

# Návrh vstřikovací formy s využitím SW CATIA

Petr Sicha

---

Bakalářská práce  
2020

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2019/2020

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Petr Sicha
Osobní číslo:	T17879
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Návrh vstříkovací formy s využitím SW CATIA

### Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Navrhněte 3D model zadaného dílu.
3. Provedte konstrukci vstříkovací formy v SW CATIA.
4. Nakreslete výkres 2D sestavy vstříkovací formy.

Forma zpracování bakalářské práce: Tisková/elektronická

Seznam doporučené literatury:

- ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1.
- OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. *Injection molding handbook*. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 978-1-56990-420-6
- BEAUMONT, John P. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding*. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, c2007, xvi, 308 s. ISBN 978-1-56990-421-3.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Michal Staněk, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

---

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

---

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

Ve Zlíně dne 10. února 2020

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – 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);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem 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.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta: Petr Sicha

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukcí vstřikovací formy pro plastový dílec, kterým je izolátor pro elektrické ohradníky s využitím SW CATIA. Celá práce je rozdělena na dvě části, kdy první částí je část teoretická a druhá praktická. V teoretické části jsou popsány základní informace o technologii vstřikování, konstrukci vstřikovaných dílů a konstrukci vstřikovací formy. V praktické části bylo úkolem nakreslit 3D model plastové výrobku, zhotovit konstrukci vstřikovací formy a vytvořit výkres 2D sestavy formy.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, konstrukce, CATIA.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis is dealing with design of injection mold for a plastic part, which is an insulator for electric fences using SW CATIA. Thesis is divided into two parts, when the first part is theoretical and the is second practical. Theoretical part describes the basic information of the injection molding technology, the design of injection molded products and design of the mold. In practical part, the task was to design 3D model of plastic device, to make the construction of injection mold and to create drawing 2D mold assembly.

Keywords: injection molding, injection mold, construction, CATIA.

Velmi rád bych chtěl poděkovat svému vedoucímu této bakalářské práce doc. Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D., za cenné rady, odborné vedení a vynaložený čas, který mi věnoval.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>10</b>
1.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	10
1.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	12
1.2.1 Vstřikovací jednotka .....	13
1.2.2 Uzavírací jednotka .....	15
1.2.3 Řídící a ovládací jednotka .....	15
1.2.4 Volba vstřikovacího stroje .....	16
1.3 MATERIÁLY PRO VSTŘIKOVÁNÍ .....	16
1.4 ROZDĚLENÍ PLASTŮ.....	17
1.4.1 Termoplasty.....	17
1.4.2 Reaktoplasty .....	18
1.4.3 Elastomery.....	19
1.5 PŘÍPRAVA PLASTŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM.....	20
1.5.1 Sušení termoplastů .....	20
1.5.2 Barvení granulových plastů.....	21
1.5.3 Recyklace plastů.....	21
<b>2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ</b> .....	<b>22</b>
2.1 TLOUŠŤKA STĚNY VÝROBKU .....	22
2.2 ÚKOSY .....	23
2.3 PODKOSY .....	24
2.4 ZAOBLENÍ HRAN, ROHŮ A KOUTŮ .....	24
2.5 ŽEBROVÁNÍ .....	25
2.6 OTVORY A JÁDRA .....	25
2.7 SMRŠTĚNÍ.....	26
<b>3 VSTŘIKOVACÍ FORMA</b> .....	<b>28</b>
3.1 KONSTRUKCE FORMY .....	28
3.1.1 Postup při konstrukci formy.....	28
3.1.2 Zaformování výstřiku.....	29
3.1.3 Násobnost vstřikovací formy .....	29
3.2 VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKŮ .....	30
3.2.1 Mechanické vyhazování.....	31
3.2.2 Pneumatické vyhazování.....	31
3.2.3 Hydraulické vyhazování.....	32
3.3 VTOKOVÝ SYSTÉM .....	32
3.3.1 Studený vtokový systém (SVS) .....	32
3.3.2 Vyhřívaný vtokový systém (VVS).....	36
3.4 TEMPERACE FOREM.....	36
3.4.1 Pasivní temperace.....	37
3.4.2 Aktivní temperace .....	37

3.5	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM .....	38
3.6	NORMÁLIE.....	39
3.7	MATERIÁLY FOREM.....	39
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>40</b>
<b>4</b>	<b>STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....</b>	<b>42</b>
5.1	MATERIÁL VÝROBKU .....	43
<b>6</b>	<b>VSTŘIKOVACÍ STROJ .....</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>KONSTRUKCE FORMY .....</b>	<b>46</b>
7.1	NÁSOBNOST FORMY .....	46
7.2	DĚLÍCÍ ROVINA .....	47
7.3	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY .....	48
7.4	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	49
7.5	ODVZDUŠNĚNÍ.....	50
7.6	POHYBLIVÉ ČELISTI A ŠIKMÉ ČEPY .....	50
7.7	V TOKOVÝ SYSTÉM .....	51
7.8	TEMPERACE.....	52
7.9	ZAŘÍZENÍ K MANIPULACI FORMY .....	53
7.10	SESTAVA VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	54
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>57</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>62</b>



## ÚVOD

Technologie vstřikování polymerních materiálů je v současné době považována za jednu z nejdůležitějších a nejrozšířenějších, která má využití v mnoha odvětvích průmyslu. Jako je zejména automobilový, letecký, medicínský, vojenský a potravinářský průmysl. Plasty se uplatňují i ve strojírenství, kde často nahrazují kovy.

Vstřikování polymerů je vysoce produktivní proces. Technologií vstřikování lze vyrobit velmi širokou škálu výrobků. Produkty mohou mít hmotnost několik gramů až po díly, které mohou vážit několik kilogramů. Ještě předtím, než je možné zadaný dílec vyrobit pomocí vstřikování, musí být vyrobena vstřikovací forma. Finální tvar, vzhled a kvalitu výrobku udává vstřikovací forma. Při konstrukci formy se musí věnovat velká pozornost jejímu provedení, protože se jedná o složitý nástroj.

Velký rozvoj technologie vstřikování začal až po 2. světové válce. Přibližně v roce 1947 se začaly vyrábět první plně využitelné vstřikovací stroje. V Evropě k prvním výrobcům vstřikovacích strojů patřily společnosti, které patří na trhu i dnes k největším dodavatelům. Jako jsou například společnosti Engel a Battenfeld z Rakouska nebo Arburg z Německa. Od té doby se vstřikovací stroje postupně vyvinuly v sofistikované stroje. Nyní jsou to vstřikovací stroje plně automatické konfigurace, které vyžadují minimální zásah obsluhy a to jen na začátku výroby.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je nejrozšířenější technologie na zpracování plastů. Je to způsob tváření plastů, při kterém se materiál převádí do plastického stavu a vstříkne se velmi vysokou rychlostí do uzavřené dutiny formy. Výrobek zde ztuhne a dostane tak finální tvar. Nedílnou součástí vstřikovacího stroje je plastikační jednotka, kde probíhá plastikace materiálu. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. Vstřikují se i některé reaktoplasty a kaučukové směsi. [1,2]

Technologií vstřikování se zhotovují výrobky, které jsou zcela hotové a nebo polotovary, či díly určené pro zkompletování samotného celku. Vstřikované výrobky se vyznačují dobrou rozměrovou i tvarovou přesností. Mezi výhody vstřikování polymerů patří krátký vstřikovací cyklus, možnost vyrábění tvarově složitých výrobků s velmi dobrou povrchovou úpravou, plná automatizace výrobního procesu a vysoká produktivita vstřikování. Hlavní nevýhodou jsou vysoké investiční náklady na pořízení vstřikovacího stroje a vstřikovací formy. Samotná vstřikovací forma má rozměry s porovnáním vstřikovaného výrobku neúměrně velké. Tato technologie má největší uplatnění v hromadné a velkosériové výrobě. [2,3]

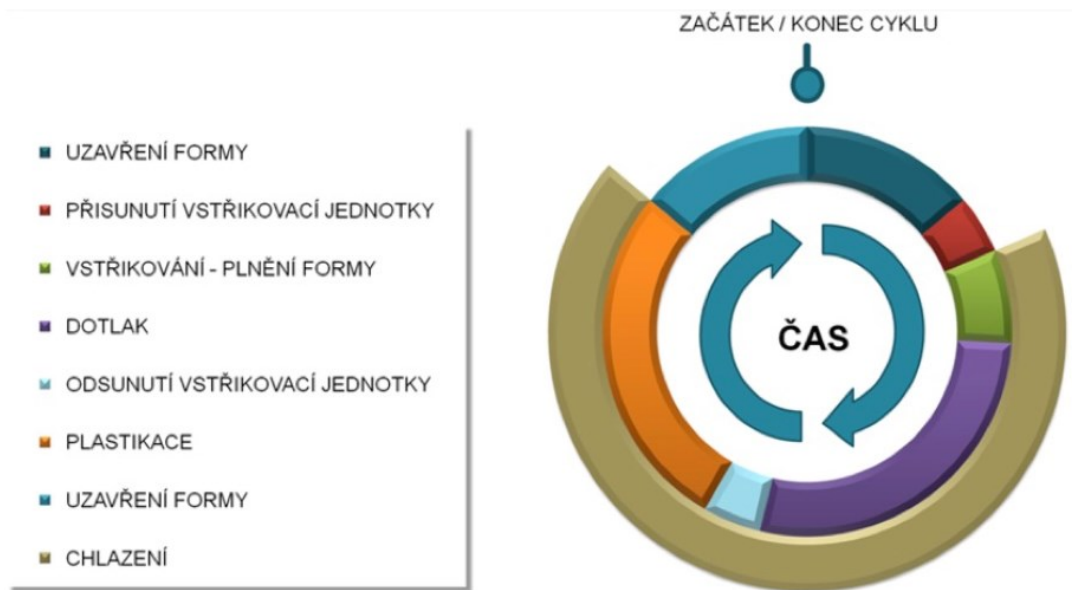
## 1.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus se skládá z přesně specifikovaných úkonů. Jedná se o proces neizotermický, během něhož plast prochází teplotním cyklem. Při popisu vstřikovacího cyklu je nezbytné jednoznačně určit jeho začátek. Za začátek cyklu lze považovat okamžik odpovídající impulsu k uzavření formy. [1]

Na začátku vstřikovacího cyklu je dutina formy prázdná a forma je otevřená. V čase nula dostane stroj pokyn k zahájení vstřikovacího cyklu, pohyblivá část formy se přisune k pevné. Poté se forma uzamkne. Tyto činnosti je nutné odlišit. Na přisouvání formy je potřeba jen malá přisouvací síla  $F_p$ , ale na uzamčení je nutno vynaložit vyšší uzavírací sílu  $F_u$ , která je až řádově vyšší. Musí být zaručeno, aby tavenina vlivem tlaku při vstřikování formu neotevřela. Jakmile dojde k uzavření formy, v tavící komoře se začne pohybovat šnek a začíná vlastní vstřikování taveniny do dutiny vstřikovací formy. Šnek koná pouze axiální pohyb, neotáčí se. Po naplnění dutiny formy je tavenina stlačena. V této fázi dosáhne tlak maximální hodnoty. [1]

Po vstupu taveniny do dutiny formy, tavenina začne předávat teplo formě a dojde k jejímu chlazení. Chlazení trvá do okamžiku otevření formy a vysunutí výstřiku. Doba chlazení se dělí na dobu chlazení při plném vstřikovacím tlaku a na dobu chlazení při klesajícím tlaku. Doba chlazení se vztahuje vzhledem k teplotě formy  $T_F$  a tloušťce stěny výrobku. Po dobu chlazení dochází k smrštění a zmenšení objemu výstřiku. Aby nedocházelo ke vzniku propadlin a staženin na výstřiku, je nezbytné zmenšování objemu kompenzovat dodatečným dotlakem taveniny do dutiny formy. Dotlak může být různě nastavován. Po několika sekundách se dotlak sníží a chlazení probíhá za sníženého tlaku, nebo je po celou dobu dotlak konstantní. Aby došlo k dotlačení materiálu, musí před čelem šneku zůstat určitý objem plastu tzv. polštář. Objem musí být dost malý, méně než jednonásobek průměru šneku. Je tomu tak proto, aby nedocházelo k tepelné degradaci materiálu. [1]

Po skončení dotlaku se vstřikovací jednotka od formy oddálí a začne v ní plastikace další dávky plastu. Šnek se začne otáčet a pod násypkou nabírá granulát, který plastikuje a vtlačuje do prostoru před čelem šneku. Zároveň během otáčení šnek ustupuje dozadu, kdy musí překonat protitlak. Velikost protitlaku ovlivňuje dobu plastikace a kvalitu prohnětení roztaveného plastu. Až moc vysoký protitlak by způsobil degradaci plastu. Převodem tepla ze stěn válce dochází k ohřevu plastu během plastikace. Frikční teplo, které vzniká třením plastu o stěny komory a o povrch šneku a také přeměnou hnětací práce šneku v teplo přispívají k ohřevu plastu. Plastikace může probíhat i při otevřené formě, jestliže je tavící komora vybavena samouzavíratelnou tryskou. V některých případech může následovat odsunutí tavící komory od formy. Při stále trvajícím chlazení tlak ve formě klesá až na hodnotu zbytkového tlaku  $p_z$ , to je tlak, pod nímž se výstřik nachází ve formě chvíli před jejím otevřením. Tento příliš vysoký tlak je příčinou vysokých vnitřních pnutí ve výstřicích, které u křehkých hmot mohou způsobovat až samovolné praskliny. Snížit zbytkový tlak lze buď zkrácením doby dotlaku a nebo programovaným průběhem tlaku během dotlaku. Forma se otevře, jakmile dojde k ochlazení výstřiku na vyhazovací teplotu a ten se vyhodí z formy. [1]



Obr. 1 – Vstřikovací cyklus [11]

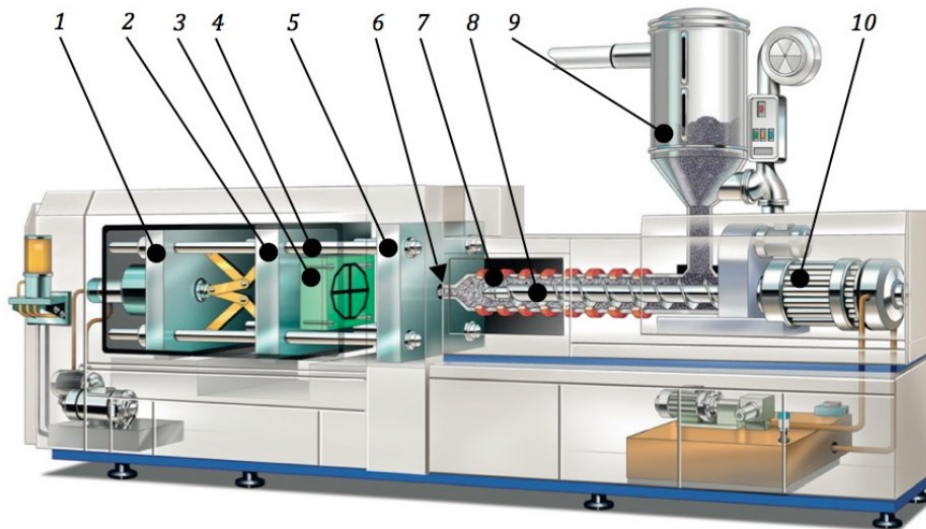
## 1.2 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroje jsou zejména určeny pro zpracování polymerních materiálů, ve většině případů v podobě granulí. Při vstřikování, které probíhá plně automaticky na moderních strojích, se dosahuje vysoké produktivity práce. [9]

Vstřikovací stroje jsou děleny do skupin dle různých hledisek:

- dle typu zpracovaného materiálu (termoplast, reaktoplast a kaučuk),
- dle počtu desek uzavírací jednotky (dvoudeskové a třideskové),
- dle pracovního členu v tavicí komoře vstřikovací jednotky (pístové a šnekové),
- dle počtu šneků (jednošnekové, vícešnekové),
- dle maximální síly uzavírací jednotky,
- dle pohonu vstřikovací a uzavírací jednotky (hydraulické, elektrické a hybridní). [9]

Hlavní části vstřikovacího stroje jsou vstřikovací jednotka, uzavírací jednotka a řídicí panel stroje. Vstřikovací forma je nástroj, který je při vyrábění výrobků z termoplastů temperovaná na teplotu nižší, než je teplota taveniny. V případě zpracování reaktoplastů a kaučukových směsí je forma temperovaná na teplotu vyšší. Aby vstřikovací stroj plnil funkci částečného nebo plně automatizovaného pracoviště, musí být vybaven manipulátory, roboty, temperačním systémem, sušárnami, atd. [1,2]



Obr. 2 – Vstřikovací stroj [11]

1 - uzavírací jednotka, 2 - pohyblivá upínací deska vstřikovacího stroje, 3 - pohyblivá část vstřikovací formy, 4 - vodící sloupky vstřikovacího stroje, 5 - pevná upínací deska vstřikovacího stroje, 6 - čelo špičky vstřikovací trysky vstřikovacího stroje, 7 - tavící komora, 8 - šnek, 9 - násypka pro plastový polotovar, 10 - pohonná jednotka šneku

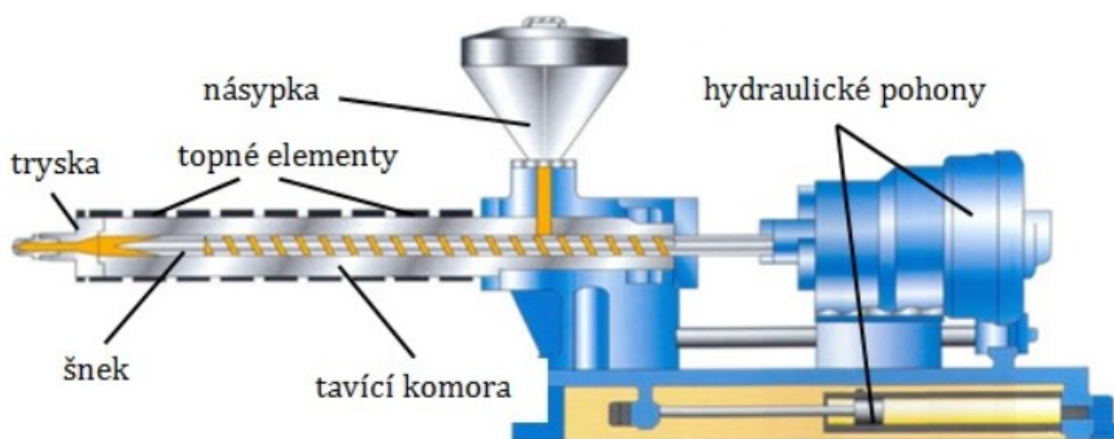
### 1.2.1 Vstřikovací jednotka

Mezi hlavní úkoly vstřikovací jednotky patří: přeměna granulátu na homogenní taveninu o dané viskozitě, vstříknutí taveniny vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny formy. V dnešní době jsou nejvíce používány vstřikovací jednotky šnekové. Orientace vstřikovací jednotky může být libovolná. Horizontální nebo vertikální patří mezi nejběžnější orientace vstřikovací jednotky. Použití více vstřikovacích jednotek na jednom stroji je možno se vstřikovací jednotkou orientovanou pod úhlem, nejčastěji 45°. Polohu a orientaci vstřikovací jednotky lze i měnit. Pohyb plastu v komoře u šnekových vstřikovacích strojů je zajišťován

šnekem. Tavicí komora, šnek, tryska a topení jsou nejdůležitějšími částmi vstřikovací jednotky. [9]

Vstřikovací jednotka pracuje tak, že zpracovaný plast je dopravován do tavného válce z násypky pohybem šneku a stlačuje jej do vytápěných částí tavicí komory, kde materiál taje a jako tavenina se hromadí před čelem šneku. Šnekem je plast posouván a je umožněno měnit jeho otáčky. Šnek se při plastikaci plastu otáčí a ustupuje dozadu. Do tří pásem je rozděleno topení tavné komory (vstupní, střední a pásmo u trysky). Vstřikovací jednotku a formu spojuje vyhřívaná tryska, kterou je zakončena tavná komora. Tryska přivádí taveninu do vtokových kanálů ve formě. Po zplastikování určeného množství plastu se otáčivý pohyb šneku zastaví a jako píst se pohybuje bez otáčení dopředu a vstřikuje taveninu do dutiny formy. Nová dávka plastu může plastikovat ještě ve fázi chlazení výstřiku ve formě. [1,9]

Mezi parametry vstřikovací jednotky se šnekovou plastikací patří: průměr  $D$  (mm), délka  $L$  (mm) šneku, vstřikovací kapacita  $Q$  ( $\text{cm}^3$ ), plastikační kapacita  $Q_p$  ( $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ ), maximální vstřikovací tlak  $p_{\text{vstř}} \text{ (MPa)}$ , objemová vstřikovací rychlost  $v$  ( $\text{cm}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ). Vstřikovací kapacita  $Q_v$  udává maximální objem taveniny ( $\text{cm}^3$ ), který lze při jednom pracovním zdvihu šneku na daném stroji vystříknout z tavicí komory do volného prostoru. Plastikační kapacita stroje  $Q_p$  ( $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ ) představuje maximální množství taveniny v kilogramech za jednu hodinu, kterou je stroj schopen přivést do plastického stavu. [1,9]



Obr. 3 – Vstřikovací jednotka [9]

### 1.2.2 Uzavírací jednotka

Otevření, dokonalé uzavření, případně i vyprázdnění zajišťuje uzavírací jednotka, která ovládá formu. Uzavření formy se uskutečňuje pomocí tlakové síly, která zamezuje otevření formy při vstříknutí taveniny tlakem do dutiny formy. Velikost vstříkovacího tlaku, plocha dutiny a vtoky v dělicí rovině jsou závislé na velikosti uzavíracího tlaku. [1,4]

Uzavírací jednotka se skládá z těchto hlavních částí:

- opěrná deska pevná,
- upínací deska,
- vodící sloupky,
- uzavírací mechanismus. [1,4]

Nejběžnějším konstrukčním řešením uzavírací jednotky jsou vstříkovací stroje s horizontálně orientovanou uzavírací jednotkou. Vstříkování probíhá kolmo na dělicí rovinu formy. Druhá možnost orientace uzavírací jednotky je vertikální. [1]

V současné době vstříkovací stroje používají různé uzavírací systémy. Mohou být konstruovány jako hydraulické, mechanické, kombinace hydraulického a mechanického způsobu a používají se i elektrické systémy. [1]

### 1.2.3 Řídící a ovládací jednotka

Řízení a ovládání v podstatě znamená snímání a sledování strojních a technologických parametrů s jejich následnou regulací. Obvykle se na strojích nastavuje teplota jednotlivých zón vstříkovacího válce a formy, vstříkovací tlak, dotlak, časové úseky pracovního cyklu, otáčky plastikačního šneku, vstříkovací rychlost, vstříknutý objem, uzavírací síla a dosedací rychlost formy. Teplota a tlak taveniny ve válci, teplota a tlak ve formě, doba vstříku a chlazení jsou nejčastěji sledované parametry. Vstříkovací proces se řídí ručně nebo pomocí automatického nastavení strojních parametrů. Pracovní cyklus programových sekvencí je snadno kontrolovatelný a případně i upravitelný. [6]

Moderní stroje jsou ovládány elektronicky na základě uloženého programu v paměti centrální řídicí jednotky:

- snadné a rychlé nastavení režimu vstříkovacího stroje,
- hlášení poruch a kontrola funkce stroje,
- řízení a regulace procesu,



- optimalizace procesu,
- sledování a vyhodnocení dat- produkce, zmetky, délka cyklu,
- poskytování informací přes displej. [6]

Těmito řídicími systémy jsou vybaveny vstřikovací stroje a umožňují tak regulaci vstřikovacího procesu. Při použití těchto řídicích systémů se zvyšuje kvalita výrobků, ale roste pořizovací cena stroje a jsou kladeny větší nároky na kvalifikaci obsluhy a údržby stroje. [6]

#### 1.2.4 Volba vstřikovacího stroje

Velice důležitá je správná volba vstřikovacího stroje, proto aby bylo možné vyrábět kvalitní výstřiky. Základní parametry vstřikovacího stroje jsou:

- vstřikovací kapacita stroje - maximální vstřikovaný objem výstřiku ( $\text{cm}^3$ ),
- plastikační kapacita stroje - kolik kg plastu za 1 hodinu je možno převést do taveniny,
- vstřikovací tlak - tlak, vyvozen čelem šneku v tavenině (MPa),
- vstřikovací síla - celková síla, kterou vyvozuje čelo šneku na taveninu,
- uzavírací síla - síla, kterou stroj udrží formu v uzavřeném stavu. [4]

### 1.3 Materiály pro vstřikování

V dnešní době se na trhu pohybuje několik tisíc různých plastů. V praxi však mají uplatnění jen některé z nich. Sortiment termoplastů se neustále zvětšuje. Při volbě materiálu je třeba vzít v úvahu i jeho zpracovatelnost, která ovlivňuje mechanické a fyzikální vlastnosti konečného výrobku, technologické podmínky, volbu stroje a konstrukční řešení nástroje. [1]

Konstruktor může stanovit vhodný materiál, tedy termoplast po zhodnocení uvažovaných hledisek. Tvar výrobku a jeho vlastnosti musí odpovídat použitému plastu a zvolené technologii. [4]

Mezi výhody plastů jsou zahrnuty:

- nízká měrná hmotnost,
- výborné zpracovatelské vlastnosti,
- plasty jsou elektrickými izolanty,

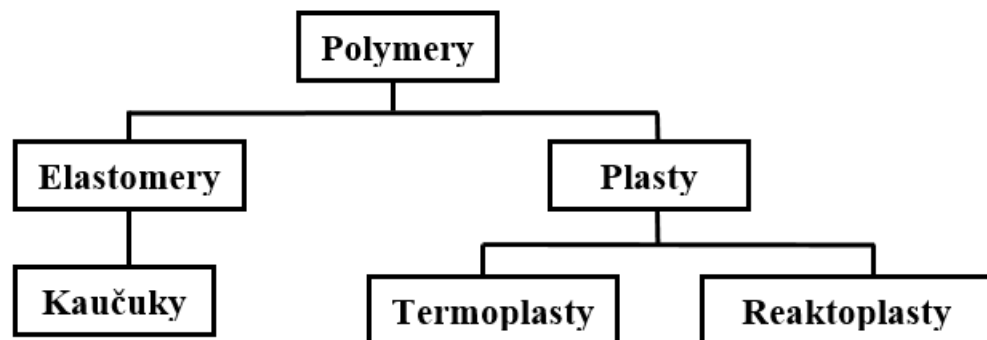
- výborná korozní odolnost,
- tlumí rázy a chvění. [1]

Mezi nevýhody plastů patří:

- nízké mechanické a časově závislé vlastnosti,
- ekologická zatížitelnost. [1]

## 1.4 Rozdělení plastů

Plasty patří do hlavní skupiny polymerů, které se dále rozdělují do podskupin přírodní a syntetické materiály. V současné době patří syntetické polymery k nejlépe se vyvíjejícím materiálům. Tradiční materiál kov se nahrazuje syntetickými polymery, které mají velké množství kvalitních konstrukčních vlastností. Avšak jejich největší nevýhoda oproti kovovým materiálům je jejich omezená teplota použití. Polymerní látka vzniká z mnoha částí sloučeniny monomeru. Me je opakující se jednotka tvořící základní část struktury. Plasty jsou materiály, kdy jejich podstata je tvořena makromolekulárními látkami, které se stávají působením tepla plastickými. Do syntetických polymerů se řadí termoplasty, reaktoplasty a elastomery. [6]



Obr. 4 – Rozdělení polymerů [12]

### 1.4.1 Termoplasty

Termoplasty jsou makromolekulární látky, které mají lineární nebo rozvětvené řetězce a účinkem tepla se chemicky nemění. Pod tlakem a v roztaveném stavu se vstříkují do forem, kde ztuhnou na požadovaný tvar. Do původního pevného stavu se znovu vrátí po ochlazení.

Můžou být buď homogenní bez přísad a plniv. Přísady se přidávají pro lepší fyzikální vlastnosti. Plniva pro zlepšení některých mechanických vlastností. Odpad z nich lze znovu přetavit a zpracovat. Do termoplastů se řadí, polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polyamid (PA), atd. [1,6]

Termoplasty jsou polymery, jejichž řetězec se skládá pouze z jednoho základního druhu chemické skupiny homopolymery. Nebo jsou složeny z více druhů základních skupin kopolymery. [4]

Termoplasty se z hlediska vnitřní struktury dělí na:

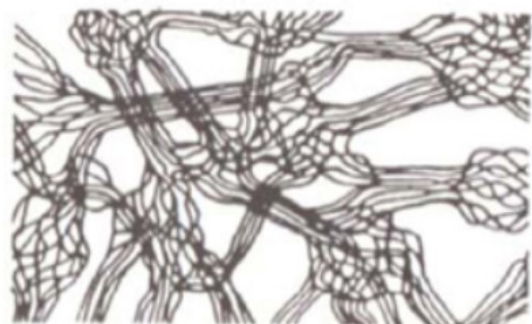
- Amorfní - mají nepravidelně prostorově uspořádané řetězce,
- semikrystalické – jejich řetězce jsou z většiny pravidelně uspořádány a tvoří krystalické útvary, zbytek má amorfni uspořádání. [4]

Výrobky z amorfních termoplastů se využívají jen v oblasti pod teplotou skelného přechodu  $T_g$ . V tomto stavu je polymer pevný. Jejich charakteristické vlastnosti jsou tvrdost, křehkost, vysoká pevnost, a jsou průhledné. [1]

U semikrystalických termoplastů je použití v oblasti nad teplotou  $T_g$ . Jsou mléčně zakalené, mezi charakteristické vlastnosti patří houževnatost materiálu a pevnost. Makromolekuly jsou pevněji vázány v lamelách a ve sférolitech krystalické fáze. [1]



**Amorfni termoplast**



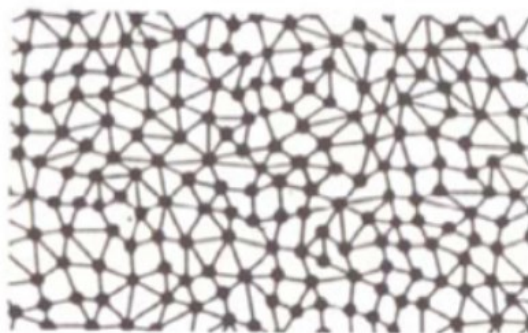
**Semikrystalický termoplast**

Obr. 5 – Struktura amorfniho a semikrystalického termoplastu [1]

#### 1.4.2 Reaktoplasty

Jsou to makromolekulární látky, které zahříváním měknou a lze je tvářet, ale jen omezenou dobu. V dalším zahřívání dojde k chemické reakci, prostorovému zesíťování struktury, tzv. vytvrzování. Vytvrzené plasty nelze zpětně roztavit ani rozpustit, další ohřev by znamenal

degradaci materiálu. Reaktoplasty mají vysokou tuhost, tvrdost, teplotní odolnost za tepla a nerozpustnost. Jako nevýhodu považujeme nepatrnou tažnost a složitější způsob recyklace. [1,6]



### Reaktoplast

Obr. 6 – Struktura reaktoplastu [1]

### 1.4.3 Elastomery

Jedná se o polymerní materiály, které jsou v prvním kroku zahřáty a lze je pak tvářet, rovněž jen omezenou dobu. Při dalším zahřívání dochází k chemické reakci, prostorovému zesíťování struktury, dojde k tzv. vulkanizaci, čímž se převedou na pryž. K chemickým změnám struktury nedochází při vulkanizaci elastomerů na bázi termoplastů. Proces měknutí a pak následného tuhnutí lze opakovat, probíhá zde pouze fyzikální děj. [1]



### Elastomer

Obr. 7 – Struktura elastomeru [1]

## 1.5 Příprava plastů před vstřikováním

Plasty obecně nejsou považovány za hotové výrobky. Je nezbytné, aby prošly technologiemi přípravného zpracování, které do plastů přidávají různé přísady, nebo odstraňují podíly vody. Při tomto zpracování dochází k ovlivnění fyzikální a chemické struktury plastů. Polymery musejí mít také tvar pro další zpracování (granulát, prášek, atd.) [1]

Jako další přípravné zpracování bývá sušení granulátu, mísení, barvení granulátu apod. Tyhle úkony dávají termoplastu takový stav, aby jeho další zpracování bylo bez potíží a výsledná aplikace vyhověla požadavkům na výrobek. [4]

Pytle, ve kterých se dodávají granulované plasty pro vstřikování je chrání proti navlhnutí. Je vhodné dbát na jejich vstupní kontrolu, která omezí zpracovatelské a aplikační potíže. [1,4]

### 1.5.1 Sušení termoplastů

Některé plasty se před vlastním zpracováním musí sušit, protože jsou navlhavé a obsahují vodu. Přítomnost vody způsobuje zhoršení kvality povrchu výrobků a pokles mechanických vlastností, zejména u plastů, u kterých voda při zvýšené teplotě má za následek stěpení makromolekul. Sušení, jako technologická operace se musí zavést v případech, kdy hmota přišla v předešlé operaci do styku s vodou. [1]

Sušicí proces závisí na charakteru spojení vlhkosti s materiálem. Voda se váže buď přilnavostí a jedná se o povrchovou vlhkost anebo kapilárními silami, kdy je v celém objemu hmoty. V případě, že se voda nachází v kapilárách pod vyšším tlakem, je odpařování ztíženo. Při sušení se musí využít vyšší teploty, než je bod varu při daném tlaku okolí. Materiál je umožněno vysušit jen do určité vlhkosti, zvané rovnovážná vlhkost. Důležitou roli hrají okolní podmínky, teplota okolí a relativní vlhkost, které závisí na rovnovážné vlhkosti. K navlhání dochází, jestliže se vysušený materiál uskladní do prostředí s vyšší vlhkostí. [1]

Pro řešení problémů sušení a výpočty se vlhkost udává v kg vody připadající na jeden kg absolutně suché látky neboli sušiny. Výhoda tohoto značení je, že obsah sušiny je v celém procesu sušení konstantní. Nejdůležitější je určení doby sušení, která je nutná k dosažení požadované hodnoty vlhkosti. Nutností je tedy znát rychlost sušení. [1]

Vysušený materiál je nutno chránit před vlhkostí v ovzduší, protože sušení a navlhání jsou vrтанé děje. Vysušený granulát je nutné do 30 minut zpracovat, u vstřikovacích strojů, které nejsou vybaveny vytápěnou násypkou. [1,4]

### 1.5.2 Barvení granulových plastů

Některé vstřikované výrobky požadují jakost povrchu a také vhodný barevný odstín. Vnímaná barva ovlivňuje dojem, který odpovídá danému výrobku. Plasty jsou dodávány jen s určitou řadou barevných odstínů. Je-li vyžadován jiný barevný odstín, je třeba jednat s výrobcem, případně si granulát obarvit. Barevné odstíny jsou omezeny barvou základního nebo barevného granulátu. Granulát se vybarvuje před vstřikováním nebo se provádí na dávkovacím zařízení přímo na vstřikovacím stroji. Barviva částečně ovlivňují kvalitativní vlastnosti plastů i technologické parametry při zpracování. [4]

### 1.5.3 Recyklace plastů

Na technologický a užitný odpad se rozdělují plastové odpady. Vtokové systémy, vadné výrobky a odstříky, které vznikaly při výrobě, jsou řazeny do technologického odpadu. Výrobky po skončení své funkční doby jsou brány jako užitný odpad. Technologický odpad poskytuje relativně kvalitní materiál, který je srovnatelný s původním nezpracovaným materiálem. Užitný odpad je obvykle znečištěn a polymer je znehodnocen stárnutím. [1]

Před použitím jednotlivých odpadů k dalšímu zpracování je nutné, aby byl brán v úvahu jejich původ, jak byl materiál dříve zpracován a jestli byl pouze drcen nebo drcen a regranulovaný. Drcený materiál má výhodu u tepelně citlivých materiálu, které nejsou opět tepelně namáhány při regranulaci. Jejich nevýhoda spočívá v nestejně velikosti drcených částí a zvýšený obsah prachu. Použitím vhodných sít, pomalým mletím nebo odsáváním prachu lze tuto nevýhodu odstranit. Regranulovaný materiál má rovnocenný tvar vstupních částic s materiálem původním. Regranulace je energeticky náročná a u většiny plastů je náročně dokonalé vysušení rozmletého odpadu. Je třeba dbát zřetel na to, že materiál prochází při zpracování odlišnými fyzikálními i chemickými procesy, které změní jejich strukturu a složení. [1]

Ve výrobním procesu lze zpracovávat rozmleté a nebo regranulované plastové odpady a výrobky buď samostatně, nebo jako příměs k originálnímu materiálu. Regenerát jako příměs je použit nejvýhodnější, ale je nutné míchat jen takový poměr, aby se objemové procento následně regenerovaného materiálu rychle snižovalo. Je doporučeno přidávat maximálně 20 % regenerátu do původní hmoty. Tím je zaručeno, že materiál se nevrátí k regeneraci více jak desetkrát a to je u většiny plastů vyhovující. Degradace polymerů je dána obsahem a typem stabilizátorů, vlhkostí, teplotě vstřikování a době prodlevy materiálu v tavíci komoře. Posuzování kvality zpracovaného odpadu se provádí pouze experimentálně. [1]

## 2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ

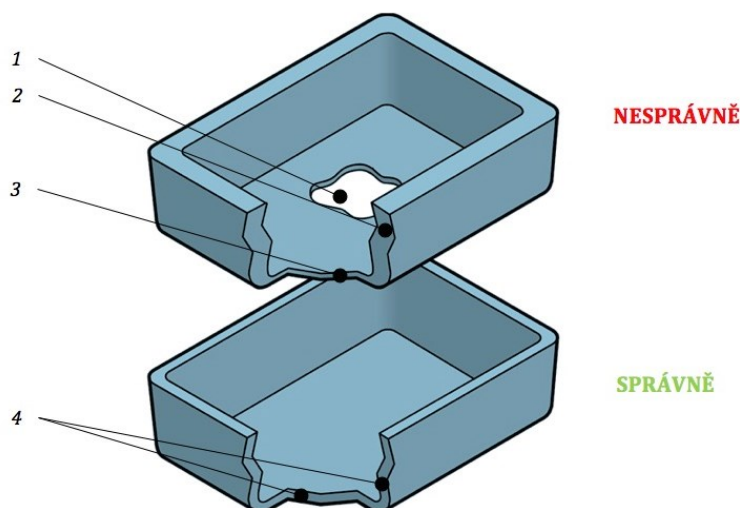
Při konstrukci součásti z plastu by se měly dodržovat určité zásady, které jsou zcela odlišné než při konstrukci součásti z kovu. Konstruktor při její tvorbě musí zvažovat mnoho okolností, a co všechno se v dílci z plastu bude odehrávat. Je důležité dobře znát technologii zpracování. Základní pravidlo říká, že čím je součást jednodušší, tím lepší jsou pevnostní podmínky, je snadné dodržení rozměrů, jsou menší náklady na výrobu formy a jednodušší výroba výstřiků. Konstruktor v praxi hledá kompromis mezi zadanými požadavky. [4]

### 2.1 Tloušťka stěny výrobku

Správná konstrukce výrobku vyžaduje jednotnou tloušťku stěn. Tloušťka stěny ovlivňuje mechanickou odolnost, povrchové vlastnosti, celkový vzhled, zpracovatelnost a ekonomiku plastového dílu. Optimální tloušťku stěny obvykle udává kompromis mezi protikladnými požadavky, jako je pevnost oproti hmotnosti dílce nebo životnost oproti nákladům dílce. Volba tloušťky stěny musí být kvalitně uvážena, protože budoucí úpravy vstřikovací formy by byly velmi nákladné a znamenaly by značné problémy při výrobě. [11]

Větší tloušťka stěny snižuje riziko porušení způsobené rázovým namáháním a zvyšuje energii potřebnou na vznik porušení. Dále musí být brána v úvahu při volbě tloušťky stěny i délka tečení taveniny plastu. Délkou tečení taveniny plastu se rozumí vzdálenost mezi místem, kde tavenina vstupuje do dutiny formy a posledním místem, které tavenina vyplní. Vzdálenost mezi těmito místy je limitována tloušťkou stěny a typem materiálu. Je-li tloušťka stěny velmi nízká, mohlo by docházet ke vzniku velmi vysokých vstřikovacích tlaků a vzhledovým vadám. V opačném případě by větší tloušťka stěny vedla k prodloužení doby cyklu a vzhledovým vadám v podobě propadlin povrchu na výrobku. [11]

Dalšími pravidly, kterými je nutno se řídit při návrhu tloušťky stěny jsou, vyhnout se častým přechodům z menší tloušťky stěny na vyšší a udržet co nejvíce rovnoměrnou tloušťku stěny výrobku. [11]



Obr. 8 – Tloušťka stěny vstříkovaného plastového výrobku [11]

1 – oblast se zvýšeným rizikem uzavírání vzduchu, 2 – příliš velká tloušťka, 3 – příliš malá tloušťka, 4 – rovnoměrná tloušťka

## 2.2 Úkosy

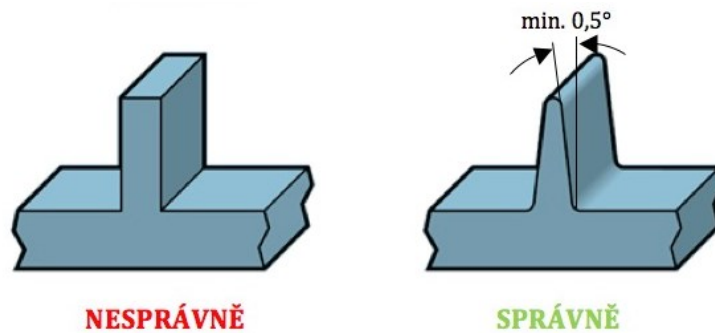
Hlavním důvodem proč je vstříkovaný dílec opatřen úkosem je zlepšení jeho odformovatelnosti. Způsob jakým je dílec zaformován, určuje velikost úkosů a jeho umístění. Prvky ve formě, které jsou tvořeny slepými otvory, jako jsou, komínky, žebra a výztuhy, se zužují směrem ke svému konci. Opatřeny úkosem nemusí být povrchy tvořené pohyblivými jádry za předpokladu, že je příslušný prvek dílu odformován ještě před otevřením vstříkovací formy. [11]

Další základní pravidla úkosů jsou:

- úkosy na všech površích jsou rovnoběžné se směrem odformování,
- standardní úhel úkosu je  $1^\circ$ ,
- minimální úkos pro většinu materiálu je  $0,5^\circ$ . [11]

Menší úkos zvyšuje riziko poškození dílu při odformování nebo je třeba použití speciálních povrchových úprav povrchu formy, které zvyšují výrobní cyklus a tím by vzrostly výrobní náklady na vstříkovaný díl. Požadavky na úkosy určuje povrchová úprava dutiny formy, typ plastu, geometrie dílu a typ vyhazovacího systému. [11]





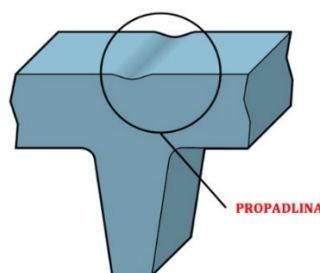
Obr. 9 – Návrh úkosu plastového vstříkovaného dílu [11]

### 2.3 Podkosy

Při standardním odformování v hlavním směru mohou některé konstrukční prvky vstříkovaného dílu tvořit překážku. V některých případech to lze vyřešit deformačním odformováním podkosů. Takové případy nevyžadují přítomnost dalších odformovacích prvků, např. boční jádra. Správná hloubka podkosu a vhodný tvar pro přetažení konstrukčního prvku přes příslušný díl formy jsou hlavními požadavky. Tento postup lze využít, kde jsou podkosy umístěny mimo tuhé oblasti dílu jako jsou žebra, rohy dílu atd. Vstříkovaný díl musí mít prostor pro pružnou deformaci. [11]

### 2.4 Zaoblení hran, rohů a koutů

Vstříkovaný plastový díl by neměl obsahovat ostré rohy. Ostré hrany způsobují vznik koncentrace napětí vyvolaného mechanickým zatěžováním a dochází tak ke snížení mechanické odolnosti plastového dílu. Pokud poměr rádiusu a tloušťky stěny konzoly ( $R/h$ ) přesáhne přibližně 0,2, koncentrace napětí strmě klesá. Naproti tomu velký poměr vede k příliš velkým tloušťkám stěny, což vede ke vzniku propadlin nebo staženin. Doporučená hodnota poměru je kolem 0,15. Nejvhodnější je při výrobě začít menším rádiusem a ten pak dále při testování upravovat. Ne vždy je vhodné všechny hrany opatřovat rádiusem, protože některé části dílu by bylo obtížné zaformovat. [11]



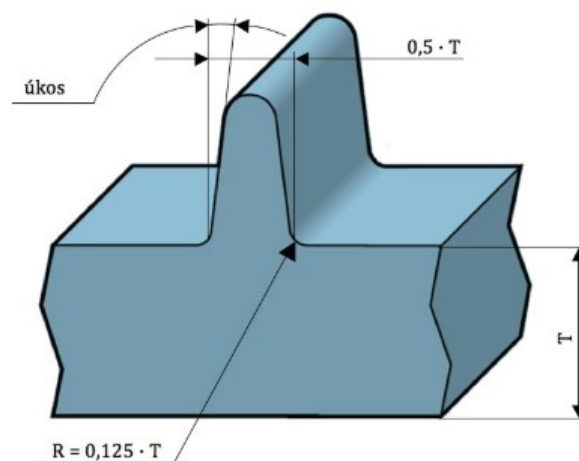
Obr. 10 – Vznik propadliny [11]

## 2.5 Žebrování

Pomocí technických žeber je dosaženo vyšší pevnosti a tuhosti vstříkovaného výrobku bez nutnosti celkového zvýšení tloušťky stěny. Druhým typem jsou technologická žebra, která umožňují optimální plnění dutiny formy, brání zborcení stěn, nebo odstraňují předpokládaný vznik povrchových vad. [4]

Tloušťku žebra ovlivňuje mnoho faktorů. Žebra s příliš velkou tloušťkou obvykle způsobují propadliny na protilehlém povrchu vstříkovaného dílu. Žebra s malou tloušťkou mohou způsobit komplikace s plněním. Tloušťka žebra ovlivňuje vyrobitelnost vstříkovaného výrobku. [11]

Žebra jsou ve formě vyrobena jako slepé otvory ve směru otevírání vstříkovací formy. Žebra musí být opatřena úkosem  $0,5^\circ$  na každé straně, aby byla zaručena snadná odformovatelnost dílce. Přesáhne-li úkos úhlu větší než  $1^\circ$  na každé straně může to znamenat razantní pokles tloušťky žebra a problém s plněním dutiny formy. Tloušťka žeber má vliv na rychlost chlazení taveniny a smrštění v oblasti žeber, které vede k následné deformaci dílu. Výška žebra by neměla přesáhnout trojnásobek tloušťky žebra u základny. Aby žebra plnila svůj účel, je velmi nutné dobře zvážit jejich umístění a počet. [11]



Obr. 11 – Základní rozměry žebra [11]

## 2.6 Otvory a jádra

Jádra jsou díly formy, které tvoří vnitřní konstrukční prvky vstříkovaného dílu, jako jsou otvory, kapsy, zahlužení apod. Jádra se umísťují, tam kde je nutné se vyhnout velké tloušťky stěny. Je vhodné navrhovat vstříkované díly, tak aby bylo jádro odděleno od dílu

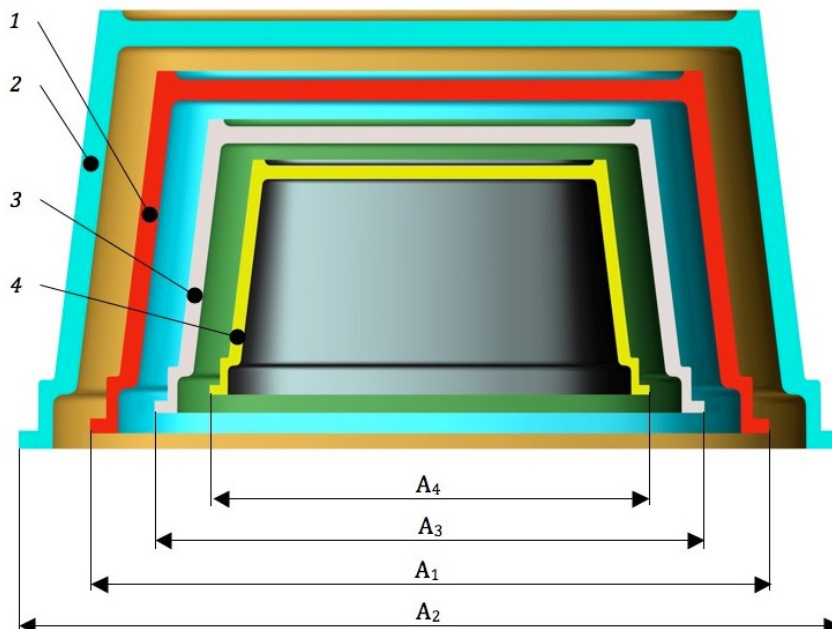
ve směru odformování. Nebude-li tak tomu musí být forma vybavena pohyblivými jádry, což znamená vyšší cenu vstřikovací formy. [11]

Poměr délky a průměru jádra by neměl překročit hodnotu 3:1. Dvojnásobný poměr a to 6:1 může být v případě, že by jádro bylo podepřeno na obou stranách. U symetrického obtékání jádra taveninou plastu může být poměr až 10:1. Kvalitně podepřená jádra lépe odolávají mechanickému namáhání od taveniny plastu. [11]

## 2.7 Smrštění

Smrštění se vyskytuje u všech plastových výrobků. Smrštění je objemová změna taveniny při jejím tuhnutí, která je způsobena hlavně stlačitelností. Jsou dva hlavní druhy smrštění. Objemové, které je pro praxi nejdůležitější. Lineární smrštění, které se využívá při konstrukci vstřikovacích forem. [4]

Dutina vstřikovací formy po vychladnutí vstřikovaného výrobku a tedy po jeho smrštění udává požadované finální rozměry výstřiku. K dalšímu smrštění dochází po odformování dílu z formy a tím k uvolnění vnitřních napětí. Smrštění, ke kterému dojde po 24 hodinách od výroby, se nazývá povýrobní. Výrobní smrštění je dáno jako smrštění ihned po výrobě vstřikovaného dílu. [4,11]



Obr. 12 – Vliv smrštění na rozměry vstřikovaného plastového dílu [11]

1 – vstříkovaný díl zaformovaný ve vstříkovací formě o teplotě cca 20 °C, 2 – vstříkovaný díl zaformovaný ve vstříkovací formě při teplotě cca 60 °C, 3 – vstříkovaný díl ihned po výrobě, 4 – vstříkovaný díl po 24 hodinách po výrobě

### 3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma je složitý systém, na který je kladeno mnoho požadavků, které vycházejí z procesu vstřikování termoplastů. Nejdůležitější funkcí formy je doprava roztaveného polymeru do dutiny formy a její následné naplnění. Tvar dutiny formy odpovídá tvaru budoucího výrobku. Další funkcí vstřikovací formy je efektivní odvod tepla přivedeného polymerní taveninou. Nedílnou součástí musí být zajištěno bezpečné, rychlé a v krátkém časovém intervalu opakující se vyjmutí výstřiku. [11]

#### 3.1 Konstrukce formy

Vstřikovací formy na zpracování termoplastů jsou konstrukčně zcela odlišné od forem na reaktoplasty. Podobným konstrukčním řešením forem je lití kovů pod tlakem. Pro návrh vstřikovací formy je důležitý výkres výstřiku, který je základním podkladem. Plocha a objem výstřiku, požadovaný počet výrobků, druh termoplastu jsou dalšími podklady. Podle vypracovaného základního technologického a ekonomického projektu se rozhoduje o nejvhodnějším stroji, druhu a násobnosti formy. [6]

##### 3.1.1 Postup při konstrukci formy

Při návrhu konstrukce formy je nezbytné zohlednit mnoho faktorů a učinit v určitém sledu několik rozhodnutí o parametrech budoucí vstřikovací formy. Jakmile je forma navržena, obrobena, vyleštěna a smontována, jsou na řadě zkoušky vstřikování. Jejich cílem je ověřit základní funkčnost vstřikovací formy. Jestliže se během testovacího vstřikování nevyskytnou žádné problémy, jsou vstřikované díly a jejich kvalita porovnávána s požadavky stanovenými před zahájením výroby vstřikovací formy. Předem nelze zohlednit zcela všechny aspekty provozu vstřikovací formy, které souvisejí s bezchybnou kvalitou výstřiku. Proto je nutné učinit několik malých úprav vstřikovací formy. Zkouškami vstřikování se může odhalit natolik závažná chyba v konstrukci vstřikovaného dílu nebo formy, že následná oprava není možná, nebo příliš nákladná. Proto je zcela důležité několikrát ověřit konstrukci vstřikovací formy či vstřikovaného výrobku před samotnou výrobou formy. [11]

### 3.1.2 Zaformování výstřiku

Mezi rozhodující zásady konstrukce vstřikovací formy patří správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí roviny. Dělicí rovina umožňuje dodržet rozměry a tvar výstřiku i ekonomiku výroby. Vychází z konstrukčního řešení výstřiku. Dělicí rovina je kontaktní plocha mezi pohyblivou a pevnou částí vstřikovací formy. [4]

Dělicí rovina bývá jako rovina rovnoběžná s upínáním formy, nebo může být i šikmá, různě tvarovaná, u výstřiků s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí plochy. Takové konstrukčním řešení má za následek obtížnější výrobu formy, proto je snaha se takovým tvarům vyhnout. [4]

Je třeba, aby dělicí plocha umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy. Primárním úkolem dělicí roviny je kvalitní utěsnění dutiny vstřikovací formy a zabránění úniku taveniny polymeru. Těsnění je docíleno tzv. uzavírací silou, která působí kolmo na dělicí rovinu. Dělicí rovina by měla být pravidelná, snadno vyrobitelná a hlavně dobře slicovatelná. Její umístění musí splňovat přesnou výrobu rozměrů, směr technologických úkosů a sousost výstřiku, jestliže je v obou polovinách formy. Stopa po dělicí rovině nesmí mít za následek funkční nebo vzhledovou závadu. [4,11]

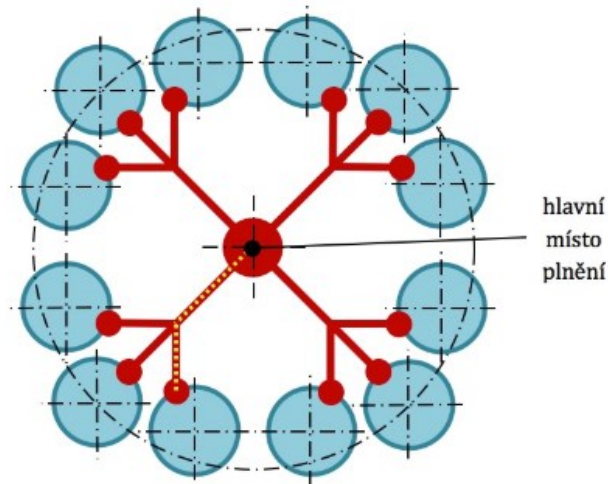
### 3.1.3 Násobnost vstřikovací formy

Dle velikosti výstřiku, složitosti a požadovaného množství a dále podle typu stroje, který je k dispozici se volí násobnost vstřikovací formy. [4]

Činitelé ovlivňující násobnost formy:

- náklady na výrobu vstřikovací formy mají značný vliv na ekonomiku násobnosti a také i na životnost formy,
- požadované množství výrobků a jejich přesnost,
- porovnání celkové spotřeby polymeru na vtokovou ztrátu,
- podle celkové váhy výstřiku se volí vstřikovací stroj,
- dalším hlediskem je velikost uzavírací síly a tavící schopnost komory se zřetelem na pracovní cyklus. [4]

Tvarově náročné součásti a velkorozměrové výstřiky, které jsou příčinou složité formy se většinou vyrábí v jednonásobných formách. U kvalitních a přesných výrobků je nutná co nejmenší násobnost. [4]



Obr. 13 – Příklad umístění dutin [11]

### 3.2 Vyhazování výstřiků

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny otevřené formy vysune nebo vytlačí již hotový výstřik. K tomuto účelu jsou určeny vyhazovací zařízení, které doplňují formu. Svou funkcí mají zajišťovat automatizaci výroby. Dělí se na dvě fáze. První fází je dopředný pohyb, vlastní vyhazování. Druhou fází je pohyb zpětný, vyhazovací systém se vrací do původní polohy. [7]

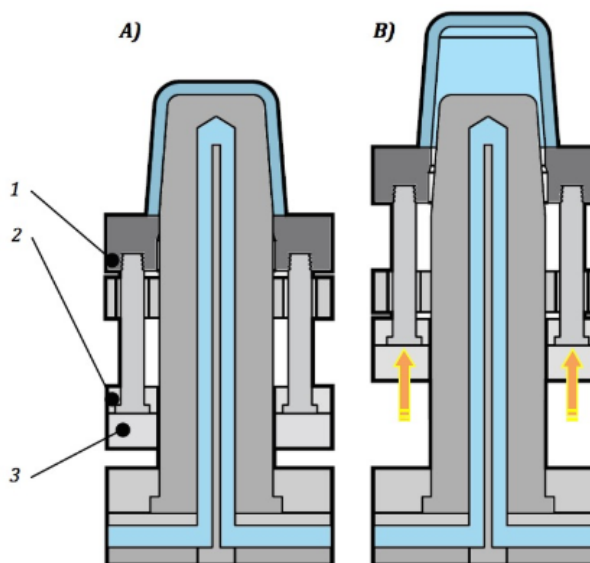
Hladký povrch a úkosovitost stěn výstřiku ve směru vyhazování je podmínkou dobrého vyhazování. Aby nedošlo ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození výstřiku musí vyhazovací systém výstřik vysouvat rovnoměrně. Vyhazovače lze využít k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. Jejich umístění a tvar může být velmi rozmanitý. [7]

Vyhazovací mechanismus je ovládán mechanickým vyrážecem, který je obsažen ve stroji nebo samostatným zařízením ve formě.

Příklady vyhazovacích součástí:

- trubkové stírače, které slouží ke stírání výstřiků z válcových jader,
- tvarové vyhazovače, pro tenkostěnné výstřiky,
- stírací desky nebo kroužky, pro menší výstřiky válcového tvaru, nebo pro výstřiky s přesazeným okrajem,
- pomocí stlačeného vzduchu u rozměrných výstřiků,
- odpružená dělená jádra, u větších závitových jader a tenkostěnných rozměrných výrobků,

- kombinace stírání s vyhazováním, tam kde je nutné nejdříve výstřík uvolnit a potom setřít. [11]



Obr. 14 – Funkce stírací desky [11]

1 – stírací deska, 2 – přídržovací stírací desky, 3 – hlavní vyhazovací deska, A – vyhazovací systém v zadní pozici, B – vyhazovací systém v pohybu do přední pozice

### 3.2.1 Mechanické vyhazování

Patří mezi nejrozšířenější vyhazovací systémy. Používá se všude, kde je to jen možné. Může být konstruováno v různých provedeních. Mechanické vyhazování lze uskutečnit pomocí vyhazovacích kolíků, stírací desky, trubkových vyhazovačů, šikmé, postupné nebo speciální vyhazování. [7]

### 3.2.2 Pneumatické vyhazování

Pneumatické vyhazování je vhodné pro vyhazování tenkostěnných výstříků větších rozměrů, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby nedošlo k jejich deformaci. Při pneumatickém vyhazování se přivádí stlačený vzduch mezi líc formy a výstřík. Tímto způsobem se docílí rovnoměrného oddělení výstříku od tvárníku a nevzniknou na výstříku stopy po vyhazovačích. [7]



Do dutiny formy se vzduch přivádí přes ventil, který se otvírá tlakem vzduchu a zavírá pružinou. Řízené ventily jsou umístěny vně formy. Různě lze kombinovat systémy mechanické s pneumatickými. Mechanismus formy, nebo vstřikovací stroj ovládá vlastní vzduchové vyhazování. Tento způsob použití vyhazování vyžaduje přesnou výrobu formy v oblasti vedení vzduchu. [7]

### 3.2.3 Hydraulické vyhazování

Používá se především k ovládání mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a bývá součástí vstřikovacího stroje. Nejvíce se používají k ovládání bočních posuvných čelistí. [7]

Vyrábějí se jako uzavřená hydraulická jednotka, která je zabudována přímo do daného místa ve formě. Ovládají se s ní vyhazovací kolíky stírací desky apod. Ale mohou být i součástí formy a ovládat stírací desky. Hlavními znaky hydraulického vyhazování je velká vyhazovací síla, kratší a pomalejší zdvih. [7]

## 3.3 Vtokový systém

Dopravu taveniny plastu do dutiny formy zajišťuje vtokový systém. Vlastní vtok by měl být dimenzován tak, aby umožnil maximální dobu působení dotlaku, k vyrovnání objemové koncentrace. Vtok by měl být umístěn pokud možno do nejtlustšího místa výstřiku. [5]

Vtoková soustava je složena z hlavního vtokového kanálu, rozváděcích vtokových kanálů a ústí vtoku do dutiny formy. Při návrhu vtokové soustavy je nutno dodržovat určitá pravidla. Zásadní podmínkou je dosáhnout co nejrovnoměrnějšího plnění jednotlivých dutin formy a umístit vtokové ústí tak, aby nedošlo ke vzniku studeného spoje na výstřiku. [6]

### 3.3.1 Studený vtokový systém (SVS)

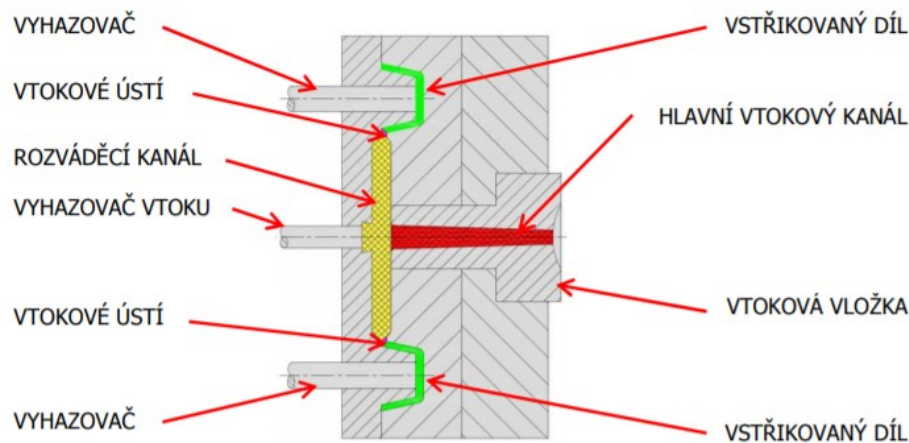
Studený vtokový systém je složen z několika základních částí a jejich úkolem je zajistit dopravu taveniny do tvarové dutiny formy. U studeného vtokového systému začíná ihned po vstříknutí taveniny plastu tuhnutí na jeho stěnách. Pomocí ztuhlého plastu po stěnách se vytvoří izolační vrstva a tavenina může proudit horkým jádrem. U mnohonásobných forem je důležité odstupňování velikosti rozváděcích kanálů při jejich větší délce. Vtokové ústí může být konstruováno několika způsoby a slouží ke vstupu taveniny do dutiny formy. Tavenina v jádru výstřiku by měla být vždy propojena s vtokem, jehož okolí má tuhnutí až jak poslední. [8]

Výhody SVS:

- v porovnání s vyhřívaným vtokovým systémem jednodušší a levnější provedení,
- díly jsou dodávány jako normálie,
- není potřeba energetické připojení,
- výroba vícenádobné formy je jednodušší. [8]

Nevýhody SVS:

- díky vtokovému zbytku větší spotřeba plastu než u vyhřívaných vtokových systémů
- potřeba zajistit oddělování vtokového zbytku [8]



Obr. 15 – Schéma studeného vtokového systému [8]

### Hlavní vtokový kanál

Tavenina plastu je vstříkována přímo z trysky stroje do hlavního vtokového kanálu. Pomocí středícího kroužku je tryska stroje centrována na vtokovou vložku formy, do které je vyroben hlavní vtokový kanál. Nejužší místo hlavního vtokového kanálu má průměr o 0,5 až 1 mm větší než průměr trysky stroje. Aby bylo zajištěno vyhození zbytku vtoku je kanál rozšiřován pod úhlem 0,5° až 1,5° směrem k dělicí rovině. Vtokový kanál ústí přímo do dutiny formy, nebo do rozváděcího kanálu. Průměr konce hlavního vtokového kanálu je dán velikostí vstříkovaného dílu nebo se odvíjí od průměru rozváděcího kanálu. [8]

### Rozváděcí kanál

Velikost rozváděcího kanálu se nejčastěji určuje z empirických vztahů, nebo v lepším případě pomocí moldflow analýzy. Typ a násobnost formy udává délku a počet rozváděcích kanálů. Rozváděcí kanály jsou konstruovány co nejkratší. Dopravují taveninu plastu od hlavního vtokového kanálu k ústí do dutiny formy. Je třeba dbát na to, aby došlo k zatečení všech

dutin ve stejný okamžik. Začátky kanálů je dobré osadit brzdícími prepážkami, které jsou pak při optimalizaci formy odbrušovány, dle skutečného zatékání materiálu. [8]

### Vtokové ústí

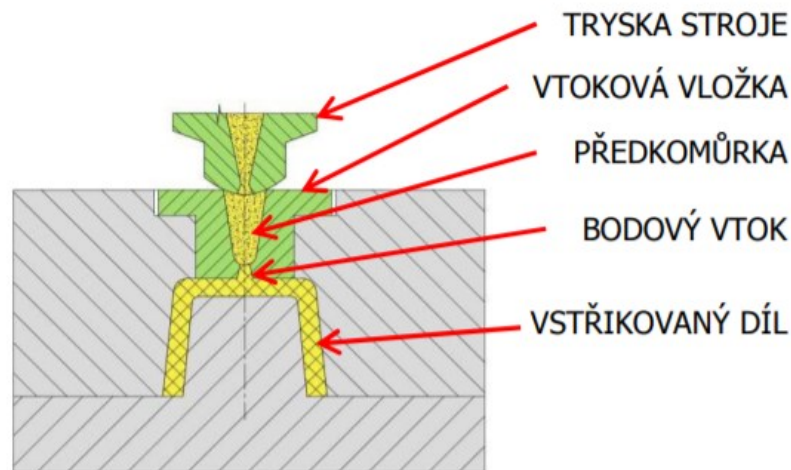
Vtokové ústí je zúžené místo, přes které je tavenina z rozváděcího kanálu přiváděna do dutiny formy. Aby stopy na vstříkovaném dílci byly co nejméně vidět, mělo by být vtokové ústí co nejmenší. Vtokové ústí se umísťuje pokud možno do nejtlustšího místa stěny výstřiku, kdy taveniny má téct vždy z většího místa k menšímu. Aby bylo docíleno dobrého zatečení taveniny do všech míst, je umístěno vtokové ústí ve směru orientace žeber. [4,8]

#### a) Plný kuželový vtok

Je vtok do dutiny formy přímo z hlavního vtokového kanálu. Nejvíce se používá u jednoduchých symetrických výrobků s tlustšími stěnami. Nevýhodou plného kuželového vtoku je obtížné odstranění zbytků vtokového kanálu. Výhodou je jednoduché provedení a snadná výroba. [8]

#### b) Bodový vtok

Nejčastější průměr vtoku je 1 mm a je vhodný pro tenkostěnné výrobky. Vtok je směrem k výrobku kuželovitě rozšířen, aby se ztuhlý plast v ústí odtrhl a byl společně se vstříkovaným dílcem vytažen. Při dalším cyklu je tavenina, která zůstala v předkomůrce vstříknuta do dutiny. Největší nevýhoda je větší stopa po vtoku na výstřiku a dodržení výrobního cyklu, aby nedošlo k zatuhnutí taveniny v předkomůrce. Při využití rozváděcích kanálů je nutno použít třideskový systém formy. Mezi výhody patří oddělení vtokového systému od dílu při vyhození z formy. [8]



Obr. 16 – Bodový vtok přímo do dutiny formy [8]

## c) Deštníkový, talířový a prstencový vtok

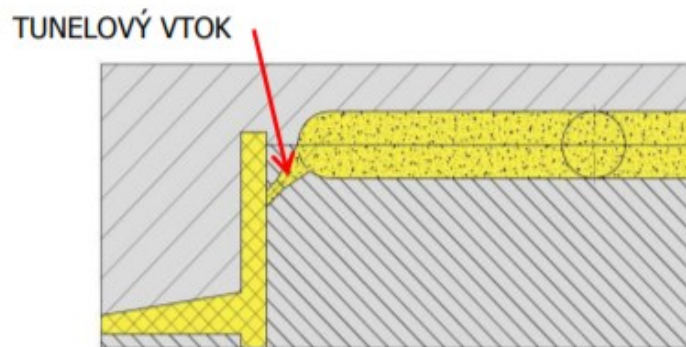
Používají se při vstřikování rotačních dílů. Největší nevýhoda je mnohem větší spotřeba vstřikovaného polymeru, kvůli objemnějším vtokům do dutiny formy. Výhoda spočívá v rovnoměrnosti plnění rotačních dutin. [8]

## d) Filmový (štěrbinový) vtok

U obdélníkového tvaru, semikrystalických a planěných plastů je vtok umisťován do kratší hrany, aby bylo docíleno požadované pevnosti výstřiku. Oddělování vtokového systému dochází po vyhození dílu mimo formu. Výhodou je použití pro plasty plněné skelnými vlákny a pro tenké ploché díly. [8]

## e) Tunelový vtok

Dochází k automatickému oddělení vtokového systému od vstřikovaného dílu. Není vhodný pro vstřikování plastů, které jsou vyztužené vláknitým plnivem. Nevýhoda tunelového vtoku je v náročnosti výroby pomocí elektroerozivního hloubení a v použití druhu vstřikovaného materiálu. Výhoda je oddělení vtokového systému při vyhození dílu bez použití třetí vložené desky. [8]



Obr. 17 – Tunelový vtok [8]

## f) Banánový vtok

Pokud není možno zaústit vtok do boku vstřikovaného dílu je použití stejné jako u tunelového vtoku. Náročná výroba pomocí elektroerozivního obrábění a použití dalšího komponentu v podobě vložené části s banánovým vtokem patří mezi nevýhody. Výhodou je zamezení stop po vtoku na pohledové straně díky možnosti umístění vtokového ústí do spodní části dílu. [8]

### 3.3.2 Vyhříváný vtokový systém (VVS)

Od studeného vtokového systému se liší tím, že vyhříváné vtokové systémy se nakupují od specializovaných výrobců. Rozsah jejich použití a jednotlivá konstrukční řešení jsou rozdílné. Princip spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. Díky tomu je možno použít jen bodové vyústění malého průřezu, který má rozsáhlou oblast vyráběných výstřiků. Napříč malého průřezu vtoku je možno částečně pracovat s dotlakem. Nedílnou součástí systému je regulace teploty VVS i formy. [4,8]

Výhodou je snadná montáž, demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu. Nevýhodou jsou větší pořizovací náklady, větší nároky na obsluhu a zvýšení provozních nákladů. [5]

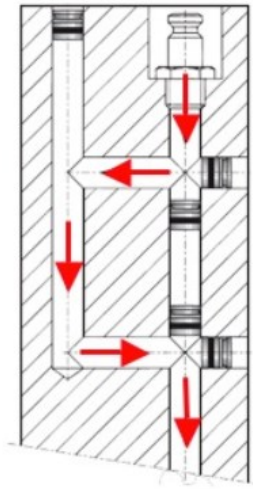
Vyhříváný vtokový systém se skládá z hlavního vtoku, rozvodné desky, trysky a ovládání jehly, které jsou vyhříváné a udržují vstřikovaný polymer při konstantní teplotě do dutiny formy. Je zaručena stálá viskozita v celém průřezu a délce rozváděcího systému. [8]



Obr. 18 – Rozvodný blok ve tvaru T [8]

## 3.4 Temperace forem

Úkolem temperačního systému je zajistit správnou teplotu formy v jednotlivých časových úsecích vstřikovacího cyklu. Formu je nutné udržovat na teplotě, která se liší podle druhu vstřikovaného plastu. Temperační systém zajišťuje efektivní chladnutí vstřikovaného dílu. Temperační kanály zajišťují rovnoměrné chladnutí výstřiku. Chlazení ovlivňuje délku vstřikovacího procesu, a tím i cenu výsledného dílu. Rozlišujeme dva druhy temperace aktivní a pasivní. [8]



Obr. 19 – Příklad temperačního systému [11]

### 3.4.1 Pasivní temperace

Pasivní temperace využívá kombinaci tepelné vodivých a izolačních materiálů. Tepelně vodivými materiály se temperují spatně dostupná místa např. tenké tvárníky, které mají malou plochu pro odvod tepla. Používají se materiály slitiny mědi nebo hliníku. Tepelné vodivé složky musí být vždy spojeny s aktivním chlazením. U forem, které je nutné předeřhřát na požadovanou teplotu, se využívá izolačních materiálů. Formy jsou odizolovány izolačními deskami, aby nedocházelo k unikání tepla sáláním a vedením. Izolují se upínací desky, ale i boky formy na tvárníku a tvárnici. Jsou dodávány v normáliích. [8]

### 3.4.2 Aktivní temperace

Pod pojmem aktivní temperace se rozumí přímé dodávání nebo odvádění tepla do formy pomocí média, které nese teplo. Teplonosná média se používají, voda, vzduch, olej, glykoly a pára. Skrze vytvořené kanály ve formě tato média proudí. Podle potřeby se temperují obě části formy, pohyblivá i nepohyblivá. Nejčastějším způsobem výroby temperačních kanálů je vrtání, ale mohou mít i jiné než kruhové díry. Dále je možno vyrábět drážky frézováním, které pak musí po celé délce těsnit. U složitějších výstřiků by mělo být rozložení temperačních kanálů ověřeno pomocí simulace vstřikování. Rozdíl teplot na povrchu dílu při vyhození by neměl být větší než 5°C. Od celkového řešení formy se odvíjí tvary, velikosti a rozmístění temperačních kanálů. Při ohřívání formy by temperační médium mělo proudit od

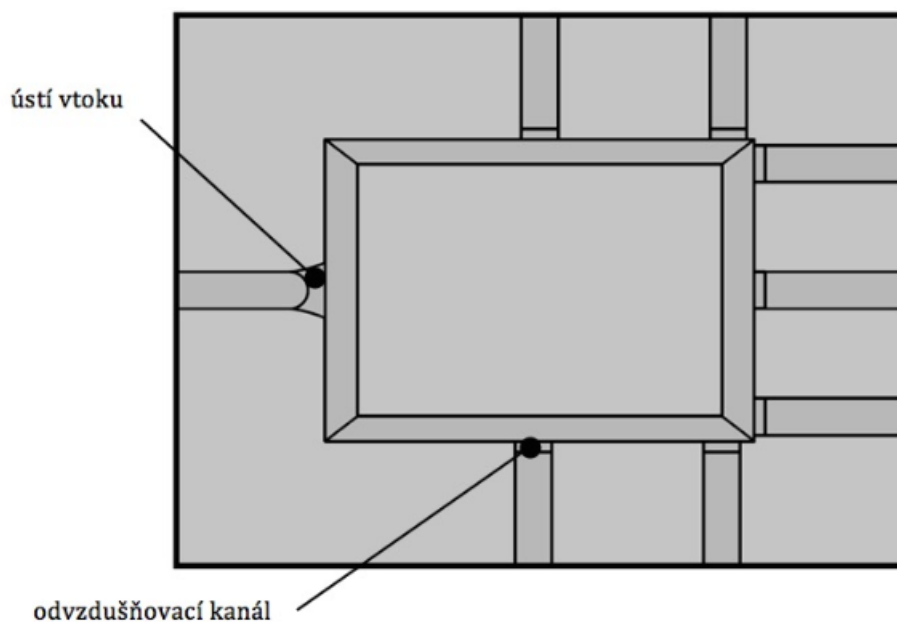
nejchladnějšího místa k nejteplejšímu, při chlazení naopak. Turbulentní proudění média zvyšuje účinnost temperace formy. Vícenásobné formy by měly být konstruovány tak, aby všechny výstřiky byly temperovány stejně. [8]

### 3.5 Odvzdušnění forem

Tavenina při vstupu do dutiny vstřikovací formy před sebou vytlačuje vzduch, který po uzavření formy v dutině zůstal. Proto musí být vstřikovací forma opatřena konstrukčními prvky, které umožní rychlý a kompletní odvod vzduchu z dutiny formy. [11]

Pro nejjednodušší zlepšení odvodu vzduchu z dutiny formy se používá umístění odvzdušňovacích ploch do dělicí roviny. Jsou jednoduché na výrobu a jsou přímou cestou pro taveninou vytlačovaný vzduch. Při vstřikování plastu s vyšší tekutostí jsou rozměry odvzdušňovacích kanálů menší. Vyšším počtem odvzdušňovacích kanálů a jejich rozšířením lze zvýšit intenzitu odvzdušnění. Čím více je kvalitněji dutina formy odvzdušněna, tím lépe. [11]

Není-li poslední místo dutiny formy adekvátně odvzdušněno, může dojít k uzavření vzduchu v dutině, což zapříčiní neúplné naplnění dutiny formy, nebo dojde ke vzniku spálenin plastu tzv. diesel efekt. [11]



Obr. 20 – Rozmístění odvzdušňovacích kanálů [11]

### 3.6 Normálie

Využití normálií vede k urychlení a zdokonalení konstrukce i výroby vstřikovacích forem. Normalizované prvky představují typizaci jednotlivých dílů, rámců forem a různého příslušenství, v několika řadách. Na trhu je systém normalizovaných prvků, který využívá mnoho firem. Nejznámější jsou normálie HASCO, DME, STRACK a další. Katalog normálií od jednotlivých firem podává potřebné informace o rozměrech normálií. [7]

Normalizované prvky lze sestavovat a kombinovat tak, že vznikají velikostně různé typy rámců. Takové díly se považují za hotové, nebo za polotovary, které se podle potřeby dokončí. Z normálií se konstruuje vstřikovací forma. Konstrukce se provádí na počítači, kde je k dispozici databáze typizovaných prvků. Vstřikovací forma se nakreslí dle databáze výrobce a pak se tyto součásti od firmy nakoupí. [7]

Využívání normálií vede k ekonomické úspornosti v oblasti konstrukce, ale slouží pro zdokonalení a zrychlení výroby forem. Použití normálií se stále rozšiřuje. [7]

### 3.7 Materiály forem

Volba materiálů na výrobu jednotlivých dílů vstřikovací formy, je nedílnou součástí celkového návrhu vstřikovací formy. Materiál forem je ovlivněn provozními podmínkami výroby. Proto se pro výrobu forem používají materiály, které splňují provozní požadavky v určité míře. Dává se přednost materiálům univerzálních typů s širokým rozsahem vlastností. Jako jsou oceli vhodných jakostí, neželezné slitiny kovů (měď, hliník) a ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé). [7]

Oceli představují nejvýznačnější druh používaných materiálů na výrobu forem. Díky jejich pevnosti a dalších mechanických vlastností se dají obtížně nahradit. Na kvalitu forem má vliv, účelná konstrukce, vhodné vložkování, celková dimenze jednotlivých dílů, tepelné zpracování a způsob zacházení s formou. [7]

Ale je třeba věnovat pozornost i ostatním druhům materiálů. Jejich fyzikální, tepelně vodivé a izolační vlastnosti je předurčují pro speciální použití pro některé díly forem. Bylo by těžké je nahradit. [7]



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny následující cíle:

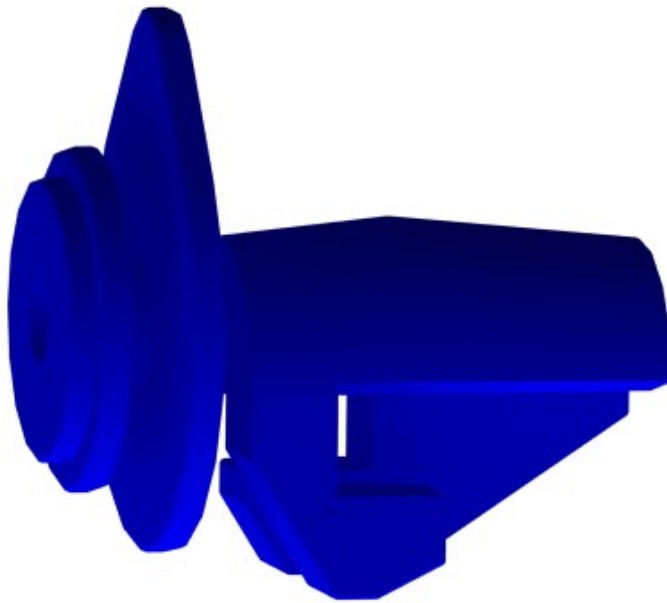
- vypracovat literární studii na dané téma,
- navrhnout 3D model zadaného dílu,
- provést konstrukci vstřikovací formy v SW CATIA,
- nakreslit výkres 2D sestavy vstřikovací formy.

Úkolem v teoretické části bylo popsat technologii vstřikování, zásady při konstrukci vstřikovaných dílů a samotnou konstrukci vstřikovací formy.

Cílem praktické části bylo na základě získaných poznatků z teoretické části navrhnout 3D model zadaného dílce, následně provést konstrukci vstřikovací formy a vytvořit výkres 2D sestavy vstřikovací formy s vypracovaným kusovníkem. Konstrukce vstřikovací formy a modelu výrobku byla provedena v programu CATIA V5R19 s použitím normálií od firmy HASCO, Meusburger a THERMOPLAY.

## 5 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstřikovaným výrobkem je izolátor pro elektrické ohradníky CZ 150. Je to nejprodávanejší izolátor pro elektrické ohradníky na trhu. Průchozí otvor, do kterého je při montáži zasunut hřebík slouží pro uchycení izolátoru a také brání v jeho možné krádeži. Materiál výrobku je polypropylen (PP).



Obr. 21 – Model výrobku

Základní Rozměry a hmotnost vstřikovaného dílu:

- Délka – 35,5 [mm]
- Šířka – 27 [mm]
- Výška – 33,1 [mm]
- Hmotnost – 6 [g]

## 5.1 Materiál výrobku

Materiál vstřikovaného výrobku je polypropylen (PP). Řadí se do kategorie termoplastických polymerů ze skupiny polyolefinů. Patří mezi nejběžněji používané plasty. Vyniká zejména díky jeho elektroizolačním vlastnostem, chemické a mechanické odolnosti. Jeho klíčové vlastnosti jsou nepoddajnost, pevnost, nízká hmotnost, nízká hořlavost a dále jeho odolnost vůči teplu. Polypropylen není díky svému složení náchylný k vnitřnímu pnutí a je odolný proti UV záření. [13]

Základní vlastnosti polypropylenu: [13]

Fyzikální:

- Hustota 0,92 [g/cm<sup>3</sup>]
- Index toku taveniny (230°C/5kg) ITT = 60 [g/10 min.]

Mechanické:

- Pevnost v tahu 30 [MPa]
- Modul pevnosti v ohybu 1200 [MPa]
- Tvrdost dle Shore D 82 [Rn]

Elektrické:

- Dielektrická pevnost 30-40 [kV/mm]

## 6 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Dle rozměrů vstříkovací formy byl zvolen vstříkovací stroj ALLROUNDER 370 S od firmy ARBURG. Jedná se o hydraulický vstříkovací stroj. [14]

Rozměry vstříkovací formy jsou 346 x 346 x 276 mm. Pro vyplnění dutin formy a vtokového zbytku je potřeba 13 cm<sup>3</sup> materiálu. Dle těchto parametrů byl zvolen tento vstříkovací stroj.



Obr. 22 – Vstříkovací stroj ALLROUNDER 370 S [14]

Vybrané technické parametry uzavírací jednotky: [14]

- Maximální uzavírací síla – 500 [kN]
- Vzdálenost mezi vodícími sloupy – 370x370 [mm]
- Maximální výška formy – 400 [mm]
- Velikost upínací desky 510x510 [mm]
- Maximální vyhazovací síla – 30 [kN]
- Celkový příkon stroje – 19 [kW]

Vybrané technické parametry vstřikovací jednotky: [14]

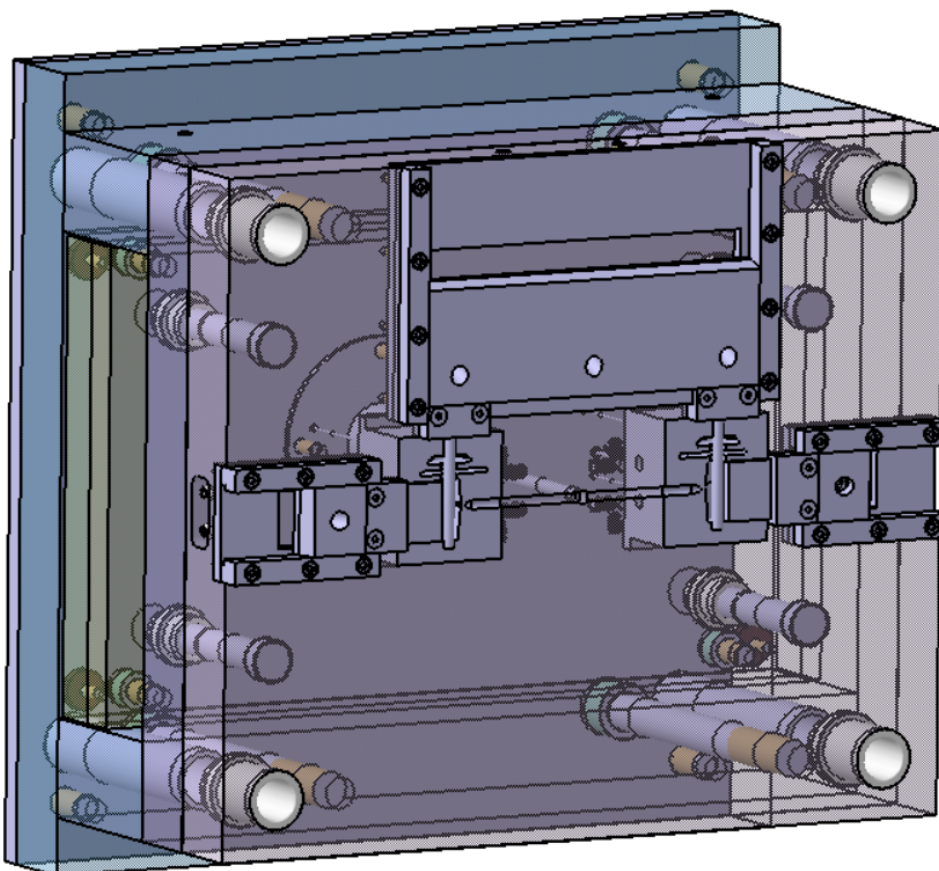
- Průměr šneku – 20 [mm]
- Poměr šneku L/D – 25
- Maximální vstřikovací tlak – 2500 [bar]
- Maximální objem dávky – 31 [cm<sup>3</sup>]
- Maximální přítláčná síla trysky – 50 [kN]
- Maximální kroutící moment šneku – 120 [N/m]

## 7 KONSTRUKCE FORMY

Při konstrukci formy je snahou konstruovat vstřikovací formu co nejjednodušeji. S ohledem na složitost výstřiku co nejpřesněji. Dále musí být brán ohled na cenu, proto bylo při konstrukci formy použito mnoho normalizovaných prvků od společnosti HASCO, Meusburger a Thermoplay. Vedoucím této práce byla zadána násobnost a vtokový systém vstřikovací formy. Násobnost formy je tedy dva a vtokový systém je kombinovaný, tzn. horká tryska a studený rozvod a vtok.

### 7.1 Násobnost formy

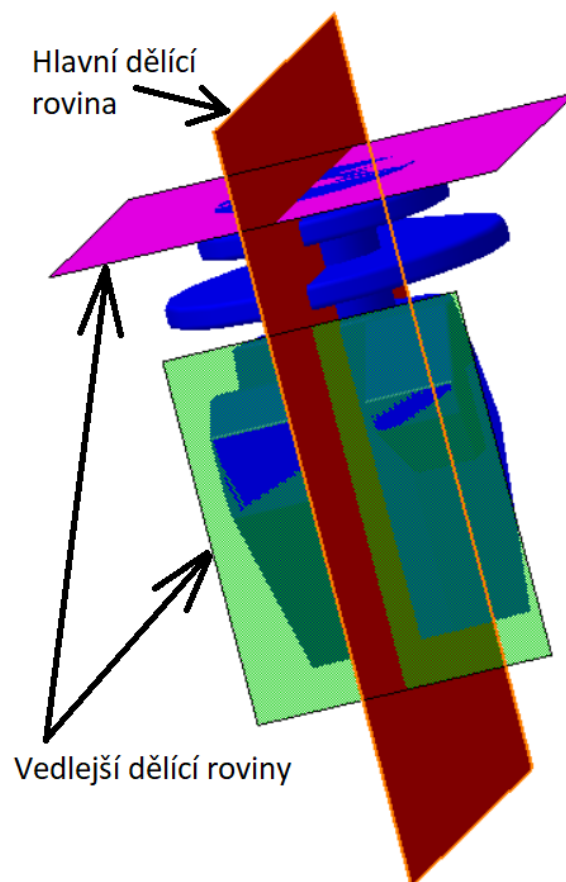
Při volbě násobnosti formy je zohledněno několik důležitých kritérií. Jako jsou složitost a přesnost výstřiků, jejich požadované množství, kapacita vstřikovacího stroje a v neposlední řadě ekonomika výroby. Pečlivým uvážením těchto činitelů byla zvolena vedoucím této BP dvounásobná vstřikovací forma.



Obr. 23 – Násobnost formy

## 7.2 Dělicí rovina

Určení dělicí roviny je jedním z nejdůležitějších kroků při konstrukci vstřikovací formy. Při návrhu dělicí roviny se vychází z konstrukčního řešení vstřikovaného dílce. Hlavní dělicí rovina je umístěna na pomezí tvárníku a tvárnice. Dále byly zvoleny dvě vedlejší dělicí roviny, které jsou kolmé na hlavní dělicí rovinu. Po výstřiku výrobku a následném otevření formy zůstane dílec na levé straně formy a v dalším kroku je vyhozen pomocí vyhazovačů.

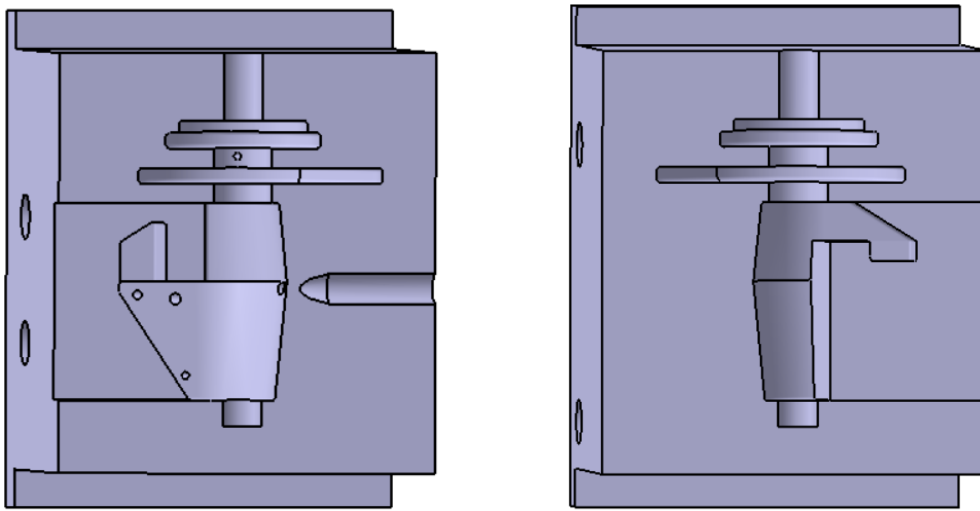


Obr. 24 – Dělicí roviny

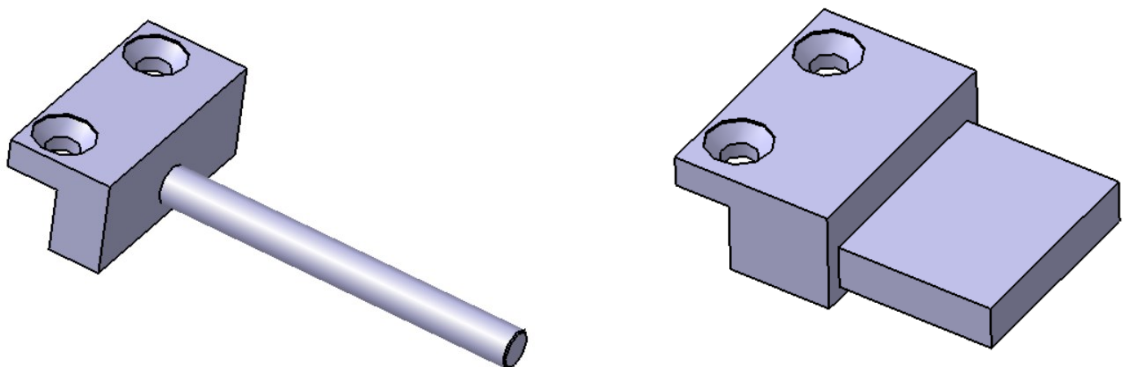


### 7.3 Tvarové části formy

Tvárník a tvárnice jsou hlavní tvarové části formy a udávají konečný tvar výrobku. V levé části formy, která je pohyblivou, je umístěn tvárník. Naopak v pravé části formy, která se nepohybuje je umístěna tvárnice. Dutiny tvárníku a tvárnice jsou zvětšeny o hodnotu smrštění výstřiku (1,5 %). Dalšími tvarovými částmi jsou tvarové části čelistí. Aby nebylo nutné vyrábět celou kotevní desku z nástroje oceli, tvárník a tvárnice jsou řešeny jako vložky a jsou ukotveny osazením. Dále jsou tvárník a tvárnice provrtány temperačními kanály.



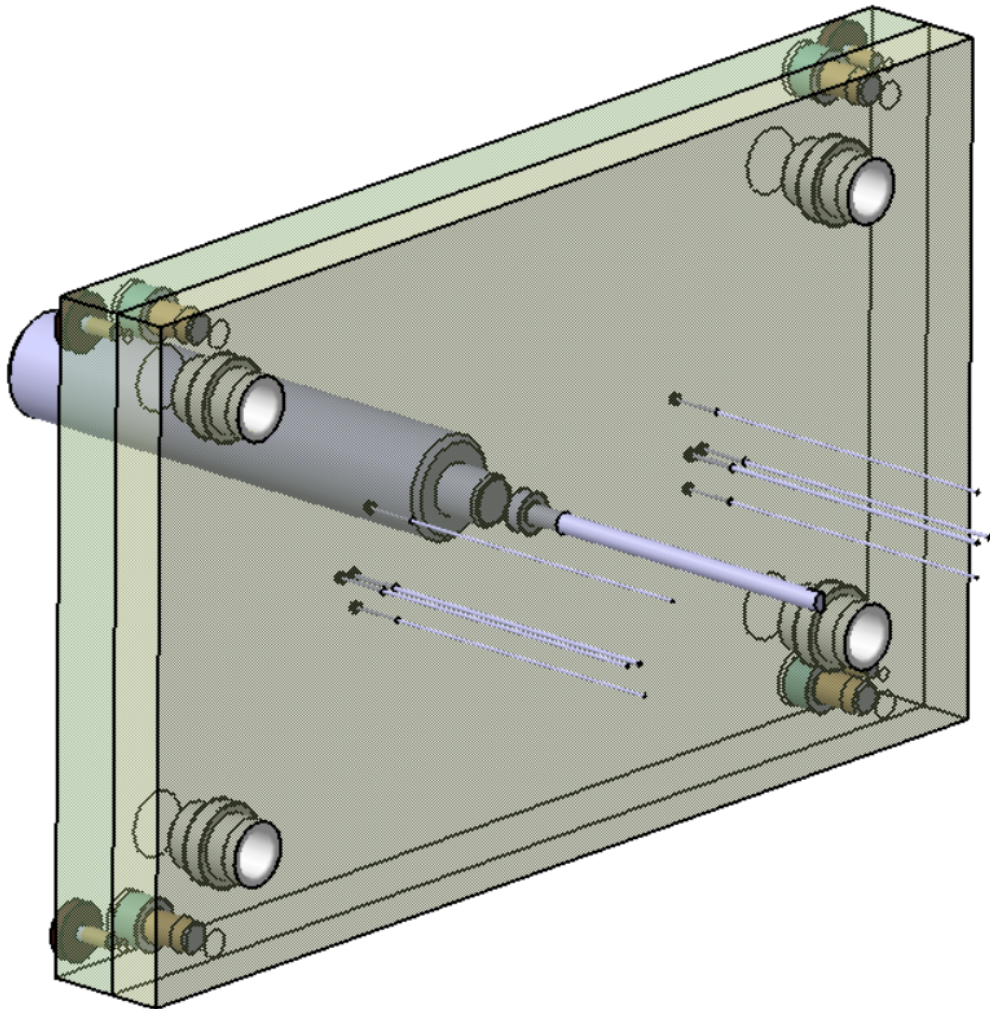
Obr. 25 – Tvárník, tvárnice



Obr. 26 – Tvarové části čelistí formy

## 7.4 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém slouží k vyhození výstřiku z dutiny vstřikovací formy. Vyhození je provedeno pomocí válcových vyhazovačů, které jsou ukotveny ve vyhazovacích deskách. Na každý vyráběný díl byly použity čtyři válcové vyhazovače. Dva vyhazovače jsou o průměru 1 mm a další jsou vyrobeny o průměru 1,2 a 1,5 mm. Pomocí hydraulicky ovládaného táhla je umožněn pohyb upínací a opěrné vyhazovací desky. Přesné vedení desek zajišťují čtyři vodící čepy a vodící pouzdra. Vyhození ochlazeného výstřiku na vyhazovací teplotu dochází při otevřené vstřikovací formě. Přidržovač vtoku zajišťuje, aby při otevření vstřikovací formy zůstal výstřik na levé straně formy.



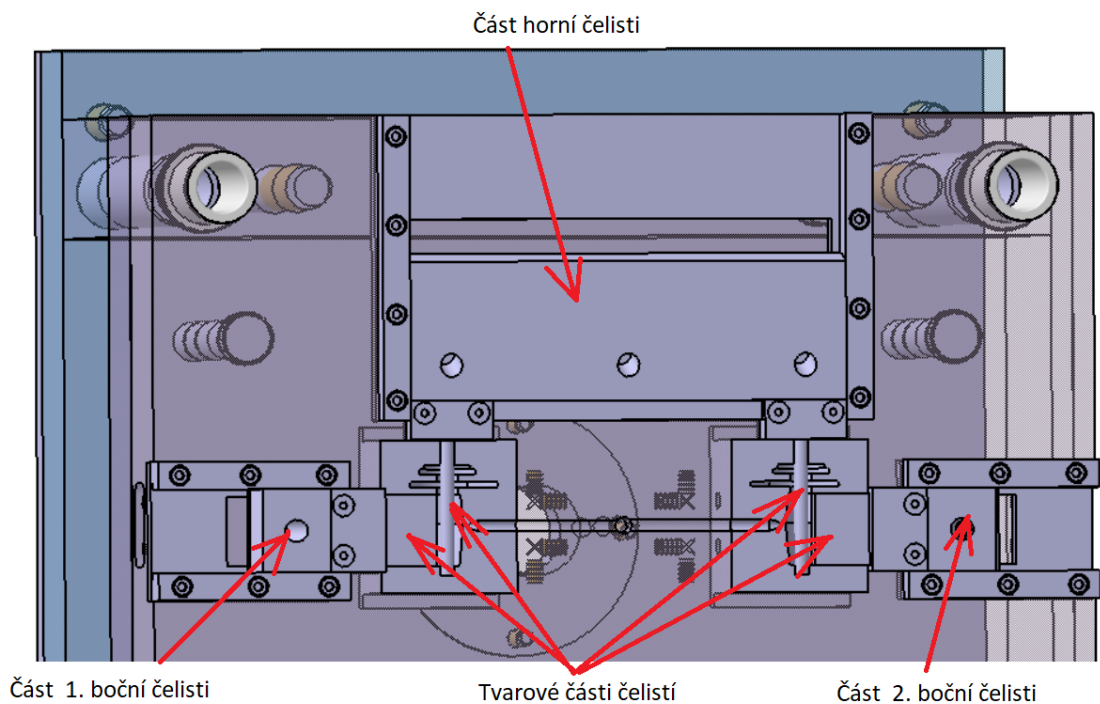
Obr. 27 – Vyhazovací systém vstřikovací formy

## 7.5 Odvzdušnění

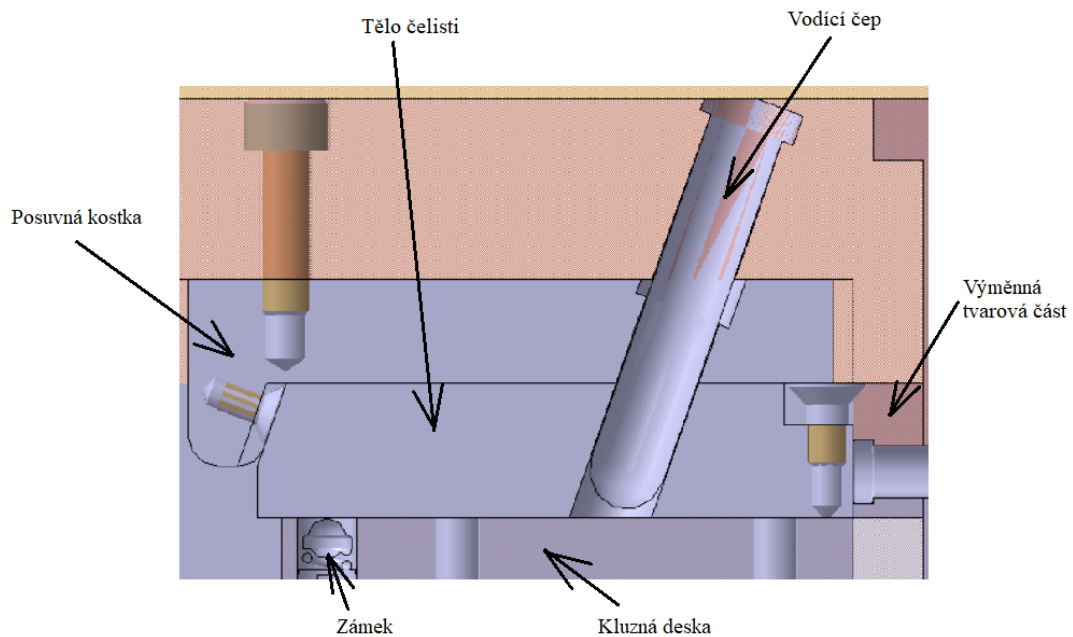
Dutina vstřikovací formy je před vstřikováním polymeru naplněna vzduchem. Vzduch v dutině formy je stlačován a tím roste teplota vzduchu a vstřikovaný polymer by mohl degradovat. To by vedlo k tvarovým a vzhledovým vadám výstřiku v důsledku spálených míst. Proto je nutné dbát při konstrukci formy na odvzdušnění formy. V tomto případě vzduch z dutiny formy stačí unikat přes dělicí roviny a vůlí kolem vyhazovačů.

## 7.6 Pohyblivé čelisti a šikmé čepy

Úkolem pohyblivých čelistí je odformování průchozího, válcového otvoru a vybrání na výrobku. Tvarové části posuvných čelistí jsou výměnné. Ovládání pohyblivých čelistí je pomocí šikmého válcového čepu, který je pod úhlem  $20^\circ$ . Čelist je při otevírání formy nucena k pohybu šikmou válcovou plochou. Zámky zajišťují otevřenou a uzavřenou polohu čelistí.



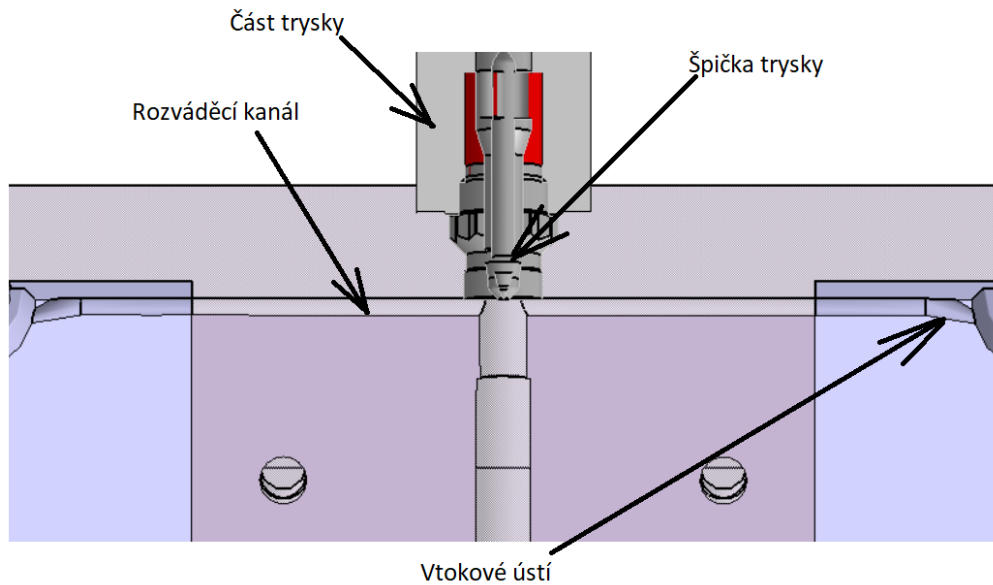
Obr. 28 – Pohyblivé čelisti vstřikovací formy



Obr. 29 – Popis posuvné čelisti

## 7.7 Vtokový systém

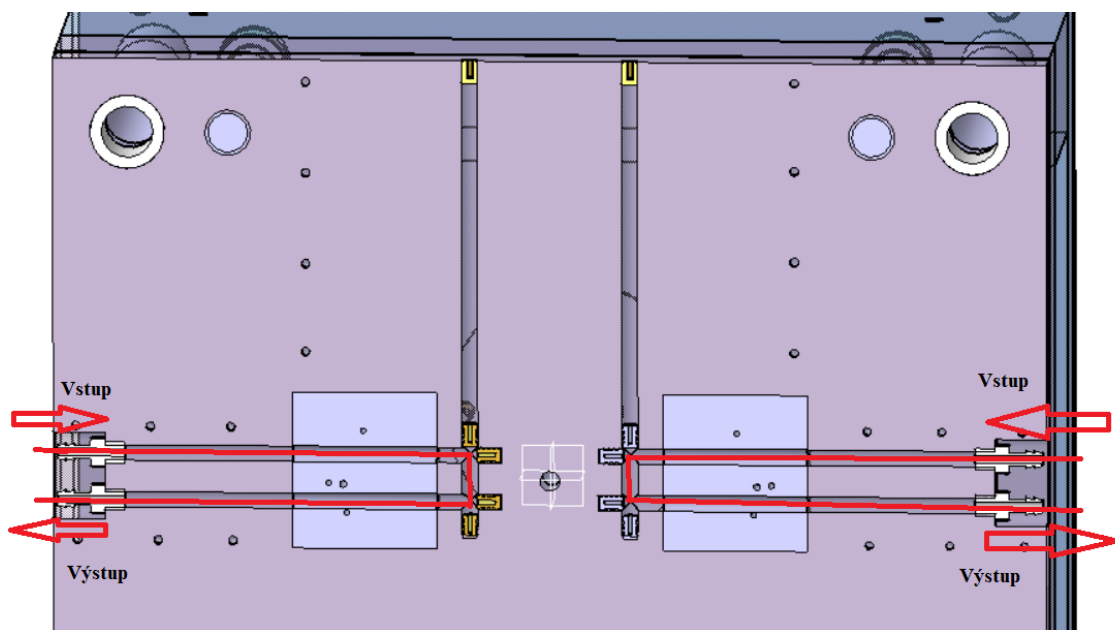
Úkolem vtokové soustavy je dopravit taveninu do tvarové dutiny formy. Naplnění dutiny formy má proběhnout v co nejkratším čase. Dráha toku taveniny by měla být ke všem dutinám stejně dlouhá. V tomto případě byl zadán kombinovaný vtokový systém, který se skládá z horké trysky, studeným rozvodem a vtokem. Horká tryska byla použita od společnosti Meusburger. Je to univerzální tryska smartfill E 4000/27x60/16/6 a špička trysky E 400 RA/27/M/1.5, která se používá pro vstřikování běžných termoplastů. Tavenina je vedena rozvodnými kanály, které jsou půlkruhového tvaru, dále pokračuje do ústí vtoku, který je umístěn v tvárníku.



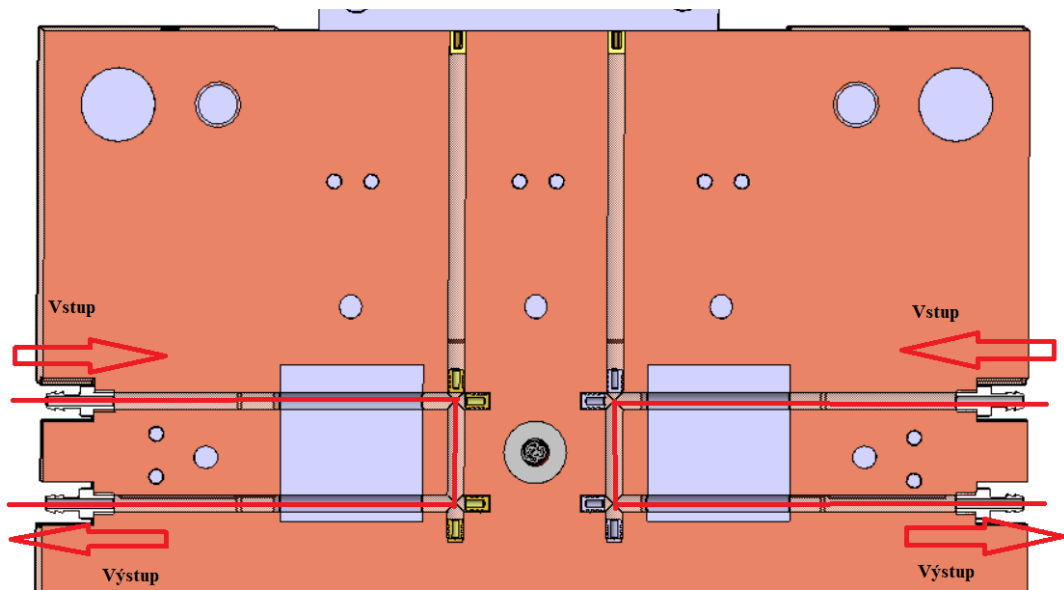
Obr. 30 – Vtoková soustava formy

## 7.8 Temperace

Temperační systém udržuje konstantní tepelné pole vstřikovací formy. Hlavním cílem temperace je dosáhnout co nejkratšího pracovního cyklu vstřikovací formy. Temperační médium proudí vrtanými kanálky přímo v tvarových deskách, tvárnici a tvárníku. Temperační systém se skládá z celkem čtyř okruhů. Každé dva okruh se nacházejí na pravé a levé straně formy.



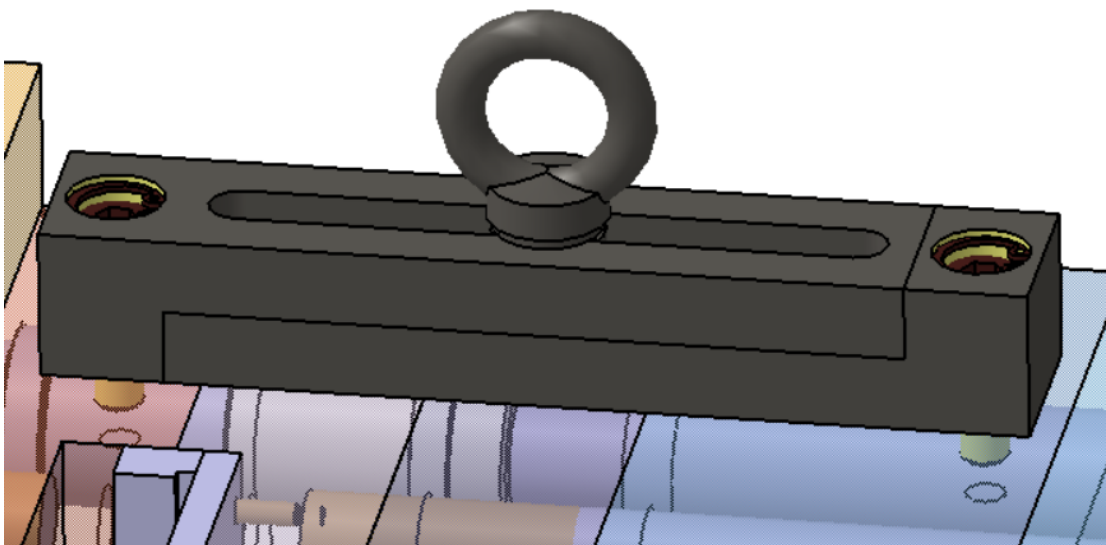
Obr. 31 – Temperační okruh levé části formy



Obr. 32 – Temperační okruh pravé části formy

## 7.9 Zařízení k manipulaci formy

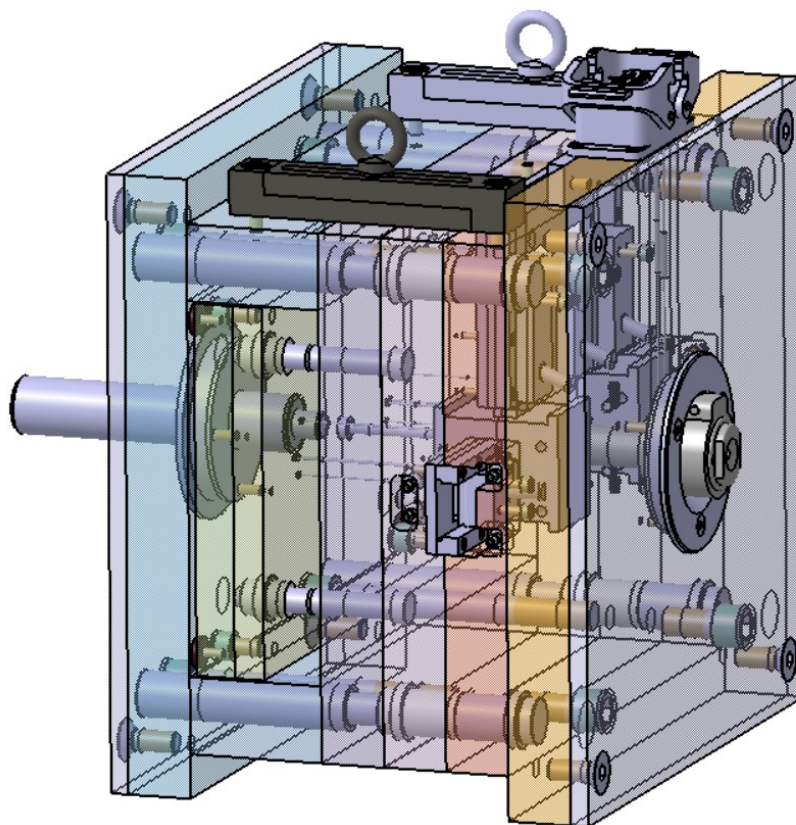
K manipulaci s formou dochází pomocí jeřábu, proto je nutné formu opatřit zařízením, kterým se uchytí forma k jeřábu. Takovým zařízením je transportní můstek. Pro tuto formu byly zvoleny dva transportní můstky, které jsou upevněny pomocí dvou šroubů.



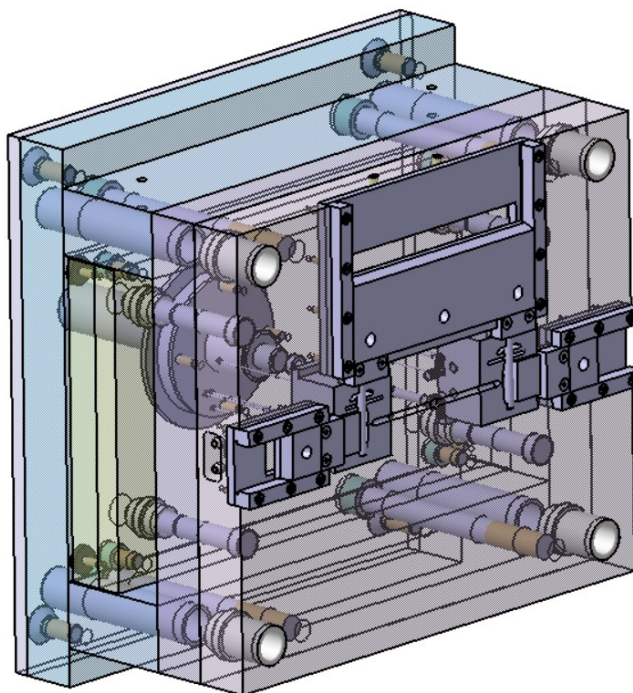
Obr. 33 – Transportní můstek

## 7.10 Sestava vstříkovací formy

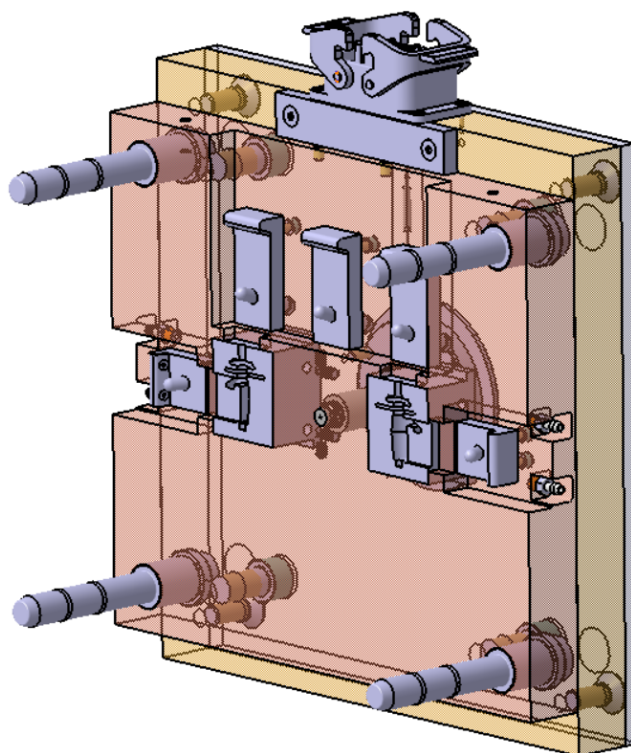
Samotná Vstříkovací forma je složena ze dvou částí. První částí je levá strana (pohyblivá strana) a druhou částí je pravá strana (nepohyblivá).



Obr. 34 – Sestava vstříkovací formy



Obr. 35 – Pohled na levou část formy



Obr. 36 – Pohled na pravou část formy



## ZÁVĚR

Vypracování jednotlivých částí bakalářské práce se odvíjelo od oficiálního zadání této práce. Zadáním práce bylo vypracovat část teoretickou a praktickou.

Teoretická část je tvořena literární studií, která se zabývá technologií vstřikování, konstrukcí vstřikovaných dílů a konstrukcí vstřikovací formy.

Náplní praktické části bylo nakreslit 3D model plastového výrobku a následná samotná konstrukce vstřikovací formy pro daný dílec. Při konstrukci formy byly využity normy od společností HASCO, Meusburger a Thermoplay. Dále následovala tvorba výkresů 2D sestavy vstřikovací formy s příslušným kusovníkem.

Daným výrobkem byl izolátor pro elektrické ohradníky CZ 150. Vstřikovaný dílec se skládá z jednoho kusu. Materiál výstřiku je polypropylen. Materiál vyniká díky jeho elektroizolačním vlastnostem, chemické a mechanické odolnosti. Je odolný proti UV záření.

Hlavním úkolem praktické části byl návrh konstrukce vstřikovací formy, která má na jeden pracovní cyklus vyrobit dva výrobky. Zaformování dílce bylo pomocí tvarových vložek. Pro odformování bočních otvorů byly použity posuvné čelisti, které jsou ovládány pomocí šikmých čepů. Byl řešen kombinovaný vtokový systém, který se skládá z horké trysky, studeného rozvodu a vtoku. Vyhození výstřiků probíhá díky vyhazovacímu systému s válcovými vyhazovači. Odvzdušení formy je zajištěno vůlí kolem vyhazovačů a dělících rovin. Temperační médium proudí vrtanými kanálky přímo v tvarových deskách, tvárnici a tvárníku.

Vstřikovací forma je konstruována pro vstřikovací stroj ALLROUNDER 370 S od firmy ARBURG.

Na základě vytvoření 3D modelu výrobku a vstřikovací formy následovala tvorba 2D výkresů sestavy formy s příslušným kusovníkem.

Návrh modelu výstřiku i vstřikovací formy s příslušnými výkresy proběhl v konstrukčním programu CATIAV5 R19.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] LENFELD, Petr. Technologie II – Vstřikování plastů, TU Liberec – Fakulta strojní.  
Dostupný z:  
[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/obsah\\_plasty.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/obsah_plasty.htm)
- [2] TOMIS, František. Základy gumárenské a plastikářské technologie. Brno : VUT v Brně, 1980. str. 178.
- [3] ŠTĚPĚK, Jiří a ZELINGER, Jiří. Technologie zpracování a vlastnosti plastů. 1. vyd. Praha : SNTL, 1989. str. 637.
- [4] BOBČÍK, Ladislav a kol. Formy pro zpracování plastů I.díl- Vstřikování termoplastů. 2.vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. str. 134.
- [5] ŘEHULKA, Zdeněk. Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů: polymery. 2. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o, 2015. ISBN 978-80-7204-919-6.
- [6] DVOŘÁK, Zdeněk a LÉDLOVÁ, Hana. Základy výrobních procesů - Výrobní technologie zpracování polymerů vstřikováním. Zlín : UTB ve Zlíně, 2007. str. 84.
- [7] BOBČÍK, Ladislav. Formy pro zpracování plastů II.díl Vstřikování termoplastů. Brno : UNIPLAST, 1999. str. 214.
- [8] HYNEK, Martin. Ukázkové vývojové projekty z praxe pro posílení praktických znalostí budoucích strojních inženýrů: Plastové díly. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013. Dostupné z: [https://www.kks.zcu.cz/projekty-verfin/OPVK\\_PU/KA\\_05/](https://www.kks.zcu.cz/projekty-verfin/OPVK_PU/KA_05/)
- [9] SEIDL, M. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů*, publi.cz, 2016 Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/Impresum.html>
- [10] LENFELD, P. *Technologie vstřikování*; publi.cz, 2016 Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Impresum.html>
- [11] BOBEK, J. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů*; publi.cz, 2016 Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Impresum.html>

- [12] DUCHÁČEK, Vratislav. Polymery výroba, vlastnosti, zpracování, použití. 2. vyd. Praha : Vysoká škola chemicko technologická v Praze, 2006. str. 280.  
ISBN 80-7080-617-6. Dostupný z WWW:  
[http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_isbn-80-7080-617-6/pages-img/obalka-1.html](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-617-6/pages-img/obalka-1.html)
- [13] VM Plast: VM Plast [online]. Copyright ©  
[cit. 09.05.2020]. Dostupné z: <https://www.vmplast.cz/sortiment/polypropylen>
- [14] ARBURG [online]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/cs/cz/>
- [15] OSSWALD, Tim A., Lih-SHeng TURNG a Pail J. GRAMANN. Injection molding handbook. 2nd. ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s.  
ISBN 978-1-56990-420-6
- [16] BEAUMONT, John P. Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding. 2nd ed. Cincinnati: Hanser, c2007. ISBN 1569904219.
- [17] TICKOO, Sham. *CATIA: kompletní průvodce*. Brno: Computer Press, 2012.  
ISBN 978-80-251-3527-3.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$T_g$	Teplota skelného přechodu [ $^{\circ}\text{C}$ ]
$F_p$	Přisouvací síla [N]
$F_u$	Uzavírací síla [N]
$T_F$	Teplota formy [ $^{\circ}\text{C}$ ]
Kg	Kilogram
2D	Dvourozměrný prostor
3D	Třírozměrný prostor
$^{\circ}\text{C}$	Stupeň Celsia
Mm	Milimetr
apod.	A podobně
tzv.	Takzvaně
tzn.	To znamená
SW	Software
ITT	Index toku taveniny [g/10min]
SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
$\text{cm}^3$	Centimetr krychlový
PP	Polypropylen
kN	Kilonewton
kW	Kilowatt
MPa	Megapascal
Nm	Newtonmetr

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 – Vstřikovací cyklus [11] .....	12
Obr. 2 – Vstřikovací stroj [11].....	13
Obr. 3 – Vstřikovací jednotka [9] .....	14
Obr. 4 – Rozdělení polymerů [12] .....	17
Obr. 5 – Struktura amorfního a semikrystalického termoplastu [1] .....	18
Obr. 6 – Struktura reaktoplastu [1] .....	19
Obr. 7 – Struktura elastomeru [1] .....	19
Obr. 8 – Tloušťka stěny vstřikovaného plastového výrobku [11] .....	23
Obr. 9 – Návrh úkosu plastového vstřikovaného dílu [11].....	24
Obr. 10 – Vznik propadliny [11] .....	24
Obr. 11 – Základní rozměry žebra [11] .....	25
Obr. 12 – Vliv smrštění na rozměry vstřikovaného plastového dílu [11].....	26
Obr. 13 – Příklad umístění dutin [11] .....	30
Obr. 14 – Funkce stírací desky [11].....	31
Obr. 15 – Schéma studeného vtokového systému [8].....	33
Obr. 16 – Bodový vtok přímo do dutiny formy [8] .....	34
Obr. 17 – Tunelový vtok [8] .....	35
Obr. 18 – Rozvodný blok ve tvaru T [8].....	36
Obr. 19 – Příklad temperačního systému [11] .....	37
Obr. 20 – Rozmístění odvodušňovacích kanálů [11].....	38
Obr. 21 – Model výrobku .....	42
Obr. 22 – Vstřikovací stroj ALLROUNDER 370 S [14] .....	44
Obr. 23 – Násobnost formy.....	46
Obr. 24 – Dělicí roviny .....	47
Obr. 25 – Tvárník, tvárnice.....	48
Obr. 26 – Tvarové části čelistí formy .....	48
Obr. 27 – Vyhazovací systém vstřikovací formy .....	49
Obr. 28 – Pohyblivé čelisti vstřikovací formy .....	50
Obr. 29 – Popis posuvné čelisti .....	51
Obr. 30 – Vtoková soustava formy .....	52
Obr. 31 – Temperační okruh levé části formy .....	52
Obr. 32 – Temperační okruh pravé části formy.....	53

---

Obr. 33 – Transportní můstek .....	53
Obr. 34 – Sestava vstřikovací formy .....	54
Obr. 35 – Pohled na levou část formy .....	55
Obr. 36 – Pohled na pravou část formy .....	55

## SEZNAM PŘÍLOH

- PI Výkresy
- PII Kusovník
- PIII CD disk