

# **Forma pro malé výrobky s kovovými zástřiky**

Jaroslav Zich

---

Bakalářská práce  
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2005/2006

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jaroslav ZICH**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Forma pro malé výrobky s kovovými zástříky**

Zásady pro vypracování:

- 1) Vypracujte literární studii na dané téma
- 2) Nakreslete model plastového dílu ve 3D
- 3) Nakreslete 3D sestavu vstřikovací formy pro zadaný plastový díl
- 4) Nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy



Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle zadání vedoucího bakalářské práce**


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Staněk**

Ústav výrobního inženýrství

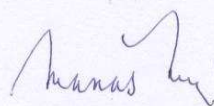
Datum zadání bakalářské práce: **14. února 2006**

Termín odevzdání bakalářské práce: **13. června 2006**

Ve Zlíně dne 11. ledna 2006



prof. Ing. Josef Šimoník, CSc.  
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
ředitel ústavu

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením vstřikovací formy pro plastový díl s kovovými zástřiky. Výstřik tvoří plastové tělo pyrotechnického iniciátoru, který je součástí vyvíječe plynů bezpečnostních pásů v osobních automobilech.

Vstřikovací forma je osminásobná, v sestavě byly použity standardizované díly firem HASCO, D-M-E, STRACK a MOLD MASTERS. Vtokový systém formy je řešen kombinací vyhřívaných a studených vtokových kanálků. V praktické části byla provedena kalkulace pro porovnání využitelnosti. 2D a 3D sestava byla provedena v programu Autodesk Inventor 6.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, polymer

## **ABSTRACT**

This Bachelor thesis is about a constructional solution of injection mould for plastic part with metal parts. Plastic sample consists of a plastic body of pyrotechnical initiator that is a part of gas generator for safety belts in passengers cars.

Injection mould has eight-form part, in the configuration there have been used standardized parts made by HASCO, D-M-E, STRACK and MOLD MASTERS. Injection mould system is a combination of heated and cold injection nozzles. In the practical part a comparison of usability have been calculated. 2D and 3D configuration have been made in Autodesk Inventor 6 program.

Keywords: injection, injection mold, polymer

## Poděkování

Velmi rád bych poděkoval všem, kteří přispěli ke vzniku této bakalářské práce. Děkuji Ing. Stanislavu Tomaníkovi, panu Jiřímu Greipelovi, panu Vojtěchu Hořelkovi a zvláště Ing. Michalovi Staňkovi, Ph.D. za odpovědné vedení a za poskytnutí cenných rad.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 31.8.2006

.....

podpis

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>10</b>
1.1 VÝSTŘÍK A JEHO KONSTRUKCE .....	10
1.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	11
<b>2 VSTŘIKOVACÍ STROJ</b> .....	<b>12</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA.....	13
2.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	14
2.2.1 Hydraulické uzavírací jednotky.....	14
2.2.2 Hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky .....	16
2.2.3 Elektromechanické uzavírací ústrojí.....	17
2.3 OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE.....	17
<b>3 VSTŘIKOVACÍ FORMA</b> .....	<b>18</b>
3.1 TECHNICKÉ ÚDAJE POTŘEBNÉ PRO KONSTRUKCI FORMY .....	18
3.1.1 Výkres součásti.....	18
3.1.2 Násobnost formy .....	19
3.1.3 Volba optimálního vstřikovacího stroje .....	20
3.1.4 Zvláštní požadavky na konstrukci formy .....	20
3.2 POSTUP PŘI KONSTRUKCI FORMY .....	20
3.3 VLASTNÍ KONSTRUKCE FORMY .....	21
3.3.1 Zaformování výstřiku, volba dělicí roviny a dimenzování tvarové dutiny.....	21
3.3.2 Volba vtokového systému formy.....	22
3.3.3 Vyhazování výstřiků.....	27
3.3.4 Temperace forem.....	29
3.3.5 Odvzdušnění forem .....	30
3.3.6 Rám forem.....	30
3.3.7 Upínání forem .....	32
3.3.8 Materiály používané při výrobě forem .....	32
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>34</b>
<b>4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>35</b>
<b>5 KONSTRUKCE FORMY</b> .....	<b>36</b>

5.1	MATERIÁL VSTŘIKOVANÉ SOUČÁSTI.....	36
5.2	FUNKCE VÝSTŘIKU .....	37
5.3	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU.....	38
5.4	VOLBA NÁSOBNOSTI FORMY .....	39
5.5	DOPRAVA KOVOVÉ ČÁSTI VÝSTŘIKU DO TVAROVÉ DUTINY FORMY .....	39
5.6	DIMENZOVÁNÍ TVAROVÉ DUTINY .....	40
5.7	VOLBA VTOKOVÉHO SYSTÉMU .....	40
5.7.1	Vyhřívaný vtokový systém.....	41
5.7.2	Studený vtokový systém.....	43
5.8	VYHAZOVÁNÍ .....	44
5.8.1	Vyhazování výstříku.....	44
5.8.2	Vyhazování vtokového zbytku .....	44
5.8.3	Ochrana proti poškození tvar. dutiny vlivem nezasunutí vyhazovačů .....	46
5.9	TEMPERACE FORMY.....	46
5.9.1	Temperace VVS .....	46
5.9.2	Temperace formy .....	46
5.9.3	Temperace podavače .....	46
5.10	ODVZDUŠNĚNÍ.....	46
5.11	FORMA .....	46
5.11.1	Pevná část formy .....	47
5.11.2	Pohyblivá část formy.....	47
5.12	UPÍNÁNÍ FORMY NA VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	48
5.13	VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE.....	48
<b>6</b>	<b>KALKULACE ÚSPORY MATERIÁLU .....</b>	<b>49</b>
6.1	POROVNÁNÍ ÚSPORY ODPADNÍHO MATERIÁLU PŘI APLIKACI OBOU METOD .....	50
6.1.1	Použití SVS .....	50
6.1.2	Použití VVS .....	51
6.1.3	Porovnání obou metod – úspora.....	51
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>52</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>53</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>55</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>57</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>58</b>

## ÚVOD

Zpracování plastů je registrováno již od poloviny devatenáctého století. Za nejvýznamnější rozvoj lze považovat období krátce před první světovou válkou. V té době probíhalo studium chemických reakcí, při kterých došlo k objevování nových plastů nebo jejich modifikací. Zjišťovali se jejich nové vlastnosti, např. houževnatost, pevnost, tepelná odolnost, izolační schopnosti, rozměrová stálost atd.

Po druhé světové válce došlo k prudkému nárůstu použití a zpracování plastů v různých průmyslových odvětvích, zejména to byl průmysl strojírenský, textilní, potravinářský, zdravotnický a elektrotechnický.

V současné době se plasty zpracovávají různými technologiemi. Zejména se zpracování soustřeďuje na vstřikovací technologie. Technologie vstřikování vykazuje značné zrychlení výrobního cyklu. Také odpadají dodatečné operace na výrobku. Na vstřikovací zařízení jsou však kladeny velmi vysoké konstrukční požadavky. Technologie vstřikování je realizována pomocí vstřikovacího stroje a vstřikovací formy.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování plastů je složitý tepelně-mechanický proces tváření, na kterém se podílí:

- výchozí materiál, ze kterého se vyrábí požadovaná součást,
- výrobní cyklus, se vstřikovacím strojem a ostatním zařízením, umožňující přípravu taveniny a její dopravu za určitých podmínek do formy,
- forma jako nástroj pro vlastní tváření taveniny.

Všechny uvedené faktory ovlivňují užité vlastnosti a kvalitu výstřiku. Vlastní výroba vstřikováním pak probíhá nadávkováním a plastikací polymeru ve vstřikovacím stroji, jeho dopravě za teploty a tlaku do dutiny formy. Po ochlazení se již z formy vyjme hotový výrobek. [1]

## 1.1 Výstřik a jeho konstrukce

Konstrukční návrh součásti z plastu se řídí úplně jinými zásadami, než u součástí kovových. Plastové součásti nelze vyrobit v takových jakostech jako kovové. To proto, že na ně působí množství různých činitelů, které je ovlivňují. Jsou to materiál, výrobní technologie s optimalizací svých parametrů, forma a její kvalita. [1]

Hlavní činitelé, kteří ovlivňují jakost:

- smrštění při zpracování – ovlivňuje přesnost výrobku,
- dodatečné smrštění – několikanásobně menší, probíhá po delší době (týdny, měsíce),
- tečení (krip) - vzniká při větším dlouhodobém silovém zatížení součásti,
- teplotní roztažnost – je o řád větší, než u kovů, je však změnou vratnou,
- navlhnutí – změna rozměrů podle sorbce vody z okolního prostředí. [1]

Požadavky na konstrukci součástí:

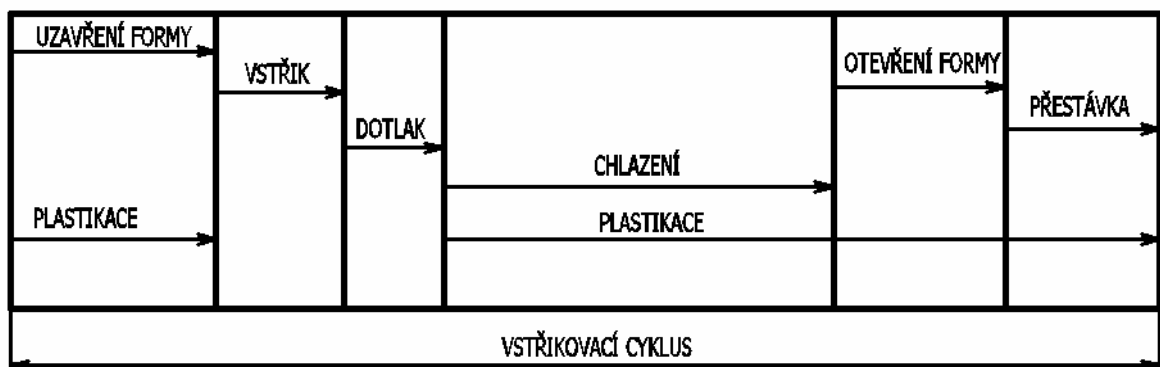
- tloušťka stěn – závisí na dráze toku plastu a uzavíracím tlaku,
- zaoblení hran, rohů a koutů – usnadnění toku taveniny, zabránění koncentraci napětí v těchto místech,

- úkosy a podkosy – jsou sklony stěn a výstřiku kolmo k dělicí rovině, kterými se umožňuje nebo zabraňuje vyjímání výstřiku z dutiny formy. Volbu jejich velikosti ovlivňuje především smrštění,
- žebra – technická zabezpečují pevnost a tuhost součásti, technologická umožňují optimální plnění dutiny formy, nebo brání zborcení stěn,
- otvory a drážky – na výstřiku se doporučují volit tak, aby při výrobě činily co nejmenší potíže. Záleží hlavně na jejich poloze vzhledem k zaformování. [1]

## 1.2 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus se realizuje na vstřikovacím stroji. Připravený granulovaný plast se ve vstřikovacím stroji roztaví, zhomogenizuje a vstříkne do dutiny formy. [1]

Před vstupem taveniny do formy se forma musí připravit. Příprava spočívá v temperaci, vložení záložek, závitových jader apod. Vytemperovaná a upnutá forma ve stroji je uzavřena uzavírací silou. Po uzavření formy ve stroji je plastifikovaná hmota požadované teploty vstříknuta do formy nastaveným tlakem při určité rychlosti. Tavenina zůstává pod tlakem v uzavřené formě, dokud se nezačne ochlazovat. Hned potom nastoupí dotlak, který skončí při částečném ochlazení plastu ve formě. Po skončení dotlaku se vstřikovací jednotka od formy oddálí a začne v ní plastikace další dávky hmoty. Po dostatečném ochlazení výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí. Po očištění a přípravě formy následuje další cyklus. [1]



Obr. 1. Schéma průběhu vstřikovacího cyklu

## 2 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Od vstřikovacího stroje se vyžaduje, aby kvalitou svých parametrů a dokonalým řízením byla zajištěna výroba jakostních výstřiků. Existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlostí výroby, snadnou obsluhou i cenou. [1]

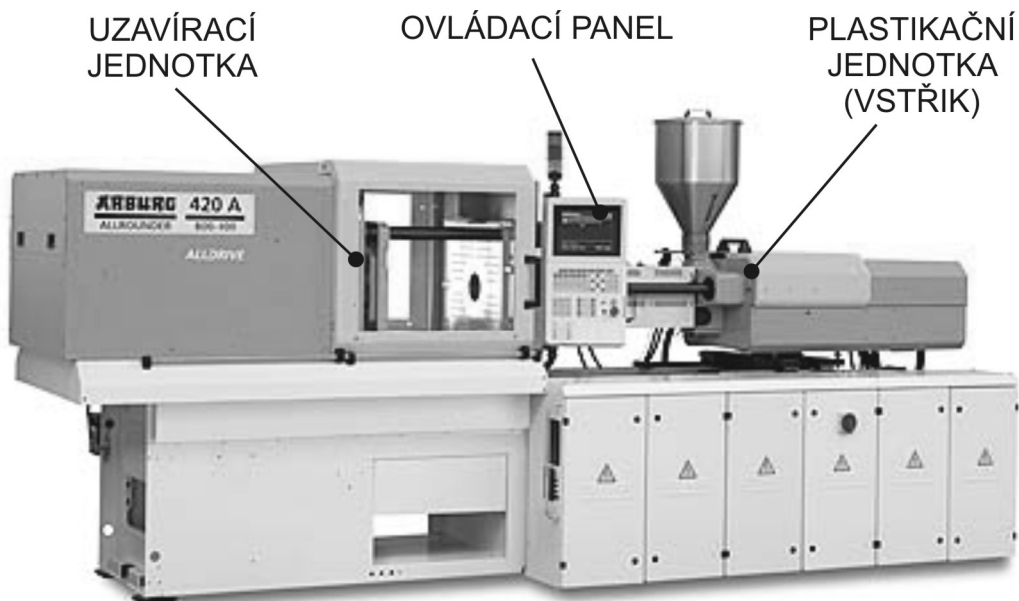
V současné době se staví především hydraulické nebo hydraulicko-mechanické stroje, většinou stavebnicového uspořádání s různým stupněm elektronického řízení. [1]

Požadavky na vstřikovací stroj pro přesné výstřiky:

- musí být tuhý a pevný při vstřiku,
- musí mít konstantní tlak, rychlost, teplotu, ostatní parametry a jejich časování,
- musí mít přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů. [1]

Konstrukce stroje je charakterizována:

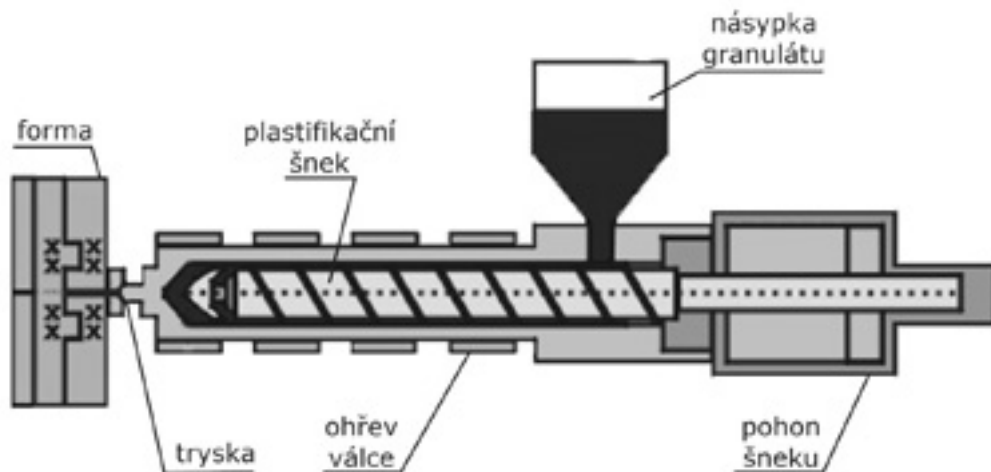
- vstřikovací jednotkou,
- uzavírací jednotkou,
- ovládním a řízením stroje. [1]



Obr. 2. Vstřikovací stroj

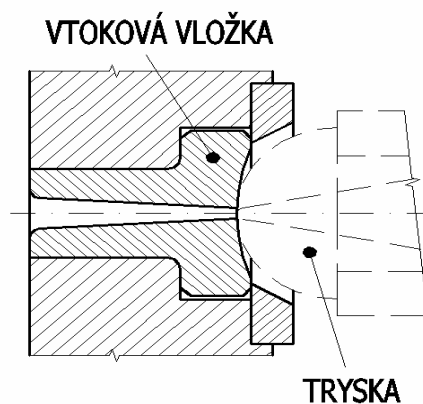
## 2.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka připraví a dopraví požadované množství roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry do formy. Pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracovaný plast z násypky pohybem šneku. Plast je posouván šnekem s možnou změnou otáček přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Postupně se plastikuje, homogenizuje a hromadí před šnekem. Současně šnek odtlačuje do zadní polohy. [1]



Obr. 3. Schéma vstřikovací části stroje

Topení tavné komory je nejčastěji rozděleno do tří pásem (vstupní, střední a u trysky). Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Tryska má zvláštní samostatné topení. Část tepelné energie vznikne disipací v materiálu. Přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy zajišťuje kulové zakončení trysky. [1]



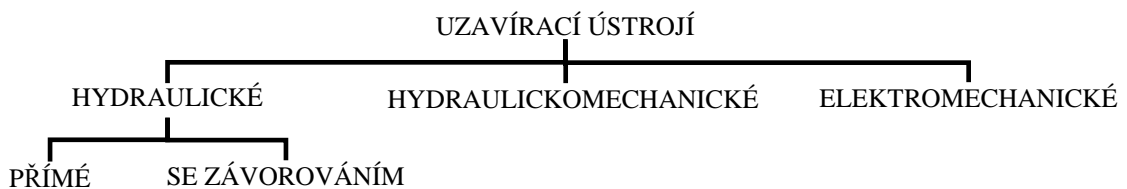
Obr. 4. Dosednutí trysky stroje na vtokovou vložku

## 2.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. [1]

Hlavní části uzavírací jednotky:

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



Obr. 5. Rozdělení vstřikovacích strojů dle uzavíracího ústrojí

### 2.2.1 Hydraulické uzavírací jednotky

Umožňují pootevření nástroje hydraulickým tlakem a vyžadují zajištění závorou. [1]

Hydraulická uzavírací jednotka

Nejjednodušší uzavírací ústrojí. Těsné uzavření formy bude zajištěno tehdy, pokud platí:

$$p_p \cdot S_p > p_v \cdot S_v \quad (1)$$

nebo

$$p_p \cdot S_p > k \cdot p_v \cdot S_v \quad (2)$$

$p_p$  – tlak hydraulické kapaliny

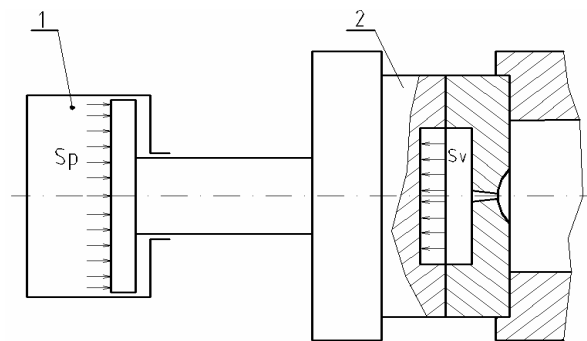
$S_p$  – plocha hydraulického pístu

$p_v$  – vstřikovací tlak

$S_v$  – plocha výstřiku v dělící rovině

$k$  – koeficient bezpečnosti (1,2 až 1,5)

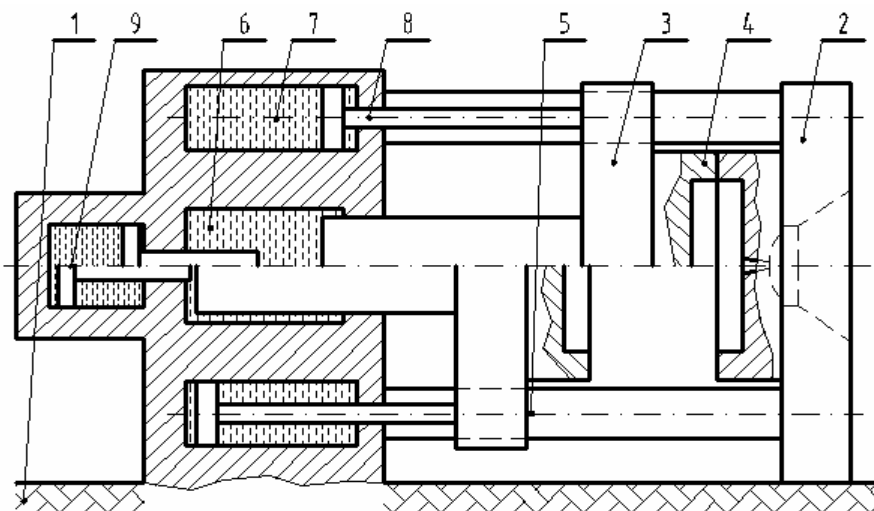
Výhoda tohoto uspořádání spočívá v jednoduchosti zařízení. K dosažení velkých uzavíracích sil jsou však zapotřebí velké rozměry hydraulických válců a k zajištění dostatečně vysokých uzavíracích rychlostí značné množství hydraulické kapaliny. Problémy jsou i s utěsněním pístů velkých průměrů. [3]



Obr. 6. Hydraulická uzavírací jednotka

1 – hydraulický válec, 2 - forma

Nevýhody tohoto uspořádání odstraňuje uzavírací ústrojí s pomocnými hydraulickými válci. Pomocné hydraulické válce mají malý průměr, ale vysoký zdvih. K zajištění vysoké rychlosti při chodu naprázdno postačuje relativně malá množství hydraulické kapaliny o nízkém tlaku. [3]

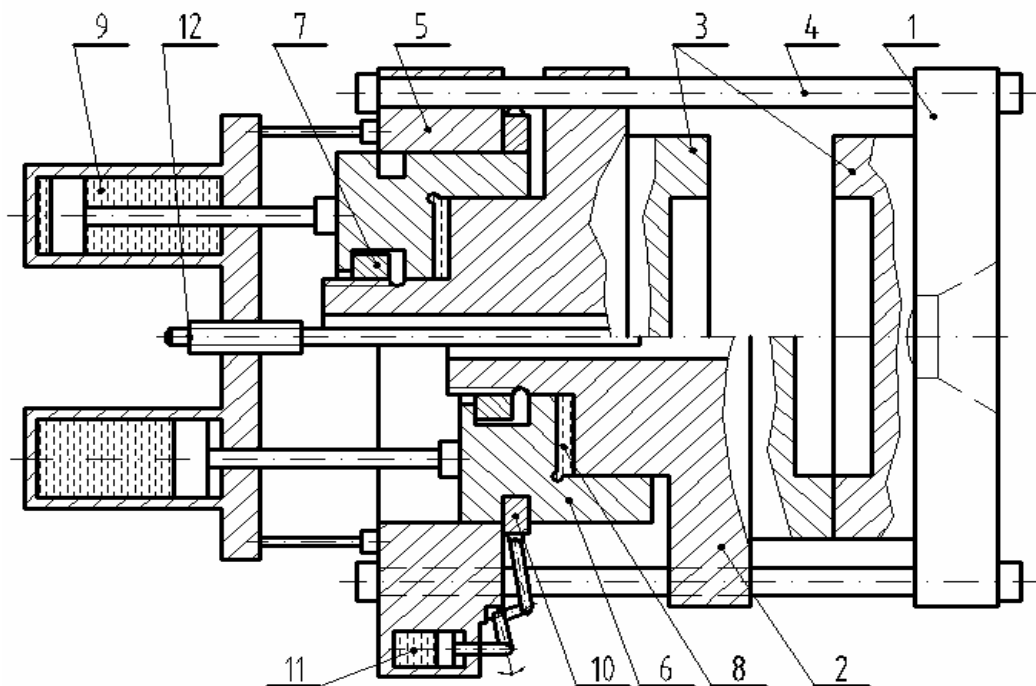


Obr. 7. Hydraulická uzavírací jednotka s pomocnými válci

1 – základový rám, 2 – přední upínací deska (pevná), 3 – zadní upínací deska (pohyblivá), 4 – dělená vstřikovací forma, 5 – nosné sloupy, 6 – hlavní hydraulický válec, 7 – pomocné hydraulické válce, 8 – pístnice pomocných válců, 9 - multiplikátor

#### Hydraulické uzavírání s mechanickým závorováním

Mechanickým závorováním se rozumí dočasné nahrazení hydraulického systému systémem mechanickým, tzn., že mezi pohyblivou částí a základovým rámem vznikne tuhé spojení. Výhody tohoto uspořádání vyniknou u velkých vstřikovacích strojů. [3]



Obr. 8. Mechanické závorování středového bloku

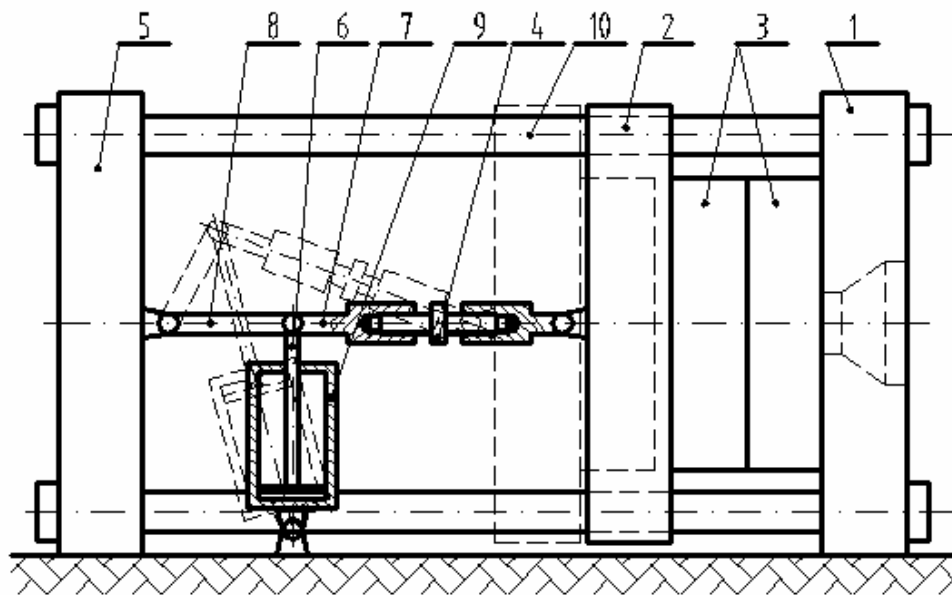
1 – přední upínací deska, 2 – zadní upínací deska, 3 – vstřikovací forma, 4 – sloupy, 5 – třmen, 6 – středový blok, 7 – matice, 8 – hlavní hydraulický válec, 9 – pomocné hydraulické válce, 10 – závora, 11 – hydraulický válec pro závorování, 12 - vyhazovač

#### 2.2.2 Hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky

Nejčastěji se používají u strojů malých gramáží. Jsou konstruovány jako kloubové mechanismy ovládané hydraulickým válcem. [1]

Některé konstrukce uzavíracích jednotek jsou bez vodících sloupů. [1]





*Obr. 9. Hydraulicko-mechanické uzavírání s válcem mimo osu stroje*

*1 – přední upínací deska, 2 – zadní upínací deska, 3 – vstřikovací forma, 4 – seřizovací šroubový mechanismus, 5 – nosný třmen, 6 – pístní tyč, 7,8 – kloubový mechanismus, 9 – hydraulický válec, 10 – nosné sloupy*

### **2.2.3 Elektromechanické uzavírací ústrojí**

Jedná se o nahrazení přímočarého hydraulického motoru elektromotorem s klikovým mechanismem. K výhodám elektromechanických uzavíracích ústrojí patří jejich konstrukční jednoduchost, vysoká uzavírací rychlost a snadná automatizace celého pracovního cyklu. Další výhodou je nižší energetická náročnost. [3]

## **2.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje**

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Novější koncepce vstřikovacích strojů se v současnosti neobejdou bez výkonné procesorové techniky. Místo obvyklé textové formy nastavování technologických parametrů se využívá nejrůznější grafické formy řízení pracovního cyklu na displeji se selektivním přístupem k jednotlivým parametrům stroje. Pracovní cyklus sestavení do potřebných programových sekvencí je pak snadno kontrolovatelný a upravitelný. [1]

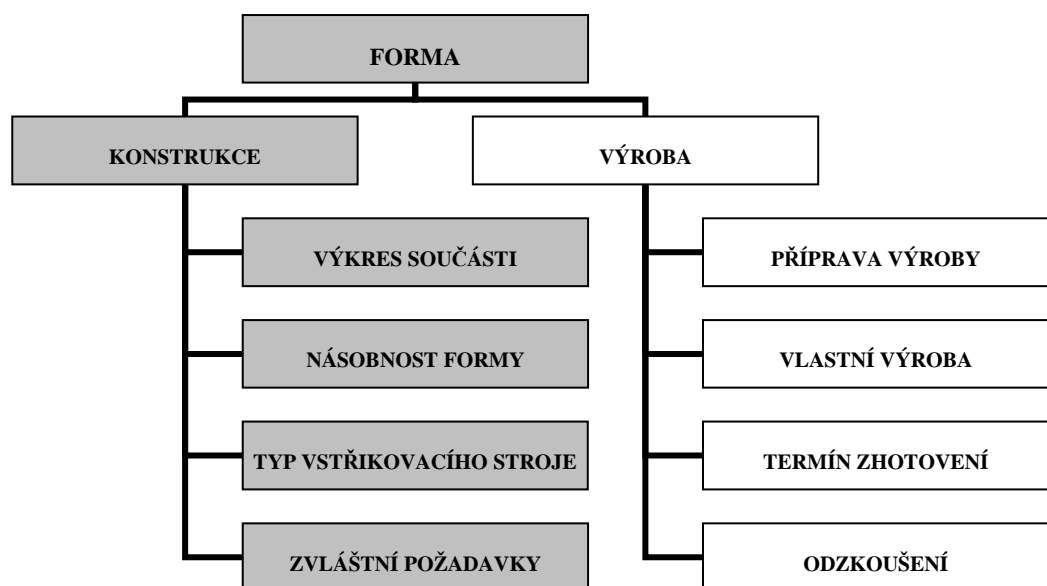
### 3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Forma dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. [1]

Požadavky na vstřikovací formu:

- vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch zhotovené dutiny formy a ostatních funkčních dílů,
- maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí formy i celků, pro zachycení potřebných tlaků,
- správná funkce formy, vhodný vtokový systém, vyhazování, odvzdušnění, temperování apod.,
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou. [1]

#### 3.1 Technické údaje potřebné pro konstrukci formy



Obr. 10. Technické údaje potřebné pro konstrukci a výrobu formy

##### 3.1.1 Výkres součásti

Obsahuje tyto údaje: materiál součásti, tvar, rozměry a tolerance, jakost povrchu a vzhledové požadavky, hmotnost, technické přejímací podmínky, zvláštní požadavky. [1]

### 3.1.2 Násobnost formy

Násobnost formy se určuje z několika hledisek:

- podle vstřikovací kapacity stroje

$$n_1 = \frac{0,8 \cdot M_c}{M \cdot A} \quad (3)$$

$M_c$  - vstřikovací kapacita [g]

$M$  - hmotnost výstřiku [g]

$A$  - koeficient vtokového zbytku (1,05-2)

- podle plastikačního výkonu

$$n_2 = \frac{0,8 \cdot Q_p \cdot t_c \cdot 1000}{A \cdot G \cdot 3600} \quad (4)$$

$Q_p$  - plastikační výkon [ $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ]

$t_c$  - doba cyklu [s]

$A$  - koeficient vtokového zbytku (1,05-2)

$G$  - hmotnost výstřiku [g]

- podle velikosti uzavírací síly

$$n_3 = \frac{0,8 \cdot F}{S \cdot p_v} \quad (5)$$

$F$  – uzavírací síla stroje [MN]

$S$  – plocha dutin a kanálů v dělicí rovině kolmá na směr uzavírací síly [ $\text{m}^2$ ]

$p_v$  – vstřikovací tlak [MPa]

- podle velikosti termínu dodávky

$$n_4 = \frac{N \cdot t_c}{T_p \cdot K \cdot 3600} \quad (6)$$

$N$  – celková požadovaná produkce [ks]

$t_c$  – celková doba cyklu [s]

$T_p$  – doba produkce [hod]

$K$  – koeficient využití času [0,7 až 0,9]

- optimální násobnost formy vypočítat:

$$n_{opt} = \sqrt{\frac{t_c \cdot K_p \cdot N}{K_f \cdot 3600}} \quad (7)$$

$K_p$  – provozní náklady formy [Kč]

$t_c$  – doba cyklu [s]

$N$  – celková produkce životnosti formy [ks]

$K_f$  – míra amortizace formy

- poměr vstřikovací kapacity a plastikačního výkonu:

$$n_2 \leq 4 \cdot n_1 \quad (8)$$

Vhodná násobnost formy je nejnižší hodnota ze vztahů 3 až 6. Pokud je stanovená násobnost větší než hodnota z  $n_4$ , je nutné volit jiný vstřikovací stroj. [1]

### 3.1.3 Volba optimálního vstřikovacího stroje

Navržený stroj musí mít dostatečnou vstřikovací kapacitu, dostatečný uzavírací tlak, vhodnou koncepci. [1]

### 3.1.4 Zvláštní požadavky na konstrukci formy

Pokud nejsou běžné požadavky pro zákazníka vhodné, doplní je svými speciálními, které obvykle mají výrobu urychlit, zlepšit, případně zlevnit. Mezi takové požadavky patří např. využití typizovaného rámu forem, nasazení vyhřívané trysky, vyšší automatizace při vstřikování, robotizace pracoviště. Všechny tyto požadavky mají obvykle vliv jak na konstrukci, tak i na výrobu formy a musí s ní být počítáno v oblasti, které se týká. [1]

## 3.2 Postup při konstrukci formy

Postup při konstrukci formy:

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek,
- určení, upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled,
- dimenzování tvarových dutin a jejich a jejich uspořádání ve formě. Volba vhodného vtokového systému,
- stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému a odvzdušnění dutin,
- návržení rámu formy s ohledem na danou typizaci,
- vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj,
- kontrola funkčních parametrů formy. [1]

### 3.3 Vlastní konstrukce formy

#### 3.3.1 Zaformování výstřiku, volba dělicí roviny a dimenzování tvarové dutiny

Správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí plochy náleží k rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Vychází z konstrukčního řešení vyráběného dílu. [1]

Dělicí rovina – bývá zpravidla rovina rovnoběžná s upínáním formy. Může však být i šikmá nebo různě tvarovaná, případně vytváří u výstřiků s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí plochy. [1]

Požadavky na dělicí rovinu:

- snadné vyjímání výstřiku z formy,
- pravidelnost, jednoduchý geometrický tvar dělicí roviny, snadná vyrobiteľnosť a slícovateľnosť,
- průběh dělicí roviny v hranách výrobku,
- umístění takové, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a souosost výstřiku, pokud je v obou polovinách formy,
- stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad,
- u více dělicích ploch volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet. [1]

### Dimenzování tvarové dutiny formy

Tvar a rozměry funkčních dílů, které jsou převážně umístěny v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu. Přesnost dutin se pohybuje v rozmezí IT8 až IT10 a ovlivňují ji tři činitelé: smrštění plastu, výrobní tolerance, opotřebení dutiny formy. [1]

Smrštění – rozdíl mezi rozměrem dutiny formy a skutečným rozměrem výrobku. Udává se v procentech. Jeho velikost závisí na teplotní roztažnosti plastu a dalších činitelích. Smrštění se rozděluje do dvou časových fází: do 24 hod po výrobě (90% z celkové hodnoty), dodatečné smrštění (v závislosti na typu polymeru). [1]

### 3.3.2 Volba vtokového systému formy

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. [1]

#### Studené vtokové systémy

Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit aby:

- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší,
- dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá – rovnovážné plnění,
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký,
- u vícenásobných forem odstupňování průřezů kanálů – stejná rychlost taveniny,
- zaoblení všech ostrých hran vtokových kanálů,
- stanovit úkosovitost všech vtoků pro jejich snadné doformování,
- leštěný povrch vtokového systému, orientovaného ve směru vyjímání,
- řešit zachycení čela proudící taveniny prodloužením rozváděcího kanálu – zabránění proniknutí chladnějšího čela proudu taveniny do tvarové dutiny – snížení povrchových vad vstřiku,
- ve vtokovém systému vyloučit místa s velkým nahromaděním materiálem,
- neprovádět větvení vtokového systému pod ostrým úhlem,
- průřezy vtokových systémů pro krystalické polymery jsou větší než amorfni. [1]

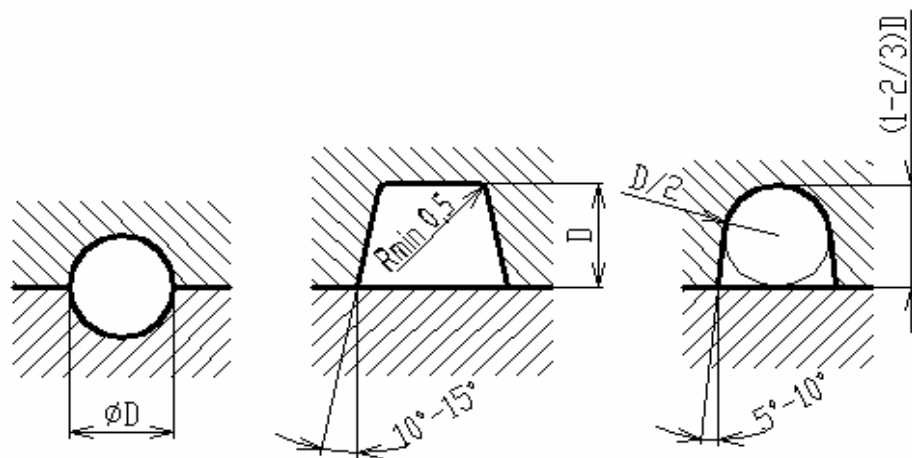
Vtokový kanál:

Nejobvyklejším je kuželový vtokový kanál, vytvořený uvnitř vtokové vložky. Ústí do rozváděcích kanálů, případně přímo do výstřiku. Pokud ústí vtokový kanál do rozváděcího kanálu, je jeho větší průměr otvoru stejný, nebo nepatrně větší než rozváděcí kanály. V případě, že ústí vtokový kanál do dutiny výstřiku, je vhodné vytvořit proti ústí vtoku čoučkovitě zahloubení, zvláště pro menší tloušťky stěn. [1]

Rozváděcí kanál:

Rozváděcí kanály spojují vtokový kanál s ústím vtoku a tvářecí dutinou. Při stanovení průřezů rozváděcího kanálu se dívá přednost kruhovému, nebo lichoběžníkovému, který zabezpečí nejmenší teplotní i tlakové ztráty a nižší hodnoty průtokového odporu. [1]

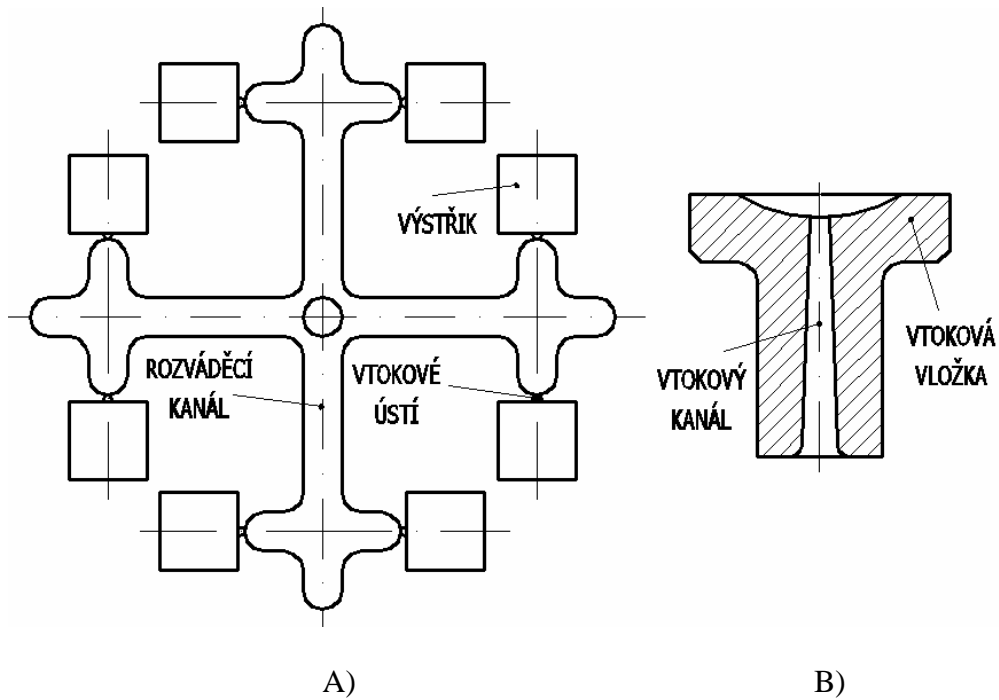
Velikost rozváděcího kanálu závisí na tloušťce stěny výstřiku, hmotnosti výstřiku, tokové dráze, teplotních poměrech ve formě a druhu vstřikovaného materiálu. [4]



Obr. 11. Průřezy rozváděcích kanálů

Vtokové ústí:

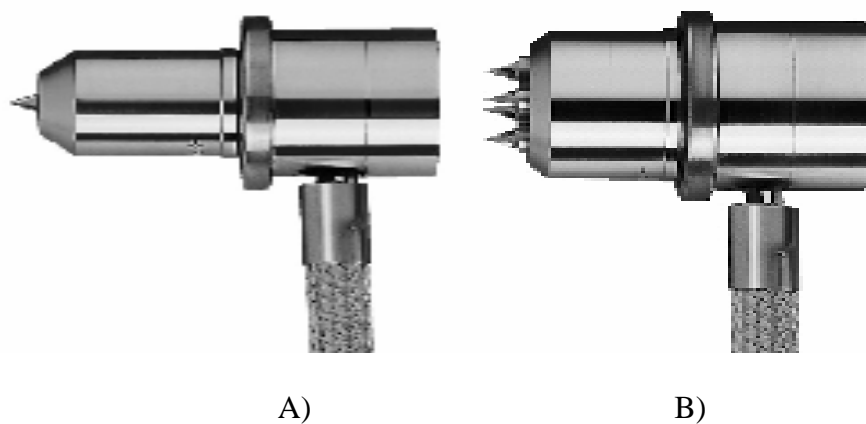
Tvar ústí vtoku bývá štěrbinový pro ploché výstřiky, nebo kruhový pro rotační a jiné díly. [1]



Obr. 12. A – Vícenásobná forma – rozváděcí kanál, B – vtoková vložka

### Vyhřívané vtokové systémy

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Technologie vstřikování s použitím VVS spočívá v tom, že tavenina zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. Dnešní vyhřívané vtokové soustavy mají vyhřívané trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. [1]



Obr. 13. Vyhřívané trysky s vnějším vytápěním: A – s hrotem, B – zvláštní tryska



Vytápěné rozvodové bloky:

Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Vstřikovací formy s rozvodným blokem se používají v kombinaci s vyhřívanými nebo i izolovanými tryskami s předkomůrkami. Rozváděcí blok je uložen mezi upínací a tvarovou desku v pevné části formy. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou. Je vytápěn nejčastěji zvenku elektrickým odporovým topením pomocí topných hadů zalitých mědí nebo topnými patronami s vytápěním zevnitř. Pro zvýšení tuhosti formy je rozvodný blok ve formě upevněn pomocí přitlačných kroužků. Je středěn a zajištěn proti pootočení vzhledem k tvárnici a jeho vyústění přes trysky do dutin formy. [1]

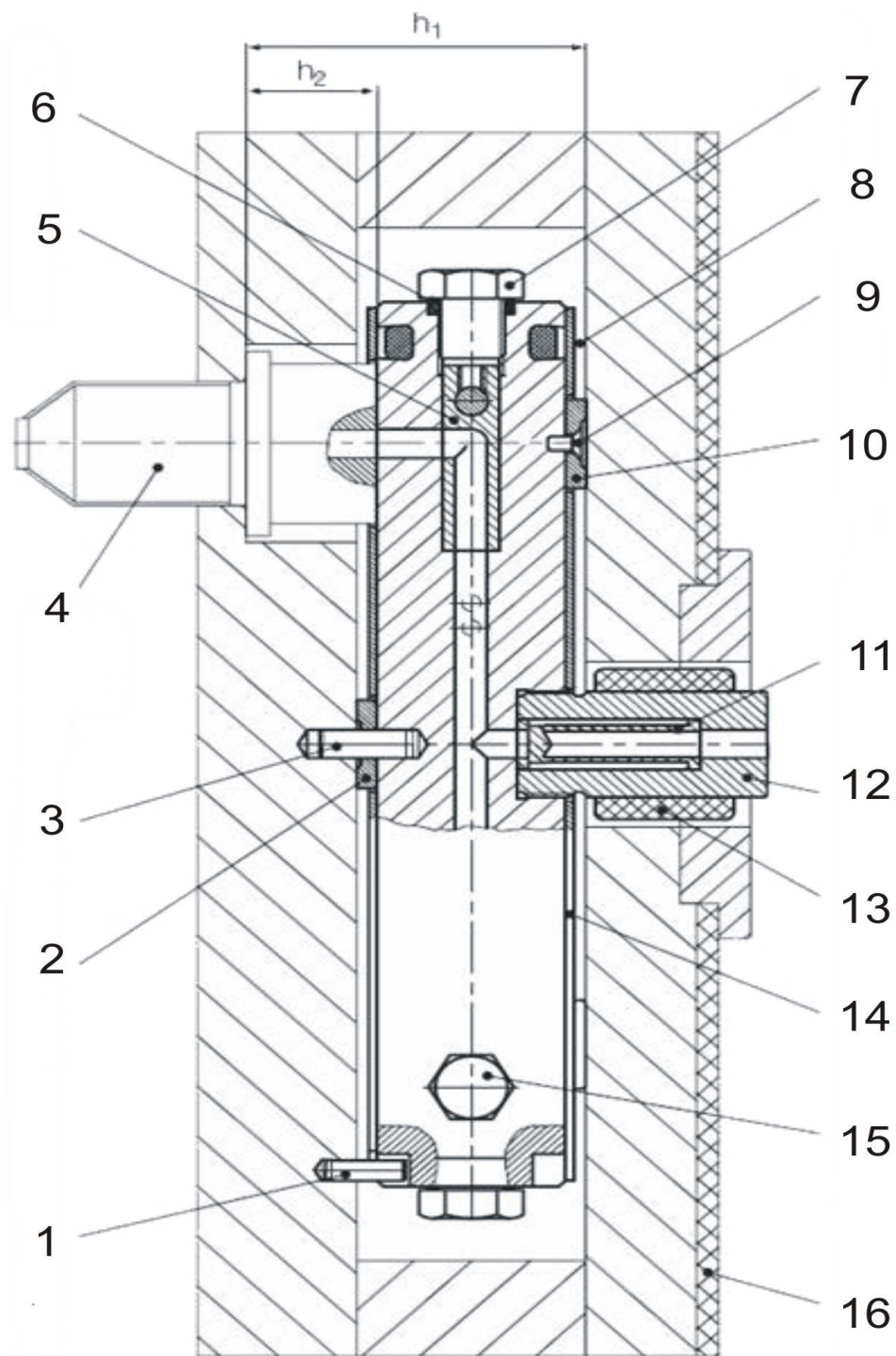
Výkon ohřevu rozvodového bloku musí být takový, aby se dosáhlo:

- rychlého ohřevu,
- dostatečné teploty pro optimální tok taveniny v bloku i případně v trysce,
- eliminace tepelných ztrát (vodivostí, prostupem, vyzařováním) – minimalizace plochy pro přestup tepla, izolace bloku a lesklé opracování. [1]

Výhody použití VVS:

- umožňuje automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus,
- snižuje spotřebu plastu-vstřikuje se bez vtokových zbytků,
- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování.

[1]



Obr. 14. Horký vtokový systém HASCO

1 – středící kolík, 2,10 – distanční podložka, 3 – středící kolík, 4 – horká tryska, 5 – obtoková zátka, 6 - těsnící hranový, kroužek, 7 – šroub, 8 - , 9 – šroub se zapuštěnou hlavou, 11 – vložka filtru, štěrbinový filtr, 12 – centrální vtoková vložka, 13 – topná manžeta , 14 – reflexční deska, 15 – šroub, 16 – tepelně-izolační deska

### 3.3.3 Vyhazování výstřiků

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřík. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svoji funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. [2]

Vyhazovací pohyb má dvě fáze:

- dopředný pohyb - vlastní vyhazování,
- zpětný pohyb – návrt vyhazovacího systému do původní polohy. [2]

Velikost vyhazovací síly se stanoví z podmínky, že smrštění vyvolá mezi výstříkem a formou tlak, který způsobí tření. K jeho překonání je nutná vyhazovací síla. [2]

$$F_v = N \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (9)$$

$F_v$  – vyhazovací síla [MN]

$\operatorname{tg} \varphi$  – součinitel tření

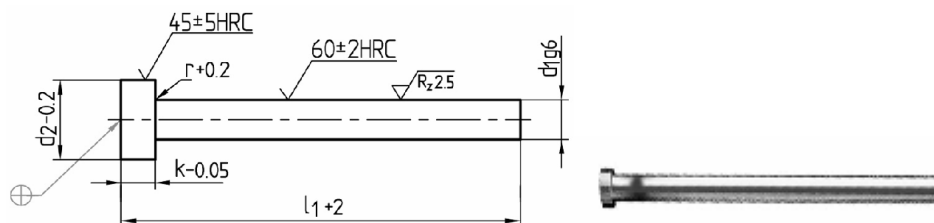
$N$  – kolmo působící síla na tvárník [N]

Mechanické vyhazování

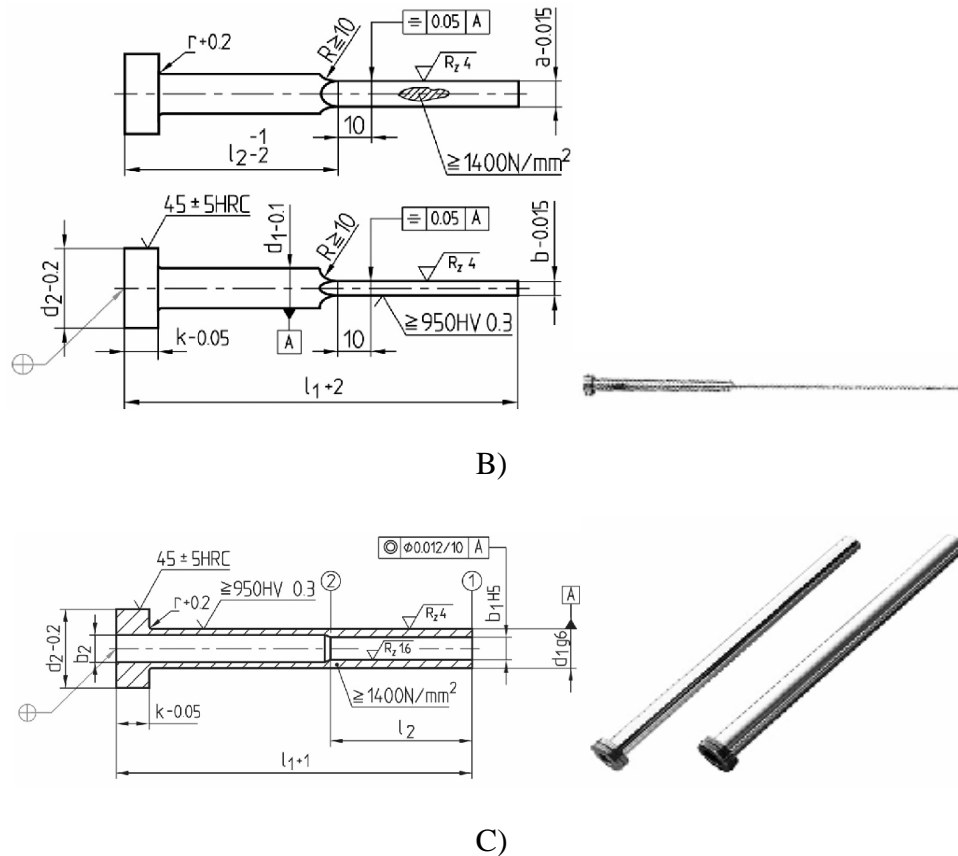
Je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem. Jeho konstrukce má podle různá provedení:

- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiků. Systém lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození.



A)



Obr. 15. Vyhazovací kolíky: A – válcový kolík, B – prizmatický kolík, C - trubkový kolík

Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit. [2]

- vyhazování stírací deskou

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Používá se především u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich deformace. Pohyb stírací desky může být podle účelu a koncepce formy vyvozen tlakem vyhazovacího systému nebo tahem ve speciálních případech (při rozevírání formy její pevnou deskou). [2]

- vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů

Je speciální formou mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou uloženy pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním nebo vnějším zápichem. [2]

Vzduchové vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku. [2]

#### Hydraulické vyhazování

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů. Hydraulické vyhazování se vyznačuje velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [2]

### 3.3.4 Temperace forem

Temperance slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Temperance ovlivňuje plnění tvarové dutiny zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se forma ohřívá. Každý další výstřik je potřeba vyrobit zase při stanovené teplotě. Proto je nutné toto přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést temperanční soustavou formy. Některé plasty se zpracovávají při vyšších teplotách formy. V takovém případě jsou tepelné ztráty formy větší, než její ohřátí taveninou a musí se naopak ohřívat. [2]

Úkolem temperace je:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny (podle druhu zpracovávaného plastu),
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku. [2]

Temperační systém bývá umístěn:

- v pevné (vtokové) části formy,
- v pohyblivé části formy. [2]

Temperanční prostředky:

- aktivní, které působí přímo na formě. Teplo do formy přivádí nebo odvádí,
- pasivní jako takové, které svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy,

- kapaliny, které proudí nuceným oběhem temperančními kanály, vytvořenými uvnitř formy. Dochází k přestupu tepla mezi formou a kapalinou. [2]

### 3.3.5 Odvzdušnění forem

Dutina formy je před vstřikováním naplněna vzduchem. Při jejím plnění taveninou je třeba zajistit únik vzduchu a případných zplodin. Čím je větší rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny. Vzduch z dutiny formy stačí často uniknout dělicí rovinou a vůlí mezi pohyblivými částmi. Potíže s odvzdušněním se vyskytují především u nových forem s dobře těsnícími dělicími rovinami a vyhazovači. V průběhu provozu vlivem opotřebení vzniknou větší vůle, které poskytují vzduchu stále více možnosti úniku. [2]

V ostatních případech je potřeba formu opatřit odvzdušňovacími kanály obdélníkového průřezu. [2]

V dělicích rovinách se vytvářejí drážky 0,05 - 0,2 mm hluboké a 3 – 6 mm široké. Umísťují se na protilehlé straně ústí vtoku. [4]

### 3.3.6 Rám forem

Rám formy představuje skupinu vzájemně spojených desek s vodícím, středícím a spojovacím příslušenstvím. Spojený celek tvoří funkční nosič tvarových dutin a vtoků, vypracovaných přímo v deskách, nebo ve zvláštních vložkách. [2]

Vodící a spojovací části

Rám formy je sestaven z jednotlivých desek a dalších dílů v pevnou a pohyblivou část. Tyto celky jsou vzájemně vedeny, ustředěny a někdy i spojeny pomocí vodících pouzder, vodících čepů, kolíků, šroubů apod. [2]

Rozpěrky

Doplňují rám formy v jeho pohyblivé a někdy i v pevné části. Rozpěrky mohou být kruhového nebo i jiného výrobně jednoduchého průřezu. [2]

Důvody použití rozpěrek:

- zvětšují stavební výšku, aby se dosáhlo jejího minimálního rozměru pro daný stroj,

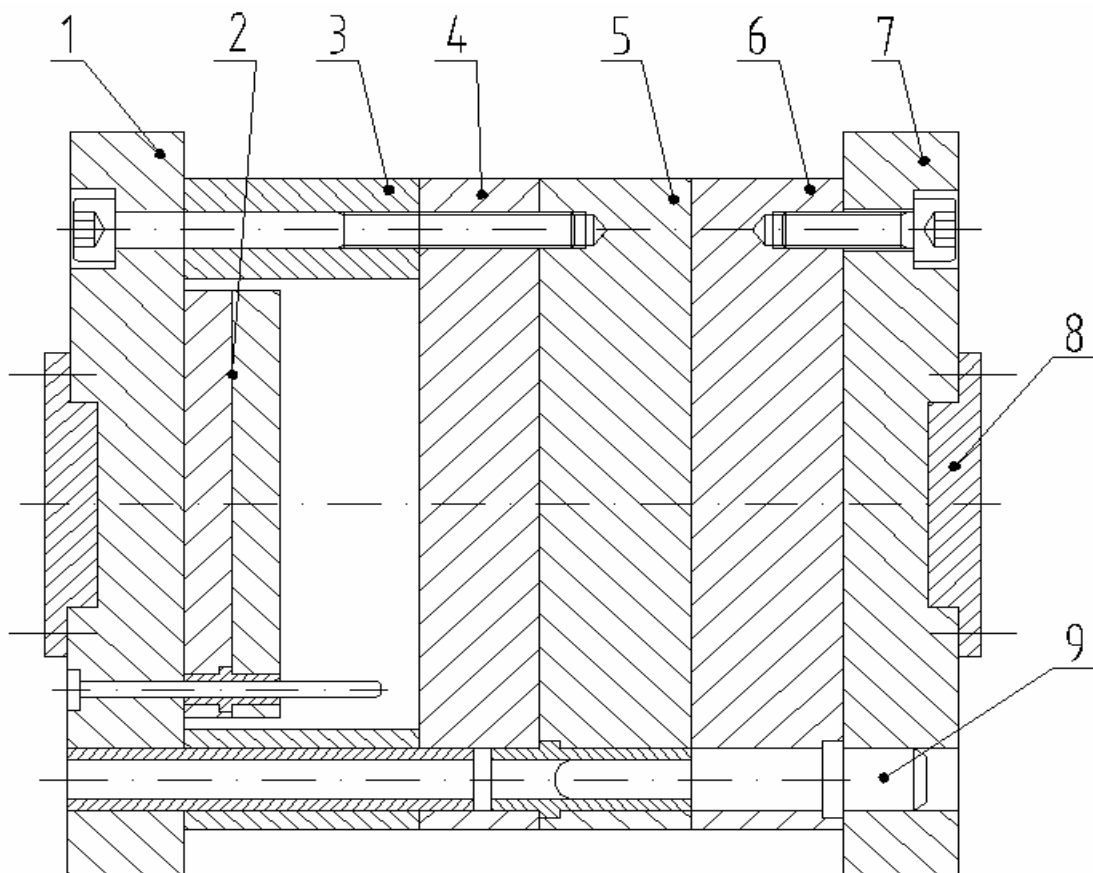
- vytváří ve formě prostor pro umístění vyhazovacích desek a potřebný zdvih s vyhazovači,
- zmenšují stykovou plochu mezi funkční a upínací částí formy, aby tepelné ztráty vedením při temperaci formy byly minimální,
- u forem s vyhřívanými tryskami vytváří prostor pro vytápěné rozvodné bloky. [2]

#### Vyhazovací desky

Slouží k ukotvení, vedení, ovládání a zjištění vyhazovačů v jejich pracovním i zpětném pohybu. Používají se obvykle v uspořádání jako deska kotevní a opěrná. Vyhazovací desky, především kotevní deska mohou mít své vlastní vedení. [2]

#### Středící kroužky

Slouží k ustředění formy na stroj, ale také k jejímu zajištění proti případnému sklouznutí z desky stroje při manipulaci. [2]



Obr. 16. Nejdůležitější díly formy

*1 – upínací deska levá, 2 – vyhazovací desky, 3 – rozpěrka, 4 – opěrná deska, 5 – tvarová deska levá, 6 – tvarová deska pravá, 7 – upínací deska pravá, 8 – středící kroužek, 9 – vodící a spojovací části*

### 3.3.7 Upínání forem

Rám formy vyžaduje snadné a rychlé upnutí na vstřikovací stroj. Proto bývají upínací desky formy zvětšeny, nebo jinak upraveny. Upínají se pomocí upínek a šroubů, nebo přímo šrouby za upravenou upínací desku. [2]

### 3.3.8 Materiály používané při výrobě forem

Formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiku se od nich vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. [2]

Materiály pro výrobu forem:

- oceli vhodných jakostí,
- neželezné slitiny kovů,
- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivě...). [2]

Požadavky na materiály pro výrobu forem:

- dostatečná mechanická pevnost,
- dobrá obrobitelnost,
- dobrá leštitelnost a obrusitelnost,
- zvýšená odolnost proti otěru,
- odolnost proti korozi a chemickým vlivům plastu,
- vyhovující kalitelnost a prokalitelnost,
- stálost rozměrů a minimální deformace při kalení. [2]

#### Oceli

Nejpoužívanějším druhem materiálů pro výrobu forem jsou oceli. Pro výrobu forem se používají tyto skupiny:



- oceli konstrukční k použití v přírodním i zušlechtěném stavu,
- oceli k snadnému opracování a tváření, pro cementování a zušlechtování,
- oceli uhlíkové k zušlechtování,
- oceli nástrojové legované se sníženou i velkou prokalitelností a odolností proti otěru,
- oceli k nitridování,
- oceli antikorozi, používané při zpracování plastů, které chemicky ovlivňují ocel,
- oceli martenzitické vytvrditelné s malou deformací při tepelném zpracování a velkou stálostí rozměrů. [2]

#### Slitiny mědi

Na výrobu forem se mimo oceli začínají stále více prosazovat slitiny mědi. Používají se na chladicí trny tenkých tvárnků, tvarové vložky, vytáček matice se šrouby, vyhazovací kolíky, vodící středící pouzdra apod. [2]

#### Slitiny hliníku

Formy ze slitin hliníku a některých dalších kovů mají své speciální použití. Nejsou tak pevné a odolné proti opotřebení jako oceli. Zato mají jiné dobré vlastnosti (velkou tepelnou vodivost, korozivzdornost). [2]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma
- nakreslit model plastového dílu ve 3D
- nakreslit 2D sestavu vstřikovací formy
- nakreslit 3D sestavu vstřikovací formy pro zadaný plastový díl

Sestava vstřikovací formy ve 3D bude nakreslena v programu Autodesk Inventor 6 s využitím normálí firem HASCO, D-M-E, STRACK a MOLD MASTERS, z důvodu snížení nákladů na výrobu.

Z důvodu malé využitelnosti materiálu pro danou technologii vstřikování vzhledem k hmotnosti výstřiku byly stanoveny další cíle bakalářské práce:

- rekonstrukce stávajícího vtokového systému s využitím horkých vtoků
- provedení kalkulace využitelnosti materiálu před a po rekonstrukci

## 5 KONSTRUKCE FORMY

### 5.1 Materiál vstřikované součásti

Fortron PPS

Polyfenylensulfid (PPS) byl vyvinut americkou společností Phillips Petroleum již v roce 1953, ale v první generaci byl uveden na trh až o dvacet let později. Počátkem 80. let byl zlepšen japonskou firmou Kureha Chemicals na lineární PPS volitelné molekulární hmotnosti - tzv. druhá generace. Dnes Kureha ve společném podniku s Ticonou vyrábí PPS ve Fortron Industries v USA. Roční světová produkce vyztužených a plněných PPS byla v roce 1999 téměř 50 000 t a pro rok 2003 se odhaduje na 70 000 t. [5]

Vlastnosti PPS

- teplota použití: do 240°C, krátkodobě do 270°C,
- vnitřní odolnost proti plameni – samozhášivost,
- velmi dobrá odolnost vůči chemikáliím a dobrá odolnost vůči rozpouštědlům,
- vysoká tvrdost a tuhost,
- pouze malý sklon k tečení rovněž i při zvýšených teplotách,
- velmi nízká nasákavost vody. [6]

Typy PPS

- typy nevyztužené (prášek a granulát),
- typy vyztužené (granulát),
- typy vyztužené skleněnými vlákny a vyztužené dlouhými skleněnými vlákny,
- typy vyztužené skleněnými vlákny, minerály,
- typy pro medicínskou techniku,
- typy pro tvarování vyfukováním,
- typy fóliové a vláknařské. [6]

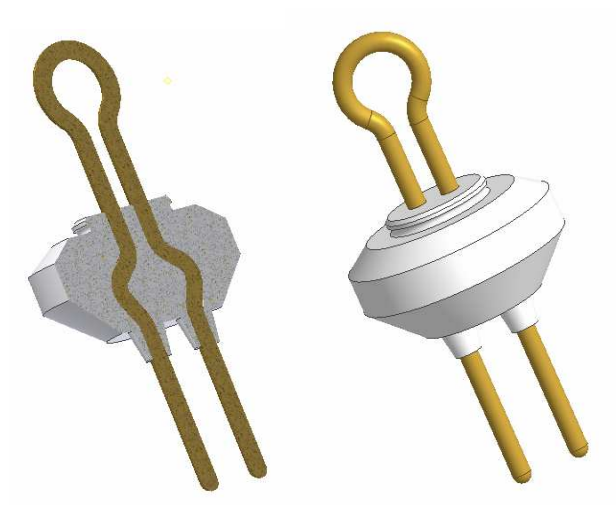
### Použití Fortron PPS

Automobilový průmysl: výstřiky skříně a víka magnetického oběhového čerpadla, chladicí systémy, vytápění.

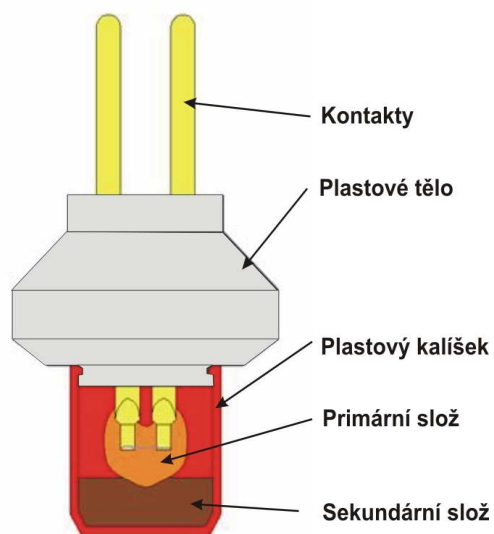
Elektrotechnický průmysl: konstrukce zásuvek, zástrček, konektorů, konektorových lišt, cívek, kondenzátorové fólie, součásti bílé techniky (myček, praček, varných konvic. [5]

## 5.2 Funkce výstřiku

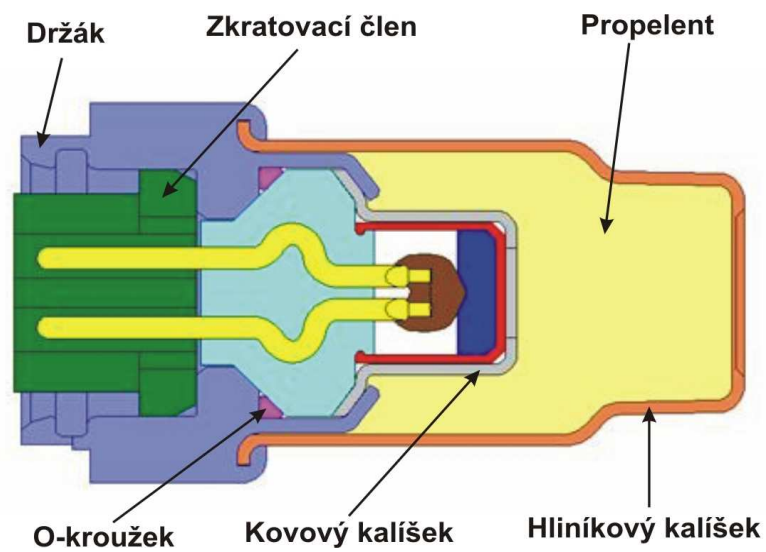
Vstříkovaný díl tvoří tělo pyrotechnického plastového iniciátoru. Iniciátor je součástí vyššího celku vyvíječe plynu bezpečnostního pásu.



Obr. 17. Plastová část nastříkнутá na kov



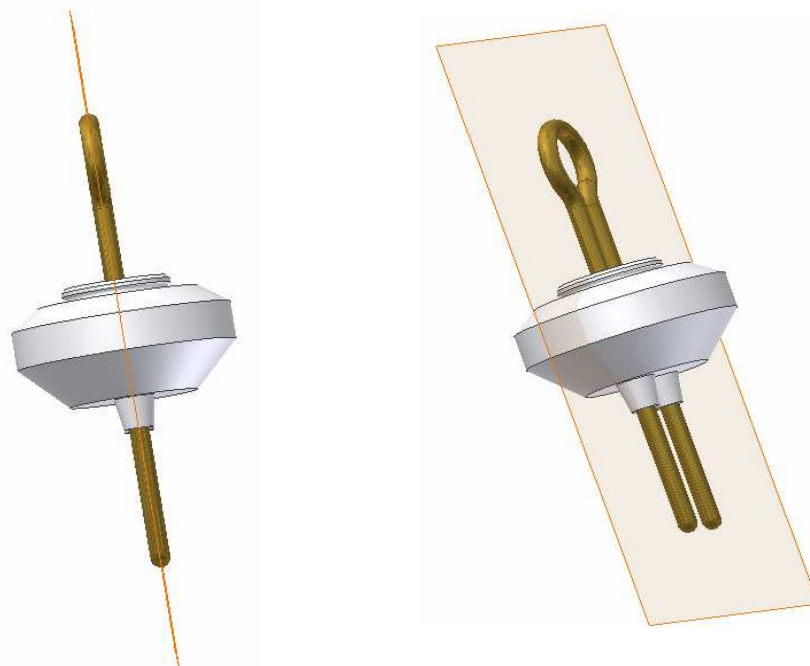
Obr. 18. Pyrotechnický plastový Iniciátor



Obr. 19. Micro Gas Generátor

### 5.3 Zaformování výstřiku

Dělicí rovina prochází osou výstřiku, je kolmá k upínání formy na vstřikovací stroj.



Obr. 20. Průběh dělicí roviny vstříkovanou součástí

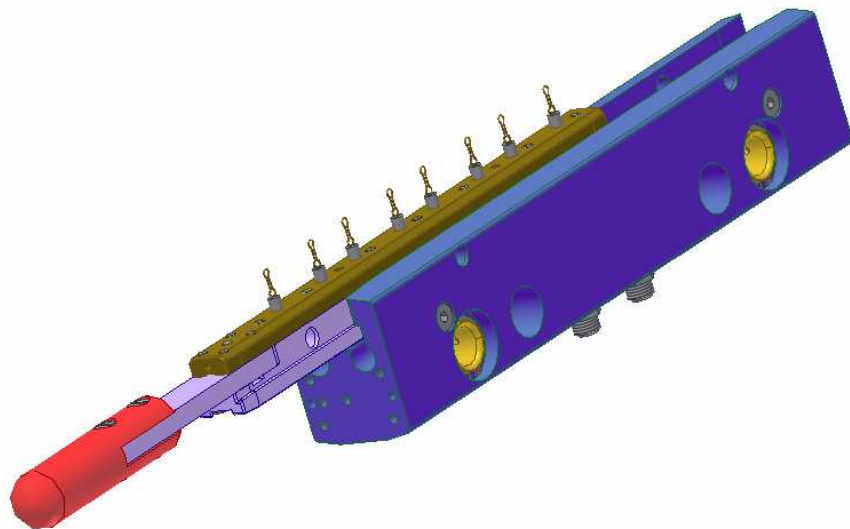
## 5.4 Volba násobnosti formy

Násobnost formy se určí dle výpočtů viz. teoretická část podle vztahů 3 až 7. Na základě požadavků zákazníka byla násobnost formy zadána: osminásobná forma ( $n = 8$ ).

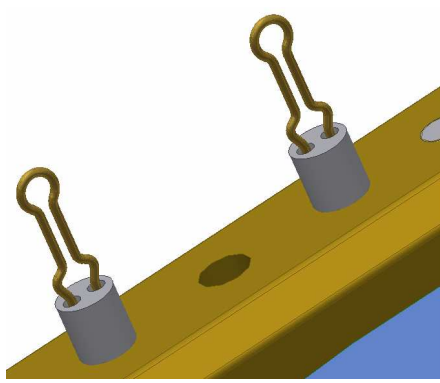
## 5.5 Doprava kovové části výstřiku do tvarové dutiny formy

Vzhledem k počtu výstřiků vyrobených v jednom cyklu bylo nutné vyřešit umístění kovových částí výstřiků do dutiny formy tak, aby vkládání kovových částí i odebrání hotových výstřiků bylo snadné, relativně rychlé a bezpečné pro obsluhu.

Řešení spočívá v zabudování podavače do formy. Podavač se skládá z palety, která se pohybuje ve směru uzavírání a otevírání formy, v závislosti na pohybu formy, a z lišty trnů, kterou obsluha ručně vysouvá z palety v kolmém směru na pohyb formy.



Obr. 21. Podavač kusů



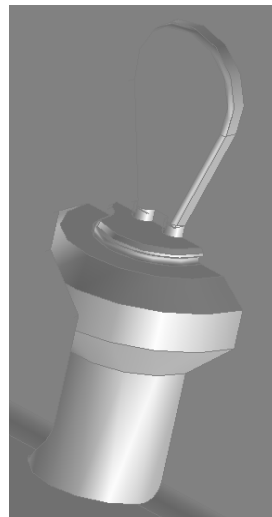
Obr. 22. Detail tvarového trnu

V liště jsou namontovány tvarové trny, do kterých obsluha zasune kovovou část výstřiku. Podavač je konstruován i pro strojní dopravu kusů (automatizace).

## 5.6 Dimenzování tvarové dutiny

Tvarová dutina je dimenzována podle smrštění použitého plastu. Rozměry jsou o míru smrštění větší než výstřik. Rozměry tvarové dutiny byly zadány zákazníkem.

Tvarová dutina je konstruována s ohledem na kovovou část výstřiku.



Obr. 23. Polovina tvarové dutiny v pevné části formy

## 5.7 Volba vtokového systému

Vtokový systém je řešen kombinací studeného a vyhřívaného vtoku. Toto konstrukční řešení je voleno s ohledem na omezenou velikost formy a vysoké pořizovací náklady na výrobu formy, v případě že by bylo využito pouze VVS.



### 5.7.1 Vyhřívání vtokový systém

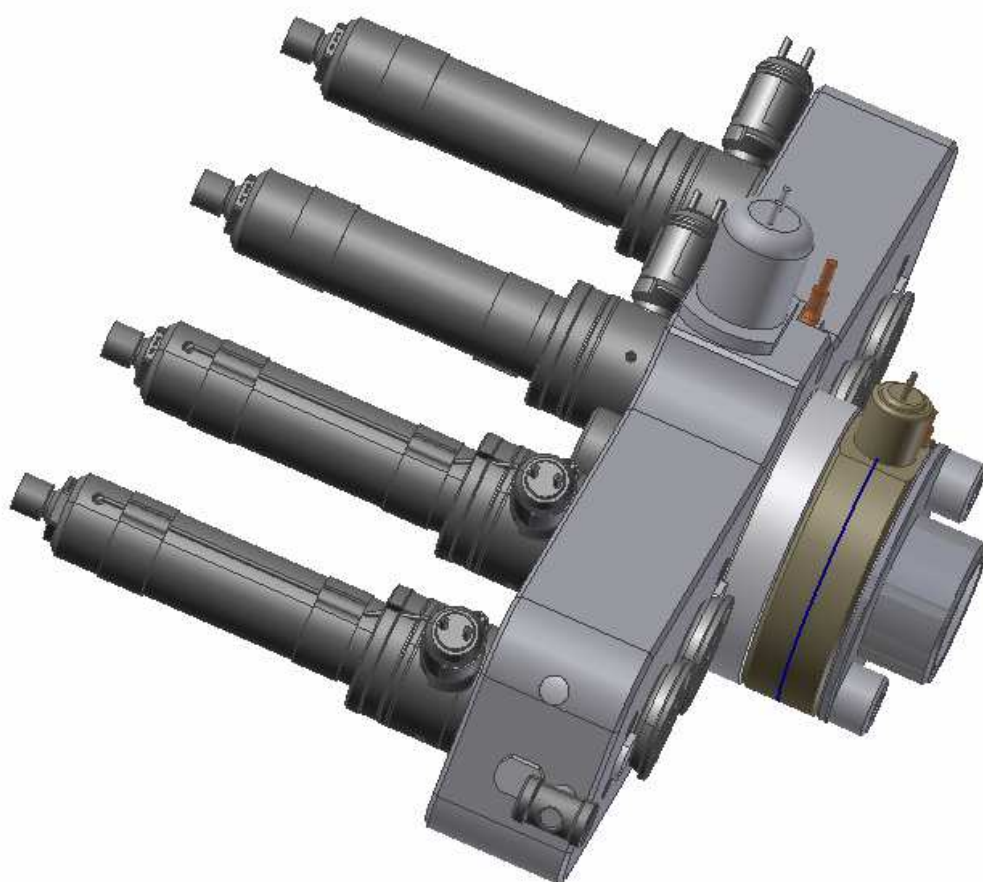
Vyhřívání vtokový systém je volen jako externě vyhřívání blok zabudovaný v topné desce, ke kterému jsou připevněny trysky s vnějším vytápěním. Jedná se o systém horkého vtoku firmy Mold-Masters se čtyřmi tryskami v řadě. Trysky jsou k bloku přichyceny šrouby, vzájemná poloha otvorů trysky a rozvodového bloku je zajištěna středícími kolíky. Na tryskách, rozvodovém bloku a středním topení jsou umístěny termočidla, pomocí kterých se zjišťuje teplota VVS. Teplota VVS bude regulována regulátorem.

Systém bude temperován na teplotu 315 – 325 °C. Rozvodový blok je temperován pomocí zalitého topného tělesa. U středního topení je topné těleso spirálového tvaru umístěno mezi dvěma kotouči.

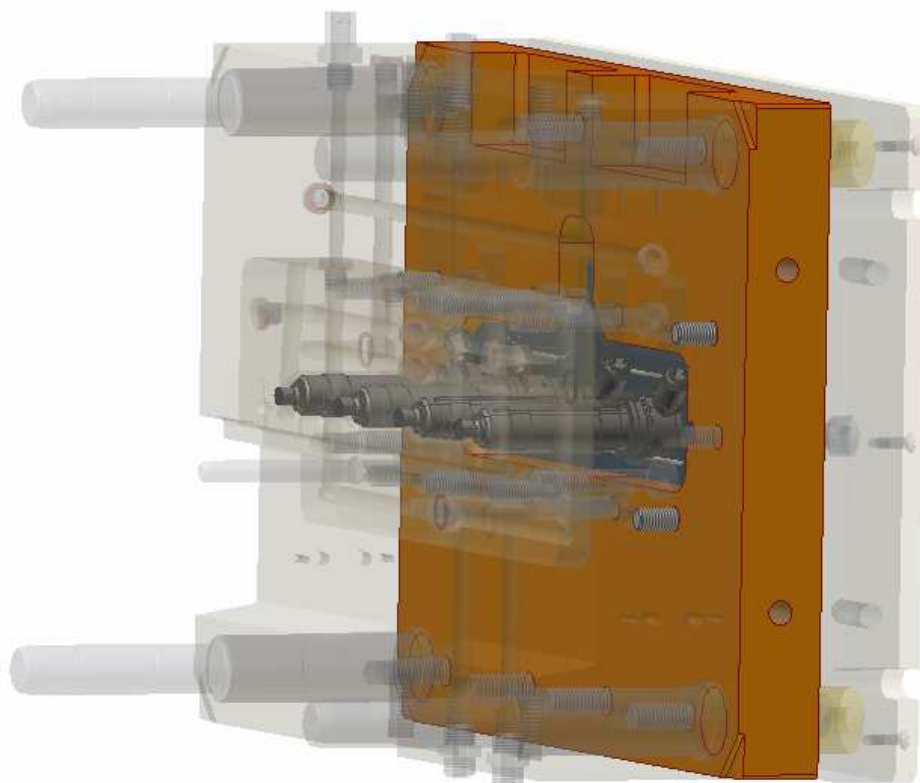
Středění VVS ve formě je zajištěno centrovacím kroužkem, který dosedá do otvoru v tvarové desce a centrování vačkou, která je nasazena na kolíku a dosedá do otvoru v topné desce.

Střední topení je kryto krycím kotoučem, který dosedá do středícího kroužku formy. Mezi krycím kotoučem a vtokovou vložkou je vzduchová mezera, z důvodu zamezení přestupu tepla do rámu formy.

K rozvodovému bloku jsou připevněny tlačné kroužky, které se opírají o upínací desku formy.



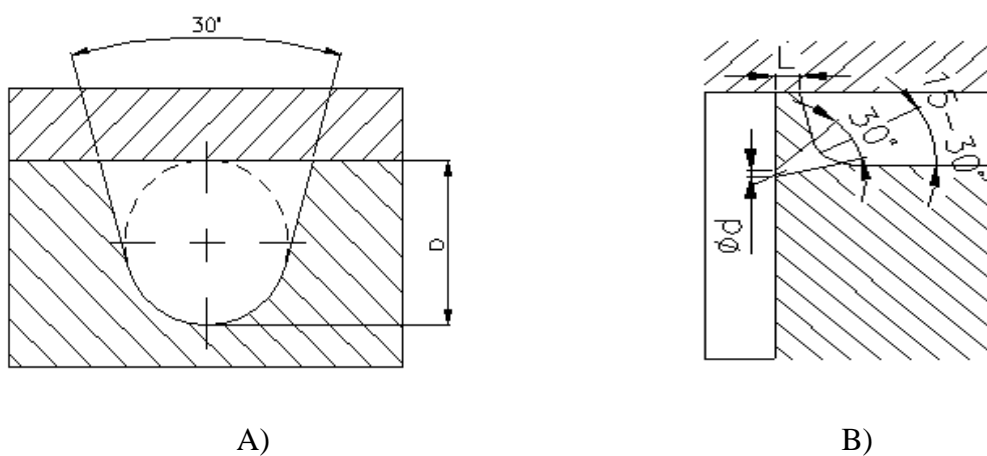
*Obr. 24. Vyhřívaný vtokový systém Mold Masters*



Obr. 25. VVS zabudovaný v topné desce

### 5.7.2 Studený vtokový systém

System studených vtokových kanálků je řešen větvením od trysky směrem k výstřiku. Je umístěn v pohyblivé části formy. Vtokové ústí je umístěno v opačné polovině formy, typ boční bodové (tunelové).



Obr. 26. Studená vtoková soustava

*A – průřez lichoběžníkového rozváděcího kanálku, B – vtokové ústí boční šterbinové*

## 5.8 Vyhazování

Vyhazování formy je řešeno zvlášť pro vyhazování výstřiku a zvlášť pro vyhození vtoku.

### 5.8.1 Vyhazování výstřiku

Vyhazovací mechanismus je řešen kombinací vyhazovací soustavy válcových vyhazovacích kolíků a posuvu podavače ve směru uzavírání formy.

Vyhazovací kolíky jsou sevřeny mezi kotevní a opěrnou deskou vyhazovací soustavy. Na konci jsou ukončeny vybráním ve tvaru obvodu výstřiku. Pojištění proti pootočení je zajištěno sražením hlavy kolíku (viz. Obr.26.). Čepy vyhazovací soustavy jsou namontovány přímo na tvarové desce. Pohyb vyhazovací soustavy je zajištěn prostřednictvím tlačných pružin na trnech, které jsou stlačeny podavačem při uzavírání formy. Při otevření formy dojde k posuvu podavače ve směru uzavření formy, pružiny se uvolní a dojde k vyhození výstřiku.

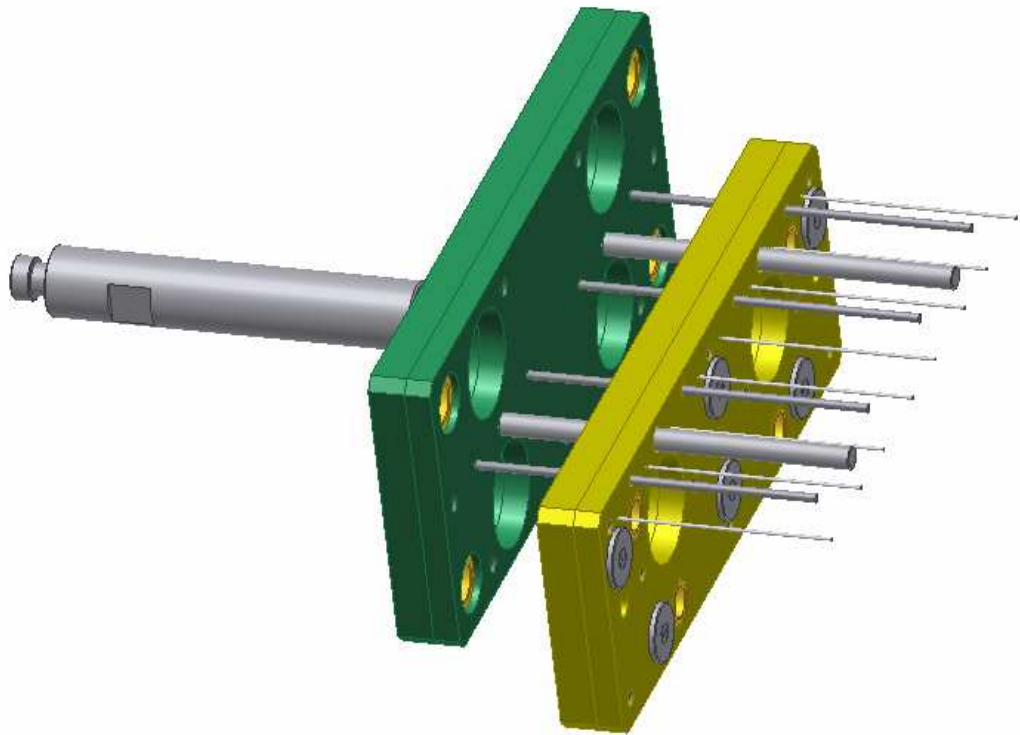


*Obr. 27. Vyhazovací kolík*

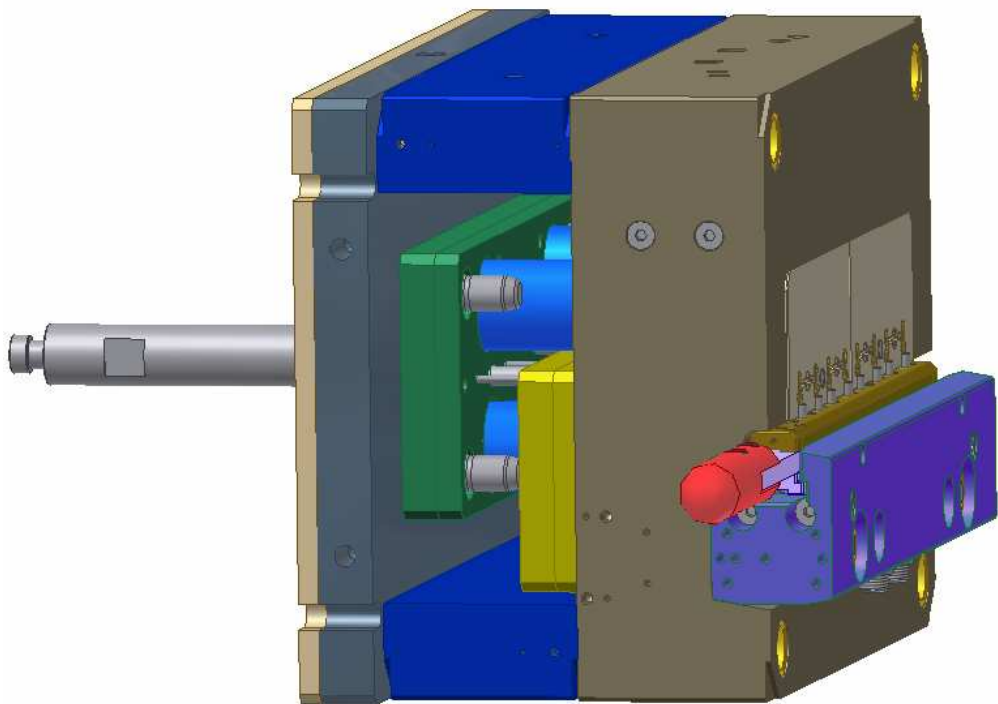
Pohyb podavače je způsoben přitlačením k tvarové desce při uzavření formy. Při otevření formy dojde k uvolnění pružin mezi podavačem a tvarovou deskou a to způsobí odsunutí podavače i s výstřikem od tvarové desky.

### 5.8.2 Vyhazování vtokového zbytku

Vyhazování vtokového zbytku je zajištěno vytrhávačem vtoku, kdy roztavený materiál zateče do kuželového zakončení. Při otevření formy zůstává vtokový zbytek na pohyblivé části formy. Poté je vyhozen vyhazovací soustavou válcových vyhazovacích kolíků, které jsou sevřeny mezi kotevní a opěrnou deskou. Vyhazovací soustava se pohybuje na čtyřech vodících čepích upevněných na upínací desce.



Obr. 28. Vyhazovací soustava válcových kolíků



Obr. 29. Pohyblivá část formy včetně vyhazovací soustavy a podavače

### 5.8.3 Ochrana proti poškození tvar. dutiny vlivem nezasunutí vyhazovačů

Pro případ, že by nedošlo k automatickému zasunutí vyhazovačů při uzavírání formy, jsou ve vyhazovací soustavě zabudovány 2 vratné kolíky, které zajistí uvedení vyhazovací soustavy do původní polohy.

## 5.9 Temperace formy

Temperačním systémem se odvádí nebo předává teplo. Vzhledem k použité technologii vstřikování horkým vtokovým systémem, je nutné volit samostatné vytápění formy a VVS.

### 5.9.1 Temperace VVS

Veškeré údaje o vyhřívání VVS viz. kapitola 5.7.1

### 5.9.2 Temperace formy

Forma bude temperována na teplotu 150 - 160°C temperačním okruhem. Temperační okruh je tvořen soustavou kanálků kruhového průřezu. Temperační kanálky jsou ucpány zátkou se závitem a měděnou podložkou. Temperačním médiem vzhledem k vysoké teplotě bude olej. Teplota zjišťována pomocí termočidel STRACK.

### 5.9.3 Temperace podavače

Podavač bude temperován stejně jako forma na teplotu 150 - 160°C temperačním okruhem. Temperační médium – olej.

## 5.10 Odvzdušnění

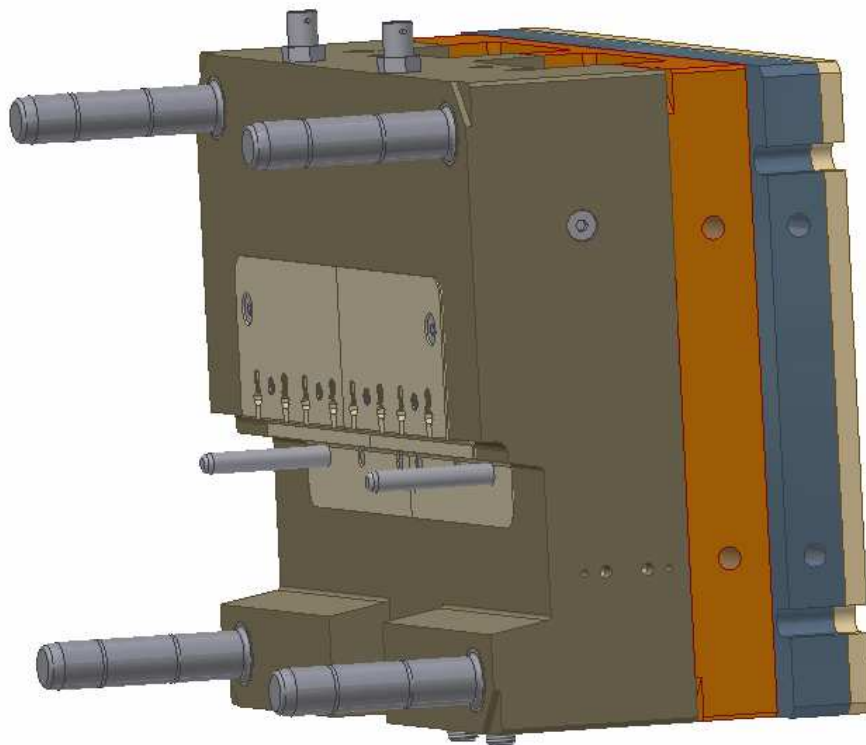
Odvzdušnění musí být takové, aby nedošlo k úniku roztaveného materiálu – vznikly přetoky. Odvzdušnění tvarové dutiny je zajištěno vůlí mezi vyhazovačem a otvorem pro vyhazovač a drážkou vybroušenou v tvarové vložce.

## 5.11 Forma

Vstřikovací forma se skládá ze dvou částí, ze pevné – vstřikovací a z pohyblivé – vyhazovací.

### 5.11.1 Pevná část formy

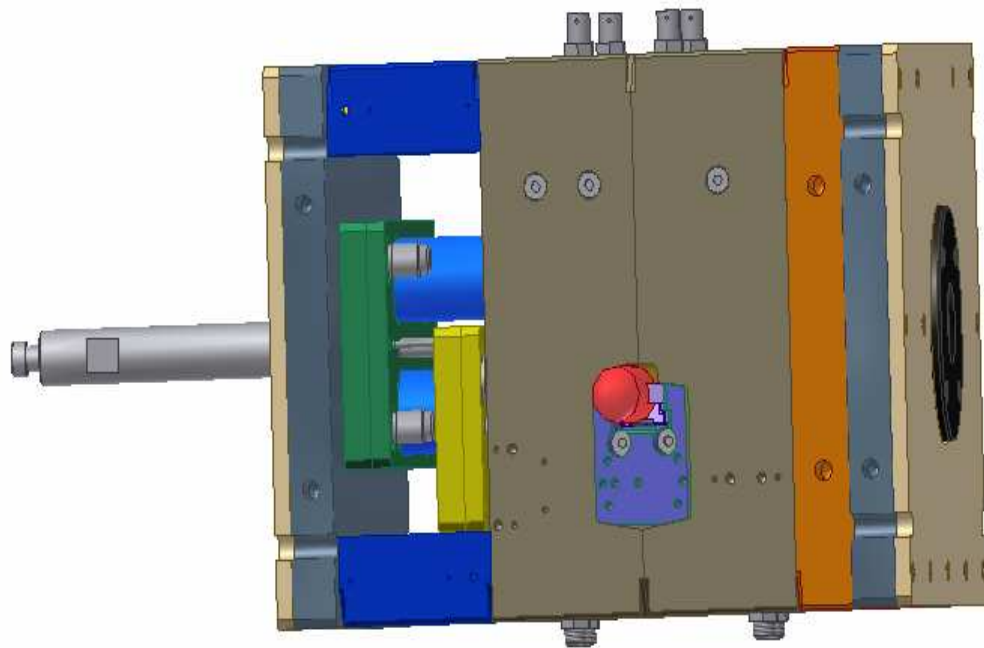
Rám formy tvoří upínací deska. K upínací desce je z důvodu zamezení přestupu tepla do rámu vstřikovacího stroje namontována sklotextitová izolační vložka. Centrování formy je zajištěno středícím kroužkem s kuželovým otvorem. K upínací desce je přichycena šrouby topná deska a tvarová deska. Ve tvarové desce je vybrání pro tvarovou vložku a podavač. Ve tvarové vložce jsou umístěny naváděcí kolíky, které zajišťují přesné dosednutí podavače. Přesnou polohu při uzavírání formy zajišťují vodící čepy.



*Obr. 30. Pevná část formy*

### 5.11.2 Pohyblivá část formy

Rám formy tvoří upínací deska se sklotextitovou izolační deskou. K upínací desce jsou přišroubovány dvě rozpěrky a tvarová deska s vybráním pro tvarovou vložku a podavač. V prostoru, který vymezují rozpěrky se pohybuje vyhadzovací soustava. Mezi upínací a tvarovou deskou jsou umístěny čtyři rozpěrky ve tvaru válce, z důvodu rovnoměrného rozložení tlaku.



*Obr. 31. Vstřikovací forma*

## 5.12 Upínání formy na vstřikovací stroj

Forma bude upnuta na vstřikovací stroj pomocí upínek.

## 5.13 Volba vstřikovacího stroje

Na základě technických parametrů formy byl zvolen vstřikovací stroj Battenfeld HM600.



*Obr. 32. Vstřikovací stroj Battenfeld HM 600*



## 6 KALKULACE ÚSPORY MATERIÁLU

Bylo provedeno měření vtokového zbytku při použití SVS vážením. Měřeno bylo 10 ks vtokových zbytků, výsledky jsou uvedeny v tabulce.

Tab. 1 Výsledky měření vtokového zbytku

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m$ [g]	7,53	7,55	7,55	7,54	7,55	7,54	7,55	7,53	7,53	7,54
$m_s$ [g]	7,541									
$\delta_m$ [g]	0,0088									

Výpočet střední hodnoty hmotnosti:

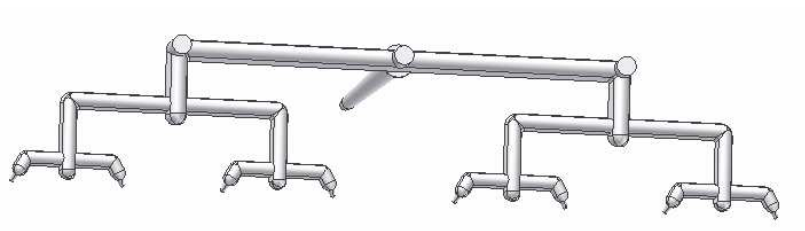
$$m_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i = \frac{1}{10} \cdot 75,41 = 7,541 \text{ g} \quad (10)$$

Výpočet odchylky měření:

$$\delta_m = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (m_i - m_s) = 0,009 \quad (11)$$

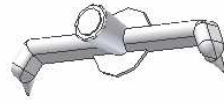
Hmotnost vtokového zbytku při aplikaci SVS:

$$m = 7,541 \pm 0,009 \text{ g}$$



Obr. 33. Vtokový zbytek při použití SVS

V programu Autodesk Inventor 6.0 jsem vymodeloval předpokládaný tvar vtokového zbytku po aplikaci VVS. Pomocí programu jsem zjistil objem.



Obr. 34. Vtokový zbytek při aplikaci VVS

Objem vtokového zbytku VVS:

$$V = 432,236 \text{ mm}^3$$

Hustota vstřikovaného materiálu:

$$\zeta = 0,00165 \text{ g / mm}^3 \text{ [6]}$$

Výpočet hmotnosti vtokového zbytku při aplikaci VVS:

$$m = \zeta \cdot V \tag{12}$$

$$m = 0,00165 \cdot 432,236 = 0,71 \text{ g}$$

Výsledek je nutné vynásobit číslem 4, protože od každé trysky se studený vtok větví ke dvěma výstřikům.

$$m_c = 4 \cdot m = 4 \cdot 0,71 = 2,854 \text{ g}$$

## 6.1 Porovnání úspory odpadního materiálu při aplikaci obou metod

### 6.1.1 Použití SVS

Při aplikaci SVS forma produkuje v průměru 5500 ks výstřiků za směnu. Při třísměnném provozu produkuje 16500 ks za den, to je 2062,5 cyklů.

Výpočet hmotnosti odpadního materiálu za 1 den:

$$m_{den} = 2062 \cdot 7,541 = 15549 \text{ g} = 15,55 \text{ kg}$$

Výpočet hmotnosti odpadního materiálu za 1 měsíc (20 prac. dnů):

$$m_m = 20 \cdot 15,55 = 311 \text{ kg}$$

Výpočet ceny odpadního materiálu za 1 měsíc:

$$c_m = 311 \cdot 320 = 99520 \text{ Kč}$$

### 6.1.2 Použití VVS

Při aplikaci VVS se zkracuje pracovní cyklus, což znamená větší produktivitu. Forma by mohla produkovat 6000 ks za směnu. Při třísměnném provozu by to bylo 18000 ks za den, což je 2250 cyklů.

Výpočet hmotnosti odpadního materiálu za 1 den:

$$m_{den} = 2250 \cdot 2,854 = 6421,5 g = 6,42 kg$$

Výpočet hmotnosti odpadního materiálu za 1 měsíc (20 prac. dnů):

$$m_m = 20 \cdot 6,42 = 128,4 kg$$

Výpočet ceny odpadního materiálu za 1 měsíc:

$$c_m = 128,4 \cdot 320 = 41088 K\check{c}$$

### 6.1.3 Porovnání obou metod – úspora

Výpočet měsíční úspory spotřeby odpadního materiálu:

$$u_m = 99520 - 41088 = 58432 K\check{c}$$

Tab. 2. Porovnání metod VVS a SVS

Metoda	$m_m$ [kg/měsíc]	$c_{1kg}$ PPS [Kč/kg]	$c_m$ [Kč/měsíc]	$u_m$ [Kč/měsíc]
SVS	311	320	99520	-
VVS	128,4	320	41088	58432

Z tabulky 2 vyplývá, že při použití VVS vznikne úspora na odpadním materiálu 58 432 Kč/měsíc. Pro celkovou úsporu materiálu při použití VVS je nutno připočítat pořizovací cenu VVS dle nabídky dodavatele (asi 400 000 Kč) a zvýšené náklady na provoz formy (větší spotřeba energie, nutnost vyšší kvalifikace obsluhy).

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout vstřikovací formu pro plastový díl s kovovými zástřiky, určený jako součást pyrotechnického iniciátoru bezpečnostních pásů.

Bakalářská práce je rozdělena do dvou částí. Teoretická část se zabývá problematikou konstrukčních návrhů vstřikovacích forem. V praktické části je řešena osminásobná forma pro plastový díl s kovovými zástřiky při použití kombinace horkého a studeného vtokového systému, za účelem úspory odpadního materiálu vzniklého při výrobní metodě vstřikování. Při návrhu konstrukce formy byl využit program Autodesk Inventor 6, jak pro konstrukci jednotlivých dílů, tak pro vytvoření celkové sestavy formy.

Ke konstrukci formy bylo využito standardizovaných dílů firem HASCO, D-M-E, STRACK a MOLD MASTERS. Návrh horkého vtokového systému byl proveden v programu Merlin od firmy MOLD MASTERS.

Z uvedené kalkulace je zřejmé, že konstrukcí vstřikovací formy s horkým vtokovým systémem dojde k úsporám ekonomickým i materiálním.

Bakalářská práce byla vypracována ve spolupráci s firmou ISS a.s., která se zabývá výrobou pyrotechnických součástí bezpečnostních pásů a airbagů.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BOBČÍK a kolektiv, Formy pro zpracování plastů, I. Díl – Vstřikování termoplastů, Uniplast Brno, 2. opravené vydání, 1999
- [2] BOBČÍK a kolektiv, Formy pro zpracování plastů, II. Díl – Vstřikování termoplastů, Uniplast Brno, 1. vydání, 1999
- [3] MAŇAS, HELŠTÝN, Výrobní stroje a zařízení – Gumárenské a plastikářské stroje II, Ediční středisko VUT Brno, ISBN 80-214-0213-X
- [4] TOMIS, HELŠTÝN, KAŇOVSKÝ, Formy a přípravky, Vysoké učení technické v Brně, ISBN 55-835-79, červenec 1979
- [5] <http://www.mmspektrum.cz>
- [6] <http://www.ticona.com>
- [7] <http://www.moldmasters.com>
- [8] MAŇAS, M., VLČEK, J. Aplikovaná reologie. Zlín: UTB, 2001. 144 s. ISBN 80-7318-39-1
- [9] LINDNER, E., UNGER, O. Injection koles. 3 rd ed. Munich: Hanser Publisher, 2002. 249 s. ISBN 3-446-21448-8.
- [10] BEAUMONT, J. P. Runner and tatiny design handbook. 1 st ed. Munich: Hanser Publisher, 2004. 286 s. ISBN 3-446-22672-9.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

VVS Vyhřívaný vtokový systém

SVS Studený vtokový systém

PPS Polyfenylensulfid

m Hmotnost

$m_s$  Střední hodnota hmotnosti

$\delta_m$  Odchylka měření

$m_c$  Celková hmotnost

V Objem

$\zeta$  Hustota

n Počet měření, cyklů

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Schéma průběhu vstřikovacího cyklu .....</i>	11
<i>Obr. 2. Vstřikovací stroj .....</i>	12
<i>Obr. 3. Schéma vstřikovací části stroje .....</i>	13
<i>Obr. 4. Dosednutí trysky stroje na vtokovou vložku .....</i>	13
<i>Obr. 5. Rozdělení vstřikovacích strojů dle uzavíracího ústrojí .....</i>	14
<i>Obr. 6. Hydraulická uzavírací jednotka .....</i>	15
<i>Obr. 7. Hydraulická uzavírací jednotka s pomocnými válci.....</i>	15
<i>Obr. 8. Mechanické závorování středového bloku.....</i>	16
<i>Obr. 9. Hydraulicko-mechanické uzavírání s válcem mimo osu stroje .....</i>	17
<i>Obr. 10. Technické údaje potřebné pro konstrukci a výrobu formy .....</i>	18
<i>Obr. 11. Průřezy rozváděcích kanálů .....</i>	23
<i>Obr. 12. A – Vícenásobná forma – rozváděcí kanál, B – vtoková vložka .....</i>	24
<i>Obr. 13. Vyhřívané trysky s vnějším vytápěním: A – s hrotem, B – zvláštní tryska.....</i>	24
<i>Obr. 14. Horký vtokový systém HASCO.....</i>	26
<i>Obr. 15. Vyhazovací kolíky: A – válcový kolík, B – prizmatický kolík,.....</i>	28
<i>Obr. 16. Nejdůležitější díly formy .....</i>	31
<i>Obr. 17. Plastová část nastříknutá na kov.....</i>	37
<i>Obr. 18. Pyrotechnický plastový Iniciátor .....</i>	38
<i>Obr. 19. Micro Gas Generátor .....</i>	38
<i>Obr. 20. Průběh dělicí roviny vstřikovanou součástí.....</i>	38
<i>Obr. 21. Podavač kusů.....</i>	39
<i>Obr. 22. Detail tvarového trnu.....</i>	40
<i>Obr. 23. Polovina tvarové dutiny v pevné části formy .....</i>	40
<i>Obr. 24. Vyhřívaný vtokový systém Mold Masters .....</i>	42
<i>Obr. 25. VVS zabudovaný v topné desce.....</i>	43
<i>Obr. 26. Studená vtoková soustava.....</i>	43
<i>Obr. 27. Vyhazovací kolík.....</i>	44
<i>Obr. 28. Vyhazovací soustava válcových kolíků.....</i>	45
<i>Obr. 29. Pohyblivá část formy včetně vyhazovací soustavy a podavače .....</i>	45
<i>Obr. 30. Pevná část formy .....</i>	47
<i>Obr. 31. Vstřikovací forma .....</i>	48

---

<i>Obr. 32. Vstřikovací stroj Battenfeld HM 600.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 33. Vtokový zbytek při použití SVS .....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 34. Vtokový zbytek při aplikaci VVS.....</i>	<i>50</i>



**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 3 Výsledky měření vtokového zbytku.....</i>	<i>48</i>
<i>Tab. 4. Porovnání metod VVS a SVS .....</i>	<i>50</i>

## SEZNAM PŘÍLOH

**PI** – Příloha PI obsahuje:

- 2 D sestavu formy
- řez sestavou A-A
- řez sestavou B-B

**PII** – Příloha PII obsahuje:

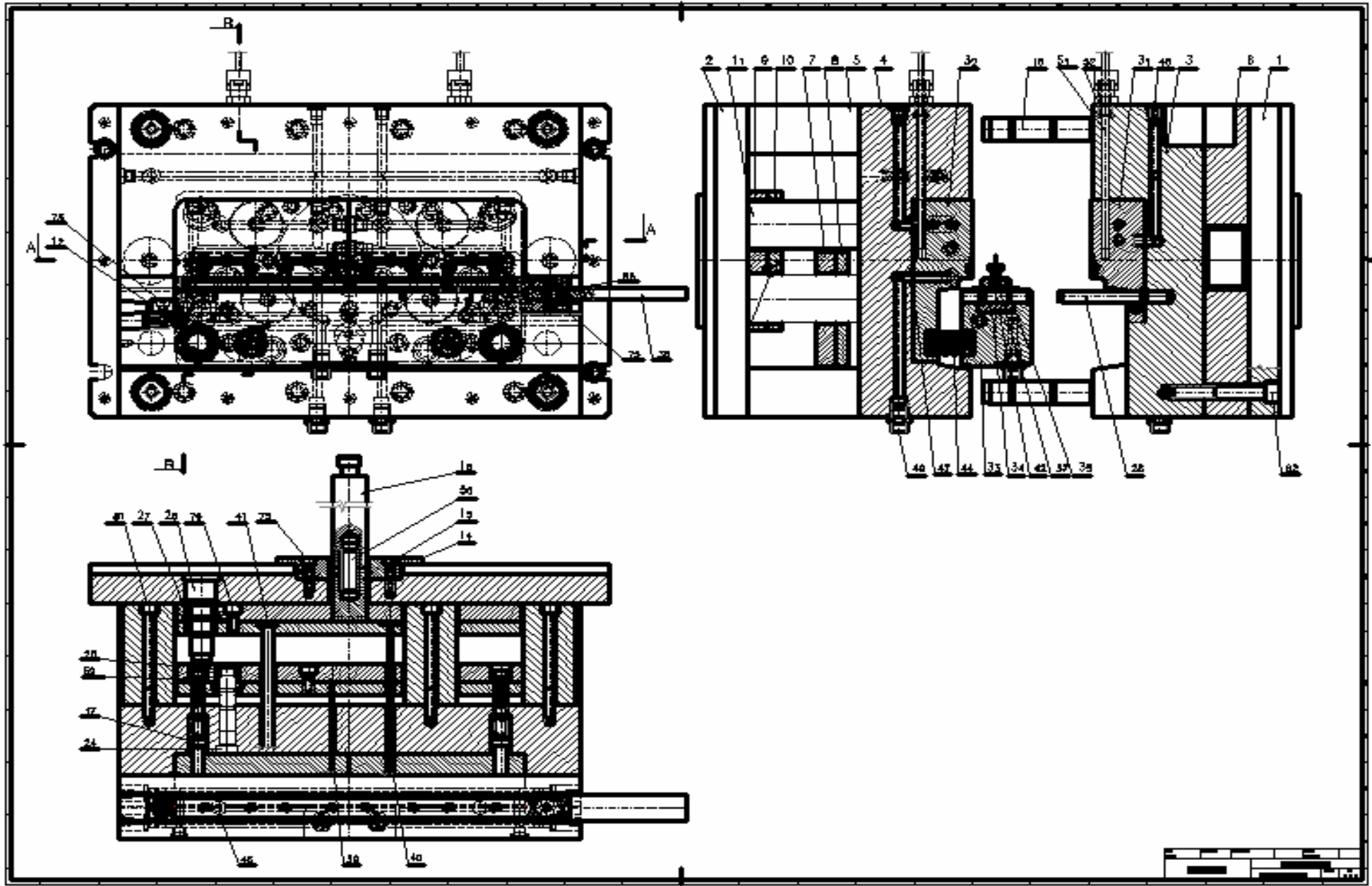
- kusovník

**PIII** – Příloha PIII obsahuje:

- pohled C-C
- pohled D-D

**PIV** – CD disk obsahuje:

- 3 D model formy v programu Autodesk Inventor 6
- textovou část bakalářské práce



25	HASCO	Z10W/22/14		VOD. POUZDRO VYH. 1	4
24	HASCO	Z011/14x60		VODICI KOLIK VYH. 1	4
23	HASCO	Z11W/56/20		VOD. POUZDRO PALETY	2
22	HASCO	Z08/27/20x65	L=57	VODICI KOLIK PALETY	2
21	D-M-E	EG200 30x100		STREDICI POUZDRO	4
20	D-M-E	EG200 30x40		STREDICI POUZDRO	4
18	D-M-E	EG100 38-22,24		VODICI POUZDRO	4
18	D-M-E	EG000 96-22,24x95		VODICI SLOUPEK	4
17	Ø18x88	19452	KAL.50HRC	VODICI TRN PRUŽIN	3
16	Ø30x190	12050		VYHAZOVACI SEP	1
15	Ø36x50	12050		VLOZKA VYH. DEPU	1
14	Ø125x20	12050		STREDICI KROUZEK PO	1
13	Ø125x20	12050		STREDICI KROUZEK PE	1
12	Ø20x14	19312	KAL.50HRC	DORAZ PALETY	1
11	Ø45x86	12050		ROZPERKA#	6
10	D-M-E	P130-286-12/1730		KOT. DESKA VYHAZ.2	1
9	D-M-E	P130-286-17/1730		OPER. DESKA VYHAZ.2	1
8	D-M-E	P108-286-12/1730		KOT. DESKA VYHAZ.1	1
7	D-M-E	P108-286-17/1730		OPER. DESKA VYHAZ.1	1
6	286x386x38	1.2312		DESKA TOPENI	1
5	D-M-E	P47-386-06/1730		ROZPERKA	2
4	D-M-E	P298-398-96/2767	KAL.54HRC	PCHYBLIVY DIL	1
3	D-M-E	P298-398-96/2767	KAL.54HRC	PEVNY DIL	1
2	D-M-E	P286-446-27/1730		UPINACI DESKA PO	1
1	D-M-E	P286-446-27/1730		UPINACI DESKA PE	1
POZICE	ROZMÉR	ROZMÉR	OPRAVA TEPEL. ZPRAC.	NÁZEV SOUČÁSTI	POČET KUSU

Kreslil:	Kontroloval:	Schválil - dle:	Datum:
JZICH			30.2006
UTB_ZLÍN		FORMA_PPS	
		KUSOVNIK	Vydání: 1 / 4

50	HASCO	Z35/16x40		STAV. SROUB	1
49	HASCO	Z612/14x1,5		NAJISTEK	8
48	HASCO	Z841/10x1		ZATKA	42
47	HASCO	Z98/12/2		Ø KROUZEK	8
46	HASCO	Z87/26x1,2		POJISTNY KROUZEK	2
45	STRACK	Z 5130-13		POJISTKA	1
44	STRACK	SN 2500-15-40		PRUZHNA	3
43	STRACK	SN 2500-22-45		PRUZHNA	3
42	D-W-E	AH1,5-40	UPRAVIT	ODRAZOVY KOLIK	18
41	D-W-E	AH10-200	L=175,00	V RATNY KOLIK	2
40	D-W-E	AH4-200	UPRAVIT	VYHAZOVAC VTKU	4
39	D-W-E	AH1,8-125	L=112,45	VYHAZOVAC TVARU	8
38	10x298x446	SKLOTEKTIT		IZOLACE	2
37	Ø11x18	19452	KAL.58HRC	TVAROVY TRN	8
36	12x24x140	19452	KAL.54HRC	DRZADLO	1
35	12x24x340	19452	KAL.54HRC	LISTA TRNU	1
34	22x30x340	19452	KAL.54HRC	TELO LŽICE	1
33	60x60x398	19312	KAL.58HRC	PALETA	1
32	51x150x153	1.2501	KAL.58HRC	TVAR. VLOZKA PO	1+1
31	48x116x150	1.2501	KAL.58HRC	TVAR. VLOZKA PE	1+1
30	D-W-E	EG550 28		DPERKA	6
29	HASCO	Z38/16x80	I-58	VODNI CEP	2
28	Ø12x85	19452	KAL.58HRC	HAYADECI KOLIK	2
27	D-W-E	EG100 17-18		VOD. POUZDRO VYH. 2	4
26	D-W-E	EG030 27-18x55		VODNI KOLIK VYH.2	4
POZICE	ROZMĚRY	NOMINA	ÚPRAVA TEPEL. ÚPRAV.	NÁZEV BODĚNÍ	POČET KUSŮ

J.ŽIGH

3.9.2008

UTB\_ZLÍN

FORMA PPS

KUSOVNIK

2 / 4



80					
89					
88					
87					
86					
85	M6x28	CSN 8734		VALCOVY KOUK	1
84	M16x70	CSN 4762		SROUB MB.	2
83	M12x140	CSN 4762		SROUB MB.	8
82	M12x80	CSN 4762		SROUB MB.	7
81	M8x100	CSN 4762		SROUB MB.	6
80	M10x60	CSN 4762		SROUB MB.	6
79	M10x55	CSN 4762		SROUB MB.	8
78	M10x60	CSN 4762		SROUB MB.	14
77	M10x45	CSN 4762		SROUB MB.	10
76	M8x18	CSN 4762		SROUB MB.	17
75	M6x25	CSN 4762		SROUB MB.	17
74	M8x20	CSN 4762		SROUB MB.	5
73	M6x18	CSN 4762		SROUB MB.	9
72	M5x18	CSN 2009		SROUB ZAP.	28
71	M4x8	CSN 2009		SROUB ZAP.	6
POZICE	NAMEN	NORMA	OPRAVA TEPEL. IZOLAC.	NÁZEV SOUČÁSTI	POČET KUSŮ

Kreslil: J.ZICH	Konstruoval:	Schválil - dle:	Datum: 3.9.2008
UTB_ZLÍN		FORMA_PPS	
KUSOVNIK		Verze:	Str: 4 / 4

