

# Konstrukce nástroje pro výrobu plastového dílu

Václav Stoklásek

---

Bakalářská práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav Stoklásek**

Osobní číslo: **T11290**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce nástroje pro výrobu plastového dílu**

Zásady pro vypracování:

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

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**dle zadání vedoucího BP**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE  
PROJECTU UMĚLECKÉHO DÍLA UMĚLECKÉHO VÝKONU

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

Datum zadání bakalářské práce: **10. února 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **23. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014

  
doc. Ing. Roman Čermák, 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 .....

.....

<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**

Cílem bakalářské práce je vytvoření vstřikovací formy pro zadaný plastový díl. Plastový díl je součástka používaná jako kryt v motoru.

Práce se skládá z teoretické a praktické části. Teoretická část popisuje technologii vstřikování a zásady návrhu vstřikovacích forem. Praktická část se zabývá konstrukcí daného plastového dílu a konstrukcí vstřikovací formy pro tento díl. Pro návrh plastového dílu, formy a výkresové dokumentace bylo použito programu CATIA V5R18.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, konstrukce, vstřikovaný díl

## **ABSTRACT**

The aim of the thesis is to create injection molds for plastic part specified. The plastic part is used as a component in the engine cover.

The work consists of a theoretical and practical part. The theoretical part describes the injection molding technology and design of injection molds. The practical part deals with the design of plastic parts and injection mold design for this part. For the design of plastic parts, molds and drawings were used CATIA V5R18.

Keywords: injection molding, injection mold, desing, plastic part

## **PODĚKOVÁNÍ**

Velmi rád bych poděkoval vedoucímu své bakalářské práce Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odborné vedení, poskytnuté rady, čas a trpělivost, kterou mi věnoval při vypracování této bakalářské práce.

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

Ve Zlíně,.....

.....

Podpis

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 VSTŘIKOVÁNÍ PLASTOVÝCH VÝROBKŮ</b> .....	<b>12</b>
1.1 PLASTY PRO VSTŘIKOVANÉ VÝROBKY .....	12
1.1.1 Základní rozdělení plastů pro vstřikování.....	12
1.2 VOLBA PLASTU PŘI NÁVRHU SOUČÁSTI .....	13
<b>2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU</b> .....	<b>14</b>
2.1 TVAROVÉ ŘEŠENÍ SOUČÁSTKY.....	14
2.1.1 Rozměry plastových součástek .....	14
2.1.2 Dělicí rovina.....	15
2.1.3 Tloušťka stěn.....	15
2.1.4 Zaoblení hran a rohů .....	16
2.1.5 Úkosal a podkosy výrobku.....	17
2.1.6 Žebra .....	18
2.1.7 Dosedací plochy .....	20
2.1.8 Okraje výrobku.....	20
2.1.9 Otvory a drážky u výstřiku.....	20
<b>3 KONSTRUKCE FORMY VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU</b> .....	<b>21</b>
3.1 POSTUP PŘI KONSTRUKCI FORMY .....	21
3.2 NÁSOBNOST FOREM.....	22
3.3 VOLBA STROJE PRO VSTŘIKOVÁNÍ.....	22
3.4 VTOKOVÉ SYSTÉMY .....	23
3.4.1 Studené vtokové systémy .....	23
3.4.2 Vyhřívané vtokové systémy .....	24
3.5 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY.....	25
3.5.1 Vyhazování za použití vyhazovacích kolíků.....	25
3.5.2 Stírací desky .....	26
3.5.3 Šikmé vyhazovací kolíky .....	27
3.5.4 Dvoustupňové vyhazování .....	27
3.5.5 Vyhazování pneumatické .....	27
3.5.6 Hydraulické vyhazování.....	28
3.6 TEMPERACE FOREM.....	28
3.6.1 Zásady volby temperačních kanálků .....	28
3.6.2 Temperační vložky .....	29
3.6.3 Temperační prostředky.....	29
3.7 ODVZDUŠNĚNÍ VSTŘIKOVACÍCH FOREM .....	30
3.7.1 Vliv parametrů vstřikování na odvzdušnění dutiny formy.....	30
3.7.2 Volba místa pro odvzdušnění.....	31
<b>4 VÝROBA FOREM PRO VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>32</b>
4.1 MATERIÁL PRO VÝROBU FOREM .....	32
4.1.1 Vlastnosti ocelí pro výrobu forem.....	33
4.2 VLASTNÍ VÝROBA FOREM .....	33
4.2.1 Strojní vybavení pro výrobu forem .....	34



<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>35</b>
<b>5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>36</b>
<b>6 VSTŘIKOVANÝ DÍL .....</b>	<b>37</b>
6.1 MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO DÍLCE .....	39
<b>7 KONSTRUKCE FORMY .....</b>	<b>40</b>
7.1 NÁSOBNOST FORMY .....	40
7.2 ZAFORMOVÁNÍ DÍLCE .....	41
7.3 TVAROVÉ DÍLY FORMY .....	41
7.4 VTOKOVÝ SYSTÉM FORMY .....	43
7.5 TEMPERAČNÍ SYSTÉM FORMY .....	44
7.5.1 Temperace tvárnice .....	45
7.5.2 Temperace tvárníku .....	46
7.6 ODFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU .....	47
7.7 VYHAZOVACÍ SYSTÉM .....	47
7.8 ODVZDUŠNĚNÍ DUTINY FORMY .....	49
7.9 VÝSLEDNÁ KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	49
<b>8 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....</b>	<b>53</b>
<b>9 DISKUZE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>54</b>
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>55</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>56</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>57</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>58</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>60</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>61</b>

## ÚVOD

Plastové materiály a stejně tak i technologie pro jejich zpracování zaznamenaly na konci druhého tisíciletí obrovský rozvoj, který stále avšak ne takovou rychlostí pokračuje. Tento materiál je schopen postupně nahrazovat stávající materiály pro svoje stejné nebo lepší vlastnosti při použití.

Nejčastějším způsobem zpracování plastů je vstřikování, kdy je do dutiny formy vstříknuta tavenina, která se následně ochlazuje. Vstřikováním je možné vyrábět výrobky rozmanitých tvarů a velikostí, které by jinou technologií byli jen obtížně nebo vůbec vyrobitelné. Nevýhodou vstřikování je nutnost výroby ve velkých sériích, což zajišťuje finanční návratnost stroje a formy. Vstřikováním je možné zpracovávat většinu běžných plastů, ovšem nejčastěji se zpracovávají termoplasty.

Rozvoj a výroba plastových výrobků má v dnešní době jednu nespornou nevýhodu a tou je nutnost tyto výrobky recyklovat. Celkový objem plastového odpadu se neustále zvětšuje a to zvyšuje požadavky na řešení tohoto problému. U některých plastů je recyklace poměrně snadná, ale jiné jsou využitelné již pouze jako palivo nebo pro výrobu vedlejších produktů.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

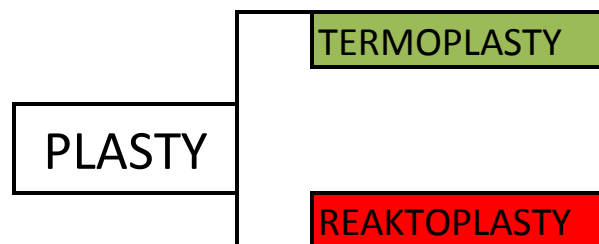
# 1 VSTŘIKOVÁNÍ PLASTOVÝCH VÝROBKŮ

Výrobky z plastu vyráběné vstřikováním mají rozmanité tvary, od jednoduchých až po velmi složité, jako jsou například prvky světlometů do automobilů a podobně. Počet těchto tvarově složitých produktů se výrazně zvyšuje díky zavádění nových aplikací a současně vývojem vlastností materiálů pro vstřikování.

## 1.1 Plasty pro vstřikované výrobky

Plasty jako materiál jsou látky, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci (oproti kovům, které mají strukturu tvořenou krystalovou mřížkou). Plasty jsou za běžných podmínek tvrdé a křehké a až po zahřátí se stávají tvarovatelnými. [1]

### 1.1.1 Základní rozdělení plastů pro vstřikování



Obrázek 1. Základní rozdělení plastů

Plasty jsou rozděleny na tyto základní druhy:

- Termoplasty – jsou nejdůležitější skupinou materiálů pro účely vstřikování. Umožňují velmi produktivní zpracování a současně nabízejí širokou paletu vlastností a barev. Sortiment termoplastů sahá od levných plastů širokého použití až k drahým, tzv. konstrukčním plastům. Termoplasty se dají tepelně tvářet a po následném ochlazení si zachovat tvar dutiny formy. Vlastnosti termoplastů se nemění ani po opakování tohoto procesu. [2]
- Reaktoplasty – použití reaktoplastů je omezeno nízkou rázovou a vrubovou houževnatostí těchto materiálů. Reaktoplasty si po vychladnutí zachovávají tvar dutiny formy, ale oproti termoplastům je nelze tvářet opakovaně. [2]

## 1.2 Volba plastu při návrhu součásti

Při návrhu plastu pro vstřikovanou součást, je třeba zvážit konkrétní podmínky provozního zatížení i celkové využití součástky. Součástka musí mít nejen požadované mechanické a fyzikální vlastnosti, ale také vhodný tvar s dosažitelnými rozměry i jakostí povrchu. [1,4]

Optimální volba plastu se pak posuzuje z následujících hledisek:

- funkce součásti musí splňovat definované požadavky;
- zvolená technologie výroby součásti musí být reálná a na určeném stroji poměrně snadno realizovatelná, při dodržení požadovaných parametrů;
- ekonomická při výběru plastu, z hlediska technologie výroby součásti i formy pro ni. [1]

## 2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU

Konstrukční návrh výrobku z plastů se řídí jinými zásadami, než výrobků kovových. Při tvorbě součásti je nutné zvažovat, co všechno se v dílu z plastu bude dít. Pro realizaci součástí z plastů jsou dány určité hranice konstrukčních tvarů a jejich vlastností, které by neměly být překročeny, jinak by mohly vzniknout při výrobě takovéto součásti problémy. Obecně platí, že čím jednodušší je součást, tím výhodnější jsou její pevnostní podmínky, snadnější dodržení rozměrů, lacinější výroba formy a jednodušší výroba výstřiku.

[1]

### 2.1 Tvarové řešení součástky

Plastová součást musí splňovat pravidla pro její zaformování a řešení jejího tvaru se řídí dle následujících hledisek:

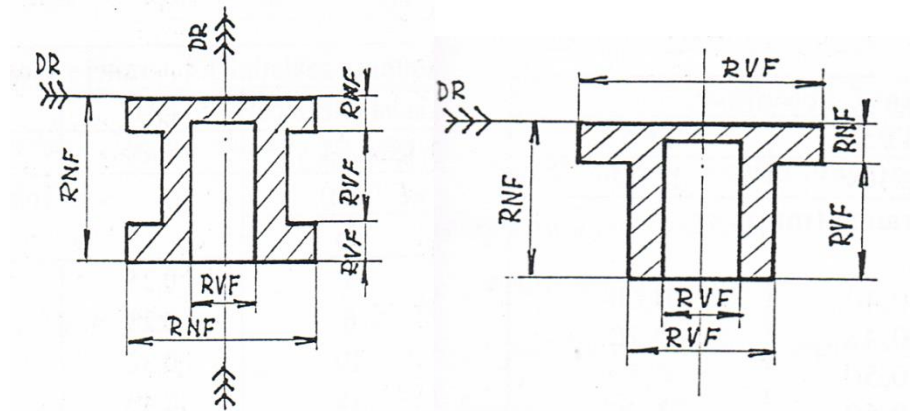
- funkčnost – zajišťuje plnění veškerých hlavních funkcí, které požadujeme od výrobku,
- technologičnost – dodržování zásad co nejplynulejšího a nejrychlejšího naplnění formy. Ideální jsou pozvolné přechody, zaoblení hran, stejná tloušťka stěn výrobku;
- estetické vlastnosti – výrobek má splňovat estetické požadavky zákazníka, ale nesmí být ovlivněna jeho funkčnost,
- ekonomické požadavky – je vyžadován co nejjednodušší tvar výrobku, aby vstřikovací forma byla co nejekonomičtěji vyrobitelná.[1,2]

#### 2.1.1 Rozměry plastových součástek

Jsou hlavním ukazatelem jakosti součástky. Rozměry se stanovují s ohledem na funkčnost výrobku a na specifické vlastnosti plastu. S rostoucí přesností rostou náklady na dodržení rozměrů. Přesnost rozměrů se stanovuje s ohledem na tolerované a netolerované rozměry. Potřebné tolerance jsou určeny dle norem podle následujících kritérií:

- skupiny plastů,
- přesností tolerování – běžnou, která se pohybuje mezi IT 12 až IT15 a se zvýšenou, která se volí ve výjimečných případech a v případech, kdy to funkce výrobku vyžaduje,

- rozměrů vázaných a nevázaných formou – jsou rozměry, které zásadním způsobem ovlivňují kvalitu výrobku. [1,2,3]



RVF.....Rozměry vázané formou

RNF.....Rozměry nevázané formou

Obrázek 2. Rozměry vázané a nevázané formou [1]

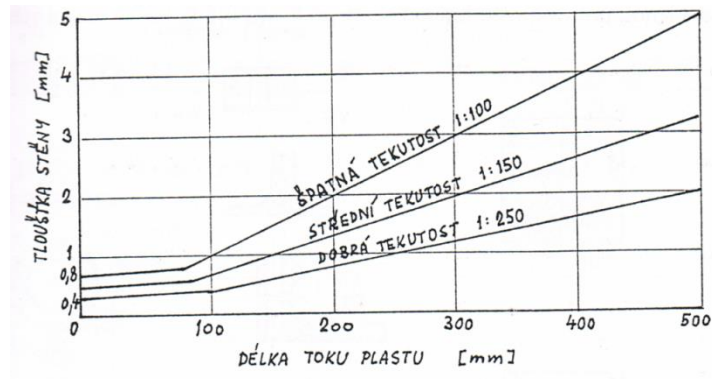
### 2.1.2 Dělicí rovina

Dělicí rovina je plocha, v níž nastává dosednutí jedné části formy na druhou a tím je uzavřena tvarová dutina formy. Určení dělicí roviny probíhá hned při prvním návrhu součástky, aby bylo jasné, jak bude tvar do formy umístěn, jak bude z formy vyhazován, zda bude možné vyhnout se bočním jádrům apod. Současně je nutné nalézt optimální řešení vtoků, které ovlivňují tok taveniny ve formě.[2]

### 2.1.3 Tloušťka stěn

Tloušťka stěn má být co možná nejmenší, aby bylo zabráněno vzniku propadlin na výrobku a dalších vad. Tloušťka stěny je závislá na délce toku plastu. V úzké dutině je tavenina ochlazována rychle a dochází k jejímu tuhnutí. Tlusté stěny naopak vyžadují dlouhou dobu chlazení. [1,2]

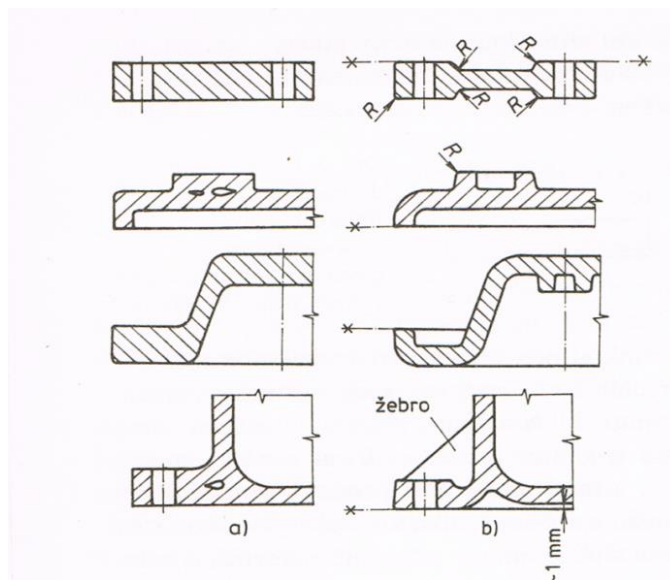
Správná konstrukce tloušťky stěny vyžaduje jednotnou tloušťku této stěny z hlediska rovnoměrného rozvedení materiálu v dutině formy a následného rovnoměrného chlazení výrobku. Minimální tloušťka stěn je dána požadovanou tuhostí, pevností a přesností výrobku. [1,2,4]



Obrázek 3. Závislost tloušťky stěny na délce toku plastu [1]

Základní pravidla pro návrh tloušťky stěny:

- pozvolné přechody tloušťky stěn;
- rovnoměrná tloušťka stěn a případné vylehčení.[2]



Obrázek 4. Rovnoměrnost tloušťky stěny a)špatné řešení,  
b) správné řešení [2]

#### 2.1.4 Zaoblení hran a rohů

Slouží k usnadnění toku taveniny v dutině formy a také k usnadnění vyjímání hoto-  
vého výrobku z formy. Se zvětšujícím se poloměrem zaoblení se snižuje koncentrace napě-  
tí v ohybu. Velikost vnějšího poloměru zaoblení bývá větší než poloměr vnitřní. Nejmenší  
možný poloměr má být asi jedna čtvrtina tloušťky stěny výrobku.[2,4]



### 2.1.5 Úkosy a podkosy výrobku

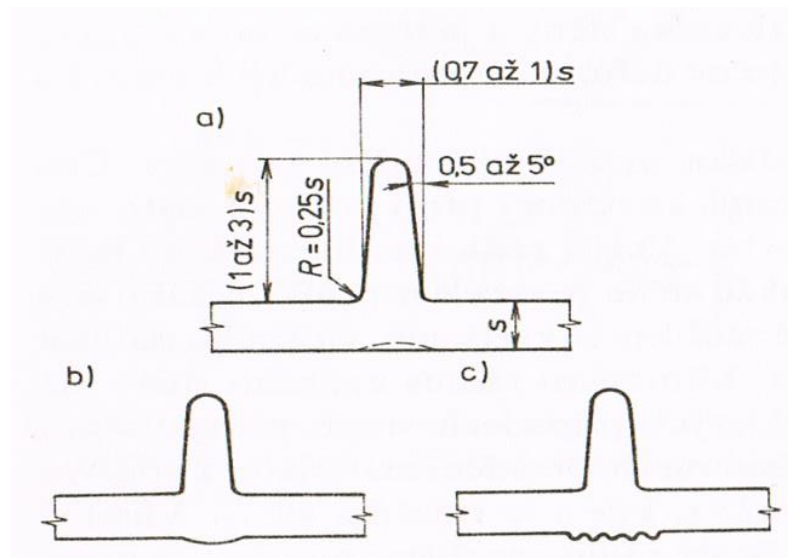
Úkosy a podkosy výstřiku slouží k snazšímu vyjímání výrobku z formy, nebo naopak u podkosů k zachycení výrobku na požadované straně formy. Úkosy rozdělujeme na vnější a vnitřní. Velikost úkosů je dána smrštěním materiálu, elasticitou plastů a povrchem stěn formy. Volba velikosti je dána dle tabulek a uvádí se jako doporučená, protože úhly je možné volit i menší pokud to technologie nebo zákazník vyžaduje. Podkosy se provádí pouze technologické, protože komplikují jak konstrukci formy, tak i její funkci. [1,2,3]

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

Tabulka 1. Doporučená velikost úhlů [1]

### 2.1.6 Žebra

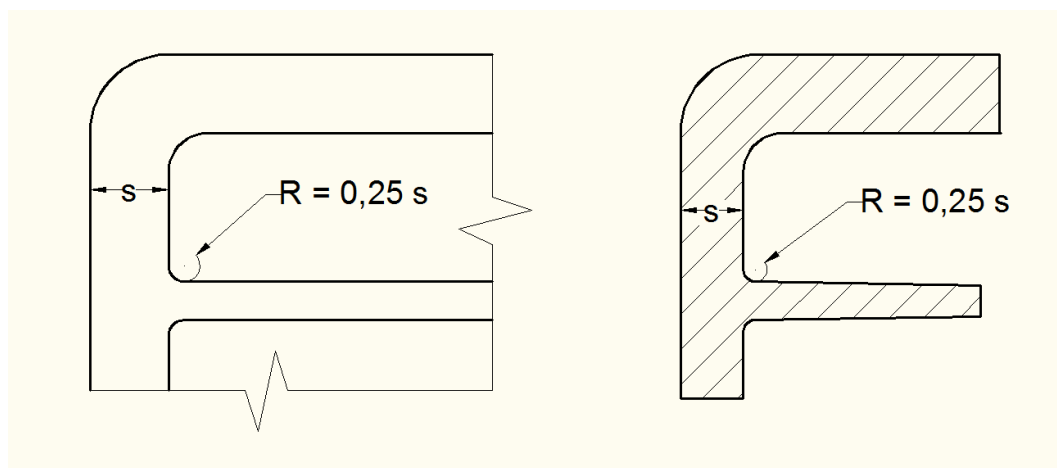
Žebra se dělí dle jejich funkce a to na žebra technická a žebra technologická. Technická žebra se provádí z důvodu zvýšení pevnosti a tuhosti součástky tedy zajišťují, aby konečný výrobek splňoval požadavky na jeho funkčnost. Technologická žebra naopak napomáhají v procesu plnění dutiny formy nebo brání zborcení stěn výrobku, případně zabráňují vzniku vad na povrchu výrobku. [1,2,4]



Obrázek 5. Vhodná konstrukce žeber a) rozměry žebra s možnou vadou  
b) řešení vady zakrytím propadliny [2]

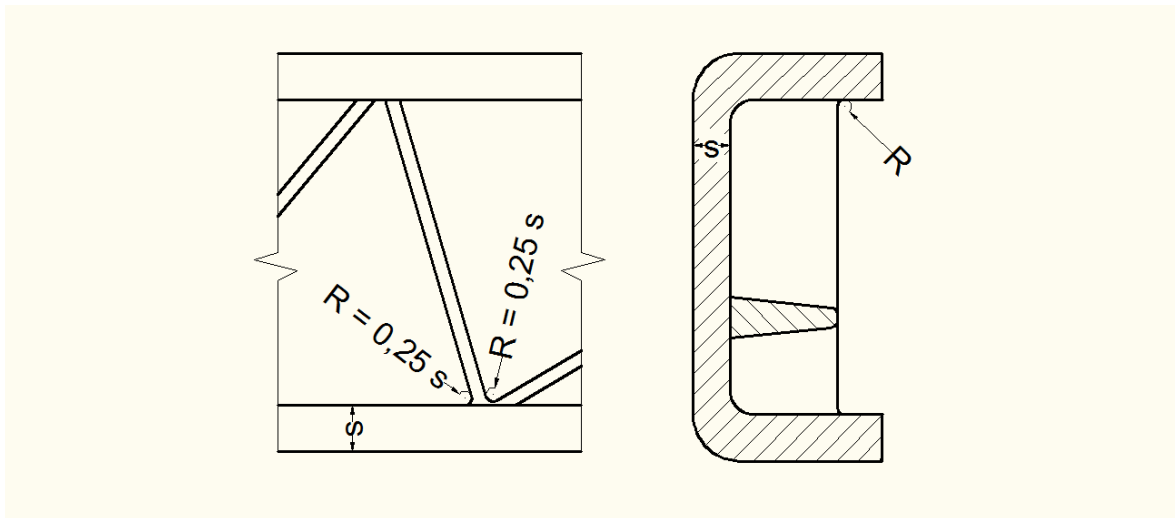
Základní rozdělení žeber:

- rovnoběžné – zvyšuje tuhost v ohybu pouze v jednom směru



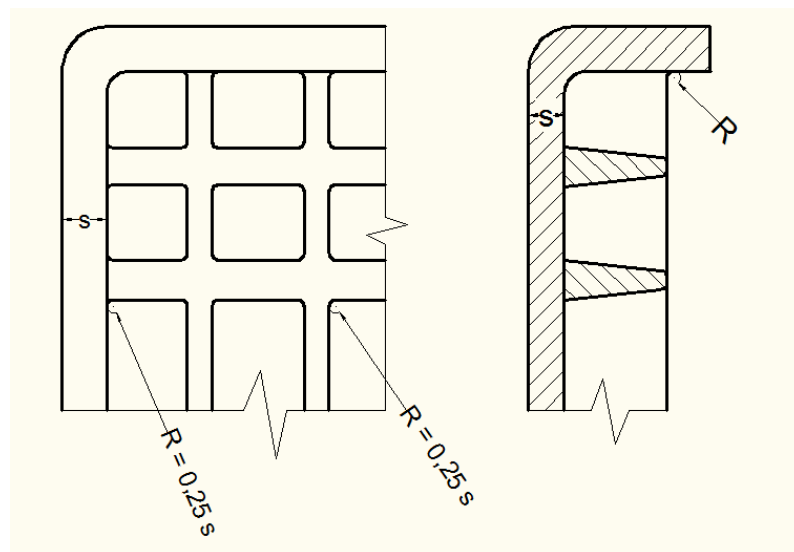
Obrázek 6. Rovnoběžné žebrování [2]

- diagonální – zvyšuje tuhost součástky v ohybu a kroucení



Obrázek 7. Diagonální žebrování [2]

- křížové – značně zvyšuje tuhost v ohybu i kroucení [1]



Obrázek 8. Křížové žebrování [2]

### 2.1.7 Dosedací plochy

Slouží k ideálnímu dosednutí výrobku na rovinnou plochu a mají být uspořádány tak, aby při zatížení výrobku zajišťovaly přesné a stabilní dosednutí. Dosedací plochy mají být malé a má jich být co možná nejméně, nejvhodnější je dosednutí na 3 body. [1,2]

### 2.1.8 Okraje výrobku

Místa u okrajů výrobku umístěné v dělicí rovině se často vyztužují ať už z důvodu technického nebo technologického. Okraje nemají být zesílené z důvodu možného hromadění materiálu, rozdílného smrštění tenčí stěny nebo nevhodného rozdělení toku taveniny. Okraje výrobku nemají být zakončeny ostrou hranou, která je náchylná k poškození a hrozí zde poranění při manipulaci. [1,2]

### 2.1.9 Otvory a drážky u výstřiku

Je snahou otvory volit tak, aby činily co nejmenší potíže při výrobě. Otvory a drážky ve směru zaformování se vytváří za pomoci pevných kolíků a trnů. Otvory, kolmo na směr dělicí roviny se zhotovují za pomoci čelistí či výsuvných jader. Doporučené vzdálenosti otvorů a drážek od okrajů výrobku se řídí podle tabulek a jsou v závislé na tloušťce stěny mezi otvory nebo okrajem tak, aby nedocházelo k popraskání stěn. [1,2]

### 3 KONSTRUKCE FORMY VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU

Vstřikovací forma je definována jako nástroj pro výrobky vyráběné vstřikováním, v níž si tavenina po vychladnutí zachová požadovaný tvar.

Kvalita formy musí splňovat následující požadavky:

- technické – zajišťují správnou funkci formy z hlediska kvality výrobku a jeho přesnosti. Dále zajišťují schopnost manipulace s touto formou,
- ekonomické – má zajistit vysokou produktivitu práce při snadné a jednoduché výrobě formy,
- společenskoestetické – zabezpečující vhodné prostředí pro bezpečnou práci.

Forma pro vstřikované výrobky je složena z několika částí a každá z nich plní ve formě požadovanou funkci. Na tyto jednotlivé součásti forem je kladen velký důraz z pohledu přesnosti rozměrů, jakosti povrchu i optimální životnosti těchto dílů.

K rozhodujícím systémům, které ovlivňují funkci formy, patří vyhazování výstřiku, temperace forem, funkčnost, tuhost rámu a podobně. [1,5]

#### 3.1 Postup při konstrukci formy

Konstrukční návrh vstřikovaného dílu má následující postup:

- posouzení výkresu součástky z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek. Je nutné znovu kontrolovat rozměry, tolerance, tloušťky stěn a podobně,
- korekce umístění dělicí roviny a způsobu zaformování s ohledem na funkci a vzhled,
- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě,
- volba vhodného vtokového systému, velikost a tvar rozvodných kanálků,
- určení koncepce vyhazovacího a temperačního systému,
- návrh rámu formy s ohledem na typizaci,
- vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj,
- kontrola funkčních parametrů formy s ohledem na vstřikovací stroj. [1]

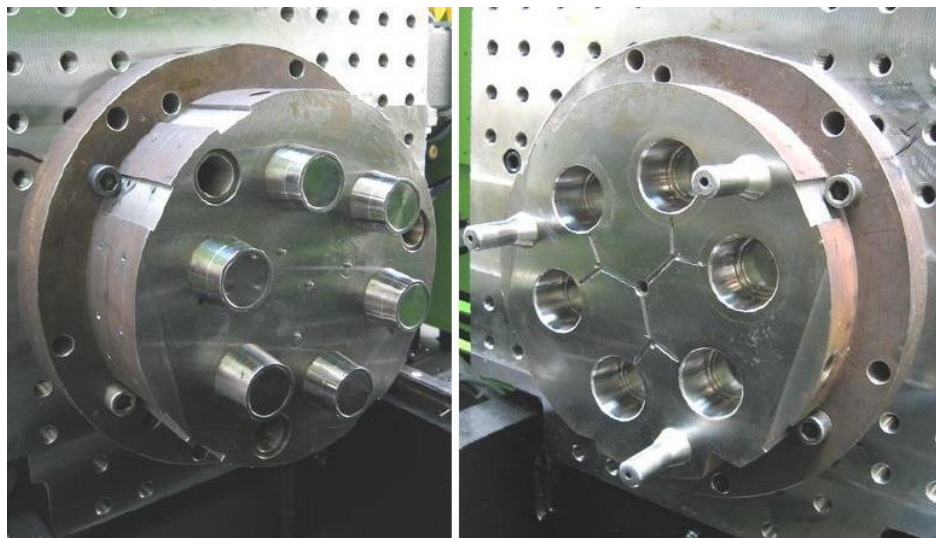
### 3.2 Násobnost forem

Pro volbu optimální násobnosti formy se vyžaduje vyhodnocení jednotlivých činitelů, které ji ovlivňují.

Násobnost formy se posuzuje dle následujících hledisek:

- charakter a přesnost výrobku;
- množství výrobků, které má být vyrobeno;
- velikosti a kapacitě stroje pro vstřikování;
- termínu dodání;
- ekonomiky výroby.

Součástky, které jsou tvarově náročné a vedou ke složité formě, se většinou vyrábí v jednonásobných formách. Pro hromadnou výrobu se volí vícenásobné formy, pro které je nutné vypracovat technický a ekonomický rozbor. [1]



Obrázek 9. Vícenásobná forma [6]

### 3.3 Volba stroje pro vstřikování

Vstřikovací stroj se výrazně podílí na dosažení požadované kvality výstřiku i na jeho konečných vlastnostech.

Volba stroje je ovlivněna těmito faktory:

- hmotností a rozměry výstřiku;
- požadavky na přesnost a kvalitu výstřiku;
- velikostí formy.

Na stroj jsou kladeny tyto požadavky, které musí splňovat:

- dostatečnou vstřikovací kapacitu,
- dostatečná uzavírací síla,
- vhodnou koncepci stroje. [1]



Obrázek 10. Vstřikovací stroj

### 3.4 Vtokové systémy

Vtokový systém formy slouží k dopravě taveniny do dutiny formy. Dle teploty těchto systémů jsou děleny na vtokové systémy studené a vtokové systémy horké. Volba správného vtokového systému je důležitá jak pro kvalitu výrobku, tak i pro efektivitu práce. [1,5]

#### 3.4.1 Studené vtokové systémy

Tento systém se vyznačuje vtokovým zbytkem, který je vždy součástí vstříkovaného výrobku a je nutné jej odstraňovat. Studené vtoky jsou vhodné pro objemnější výrobky. Cena studeného vstřikovacího systému je obvykle nižší oproti horkému vtokovému systému a zároveň ve většině případů i podstatně jednodušší. Studené vtoky nevyžadují žádné senzory pro kontrolu teploty ani jiná přídatná zařízení, které formu mohou komplikovat. [5,7]

Funkční řešení studeného vtokového systému musí zabezpečit:

- správnou dráhu toku taveniny – musí být co nejkratší a zajistit správné plnění formy,
- vyústění vtoku – správný průřez a polohu vtoku, která ovlivňuje pnutí výrobku,

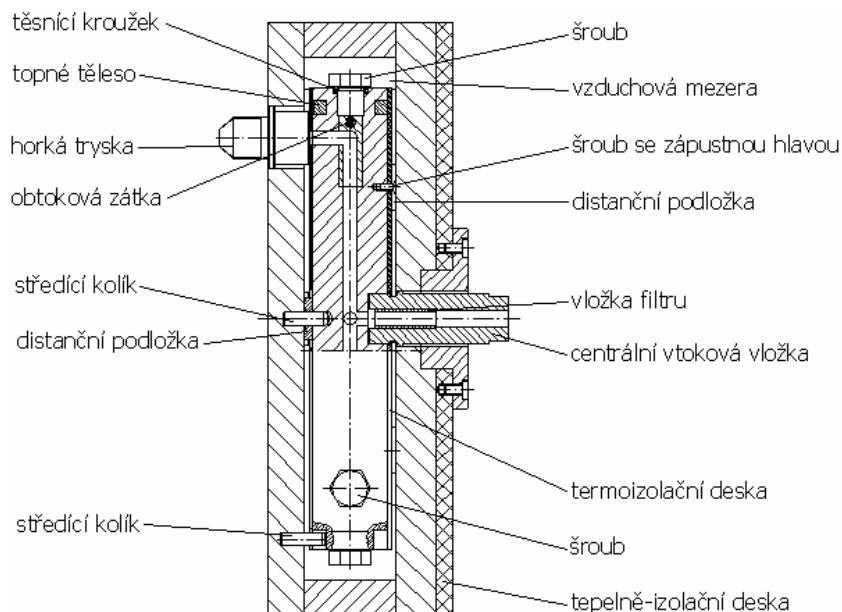
- průřez vtokových kanálků – zvolení vhodného průřezu, aby nedocházelo k zamrznutí taveniny,
- zaoblení – vyvarování se ostrých hran min. zaoblení  $R=1$  mm,
- úkosovitost – stanovení úkosů pro správné odformování. Minimální úkos  $1,5^\circ$ . [5]

### 3.4.2 Vyhříváné vtokové systémy

Jelikož jednou z největších snah výrobců je ušetřit, byly vyvinuty vyhříváné vtokové systémy, které jsou schopny výroby výrobku bez vtokového zbytku a tedy uspořit materiál. Tyto vyhříváné systémy se nejprve vytvářely pouhým zvětšením vtoků nebo tvorbou různých předkomůrek pro zásobení teplým materiálem a podobně. V dnešní době se používají zejména vyhříváné trysky nebo celé rozvodové bloky. Výrobky pro tvorbu vyhříváné vtokové soustavy jsou vyráběny především specializovanými výrobci a to většinou na objednávku na konkrétní výrobek. Cena systému je oproti studeným vtokům několikanásobně vyšší a proto je snahou tímto způsobem vyrábět co největší série. [5,7]

Výhody vyhříváných vtokových systémů jsou:

- automatizace výroby,
- zkrácení výrobního cyklu,
- snížení množství plasty,
- snížení nákladů na dokončovací operace. [5]



Obrázek 11. Horký vtokový systém od firmy HASCO



### 3.5 Vyhazovací systémy

Vyhození výstřiku z formy je nedílnou součástí procesu výroby vstřikovaných výrobků, které automatizuje výrobu. K uskutečnění procesu vyhození je používáno mechanického, pneumatického, dvojstupňového nebo jiného typu vyhazování.

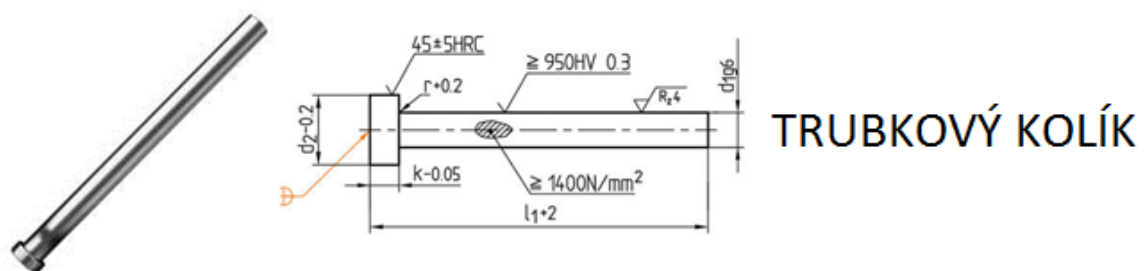
Základní podmínkou pro správnou funkci systému je tvar a povrch výrobku. Vyhazovací systém musí výrobek vysouvat tak, aby působil na výrobek nedestruktivně. [1,5]

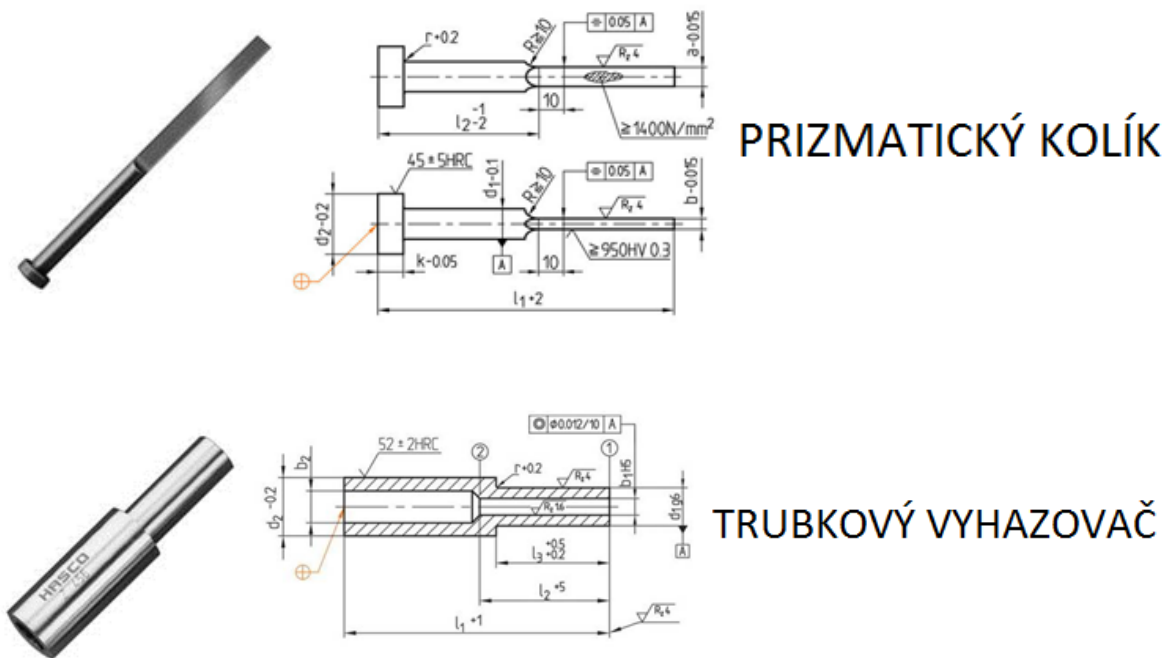
#### 3.5.1 Vyhazování za použití vyhazovacích kolíků

Tento mechanický způsob vyhazování výstřiku je jedním z nejrozšířenějších a nejčastějším způsobem vyhazování, který se používá. Vyhazovací kolíky je vhodné použít všude tam, kde je možnost jejich umístění proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Správnou volbou tvaru a umístění kolíků umožníme snadné vyhození, ale také úsporu za jiné nákladnější systémy. [5]

Kolíky by měly být umístěné tak, aby se opíraly o stěnu či žebro výrobku a zároveň nedocházelo k borcení těchto stěn. Na stykových plochách výrobku s kolíkem se vyskytují stopy po vyhazovačích, tehdy je vhodné umístit vyhazovače na nepohledovou stranu výrobku.

Ukotvení vyhazovacích kolíků je zajištěno pomocí vyhazovacích desek, které jsou vedeny na vodících čepech. [5]





Obrázek 12. Vyhadzovací kolíky [9]

### 3.5.2 Stírací desky

Dalším mechanickým způsobem vyhadzování je vyhadzování za pomoci stírací desky. Tento způsob vyhadzování představuje možnost stažení výrobku z tvárníku po celém obvodu. Velikost styčné plochy výstříku a vyhadzovače je dostatečně velká a tedy nedochází k deformacím výrobku. Po vyhadzování nejsou na výrobku viditelné stopy po vyhadzovači. Technologie vyhadzování za pomoci stírací desky se uplatňuje zejména u tenkostěnných součástek.

Speciální případ stírací desky je trubkový vyhadzovač, který plní funkci stírací desky a zároveň pracuje jako vyhadzovací kolík. [5]

Pohyb stíracích desek je vyvozen podle účelu:

- tlakem vyhadzovacího systému – stírací deska je ovládána tlakem vyhadzovacího trnu. Ve většině případů je stírací deska vyložena stírací vložkou pro delší životnost.
- tahem při rozevírání formy – stírací desku je možné ovládat tahem za pomoci mechanismů, které na sebe navzájem působí. Tento způsob se uplatňuje hlavně u třídeskových forem. [5]

### 3.5.3 Šikmé vyhazovací kolíky

Speciální formou mechanického způsobu vyhazování vstříkovaných výrobků je vyhazování za pomoci šikmých kolíků. Tento způsob se liší zejména způsobem uložení vyhazovacích kolíků, které jsou vzhledem k dělicí rovině uloženy pod různými úhly. Šikmé vyhazovače se používají pro malé až střední výstřiky. Velkou výhodou tohoto způsobu vyhazování je možnost odformování malých nebo středně velkých zahloubení a tedy velké zjednodušení formy bez nutnosti použití složitých čelistových mechanismů. [5]

### 3.5.4 Dvoustupňové vyhazování

Představuje další způsob mechanického vyhazování plastových výrobků z formy. Konstrukce vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se navzájem ovlivňují. Dvoustupňové vyhazování umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. S výhodou se proto používá pro slabostěnné výstřiky.

Velmi využívaný je tento způsob také pro oddělování vtokových zbytků od výstřiku přímo ve formě a jejich následného vyhození. Toto má za následek automatizaci procesu a tedy jeho urychlení. [5]

### 3.5.5 Vyhazování pneumatické

Je nejvhodnější systém vyhazování pro tenkostěnné výrobky velkých rozměrů zejména pak nádob, které je třeba zavzdušnit, aby nedocházelo k nežádoucím deformacím.

Pneumatické vyhazování přivádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy a tím dojde k rovnoměrnému oddělení výstřiku od tvárníku. Použití tohoto vyhazování je omezeno tvarem výstřiku.

Do dutiny formy se vzduch dostává přes různé druhy ventilů- talířový, jehlový nebo zavzdušňovací kolíky. Ventil je otevírán tlakem vzduchu a zavírán je pružinou nebo jiným mechanismem.

Tlak vzduchu při vyhazování má být tak velký, aby vyhodil výstřik bez jakéhokoli poškození a neznečišťoval prostor kolem stroje. Použití tohoto systému vyžaduje přesnou výrobu formy v oblasti vedení vzduchu. [5]

### 3.5.6 Hydraulické vyhazování

Využívá se zejména k ovládní mechanických vyhazovačů, kterým umožňuje pracovat pružněji a s větší flexibilitou.

Používané hydraulické vyhazovače jsou vyráběny jako uzavřené hydraulické jednotky, které se zabudují přímo do připraveného místa ve formě. [5]

## 3.6 Temperace forem

Temperační systém forem slouží k udržování konstantní teploty formy. Cílem temperace je dosažení optimálního pracovního cyklu vstřikování při zachování technologických požadavků.

Při vstřikování je do dutiny formy přiváděn roztavený polymer, který účinkem temperačního systému následně chladne na teplotu vhodnou pro vyhození výstřiku. Temperace tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí polymeru.

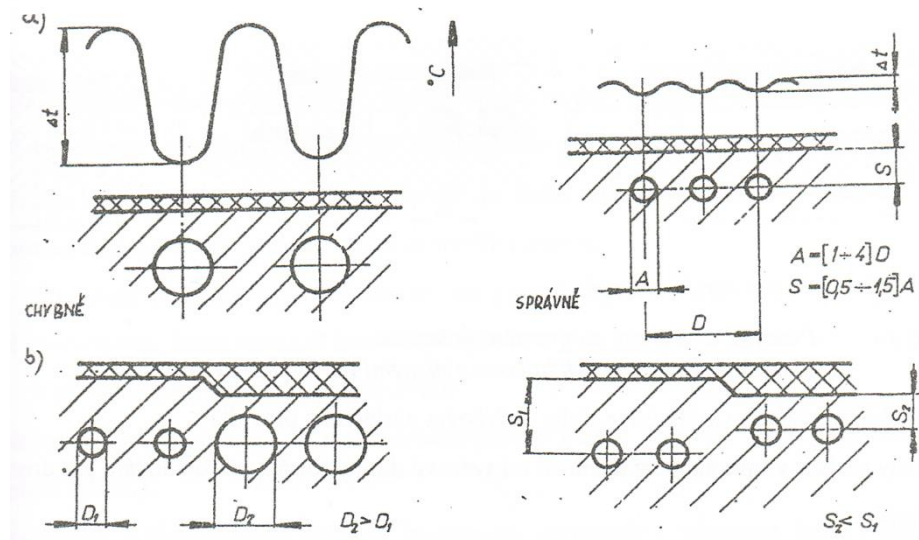
U plastů, které jsou zpracovávány při vyšších teplotách formy, jako PVC nebo PEEK, je temperační systém používán k ohřevu formy.

Temperační systém je tvořen soustavou kanálků a dutin, kterými proudí vhodné médium. [5]

### 3.6.1 Zásady volby temperačních kanálků

Volbou temperačních kanálků je ovlivněna výsledná temperace formy. Rozměry kanálků a jejich rozmístění je voleno s ohledem na funkčnost formy. Při návrhu temperačních kanálků je třeba dbát na dostatečnou tuhost a pevnost stěny funkční dutiny. Je vhodné použít větší množství temperačních kanálků o menším průměru, než naopak.

Průřez kanálku se volí podle velikosti výrobku, druhu plastu a rámu formy. Nejčastějším průřezem je kruhový. Velikost kanálku se nemá zbytečně zvětšovat, protože intenzita výměny tepla se zvýší jen nepatrně. [5]



Obrázek 13. Vliv rozmístění temperačních kanálků na teplotní pole formy [5]

### 3.6.2 Temperační vložky

Pro temperaci tvárníků o malých rozměrech se s výhodou používají temperační vložky. Obvykle jsou vyrobeny z materiálů s velkou tepelnou vodivostí, které snadněji odvádí nebo přivádí teplo. Slouží hlavně v místech, kde je problém použít běžné temperační systémy a tam, kde je nedostatek prostoru.

Temperační vložky jsou v dnešní době vyráběny jako normálie, což urychluje postup výroby. [5]

### 3.6.3 Temperační prostředky

Temperační prostředky jsou média, díky kterým jsme schopni udržet teplotu formy při optimálních podmínkách pro vstřikování. Rozdělují se na:

- aktivní, které působí přímo ve formě a teplo buď přivádí nebo odvádí (voda, olej);
- pasivní, které svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy (tepelné trubice). [5]

Typ	Výhody	Nevýhody
voda	vysoký přestup tepla, nízká viskozita, nízká cena, ekonomická nezávadnost	použitelné do 90°C, vznik koroze, usazování kamene
oleje	možnost temperace i nad 100°C	zhoršený přestup tepla
glykoly	omezení koroze a ucpávání systému	stárnutí, znečišťování prostředí

Tabulka 2. Typy chladícího média [5]

### 3.7 Odvzdušnění vstřikovacích forem

Odvzdušnění dutiny formy zdánlivě nepatří mezi dominantní problémy při návrhu formy, ale v konečném důsledku velmi ovlivňuje kvalitu a vzhled výstřiku. Při navrhování systému odvzdušnění dutiny formy je nutné se řídit zákonitostmi při plnění formy materiálem. [5]

#### 3.7.1 Vliv parametrů vstřikování na odvzdušnění dutiny formy

Před samotným procesem vstřikování je dutina formy zaplněna vzduchem. Při plnění taveninou je třeba zajistit únik tohoto vzduchu a nahromaděných zplodin. Účinnost odvzdušnění je závislá na rychlosti plnění. Pro větší rychlost plnění je třeba účinnější odvzdušnění.

Vstřikovací rychlost, neboli doba plnění, významně ovlivňuje optimální vlastnosti výrobku. Při příliš rychlém plnění dochází v dutině formy ke stlačení vzduchu, který je vlivem tlaku zahříván a způsobuje spálená místa na výrobku. Naopak při pomalém plnění dojde k uvolnění ztuhlého polymeru ze stěn formy a jeho následného strhávání do proudu taveniny, což nepříznivě ovlivňuje kvalitu výstřiku. [5]

### **3.7.2 Volba místa pro odvzdušnění**

Místo pro odvzdušnění je ve formě mnohdy zřejmé už z tvaru výrobku, jindy je však obtížné toto místo určit. Pro určení vhodného místa odvzdušnění je třeba znát jakým způsobem a směrem naplní tavenina dutinu formy. Nejdůležitějšími kritérii jsou umístění vtoku, tloušťka stěn a kvalitativní podmínky zakázky.

Pro nejpřesnější určení vhodného místa odvzdušnění dnes slouží počítačové programy. [5]

## 4 VÝROBA FOREM PRO VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikovací forma je chápána jako nástroj a je složena z rámu, tvarových dílů a dalšího příslušenství. Realizace výroby formy je ustálený sled činností, vyjádřený časovou náročností jednotlivých etap, jako jsou:

- obchodně technické jednání se zákazníkem a konstrukční projekt,
- konstrukce formy,
- technická příprava výroby (technologický postup, normování, zajištění materiálu),
- výroba formy,
- zkoušení, úprava a předání formy,

Výrobu formy pro zadaný díl lze urychlit využitím vyzkoušených typových postupů, použitím nové technologie a hlavně využitím normalizovaných dílů. Další rezervy vznikají v nedokonalém využívání výpočetní techniky při výrobě. [5]

### 4.1 Materiál pro výrobu forem

Životnost formy je dána nejslabším článkem její funkční sestavy, a proto je volba materiálu velmi důležitá. Volba materiálu je podmíněna funkcí a pracovními podmínkami součástky. Užité vlastnosti formy jsou v provozních podmínkách určeny:

- druhem vstřikovaného plastu;
- přesností a jakostí výstřiku;
- podmínkami vstřikování;
- vstřikovacím strojem;
- požadovanou životností formy.

Pro výrobu forem jsou používány materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Nejčastějším materiálem je ocel, která je svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi jen těžko nahraditelná. [5]



#### 4.1.1 Vlastnosti ocelí pro výrobu forem

Jednotlivé součástky formy neplní stejnou funkci, a proto mají i své specifické požadavky na volbu vhodného materiálu. Výběr materiálu má odpovídat funkci součástky, s ohledem na životnost a opotřebení.

Na materiál formy jsou kladeny tyto požadavky:

- dobrá obrobitelnost;
- dostatečná mechanická pevnost;
- dobrá leštitelnost;
- malá deformace při tepelném namáhání;
- odolnost proti korozi;
- svařitelnost;
- vhodnost pro povrchové úpravy;
- vhodné fyzikální vlastnosti. [5]

#### 4.2 Vlastní výroba forem

Způsob zhotovení forem pro plastový díl představuje nutnost přesné výroby jednotlivých součástí i dokonalou a bezproblémovou montáž. Každá součástka formy je vyrobena přesně podle výkresové dokumentace a předem daného postupu.

Dříve byly formy vyráběny způsobem vzájemného přizpůsobování jednotlivých součástí tak, aby vznikla funkčně a rozměrově způsobilá forma. Tento způsob je praktikován u malovýrobců. Náklady ale zároveň i kvalita klesají.

Další v dnešní době mnohem používanější možností výroby forem je průmyslový způsob, který umožňuje:

- přesnou a kvalitní výrobu jednotlivých komponentů;
- výrobu náhradních dílů podle dokumentace a tím i jejich snadnou vyměnitelnost;
- dosažení optimálního vytížení obráběcích center;
- úsporu času a prostředků. [5]

#### 4.2.1 Strojní vybavení pro výrobu forem

Efektivnost výroby je dána co nejvyšším stupněm vyžití strojního vybavení, v rámci vhodné organizace práce. V těchto případech je velkou výhodou koncentrace veškeré výroby do jednoho podniku, což vytváří předpoklady pro využití výhod velkovýroby a možnosti vzájemné provázanosti.

Snahou nástrojářen je nevyrábět jen jeden druh výrobku, ale naopak vyrábět takové druhy, které se vyznačují co největší shodností nebo podobností svých částí. Přibližné časové rozdělení strojních technologických operací při výrobě forem je následující:

- frézování 28%
- soustružení 11%
- broušení 18%
- elektroerozivní obrábění 15%
- ruční práce 20%
- ostatní 8%. [5]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pro bakalářskou práci byly stanoveny tyto cíle:

- Vypracovat literární studii na dané téma
- Navrhnout 3D model plastového dílu
- Provést konstrukci vstřikovací formy pro daný plastový díl
- Nakreslit 2D sestavu formy

Literární studie přibližuje problematiku vstřikování, vlastní návrh konstrukce výrobku pro vstřikování a hlavní zásady pro konstrukci vstřikovací formy.

Praktická část bakalářské práce se zabývá návrhem zadaného plastového dílu, který byl vytvořen jako 3D model v konstrukčním programu CATIAV5. Pro vytvořený 3D model byla vytvořena konstrukce vstřikovací formy.

Posledním úkolem bylo vytvoření výkresové 2D dokumentace pro vstřikovací formu, která obsahuje řez formou a označení jednotlivých dílů s kusovníkem.

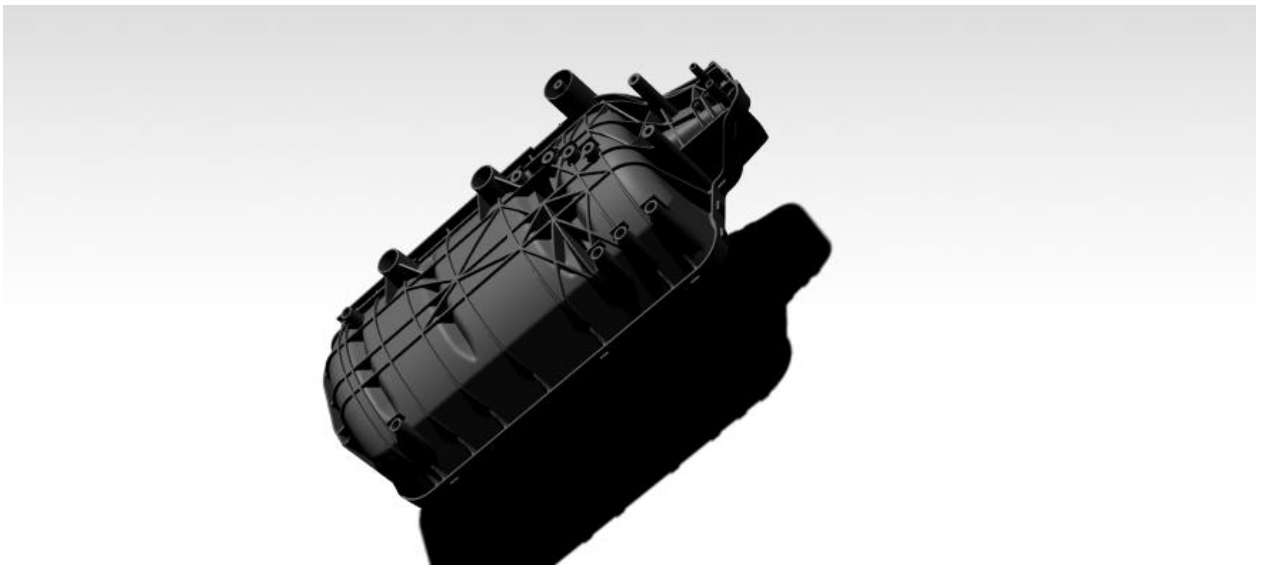
## 6 VSTŘIKOVANÝ DÍL

Zadaný vstříkovaný výrobek je součástka, která je využívána jako kryt do motorového prostoru automobilu. Objem plastového dílu je  $382,9 \text{ cm}^3$  a hmotnost  $0,459 \text{ kg}$ .

Vstříkovaný díl je poměrně členitý, spodní část obsahuje síť žeber pro větší pevnost výrobku. Dále výrobek obsahuje řadu otvorů a to jak průchozích tak i plných, které slouží ke konečnému uchycení vstříkovaného dílu.



Obrázek 14. Pohled na model Vstříkovaného dílu



Obrázek 15. Pohled na model vstříkovaného dílu



Obrázek 16. Zadaný vstříkovaný dílec



Obrázek 17. Zadaný vstříkovaný dílec

## 6.1 Materiál vstřikovaného dílce

Materiálem pro vstřikovaný výrobek byl zvolen polyamid 6, který je ze třiceti procent plněn skelnými vlákny pro vyšší odolnost konečného výrobku (PA6 GF30). Tento materiál se výborně hodí pro náročné aplikace kvůli svým výborným vlastnostem a schopnosti odolávat velkým zatížením. Nejčastějším produktem vyrobeným z tohoto materiálu jsou složité tvarové součástky pro automobilový průmysl.

NÁZEV	JEDNOTKY	HODNOTA
Hustota materiálu	g/cm <sup>3</sup>	1,36
Pevnost v tahu	MPa	175
Modul pružnosti v tahu	MPa	9000
Tvrdost podle Brinella	MPa	220
Tepelná vodivost	W/Km	0,24
Maximální teplota dlouhodobá	°C	130
Maximální teplota krátkodobá	°C	200
Minimální teplota použití	°C	-40
Nasákavost při normálních podmínkách	%	2,1

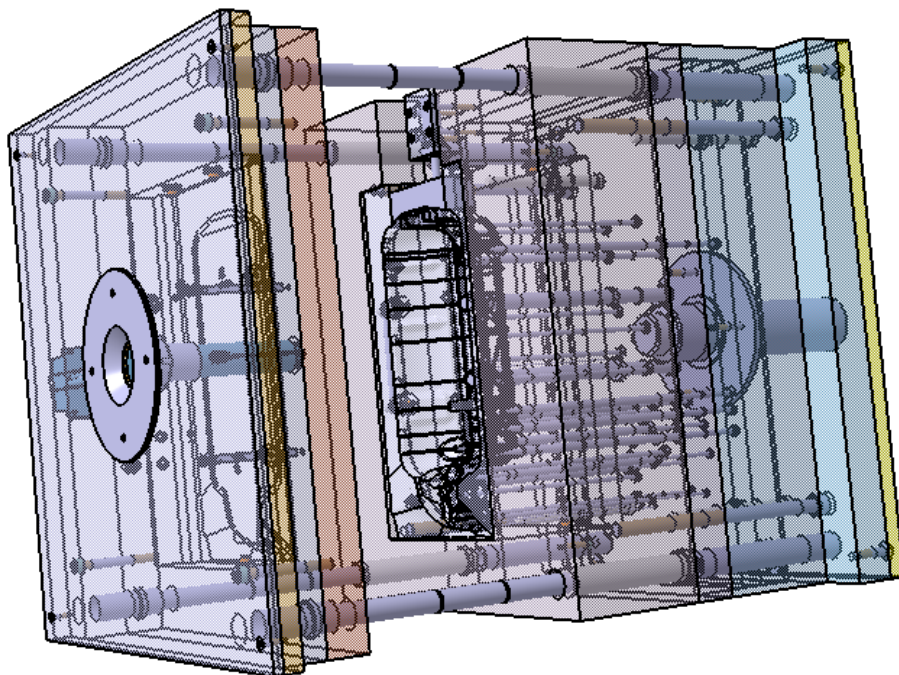
Tabulka 3. Vybrané vlastnosti PA6 GF30



Obrázek 18. Materiál PA6 GF30

## 7 KONSTRUKCE FORMY

Vlastní konstrukce vstřikovací formy byla provedena za pomoci konstrukčního programu CATIA V5R18 a aplikace WordCat-CIF, která umožňuje vkládání normalizovaných dílů z katalogu výrobců. Při konstruování bylo snahou využít co nejvíce normalizovaných dílů, z důvodu úspory času při výrobě. Snahou bylo co nejvíce normalizovaných výrobků vybírat od firmy HASCO kvůli ucelené nabídce těchto dílů a také softwaru, který umožňuje tyto díly vkládat. Vzhledem k náročnosti výrobku nebylo možné využít pouze normálií a tedy jsou některé díly vyrobeny jako nenormalizované.



Obrázek 19. Model formy 3D

### 7.1 Násobnost formy

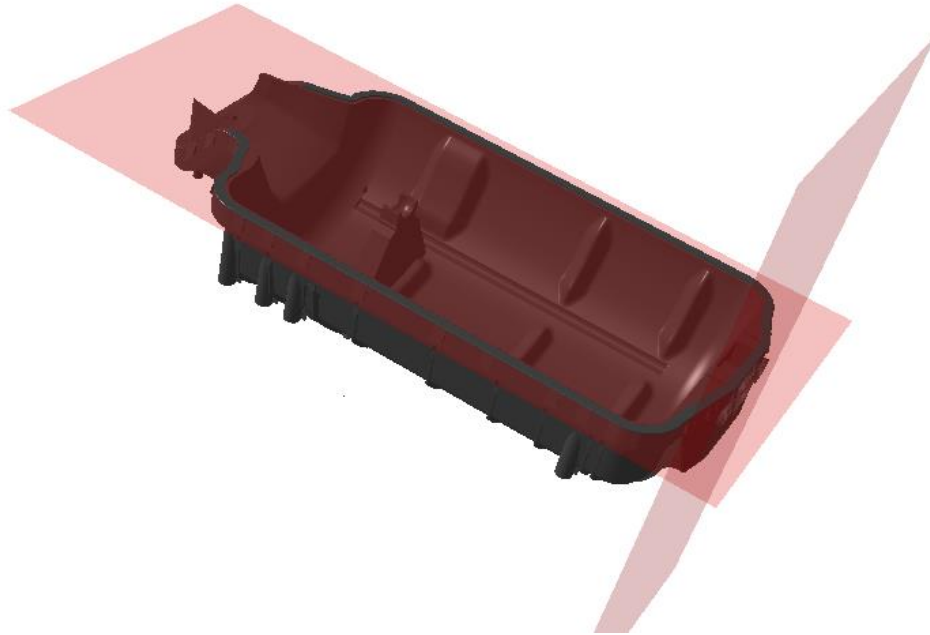
Násobnost formy se volí dle několika parametrů, tak aby byla produktivita výroby maximální. Parametry jako velikost vstřikovaného výrobku, požadované množství, kapacita stroje a jiné jsou hlavními ukazateli pro volbu násobnosti formy.

Pro zadaný dílec a jeho rozměry byla zvolena jednonásobná vstřikovací forma. Možnou nevýhodou této volby je delší trvání výrobního procesu, ale na druhou stranu je zajištěna větší přesnost výstřiku, který je u tohoto výrobku požadován.



## 7.2 Zaformování dílce

Pro správné fungování vstřikovací formy je volba zaformování dílce velmi podstatná. Pro zadaný díl byly zvoleny dvě dělicí roviny (hlavní a vedlejší). Hlavní dělicí rovina je rovnoběžná s upínací deskou. Vedlejší dělicí rovina je nutná pro odformování boční strany výrobku, která obsahuje otvor.



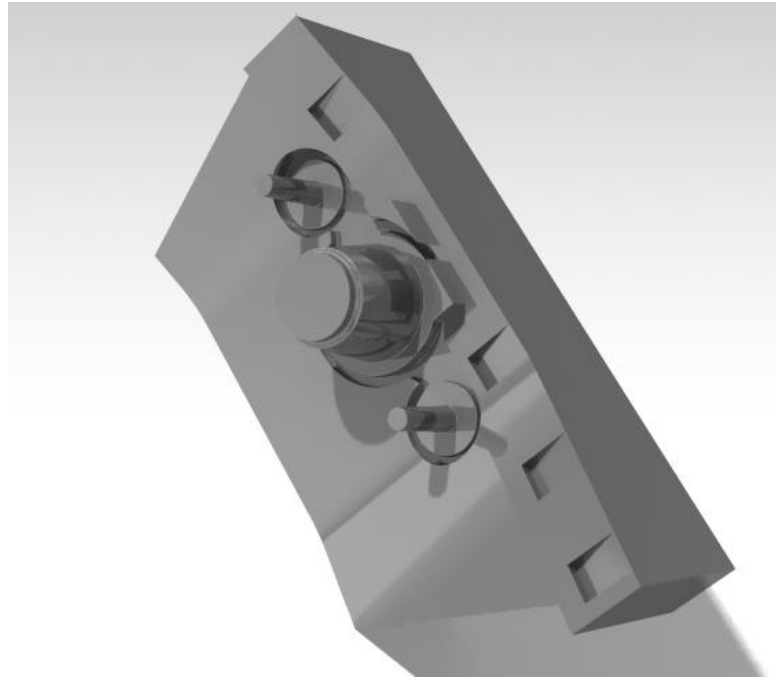
Obrázek 20. Hlavní a vedlejší dělicí rovina

Dílec je zaformován tak, aby při otevírání zůstal na pohyblivé části formy tak dlouho, dokud nebude vyhozen za pomoci vyhazovacího systému.

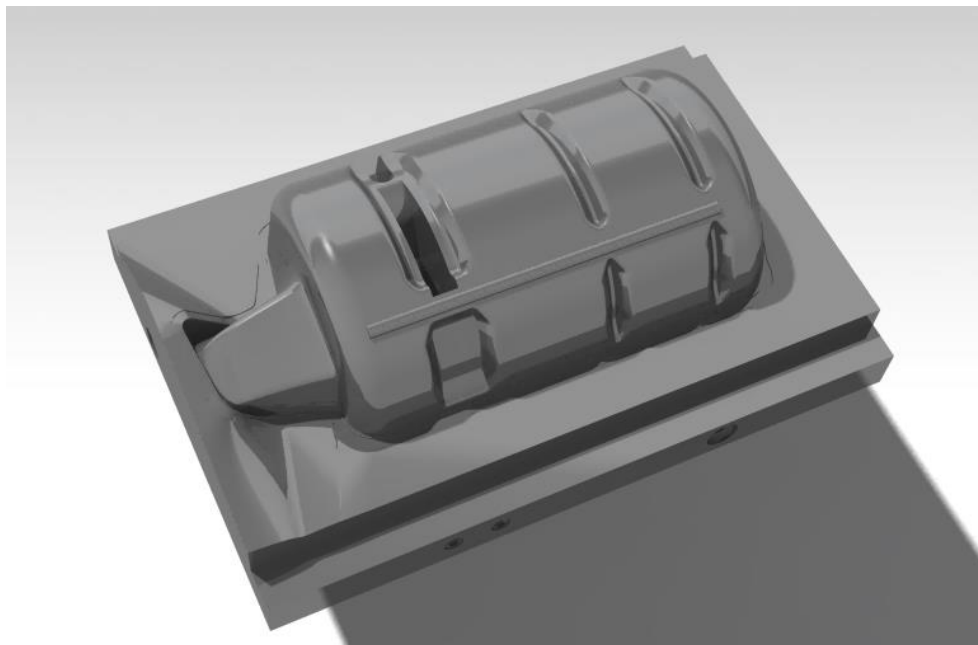
## 7.3 Tvarové díly formy

Vstřikovací forma obsahuje celkem tři tvarové části, které udávají konečný tvar vstřikovaného výrobku. Všechny tvarové části jsou v přímém kontaktu s taveninou a proto je nutné tyto díly vyrobit z kvalitní nástrojové oceli třídy 19552, která je povrchově upravena.

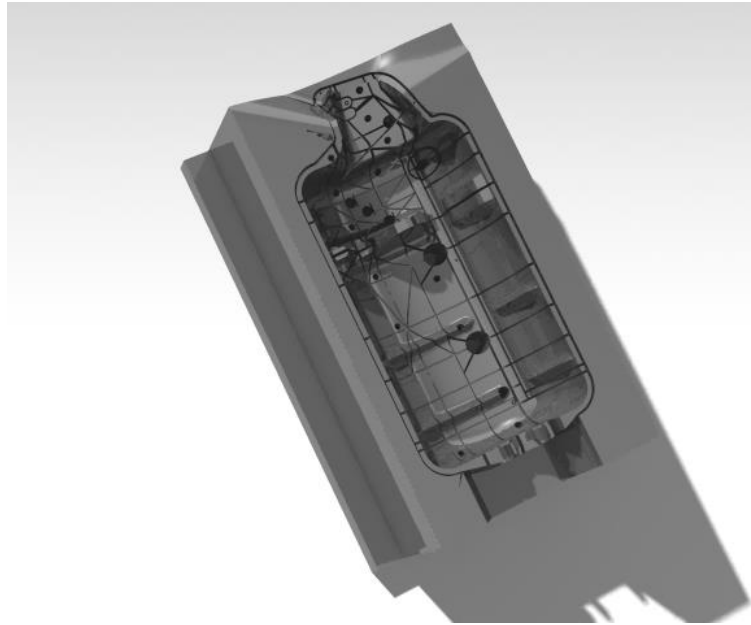
Na pravé nepohyblivé části formy je vložena tvárnice, která udává vnitřní tvar výrobku. Tvárník je uložen pohyblivé části formy v kotevní desce. Třetí tvarová součást, která má za úkol vytvořit boční část výrobku s otvorem je uložena na tvárníku a její pohyb je zajištěn pomocí hydraulického válce který zároveň zajišťuje polohu tohoto dílce ve formě.



Obrázek 21. Boční tvarová část formy



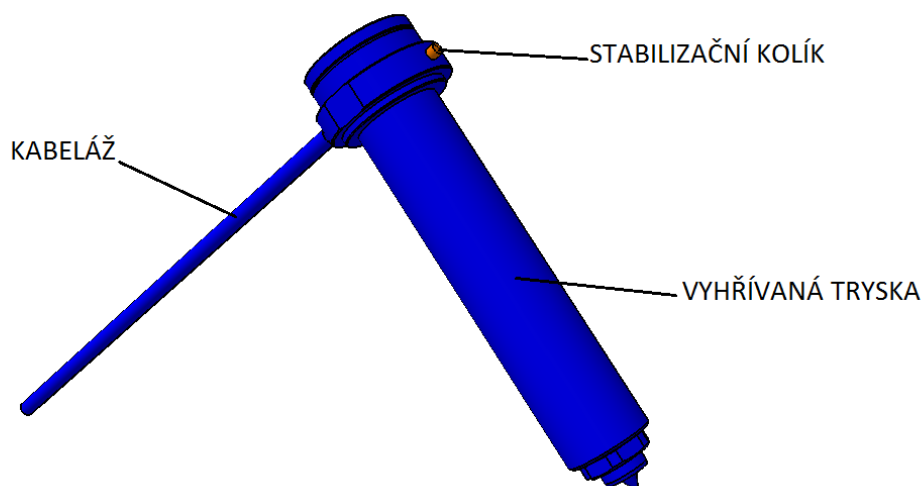
Obrázek 22. Tvarová část formy - tvárnice



Obrázek 23. Tvarová část formy - tvárník

#### 7.4 Vtokový systém formy

Vstříkací forma je navržena za použití vyhřívaného vtokového systému. Tento systém byl zvolen díky svým přednostem při vstříkování (automatizace výroby, snížení nákladů, snadná montáž). Při využití tohoto systému vstříkování se nevytváří vtokový zbytek. Plnění tvarové dutiny je prováděno bodově, pomocí vyhřívané trysky od firmy HASCO s označením (Z34201/50x20). Z hlediska konstrukčního řešení se jedná o otevřenou trysku. Pro přívod elektrické energie potřebné k vyhřívání trysky je použita zásuvka (Z1228/16x24).



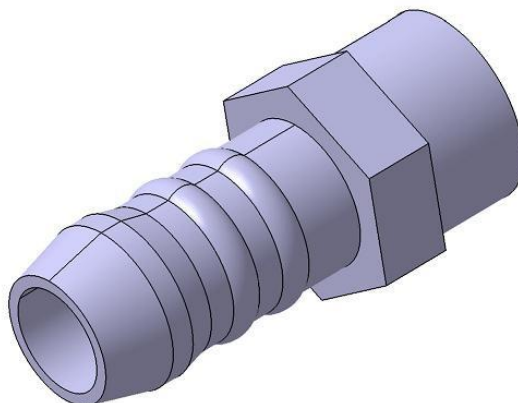
Obrázek 24. Vyhřívaná tryska HASCO



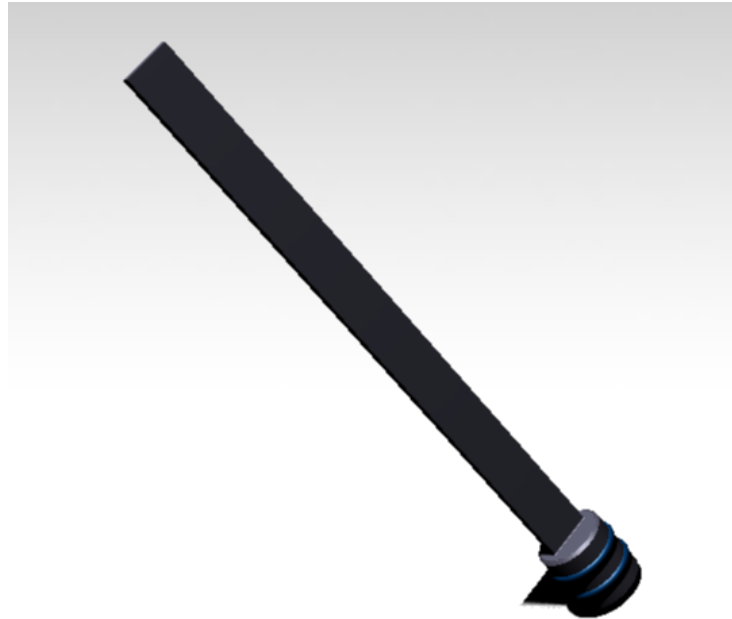
Obrázek 25. Zásuvka HASCO

## 7.5 Temperační systém formy

Temperační systém slouží k udržování optimálního teplotního pole ve formě. Tvarové části formy jsou opatřeny temperačním systémem. Forma má 2 samostatné okruhy, jeden pro tvárník a jeden pro tvárnici. Napojení temperačního okruhu je zajištěno pomocí spojek HASCO s označením (Z83). Jedná se o takzvanou rychlospojku, která slouží k snadnějšímu a rychlejšímu napojení přívodních hadic s temperačním médiem. Jako médium pro temperaci byla zvolena voda, která svými vlastnostmi vyhovuje požadavkům na temperaci formy.



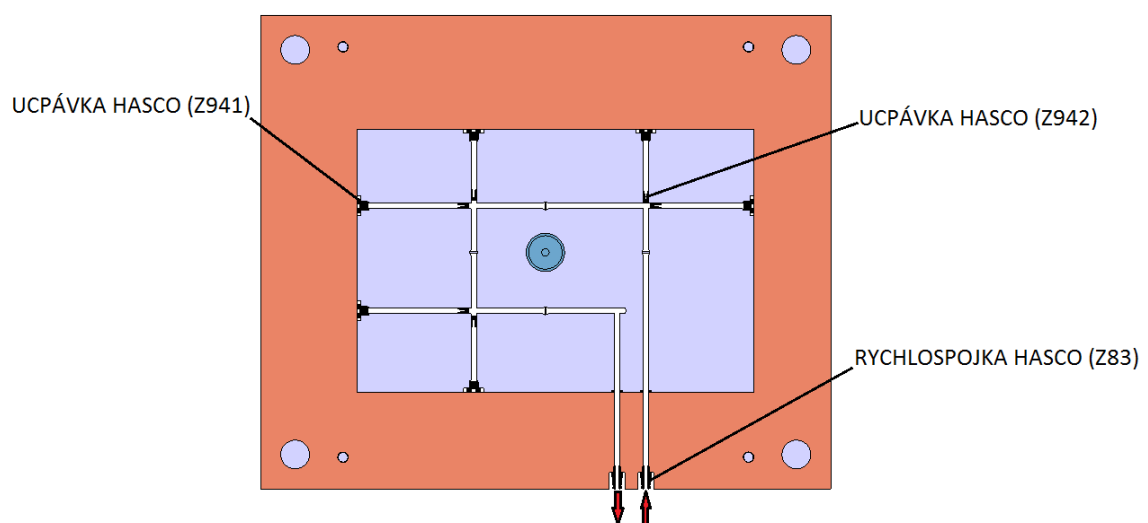
Obrázek 26. Rychlospojka HASCO



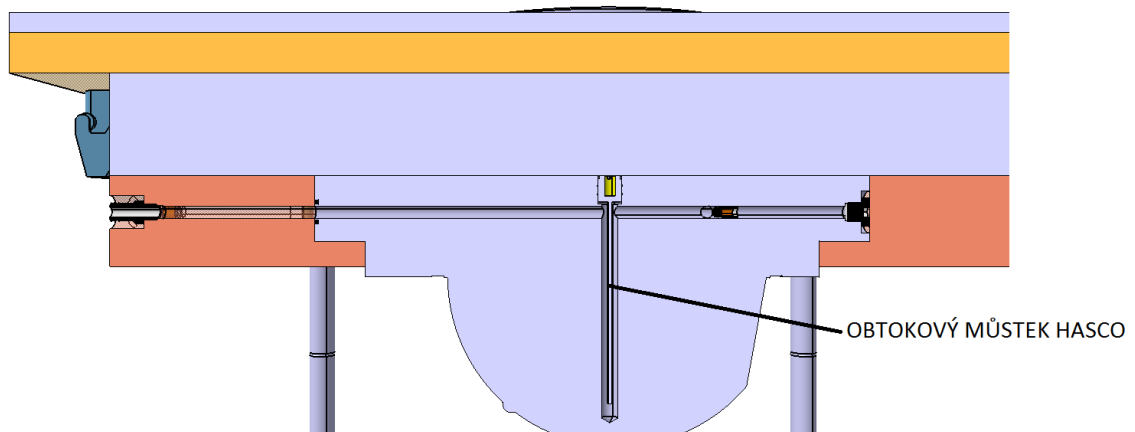
Obrázek 27. Obtokový můstek HASCO

### 7.5.1 Temperace tvárnice

Temperace tvárnice je řešena pomocí několika vrtaných děr o průměru 6 mm, které jsou opatřeny obtokovými můstkami. Požadovaná dráha temperačního média je zajištěna pomocí vnitřních ucpávek HASCO (Z942) a obtokových můstků HASCO. Naprosté utěsnění vrtaných děr na okrajích tvárnice je zajištěno ucpávkou HASCO (Z971).



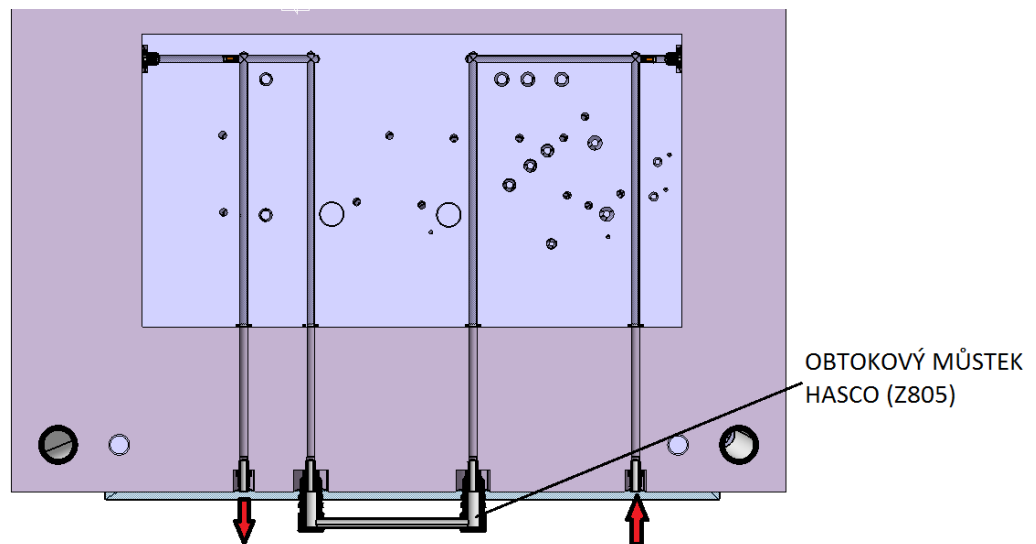
Obrázek 28. Temperační okruh tvárnice



Obrázek 29. Temperace tvárnice - obtokový můstek

### 7.5.2 Temperace tvárníku

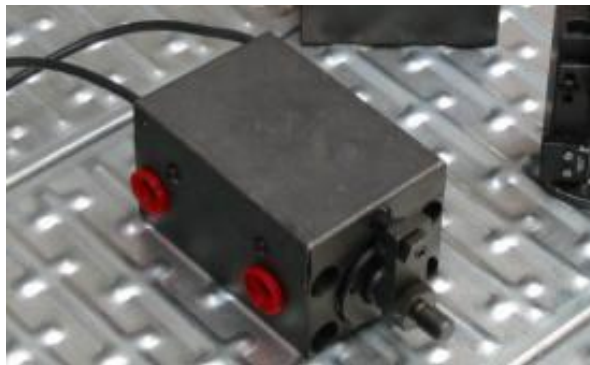
Temperace tvárníku je realizována obdobným způsobem jako u tvárnice. Jsou navrženy potřebné otvory a správné proudění temperačního média je zajištěno ucpávkami a obtokovým můstkem HASCO (Z805).



Obrázek 30. Temperace tvárníku - obtokový můstek

## 7.6 Odformování výstřiku

Vzhledem ke tvaru výstřiku je odformování boční strany výrobku před samotným vyhozením řešeno pomocí hydraulického válce, který je dodán firmou VEGA jako hotový produkt vhodný k okamžité montáži. Zásadním důvodem pro volbu tohoto systému byla rychlost a jednoduchost montáže na formu.

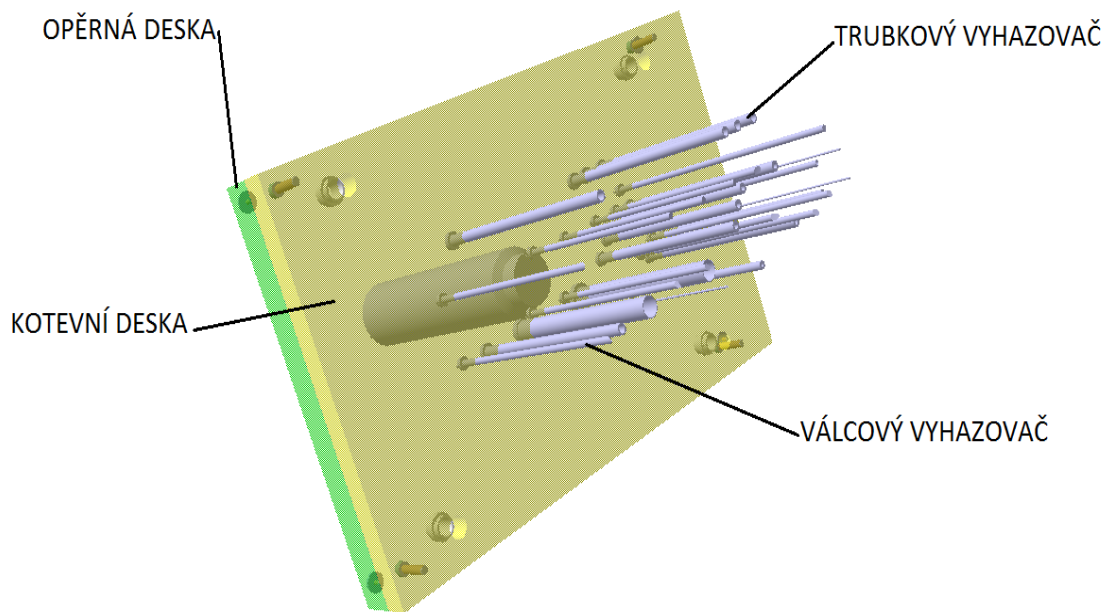


Obrázek 31. Hydraulický válec od firmy VEGA

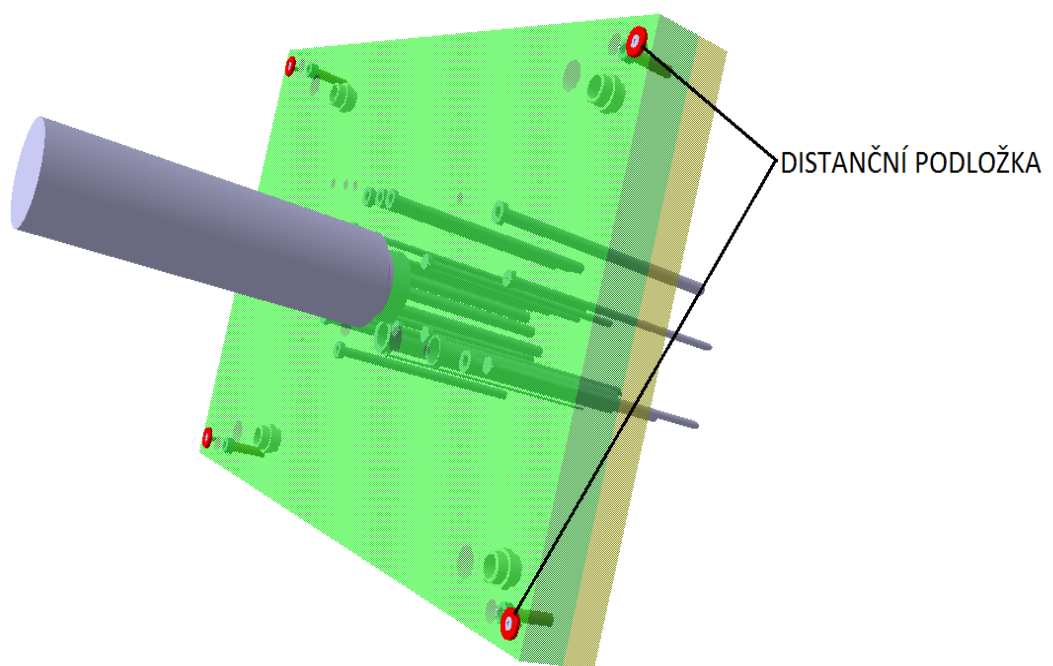
## 7.7 Vyhazovací systém

Vyhození výrobku z formy je provedeno pomocí válcových a trubkových vyhazovačů. Vyhazovače jsou uchyceny v kotevní desce vyhazovacího systému a zároveň zajištěny opěrnou deskou vyhazovacího systému. Vnitřní části trubkových vyhazovačů jsou uchyceny v kotevní desce formy. Horní tvar trubkových vyhazovačů je opracován dle tvaru tvárníku a vyhazovače jsou zajištěny proti pootočení úpravou hlavy a zajištěny tělískem.

Pohyb systému vyhazování je zajištěn hydraulickým systémem vstřikovacího stroje pomocí táhla, které je uchyceno v opěrné desce vyhazovacího systému. Vedení systému vyhazování je zajištěno pomocí vodících čepů upevněných v kotevní desce formy a vodících pouzder, které jsou zajištěny v kotevní a opěrné desce vyhazovacího systému.



Obrázek 32. Pohled na vyhazovací systém formy



Obrázek 33. Pohled na vyhazovací systém formy - distanční podložka

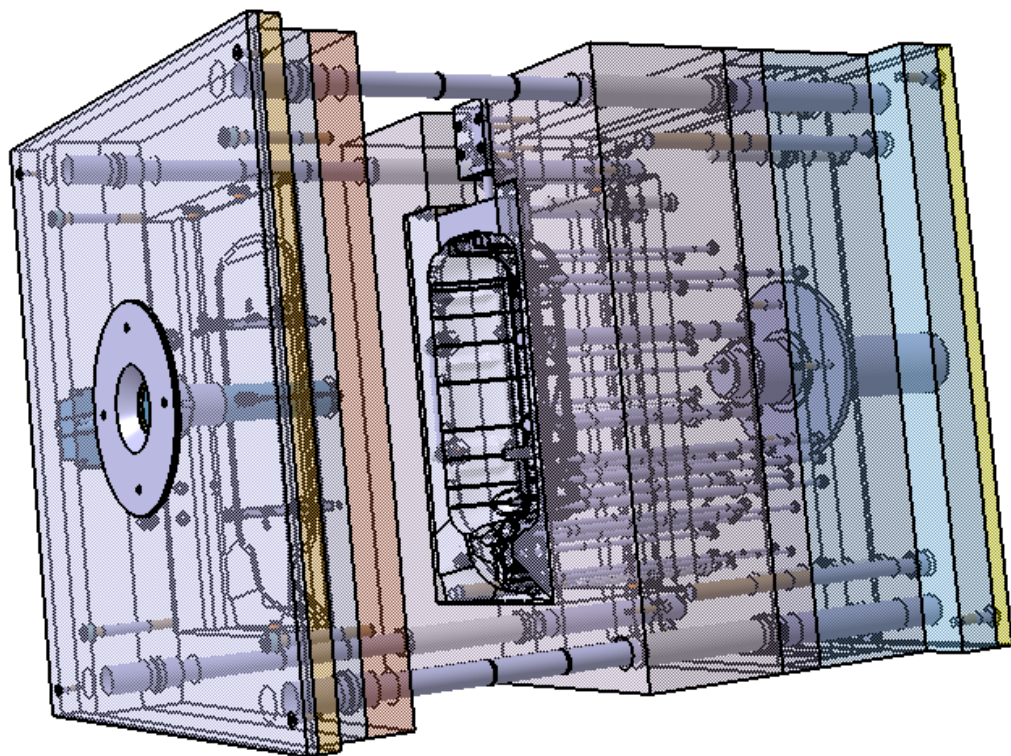


## 7.8 Odvzdušnění dutiny formy

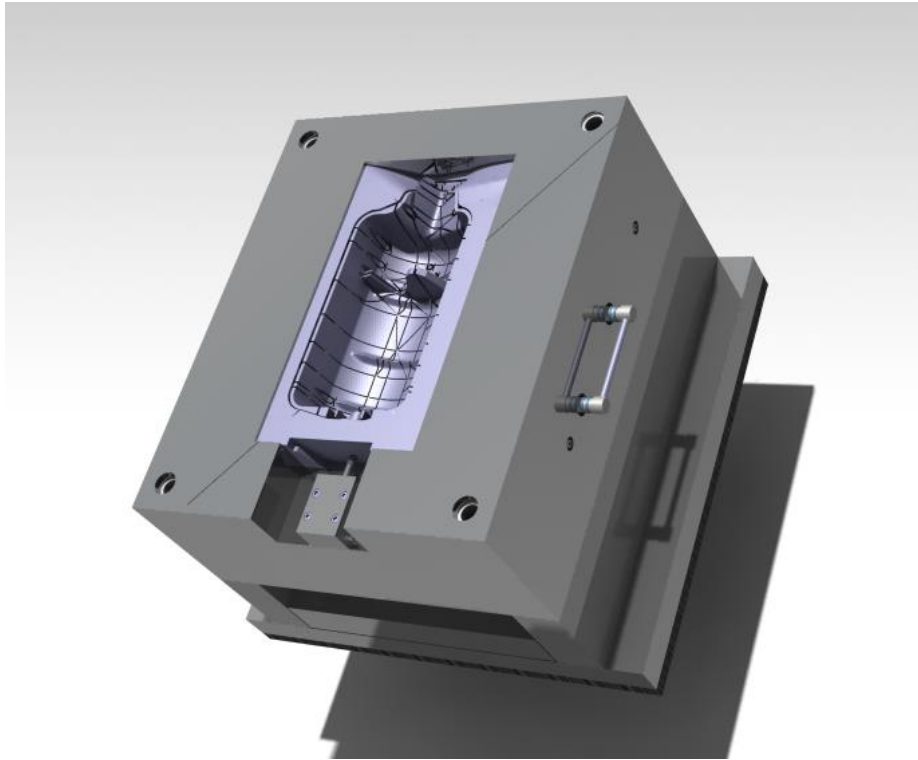
Před samotným vstřikováním je dutina formy naplněna vzduchem, který je nutno odvést. Vzduch se při plnění dutiny formy taveninou zahřívá což může mít za následek vznik optických vad na konečném produktu.

V případě zadaného výrobku a vypracované koncepce formy se předpokládá únik vzduchu dělicí rovinou. Pokud by výrobek vykazoval optické vady bylo by odvzdušnění nutné řešit vytvořením odvzdušňovacích kanálků.

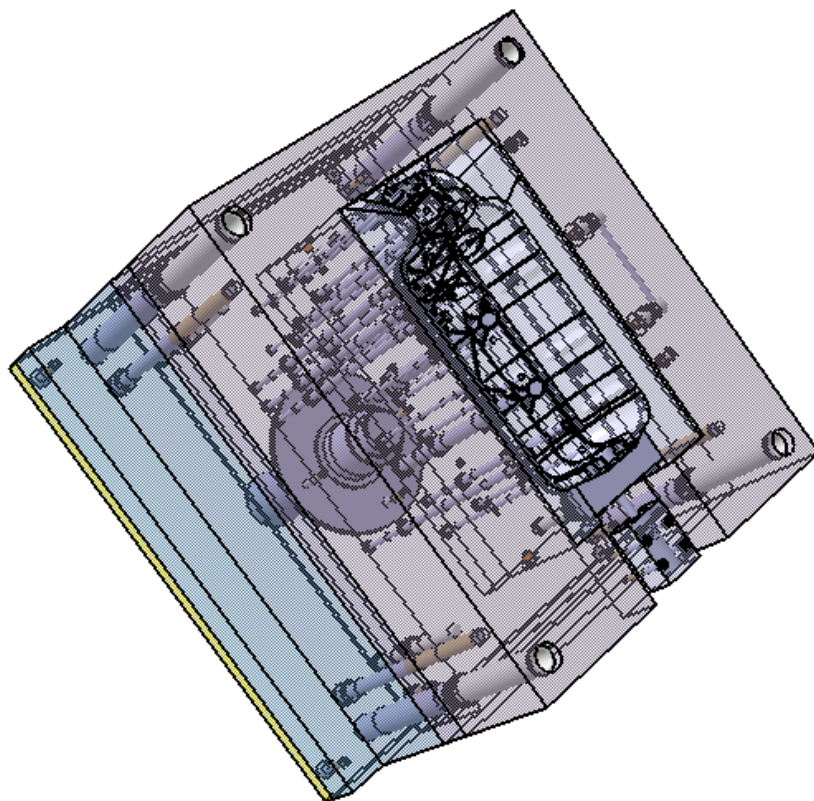
## 7.9 Výsledná konstrukce vstřikovací formy



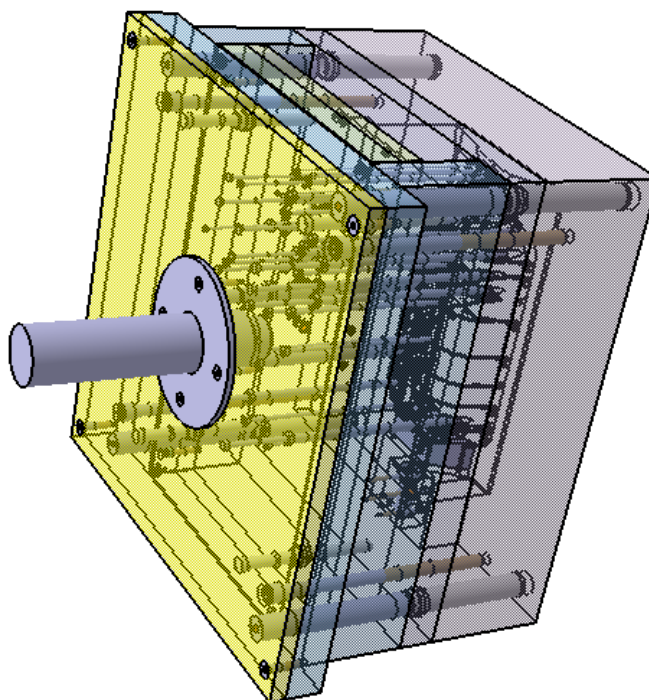
Obrázek 34. Pohled na model formy



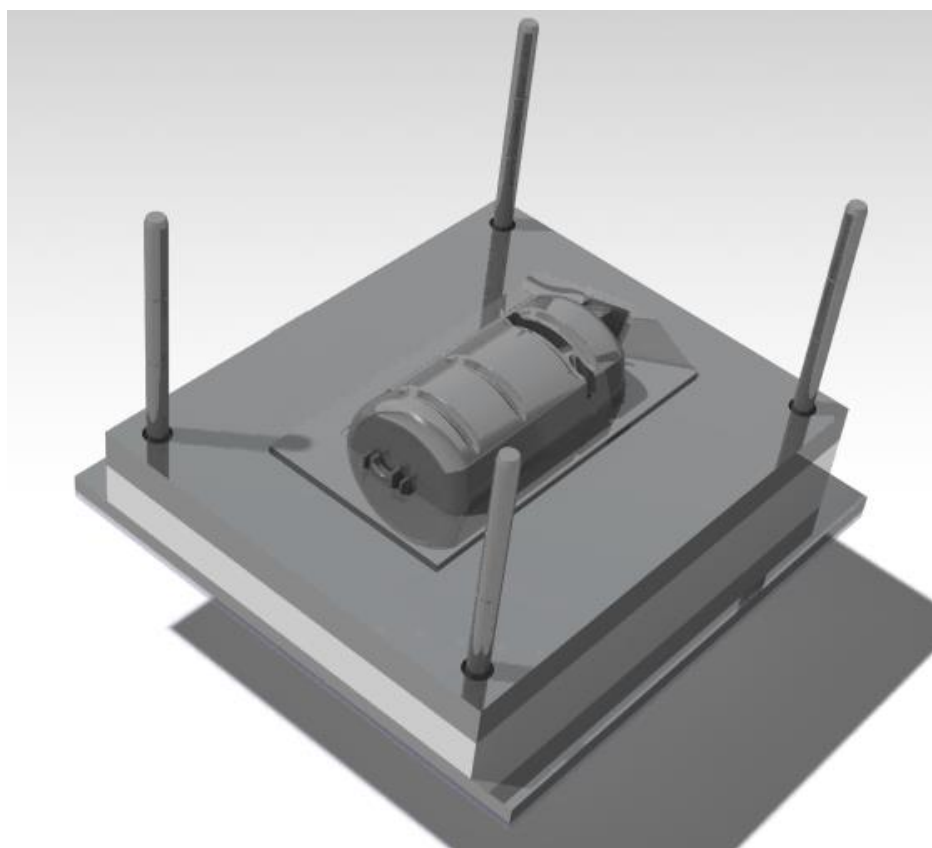
Obrázek 35. Pohled na model formy - pohyblivá část



Obrázek 36. Pohled na model formy - pohyblivá část

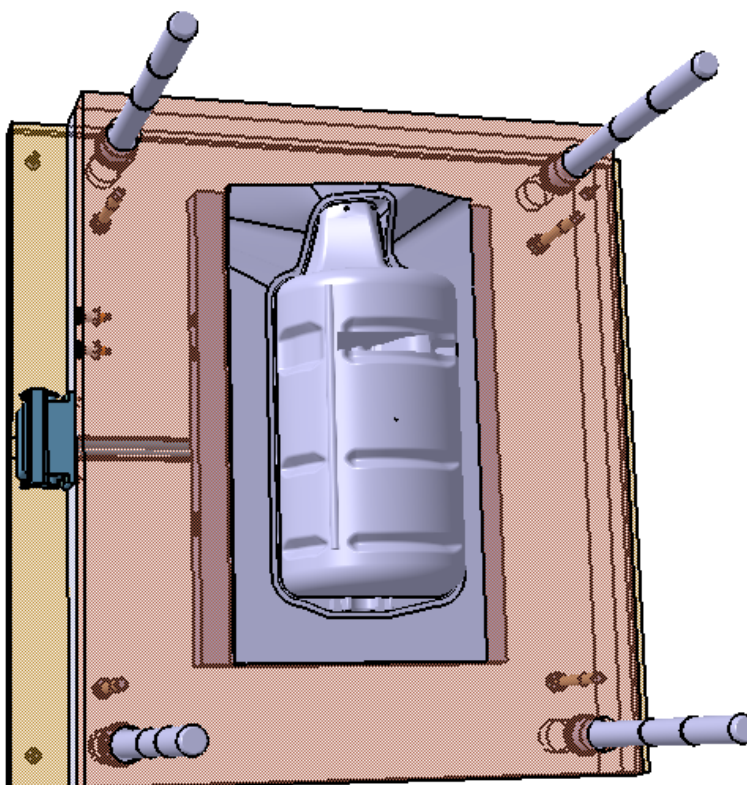


Obrázek 37. Pohled na model formy - pohyblivá část

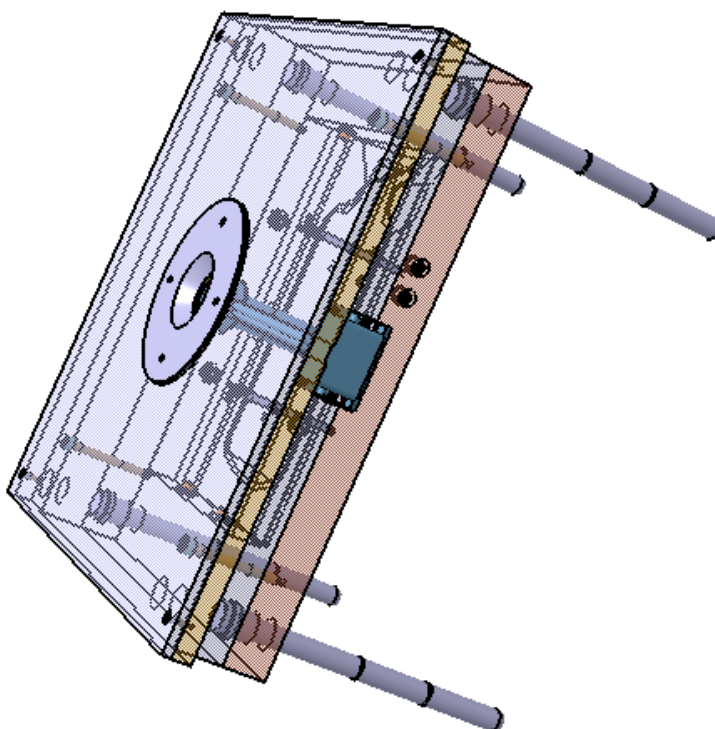


Obrázek 38. Pohled na model formy - pevná část





Obrázek 39. Pohled na model formy - pevná část



Obrázek 40. Pohled na model formy - pevná část

## 8 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Pro vstřikovací formu byl zvolen stroj od firmy ARBURG s označením ALLROUNDER 720 S GOLDEN EDITION. Tento stroj byl volen kvůli svým technickým parametrům, které jsou vhodné pro navrženou formu. Vstřikovací stroj je schopen plnit dutinu formy o maximálním objemu 558 cm<sup>3</sup> a navržený dílec má objem 382,9 cm<sup>3</sup>.

VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA			FORMA
	jednotky	A	-
Průměr šneku	mm	55	-
Teoretický vstřikovaný objem	cm <sup>3</sup>	558	382,9
Vstřikovací tlak (maximální)	bar	2380	-
Maximální hmotnost granulátu	g	507	-
UZAVÍRACÍ JEDNOTKA			FORMA
Uzavírací síla	kN	3000	-
Zdvih pohyblivé desky (maximální)	mm	850	270
Průchod mezi sloupy	mm	720x720	-
Délka formy (minimální)	mm	400	530

Tabulka 4. Parametry stroje pro vstřikování



Obrázek 41. Vstřikovací stroj ARBURG

## 9 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Cílem praktické části bakalářské práce bylo zkonstruování vstřikovací formy pro zadaný plastový díl. Zadaná součástka se využívá v automobilovém průmyslu jako kryt do motorového prostoru. Materiálem pro vstřikovaný dílec byl zvolen polyamid (PA6 GF30), který svými vlastnostmi splňuje požadavky na provozní podmínky, ve kterých bude dílec použit.

Na základě rozměrů zadané součástky byl vytvořen 3D model dílu pro vstřikování. Z vymodelovaného dílce byl vytvořen tvárník a tvárnice za pomoci aplikací v softwaru CATIA V5 R18. Tvárník a tvárnice byly vloženy do sestavy formy, která byla upravena pro jejich umístění. Snahou při konstruování bylo využití co nejvíce normalizovaných prvků, jelikož se tím zkracuje čas potřebný k montáži a hlavně výrobě formy a taky snižují náklady. Veškeré normalizované díly byly vybrány z katalogu HASCO, což usnadnilo a urychlilo konstruování formy. Konstrukce formy byla zvolena jako jednonásobná s vyhříváním vtokem. Vyhřívání vtok byl zvolen kvůli úspoře materiálu a jednoduchosti montáže. Vyhození výstřiku je zajištěno pomocí vyhazovacího systému, který obsahuje trubkové a válcové vyhazovače a jeho pohyb je zajištěn hydraulickým systémem stroje pomocí táhla. Pro odformování boční strany součástky, která obsahuje otvory je použit hydraulický systém od firmy VEGA.

Z konečných rozměrů formy byl zvolen vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 720 S GOLDEN EDITION, který dostačuje jak rozměry, tak i objemem materiálu který je nutné vstříknout. Celkový objem materiálu vstřikované součástky je  $382,9 \text{ cm}^3$ .

Po vytvoření 3D sestavy byla zhotovena výkresová dokumentace obsahující 2D sestavu řezem formy s opozicováním jednotlivých dílů, kusovník a pohledy do pravé a levé části formy.

Při konstruování formy bylo využito programu CATIA V5R18 a HASCO DAKO modulu pro vkládání normalizovaných dílů.

## ZÁVĚR

Cílem závěrečné bakalářské práce bylo vytvoření konstrukčního návrhu formy pro zadaný vstřikovaný dílec. Zadaný dílec je využíván v automobilovém průmyslu jako kryt do motorového prostoru.

Teoretická část bakalářské práce se zabývá technologií vstřikování, pravidly pro konstrukci výrobku a vstřikovací formy.

Praktická část bakalářské práce je zaměřena na vytvoření 3D modelu vstřikovaného dílu a vlastním návrhu a vytvoření konstrukce formy. Plastový díl je vymodelován podle předlohy a podle tohoto modelu je vytvořen tvárník a tvárnice. Forma pro konstruovaný vstřikovaný dílec je volena jako jednonásobná s vyhřívaným vtokem a je upravena pro upevnění tvarových částí formy. Snahou bylo co nejvíce využít normalizovaných dílů, což usnadnilo konstrukci formy. Pro vytvořenou formu byl vybrán vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 720 S GOLDEN EDITION, který splňuje požadavky jak na rozměry tak i na objem vstřikovaného materiálu. Dále byla vytvořena výkresová dokumentace obsahující řez formou s opozicováním jednotlivých dílů, kusovník a pohledy do levé a pravé poloviny formy.

Při konstrukci modelu výrobku i vstřikovací formy bylo využito softwaru CATIA V5R18 a HASCO DAKO Modulu.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BOBČÍK, Ladislav a kolektiv. *Formy pro zpracování plastů I. díl: Vstřikování termoplastů*. 2.vyd. Zdislav Heger. Brno: UNIPLAST Brno, 1999, 134 s.
- [2] KOLOUCH, Jan. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním. 1. vyd.* Nakladatelství technické literatury, Praha 1, 1986, 232 s.
- [3] Staněk M. přednášky T5KF
- [4] Zeman, Lubomír. *Vstřikování plastů. 1. vyd.* BEN-technická literatura, Praha 10, 2009, 248 s. ISBN 978-80-7300-250-3
- [5] BOBČÍK, Ladislav a kolektiv. *Formy pro zpracování plastů II. díl: Vstřikování termoplastů*. 1.vyd. Zdislav Heger. Brno: UNIPLAST Brno, 1999, 214 s.
- [6] LENFELD, P. *Technologie II.-Vstřikování plastů*, Technická univerzita Liberec, Katedra strojírenské technologie.  
Dostupná z://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\_tkp/sekce\_plasty/04.htm
- [7] REES, Herbert. *Mold engineering. 2nd edition*. Munich : Hanser, 2002. 688 s. ISBN 3-446-21659-6
- [9] www.hasco.com[online].Dostupný z: <http://www.hasco.com/gb/content/view/full/303>.
- [10] KRUTIL, Inocenc. *Technický překladový slovník. Gumárenské a plastikářské názvosloví*, Vydal Barum, Otrokovice, 1988, 346 s.
- [11] MANAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje II*. Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X.
- [12] MENGES, Georg., MICHAELLI, Walter., MOHREN, Paul. *How to Make Injection Molds*. 3rd ed. Munich: Hanser Publisher, 2001. 612 s. ISBN 3- 446-21256-6.



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

DR.....	dělicí rovina
IT.....	stupeň přesnosti
RVF.....	rozměry vázané formou
RNF.....	rozměry nevázané formou
mm.....	rozměr v milimetrech
R.....	poloměr
s.....	tloušťka stěny
PVC.....	Polyvinylchlorid
PEEK.....	Polyetereterketon
PA6.....	polyamid 6
kg.....	kilogram
cm <sup>3</sup> .....	centimetr krychlový

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1. Základní rozdělení plastů .....	12
Obrázek 2. Rozměry vázané a nevázané formou [1] .....	15
Obrázek 3. Závislost tloušťky stěny na délce toku plastu [1] .....	16
Obrázek 4. Rovnoměrnost tloušťky stěny a) špatné řešení, .....	16
Obrázek 5. Vhodná konstrukce žeber a) rozměry žebra s možnou vadou .....	18
Obrázek 6. Rovnoběžné žebrování [2] .....	18
Obrázek 7. Diagonální žebrování [2] .....	19
Obrázek 8. Křížové žebrování [2] .....	19
Obrázek 9. Vícenásobná forma [6] .....	22
Obrázek 10. Vstřikovací stroj .....	23
Obrázek 11. Horký vtokový systém od firmy HASCO .....	24
Obrázek 12. Vyhazovací kolíky [9] .....	26
Obrázek 13. Vliv rozmístění temperačních kanálků na teplotní pole formy [5] .....	29
Obrázek 14. Pohled na model Vstřikovaného dílu .....	37
Obrázek 15. Pohled na model vstřikovaného dílu .....	37
Obrázek 16. Zadaný vstřikovaný dílec .....	38
Obrázek 17. Zadaný vstřikovaný dílec .....	38
Obrázek 18. Materiál PA6 GF30 .....	39
Obrázek 19. Model formy 3D .....	40
Obrázek 20. Hlavní a vedlejší dělicí rovina .....	41
Obrázek 21. Boční tvarová část formy .....	42
Obrázek 22. Tvarová část formy - tvárnice .....	42
Obrázek 23. Tvarová část formy - tvárník .....	43
Obrázek 24. Vyhřívaná tryska HASCO .....	43
Obrázek 25. Zásuvka HASCO .....	44
Obrázek 26. Rychlospojka HASCO .....	44
Obrázek 27. Obtokový můstek HASCO .....	45
Obrázek 28. Temperační okruh tvárnice .....	45
Obrázek 29. Temperace tvárnice - obtokový můstek .....	46
Obrázek 30. Temperace tvárníku - obtokový můstek .....	46
Obrázek 31. Hydraulický válec od firmy VEGA .....	47
Obrázek 32. Pohled na vyhazovací systém formy .....	48

---

Obrázek 33. Pohled na vyhazovací systém formy - distanční podložka .....	48
Obrázek 34. Pohled na model formy .....	49
Obrázek 35. Pohled na model formy - pohyblivá část.....	50
Obrázek 36. Pohled na model formy - pohyblivá část.....	50
Obrázek 37. Pohled na model formy - pohyblivá část.....	51
Obrázek 38. Pohled na model formy - pevná část .....	51
Obrázek 39. Pohled na model formy - pevná část .....	52
Obrázek 40. Pohled na model formy - pevná část .....	52
Obrázek 41. Vstříkovací stroj ARBURG .....	53

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1. Doporučená velikost úhlů [1] .....	17
Tabulka 2. Typy chladícího média [5].....	30
Tabulka 3. Vybrané vlastnosti PA6 GF30 .....	39
Tabulka 4. Parametry stroje pro vstřikování.....	53

## **SEZNAM PŘÍLOH**

P1: Výkresová dokumentace:

- Pohledy na levou a pravou stranu vstřikovací formy,
- Řez formou 2D
- kusovník

P2: Priložené CD:

- textová část bakalářské práce
- model plastového dílu v 3D
- 3D sestava vstřikovací formy
- Výkresová dokumentace dle zadání bakalářské práce