

# Vícenásobná prototypová forma

Jiří Holčák

---

Bakalářská práce  
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---



## **ABSTRAKT**

Tato práce se zabývá konstrukčním návrhem prototypové vstřikovací formy určené k výrobě plastové objímky pro krytku autobusového madla. V teoretické části je popsána problematika vstřikování plastů. V praktické části je nakreslen 3D model výstřiku a je provedena konstrukce 2D a 3D sestavy vstřikovací formy. Toto bylo realizováno v programu INVENTOR 6.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, konstrukce

## **ABSTRACT**

This work has been intended to design a prototype of injection mold which is designed for production of plastic sleeve for case of bus handrail. The teoretical part describes the injection of plastic parts. In a practical part of the work, there is a drawing of 3D model of injection and a construction of 2D and 3D set of an injection sleeve. This part of work was done in program INVENTOR 6.

Keywords: injection, injection mold, design

Rád bych tímto poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce panu ing. Tomášovi Drgovi, za jeho odborné vedení a pomoc, kterou mi věnoval při vypracování bakalářské práce.

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

Ve Zlíně, 31. 5. 2006

.....

Jiří Holčák

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>8</b>
<b>1 VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>9</b>
1.1 PŘÍPRAVA PLASTŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM.....	9
1.1.1 Sušení termoplastů.....	9
1.1.2 Barvení plastů.....	10
1.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	10
1.2.1 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje.....	11
1.2.2 Vstřikovací jednotka.....	11
1.2.3 Uzavírací jednotka.....	12
1.2.4 Vstřikovací cyklus.....	13
<b>2 VSTŘIKOVACÍ FORMA</b> .....	<b>15</b>
2.1 POSTUP PŘI KONSTRUKCI FOREM .....	16
2.2 VTOKOVÉ SYSTÉMY .....	17
2.2.1 Studené vtokové systémy.....	17
2.2.2 Vyhřívané vtokové systémy .....	20
2.3 VYHAZOVCÍ SYSTÉMY.....	22
2.3.1 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků .....	22
2.3.2 Vyhazování stírací deskou.....	24
2.3.3 Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů.....	24
2.3.4 Vzduchové vyhazování .....	25
2.4 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	25
2.5 TEMPERACE FOREM .....	26
2.6 MATERIÁLY FOREM.....	26
2.7 TEPelné ZPRACOVÁNÍ ČÁSTI FOREM .....	28
2.8 ÚDRŽBA FOREM.....	28
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>29</b>
<b>3 POUŽITÉ APLIKACE</b> .....	<b>30</b>
3.1 AUTODESK INVENTOR 6 .....	30
<b>4 VSTŘIKOVANÝ DÍL</b> .....	<b>31</b>
4.1 VÝSTŘIK A JEHO ČÁSTI .....	31
4.2 MATERIÁL VÝSTŘIKU .....	32
<b>5 VSTŘIKOVACÍ STROJ</b> .....	<b>33</b>
<b>6 KONSTRUKCE FORMY</b> .....	<b>34</b>

6.1	PROTOTYPOVÉ FORMY .....	34
6.2	NÁSOBNOST FOREM .....	35
6.3	DĚLÍCÍ ROVINA .....	36
6.4	TVAROVÁ DUTINA .....	37
6.5	ODVZDUŠNĚNÍ A CHLAZENÍ FOREM.....	38
6.6	VTOKOVÝ SYSTÉM .....	38
6.7	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	39
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>44</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>45</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>46</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>47</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>48</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>49</b>

## ÚVOD

Již v první polovině minulého století se začaly objevovat první plasty. Během několika dalších desítek let zaznamenaly plasty nebývalý vývoj. Díky svým vlastnostem (nízká hmotnost, vysoká chemická odolnost, výborné tepelně izolační a elektroizolační vlastnosti, snadná tvarovatelnost a mnohé další) se plasty staly nedílnou součástí každodenního života. Jedním ze způsobů zpracování plastů, kterým se tato práce zabývá je vstřikování. Tato metoda je velice progresivní, neboť umožňuje plně automatizovanou výrobu s vysokou produktivitou. Vstřikování však klade vysoké nároky na konstrukci a zpracování forem.

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 nejrozšířenějším způsobem výroby požadovaných dílů z plastů. Vyznačuje se poměrně složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a forma. V průběhu vstřikování je roztavený plast ve vstřikovacím stroji tlakem dopravován do dutiny formy a tam následně ochlazen ve tvaru vyráběné součásti.

Na konečnou aplikaci bude mít podstatný vliv kvalita použitého plastu a proto je nutné před samotným vstřikováním provést různé přípravy plastu. [1]

## 1.1 Příprava plastů před vstřikováním

Před zpracováním plastů vstřikováním se materiál upravuje v souladu s technologickým postupem, určeným na konkrétní výrobek. Obvykle to bývá vstupní kontrola, sušení granulátu, mísení s přísadami rozdrčeného odpadu, barvení apod.

### 1.1.1 Sušení termoplastů

Většina termoplastických materiálů absorbuje vlhkost ze vzduchu. To i při běžných teplotách může vyvolat degradaci polymeru a tím i snížit kvalitu některých parametrů a také zhoršení kvality povrchu. Výstřiky jsou pak bez povrchového lesku, mají vady a nesnadno se vyjmají z formy. Proto je nutné tyto materiály předsoušet až na výjimky.

Granulované plasty se dodávají buď vysušené ve vzduchotěsných obalech, nebo nevysušené v papírových nebo plastových pytlích. Aby granulát nezvlhl, skladuje se před zpracováním v suchých skladech.

K sušení se používají komorové pece s přirozeně cirkulujícím vzduchem, kde vrstva granulátu je na paletách. Vysokokapacitní sušárny s nucenou cirkulací vzduchu jsou vhodné pro nepřetržitý provoz. [1]

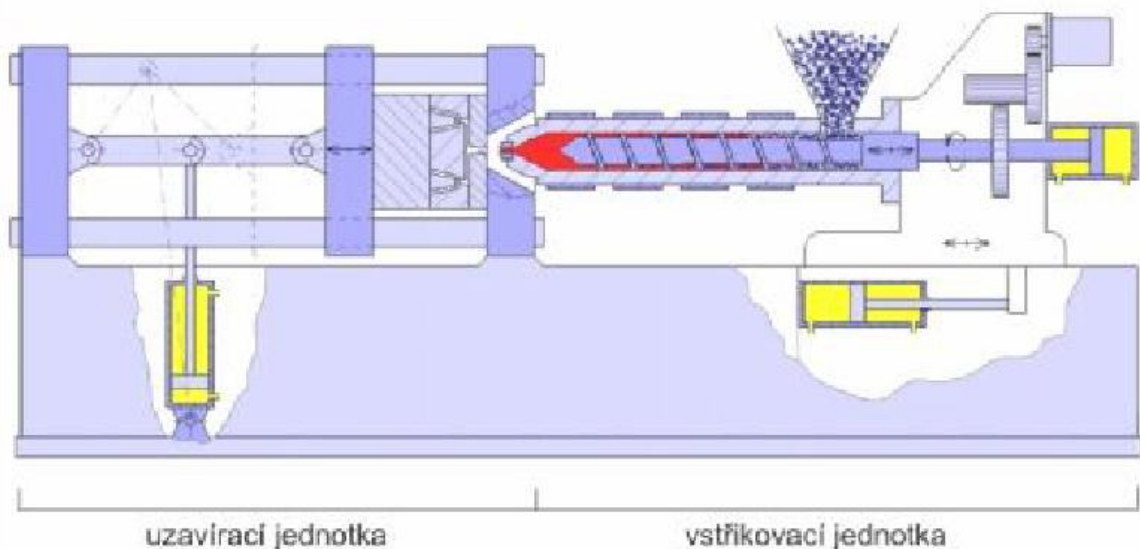
### 1.1.2 Barvení plastů

Odběratel také vyžaduje na vyráběných dílech vhodný barevný odstín, a proto dochází k barvení plastů. Rozsah možných barevných odstínů je omezen barvou základního granulátu. Barvení se provádí buď přímo na vstřikovacím stroji nebo se předem granulát vybarvuje. Barvivo se dodává v papírových nebo v plastových pytlich. [1]

## 1.2 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroj zajišťuje roztavení materiálu a následné dopravení taveniny do formy. Z funkčního hlediska se dělí na tři části:

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



Obr. 1. Vstřikovací stroj. [6]

V současné době existuje velký počet různých strojů, které se od sebe liší provedením, stálostí, stupněm řízení, rychlostí výroby, obsluhou a také cenou. Dnes se staví především stroje ovládané hydraulicky nebo hydraulicko-mechanické s různým stupněm elektronického řízení. K zvláštnímu vybavení vstřikovacího stroje patří jeřáb pro manipulaci s formou, dopravníky pro dopravu materiálu, sušička a mnoho dalších doplňků.

Na vstřikovací stroj jsou kladené požadavky aby:

- byl tuhý a pevný při vstřiku,
- měl konstantní tlak, rychlost, teplotu,
- měl přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů.

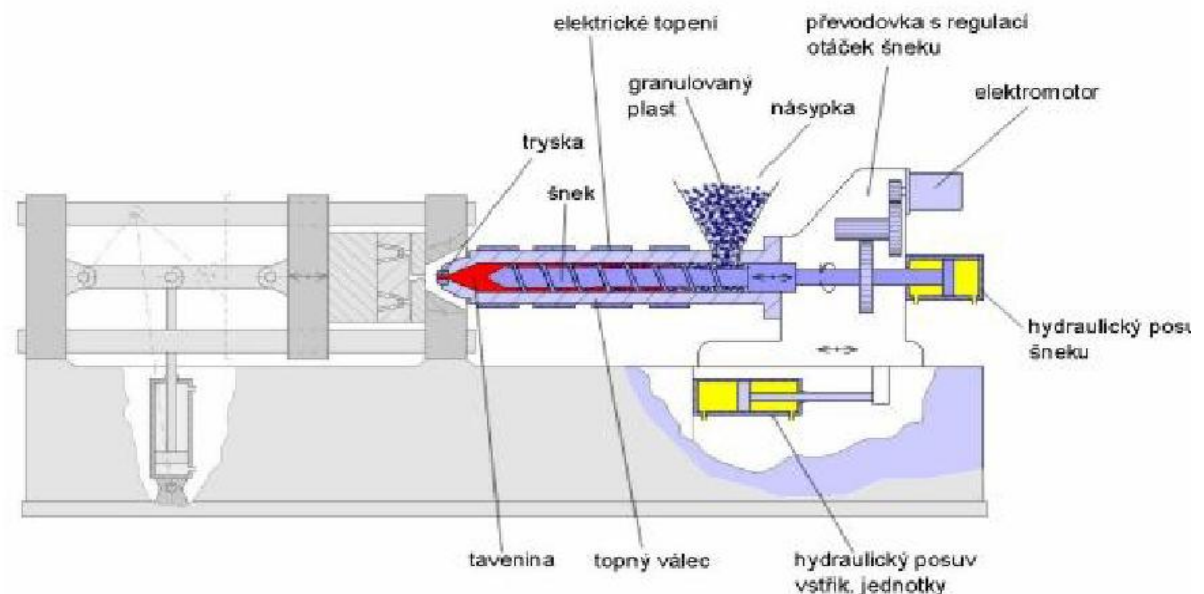
### 1.2.1 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Ovládací a řídicí jednotka umožňuje alternativní volbu a úpravu programu, která se může snadno uskutečnit pomocí obrazovky stroje. Na přesnosti a jakosti výstřiku má řízení stroje rozhodující vliv, tím že určuje a dodržuje přesnost:

- doby vstřikovacího tlaku, doba vstřiku a dotlaku, rychlosti vstřiku, chlazení,
- nastavení doby a výšky teploty taveniny.

### 1.2.2 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka připraví a dopraví požadované množství roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry 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 nastat jeho degradace. To se dá ovlivnit rychlejšími cykly výroby. Maximální vstřikované množství nemá překročit 90% kapacity jednotky, protože je ještě nutná rezerva pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení. Optimální množství je 80%. [1]



Obr. 2. Vstřikovací jednotka [6]

Vstřikovací jednotku tvoří ocelový topný válec vytápěný elektricky, na jehož čele je vstřikovací tryska. V topném válci je otočně a posuvně uložen plastikační ocelový šnek. Hloubka jeho závitů se směrem ke trysce zmenšuje, aby se dosáhlo kompresního účinku při hnětení a dopravě roztaveného granulátu od násypky k trysce. Otáčky šneku jsou měnitelné. Posuv šneku i celé vstřikovací jednotky je hydraulický, vstřikovací tlak a rychlost se regulují změnou množství a tlaku přiváděné hydraulické kapaliny. Teplota topného válce se zvětšuje směrem ke trysce a reguluje se samočinně zapínáním a vypínáním jednotlivých úseků (vstupní, střední a úsek u trysky) topení pomocí termočlánku. [3]

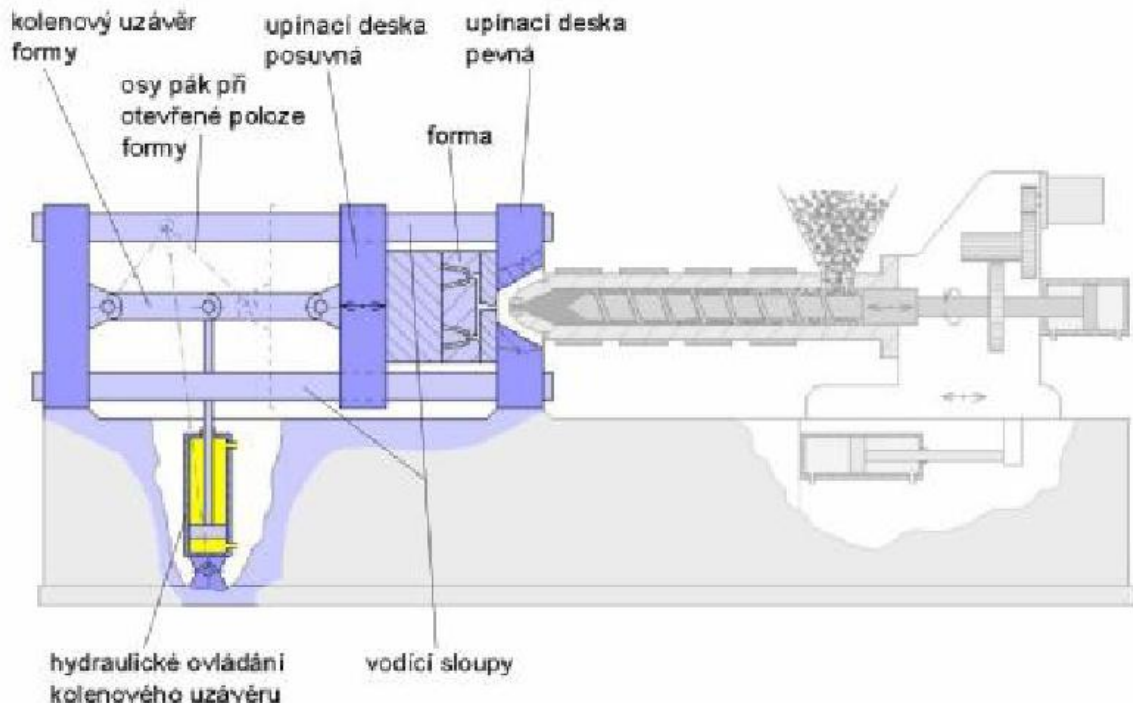
### 1.2.3 Uzavírací jednotka

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.

Hlavní části uzavírací jednotky jsou:

- upínací deska pevná,
- upínací deska posuvná,

- vodící sloupky,
- uzavírací mechanismus.

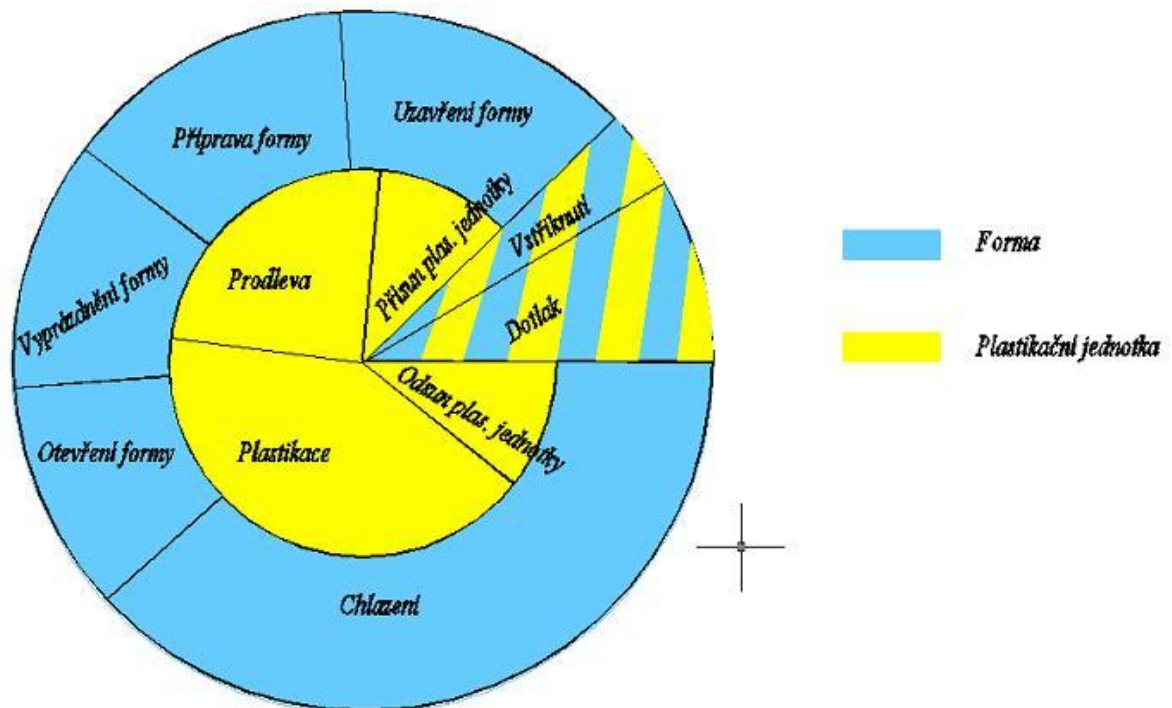


Obr. 3. Uzavírací jednotka [6]

Uzavírací mechanismus má nejrůznější provedení. Hydraulické uzavírací jednotky umožňují pootevření nástroje hydraulickým tlakem a vyžaduje zajištění závorou. Výhodou těchto jednotek je nastavení libovolné hloubky otevření nástroje. Hydraulicko-mechanická jednotka je nejčastěji používána u strojů malých gramáží. Zaručuje vyšší rychlost uzavírání a potřebné zpomalení před uzavřením formy a dostatečnou tuhost. Je konstruován jako kloubový mechanismus ovládaným hydraulickým válcem. Formu proti pootevření při vstřikování zajistí hydraulický válec, který je pevně spojen s upínací deskou. [1]

#### 1.2.4 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus zahrnuje dvě oblasti, jedna se vztahuje k plastikační jednotce a druhá k formě.



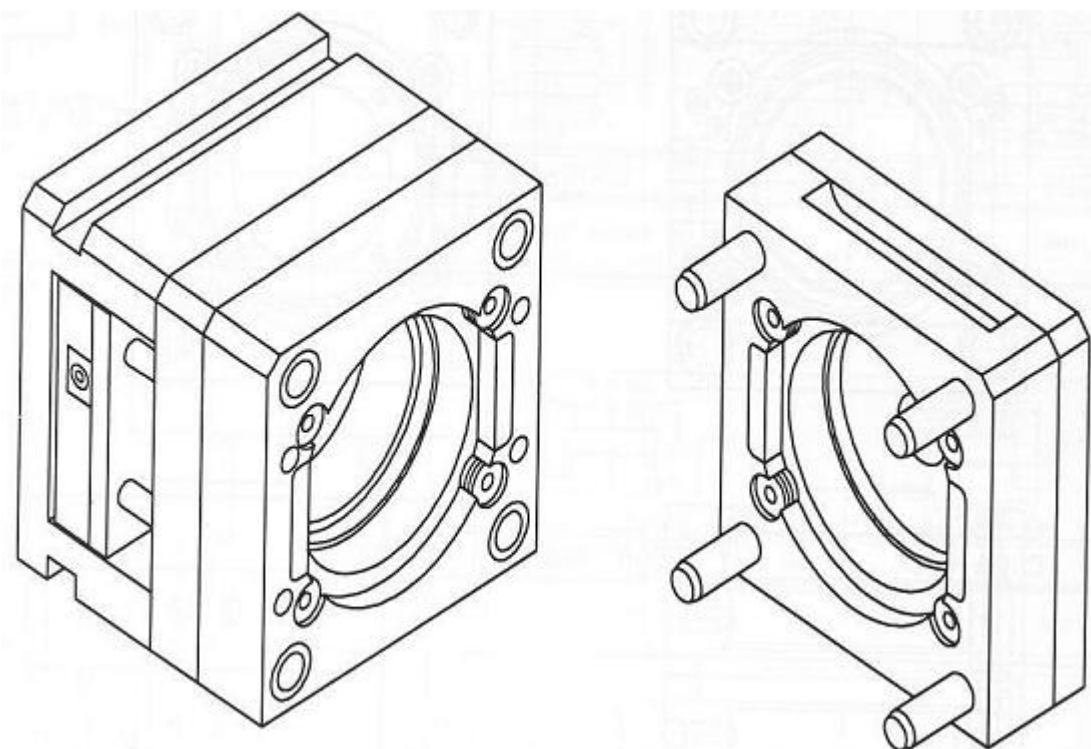
Obr. 4. Vstřikovací cyklus

Po uzavření formy se přisune plastikační jednotka, ze které je vstříknut zplastikovaný materiál do dutiny formy. Doba, po kterou se plní dutina formy se nazývá doba plnění. Tavenina zůstává pod tlakem v uzavřené formě, dokud se nezačne ochlazovat. Hned potom nastoupí dotlak. Doba, po kterou působí dotlak, se nazývá doba doplňování. Dotlak má za účel částečné vyrovnat vliv smrštění a zabraňovat unikání materiálu z dutiny formy. Doba doplňování je omezena ztuhnutím materiálu ve vtokovém systému.

Po skončení dotlaku se vstřikovací jednotka od formy oddálí a začne v ní plastikace další dávky. Po dostatečném ochlazení výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí. Po očištění a přípravě formy pro další cyklus (prodleva) následuje další cyklus. [1]

## 2 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma je nástroj, jehož použitím na speciálním vstřikovacím stroji vznikne výrobek z polymeru. Na vstřikovací formu se kladou nemalé nároky z hlediska kvality, produktivity, spolehlivosti a automatizace výroby.



*Obr. 5. Vstřikovací forma*

Vstřikovací forma se dělí na dvě hlavní oblasti. První je tvarová dutina, tj. vlastně prostor, kam bude na vstřikovacím stroji za vysoké teploty a tlaku vtačena tavenina, která po ztuhnutí v dutině získá tvar konečného výrobku. Druhou oblastí je vlastní konstrukční stavba nástroje, která ve většině případů vykazuje značné prvky podobnosti. Převážná většina forem se dnes sestavuje ze stavebnicového systému standardních komponentů. Konstrukční stavba forem se skládá ze skupiny paralelních desek s různou funkcí a z řady dalších v nich vložených, nebo k nim připojených součástí, jako jsou vodící pouzdra, spojovací součásti, vyhazovací systémy, chladicí systémy apod. [1],[4]



Základní požadavky kladené na vstříkovací formu:

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

## 2.1 Postup při konstrukci forem

Podkladem pro konstruktéra forem jsou výkresy vyráběné součásti, spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji. Vlastní konstrukce pak má následující postup:

- posouzení výkresu z hlediska tvaru, rozměrů. Je nutná další kontrola rozměrů, jejich tolerance, tloušťky stěn apod.
- určení dělicí roviny součásti, respektovat také směr potřebných úkosů, vhodné umístění vtokové a vyhazovací soustavy,
- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě,
- stanovení vhodného vyhazovacího a temperačního systému i odvodušnění dutin formy,
- návrh rámu formy (s hlediska stroje, násobností formy, vyhazovacího systému apod.),
- vhodné uspořádání, středění a upínání formy na stroj,
- kontrola funkčních parametrů formy, vstříkovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na stroj. [1]

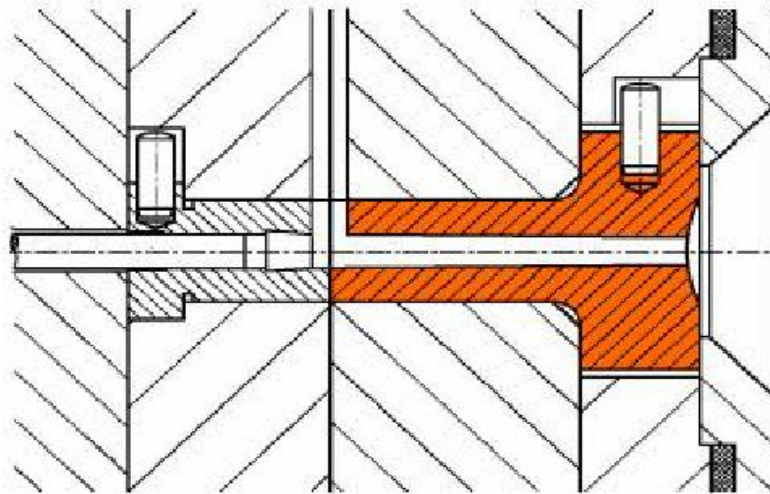


## 2.2 Vtokové systémy

Vtokový systém formy zajišťuje dopravu roztaveného polymerního materiálu ze vstřikovacího stroje do dutiny formy. Vtokové systémy se dělí na studené a vyhřívané.

### 2.2.1 Studené vtokové systémy

U studené vtokové soustavy se tavenina vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnějším povrchu prudce roste, a to vyžaduje použití vysokého tlaku při vstřikování (40 až 200 MPa).



*Obr. 6. Studený vtok*

Při řešení studených vtokových systémů musíme zabezpečit funkční řešení aby:

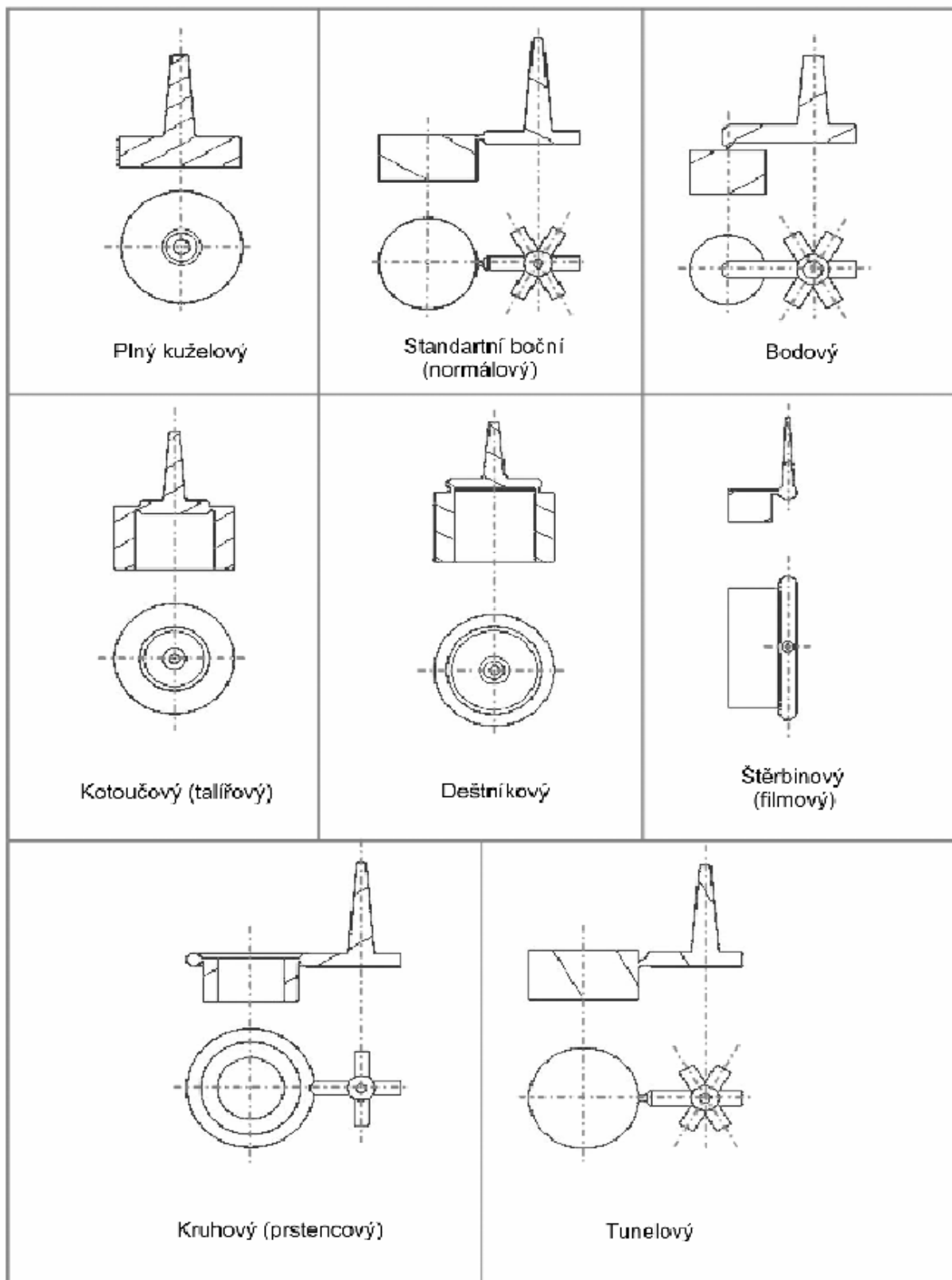
- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát,
- dráha toku byla ke všem dutinám stejně dlouhá, a tím se zajistilo rovnovážné plnění,

- průřez vtokových kanálků byl dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu, a tím se umožní působení dotlaku. Vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez (kruhový nebo také lichoběžníkový průřez).

Aby bylo možné uvedené zásady splnit, je potřebné:

- zaoblení všech ostrých hran vtokových kanálů min  $R=1\text{mm}$ ,
- stanovit úkosovitost všech toků pro jejich snadné odformování, minimální úkosy jsou  $1,5^\circ$ ,
- leštit povrch vtokového systému orientovaného ve směru vyjímání. Drsnost nemá klesnout pod  $0,2R_a$ .
- řešit zachycení čela proudící taveniny prodloužením rozváděcího kanálu. Zabrání se tím pronikání chladnějšího čela proudu taveniny do tvarové dutiny a tím se sníží povrchových vad výstřiku,
- ve vtokovém systému vyloučit místa s velkým nahromaděním materiálu.

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny. Omezí se strhávání chladných vrstev z obvodu vtoků, a tím i vytváření povrchových defektů. Vtokové ústí volíme co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, plastu i technologii vstřikování. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. Neméně je také důležité vhodné umístění vtokového ústí na výstřiku. Má rozhodující vliv na jeho vzhled a požadovanou kvalitu. [1]



Obr. 7. Typy ústí

### 2.2.2 Vyhřívání vtokové systémy

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

#### Vyhřívání trysky:

Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy.

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

- a) dotápěné vyústění izolovaného rozvodu vtoku. Je charakterizováno miniaturním topným tělesem, které je zabudováno do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do vyústění vtoku ( je nutné dodržet poměrně rychlý pracovní cyklus ).
- b) druhý způsob se vyznačuje přenosem tepla z vyhřívání rozvodu vtoků na trysku. Je dokonalejší oproti předchozímu systému. Používá se pro vícenásobné formy.

Konstrukční provedení přímo ohřívání trysky je charakterizováno dvěma základními principy:

- a) trysky s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je z tepelně vodivého materiálu. Z vnějšku je kolem tělesa trysky umístěno topení.
- b) trysky s vnitřním topením. U tohoto systému tavenina obtéká vnitřní vyhřívání vložkou, zhotovenou také z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí.

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

- otevřené pro plast, který netáhne vlas,
- se špičkou pro plast náchylný k tažení vlasu,
- s uzavírací jehlou,
- speciálně tvarované. [1]

### **Izolované vtokové soustavy:**

Pracují na principu vlastní termoplastické izolace v okrajových vrstvách vtokových kanálů. U tohoto systému tryska nemá vlastní vytápění. Její teplotu udržuje buď větší vrstva taveniny s tepelně izolační vlastností, nebo je ohřívána nepřímo. Lze je rozdělit na dva systémy.

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 cyklu k úplnému zatuhnutí taveniny.

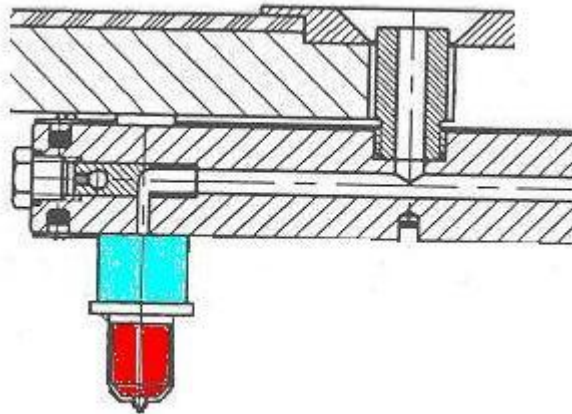
U výstříků s tlustší stěnou, kde vlivem delšího chlazení by mohlo nastat zatuhnutí proudu taveniny v celém průřezu, lze použít předkomůrkového vtoku. Vyznačuje se tím, že komůrka je zvětšena nebo do její dutiny zasahuje nástavec nebo prodloužená tryska z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí. Tento materiál je nepřímo ohříván vedením od vytápěného trysky vstřikovacího stroje. [1]

### **Vytápěné rozvodové bloky:**

Vstřikovací formy s rozvodovým blokem se používají v kombinaci s vyhříváními nebo i izolovanými tryskami s předkomůrkami. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce je podmíněná rovnoměrným vytápěním.

Ocelový rozváděcí blok je uložen mezi upínací a tvarovou desku v pevné části 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 izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou.

Blok je vytápěn nejčastěji zvenku elektrickým odporovým topením pomocí topných hadů zalitých mědí nebo topnými patronami s vytápěním zevnitř.



*Obr. 8. Rozvodový blok*

## 2.3 Vyhazovací systémy

Vyhazovací systémy slouží k vysunutí nebo k vytlačení zhotoveného výstřiku z dutiny formy a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. Konstrukční provedení vyhazovacích systému je velice rozmanité. Máme několik základních typu vyhazování výstřiku z dutiny formy:

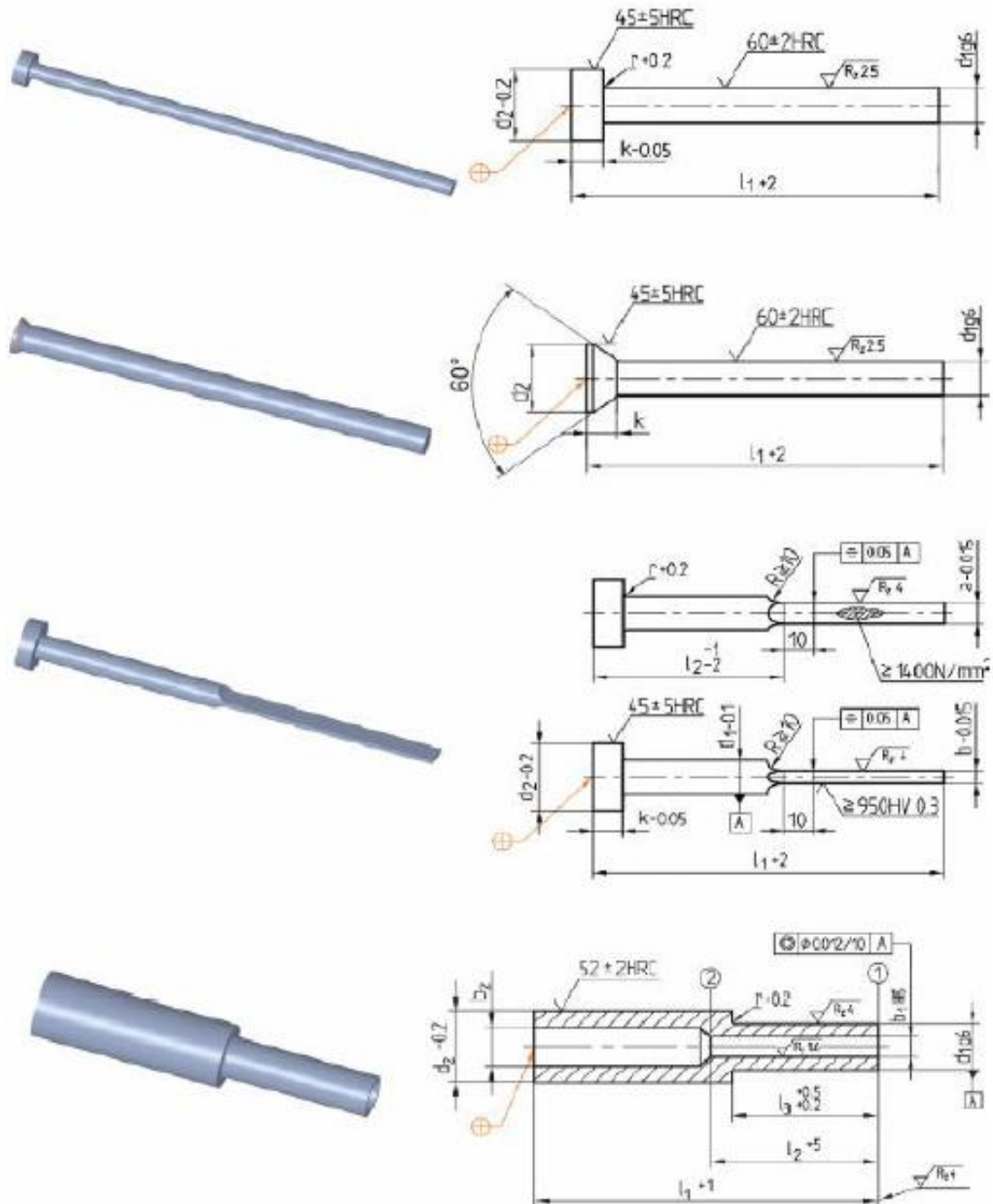
### 2.3.1 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiků. Uvedený systém lze použít tam, kde je možné umístit vyhazovač proti stěně výstřiku ve směru vyhození.

Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem mechanického vyhazování. Mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Jsou obvykle válcové, avšak mohou být i jiného tvaru. Ve formě

jsou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6 podle požadované funkce a tekutosti plastu.

Tvar i způsob ukotvení má nejrůznější podobu. (Obr. 9.)



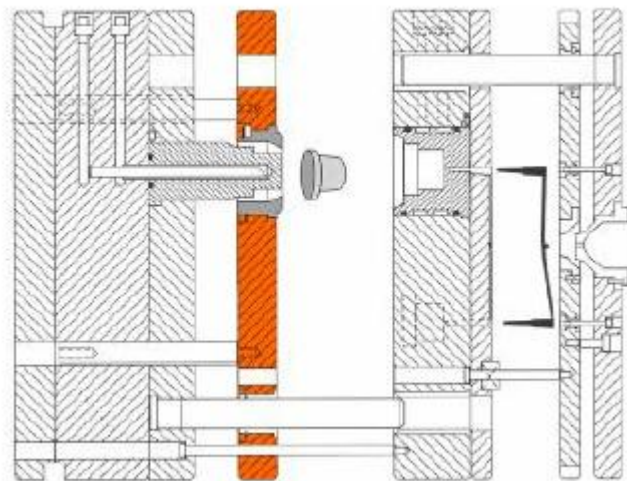
Obr. 9. Typy vyhazovačů

Vyhazovací kolíky jsou ukotveny ve dvojici pohyblivých desek. Podle jejich funkce nesou názvy kotevní a vyhazovací deska. [2]

### 2.3.2 Vyhazování stírací deskou

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

Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu. Působí přes vyhazovací desku spojenou táhly se stírací deskou. Pro zvýšení životnosti je stírací deska obvykle vyložena tepelně zpracovanou tvarovou vložkou, upevněnou v desce. [2], [4]



*Obr. 10. Stírací deska*

### 2.3.3 Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů

Je speciální způsob mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou uloženy k ní pod různými úhly. Využívá se k vyhazování malých a středně



velkých výstřiků a mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Tím se odstraní náročné posuvné čelisti s klínovým mechanismem. [2]

#### 2.3.4 Vzduchové vyhazování

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

### 2.4 Odvzdušnění forem

Odvzdušnění tvarových dutin forem zdánlivě nepatří k dominantním problémům při navrhování forem. Jeho důležitost obvykle vyplyne až při zkoušení hotového nástroje, kdy odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku, nebo jeho nízkých mechanických vlastností. Vzduch, který se v dutině formy uzavře, může při adiabatickém stlačení dosáhnout vysokých teplot. Účinkem těchto teplot se povrch vstřikovaného materiálu může spálit. Projevuje se to tmavými skvrnami, které nemusí být jen povrchové. Kromě toho místní vysoké tlaky a teploty přetěžují formu. Vzduch z dutiny formy často stačí uniknout dělicí rovinou, vzlít mezi pohyblivými částmi apod. V případě nedostatečného odvzdušnění je třeba formu opatřit odvzdušňovacími kanálky. Jedná se o jemnou drážku, obdélníkového průřezu, vytvořenou v dělicí rovině. Hloubky odvzdušňovacích mezer volíme dle vstřikovaného plastu.

Důležité je také určení místa pro odvzdušnění ve formě. Je třeba se řídit úvahou, jakým způsobem a směry naplní proudy taveniny dutinu. To samo o sobě závisí na umístění vtoku, tloušťce stěn a na kvalitativních podmínkách, které se kladou na výstřik a jeho požadovanou funkci. [2]

## 2.5 Temperace forem

Temperace slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování. Děje se tak ochlazováním, případně vyhříváním celé formy, nebo její části. Temperace tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu.

Na řešení temperačního systému mají vliv zejména tyto faktory:

- druh vstřikovaného materiálu,
- velikost a tvar výstřiku,
- požadavky na přesnost výstřiku,
- materiál formy.

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]

## 2.6 Materiály forem

Při výrobě vstřikovacích dílů se od formy vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené:

- druhem vstřikovaného plastu,
- vstřikovacím strojem,
- podmínkami vstřikování,
- přesností a jakostí výstřiku.

Pro výrobu forem tedy používáme takové materiály, které splňují provozní požadavky. Takové druhy představují:

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

Jednotlivé díly forem neplní stejnou funkci, a proto vyžadují i svoje specifické požadavky na volbu materiálu. Od požadovaných vlastností materiálu se vyžaduje především:

- dostatečná mechanická pevnost,
- dobrá obrobitelnost. [2]

Z hlediska technologie výroby výtřiků má ještě materiál funkčních dílů zajišťovat speciální požadavky na kvalitu struktury, která je dána:

- dobrou leštitelností a obrusitelností,
- zvýšenou odolností proti otěru,
- vyhovující kalitelností a prokalitelností,
- stálost rozměrů a minimální deformaci při kalení.

## 2.7 Tepelné zpracování části forem

Tepelným zpracováním dosahujeme požadovaných vlastností materiálu. Průběh je provázen změnou jejich struktury, ovlivňující především mechanické vlastnosti. Nejdůležitějšími způsoby tepelného zpracování jsou:

- žíhání ( odstranění vnitřního pnutí, měkké, ..),
- kalení ( zvýšení tvrdosti a pevnosti ),
- popouštění v návaznosti na kalení,
- chemicko-tepelná zpracování ( cementace, nitridování, ..). [2]

## 2.8 Údržba forem

Pro udržení dobré provozuschopnosti i dostatečné životnosti forem je třeba provádět včasnou a soustavnou údržbu. To představuje pečlivě sledovat formu se snahou udržet její funkci v optimálních podmínkách. Toho se dosáhne:

- čištění formy od zbytků plastů a jiných chemických produktů při vstřikování,
- dobrým mazáním všech pohyblivých dílů,
- dokonalou konzervací při odstavené formě,
- při zvětšením opotřebení zajistit jejich úpravu nebo náhradu.

Vlastní údržba se dělí do dvou fází:

- a) stálá údržba během provozu
- b) periodická údržba. [2]

## II PRAKTICKÁ ČÁST

### 3 POUŽITÉ APLIKACE

#### 3.1 AUTODESK INVENTOR 6

Autodesk Inventor je CAD aplikace pro 3D konstrukci. Autodesk Inventor obsahuje aktuální verzi programů Autodesk Inventor a Autodesk Mechanical Desktop. Díky tomu lze pokrýt potřeby konstruktérů jak v oblasti 3D navrhování, tak ve 2D. Program Autodesk Inventor obsahuje nástroje, které pomohou zkrátit proces navrhování a zefektivní vývoj výrobků. Do systému Autodesk Inventor jsou vloženy základní nástroje pro tvorbu součástí, sestav, součástí plechových dílů, tvorbu svařenců nebo pro přípravu hotových výkresů.

## 4 VSTŘIKOVANÝ DÍL

Výrobek slouží jako plastová objímka, která je součástí plastové krytky u autobusového madla. Tato objímka se skládá ze dvou částí, které na sebe dosedají.

### 4.1 Výstřík a jeho části



*Obr. 11. Výstřík*

*a) model výstříku, b) skutečný výstřík*

- obě části objímky na sebe dosedají a jsou vzájemně drženy pomocí kolíků (vrchní část modelu), které zapadají do otvorů (spodní část modelu),
- oba výstříky také obsahují žebra, která dávají konečnému výrobku tuhost.

## 4.2 Materiál výstřiku

Materiálem je akrylonitril-butadien-styren (ABS). Jedná se o tuhý, houževnatý a lesklý konstrukční plast. Dle typu je odolný proti nízkým a vysokým teplotám, malá nasákavost, zdravotně nezávadný a hořlavý. Odolává kyselinám, uhlovodíkům olejům a tukům.

Pro vstřikování byl použit ABS-FORSAN 449 od firmy Kaučuk, a.s.

Vlastnosti jsou uvedeny v Tabulce 1.

Tab. 1. Vlastnosti vstřikovaného plastu Forsan 449

VLASTNOSTI	NORMA/METODA	JEDNOTKA	TYPICKÁ HODNOTA	POZNÁMKA
Index toku taveniny	ISO 1133U	cm <sup>3</sup> /10min	31	220 °C; 10,0 kg
Rázová houževnatost Charpy	ISO 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	130	23 °C
Vrubová houževnatost Charpy	ISO 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	16	23 °C
Teplota měknutí podle Vicata	ISO 306/B50	°C	95	50 °C/h; 50N
Hořlavost	UL 94	stupeň	HB	1,6 mm; <sup>1)</sup>
Výrobní smrštění	Interní	%	0,4 - 0,7	



## 5 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Ke vstřikování byl zvolen vstřikovací stroj ENGEL 330/80/HL.



*Obr. 12. Použitý vstřikovací stroj ENGEL 330/80/HL*

Základní parametry vstřikovacího stroje:

- uzavírací síla 800 kN,
- otevírací vzdálenost 675 mm,
- rozměr upínací desky 700 x 650 mm,
- vstřikovací síla 40 kN.

## 6 KONSTRUKCE FORMY

U prototypové formy byly při konstrukci navrženy vlastní části forem. Vyhození výstřiku z formy je zvoleno pomocí vyhazovacích kolíků.

### 6.1 Prototypové formy

Prototypové formy a tato technologie výroby forem ze slitin hliníků se především vyznačují realizováním zakázky ve velmi krátké době. Cílem je poskytnout zákazníkovi prototypovou formu od návrhu až po dodání výstřiků v co nejkratší době. Právě v automobilovém průmyslu vyniknou výhody těchto forem. Tato technologie má uplatnění i v jiných oborech, kde hlavní prioritou je čas, nízká cena a menší série.

Výhody:

- rychlost výroby,
- výhodná cena,
- možnost snadných úprav,
- kvalita dílů srovnatelná se sériovou produkcí,
- možnost použít prakticky libovolného termoplastu.



*Obr. 13. Prototypové hliníkové formy*

## 6.2 Násobnost forem

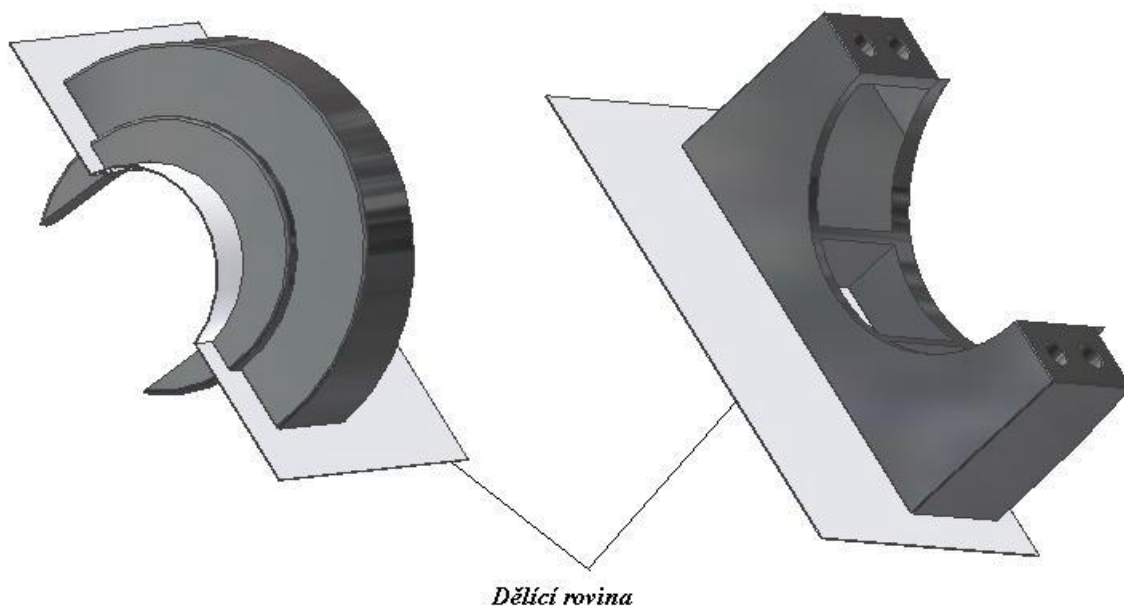
Při volbě násobnosti formy se nerozhodujeme pouze podle složitosti a přesnosti výstřiku, ale také podle množství výstřiku, kapacity stroje a ekonomiky výroby. Z hlediska kvality a přesnosti výstřiku je volena násobnost co nejmenší, naopak z hlediska ekonomiky je vhodné volit co nejvíce tvarových dutin u formy. Pro daný plastový díl byla zvolena čtyřnásobná forma, která umožňuje výrobu dvou kompletních objímek najednou, jak je naznačeno na obr. 14.



*Obr. 14. Násobnost formy*

### 6.3 Dělicí rovina

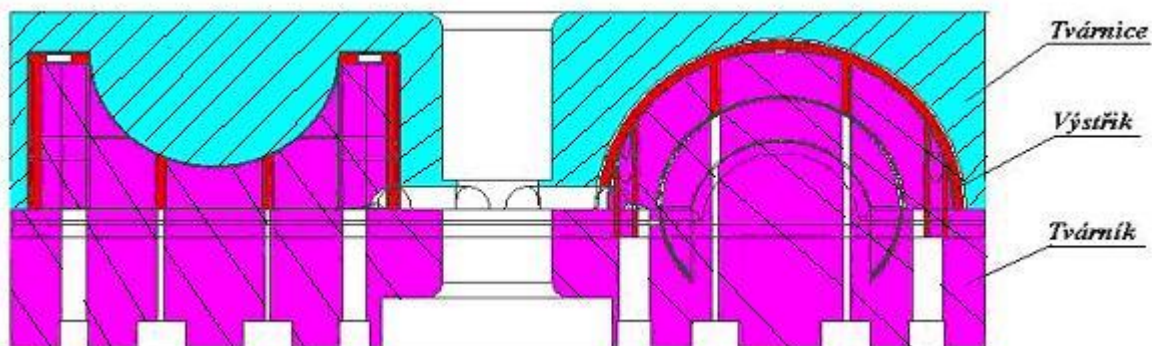
Podle tvaru výstřiku se volí nejjednodušší a tedy i nejvhodnější typ dělicí roviny, a to dělicí rovinu rovnoběžnou s upínáním formy. Výstřik je uložen tak, aby po otevření formy zůstal v levé části formy a mohl být snadně vyhozen pomocí vyhazovacích kolíků.



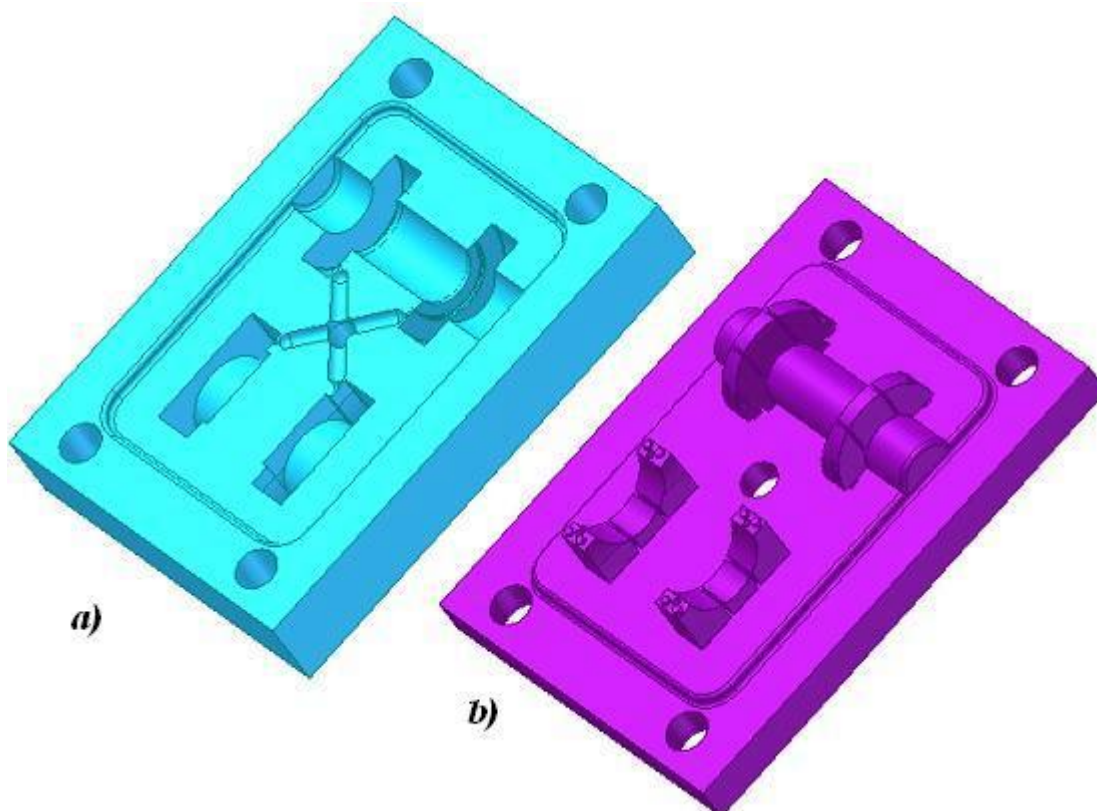
Obr. 15. Dělicí rovina výstřiků

## 6.4 Tvarová dutina

Tvar výstřiku je dán tvarovými deskami, které se nazývají tvárnice a tvárník.



Obr. 16. Řez tvarovou dutinou



Obr. 17. Tvarové desky – a) tvárnice, b) tvárník



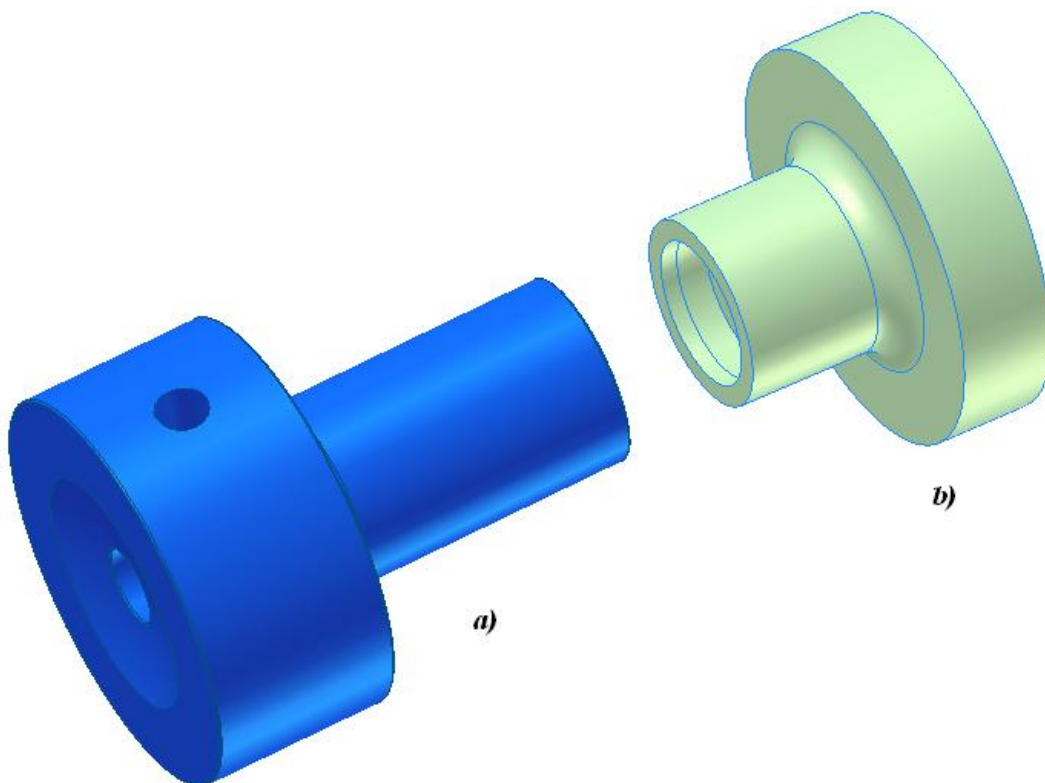
## 6.5 Odvzdušnění a chlazení forem

Dutina formy je před vstřikováním naplněna vzduchem. Při plnění formy je vzduch uzavřený v dutině formy stlačován, čímž se zvyšuje jeho teplota. Ta může způsobit spálená místa na výstřiku. V tomto případě vzduch stačí uniknou dělicí rovinou a vůli mezi pohyblivými částmi.

Tato prototypová forma je vyráběná především ze slitin hliníků, což nevyžaduje speciální chlazení formy v důsledku poměrně velkého součinitele tepelné vodivosti tohoto materiálu. Teplo z formy se odvádí do upínacích ploch vstřikovacího stroje, výstřikem a okolním prostředím.

## 6.6 Vtokový systém

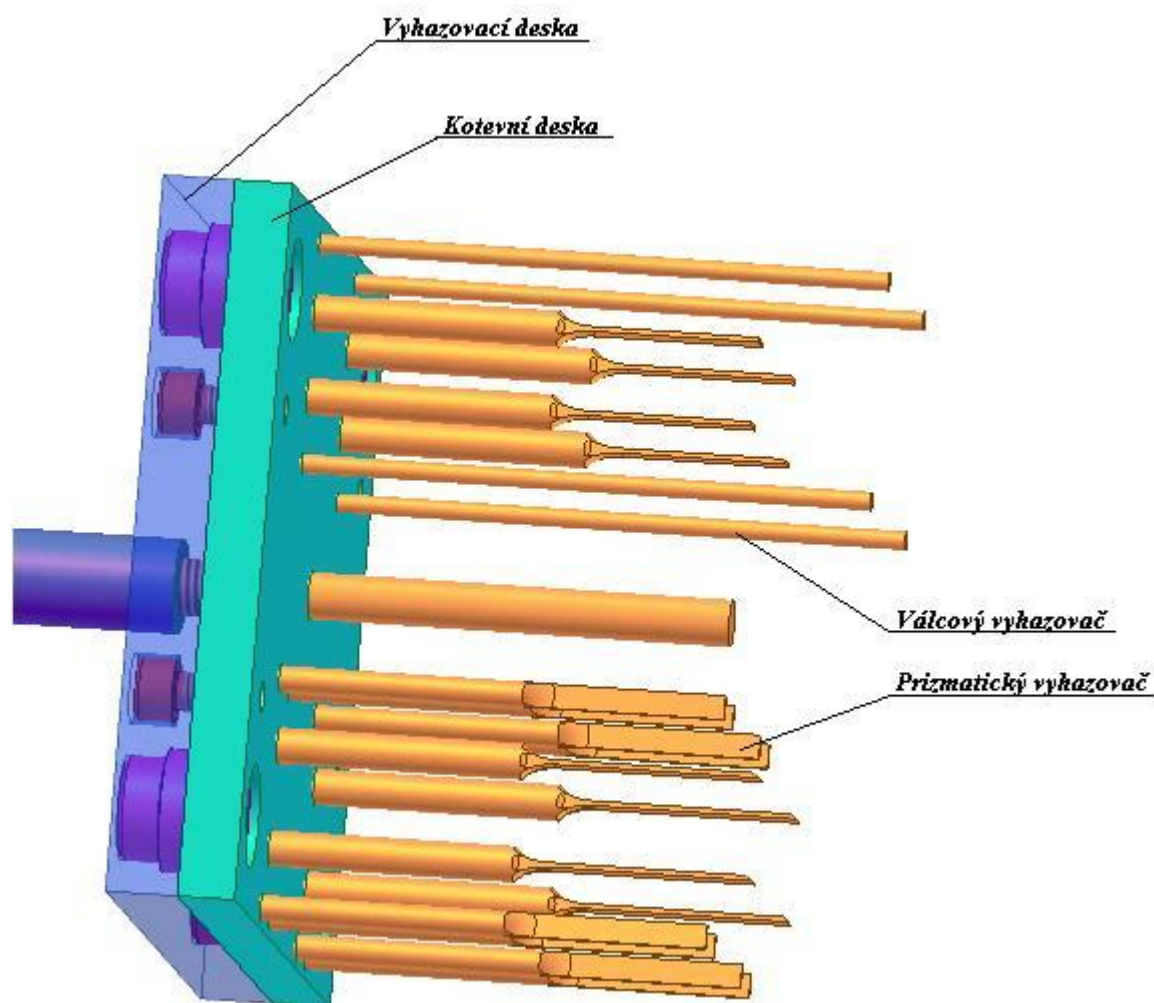
Forma je navržena pro studený vtokový systém. Vtoková vložka prochází pravou tvarovou deskou, dále je uložena ve vybrání v pravé upínací desce a zajištěním pomocí pravého středícího víčka.



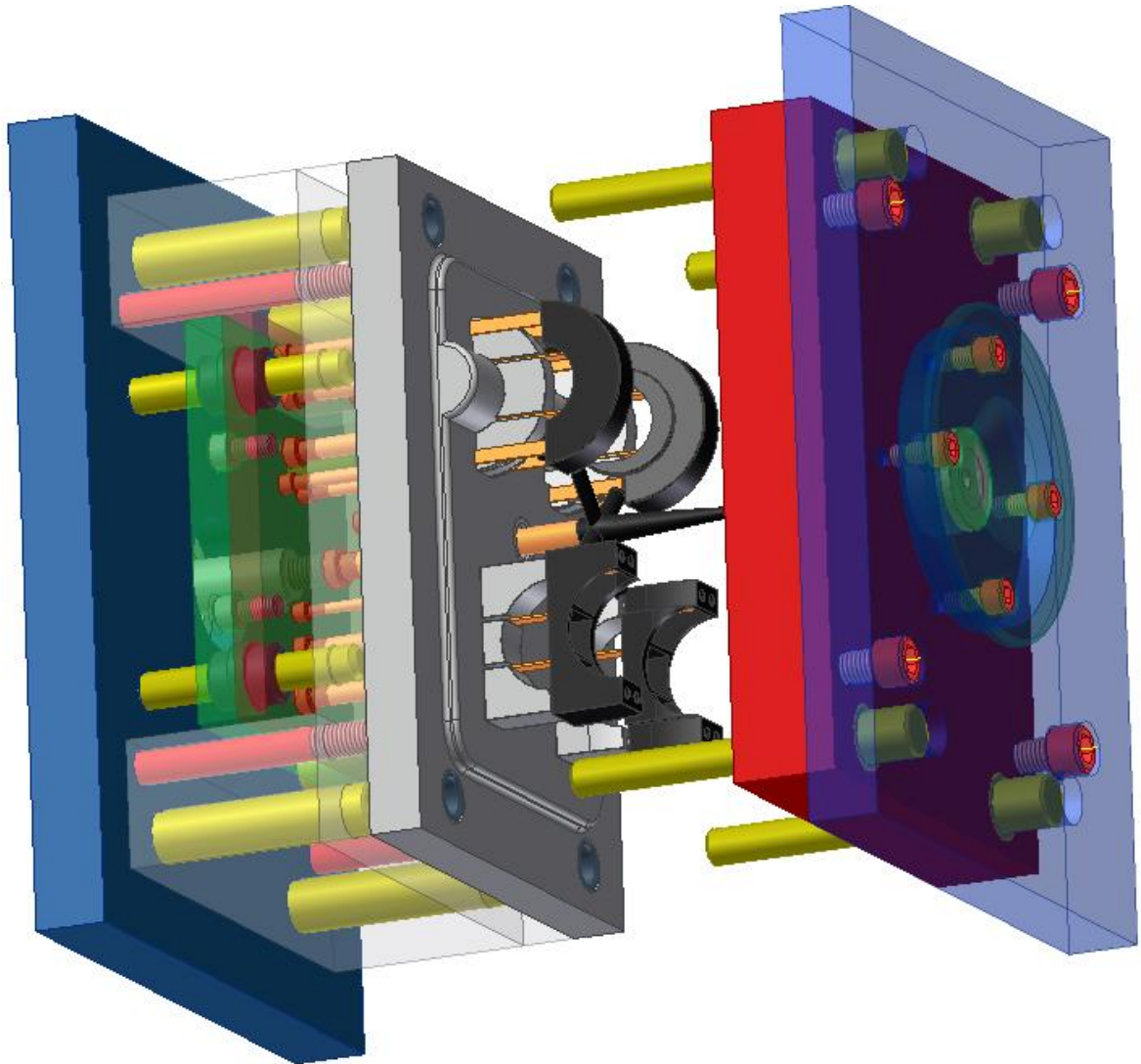
Obr. 18. Vtokový systém – a) vtoková vložka, b) vytrhávač vtoku

## 6.7 Vyhazovací systém

Vyhození výstřiků z formy je zajištěno pomocí vyhazovacích kolíků, které jsou ukotveny ve dvou pohyblivých deskách. Tyto pohyblivé desky se nazývají vyhazovací a kotevní. (viz obr.19)

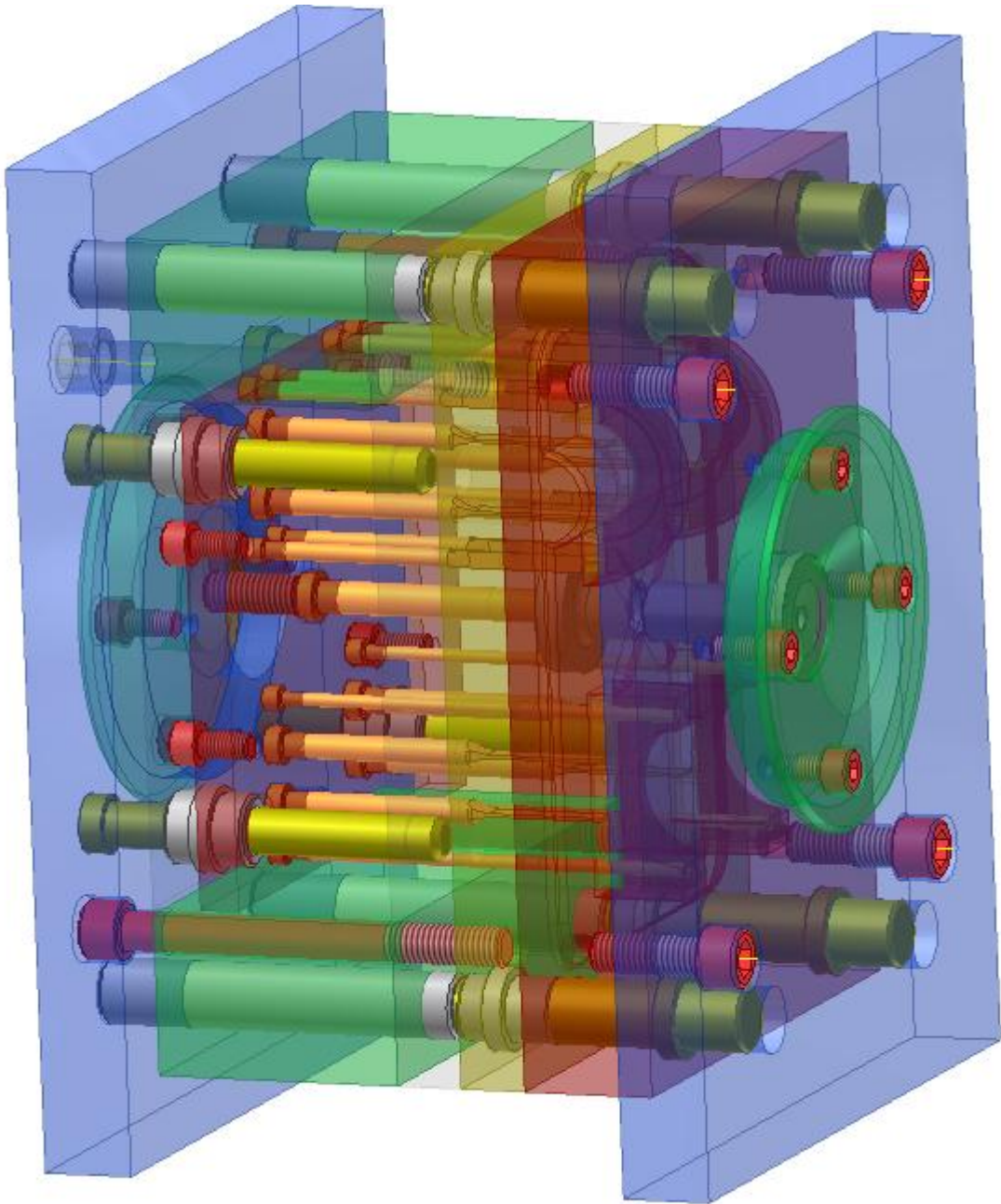


Obr. 19. Vyhazovací soustava

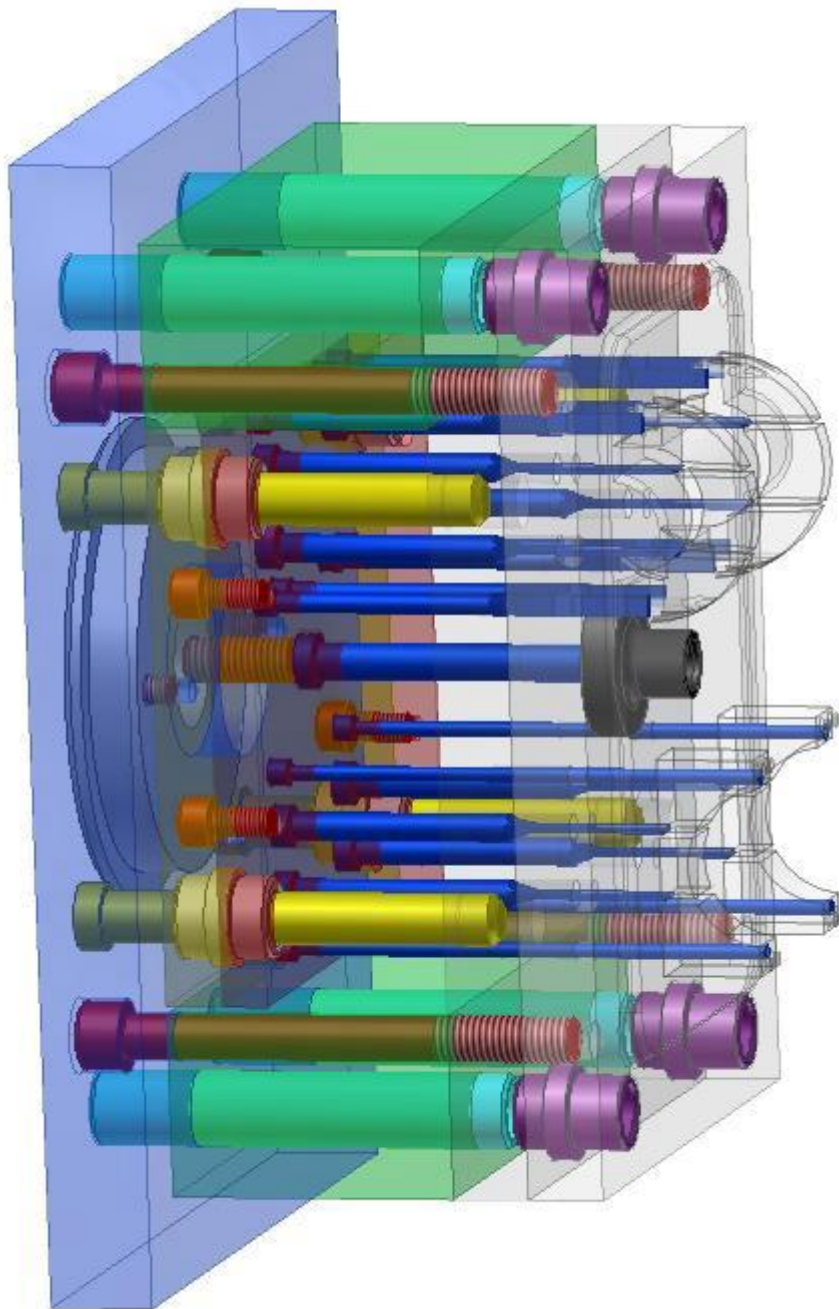


*Obr. 20. Vyhození výstřiků*

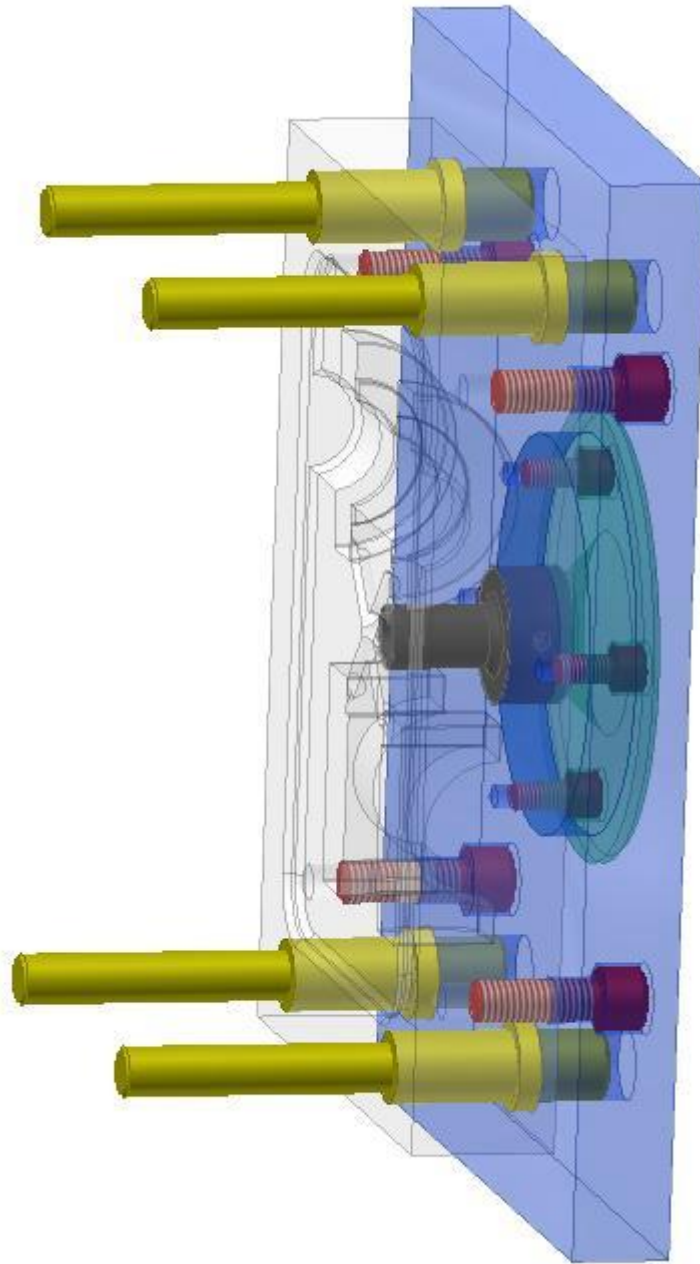




*Obr. 21. Vstřikovací forma*



*Obr. 22. Pohled na levou část formy*



*Obr. 23. Pohled na pravou část formy*

## ZÁVĚR

Cílem této práce byl návrh vstřikovací prototypové formy určené k výrobě plastové objímky pro krytku autobusového madla.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části- teoretickou a praktickou. Úkolem teoretické části bylo shrnout základní problematiku vstřikování a konstrukci forem.

Praktická část se zabývá návrhem a konstrukcí prototypové vstřikovací formy. K těmto účelům byl využit program Autodesk Inventor 6, který umožňuje tvorbu 3D součástí i celých sestav, ale také tvorbu 2D výkresů.

Hlavní vliv na výběr typu formy měl tvar výstřiku, který má skořepinový tvar s vnitřním žebrováním. Proto byla zvolena vstřikovací formu s vyhazovacím systémem pomocí válcových a prizmatických vyhazovačů. Násobnost formy byla zvolena jako kompromis mezi požadavky na přesnost výrobku a ekonomickou stránkou výroby. Pro tento případ byla zvolena 4-násobná forma. Forma má studený vtokový systém.

Bakalářská práce byla vypracována ve spolupráci s firmou Moulds and Tools - Technics, s.r.o., která se specializuje na výrobu prototypových a malosériových vstřikovacích forem ze slitin hliníku.

**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] HŘEBEČKA, Z., Bakalářská práce: Návrh vstřikovací pro plastový díl. 1.vyd. Zlín: 2001, 46s.
- [4] TOMIS, F., HELŠTÝN, J., Formy a přípravky. 2.vyd. PRAHA: SNTL, 1985, 374s. ISBN 414-33580.
- [5] HLUCHÝ, M., KOLOUCH, J., PAŇÁK, P. Strojírenská technologie 2 - Polotovary a jejich technologičnost I.díl PRAHA: SCIENTIA spol. s.r.o., 1999, 316s, ISBN 80-7183-117-4
- [6] KUBÍČEK, D., Bakalářská práce: Konstrukce formy pro vstřikování plastového dílu. 1.vyd., Zlín: 2005, 56s.
- [7] MENGES, G., MICHAELI, W., MOHREN, P., How to Make Injection Mould, Hanser Publisher, Munich. ISB 1-56990-282-8.
- [8] GASTROW, W., Injection Moulds 130 Proven Desing, Hanser Publisher, Munich, ISBN 1-56990-282-8
- [9] <http://www.mtt.cz>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

R	Rádus
2D	Dvourozměrný prostor
3D	Třírozměrný prostor
Cu	Měď
Al	Hliník
ABS	Akrylonitril-butadien-styren

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr.1.	Vstříkovací stroj .....	10
Obr.2.	Vstříkovací jednotka .....	12
Obr.3.	Uzavírací jednotka .....	13
Obr.4.	Vstříkovací cyklus .....	14
Obr.5.	Vstříkovací forma .....	15
Obr.6.	Studený vtok .....	17
Obr.7.	Typy ústí .....	19
Obr.8.	Rozvodový blok .....	22
Obr.9.	Typy vyhazovačů .....	23
Obr.10.	Stírací deska .....	24
Obr.11.	Výstřík – a) model výstříku, b) skutečný výstřík .....	31
Obr.12.	Použitý vstříkovací stroj ENGEL 330/80/HL .....	33
Obr.13.	Prototypové hliníkové formy .....	34
Obr.14.	Násobnost formy .....	35
Obr.15.	Dělicí rovina výstříků .....	36
Obr.16.	Řez tvarovou dutinou .....	37
Obr.17.	Tvarové desky – a) tvárnice, b) tvárník .....	37
Obr.18.	Vtokový systém – a) vtoková vložka, b) vytrhávač vtoku .....	38
Obr.19.	Vyhazovací soustava.....	39
Obr.20.	Vyhození výstříků .....	40
Obr.21.	Vstříkovací forma.....	41
Obr.22.	Pohled na levou část formy .....	42
Obr.23.	Pohled na pravou část formy .....	43

**SEZNAM TABULEK**

Tab.1. Vlastnosti vstříkovaného plastu Forsan 449 ..... 32



**SEZNAM PŘÍLOH**

**PI** - Příloha PI obsahuje:

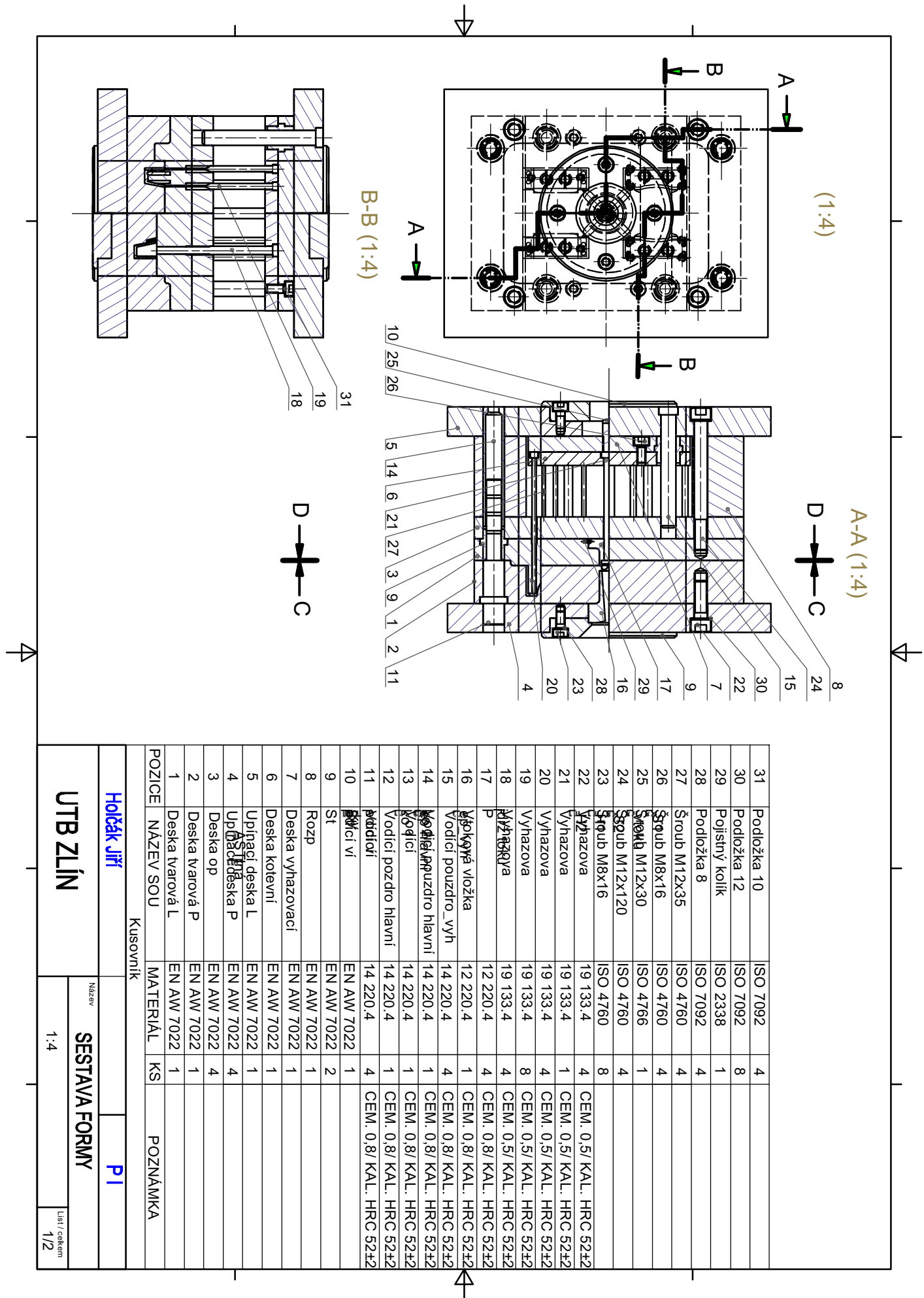
- 2D sestavu formy
- řez sestavou A-A
- řez sestavou B-B
- kusovník.

**PII** - Příloha PII obsahuje:

- pohled C-C
- pohled D-D.

**PIII** - CD disk obsahující:

- model formy a výkresovou dokumentaci v programu Inventor 6
- textovou část bakalářské práce.



**UTB ZLÍN**

**HOIČÁK JIŘÍ**

Kusovník

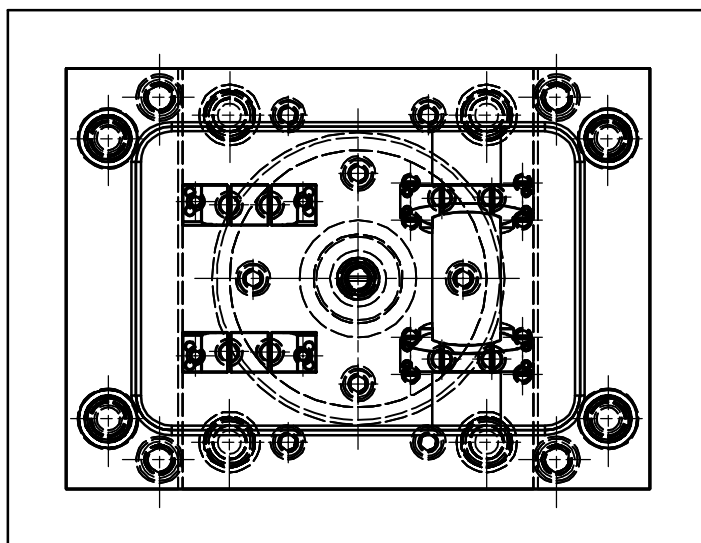
**PI**

Název: **SESTAVA FORMY**

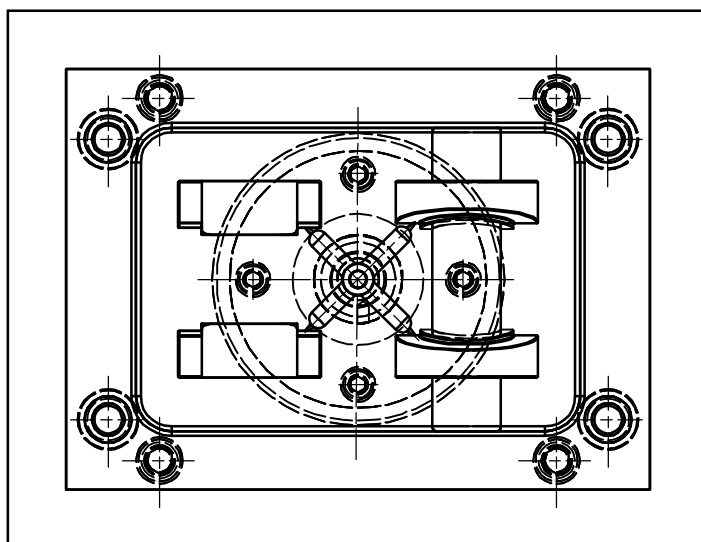
1:4

Libri / celkem 1/2

C-C (1:3)



D-D (1:3)



Holčák Jiří

UTB ZLÍN

Název

Pohled C, D

P II

List / celkem

2/2