).

### 1.1.2 Reaktoplasty

Stejně jako termoplasty, při zahřívání měknou a je možné je tvářet. Ovšem doba tváření je omezená, jelikož dochází k chemické reakci - vytvrzování (prostorové zesíťování struktury). Jedná se o nevratný děj, po kterém nelze plasty roztavit nebo rozpustit. Při opětovném zahřívání dochází k degradaci materiálu. Nejčastějšími zástupci reaktoplastů jsou epoxidové pryskyřice, fenolformaldehydové hmoty, polyesterové hmoty, atd. [7]

### 1.1.3 Elastomery

Elastomery je taky možné tvářet po omezenou dobu, tak jako u reaktoplastů. Jedná se o vysoce elastický polymer, u kterého lze poměrně malou silou docílit velkých, převážně vratných, deformací. Při zahřívání dochází k chemické reakci - vulkanizaci, při které dochází k prostorovému zesíťování struktury. Existují elastomery na bázi termoplastů, u kterých nedochází ke změnám chemické struktury a proces měknutí a tuhnutí je možné opakovat teoreticky bez omezení, jelikož zde probíhá pouze fyzikální děj. Nejpočetnější skupinou elastomerů jsou kaučuky, ze kterých se vyrábí pryž. [6,7]

## 1.2 Příprava materiálu

Polymer vyrobený jednou z polyreakcí nelze běžně zpracovávat a použít pro vstřikování. Pro dosažení požadovaných užitných vlastností, které samotný polymer nemá, se provádí různé přípravné operace obohacení polymeru aditivou - přísadami. [4,6]

### 1.2.1 Přísady

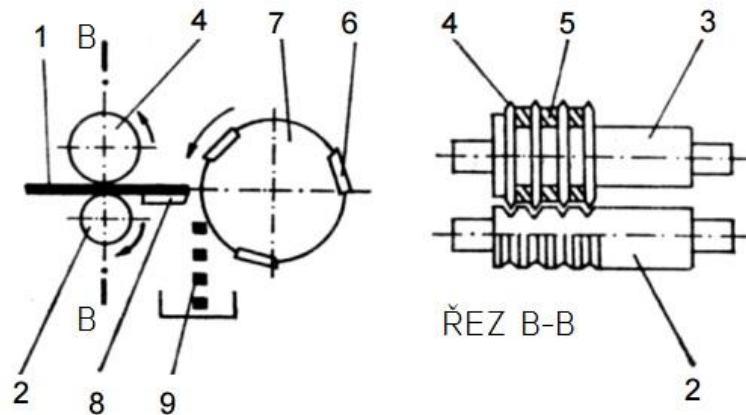
Koncentrace jednotlivých přísad se nejčastěji vyjadřuje ve hmotnostních dílech přísady připadajících na 100 hmotnostních dílů polymeru. Přísady lze rozdělit do několika základních skupin: [6]

- zpracovatelské přísady - jedná se o přísady, které sice neovlivňují konečné vlastnosti polymeru, avšak mají velký význam při přípravě polymerní směsi. V některých případech dokonce není možné připravit polymerní směs bez těchto přísad. Patří zde separační a plastikační činidla, maziva, změkčovadla apod;
- antidegradanty - tyto přísady zajišťují dlouhodobou ochranu výrobků před vnějšími vlivy během jejich funkce. Nejčastějšími vlivy jsou účinky slunečního záření, působení kyslíku, či změny teplot. Patří zde světelné stabilizátory, antioxidanty a antiozonanty;

- síťovací prostředky - účastní se síťovacích reakcí. Jedná se o síťovací činidla, aktivátory a urychlovače síťování;
- přísady ovlivňující fyzikální vlastnosti - plniva, vyztužovač, nadouvač, pigmenty atd.;
- zvláštní přísady - polymer získá speciální vlastnosti jako je odolnost proti statické elektřině, lepší adhezní vlastnosti, snížená úroveň hořlavosti apod.

### 1.2.2 Granulace

Granulace se provádí u většiny polymerů a díky výhodám, které přináší, tvoří granulační zařízení nedílnou součást zpracovatelského procesu. Materiál získá tvar granulí, který je vhodný pro další zpracování. Výhodou polymerů ve formě granulátu je poměrně velká sypná hmotnost, dobré tokové vlastnosti a možnost snadného přidávání dalších materiálů, jako jsou pigmenty apod. Na granule se také zpracovává odpad, který vzniká při zpracování, např. vtokové zbytky, zmetky při vstřikovávání, atd. Výběr metody granulace je závislý na reologických vlastnostech zpracovávané taveniny, prostoru pro granulační zařízení, na ekonomických požadavcích apod. [5]



Obr. 2. Granulace za studena [5]

1 - pás plastu rozřezávaný podélně na proužky, 2 - podávací válec, 3 - hřídel, 4 - kotoučové řezací nože, 5 - distanční vložky, 6 - rotační nože, 7 - buben rotačních nožů, 8 - pevný nůž, 9 - granule

### 1.2.3 Sušení granulátu

Většina termoplastů má schopnost absorbovat vlhkost z okolního vzduchu, což je nežádoucí z hlediska požadavků na konečný výrobek. Může vyvolat degradaci polymeru a tím zhoršení kvality povrchu. Tyto výrobky se hůře vyjímají z formy, nemají povrchový

lesk apod. Granulát se může dodávat již vysušený ve vzduchotěsných obalech a je možné jej zpracovávat ihned, nebo nevysušený v papírových nebo plastových pytlích a ve většině případu je nutné jej před zpracováním vysušit. K sušení se využívá komorových pecí s přirozeně cirkulujícím vzduchem. Pro automatizovaný provoz jsou vhodné vysokokapacitní sušárny s nucenou cirkulací předehřátého vzduchu.[1]

#### **1.2.4 Barvení granulátu**

K plastovým výrobkům v dnešní době neodmyslitelně patří i estetika. Výrobci granulátu dodávají jen určitou řadu odstínů, takže v případě požadavku na jiný odstín je nutné jednat s výrobcem. Barvení lze provést přímo na vstřikovacím stroji nebo je možné granulát obarvit před vstřikováním. Podle druhu plastu se volí vhodný typ barviva. Některé druhy mohou mít 10-20 odstínů, jiné až 150. [1]

#### **1.2.5 Recyklace plastů**

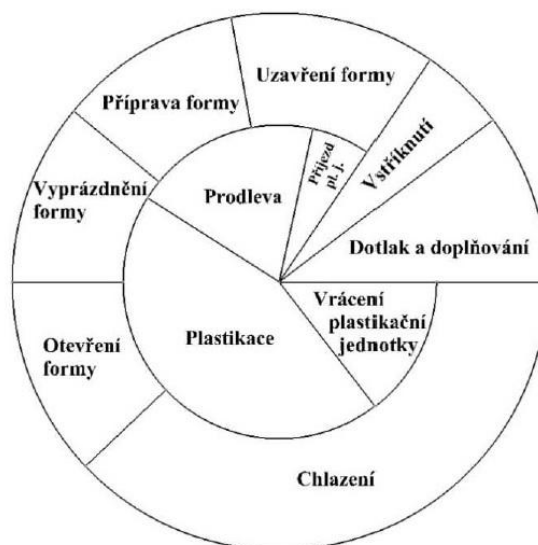
Výhodou u výrobků z termoplastů je jejich recyklovatelnost. Při vstřikování, především malých dílů, je podíl odpadu značný. Neznečištěné odpady, vadné výstřiky a vtoky po vstřikování se drtí a smíchá se s čistým granulátem, který se znovu zpracuje. Odpad se před přidáním přesívá a odstraňují se kovové nečistoty, například pomocí elektromagnetického separátoru kovu. Podle podílu odpadu v původním granulátu dochází ke snížení fyzikálně-mechanických vlastností dalších výrobků. [1]

## 2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je nejrozšířenější technologií zpracování plastu. Je to poměrně náročný fyzikální proces, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a vstřikovací forma. Vstřikováním se vyrábějí konečné výrobky nebo to mohou být i polotovary, či díly pro další zkompletování celku. Tyto výrobky mají velmi dobrou rozměrovou a tvarovou přesnost a vysokou reprodukovatelnost mechanických a fyzikálních vlastností. Vstřikování je diskontinuální, cyklický proces, při kterém lze zpracovávat drtivou většinu termoplastů. Výhodou vstřikování je krátký čas jednoho cyklu a z toho vyplývající vysoká produktivita, možnost výroby tvarově složitých výrobků při dobré toleranci rozměrů a dobrá povrchová úprava. Mezi nevýhody patří především vysoké investiční náklady na zavedení výroby, dlouhá doba nutná k vyrobení formy. Proto i díky možnosti automatizace se tato technologie používá v hromadné výrobě. [7,8]

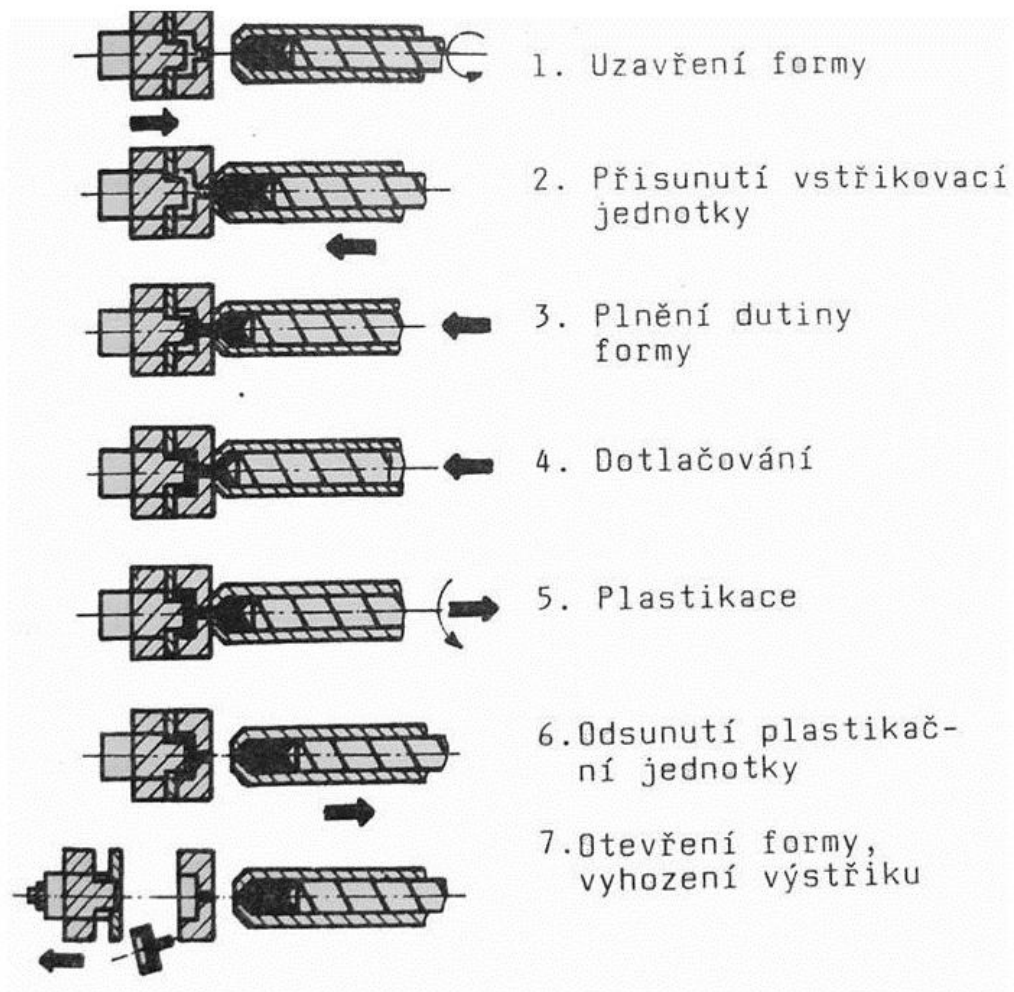
### 2.1 Vstřikovací cyklus

Materiál v podobě granulátu je nasypán do násypky vstřikovacího stroje, kde je nejčastěji pomocí šneku dopravován do tavicí komory. Po roztavení díky účinku tření a zvýšené teploty vznikne tavenina. Tavenina je vstříknuta do dutiny formy, kterou zcela zaplní. Hned po tom následuje dotlak (šnek se posune dopředu jako píst) pro snížení smrštění. Následuje chlazení, které tvoří nejdelší část vstřikovacího cyklu. V průběhu chlazení začíná plastikace další dávky materiálu. Jakmile výstřik zatuhne, forma se otevře a dojde k jeho vyhození. Po jisté prodlevě se forma opět uzavře a celý cyklus se opakuje. [7,8]



Obr. 3. Vstřikovací cyklus a časová náročnost jednotlivých operací [8]





Obr. 4. Vstřikovací cyklus [7]

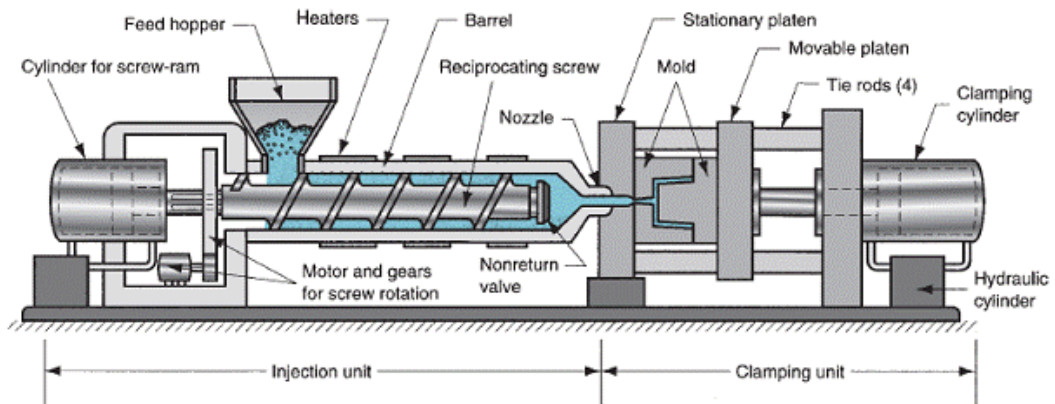
## 2.2 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroj je jeden z hlavních činitelů výroby a jsou na něj kladeny nároky na kvalitu svých parametrů a dokonalé řízení k zajištění výroby jakostních výstřiků. V důsledku rozvoje technologie vstřikování existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší svým celkovým provedením, rychlostí výroby, cenou apod. Konstrukce stroje je charakterizována podle: [1]

- vstřikovací jednotky;
- uzavírací jednotky;
- ovládání a řízení stroje.

Vstřikovací stroj pro přesné výstřiky vyžaduje tuhost a pevnost při vstřiku, konstantní tlak, rychlost, teplotu a jejich časování a přesnou reprodukovatelnost technologických

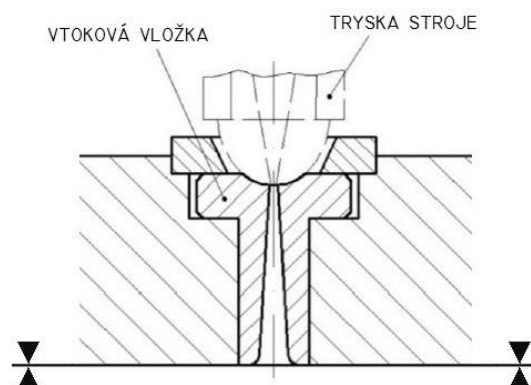
parametrů. Při výběru stroje také záleží na uzavírací síle a kapacitě plastikační jednotky. [1,4]



Obr. 5. Schéma vstřikovacího stroje [9]

### 2.2.1 Vstřikovací jednotka

Slouží k připravení a dopravě daného množství taveniny s předepsanými technologickými parametry do dutiny formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Příliš malé množství může naopak způsobit degradaci plastu z důvodu setrvání taveniny ve vstřikovací jednotce. Optimální vstřikované množství taveniny je 80% kapacity vstřikovací jednotky. Do tavného válce je dopravován zpracováváný granulát, ze kterého vzniká tavenina. Plast je posouván šnekem přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo vstřikovacího stroje. Dochází k postupné plastikaci a homogenizaci taveniny. Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, které zprostředkovává spojení se vstřikovací formou. Tryska má kulové zakončení, které zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky. [1]



Obr. 6. Dosednutí trysky stroje na sedlo vtokové vložky [1]

### 2.2.2 Uzavírací jednotka

Funkcí uzavírací jednotky je ovládání formy a zajištění její dokonalé uzavření, otevření a vyhození výstřiků. Velikost uzavíracího tlaku závisí na velikosti vstřikovacího tlaku a ploše dutiny vtoků v dělicí rovině. Uzavírací jednotka se skládá z: [1]

- opěrné desky pevné;
- upínací desky;
- vodících sloupků;
- uzavíracího mechanismu formy.

### 2.2.3 Řízení vstřikovacího stroje

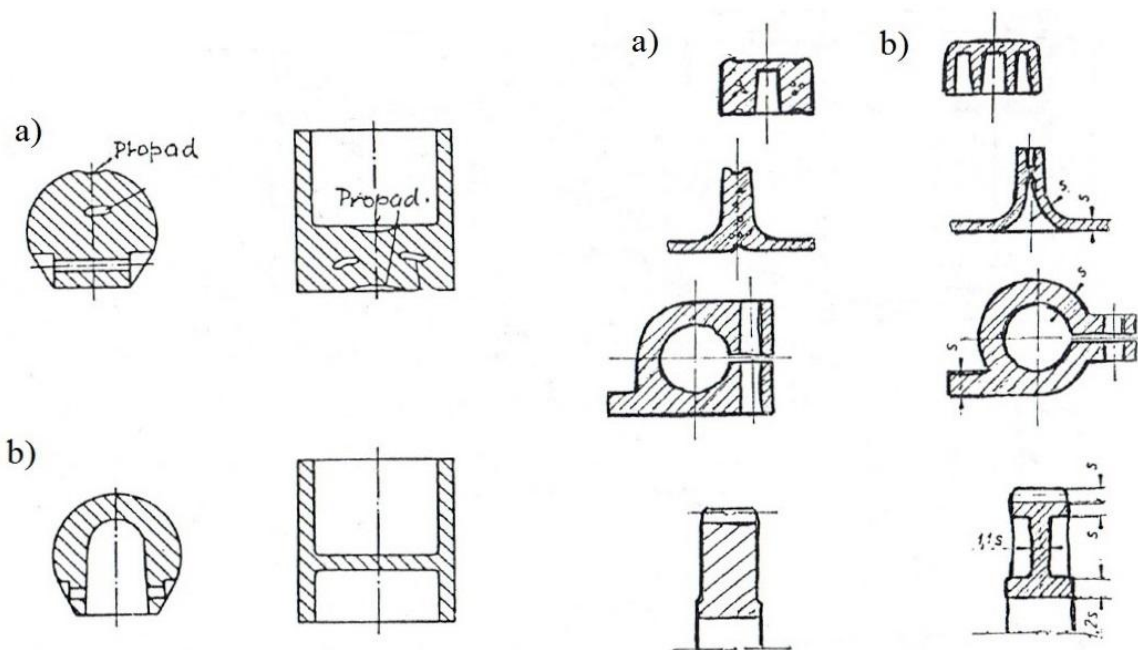
Úroveň řízení a náročnost obsluhy stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Nutností stálá reprodukovatelnost technologických parametrů. Nepřiměřené kolísání může vést k nerovnoměrné přesnosti a kvalitě výroby výstřiků. V dnešní době se vstřikovací stroje neobejdou bez výkonné procesorové techniky. Využívá se různých grafických forem řízení pracovního cyklu, který je tak snadno kontrolovatelný, či upravitelný. Díky zpětné vazbě řídicího systému je možné jednoduše upravit program. V současnosti je možné provozovat seřízený vstřikovací stroj prakticky bez zásahu člověka. [1]

### 3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ

Čím je součást jednodušší, tím je snadnější splnění pevnostních podmínek, dodržení rozměrů, levná výroba formy a celkově jednodušší výroba výstřiků. V praxi ovšem není možné vyrábět pouze jednoduché výstřiky a proto je nutné najít kompromis mezi kladenými požadavky. Pro návrh konstrukce výstřiku jsou nezbytné znalosti a zkušenosti v oboru. Na rozdíl od kovů je nezbytné uvažovat vyšší smrštění, dodatečné smrštění a mnohem větší teplotní roztažnost. [1]

#### 3.1 Tloušťka stěn

Se zvětšující se tloušťkou stěny se zvětšuje i smrštění výstřiku. Zároveň je vhodné, aby stěny u výstřiků měly jednotnou tloušťku. U výstřiků s rozdílnou tloušťkou stěn je rychlost chlazení jednotlivých stěn rozdílná, což vede ke vzniku vnitřního pnutí. U stěn větších průřezů dochází k většímu smrštění. Z těchto důvodů může u takto chybně navržených výstřiků dojít k deformacím, či ke vzniku propadlin. [4]



Obr. 7. Ukázky špatné a správné konstrukce výrobků [1]

a - špatná konstrukce; b - správná konstrukce

### 3.2 Zaoblení hran, úkosy a podkosy

Zaoblení hran, rohů a koutů je velmi výhodné z hlediska usnadnění toku taveniny. Zároveň zabrání koncentraci napětí v těchto místech a dochází ke snížení opotřebení formy, protože přechody bez zaoblení vyžadují vyšší vstřikovací tlaky. Rázová houževnatost výstřiků se díky správnému zaoblení hran zvýší až o 50%. Dalším důležitým konstrukčním prvkem jsou úkosy a podkosy. Úkosy umožňují jednodušší vyjmutí výstřiku z formy, u podkosů je to naopak, takže je snaha se jim vyhnout. [1]

Tab. 1. Doporučené velikosti úkosů [1]

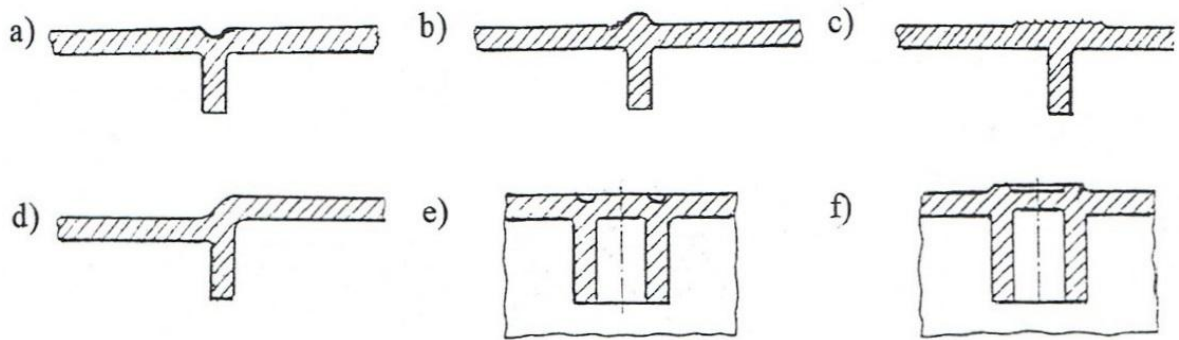
<i>Úkos pro</i>	<i>Velikost úkosu</i>
Vnější plochy	30' - 2° (1°)
Vnitřní plochy	30' - 3° (2°)
Otvory do hloubky 2 D	30' - 1° (45')
Hluboké otvory	1° - 10°
Žebra, nálitky	1° - 10° (3°)
Výstupky	2° - 10°

### 3.3 Rozměry součástí a smrštění

Smrštění se vyskytuje u všech plastů je potřeba s ním počítat při konstrukci výrobku. Je to objemová změna při tuhnutí plastů, jejíž příčinou je stlačitelnost, tepelná rozpínavost a kontrakce plastů. U semikrystalických polymerů se také projevují krystalizační změny. Pro dodržení rozměrů a tolerancí je třeba, aby byla tvarová dutina zvětšena právě o hodnotu smrštění. V praxi je takový požadavek velmi náročné dodržet, jelikož na výsledné smrštění má vliv mnoho parametrů. Jedná se například o procesní parametry (tlaky, teploty, časy), typ vstřikovaného polymeru (amorfní, či krystalický, obsah plniv, atd.) a konstrukce výrobku (tloušťka stěn a jejich poměr, složitost výrobku apod.). [4]

### 3.4 Výztužná žebra

Žebra lze rozdělit podle účinku, který plní na součásti, na technická žebra, která zajišťují pevnost a tuhost výstřiku a na technologická žebra, která umožňují optimální plnění tvarové dutiny formy, nebo brání zborcení stěn. [1]



Obr. 8. Způsoby odstranění závad výstřiku [1]

*a, f - závady; b, c, d, e - konstrukční úpravy na odstranění závad*

### 3.5 Jakost povrchu součástí

Kromě dodržení rozměrů je také důležitá jakost povrchu výstřiků. Správnou úpravou povrchu se zlepši jak estetický vzhled, tak i účelové využití. Rozlišujeme několik druhů ploch: [1]

- matné - jsou z výrobního hlediska nejjednodušší a tím ekonomicky nejvýhodnější. Matný povrch také zakryje některé vzhledové nedostatky, které vznikají při vstřikování, např. studené spoje, stopy po toku taveniny, atd.

- lesklé - je zapotřebí náročných operací na opracování formy pro docílení předepsané jakosti výstřiku. Proto je lesklý povrch ekonomicky nejnákladnější. Oproti matným povrchům jsem vidět veškeré nedostatky při výrobě výstřiků.

- dezénové - jedná se o častou úpravu částí nebo celého povrchu výstřiku. Získá se zvýraznění některé oblasti součásti, snadnější manipulace, snížení průhlednosti, apod. Zároveň zakryje povrchové nedostatky stejně jako matný povrch. Pokud je volen dezén u bočních ploch, je nutné zvětšení úkosů.

Další vlastností povrchu, které ovlivňuje celkový vzhled je barevnost součástí. Její volba záleží na druhu použitého plastu a na odstínech, které je možné u daného polymeru docílit. Barevnost je určena vzorníkem, kterým je třeba se řídit. Při požadavku na speciální barevný odstín je třeba materiál barevně upravit. Pokud i tak není možné docílit požadovaného odstínu, přistoupí se k povrchové úpravě nátěrem. [1]

## 4 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM

Funkcí vstřikovací formy je udělení vstříknuté tavenině konečný tvar. Po zatuhnutí taveniny následuje vyjmutí výstřiku z formy. Vstřikovací forma je komplikovaný nástroj, který musí odolávat vysokým tlakům, musí umožňovat tvorbu rozměrově přesných výstřiků, umožnit jejich vyjmutí a také pracovat automaticky. Kromě správné funkce je také důležité se zaměřit na ekonomiku výroby. Ideální je forma s nízkou pořizovací cenou, která zajišťuje snadnou a rychlou výrobu při vysoké produktivitě práce. Dalším ukazatelem kvality forem je dodržení bezpečnostních zásad při výrobě i provozu formy. [1,5]

### 4.1 Násobnost forem

Násobnost formy má velký význam pro hospodárnost vstřikování. Správná volba násobnosti formy závisí na: [1]

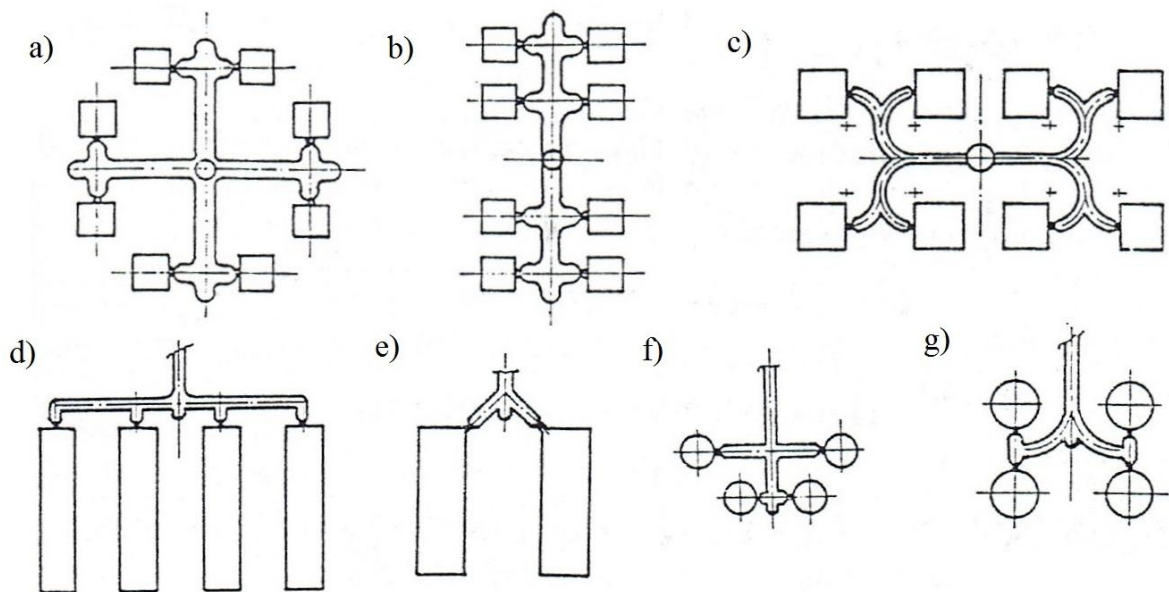
- charakteru a přesnosti výstřiku;
- požadovaném množství výstřiků;
- velikosti a kapacitě vstřikovacího stroje;
- ekonomice výroby.

Jednonásobné formy se využívají k výrobě rozměrově velkých, či tvarově velmi složitých výstřiků. Jednonásobné formy se také z ekonomického hlediska využívá u malých nebo testovacích sériích. Se zvyšující se násobností formy se zhoršuje kvalita výrobků. Důvodem je nerovnoměrná teplota formy i taveniny při plnění dutin formy, rozdílné vstřikovací tlaky, rozdílné dráhy vtoků atd. Pokud je k dispozici dostatečně velký vstřikovací stroj a je nutné vyrobit velkou sérii výstřiků, navrhuje se vícenásobné formy. Ovšem je nutné zvážit technologické a ekonomické parametry: [5]

- celkový počet výrobků v sérii a termín jejich dodání;
- celkové náklady pro výrobu jednonásobné a vícenásobné formy;
- vstřikovací a plastikační kapacita vstřikovacího stroje;
- veškeré provozní náklady stroje s menší a s větší vstřikovací kapacitou;
- doba vstřikovacích cyklů pro jednonásobnou a vícenásobnou formu.

## 4.2 Studený vtokový systém

Vtokový systém slouží k zavedení taveniny ze vstřikovacího stroje do dutiny formy. Požadavkem je naplnění termicky homogenní taveninou za co nejkratší dobu. Uspořádání vtokového systému závisí na konstrukci formy a na její násobnosti. U vícenásobných forem je nutné dbát na to, aby tavenina dorazila ke všem ústím vtoku současně (vyvážený vtokový systém). Tavenina se vstřikuje vysokou rychlostí do formy s výrazně nižší teplotou. Během průtoku studeným vtokovým systémem dochází ke zvyšování viskozity vlivem snižující se teploty taveniny a tím dochází ke zvýšení tlaku. Povrchová vrstva taveniny tuhne a vytváří tak tepelnou izolaci. To umožňuje zaplnění celé dutiny formy. Jakmile je forma zaplněna, dojde k výraznému poklesu průtoku a zvýšení odporu. Ideální vtokový systém zajišťuje, aby dráha toku taveniny byla co nejkratší a nedocházelo tak k tlakovým a časovým ztrátám. Vtoková ústí musí být umístěna tak, aby nevznikaly studené spoje. Studený spoj vznikne částečným ochlazením proudů taveniny a jejím vzájemným setkáním, kdy nedojde ke kvalitnímu spojení. Z tohoto důvodu je vhodné využití pouze jednoho vtoku na jednu dutinu formy. [1,8]

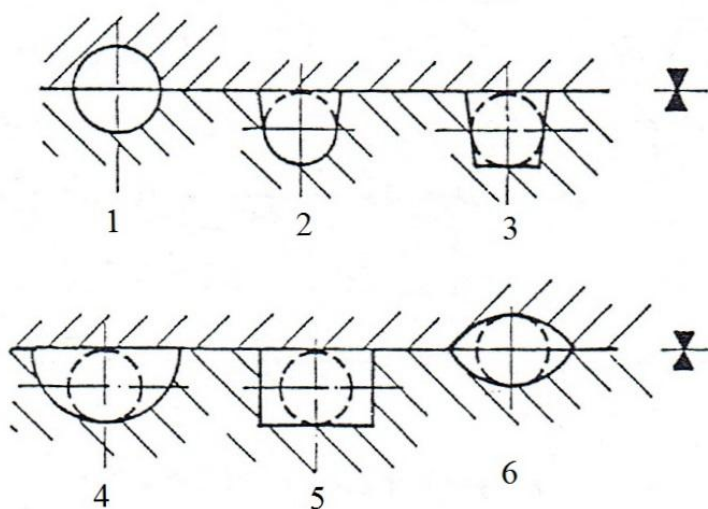


Obr. 9. Příklady volby vtokového systému [1]

a, c, f, g - vhodné řešení; b, d - nevhodné řešení - nutná korekce vtokových ústí



Také je nutné správně zvolit průřez vtokových kanálů. Pokud je vtokový kanál dostatečně velký, tak po vyplnění dutiny formy bude jádro taveniny stále v plastickém stavu a je možné aplikovat dotlak. Větší průřez se ovšem projeví na spotřebě polymeru a zvýšení nákladů, jelikož celý studený vtokový systém je po vyhození z formy odpad. Pro snížení ochlazování je vhodný co nejmenší povrch vtokového kanálu. Tyto podmínky nejlépe splňuje kruhový průřez, avšak z výrobních důvodů se využívá tvar lichoběžníkový. U vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů z důvodu zachování konstantní rychlosti taveniny. [1]



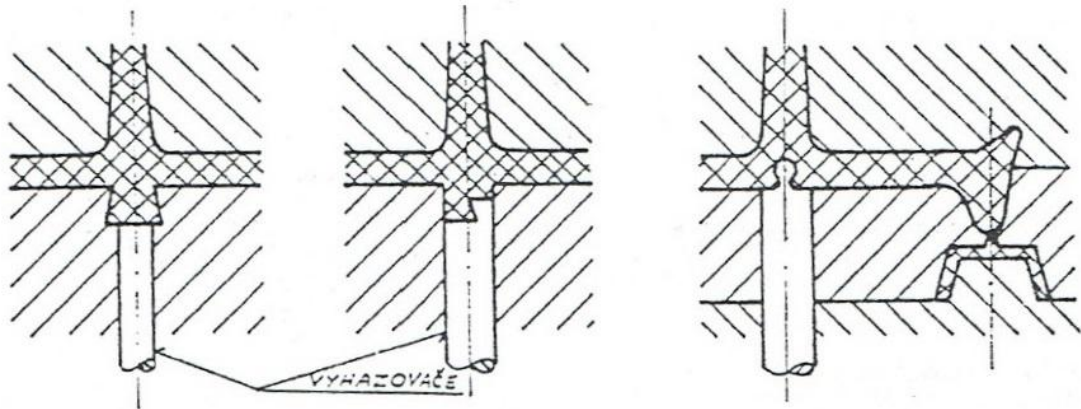
Obr. 10. Volba průřezu vtokových kanálů [1]

2, 3, 4, 5 - výrobně vhodné řešení; 1, 6 - výrobně nevhodné řešení

Aby vtokové kanály splňovaly svůj účel, je nutné, aby všechny ostré hrany kanálů byly zaobleny min.  $R = 1 \text{ mm}$ . Pro snadné odformování je nutné stanovit úkosovitost všech vtoků, minimálně  $1,5^\circ$ .

#### 4.2.1 Přidržovače vtoků

Po otevření formy může být problematické vyjmutí vtokové soustavy z vtokové vložky. K odstranění tohoto problému slouží přidržovače vtoků, které zajistí, aby vtok po otevření formy zůstal na levé straně formy. U více deskových forem je možné zajistit, aby byl vtokový systém oddělen od výstřiků již při otevření formy (obr. 9c). [8]

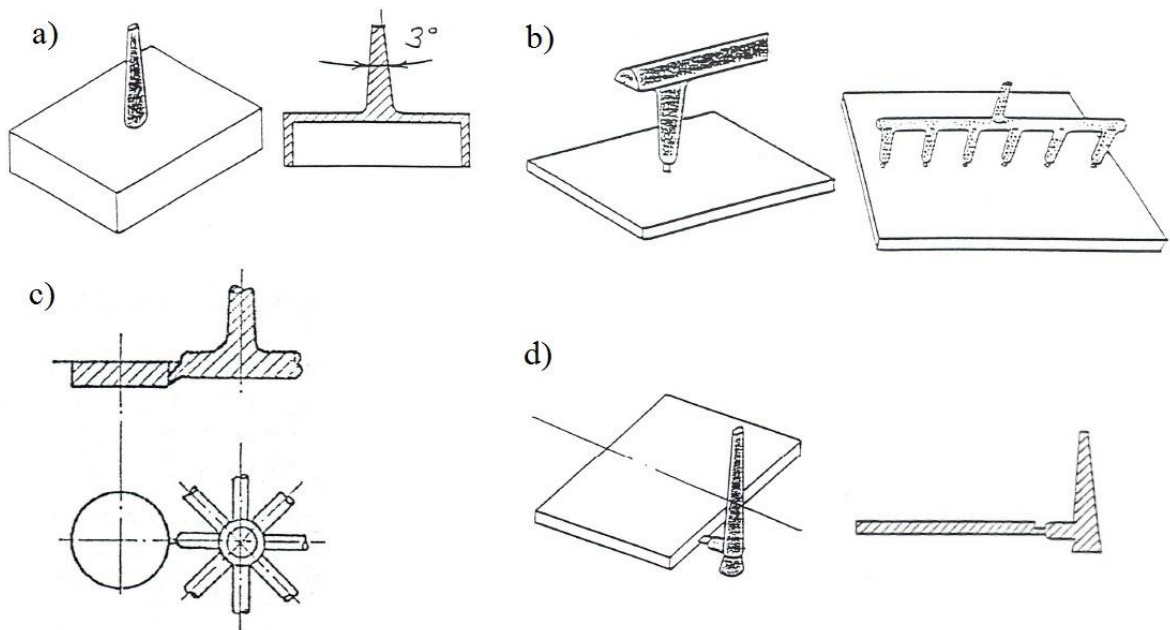


Obr. 11. Možnosti přidržení vtokového systému [1]

#### 4.2.2 Vtoková ústí

Ve většině případů je vtokové ústí tvořeno zúžením rozváděcího kanálu. Vlivem zúžení se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny a dochází k omezení strhávání chladných vrstev a zamezení tvorby povrchových vad. Průřez vtokového ústí se volí co nejmenší a délka zúžení co nejkratší. Zároveň musí umožňovat spolehlivé naplnění formy a zajistit efektivní působení dotlaku. V praxi se lze setkat s různými druhy vtoků: [1]

- plný kuželový vtok - tavenina je přivedena do tvarové dutiny bez zúžení vtokového ústí. Nejčastěji nachází využití u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Je vhodný pro tlustostěnné výstřiky a z hlediska působení dotlaku je velmi účinný. Nevýhodou je náročné odstraňování ztuhlého vtoků z formy a zanechání stopy na výstřiku.
- bodový vtok - je to nejznámější typ zúženého vtokového ústí. Nutností je třídeskový systém forem, kde je zajištěno odtržení vtokového ústí v jedné dělicí rovině a následné otevření druhé dělicí roviny s tvarovou dutinou.
- tunelový vtok - je speciálním případem bodového vtoků. Výhodou je, že může být umístěn ve stejné rovině jako tvarová dutina, což umožňuje zjednodušení konstrukce formy. Pro správnou funkci je nutná existence ostré hrany, která oddělí vtokový zbytek od výstřiku při otevření formy.
- boční vtok - typ se zúženým vtokovým ústím, obvykle obdelníkového průřezu. Je to nejrozšířenější typ vtokového ústí. Vtokový zbytek zůstává pohromadě s výstřikem, při automatizované výrobě se aplikuje speciální odřezávací zařízení.



Obr. 12. Základní typy vtokových ústí [1, 10]

*a - plný kuželový vtok; b - bodový vtok, c - tunelový vtok, d - boční vtok*

### 4.3 Vyhříváný vtokový systém

Stále větší uplatnění v dnešní době nachází vyhříváné vtokové soustavy, které oproti studeným vtokovým soustavám přinášejí několik výhod. Umožňují automatizaci výroby a zároveň byly zkráceny výrobní cykly. To bylo předpokladem k aplikaci v hromadné výrobě výrobků, např. kelímky, uzávěry, plast. přístroje atd. Další výhodou je úspora materiálu, jelikož dochází ke vstřikování bez vtokových zbytků. Odpadá tedy i manipulace a regenerace vtokových zbytků a případné problémy při zpracování regenerátu. U všech výrobků ovšem není možné aplikovat tuto technologii, zvláště při malých sériích. Formy s vyhřívánými vtokovými systémy jsou velmi nákladné a vyžadují vyšší úroveň vybavení vstřikoven a zkušený personál. Tato technologie spočívá v tom, že tavenina je v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu, což umožňuje použití bodového ústí malého průřezu, které je výhodné pro širokou oblast vyráběných dílců. [1, 10]

#### 4.3.1 Izolované vtokové soustavy

Jsou nejjednodušší a dnes jen velmi málo používané. Izolované vtokové soustavy pracují na principu vlastní termoplastické izolace v okrajových vrstvách vtokových kanálků nebo předkomůrky. Teplotu trysky udržuje buď větší vrstva taveniny, nebo je ohřívána nepřímo, jelikož u tohoto systému nemá tryska vlastní vytápění. [1, 8]

### 4.3.2 Vyhřívání trysky

Konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy a dokonalou tepelnou stabilizací. Trysky mají vlastní topné médium i s regulací. Jednodušším provedením jsou nepřímo ohřívány trysky: [1, 8]

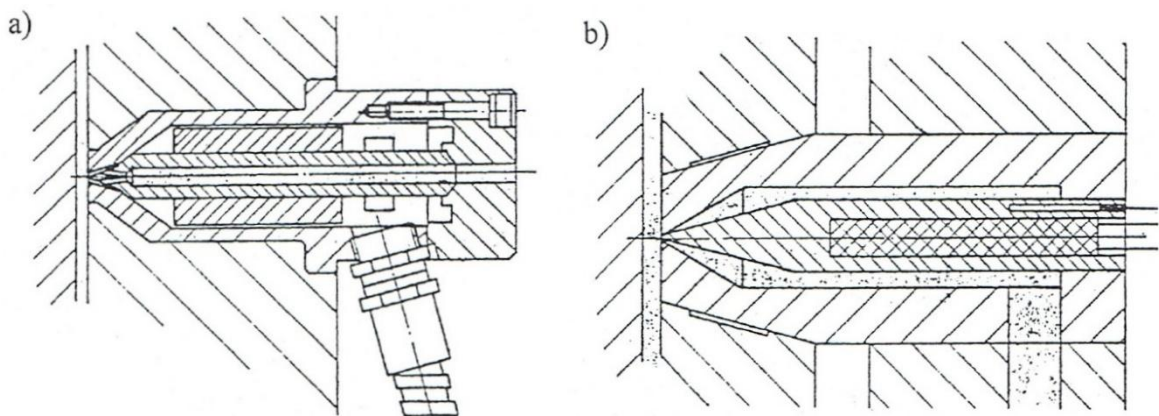
- s vlastním zdrojem tepla - má miniaturní topné těleso zabudované do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do vyústění vtoku. Vyžaduje rychlý pracovní cyklus.

- s rozvodným blokem - využívá se přenosu tepla z rozvodného bloku na trysku. Používá se u vícenásobných forem.

Vyhřívání trysky lze pak rozdělit na: [8]

- trysky s vnějším topením - tavenina proudí vnitřním otvorem trysky, která je vyrobena z vodivého materiálu. Tryska je vytápěna z vnější strany.

- trysky s vnitřním topením - tavenina proudí kolem vnitřní vyhřívací vložky, která je vyrobena z vodivého materiálu.



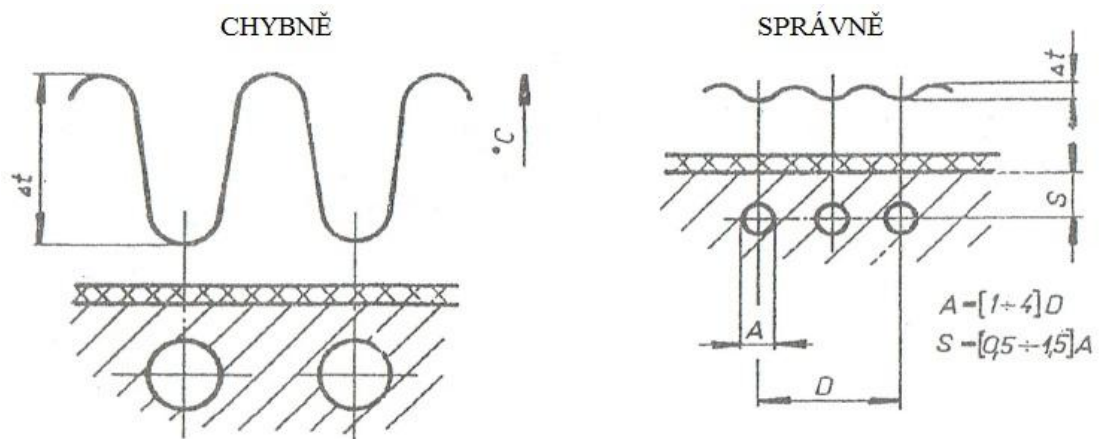
Obr. 13. Vyhřívání trysky [1]

*a - tryska s vnějším vytápěním; b - tryska s vnitřním vytápěním*

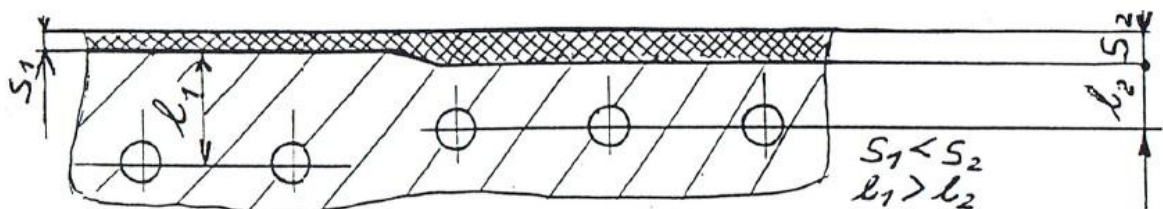
## 4.4 Temperace forem

Velký vliv na vlastnosti výstřiků má způsob uspořádání a dimenzování temperačního systému. Z důvodu velké rozmanitosti plastových výrobků nejsou přesně dány žádné optimální teoretické a konstrukční návrhy a proto volba temperačního systému závisí na zkušenostech a citu konstruktéra a na dalších funkčních prvcích, které se ve formě nachází (vyhazovače, posuvné čelisti, atd.). Základním požadavkem kladeným na temperační systém je zajištění rovnoměrné doby chlazení celého dílce. Při splnění tohoto požadavku

je zajištěna minimální deformace, pnutí, rozdíly ve smrštění, povrchová kvalita apod. Při konstrukci je nutné brát v úvahu temperační systém do základní koncepce. Při vyvrtání temperačních kanálů se snižuje hmotnost formy. Je třeba mít na paměti, že forma by měla mít dostatečnou hmotnost. Zmenší se tak mechanické deformace působením vstřikovacího tlaku a uzavírací síly stroje a zvýší se tepelná stabilita formy. Zároveň je vhodné použití izolačních desek pod upínacími deskami, alespoň na pevné straně formy pro zamezení odvodu tepla do upínací desky stroje. Z hlediska rovnoměrného chlazení je lepší volit více kanálů menšího průřezu, než naopak (obr. 10). Pokud má výrobek rozdílné tloušťky stěn, je potřeba zajistit, aby silnější stěny byly ochlazovány stejnou rychlostí jako slabší stěny. Pro splnění tohoto požadavku se upravuje rozmístění temperačních kanálů (obr. 11). Při navrhování chladících okruhů je nutné, aby vstup chladícího média byl orientován do místa vstupu taveniny do tvarové dutiny. Zde je tavenina nejteplejší a tím má i tvarová část formy vyšší teplotu, než části od vtoku vzdálené.[10]



Obr. 14. Vliv rozmístění temperačních kanálů na průběh teploty povrchu tvárnice [2]



Obr. 15. Způsob chlazení výstřiku o různé tloušťce stěny [10]

Pro správnou funkci temperačního systému je předpokladem správná volba aktivního temperačního média. Mohou to být: [8]

- kapaliny - proudí temperačními kanály uvnitř formy, kde dochází k přestupu tepla mezi formou a kapalinou. Nejčastěji se používá voda, především z ekonomického hlediska. Dále je možné využít oleje, např. u polymerů, které vyžadují teplotu vyšší než 100°C.

- vzduch - používá se buď nuceným, nebo volným prouděním. Jelikož má malou účinnost chlazení, používá se pouze v případech, kdy není možné použití kapaliny z důvodu nedostatku prostoru.

- topné elektrické články - využívají se tam, kde je potřeba vyšší teplota v případě, že teplo odváděné do okolí je větší než teplo přivádění vstříkovaným polymerem. Nejčastěji se používají topné patrony, či prstencová topná tělesa.

#### 4.5 Odvzdušnění forem

Může se zdát, že se jedná o méně důležitý problém, ovšem správné navržení odvzdušnění je velmi podstatné. Neodvedený vzduch může vyvolat následující vady, resp. technologické problémy: [4]

- nedostřiky - zamrznutí čela taveniny;
- spálená místa na výrobcích;
- tvorba bublin ve stěnách o větší tloušťce;
- zvýšení nebezpečí tvorby studených spojů;
- vnesení vnitřního pnutí do výstřiků;
- nutnost enormního zvýšení vstřikovacího tlaku, či velké tlakové spády v dutině formy.

Dutina formy je před vstříkáním naplněna vzduchem, který je nutné při plnění formy odvádět. Se zvyšující se rychlostí plnění musí být odvzdušňovací systém účinnější. Nejčastějším jevem, který vzniká při rychlém plnění formy, je stlačení vzduchu, který se vlivem vysokého tlaku ohřívá a způsobuje tzv. Dieselův efekt (spálené místo na výstřiku). To ve většině případů není přípustné, a proto je nutné zavést účinný odvzdušňovací systém. Při pomalém plnění dutiny formy dochází k uvolňování a strhávání zamrzlého materiálu ze stěn tvarové dutiny formy. Takto zatuhlé částice potom nepříznivě ovlivňují jakost výstřiků (povrchové a mechanické vlastnosti, rozměrová stabilita atd.). Odvzdušnění lze řešit: [2,4]

- hlavní dělicí rovinou formy a vedlejšími rovinami;



- vůlemi mezi tvarovými pevnými částmi formy;
- vůlemi mezi pohyblivými částmi formy;
- odvzdušňovacími kanály;
- pomocí speciálních prostředků, které jsou vloženy do dutiny formy.

## 4.6 Vyhazování výrobků

K vyhození výstřiků z formy slouží vyhazovací systém, který doplňuje formu a zajišťuje výrobní cyklus. Vyhazovací cyklus začíná dopředným pohybem, kdy dojde k vyhození výstřiku a dále následuje zpětný pohyb, kde se vyhazovací systém vrátí do původní polohy. Podmínkou správného vyhození je hladký povrch a přítomnost úkosů stěn ve směru vyhazování. Také je nutné, aby byl výstřik vyhozen rovnoměrně, aby nedošlo k jeho vzpříčení a tím ke vzniku trvalých deformací. [2]

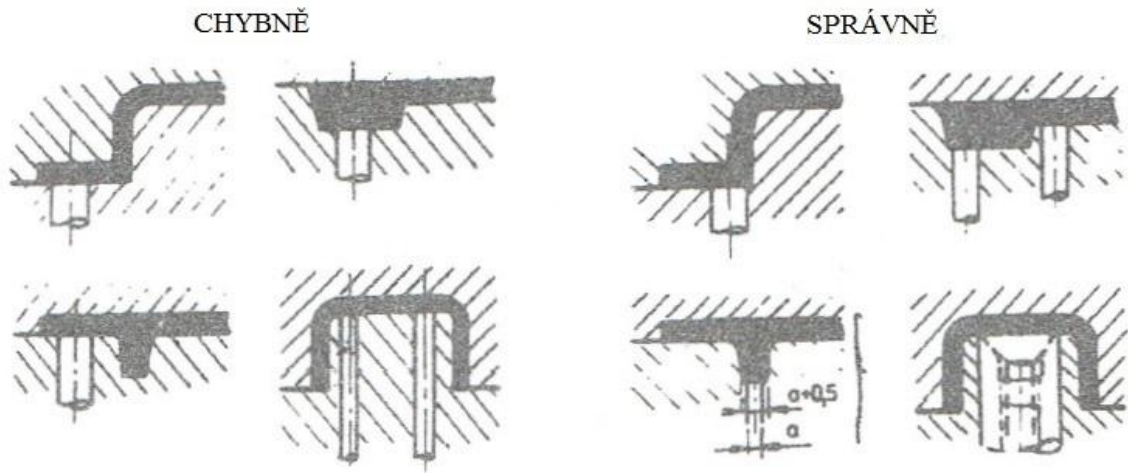
Na vyhozeném výrobku zůstanou stopy po vyhazovacích kolících. Pokud by to bylo závadou, tak se podle možnosti opraví, nebo se vyhazovače umístí na tu stranu, kde vzhledu nevadí. S výstřikem se vyhazuje i vtokový systém, který je při vhodném uspořádání možné odstranit ihned při vyhození. Pohyb vyhazovacího systému může být zajištěn například hydraulickým, nebo pneumatickým zařízením. Nejrozšířenějším vyhazovacím systémem je mechanické vyhazování. Může mít různou konstrukci: [2]

- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků;
- vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů;
- vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů;
- postupné vyhazování;
- speciální vyhazování.

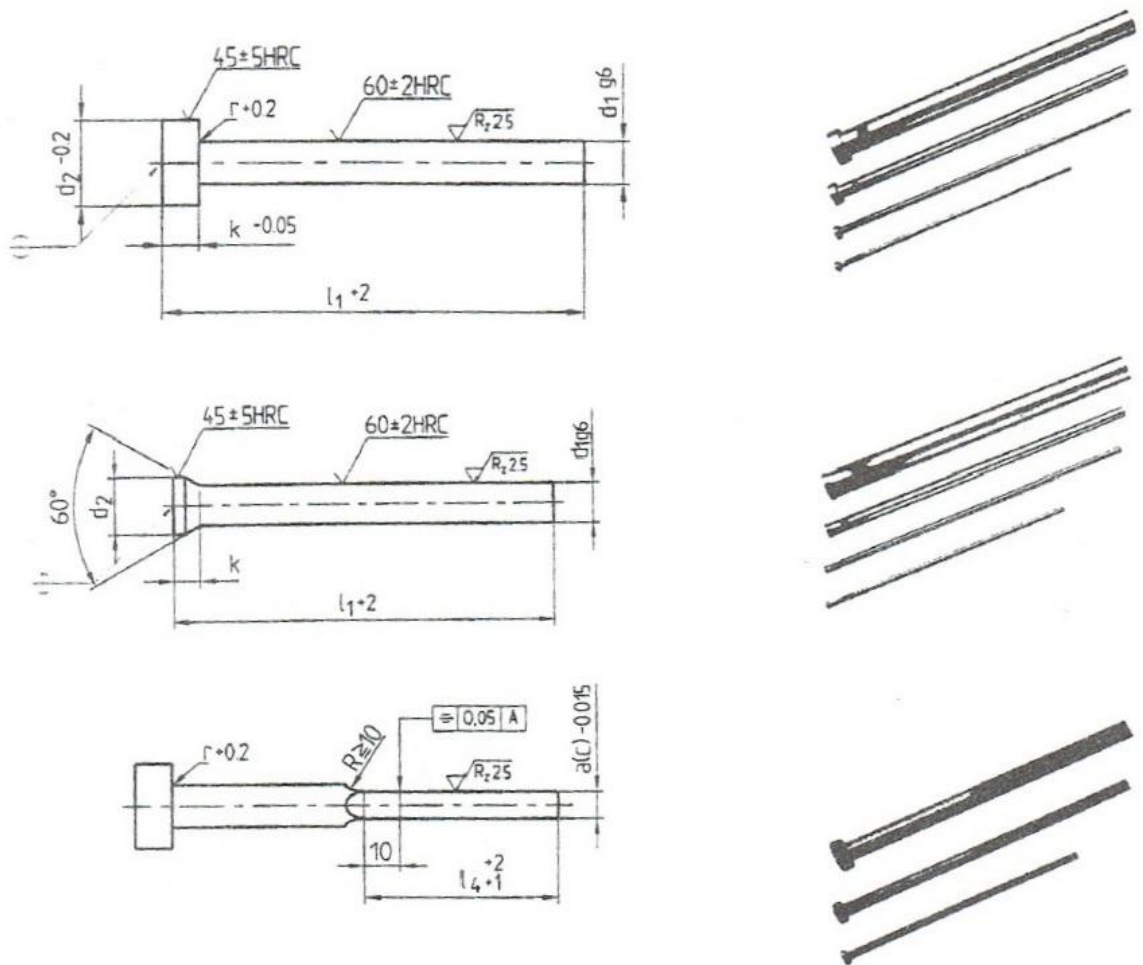
### 4.6.1 Vyhazovací kolíky

Nejčastějším a nejlevnějším způsobem je vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků. Správná volba tvaru a umístění vyhazovacího kolíku umožní snadné vyhození výstřiku bez poškození. Kolík by se měl opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit, jelikož by mohla nastat trvalá deformace. Při velkém množství vyhazovacích kolíků je obtížnější zhotovení temperačního systému formy. Musí být dostatečně tuhé a snadno

vyrobitelné, proto jsou obvykle válcové. Uložení kolíků je v tolerancích v závislosti na požadované funkci a tekutosti plastu. Vůle v uložení také funguje jako odvzdušnění. [2]



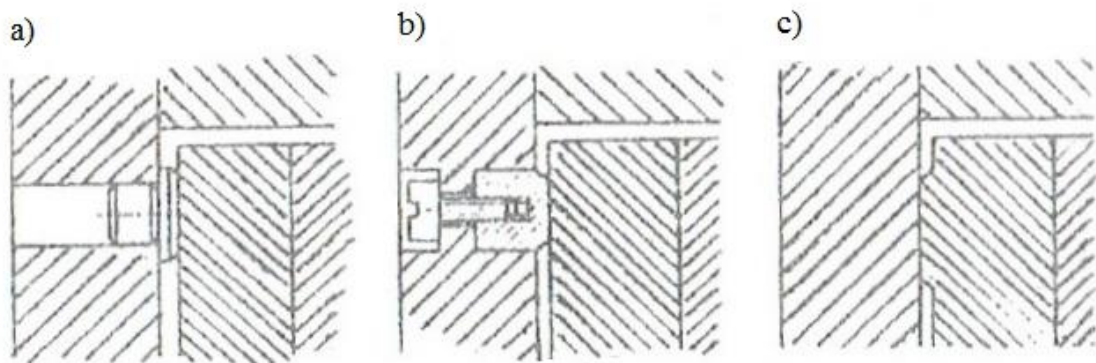
Obr. 16. Možnosti umístění vyhazovacích kolíků [2]



Obr. 17. Některé ze základních typů vyhazovacích kolíků [2]



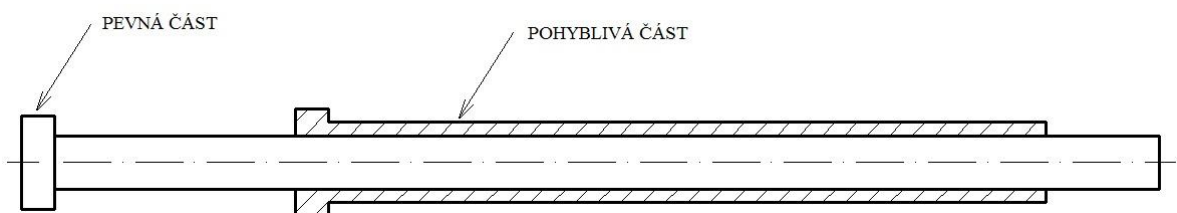
K ukotvení vyhadzovacích kolíků slouží vyhadzovací desky - vyhadzovací deska opěrná a vyhadzovací deska kotevní. Aby tyto desky nedosedaly celou plochou, používají se tzv. dosedky (dorazy).



Obr. 18. Možnosti konstrukce dorazů [2]

#### 4.6.2 Stírací deska

Stírací deska působí na výrobek po celém jeho obvodu a díky tomu nedochází k zanechávání stop na výstřiku. Používá se u tenkostěnných výstřiků, u kterých je nebezpečí vzniku deformací, nebo u rozměrově velkých dílců, u kterých je zapotřebí větší vyhadzovací síly. Aplikace stírací desky je vhodná pouze tehdy, dosedá-li výrobek na stírací desku v rovině, případně pokud je plocha dílce jen mírně zakřivena. Speciálním případem stírání tlakem je použití trubkového vyhadzovače. Vyhadzovač s otvorem plní funkci vyhadzovací desky a pracuje jako vyhadzovací kolík. Vlastní vyhadzovací kolík je umístěn v pevné desce formy a plní funkci jádra. [2]



Obr. 19. Trubkový vyhadzovač

#### 4.6.3 Další typy vyhadzování

Mezi další typy vyhadzování patří například vyhadzování pomocí šikmých kolíků. Využívají se k vyhadzování malých a středně velkých vstřiků s mělkým vnitřním, či vnějším zápichem. Do skupiny mechanického vyhadzování patří také dvoustupňové vyhadzování. To vyžaduje dva vyhadzovací systémy, které umožňují vyhození výstřiků s rozdílným časovým

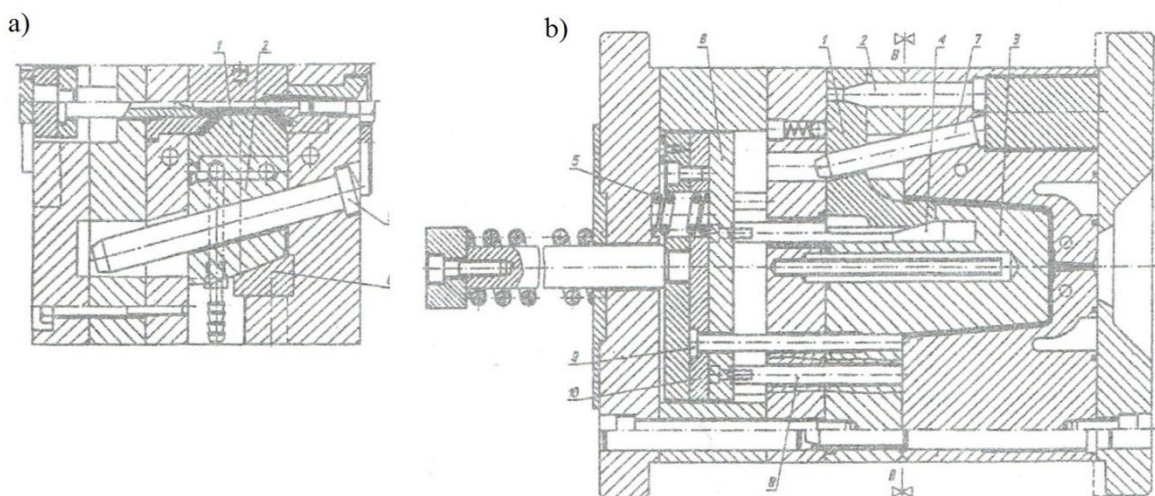
rozložením vyhadzovacího zdvihu i velikosti. Tento systém nachází využití například u slabostěnných dílců, nebo při oddělování vtokových zbytků od výstřiku při vyhadzování. Pro vyhadzování slabostěnných dílců nebo dílců, které jsou ve tvaru nádob, a hrozí vznik deformací, se používá vzduchové vyhadzování. Jedná se o méně využívaný způsob, který může být velmi výhodný jen v některých případech. [2]

## 4.7 Boční posuvné čelisti forem

Boční posuvné čelisti umožňují výrobu výstřiků s bočními otvory, výstupky nebo zahloubeními, které leží nejčastěji kolmo k ose formy. K ovládání čelistí se využívá mechanických, pneumatických nebo hydraulických prvků. U mechanických je pohyb ovládn pomocí šikmých nebo lomených kolíků, které využívají otevíracího a uzavíracího pohybu formy. Při vstřikování musí být čelisti pevně „uzamčeny“. Toho lze dosáhnout pomocí opření čelisti o opěrnou lištu pevné desky formy. Po otevření formy je nutné zajištění čelistí, například pomocí pružiny a kolíku. Pokud by čelisti nebyly zajištěny, mohlo by dojít ke skluzu a následné kolizi a poškození nástroje při uzavírání formy. Se vzrůstajícím počtem čelistí se zvyšuje i počet dělicích rovin a tím vzrůstá počet rozměrů nevázaných formou a také náklady na formu. [2, 8]

### 4.7.1 Šikmé válcové kolíky

Čelisti se vysouvají současně s otevíráním formy pouze s nepatrným zpožděním, které je způsobeno vůlí mezi otvorem a kolíkem (nejčastěji 0,2 mm). Sklon kolíků bývá 15° až 25°. Příklad konstrukce vnějších a vnitřních čelistí a jejich zajištění je znázorněn na obr. 17.[2]

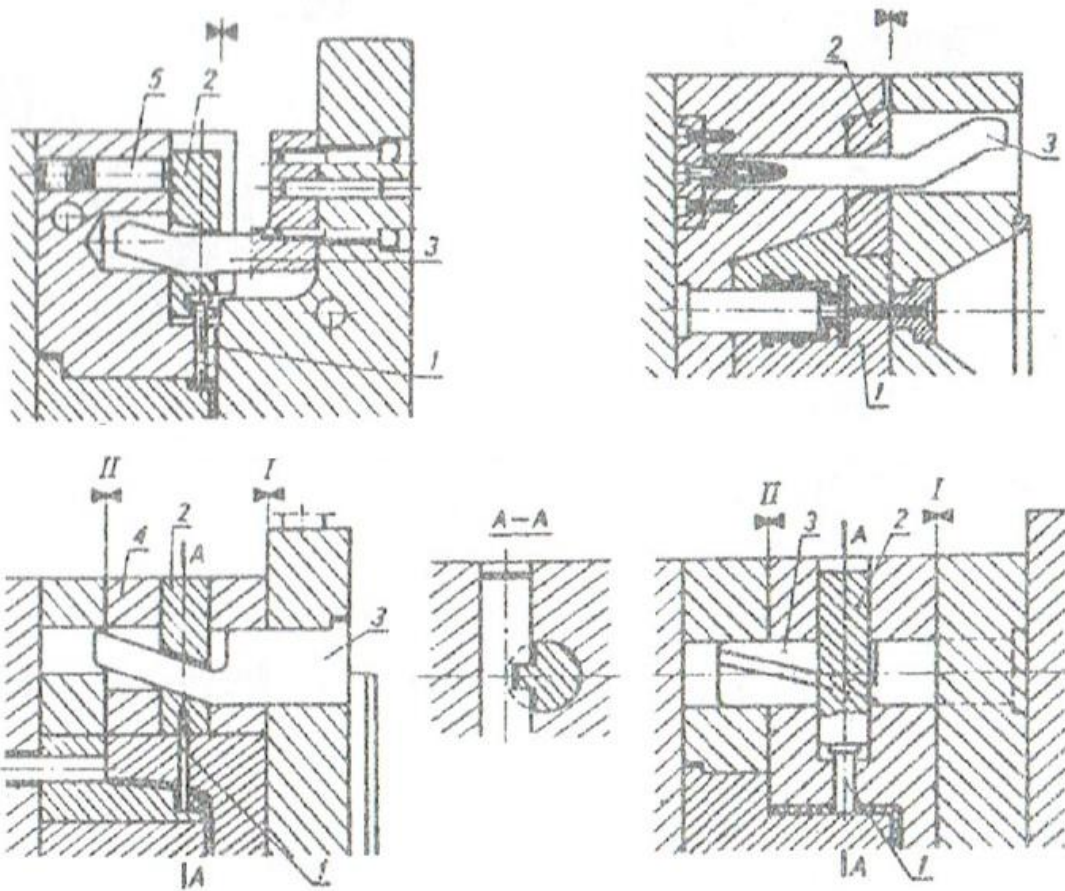


Obr. 20. Využití šikmých kolíků [2]

*a - vnější čelisti; b - čelisti uvnitř tvárníku*

#### 4.7.2 Lomené kolíky

Funkce lomených kolíků je obdobná jako u šikmých kolíků, avšak navíc umožňují zpoždění odsunu čelistí při otevírání formy. Úhel sklonu uzavíracích ploch může být menší a tím lze dosáhnout větší uzavírací síly. I když je lomený kolík výrobně nákladnější, využívá se častěji než šikmý kolík právě díky těmto dvěma vlastnostem. [2]



Obr. 21. Příklady použití lomených kolíků [2]

#### 4.7.3 Pneumatické a hydraulické tahače posuvných čelistí

Pneumatické tahače využívají jako pracovní médium vzduch, u kterého je třeba brát v úvahu jeho stlačitelnost. Ta může způsobit nerovnoměrný nebo trhavý pohyb ovládané čelisti. Vzduch je ve válci pod tlakem 0,4 až 0,6 MPa. Pneumatické i hydraulické tahače mohou zajišťovat posun čelistí: [2]

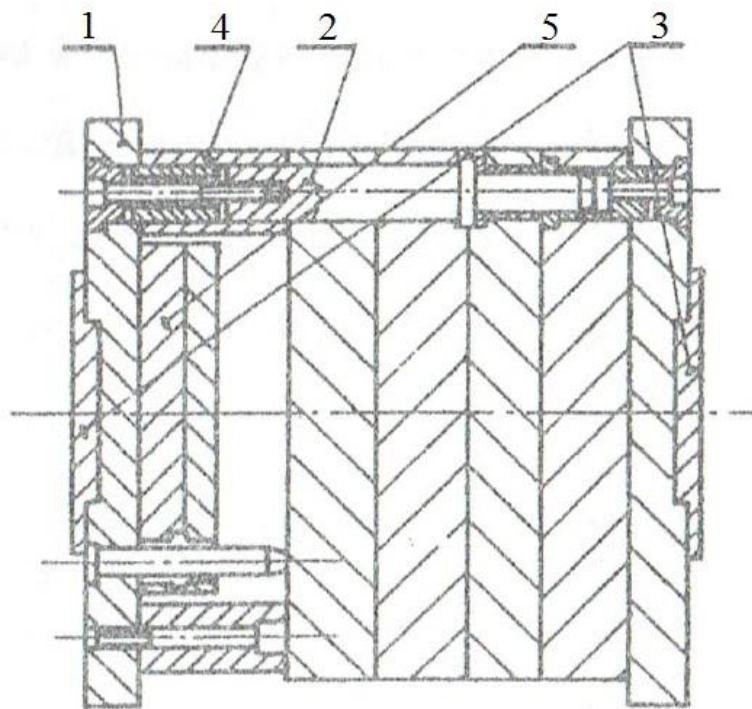
- před otevřením formy, pokud nemá uzamykací systém;
- v průběhu otevírání formy;

- až po celkovém otevření formy.

Hydraulické tahače posuvných čelistí se používají pro vytažení dlouhých, nebo těžkých jader, případně při postupném vytažování více jader. Hydraulické válce bývají napojeny na hydraulický okruh stroje, nebo na samostatný hydraulický agregát. Umístění válců může být vně, či uvnitř formy, v závislosti na charakteru výrobků a na prostoru, který je k dispozici. [2]

#### 4.8 Rámy forem

Rám formy je soustava vzájemně spojených desek s vodícím a středícím příslušenstvím. Velikost a uspořádání rámu závisí na konkrétní funkci formy a na vyráběném dílci. V dnešní době je možné využít normalizované stavebnicové prvky forem, které usnadní konstrukci i výrobu rámu. Díky možnosti urychlení a zkvalitnění výroby se použití normálí stále rozšiřuje. [2]



Obr. 22. Nejdůležitější díly rámu formy [2]

1- rám (upínací deska); 2 - vodící a spojovací části; 3 - středící kroužky; 4 - rozpěrky;  
5 - vyhazovací desky

Rám musí umožňovat dokonalé a bezpečné upnutí a správné ustavení formy na vstřikovacím stroji, snadné upevnění tvarových částí formy a dalších dílů, a přesné vedení

pohyblivých dílů formy k zamezení výroby zmetkových kusů. Upnutí a ustavení formy zajišťují upínací desky a středící kroužky. Rozpěrné desky (rozpěrky) slouží ke zvětšení stavební výšky a tím také k upnutí do stroje. Zároveň vytváří prostor pro umístění vyhazovacích desek a zajištění potřebného zdvihu a zmenšují stykovou plochu mezi funkční a upínací částí formy pro minimalizaci tepelných ztrát vedením při temperaci formy. Vyhazovací desky zajišťují ukotvení, vedení a ovládání vyhazovačů. Vyhazovací desky jsou nejčastěji dvě - kotevní a opěrná. Podle funkce se přidávají další části, např.: opěrná deska, stírací deska, vytápěcí rozvody, atd. [2]

#### 4.9 Materiály forem

Vstřikovací formy jsou velmi nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při samotné výrobě se očekává, že výstřiky budou dosahovat požadované kvality a životnosti a to vše při nízkých pořizovacích nákladech. Na tom se významně podílí materiál jednotlivých dílů formy, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené: [2]

- druhem vstřikovaného polymeru;
- požadovanou jakostí výstřiků;
- podmínkami vstřikování;
- vstřikovacím strojem.

Nejvýznamnějším druhem materiálů používaných na výrobu forem jsou oceli. Oceli jsou jen těžko nahraditelné díky své pevnosti a dalším mechanickým vlastnostem. Samozřejmě je třeba věnovat pozornost i jiným materiálům, které svými fyzikálními a dalšími vlastnostmi (tepelná vodivost, izolace apod.) nacházejí využití u některých částí forem. Každý díl formy má svou funkci a proto má i své specifické požadavky na volbu materiálu. Vyžadované vlastnosti výroby a provozu forem jsou dány mechanickou pevností materiálu, obrobiteľností, tváriteľností, lešiteľností, kaliteľností, korozivzdorností, tepelnou vodivostí apod. [2]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zásady pro vypracování práce na téma „Návrh a konstrukce výrobku a nástroje pro jeho zpracování“:

- Vypracoval literární studii na dané téma
- Provést konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu
- Navrhnout vstřikovací formu pro zadaný díl
- Nakreslit 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku

Literární studie má za úkol osvětlit problematiku technologie vstřikování. V jednotlivých kapitolách jsou popsány jednotlivé konstrukční prvky vstřikovací formy, požadavky na vstřikovaný materiál a na volbu vstřikovacího stroje.

Předlohou pro konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu je zadaný plastový díl, v tomto případě se jedná o průtokoměr benzínu do automobilu.

Navržení 3D sestavy vstřikovací formy pro zadaný plastový díl tvoří největší část bakalářské práce. Na základě již vytvořeného 3D modelu vstřikovaného dílu, zvoleného stroje a za pomoci normalizovaných součástí (nejčastěji od firmy HASCO) se vytvoří kompletní 3D sestava formy.

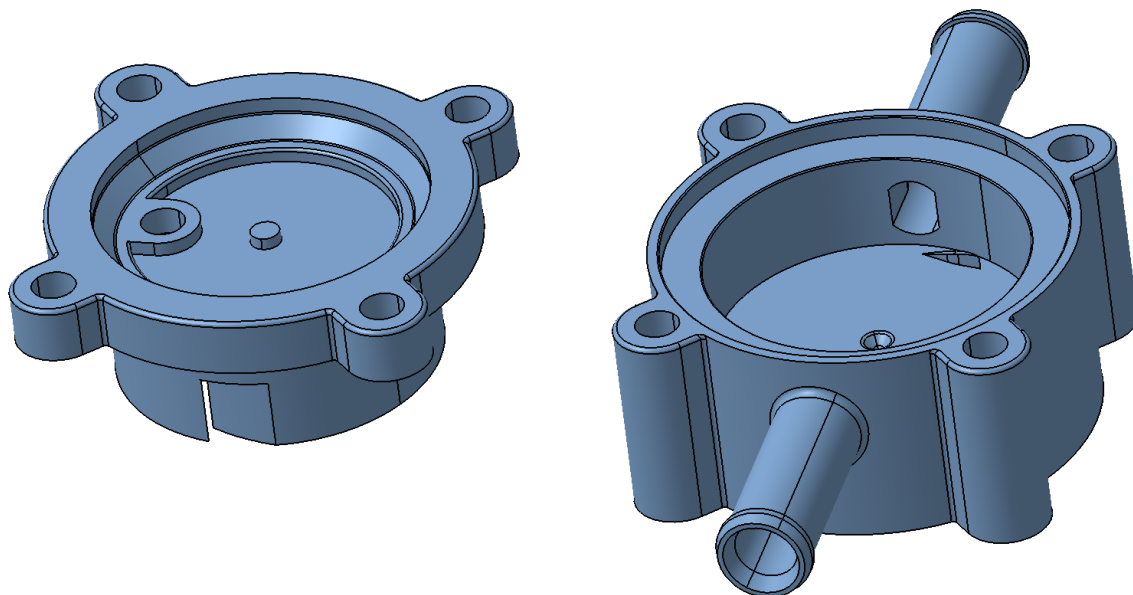
Následuje tvorba výkresové dokumentace, která obsahuje 2D řez vstřikovací formou, pohled do levé poloviny formy a pohled do pravé poloviny formy s opozicováním jednotlivých dílů formy. Součástí sestavy je kusovník, ve kterém lze nalézt název, normy, rozměry, či počet kusů jednotlivých dílů.

## 6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstříkovaným výrobkem je průtokoměr benzínu do automobilu.



*Obr. 23. Zadaný výrobek*



*Obr. 24. 3D model průtokoměru*



## 6.1 Volba materiálu

Materiálem výstřiku je PA 6 s 30% skelných vláken. Polyamidy jsou částečně krystalické termoplasty a díky jeho vlastnostem jsou jedním z nejpoužívanějších polymerů ve strojírenství. Díky obsahu skelných vláken je zvýšena hustota, tvrdost, pevnost, tvarová stálost za tepla, odolnost proti opotřebení atd.

Tab. 2. Vybrané vlastnosti materiálu PA 6 GF30 [11]

VLASTNOSTI	NORMA	HODNOTA	JEDNOTKA
<b>Fyzikální</b>			
Hustota	ISO 1183	1,36	g/cm <sup>3</sup>
<b>Mechanické</b>			
Pevnost v tahu	ISO 527	175/110	MPa
Modul pružnosti v tahu	ISO 527	9000/6000	MPa
Tvrdost podle Brinella	ISO 2039-1	220/150	MPa
<b>Elektrické</b>			
Průrazová pevnost	IEC 60243-1	25	kV/mm
Povrchový odpor	IEC 60093	10 <sup>12</sup> /10 <sup>10</sup>	Ω
<b>Teplotní</b>			
Tepelná vodivost	DIN 52 612	0,24	W/K.m
Max. teplota krátkodobá	-	200	°C
Max. teplota dlouhodobá	-	130	°C
Min. teplota použití	-	-40	°C
<b>Jiné</b>			
Nasákavost při norm. podmínkách	ISO 62	2,1	%
Nasákavost při vlhkosti	ISO 62	6,6	%
Smrštění	ISO 2537	0,3-0,5	%

## 6.2 Volba vstřikovacího stroje

Vstřikovací stroj byl volen na základě technických parametrů vstřikovací formy a výstřiku.

Zde jsou uvedeny některé z nich:

- Celkové rozměry formy: 246 x 196 x 201 mm (v x š x d)
- Délka formy při otevření: 251,5 mm
- Objem dutiny formy a vtokového systému:  $9,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
- Vnější průměr středících kroužků 125 mm

Při zvážení těchto parametrů byl zvolen hydraulický horizontální vstřikovací stroj ALLROUNDER 270 C GOLDEN EDITION německé firmy ARBURG.



Obr. 25. Vstřikovací stroj ALLROUNDER série C GOLDEN EDITION [12]

Tab. 3. Vybrané parametry zvoleného vstřikovacího stroje [12]

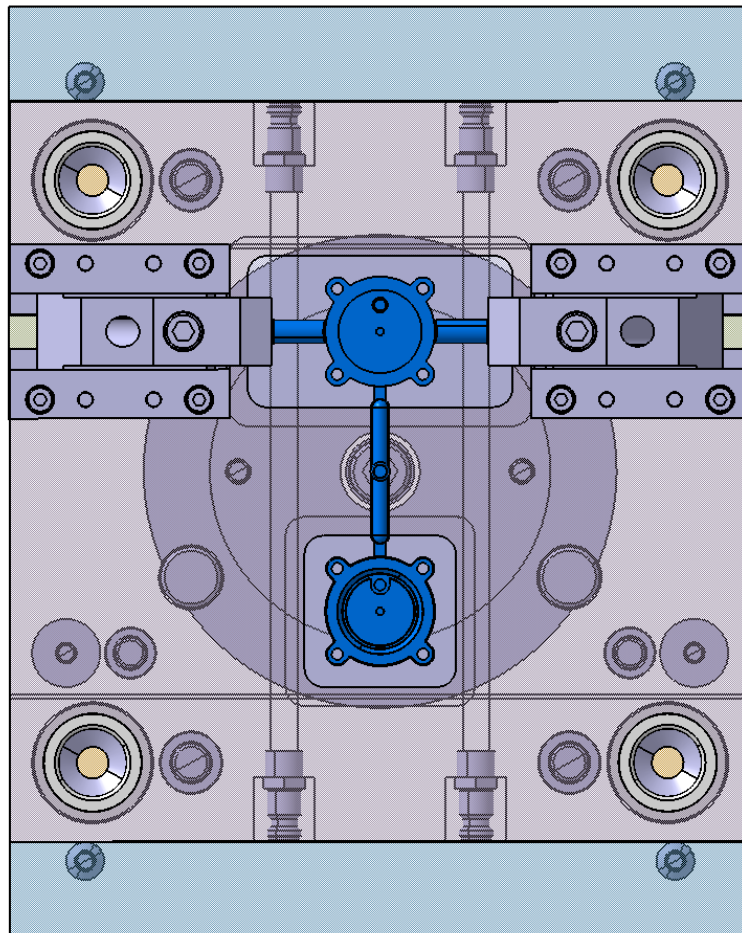
VLASTNOSTI	HODNOTA	JEDNOTKA
Maximální Upínací síla	400	kN
Maximální Uzavírací díla	35	kN
Maximální Otevírací síla	25	kN
Velikost upínací desky	446x446	mm
Vzdálenost mezi vodícími sloupky	270x270	mm
Maximální délka otevření	350	mm
Minimální délka uzavřené formy	200	mm
Maximální vyhazovací síla	30	kN
Maximální délka vyhazovacího zdvihu	125	mm
Průměr středících kroužků	125	mm
Výkon čerpadla	7,5	kW
Celkový výkon stroje	13,9	kW
Průměr šneku	18 / 22 / 25	mm
Poměr délka / průměr šneku	24,5 / 20 / 17,5	-
Maximální zdvih šneku	90	mm
Objem vstřikované taveniny	23 / 34 / 44	Cm <sup>3</sup>
Maximální vstřikovací tlak	2500 / 200 / 1550	bar
Maximální přítlačná síla trysky	50	kN

## 7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Návrh konstrukčního řešení vstřikovací formy je ovlivněn mnoha faktory. Především záleží na tvaru, přesnosti a velikosti výrobku, způsobu zaformování a také na násobnosti. S ohledem na předešlé kritéria by měla být forma jednoduchá. Zároveň je vhodné používat co nejvíce normalizovaných dílů, což krátí čas výroby formy a také výrazně snižuje náklady. To vše vede k usnadnění montáže a ke zvýšení ekonomičnosti formy. V tomto případě byla většina normalizovaných dílů volena od firmy HASCO.

### 7.1 Násobnost formy

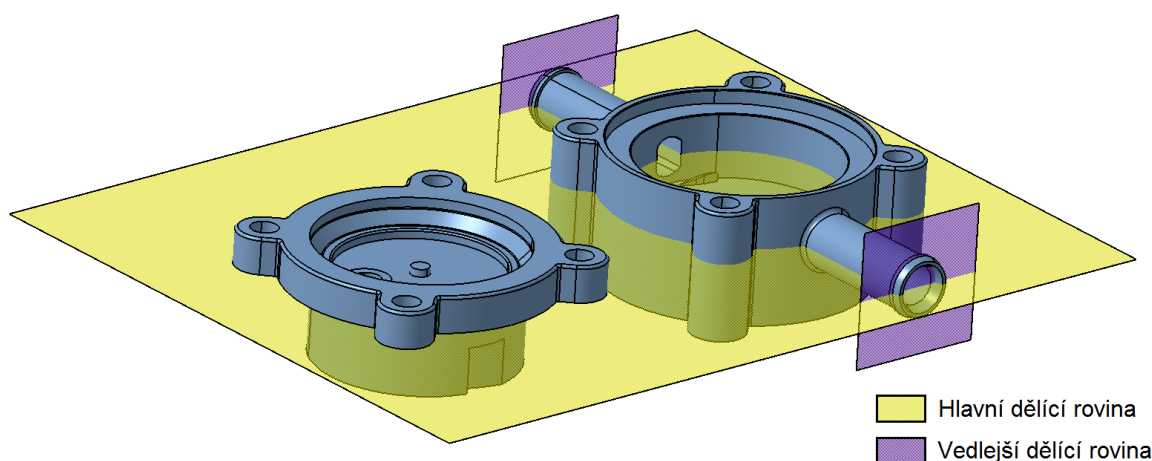
Požadované množství výstřiků, nároky na přesnost, kapacita vstřikovacího stroje a další činitelé ovlivňují násobnost formy. V tomto případě se kompletní výrobek, tedy tělo průtokoměru, skládá z horní a spodní části. Z důvodu rovnoměrného plnění dutiny formy bylo zvoleno rozložení 1+1, tedy na jeden pracovní cyklus formy bude vyrobena jedna horní část a jedna dolní část průtokoměru, tedy jeden celý výrobek.



Obr. 26. Umístění výstřiku ve formě

## 7.2 Určení dělicích rovin

Velmi důležité je správné navržení dělicí roviny. Pokud není dělicí rovina navržena správně, může znemožnit funkci celé formy. Hlavní dělicí rovina je volena tak, aby výstřiky zůstaly na levé části formy a bylo možné je vyhodit pomocí vyhazovacího systému. U spodní části těla průtokoměru bylo nutné zvolit vedlejší dělicí roviny, které jsou kolmé na hlavní dělicí rovinu.

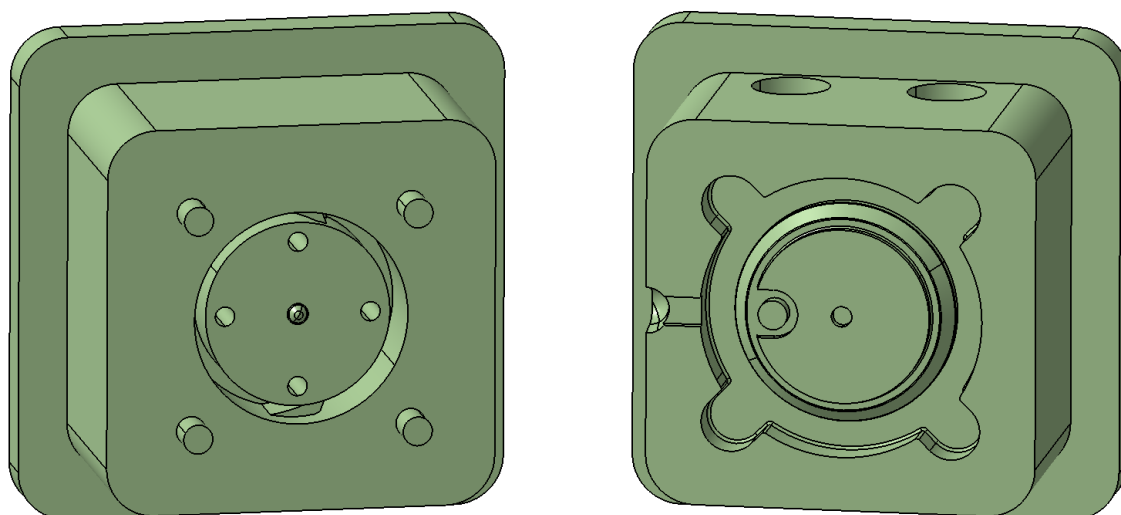


Obr. 27. Volba dělicích rovin

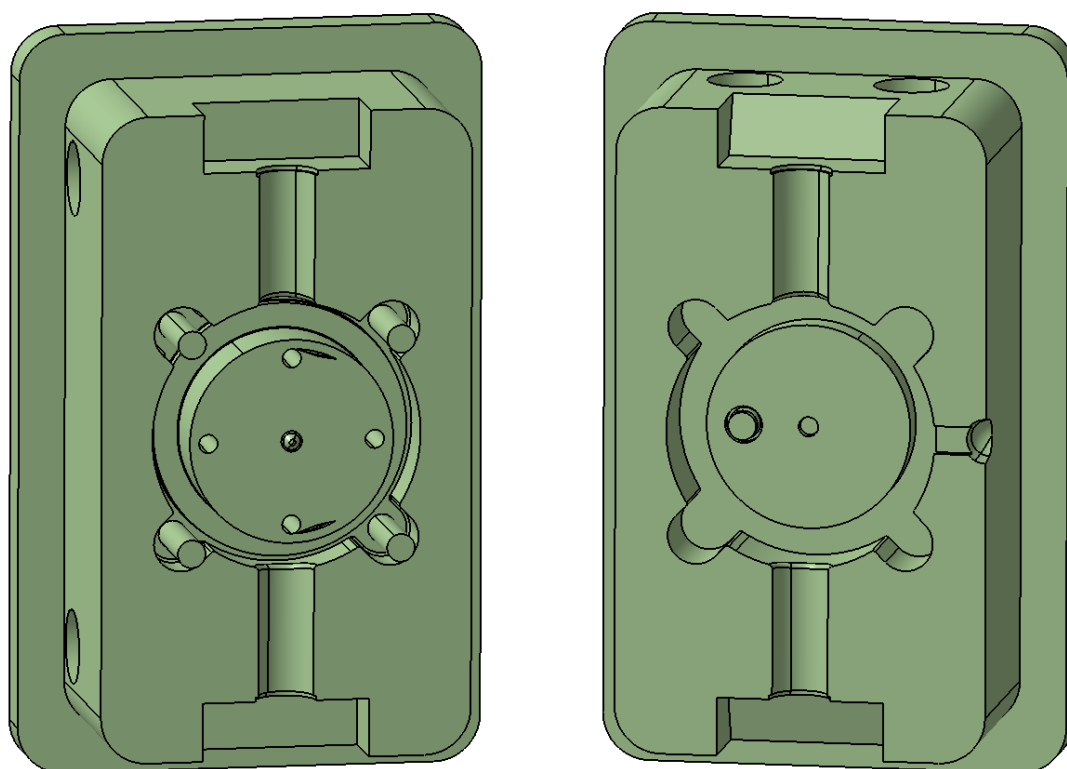
## 7.3 Dutina formy a odvzdušnění

Konečný tvar výrobku udělují tvárník, tvárnice a případně boční posuvné čelisti. Tvárnice je součástí pravé části formy, která je pevně uchycena ke vstřikovacímu stroji. V levé pohyblivé části vstřikovací formy je umístěn tvárník. Tvárník a tvárnice se stýkají v hlavní dělicí rovině a jsou negativem vzniklého výstřiku. Pro vytvoření otvorů pro průtok kapaliny průtokoměrem bylo potřeba navrhnout boční posuvné čelisti, které dutinu formy uzavírají ve vedlejších dělicích rovinách. Celá dutina formy je zvětšena o velikost smrštění, jež u zvoleného plastu PA 6 GF30 činí 0,4%.

Dutina formy je před vstřikováním naplněna vzduchem a tento vzduch by mohl mít negativní účinek na jakost vzniklých výstřiků a proto je nutné vzduch z dutiny formy odvádět. V tomto případě je odvzdušnění zajištěno pomocí vůlí mezi vyhazovacími kolíky a tvárníkem a také pomocí vůle v dělicí rovině.



*Obr. 28. Tvárník a tvárnice horní části průtokoměru*

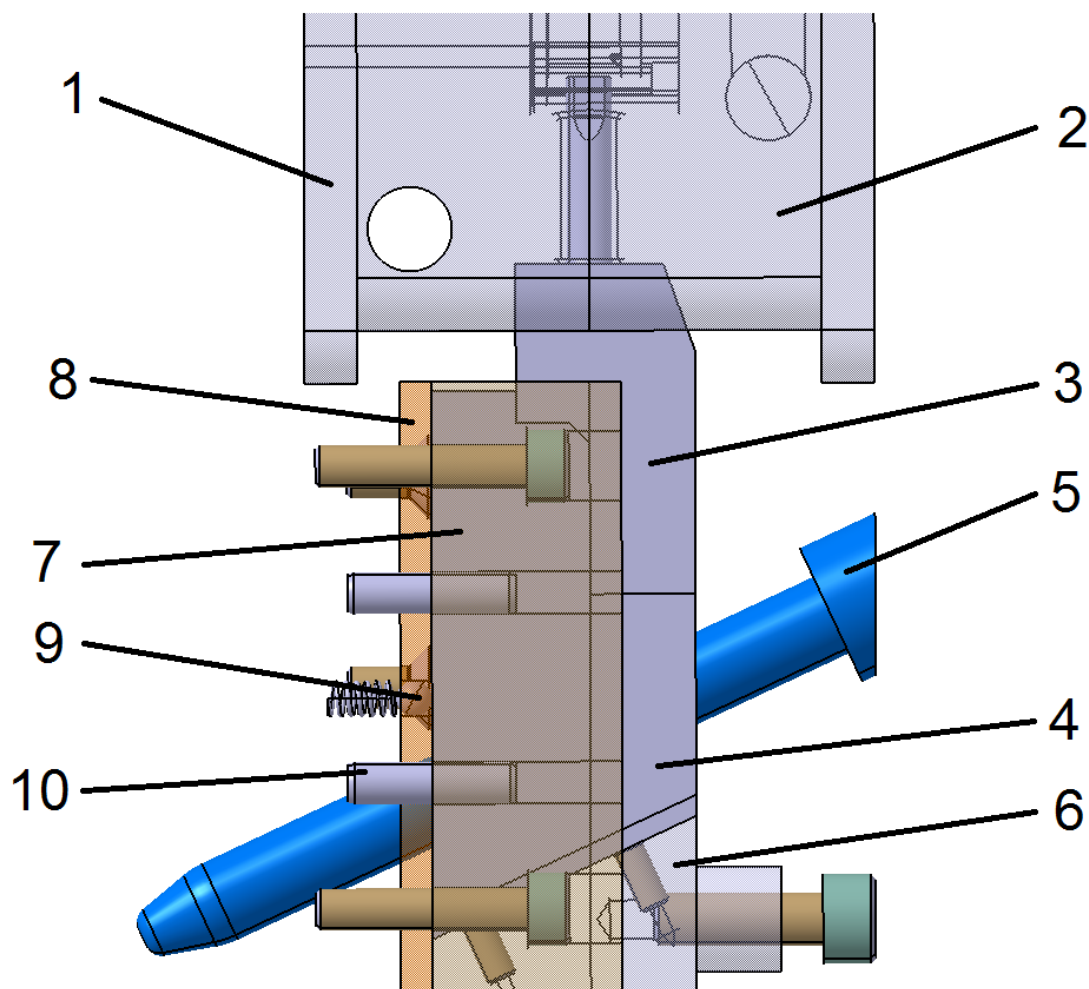


*Obr. 29. Tvárník a tvárnice spodní části průtokoměru*

#### **7.4 Boční posuvné čelisti**

Boční posuvné čelisti jsou v tomto případě nedílnou součástí dutiny formy. Posuvnou čelist tvoří posuvné jádro, které je spojeno s posuvnou kostkou pomocí šroubového spoje.

Čelisti jsou umístěny na levé pohyblivé části formy a jejich pohyb je zajištěn díky šikmým čepům a kluzným prvkům. Šikmé čepy jsou umístěny pod úhlem  $25^\circ$  a při otevření formy zajistí dostatečné vysunutí čelistí pro odformování výstřiků. Při otevření formy je nutné zajistit polohu posuvných čelistí, pro zajištění správné funkce formy a zabránění případné kolize. Poloha čelistí je zajištěna pomocí pojistného mechanismu tvořeného kuličkou a pružinou. Na pravé kotevní desce je připevněn zámek, který zajišťuje správné ustavení čelisti po uzavření vstřikovaci formy. Mezi kluzné prvky patří vodící lišty a kluzné desky. Jedna kluzná deska se nachází pod čelistí, další je připevněna k zámku a umožňují tak plynulý pohyb čelistí. Vodící lišty jsou vždy dvě u každé čelisti a jsou připevněny k levé straně formy pomocí šroubů a jsou ustaveny kolíky pro zmenšení vůlí ve šroubovém spojení.



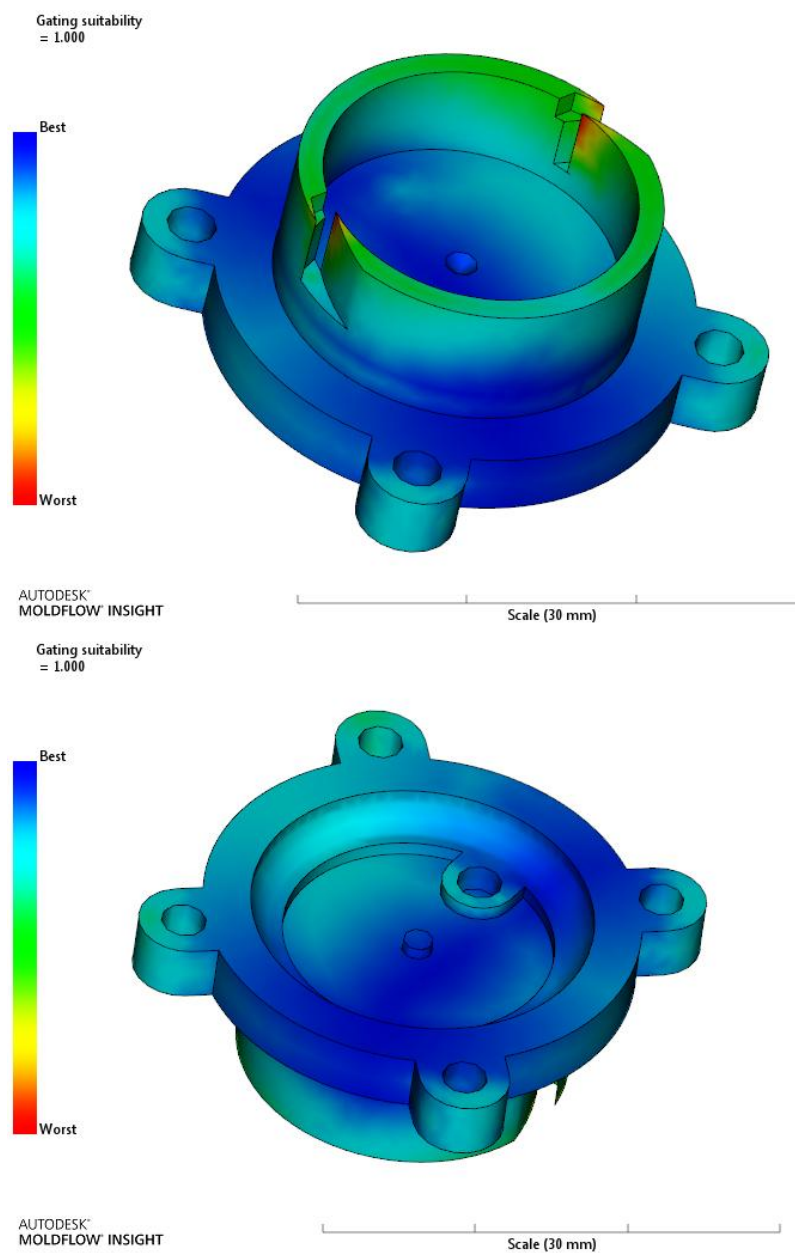
Obr. 30. Řešení pohybu bočních posuvných čelistí

1 - tvárník; 2 - tvárnice, 3 - posuvné jádro, 4 - posuvná kostka, 5 - šikmý čep, 6 - zámek,  
7 - vodící lišta, 8 - kluzná deska, 9 - pojistný mechanismus, 10 - válcový kolík

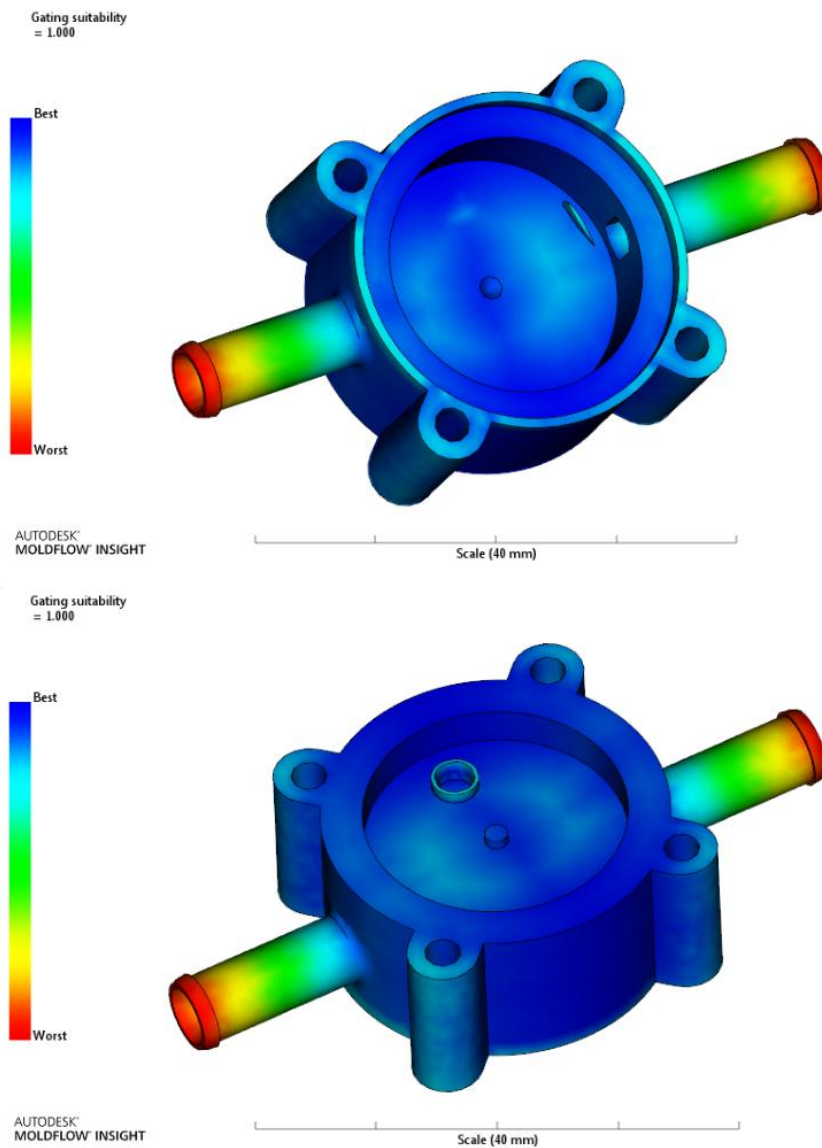


## 7.5 Vtokový systém

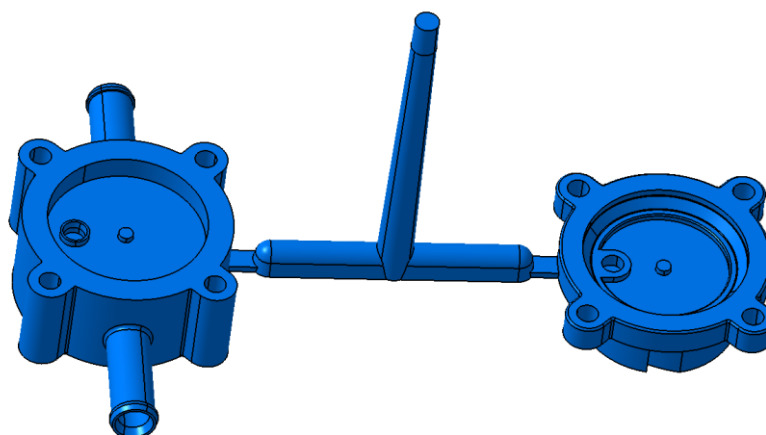
Vtokový systém slouží k přívodu taveniny do dutiny formy. V tomto případě nebylo nutné řešit pohledovou stránku výstřiku a proto je i návrh vtokového systému jednoduchý. Byl zvolen studený vtokový systém, průřez vtokového kanálu je kruhový se zkosením (obr. 10.2. na straně 25). Vyústění do dutiny formy tvoří boční vtok obdelníkového průřezu. Vtokový systém a jeho umístění bylo voleno na základě umístění výrobků ve formě s ohledem na analýzu vhodného umístění vtokového ústí v programu Autodesk Moldflow Insight.



Obr. 31. Analýza horní části průtokoměru



Obr. 32. Analýza spodní části průtokoměru

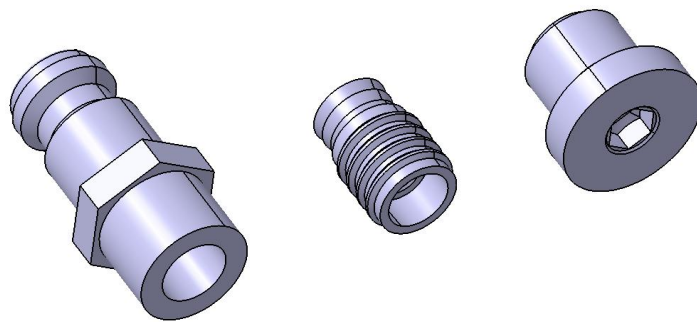


Obr. 33. Výstřik s vtokovým zbytkem po vyhození z formy

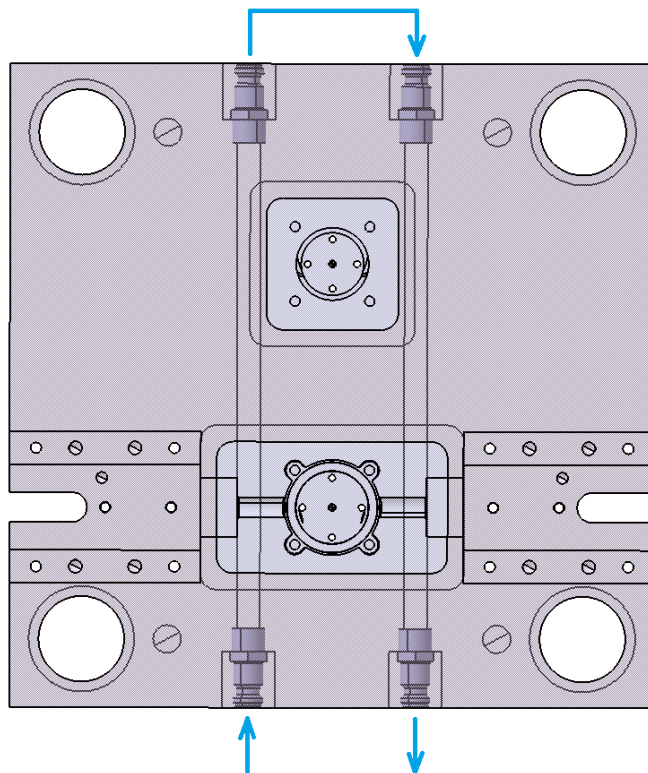


## 7.6 Temperační systém

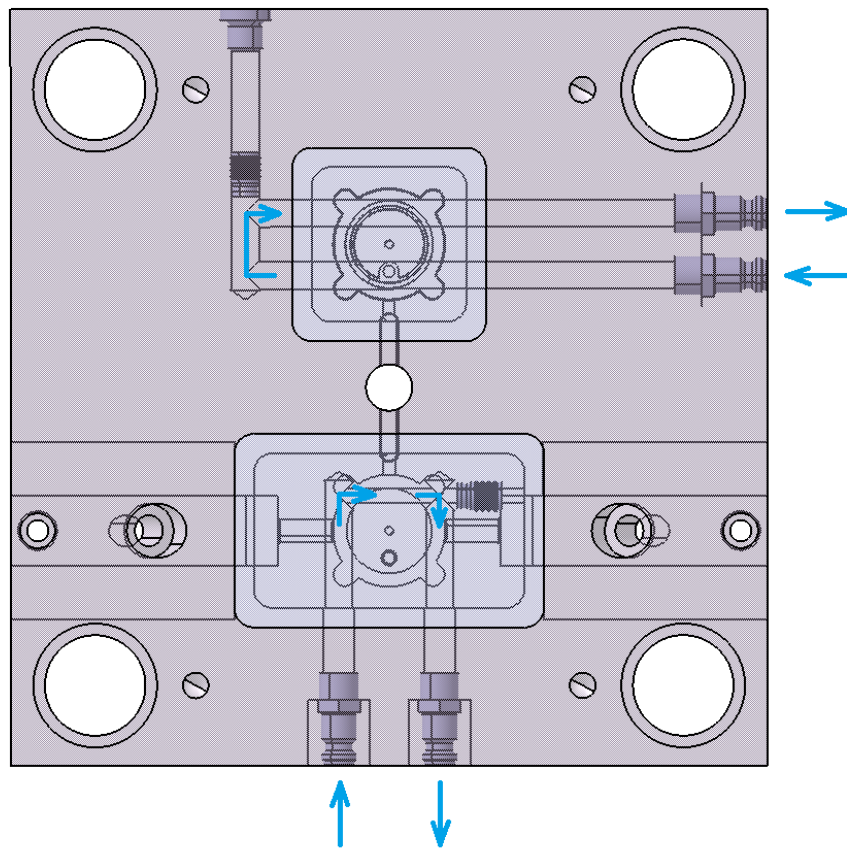
Z důvodu nerovnoměrného rozložení teplot je vhodné zavedení temperačního systému. Na vyvážení teplotního pole je zapotřebí správná volba typu a rychlosti temperačního média a samozřejmě správné rozmístění temperačních kanálů. U této formy je temperována jak levá, tak pravá strana formy pomocí dohromady tří temperačních okruhů. Slepé kanály jsou ucpány pomocí normalizovaných ucpávek, aby nedocházelo k usazování nečistot apod. Otvory, které ústí na povrchu formy a nejsou určeny pro vedení temperačního média jsou rovněž ucpány pomocí uzavíracích šroubů. Průměr temperačních kanálů je 8 mm.



Obr. 34. Normalizované prvky (připojovací nátrubek, ucpávka, uzavírací šroub)



Obr. 35. Temperace levé poloviny formy

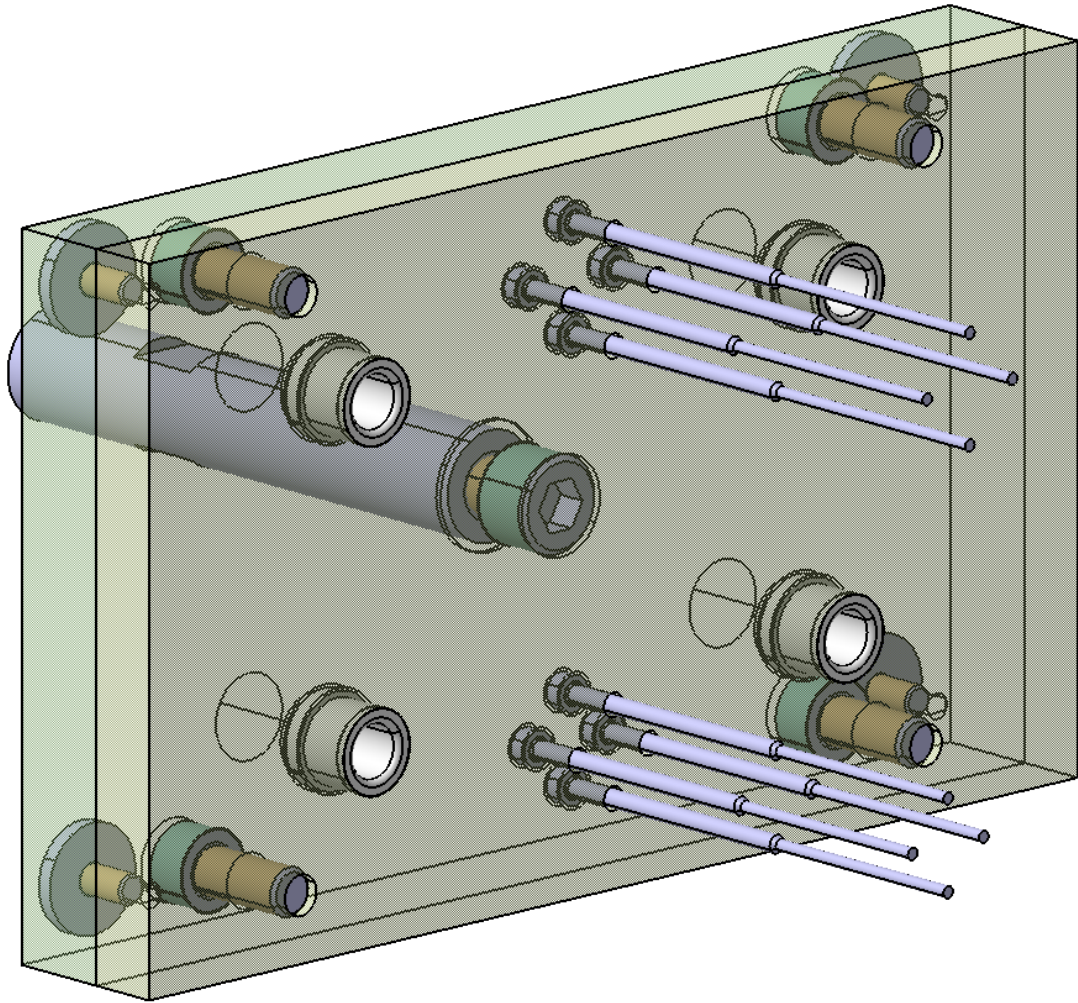


Obr. 36. Temperace pravé poloviny formy

## 7.7 Vyhazovací systém

Pro správnou funkci vyhazovacího systému je nutné, aby výstřík zůstal na levé straně formy po jejím otevření. Toho je docíleno pomocí smrštění výstříku na tvárník. Vyhazovací systém se skládá z vyhazovací desky opěrné a kotevní, vodících prvků, táhla vyhazovačů, dosedacích prvků a ze samotných vyhazovačů. tento vyhazovací systém obsahuje 8 válcových prizmatických vyhazovačů o nejmenším průměru 2 mm. Na každou z částí průtokoměru působí 4 vyhazovače. Výrobek je situován ve formě tak, aby stopy po vyhazovačích nijak neovlivňovaly vnější vzhled průtokoměru.



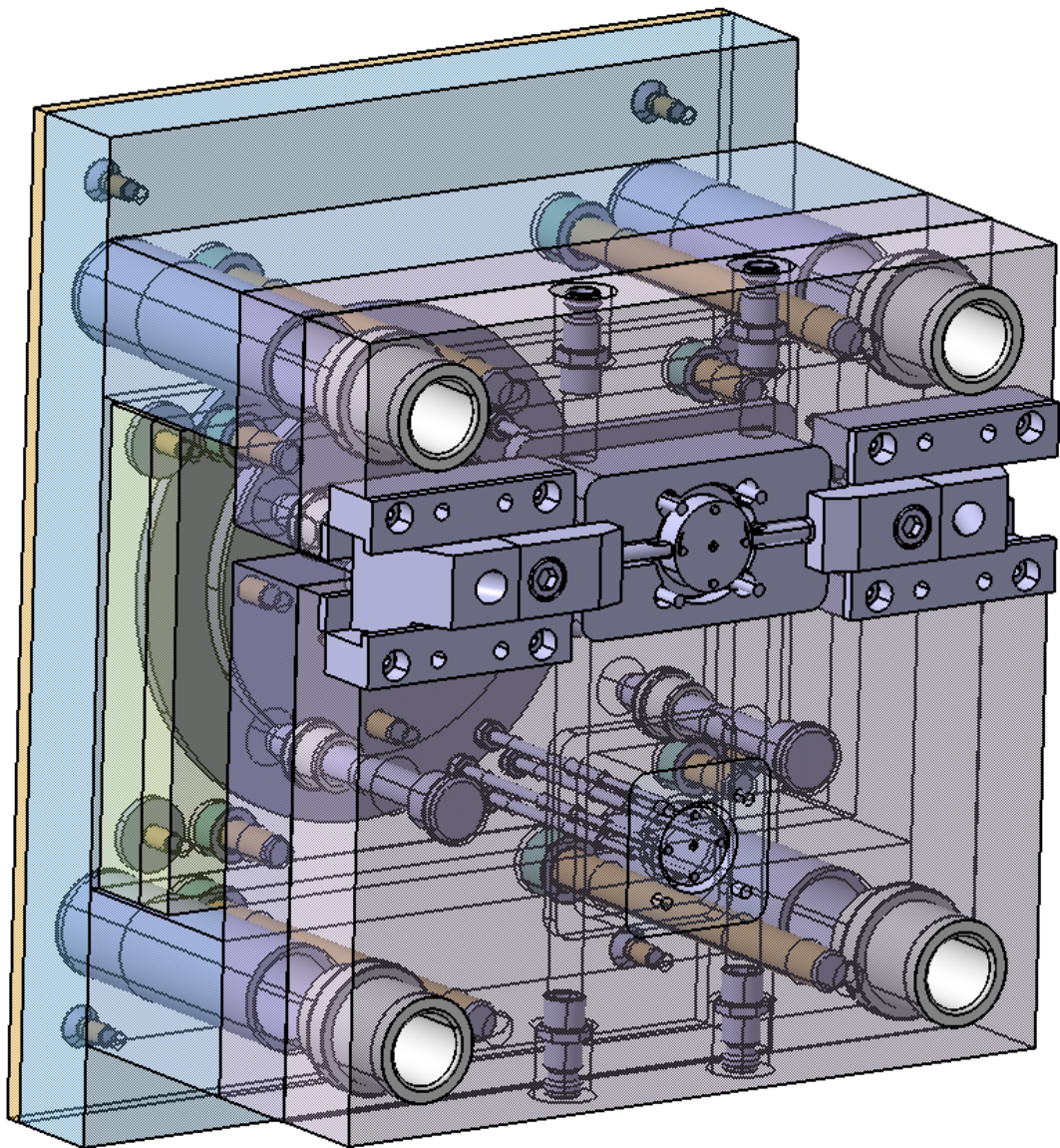


Obr. 37. Vyhazovací systém vstříkovací formy

## 7.8 Vodící a upínací prvky vstříkovací formy

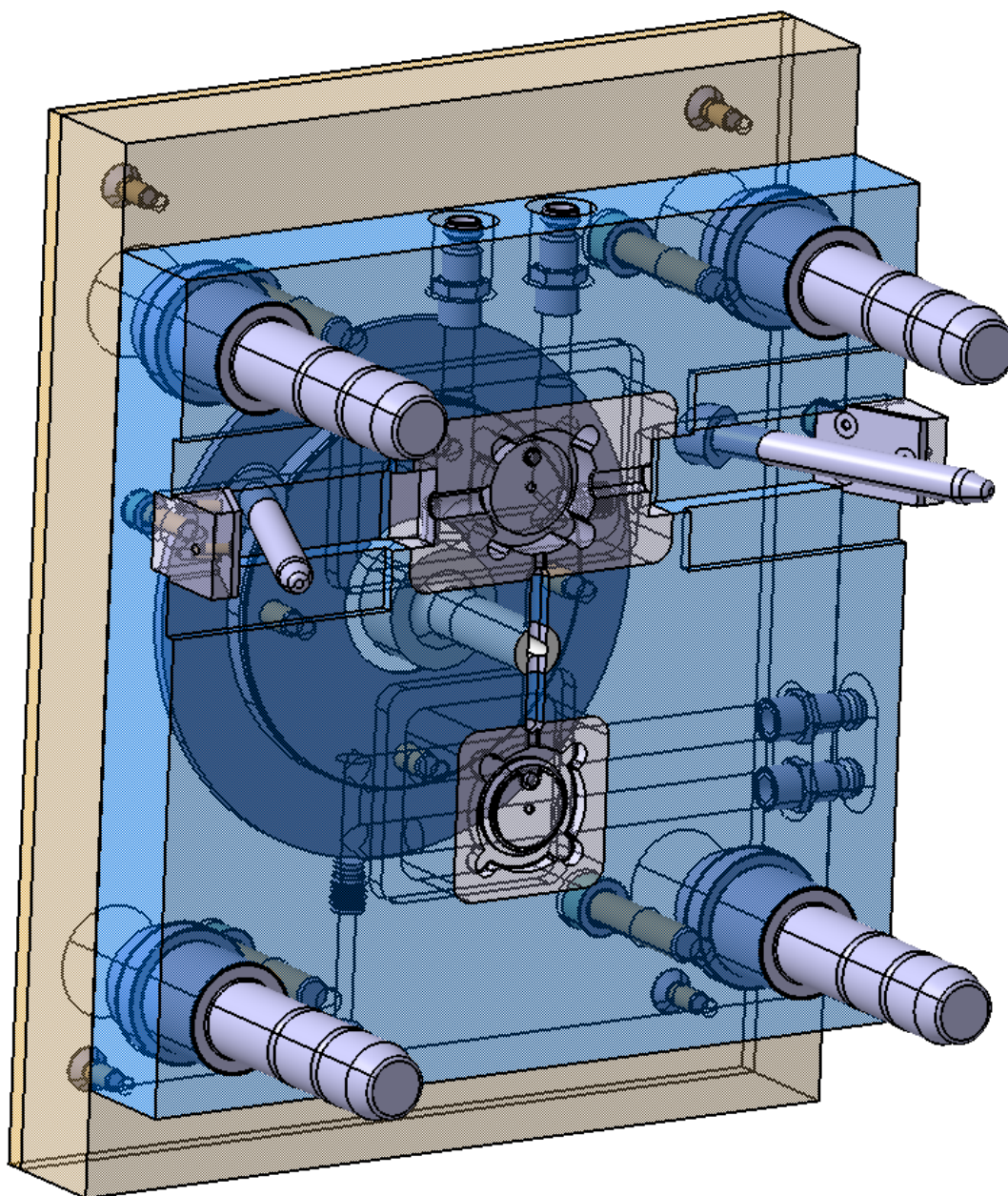
Vodící a upínací prvky jsou navrženy z normálí firmy HASCO. Celkový rozměr formy byl zvolen s ohledem na velikost a tvar výrobku ale především na potřebu využití bočních posuvných čelistí. Podle velikosti jednotlivých desek byly navrženy vodící čepy, pouzdra a středících trubek. Jednotlivé desky jsou spojeny pomocí šroubového spoje. Forma je z obou stran opatřena izolačními deskami z pryskyřice. Na upínacích deskách je upevněn středící kroužek, který společně s upínacími deskami umožňuje upnutí vstříkovací formy do stroje.





Obr. 38. Pohled do levé strany formy (včetně vyhazovacího systému)

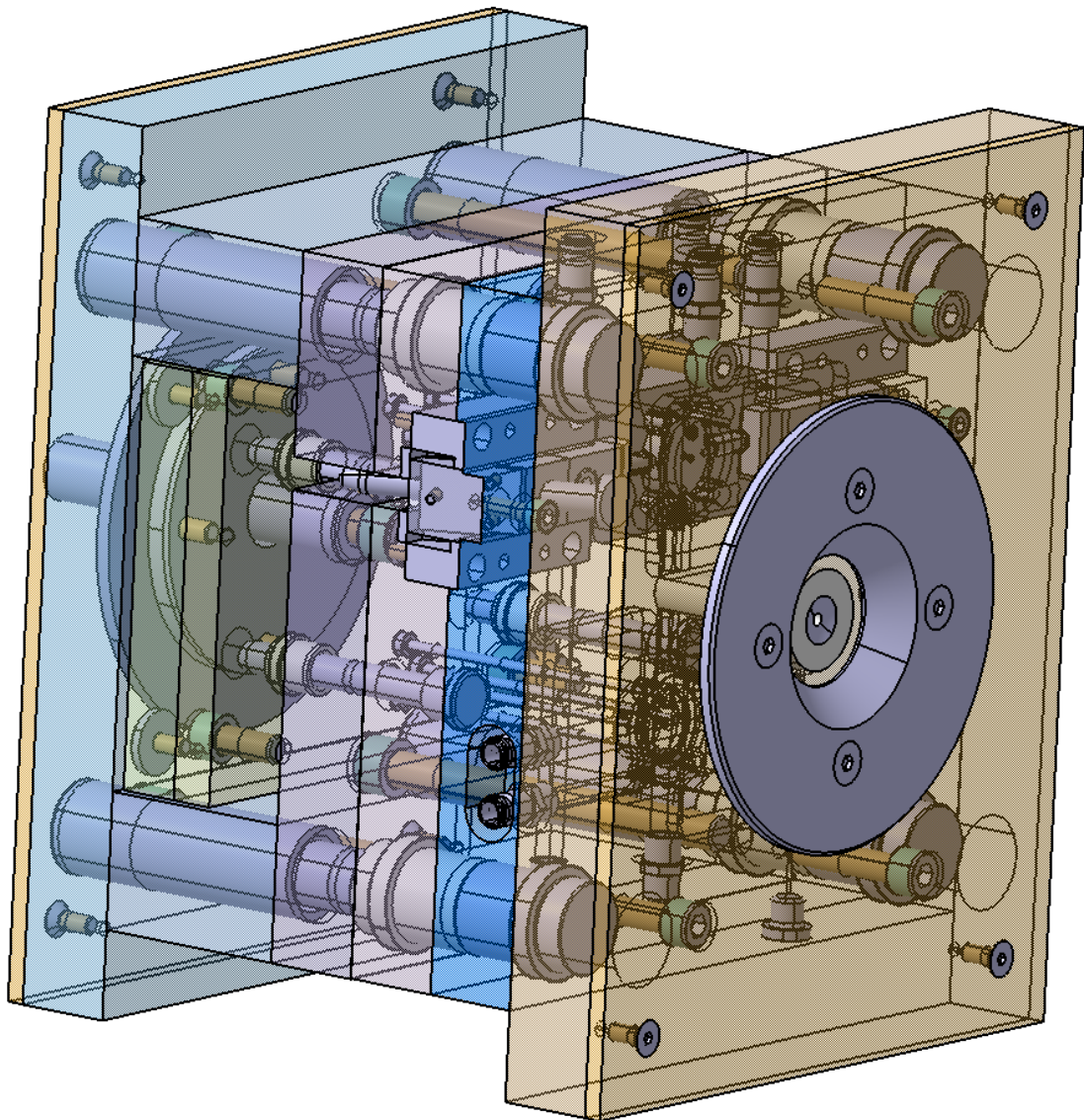




*Obr. 39. Pohled do pravé strany formy*

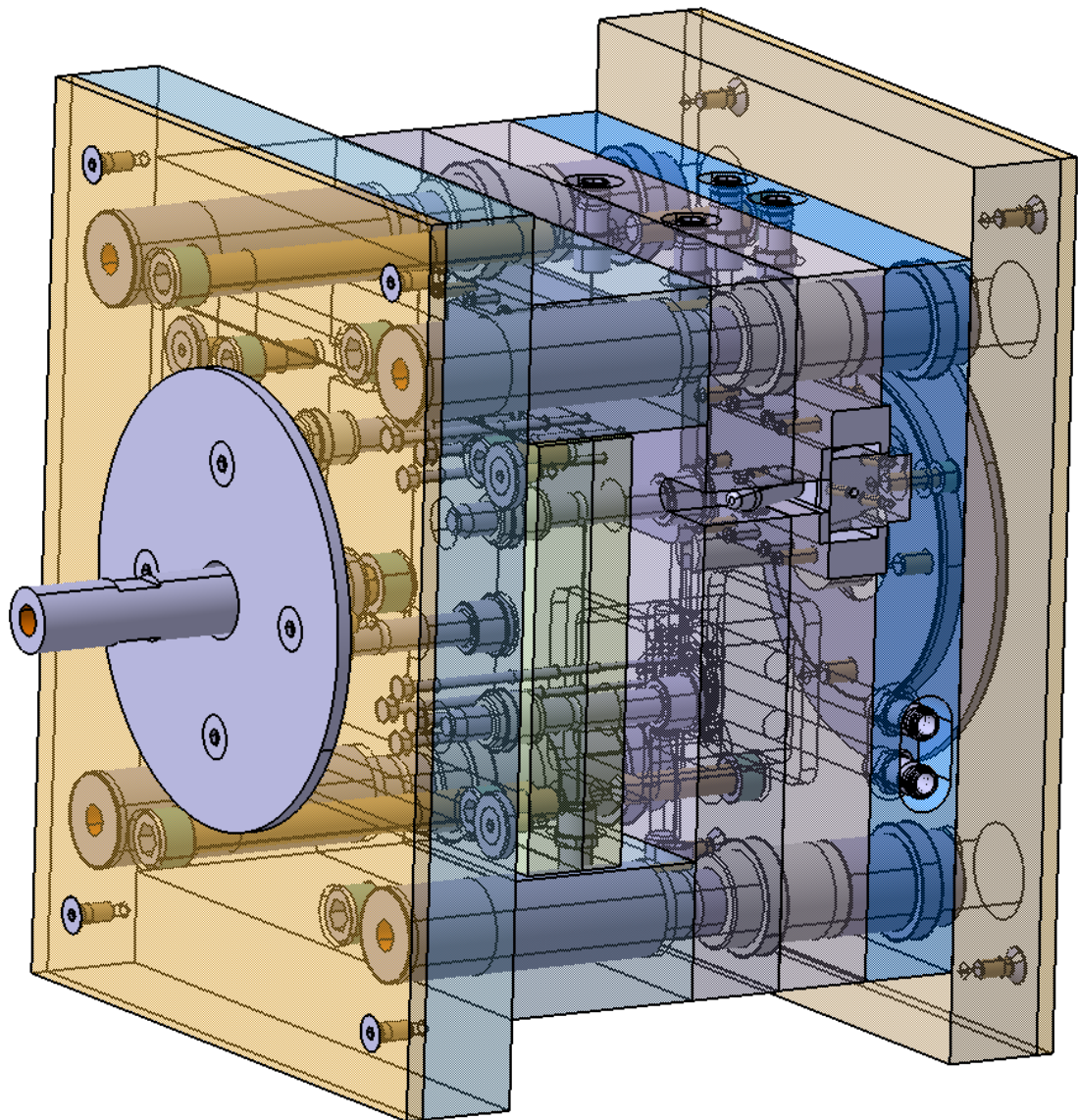
Jelikož rozměry a hmotnost formy nejsou příliš vysoké, nebylo nutné navrhovat nosič formy, který je potřebný pro manipulaci s formou pomocí jeřábu. Dále jsou uvedeny 2 náhledy na kompletní sestavu formy.





*Obr. 40. Pohled na kompletní sestavu vstřikovací formy*





*Obr. 41. Pohled na kompletní sestavu vstřikovací formy*

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření 3D sestavy vstřikovací formy dle zadaného výrobku. Zadaným výrobkem bylo tělo průtokoměru do automobilu.

V teoretické části bakalářské práce jsou vysvětleny základy konstruování forem a celkově základy problematiky technologie vstřikování. Jednotlivé poznatky z teoretické části byly následně uplatněny v praktické části bakalářské práce, ať už při volbě materiálu nebo stroje, nebo při samotné konstrukci vstřikovací formy.

V praktické části byl vytvořen 3D model zadaného výrobku. Byl zvolen materiál PA 6 s 30% skelných vláken, který je jedním z nejpoužívanějších plastů ve strojírenství a odpovídá požadovaným vlastnostem.

3D model vstřikovací formy byl vytvořen na základě tvaru a rozměrů 3D modelu výrobku. Násobnost formy byla zvolena 1+1, takže na jeden pracovní cyklus formy jsou vyrobeny 2 části těla průtokoměru, tedy jeden kompletní celek. Více kusů na jeden pracovní cyklus nebylo vhodné vyrábět z důvodu nerovnoměrného plnění dutiny formy. To mohlo vést ke vzniku vad na výstřiku a také na snížení celkové kvality výstřiků. Navržená vstřikovací forma se skládá z mnoha normalizovaných dílů, především od firmy HASCO, což vede ke snížení nákladů a urychlení montáže formy. Forma obsahuje jednostupňový vyhazovací systém, studený vtokový systém s bočními vtoky a temperační systém levé i pravé poloviny formy.

Z 3D modelu vstřikovací formy byla vytvořena výkresová dokumentace, která obsahuje 2D řez formou a pohledy do levé a pravé poloviny formy. Výkresy jsou doplněny kusovníkem.

K návrhu vtokového systému byl využit program Autodesk Moldflow Insight. Ke tvorbě 3D modelů a výkresové dokumentace byl využity programy Catia V5R19, HASCO DAKO modul, pro vkládání normalizovaných prvků HASCO, které nejsou součástí knihovny programu CATIA V5R19 a pro tvorbu kusovníku byl využit program AutoCAD 2009.

Následně byl zvolen vhodný vstřikovací stroj, konkrétně ALLROUNDER 270 C GOLDEN EDITION od firmy ARBURG.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů: I. díl – Vstřikování termoplastů. 2. opr. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999, 133 s.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů: II. díl – Vstřikování termoplastů. 1. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999, 214 s.
- [3] BRUMMEL, M. a kol. Rozměrově přesné výrobky z plastů. 1. vyd. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1977, 278 s.
- [4] ZEMAN, L. Vstřikování plastů: úvod do vstřikování plastů. 1.vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2009. 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [5] ŠTĚPEK, J., ZELINGER J. a KUTA A. Technologie zpracování a vlastnosti plastů. 1. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989, 637 s.
- [6] DUCHÁČEK, V. Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití, 2. vyd. Praha: VŠCHT, 2006. 280 s. ISBN 80-7080-617-6
- [7] LENFELD, P. Technologie II.-Vstřikování plastů, Technická univerzita Liberec, Katedra strojírenské technologie. Dostupná z:  
<[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/01.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm)>
- [8] STANĚK, M. Konstrukce forem (přednášky) Zlín: UTB Zlín, 2015
- [9] MechanicalEngineer'sWorld. Injectionmolding. [online]. 23.3.2015 [cit. 2015-10-29]. Dostupné z:  
<<http://www.mechscience.com/4922-injection-moldinginjection-molding-machineinjection-molding-processinjection-molding-on-plastics/>>
- [10] ŘEHULKA, Z. Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů. 3. vyd. Brno: SEKURKON Brno, 2004, 203 s. ISBN 80-86604-11-X
- [11] LPM s.r.o.. Vlastnosti Polyamid 6 s 30% skelných vláken (PA 6 GF30). *Datový list od LPM s.r.o.* [online]. 2008 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.lpm.cz/cgi-bin/riweta.cgi?nr=1113&lng=1>
- [12] Hydraulic machines. ARBURG. [online]. 2014 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: [https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische\\_Daten/ARBURG\\_ALLROUNDER\\_270C\\_GOLDEN\\_EDITION\\_TD\\_523670\\_en\\_GB.pdf](https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische_Daten/ARBURG_ALLROUNDER_270C_GOLDEN_EDITION_TD_523670_en_GB.pdf)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

MPa, bar	Jednotka tlaku
°C	Jednotka teploty
PA 6 GF30	Polyamid 6 se 30% skelných vláken
mm	Jednotka délky
$\Omega$	Jednotka elektrického odporu
W	Jednotka výkonu
N	Jednotka síly
2D, 3D	Označení dvourozměrného a trojrozměrného prostoru
W/m.K	Jednotka tepelné vodivosti
g/cm <sup>3</sup>	Jednotka hustoty
m <sup>3</sup>	Jednotka objemu
R	Označení rádiusu

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Základní rozdělení polymerů [6]</i> .....	12
<i>Obr. 2. Granulace za studena [5]</i> .....	14
<i>Obr. 3. Vstřikovací cyklus a časová náročnost jednotlivých operací [8]</i> .....	16
<i>Obr. 4. Vstřikovací cyklus [7]</i> .....	17
<i>Obr. 5. Schéma vstřikovacího stroje [9]</i> .....	18
<i>Obr. 6. Dosednutí trysky stroje na sedlo vtokové vložky [1]</i> .....	18
<i>Obr. 7. Ukázky špatné a správné konstrukce výrobků [1]</i> .....	20
<i>Obr. 8. Způsoby odstranění závad výstřiku [1]</i> .....	22
<i>Obr. 9. Příklady volby vtokového systému [1]</i> .....	24
<i>Obr. 10. Volba průřezu vtokových kanálů [1]</i> .....	25
<i>Obr. 11. Možnosti přidržení vtokového systému [1]</i> .....	26
<i>Obr. 12. Základní typy vtokových ústí [1, 10]</i> .....	27
<i>Obr. 13. Vyhřívání trysky [1]</i> .....	28
<i>Obr. 14. Vliv rozmístění temperačních kanálů na průběh teploty povrchu tvárnice [2]</i> .....	29
<i>Obr. 15. Způsob chlazení výstřiku o různé tloušťce stěny [10]</i> .....	29
<i>Obr. 16. Možnosti umístění vyhazovacích kolíků [2]</i> .....	32
<i>Obr. 17. Některé ze základních typů vyhazovacích kolíků [2]</i> .....	32
<i>Obr. 18. Možnosti konstrukce dorazů [2]</i> .....	33
<i>Obr. 19. Trubkový vyhazovač</i> .....	33
<i>Obr. 20. Využití šikmých kolíků [2]</i> .....	34
<i>Obr. 21. Příklady použití lomených kolíků [2]</i> .....	35
<i>Obr. 22. Nejdůležitější díly rámu formy [2]</i> .....	36
<i>Obr. 23. Zadaný výrobek</i> .....	40
<i>Obr. 24. 3D model průtokoměru</i> .....	40
<i>Obr. 25. Vstřikovací stroj ALLROUNDER série C GOLDEN EDITION [12]</i> .....	42
<i>Obr. 26. Umístění výstřiku ve formě</i> .....	43
<i>Obr. 27. Volba dělicích rovin</i> .....	44
<i>Obr. 28. Tvárník a tvárnice horní části průtokoměru</i> .....	45
<i>Obr. 29. Tvárník a tvárnice spodní části průtokoměru</i> .....	45
<i>Obr. 30. Řešení pohybu bočních posuvných čelistí</i> .....	46
<i>Obr. 31. Analýza horní části průtokoměru</i> .....	47
<i>Obr. 32. Analýza spodní části průtokoměru</i> .....	48

---

<i>Obr. 33. Výstřik s vtokovým zbytkem po vyhození z formy .....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 34. Normalizované prvky (připojovací nátrubek, ucpávka, uzavírací šroub) .....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 35. Temperace levé poloviny formy .....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 36. Temperace pravé poloviny formy .....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 37. Vyhazovací systém vstřikovací formy .....</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 38. Pohled do levé strany formy (včetně vyhazovacího systému).....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 39. Pohled do pravé strany formy .....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 40. Pohled na kompletní sestavu vstřikovací formy .....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 41. Pohled na kompletní sestavu vstřikovací formy .....</i>	<i>55</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Doporučené velikosti úkosů [1] .....</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 2. Vybrané vlastnosti materiálu PA 6 GF30 [11] .....</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 3. Vybrané parametry zvoleného vstřikovacího stroje [12] .....</i>	<i>42</i>

## SEZNAM PŘÍLOH

- P 1 Materiálový list PA 6 GF30
- P 2 Technický list vstřikovacího stroje ALLROUNDER 270 C GOLDEN EDITION
- P 3 Výkresová dokumentace
- 2D řez sestavou vstřikovací formy
  - Pohled do pravé strany formy
  - Pohled do levé strany formy
  - Kusovník normalizovaných a nenormalizovaných součástí
- P 4 CD obsahující:
- Bakalářskou práci (doc/pdf)
  - 3D model formy
  - 3D model výrobku
  - Výkresovou dokumentaci

# PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST PA 6 GF30

## Polyamid 6 s 30 % skleněných vláken (PA 6 GF30)

Zpracováváme tyto materiály následujícími postupy:

### Extruze.

Extrudované profily podle výkresů a polotovary podle DIN

### Obráběné díly.

Soustr. a frézované díly v kusové a sériové výrobě

### Výlisky.

Vstřikované funkční díly do hmotnosti 16.000 g

Termoplastické vypěňování(TVP) Vysoce funkční díly a skříně do hmotnosti 16 kg .

<u>Číslo materiálu</u>	-	1113	-
<u>Hustota</u>	ISO 1183	1.36	g/cm <sup>3</sup>
<u>Stav zkušebního tělesa</u>	-	sucho/vlhkost vzduchu	-
-	-	-	-

## Mechanické vlastnosti

<u>Pevnost v tahu</u>	ISO 527	175/110	MPa
<u>Tažnost</u>	ISO 527	03. Mai	%
<u>E-Modul pružnosti v tahu</u>	ISO 527	9000/6000	MPa
<u>Tvrdost podle Brinella</u>	ISO 2039-1	220/150	MPa
<u>Norma pro Tvrdost podle Brinella</u>	-	H961/30	-
<u>Tvrdost Shore (A/D) nebo Rockwell (R/L/M)</u>	ISO 868, ISO 2039-2	D86/D83	-
<u>Izod-vrubová houževnatost při 23 °C</u>	ISO 180/1A	15.5/20.0	KJ/m <sup>2</sup>
<u>Charpy-vrubová houževnatost při 23 °C</u>	ISO 179/1eA	15/30	KJ/m <sup>2</sup>
-	-	-	-

## Elektrické vlastnosti

<u>Permitivita při 50 Hz</u>	IEC 60250	5.0/12.0	-
<u>Permitivita při 1 MHz</u>	IEC 60250	3.8/6.8	-
<u>Dialektrický faktor ztrát při 50 Hz</u>	IEC 60250	230/2200	1E-4
<u>Dialektrický faktor ztrát při 1 MHz</u>	IEC 60250	230/2200	1E-4
<u>Průrazová pevnost</u>	IEC 60243-1	25	kV/mm
<u>Síla pro průrazovou pevnost</u>	-	1.6	mm
<u>Specifický průrazový odpor</u>	IEC 60093	10 <sup>13</sup> /10 <sup>10</sup>	Ohm · m
<u>Povrchový odpor</u>	IEC 60093	10 <sup>12</sup> /10 <sup>10</sup>	Ohm
<u>Odolnost vůči plazivým proudům CTI</u>	IEC 60112	450	-
-	-	-	-

## Teplotní vlastnosti

<u>Teplná vodivost</u>	DIN 52 612	0.24	W/K m
<u>Koeficient délkové roztažnosti/příčný</u>	ISO 11359	23/65	10 <sup>-6</sup> /K
<u>Teplota tavení popř. zesklivatění</u>	ISO 11357	220	°C
<u>Tvarová stálost za tepla A</u>	ISO 75 HDT/A (1.8 MPa)	210	°C
<u>Tvarová stálost za tepla B</u>	ISO 75 HDT/B (0.45 MPa)	220	°C
<u>max. teplota krátkodobá</u>	-	200	°C
<u>max. teplota dlouhodobá</u>	-	130	°C
<u>min. teplota použití</u>	-	-40	°C
-	-	-	-

## Jiné vlastnosti

Nasákavost při norm. podmínkách	ISO 62	2,1	%
Nasákavost při vlhkosti	ISO 62	6,6	%
Chování při hoření podle UL 94	IEC 60695-11-10	HB	-
Síla pro UL 94		1,5	mm
Průsvitnost (průhledný/průsvitný/průhledný)		průhledný	

Minerální maziva	⊕ odolný
Alifatické uhlovodíky	⊕ odolný
Aromatické uhlovodíky	⊕ odolný
Benzíny	⊕ odolný
Slabé minerální kyseliny	⊗ podmíněně odolný
Slabé minerální kyseliny	⊖ neodolný
Slabé organické kyseliny	⊗ podmíněně odolný
Silné organické kyseliny	⊖ neodolný
Oxid. kyseliny	⊖ neodolný
Slabé louhy	⊗ podmíněně odolný
Silné louhy	⊖ neodolný
Trichlorethylen	⊕ odolný
Perchlorethylen	⊕ odolný
Aceton	⊕ odolný
Alkoholy	⊕ odolný
Horká voda (hydrolýz.)	⊗ podmíněně odolný
Vlivy atmosf. podmínek	⊗ podmíněně odolný

Tento datový list RIWETA 4.0 je určen pro Vaši osobní potřebu. V těchto datech jsou udány hodnoty.

Tyto hodnoty jsou ovlivněny podmínkami zpracování. Modifikace, přísady materiálů a okolní vlivy neosvobozují uživatele od vlastních zkoušek a pokusů. Jsou sestaveny na základě současných zkušeností a znalostí. Právní závazná ujištění určitých vlastností či způsobilost pro konkrétní účel nasazení nemůže být z našich údajů odvozena.

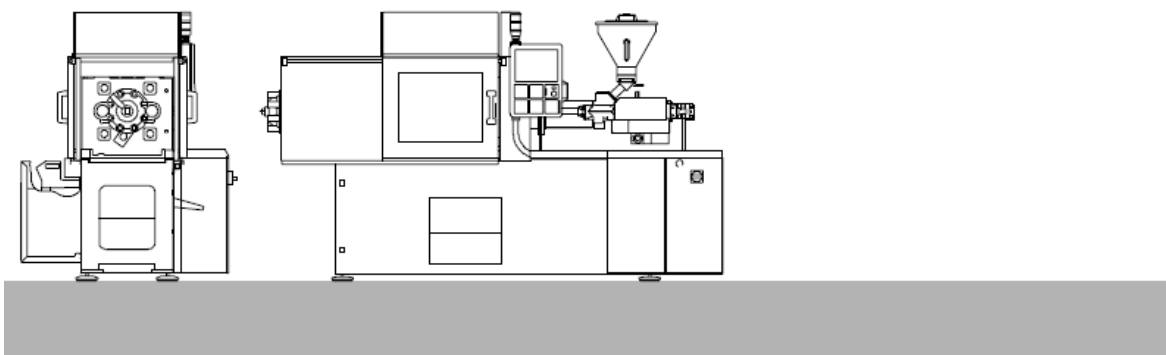
Další právní ochrana jakož i stávající zákony a ustanovení jsou od příjemce našich výrobků v jeho vlastní zodpovědnosti.

LPM s.r.o.  
Technické díly z plastů  
Koněvova 536  
CZ-506 11 Jičín



# PŘÍLOHA P 2: TECHNICKÝ LIST VSTŘIKOVACÍHO STROJE ALLROUNDER 270 C GOLDEN EDITION

Facts and figures



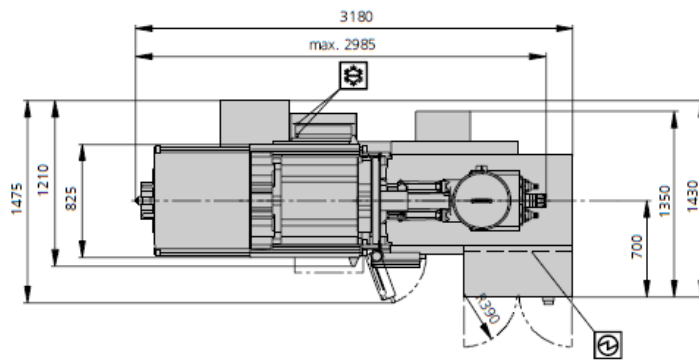
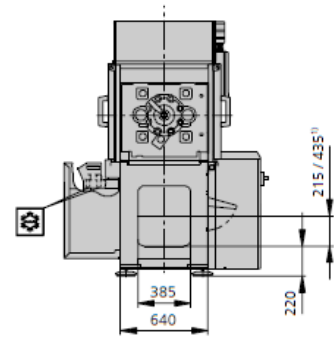
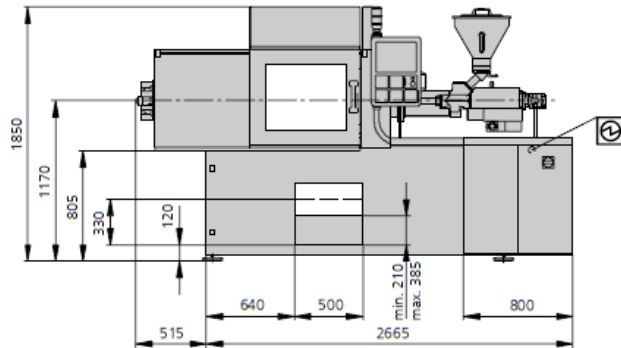
## ALLROUNDER 270 C GOLDEN EDITION



Tie bar distance: 270 x 270 mm

Clamping force: 400 kN

Injection unit (according to EUROMAP): 70

**ARBURG**



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

1) Dimension only valid in conjunction with conveyor belt

<b>Machine model</b>		<b>270 C GOLDEN EDITION</b>
EUROMAP size indication <sup>5)</sup>		400-70
<b>Clamping unit</b>		
Clamping force	max. kN	400
Closing force	max. kN	35
Opening force / increased	max. kN	25 / 130
Opening stroke	max. mm	350
Mould height	min. mm	200
Daylight	max. mm	550
Distance between tie bars	mm	270 x 270
Platen size (hor. x vert.)	mm	446 x 446
Weight of mov. mould half	max. kg	180
Ejector force	max. kN	30
Ejector stroke	max. mm	125
<b>Hydraulics, drive, general</b>		
Drive power of the hydraulic pump	kW	7,5
Dry cycle time for opening stroke <sup>3)</sup>	s/mm	1,2-189
Total connected load <sup>2)</sup>	kW	13,9
Colour: plastic coated, structure light grey / mint green / canary yellow		
<b>Control cabinet</b>		
Safety standard according to		DIN EN 60204
Socket combination (1 single phase, 1 three-phase)		1 x 16 A
<b>Injection unit</b>		70
Screw diameter	mm	18 / 22 / 25
Effective screw length	L/D	24,5 / 20 / 17,5
Screw stroke	max. mm	90
Calculated injection volume	max. cm <sup>3</sup>	23 / 34 / 44
Shot weight	max. g PS	21 / 31 / 40
Material throughput <sup>4)</sup>	max. kg/h PS	4,1 / 5,5 / 6,5
	max. kg/h PA 6.6	2,1 / 2,8 / 3,3
Injection pressure <sup>3)</sup>	max. bar	2500 / 2000 / 1550
Injection flow <sup>3)</sup>	max. cm <sup>3</sup> /s	68 / 100 / 130
Back pressure positive / negative	max. bar	350 / 200
Circumferential screw speed	max. m/min	39 / 48 / 55
Screw torque	max. Nm	90 / 110 / 120
Nozzle contact force	max. kN	50
Nozzle retraction stroke	max. mm	150
Installed cylinder heating power / heating zones	kW	3,75 / 3
Installed nozzle heating power	kW	0,3
Material hopper capacity	l	25
<b>Machine dimensions and weights of the basic machine</b>		
Oil capacity	l	165
Net weight	kg	2150
Electrical connection (pre-fused) <sup>2)</sup>	A	50

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

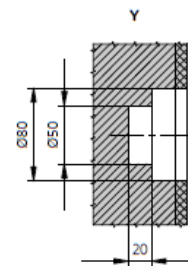
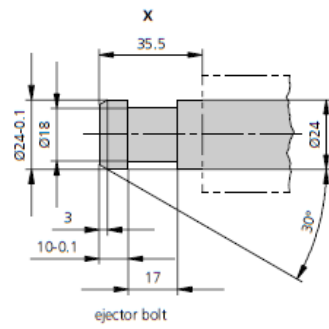
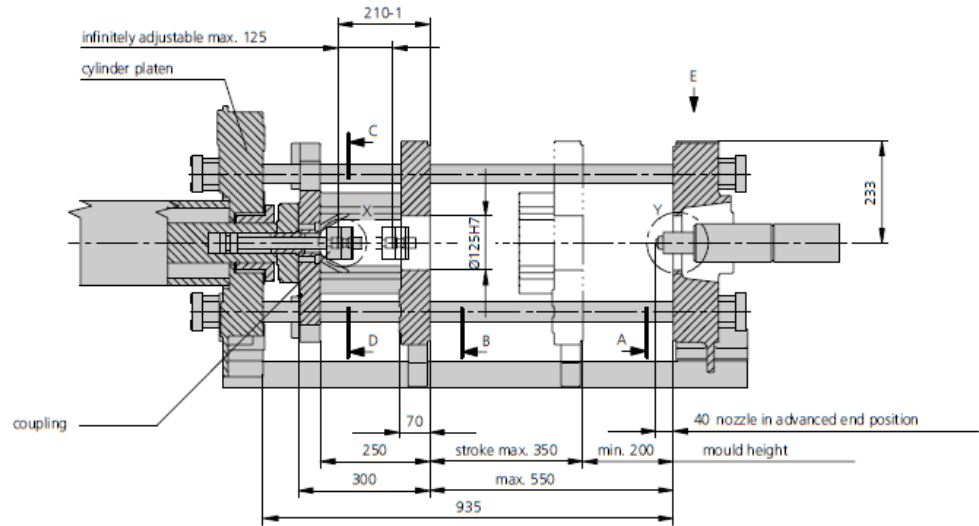
2) Values refer to 400 V/50 Hz. The load is symmetrically distributed on three phases (observe phase loading when installing new equipment)

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

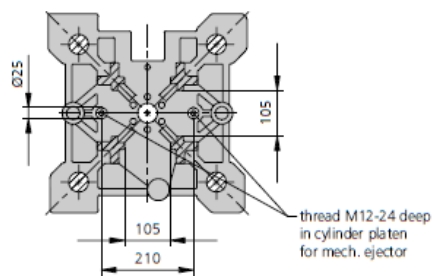
4) Deviations are possible depending upon process settings and material type

5) According to EUROMAP

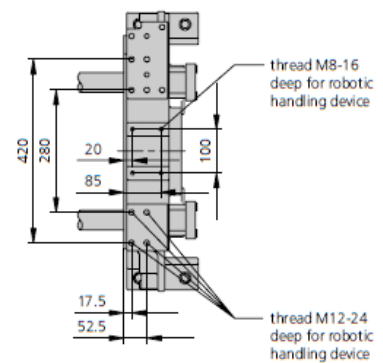
These technical data specifications refer to the state at the time of printing. We reserve the right to modify specifications in the interest of a continuous program of further development.



View C-D



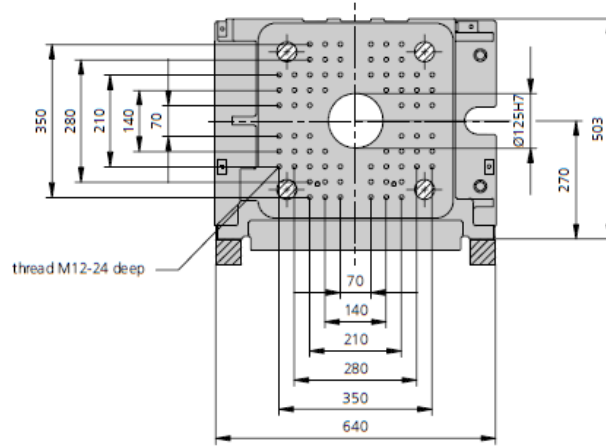
View E



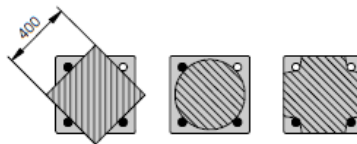
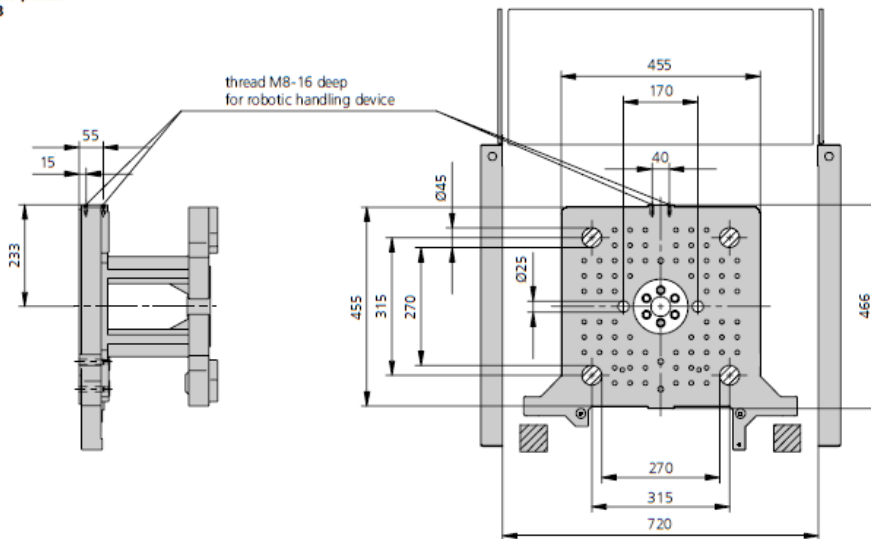
# Mould and platen layout

# 270 C GOLDEN EDITION

Fixed platen  
View A



Movable platen  
View B



Useable mounting surface with tie bars removed

Maximum theoretical shot weights for the most important injection moulding materials (in grams)				
Injection units according to EUROMAP		70		
Screw diameter	mm	18	22	25
Polystyrene	PS	21	31	40
Styrene heteropolymerizates	SB	20	31	39
	SAN, ABS <sup>1)</sup>	20	30	39
Cellulose acetate	CA <sup>1)</sup>	24	35	45
Celluloseacetobutyrate	CAB <sup>1)</sup>	22	33	42
Polymethyl methacrylate	PMMA	22	32	42
Polyphenylene ether, mod.	PPE	19	29	37
Polycarbonate	PC	22	33	42
Polysulphone	PSU	23	34	44
Polyamides	PA 6.6, PA 6 <sup>1)</sup>	21	31	40
	PA 6.10, PA 11 <sup>1)</sup>	19	29	37
Polyoximethylene (Polyacetal)	POM	26	39	50
Polyethylene terephthalate	PET	25	37	48
Polyethylene	PE-LD	16	24	30
	PE-HD	16	24	31
Polypropylene	PP	17	25	32
Fluoropolymerides	FEP, PFA, PCTFE <sup>1)</sup>	33	50	65
	ETFE	29	44	57
Polyvinyl chloride	PVC-U	25	38	49
	PVC-P <sup>1)</sup>	23	35	45

1) average value

#### ARBURG GmbH + Co KG

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

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

© 2013 ARBURG GmbH + Co KG  
The brochure is protected by copyright. Any utilisation, which is not expressly permitted under copyright legislation, requires the previous approval of ARBURG.

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



**ARBURG GmbH + Co KG**  
DIN EN ISO 9001 + 14001 + 50001 certified

