

# Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu součástky automobilu

Patrik Dohnal

---

Bakalářská práce  
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2017/2018

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Patrik Dohnal**  
Osobní číslo: **T14069**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu součástky automobilu**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární studii na dané téma.**
- 2. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu.**
- 3. Vytvořte konstrukční návrh vstřikovací formy ve 3D pro zadaný plastový díl.**
- 4. Nakreslete řez sestavy formy a příslušné pohledy včetně kusovníku.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího BP.**

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Ing. Michal Staněk, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**2. ledna 2018**

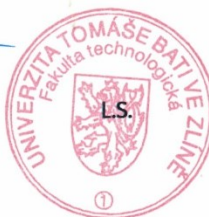
Termín odevzdání bakalářské práce:

**18. května 2018**

Ve Zlíně dne 19. února 2018



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



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

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 11.5.2018



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá konstrukcí formy pro vstřikování polymeru, popisuje celý proces vstřikování, ke kterému tato forma bude sloužit. Dále popisuje dostupné technologie, které byly využity při zpracování praktické části.

Nejprve proběhla rešerše zdrojů k danému tématu, ze které vychází teoretická část práce. Z nasbíraných zkušeností za absolvované studium byl za pomoci softwaru vytvořen 3D model zadaného výrobku a později vstřikovací forma a k ní potřebná výkresová dokumentace.

Výsledkem bakalářské práce je konstrukční řešení dvojnásobné vstřikovací formy pro díl automobilu.

Klíčová slova:

vstřikovací forma, polymery, 3D model, CATIA, konstrukce, díl automobilu

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the design of mold for polymer injection, describes the whole injection process to which this form will serve, and describes the available technologies, which were used in the processing of the practical part of thesis.

First, there was a resource search for the given topic, from which the theoretical part of this thesis is based. From the acquired experience, the 3D model of the given product was created with the help of the software and later the injection mold and the drawing documentation required.

The result of the bachelor thesis is the design solution of the double injection mold for the car part.

Keywords:

injection mold, polymers, 3D model, CATIA, construction, car part

Chci poděkovat v první řadě vedoucímu práce panu doc. Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za velmi cenné rady. Dále mým kolegům z fakulty za jejich loajálnost. Můj velký dík patří rodině za psychickou podporu při vytváření práce a dále Studentské unii UTB, bez které bych se ve Zlíně neobešel.

„Ideas worth spreading“

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

Dále prohlašuji, že jsem na bakalářské práci (dále jen BP) pracoval samostatně a citoval jsem veškerou literaturu která je na konci této BP. Všechny komponenty a výkresy, které jsou předmětem této BP jsem vytvářel samostatně a v softwaru s platnou licencí.

# OBSAH

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ÚVOD</b> .....                             | <b>9</b>  |
| <b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....                | <b>10</b> |
| <b>1 POLYMERY</b> .....                       | <b>11</b> |
| 1.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ .....                  | 11        |
| 1.1.1 Termoplasty.....                        | 11        |
| 1.1.2 Reaktoplasty.....                       | 12        |
| 1.2 PŘÍPRAVNÉ OPERACE PŘED VSTŘIKOVÁNÍM ..... | 12        |
| 1.2.1 Doprava .....                           | 12        |
| 1.2.2 Sušení .....                            | 12        |
| 1.2.3 Míchání .....                           | 13        |
| 1.2.4 Granulace .....                         | 14        |
| 1.2.5 Recyklace Plastů .....                  | 14        |
| <b>2 VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....                    | <b>15</b> |
| 2.1 PRINCIP VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....        | 15        |
| 2.1.1 Vstřikovací cyklus.....                 | 15        |
| 2.1.2 Vstřikovací jednotka .....              | 16        |
| 2.1.2.1 Tavicí komora .....                   | 17        |
| 2.1.2.2 Tryska .....                          | 17        |
| 2.1.2.3 Násypka .....                         | 17        |
| 2.1.2.4 pohon .....                           | 17        |
| 2.1.2.5 Šnek .....                            | 18        |
| 2.1.3 Uzavírací jednotka .....                | 18        |
| <b>3 KONSTRUKCE FORMY</b> .....               | <b>19</b> |
| 3.1 KONSTRUOVÁNÍ FORMY .....                  | 19        |
| 3.2 VOLBA NÁSOBNOSTI FORMY .....              | 20        |
| 3.3 ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU .....                | 20        |
| 3.4 VTKOVÝ SYSTÉM .....                       | 20        |
| 3.4.1 Hlavní vtokový kanál .....              | 20        |
| 3.4.2 Rozváděcí kanály .....                  | 21        |
| 3.4.3 Vtokové ústí .....                      | 21        |
| 3.4.3.1 Plný kuželový vtok .....              | 21        |
| 3.4.3.2 Bodový vtok.....                      | 22        |
| 3.4.3.3 Tunelový vtok .....                   | 23        |
| 3.4.3.4 Filmový vtok.....                     | 24        |
| 3.4.4 Vyhřívané vtokové systémy .....         | 24        |
| 3.4.4.1 Trysky .....                          | 25        |
| 3.4.4.2 Rozvodové bloky .....                 | 25        |
| 3.4.5 Studené vtokové soustavy .....          | 26        |
| 3.4.5.1 Vtokové kanály .....                  | 26        |
| 3.5 TEMPERACE.....                            | 27        |
| 3.5.1 Návrh temperačního systému.....         | 28        |
| 3.5.1.1 Přepážkový systém .....               | 29        |
| 3.5.1.2 Systém Contura®.....                  | 29        |
| 3.5.1.3 Systém tepelných trubic.....          | 30        |



|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 3.6       | ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....                         | 30        |
| 3.7       | VYHAZOVACÍ SYSTÉMY.....                        | 31        |
| 3.7.1     | Druhy vyhazovacích systémů .....               | 31        |
| 3.7.1.1   | Vyhazovací kolíky .....                        | 31        |
| 3.7.1.2   | Pneumatický vyhazovací systém .....            | 31        |
| 3.7.1.3   | Speciální druhy vyhazování.....                | 31        |
| 3.7.1.4   | Ruční vyhazování .....                         | 32        |
| 3.8       | VADY VÝROBKŮ.....                              | 32        |
| 3.9       | MATERIÁL PRO VÝROBU FORMY.....                 | 32        |
| <b>II</b> | <b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>                     | <b>33</b> |
| <b>4</b>  | <b>STANOVENÍ CÍLŮ PRAKTICKÉ ČÁSTI.....</b>     | <b>34</b> |
| <b>5</b>  | <b>VSTŘIKOVANÝ DÍLEC .....</b>                 | <b>35</b> |
| 5.1       | MATERIÁL DÍLCE.....                            | 36        |
| <b>6</b>  | <b>POUŽITÉ PROGRAMY .....</b>                  | <b>37</b> |
| 6.1       | CATIA V5R19 .....                              | 37        |
| 6.2       | HASCO KATALOG .....                            | 37        |
| <b>7</b>  | <b>VSTŘIKOVACÍ STROJ .....</b>                 | <b>38</b> |
| <b>8</b>  | <b>KONSTRUKCE FORMY .....</b>                  | <b>39</b> |
| 8.1       | TVAROVÉ ČÁSTI FORMY .....                      | 40        |
| 8.2       | DUTINA FORMY .....                             | 41        |
| 8.3       | VTKOVÝ SYSTÉM .....                            | 42        |
| 8.4       | ODVZDUŠNĚNÍ.....                               | 42        |
| 8.5       | NÁSOBNOST .....                                | 42        |
| 8.6       | TEMPERACE FORMY .....                          | 43        |
| 8.7       | VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....                         | 44        |
| 8.8       | UZAVÍRACÍ ČÁST FORMY (POHYBLIVÁ).....          | 45        |
| 8.9       | VSTŘIKOVACÍ ČÁST FORMY (PEVNÁ).....            | 46        |
| <b>9</b>  | <b>ZÁVĚR.....</b>                              | <b>47</b> |
| <b>10</b> | <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>         | <b>48</b> |
| <b>11</b> | <b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b> | <b>50</b> |
| <b>12</b> | <b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>                     | <b>51</b> |
| <b>13</b> | <b>SEZNAM TABULEK .....</b>                    | <b>52</b> |
| <b>14</b> | <b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>                     | <b>53</b> |

## ÚVOD

Klasické materiály jako dřevo či železo a jejich vlastnosti jsou všeobecně známé. Lidé je používají dlouhá staletí. Od počátků věků do dnešního dne uběhla dlouhá doba a pokrok při zpracování těchto materiálů je obrovský. Velký pokrok se udál také v oboru moderní chemie, kde se rozšířilo množství materiálů opravdu mimořádným způsobem. Výzkumné chemické laboratoře připravují a zavádí do výroby každý den mnoho nových nebo zdokonalených látek se specifickými vlastnostmi. Ruku v ruce s technologiemi zpracování a výroby polymerů jde rozvoj výroby syntetických látek. Tento článek technické revoluce se považuje za podobně důležitý jako použití polovodičů v elektronice nebo ovládnutí jaderné energie.

Plastikářský průmysl je na obrovském vzestupu. Syntetické vlákna a hmoty mají mnoho výborných vlastností, kterým vděčí za široké spektrum využití nejen v průmyslové výrobě ale také v každodenním životě. Jde zejména o malou hmotnost, vysokou pevnost, trvanlivost, a hlavně možnost tváření.

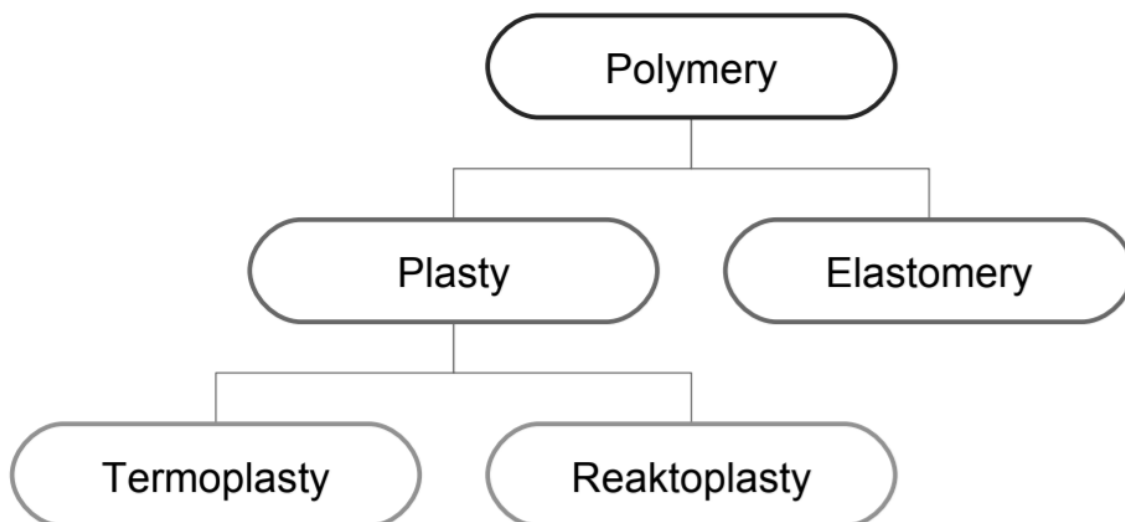
Tvářecí technika je velmi výnosná a ekonomicky výhodná výrobní technologie rozšířená v mnoha oblastech od kusové po velkosériovou výrobu. Tváření je také významným postupem při zpracování plastických hmot.

Důraz na velmi vysokou technickou úroveň a životnost tvářecího nářadí je kladen hlavně při hromadné výrobě tvářených výrobků. Vyžaduje se především naprostá spolehlivost při samočinném pracovním cyklu. Dalším důležitým kritériem je kvalita povrchu nástroje a jeho rozměrová přesnost. Všechna tato kritéria jsou úměrná pořizovacím nákladům nástroje, především formy, náklady na její výrobu a vývoj jsou tak dost vysoké. Ve výsledku jde o hospodárnost, aby nástroj fungoval správně, měl dlouhou životnost a zároveň byl kvalitně zpracován a vytvářel výrobky požadované jakosti.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 POLYMERY

Polymery jsou přírodní nebo syntetické materiály, v jejichž makromolekule se jako článek v řetězu mnohonásobně opakuje monomerní jednotka jako základ. Jde o chemické složení, které umožňuje neobyčejnou variabilitu struktur i vlastností vytvořených látek. Tyto látky lze tvářet za pomoci tepla, tlaku nebo obou činitelů zároveň. [1]



Obr. 1. Rozdělení polymerů

### 1.1 Základní rozdělení

Polymery se dělí do různých skupin podle složení základních řetězců, technických vlastností, stavby organických látek, tvaru molekul, apod.

Prakticky se dělí polymery podle toho, jak reagují na působení tepla. [2]

#### 1.1.1 Termoplasty

Termoplasty jsou polymery, které při působení tepla přecházejí ze stavu tuhého do plastickeho, vysoce viskózního. Za tohoto stavu lze polymer zpracovávat za pomoci různých tvářecích technologií. Zahřívání probíhá beze změny chemických vlastností. Po ochlazení se termoplast vrací do tuhého stavu a vzniká požadovaný tvar. Tato změna je vratná a může se proces opakovat. [3]

### 1.1.2 Reaktoplasty

Při jejich tváření dochází ke změně nevratné. Jde o chemickou reakci, kde polymery přechází z lineárního do síťovaného stavu, čím ztrácejí termoplastický charakter. Mimo zahřátí se také používá vytvrzovací prostředek (katalyzátor). Využití se najde při výrobě vstřikovaných výrobků, vrstvených materiálů nebo nátěrových hmot. Tato velká skupina plastů je označována jako teplem vytvrditelné hmoty. [3]

Jedním z nedostatků tohoto druhu polymeru je pomalejší zpracování v porovnání s termoplasty. Jsou tedy ekonomicky nepříznivé, naopak mezi výhody patří vysoká teplená odolnost, vysoká pevnost v tlaku a také nepodléhají studenému toku. Ideální při využití jako konstrukční materiál. [3]

## 1.2 Přípravné operace před vstřikováním

Příprava plastů před zpracováním je důležitá operace, a to hlavně kvůli ovlivnění chemické struktury a struktury fyzikální. Při přepravě vaků na místo určení může materiál navlhnout nebo se může změnit jeho teplota. Dodávají se také různá plnidla podle toho, jaké výsledné vlastnosti jsou požadovány. [4]

### 1.2.1 Doprava

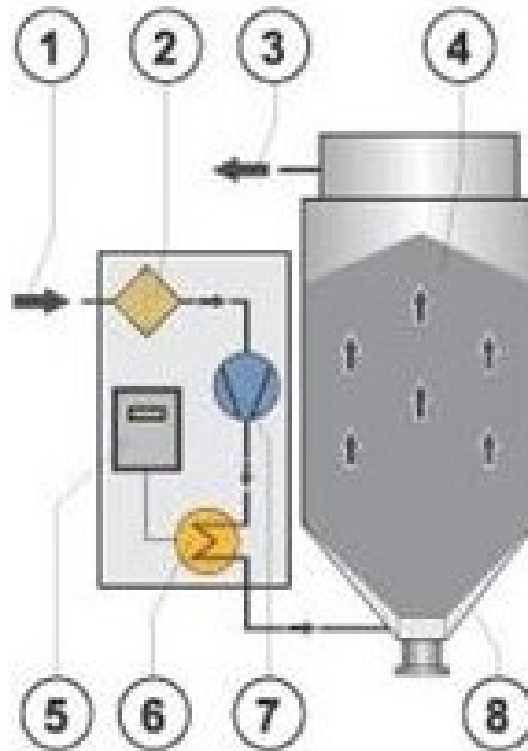
Materiál se dopravuje v nejlepším případě z chemického závodu ke zpracovatelskému zařízení, a to v různých formách a baleních. Pro jednodušší manipulaci a uskladnění se suroviny dodávají v pytlích o hmotnosti 25 kg, 30 kg nebo ve velkoobjemových vacích o nosnosti 500–2000 kg vyrobených z PP [5].

Převážně se jedná o prášek (plniva, saze, PVC, pigmenty), granulát, balíky (kaučuky) nebo pasty či kapaliny (změkčovadla, rozpouštědla, latexy). Pokud se manipuluje s materiálem přímo u zařízení, jde o nejjednodušší způsob, plnění do zásobníků nebo sil, kde se materiál nepoškodí a nepříjde do styku s cizími tělesy nebo prachem. Přímo ze zásobníku se plní příslušná plnicí jednotka materiálem. [4]

### 1.2.2 Sušení

Sušení neboli zbavení absorbované vlhkosti materiálu je potřeba provést vždy před vlastním zpracováním materiálu. Přítomnost vlhkosti se projevuje nejen zhoršováním kvality povrchu výrobku, ale také zhoršenými mechanickými vlastnostmi. Materiál se musí sušit v případě,

že přišel do styku s vodou nejen při přepravě, ale také např. při emulzní polymeraci nebo granulaci, kdy se vytlačovaný profil chladí ve vodní lázni. Děje jako vlhnutí materiálu jsou vratné. Tyto nežádoucí účinky lze odstranit, a nebo dokonce vyloučit, pokud se materiál skladuje ve správných podmínkách. [4]



Obr. 2. Schéma sušící jednotky [4]

1- vstup vzduchu, 2 – filtr, 3 – výstup vzduchu, 4 – směr průchodu vzduchu. 5 – kontrola teploty, 6 – ohřev vzduchu, 7 – dmychadlo, 8 - násypka

### 1.2.3 Míchání

Mícháním se myslí rovnoměrné rozptýlení jednotlivých látek v celkovém obsahu základní směsi polymeru. Tato operace se dělí z pohledu skupenství míchaných hmot na suché a kapalné. Dále můžeme tyto operace dělit podle spotřebované energie při míchání.

Při míchání suchých a sypkých materiálů se používají míchačky sudové nebo bubnové. Naopak při míchání kapalných směsí o nízké viskozitě (nátěrové hmoty, lepidla) se používají dvouramenné míchací zařízení, které mají ramena nejčastěji ve tvaru S. [4]

#### 1.2.4 Granulace

Jednou z posledních fází přípravy, zvláště polymerních materiálů, je granulace. Po přeměně dostáváme tzv. granulát, který je připraven k vlastnímu zpracování. Jde o stejnoměrné částice oblé nebo hranaté. Jejich velikost je několik milimetrů. Takový granulát je nejvhodnější k plnění násypek vytlačovacích nebo vstřikovacích strojů a zajišťujících nepřetržitý přísun materiálu pro zpracování. [3]

#### 1.2.5 Recyklace Plastů

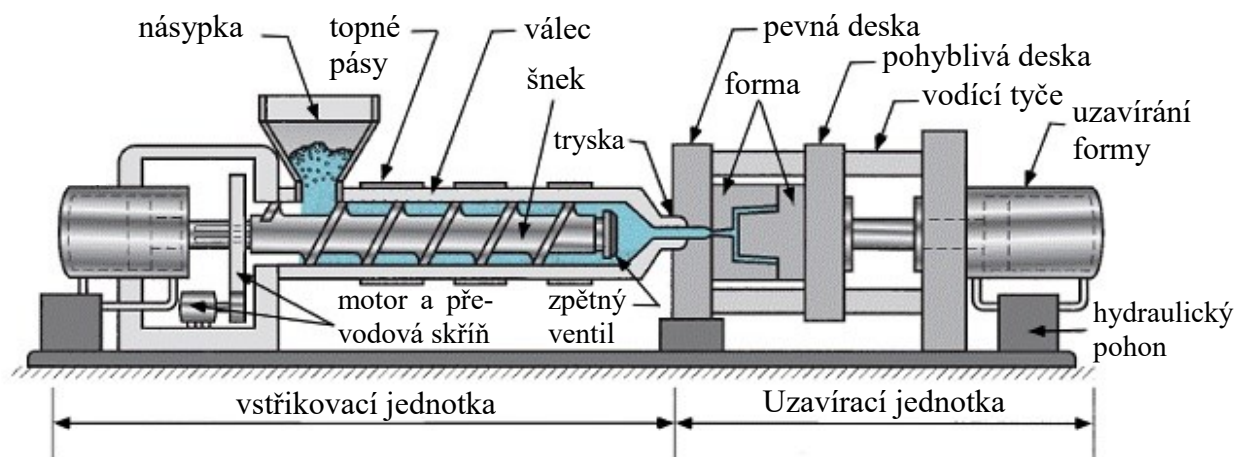
Účelem recyklace plastů je lepší hospodárnost při výrobě. Pokud vzniká velké množství odpadu, výrazně se zvyšuje cena výrobku. Při recyklaci plastů je zásadní určit, jak se plastový recyklát bude dále využívat, je to důležité kvůli kvalitě následného výrobku. Odpadový materiál lze rozdělit na dva druhy, technologický a užitý odpad. V prvním případě jde o vtokové systémy, odstříky, vadné výrobky a další. Technologický odpad je relativně kvalitní, srovnatelný s původním, doposud nezpracovaným materiálem a to proto, že tento druh odpadu nepřišel do styku s žádným výraznějším znečištěním či poškozením. V dalším případě jde o odpad užitný, který je obvykle poznamenán znečištěním. Dalším důležitým faktorem poškození polymerů je stárnutí při jejich používání. [3]

## 2 VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování vychází svým principem z technologie tlakového lití. Pomocí technologie vstřikování vznikají výrobky jak jednoduchých, tak i složitých tvarů. Kus vyrobený touto metodou může mít podobu konečného výrobku nebo polotovaru, který slouží ke zkompletování samostatného celku. Vstřikované výrobky vynikají především velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností. Jde o nejpoužívanější technologii pro zpracování termoplastů, elastomerů, kompozitů i kaučukových směsí. [6]

### 2.1 Princip vstřikovacího stroje

Technologie vstřikování plastů tvoří cyklický proces prováděný na šnekovém nebo pístovém vstřikovacím stroji. Jeho úkolem je dopravit materiál do plastikační jednotky, natavit materiál, provést vstřik do formy nakonec zajistit dotlak taveniny do formy. [6]



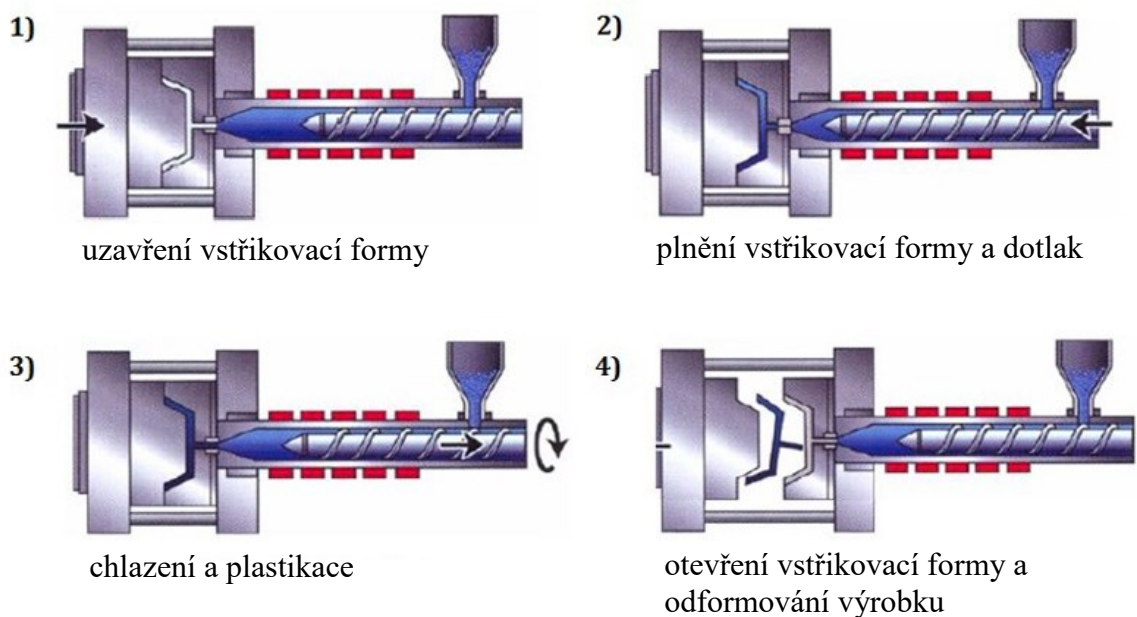
Obr. 3. Schéma vstřikovacího stroje [7]

#### 2.1.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus popisuje několik fází, které se navzájem překrývají viz. (obr.3). Samotný cyklus začíná uzavřením vstřikovací formy a zároveň dopravou materiálu do zásobníku, který si dle potřeby odebírá materiál. Za pomoci šneku materiál směřuje do tavící komory. Celý tento systém se nazývá plastikační komora. Během této operace se materiál za působení vnějších vlivů tepla a tření předehřívá, aby byl nataven na správnou teplotu a vznikla tzv. tavenina. Dále je vstřikovací jednotka přisunuta k formě a usazena. Po dosednutí probíhá vstřikování taveniny do formy, většinu práce odvede šnek, který nerotuje a provádí pouze



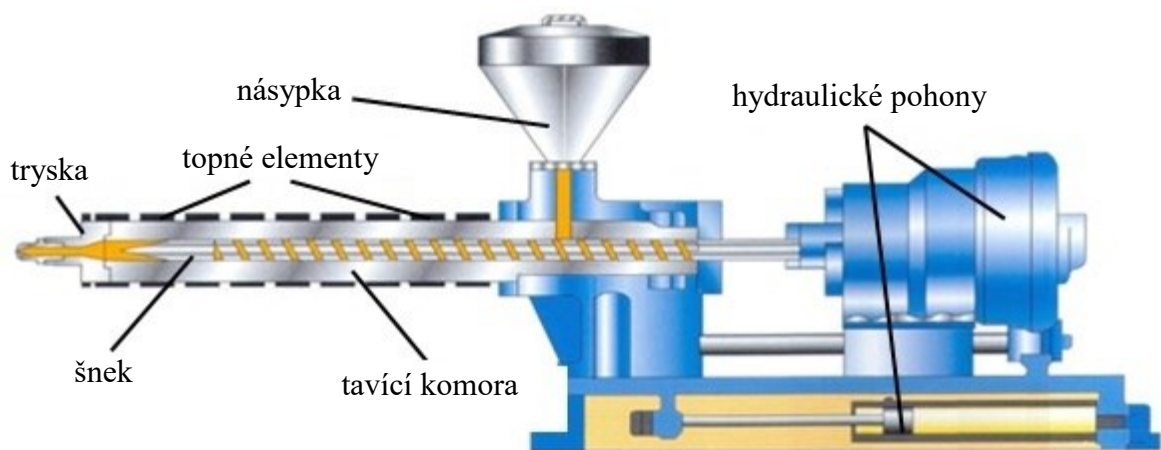
axiální pohyb směrem k formě. Jakmile zatuhne vtokový systém, odsouvá se vstříkovací jednotka. Poté forma ještě určitý čas setrvává uzavřená, aby zatuhla tavenina ve formě. Následně se forma otevírá a vyhazuje se výrobek do příslušných nádob či kontejnerů. Tímto skončil pracovní cyklus a probíhá příprava na cyklus následující. Při odsouvání plastikační jednotky se natavuje materiál na cyklus další. Při vstříkování je kladen velký důraz na správné provedení každého kroku, to je předpokladem pro výrobu dokonalého výrobku. [6]



Obr. 4. Schéma vstříkovacího cyklu [8]

### 2.1.2 Vstříkovací jednotka

Základní funkcí vstříkovací jednotky je převést tuhý materiál do stavu vysoce viskózní taveniny. Poté se musí tavenina dopravit do dutiny vstříkovací formy s dodržением správných podmínek pro vytvoření výrobku požadovaného tvaru a kvality. Jedním z nejrozšířenějších typů vstříkovacích jednotek jsou šnekové. Tento šnek rotuje kolem své osy, pohybuje se v této ose axiálně dopředu směrem k formě a zpět. Daný pohyb zajišťuje posuvná konzola, ke které se celá vstříkovací jednotka upevňuje. Mimo pohyb šneku, konzola také zajišťuje přísun kompletní tavící jednotky a má za úkol usadit vstříkovací trysku na vtokovou vložku formy. Kompletní zařízení vstříkovací jednotky musí zabezpečit velmi přesnou kontrolu pozice, rychlost pohybu šneku i celé jednotky a také působících tlaků. Konstrukce jednotky se musí vyrobit tak, aby byl umožněn dobrý přístup k součástkám a součástky tak byly v případě poruchy nebo údržby jednoduše vyměnitelné nebo opravitelné. [8]



Obr. 5. Vstřikovací jednotka [8]

### 2.1.2.1 Tavící komora

Jednoduše řečeno jde o kovový dutý válec ukončený vstřikovací tryskou. Její obvod je obklopen temperačním zařízením spolu s vrstvou izolace. Velikost temperačních zařízeních udává délka tavící komory. Ve válci je umístěn vedený šnek napojený na manipulační jednotku zajišťující jeho pohyb. [8]

### 2.1.2.2 Tryska

Tryska je nepostradatelná součást vstřikovací jednotky, zajišťuje dočasné spojení vstřikovací jednotky s formou. Spojení musí být dokonale těsné. Těsné spojení funguje díky vyvozené velké přitlačné síle a zaoblené špičce trysky s velkým rádiusem. Tento rádius musí být menší než rádius dosedací plochy vtokové vložky formy. Existují dva základní druhy trysek, uzavíratelné nebo volně průtočné. [8]

### 2.1.2.3 Násypka

Vstřikovací jednotka je osazena násypkou, pomocí které je přiváděn do tavící komory polymerní materiál. Klasické násypky jsou konstruovány tak aby za pomoci gravitační síly a vlastní hmotnosti materiál samovolně zásobil komoru. [8]

### 2.1.2.4 pohon

O pohyb a pohon vstřikovacích strojů se starají elektromechanické nebo elektrohydraulické systémy. Tyto systémy zajišťují rotační a posuvné pohyby soustavy a jednotlivých součástí. Tyto pohony jsou velmi účinné, mohou vyvinout sílu 500 až 5000 kN. Jsou uzpůsobeny k

zajištění pohybu mechanismů uzavíracích jednotek, posuvů vstřikovacích jednotek a šneků či vyhazovacích systémů. [8]

#### **2.1.2.5 Šnek**

Šnek je pracovní člen uvnitř tavicí komory, který zajišťuje mnoho funkcí. Jeho profil se mění v celé jeho délce stejně tak jako stoupání. Základní funkční zóny šneku jsou tři. První zóna pod násypkou má za úkol odebrat granulát z násypky a dopravit jej do tavicí komory. Při vstupu granulátu do druhé části se stoupání a hloubka šroubovice zmenšuje, dochází k intenzivnímu intenzivně presování, zóna se nazývá kompresní. V posledním – homogenizačním pásmu je zapotřebí taveninu dostatečně promíchat, čím se zajistí, že se teplota rovnoměrně rozloží v celé dávce taveniny, která se hromadí v poslední části je připravená pro vstříknutí do formy. [4]

#### **2.1.3 Uzavírací jednotka**

Jejím úkolem je otevírat a uzavírat formu podle druhu vstřikovacího procesu. Uzavírací jednotka musí formu zajistit dostatečnou uzavírací silou, aby se forma při vstřikování taveniny neotevřela. Hlavní části uzavírací jednotky jsou:

- opěrné desky spojené s ložem stroje,
- pohyblivé desky, na nichž je upnuta pohyblivá část formy,
- upínací desky s otvorem pro trysku stoje, na ni jsou připevněny nepohyblivé části formy,
- vedení pohyblivé desky z uzavíracího a přidržovacího mechanismu.

Konstrukce uzavíracích jednotek mohou být hydraulické, mechanické nebo jejich kombinace. Uzavírací a vstřikovací jednotky jsou umístěny proti sobě v jedné ose nebo také kolmo. Orientace se dělí podle technologie výroby na vertikální nebo horizontální. [4]

### 3 KONSTRUKCE FORMY

#### 3.1 Konstruování formy

Vstřikovací forma je upnutá na vstřikovacím stroji. Tvar výrobku definují tvarové části upnuté v protilehlých deskách. Vstříknutím taveniny do dutiny mezi tvárník a tvárnici a následným ztuhnutím vzniká výrobek. Formy jsou nejčastěji dvojdílné, tvořené částí tvárnice upnuté na pevné desce soustavy a částí tvárníku upnutého na pohyblivé části soustavy. Používají se také vidlicové formy jako například etážové s otočnou etáží nebo tandemové formy. Po uzavření a uzamknutí pohyblivé části formy se oba tvary s dělicí rovinou musí zabezpečit proti pohybu. Stejně tak se musí zabezpečit i posuvné tvarové čelisti navázané šikmými kolíky nebo hydraulickými válci. Přesnost a souosost spojení obou částí zajišťují vodící kolíky, kužely a zámky na jedné straně formy a pouzdra na straně druhé. Výchozí podklady pro konstruování formy jsou technické výkresy, modely výstřiku a technické požadavky. Je potřeba znát, které stěny jsou pohledové a funkční, a také drsnosti jednotlivých povrchů. [13]



Obr. 6. Vstřikovací forma

### 3.2 Volba násobnosti formy

Volba násobnosti formy tkví především ve volbě požadovaného množství výrobků, jeho složitosti a velikosti. Je zapotřebí brát ohled na to, jaký typ stroje bude s formou manipulovat. Pro malé velikosti výrobku, prototypové a ověřovací série se volí jednoduché, jednonásobné formy za investování minimálních výrobních nákladů. V případě velkosériové výroby je nutné provést technický a ekonomický rozbor. Je možno vytvořit více návrhů a poté vybrat ten s nejvyšší výkonností a hospodárností. [12]

### 3.3 Zaformování výstřiku

Pojem zaformování znamená vytvoření dutiny ve formě, která bude totožná s daným modelem vstříkovanému dílu. Dutina formy tvoří dvě části. Jednou z částí je dutina v tvárnici a druhou částí je dutina v tvárníku formy. Dutina odpovídá tvaru negativu vstříkovaného dílu před smrštěním. Je tvořena trojrozměrnými plochami, které vznikají ořezáním nebo odečtením ploch a těla vstříkovaného dílu (který je zvětšený o smrštění) od bloků nástroje. Smrštění je tepelná kontrakce uvnitř materiálu. Kontrakce je pro každý materiál jiná, zpravidla udávána výrobcem. Ve skutečnosti je zmenšení rozměrů výstřiku menší po jeho vyhození z formy, než odpovídá čisté tepelné kontrakci. Pojem kontrakce sdružuje výrazy jako smrštění, zmenšení nebo stah. Finální smrštění výrobku je ovlivněno i několika jinými faktory, jako vstříkovacími parametry, tloušťkou stěn, tvarovou složitostí, vtokovým systémem apod. Nejspolehlivější metodou určení smrštění je změření prototypu (pokud je k dispozici), nebo dílu obdobné tvarové složitosti, se stejným vtokovým systémem a vyrobeným z totožného materiálu. [11]

### 3.4 Vtokový systém

Vtokové systémy se skládají ze základních částí, které umožňují dopravení taveniny polymeru do dutiny formy. Mezi hlavní části vtokového systému patří hlavní vtokový kanál neboli vtoková vložka, rozváděcí kanály a vtokové ústí. [11]

#### 3.4.1 Hlavní vtokový kanál

Do hlavního vtokového kanálu se vstříkuje tavenina polymeru přímo z trysky vstříkovacího stroje. Tryska se centruje pomocí středícího kroužku na vtokovou vložku formy. Vtokový kanál ústí přímo do dutiny formy, nebo do rozváděcích kanálů, které vedou k ústí dutiny

formy. Vtoková vložka je normalizovaný díl a je možné ji okamžitě vyměnit. Je také velmi tepelně a mechanicky namáhána, proto se vyrábí z houževnatých materiálů. [11]

### 3.4.2 Rozváděcí kanály

Rozváděcí kanály jsou ústím hlavního vtokového kanálu. Jejich úkolem je dopravit taveninu polymeru od hlavního vtokového kanálu k ústí do dutiny. Jejich velikost závisí na velikosti vstříkovaného dílu a určuje se pomocí empirických vztahů nebo lépe za pomoci moldflow analýzy. Jejich délka se konstruuje tak, aby byla co nejkratší a je závislá na násobnosti a typu formy. [11]

### 3.4.3 Vtokové ústí

Vtokové ústí umožňuje dopravu taveniny a má zaručit, pokud možno nejmenší ztrátu tlaku. Toto místo je oproti vtokovému kanálu zúžené, a to z důvodu zvýšení tlaku průtoku taveniny a díky hydraulickým zákonům zde nedochází k předčasnému zatuhnutí vtoku. Zvýšený tlak zároveň také zvyšuje klesající teplotu taveniny, omezuje strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím zabraňuje vytváření povrchových vad. Umístění vtokového ústí má rozhodující vliv na vzhled a jakost vstříkovaného výrobku. Umisťuje se z pravidla do geometrického středu dutiny, tak aby tavenina zatekla do všech míst rovnoměrně. Délka vtokového ústí se volí co nejmenší a je omezena pevností materiálu. Zároveň také musí zajistit řádné zaplnění dutiny formy i případně následné působení dotlaku. [12]

#### 3.4.3.1 Plný kuželový vtok

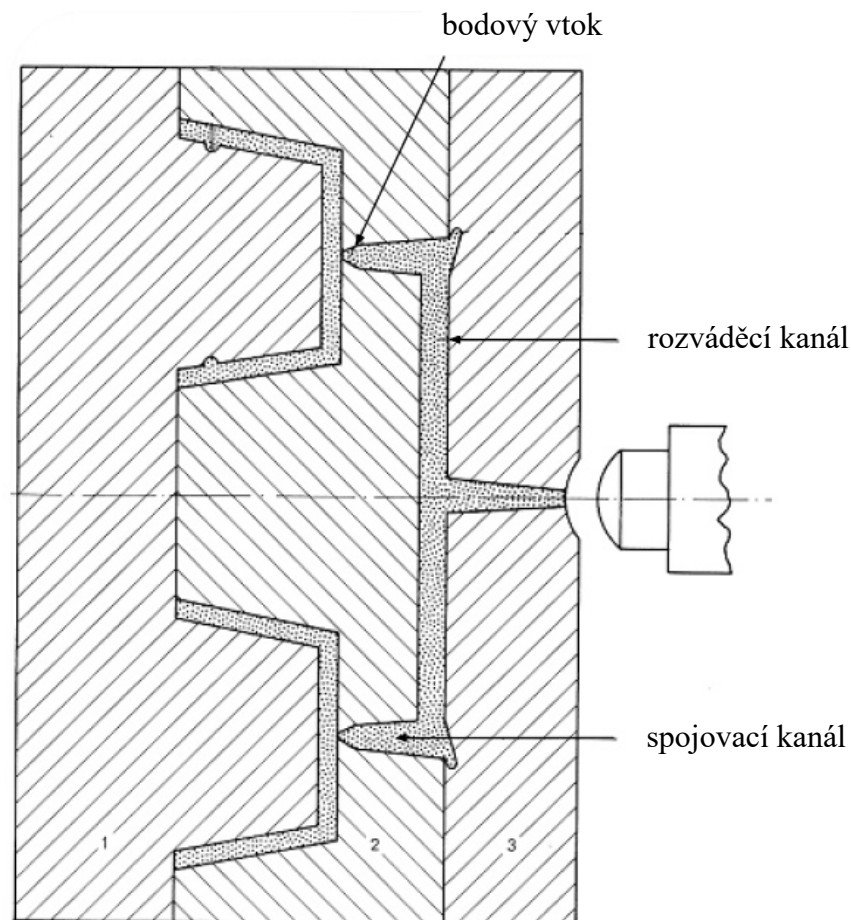
Přivádí taveninu do tvarové dutiny přímo, bez zúženého vtokového ústí. Používá se většinou u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou nebo u velkoobjemových výrobků, a to jen tam, kde stopa po odstranění vtokového zbytku nebude na vadit vzhledu výstříku. Odstranění vtoku je velmi problematické z důvodu zanechání stopy na výrobku. Velikost průřezu vyústění závisí na váze a tloušťce výrobku, na délce tečení taveniny a na druhu polymeru. Průřez plného vtoku, v závislosti na váze výstříku, udává orientačně *tab. 1*. Délku tečení, tloušťku stěny a popř. materiál je nutno posoudit zvlášť. Při navrhování vtokové vložky pro vícenásobné formy je doporučeno postupovat podle tabulky. Je potřeba použít kontrolní výpočty a tyto hodnoty si ověřit. [13]

Tab. 1. Průřez plného vtoku v závislosti na váze výstřiku

| Váha výstřiku [g] |     | d [mm] | Váha výstřiku [g] |      | d [mm] |
|-------------------|-----|--------|-------------------|------|--------|
| od                | do  |        | od                | do   |        |
|                   | 10  | 1,5    | 200               | 400  | 7,0    |
| 10                | 20  | 2,5    | 400               | 800  | 8,0    |
| 20                | 40  | 3,5    | 800               | 1200 | 9,0    |
| 40                | 60  | 4,0    | 1200              | 2000 | 10,0   |
| 60                | 100 | 5,0    | Nad               | 2000 | 13,0   |
| 100               | 200 | 6,0    |                   |      |        |

### 3.4.3.2 Bodový vtok

Bodové ústí se považuje za nejvíce rozšířenou a ustálenou technologii. Požaduje konstrukci třídeskových forem, jejichž nevýhodou je hlavně vyšší pořizovací cena. Třídeskový systém umožňuje oddělení nejprve vtokového zbytku od výstřiku během otevírání formy a poté následně otevření dělicí roviny s tvarovou dutinou. Při správném použití bodového ústí se dosáhne téměř neznatelné stopy po vtoku a není nutné dodatečně výstřik obrábět. Je možné, že po odtržení vtokového ústí zůstane na výrobku výstupek. Tomuto nežádoucímu jevu lze zabránit vytvořením čočkovitého nálitku proti ústí vtoku. Bodové ústí zajišťuje také rovnoměrnější plnění formy a dobré odvodušnění tvarové dutiny. Nedoporučuje se pro výrobu rozměrově větších výrobků z méně viskózních a plněných materiálů. [14]



Obr. 7. Tříděskové řešení s bodovým vtokem [14]

### 3.4.3.3 Tunelový vtok

Tunelový vtok je zvláštním případem bodového toku. Má výhodu, že vtokový zbytek může ležet ve stejné dělicí rovině jako výrobek. Umístěn může být v pevné i pohyblivé části formy. Není nutnost formu konstruovat s více dělicími rovinami. Pro dobrou funkci tunelového vtoku je potřeba zajistit, aby hrana, která odděluje při odformování vtokový zbytek od výstřiku byla ostrá. Řešení tunelového vtoku se nehodí při výrobě vzhledově náročných výrobků. Je možné vytvořit, při konstrukci formy, náliček pokud to nevede k narušení funkčnosti výrobku. Oddělení vtokového zbytku se provádí při otevírání formy nebo při vyhazování výstřiku. Rozměry ústí jsou shodné s hodnotami pro bodový tok. Při konstruování tunelového vtoku je potřeba také vytvořit přidržovač vtokového kanálu spolu s vyhazovačem. Existuje také zvláštní typ tunelového vtoku a tím je srpkovitý vtok, který umožňuje umístit vtokové ústí do části výrobku, kde se tolik nedbá na kvalitu a vzhled povrchu. Tunelový vtok není vhodný při vstřikování křehkých polymerů. [14]

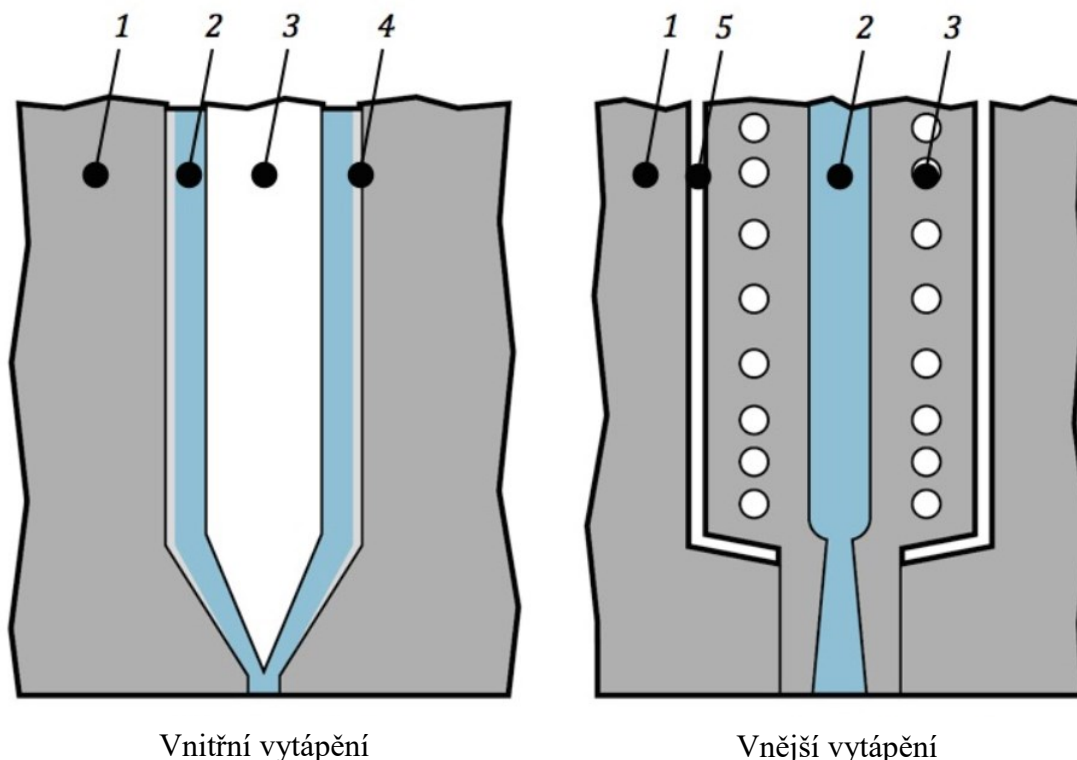


#### 3.4.3.4 *Filmový vtok*

Filmový vtok se řadí mezi skupinu nepoužívanějších bočních vtoků. Pomocí filmového vtoku se vstřikují kruhové a trubicové výrobky s vyššími požadavky na výslednou kvalitu. Patří mezi ně také vtoky deštníkové, prstencové a diskové. Nevýhodou filmového vtoku je oddělování vtokového systému až po vyhození dílu mimo formu. Filmový vtok je vhodný pro vstřikování polymerů plněných např. skelnými vlákny a také pro vstřikování tenkých plochých dílů. [11]

#### 3.4.4 **Vyhřívané vtokové systémy**

Jsou sestavy složené především ze základních vyhřívaných komponent. Tyto komponenty udržují vstřikovaný polymer v ideální vstřikovací teplotě, aby se mohla následně přesunout do dutiny formy. Pokud je teplota taveniny konstantní, zaručuje stálou viskozitu v celém průřezu a délce rozvodného systému od vtoku až do ústí dutiny. Největší výhodou vyhřívané vtokové soustavy je snížení času výrobního cyklu. Odpadá také nutnost výroby vtokových kanálů, snižuje se vznik odpadního materiálu při vstřikování. Snižují se také náklady na dokončovací operace výrobku. Dopravovaná tavenina je vstřikována do dutiny za pomoci menších tlaků oproti studenému vtoku. Naopak nevýhodou vyhřívaného vtokového systému je náročnější konstrukční zástavba do formy, vyšší pořizovací a provozní náklady. Jsou zde kladeny vyšší požadavky na obsluhu. Vyhřívané vtoky také nelze použít pro některé materiály z důvodu jejich citlivosti na vstřikovací teplotu. Doporučuje se také, aby byl horký rozvodový blok uložen ve formě s dostatečnou vůlí a byla zajištěna jeho tepelná dilatace a byl zároveň dobře odizolován od ostatních částí formy. Vyhřívaný vtok lze kombinovat se studeným vtokem. [14]



Obr. 8. Druhy horkého rozvodu [17]

1 – forma, 2 – kanál pro proudění taveniny, 3 – topné těleso,  
4 – zatuhlá vrstva polymeru, 5 – izolační vzduchová mezera

#### 3.4.4.1 Trysky

Trysky jsou ohřívány pomocí elektrické kabeláže, která rozděluje topení trysek na vnější a vnitřní. Vnější ohřev zajišťuje navinutý topný svazek okolo trysky. Tavenina prochází osou trysky. U trysek s vnějším ohřevem také dochází k nejmenším tlakovým ztrátám. Vnitřní ohřev trysky probíhá tak, že tavenina obíhá vyhřívací těleso, kde je do osy trysky nasunuta topná patrona. Toto řešení je ideální, pokud je potřeba regulovat teplotu taveniny v ústí trysky a lépe izolovat trysku od ostatních dílů a okolí. Není doporučeno tyto trysky používat při výrobě transparentních dílů s velkými požadavky na vzhled, kvalitu a průhlednost. [11]

#### 3.4.4.2 Rozvodové bloky

Vyhřívané rozvodové bloky se používají pro rozvádění taveniny do vícenásobných forem. Jejich tvar a uspořádání je závislé na tvaru a velikosti vyráběných dílů.

Vyhřívání rozvodových bloků se zajišťuje elektrickými odporovými vodiči, umístěnými ve vyfrézovaných drážkách na povrchu bloku, které jsou zaizolovány pomocí krycích plechů nebo přímo kryty topení z vysoce tepelně vodivých materiálů jako je měď nebo mosaz. Tato izolace je tvořena z důvodu eliminace tepelných ztrát. Je nutné rovnoměrně rozmístit rozvody pro správnou funkci rozvodového bloku. Stejně jako u trysek je nutné zabránit přenosu tepla na okolní komponenty. Mezi rozvodovým blokem a komponenty formy je vzduchová mezera. Dalším způsobem, kterým se bloky vyhřívají, jsou topné patrony. Umísťují se do vyfrézovaných děr přímo do vnitřní části bloků. V dnešní době je tento vyhřívací systém méně používán. [11]

### 3.4.5 Studené vtokové soustavy

Principem studeného vtoku je okamžité tuhnutí vstříkované taveniny na stěnách vtokového systému. Tuhá tavenina vytvoří na stěnách izolační vrstvu, uvnitř které teče horká tavenina. S ohledem na to, je také potřeba konstruovat vtokový systém a jeho odstupňovaný průřez směrem k dutině formy, a to hlavně u vícenásobných forem. Zajistí se tak zaplnění celé dutiny. Stejně jako u horkého vtokového systému tavenina prochází do formy za pomoci vstříkovacího ústí. Po vstříknutí dostatečné dávky taveniny nastává dotlak. Aby se forma kompletně zaplnila, je nutné zaoblení hran modelu, zvolení co nejkratšího vtokového systému a zajištění rovnoměrného vstříku do dutiny. To je několik zásad pro výrobu kvalitního výstříku. Výhodou studeného vtokového systému je levnější a jednodušší provedení formy. Komponenty vtokového systému jsou ve většině případů normalizované. Není potřeba dodávat další energii. Vtokové systémy pro vícenásobné formy jsou mnohem jednodušší než u vyhříváných soustav. Naopak se zvyšuje spotřeba taveniny a zůstává mnohem více taveniny ve vtokovém systému, který je navíc nutné odstranit a oddělit od výstříku. Při konstruování vtokových kanálů je nutno zajistit co nejmenší tepelné a tlakové ztráty. Tvar kanálu určuje hodnotu smáčivého čísla  $a_s$ , které vyjadřuje poměr průtočného průřezu ke smáčenému povrchu. Čím je toto číslo vyšší, tím je vhodnější průměr vtokového systému. Nejvhodnější geometrický profil je kruhový. Avšak u tohoto profilu je složitější výroba a jsou větší požadavky na přesnost obou stran kruhového kanálku. Dále je nutné, aby na sebe dvě protilehlé desky s kanálky lícovaly. [11]

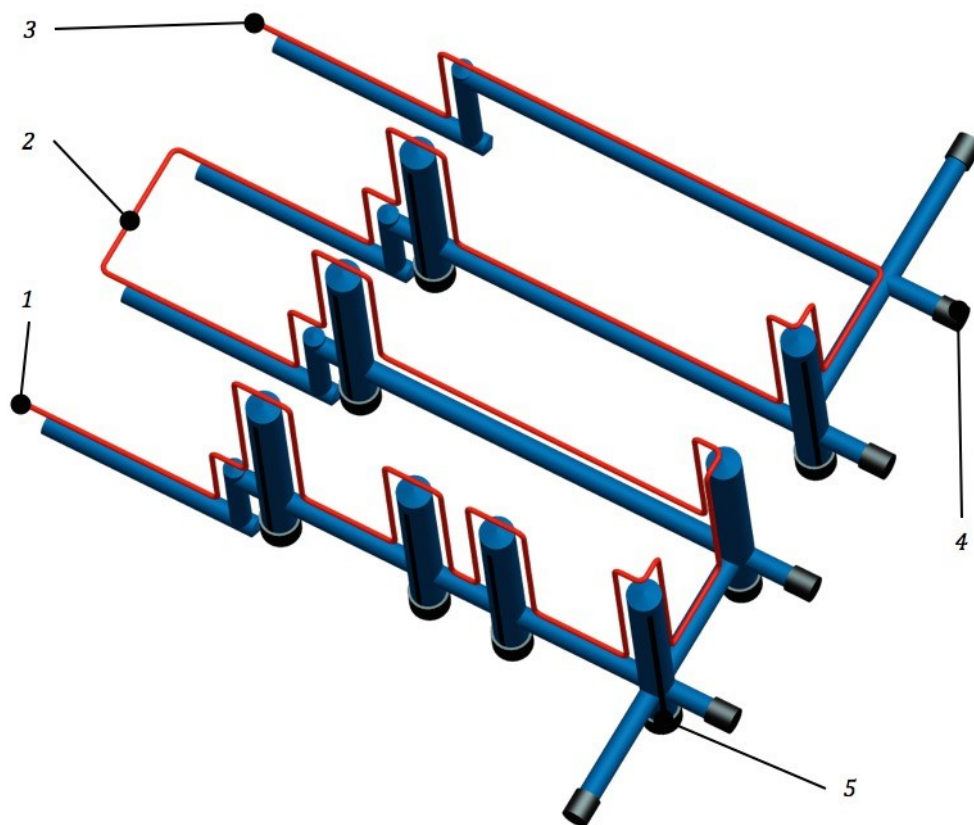
#### 3.4.5.1 Vtokové kanály

Vtokové kanály přivádějí taveninu od trysky vstříkovacího stroje, přes vtokovou vložku až do dutiny formy. Tyto kanály snižují plastikační výkon a prodlužují dobu pracovního cyklu.

Jejich podíl může dosahovat až 50 % celkového plastikačního výkonu. Proto musí být co nejkratší, a to také z důvodu ztráty tlaku při vstřikování taveniny. Teoreticky nejvhodnější průřez je kruhový. Nicméně z výrobního pohledu se volí účelnější, čtvercový, popř. lichoběžníkový průřez, oba se zaoblenými kouty profilu. Je vyráběn v dělicí rovině formy, zejména kvůli snadné výrobě. Na velikosti průřezu má vliv mnoho činitelů. Je to tekutost polymeru, délka toku, váha a tloušťka stěny výrobku. [12]

### 3.5 Temperace

Při vstřikování polymerů je zapotřebí formu vyhřát a temperovat na požadovanou teplotu. Temperace formy napomáhá dosažení optimální délky vstřikovacího cyklu při zachování technologických požadavků. Pokud by se forma zahřívala a ochlazovala během jednotlivých vstřikovacích cyklů, byla by výroba velmi neefektivní a tím pádem také neekonomická z důvodu opakovaného použití velkého množství energie pro výhřev. Podle typu vstřikovaného polymeru jsou vyžadované teploty v rozmezí od 60°C až po 160°C. Do teploty 120°C to mohou být zařízení s vodou jako temperačním médiem, při vyšší teplotě je zapotřebí použít jako médium olej. Temperační zařízení se skládá z nádrže, ve které se za pomoci elektrických výhřevných těles zahřívá médium. Médium cirkuluje za pomoci oběhových čerpadel temperačními kanály vstřikovací formy. Regulace teploty kapaliny probíhá impulzním spínáním vyhřívacích těles. Pokud je teplota nižší než požadovaná teplota, zapíná se vyhřívání těles do té doby, než požadované teploty dosáhne. Naopak pokud je teplota vyšší, je možné v případě vody, přimíchávat studenou vodu přimíchávacím ventilem. Přebytečná voda odtéká přepadem do odpadu. Bohužel to nelze pokud je médium olej. Regulace probíhá na základě měření teploty média na vstupu do formy, výstupu z formy nebo měření teploty formy samotné. Systém by měl mít přesné schéma temperačních kanálů, jejich propojení a požadovaných teplot, a to na štítcích nebo v přiloženém průvodním listu. [15]



Obr. 9. Temperační okruh pevné části vstříkovací formy

1 – vstup temperačního média, 2 – propojovací větev,  
3 – výstup temperačního média, 4 – ucpávky, 5 – přímá  
přepážka

### 3.5.1 Návrh temperačního systému

Nejrozšířenější způsob, kterým se ustaluje teplota vstříkovací formy jsou temperační kanály s proudícím tekutinou. Jedná se o vytápění formy při začátku produkce a ohřev či chlazení formy při provozu. Obvykle se jedná o systém, který se skládá z těchto částí:

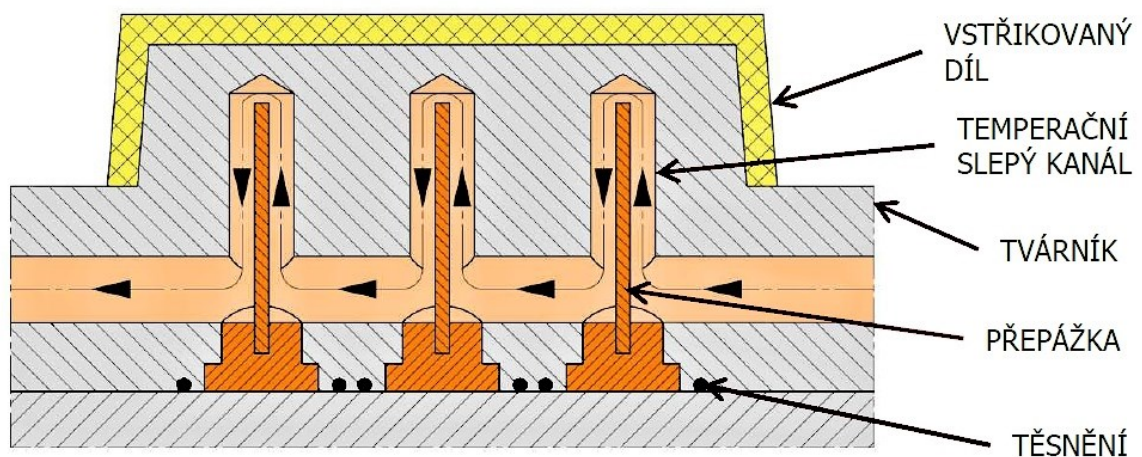
- temperační a řídicí jednotky,
- temperačních kanálů,
- spojovacích prvků,
- temperační tekutiny.

Vhodné je konstruovat formu tak, aby obsahovala větší počet temperačních kanálů s menším průřezem profilu. Sít' temperačních kanálů by měla mít určitá kritéria. Temperační okruhy by neměly obsahovat místa, kde neproudí tekutina, mohou se zde zanášet nečistoty a později by se mohly místa ucpat a zabránit oběhu tekutiny. Kanály musí být konstruovány

tak, aby byl zvýšený temperační účinek v oblasti vtokové vložky a ústí vtoku. V případě několika okružového systému je pro budoucí optimalizaci vhodné navrhnout síť temperačních kanálů s možností částečné změny cesty proudění tekutiny formou. Je potřeba přizpůsobit kanály ve formě danému výrobku tak, aby bylo dosaženo temperačního účinku. V současnosti se používá několik temperačních prostředků. Díky softwarovým analýzám se předchází konstrukčním chybám, tudíž se může temperační okruh optimalizovat dříve, než se začne forma vyrábět a docílit tak vysoké efektivitě jak při odvodu tepla, tak při výrobě. U návrhu formy je také důležité, jaké temperační prostředky jsou použity k dosažení optimálních teplotních podmínek. Aktivní prostředky působí přímo ve formě a nuceně mění teplotu v okolí jejich působení. Pasivní prostředky naopak ovlivňují tepelný tok uvnitř formy díky svým fyzikálním vlastnostem. [15]

### 3.5.1.1 Přepážkový systém

Tento systém umožňuje rozvod temperační tekutiny do míst, které nejdou osadit klasickými kanály. Důvodem je zejména složitá vyrobiteľnost odpovídajícího tvaru kanálu. Podle typu přepážky se může dosáhnout požadovaného temperačního efektu neboli rozložení teplotního pole výrobku. Jsou tři základní konstrukční řešení přepážkového systému, a to ploché a spirálové přepážky a tzv. fontánky. [15]



Obr. 10. Temperace tvárníku pomocí přepážek [11]

### 3.5.1.2 Systém Contura®

Principem systému Contura® je rozdělení, například tvárníku, na vrstvy, v jejichž stykových plochách jsou vyfrézovány temperační kanály, které se přizpůsobují tvaru výstřiku.

Jednotlivé části (vrstvy) se do kompaktního, těsného a pevného celku (tvárníku) spojí pájením natvrdo v podtlaku. [16]

### 3.5.1.3 *Systém tepelných trubice*

Trubice umožňují velmi dobrý přenos tepla při malém teplotním rozdílu. Fungují na principu výparného tepla látky cirkulujícího uvnitř trubice v důsledku teplotního spádu. Jedná se o jednoduchou trubici kruhového nebo podobného průřezu. Její vnitřní povrch je mechanicko – chemicky ošetřen a jako celek se vakuově uzavírá za pomoci koncových víček pájením nebo svařováním. Prostřednictvím tenké plnicí trubičky se z vnitřního prostoru trubice vyčerpá vzduch do tlaku menšího než 10 Pa, poté se stejným způsobem trubice naplní potřebnou dávkou náplně, např. freonem, ethanolem, vodou nebo sodíkem a následně se vakuově utěsní. Náplň trubice je při provozní teplotě v kapalném nebo parním skupenství. [17]

## 3.6 **Odvzdušnění forem**

Odvzdušnění se provádí někdy až po prvním odzkoušení formy. Při konstrukci je možné vytipovat místa, kam se dostane tavenina naposled. Tyto místa je možné nasimulovat pomocí moldflow analýzy. Pokud nestačí pro odvzdušnění vůle mezi dělicími rovinami, vůle vyhazovačů a jader, projeví se nedostatečné odvzdušnění výše uvedeným způsobem. Odvzdušnění závisí na velikosti vstříkovaného dílu. Jeden ze způsobů odvzdušnění je vytvoření drážky od kulové frézy. Tato drážka se umísťuje podle místa vtoku a vtokového vedení, nejčastěji blízko místa, kam se tavenina dostává jako poslední, nebo v místě spojování taveniny. Tyto drážky jsou vedeny mimo dělicí rovinu a jejich velikost závisí na použitém materiálu, rychlosti vstříkování a dalších technologických podmínkách. V případě, že je možné výrobek odformovat s menším otřepem, spojuje se odvzdušňovací drážka s dutinou asi 0,05 milimetru hlubokým vybráním (podle viskozity materiálu). Odvzdušnění lze také vyřešit opotřebením formy v průběhu životnosti. Vznikají zde vůle mezi statickými a pohybujícími se členy formy. Odvzdušnění menších výrobků se provádí za pomoci přidání vložek vyrobenými z vyhazovačů nebo se zajišťuje přímo vyhazovači. Další možností odvzdušnění, a to u velkých dílů, je umístění lamelové odvzdušňovací vložky do středu dutiny. Pro odvzdušnění se také používají speciální technologie, mezi které patří vakuové odvzdušnění nebo odvzdušnění za pomoci ventilů. [11]

### 3.7 Vyhazovací systémy

Jde o soustavu komponent, které zajišťují odformování výrobku, vtokového systému a jeho vyhození z formy. Skládá se z kotevní desky, opěrné desky, dorazů, vyhazovacích tyčí a zařízení za jehož pomoci se tyto komponenty připevní k mechanismu vstřikovacího stroje. Dále je potřeba, aby soustava obsahovala vodící sloupky pro zajištění hladkého pohybu při uzavírání formy. Proces vyhazování má dvě fáze. První je dopředná, která vyhazuje výrobek z dutiny a na ni navazuje fáze zpětná, která ustavuje kolík do původní polohy. [18]

#### 3.7.1 Druhy vyhazovacích systémů

##### 3.7.1.1 Vyhazovací kolíky

Vyhazovací kolíky jsou nejčastěji válcové. Používají se také osazené kolíky, které musí být ve formě zajištěny proti pootočení. Jsou zakotveny v horní desce a lícují pouze v dutině formy, v ostatních částech jsou uloženy s vůlí. Vyhazovací kolíky mohou být i prizmatické nebo trubkové. [12]

##### 3.7.1.2 Pneumatický vyhazovací systém

Vyhazování za pomoci vzduchu se používá většinou v kombinaci s vyhazovacími kolíky. Pneumatický vyhazovací systém se používá se pro výrobky větších rozměrů a složitějších tvarových ploch, kde závisí na kvalitě pohledových ploch. Princip pneumatického vyhazování je takový, že se mezi blokem a výstřikem vytvoří vzduchová mezera a tím dojde k oddělení dílu od formy. Snižuje se tím také potřebná síla k vyjmutí výrobku z formy. Výhodou pneumatického vyhazování je, že se vzduch dostane i do velice nepřístupných míst. Odpadá nutnost konstruovat formu s vyhazovacími kolíky, nebo podobnými prvky a ušetří se místo pro konstrukci jiných prvků. [11]

##### 3.7.1.3 Speciální druhy vyhazování

Mezi speciální vyhazovače patří dvoustupňové vyhazování, kdy jsou do formy zabudovány dva vyhazovací pakety, které jsou propojeny a navzájem spolupracují. Oddělují především vtokový systém a výrobek zvlášť. Mezi speciální druh vyhazování patří vyhazovač s podkosem, který je uložen ve formě lehce zdeformován do oblasti elasticity. Při zdvihu vyhazovacích desek dochází k posunutí horní části vyhazovače a k jeho vychýlení vůči středové ose, a tím dojde k uvolnění podkosové části výrobku. [11]



#### 3.7.1.4 Ruční vyhazování

Ruční vyhazování byl první a jediný způsob uvolnění výrobku z formy. Dnes se používá většinou pro prototypovou nebo malosériovou výrobu, kde není potřeba složitě konstruovat vyhazovací systém formy. Ruční vyhazování je velice neefektivní a nekomfortní z pohledu ergonomie na pracovišti.

### 3.8 Vady výrobků

Vady jsou definovány jako odlišnosti od požadovaného tvaru jako je např. referenční vzorek či výkres. Vady při odvzdušnění mohou vzniknout u každého cyklu. Dutina formy se po odformování vždy naplní vzduchem a tím pádem se musí zajistit jeho dostatečně rychlý únik, jinak se bude při následném vstřikování stlačovat a zvyšovat jeho teplota. Pokud vzroste tlak nad určitou hranici, může dojít ke vznícení taveniny. Tento děj se nazývá Dieselův efekt. Může se stát, že vzduch v dutině pronikne do taveniny a vytvoří vzduchové bubliny, které snižují mechanické vlastnosti povrchu výsledného výrobku. Nedostatečné odvedení vzduchu zvyšuje tlak uvnitř dutiny a tím také zpomaluje tok taveniny. Proto se zvyšuje tlak na pístu vstřikovacího stroje a dochází ke zvýšení vnitřního pnutí v materiálu a vzrůstu hmotnosti výsledného dílu. Naopak při nízkém tlaku, teplotě taveniny či jejich kombinaci se vzduch přemísťuje do opačné polohy, než je vtok. Pokud vzduch neunikne, hromadí se ve formě a do těchto míst tavenina nezateče. [11]

### 3.9 Materiál pro výrobu formy

Vhodná volba materiálu vstřikovací formy a její následné tepelné zpracování má vliv na trvanlivost formy. Vzhledem k velké pracnosti výroby tvarových částí je podíl nákladů na materiál formy poměrně nízký (tvoří asi desetinu celkových nákladů). Volba kvalitní oceli nemá podstatný vliv na výrobní náklady. Platí to nejen pro výběr materiálů na tvarové části, ale také na rámy, opěrné a kotevní desky. U těchto částí použití materiálu s větší pevností značně zvýší životnost formy a výrobní náklady se zvýší jen nepatrně. I tepelné zpracování značně prodlužuje životnost forem. U tvarových částí je potřeba zvlášť pečlivě sledovat deformace při tepelném zpracování. Při výběru ocelí je zapotřebí rovněž brát zřetel na obrobitelnost a možnost leštění povrchu. Pro zpracování některých materiálů, jako např. PA 66 nebo PVC je potřeba volit ocel s antikorozními vlastnostmi. [12]

## **I. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 STANOVENÍ CÍLŮ PRAKTICKÉ ČÁSTI

V teoretické části bakalářské práce bylo po prostudování dostupné literatury popsáno základní rozdělení polymerních materiálů, teorie vstřikování, zásady a principy konstrukce vstřikovací formy.

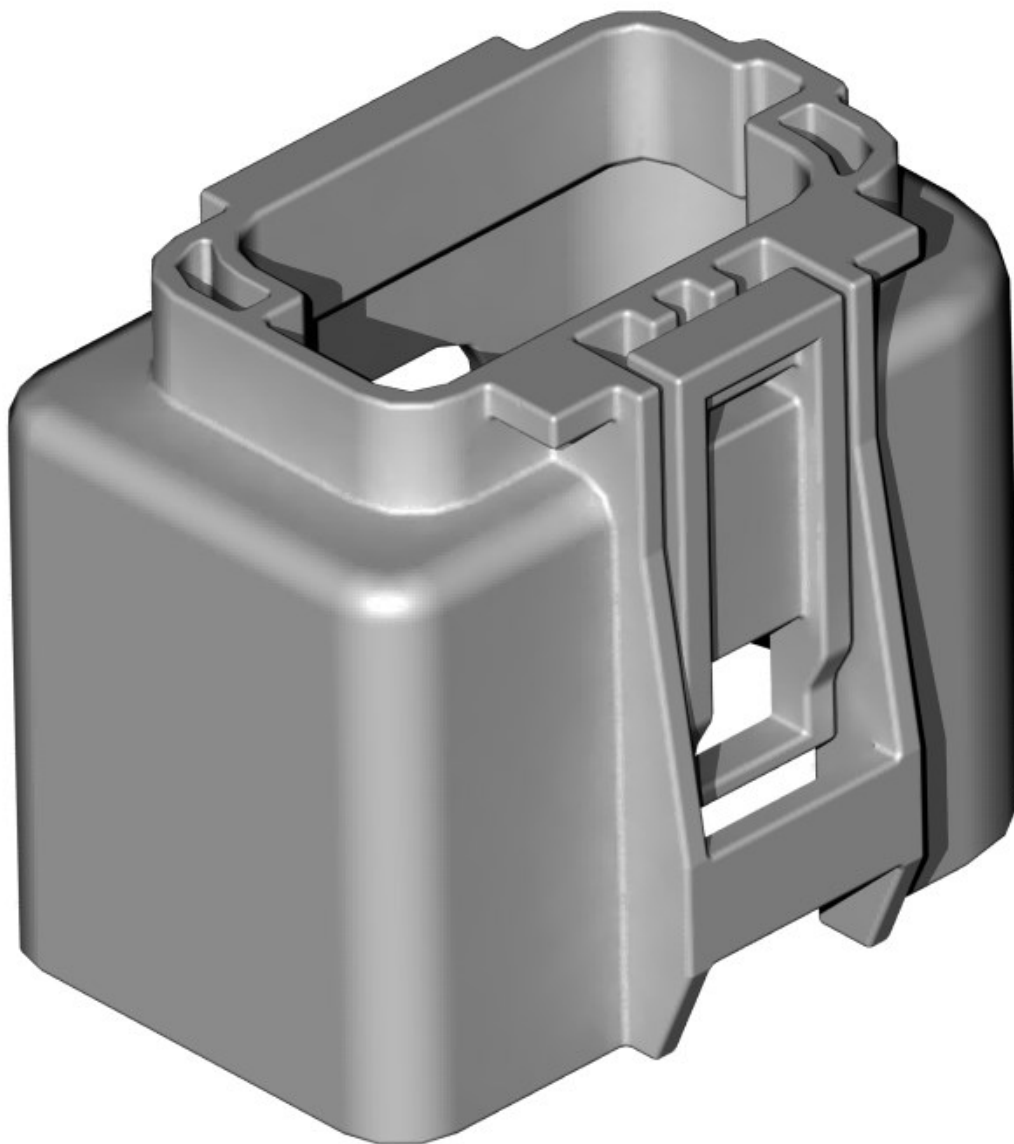
V praktické části bakalářské práce byly stanoveny tyto cíle:

- provedení konstrukce 3D modelu vstřikovaného dílu,
- vytvoření konstrukčního návrhu vstřikovací formy ve 3D pro zadaný plastový díl,
- nakreslení řezu sestavy formy a příslušných pohledů včetně kusovníku.

V praktické části této bakalářské práce byl stanoven cíl nakreslit 3D model vstřikovaného dílce a následně navrhnout a vytvořit vstřikovací formu pro tento díl. Vše za pomoci programu CATIA V5R19 a použití softwarových knihoven od firmy HASCO v programu HASCO DACO Modul. Dále také zhotovení výkresové dokumentace vstřikovací formy.

## 5 VSTŘIKOVANÝ DÍLEC

Vstříkovaný dílec je součástí konektoru elektrického rozvodu v automobilu. Slouží k zajištění polohy konektoru, krytí spoje a zabraňuje rozdělení spoje pomocí klipu, který slouží jako pojistka. Dílec je osazen průchozím otvorem pro nasunutí kabelového svazku s konektorem. Na delší straně je proveden výřez, tento výřez nemá funkční využití a je vytvořen kvůli úspoře materiálu. Opěrná plocha konektoru je zesílena a na ní je vytvořen límec. Protišší strana je osazena klipem. Funkce je zajištěna pomocí meze pružnosti materiálu a zářky klipu, tím pádem není potřeba mechanického zásahu při použití dílce. Rozměry půdorysu dílce jsou 35,3 x 25,7 mm na výšku 23,8 mm. Objem dílce je 3,91  $cm^3$  a jeho hmotnost 4,8 g.



Obr. 11. 3D model zadaného plastového dílu

## 5.1 Materiál dílce

Materiál dílce byl zvolen Polyamid PA66-GF13 od firmy DuPont. Tento plněný polyamid s přísadou 13 % skelných vláken nabízí vysoce pevný, tuhý, tlaku odolný materiál s vysokou stabilitou rozměrů. Ve srovnání s PA6 a PA6.6 poskytuje vyšší tuhost, vyšší odolnost opotřebení a nižší nasákavost ve vodě a vlhkém prostředí.

Materiál je vhodný pro použití v blízkosti míst se zvýšenou teplotou. Tyto vlastnosti ho předurčují pro náročné aplikace s velmi vysokým zatížením a vysokou rozměrovou stabilitou. Je určen pro použití, od automobilových součástek až po ochranu elektronických zařízení. Materiál je vhodný pro vstřikování nebo vytlačování. [19]

Tab. 2. Vlastnosti materiálu PA66-FG13 [20]

| Vlastnosti          | Hodnoty                | Jednotka          | Parametr          |
|---------------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| Název materiálu     | PA66-GF13              |                   |                   |
| Obchodní název      | Zytel® 70G13HS1L BK031 |                   |                   |
| Výrobce             | DuPont                 |                   |                   |
| Plnivo              | 13                     | %                 | skelné vlákno     |
| Hustota             | 1,23                   | g/cm <sup>3</sup> |                   |
| Modul pružnosti     | 4000                   | MPa               |                   |
| Pevnost v ohybu     | 190                    | MPa               |                   |
| Pevnost v tlaku     | 120                    | MPa               |                   |
| Nasákavost          | 2 / 4                  | %                 | 24h / 96h (23°C)  |
| Pracovní teplota    | -40 až 120             | °C                | rozmezí           |
| Teplota tavení      | 295                    | °C                | optimální teplota |
| Teplota vstřikování | 210                    | °C                |                   |

## 6 POUŽITÉ PROGRAMY

### 6.1 Catia V5R19

Veškerá výkresová dokumentace, 3D model a kompletní konstrukce byla vytvořena za pomoci počítačového programu CATIA V5R19 pro návrh a konstrukci součástí užívaných hlavně v leteckém a automobilovém průmyslu.

Tento program je přední světové řešení pro 3D návrhy produktů. CATIA umožňuje vytvářet jakoukoli 3D sestavu pro celou řadu strojírenských procesů a aplikací jako jsou formy pro vstřikování plastů, postupové nástroje pro tváření plechů nebo 3D tisk. Obsahuje předefinované procesy, které pomáhají inženýrům zvýšit produktivitu při navrhování výrobků, a to nejen rychleji dokončenou mechanickou konstrukcí, ale zejména rychlým změnovým řízením nad již vytvořenými daty. [21]

### 6.2 Hasco katalog

Firma Hasco sdružuje normované základní prvky pro konstrukci nejen vstřikovacích forem a nástrojů do jednoho virtuálního katalogu. Jde o předem připravené komponenty, které jsou připraveny k okamžité instalaci a začlenění do sestavy např. v CATII. Z katalogu byly použity normálie pro konstrukci formy k této bakalářské práci. Tyto normálie byly importovány pomocí programu HASCO DAKO 3D modulu.

## 7 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vzhledem požadavkům se pro vstřikování použije stroj od osvědčené německé firmy Arburg. Dle tabulky se vybral vhodný typ, a to Arburg Allrounder 320 C. Stroje jsou energeticky úsporné díky propracovanému přečerpávání oleje za pomoci diferenciálních pístů uzavírací jednotky.

Tab. 3. Základní parametry vstřikovacího stroje [22]

| Uzavírací jednotka              |                             |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Uzavírací síla                  | 500 kN                      |
| Výška formy                     | 296 mm                      |
| Vzdálenost mezi vodícími sloupy | 320 x 320 mm                |
| Otevírací zdvih                 | 350 mm                      |
| Vyhazovací síla                 | 30 kN                       |
| Vyhazovací zdvih                | 125 mm                      |
| Vstřikovací jednotka            |                             |
| Průměr šneku                    | 15 - 25 mm                  |
| Objem vstřikované dávky         | 8 cm <sup>3</sup>           |
| Přítlak trysky                  | 40 - 50 kN                  |
| Rychlost toku taveniny          | 64 - 132 cm <sup>3</sup> /s |
| Vstřikovací tlak                | 155 - 250 MPa               |

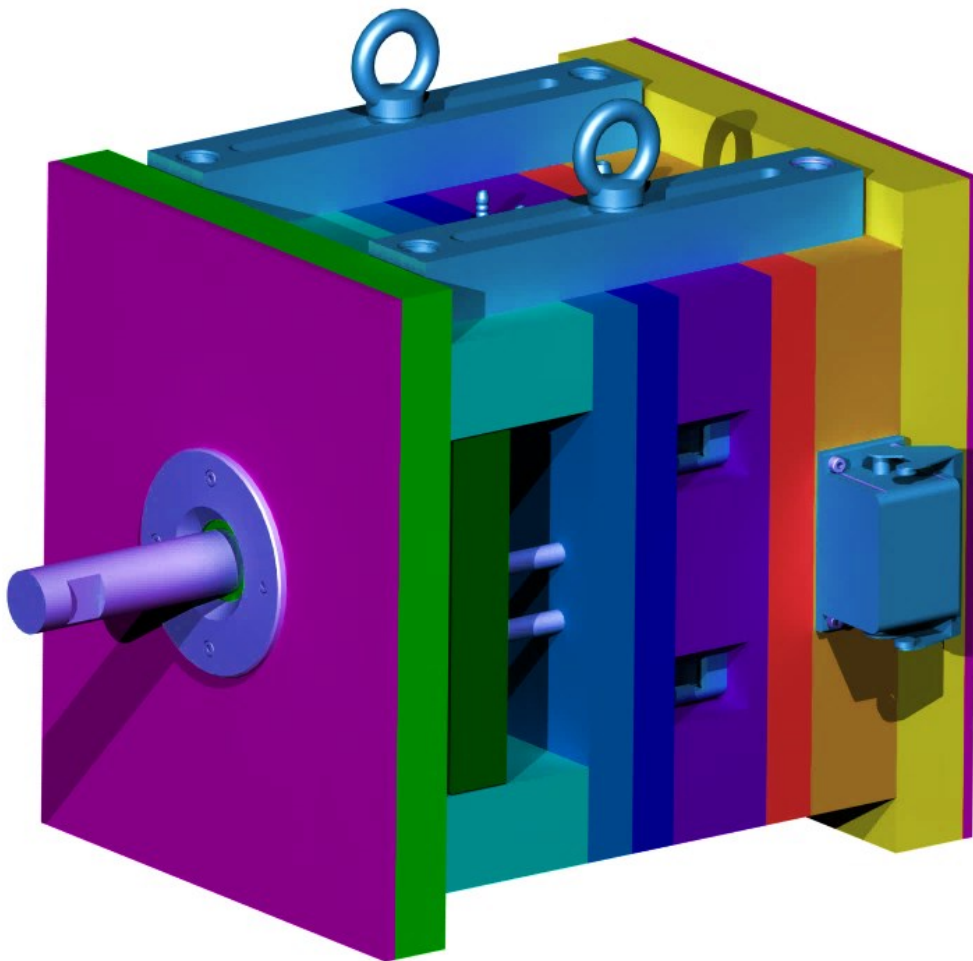
| Vzdálenosti mezi vodícími sloupy [mm] |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | Uzavírací síly [kN] | Vstřikovací jednotky dle EUROMAP    |    |    |     |     |     |     |     |      |      |      |      |  |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|--|
| 920 x 920                             | 820 x 820 | 720 x 720 | 630 x 630 | 570 x 570 | 520 x 520 | 470 x 470 | 420 x 420 | 370 x 370 | 320 x 320 | 270 x 270 |                     | 170 x 170                           | 30 | 70 | 100 | 170 | 290 | 400 | 800 | 1300 | 2100 | 3200 | 4600 |  |
|                                       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                     | Hmotnost vstřikovací dávky v [g PS] |    |    |     |     |     |     |     |      |      |      |      |  |
|                                       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                     | 125 - 180                           |    |    |     |     |     |     |     |      |      |      |      |  |
|                                       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                     | 250 - 400                           |    |    |     |     |     |     |     |      |      |      |      |  |
|                                       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                     | 500                                 |    |    |     |     |     |     |     |      |      |      |      |  |
|                                       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                     | 500 - 700                           |    |    |     |     |     |     |     |      |      |      |      |  |
|                                       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                     | 1.000                               |    |    |     |     |     |     |     |      |      |      |      |  |
|                                       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                     | 800 - 1.500                         |    |    |     |     |     |     |     |      |      |      |      |  |
|                                       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                     | 1.300 - 1.600                       |    |    |     |     |     |     |     |      |      |      |      |  |
|                                       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                     | 1.600 - 2.200                       |    |    |     |     |     |     |     |      |      |      |      |  |
|                                       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                     | 2.500                               |    |    |     |     |     |     |     |      |      |      |      |  |
|                                       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                     | 3.200                               |    |    |     |     |     |     |     |      |      |      |      |  |
|                                       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                     | 4.000                               |    |    |     |     |     |     |     |      |      |      |      |  |
|                                       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                     | 5.000                               |    |    |     |     |     |     |     |      |      |      |      |  |

Obr. 12. Specifikace hydraulických strojů firmy Arburg [22]

## 8 KONSTRUKCE FORMY

Konstrukce vstřikovací formy se odvíjela od velikosti a složitosti tvarových desek. Důraz byl kladen na jednoduchost konstrukce. Byly vybrány a použity normálie z katalogu firmy HASCO, které zjednodušují konstrukci, zlevňují a zrychlují proces její výroby.

Forma se skládá ze tří hlavních částí, uzavírací části (pohyblivé), vstřikovací části (pevné) a vyhazovacího mechanismu.



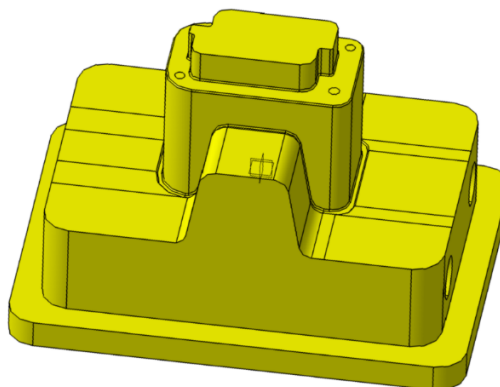
*Obr. 13. Konstrukce vstřikovací formy*



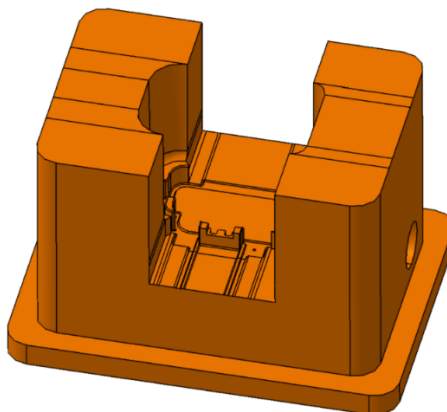
## 8.1 Tvarové části formy

Při konstruování formy se volila výroba tvarových vložek s osazením, které se posléze vkládají do vyfrézovaných děr v deskách formy. Obě tvarové vložky jsou zajištěny a usazeny za pomoci opěrných desek a nejsou dále potřeba zajišťovat šrouby. Tato varianta je ekonomičtější než vytváření tvarových částí do samotných desek. Pokud se vložky opotřebí, je zde možnost výměny.

Jako materiál tvarových byla zvolena nástrojová ocel třídy 19, konkrétněji kalená ocel ČSN 19552. Tento typ oceli je nejrozšířenější a nejčastěji používaný, a to hlavně z důvodu dobré prokalitelnosti, pevnosti a houževnatosti. Tuto ocel lze obrábět konvenčními metodami, jako je frézování či soustružení nebo vrtání. U tvarových částí této formy je zapotřebí využít elektroerozivní obrábění, např. vyjiskřování a drátové řezání z důvodu špatně přístupných dutin tvarových částí, kde nelze použít klasické konvenční metody.



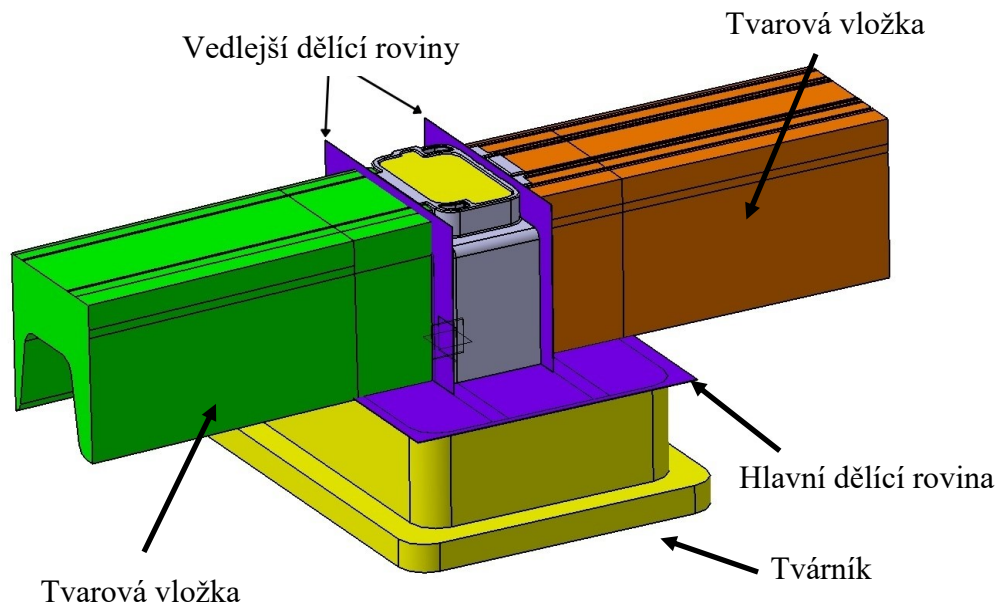
*Obr. 14. Tvarová vložka tvárnicku*



*Obr. 15. Tvarová vložka tvárnice*

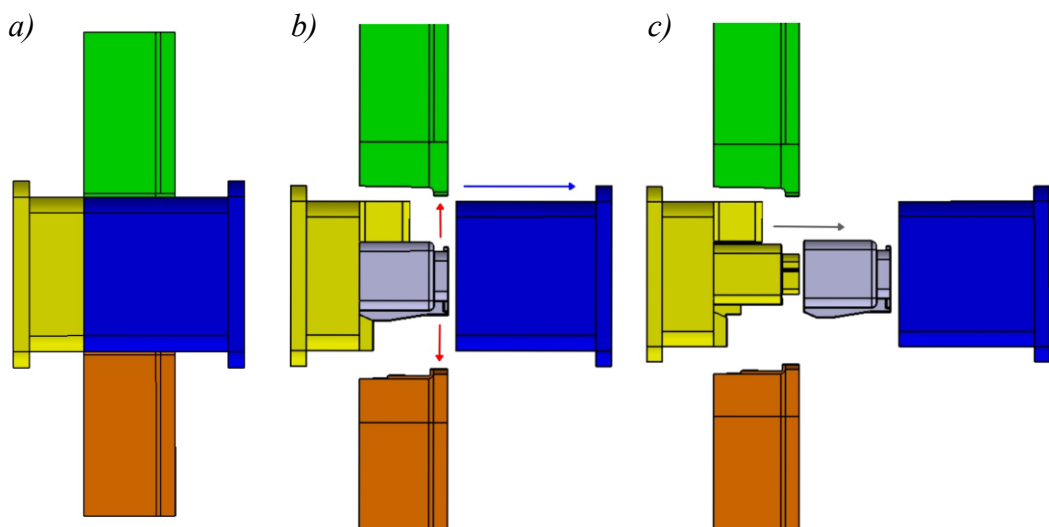
## 8.2 Dutina formy

Vzhledem k použití bočního odformování bylo zapotřebí vytvořit více než jednu dělicí rovinu. Základní dělicí rovina je vedena mezi tvárníkem a tvárnici, další dvě dělicí roviny jsou kolmé na základní dělicí rovinu viz. (obr. 17.)



Obr. 16. Návrh dělicích rovin

Dutina je tvořena čtyřmi částmi, dvěma hlavními, tvárníkem a tvárnici a dvěma tvarovými čelistmi pro boční odformování. Spojení těchto čtyř částí vytváří negativ tvaru požadovaného výrobku.

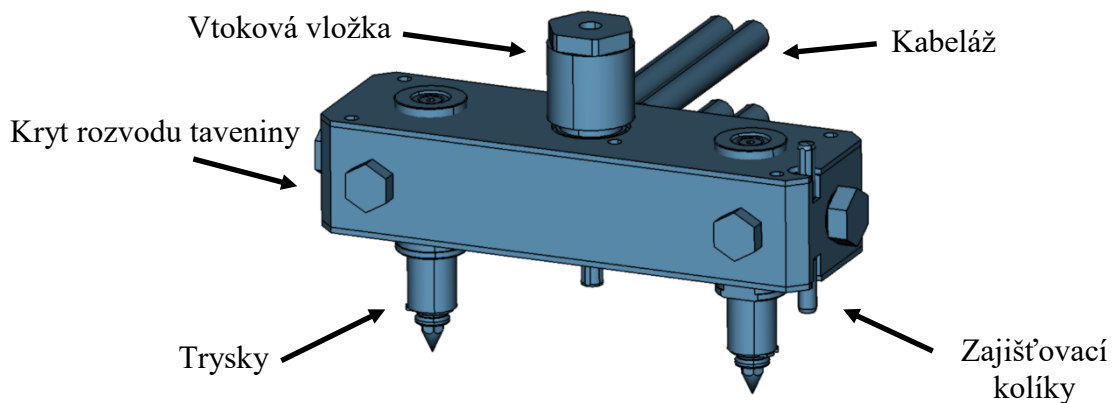


Obr. 17. Vyhození výrobku z formy

a) uzavřená forma, b) otevírání formy, c) vyhozování výrobku

### 8.3 Vtokový systém

Ve vtokové (pevné) části je usazen horký vtokový systém. Blok je umístěn do samostatné desky a jeho základní vtoková vložka je vystředěna na vodorovnou osu vstřikovacího stroje. Do bloku je přiváděna elektrická energie, která se stará o jeho vytápění. Připojení zajišťuje zásuvka na straně formy a izolovaná kabeláž vedená uvnitř bloku. Jeho úkolem je dopravovat taveninu ze vstřikovací jednotky do dutiny formy. Vtokový blok je relativně velký, proto je volena robustnější konstrukce formy. Horký vtokový systém se skládá z podlouhlého vytápěného bloku a dvou vyhřívaných trysek s jehlou. Tryska je volena vzhledem k použitému materiálu PA 66, který je plněn z 13 % skelným vláknem. [23]



Obr. 18. Horký vtokový blok

### 8.4 Odvzdušnění

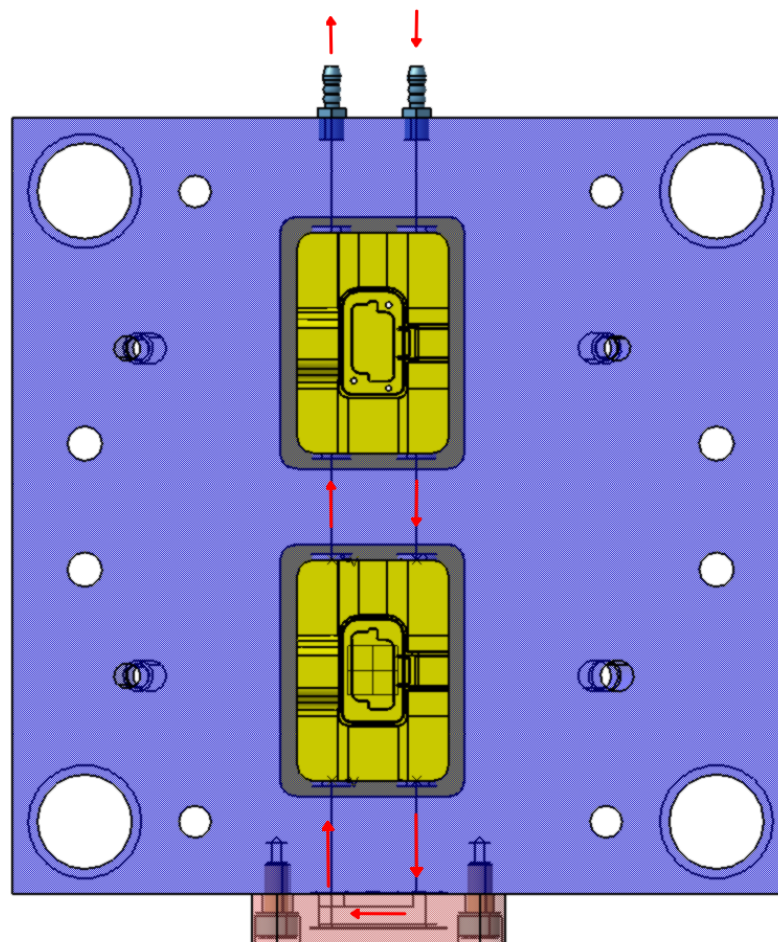
K odvzdušnění formy jsou využity mechanismy pro boční odformování a také dělicí rovina formy. Zde vzniká nepřesnost usazení tvarových ploch a tím pádem i mezera, kterou dokáže přebytečný vzduch z dutiny formy uniknout.

### 8.5 Násobnost

Tato forma je dvojnásobná pro shodný tvar výstřiku, zároveň také pro požadované množství produkce. Bylo zapotřebí umístit čtyři posuvné jednotky zrcadlově proti sobě. Násobnost byla zvolena taky kvůli jednoduchosti konstrukce, volby vstřikovací jednotky a dalších komponent i přes to že je výrobek malých rozměrů.

## 8.6 Temperace formy

Forma je temperována prostřednictvím tekutého média. Médium cirkuluje uvnitř vrtaných kanálků v desce tvárníku i tvárnice. Pro zjednodušení konstrukce formy bylo voleno toto řešení. Tvárník je osazen dvěma temperačními kanály o průměru 8 milimetrů. Jedna strana je osazena nátrubky pro vstup a výstup kapaliny. Na druhé straně kanálků je spojení řešeno obtokovým můstkem, připevněným šrouby k desce formy. Toto řešení je voleno z důvodu odvedení veškerých připojovacích hadic pouze na jednu stranu formy a také kvůli snadnému přístupu a následnému připojení hadic prostřednictvím rychlospojek. Kanálky jsou utěsněny „O“ kroužkem na každém spoji a tím je zajištěna těsnost celého okruhu. V desce s tvárnicí bohužel nebylo možné provést řešení stejně a je vrtán pouze jeden průchozí kanálek se vstupem na jedné straně a výstupem na druhé. Toto řešení je voleno kvůli umístění vstřikovacích trysek. Vzhledem k absenci druhého temperačního kanálu je tento průměr zvětšen na 10 milimetrů.

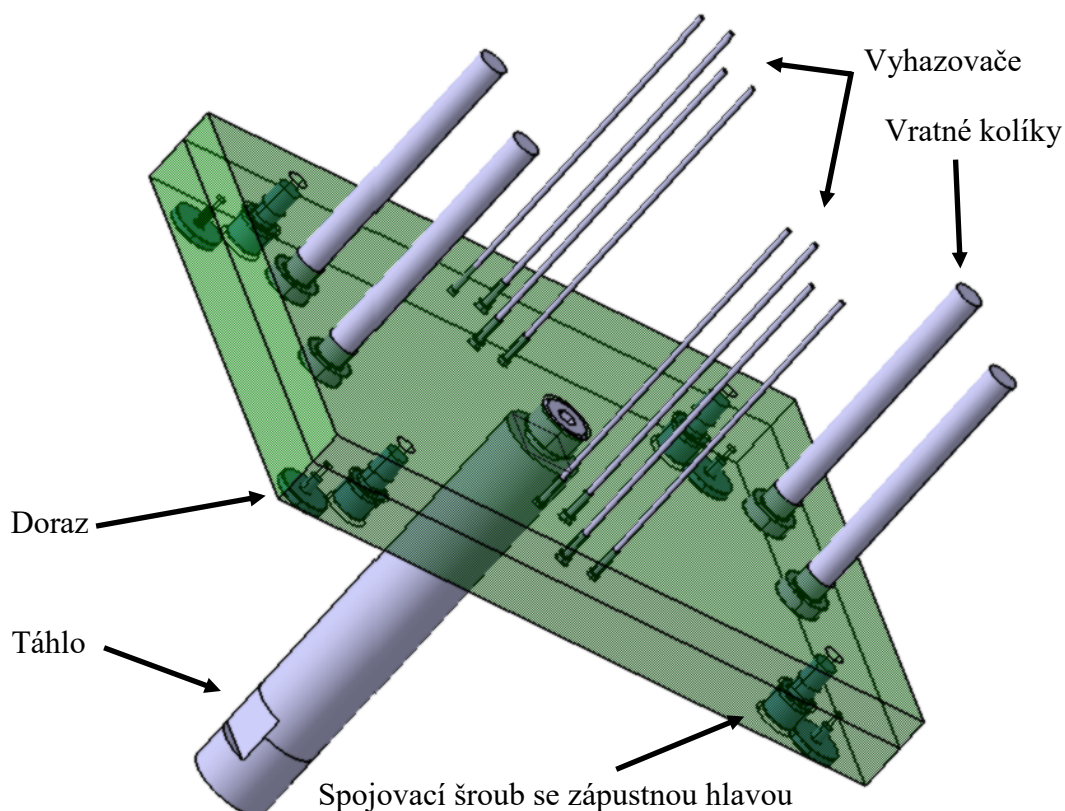


Obr. 19. Řešení temperace ve formě

## 8.7 Vyhazovací systém

Vyhazování výstřiku z formy bylo řešeno za pomoci vyhazovačů umístěných ve vyhazovací části formy. Použity byly jednoduché válcové vyhazovače o průměru 0,9 mm a 1 mm.

Vyhazovače konají svůj pohyb s odstupem času po otevření pravé pohyblivé části z důvodu ochlazení výstřiku. Po zchladnutí výrobku na jádře tvarové vložky je vyhozen. Bezprostředně po vyhození výstřiku z formy se vyhazovače vrací na svou původní pozici. Vyhazovací mechanismus je ovládán pomocí táhla upnutého v uzavírací jednotce vstřikovacího stroje. Jejich vedení zajišťují pouzdra a vodící prvky. Do vyhazovacího systému byly umístěny také vratné kolíky, které slouží k navrácení vyhazovačů a vratných desek zpět do pozice uzavřené formy.



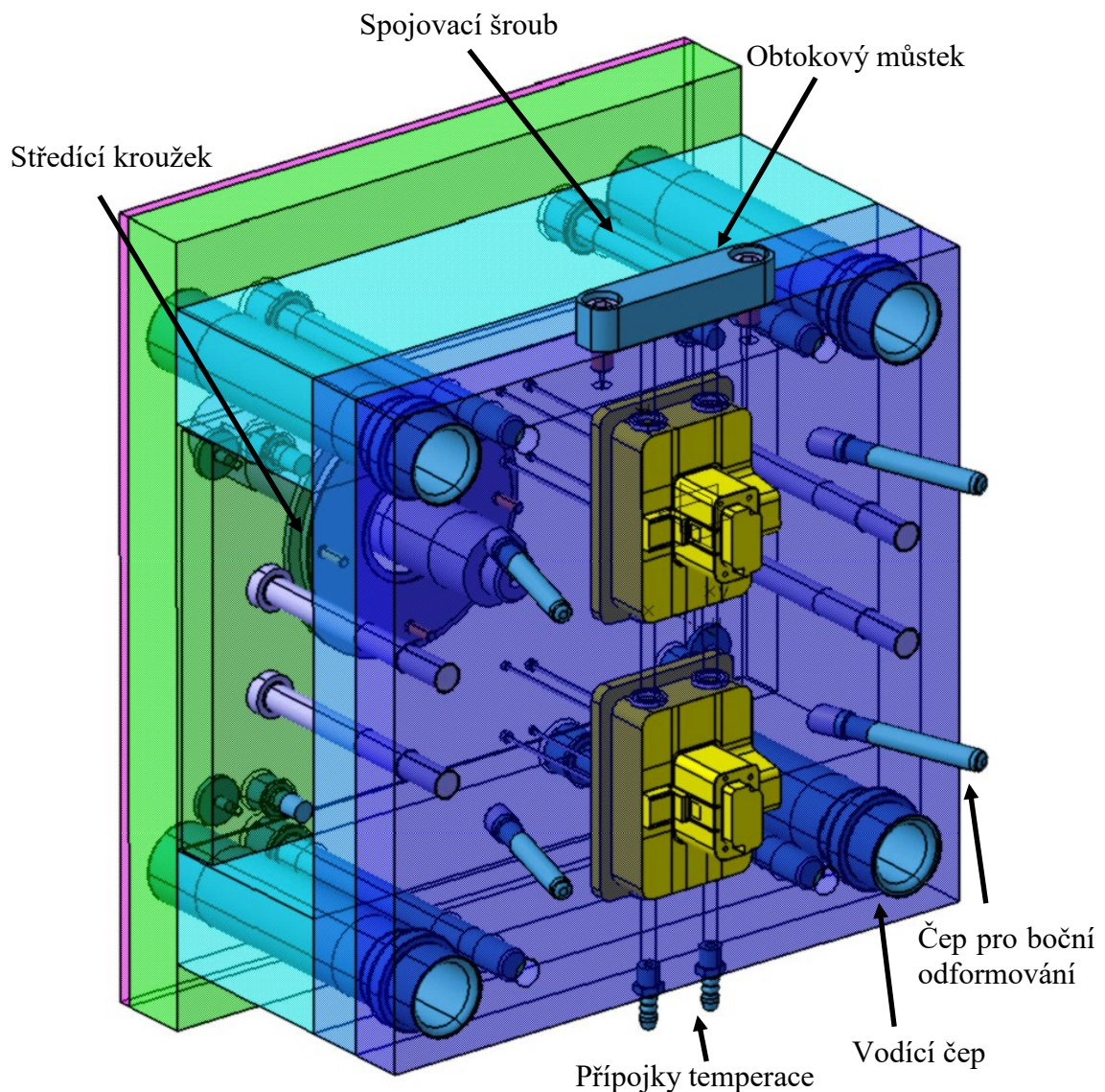
Obr. 20. Navržený vyhazovací systém



## 8.8 Uzavírací část formy (pohyblivá)

Uzavírací část vstřikovací formy se skládá z těchto prvků: izolační deska, upínací deska, dvě rozpěrné desky, opěrné desky, kotevní desky pro tvárník. V této části formy je také usazen vyhazovací systém.

Spojení desek je zajištěno spojovacími šrouby s vnitřním šestihranem. Vodící čepy zajišťují pohyb této části formy. Čepy jsou uloženy v pouzdech. Vystředění desek zajišťují středící trubky a dříve zmiňovaná vodící pouzdra. Kotevní deska obsahuje šikmé čepy, které svou přítlačnou silou pohybují se šoupátky v pevné části formy. Důležitá součást je také vyhazovací systém, který se nachází mezi opěrnou a upínací deskou. Na kotevní desku je upevněna deska opěrná. V obou deskách jsou vyvrtané díry, které slouží k vedení vyhazovačů.

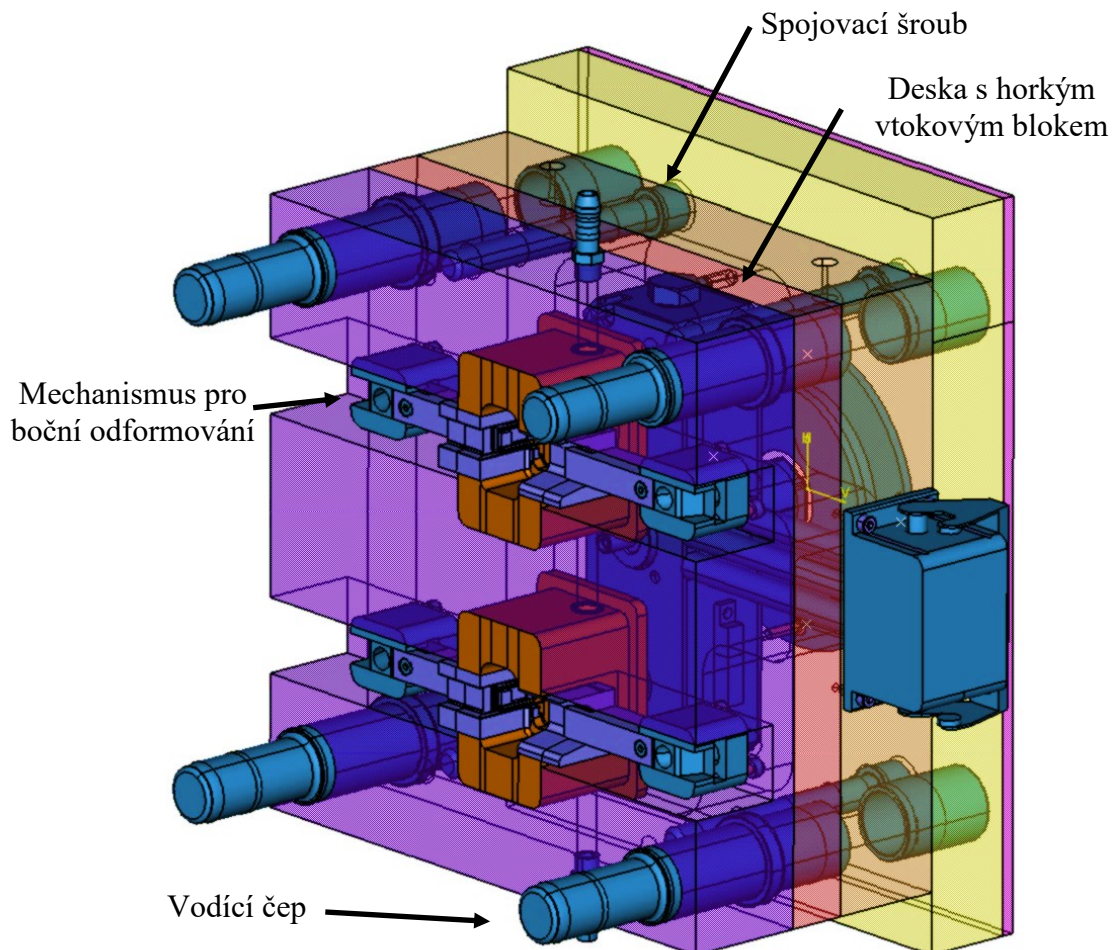


Obr. 21. Uzavírací část vstřikovací formy

## 8.9 Vstřikovací část formy (pevná)

Vstřikovací část formy se skládá z izolační desky, upínací desky, opěrné desky, kotevní desky pro tvarové vložky, horkého vtokového bloku se vstřikovacími tryskami, temperačního systému včetně nátrubků hadic a propojovacího můstku. Dále tato část obsahuje vodící a středící prvky. Tento výstřik nelze odformovat za pomoci tvárnice a tvárníku proto je vstřikovací část osazena mechanismem pro boční odformování tvarových částí. Tyto mechanismy jsou ovládány šikmými čepy v protilehlé, pohyblivé části formy.

Stejně jako u vyhazovací (pohyblivé) části formy, je spojení desek a komponent zajištěno spojovacími šrouby. V kotevní desce jsou uloženy tvarové vložky. Oběma deskami je veden vrtaný temperační systém. Na upínacích deskách formy jsou umístěny středící kroužky, které zajišťují správnou polohu formy ve vstřikovacím stroji.



Obr. 22. Vstřikovací část formy

## 9 ZÁVĚR

V této bakalářské práci byla řešena problematika konstrukce dvojnásobné vstřikovací formy pro vstřikování dílu automobilu. Zvolený díl zajišťuje krytí a zároveň zabezpečuje elektrický konektor proti vysunutí. Cílem této práce bylo vytvořit 3D model součástky za pomoci programu CATIA V5R19 stejně tak, jako další části praktické práce. Dále byla vytvořena konstrukce vstřikovací formy pro vymodelovanou. Kvůli tvarové složitosti byla konstruována pouze dvojnásobná forma.

Návrh konstrukce formy započal u tvarových částí, které bylo nutno vytvořit a zvolit jejich dělicí roviny. Tyto dělicí roviny byly tři, jedna základní a dvě kolmé na tuto rovinu. Odformování bylo zajištěno dvěma bočními mechanismy u každé tvarové vložky. Tyto mechanismy byly uloženy ve vstřikovací části formy.

Konstrukční se také odvíjel od zvoleného vstřikovacího systému. Byl zvolen horký vtokový blok se dvěma svislými tryskami. Trysky jsou také vyhřívány a osazeny uzavírací jehlou. Tím odpadla konstrukce vtokových kanálků a zároveň také následné oddělení vtokového systému a nutnost dalšího obrábění. Bylo zapotřebí zvolit temperační systém formy. Vzhledem k velikosti výrobku byl zvolen jednoduchý vrtaný kanál, vedený v desce tvárníků a tvárnice o průměru 8 a 10 milimetrů. Odformování výrobku a vyhození jej z formy bylo řešeno dvěma skupinami vyhazovačů, každá se čtyřmi vyhazovači. Umístění vyhazovačů bylo voleno tak aby se při vyhazovacím cyklu vyhazovače opíraly o zesílenou stěnu výrobku a výrobek byl tak bezpečně vyhozen bez jakýchkoli deformací. Odvzdušnění vstřikovací formy je zajištěno použitím dostatečně velkých vůlí mezi tvarovými vložkami pro únik přebytečného vzduchu, pokud by odvzdušnění nebylo dostatečné, lze vytvořit dodatečné odvzdušnění. Výsledná konstrukce formy byla osazena transportním systémem, který lze zafixovat při manipulaci proti otevření formy.

Dále byl vytvořen výkres řezů navržené formy. Tento výkres je přiložena k této práci.



## 10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOVAČIČ, Ludomír a Jaroslav BÍNA. *Plasty: vlastnosti, spracovanie, využitie*. Bratislava: Alfa, 1974, 339 s. Edícia chemickej literatúry.
- [2] KRATOCHVÍL, Bohumil, Václav ŠVORČÍK a Dalibor VOJTĚCH. *Úvod do studia materiálů*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005. ISBN 8070805684.
- [3] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 3., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2011, 276 s. ISBN 978-80-7080-788-0.
- [4] LENFELD, Petr. *Technologie II* [online]. [cit. 2018-02-09]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/03.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuuka/skripta_tkp/sekce_plasty/03.htm)
- [5] KM OBALY s.r.o., *Vlastnosti vaků* [online]. [cit. 2018-02-09]. Dostupné z: <http://www.kmobaly.cz>
- [6] MAŇAS, Miroslav a Jiří VLČEK. *Aplikovaná reologie*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2001. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-7318-039-1.
- [7] *ENCYCLOPEDIA OF ENGINEERING: Injection molding* [online]. 2015 [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <http://www.mechscience.com/injection-molding/injection-molding-machine/injection-molding-process/injection-molding-on-plastics/>
- [8] SIEDL, Martin. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů* [online]. 2016 [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/Uvod.html>
- [9] JOHANNABER, Friedrich. *Injection molding machines: a user's guide*. 4th ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xii, 378 s. ISBN 978-1-56990-418-3. Dostupné také z: [http://katalog.k.utb.cz/F/?func=service&doc\\_library=UTB01&doc\\_number=000034257&line\\_number=0002&func\\_code=WEB-BRIEF&service\\_type=MEDIA](http://katalog.k.utb.cz/F/?func=service&doc_library=UTB01&doc_number=000034257&line_number=0002&func_code=WEB-BRIEF&service_type=MEDIA)
- [10] *Metal Components s.r.o. - Spojovací materiál Brno*. <Http://www.metal-components.cz/> [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/6115427-Zpetne-uzavery-pro-vstrikovaci-stroje.html>
- [11] KA 05 Plastové díly: Zaformování a odformování. *Fakulta strojní západočeské univerzity v Plzni: Katedra konstruování strojů* [online]. Západočeské univerzity v Plzni, 2013 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: [https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05\\_publicace/KA05\\_Zaformovani\\_a\\_odformovani.pdf](https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Zaformovani_a_odformovani.pdf)
- [12] KULHÁNEK, Jan. *Formy pro tváření plastických hmot*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966, 220 s. ISBN (váz.).
- [13] DYM, Joseph B. *Injection molds and molding: a practical manual*. 2nd ed. New York: Nostrand Reinhold, c1987, xvi, 395 s. ISBN 0-442-21785-4.

- [14] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů*. 2. opr. vyd. Brno: Uniplast, 1999, 133 s.
- [15] TOMIS, František, Josef HELŠTÝN a Jiří KAŇOVSKÝ. *Formy a přípravky*. Brno: VUT, 1979, 278 s.
- [16] ZEMAN, Lubomír. *Vliv teploty vstřikovacích forem na kvalitu a cenu výstřiků z termoplastů* [online]. 06.09.2013 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <http://www.plasticportal.cz/cs/vliv-temperace-vstrikovacich-forem-na-kvalitu-a-cenu-vystriku-z-termoplastu-cast-1/c/1768/>
- [17] BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů*. ISBN 978-80-88058-65-6 [online]. 2016 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/08.html>
- [19] *TechPlasty, s.r.o.* [online]. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <https://www.techplasty.sk>
- [20] *DuPont a.s.* [online]. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <https://dupont.materialdatacenter.com/profiler/1WeV0/standard/main/ds/12116/4097>
- [21] TICKOO, Sham. *CATIA: kompletní průvodce*. Brno: Computer Press, 2012, 696 s. ISBN 978-80-251-3527-3.
- [22] *ARBURG GmbH* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/cs/cz/spektrum-sluzeb/vstrikovani/vstrikovaci-stroje/hydraulicke-stroje/>
- [23] ŠTICHA, Petr. *TECHNOTREND CZ s.r.o.* [online]. Praha [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: [http://www.technotrend.cz/pdf\\_vyrobky/tryska\\_Jehla.pdf](http://www.technotrend.cz/pdf_vyrobky/tryska_Jehla.pdf)

## 11 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

|       |                  |
|-------|------------------|
| PA    | Polyamid         |
| BP    | Bakalářská práce |
| aj.   | A jiné           |
| apod. | A podobně        |
| tzv.  | Takzvaně         |
| d     | Průměr [m]       |
| g     | Gram             |
| kg    | Kilogram         |
| L     | Délka [m]        |
| m     | Metr             |
| h     | hodina           |
| max.  | Maximálně        |
| min.  | Minimálně        |
| mm    | Milimetr         |
| MPa   | Megapascal       |
| kN    | Kilonewton       |
| např. | Například        |
| Nm    | Newtonmetr       |
| Obr.  | Obrázek          |
| Tab.  | Tabulka          |
| Pa    | Pascal           |
| °C    | Stupeň celsiu    |
| PVC   | Polyvinylchlorid |
| PP    | Polypropylen     |

## 12 SEZNAM OBRÁZKŮ

|   |    |
|---|----|
| Obr. 1. Rozdělení polymerů.....                                   | 11 |
| Obr. 2. Schéma sušící jednotky [4].....                           | 13 |
| Obr. 3. Schéma vstřikovacího stroje [7] .....                     | 15 |
| Obr. 4. Schéma vstřikovacího cyklu [8] .....                      | 16 |
| Obr. 5. Vstřikovací jednotka [8] .....                            | 17 |
| Obr. 6. Vstřikovací forma .....                                   | 19 |
| Obr. 7. Třídeskové řešení s bodovým vtokem [14] .....             | 23 |
| Obr. 8. Druhy horkého rozvodu [17] .....                          | 25 |
| Obr. 9. Temperační okruh pevné části vstřikovací formy .....      | 28 |
| Obr. 10. Temperace tvárníku pomocí přepážek [11] .....            | 29 |
| Obr. 11. 3D model zadaného plastového dílu.....                   | 35 |
| Obr. 12. Specifikace hydraulických strojů firmy Arburg [22] ..... | 38 |
| Obr. 13. Konstrukce vstřikovací formy .....                       | 39 |
| Obr. 18. Tvarová vložka tvárníku .....                            | 40 |
| Obr. 19. Tvarová vložka tvárnice .....                            | 40 |
| Obr. 17. Návrh dělicích rovin .....                               | 41 |
| Obr. 16. Vyhození výrobku z formy.....                            | 41 |
| Obr. 20. Horký vtokový blok.....                                  | 42 |
| Obr. 22. Řešení temperace ve formě.....                           | 43 |
| Obr. 21. Navržený vyhazovací systém .....                         | 44 |
| Obr. 14. Uzavírací část vstřikovací formy.....                    | 45 |
| Obr. 15. Vstřikovací část formy.....                              | 46 |

### 13 SEZNAM TABULEK

|   |    |
|---|----|
| Tab. 1. Průřez plného vtoku v závislosti na váze výstřiku ..... | 22 |
| Tab. 2. Vlastnosti materiálu PA66-FG13 [20].....                | 36 |
| Tab. 3. Základní parametry vstřikovacího stroje [22] .....      | 38 |

## 14 SEZNAM PŘÍLOH

- P1 CD-ROM, který obsahuje - textový soubor s bakalářskou prací  
- výkres sestavy včetně kusovníku
- P2 Výkres sestavy
- P3 Kusovník