

# Návrh konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl

Adam Podaný

---

Bakalářská práce  
**2016**



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: **Adam Podaný**  
Osobní číslo: **T13106**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh konstrukce vstříkovací formy pro plastový díl**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracovat literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci 3D modelu vstříkovaného dílu.
3. Navrhnete vstříkovací formu pro zadaný díl.
4. Nakreslete 2D řez vstříkovací 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*

Příjmení a jméno: Podany Adam

Obor: IT

## 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, považuji 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 16. 5. 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 až nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určením 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 výtisky, 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>1)</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). Oupírá-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) Nemí-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 vynaložil, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstříkovací formy pro výrobu plastového krytu od palivové nádrže automobilu.

V teoretické části je stručně popsána problematika technologie vstříkování, konstrukce forem, správná volba vstříkovacího stroje a zásady, které by se měli dodržovat.

Praktická část obsahuje návrh a popis konstrukce vstříkovací formy včetně výkresové dokumentace. Konstrukce je provedena v programu Catia V5R19 s využitím normální Hasco Daco.

Klíčová slova: Vstříkování, vstříkovací forma, 3D model, sestava

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the construction of injection mold for plastic part which is fuel door.

In theoretical part there is described The problem of injection molding, right choose of injection machine and principles it should be kept.

Practical part includes creating and describing 3D part of fuel door, drawing of group mold and drawing assembly.

The program Catia V5R19 and the normalized device of company Hasco are used during the construction.

Keywords: Injection, injection mold, 3D part, assembly

## Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Ovsíkovi Ph.D. za odborné vedení, poskytnuté rady, za čas a pozornost, kterou mi ochotně věnoval při vypracování této bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně, 20. 05. 2016

.....

Podpis

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ</b> .....	<b>12</b>
1.1 ROZDĚLENÍ POLYMERŮ PŘI PŮSOBENÍ TEPLA .....	12
1.2 TERMOPLASTY .....	13
1.2.1 Dělení termoplastů podle nadmolekulární struktury.....	13
1.2.2 Srovnání pro technologii vstřikování .....	15
1.2.3 Amorfní polymery .....	15
1.2.4 Semikrystalické polymery .....	15
1.3 REAKTOPLASTY .....	16
1.4 KAUKUKY, PRYŽE A ELASTOMERY .....	16
<b>2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>17</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	18
2.2 FONTÁNOVÝ TOK .....	19
<b>3 VSTŘIKOVACÍ STROJE</b> .....	<b>20</b>
3.1 DĚLENÍ VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ .....	21
3.1.1 Bez předplastikace .....	21
3.1.2 S předplastikací .....	22
3.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA .....	22
3.3 VZÁJEMNÉ POLOHY MEZI UZAVÍRACÍ A VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKOU .....	23
3.4 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA .....	24
3.4.1 Princip vstřikovací jednotky .....	24
3.4.2 Tavná komora.....	24
3.5 OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....	25
<b>4 VSTŘIKOVACÍ FORMA</b> .....	<b>26</b>
4.1 POŽADAVKY NA VSTŘIKOVACÍ FORMU .....	26
4.2 VŠEOBECNÝ POPIS VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	27
4.3 NÁSOBNOST FORMY .....	27
4.3.1 Faktory ovlivňující násobnost .....	29
4.4 VYHAZOVANÍ VÝSTŘIKŮ .....	29
4.4.1 Vyhadzovací kolíky .....	30
4.4.2 Stírací deska .....	31
4.4.3 Trubkový vyhadzovač .....	32
4.4.4 Šikmý vyhadzovač .....	32
4.4.5 Pneumatické vyhadzování.....	33
4.5 TEMPERACE FORMY .....	33
4.5.1 Zásady temperace formy .....	33
4.6 ODVZDUŠNĚNÍ .....	34
4.7 STUDENÝ VTOKOVÝ SYSTÉM.....	34
4.7.1 Plný kuželový vtok.....	35
4.7.2 Bodový vtok .....	35
4.7.3 Tunelový vtok .....	36
4.7.4 Boční vtok .....	36
4.7.5 Filmový vtok .....	36
4.8 VYHŘÍVANÝ VTOK SYSTÉM .....	37
4.8.1 Vyhřívané trysky .....	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>
<b>7</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY</b> .....	<b>41</b>
7.1	DĚLÍCÍ ROVINA .....	41
7.2	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY .....	42
7.3	NÁSOBNOST FORMY .....	42
7.4	VTKOVÝ SYSTÉM .....	43
7.4.1	Typ horké trysky .....	45
7.5	TEMPERACE FORMY .....	46
7.6	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	47
7.7	SESTAVA VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	49
7.8	MANIPULACE S FORMOU .....	50
7.9	3D MODEL VÝSLEDNÉ FORMY .....	51
<b>8</b>	<b>VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE</b> .....	<b>53</b>
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>54</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>55</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>57</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>58</b>
	<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>60</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>61</b>

## ÚVOD

Za posledních několik desetiletí se výroba a využití polymerů rapidně zvýšila především v aplikaci jako je automobilový či elektrotechnický průmysl. Mezi hlavními výhodami patří skvělé mechanické vlastnosti, realizace tvarově velmi složitých výrobků, ale především cena. To jsou především důvody proč tyto materiály stále více rok od roku nahrazují ty předešlé konvekční jako jsou ocel, dřevo a jiné.

Nejčastější způsob zpracování polymerů je vstřikování. Je to složitý tepelně-mechanický proces, při kterém využíváme vstřikovací stroj pro výrobu tvarově složitých výrobků. V dnešní době jsou pro konstruktéra k dispozici softwarové programy a také katalogy normálí, čímž ve velkovýrobě napomáhají ulehčit práci, šetřit čas a také peníze. Mezi tyto softwarové programy patří CAD, Solid Edge, CATIA V5 a mezi nejčastější katalogy patří ty od firem jako jsou HASCO, D-M-E nebo STRACK.

Cílem této bakalářské práce je navrhnout a vymodelovat v softwarovém programu vstřikovací formu pro plastový díl a také ukázat, jak může konstruktér postupovat při návrhu konstrukce vstřikovací formy pro zadaný díl v programu CATIA V5 a čemu je třeba při konstrukci věnovat pozornost.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ

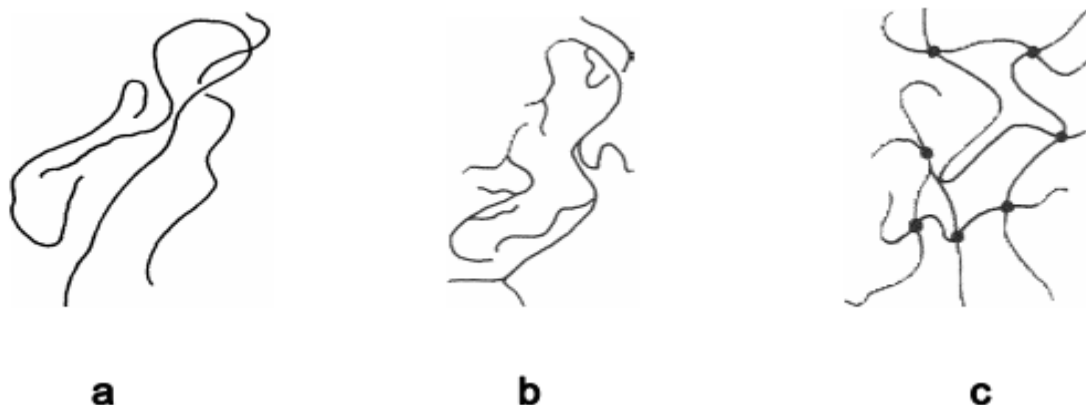
Plasty je možno klasifikovat podle různých hledisek [2]:

- podle nadmolekulární struktury na amorfní plasty a krystalické (semikrystalické) plasty,
- podle aplikace na plasty pro široké použití, pro inženýrské aplikace a pro špičkové aplikace,
- podle druhu přísad na neplněné a plněné plasty,
- podle původu (přírodní a syntetické),
- na základě teplotního chování, podle působení teploty na termoplasty, reaktoplasty, kaučuky, pryže a elastomery.

### 1.1 Rozdělení polymerů při působení tepla

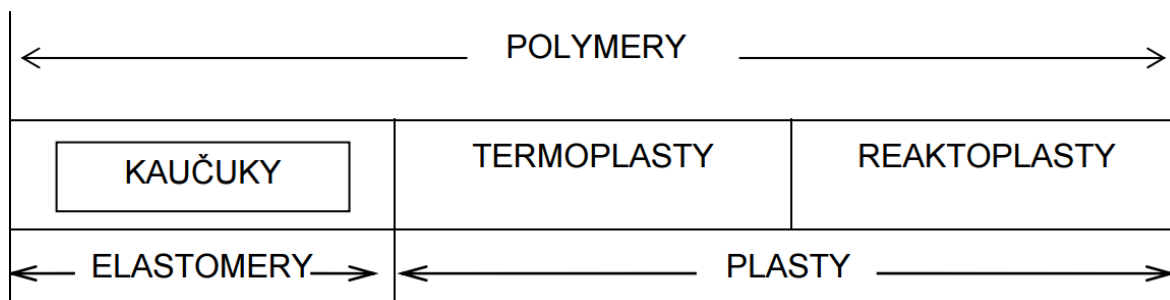
Polymery jsou látky, které obsahují ve svých molekulách ve většině případů atomy uhlíku, vodíku, kyslíku, dusíku, chloru a jiných prvků. [6]

Polymery z hlediska struktury vznikají tak, že základní stavební jednotka neboli mer se opakovaně spojuje do dlouhých řetězců. Tyto řetězce mohou být lineární, rozvětvené či síťované a podle těchto typů řetězců a jejich délek rozdělujeme polymery. [14]



Obr. 1. Tvar makromolekul: lineární (a), rozvětvené (b) a sesíťované (c) [2]

Jaké bude mít daný polymer fyzikální a chemické vlastnosti závisí na druhu atomů, na celkovém počtu merů v řetězci a typu uspořádání těchto řetězců [14].



Obr. 2. Rozdělení polymerů [6]

## 1.2 Termoplasty

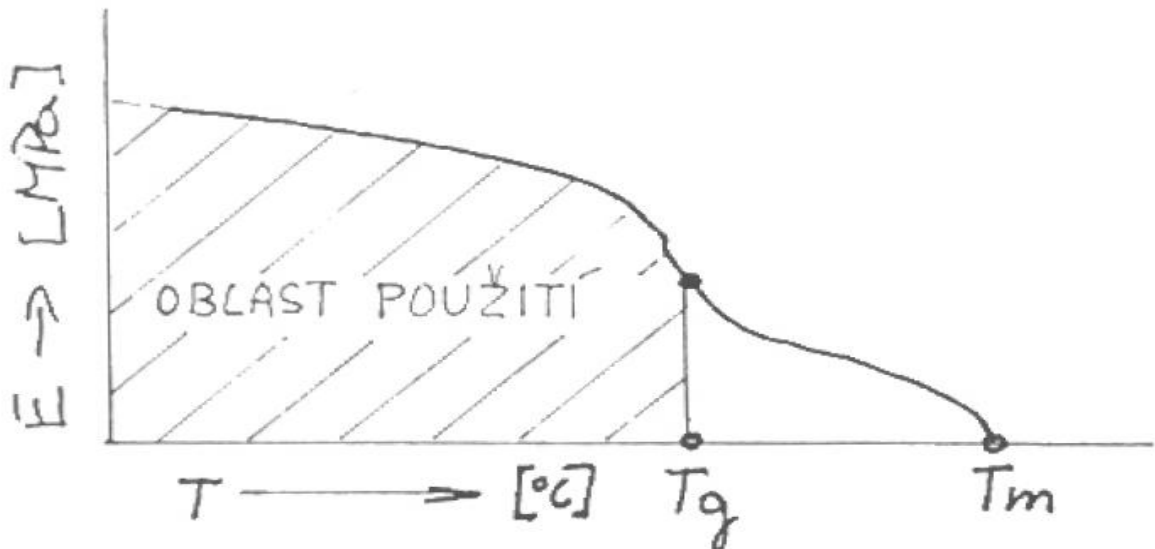
Patří mezi nejrozšířenější jak z hlediska objemu výroby tak počtem vyráběných druhů [11]. Tuto studii potvrzuje i Neuhäusl ve strojírenském časopise MM: Průmyslové spektrum, který tvrdí: *V současné době je na trhu k dispozici přibližně 50 druhů plastů, z čehož asi 80 % tvoří termoplasty. Tyto materiály jsou výhodné jak z ekonomického, tak ekologického hlediska.* [12, s. 1]

Pro termoplasty je charakteristické, že působením tepla měknou a chlazením opět tuhnou. Jejich vlastnosti se tedy při zahřívání mění vratně a tento proces lze opakovat teoreticky neustále protože nedochází k chemickým změnám. Podle struktury dělíme termoplasty na amorfnní a semikrystalické. [11]

### 1.2.1 Dělení termoplastů podle nadmolekulární struktury

Amorfnní mají co do pozic makromolekul nahodilé uspořádání. K charakteristickými vlastnostmi jsou křehkost, tvrdost, vysoká pevnost a modul pružnosti. Jsou průhledné i přesto, že mají nízký index lomu (1,4 až 1,6). Tento fakt dokazuje, že propouští až 92% světla. [2]

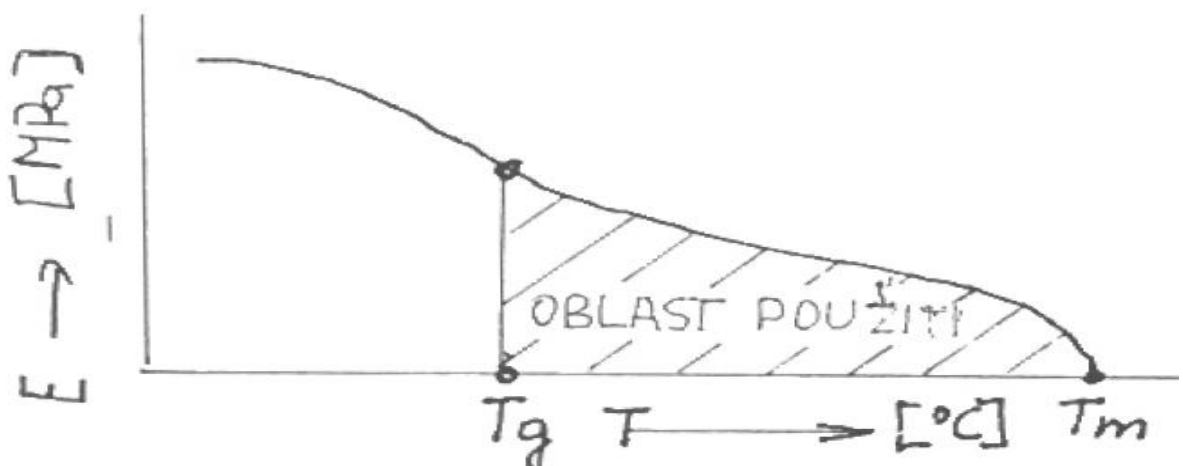
Využitelnost výrobků z amorfních plastů je pod teplotou skelného přechodu  $T_g$ . Polymer při této teplotě pevný, ale při zvyšování teploty a následném překročení  $T_g$  slábnou vazby mezi makromolekulami a přechází do stavu plastické oblasti, kdy se zpracovává. S rostoucí teplotou narůstá současně i objem polymeru. [2]



Obr. 3. Oblast využití amorfních plastů [2]

Semikrystalické termoplasty mají uspořádanější uskupení makromolekul. Toto uskupení označuje tzv. stupeň krystalinity, který se pohybuje od (40 do 90)% a vyjadřuje podíl upořádaných oblastí mezi oblastmi amorfními. Nikdy nedosáhne 100%, proto se krystalické plasty nazývají semikrystalické. Jsou houževnaté, pevnost a modul pružnosti stoupá se stupněm krystalinity. [2]

Využitelnost výrobků z těchto plastů je mezi teplotou skelného přechodu  $T_g$  a teplotou tání  $T_m$ , jelikož v této oblasti mají skvělé mech. vlastnosti jakou jsou pevnost a houževnatost. Zvyšováním teploty dochází k nárůstu objemu polymeru. [2]



Obr. 4. Oblast využití semikrystalických plastů [2]

### 1.2.2 Srovnání pro technologii vstřikování

Amorfní i semikrystalické polymery se chovají při zahřívání i vstřikování odlišně. To se projevuje hlavně ve vlastnostech a konečných vyliscích [12].

Srovnání těchto polymerů podle vybraných vlastností je shrnuto do tabulky 1 na straně 14.

### 1.2.3 Amorfní polymery

Výhodné při vstřikování rozměrově přesných vylisků, jelikož se vyznačují nízkým smrštěním proti formě. Díky transparentním vlastnostem se hojně využívá při výrobě světelné techniky. Amorfní polymery mají vynikající optické a mechanické vlastnosti. [12]

### 1.2.4 Semikrystalické polymery

Tyto polymery mají schopnost vytvářet z taveniny krystalickou strukturu. Odtud plynou jejich vlastnosti tuhost, pevnost a houževnatost. Dochází u nich ke většímu smrštění proti formě (1 – 2,5 %). [12]

Tab. 1. Základní informace pro výběr termoplastů [12]

Tab. 1. Základní informace pro výběr termoplastů		
Vlastnost	Amorfní polymery	Semikrystalické polymery
Mechanické vlastnosti (základní)	o	+
Ohybová pevnost	–	+
Vrubová citlivost	–	+
Tok za studena	+	o
Chemická odolnost	–	+
Teplota použití	o	+
Kritická teplota při zahřívání	$T_g$	$T_m$
Smrštění proti formě [%]	0,3–0,8	1–3
Legenda: + výhodnější (lepší); – méně výhodné (horší); o – průměrné (stejně)		

### 1.3 Reaktoplasty

Polymerní materiály dříve nazývané termosety, duromery či duroplasty v první fázi zahřívání měknou a jsou tvarovatelné, ale jen omezenou dobu. Při dalším zahřívání nastává chemická reakce tzv. vytvrzování. Patří sem fenolformaldehydové a polyesterové hmoty, epoxidové pryskřice apod. [2]

Základem struktury jsou makromolekulární řetězce příčně propojené chemickými vazbami. *"Reaktoplasty vznikají se třemi reaktivními skupinami, schopnými vytvořit chemickou vazbu. Zesíťování nastává až při tváření plastu vlivem tepla a tlaku, někdy i působením katalyzátoru. Husté příčné zesíťování se nazývá vytvrzování."* [11, s.133]. To znamená, že od této chvíle tento materiál nejde rozpustit či roztavit ani zpětně zpracovat.

### 1.4 Kaučuky, pryže a elastomery

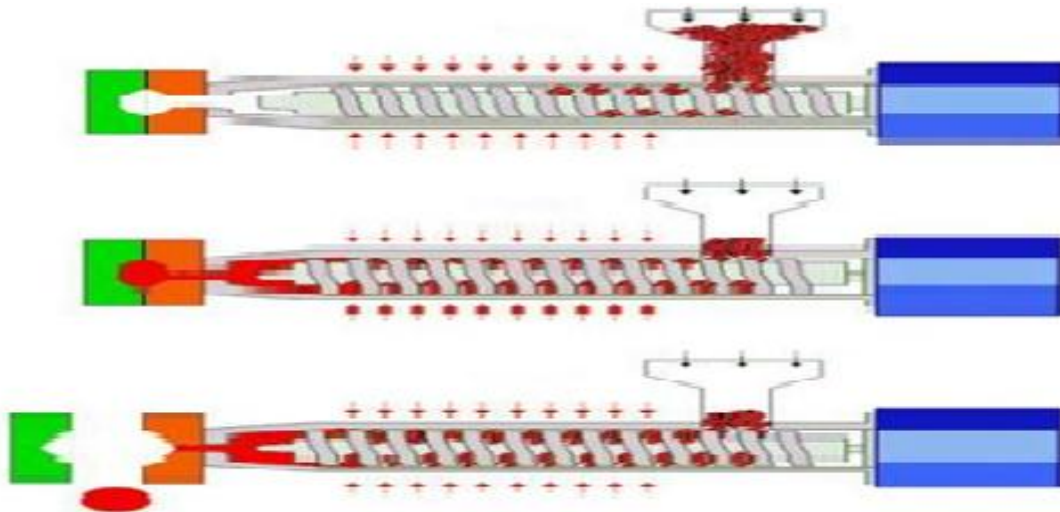
Jedná se o polymerní materiály, které rovněž v první fázi zahřívání měknou, ale lze je tvářet, avšak po omezenou dobu. Jako u reaktoplastů dochází během dalšího zahřívání k chemické reakci ale tentokrát k tzv. vulkanizaci. U elastomerů na bázi termoplastů nedochází ke změnám chemické struktury, proces měknutí a následného tuhnutí lze opakovat teoreticky bez omezení, probíhá zde pouze fyzikální děj. [2]



## 2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Při vstřikování se polymer z pomocné tlakové komory vstříkuje v plastickém stavu do dutiny chladné nebo temperované formy vtokovými kanálky, následně se materiál ochladí a ztuhne při styku s plochami formy. Konečný krok je otevření formy a vyhození výrobku. [5] [11]

Tlaková komora bývá součástí vstřikovacího stroje a zásoba zpracovávaného materiálu se v ní stále doplňuje. Vstřikování je vlastně takové nepřímé lisování, kde působí proti sobě dva písty. Jeden (tzv. vstřikovací) vytlačuje roztavený materiál do formy, druhý (tzv. uzavírací) tlačí formu ke vtokovému otvoru. [11]



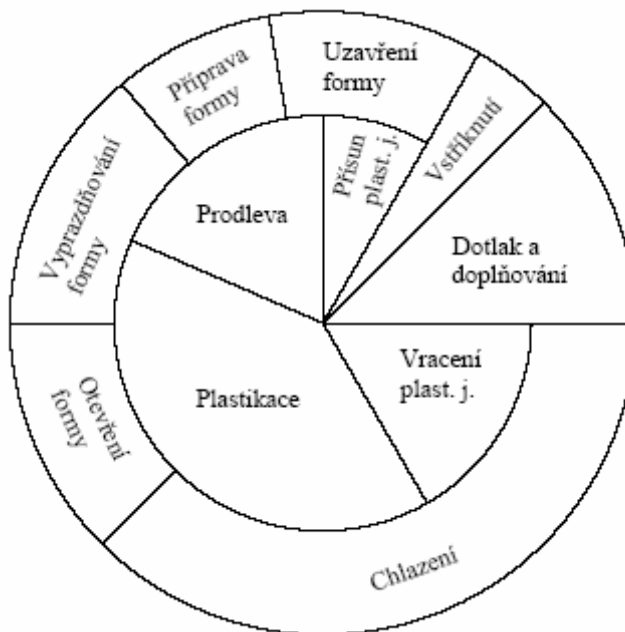
Obr. 5. Zjednodušené schéma vstřikování plastu [2]

Důležitými parametry při vstřikování jsou teplota a vstřikovací formy, vstřikovací tlak a doba vlastního vstřikování. [5]

V dnešní době se vstřikováním zpracovává velké množství polymerů a význam této technologie stále vzrůstá. Umožňuje ekonomicky produkovat kvalitní a rozměrově dostatečně přesné výrobky. [6]

## 2.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus je rychlý a můžeme jej automatizovat. Je založen na vstříknutí taveniny polymery do chlazené formy. Forma je po ztuhnutí taveniny otevřena, výtřík vyjmut a stroj je připraven k dalšímu cyklu. [6]

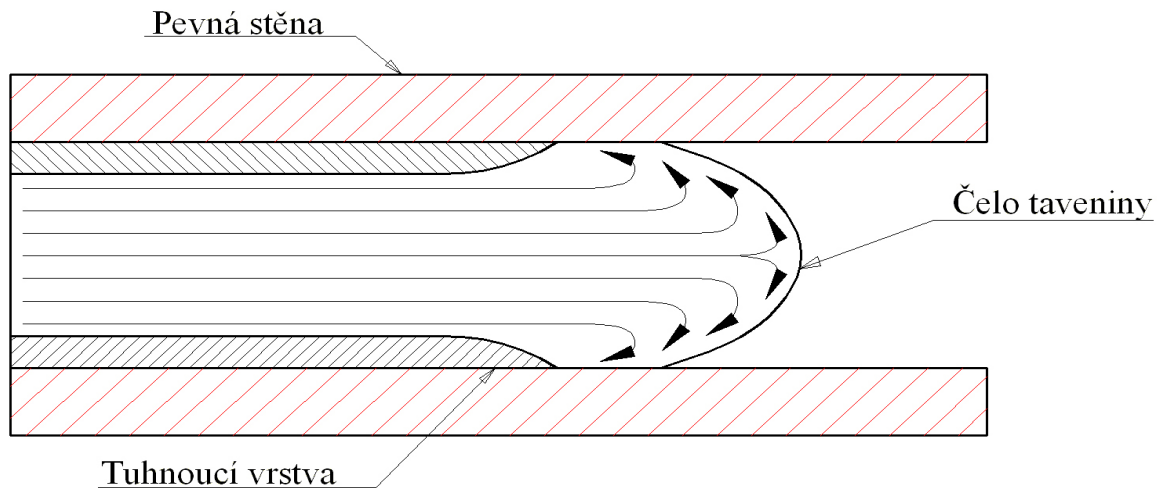


Obr. 6. Vstřikovací cyklus [2]

Po uzavření formy přijede vstřikovací jednotka k formě vstříkne taveninu pod určitou teplotou a vysokou rychlostí do formy. Tavenina zůstává pod tlakem v uzavřené formě, dokud se nezačne ochlazovat. Další krok je dotlak, který skončí částečném ochlazení plastu ve formě. Až skončí dotlak vstřikovací jednotka odjíždí od formy a začne chladnutí. Po dostatečném ochlazení výtříku se forma otevře a výtřík se vyhodí pomocí vyhazovacího systému. Po očištění a přípravě formy pro další cyklus následuje další cyklus. Při vstřikování kaučukových směsí proběhne ve formě i vulkanizace, aby měl výrobek po vyjmutí finální vlastnosti. [9]

## 2.2 Fontánový tok

Je to nejvhodnější způsob toku při plnění tvarových dutin formy. Při vstřikování je teplota stěny tokového kanálu nižší než teplota tání ( $T_m$ ), resp. teplota tečení ( $T_f$ ), a proto při toku polymeru dochází k neustálenému toku. [14]



Obr. 7. Fontánový tok [1]

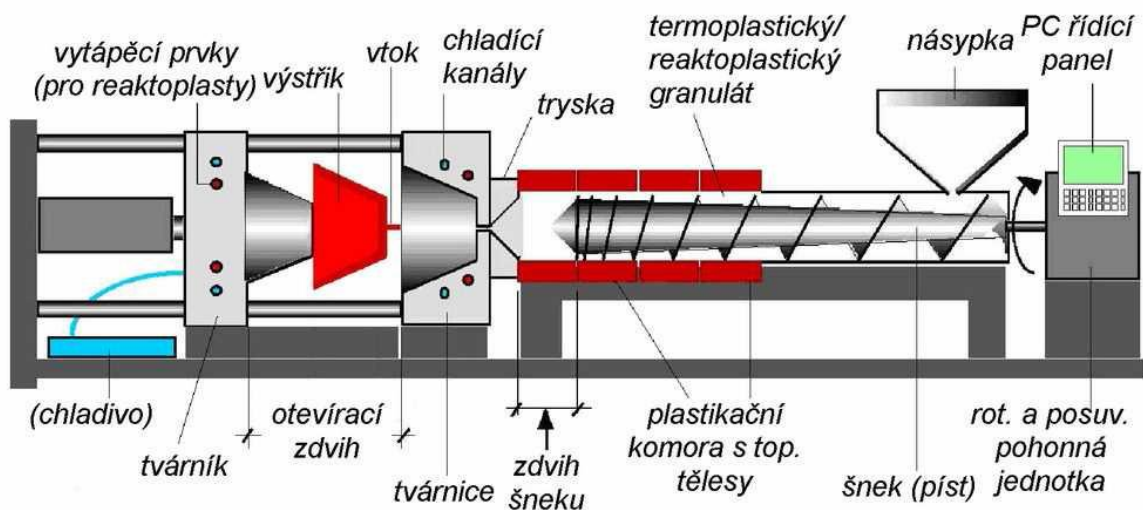
*Na "studené" stěně tokového kanálu tuhne tavenina v rostoucí vrstvě. Pod tuhnoucí vrstvou směrem ke středu kanálu tavenina nadále teče, ale tak, že na povrchu chladnoucí vrstvy není nulová rychlost toku taveniny. [14, s. 21]*

### 3 VSTŘÍKOVACÍ STROJE

Vstříkovací stroj lze rozdělit na dvě části a to část uzavírací a vstříkovací. Uzavírací jednotka se skládá z upínacích desek pro upnutí formy, zato vstříkovací část je složena z násypky, pístu a tlakového ústrojí na píst a vytápěného válce s tepelnou regulací. [3]

Volba správného vstříkovací stroje závisí na [14]:

- velikosti uzavírací síly,
- kapacitě plastikační jednotky,
- zpětném uzávěru plastikačním a vstříkovacím sněku.



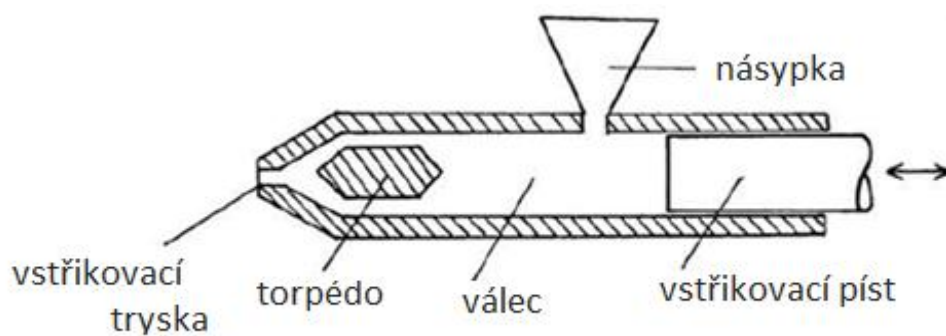
Obr. 8. Schéma vstříkovacího stroje [2]

### 3.1 Dělení vstříkovacích strojů

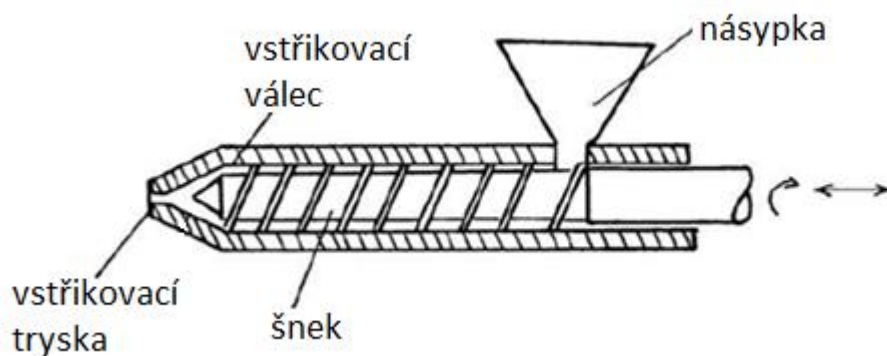
- podle konstrukce vstříkovacích jednotek - s předplastikací a bez předplastikace,
- podle polohy uzavírací jednotky - svislé a vodorovné.

#### 3.1.1 Bez předplastikace

K plastikaci materiálu dochází v tavné komoře nebo se plastikuje a vstříkuje šnekem viz. obr. 10 a 11 [6]



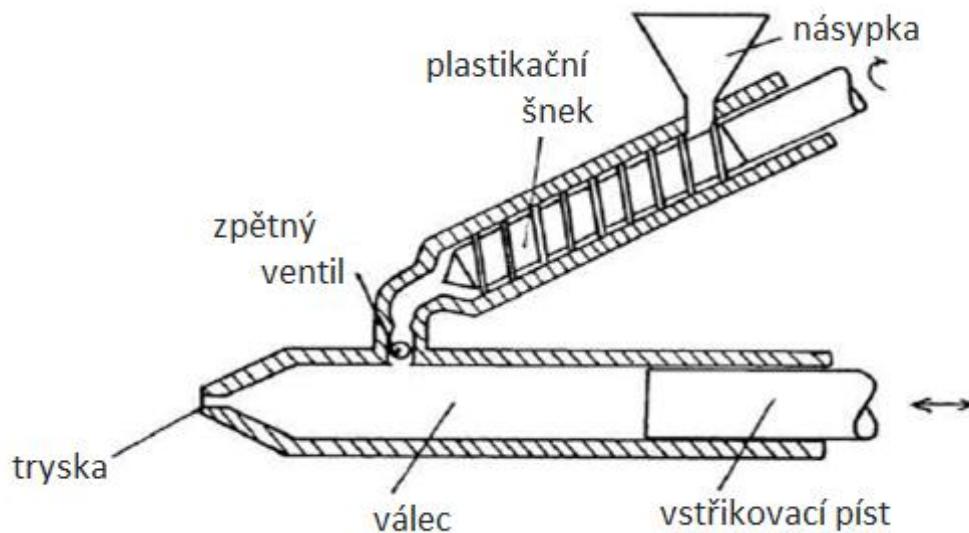
Obr. 9. Zjednodušené schéma pístového vstříkacího stroje bez předplastikace [6]



Obr. 10. Zjednodušené schéma šnekového vstříkacího stroje bez předplastikace [6]

### 3.1.2 S předplastikací

Předplastikace se využívá převážně při vstřikování výrobků o velkých rozměrech. Plastikační jednotka je oddělená od vstřikovací, to znamená že polymerní směs se plastikuje v odděleném tavném válci nebo ve šnekovém vytlačovacím stroji (obr. 12) a poté je vytlačovacím pístem vytlačována do formy. [6]



Obr. 11. Zjednodušené schéma pístového vstřik. stroje se šnekovou předplastikací [6]

## 3.2 Uzavírací jednotka

Hlavní činností je otevírat a zavírat formu. Síla při uzavírání by měla být taková, aby nedošlo k pootevření, či jiným nežádoucím efektům vlivem tlaku ve formě. U otevírání a zavírání formy je potřeba pochopit, že tato jednotka se nepohybuje konstantní rychlostí, ale je proměnlivá. Nejprve se forma uzavírá velkou rychlostí tzv. prisouvací silou  $F_p$ , ale těsně před uzavřením se tato rychlost zpomalí a forma se uzavře tzv. uzavírací silou  $F_u$ . Dělá se to proto, aby nedocházelo k velkým rázům na formu. [7] [10]

Jak definoval Zeman: "Uzavírací síla musí zajistit dokonalé sevření formy v dělicí rovině jako reakci na vstřikovací tlak a vstřikovací rychlost (hybnost taveniny dopravované do tvarové dutiny vstřikovací formy)" [14, s.78]

Mezi základní funkce uzavírací jednotky patří [10]:

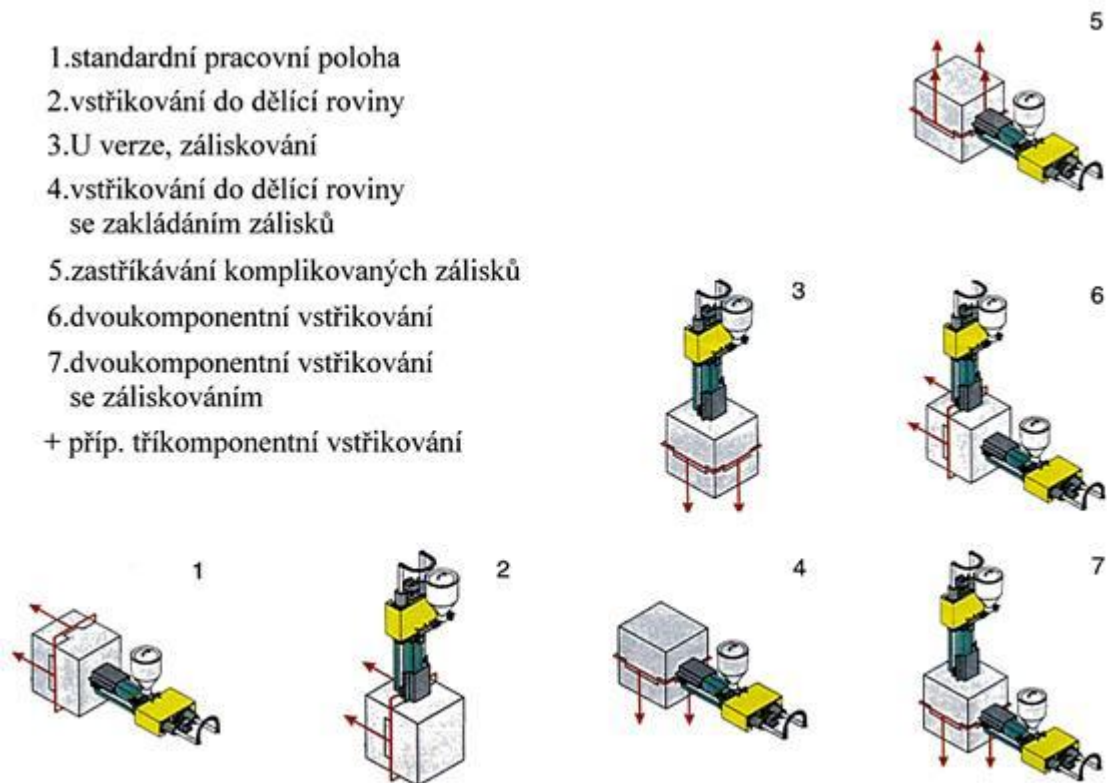
- bezpečné upnutí formy vzhledem k její rozměrům,
- zabezpečit funkce hydraulických tahačů jader, pneumatické ventily apod.,
- otevírat a zavírat formu při žádané rychlosti.

Dělení uzavíracích systému [2]:

- hydraulické,
- mechanické,
- kombinace hydraulického a mechanického (závorování),
- elektrické systémy.

### 3.3 Vzájemné polohy mezi uzavírací a vstříkovací jednotkou

Poloha mezi uzavírací a vstříkovací jednotkou je důležitá vzhledem ke způsobu vstříkování. Nejčastější uspořádání je horizontální, tedy kolmo na dělicí rovinu. Jsou však i vzácnější případy uspořádání a to díky reologickému chování polymeru, vícekomponentnímu vstříkování aj.). Tyto uspořádání ukazuje obrázek 10.



Obr. 12. Vzájemné polohy mezi uzavírací a vstříkovací jednotkou [2]

### 3.4 Vstřikovací jednotka

Připraví a dopraví požadované množství roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry do formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvih. Při malém vstřikovacím množství zase setrvává plast ve vstřikovací jednotce delší dobu a tím může nastat jeho degradace. To se dá ovlivnit rychlejšími cykly výroby. Max. vstřikované množství nemá překročit 90% kapacity jednotky, protože je ještě nutná rezervace pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení (smrštění). Optimální množství je 80%. [2]

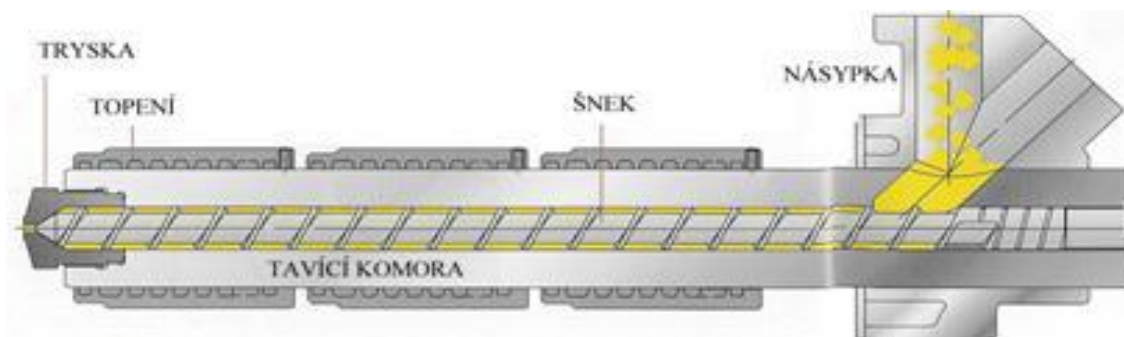
#### 3.4.1 Princip vstřikovací jednotky

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

Topení tavné komory je nejčastěji rozděleno do tří pásem (vstupní, střední a pásmo u trysky). Tryska má zvláštní samostatné topení. Část tepelné energie vznikne disipací v materiálu. [2]

#### 3.4.2 Tavná komora

Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosedání do sedla vtokové vložky formy. Jejich souosost, menší průmět otvoru a menší poloměr trysky než je u sedla vtokové vložky jsou podmínky správné funkce. [2]



Obr. 13. Schéma vstřikovací jednotky [2]



### 3.5 Ovládání a řízení vstříkovacího stroje

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje jsou charakterizovány znakem jeho kvalitou. 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 řídicími a regulačními prvky. [2]

Novější koncepce vstříkovacích strojů se v současnosti neobejdou bez výkonné procesové techniky. Místo obvyklé textové formy nastavování technologických parametrů se využívá nejrůznější grafické formy řízení pracovní cyklu na displeji se selektivním přístupem k jednotlivým parametrům stroje. Pracovní cyklus sestavený do potřebných programových sekvencí je pak snadno kontrolovatelný a případně i upravitelný. [2]

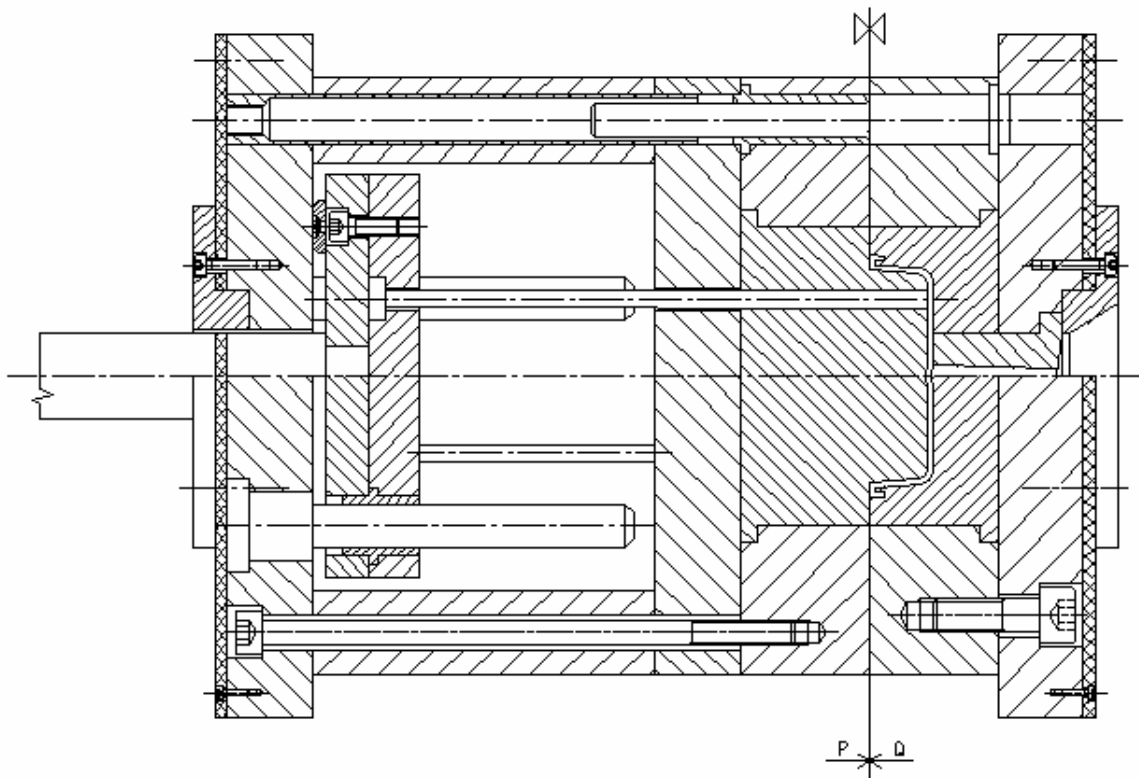
**Koncepčně je takové seřízení rozděleno na [2]:**

- sestavení grafů vstříkovacího stroje,
- definice a sestavení parametrů,
- kontrola procesu.

Nastavení stroje je řídicím systémem také kontrolováno (zpětná vazba). Alternativní volba a úprava programu se pak může snadno uskutečnit za pomoci barevné obrazovky. Na přesnosti a jakosti výstřiků má řízení stroje rozhodující vliv. [2]

## 4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma pracuje při vysokých tlacích, teplotách a musí jím odolávat aby nedošlo k její poškození. Udává přesné rozměry výrobku, musí zajistit snadné a bezpečné vyjmutí výstřiku z dutiny, pracovat zcela automaticky, vytvořit výrobky o dané přesnosti a jakosti, ale hlavně musí být ekonomicky výhodná (nízká pořizovací cena, snadná manipulace, rychlá výroba). [2] [8]



Obr. 14. Schéma vstřikovací formy

### 4.1 Požadavky na vstřikovací formu

Mezi požadavky můžeme zařadit [2]:

- vysoká přesnost a jakost funkčních ploch, dutin formy a ostatní funkčních dílů,
- maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí formy i celku, pro zachycení potřebných tlaků,
- správná funkce formy, vhodný vtokový systém. vyhazování, ovzdušnění, temperování apod.,
- optimální živostnost zaručena konstrukcí, materiálem formy i výrobou.

## 4.2 Všeobecný popis vstřikovací formy

Každou formu je možné rozdělit na 3 skupiny. [3]

### 1. Skupina - Tvarové části formy

Do této skupiny patří části formy, díky kterým získáváme výsledný tvar našeho výstřiku. Patří sem tvárník, tvárnice, tvarová jádra pevná případně vkládaná, závitové kolíky a kroužky, vysouvatelná jádra aj. Dutina, která vznikne mezi tvárníkem a tvárnicí je v zásadě základním tvarem výstřiku. O detaily, závity, otvory a jiné přesnější části se starají ostatní tvarové části. Tyto ostatní části vždy doplňují hlavní tvarovou dutinu.

### 2. Skupina - Rám formy

Do druhé skupiny patří ty části formy které tvoří nosnou konstrukci tvarových částí včetně vyhazovacího mechanismu.

K rámu formy patří desky na uložení tvarových částí formy, opěrné desky, upínací desky, vodicí kolíky, vytápění a chlazení formy, šikmé čepy pro mechanické posouvání tvarových částí forem atd.

### 3. Skupina - Vyhazovací ústrojí

V této skupině zaujímají místo vyhazovací kolíky, stírací desky, stírací trubky a kroužky, díky kterým můžeme náš výstřik bezpečně a bez deformací vyjmout z naší formy.

## 4.3 Násobnost formy

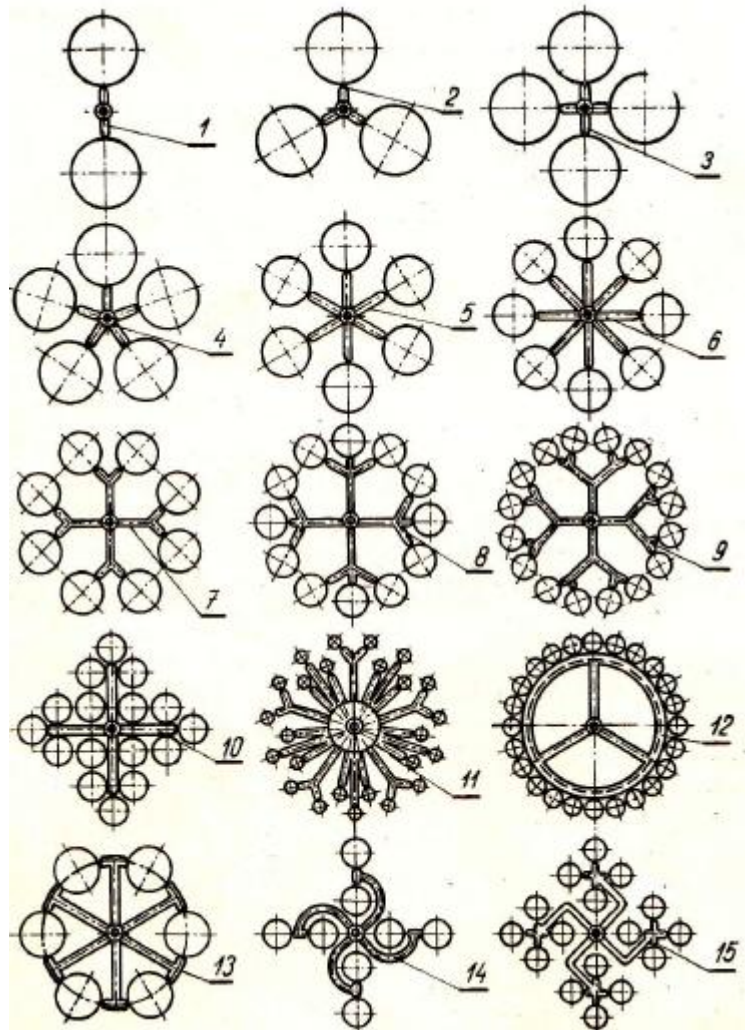
Násobnost formy znamená kolik tvarových dutin jsme schopni mít ve formě. Stanovit optimální násobnost je velice těžký úkol, jelikož stále není k dispozici žádný matematický vztah ani metoda ke stanovení správné násobnosti. [3] [4]

Aby byla přesnost výstřiků co největší je podstatné, aby násobnost formy byla co nejmenší. A to z důvodu zjednodušení konstrukce formy, eliminování rozdílů v rozměrech jednotlivých částí výstřiku, vyloučení rozdílů teplot a tlaků v jednotlivých dutinách, dále pak proto, že se lépe vystředí tvárník a tvárnice. [4]

Důležitá věc při veliké násobnosti je dosáhnout stejné délky vtokové soustavy do každé dutiny. Pokud tohoto stavu nelze dosáhnout je nutno poupravit velikost vtokového

ústí aby bylo docíleno stejného tlaku v každé jednotlivé dutině, protože tlak klesá se vzdáleností od vtoku, což má za následek smrštění. [4]

Při vícenásobných formách je zásadní aby umístění dutin bylo uspořádáno do tvaru hvězdy než do řady. Je dáno tím, že při uspořádání do hvězdy dochází k zaplnění dutiny polymerem ve stejném čase ve všech dutinách formy [4].



Obr. 15. Schematické rozložení rozváděcích vtokových kanálků [2]

### 4.3.1 Faktory ovlivňující násobnost

Tyto faktory jsou [4] [7]:

- rozměry a hmotnost výstřiku,
- kvalita a přesnost výstřiku,
- typ vstřikovacího stroje,
- rozsah výroby,
- dodací lhůty,
- cenový limit.

Pro malé série je volena jednonásobná forma s minimálními náklady na výrobu.

Naopak pro hromadnou výrobu je potřeba vytvořit několik výkresových a ekonomických dokumentací a následně se vybere ta, která je ze všech "nejoptimálnější" ve všech oblastech. [4]

## 4.4 Vyhazování výstřiků

Po vyplnění dutiny polymerní směsí je potřeba výstřik bezpečně a jednoduše vyjmout z dutiny, děje se tak, protože při chlazení polymerní směsí dochází ke smrštění a pevnému ulpívání na tvarových součástech. Vyjmutím neboli vyhozením se dosáhne pomocí správným konstrukčním řešením formy a pomocí vyhazovacích prvků, které musí být uloženy v každé formě. [2] [3] [7]

**Vyhazování výstřiku má obvykle dvě fáze:** [2]

- dopředný pohyb, vlastní vyhazování
- zpětný pohyb, návrat vyhazovacího zařízení do vychozí polohy

**Typy vyhazovacích prvků: [2] [7]**

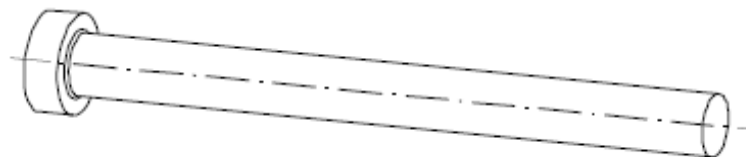
- vyhazovací kolíky
- trubkové vyhazovače
- stírací desky (kroužky)
- pneumatické vyhazování
- šikmé vyhazovače
- vyhazování bez vyhazovačů

Jednotlivé vyhazovací prvky jsou podrobně uvedeny v následujících podkapitolách a jsou popsány případy kdy je využít a kdy naopak by bylo lepší se jejich uložení do formy vyhnout.

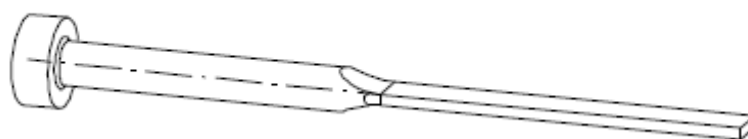
**4.4.1 Vyhazovací kolíky**

Jsou nejčastějším a zároveň nejlevnějším vyhazovacím prvkem, zároveň je snadné jej vyrobit a jeho funkčnost je zaručena. Lze jich využít všude tam kde je možno tyto vyhazovače umístit kolmo na dělicí rovinu. [3]

Nevýhodou je ovšem to, že po nich bývá stopa na výstřiku, proto je lepší aby tyto stopy byly na nepohledových stranách, aby nedošlo ke znehodnocení výstřiku. Mezi další nevýhodu patří ten fakt, že pokud se umístění těchto kolíků zvolí špatně pak může nastat trvalá deformace výstřiku. [3] [14]



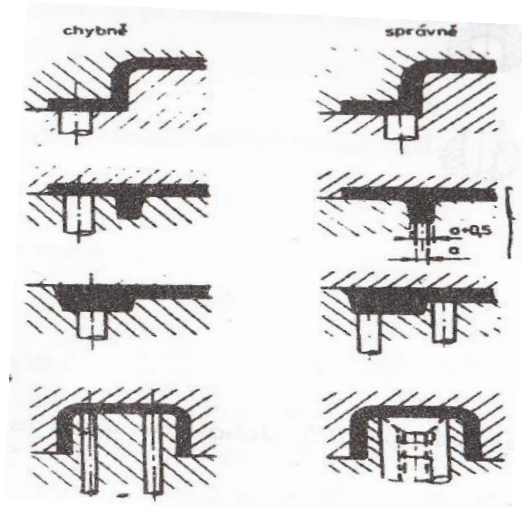
Obr. 16. Válcový vyhazovač



Obr. 17. Prizmatický vyhazovač

### Princip správného uložení vyhazovacích kolíků

"Kolík se má opírat o stěnu nebo o žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit. Jinak by mohla nastat trvalá deformace". [2, s. 26]

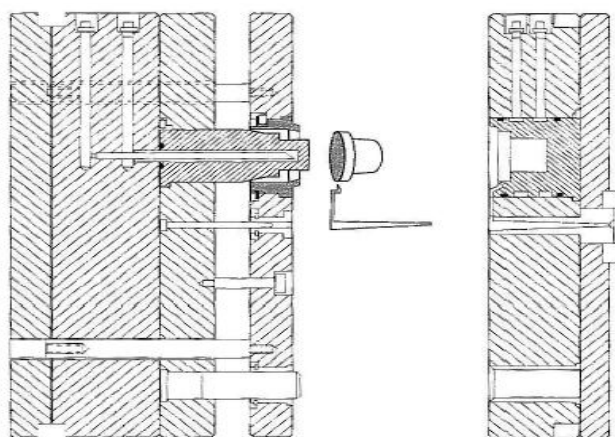


Obr. 18. Správné uložení vyhazovacích kolíků [3]

#### 4.4.2 Stírací deska

Je to bezpečnější způsob vyhození výstřiku než vyhazovací kolíky, jelikož tlak je vyvinut na celý obvod výstřiku. Další výhodou je, že po sobě nezanechává žádné stopy po vyhazování, lze ji využít u mohutnějších výstřicích, protože dokáže vyvinout velkou vyhazovací sílu. Uplatnění těchto prvků je u tenkostěnných výrobků nebo u výrobků s přesazeným okrajem. [2] [3] [7]

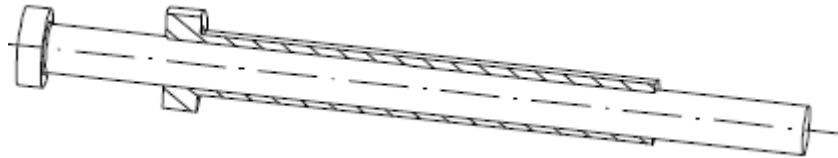
Nevýhodou je, že můžeme použít jen tehdy, pokud stírací deska (kroužek) dosedá rovinně s výstřikem, nebo mírně zakřivenou plochu. [2]



Obr. 19. Vyhazování pomocí stírací desky [2]

#### 4.4.3 Trubkový vyhazovač

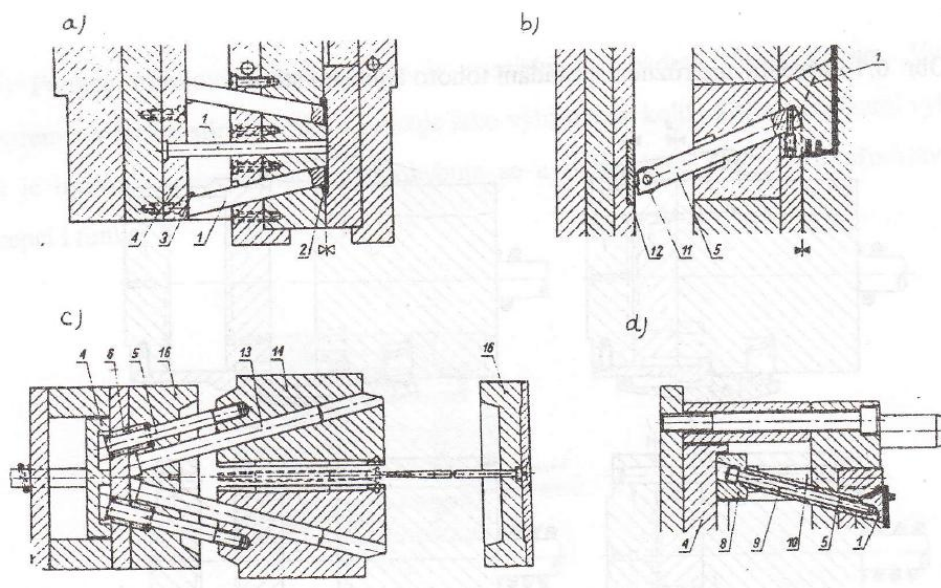
Speciální případ stírání tlakem. Využívá princip stírací desky, jelikož působí po celém obvodu výstřiku, ale zároveň je schopen vytvářet jádro. Využívá se především u třideskových forem, kde výstřik a vtoky jsou ve dvou dělicích rovinách a není nám dovoleno využít stírání nebo vyhazování. [2]



Obr. 20. Trubkový vyhazovač

#### 4.4.4 Šikmý vyhazovač

Šikmé vyhazovače využíváme tam kde výstřik obsahuje mělký vnitřní, nebo vnější zápich. Díky tomu se vyhneme posuvným čelistem s klínovým mechanismem ve formě. [2]



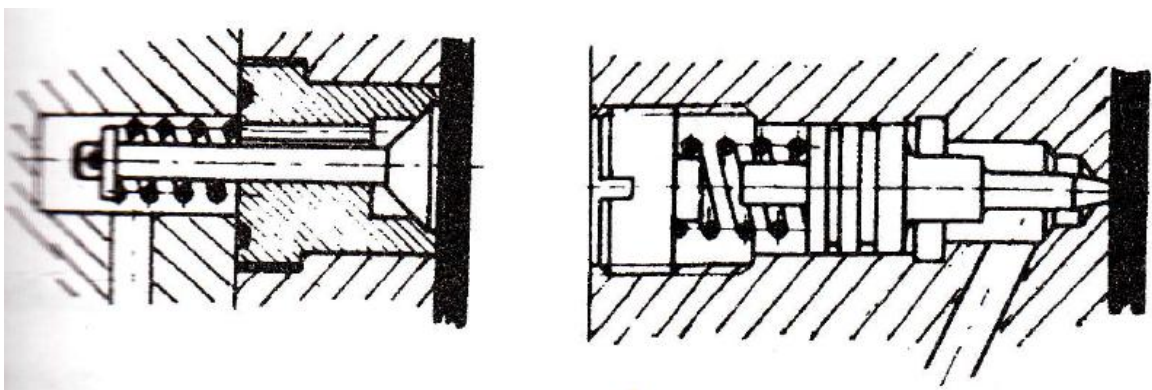
Obr. 21. Vyhazování pomocí šikmých vyhazovacích kolíků [2]



#### 4.4.5 Pneumatické vyhazování

Moc častý princip vyhazování není přesto hlavní a účinné využití se nachází u výstřiků tvaru umyvadla, vany, kbelíku aj. Pneumatické vyhazování pracuje na principu stlačeného vzduchu mezi výstřikem a lícem formy. Tím je docíleno rovnoměrného oddělení od tvárníku. Hlavní výhodou toho principu je, že nedochází ke stopám po vyhazování. [2]

Vzduch je do formy přiveden pomocí vzduchového ventilu ve tvaru "talíře" nebo "jehly" jak je to znázorněno na obr. 22. Tlak vzduchu by neměl být zbytečně veliký, aby nedocházelo ke znečištění pracovního okolí. [2]



Obr. 22. Talířový a jehlový ventil [2]

#### 4.5 Temperace formy

Provádí se za účelem zrychlení automatizace výroby. Principově jde o to, aby se materiál v dutině formy co nejrychleji přivedl na požadovanou teplotu, tudíž aby výrobek byl co nejekonomičtější a pracovní cyklus co nejkratší. Proto vstříkovací formy u hromadných výroбах musí obsahovat temperační systém. [2] [8]

Temperační systém obsahuje kanály a dutiny umožňující přestup a prostup tepla z taveniny do formy vhodně zvoleným temperačním médiem. Pomocí temperačního média jsme schopni udržovat ve formě konstantní teplotu. Umístění temperačního systému je v pohyblivé části tak i pevné části formy. [2]

##### 4.5.1 Zásady temperace formy

Je důležité aby se médium přivádělo nejdříve do míst nejteplejších ve formě a až později ke vzdálenějším místům. Nejintenzivnější chlazení probíhá tam kde je největší proudění polymerní směsi. Efektivnější je využít většího počtu rozváděcích kanálů s malými roztečemi než naopak. [2] [7]

Dalším důležitým úkolem je pro konstruktéra věnovat maximální pozornost na zajištění rovnoměrné teploty stěn tvarových dutin formy a vymyslet tak temperační systém. Jinými slovy pokud dojde k tomu, že na vnitřní a vnější straně stěny není stejná teplota dojde k rozdílnému potenciálu smrštění (větší smrštění bude u stěny s větší teplotou) a k jinému vnitřnímu pnutí a v místě s větší teplotou. [14]

Průřez rozváděcích kanálků se zpravidla pohybuje mezi 6 až 20 mm. Využívají se především kruhového a obdélníkového průřezu. [2]

## 4.6 Odvzdušnění

Odvzdušení formy je velice důležitá věc a neměla by být podceňována. Typickým znakem špatně odvzdušněné formy je tzv. Diesel efekt jinými slovy spálené místo na výstřiku. Tento nechtěný jev nastává když není zajištěn dostatečný odvod vzduchu. Tento vzduch, který zůstal v dutině formy při vstříknutí polymerní směsi se rychle ohřívá vlivem velikého vstřikovacího tlaku. [2] [8]

## 4.7 Studený vtokový systém

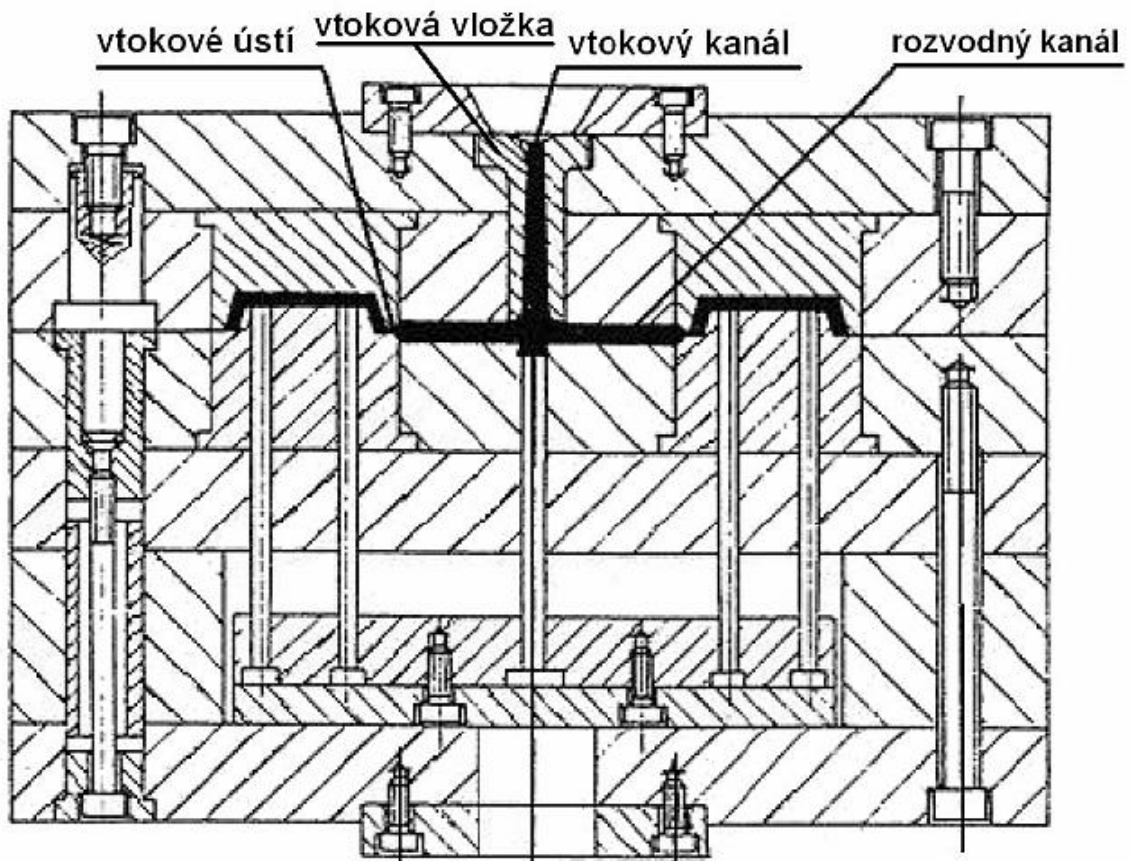
Je to důležitý a složitý aspekt, který nám zajišťuje aby roztavený polymer plynule a úplně zaplnil tvarovou dutinu ve formě. Vtokovou soustavu navrhujeme podle toho jak moc násobnou formu máme. Podstatné je aby naplnění formy proběhlo co nejrychleji a výrobní cyklus se tak zkrátil na minimum. [2] [4] [7]

Správně navržená vtoková soustava nám umožní vytvářet výrobky o dobré kvalitě a vysoké jakosti a zároveň snadné odtržení vtokového zbytku [2].

- **Při řešení vtokové soustavy je třeba proto dodržovat tyto zásady:** [4] [7]
- dosáhnout do nejrovnoměrnějšího plnění jednotlivých tvarových dutin,
- dráha vtoku od vstřikovací trysky k dutinám vstřikovací formy má být co nejkratší, aby mohla být tavenina vstřikována co největší rychlostí,
- dráha vtoku má být stejně dlouhá ke všem dutinám, aby se dutiny plnily současně,
- pro přesné výstřiky jsou výhodnější plné vtoky tj. rozváděcí kanály, které se v místě vtoku nezužují.

**Správně volit vtokové ústí, tak aby [4] [7]:**

- nevznikaly tzv. studené spoje na výstříku,
- zbytkové napětí ve výstříku bylo co nejmenší,
- vyhození výstříku včetně vtokových zbytků bylo co nejsnazší,
- aby začišťování vtoků na výstříku bylo co nejsnazší.



Obr. 23. Studený vtokový systém formy [2]

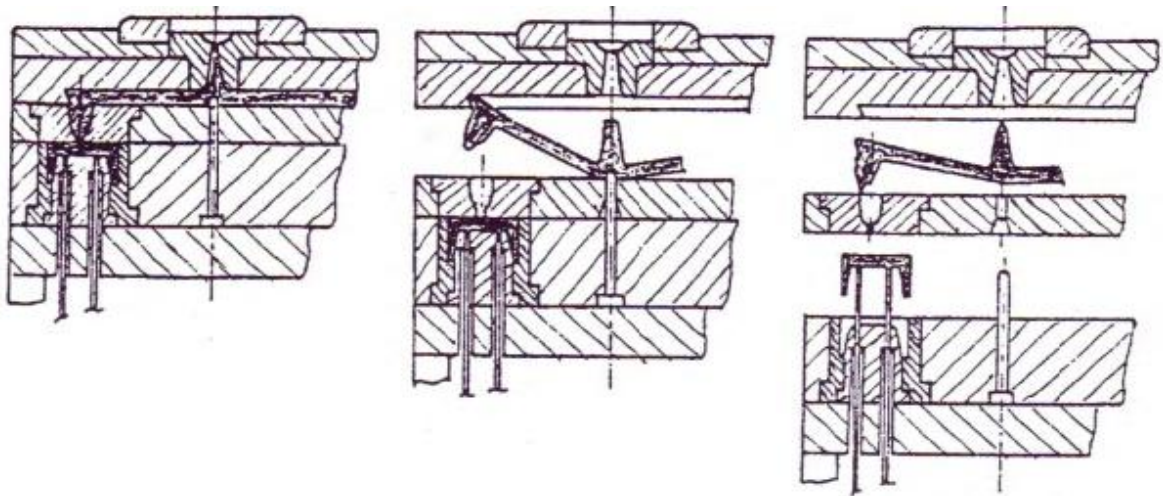
#### 4.7.1 Plný kuželový vtok

Využívá se hlavně u jednonásobných forem. Vhodný pro tlustostěnné výstříky. Výhodou tohoto vtoku je vysoká účinnost dotlaku, a díky tomu vtok tuhne ve formě jako poslední. Nevýhodou je obtížné a zdlouhavé odstraňování stop po výstříku. [2]

#### 4.7.2 Bodový vtok

Vychází přímo z vtokového kanálu nebo rozváděcích kanálů. Tento nejznámější typ zúženého vtokového ústí vyžaduje třideskový systém forem s nutnou přítomností

přidržovače vtoku, který zajistí, že nejprve se odtrhne vtokové ústí a pak se otevře forma v dělicí rovině s tvarovou dutinou. Princip je znázorněn na obrázku 24. [2]



Obr. 24. Princip třídeskové formy s využitím přidržovače vtoku [2]

#### 4.7.3 Tunelový vtok

Jeho výhodou je to, že se nemusí vytvářet třídesková forma, protože vtokový zbytek může být umístěn v dělicí rovině jako výstřík. Oddělení vtokového zbytku se provede buď otevřením formy nebo pomocí vyhazovacích prvků. Zvláštním případem tunelového vtoku je srpkovitý vtok. Tento vtok nám dovolí umístit vtokové ústí do části výstříku, ale stopa po vtoku by neměla být moc vidět na pohledové straně výstříku. Srpkovitý vtok se využívá a polymerů s vysokou elasticitou. [2]

#### 4.7.4 Boční vtok

Boční vtok je ten nejvíce užívaným a rozšířeným vtokovým ústím. Vtokové ústí je umístěno v dělicí rovině a při odformování je výstřík spojený s vtokovým zbytkem. Průřez bočního vtoku bývá nejčastěji obdélníkový avšak může být i kruhový nebo lichoběžníkový. [2]

#### 4.7.5 Filmový vtok

Je nepoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. K nim se ještě řadí vtoky diskové, prstencové, deštníkové a další. Rozvedení taveniny do jednotlivých míst není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností rozváděcího kanálu. To se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu. [2]

## 4.8 Vyhřívání vtok systém

Snaha minimalizovat velkou spotřebu plastu došla až k bodu, kdy byli poprvé využity vyhřívání vtokové systémy. Mezi velkou výhodou patří to, že tato metoda vstřikování se obejde bez vtokového zbytku. [2]

### Výhody VVS [2]:

- umožňují automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus.
- snižuje spotřebu plastu.
- snižuje náklady na pozdější dokončovací práce s ostraňováním vtokových zbytků.

Jejich nevýhodou ovšem je že se nehodí pro malosériovou výrobu.

### 4.8.1 Vyhřívání trysky

Konstrukce trysek nám dovoluje propojit vstřikovací stroj s dutinou formy. Trysky jsou vybaveny svými vlastními topnými články a regulátory. [2]

### Jsou dva typy trysek [2]:

- přímo vytápěné trysky,
- nepřímo vytápěné trysky.

Rozdíl mezi nimi je ten že přímo vytápěné trysky si musí zpracovatel objednat u specializovaných firem zatímco u nepřímo vyhřívání trysek si může vyrobit sám. [2]

### Typy nepřímo vytápěných trysek [2]:

- dotápěná tryska s vlastním zdrojem tepla,
- dotápěná tryska rozvodovým blokem.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pro bakalářskou práci byly stanoveny tyto cíle:

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

V teoretické části bakalářské práce byli popsány vědomosti a poznatky, pojednávající o vstřikovacích strojích, konstrukci forem a technologickém procesu vstřikování jako takovém, bez kterých se v dnešní době dobrý konstruktér nemůže obejít.

Praktická část bakalářské práce bude obsahovat 3D model dvířek palivové nádrže od automobilu, vytvořenou 2-násobnou formu k vyrobení těchto dvířek, 2D řez touto formou, opozicované jednotlivé součásti formy ve výkresové dokumentaci a kusovník. Tyto součásti byly čerpány z normálí Hasco Daco.

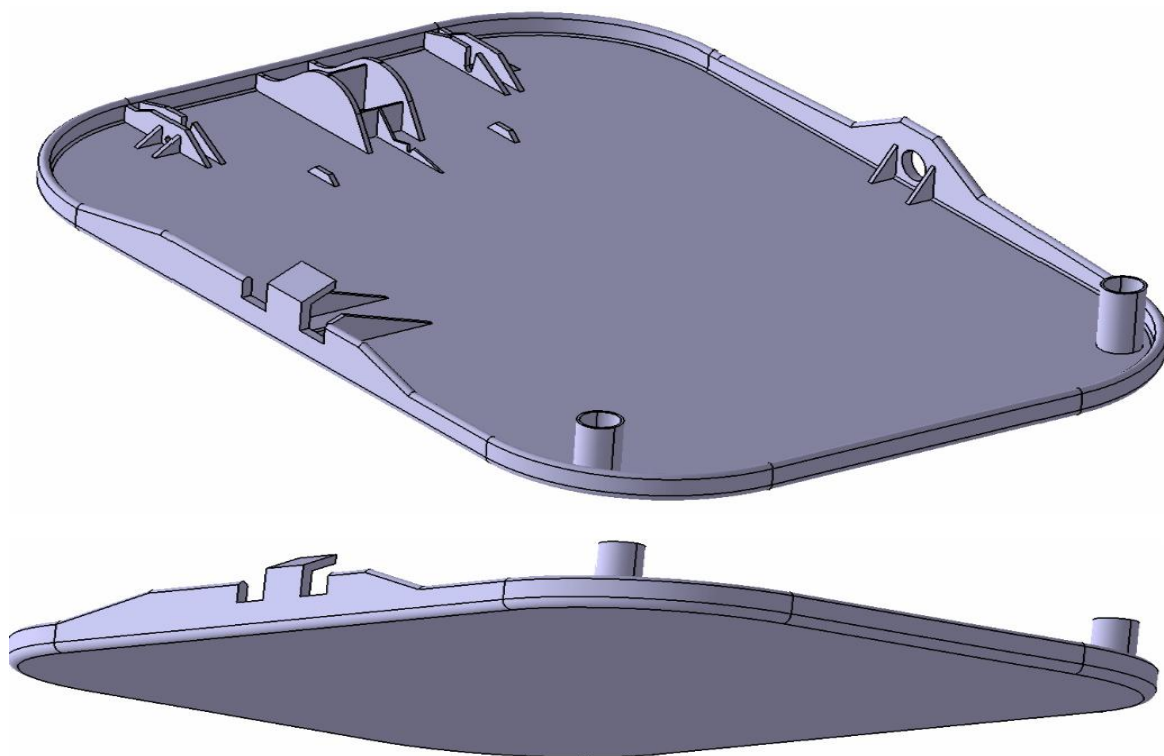
Konstrukce formy a výkresová dokumentace byli provedeny v softwarovém programu Catia V5R19.

## 6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstřikovaný výrobek je nezbytná součást každého automobilu, tj. dvířka od palivové nádrže. Materiál je PPE+PA s 30% skelných vláken, který poskytuje výbornou chemicko-tepelnou odolnost v kombinaci s tuhostí. Tento materiál je známý pod obchodním jménem NORYL GTX830 a je od výrobce SABIC.

Tab. 2. Vybrané vlastnosti materiálu NORYL GTX830 [13]

Vlastnosti	Norma	Hodnota	Jednotky
<b>Fyzikální</b>			
Hustota	ISO 1183	1320	kg/m <sup>3</sup>
Nasákavost, 24 hod 23°C	ISO 62	1,09	%
Smrštění	SABIC Method	0,2-0,3	%
<b>Mechanické</b>			
Pevnost v tahu	ISO 527	110	MPa
Pevnost v ohybu	ISO 178	170	MPa
Modul pružnosti v tahu	ISO 527	7300	MPa
Modul pružnosti v ohybu	ISO 178	6200	MPa
<b>Teploty při vstřikování</b>			
Teplota taveniny		290	°C
Teplota formy		90	°C



Obr. 25. Plastový výrobek

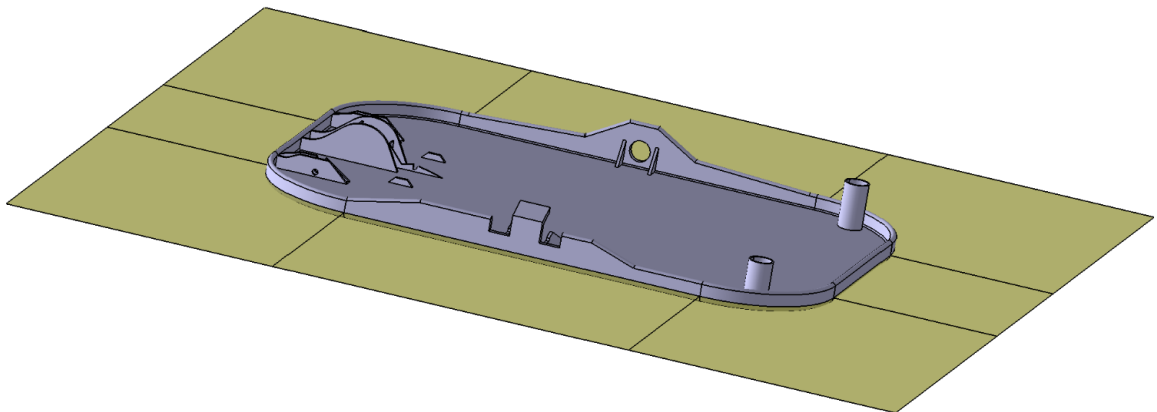


## 7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

### 7.1 Dělicí rovina

Dělicí rovina se navrhuje jako první věc při konstruování dílce, aby bylo ihned zřetelné, jak bude dutina formy orientovaná vůči formě, jak bude výrobek vyhazován, jestli je nutné využít boční jádra, šikmé vyhazovače a jiné vyhazovací prvky.

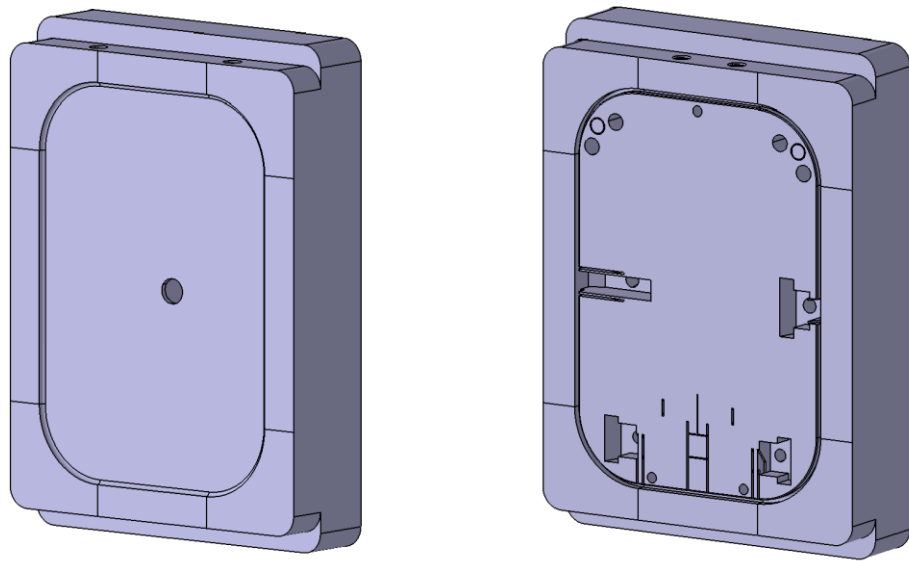
V tomto případě je dělicí rovina zvolena tak, aby nepohledová strana vstřikovaného výrobku byla v levé části formy a následně byl vyhozen pomocí vyhazovacího systému. U tohoto výrobku není ani nutné použít dvě a více dělicích rovin, přestože se zde vyskytují boční výřezy. Tyto boční výřezy byli řešeny pomocí vyhazovacího systému Vector Form Lifter System, který je popsán v kapitole 7.6 Vyhazovací systém.



Obr. 26. Dělicí rovina

## 7.2 Tvarové části formy

Jak bylo zmíněno v teoretické části do této skupiny patří tvárník a tvárnice případně tvarová jádra, která dají základní tvar výrobku. Na levé pohyblivé straně formy je vložen tvárník, jehož tvar je konstruován tak, aby vymodeloval vnitřní tvary mého plastového dílce. Naopak v pravé části formy je uložena tvárnice, která dává tvar pohledové straně vstřikovaného plastového dílce. Tvárník a tvárnice jsou vyrobeny z oceli třídy 19 552, která je dodatečně povrchově upravena.

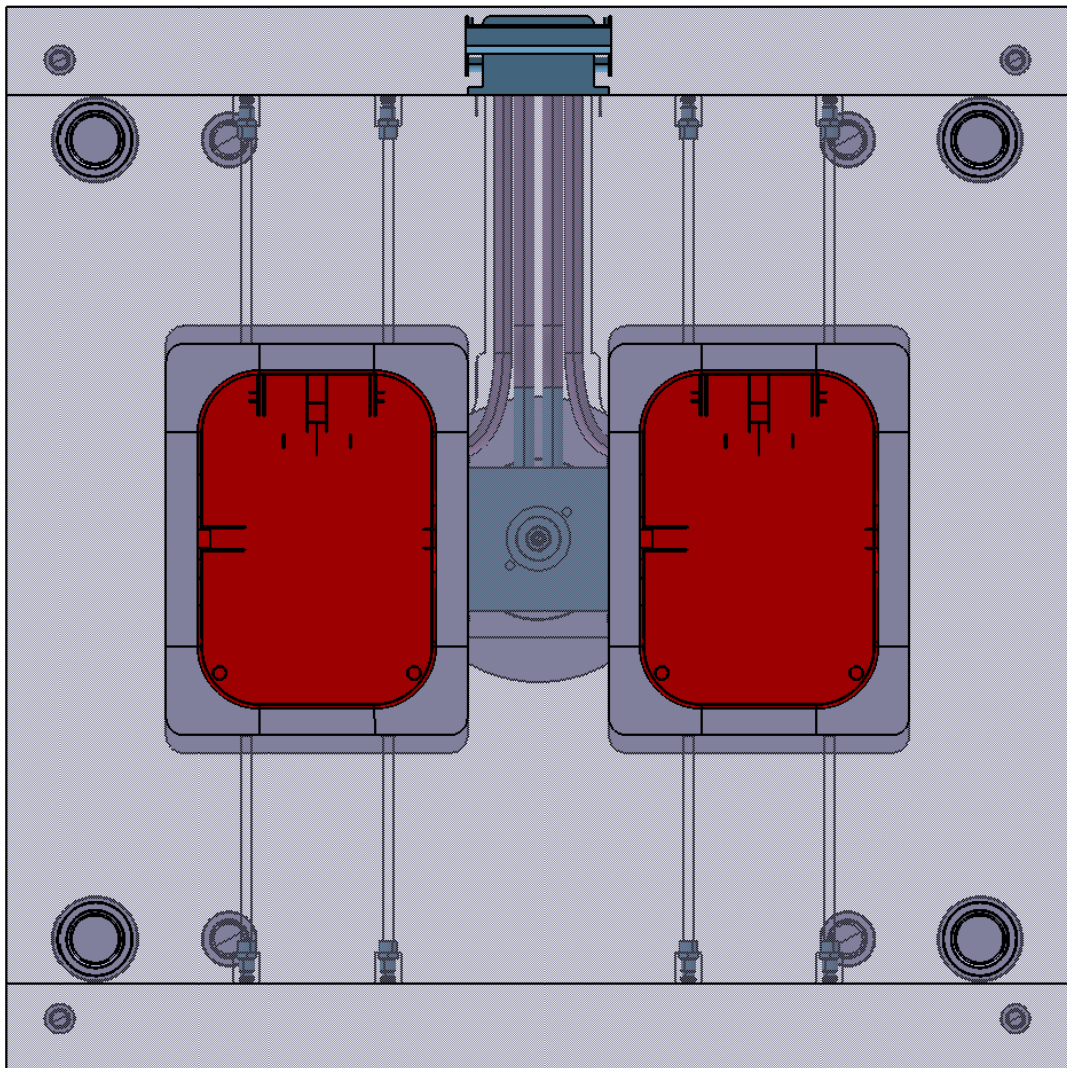


Obr. 27. Tvárnice a tvárník

## 7.3 Násobnost formy

Násobnost formy je důležitý faktor při konstruování z mnoha hledisek jako jsou ekonomie výroby, velikost vstřikovaného dílce, složitost dílce, přesnost výstřiku a neposlední řadě i kapacita vstřikovacího stroje.

Vzhledem k velikosti plastového dílu byla zvolena dvounásobná forma, kde plastové dílce leží horizontálně od sebe a ne vertikálně. Již v teoretické části bylo zmíněno, že horizontální uložení je lepší než vertikální, protože se snižuje pravděpodobnost odlišných časů plnění formy.



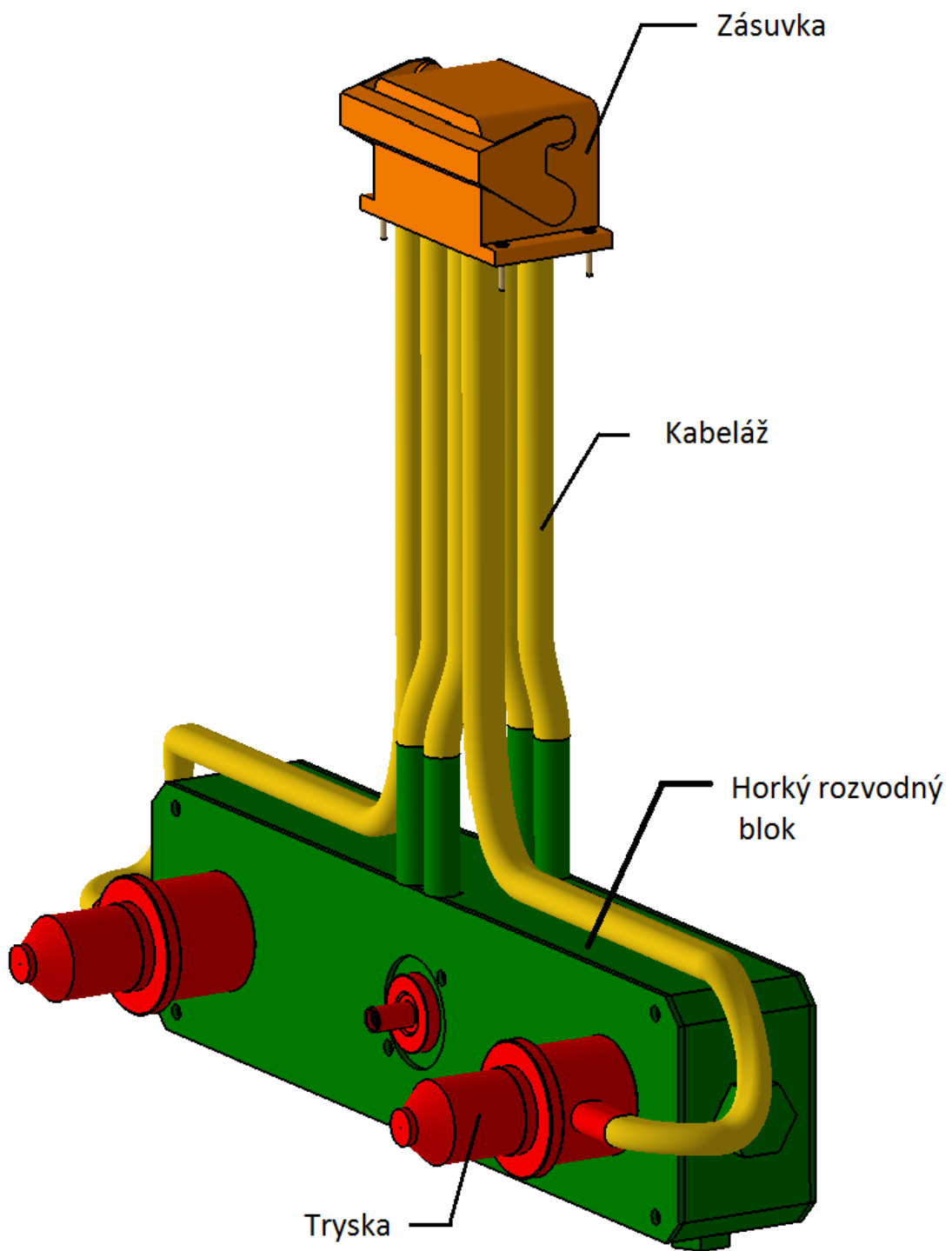
Obr. 28. Násobnost formy

## 7.4 Vtokový systém

Pomocí vtokového systému se dostane roztavený polymer z vstřikovacího stroje do dutiny formy. Optimální plnění dutiny formy proběhne tehdy, když je plnění co nejrychlejší s co nejmenším odporem.

Při konstrukci byl zvolen vyhřívaný vtokový systém neboli VVS. Tento vtokový systém tvoří zásuvka, kabeláž, horký rozvodný blok a dvě trysky. Trysky zasahují rovnou do tvárnice a proto vtokový systém je bez vtokových kanálků kvůli ušetření vtokových zbytků.

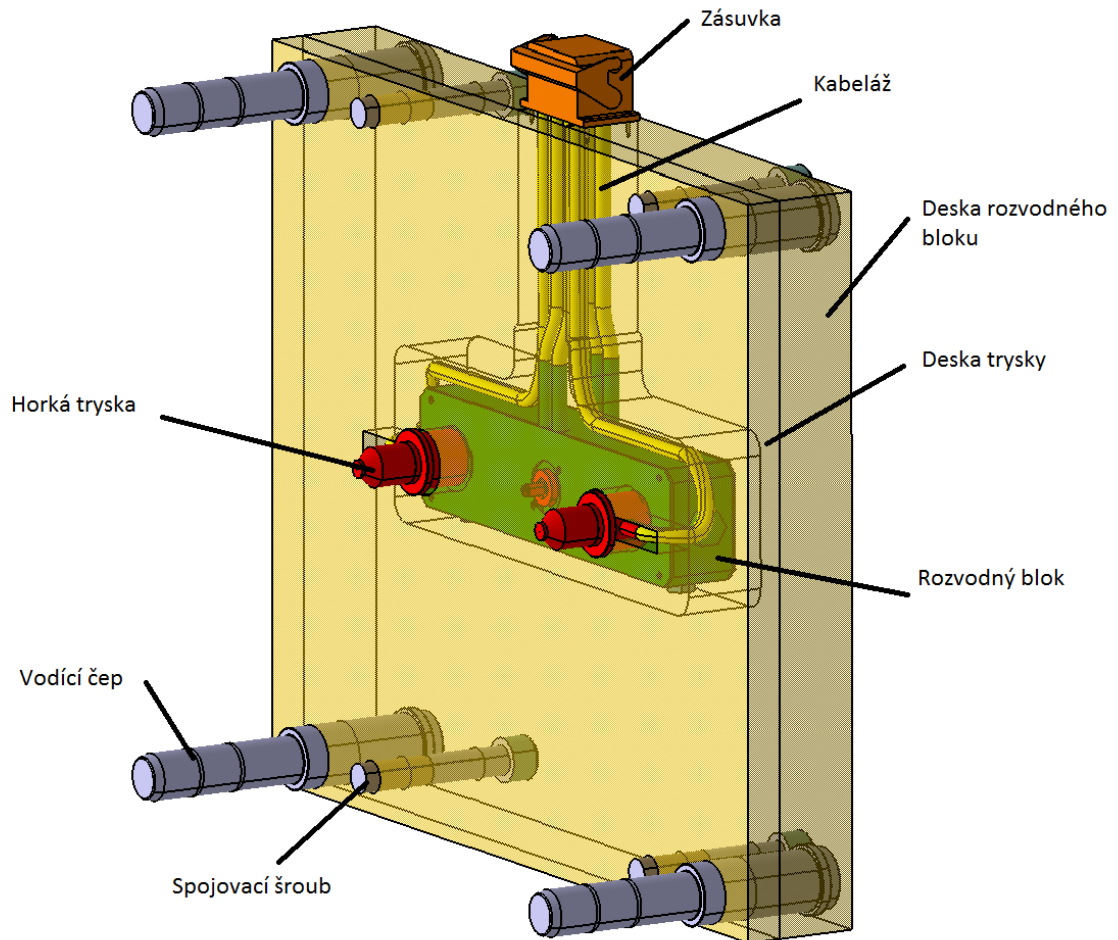
Rozvodný blok je vystředěn a zajištěn kolíkem proti pootočení a je uložen v desce bloku, který se nachází mezi tvarovou a upínací deskou pravé strany formy.



Obr. 29. Vtokový systém

### 7.4.1 Typ horké trysky

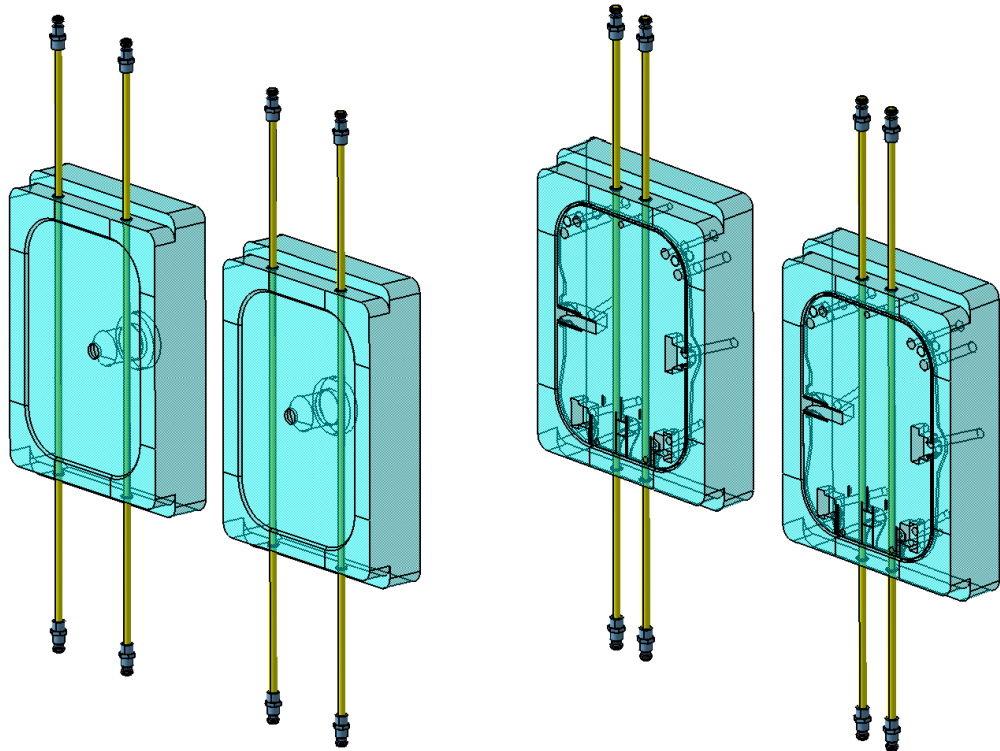
Horká tryska je uložena a vycentrována v opěrné desce, kterou jsem pojmenoval ze svých důvodů jako "Deska trysky". Typ této trysky je Z101 a vybíral jsem ji z normální od firmy Hasco. Napájecí kabely jsou vedeny v opěrné desce, kterou jsem si pojmenoval jako "Deska rozvodného bloku"



Obr. 30. Uložení horké trysky a rozvodného bloku

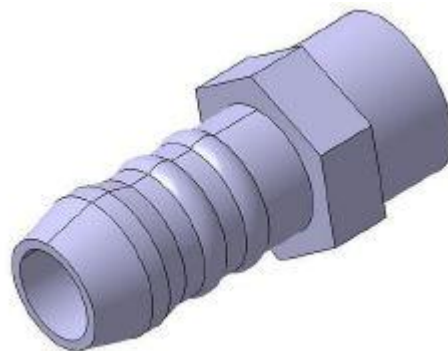
## 7.5 Temperace formy

Cíl temperace ve formě je, aby teplota formy byla co neoptimálnější jak před vstřikováním, tak během vstřikování. Chlazení tvárnice a tvárníku je uskutečněno pomocí vyvrtaných temperačních kanálků o průměru 6 mm.



Obr. 31. Temperace tvárnice a tvárníku

Přívod temperačního média je zajištěno rychlospojkami, díky kterým dokážeme napojit přívodní hadice s médiem snadno a rychle.

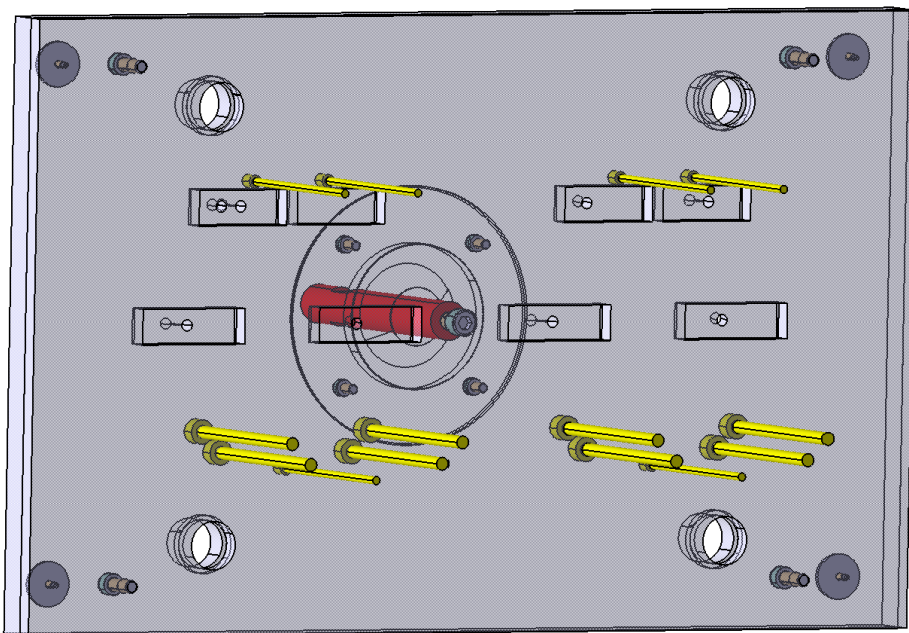


Obr. 32. Rychlospojka

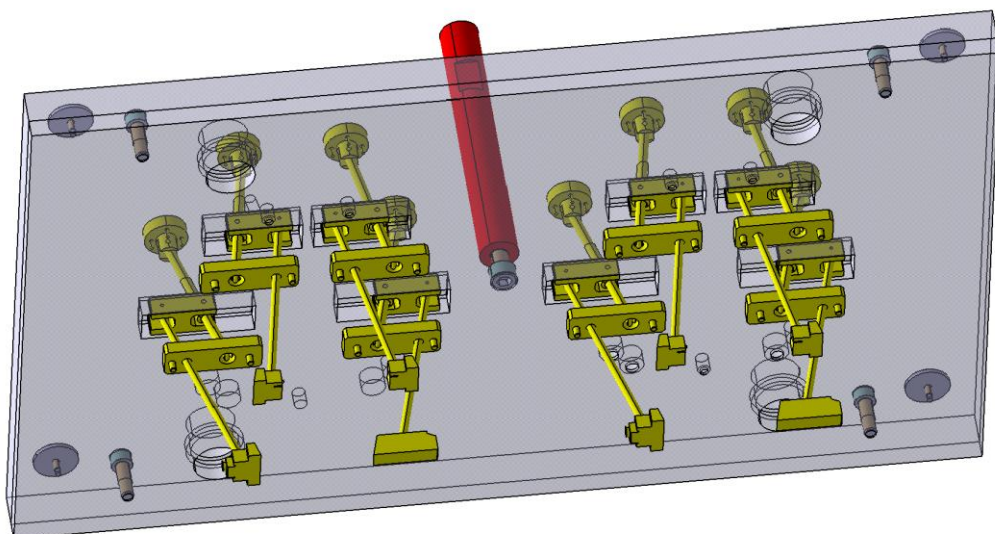
## 7.6 Vyhazovací systém

Vyhození plastového dílce ze vstřikovací formy je provedeno pomocí dvou typů válcových vyhazovačů, které se od sebe liší průměry a pomocí tzv. Vector Form Lifter System od firmy DME. Průměry těchto válcových vyhazovačů jsou 5mm a 8 mm.

Pomocí táhla vyhazovačů je zajištěn pohyb kotevní vyhazovací a opěrné vyhazovací desky a vedení toho vyhazovacího systému je umožněn pomocí vodících čepu a středící pouzder, které jsou uloženy v těchto vyhazovacích deskách.

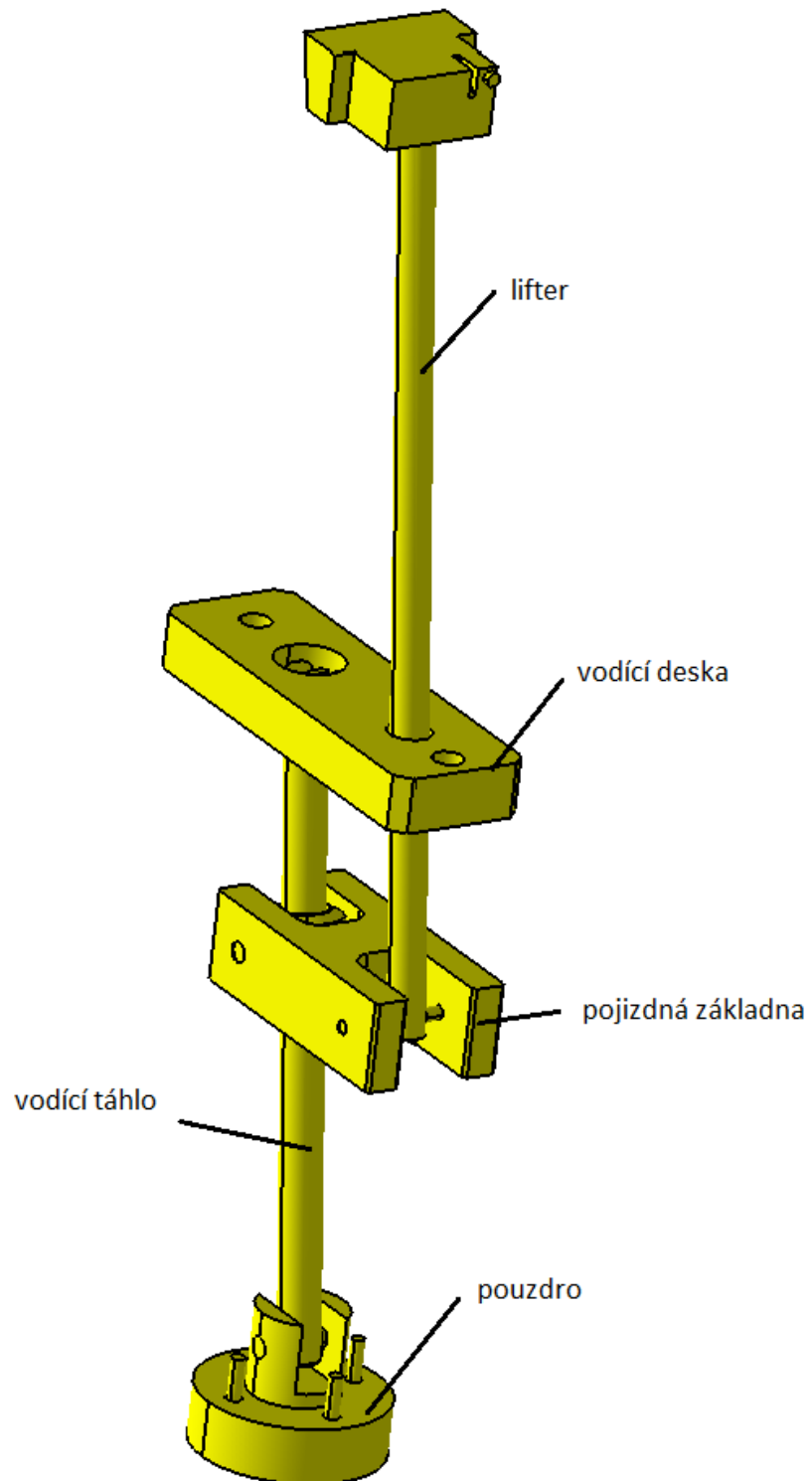


Obr. 33. Vyhazování pomocí válcových vyhazovačů



Obr. 34. Vyhazování pomocí Vector Form Lifter System

Pojízdná základna společně lifterem začnou vyhazovat vstříkovaný výrobek jakmile se začnou pohybovat vyhazovací desky, protože ve vyhazovacích deskách je uložena tato pojízdná základna.

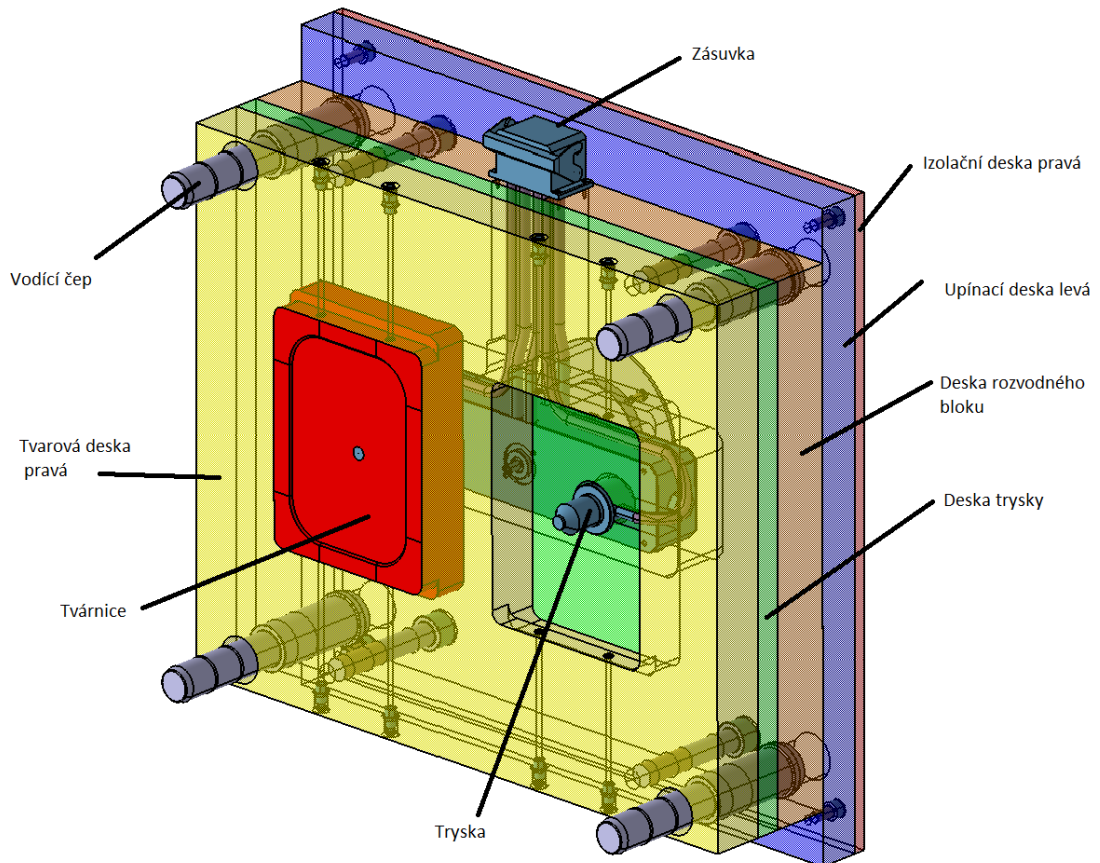


Obr. 35. Bližší pohled na Vector Form Lifter System

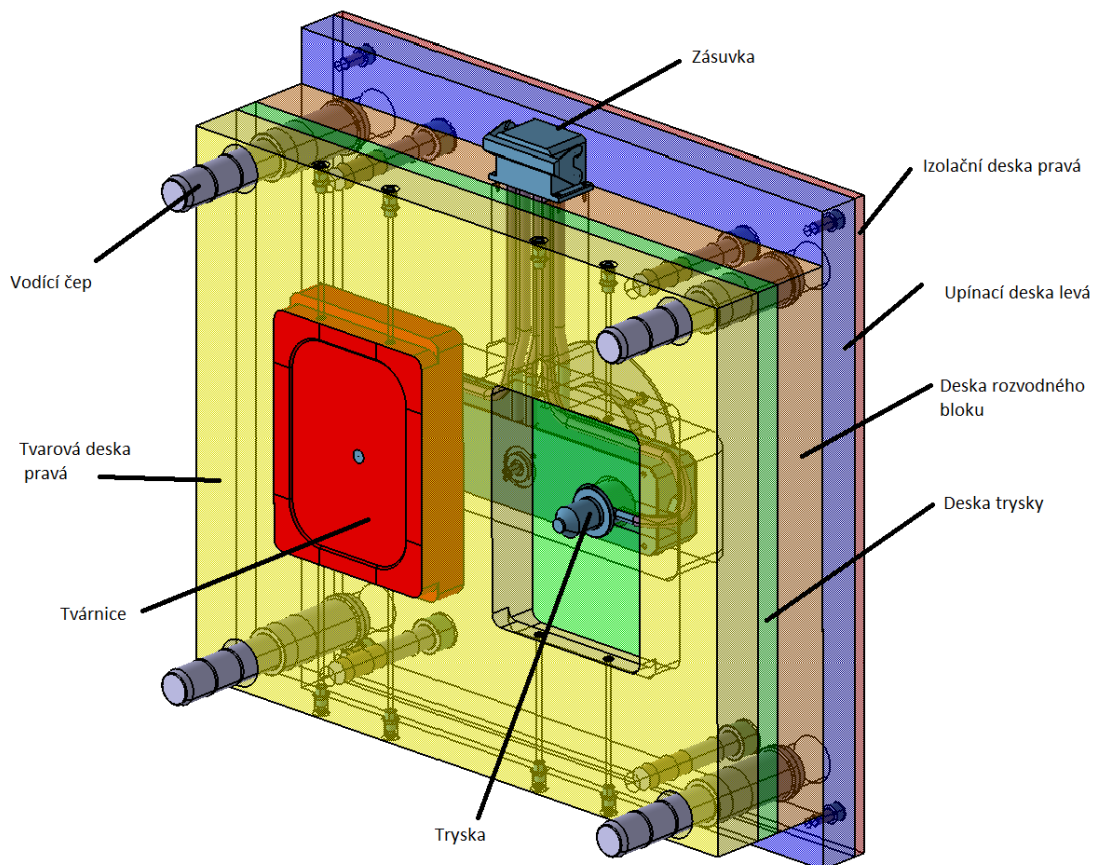


## 7.7 Sestava vstříkovací formy

Jak by prezentováno v teoretické části, každá vstříkovací forma se dělí na dvě části, levou a pravou. Pravá část je nehybná, zatímco levá část se pohybuje když se forma uzavírá nebo když dochází k otevření formy a následné vyhození výstřiků.



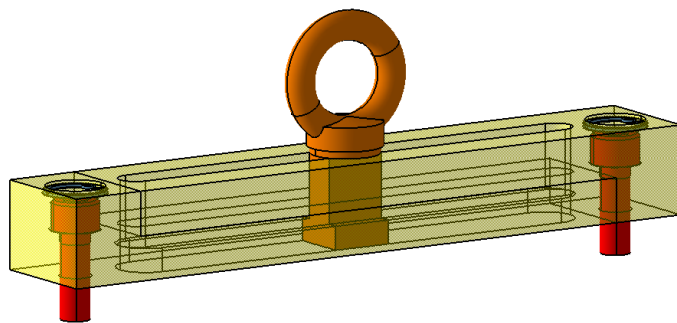
Obr. 36. Pravá část vstříkovací formy



Obr. 37. Levá strana formy

## 7.8 Manipulace s formou

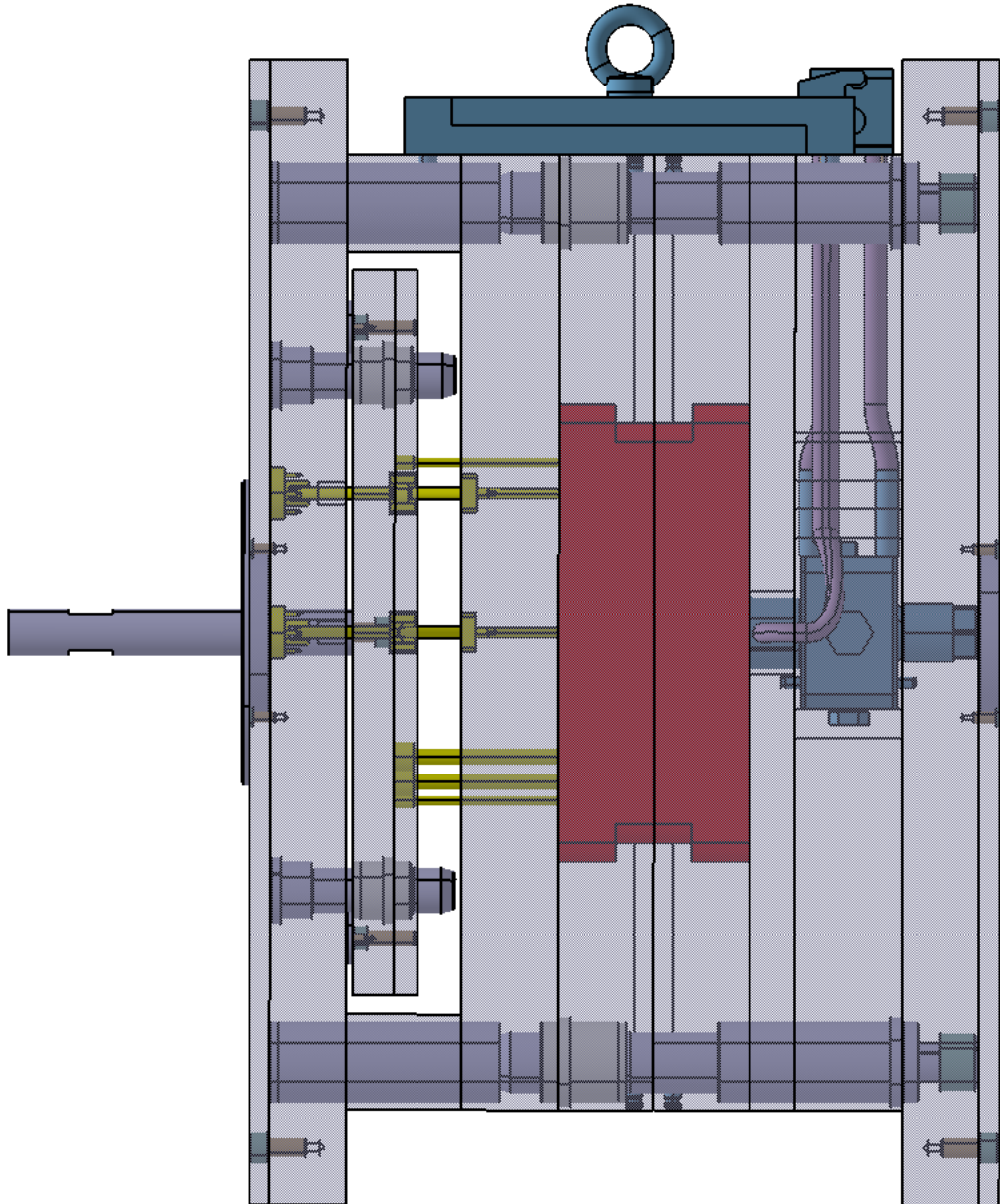
Jelikož se jedná o vstřikovací formu, která má velké rozměry a převážně je tvořena součástmi z různých druhů ocelí, musí se počítat s tím, že hmotnost této formy bude přibližně 900kg a přemísťování této formy bude velice těžké, ne-li nemožné pro běžné pracovníky bez jakékoliv těžké mechaniky. Proto je v mé formě zabudována dvojice nosných rámců díky kterým je značně usnadněna jakákoliv manipulace s touto formou.



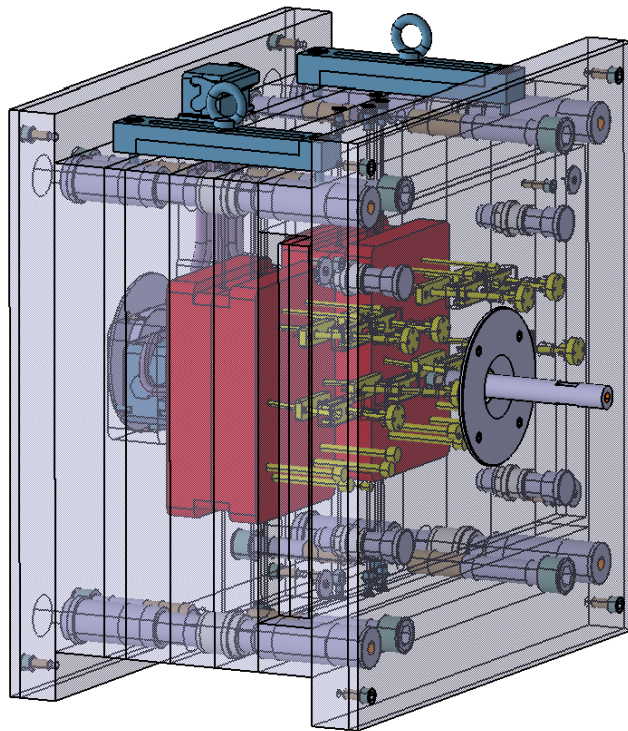
Obr. 38. Nosný rám

## 7.9 3D model výsledné formy

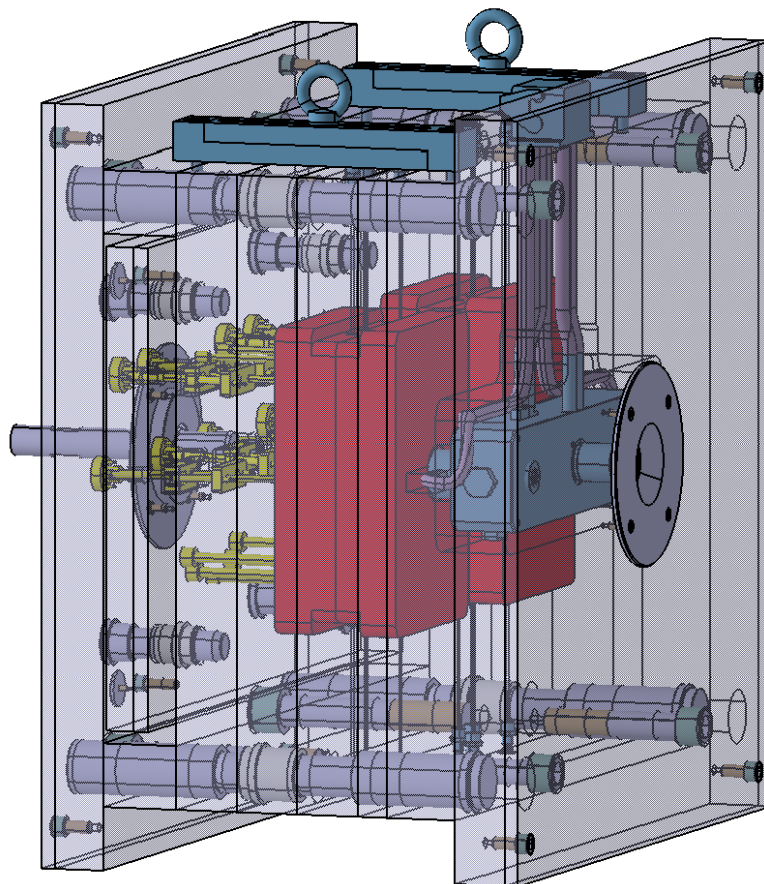
V této kapitole se nachází celá vstřikovací forma, která slouží k výrobě vstřikovaného výrobku. Jsou zde znázorněné jednotlivé uložení vodičích a spojovacích prvků, tvarových součástí formy, nosné rámy a neposlední řady vyhazovací prvky.



Obr. 39. Model vstřikovací formy



Obr. 40. Model vstřikovací formy



Obr. 41. Model vstřikovací formy

## 8 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Podle velikosti formy a jejím rozměrům které jsou 600x600 mm, volím vstřikovací stroj od firmy TongJia - TH360/SP model A. Tento model je horizontálním typem vstřikovacího stroje.



Obr. 42. Vstřikovací stroj TongJia-TH360/SP model A [15]

### Podstatné údaje o zvoleném vstřikovacím stroji:

- Vzdálenost mezi vodícími sloupky: (680x680) mm,
- Objem vstřikovaného materiálu: 845 cm<sup>3</sup>,
- Uzavírací síla stroje: 3600 kN.

### Podstatné údaje o vstřikovaném výrobku:

- Velikost formy: (600x600)mm,
- Přibližná hmotnost formy: 908 kg,
- Objem jednoho vyrobeného výrobku: 57,24 cm<sup>3</sup>.

Z těchto údajů usuzují, že volba tohoto typu vstřikovacího stroje je správná, jelikož se splňují kritéria jako jsou dostatečná vzdálenost mezi vodícími sloupky, objem vstřikovaného materiálu a jiné.

## 9 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout vstřikovací formu pro plastový díl. Konstrukce vstřikovací formy byla provedena v programu Catia V5R19.

V teoretické práci se čtenář seznámil s problematikou spojenou s technologií vstřikování plastových součástí.

Mezi hlavními body, které byli potřebné splnit v praktické části bylo vytvořit 3D model plastového dílce, sestavit 3D sestavu vstřikovací formy a k tomu dodat výkresovou dokumentaci obsahující 2D sestavu formy, příslušné řezy touto formou a kusovník.

Vstřikovaným plastovým dílem jsou tankovací dvířka od automobilu. Materiál daného výrobku je kombinace materiálů PPE+PA, také znám pod obchodním názvem NORYL GTX830, který obsahuje 30% skelných vláken. Vstřikování se provádí ve vstřikovacím stroji TongJia - TH360/SP, který splňuje příslušné technické parametry.

Dělicí rovina byla první věcí kterou bylo nutné vyřešit jako první a na ni se v pozdějších bodech navazovalo. Dále se vytvořili tvarové součásti formy jako jsou tvárník a tvárnice. Poté byli zhotoveny následující neodlučitelné prvky jako vyhazovací systém, temperace formy, násobnost formy a nosný rám.

Díky možnosti využívat digitální katalog normálí Hasco Dako bylo ušetřeno spousta času a peněz.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BEAUMONT J.P., R. NAGEL a R. SHERMAN. *Successful injection molding: process, design, and simulation*. Munich [u.a.]:Hanser, 2002. ISBN 3-446-19433-9.
- [2] BOBČÍK, Ladislav a kolektiv. *Formy pro zpracování plastů I. díl: Vstřikování termoplastů*. 2. opravené vydání. UNISPLAST BRNO, 1999, 134 s.
- [3] BOGUMSKÝ, Bedřich. *Tváření plastických hmot: formy pro lisování - lisostřík - vstřikování*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1961, 119, [1] s. Knížnice
- [4] BRUMMEL, Michal. *Rozměrově přesné výrobky z plastů*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1977, 278 s.
- [5] DOLEŽAL, Vladimír. *Plastické hmoty*. vyd. 3, přepracované a doplněné vydání. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1977, 392 s.
- [6] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006, 278 s. ISBN 80-7080-617-6.
- [7] KULHÁNEK, Jan a kolektiv *Formy pro tváření plastických hmot*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966, 220, [2] s. Řada strojírenské literatury.
- [8] Petr. *Katedra tváření kovů a plastů - skripta*. [Online]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/index.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/index.htm).1
- [9] MAŇAS, Miroslav. *Výrobní stroje a zařízení*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické 1990, 199 s. ISBN 80-214-0213-x.
- [10] MÉZL, Milan. *Základy technológie vstrekovania plastov*. Olomouc:Mapro, 2012, 301 s. ISBN 978-80-970749-7-5.
- [11] MOŠNA, František. *Materiály a technologie - III.: Nekomové materiály*. Vyd. 1, Praha: Univerzita Karlova v Praze, 1988, 224 s.
- [12] NEUHÄUSL, Emil. *Polymery amorfní a semikrystalické z hlediska vstřikování* [online]. MM: Průmyslové spektrum. 2012, 2012(1): 26. ISSN 1212-2572. Dostupné také z <http://www.mspektrum.com/clanek/polymery-amorfní-a-semikrystalické-z-hlediska-vstrikovani.html>

- 
- [13] SABIC [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <https://www.sabic-ip.com>
- [14] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2009, 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [15] Tongjia [online]. [cit.2016-5-12]. Dostupné: [http://en.tongjia.com/products\\_dails8/&productId=30.html](http://en.tongjia.com/products_dails8/&productId=30.html)



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$T_f$  Teplota tečení

$T_g$  Teplota skelného přechodu

$T_m$  Teplota tání

VVS Vyhřívaný vtokový systém

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Tvar makromolekul: lineární (a), rozvětvené (b) a sesíťované (c) [2] .....	12
Obr. 2. Rozdělení polymerů [6] .....	13
Obr. 3. Oblast využití amorfních plastů [2] .....	14
Obr. 4. Oblast využití semikrystalických plastů [2] .....	14
Obr. 5. Zjednodušené schéma vstřikování plastu [2].....	17
Obr. 6. Vstřikovací cyklus [2] .....	18
Obr. 7. Fontánový tok [1] .....	19
Obr. 8. Schéma vstřikovacího stroje [2] .....	20
Obr. 9. Zjednodušené schéma pístového vstřikovacího stroje bez předplastikace [6] .....	21
Obr. 10. Zjednodušené schéma šnekového vstřikovacího stroje bez předplastikace [6].....	21
Obr. 11. Zjednodušené schéma pístového vstřik. stroje se šnekovou předplastikací [6] ....	22
Obr. 12. Vzájemné polohy mezi uzavírací a vstřikovací jednotkou [2] .....	23
Obr. 13. Schéma vstřikovací jednotky [2] .....	24
Obr. 14. Schéma vstřikovací formy .....	26
Obr. 15. Schematické rozložení rozváděcích vtokových kanálků [2] .....	28
Obr. 16. Válcový vyhazovač.....	30
Obr. 17. Prizmatický vyhazovač.....	30
Obr. 18. Správné uložení vyhazovacích kolíků [3] .....	31
Obr. 19. Vyhazování pomocí stírací desky [2] .....	31
Obr. 20. Trubkový vyhazovač .....	32
Obr. 21. Vyhazování pomocí šikmých vyhazovacích kolíků [2] .....	32
Obr. 22. Talířový a jehlový ventil [2] .....	33
Obr. 23. Studený vtokový systém formy [2] .....	35
Obr. 24. Princip třídeskové formy s využitím přidržovače vtoku [2].....	36
Obr. 25. Plastový výrobek .....	40
Obr. 26. Dělicí rovina .....	41
Obr. 27. Tvárnice a tvárník.....	42
Obr. 28. Násobnost formy.....	43
Obr. 29. Vtokový systém .....	44
Obr. 30. Uložení horké trysky a rozvodného bloku.....	45
Obr. 31. Temperace tvárnice a tvárníku .....	46
Obr. 32. Rychlospojka .....	46

---

Obr. 33. Vyhazování pomocí válcových vyhazovačů .....	47
Obr. 34. Vyhazování pomocí Vector Form Lifter System .....	47
Obr. 35. Bližší pohled na Vector Form Lifter System.....	48
Obr. 36. Pravá část vstříkovací formy .....	49
Obr. 37. Levá strana formy .....	50
Obr. 38. Nosný rám.....	50
Obr. 39. Model vstříkovací formy .....	51
Obr. 40. Model vstříkovací formy .....	52
Obr. 41. Model vstříkovací formy .....	52
Obr. 42. Vstříkovací stroj TongJia-TH360/SP model A [15].....	53

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Základní informace pro výběr termoplastů [12].....	15
Tab. 2. Vybrané vlastnosti materiálu NORYL GTX830 [13] .....	40

## SEZNAM PŘÍLOH

P1 : Výkresová dokumentace:

- výkres sestavy formy a příslušné řezy formou,
- pohledy na levou a pravou stranu formy od dělicí roviny,
- kusovník.

P2 : Příložený CD disk:

- textovou formu bakalářské práce,
- výkresy v elektronické podobě.