

# Konstrukce vstřikovací formy

Tomáš Jankových

---

Bakalářská práce  
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2007/2008

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš JANKOVÝCH**  
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy**

Zásady pro vypracování:

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

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**dle zadání vedoucího BP**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Michal Staněk, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**19. února 2008**

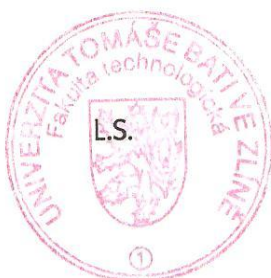
Termín odevzdání bakalářské práce:

**6. června 2008**

Ve Zlíně dne 1. února 2008



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Tato práce se zabývá konstrukčním návrhem vstřikovací formy určené k výrobě krabičky pro rozvod elektřiny. Základní informace z oblasti konstrukce forem jsou uvedeny v teoretické části. V praktické části byl nakreslen 3D model výstřiku a provedena konstrukce 2D a 3D sestavy. Toto bylo realizováno ve školní verzi programu CATIA V5R17. Funkční systém formy byl koncipován tak, aby vstřikovací cyklus mohl být plně automatizován. Forma byla navržena stavebnicovým systémem s použitím normálií od firmy HASCO.

## **ABSTRACT**

This project is design of injection mold for box for distribution enegy. Basic information from sphere mold desing has introduced in theory part. In practice part has drawn 3D model of product and it has designed in 2D and 3D sets. This has implemented in school version of software CATIA V5R17. Function system of mold has established of full automatization machine cycle. Mold has designed in construction system with use components of company HASCO.

**Poděkování:**

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce Ing. Michal Staněk, Ph.D. za odborné vedení, ochotně poskytnuté rady, za čas a pozornost, kterou mi věnoval při vypracování bakalářské práce.

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 3. 6. 2008

.....

Tomáš Jankových

## OBSAH

<b>OBSAH</b> .....	<b>6</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I. TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1. VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>10</b>
1.1. PŘÍPRAVA PLASTŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM .....	10
1.1.1. <i>Vstupní kontrola</i> .....	10
1.1.2. <i>Sušení polymerů</i> .....	10
1.1.3. <i>Barvení polymerů</i> .....	11
1.2. VSTŘIKOVACÍ STROJ .....	11
1.2.1. <i>Vstřikovací jednotka</i> .....	12
1.2.2. <i>Uzavírací jednotka</i> .....	12
1.3. VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	13
<b>2. VSTŘIKOVACÍ FORMA</b> .....	<b>14</b>
2.1. SCHÉMA VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	14
2.2. RÁM FORMY .....	15
2.2.1. <i>Postup při vhodné volbě rámu</i> .....	15
2.3. KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	15
2.3.1. <i>Postup při konstrukci vstřikovací formy</i> .....	15
2.4. MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ FOREM.....	16
2.5. DUTINA FORMY .....	16
2.6. VTOKOVÉ SYSTÉMY.....	17
2.6.1. <i>Studené vtokové systémy</i> .....	17
2.6.2. <i>Vtoková ústí</i> .....	19
2.6.3. <i>Vyhříváný vtokový systém</i> .....	20
2.7. VYHAZOVÁNÍ VÝROBKŮ Z FORMY .....	23
2.7.1. <i>Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků</i> .....	24
2.7.2. <i>Vyhazování pomocí stírací desky</i> .....	25
2.7.3. <i>Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů</i> .....	25
2.7.4. <i>Dvoustupňové vyhazování</i> .....	25
2.7.5. <i>Pneumatické vyhazování</i> .....	27
2.7.6. <i>Hydraulické vyhazování</i> .....	27
2.8. BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI.....	27
2.8.1. <i>Šikmé kolíky válcové</i> .....	27
2.8.2. <i>Lomené kolíky</i> .....	28
2.9. TEMPERACE FOREM .....	28
2.9.1. <i>Tepelná bilance formy</i> .....	28

---

2.10.	ODVZDUŠNĚNÍ DUTINY FOREM .....	29
<b>3.</b>	<b>ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU .....</b>	<b>30</b>
<b>II.</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>31</b>
<b>4.</b>	<b>POUŽITÉ APLIKACE .....</b>	<b>32</b>
4.1.	CATIA V5R17 .....	32
4.1.1.	<i>Vlastnosti softwaru CATIA</i> .....	32
4.1.2.	<i>Využití softwaru CATIA</i> .....	32
4.2.	HASCO 3D UNIVERSAL MODUL .....	32
<b>5.</b>	<b>VÝSTŘIK .....</b>	<b>33</b>
5.1.	MATERIÁL VÝSTŘIKU .....	33
5.1.1.	<i>Vlastnosti materiálu výstřiku</i> .....	33
5.1.2.	<i>Využití</i> .....	33
<b>6.</b>	<b>VSTŘIKOVACÍ STROJ .....</b>	<b>34</b>
<b>7.</b>	<b>KONSTRUKCE FORMY .....</b>	<b>35</b>
7.1.	NÁSOBNOST FORMY .....	35
7.2.	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU .....	35
7.3.	ODFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU .....	36
7.3.1.	<i>Odformování závitu</i> .....	36
7.3.2.	<i>Odformování bočních děr</i> .....	37
7.3.3.	<i>výpočet délky šikmých kolíků</i> .....	38
7.4.	TVAROVÁ DUTINA .....	39
7.5.	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY .....	39
7.6.	VTKOVÝ SYSTÉM .....	40
7.7.	VYHAZOVACÍ SYSTÉM .....	40
7.8.	TEMPERACE VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	41
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>45</b>
<b>SEZNAM ROVNIC: .....</b>		<b>46</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ: .....</b>		<b>49</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ: .....</b>		<b>49</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY: .....</b>		<b>46</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH: .....</b>		<b>50</b>

## ÚVOD

Vstřikování do forem se za několik posledních desetiletí stalo velmi populární technologií na zpracování plastů. Dovoluje velmi rychlou a precizní výrobu různých polymerních výrobků nejen pro každodenní život, ale také pro specializovaná použití.

Jak se stávalo více a více populárním, bylo zapotřebí pokročilejších technologií. Také snížení nákladů a zkrácení výrobních časů vstřikovacích forem přispělo, že některé společnosti na světě se začaly zabývat výrobou normalizovaných částí pro formy. V současnosti existuje mnoho výrobců normálií, jejichž společným znakem je využití stavebnicového principu. Mezi nejznámější patří HASCO, D-M-E a STRACK. Forma se tak složí z polotovarů vyžadujících další úpravy z hotových dílů.

Vstřikováním se vyrábějí takové výrobky, které mají buď charakter konečného výrobku a nebo jsou polotovary pro další zkompletování samostatného celku. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, je to proces diskontinuální, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky.

Teoretická část této práce popisuje proces vstřikování, vstřikovací stroj a způsoby konstruování forem a jejich části.

Praktická část je zaměřena na návrh vstřikovací formy pro plastový díl a popis jejich jednotlivých částí.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1. VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy, kde ztuhne ve finální výrobek. [3]

### 1.1. Příprava plastů před vstřikováním

Polymery pro vstřikování se dodávají zpravidla ve formě granulátů v pytlích nebo ve velkoobjemových nádržích nákladních aut, odtud se čerpají do sil.

Před zpracováním plastů se materiál upravuje v souladu s technologickým postupem, určený na konkrétní výrobek. Obvykle to bývá vstupní kontrola, sušení granulátu, barvení, míchání s nadouvadlem apod. [1],[3]

#### 1.1.1. Vstupní kontrola

Vstupní kontrola se používá hlavně pro omezení zpracovatelských i aplikačních potíží je dále rozdělena na vstupní hodnocení nových typů plastů a kontrolní přejímku běžně nakupovaných plastů uskutečňovanou na základě smluvně stanovených norem (technické dodací podmínky, materiálové listy).

Vstupní kontrola stanoví:

- chemicko-analitické složení (obsahy nízkomolekulárních podílů mol. hmotnost apod.),
- fyzikálních a mechanických vlastností (viskozita, tepelné, elektrické, optické vlastnosti),
- mechanické vlastnosti (pevnost tažnost ..),
- ostatní hodnocení – vizuální vliv prostředí... [3]

#### 1.1.2. Sušení polymerů

Většina termoplastických materiálů absorbuje vlhkost ze vzduchu. To i při běžných zpracovatelských teplotách může vyvolat degradaci polymeru a tím i snížení kvality některých parametrů a také zhoršení kvality povrchu.

Granulované plasty se dodávají buď vysušené ve vzduchotěsných obalech nebo nevysušené v papírových nebo plastových pytlích. Vysušené plasty se obvykle zpracovávají hned a nevysušené je třeba vysušit (některé plasty se nemusejí pedsoušet).

K sušení se používají komorové pece s přirozeně cirkulujícím vzduchem, kde vrstva granulátu je na paletách. Po sušící operaci je nutno materiál zpracovat asi do 30 minut (pokud nemá vstřikovací stroj nemá vytápěnou násypku). [1]

### 1.1.3. Barvení polymerů

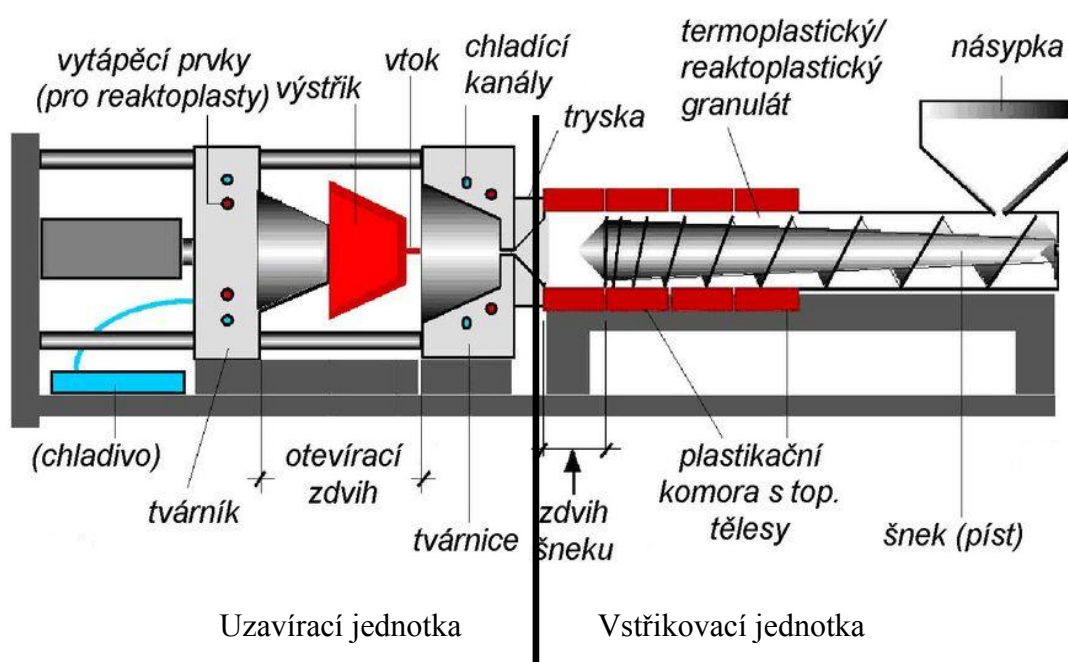
Granulát se barví z důvodu dosažení potřebného odstínu výrobku. Některé druhy odstínů lze přímo objednat u dodavatele. Jestliže výrobce nedodává požadovaný odstín je možnost dobarvení granulátu pomocí barvicích příměsí.

Vlastní barvení se provádí buď na dávkovacím zařízení přímo na vstřikovacím stroji nebo se granulát vybarvuje před vstřikováním. Po obarvení se granulát zpracovává běžným způsobem. Je nutno podotknout, že barviva částečně ovlivňují kvalitativní a technologické vlastnosti polymeru. [1]

## 1.2. Vstřikovací stroj

Ve vstřikovacím stroji dochází k plastikaci granulovaného materiálu a k jeho následnému dopravení do dutiny formy. Z funkčního hlediska se dělí na tři části:

- vstřikovací jednotka,
- uzavírací jednotka,
- ovládání a řízení stroje.



Obr. 1 Schéma vstřikovacího stroje [4]

### 1.2.1. Vstřikovací jednotka

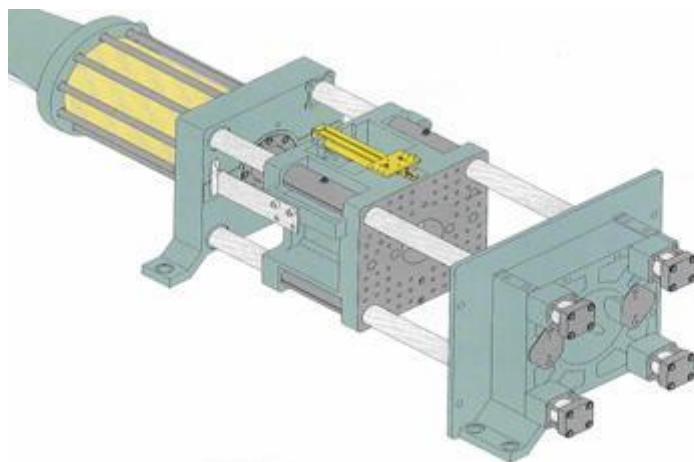
Připraví a dopraví požadované množství roztaveného plastu do formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při malém vstřikovacím množství zase setrvává plast ve vstřikovací jednotce delší dobu a tím může dojít k degradaci materiálu. Optimální množství předplastikovaného materiálu při maximálním vstřikovaném množství je 80 %.

Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracovaný plast z násypky pohybem šneku. Plast je posouván šnekem přes vstupní, přechodové a výstupní pásma. Postupně dochází k plastikaci, homogenizaci a hromadění materiálu před šnekem. Ocelový šnek se během plastikace otáčí a zároveň je odtlačován do zadní polohy.

Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Tryska je zakončena kulovou plochou, která umožňuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. [1]

### 1.2.2. Uzavírací jednotka

Úkolem uzavírací jednotky je zavírat a otevírat formu dle procesu vstřikování a zajistit uzavření formy takovou silou, aby se při vstříknutí tlakem taveniny forma neotevřela.



*Obr. 2 Uzavírací jednotka*

Uzavírací jednotka se skládá z těchto hlavních částí: opěrné desky pevně spojené s ložem stroje, pohyblivé desky, na kterou je upnuta pohyblivá část formy, upínací desky s otvorem pro trysku stroje, na kterou se připevní nepohyblivá část vstřikovací formy, vedení pro pohyblivou desku, z uzavíracího a přidržovacího mechanismu. Vstřikovací stroje používají

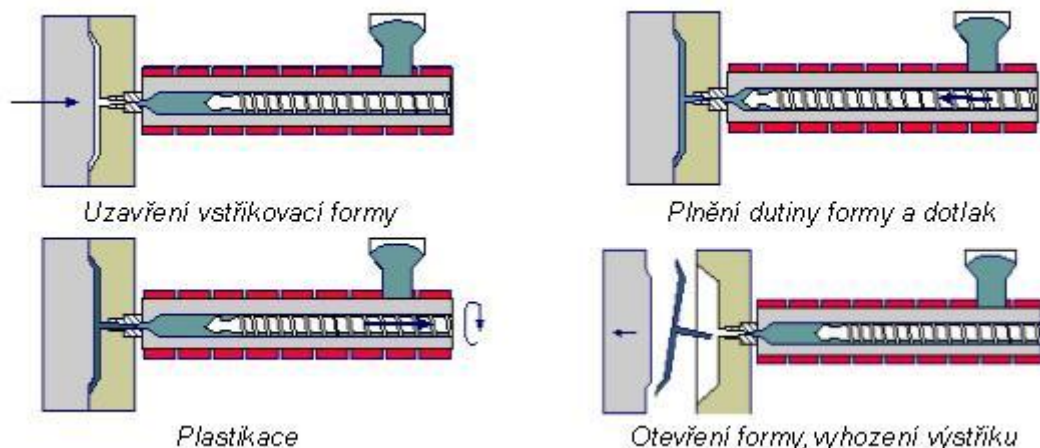
v současné době různé uzavírací systémy, které např. mohou být konstruovány jako hydraulické, mechanické, kombinace hydraulického a mechanického způsobu (závorování) a v poslední době se používají i elektrické systémy. [4]

### 1.3. Vstřikovací cyklus

Na počátku vstřikovacího cyklu je dutina formy prázdná a forma je otevřená. V nulovém čase dostane stroj impuls k zahájení vstřikovacího cyklu, pohyblivá část formy se přisune k pevné, forma se zavře a uzamkne (na přisouvání formy se musí vynaložit jen malá přisouvací síla, zatímco na uzamknutí je nutno vynaložit značně vyšší uzavírací sílu, která může být až třikrát vyšší, neboť musí být zaručeno, že se forma vlivem tlaku taveniny při vstřikování neotevře). Následuje pohyb šneku v tavicí komoře a začíná vlastní vstřikování roztavené hmoty do dutiny vstřikovací formy. V této fázi šnek vykonává pouze axiální pohyb, neotáčí se a vlastně plní funkci pístu. Po naplnění formy je tavenina v dutině ještě stlačena a tlak dosáhne maximální hodnoty.

Jakmile tavenina vstoupí do dutiny formy, ihned začne předávat teplo vstřikovací formě a chladne. Chlazení trvá až do otevření formy a vyjmutí výstřiku. Doba chlazení je závislá na teplotě formy a tloušťce stěny výrobku. Během chlazení se hmota smršťuje a zmenšuje svůj objem, a aby se na výstřiku netvořily propadliny a staženiny, je nutno zmenšování objemu kompenzovat dodatečným dotlačením taveniny do dutiny formy – dotlak. Aby bylo možné dotlačovat, musí před čelem šneku zůstat určitý objem plastu, na který bude šnek působit svým čelem. Tento objem nesmí být moc velký, aby nedocházelo k tepelné degradaci hmoty.

Po dotlaku začíná plastikace nové dávky plastu. Šnek se začne otáčet, pod násypkou, nabírá granulovanou hmotu, plastikuje ji a vtlačuje do prostoru před čelem šneku. Současně ustupuje dozadu, přičemž musí překonávat tzv. protitlak nebo-li zpětný tlak. Ohřev plastu během plastikace se děje jednak převodem tepla ze stěn válce, jednak frikčním teplem, které vzniká třením plastu o stěny komory a o povrch šneku a dále přeměnou hnětací práce šneku v teplo.

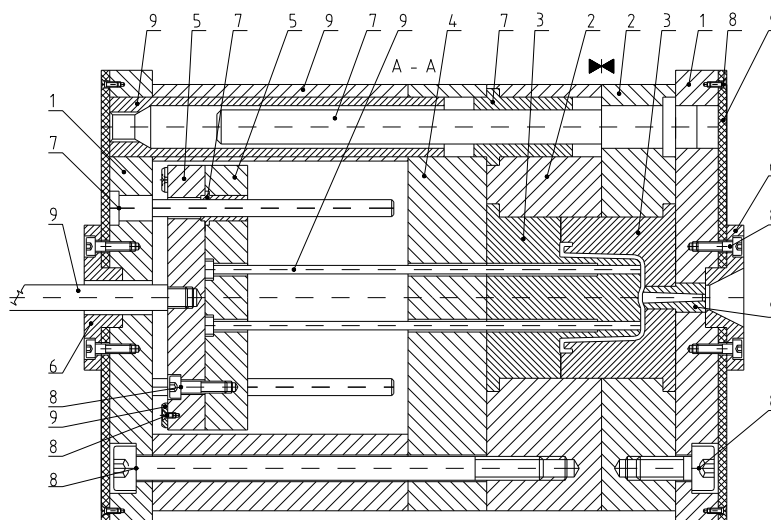


Obr. 3 Vstřikovací cyklus [4]

## 2. VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma je nástroj, jež je používán na vstřikovacím stroji. V dutině této formy pak vzniká požadovaný výrobek z polymerní hmoty. V dnešní době jsou na tyto nástroje kladeny vysoké nároky z hlediska produktivity, kvality, spolehlivosti a automatizace výroby. Výroba forem je náročná na konstrukci, výrobu, odborné znalosti, ale i na finanční náklady. [1]

### 2.1. Schéma vstřikovací formy



1 upínací desky, 2 kotevní desky, 3 tvarové vložky, 4 opěrná deska, 5 vyhazovací desky,  
6 tředící kroužky, 7 vodící součásti, 8 spojovací součásti, 9 další součásti

Obr. 4 Schéma vstřikovací formy [3]

## 2.2. Rám formy

Rám formy představuje skupinu vzájemně propojených desek s vodícím a středícím příslušenstvím. Rám formy musí umožňovat:

- správné ustavení na vstřikovacím stroji,
- dokonalé a bezpečné upnutí na stroji,
- přesné vedení pohyblivých dílů (částí) formy,
- snadné ukotvení tvarových vložek a ostatních funkčních dílů,
- vhodné umístění temperančního a vyhazovacího systému,
- velikost a uspořádání rámu se volí individuálně podle potřeby a nutné funkce formy s ohledem na zaformování výrobku. [1]

### 2.2.1. Postup při vhodné volbě rámu

- Určit rozmístění tvarových dutin a vtokového systému,
- stanovit celkovou průmětnou plochu tvarových dutin a vtokového systému do dělicí roviny (důležité pro výpočet zavíracích síly),
- zvolit vhodný rám vstřikovací formy s ohledem na zaformování výrobku a požadovanou funkci formy,
- určit potřebné rozměry zvoleného rámu ( rozměrová analýza),
- zvolit potřebné spojovací, středící a další součásti potřebné k správné funkci a tuhosti formy,
- provést kontrolu a v případě potřeby korigovat rozměry rámu formy a zvolit vhodný vstřikovací stroj. [1]

## 2.3. Konstrukce vstřikovací formy

Konstrukci a výrobu vstřikovací formy obvykle zajišťují specializované firmy – nástrojárny, které vlastní dané přístrojové vybavení potřebné k výrobě. Kvalitně navržená forma předpokládá úzkou spolupráci konstruktéra výrobku a konstruktéra formy. [1]

### 2.3.1. Postup při konstrukci vstřikovací formy

- Posouzení výkresu z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek,

- určení hlavní dělicí roviny, po případě vedlejších dělicích rovin,
- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě,
- stanovení koncepce vtokového a temperančního systému, vyhazování a odvzdušnění,
- navržení rámu vstřikovací formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin,
- volba vhodného středění a uspořádání formy s ohledem na bezpečnost práce,
- kontrola funkčních parametrů vstřikovací formy, hmotnost výrobku, jeho průměrná plocha, vstřikovací tlak, uzavírací síla a další faktory s ohledem na doporučený stroj. [1]

#### **2.4. Materiály používané při výrobě forem**

Pro výrobu forem se používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Jejich široký výběr byl zredukován na úzký sortiment jakostí i rozměrů. Z toho se dále dává přednost materiálům univerzálních typů s širokým rozsahem užitečných vlastností. Takové druhy představují:

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

#### **2.5. Dutina formy**

Má rozhodující vliv na kvalitu výstřiku. Tvarová a rozměrová přesnost a jakost povrchu jsou dány přesností tvarové dutiny a kvalitou jejího povrchu. Tvářecí dutina, jako inverzní tvar výstřiku je vypracována ve vložkách, nebo přímo v rámu formy, spolu s vtokovými kanály. Tvar, rozměry i povrch dutiny musí odpovídat požadavkům na výstřik a přitom plnit následující požadavky:

- stěny dutiny musí mít technologické úkosy,
- všechna jádra v tvářecí dutině vyžadují úkosy,
- v případě nedělené tvářecí dutiny, zabezpečit odvzdušnění v nejvzdálenějším místě od vtokového ústí,



- u výstřiků kde záleží na vzhledové kvalitě povrchu, se nedoporučuje ve formě vložkování, (i za cenu obtížnější výroby), kromě nezbytně nutných částí,
- tvářecí dutinu je třeba řešit tak, aby možnost vzniku zástřiků během provozu byla minimální,
- pokud má dutina natolik otevřené tvary (velké úkosy), že by výstřik nemusel bezpečně zůstat ve vyhazovací části formy, je nutné na krátké ploše povrchu vytvořit záporný úkos, nebo mělký zápich, který by výstřik bezpečně přidržel. [1]

## 2.6. Vtokové systémy

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku,
- spotřebu materiálu a plastu,
- náročnost opracování na začištění výstřiku,
- energetickou náročnost výroby.

Vtokové systémy se dělí na studené vtokové systémy a horké vtokové systémy. [1]

### 2.6.1. Studené vtokové systémy

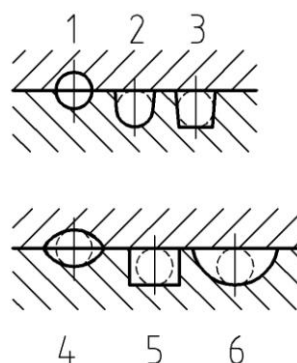
Během průtoku polymerní taveniny studeným vtokovým systémem dochází k ochlazení a následnému ztuhnutí povrchové vrstvy taveniny na stěně vtokového a rozváděcích kanálů. Tato ztuhlá vrstva tvoří tepelnou izolaci vnitřnímu proudu taveniny. Za tohoto stavu se zaplní celá dutina. V okamžiku zaplnění prudce vzroste odpor a poklesne průtok vlivem postupného zamrzání studené vtokové soustavy.

Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit aby:

- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát,
- dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejná, tím se zajistí rovnovážné zaplnění,

- průřez vtokového kanu musí být dostatečně velký, aby se umožnilo působení dotlaku,
- u vícenásobných forem je vhodné odstupňovat průřezy kanálů, aby byla zachována stejná rychlost taveniny.

Vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez, aby bylo ochlazování minimální. Této podmínce odpovídá kruhový průřez. Z výrobních důvodů se volí tvar lichoběžníkový.



1, 4 Výrobně nevhodné; 2, 3, 5, 6 výrobně vhodné

*Obr. 5 Obecné zásady volby vodného vtokového systému*

Aby bylo možné uvedené zásady splnit je potřebné:

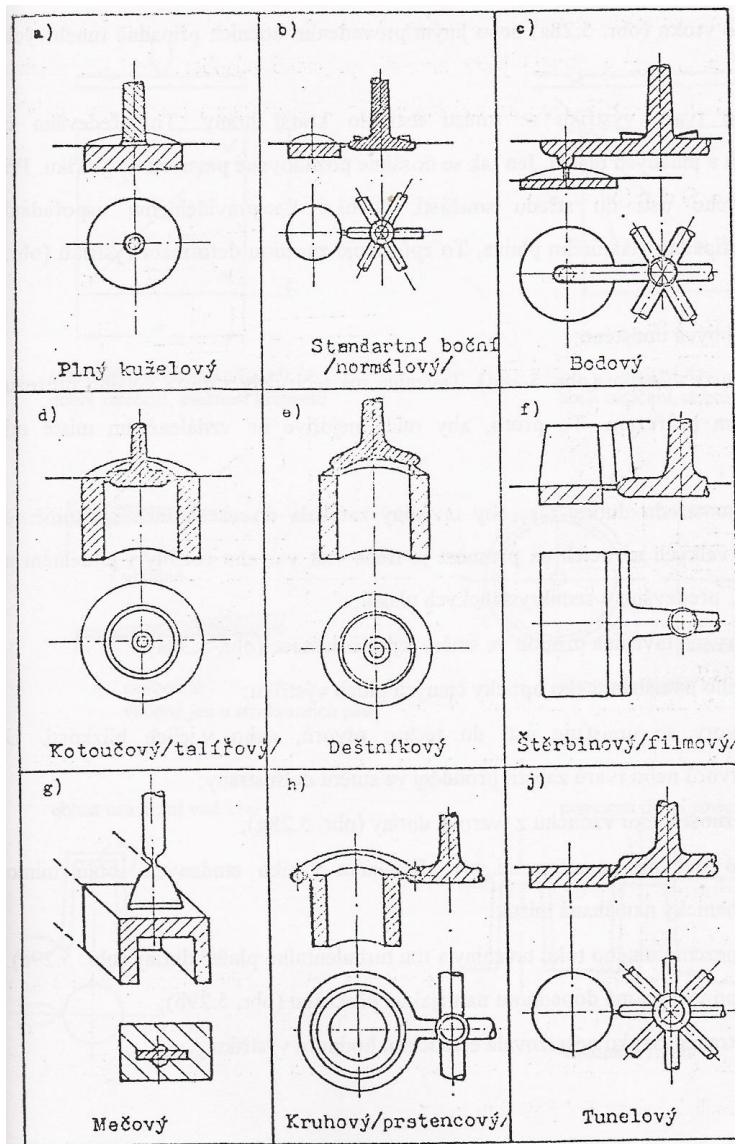
- zaoblení všech ostrých hran velkých kanálů nim  $R=1$ ,
- stanovit úkosovitost všech vtoků pro jejich snadné doformování,
- leštit povrch vtokového systému ve směru toku taveniny. Drsnost nemá klesnout pod  $Ra=0,2$ . tím se usnadní vyhazování,
- řešit zachycení čela proudící taveniny prodloužením rozvodového kanálu. Zabrání se tím proniknutí chladnějšího čela proudu taveniny do tvarové dutiny a tím snížení povrchových vad výstřiku (toto prodloužení se vytváří jen, pokud to situace dovolí),
- ve vtokovém systému vyloučit místa s velkým nahromaděním materiálu,
- studených vtokových soustav bývá rozvodný kanál zakončen vtokovým ústím. [1]

### 2.6.2. Vtoková ústí

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Zúžený rozváděcí kanál zvyšuje klesající teplotu taveniny, omezuje strhávání chladných vrstev z obvodu toku a tím vytváření povrchových defektů. Umístění vtokového ústí má rozhodující vliv na vzhled a na požadovanou kvalitu vstříkovaného výrobku.

Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výrobku, materiálu i technologii vstříkování. Velikost zúženého průřezu však musí spolehlivě naplnit dutinu formy a také ještě umožnit případné působení dotlaku. Délka ústí se volí co nejkratší, avšak spodní hranice je omezena pevností materiálu formy.

Tvar vtokového ústí může být různý. Nejpoužívanější vtokové ústí se nazývá bodový vtok.



Obr. 6 základní typy vtokových ústí [1]

### 2.6.3. Vyhříváný vtokový systém

Snaha po úsporách plastu i Práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhříváných vtokových soustav (VVS).

Od forem z běžnými studenými soustavami se liší především tím, že dnešní typy VVS se nakupují od specializovaných výrobců. Jednotlivá konstrukční provedení i rozsah jejich použití jsou rozdílné.

Výhody vyhříváných vtokových soustav:

- umožňuje automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus,
- snižuje spotřebu plastu – vstřikuje se bez vtokových zbytků,
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků,
- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování.

Technologie vstřikování s použitím VVS spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu. V místě vtoku je vhodné vytvořit čočkovité zahloubení, aby nevystupoval vtokový zbytek. Součástí vtokového systému jsou snímače teploty.

Nevýhody vyhříváných vtokových systémů:

- konstrukční provedení forem je náročnější,
- je nutno zajistit regulátory a snímače teploty,
- jsou energeticky náročnější než studené vtokové soustavy.

Ekonomickou výhodnost forem pro bezodpadové vstřikování je třeba posuzovat z hlediska celého výrobního procesu.

#### *Izolované vtokové soustavy*

Pracují na principu vlastní termoplastické izolace v okrajových vrstvách kanálů nebo předkomůrky. U tohoto systému tryska nemá vlastní vytápění. Její teplotu udržuje buď větší vrstva taveniny svou tepelně izolační vlastností nebo je ohřívána nepřímou. Vlivem částečného ztuhnutí polymeru na okrajích může docházet k strhávání okrajových vrstev.

Z tohoto důvodu se izolované vtokové soustavy nevyužívají pro výrobky transparentní a pevnostně náročné.

Nejjednodušší a dnes již málo používané jsou takové, kde vtoková vložka s rozváděcími kanály mají až k ústí takový průřez, aby v celém systému nedošlo během zpracovatelského cyklů k úplnému zatuhnutí taveniny.

U vstříků s tlustší stěnou, kde vlivem delšího chlazení by mohlo dojít k zatuhnutí proudu taveniny v celém průřezu, lze použít předkomůrkového vtoku. Vyznačuje se tím, že komůrka je zvětšena nebo do její dutiny zasahuje nástavec nebo prodloužená tryska z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí (Cu, CuBe, ...). Tento materiál je nepřímo ohříván od trysky vstříkovací jednotky.

Nežádoucí sdílení tepla mezi chlazenou tvárnici a stěnou předkomůrky je možné eliminovat za pomoci izolace styčných ploch.

#### *Vyhřívání trysky*

Jejich konstrukce umožňuje propojení vstříkovacího stroje s dutinou vstříkovací formy a dokonalou tepelnou stabilizaci. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky vstříkování. Takové vyhřívání vtokové soustavy jsou náročné na výrobu a díky tomu si je uživatel nakupuje u specializovaných firem. Ty je vyrábí v širokém konstrukčním sortimentu.

Nepřímo ohřívání trysky, jejichž jednodušší provedení si zpracovatel může sám vyrobit, se vyznačují dvěma provedeními:

- dotápěné vyústění izolovaného rozvodu vtoku. Je charakterizováno miniaturním topným tělesem, které je zabudováno do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do vyústění vtoku. U tohoto způsobu je nutné dodržovat poměrně rychlý pracovní cyklus,
- druhý ze způsobů se vyznačuje přenosem tepla z vyhřívání rozvodu vtoků na trysku. Je dokonalejší oproti dříve popisovaným systémům. Používá se pro vícenásobné formy.

Základní konstrukční charakteristika přímo vyhřívání trysek:

- trysky s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky a po jejím obvodu je topný pás,

- trysky s vnitřním topením, kde tavenina obtéká vnitřní vyhřívací vložku (torpedo).

Oba typy trysek jsou konstrukčně upraveny tak, že ústí je:

- otevřené pro plast, který netáhne vlas,
- se špičkou ( s hrotem) pro plast který je náchylný k tažení vlasu,
- s uzavírací jehlou,
- speciálně tvarované.

### *Horký rozvodný blok*

Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Má velký vliv na tokové chování polymerní taveniny a její rozdělení v jednotlivých tvarových dutinách.

Rozváděcí blok je ocelový. Je uložen mezi upínací a tvarovou desku formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i k uložení trysek. Vyrábí se ve tvaru I, H, X, Y, hvězdice apod. Musí být tepelně izolová od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou. Je nejčastěji vytápěn z venku elektrickým odporovým topením pomocí topných hadů zalitých mědí nebo topnými patronami s vnitřním vytápěním.

Otvory kanálů pro proudící taveninu musí být pečlivě provedeny, protože nikde nesmí vzniknout ostré hrany a přechody s mrtvými kouty taveniny.

Horký rozvodný blok bývá ve formě upevněn pomocí přitlačných kroužků, ustředěn a zajištěn proti potočení přes vstřikovací trysky. Instalovaný výkon ohřevu rozvodného bloku musí být takový, aby se dosáhlo:

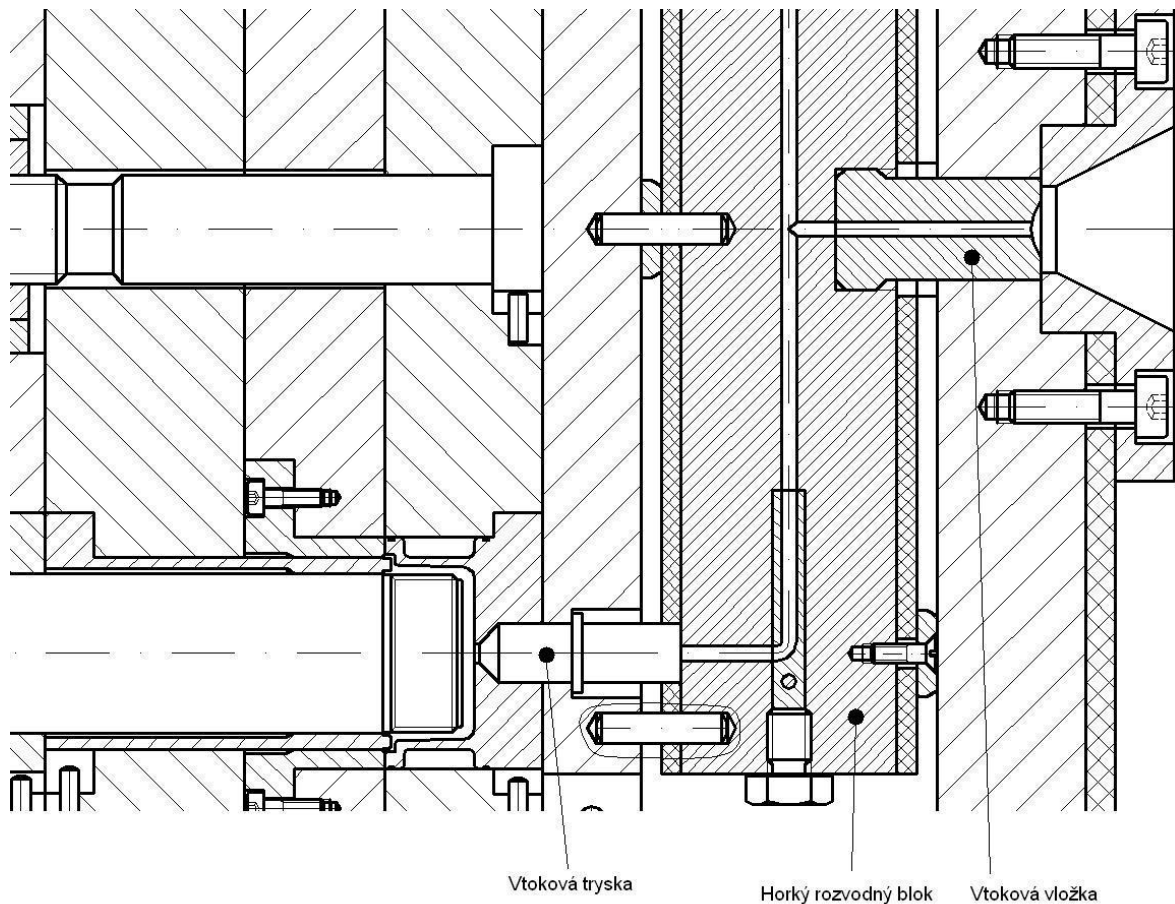
- rychlého ohřevu,
- dostatečné teploty pro optimální tok taveniny v bloku, případně i v trysce,
- eliminace tepelných ztrát ( vedením, prostupem, vyzařováním). To tím způsobem, že se minimalizuje plocha pro výměnu tepla, izolace bloku a lesklé opracování.

Ohřev a změna teploty bloku vzhledem k formě, která má jinou teplotu, vyvolává změny v jeho délkových rozměrech. To může způsobit:

- změnu rozměrů bloku a tím přesazení trysky se zmenšením vtokového ústí,
- vysoké tlaky ve formě,

- deformaci v nástroji.

Tyto relativní změny u trysek pevně zakotvených v bloku se musí vhodně kompenzovat. Děje se tak přesazením otvoru pro trysku, zkrácením délky bloku a jinými konstrukčními opatřeními.



Obr. 7 Horký rozvodný blok [1], [3]

## 2.7. Vyhazování výrobků z formy

Vyhazování výrobků z formy je činnost, kdy se z dutiny formy vysune (vytlačí) výrobek. K vyhození slouží různé vyhazovací zařízení, které funguje automaticky nebo poloautomaticky. Při vyhazování se z formy odstraňuje výrobek včetně vtokového zbytku. Cyklus vyhazování je rozdělen na dvě části:

- dopředný pohyb (vlastní vyhození),
- zpětný pohyb (návrat vyhazovacího systému do původní polohy).

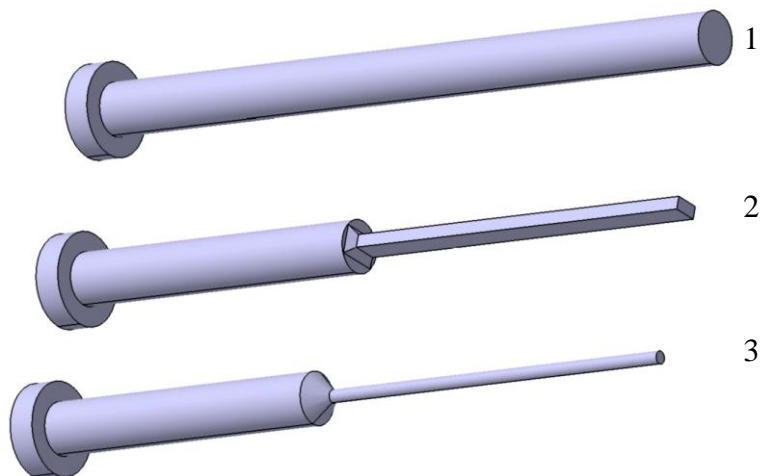
Základními podmínkami dobrého vyhazování výstřiku je:

- hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. (úkosy by neměly být menší jak 30°),
- vyhazovací systém musí vysouvat výstřík rovnoměrně,
- stopy po vyhazovačích musí být minimální. [2]

### 2.7.1. Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Je nejčastějším a nejjednodušším způsobem vyhazování výstříků. Tento systém je možné užít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy. Proto není vhodné umísťovat vyhazovací kolíky na vzhledových plochách.

Konstrukce vyhazovacího systému je jednoduchá a funkčnost velmi spolehlivá. Vyhazovací kolíky bývají uloženy ve formách s tolerancemi H7/g6, H7/h6, H7/j6 podle požadované funkce a tekutosti plastu.



Obr. 8 Druhy vyhazovacích kolíků

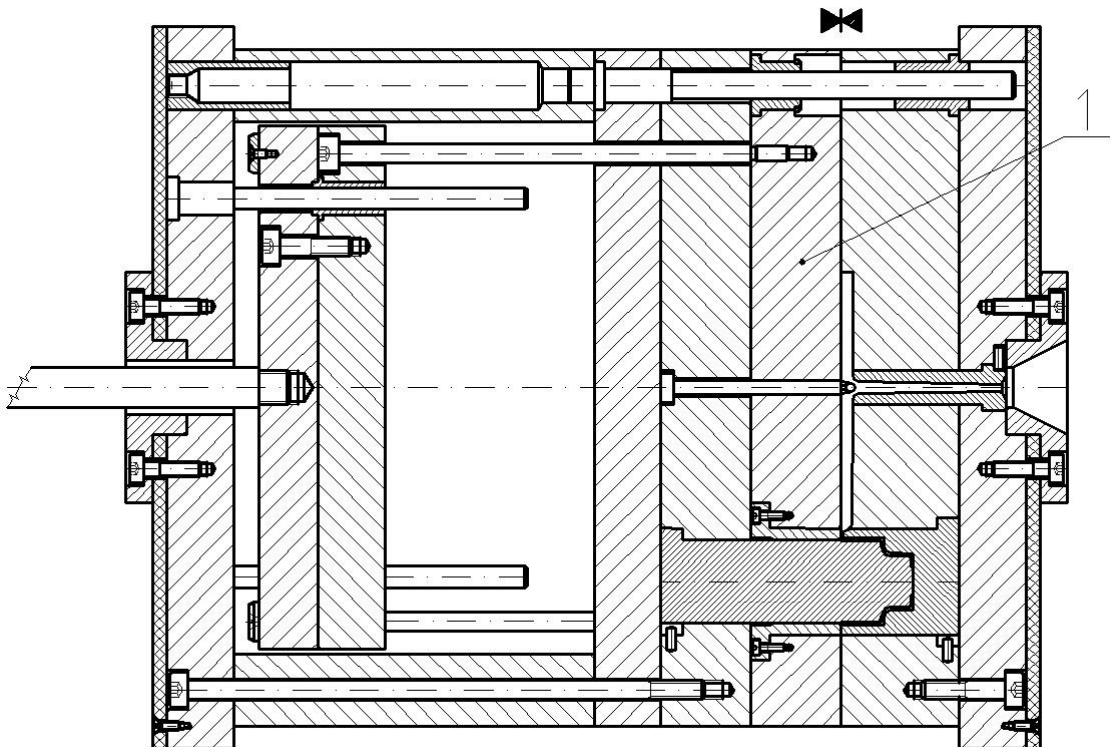
1 Válcový vyhazovač, 2 Prismatický vyhazovač – obdélníkového průřezu,

3 Prismatický vyhazovač – kruhového průřezu [2]



### 2.7.2. Vyhazování pomocí stírací desky

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Jeho deformace pak jsou minimální a stírací síla velká. Tohoto způsobu se především využívá u tenkostěnných výstřiků, kde hrozí deformace nebo u rozměrných výstřiků, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřík na stírací desku v rovině.



Obr. 9 forma se stírací deskou [2], [3]

1 stírací deska

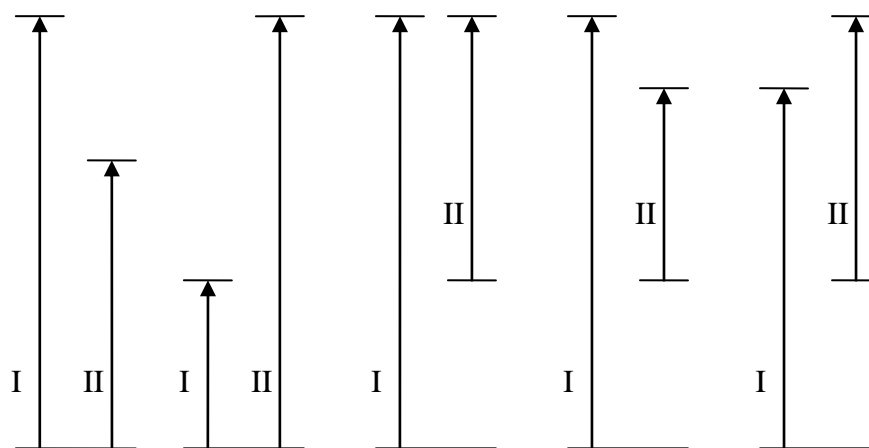
### 2.7.3. Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů

Je speciální formou 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]

### 2.7.4. Dvoustupňové vyhazování

Vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se navzájem ovlivňují. Způsob umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti.

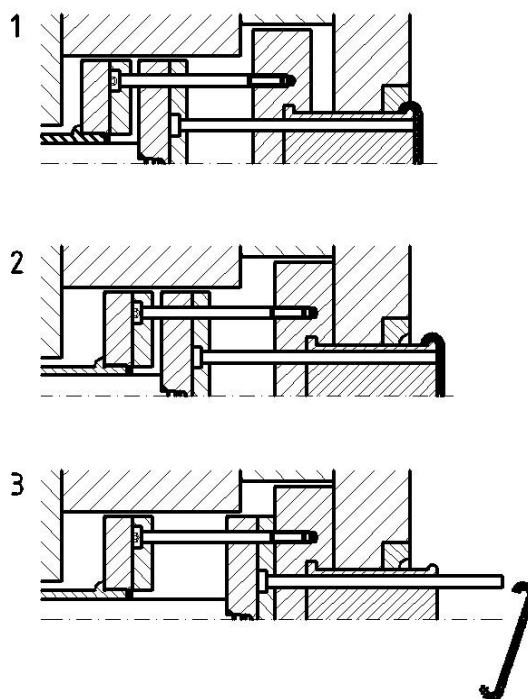
Lze jej využít na oddělování vtokových zbytků od výstřiků spolu s jejich vyhazováním, nebo k vyhazování tenkostěnných výstřiků v kombinaci – stírání s vyhazovacími kolíky.



Obr. 10 Zdvih a časové rozdělení dvoustupňových vyhazovačů

I – popisuje zdvih 1. skupiny vyhazovačů

II – popisuje zdvih 2. skupiny vyhazovačů



Obr. 11 Dvoustupňové vyhazování

1. otevření formy v dělicí rovině, 2. částečné doformování, 3. úplné vyhození výrobku [2]

### **2.7.5. Pneumatické vyhazování**

Je vhodný pro vyhazování tenkostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, ale se nedeformovaly.

Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a na výrobku nevzniknou žádné stopy po vyhazování. [2]

### **2.7.6. Hydraulické vyhazování**

Bývá součástí stroje a používá se především k ovládání mechanických vyhazovačů. Méně časté je zabudování hydraulických jednotek přímo ve formě, které pracují jako vyhazovače. Více se používají k ovládání bočních posuvných čelistí. [2]

## **2.8. Boční posuvné čelisti**

Jsou využívány u výstřiků s bočními otvory, výstupky, zahloubeními, které leží kolmo vůči ose formy nebo k ukotvení jader jejichž zaformování by jiným způsobem nebylo možné.

Čelisti jsou z pravidla ukotveny na pohyblivé části formy. Jejich pohyb je realizován pomocí šikmých nebo lomených kolíků, případně pneumatikými nebo hydraulickými tahači. Šikmé nebo lomené kolíky využívají při své funkci otevíracího a uzavíracího pohybu formy. V uzavřené poloze při vstřikování je třeba čelisti pevně opřít „uzamknou“. Čelist se uzamkne tím, že je opřena svou vnější skosenou částí o opěrnou lištu pevné desky formy. Zajištění otevřené polohy se provádí pomocí pružiny a kolíku nebo dalšími možnými způsoby. [2]

### **2.8.1. Šikmé kolíky válcové**

Slouží k vysouvání boční čelisti se současným otevřením formy. Mají nepatrné zpoždění vlivem vůlí v otvoru šikmého kolíku. Vůle bývá 0,2 mm, ale může dosáhnout i hodnoty 3mm. Sklon se pohybuje od 15° do 30°.

Šikmé kolíky se používají tam, kde se nevyžaduje žádné nebo malé zpoždění vysouvání čelisti při otevírání hlavní dělicí roviny. [2]

### 2.8.2. Lomené kolíky

Zajišťují nucený pohyb bočních čelistí při otevírání formy podobně jako šikmé kolíky. Mají možnost poměrně delších zpoždění odsunu čelistí při otevírání formy. Tyto kolíky mají také tu výhodu, že úhel sklonu uzavíracích ploch může být menší (od 12° do 25°). Tím se dosáhne větší uzavírací síly. Díky těmto dvěma vlastnostem se v mnoha případech dává přednost lomenému kolíku, i když je oproti šikmému válcovému kolíku výrobně nákladnější. [2]

## 2.9. Temperace forem

Temperace slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu. Děje se tak ochlazováním, případně ohříváním celé formy nebo její části. Při každém vstřiku dochází k ohřevu formy. Každý následující vstřik je třeba vyrobit opět při stejných teplotních podmínkách. Proto je nutné toto přebytečné teplo odvádět během pracovních cyklů temperační soustavou formy. V některých situacích je nutno formu naopak vyhřívat. Jde o případy kdy se některé polymery zpracovávají při vyšších teplotách (PC až 100 ÷ 120°C) nebo při zahájení výroby.

Úkolem temperace je:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny,
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku

Jestliže má forma dostatečnou hmotnost a dobře řešený temperační systém, zvýší se její tepelná a tím i rozměrová stabilita. [2]

### 2.9.1. Tepelná bilance formy

Při ustáleném stavu pracovního cyklu vstřikování platí zásada:

Teplo přivedené taveninou plastu do formy = teplo odvedenému z formy temperací a ostatními ztrátami.

$$Q_P = Q_T + Q_Z \quad (1)$$

$Q_P$  ..... teplo přivedené polymerem [W]

$Q_T$  ..... teplo odvedené temperací [W]

$Q_Z$  ..... ztráty tepla do okolního prostředí [W]

$$Q_Z = Q_V + Q_K + Q_R \quad (2)$$

$Q_V$  ..... ztráty tepla odvodem do upínacích ploch vstřikovacího stroje [W]

$Q_K$  ..... ztráty odvodem tepla do okolí [W]

$Q_R$  ..... ztráty tepla vyzařováním [W] [2]

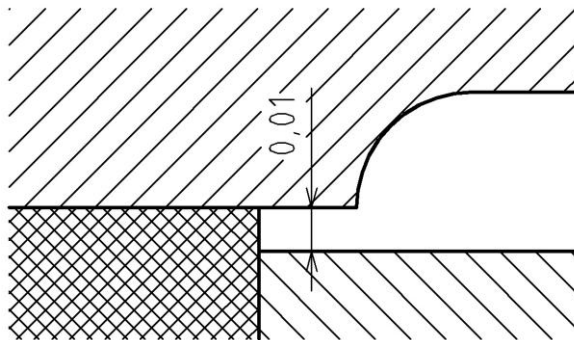
## 2.10. Odvzdušnění dutiny forem

Odvzdušnění tvarových dutin forem patří k dominantním problémům při navrhování forem. Problém s nedostatečným odvzdušněním forem obvykle nastává až při zkoušení hotového nástroje, kdy může být příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku, nebo jeho nízkých mechanických vlastností.

Dutina formy je před vstřikováním naplněna vzduchem. Při plnění taveninou je třeba zajistit únik vzduchu a případných zplodin. Čím větší je rychlost plnění, tím musí být odvzdušňovací systém účinnější.

Nejčastějším jevem při rychlém plnění je stlačení vzduchu, který se vlivem vysokého tlaku silně ohřívá a způsobuje spálená místa na výstřiku ( tzv. Dieselův efekt). Tento jev je nežádoucí z hlediska vzhledového i pevnostního. Dalším z projevů nedostatečného odvzdušnění bývá vznik vzduchových bublin uvnitř i na povrchu výstřiku.

Vzduch z dutiny formy často stačí uniknout dělicí rovinou (vedlejšími dělicími rovinami), vůlí mezi pohyblivými částmi ( vyhazovači) apod. V ostatních případech je třeba formu opatřit odvzdušňovacími kanály obdélníkového průřezu. Na Velikosti odvzdušňovacích kanálů má největší vliv viskozita taveniny.



Obr. 12 Odvzdušňovací kanál [2]

### 3. ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU

Správné zaformování a vhodná volba dělí roviny plochy náleží k rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Vychází z konstrukčního řešení vybraného dílu.

Dělicí plocha (rovina) bývá zpravidla jako 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. Taková koncepce způsobuje obtížnější výrobu formy. Je snaha se takovým tvarům vyhnout. Nepřesnost v dělicí ploše může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. Proto je třeba, aby dělicí plocha:

- snadné vyjímání výstřiků z formy,
- byla pravidelná, jednoduchého homogenického tvaru, snadno vyrobitelná a dobře slícovaná,
- probíhala v hranách výrobku,

byla umístěna tak, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a sousost 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.

Pozitivní úlohu hraje dělicí plocha při odvzdušňování dutiny formy. [1]

## II. PRAKTICKÁ ČÁST

## 4. POUŽITÉ APLIKACE

### 4.1. CATIA V5R17

CATIA je "vlajkový" produkt francouzské firmy Dassault Systemes a umožňuje pokrýt celý proces životního cyklu produktu – od návrhu, přes konstrukci, simulace, analýzy, až po vlastní výrobu a údržbu. Díky integraci celého procesu a jeho simulaci, se snižuje potřeba fyzických prototypů, zkracuje se vývojový cyklus, snižují se náklady a zvyšuje se kvalita konečného výrobku.

CATIA je velmi rozšířená v oblasti leteckého a automobilového průmyslu. Pozadu nezůstává však ani ve strojírenství, které využívá především možnosti vytvářet a pracovat s velkými sestavami. Díky rozsáhlým možnostem při modelování plošných povrchů, návrhu a výrobě forem, či kvalitnímu renderingu, je CATIA velmi dobrým nástrojem i pro průmysl spotřebního zboží (např: Návrh obalů na šampóny). [5]

#### 4.1.1. Vlastnosti softwaru CATIA

CATIA je "hybridní modelář", což znamená, že kombinuje v jednom modelu jak plošné (surface) tak i objemové (solid) elementy. Právě tato volnost při výběru modelářských technik a možnost je kdykoliv kombinovat, činí software CATIA tak silným systémem. Všechny moduly a modelářské techniky jsou integrovány, takže změny jednotlivých modelů či elementů se okamžitě projeví i na souvisejících dílech. [5]

#### 4.1.2. Využití softwaru CATIA

Za pomoci softwaru CATIA byly jednotlivé díly vymodelovány ( v modulu: Ppart design) a sestaveny ( v modulech: Assembly design a Mold tooling design), dále pak byly vytvořeny obrázky, výkresy ( v modulu: Drafting) a nakonec bylo vytvořeno video pro prezentaci ( v modulu: DMU navigátor). [5]

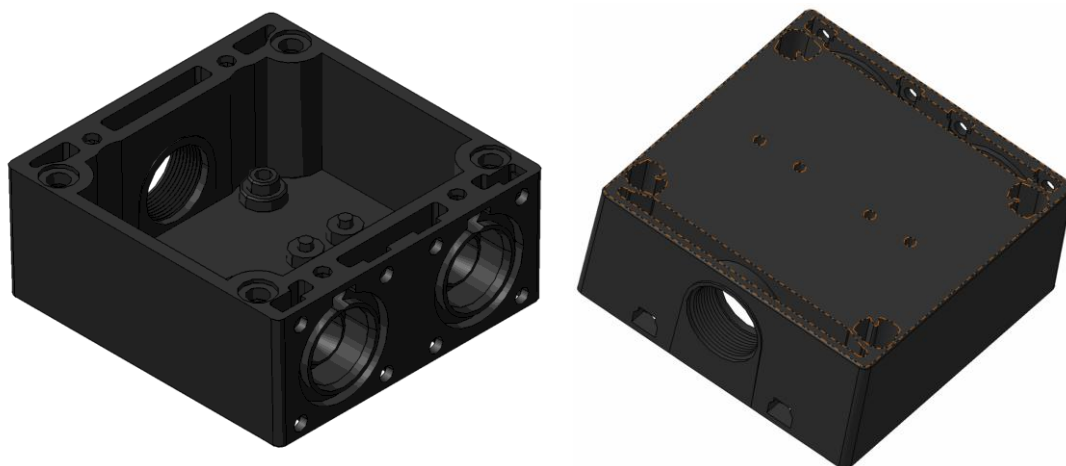
### 4.2. HASCO 3D universal modul

Jedná se o software od společnosti HASCO který obsahuje knihovnu 3D normálií vyráběné společností HASCO. Program umožňuje generování 3D normálií a jejich následné ukládání v různých typech formátů. Díky tomu lze tyto normálie zobrazovat v různých aplikacích. Poskytuje také informace o rozměrech, umístění a případné funkci. [4]



## 5. VÝSTŘÍK

Vyráběný díl je částí krytu. Kryty jsou užívány k ochraně kabelových spojení jimiž vede elektrický proud uvnitř stěn staveb.



*Obr. 13 model výstřiku*

### 5.1. Materiál výstřiku

Materiálem výstřiku je POLYOXYMETYLÉN (POM). Materiál lze zpracovávat na všech standardních strojích pro zpracování termoplastů, jako jsou vstřikovací stroje, vytlačovací stroje, vstřikovací a vytlačovací stroje s vyfukováním a lisy. Před zpracováním je nutné provést vysušení při 100 až 120°C.

#### 5.1.1. Vlastnosti materiálu výstřiku

M<sub>w</sub> = 72 až 129 tis, hustota 1,41 g/cm<sup>3</sup>, modul pružnosti 2700- 3200 MPa, pevnost 97 až 102 MPa (se skelnými vlákny modul až 9000 MPa), vysoká houževnatost (i do nízkých teplot, až -40 °C), vysoká tvrdost, T<sub>m</sub> okolo 170 °C, vysoká teplotní odolnost, tvarová stálost za tepla a vysoká hodnota teploty měknutí, dobrou odolnost proti korozi za napětí, málo pohlcují vodu, dobré kluzné vlastnosti, vynikající odolnost vůči oděru.

#### 5.1.2. Využití

Polyoxometylén (POM) je samostatným typem konstrukčního materiálu vhodného pro výrobu nejrůznějších technických dílů. Je používám mnoha způsoby téměř ve všech průmyslových odvětvích.

*Automobilový průmysl:*

Komponenty pro mechanismy bezpečnostních pásů, nastavení sedadel, spouštěče oken, posuvné střechy, ovládání vytápění a axiální ventilátory, zámky dveří, měřidla stavu paliva a čerpadla, kompenzační a uskladňovací nádrže, uzávěry palivové nádrže, mřížky reproduktorů, kryty, ventilační mřížky, okenní filtry, ozubená kola.

*Elektrická zařízení:*

Kryty, ozubená kola, spojky, ložiska, držáky, vačkové kotouče.

*Strojírenství:*

Šnekové převody, válce, stěrače, montáže, pouzdra, kluzná ložiska, přepravní spoje.

*Elektronika:*

Klávesnice telefonu, kryty cívek, spínače, pružinové prvky, podpěry, videokazety, vnější panely.

*Prostředky zdravotnické techniky:*

Díly pro inhalační systémy a inzulínová pera.

*Sanitární technika:*

Součásti pro tryskové regulátory sprch, kohoutky, pákové směšovací baterie, samočisticí propírací filtry. [6], [7]

## 6. VSTŘIKOVACÍ STROJ

Pro vstřikování byl zvolen stroj TOSHIBA EC 850 NII .

parametry stroje		parametry formy	
maximální uzavírací síla	8330kN	minimální uzavírací síla	7200kN
rozměry upínací desky	1730x1730mm	rozměry upínacích desek	996 x 496mm
maximální otevření	2300mm	minimální otevření	1248mm

*Tab. 1 Základní parametry formy*



Obr. 14 Vstřikovací stroj TOSHIBA EC 850 NII [8]

## 7. KONSTRUKCE FORMY

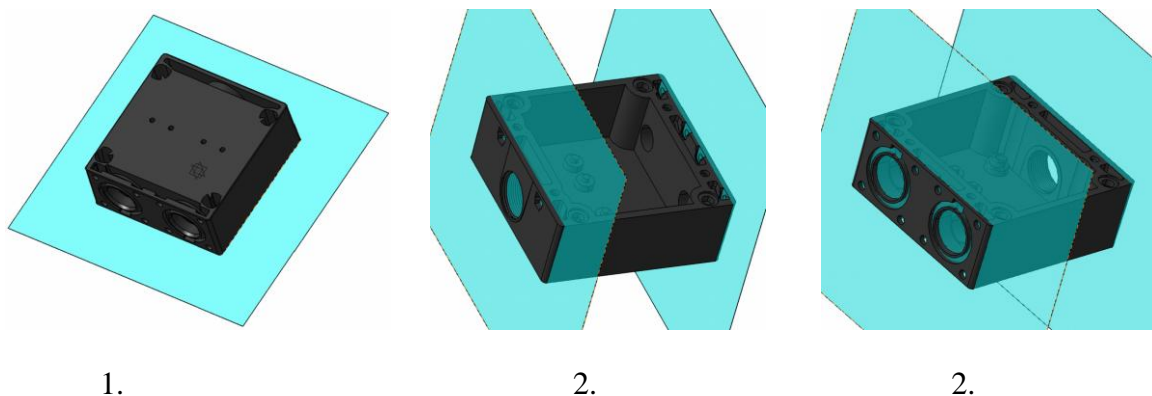
Při konstrukci formy bylo využito maximálního množství normálií od firmy HASCO.

### 7.1. Násobnost formy

Z hlediska přesnosti a kvality výstřiku je žádoucí volit formu co nejmenší. Avšak z ekonomických důvodů je nutno volit formu vícenásobnou. Při určování optimální násobnosti formy je třeba vytvořit kompromis mezi všemi požadavky. Pro tento případ byla zvolena 4 násobná forma.

### 7.2. Zaformování výstřiku

Vzhledem z tvaru výrobku bylo nutno použít více dělicích rovin. Vlivem užití více rovin klesá celková přesnost vstřikovaného dílce.



Obr. 15 Dělicí roviny

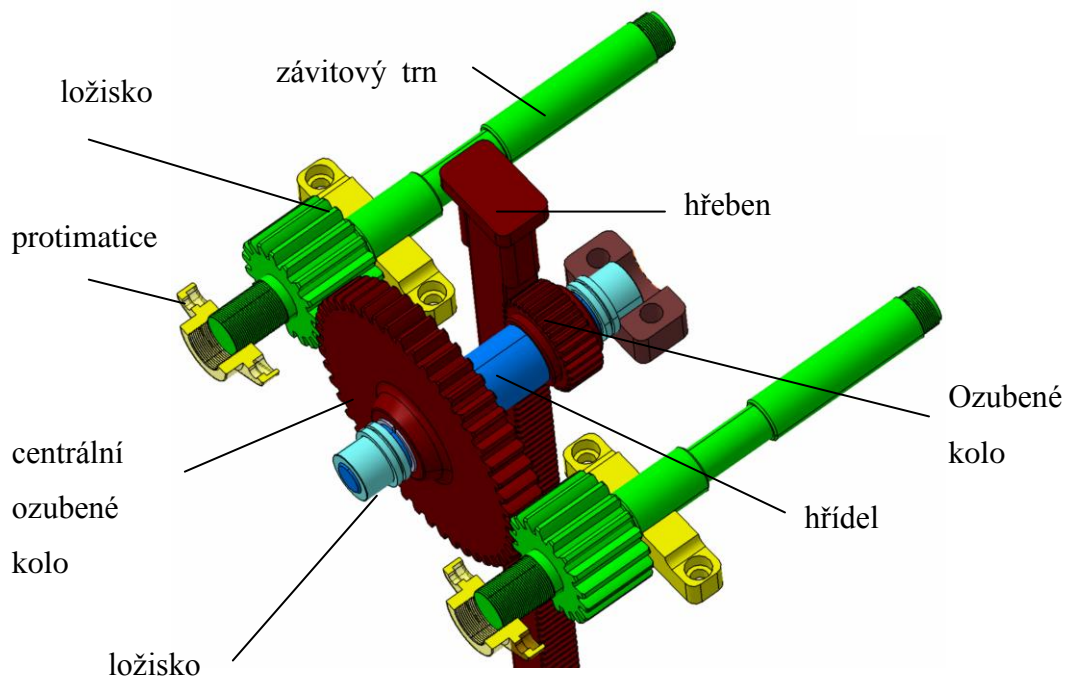
1. hlavní dělicí rovina, 2. vedlejší dělicí roviny

### 7.3. Odformování výstřiku

Vzhledem k tvaru výrobku je nutno doformovat výstřik kombinací několika způsobů doformování.

#### 7.3.1. Odformování závitu

K doformování závitu je zapotřebí současně axiálního a rotačního pohybu. Tento pohyb je realizován při současném otevírání formy, kdy pevně uchycený ozubený hřeben roztáčí hřídel s centrálním ozubeným kolem. Rotační pohyb je pak přenášen na závitový trn pomocí ozubení (rotační pohyb). Ozubený trn je pak vlivem rotace zašroubován do protimarice (axiální pohyb), která má stejné stoupání závitu, avšak opačný chod než ta část závitového trnu, která tvoří závit výstřiku. Zpětný pohyb je pak analogicky odvozen od uzavírání formy. Výhodou tohoto systému odformování je automatická činnost a nemusí se používat žádných energetických zařízení (motory).



Obr.16 Odformování závitu

*Výpočet počtu zubů hřebene*

Stoupání šroubu	$p$	1mm / ot
Potřebný počet otáček trnu	$n_2$	15 ot
Počet zubů centrálního ozubeného kola	$z_2$	48
Počet zubů trnu	$z_1$	18
Počet zubů ozubeného kola	$z_3$	30
Počet zubů hřebene	$z_4$	?

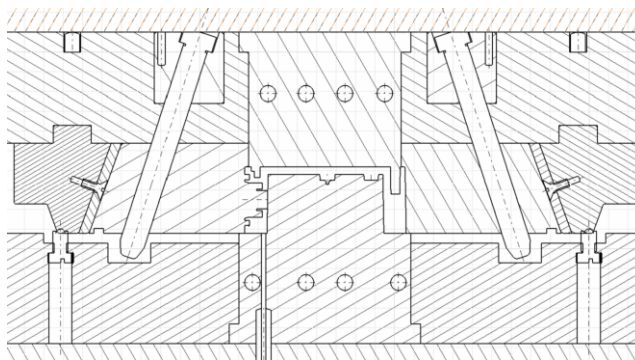
$$z_4 = \frac{p \cdot n_2 \cdot z_1 \cdot z_3}{z_2} \quad (3)$$

$$z_4 = \frac{1 \cdot 15 \cdot 18 \cdot 30}{48} = 168,75$$

Minimální počet zubů, který by mohl být užít při odformování je 169 zubů. Při otevření formy je nutné aby ozubený hřeben setrval ve spojení s ozubeným kolem a tudíž je nutno ještě přidat další zuby na hřeben. V tomto případě bylo přidáno 10 zubů. Celkový počet zubů ozubeného hřebene je tedy 179 zubů.

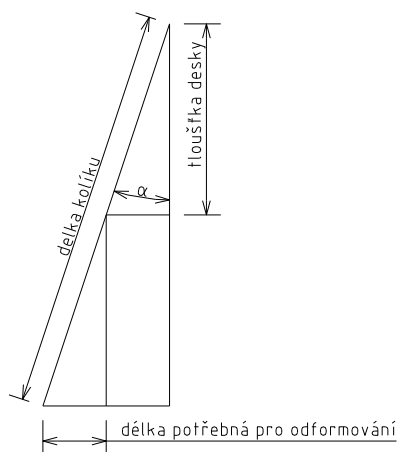
**7.3.2. Odformování bočních děr**

K odformování díry je zapotřebí axiálního pohybu tvarové vložky. Tento pohyb může být realizován několika způsoby. Pro tento případ bylo zvoleno odformování pomocí šikmých válcových kolíků a pohyblivých čelistí. Při otevírání formy je pohyb posuvné čelisti tvořen pomocí šikmého válcového kolíku. Otevřená poloha je pak zjištěna proti náhodnému posunutí šroubkem s kuličkou. Zpětný uzavírací pohyb je opět realizován pomocí šikmého kolíku. Vlivem vysokých vstřikovacích tlaků by mohlo dojít k poškození kolíků nebo pootevření formy a z tohoto důvodu je pracovní poloha čelisti zajištěna zámkou.



Obr. 17 Řez šikmými kolíky

### 7.3.3. výpočet délky šikmých kolíků



Obr. 18 Výpočet délky šikmého kolíku

Tloušťka desky	b	56mm
Min. délka potřebná pro odformování	a	13mm
Úhel natočení šikmého kolíku	$\alpha$	18°
Celková délka šikmého kolíku	l	?mm

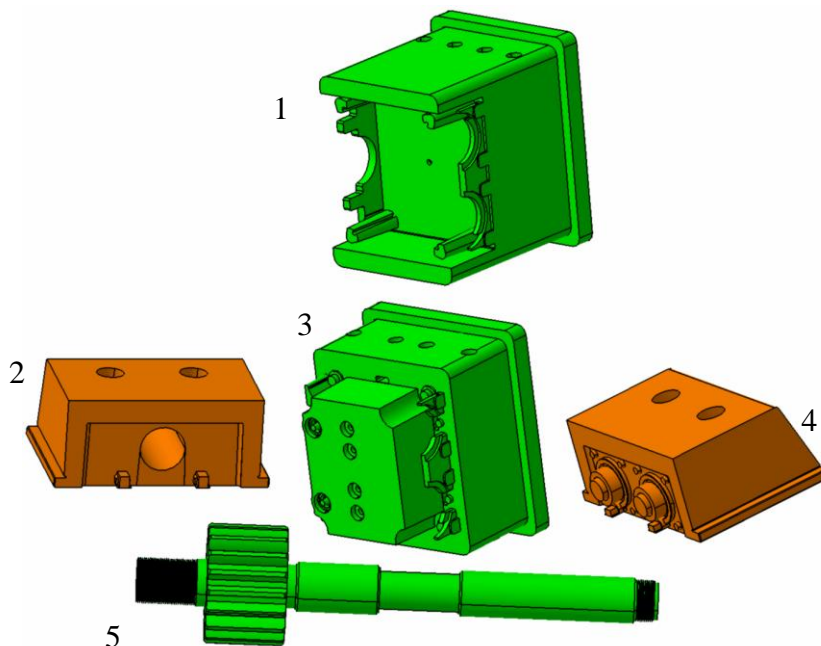
$$l = \frac{b}{\cos \alpha} + \frac{a}{\sin \alpha} \quad (4)$$

$$l = \frac{56}{\cos 18^\circ} + \frac{13}{\sin 18^\circ} = 100,95 \text{ mm}$$

Minimální délka potřebná pro odformování je 100,95mm. Nejbližší delší normálie která splňovala požadavek měla délku 120mm a její přesné označení je: HASCO Z01/14x120.

#### 7.4. Tvarová dutina

Tvar výstřiku je dán tvarovými vložkami. Tvarové vložky jsou vyrobeny s velkou přesností, aby nemohlo dojít k zatečení polymerní taveniny mimo tvarovou dutinu. Protože forma je nástroj určený pro výrobu velkých sérií výstřiků, je nutné tvarové vložky tepelně zpracovávat ( kalení, popouštění, cementování, nitridování...), aby nemohlo dojít vlivem oteřu k tvarovým a rozměrovým změnám uvnitř tvarové dutiny formy.



*Obr. 19 Tvarové vložky*

1. tvárník, 2. pohyblivá čelist leva, 3. tvárník, 4. pohyblivá čelist pravá, 5. závitový trn

#### 7.5. Odvzdušnění formy

Dutina formy je před vstřikováním zaplněna vzduchem. V okamžiku, kdy je vstřikována polymerní tavenina do dutiny formy, vzduch uvnitř klade odpor při vstřikování a snaží se uniknout. V případě velmi malých vůlí (v dělicí rovině, mezi vyhazovacími kolíky a tvarovými vložkami) by mohlo dojít k přehřátí vzduchu nebo dokonce k jeho zapouzdření uvnitř dutiny formy.

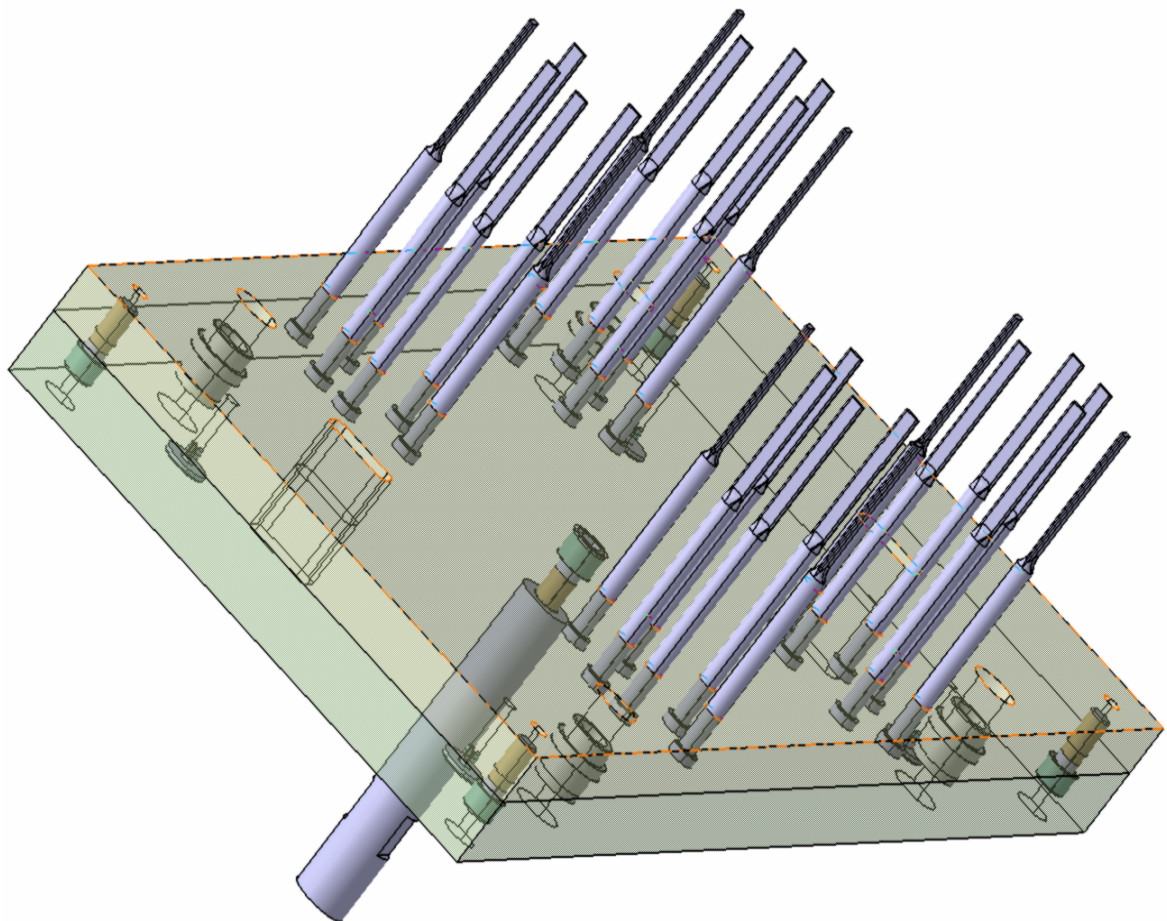


## 7.6. Vtokový systém

Ve formě byl navržen studený vtokový systém z důvodů velkých rozměrů formy. Studený vtokový systém je řešen pomocí tunelového vtoku. Navržený tunelový vtok zajišťuje oddělení vtokového zbytku od výstřiku během vyhazovací fáze.

## 7.7. Vyhazovací systém

K vyhození výstřiku z formy může dojít až po zatuhnutí výstřiku uvnitř formy. Ještě před vyhozením je nejprve nutno výrobek doformovat. Ve chvíli kdy je výrobek odformovaný dochází k vyhození výstřiku z dutiny formy. Konstrukční řešení vyhazovacího systému bylo realizováno přes prismatické vyhazovací kolíky s obdélníkovým tvarem.

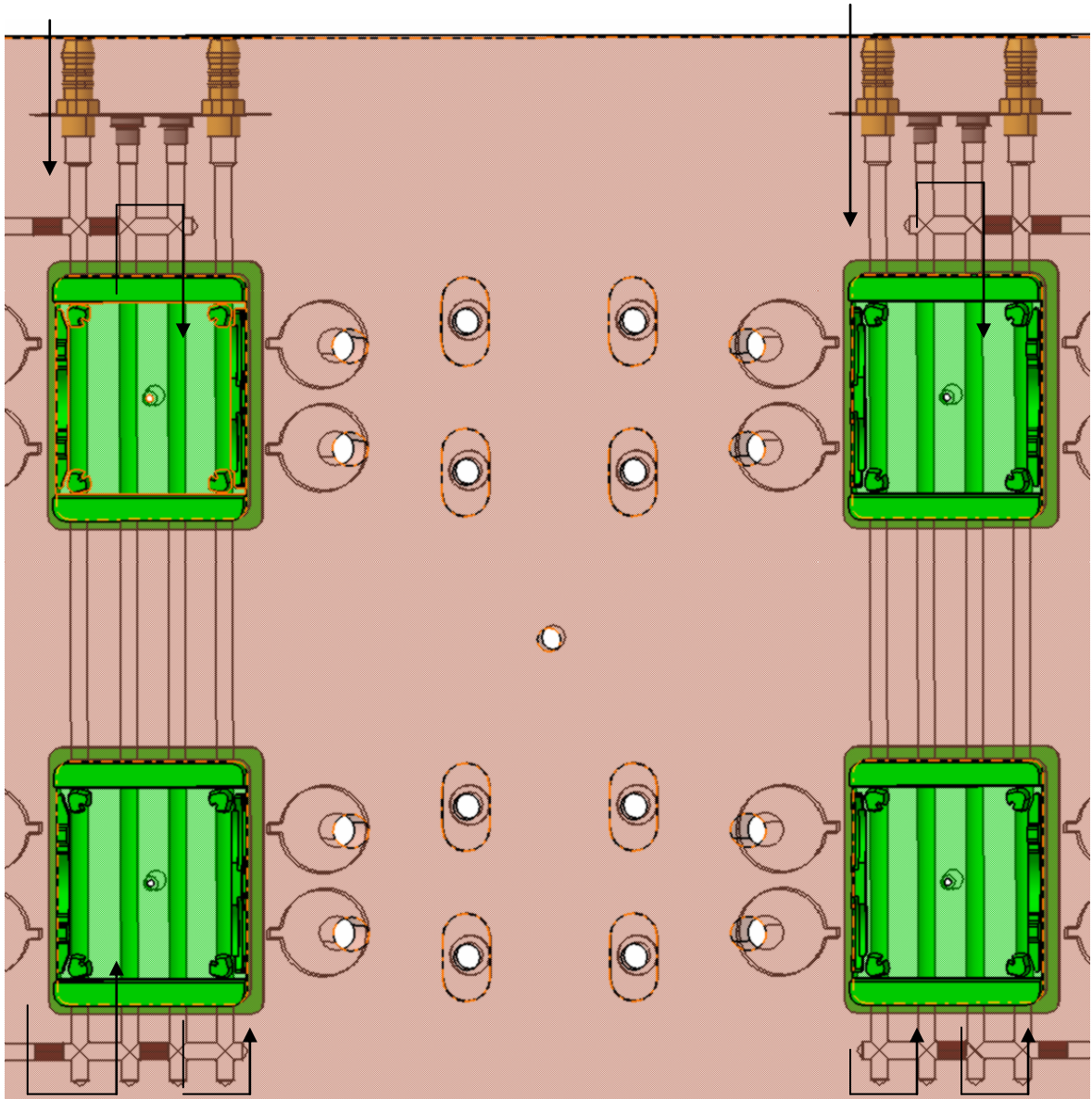


Obr. 20 Vyhazovací systém

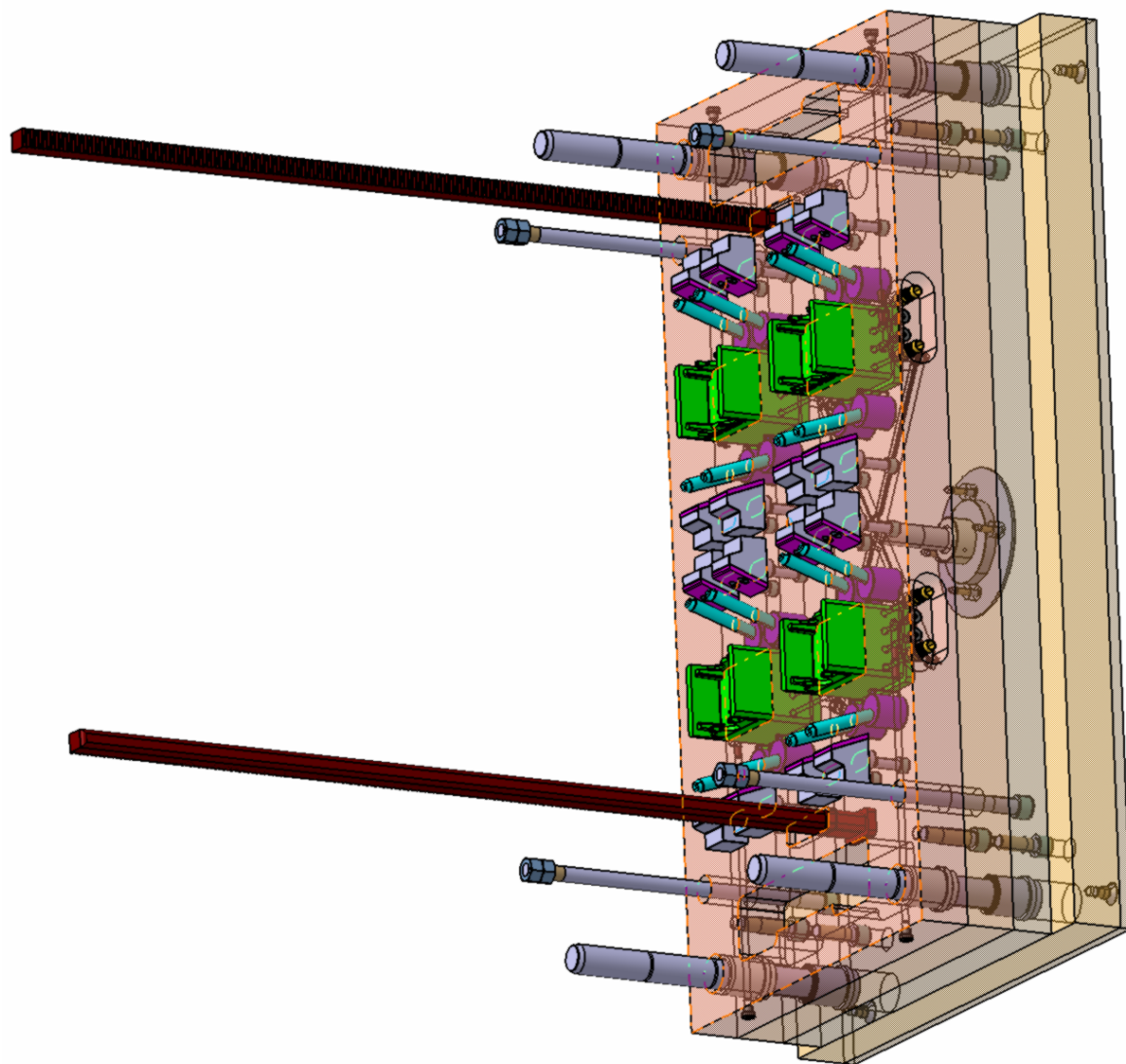


### 7.8. Temperace vstřikovací formy

Vzhledem k tomu že chlazení pohyblivých částí formy by bylo konstrukčně velmi náročné, jsou chlazeny pouze tvarové vložky které jsou uloženy v kotevních deskách. Temperační systém má v každé z obou desek dva temperační okruhy. Temperační médium je vedeno temperačními kanály o průměru 8 mm.

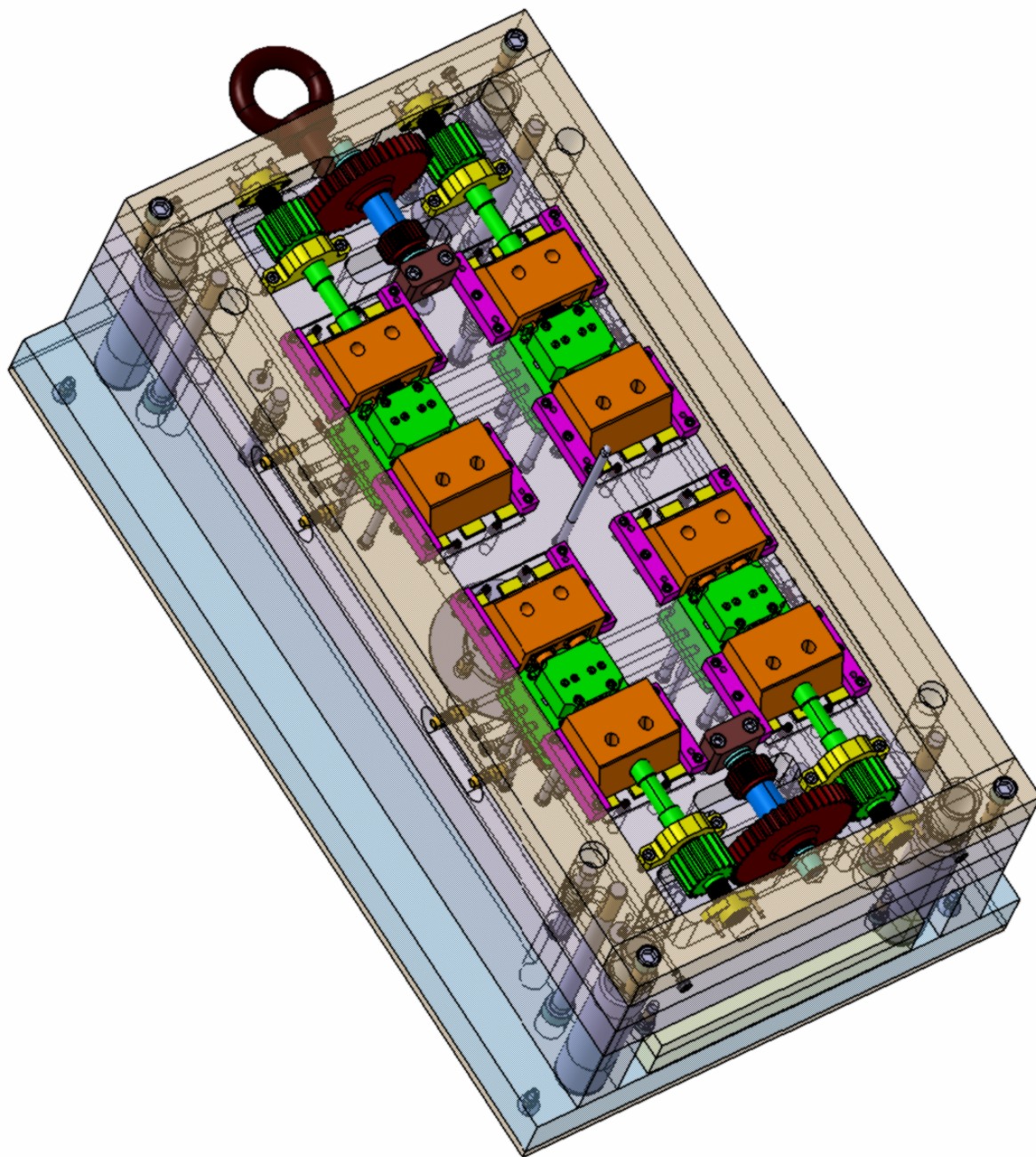


Obr. 21 Temperační systém formy



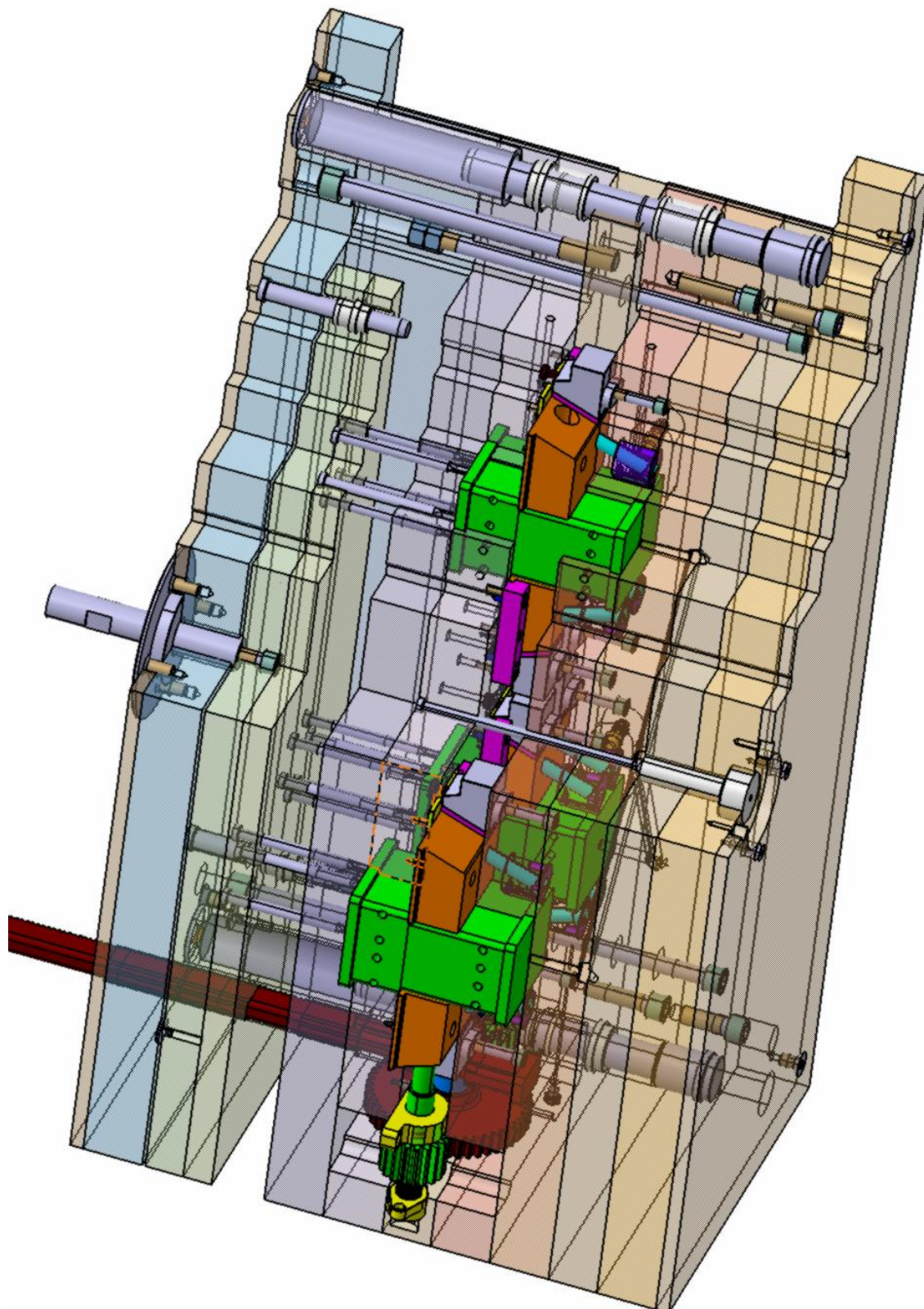
*Obr. 22 Náhled do vstřikovací části formy*





*Obr. 23 Náhled do vyhazovací části formy*





Obr. 24 Náhled do vstřikovací formy

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce byl návrh vstřikovací formy pro plastovou krabičku sloužící k rozvodu elektrické energie.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části a to teoretickou a praktickou. V teoretické části byla popsána základní problematika vstřikování a konstrukce forem. Praktická část je zaměřena na návrh a konstrukci vstřikovaného dílce. K těmto účelům byly použity programy CATIA V5R17 který umožňuje vytvoření 3D modelu součásti a celých sestav, ale také tvorbu 2D výkresů a HASCO 3D universal modul.

Hlavní vliv na výběr typu formy měl tvar výstřiku, který má skořepinový tvar a po stranách díry a závit. Proto byla zvolena konstrukce formy se šikmými čelistmi a bočním závitem tak, aby k odformování docházelo automaticky během otevírání formy. K odstranění výrobku z formy byl navržen vyhazovací systém který užívá k vyhození výstřiku prismatických kolíků s obdélníkovým tvarem.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:**

- [1] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů I. díl – vstřikování termoplastů.  
2. vyd. BRNO: UNIPLAST, 1999, 134s
- [2] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů.  
1. vyd. BRNO: UNIPLAST, 1999, 212s
- [3] Vlastní poznámky z předmětu KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM
- [4] <http://www.ksp.vslib.cz>
- [5] <http://www.kks.zcu.cz/>
- [6] <http://www.ticona.cz/>
- [7] Přednášky z předmětu KONTRUKČNÍ POLYMERY
- [8] <http://www.invera.cz/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK:**

Cu	Měď
Al	Hliník
R	Rádus
Ra	Drsnost povrchu
CuBe	Slitina mědi a berylia
W	Wat (jednotka výkonu)
Q <sub>P</sub>	teplo přivedené polymerem
Q <sub>T</sub>	teplo odvedené temperací
Q <sub>Z</sub>	ztráty tepla do okolního prostředí
Q <sub>V</sub>	ztráty tepla odvodem do upínacích ploch vstříkovacího stroje
Q <sub>K</sub>	ztráty odvodem tepla do okolí
Q <sub>R</sub>	ztráty tepla vyzařováním
g	Gram (hmotnostní jednotka)
cm <sup>3</sup>	Centimetr krychlový (objemová jednotka)
°C	Celsius (jednotka teploty)
POM	Polyoxometylén
N	Newton (jednotka síly)
Pa	Pascal (jednotka tlaku)
mm	Milimetr (délková jednotka)
2D	Dvojměrný prostor
3D	Trojměrný prostor

**SEZNAM TABULEK:**

Tab. 1 Základní parametry formy ..... 34



**SEZNAM OBRÁZKŮ:**

Obr. 1 Schéma vstřikovacího stroje.....	11
Obr. 2 Uzavírací jednotka.....	12
Obr. 3 Vstřikovací cyklus.....	14
Obr. 4 Schéma vstřikovací formy.....	14
Obr. 5 Obecné zásady volby vodného vtokového systému.....	18
Obr. 6 základní typy vtokových ústí.....	19
Obr. 7 Horký rozvodný blok.....	23
Obr. 8 Druhy vyhazovacích kolíků.....	24
Obr. 9 forma se stírací deskou.....	25
Obr. 10 Zdvih a časové rozdělení dvoustupňových vyhazovačů.....	26
Obr. 11 Dvoustupňové vyhazování.....	26
Obr. 12 Odvzdušňovací kanál.....	29
Obr. 13 model výstřiku.....	33
Obr. 14 Vstřikovací stroj TOSHIBA EC 850 NII.....	35
Obr. 15 Dělicí roviny.....	35
Obr. 16 Odformování závitu.....	36
Obr. 17 Řez šikmými kolíky.....	38
Obr. 18 Výpočet délky šikmého kolíku.....	38
Obr. 19 Tvarové vložky.....	39
Obr. 20 Vyhazovací systém.....	40
Obr. 21 Temperační systém formy.....	41
Obr. 22 Náhled do vstřikovací části formy.....	42
Obr. 23 Náhled do vyhazovací části formy.....	43
Obr. 24 Náhled do vstřikovací formy.....	44

**SEZNAM PŘÍLOH:**

- PI Sestava formy
- PII Náhled do dělicí roviny P
- PIII Náhled do dělicí roviny Q
- PIV Půdorys sestavy formy
- PV Řez formou A – A
- PVI Řez sestavou formy B – B
- PVII Kusovník
- PVIII CD disk obsahující:
  - Model formy a výkresovou dokumentaci v programu CATIA;
  - Textovou část bakalářské práce.