

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B2341 Strojírenství

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Akademický rok 2011/2012

Josef ČERTÍK

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2341 Strojírenství  
Studijní zaměření: Konstrukce průmyslové techniky

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Vstřikovací forma s teplým vtokem

Autor: **Josef ČERTÍK**

Vedoucí práce: **Ing. Eva KRÓNEROVÁ, Ph.D.**

Akademický rok 2011/2012

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Josef ČERTÍK**  
Osobní číslo: **S11B0163K**  
Studijní program: **B2341 Strojírenství**  
Studijní obor: **Konstrukce průmyslové techniky**  
Název tématu: **Vstřikovací forma s teplým vtokem**  
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Vypracujte rešerši na zadané téma, zpracujte 3D návrh vstřikovací formy pro zadaný výrobek s využitím teplého vtoku. Zpracujte 2D dokumentaci a technicko-ekonomické zhodnocení.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Rešerše o vstřikovacích formách
2. Rešerše teplých vtoků
3. 3D dokumentace formy
4. 2D dokumentace formy
5. Technicko-ekonomické zhodnocení

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**DUCHÁČEK, V.** *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití.* Praha: VŠCHT, 2006


**KUTA, A.** *Technologie a zařízení pro zpracování kaučuků a plastů.* Praha: VŠCHT, 1999

**ČSN 64 0008** *Směrnice pro konstrukce výrobků z plastických hmot.* Praha: ÚNM, 1968


*Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.*

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Eva Krónerová, Ph.D.**  
Katedra konstruování strojů  
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Eva Krónerová, Ph.D.**  
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2011**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2012**

  
Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.  
děkan



  
Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. září 2011

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou/diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské/diplomové práce.

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Čertík	Jméno Josef		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2341R001 „Konstrukce průmyslové techniky“			
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Ing. Krónerová, Ph.D.	Jméno Eva		
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU – FST – KKS			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Vstřikovací forma s teplým vtokem			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

**POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)**

<b>CELKEM</b>	47	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	31	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	16
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Cílem práce je navrhnout vstřikovací formu s teplým vtokem pro výrobu kostky stavebnice LEGO. Práce je zaměřena především na konstrukci vstřikovací formy.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p>vstřikování plastů, vstřikovací forma, horký vtok, konstrukce forem</p>

## SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Čertík	Name Josef	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2341R001 “Design of Manufacturing Machines“		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Krónerová, Ph.D.	Name Eva	
<b>INSTITUTION</b>	ZCU – FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Hot runner injection mold		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2012
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	47	<b>TEXT PART</b>	31	<b>GRAPHICAL PART</b>	16
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The aim of the Bachelor Thesis is design of the hot runner injection mold, for processing LEGO brick. This thesis is especially focused on mold design.
<b>KEY WORDS</b>	Injection molding, Injection mold, Hot runner, Mold design

## Obsah

<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>4</b>
1.1 ZADÁNÍ.....	4
<b>2 REŠERŠE O VSTŘIKOVACÍCH FORMÁCH</b> .....	<b>5</b>
2.1 SHRNUTÍ POZNATKŮ O VSTŘIKOVÁNÍ TERMOPLASTŮ.....	5
2.1.1 Druhy plastů .....	5
2.1.2 Požadavky na vlastnosti plastů.....	6
2.1.3 Technologie zpracování termoplastů.....	6
2.2 POSTUP NÁVRHU VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	8
2.3 NÁSOBNOST FORMY.....	8
2.3.1 Formy jednokavitní .....	8
2.3.2 Formy vícekavitní .....	8
2.4 VTKOVÝ SYSTÉM .....	9
2.4.1 Formy se studeným vtokem .....	9
2.4.2 Umístění vtokového ústí.....	10
2.4.3 Druhy vtokových ústí .....	10
2.4.4 Formy s horkým vtokem .....	11
2.5 TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	11
2.5.1 Zásady konstrukce temperačního systému .....	11
2.5.2 Způsoby chlazení nepřístupných míst a jader .....	12
2.6 VYHAZOVACÍ SYSTÉM .....	14
2.6.1 Druhy pohonů vyhazovacího systému .....	14
2.7 ODFORMOVACÍ PRVKY FOREM.....	14
2.8 UPÍNÁNÍ FOREM V PROSTORU LISU .....	17
<b>3 REŠERŠE HORKÝCH VTKŮ</b> .....	<b>18</b>
3.1 IZOLOVANÁ HORKÁ VTKOVÁ SOUSTAVA .....	18
3.2 VNITŘNĚ VYHŘÍVANÁ HORKÁ VTKOVÁ SOUSTAVA.....	18
3.3 EXTERNĚ VYHŘÍVANÝ HORKÝ VTKOVÝ SYSTÉM.....	19
3.3.1 Horké trysky .....	19
3.3.1.1 Mechanismy otevírání horkých trysek.....	20
3.3.1.2 Vtoková ústí horkých trysek.....	21
3.3.1.3 Druhy trysek z hlediska orientace vstříku .....	21
3.3.2 Horký rozváděcí blok .....	22
<b>4 3D DOKUMENTACE FORMY</b> .....	<b>23</b>
4.1 VSTUPNÍ PARAMETRY PRO KONSTRUKCI.....	23
4.2 KONSTRUKCE VTKOVÉHO SYSTÉMU .....	23
4.2.1 Horké trysky .....	23
4.2.2 Horký rozváděcí blok .....	25
4.3 SESTAVA DESEK FORMY .....	29
4.3.1 Tvarové dutiny formy.....	29
4.3.2 Pevná část formy .....	30
4.3.3 Pohyblivá část formy.....	32



4.3.4 Prvky pro manipulaci s formou .....	34
4.4 KONSTRUKCE VYHAZOVÁNÍ .....	35
4.5 KONSTRUKCE TEMPERAČNÍHO SYSTÉMU .....	36
4.5.1 Temperace tvarových vložek a jader .....	36
4.5.2 Temperace ostatních desek formy .....	37
4.6 VÝBĚR VSTŘIKOVACÍHO LISU .....	39
<b>5 2D DOKUMENTACE FORMY .....</b>	<b>42</b>
<b>6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....</b>	<b>43</b>
6.1 ZÁVĚR .....	43
<b>LITERATURA A POUŽITÉ ZDROJE .....</b>	<b>44</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>45</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>46</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>47</b>

## Seznam použitých symbolů a zkratk

Označení	Legenda	Jednotka
2D	Dvou dimenzionální	[-]
3D	Tří dimenzionální	[-]
ABS	Termoplast akrylonitril-butadien-styrén	[-]
atd.	a tak dále	[-]
CAD	Computer-aided design	[-]
$F$	Uzavírací síla	[N]
$K$	Koeficient navýšení objemu	[%]
$n$	Násobnost vstříkovací formy	[-]
$p$	Vstříkovací tlak	[MPa]
$S_v$	Plocha průmětu tvarové dutiny do dělicí roviny	[mm <sup>2</sup> ]
tzv.	takzvaný	[-]
$V$	Vstříkovaná dávka	[cm <sup>3</sup> ]
$V_v$	Objem vstříkované součásti	[cm <sup>3</sup> ]

# 1 Úvod

Cílem této práce je konstrukční návrh vstřikovací formy s použitím horké vtokové soustavy. Před samotným konstrukčním návrhem zde budou popsány všeobecné poznatky a řešení týkající se jednotlivých konstrukčních skupin vstřikovacích forem a zvláště pak používaná řešení horkých vtokových systémů. Samotný konstrukční návrh bude zpracován v podobě kompletního 3D modelu vstřikovací formy a výkresové dokumentace vybraných částí.

## 1.1 Zadání

Vstřikovací formy s teplým vtokem:

Vypracujte rešerši na zadané téma. Zpracujte 3D návrh vstřikovací formy pro zadaný výrobek s využitím teplého vtoku. Zpracujte 2D dokumentaci a technicko-ekonomické zhodnocení.

## 2 Rešerše o vstřikovacích formách

### 2.1 Shrnutí poznatků o vstřikování termoplastů

Vstřikování je jedním z hlavních způsobů zpracování termoplastů. Stále více se uplatňuje i při zpracování kaučukových směsí. V současné době se vstřikováním zpracovává značné množství polymerů a význam této technologie stále vzrůstá. Umožňuje ekonomicky produkovat kvalitní a rozměrově dostatečně přesné výrobky. V jedné operaci se mění polymerní směs ve zcela hotový výrobek. Ve většině případů je možno odeslat jej přímo spotřebiteli. Pečlivě navržená a vyrobená forma může totiž eliminovat opracování výstřiku. Vtoky a vtokové zbytky můžeme v případě termoplastů rozebrat a znovu vstřikovat. Ztráty polymeru jsou tedy minimální. Vstřikovací cyklus je rychlý, lze jej automatizovat. Je založen na vstříknutí taveniny polymeru do chlazené formy. Forma je po ztuhnutí taveniny otevřena, výstřík vyjmut a stroj připraven k dalšímu cyklu. [1]

#### 2.1.1 Druhy plastů

Plasty jsou materiály lehké, korozivzdorné, s dobrými tepelně izolačními a elektricky izolačními vlastnostmi. Z hlediska jejich fyzikálních vlastností a mechanismu vytvrzování je můžeme rozdělit na: a) termoplasty  
b) reaktoplasty

Termoplasty:

Termoplasty jsou polymery s amorfní nebo semikrystalickou strukturou. Jsou teplem rozrušitelné a tvarovatelné, tudíž i snadno recyklovatelné. Většina termoplastů jsou vysokomolekulární polymery. Jejich molekulové řetězce jsou mezi sebou vázány slabými vazebnými interakcemi, které jsou tepelně rozrušitelné, při ochlazení se tyto vazby znovu obnoví.

Reaktoplasty:

Reaktoplasty jsou zesíťované polymery na bázi fenolformaldehydových či epoxidových pryskyřic. Vytvrzení těchto plastů se realizuje při jejich tváření za působení tepla a tlaku při kterém dochází k vytvoření husté trojrozměrné sítě mezi molekulami. Vytvrzení je děj nevratný. Při působení opětovného tepla se reaktoplast neroztaví, tak jako termoplast, ale dojde k jeho zničení. Na rozdíl od termoplastů, mají reaktoplasty vysokou tuhost a tvrdost, teplotní odolnost a dobrou tvarovou stálost za tepla.

Tab. 1 – Druhy polymerů [5]

termoplasty			
polyolefiny		akryláty	
PE	polyetylén	PMMA	polymethylmetakrylát
HDPE	lineární polyetylén	polyamidy	
LDPE	rozvětvený polyetylén	PA	polyamid
PP	polypropylén	polyestery	
chlórované plasty		PET	polyetyléntereftalát
PVC	polvinylchlorid	PC	polykarbonát
fluoroplasty		polyétery	
PTFE	polytetrafluóretylén	POM	polyoxymetylén
styrenové plasty		ketony, sulfidy, sulfony, imidy	
PS	polystyrén	PEEK	polyéteréterketon
ABS	akrylonitril-butadien-styrén	PPS	polyfenylénsulfid
SAN	styrén-akrylonitril	PES	polyétersulfon
ASA	akrylonitril-styrén-akrylát	PI	polyimid
reaktoplasty			
fenoplasty		epoxidy	
PF	fenolformaldehydová pryskyřice	EP	epoxidová pryskyřice

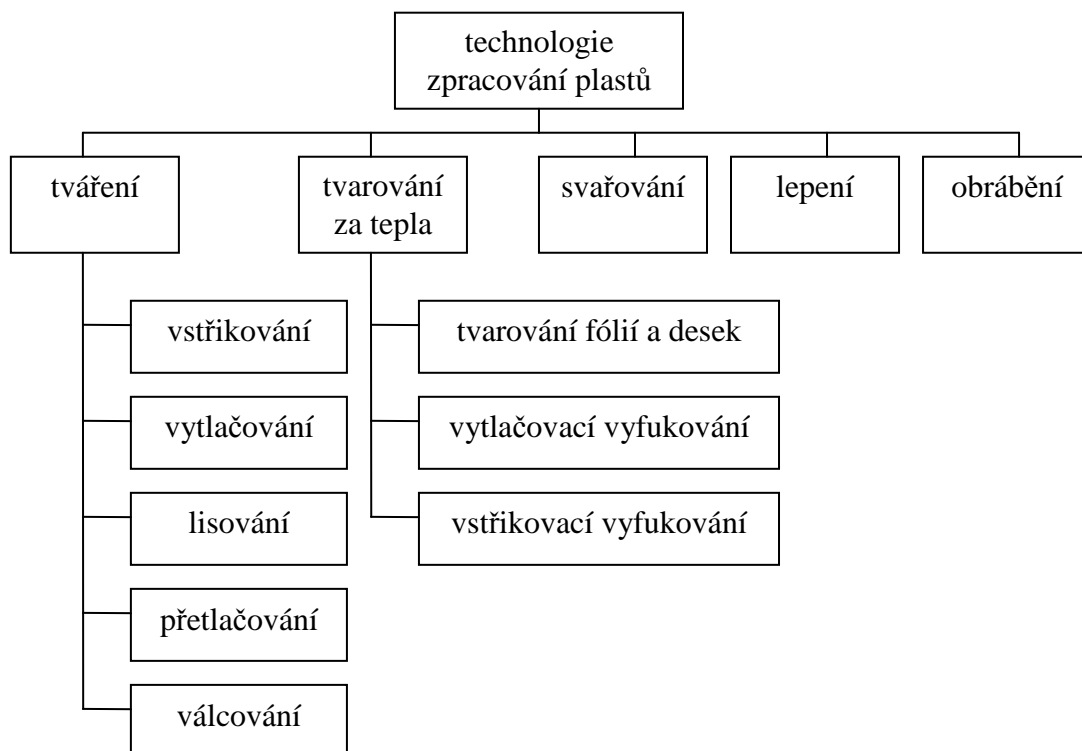
### 2.1.2 Požadavky na vlastnosti plastů

Plastové materiály jsou dnes používány v širokém spektru různých aplikací, jako jsou strojírenství, elektronika, doprava, lékařství, stavebnictví, oděvnictví, sport, atd. Od toho se značně liší požadavky na jejich vlastnosti. Hlavními výhodami plastů pro použití ve strojírenských aplikacích jsou nízký koeficient tření, korozní odolnost, samomazné vlastnosti některých z nich, dále nízká hustota, schopnost tlumení vibrací, nízké výrobní náklady a mnoho dalších. Ve stavebnictví je hlavním faktorem odolávání povětrnostním podmínkám, korozivzdornost, výborné tepelně izolační vlastnosti, atd.

### 2.1.3 Technologie zpracování termoplastů

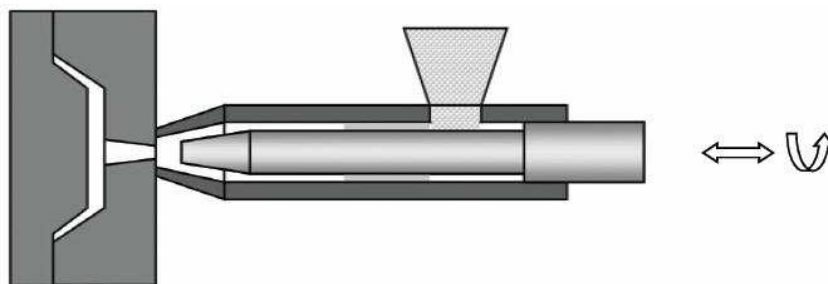
Termoplasty se mohou zpracovávat mnoha různými způsoby. Mohou se vytlačovat, válcovat, lisovat, přetlačovat, vstřikovat, vyfukovat, tvarovat, svařovat, lepit a obrábět. Technologie použitá k výrobě je závislá především na tvarové povaze, velikosti a počtu vyráběných kusů výrobku. Například pro výrobu menších, tvarově složitých a přesných součástí se používá vstřikování, pro výrobu lahví se používá vyfukování, pro výrobu trubek a profilů vytlačování, pro výrobu tvarově složitých uzavřených výrobků se po předchozí technologii jednotlivé části spojují lepením a pro kusovou výrobu jednoduchých součástí je nejekonomičtější obrábění.

Druhy technologií [5]:



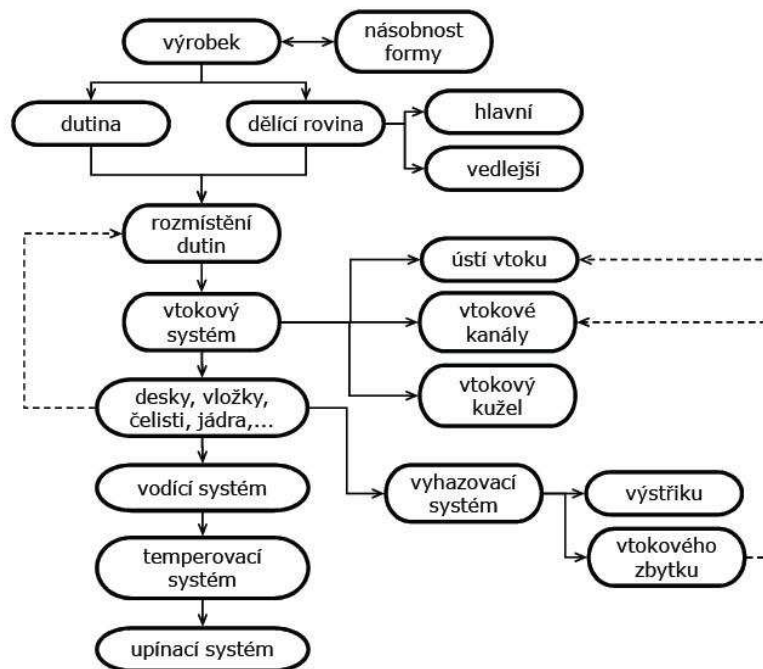
#### Vstřikování:

Vstřikování je způsob tváření polymerů, při kterém se tavenina polymeru vstřikuje pod tlakem pomocí pístu nebo šneku do tvarové dutiny vstřikovací formy. Výrobek (výstřik) získává tvar dutiny formy po ochlazení taveniny. Vstřikování je cyklický proces s průměrnou dobou cyklu u termoplastů 15 až 120 s. Doba cyklu závisí na vlastnostech polymeru a velikosti výstřiku. Hmotnost výstřiků bývá od několika gramů do 25 kg.



Obr. 1 – Schéma technologie vstřikování [5]

## 2.2 Postup návrhu vstřikovací formy



Obr. 2 – Postup návrhu vstřikovací formy [5]

## 2.3 Násobnost formy

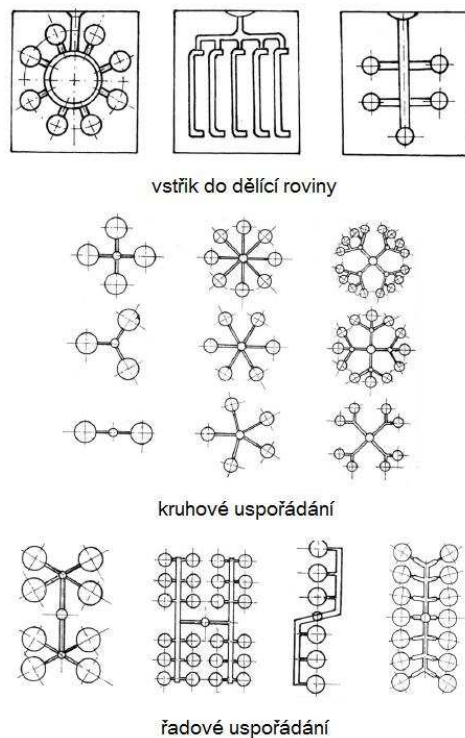
Násobnost formy určuje, kolik vstřikovaných dílů bude vyrobeno v jedné formě při jednom vstřikovacím cyklu. V zásadě se tak vstřikovací formy dělí na jednonásobné, tzv. jednokavitní a násobné, tzv. vícekavitní.

### 2.3.1 Formy jednokavitní

Jednokavitní formy se z ekonomických hledisek používají pro výrobu velkých součástí. Z technického hlediska je násobnost formy pro velké součásti omezena především parametry vstřikovacího lisu. Mezi nejpodstatnější patří uzavírací síla, vstřikovací kapacita lisu a velikost pracovního prostoru lisu. Jednonásobné formy se dále používají pro malé nebo ověřovací série, kde se příznivě projeví náklady na její výrobu.

### 2.3.2 Formy vícekavitní

Násobné formy se používají pro výrobu velkých sérií jednodušších výrobků, neboť větší pořizovací náklady na formy jsou vyváženy menšími provozními výdaji. Násobnou formou lze případně vyřešit i nesymetrické mechanické namáhání formy. Příklady rozmístění jednotlivých kavit v násobné formě jsou na obr. 3.



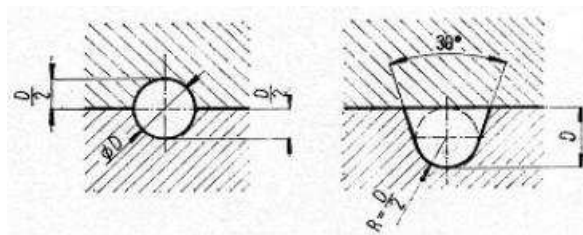
Obr. 3 – Příklady rozmístění kavit v násobné formě [3]

## 2.4 Vtokový systém

Účelem vtokového systému formy je umožnit přechod taveniny polymeru ze vstříkovací jednotky lisu do tvarové dutiny formy. Musí zajistit správné a úplné naplnění všech tvarových dutin ve formě.

### 2.4.1 Formy se studeným vtokem

U forem se studeným vtokem je polymer, roztavený v plastifikační komoře lisu, vstříkován do tvarové dutiny formy skrz vtokový kanál. Ten je umístěn přímo ve vstříkovací formě a polymer ve vtokovém kanálu chladne spolu s polymerem v tvarové dutině. To má za následek vznik vtokových zbytků, které je nutno od výstřiku oddělit, popř. se oddělí při otevírání formy samy a dále zpracovat. Navíc vstříkovaný materiál se při průchodu studeným kanálem poměrně rychle ochlazuje o jeho stěnu, čímž tuhne nebo zvětšuje svou viskozitu. Tím se, zvláště při stěnách, zmenšuje toková rychlost polymeru. Snahou je volit vtokové kanály co nejkratší, jednak vzhledem k tlakovým ztrátám, jednak vzhledem ke snaze o zmenšení velikosti vtokových zbytků. [2]



Obr. 4 – Obvyklý průřez vtokového kanálu [3]

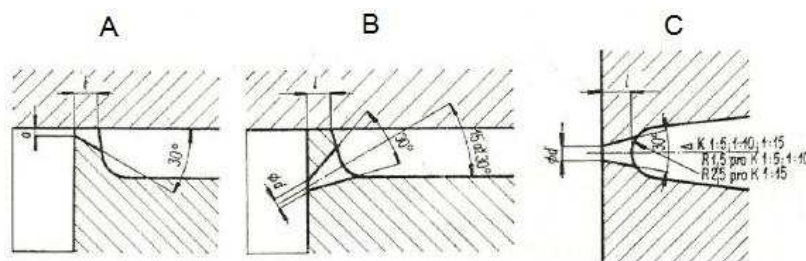


## 2.4.2 Umístění vtokového ústí

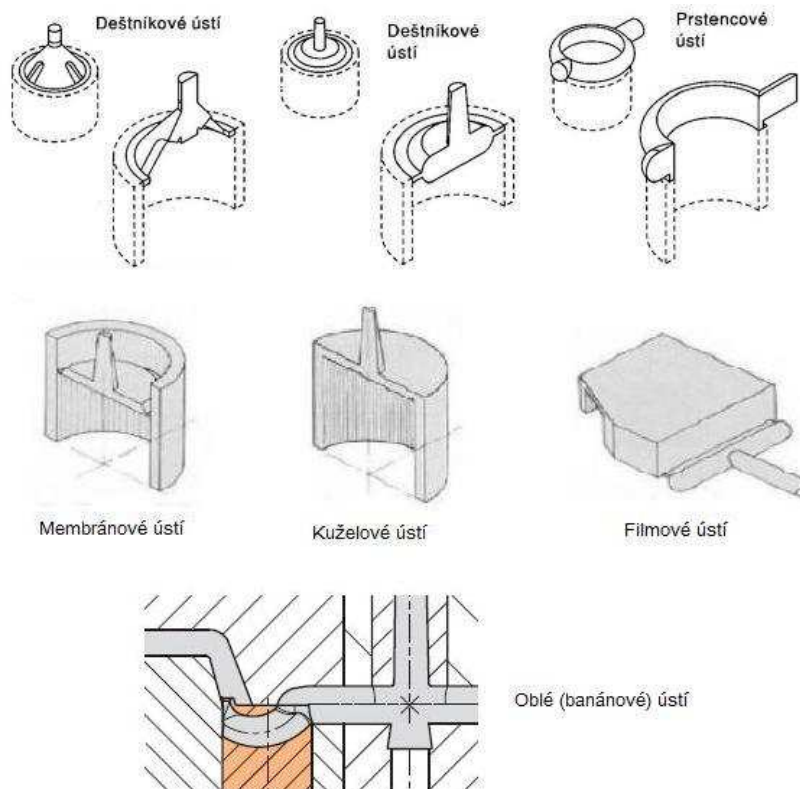
Umístění vtokového ústí je závislé především na tvaru výstřiku. Musí být umístěno tak, aby se tvarová dutina formy plnila rovnoměrně a aby nedocházelo ke vzniku studených spojů. Ty ovlivňují mechanické vlastnosti výstřiků i jejich vzhled. Studené spoje vznikají na výstřiku v místech, kde se spojuje v dutině formy proud taveniny rozdělený kolíky nebo výstupky vyčnívajícími do dutiny formy a vytvářejícími ve výstřiku otvory, dutiny nebo vybrání. Vtokové ústí bývá umísťováno do nejtlustšího místa aby polymer v něm zatuhl až po dokonalém naplnění tvarové dutiny a v neposlední řadě musí umožnit snadné oddělení vtokové soustavy od výstřiku.

## 2.4.3 Druhy vtokových ústí

Na obr. 5 jsou zobrazena nejčastěji používaná vtoková ústí, boční štěrbinové ústí (A), tunelové ústí (B) a přímé bodové ústí (C). Na obr. 6 jsou další varianty vtokových ústí.



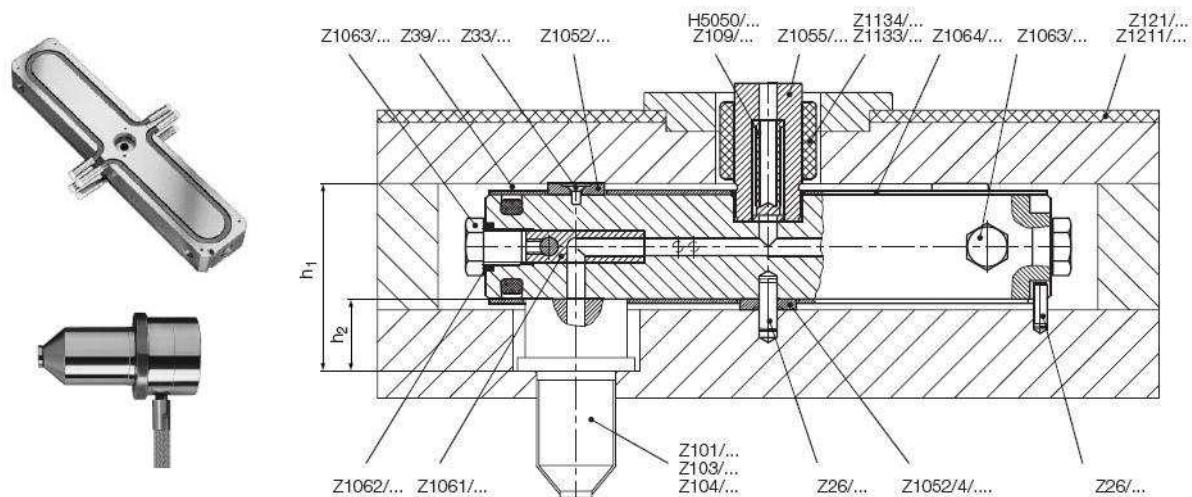
Obr. 5 – Nejpoužívanější vtoková ústí [3]



Obr. 6 – Ostatní druhy ústí vtokového systému [3], [4]

## 2.4.4 Formy s horkým vtokem

U forem s horkým vtokem je polymer vstřikován do formy, v níž jsou umístěny tzv. horké trysky a horký rozváděcí kanál. Tyto jsou odporově vyhřívané a ohřívají polymer i ve vstřikovací formě. Tím se zamezí vzniku vtokových zbytků a odpadá tak nutnost jejich dalšího zpracování. Používají se především u násobných forem, kde by byla značná velikost vtokových zbytků. Tato konstrukce vstřikovací formy je cenově náročnější, ale má své nesporné výhody. Krom odstranění vtokových zbytků to jsou např. zkrácení doby vstřikovacího cyklu, snížení tlakových ztrát, umožňují vlastní regulaci teploty, poškozený vtokový systém lze snadno vyměnit, atd.



Obr. 7 – Sestava horkého vtokového systému od firmy Hasco [4]

## 2.5 Temperační systém

Dutina formy je během vstřikování plněna taveninou polymeru, která je ve formě ochlazována na teplotu vhodnou k vyjmutí výstřiku. Temperační systém ovlivňuje plnění tvarové dutiny formy, kvalitu výstřiku a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí polymeru. Temperační systém zároveň slouží k ohřevu formy na požadovanou teplotu a musí zajistit její stálost během celého procesu vstřikování.

### 2.5.1 Zásady konstrukce temperačního systému

Temperační systém vstřikovací formy musí být navrhnout tak, aby vytvářel na povrchu tvarové dutiny pokud možno homogenní teplotní pole. Průtočný průřez temperačních kanálů však nesmí narušovat pevnost formy a vzhledem k vysokým vstřikovacím tlakům musí být dostatečně hluboko pod povrchem tvarových ploch, aby nedocházelo k jejich deformacím. Jako chladicí médium se nejčastěji používá voda. Chladicí kanálky proto musí být v určité vzdálenosti od všech okrajových ploch, aby nedošlo k jejich prorezavění. Zároveň nesmí být v temperačních okruzích slepá místa, kde by nedocházelo k proudění chladicího média. V takových místech dochází k usazování nečistot a vzniku korozních zárodků. Chladicí médium by mělo být přiváděno do míst s největším nahromaděním taveniny polymeru, tj. do místa ústí vtoku a proudit tak, aby se teplotní rozdíl ve směru toku taveniny zmenšoval.

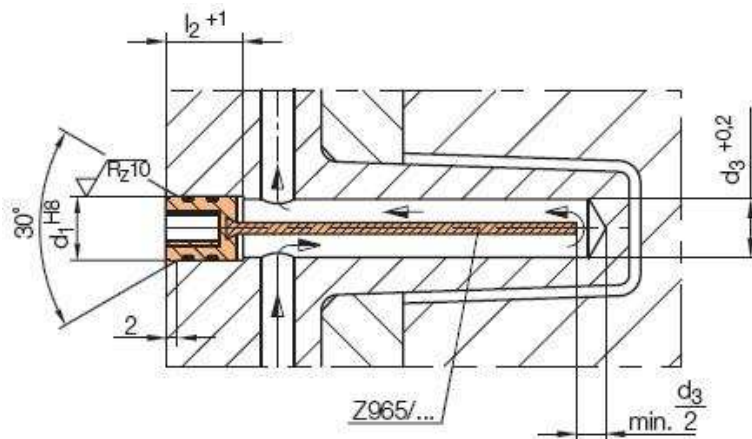
V neposlední řadě by měl temperační systém zajišťovat rovnoměrnou teplotní deformaci celé vstřikovací formy. Jeli to tedy nutné, temperační kanály musí zajistit chlazení nejen tvarové dutiny, ale i ostatních částí vstřikovací formy.

### 2.5.2 Způsoby chlazení nepřístupných míst a jader

Tvarová místa vstřikovacích forem, která ve výstřiku vytvářejí dutiny, nebo průchozí otvory, jsou nejvíce tepelně namáhanými částmi. Je proto nutné, aby jejich chlazení bylo dostatečně intenzivní. V takových částech však nelze vytvořit klasické chladicí kanálky pro průtok chladicího média. V praxi se proto využívá několika způsobů, jak tyto místa ochlazovat.

Temperační kanál s přepážkou:

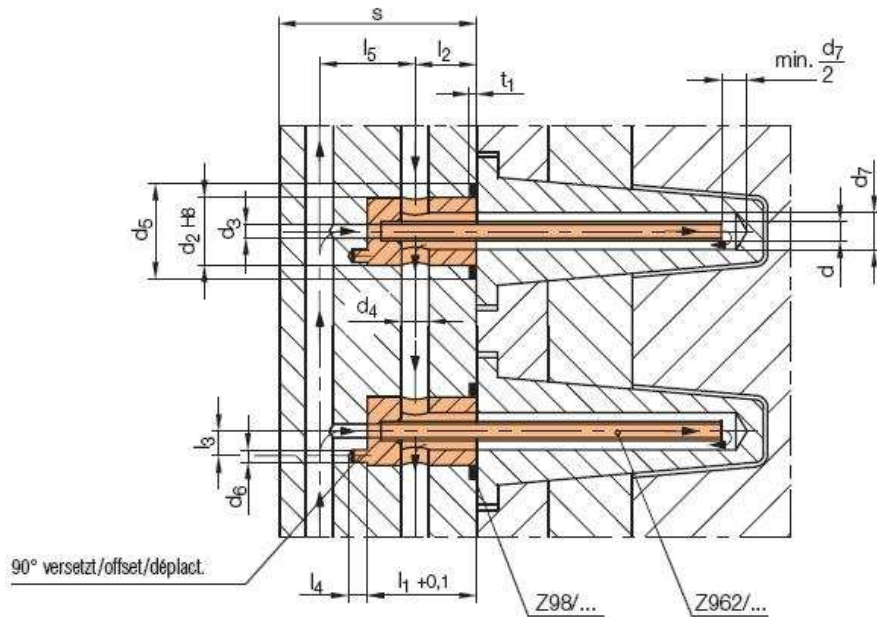
Do jádra je vyvrtán kanál, který je kolmo napojen na přívodní a odvodní kanálek. Do něj je umístěna přepážka, která usměrňuje proud chladicího média směrem do jádra, jak je vidět na obr. 8. Tento způsob je poměrně jednoduchý a levný, není však vhodný pro dlouhá a tenká jádra, kdy by teplotní rozdíl na jedné a druhé straně přepážky, způsobil jeho deformaci.



Obr. 8 – Uspořádání temperačního kanálu s přepážkou Hasco [4]

Fontánková temperace:

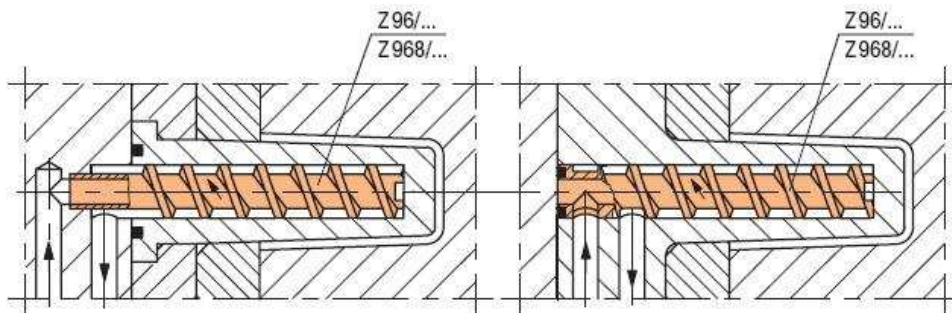
Při použití fontánkové temperace, jak je vidět na obr. 9, je do chlazeného jádra je vyvrtán otvor, do kterého je zavedena trubička se spodním přívodem chladicího média. Chladicí médium proudí skrz trubičku směrem ke slepému konci chladicího kanálku, kde z trubičky vyvěrá a při zpětném proudění smáčí a ochlazuje jeho stěny. Výhodou tohoto řešení je možnost temperace velmi tenkých jader, kdy průměr chladicího kanálku může být v rozsahu od 4 do 20 mm. Při chlazení dlouhých a tenkých jader je pak celý průřez chlazen rovnoměrně a nedochází tak k deformacím, způsobeným rozdílem teplot v jedné a druhé podélné polovině jádra, jako je tomu např. u obtokových přepážek.



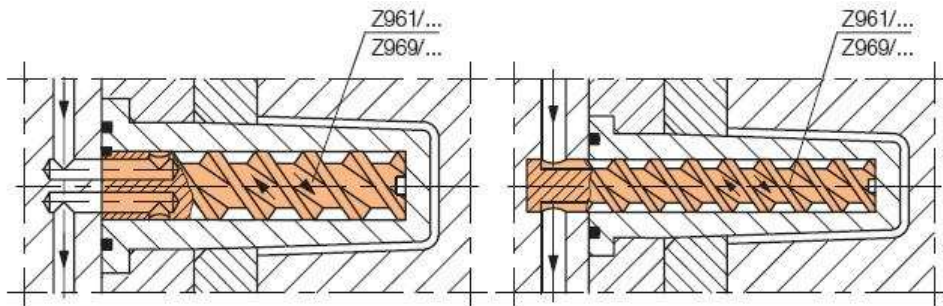
Obr. 9 – Uspořádání fontánkové temperace s fontánkami Hasco [4]

Temperační kanál se spirálovou vložkou:

Tento způsob se používá pro chlazení jader velkých průměrů, kdy chladicí kanál pro spirálovou vložku může mít průměr až 50 mm. Princip je stejný jako u obou předchozích variant. Do jádra je vyvrtán kanál pro šroubovou vložku a podle počtu chodů šroubovice na této vložce jsou přizpůsobeny kanálky pro přívod a odvod chladícího média, jak je znázorněno na obr. 10 a 11.



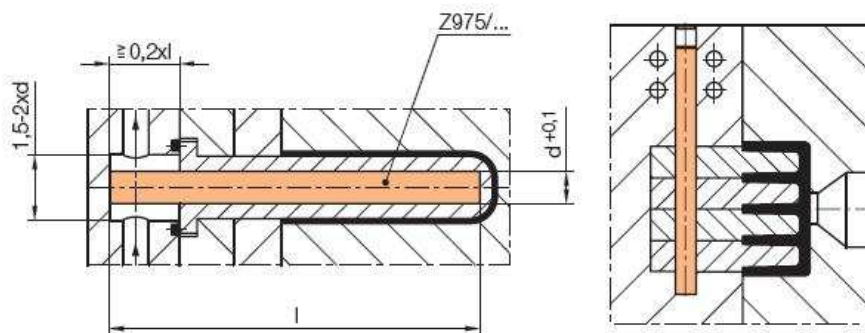
Obr. 10 – Uspořádání s jednochodou spirálovou vložkou Hasco [4]



Obr. 11 – Uspořádání s dvouchodou spirálovou vložkou Hasco [4]

Temperace vložkami s vysokou tepelnou vodivostí:

V případě nutnosti temperace drobných částí forem, do kterých není možné vzhledem k jejich rozměrům vrtat temperační kanálky, používají se vložky z tepelně vodivých materiálů. Tyto vložky na jednom konci obtéká chladicí médium. Vložka tak odvádí teplo z tvarové části.



Obr. 12 – Příklad vložkování vysoce tepelně vodivým materiálem [4]

## 2.6 Vyhadzovací systém

Účelem vyhadzovacího systému formy je odstranit po jejím otevření výstřik, který vlivem smrštění ulpěl ve tvarové dutině. Základním požadavkem na správnou funkci vyhadzování je nutnost setrvání výstřiku po otevření dělicí roviny v té části formy, jež je vybavena vyhadzovacím systémem. Dále je nutné, aby všechny stěny rovnoběžné se směrem vyhadzovacího pohybu byly dostatečně hladké a zkosené pod úhlem alespoň  $0^{\circ}30'$ . Rozmístění vyhadzovacích prvků je specifické pro každý výstřik. Jelikož po vyhadzovacích zpravidla na výstřiku zůstávají stopy, umísťují se na nepohledovou stranu výstřiku.

### 2.6.1 Druhy pohonů vyhadzovacího systému

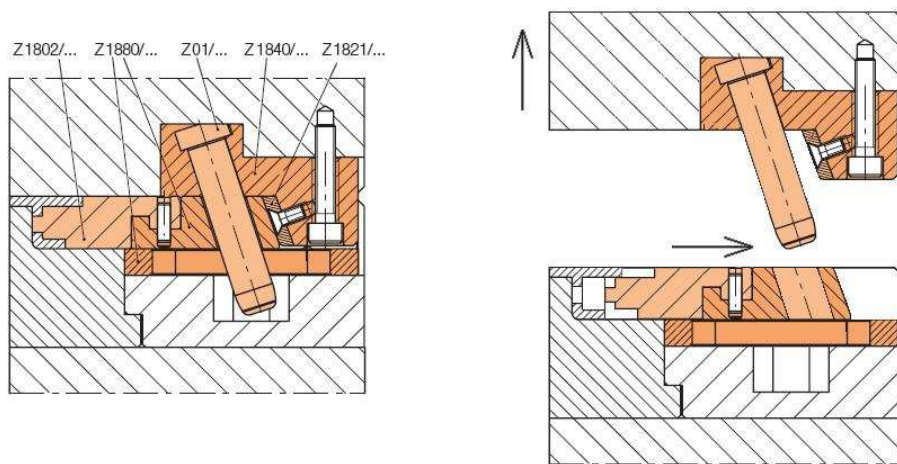
Mechanický pohon je nejčastějším řešením a je vázán přímo od vyhadzovací jednotky vstřikovacího lisu, případně od pohybu při otevírání vstřikovací formy. Další možností je pneumatický nebo hydraulický pohon vyhadzovacích a odformovacích prvků. Pohyb obou těchto systémů pohánějících mechanické vyhadzovače není omezován pohyby jednotlivých desek formy, je proto flexibilnější. Pro vyhadzování tenkostěnných výstřiků, které by mechanické vyhadzovače zdeformovaly, případně úplně znehodnotily se používá stlačený vzduch. Ten je pomocí speciálních ventilů přiveden přímo do tvarové dutiny formy. Při vyhození je vzduch přiveden mezi stěnu tvarové dutiny a stěnu výstřiku. Vzniklá vzduchová kapsa vytlačí výstřik z dutiny formy.

## 2.7 Odformovací prvky forem

Vyskytují-li se na výstřiku podkoso, které brání ve vyhození výstřiku přímým pohybem do dělicí roviny, je nutno tyto podkoso před nebo během vyhození odformovat. Odformovací členy musí proto vykonávat pohyb rovnoběžný s dělicí rovinou, případně se pohybovat i

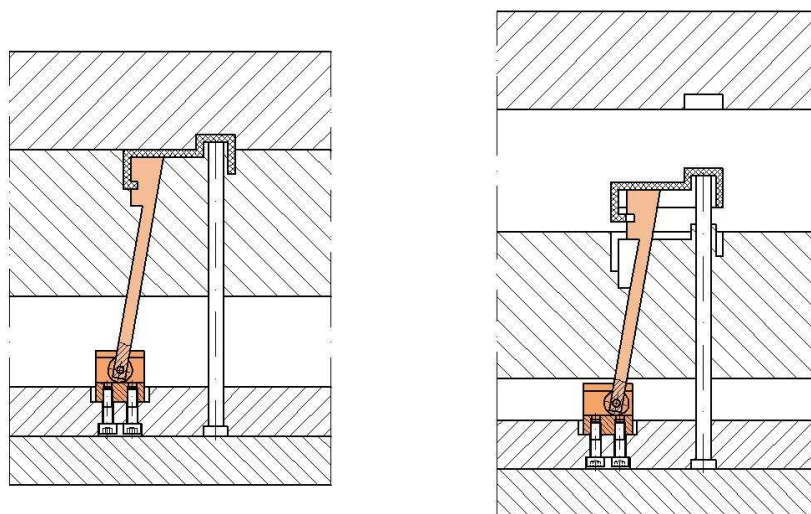
směrem do dělicí roviny. Při odformování nepřerušovaných vnitřních závitů musí závitová jádra konat otáčivý pohyb.

Nejběžnějším způsobem odformování podkosů je kombinace šoupátka a šikmého kolíku. V jedné polovině formy, zpravidla v té, v níž výstřik po otevření formy zůstane, je v kluzném vedení uloženo šoupátko, na jehož čelní straně je tvarová část, vytvářející na výstřiku podkos. V druhé polovině formy je uložen šikmý kolík. Jeli forma uzavřená, šoupátko je ve výchozí poloze a je zajištěno protikusem, který slouží zároveň jako pouzdro pro šikmý kolík. Při otvírání formy je pak šoupátko vysouváno kolíkem směrem od tvarové dutiny formy. K odformování tak dochází při otevření formy, poté následuje vyhození výstřiku.



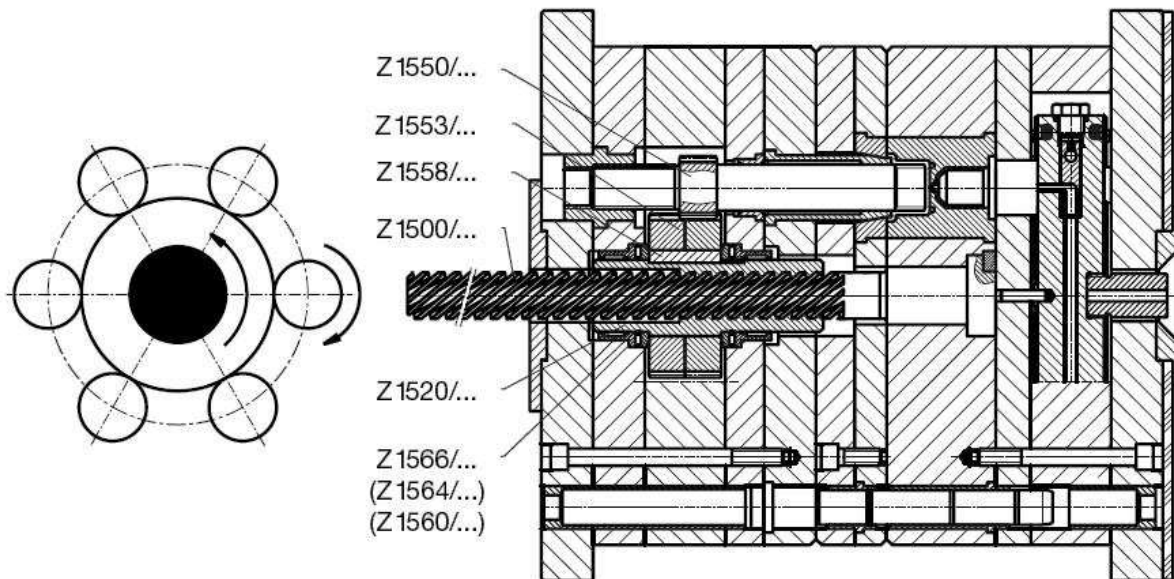
Obr. 13 – Sestava šoupátka se šikmým kolíkem Hasco [4]

Vyskytují-li se podkosy na výstřiku v takových místech, jež vylučují použití šoupátka a šikmého kolíku, používají se tzv. kleštiny. Ty jsou pomocí šikmého vedení uloženy v tvarové desce formy. Jejich pohyb je vázán od vyhazovací desky, na které jsou připevněny přes posuvné vedení. Na rozdíl od šoupátka a šikmého kolíku dochází k odformování až při vyhození výstřiku.

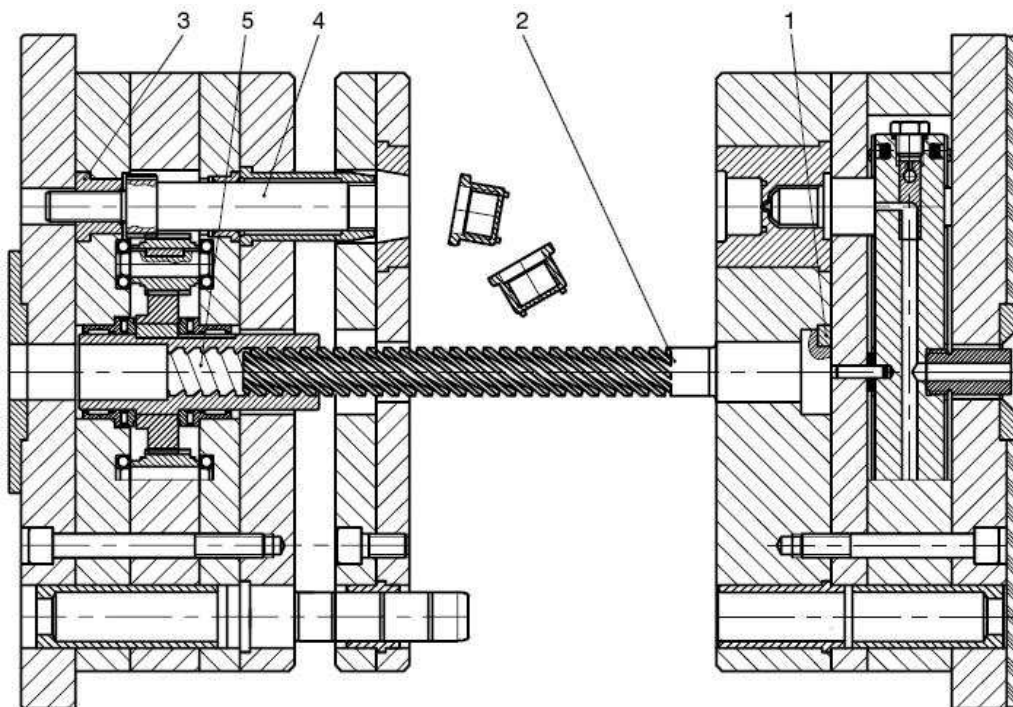


Obr. 14 – Odformování podkosu kleštinou

Při vstřikování součástí s vnitřním nepřerušovaným závitem je nutné, aby jádro tvořící tento závit bylo před vyhozením, nebo při vyhození vyšroubováno z výstřiku. Tento pohyb se obvykle zajišťuje pomocí šroubového trnu, který pohání soustavu ozubených kol, jež přenášejí otáčivý pohyb v určitém převodovém poměru ke šroubovým jádrům. Šroubový trn může být uchycen v pevné části formy a k vyšroubování jádra tak dochází při otevírání formy (obr. 15 a 16). Otočný pohyb jádra může být zajištěn i jinými způsoby, např. hydraulickým válcem poháněným ozubeným hřebenem. Výjimkou jsou závity tvořené samostatnou vložkou, která se vyhodí z formy spolu z výstřikem a poté je ručně nebo pomocí přípravku z výstřiku vyšroubována.



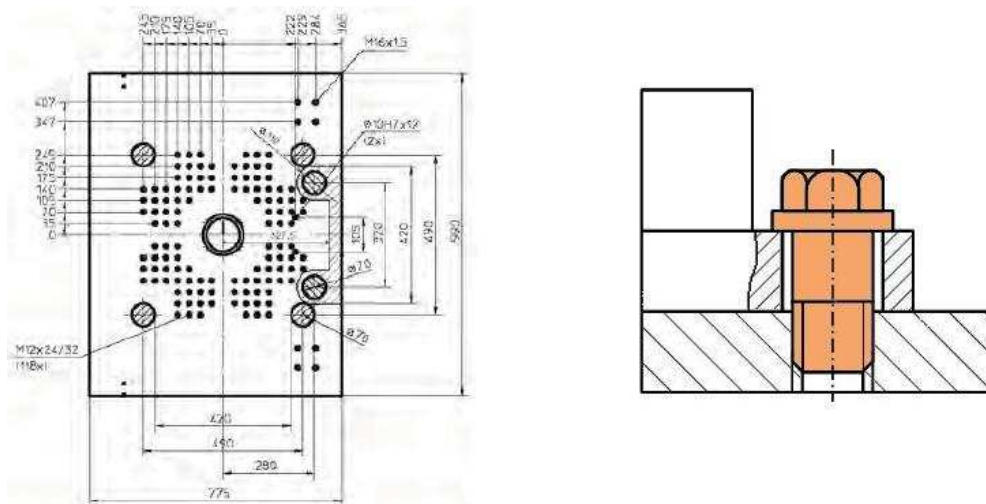
Obr. 15 – Sestava formy pro závitová víčka s odformovacími komponenty Hasco [4]



Obr. 16 – Forma pro závitová víčka po otevření [4]

## 2.8 Upínání forem v prostoru lisu

Předpokladem pro bezproblémový průběh vstřikovacího cyklu je správné ustavení a upnutí vstřikovací formy v pracovním prostoru vstřikovacího lisu. Zejména zajištění správné polohy vstřikovací jednotky lisu vůči vtokové vložce formy. Zajištění správné polohy formy v lisu se nejčastěji realizuje pomocí tzv. centrážního kroužku. Jde o ocelový kroužek umístěný uprostřed upínací desky formy, který přesně zapadá do kruhového vybrání ve stolu vstřikovacího lisu. Po ustavení formy v lisu je potřeba formu upnout. Upnutí je možné přímo pomocí šroubů, jež procházejí otvory v přesahu upínacích desek (obr. 17), nebo pomocí upínek. Pro výrobní provozy, kde dochází k častým výměnám forem, je za účelem zkrácení montážních časů při výměně formy lis vybaven rychloupínacím zařízením.



Obr. 17 – Příklad přímého upnutí formy a rozmístění upínacích otvorů lisu Arburg 420 C



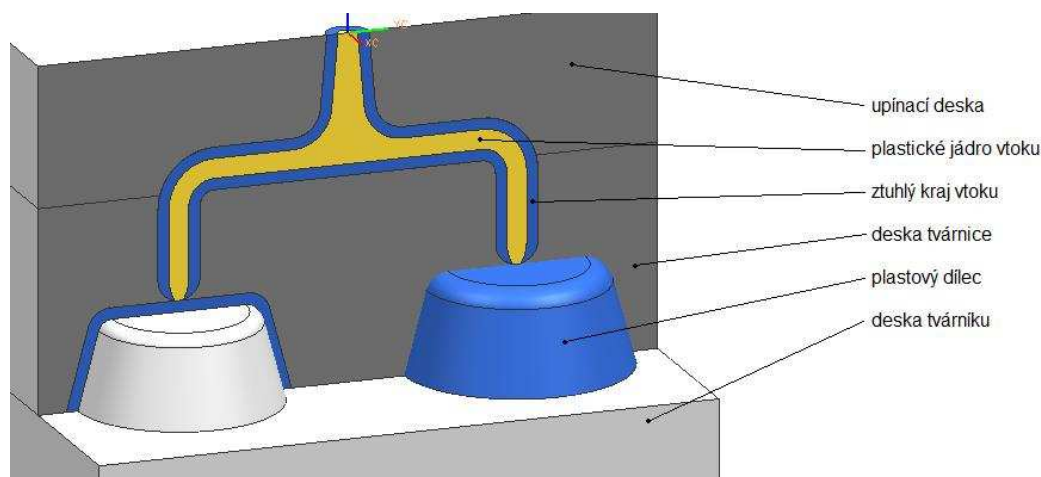
### 3 Rešerše horkých vtoků

Při výrobě rozměrově malých dílů v násobných formách, u kterých by byla hmotnost vtokového zbytku příliš velká v poměru k hmotnosti vstřikovaných součástí, se při velkém objemu výroby nevyplatí použití studeného vtoku. Aby byla výroba ekonomická, používá se horký vtokový systém. Je to v zásadě prodloužení plastifikační komory lisu. Jeho funkce tkví v odporovém vyhřívání rozváděcích kanálů formy, ve kterých je polymer během celého vstřikovacího cyklu plastický. Polymer tuhne pouze v tvarové dutině a po otevření formy dochází k vyhození výstřiku bez vtokového zbytku. Podle funkce a konstrukce rozlišujeme tři typy horkých vtokových systémů:

- Izolovaná horká vtoková soustava
- Vnitřně vyhříváná horká vtoková soustava
- Externě vyhříváný horký vtokový systém

#### 3.1 Izolovaná horká vtoková soustava

Izolovaná horká vtoková soustava nevyžaduje speciální vyhřívání vtokového systému. Kanály kterými proudí polymer do tvarové dutiny mají velký průměr (10 až 15mm). Při průchodu taveniny polymeru dochází k jeho ztuhnutí u studené stěny kanálu, uprostřed kanálu však zůstává polymer plastický. U tohoto typu je nutný krátký vstřikovací cyklus, aby nedošlo ke ztuhnutí polymeru v celém průřezu kanálu.

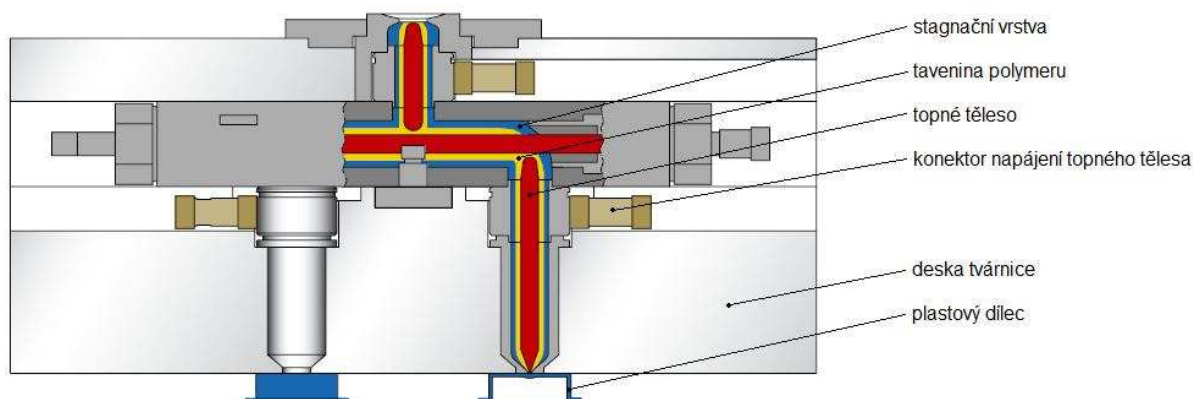


Obr. 18 – Izolovaná horká vtoková soustava

#### 3.2 Vnitřně vyhříváná horká vtoková soustava

Stejně jako izolovaná horká vtoková soustava má i vnitřně vyhříváná vtoková soustava rozváděcí kanály s velkým průměrem. Do os těchto kanálů jsou zavedena odporová topná tělesa, která kanál vyhřívají a udržují polymer v plastickém stavu. U tohoto způsobu dochází u stěn kanálků k výskytu tzv. stagnačních zón. V těchto zónách dochází k zastavení toku

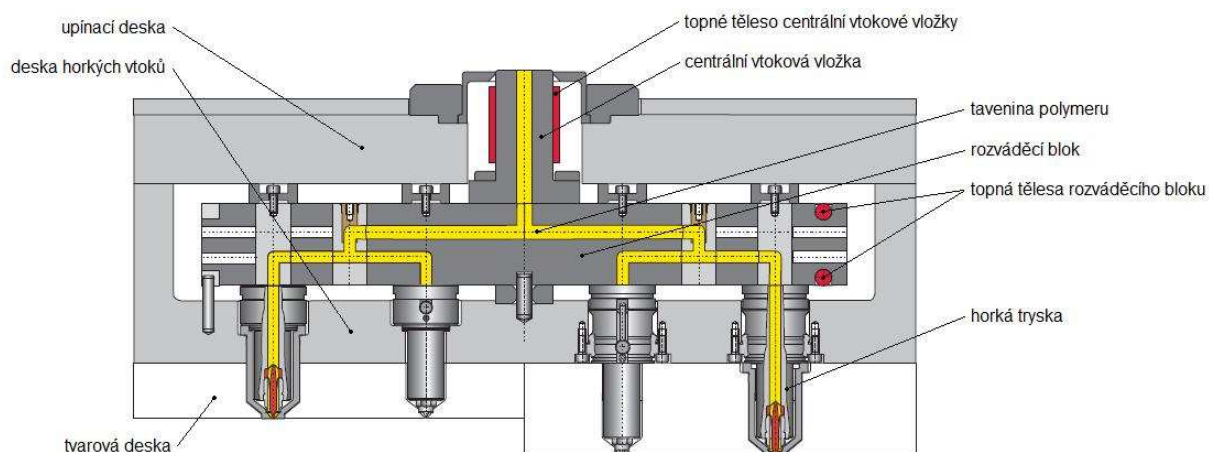
taveniny a k teplotní degradaci polymeru, díky tomu se vnitřně vyhřívaná vtoková soustava nehodí pro inženýrské aplikace.



Obr. 19 – Vnitřně vyhřívaná horká vtoková soustava [8]

### 3.3 Externě vyhřívaný horký vtokový systém

Externě vyhřívaný horký vtokový systém u vícekavitních forem se skládá ze tří samostatných částí: centrální horká vtoková vložka, horký rozváděcí blok a horké trysky. Každá tato část je celá ohřívána samostatným topným tělesem a uvnitř má kanálek pro proudění taveniny polymeru o relativně malém průměru. Horké vtokové systémy s externím vyhříváním mají mnoho výhod. Jsou konstruovány pro vysoké vstřikovací tlaky i teploty s ohledem na rozdílnou teplotní roztažnost vtokové soustavy a desek formy, ve kterých je uložena. Pro vícenásobné formy s větším počtem kavit se mohou rozváděcí bloky kombinovat a docílit tak potřebného větvení rozváděcího kanálu. Při poškození vtokového systému je možné vyměnit jej, nebo jeho část. Nevýhodou jsou pak vyšší pořizovací náklady oproti ostatním horkým vtokovým systémům.

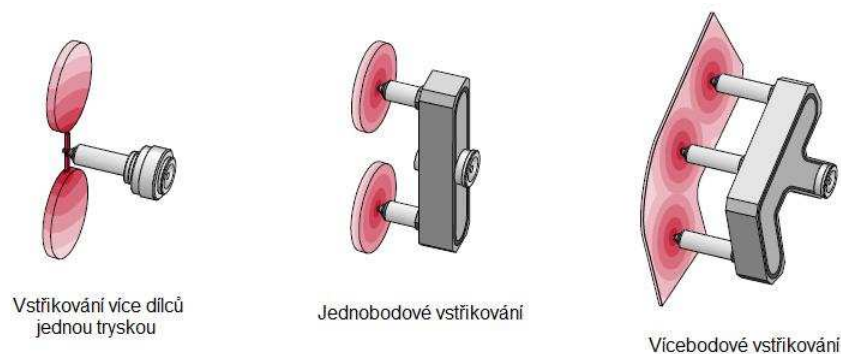


Obr. 20 – Externě vyhřívaný horký vtokový systém [9]

#### 3.3.1 Horké trysky

Tryska je poslední a nejdůležitější částí horkého vtokového systému, je přímo spojena s tvarovou dutinou formy. Volba správné horké trysky přímo závisí na parametrech výstřiku.

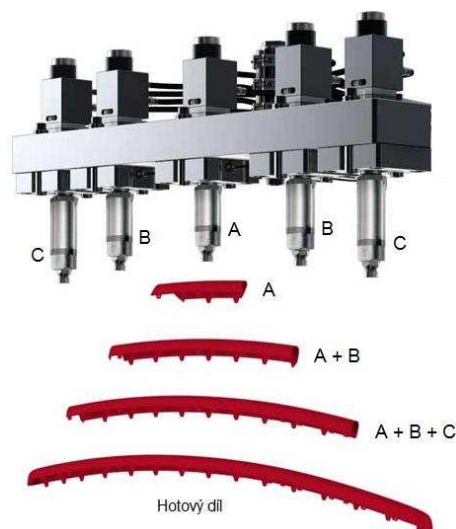
Správný druhu trysky a její velikosti závisí na způsobu rozmístění tvarových dutin ve formě, způsobu jejich plnění, četnosti dílů vstřikovaných jednou tryskou, tvarové složitosti a hmotnosti výstřiku a na druhu vstřikovaného polymeru, především na jeho vstřikovací teplotě, tlaku a viskozitě taveniny.



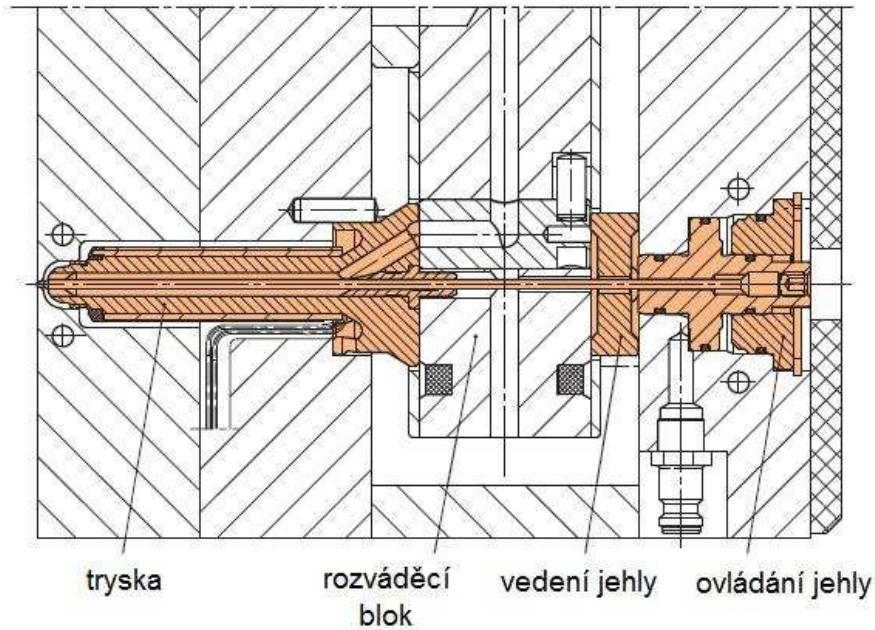
Obr. 21 – Počet plastových dílců na trysku [7]

### 3.3.1.1 Mechanismy otevírání horkých trysek

Typy horkých trysek se dále liší podle způsobu průchodu taveniny polymeru tryskou na trysky otevřené a trysky s jehlovým ventilem. U otevřených trysek dochází k plnění tvarové dutiny formy po nárůstu tlaku taveniny polymeru vyvozeného vstřikovací jednotkou lisu. Trysky s jehlovým ventilem však mají průtok uzavřen. Po vyvození vstřikovacího tlaku je nutné otevřít jehlový ventil, který uzavírá průtok taveniny v její spodní části, ve vtokovém ústí. Při použití tohoto typu trysky je nutné vstřikovací formu doplnit o pneumatické, hydraulické nebo elektromagnetické ovládání jehlového ventilu. Toto řešení však umožňuje tzv. kaskádové řízení horkých vtoků. Je-li součást vstřikována vícebodově, dochází v místech setkávání proudů taveniny z jednotlivých trysek ke vzniku studených spojů. U kaskádového řízení se jednotlivé trysky otevírají postupně tak, aby proud taveniny z právě otevřené trysky zasahoval v daném okamžiku do okraje oblasti vyplněné taveninou z trysky, jež byla otevřena v předešlém kroku. Případně se otevírání trysek načasuje tak, aby se studené spoje přesunuli do určitých míst na výstřiku.



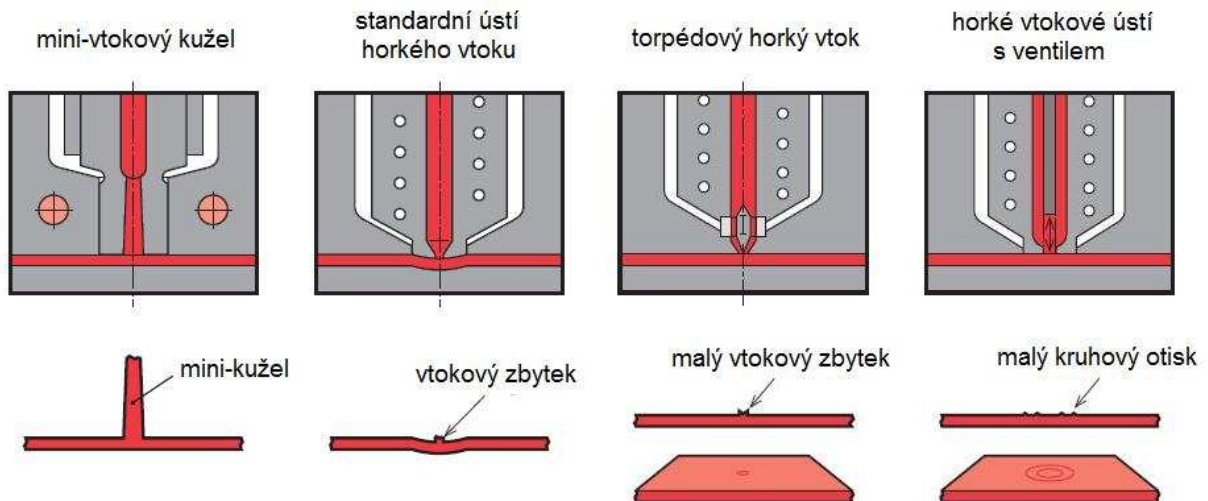
Obr. 22 – Kaskádové řízení horkých trysek [7]



Obr. 23 – Pneumatické ovládání jehlového ventilu [4]

### 3.3.1.2 Vtoková ústí horkých trysek

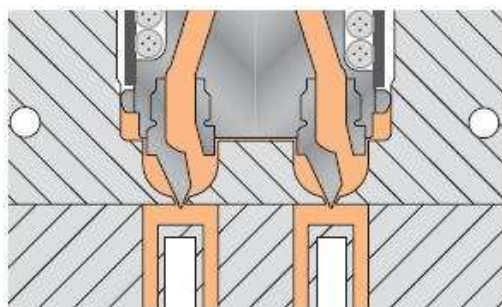
Stejně typy trysek mohou být zakončeny různými typy vtokového ústí. Parametry ovlivňující výběr správného typu jsou, optimální plnění tvarové dutiny, umístění vtoku, tvar a velikost vtokového ústí. Vtoková ústí zanechávají na výstřiku odlišné stopy, jak je zobrazeno na obr. 24.



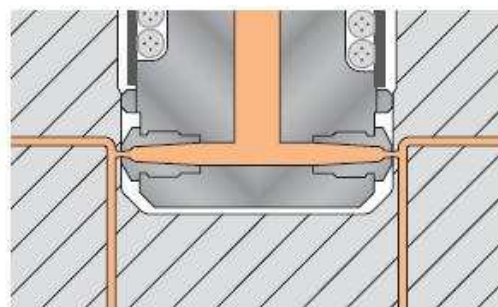
Obr. 24 – Druhy externě vyhříváných horkých vtokových ústí [6]

### 3.3.1.3 Druhy trysek z hlediska orientace vstříku

Z hlediska umístění tvarové dutiny v okolí trysky rozlišujeme trysky s přímým ústím a trysky se stranovým ústím (obr. 25). V případě přímých trysek lze vstříkovat jeden i více dílů najednou jedinou tryskou, trysky s bočním ústím se používají pro vstříkování dvou a více dílů jednou tryskou.



násobná tryska s přímým ústím

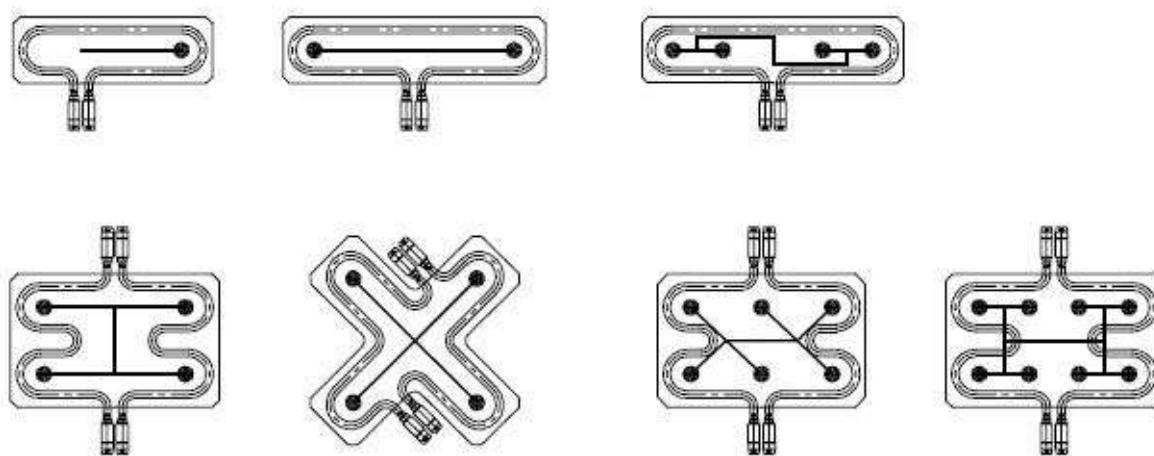


násobná tryska se stranovým ústím

Obr. 25 – Násobné trysky s přímým a stranovým vtokovým ústím [4]

### 3.3.2 Horký rozváděcí blok

Jedná se o vyhřívaný ocelový blok, ve kterém jsou přesné leštěné kanálky pro rozvod taveniny polymeru k jednotlivým tryskám, popřípadě k dalším rozváděcím blokům. Výrobci zabývající se horkými vtokovými systémy vyrábějí tyto bloky v základních konfiguracích. Jejich kombinací lze docílit požadovaného větvení toku taveniny. U mnohonásobných forem, nebo u forem pro rozměrné díly, kde je délka toku polymeru dlouhá, se používají speciálně navržené rozváděcí bloky určené pouze pro danou aplikaci.



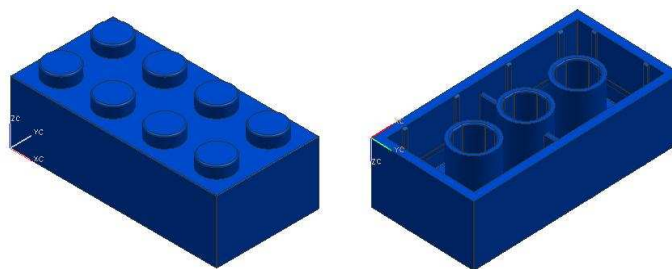
Obr. 26 – Konfigurace rozváděcích bloků [9]

## 4 3D dokumentace formy

### 4.1 Vstupní parametry pro konstrukci

Pro zaformování byla zvolena součástka stavebnice LEGO (obr. 27). Jedná se o součástku vyrobenou z materiálu ABS (akrylonitril-butadien-styrén) o hmotnosti 2,15g. Tento materiál se smrštěním 0,4 až 0,6 % lze zpracovávat vstřikováním při teplotách 180 až 220°C a vstřikovací tlaku 100 až 150 MPa. Teplota vstřikovací formy by se měla pohybovat v rozmezí 60 až 80°C.

Při konstrukci vstřikovací formy byly použity komponenty německé firmy Hasco a to jak pro části horkého vtoku, tak pro ostatní normálie. Konstrukce formy byla realizována v CAD programu NX6.0.



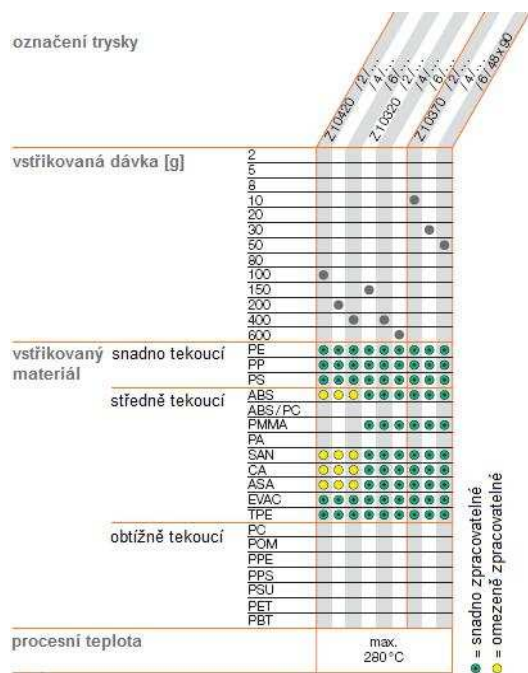
Obr. 27 – Vstřikovaná součást

### 4.2 Konstrukce vtokového systému

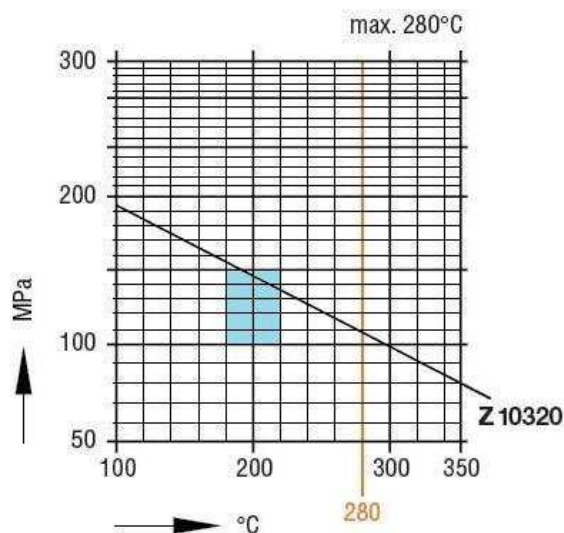
Jelikož se jedná o šestnáctinásobnou vstřikovací formu, byl z důvodů jednoduchosti a přehlednosti konstrukce použit externě vyhřívaný vtokový systém. Jeho volbu předpokládá i fakt, že při výrobě dílů stavebnice Lego, je nutný rychlý náběh formy a odladění vstřikovacího cyklu, při následném minimálním výskytu zmetků.

#### 4.2.1 Horké trysky

Vstřikovací forma je šestnáctinásobná, z důvodu úspory místa i množství komponent každá z horkých trysek vstřikuje dva díly najednou, není tudíž nutné horký kanál vtokového systému dělit do šestnácti větví, což by bylo při použití standardních rozváděcích bloků velice obtížné, ale pouze do osmy. I přesto, že se jedná o otevřené trysky, stopa po vtokovém ústí je nepatrná a nebylo nutné použít trysky uzavírané jehlovým ventilem. Jejich použití by podstatně zvýšilo náklady na výrobu formy. Každý díl by musel být vstřikován jednou tryskou a kvůli ovládnutí ventilů by bylo nutné zanechat mezi jednotlivými kavitami více prostoru, což by mělo za následek podstatné zvětšení rozměrů celé formy.



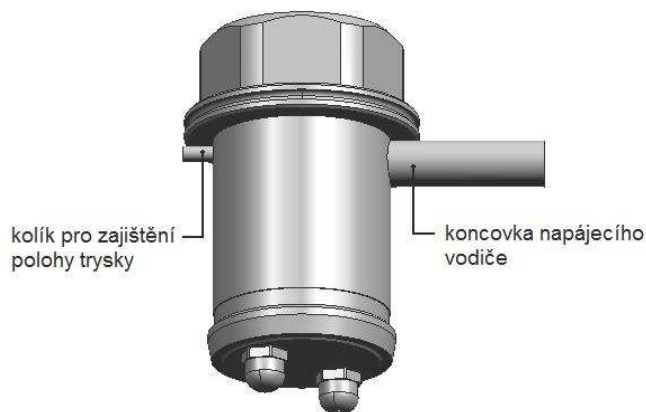
Obr. 28 – Výběr typu trysky [4]



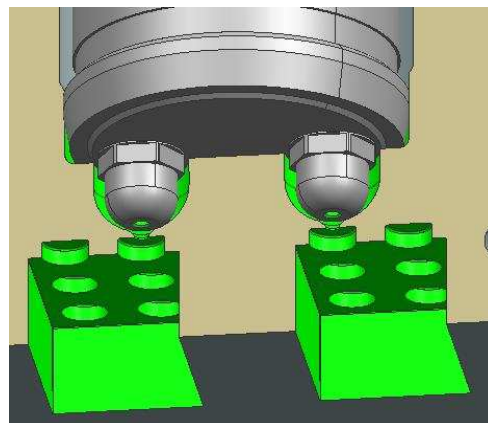
Obr. 29 – Rozsah procesních parametrů trysky Z10320 [4]

Při výběru trysky bylo postupováno podle tabulky na obr. 28. Použité jsou tedy horké trysky Hasco Z10320/2/20x75. Jedná se o nejmenší dvoubodovou trysku s roztečí vtokových ústí 20 mm, vhodnou pro vstřikování kopolymeru ABS, se vstřikovací dávkou 150 gramů s topným tělesem o výkonu 630 W. Maximální vstřikovací teplota trysky je 280°C, této teplotě odpovídá největší vstřikovací tlak 110 MPa. Pro zpracování ABS se parametry vstřikovacího procesu pohybují v modře vyznačené oblasti diagramu na obr. 29, pro danou aplikaci tedy tryska Z10320 vyhovuje.

Celý vtokový systém je navržen jako samostatná část vstřikovací formy. V případě potřeby jej lze oddělit bez nutnosti rozebírání ostatních částí formy. Trysky jsou umístěny v otvorech v desce horkých trysek a jejich poloha je zajištěna kolíkem pod dosedací plochou. Napájecí vodiče pro topná tělesa jsou k tryskám vedeny vyfrézovanými drážkami, jak je vidět na obr. 35.



Obr. 30 – Tryska Z10320/2/20x75

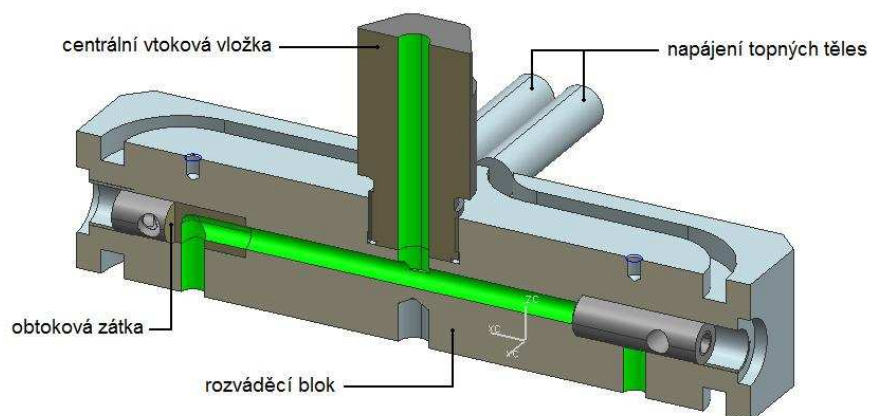


Obr. 31 – Vtoková ústí trysky Z10320

#### 4.2.2 Horký rozváděcí blok

Ve standardní nabídce firmy Hasco se nacházejí rozváděcí bloky, které proud taveniny větví maximálně čtyřikrát. Pro rozvětvení vtokového systému do osmi trysek bylo proto nutné použití dvou rozváděcích bloků H106/2, do nichž je tavenina přiváděna skrz rozváděcí blok H106/1 s centrální vyhřívanou vtokovou vložkou Z1055. Vtok je tedy rozvětven dle schématu H-H. Průměr vtokového kanálku se směrem od centrální vtokové vložky ke tryске zmenšuje.

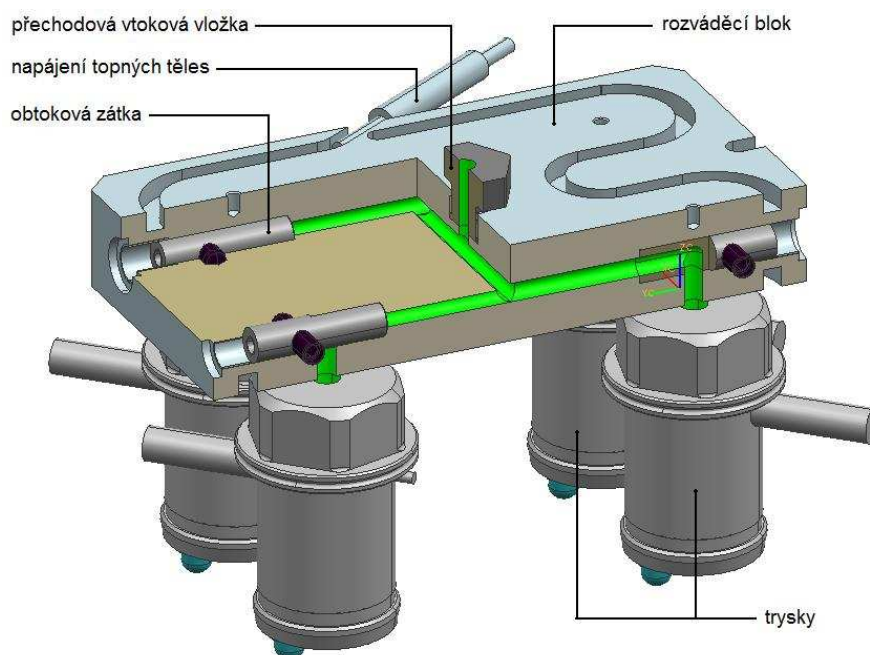
Rozváděcí blok prvního stupně větvení H106/1/56x180/36 (obr. 32) je opatřen rozváděcím kanálkem o průměru 6 mm, který dělí přívodní proud taveniny polymeru do dvou výstupů o rozteči 118 mm. Blok je vysoký 36 mm a je vyhříván topným tělesem o výkonu 700 W. Na vstupním otvoru bloku je prostřednictvím závitu M24x1,5 přímo přišroubována centrální vtoková vložka Z1055/1/24x56/8, jejíž vstupní otvor kanálku o průměru 8 mm přímo dosedá na vstřikovací jednotku vstřikovacího lisu.



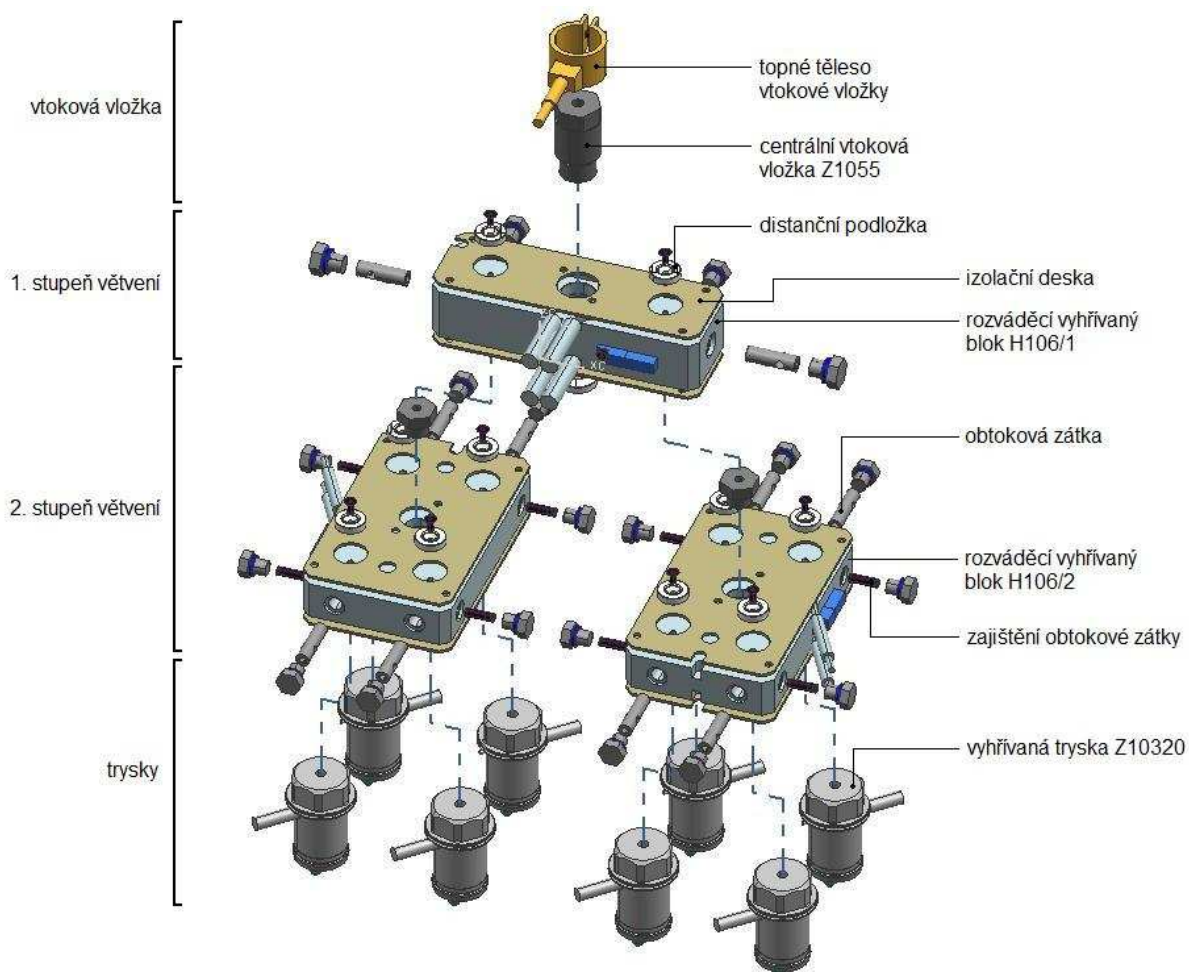
Obr. 32 – Řez rozváděcím blokem H106/1/56x180/36

Rozváděcí blok druhého stupně H106/2/100x160/26 (obr. 33) má rozváděcí kanálek o průměru 5 mm, který rozvádí proud taveniny z jednoho vstupu do čtyř výstupů. Blok je vysoký 26 mm a výstupní otvory jsou v rozích obdélníku o rozměrech 54 x 99 mm. Výkon topných těles jednoho bloku je 700 W. Rozváděcí blok je položen přímo na horké trysky (obr. 35 červeně). Uprostřed spodní plochy, naproti vstupnímu otvoru, je podepřen distanční podložkou s kolíkem, který zajišťuje jeho posun. Na horní straně bloku v místě vtoku je pomocí závitu M16x1,5 upevněna přechodová vtoková vložka. Jedná se o upravenou vtokovou vložku Z1055/1/16x36/6. Ta zde vytváří přechodný kanálek mezi prvním a druhým stupněm větvení vtokového systému a na její horní plochu zároveň dosedá rozváděcí blok H106/1 (obr. 36 červeně). Kromě těchto ploch je blok H106/1 podepřen naproti vstupu podpěrným sloupkem a distanční podložkou s kolíkem.



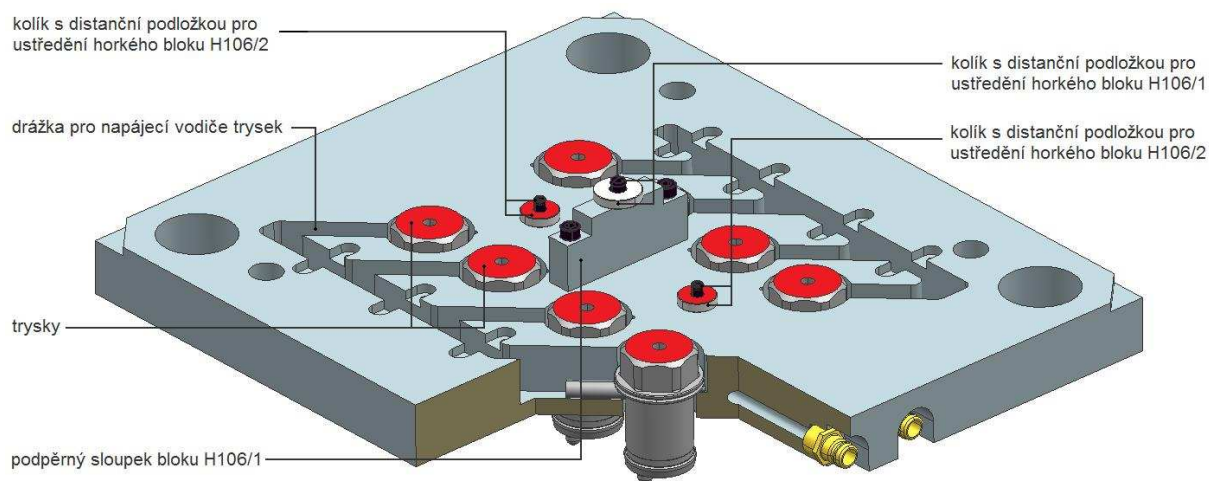


Obr. 33 – Řez rozváděcím blokem H106/2/100x160/26 s tryskami Z10320/2/20x75

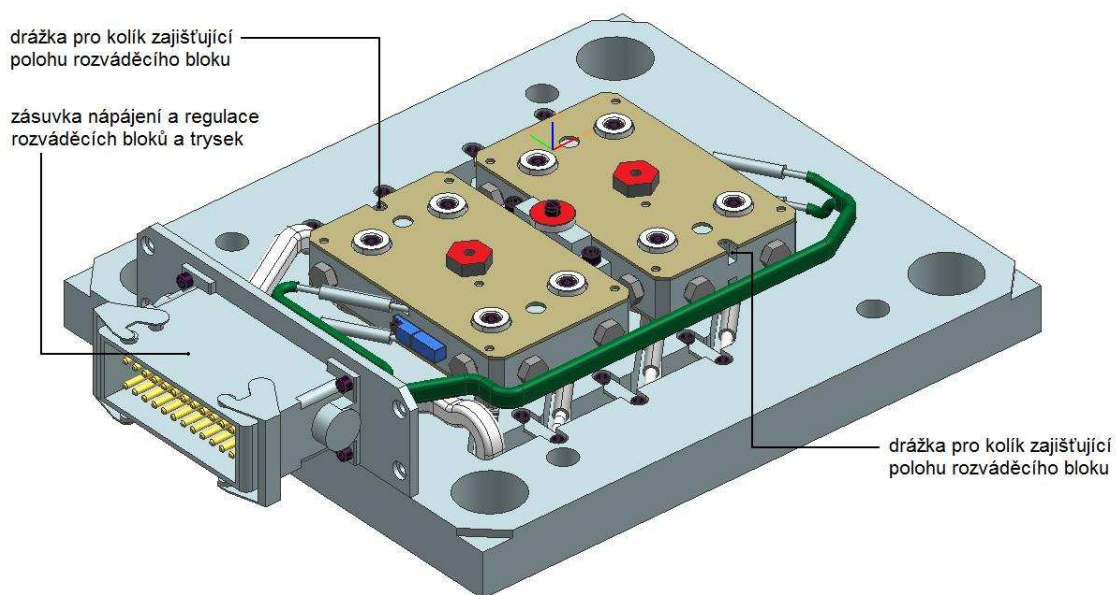


Obr. 34 – Kompletní vtokový systém formy

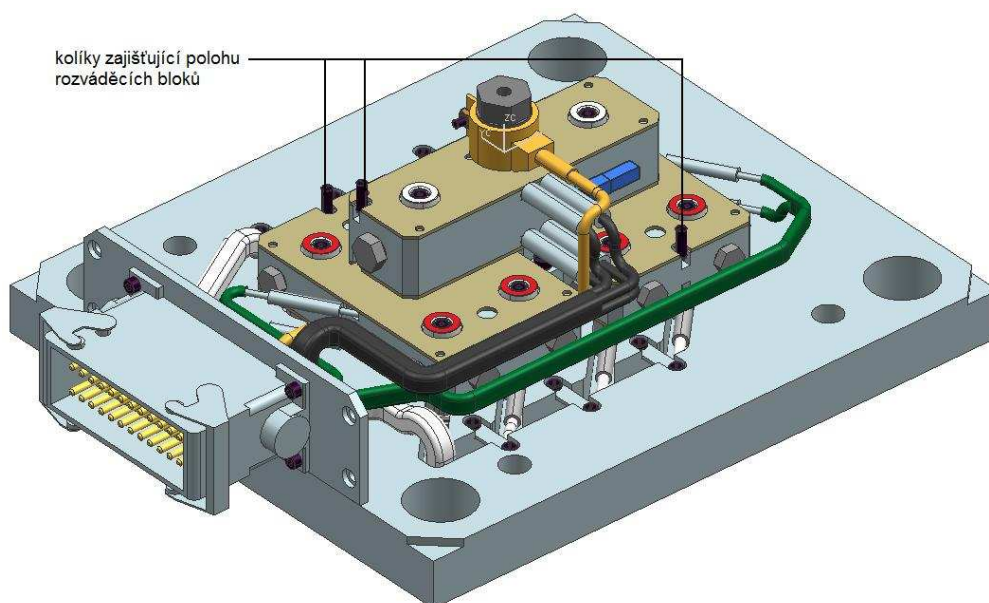
Jak je vidět na obr. 34, všechny tři rozváděcí bloky jsou z obou stran opatřeny izolačními deskami. Ty spolu se vzduchovou mezerou vymezenou distančními podložkami zajišťují dostatečnou tepelnou izolaci vtokového systému od ostatních desek vstřikovací formy. Celý vtokový systém je uzavřen deskou rozváděcích bloků. Ta je nasazena přes rozváděcí bloky na desku horkých trysek. V této desce jsou vyvrtány otvory pro kolíky, které definitivně zajistí polohu rozváděcích bloků H106/2. Stejným způsobem dojde k zajištění rozváděcího bloku H106/1 po nasazení upínací desky. Po ohřátí formy na provozní teplotu dojde vlivem rozdílných teplot vtokového systému a ostatních desek formy k dosednutí ploch distančních podložek (obr. 37 a 38 červeně) na desku rozváděcích bloků a upínací desku. Vymezí se tak přesně předepsané vůle mezi tryskami a rozváděcími bloky a celý vtokový systém se utěsní.



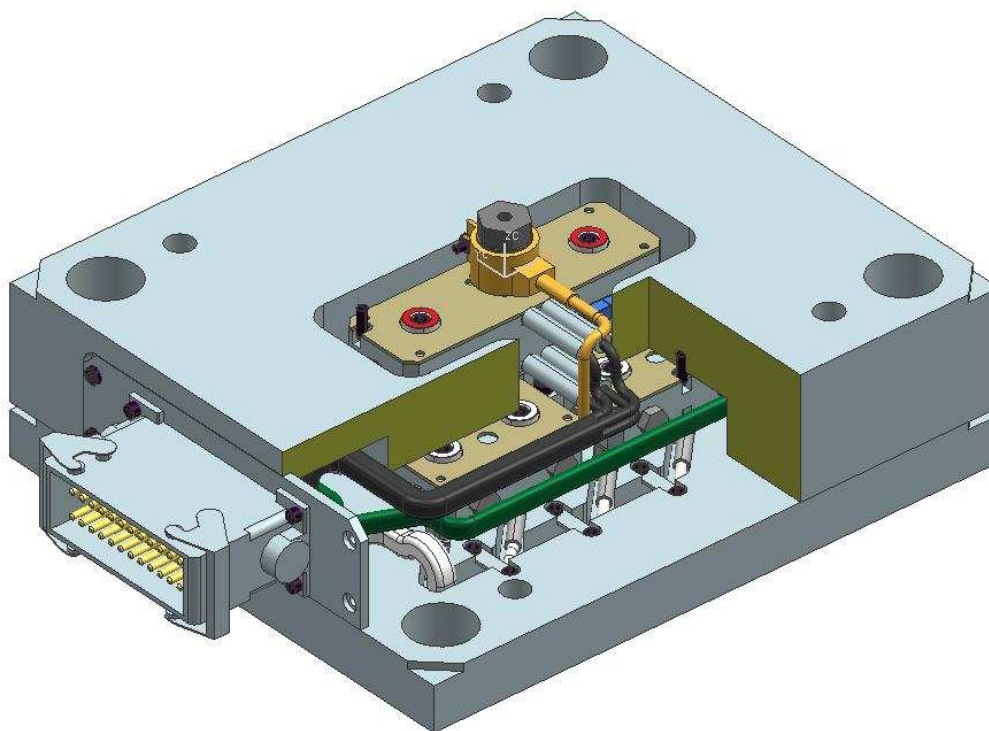
Obr. 35 – Řez deskou horkých trysek



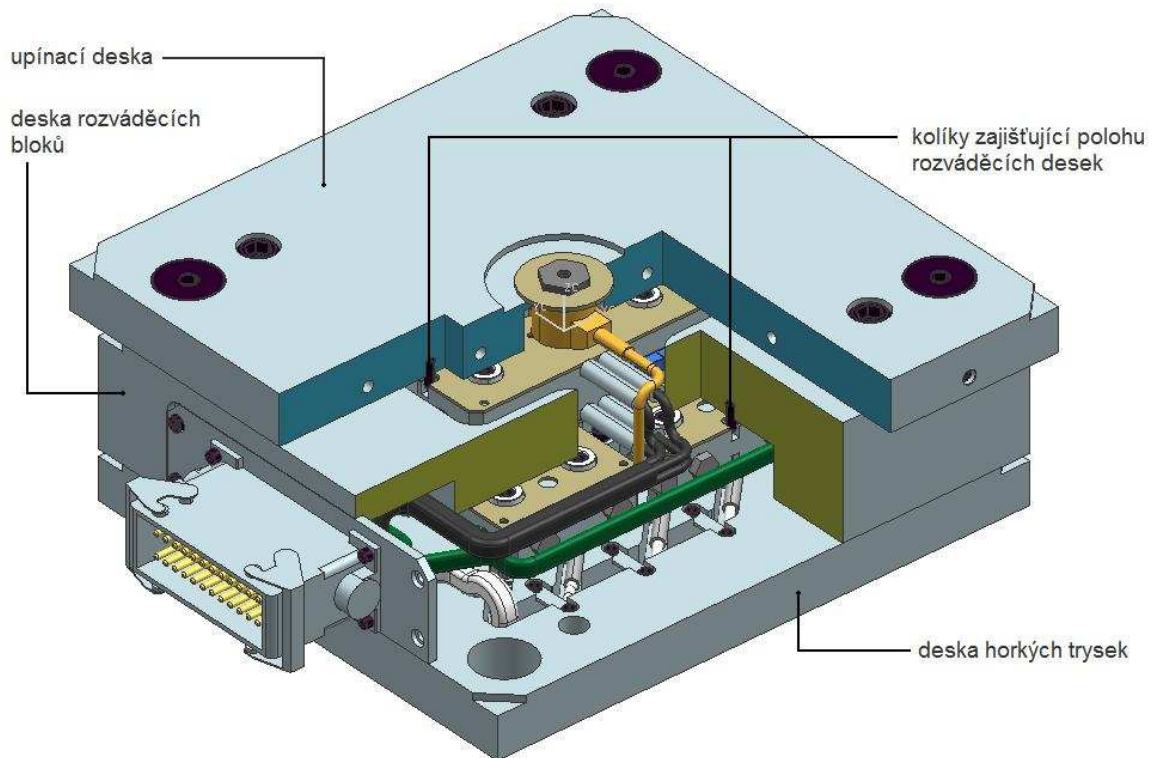
Obr. 36 – Deska horkých trysek spolu s rozváděcími bloky H106/2



*Obr. 37 – Deska horkých trysek s kompletním vtokovým systémem*



*Obr. 38 – Řez deskou rozváděcích bloků*



Obr. 39 – Řez kompletním uložením vtokového systému

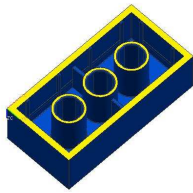
### 4.3 Sestava desek formy

Rozmístění tvarových dutin formy a rozměry desek jsou dány především použitými typy rozváděcích bloků a trysek. Základní rozměr hlavních desek vstříkovací formy, kromě upínacích je 346 x 396 mm. Upínací desky mají kvůli přesahu pro upnutí do prostoru vstříkovacího lisu rozměr 396 x 396 mm. Jednotlivé desky mají rozměry převzaté z normovaných desek Hasco. Otvory pro vodící čepy a pouzdra však mají kvůli temperačnímu systému zvětšenou rozteč. Desky tak mohou být obrobena z přesných broušených desek Hasco P1100.

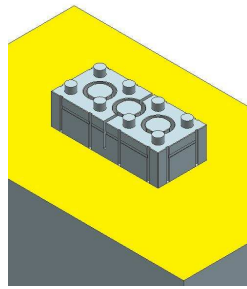
#### 4.3.1 Tvarové dutiny formy

Při zaformování součásti je prvním krokem volba dělicí roviny. Jelikož se jedná o jednoduchou součást bez jakýchkoliv podkosů, byla dělicí rovina umístěna na spodní hranu kostky (obr. 40, 41 a 42 žlutě). Tvárnici tak tvoří jednoduchá kapsa v níž je vytvořen pouze vnější, pohledový tvar součásti, tvárník pak vytváří pouze vnitřní tvar součásti.

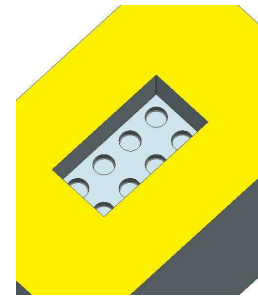
Součást je zaformována bez jakýchkoliv úkosů. To proto, že při skládání stavebnice na sebe musejí kostky přesně dosedat i bočními plochami. Jelikož tvárnice bude součástí pevné části formy, je nutné, aby po otevření zůstala součást na tvárníku. To je zajištěno malou drážkou na bočních stěnách tvárníku (obr. 43 červeně), která vytváří 0,1 mm hluboký podkos, který při otevření formy zajistí setrvání součásti na tvárníku a vytažení z tvárnice.



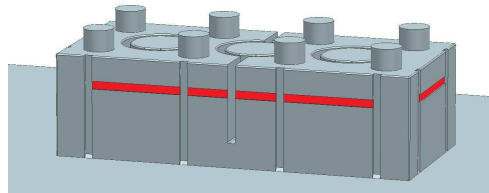
Obr. 40 – Poloha dělicí roviny na součásti



Obr. 41 - Tvárník



Obr. 42 - Tvárnice



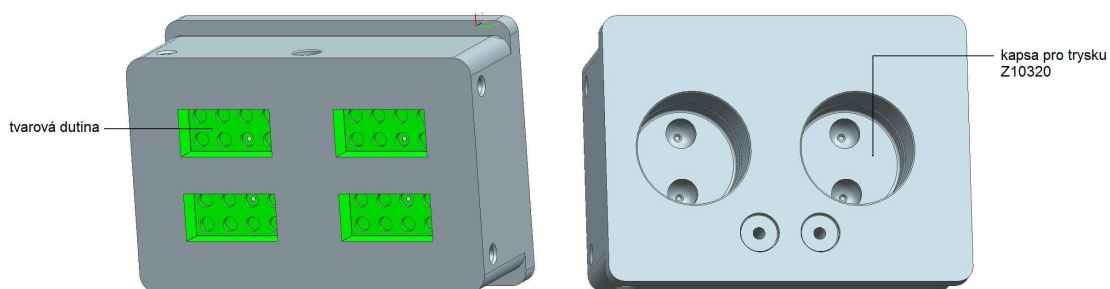
Obr. 43 – Drážka vytvářející podkos

#### 4.3.2 Pevná část formy

Jak již bylo zmíněno, v pevné části vstříkovací formy se nachází tvárnice, tudíž i celý vtokový systém, který byl popsán v předchozí kapitole.

Tvárnice:

Tvárnice je koncipována jako samostatná vložka o rozměrech 120 x 78 x 46 mm se symetrickým osazením zabráňujícím jejich vypadnutí z tvarové desky. V tvarové desce jsou umístěny čtyři tyto vložky a jsou opřeny o desku horkých trysek. V každé vložce jsou tvarové dutiny pro čtyři vstříkované součásti (obr. 44 zeleně). Z druhé strany jsou pak obrobena kapsy pro dvě horké trysky Z10320.

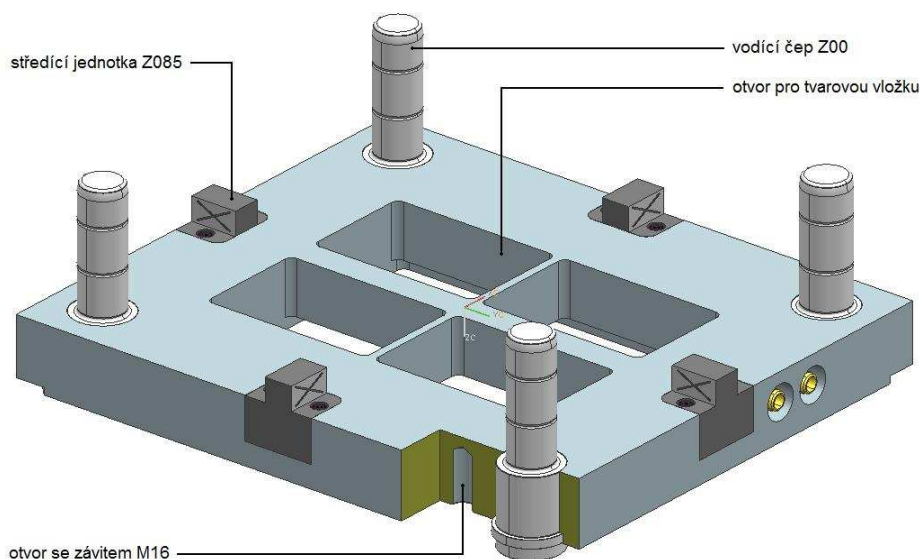


Obr. 44 – Pohled na tvarovou vložku z dělicí roviny (vlevo), ze strany trysek (vpravo)

Tvarová deska:

Tvarová deska o rozměrech 346 x 396 x 46 mm je opatřena čtyřmi kapsami pro tvarové vložky. V rozích desky jsou otvory průměru 42 mm s osazením, do kterých jsou zalisovány tři vodící čepy Z00/46/30x85 a jeden Z00/46/32x85. U těchto čepů jsou vyvrtány otvory se závitem M16, v nich jsou zašroubovány šrouby z upínací desky a stahují celou pevnou část vstříkovací formy. Pro zajištění přesné vzájemné polohy tvárnic a tvárníků, jsou na desce

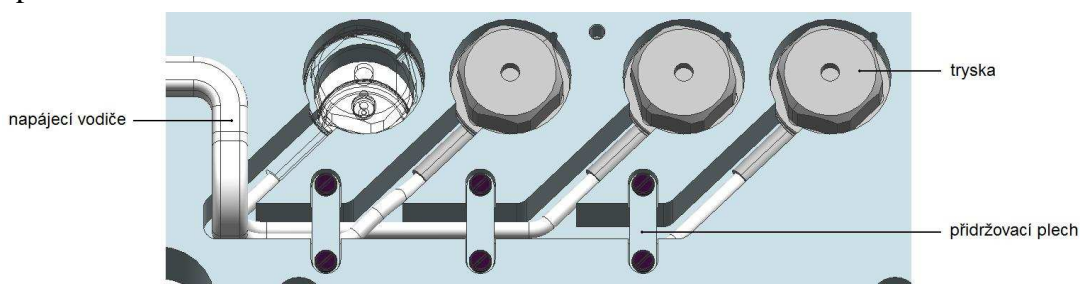
umístěny středící jednotky Z085, které při uzavření formy přesně zapadnou do středících jednotek umístěných v tvarové desce pohyblivé části vstřikovací formy.



Obr. 45 – Tvarová deska pevné části formy s částečným řezem

Deska horkých trysek:

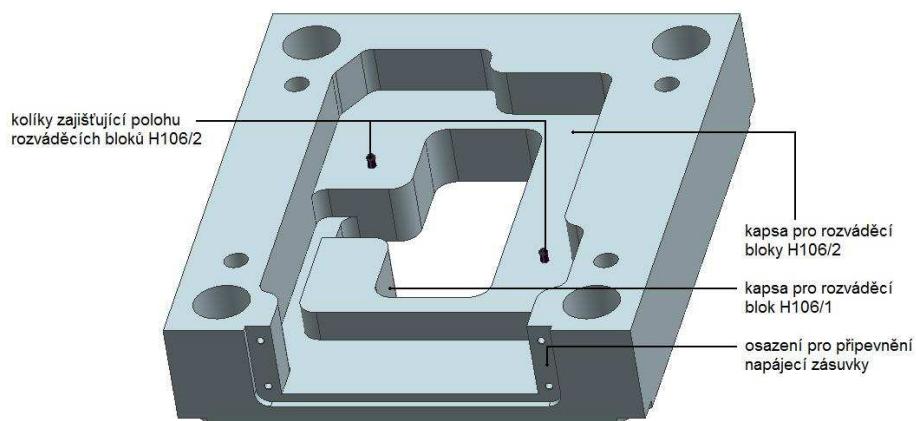
V této desce o rozměrech 346 x 396 x 35,3 mm je osm otvorů s osazením, ve kterých jsou zapuštěny horké trysky. Dále jsou zde vyfrézovány 26 mm hluboké drážky pro napájecí vodiče horkých trysek, tyto drážky jsou v několika místech překlenuty přídržovacími plíšky. Plíšky zajišťují vodiče v drážkách, aby nemohlo dojít při montáži formy k jejich poškození. Deska z jedné strany dosedá na tvarovou desku, z druhé strany slouží jako dosedačí plocha pro rozváděcí bloky H106/2, distanční sloupek pod blok H106/1 a desku rozváděcích bloků, viz kapitola 4.2.



Obr. 46 – Pohled na uložení horkých trysek

Deska rozváděcích bloků:

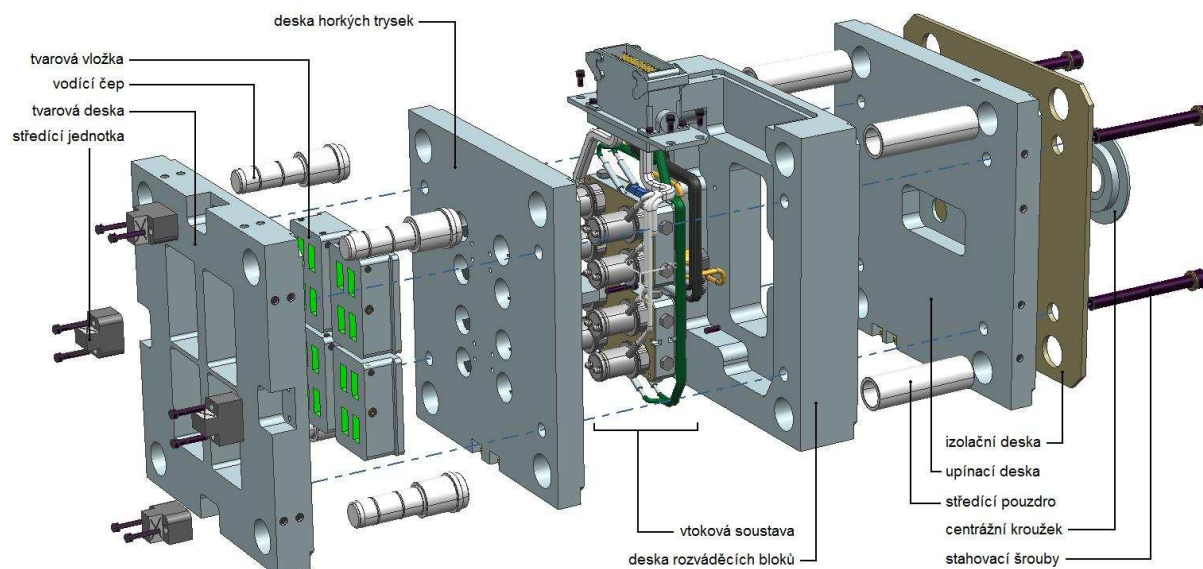
V desce rozváděcích bloků o rozměrech 346 x 396 x 82 mm jsou vyfrézovány kapsy pro uložení všech tří rozváděcích bloků. Pomocí dvou kolíků na dně první kapsy je zajištěna poloha rozváděcích Bloků H106/2. Zároveň je k této desce připevněna zásuvka pro připojení napájení vtokového systému. Z jedné strany tato deska dosedá na desku horkých trysek, z druhé je opřena o desku upínací.



Obr. 47 – Deska rozváděcích bloků

Upínací deska:

O umístění a části funkce upínací desky již bylo psáno v kapitole 4.2. Sama upínací deska je však opatřena ještě několika prvky. Jelikož je prostřednictvím této desky o rozměrech 396 x 396 x 36 mm, forma upnuta ve vstříkovacím lisu, je v místě styku s upínacím stolem opatřena izolační deskou o tloušťce 7 mm, která minimalizuje přechod tepla ze vstříkovací formy do rámu stroje. Uprostřed upínací desky je centrážní kroužek K100/125x15 o průměru 125 mm, díky kterému je forma vystředěna v upínacím prostoru lisu. V rozích desky jsou nalisována středící pouzdra Z20/42x140, která zajišťují přesnou vzájemnou polohu ostatních desek pevné části formy a šrouby M16x160, kterými je celá polovina formy sešroubována.



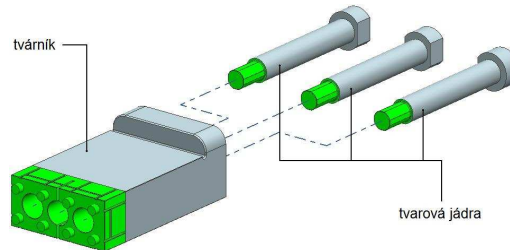
Obr. 48 – Kompletní pevná část vstříkovací formy

### 4.3.3 Pohyblivá část formy

Tvárník:

Tvárník je, stejně jako tvárnice, samostatná tvarová vložka vložená do tvarové desky. U pohyblivé části formy je však z hlediska vyrobiteľnosti tvarová vložka samostatná pro každou

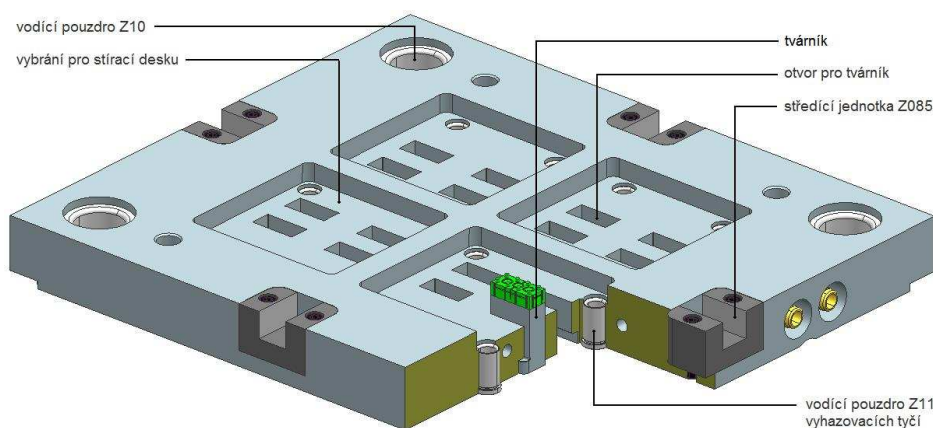
kavitu. Kvůli upevnění v tvarové desce je tvárník ve spodní části jednostranně osazen. Otvory v nálitcích na spodní straně součásti nejsou kruhové, ale kvůli pevnosti spojů stavebnice mají po svém obvodu čtyři plošky. Jádra vytvářející tyto otvory jsou proto samostatné součásti, zalísované do tvárníku. Plochy vytvářející tvar vstřikované součásti jsou na obr. 49 zobrazeny zeleně.



Obr. 49 – Tvárník s tvarovými jádry

Tvarová deska:

Rozměry tvarové desky pohyblivé části formy jsou 346 x 396 x 40 mm. V rozích desky jsou zalísována tři vodící pouzdra Z10/36/30 a jedno Z10/36/32. Při uzavírání formy se skrz tyto pouzdra zasouvají vodící čepy Z00 zalísované v tvarové desce pevné části formy a zajišťují tak správné navedení obou částí formy proti sobě. Jejich přesná vzájemná poloha při uzavření je zajištěna středícími jednotkami Z085. Vedle otvorů pro vodící pouzdra Z10 jsou vyvrtány otvory se závitem M16, do nichž jsou zašroubovány šrouby stahující celou pohyblivou část vstřikovací formy. Ve střední části desky je šestnáct otvorů pro tvárníky a čtyři vybrání hloubky 12 mm pro stírací desky. Každá stírací deska má na starost vyhození čtyř výstřiků a její vyhazovací tyče jsou vedeny čtveřicí vodících pouzder Z11/27/10.



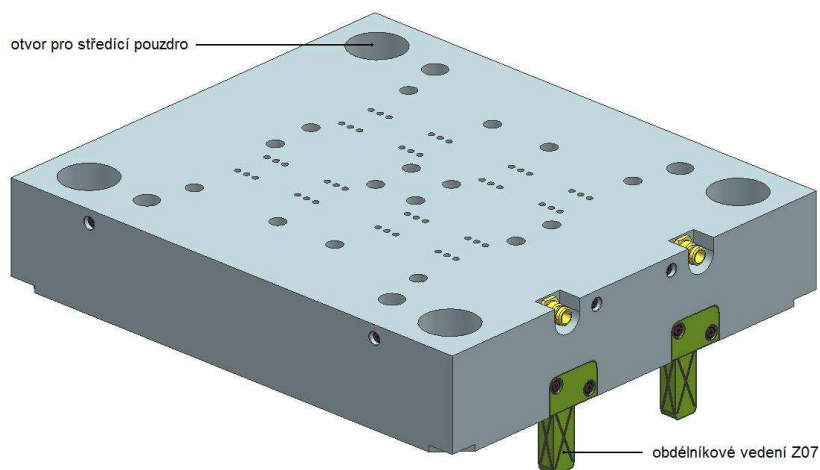
Obr. 50 – Tvarová deska pohyblivé části formy s částečným řezem

Mezilehlá deska:

Mezilehlá deska o rozměrech 346 x 396 x 76 mm je umístěna pod tvarovou deskou. Zajišťuje tak ukotvení tvárníků v tvarové desce a umožňuje jejich temperaci. Zároveň díky své tloušťce zaručuje dostatečnou tuhost tvarové desky, kterou podpírá. Ve spodní části



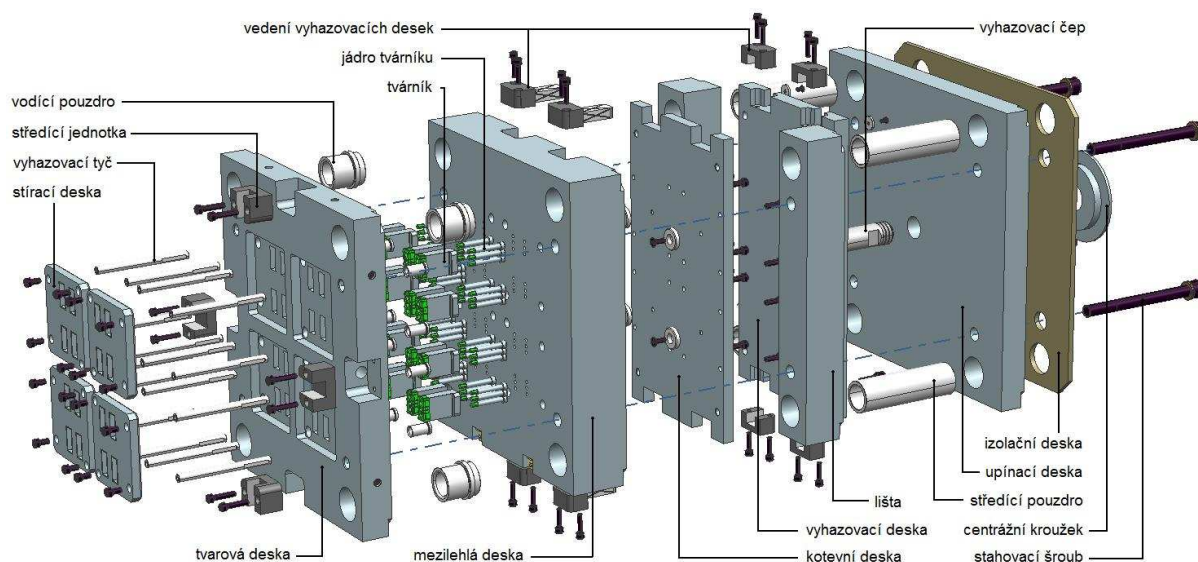
mezilehlé desky jsou přišroubována čtyři obdélníková vedení Z07, která zaručují přesné vedení vyhazovacích desek.



Obr. 51 – Mezilehlá deska

Lišty a upínací deska:

Upínací deska pohyblivé části formy o rozměrech 396 x 396 x 36 mm je osazena čtyřmi středícími pouzdry Z20, na tyto pouzdra jsou nasunuty dvě lišty o výšce 56 mm a vymezují tak prostor pro desky vyhazovačů, které se mezi nimi pohybují. Uprostřed upínací desky je vyvrtán otvor pro vyhazovací čep. Na upínací ploše je deska opatřena 7 mm tlustou izolační deskou, aby se minimalizoval přestup tepla z formy do vstřikovacího stroje.

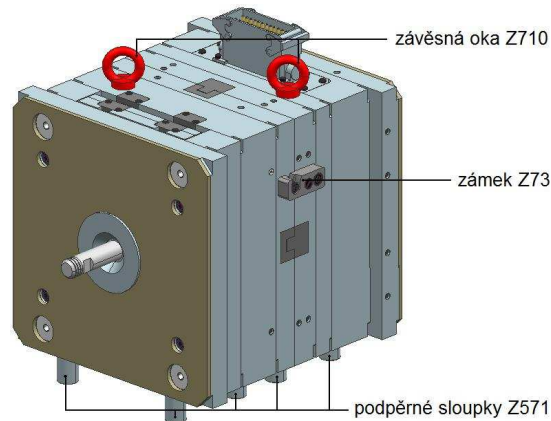


Obr. 52 – Kompletní pohyblivá část vstřikovací formy

#### 4.3.4 Prvky pro manipulaci s formou

Pro bezpečnou a snadnou manipulaci je vstřikovací forma opatřena dvěma zámky Z73, které při přepravě zajišťují formu uzavřenou. Na horní straně jsou na formě přišroubována dvě závěsná oka Z710 a na spodní straně jsou umístěny podpěrné sloupky Z571, které formu

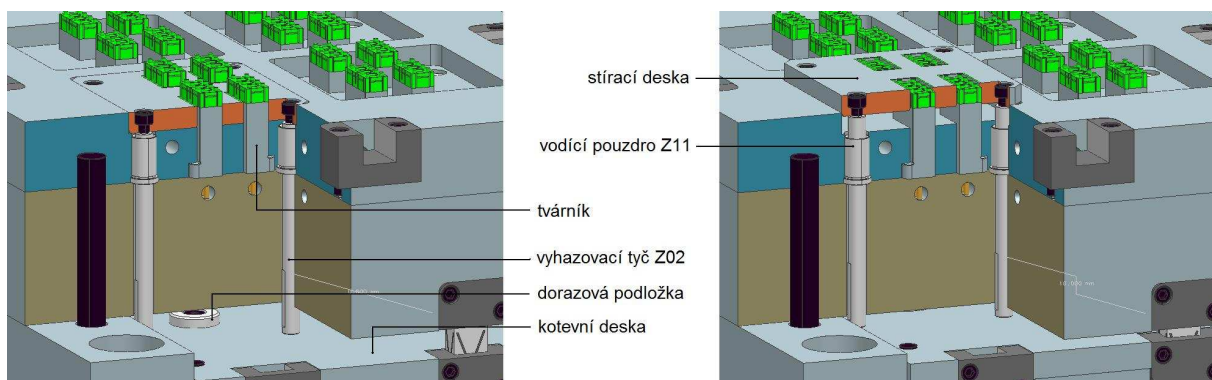
při odložení mimo prostor vstřikovacího lisu podpírají, aby nedošlo k poškození nebo zanesení připojovacích nátrubků temperačního systému.



Obr. 53 – Prvky pro manipulaci se vstřikovací formou

#### 4.4 Konstrukce vyhazování

Úkolem vyhazování je odstranit výstřik z prostoru formy na konci vstřikovacího cyklu. Celý vyhazovací mechanismus se nachází v pohyblivé části formy. Jeho pohyb se přenáší od vyhazovacího systému vstřikovacího lisu přes vyhazovací čep Z1681 k vyhazovací desce vstřikovací formy. Vyhazovací deska je uložena mezi lištami na čtyřech obdélníkových vedeních Z07. Vedení Z07/27/20x50 je uloženo v mezilehlé desce a vodící členy Z17/27/20 na něm se pohybující jsou připevněny na vyhazovací desce. K vyhazovací desce je pomocí čtyř šroubů M10 připevněna kotevní deska. K této desce jsou přes upravené vyhazovací tyče Z02 přišroubovány čtyři stírací desky, každá pro vyhození čtyř výstřiků. Každá z vyhazovacích desek je uložena na čtveřici vyhazovacích tyčí, které jsou vedeny ve vodících pouzdrech Z11 zalísovaných v tvarové desce. Zdvih vyhazovacích desek je 10 mm. Při své tloušťce 12 mm tudíž nevyjíždí nad tvárník a nehrozí tak opotřebení tvárníku způsobené najížděním stírací desky po každém vyhození. Zdvih vyhazování je omezen čtyřmi podložkami na kotevní desce, které při vyjetí vyhazovacího systému dosednou na spodní rovinu mezilehlé desky.



Obr. 54 – Řez uložením a zdvih stírací desky

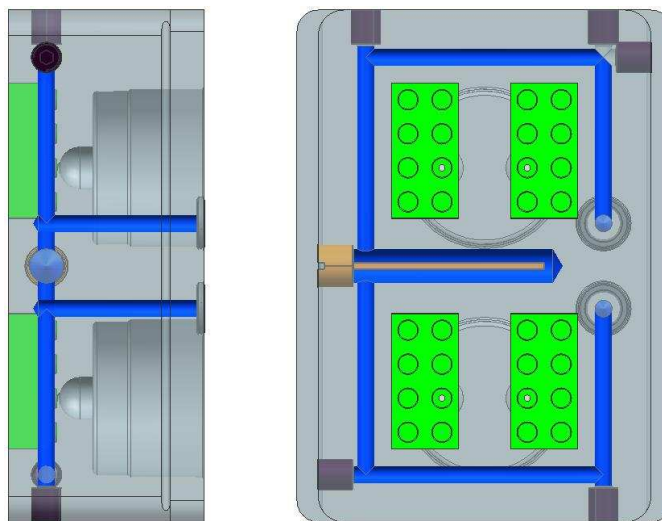
## 4.5 Konstrukce temperačního systému

Temperační systém formy je z konstrukčního hlediska navržen tak, aby vzdálenost od okraje temperačního kanálku, v jehož části proudí temperační médium, k jakékoli nejbližší stěně nebyla menší než 4 mm a to z důvodu nebezpečí prorezavění kanálku. Dále by se v temperačním systému neměla vyskytovat slepá místa, ve kterých nedochází k proudění média. V těchto místech jinak nedochází k průplachu a usazují se zde případné nečistoty, které působí jako korozní zárodky.

### 4.5.1 Temperace tvarových vložek a jader

Tvárnice:

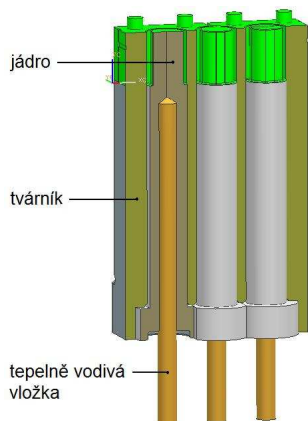
V každé tvárnici se nachází jeden temperační okruh s kanálky o průměru 4 mm. Jejich stěny jsou umístěny ve vzdálenosti 4 mm od stěn tvarových dutin. Temperační okruh je veden kolem všech čtyř tvarových dutin a temperuje tak každou tvarovou dutinu ze dvou stran. Jak je vidět na obr. 55, je do okruhu vložen obtokový můstek Z9661, ten přivádí chladicí médium mezi dvojice tvarových dutin a temperuje tak třetí stranu každé z nich. Kanálky jsou u stěn tvárnice zakončeny závitem M7x1 a uzavřeny zátkou Z94. Chladicí médium je do tvárnice přiváděno i odváděno skrz desku horkých trysek a v místě přechodu je každý kanálek utěsněn o-kroužkem Z98/8/2.



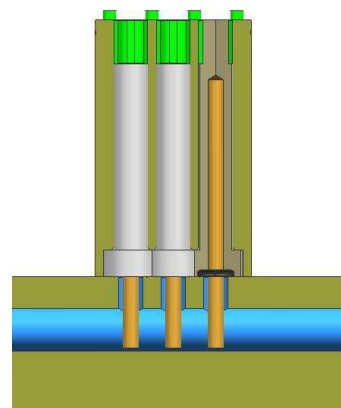
Obr. 55 – Temperační okruh tvárnice

Tvárník:

Vzhledem k malým rozměrům nebylo možné do tvárníku zavést temperační kanálky přímo. Jeho temperace je řešena odvodem tepla do mezilehlé desky. V tvárníku jsou zasazeny tři jádra, která vytvářejí otvory v nálitcích na spodní straně výstřiku (obr. 56). V těchto jádrech je zalisována vložka z tepelně vysoce vodivého materiálu. Vložka odvádí teplo z vrchní části jádra a tvárníku do mezilehlé desky, její spodní část je zde zavedena do temperačního kanálku, kde dochází k jejímu obtékání a přestupu tepla do temperačního média.



Obr. 56 – Temperace tvárníku



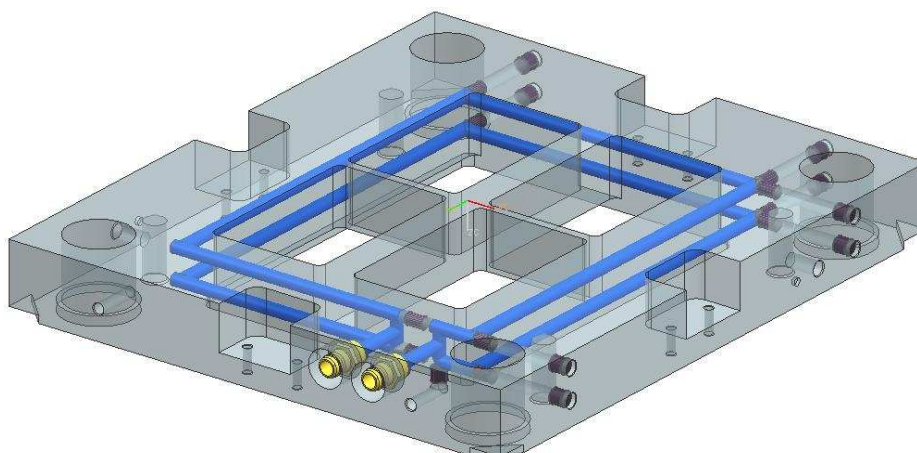
Obr. 57 – Umístění tepelně vodivých vložek  
v temperačním kanálku mezilehlé desky

#### 4.5.2 Temperace ostatních desek formy

Vzhledem k velkému tepelnému namáhání formy je nutná temperace i tvarových desek, které jsou v přímém kontaktu s tvarovými vložkami a částečně z nich odvádějí teplo. Skrz desku horkých trysek je temperační médium přiváděno do tvárnic. V mezilehlé desce dochází k temperaci tepelně vodivých vložek tvárníků a jako poslední je temperačním okruhem vybavena upínací deska pevné části formy do které přechází teplo z rozváděcích bloků vtokového systému.

Tvarová deska pevné části formy:

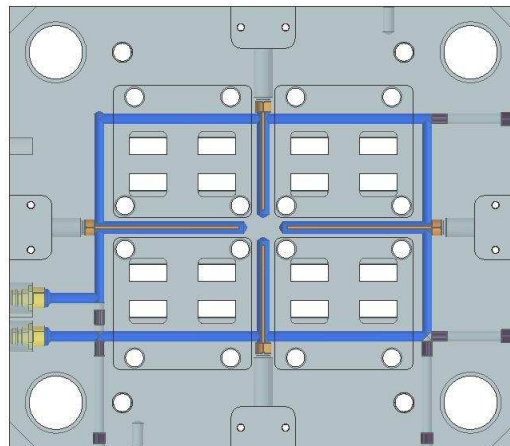
V této desce je temperační okruh uspořádán paralelně ve dvou patrech. Tvoří ho kanálky o průměru 8 mm, zakončené závitem M10x1 se zátkou Z94. Okruh je veden těsně kolem vybrání pro tvárnice a částečně tedy temperuje i je. Vývody temperačního okruhu jsou stejně jako vývody okruhů ostatních desek opatřeny závitem M16x1,5 s přípojovacím volně průchodným nátrubkem Z81 se světlostí 9 mm.



Obr. 58 – Temperační okruh tvarové desky pevné části formy

Tvarová deska pohyblivé části formy:

V tvarové desce pohyblivé části formy je kvůli menší tloušťce temperační okruh pouze jednopatrový. Z kanálků o průměru 8 mm je však temperační médium pomocí čtyř obtokových můstků Z9661 přivedeno do středu desky a je tak docíleno intenzivnější teploty tvárníků i stíracích desek.



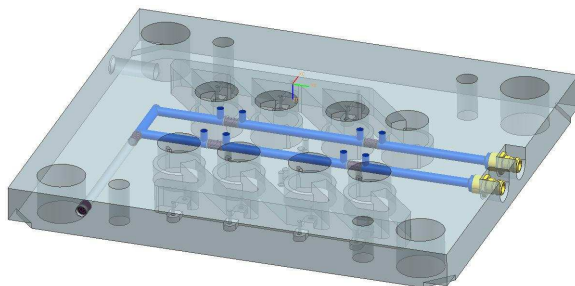
Obr. 59 – Temperační okruh tvarové desky pohyblivé části formy

Deska horkých trysek:

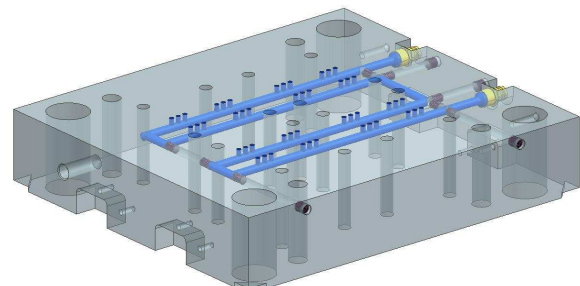
Skrz temperační kanálky desky horkých trysek je přiváděno médium k temperaci tvárnic. Tyto kanálky o průměru 8 mm, zároveň odvádějí teplo přecházející do desky v místech uložení horkých trysek.

Mezilehlá deska:

Hlavní funkcí temperačního okruhu v mezilehlé desce je odvádění tepla z tepelně vodivých vložek jader tvárníků (obr. 57 a 61).



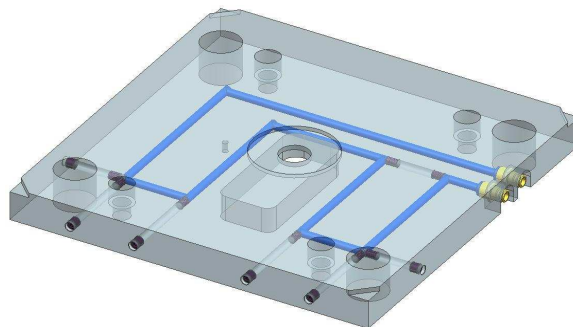
Obr. 60 – Temperační kanálky v desce horkých trysek



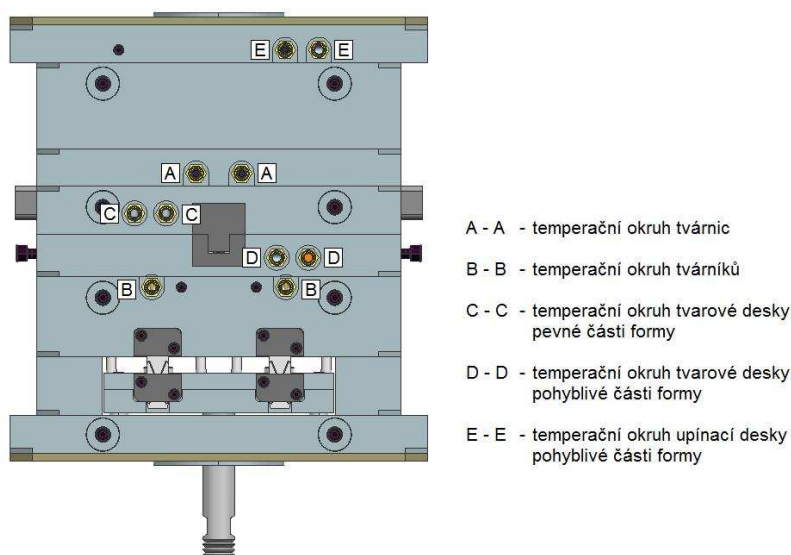
Obr. 61 – Temperační kanálky v mezilehlé desce

Temperační okruh upínací desky pevné části formy:

Tato deska je opatřena jednoduchým okruhem s kanálky o průměru rovněž 8 mm. Tento okruh má za úkol odvádět teplo, které do desky přestupuje z rozváděcích bloků vtokového systému a z desky rozváděcích bloků, ve které temperační okruh z technologických důvodů není a zabránit tak jeho přestupu do upínacího stolu vstřikovacího lisu.



Obr. 62 – Temperační okruh upínací desky pevné části formy



Obr. 63 – Vývody temperačních okruhů

#### 4.6 Výběr vstřikovacího lisu

Při výběru vstřikovacího lisu je třeba zohlednit několik základních parametrů:

- velikost vstřikovací formy
- orientace uzavírací jednotky vstřikovacího lisu
- velikost uzavírací síly
- vstřikovaná dávka
- potřebný vstřikovací tlak

- a) půdorysný rozměr největších desek formy je 396 x 396 mm, její celková výška 421 mm. Při zakládání formy do horizontálního vstřikovacího lisu temperačními vývody směrem dolů, musí být vzdálenost mezi vodícími sloupy lisu větší než 396 mm.
- b) Jelikož jde o součást vstřikovanou v mnohatisícových sériích, je nutné vstřikovací proces automatizovat. Z tohoto důvodu je nejjednodušší použití vstřikovacího lisu s horizontální uzavírací jednotkou. Výstřiky vyhozené z formy pak spadnou vlastní vahou pod vstřikovací lis, kde může být umístěna buď sběrná nádoba pro přerušovaný odběr, nebo např. pásový dopravník pro kontinuální odběr výrobků.
- c) Velikost uzavírací síly

$$F = S_v \cdot p \cdot n$$

*F... uzavírací síla [N]*  
*S<sub>v</sub>...plocha průřezu tvarové dutiny do dělicí roviny [mm<sup>2</sup>]*  
*p...vstřikovací tlak [MPa]*  
*n...násobnost vstřikovací formy*

- d) Vstřikovaná dávka:

$$V = V_v \cdot n \cdot K$$

*V<sub>v</sub>...objem součásti [cm<sup>3</sup>]*  
*K...koeficient navýšení objemu*  
*n...násobnost vstřikovací formy*

- e) Použitý materiál se běžně vstřikuje při tlaku 100 až 150 MPa. Avšak volba vstřikovací jednotky a přesné hodnoty vstřikovacího tlaku, které ji ovlivňují závisí na technologovi, který volí parametry celého vstřikovacího procesu.

Po zhodnocení výše zmíněných parametrů, při volbě maximálního vstřikovacího tlaku by bylo možné použít vstřikovací lis Arburg 420 C 1300 – 350.



Obr. 64 – Vstřikovací lis Arburg 420 C 1300 – 350

Tab. 2 – Základní technické údaje vstřikovacího lisu

<b>Vstřikovací lis označení</b>		<b>Arburg 420 C 1300 – 350</b>
Typ řízení		Selogica
Orientace uzavírací jednotky		horizontální
Uzavírací síla	kN	1300
Min. výška formy	mm	250
Max. vzdálenost mezi deskami	mm	750
Velikost upínacích desek	mm	615 x 615
Vzdálenost mezi sloupky	mm	420 x 420
Max. dráha vyhazovače	mm	175
Max. síla vyhazovače	kN	40
Průměr centrážního kroužku	mm	125
<b>Vstřikovací jednotka</b>		
Průměr šneku	mm	35
Optimální dávka materiálu (min. – max.)	cm <sup>3</sup>	33 – 101
Max. vstřikovací tlak	bar	2500
Max. přítlačná síla vstřikovací jednotky	kN	70



## **5 2D dokumentace formy**

Výkresová dokumentace je k nalezení v příloze. Obsahuje výkres sestavení vstříkovací formy, a výkres sestavení tvárníku. Dále pak výrobní výkresy jednotlivých částí tvárníku a výrobní výkres tvárnice.

## 6 Technicko-ekonomické zhodnocení

Jelikož není zadána velikost výrobní dávky, doba provozu vstřikovací formy a určení procesních parametrů, potažmo i přesná volba vstřikovacího stroje, jež by byla úkolem technologa, není možné propočítat náklady spojené s celým výrobním procesem.

Vyčíslit lze pouze náklady spojené s předvýrobní fází vstřikovací formy, jako jsou ceny polotovarů pro výrobu desek formy a ceny jednotlivých normálií. Výpočet nákladů spojených s obráběním a uvedením formy do provozu by obsáhly celou samostatnou práci. V příloze 1. jsou uvedeny ceny jednotlivých polotovarů (do pozice číslo 21) a dále ceny ostatních komponent sestavy vstřikovací formy.

### 6.1 Závěr

V bakalářské práci byly popsány nejpoužívanější způsoby konstrukce jednotlivých systémů vstřikovacích forem, jako jsou vtokový, temperační, vyhazovací. Horkému vtokovému systému byla věnována zvláštní kapitola. To proto, že v dnešní době je vývoj horkých vtokových systému v neustálém pochodu a jejich výrobou a vývojem se zabývá nespočet firem po celém světě.

Vstřikovací forma byla navržena pro výrobu kostky stavebnice Lego. Jelikož se jedná o celosvětově známou a oblíbenou hračku, lze předpokládat výrobu této kostky ve statisíkových sériích. Při tak velkém počtu vyráběných kusů je ekonomicky výhodné použít pro výrobu této relativně jednoduché součásti vícenásobnou formu s velkým počtem kavit. Co se konstrukce vtokového systému týče, bylo by při reálné konstrukci a výrobě formy, zřejmě jednodušší a levnější zvolit rozváděcí blok navržený jeho výrobcem přímo na míru pro danou aplikaci. Při řešení úkolu jsem však formu skládal pouze ze sériově vyráběných normálií.

## Literatura a použité zdroje

- [1] DUCHÁČEK, V. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Praha: VŠCHT, 2006.
- [2] KUTA, A. *Technologie a zařízení pro zpracování kaučuků a plastů*. Praha: VŠCHT, 1999.
- [3] ČSN 64 0008: *Směrnice pro konstrukce výrobků z plastických hmot*. Praha: VYDAVATELSTVÍ ÚŘADU PRO NORMALIZACI A MĚŘENÍ, 1968.
- [4] HASCO Hasenclever GmbH & Co. KG. *HASCO Software R3-2011* [online]. Dostupné z WWW: <[http://www.hasco.com/gb/Services-Downloads/Downloads-Documents/Standards-module/Hasco-Software/node\\_11804/HascoDigital.exe](http://www.hasco.com/gb/Services-Downloads/Downloads-Documents/Standards-module/Hasco-Software/node_11804/HascoDigital.exe)>
- [5] Fakulta strojní, Západočeská univerzita v Plzni. *Konstruování z nekonvenčních materiálů* Prezentace [online]. Dostupné z WWW: <<https://portal.zcu.cz/wps/myportal/.../>>.
- [6] LANXESS Inc. *Engineering Plastics: Part and Mold Design* [online]. Dostupné z WWW: <[http://techcenter.lanxess.com/scp/americas/en/docguard/Part\\_and\\_Mold\\_Design\\_Guide.pdf?docId=77015](http://techcenter.lanxess.com/scp/americas/en/docguard/Part_and_Mold_Design_Guide.pdf?docId=77015)>.
- [7] Synventive Molding Solutions. *Hot runner guide: Layout and Design* [online]. Dostupné z WWW: <[http://www.synventive.com/uploadedFiles/Products/Hot\\_Runner\\_Systems/Manifolds/PDFs/MK-PRM.BRM.GB-P.HRGD01.pdf](http://www.synventive.com/uploadedFiles/Products/Hot_Runner_Systems/Manifolds/PDFs/MK-PRM.BRM.GB-P.HRGD01.pdf)>.
- [8] EWIKON Heißkanalsysteme GmbH & Co. KG. *HPS I, Internally heated hotrunner system, 5V* [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.ewikon.com/en/download/main-catalogues/hps-i-internally-heated-hotrunner-system-5-v.html>>.
- [9] EWIKON Heißkanalsysteme GmbH & Co. KG. *HPS III, Externally heated hotrunner system, 230V* [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.ewikon.com/en/download/main-catalogues/hps-iii-externally-heated-hotrunner-system-230-v.html>>.

## Seznam příloh

1. Pořizovací ceny normálií a polotovarů Hasco pro výrobu vstřikovací formy.
2. Výkres sestavy vstřikovací formy. číslo výkresu: BP2011/2012
3. Výrobní výkres tvárnice. číslo výkresu: BP2011/2012/1
3. Výkres sestavy tvárníku. číslo výkresu: BP2011/2012/2
5. Výrobní výkres tělesa tvárníku. číslo výkresu: BP2011/2012/2.1
6. Výrobní výkres jádra. číslo výkresu: BP2011/2012/2.2
7. Výrobní výkres středového jádra. číslo výkresu: BP2011/2012/2.3

## Seznam obrázků

Obr. 1 – Schéma technologie vstřikování [5].....	7
Obr. 2 – Postup návrhu vstřikovací formy [5] .....	8
Obr. 3 – Příklady rozmístění kavit v násobné formě [3].....	9
Obr. 4 – Obvyklý průřez vtokového kanálu [3] .....	9
Obr. 5 – Nejpoužívanější vtoková ústí [3] .....	10
Obr. 6 – Ostatní druhy ústí vtokového systému [3], [4].....	10
Obr. 7 – Sestava horkého vtokového systému od firmy Hasco [4].....	11
Obr. 8 – Uspořádání temperačního kanálu s přepážkou Hasco [4].....	12
Obr. 9 – Uspořádání fontánkové temperace s fontánkami Hasco [4] .....	13
Obr. 10 – Uspořádání s jednochodou spirálovou vložkou Hasco [4].....	13
Obr. 11 – Uspořádání s dvouchodou spirálovou vložkou Hasco [4].....	13
Obr. 12 – Příklad vložkování vysoce tepelně vodivým materiálem [4].....	14
Obr. 13 – Sestava šoupátka se šikmým kolíkem Hasco [4] .....	15
Obr. 14 – Odformování podkosu kleštinou .....	15
Obr. 15 – Sestava formy pro závitová víčka s odformovacími komponenty Hasco [4] .....	16
Obr. 16 – Forma pro závitová víčka po otevření [4].....	16
Obr. 17 – Příklad přímého upnutí formy a rozmístění upínacích otvorů lisu Arburg 420 C ...	17
Obr. 18 – Izolovaná horká vtoková soustava .....	18
Obr. 19 – Vnitřně vyhřívaná horká vtoková soustava [8] .....	19
Obr. 20 – Externě vyhřívaný horký vtokový systém [9].....	19
Obr. 21 – Počet plastových dílců na trysku [7] .....	20
Obr. 22 – Kaskádové řízení horkých trysek [7] .....	20
Obr. 23 – Pneumatické ovládání jehlového ventilu [4].....	21
Obr. 24 – Druhy externě vyhřívaných horkých vtokových ústí [6] .....	21
Obr. 25 – Násobné trysky s přímým a stranovým vtokovým ústím [4].....	22
Obr. 26 – Konfigurace rozváděcích bloků [9].....	22
Obr. 27 – Vstříkovaná součást .....	23
Obr. 28 – Výběr typu trysky [4] .....	24
Obr. 29 – Rozsah procesních parametrů trysky Z10320 [4] .....	24
Obr. 30 – Tryska Z10320/2/20x75 .....	24
Obr. 31 – Vtoková ústí trysky Z10320.....	24
Obr. 32 – Řez rozváděcím blokem H106/1/56x180/36.....	25
Obr. 33 – Řez rozváděcím blokem H106/2/100x160/26 s tryskami Z10320/2/20x75 .....	26
Obr. 34 – Kompletní vtokový systém formy.....	26
Obr. 35 – Řez deskou horkých trysek .....	27
Obr. 36 – Deska horkých trysek spolu s rozváděcími bloky H106/2.....	27
Obr. 37 – Deska horkých trysek s kompletním vtokovým systémem.....	28
Obr. 38 – Řez deskou rozváděcích bloků.....	28
Obr. 39 – Řez kompletním uložením vtokového systému .....	29
Obr. 40 – Poloha dělicí roviny na součásti.....	30
Obr. 41 - Tvárník.....	30
Obr. 42 - Tvárnice .....	30
Obr. 43 – Drážka vytvářející podkos .....	30
Obr. 44 – Pohled na tvarovou vložku z dělicí roviny (vlevo), ze strany trysek (vpravo) .....	30
Obr. 45 – Tvarová deska pevné části formy s částečným řezem .....	31
Obr. 46 – Pohled na uložení horkých trysek .....	31
Obr. 47 – Deska rozváděcích bloků .....	32

Obr. 48 – Kompletní pevná část vstřikovací formy .....	32
Obr. 49 – Tvárník s tvarovými jádry .....	33
Obr. 50 – Tvarová deska pohyblivé části formy s částečným řezem .....	33
Obr. 51 – Mezilehlá deska.....	34
Obr. 52 – Kompletní pohyblivá část vstřikovací formy .....	34
Obr. 53 – Prvky pro manipulaci se vstřikovací formou .....	35
Obr. 54 – Řez uložením a zdvih stírací desky .....	35
Obr. 55 – Temperační okruh tvárnice .....	36
Obr. 56 – Temperace tvárníku.....	37
Obr. 57 – Umístění tepelně vodivých vložek v temperačním kanálku mezilehlé desky .....	37
Obr. 58 – Temperační okruh tvarové desky pevné části formy .....	37
Obr. 59 – Temperační okruh tvarové desky pohyblivé části formy .....	38
Obr. 60 – Temperační kanálky v desce horkých trysek .....	38
Obr. 61 – Temperační kanálky v mezilehlé desce.....	38
Obr. 62 – Temperační okruh upínací desky pevné části formy .....	39
Obr. 63 – Vývody temperačních okruhů .....	39
Obr. 64 – Vstřikovací lis Arburg 420 C 1300 – 350 .....	40

## Seznam tabulek

Tab. 1 – Druhy polymerů [5] .....	6
Tab. 2 – Základní technické údaje vstřikovacího lisu .....	41

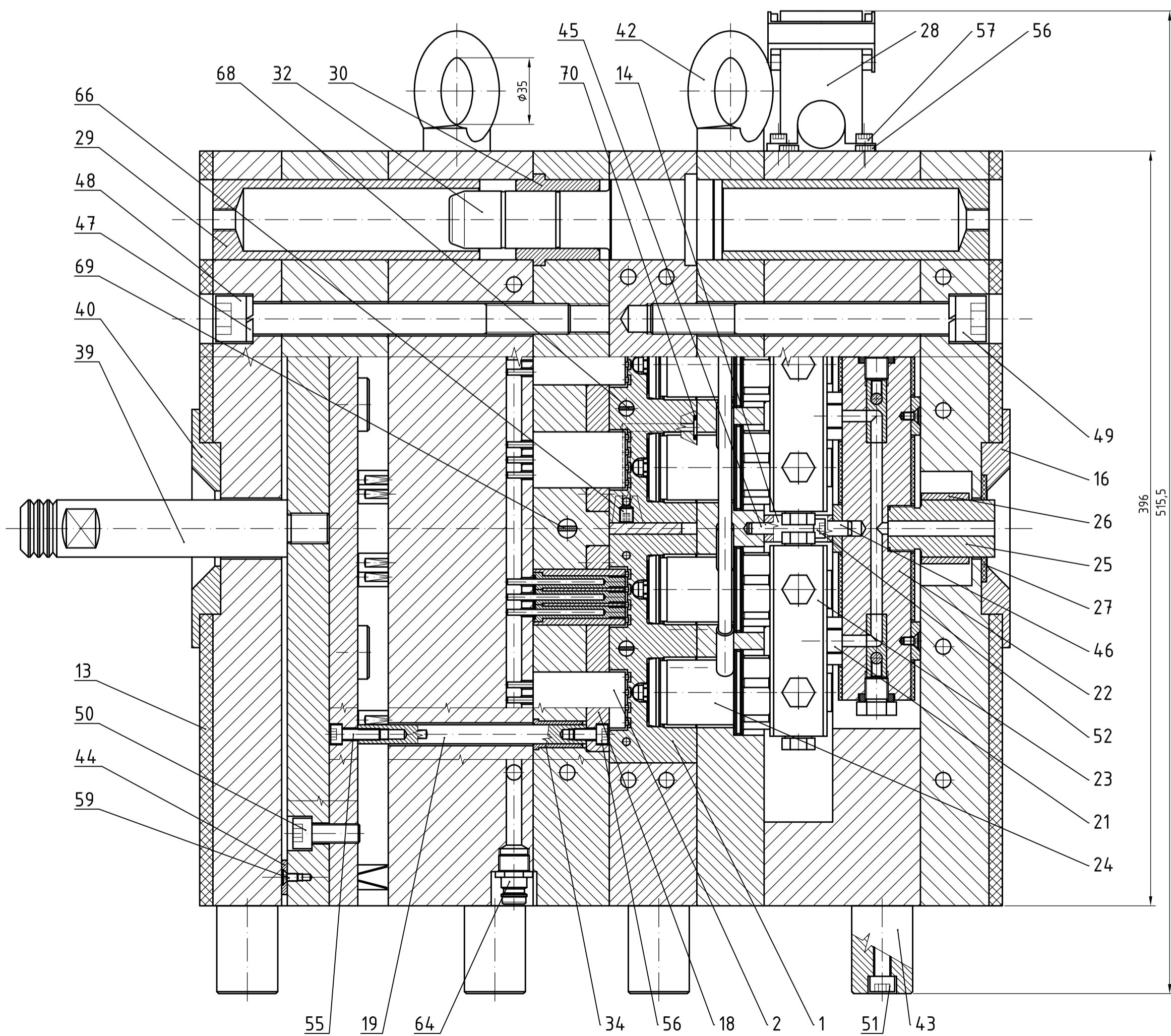
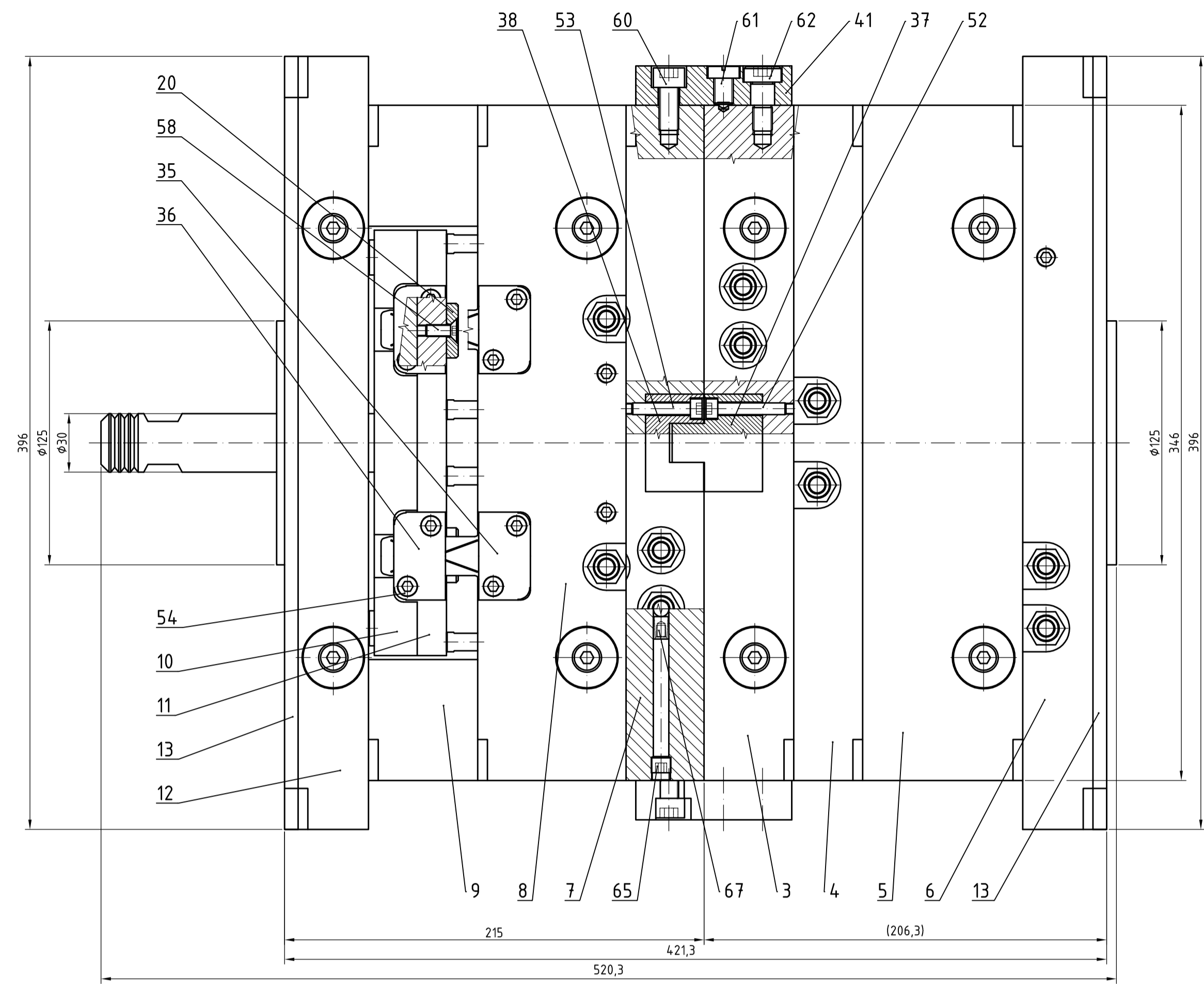
## **PŘÍLOHA č. 1**

**Pořizovací ceny normálií a polotovarů Hasco pro výrobu  
vstřikovací formy**

poz.	název	cena/ks [€]	min. obj. ks	mn.	cena celk. [€]
1	tvárnice	42,97	1	4	171,88
2	tvárník	201,65	1	16	3226,40
3	tvárová deska tvárníc	306,56	1	1	306,56
4	deska horkých trysek	117,56	1	1	117,56
5	deska rozváděcích bloků	209,80	1	1	209,80
6	upínací deska pevná	132,14	1	1	132,14
7	tvárová deska tvárníků	306,56	1	1	306,56
8	mezilehlá deska	193,52	1	1	193,52
9	lišta	58,29	1	2	116,58
10	vyhazovací deska	84,48	1	1	84,48
11	kotevní deska	75,98	1	1	75,98
12	upínací deska pohyblivá	132,94	1	1	132,94
13	izolační deska	147,54	1	2	295,08
14	distanční sloupek	13,88	1	1	13,88
15	svorkovnice	21,60	1	1	21,60
16	centrážní kroužek K100/125/15	27,85	1	1	27,85
17	kabelový držák	0,91	1	7	6,37
18	stírací deska	27,40	1	4	109,60
19	vyhazovací tyč Z02/10x120	8,83	1	16	141,28
20	distanční podložka	2,59	1	4	10,36
21	Z1055/1/16x36/6	47,79	1	2	95,58
22	H106/1/56x180/36	757,74	1	1	757,74
23	H106/2/100x160/26	1121,04	1	2	2242,08
24	Z10320/2/20x75	902,89	1	8	7223,12
25	Z1055/1/24x56/8	49,25	1	1	49,25
26	Z1134/30x25/120	76,90	1	1	76,90
27	Z1058/56x27	10,40	1	1	10,40
28	Z1228/16/24	111,00	1	1	111,00
29	Z20/42x140	14,13	1	8	113,04
30	Z10/36x30	12,88	1	3	38,64
31	Z10/36x32	12,88	1	1	12,88
32	Z00/46/30x85	21,20	1	3	63,60
33	Z00/46/32x85	21,20	1	1	21,20
34	Z11/27/10	5,82	1	16	93,12
35	Z07/27/20x50	131,00	1	4	524,00
36	Z17/27/20	67,64	1	4	270,56
37	Z085/50x33M	61,00	1	4	244,00
38	Z085/50x33F	73,00	1	4	292,00
39	Z1681/30x140	118,00	1	1	118,00
40	K100/125x15	27,85	1	1	27,85
41	Z73/20x32x80	38,30	1	2	76,60
42	Z710/16	2,70	1	2	5,40
43	Z571/32x46	8,62	1	8	68,96
44	Z55/18x3	1,46	1	4	5,84
45	Z25/6x20	0,21	10	7	2,10
46	Z25/8x24	0,34	10	1	3,40
47	Z69/16x3,5	0,08	10	8	0,80
48	Z31/16x170	6,20	1	4	24,80
49	Z30/16x160	3,43	1	4	13,72
50	Z30/10x25	0,14	20	4	2,80
51	Z30/8x55	0,14	10	8	1,40
52	Z31/6x35	0,16	20	10	3,20
53	Z30/6x30	0,07	20	8	1,40
54	Z30/6x25	0,05	20	16	1,00

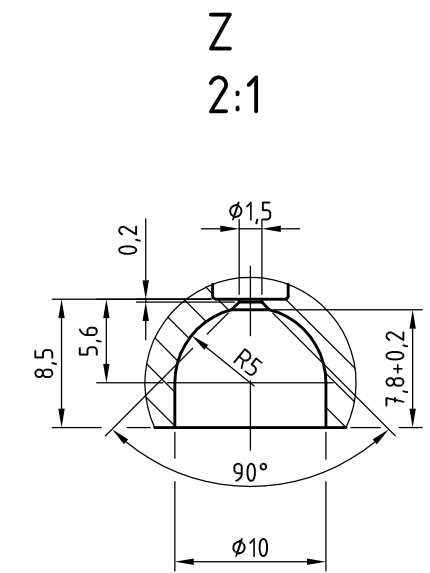
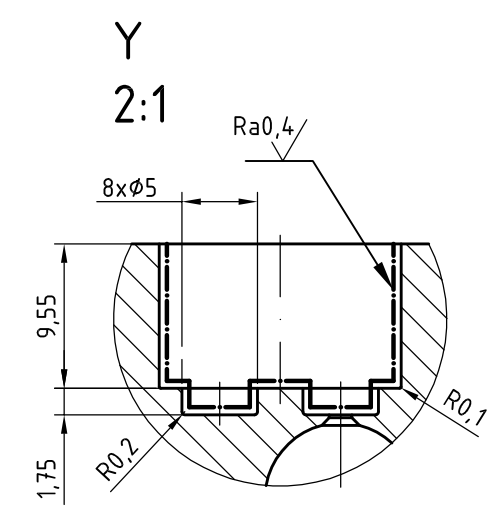
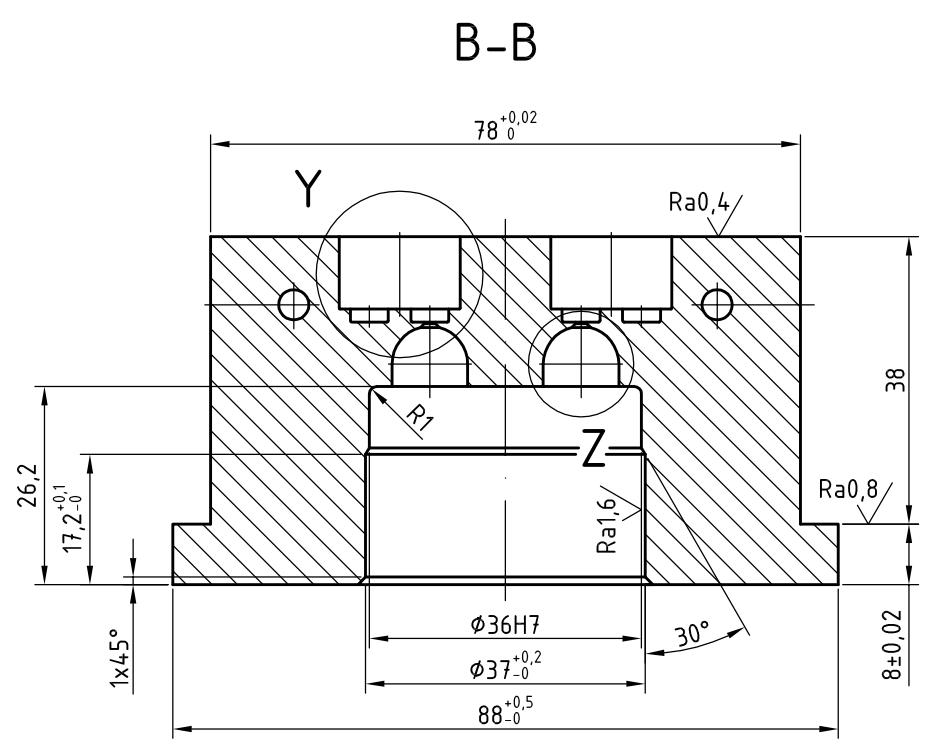
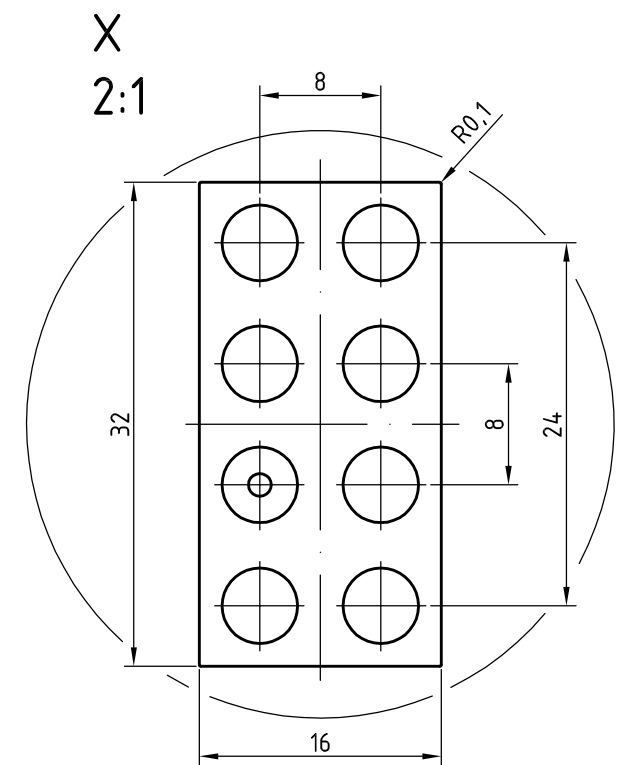
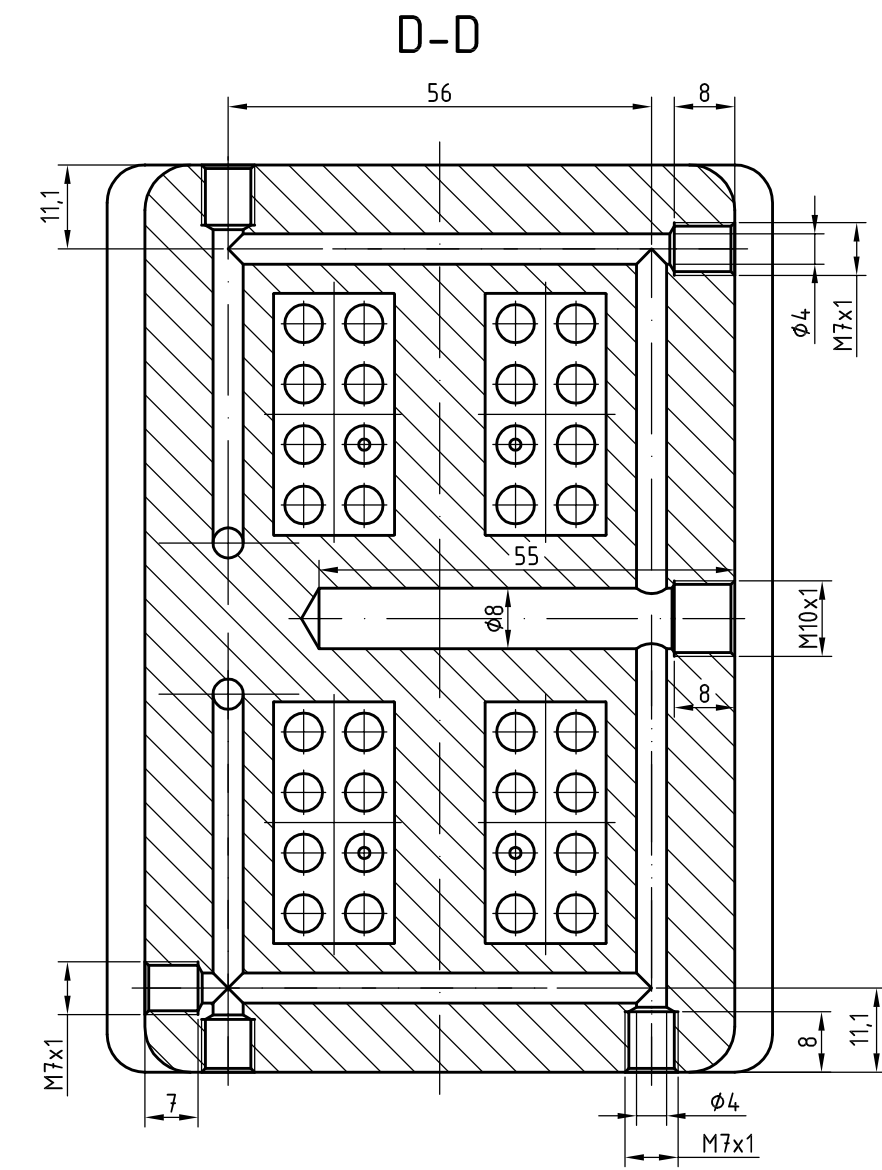
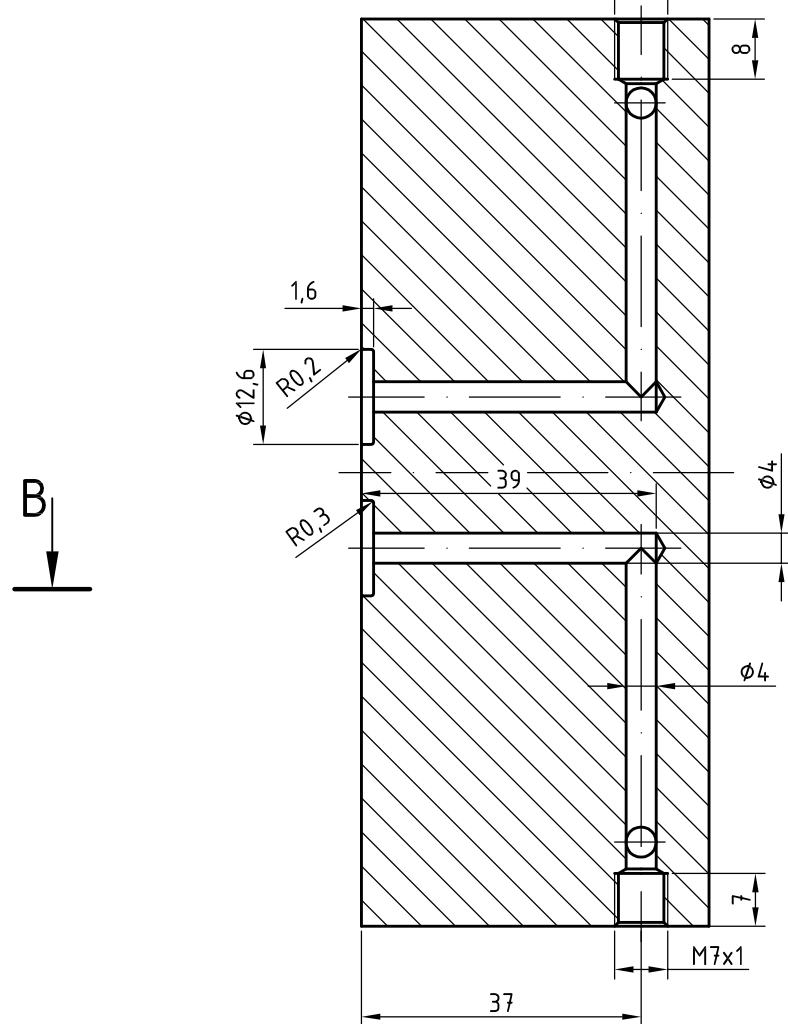
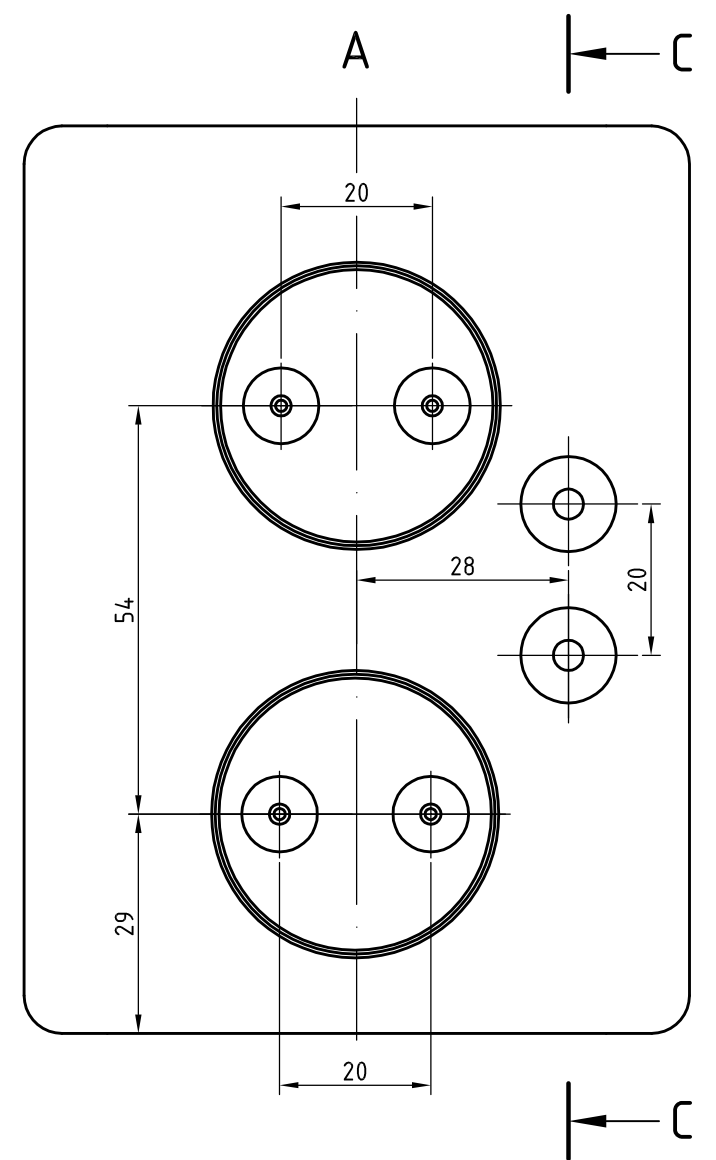
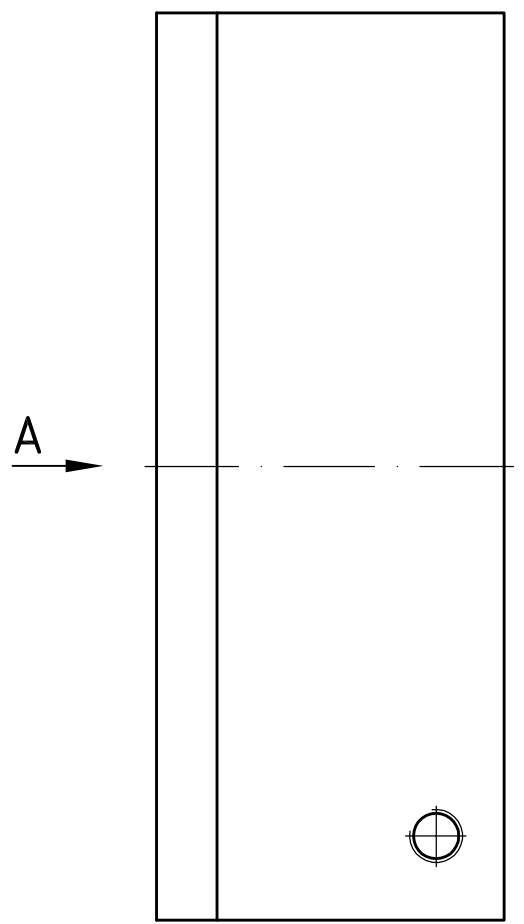
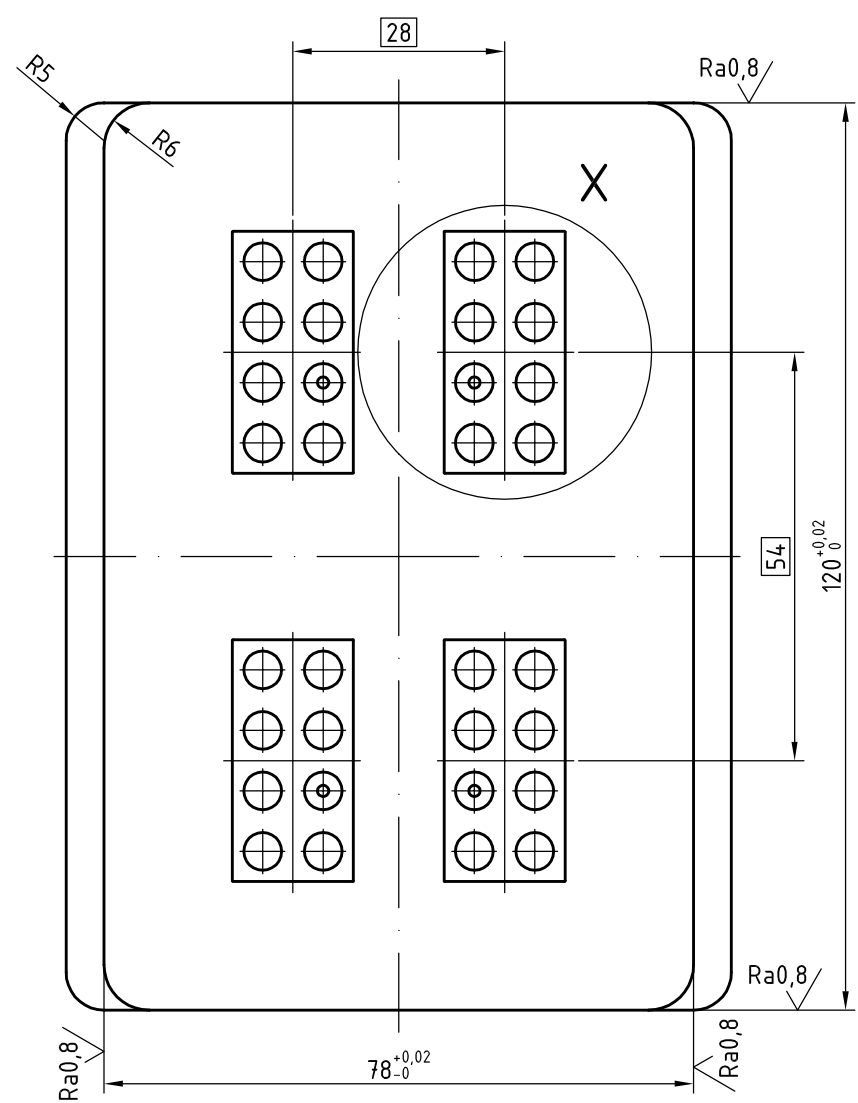


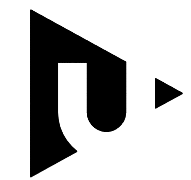
55	Z30/6x20	0,05	20	16	1,00
56	Z30/6x12	0,05	20	20	1,00
57	Z30/5x10	0,05	20	4	1,00
58	Z33/6x16	0,12	20	4	2,40
59	Z33/4x8	0,21	20	4	4,20
60	Z31/10x22	0,30	1	2	0,60
61	Z36/10x22	2,55	1	2	5,10
62	Z381/10x12	6,70	1	2	13,40
63	Z39/4x8	0,04	20	14	0,80
64	Z81/13/16x1,5	0,89	10	10	8,90
65	Z94/10x1	0,26	10	25	6,50
66	Z94/7x1	0,45	1	20	9,00
67	Z942/8	1,69	5	36	60,84
68	Z9661/10x100	4,70	1	4	18,80
69	Z9661/12x125	5,50	1	4	22,00
70	Z98/8/2	0,69	10	8	6,90
71	Z98/3,8/1,5	0,65	10	48	31,20
				<u>celkem €</u>	<u>18490,44</u>

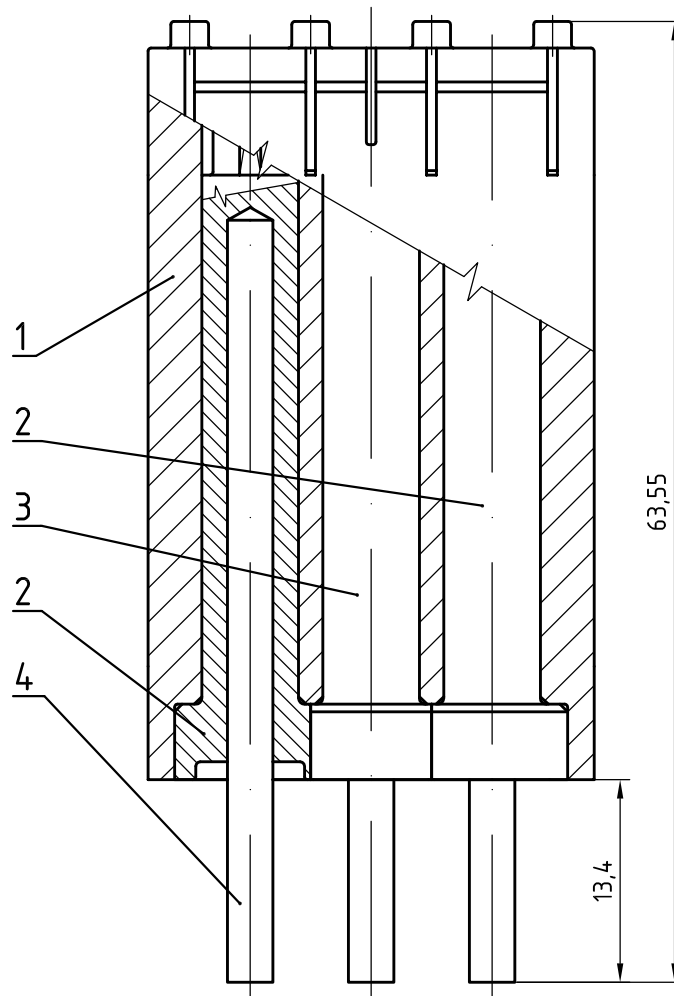
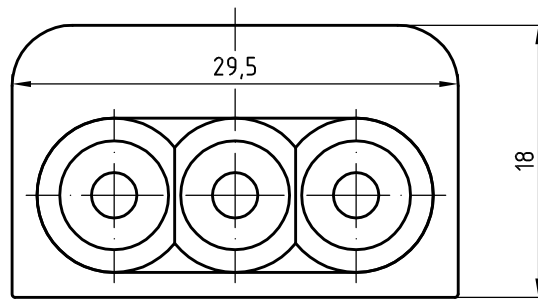


71	Z98/3,8/1,5	HASCO	---	---	4,8
70	Z98/8/2	HASCO	---	---	8
69	Z966/12x125	HASCO	---	---	4
68	Z966/10x100	HASCO	---	---	4
67	Z942/8	HASCO	---	---	36
66	Z94/7x1	HASCO	---	---	20
65	Z94/10x1	HASCO	---	---	25
64	Z81/13/16x1,5	HASCO	---	---	10
63	Z39/4x8	HASCO	---	---	14
62	Z38/10x12	HASCO	---	---	2
61	Z36/10x22	HASCO	---	---	2
60	Z31/10x22	HASCO	---	---	2
59	Z33/4x8	HASCO	---	---	4
58	Z33/6x16	HASCO	---	---	4
57	Z30/5x10	HASCO	---	---	4
56	Z30/6x12	HASCO	---	---	20
55	Z30/6x20	HASCO	---	---	16
54	Z30/6x25	HASCO	---	---	16
53	Z30/6x30	HASCO	---	---	8
52	Z31/6x35	HASCO	---	---	10
51	Z30/8x55	HASCO	---	---	8
50	Z30/10x25	HASCO	---	---	4
49	Z30/16x160	HASCO	---	---	4
48	Z31/16x170	HASCO	---	---	4
47	Z69/16x3,5	HASCO	---	---	8
46	Z25/8x24	HASCO	---	---	1
45	Z25/6x20	HASCO	---	---	7
44	Z18/55x3	HASCO	---	---	4
43	Z57/32x46	HASCO	---	---	8
42	Z10/16	HASCO	---	---	2
41	Z73/20x32x80	HASCO	---	---	2
40	K100/125x15	HASCO	---	---	1
39	Z168/30x140	HASCO	---	---	1
38	Z085/50x33/F	HASCO	---	---	4
37	Z085/50x33/H	HASCO	---	---	4
36	Z17/27/20	HASCO	---	---	4
35	Z07/27/20x50	HASCO	---	---	4
34	Z17/27/10	HASCO	---	---	16
33	Z00/46/32x85	HASCO	---	---	1
32	Z00/46/30x85	HASCO	---	---	3
31	Z10/36x32	HASCO	---	---	1
30	Z10/36x30	HASCO	---	---	3
29	Z20/42x140	HASCO	---	---	8
28	Z1228/16/24	HASCO	---	---	1
27	Z1058/56x27	HASCO	---	---	1
26	Z134/30x25/120	HASCO	---	---	1
25	Z1055/1/24x56/8	HASCO	---	---	1
24	Z10320/2/20x75	HASCO	---	---	8
23	H106/2/100x160/26	HASCO	---	---	2
22	H106/1/56x180/36	HASCO	---	---	1
21	Z1055/1/16x36/6	HASCO	---	---	2
20	DISTANČNÍ PODLOŽKA	BP2011/2012/20	DIN 11730	0,025 kg	4
19	VYHAZOVACÍ TYČ Z02/10x120	BP2011/2012/19	---	0,067 kg	16
18	STÍRAČÍ DESKA	BP2011/2012/18	DIN 1.2312	0,86 kg	4
17	KABELOVÝ DRŽÁK	BP2011/2012/17	DIN 1.1730	0,005 kg	7
16	CENTRÁŽNÍ KROUŽEK K100/125x15	BP2011/2012/16	DIN 1.1730	0,67 kg	1
15	SVORKOVNICE	BP2011/2012/15	DIN 1.1730	1,25 kg	1
14	DISTANČNÍ SLOUPEK	BP2011/2012/14	DIN 1.1730	0,255 kg	1
13	IZOLAČNÍ DESKA	BP2011/2012/13	---	---	2
12	UPÍNAČÍ DESKA POHYBLIVÁ	BP2011/2012/12	DIN 1.1730	4,135 kg	1
11	KOTEVNÍ DESKA	BP2011/2012/11	DIN 1.1730	9,51 kg	1
10	VYHAZOVACÍ DESKA	BP2011/2012/10	DIN 1.1730	14,16 kg	1
9	LIŠTA	BP2011/2012/9	DIN 1.1730	9,31 kg	2
8	MEZILEHLÁ DESKA	BP2011/2012/8	DIN 1.1730	74,75 kg	1
7	TVAROVÁ DESKA TVÁRNÍKŮ	BP2011/2012/7	DIN 1.2085	31,97 kg	1
6	UPÍNAČÍ DESKA PEVNÁ	BP2011/2012/6	DIN 1.1730	39,27 kg	1
5	DESKA ROZVADĚČÍCH BLOKŮ	BP2011/2012/5	DIN 1.1730	52,77 kg	1
4	DESKA HORKÝCH TRYSEK	BP2011/2012/4	DIN 1.1730	30,15 kg	1
3	TVAROVÁ DESKA TVÁRNIC	BP2011/2012/3	DIN 1.2085	30,31 kg	1
2	TVÁRNÍK	BP2011/2012/2	---	0,153 kg	16
1	TVÁRNICE	BP2011/2012/1	DIN 1.2312	2,36 kg	4

POZ.	NÁZEV - ROZMĚR POLIHOVAR	ČÍSLO VÝKRESU ČÍSLO NDRHY	MATERIÁL	HMOTNOST ČÍSLO NDRHY	MN.
PRŮMĚR		Hmotnost		420 kg	
MĚŘÍTKO 1:2		PŘESNOST ISO 2768 - mK		TOLEROVÁNÍ ISO 8015	
KRESLA		ČERTÍK JOSEF	DATUM 19.6.2012	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY	
TECH. REFERENT			DATUM	ČÍSLO SEZNAMU PRŮŘEZŮ	
SCHVÁLIL			DATUM	TYP DOKUMENTU	
NÁZEV		ISO 16016		ČÍSLO VÝKRESU	
KATEDRA KONSTRUVÁNÍ STROJŮ		VSTŘIKOVACÍ FORMA S HORKÝM VTOKEM		BP2011/2012	



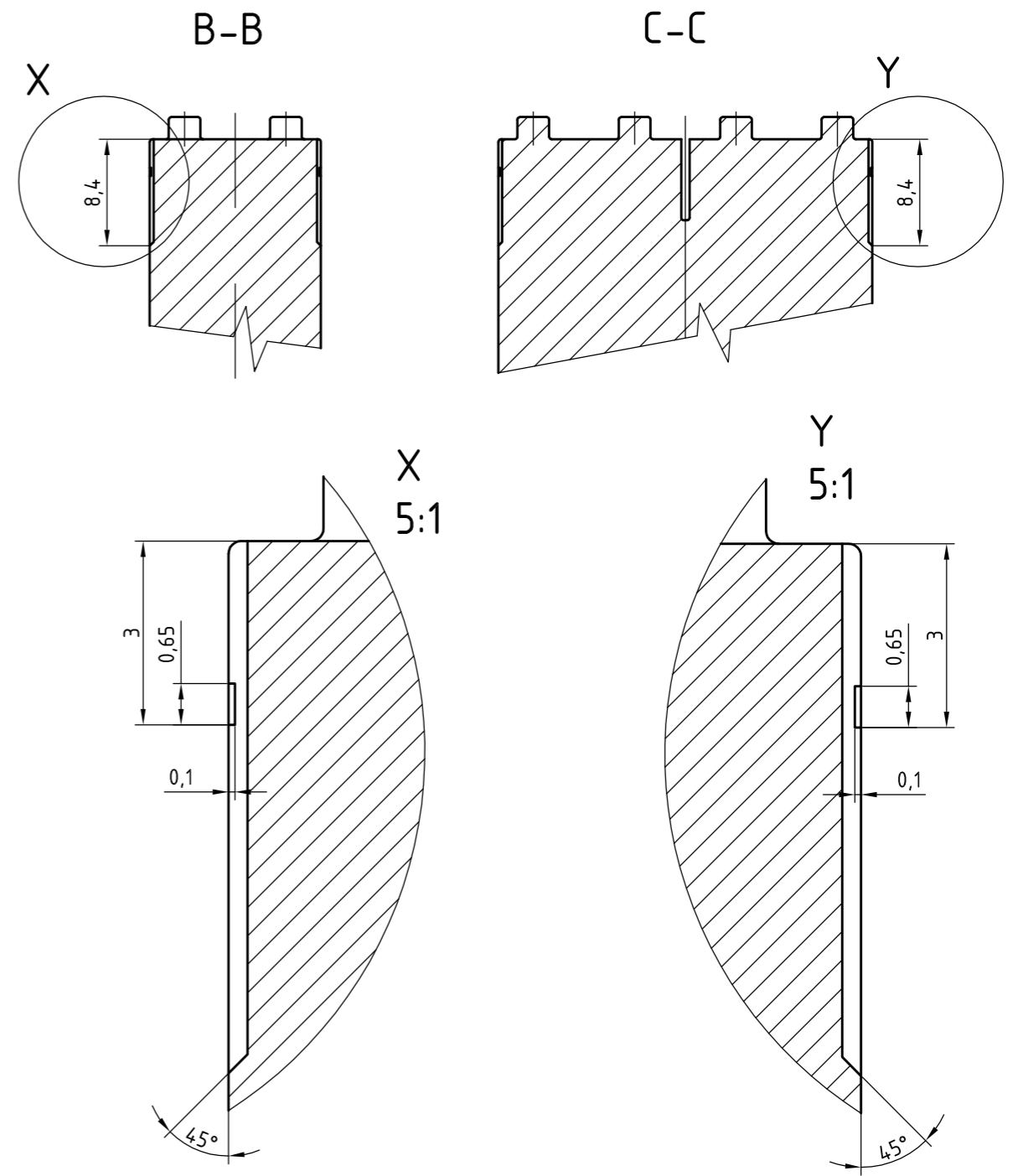
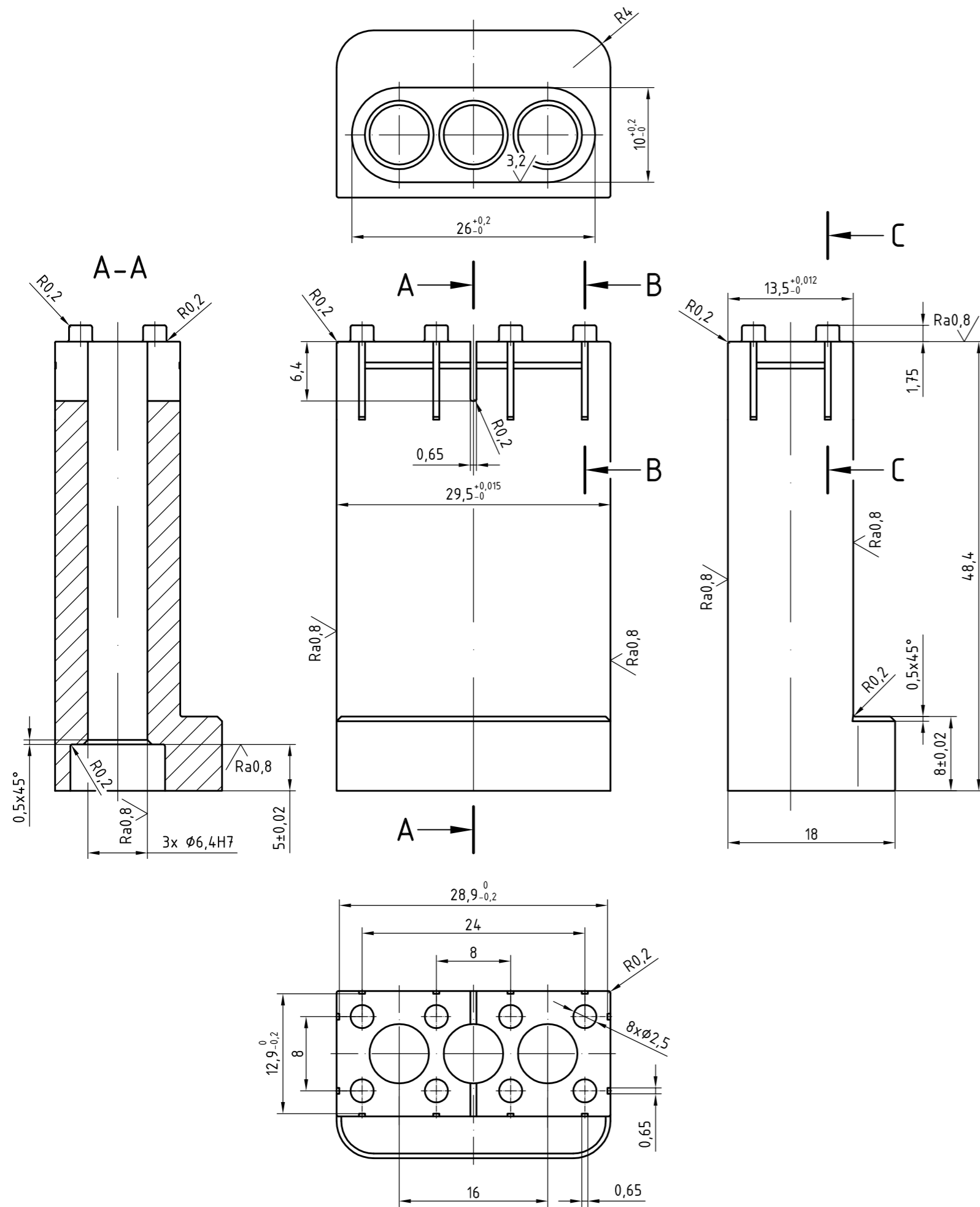
PROMÍTÁNÍ	MÉRÍTKO	PŘESNOST ISO 2768 - mK	HMOTNOST	INDEX	ZMĚNA
	1:1	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	2,76 kg		
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ			ROZMĚR - POLOTOVAR DIN 1.2312 Hasco F90x50x500		
KRESLIL		ČERTÍK JOSEF	DATUM		21.6.2012
TECH. REFERENT			DATUM		
SCHVÁLIL			DATUM		
NÁZEV			ISO 16016		
TVÁRNICE			TYP DOKUMENTU		
			ČÍSLO VÝKRESU		
			BP2011/2012/1		
			TYP DOKUMENTU		
			BP2011/2012/1		



4	Z975/3/50	HASCO	---	---	3
3	JÁDRO STŘEDOVÉ	BP2011/2012/2.3	DIN 1.2312	0,010 kg	1
2	JÁDRO	BP2011/2012/2.2	DIN 1.2312	0,010 kg	2
1	TĚLESO TVÁRNÍKU	BP2011/2012/2.1	DIN 1.2312	0,114 kg	1
POZ.	NÁZEV - ROZMĚR POLOTOVAR	ČÍSLO VÝKRESU ČÍSLO NORMY	MATERIÁL	HMOTNOST JEDNOTKA	MN.

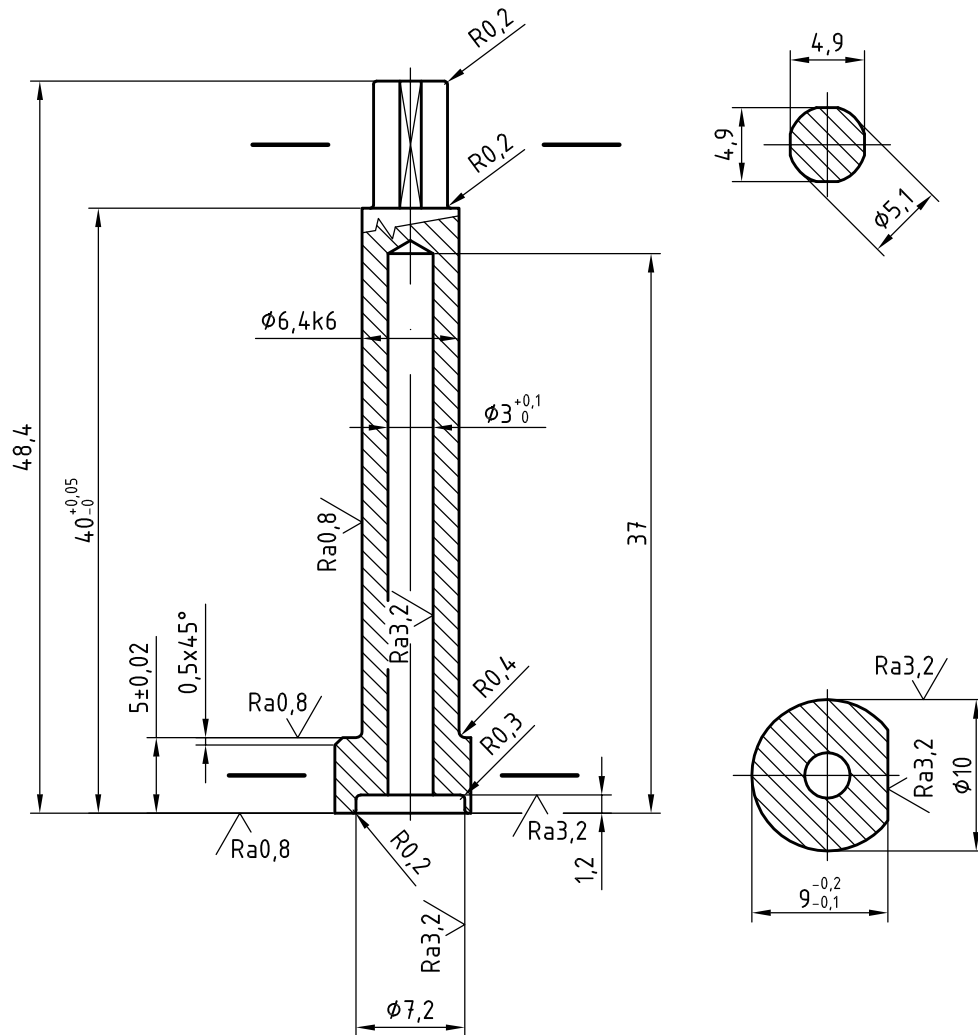
PROMÍTÁNÍ 	MĚŘÍTKO <b>2:1</b>	PŘESNOST ISO 2768 - mK TOLEROVÁNÍ ISO 8015	HMOTNOST <b>0,153 kg</b>	INDEX	ZMĚNA	
 <b>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI</b>  <b>KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ</b>		MATERIÁL		ROZMĚR - POLOTOVAR		
		KRESLIL	ČERTÍK JOSEF	DATUM	20.6.2012	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY
		TECH. REFERENT		DATUM		ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK
		SCHVÁLIL		DATUM		
		NÁZEV	TVÁRNÍK		ISO 16016	TYP DOKUMENTU
			ČÍSLO VÝKRESU	BP2011/2012/2		

Ra1,6 / ( Ra0,8 / Ra3,2 )



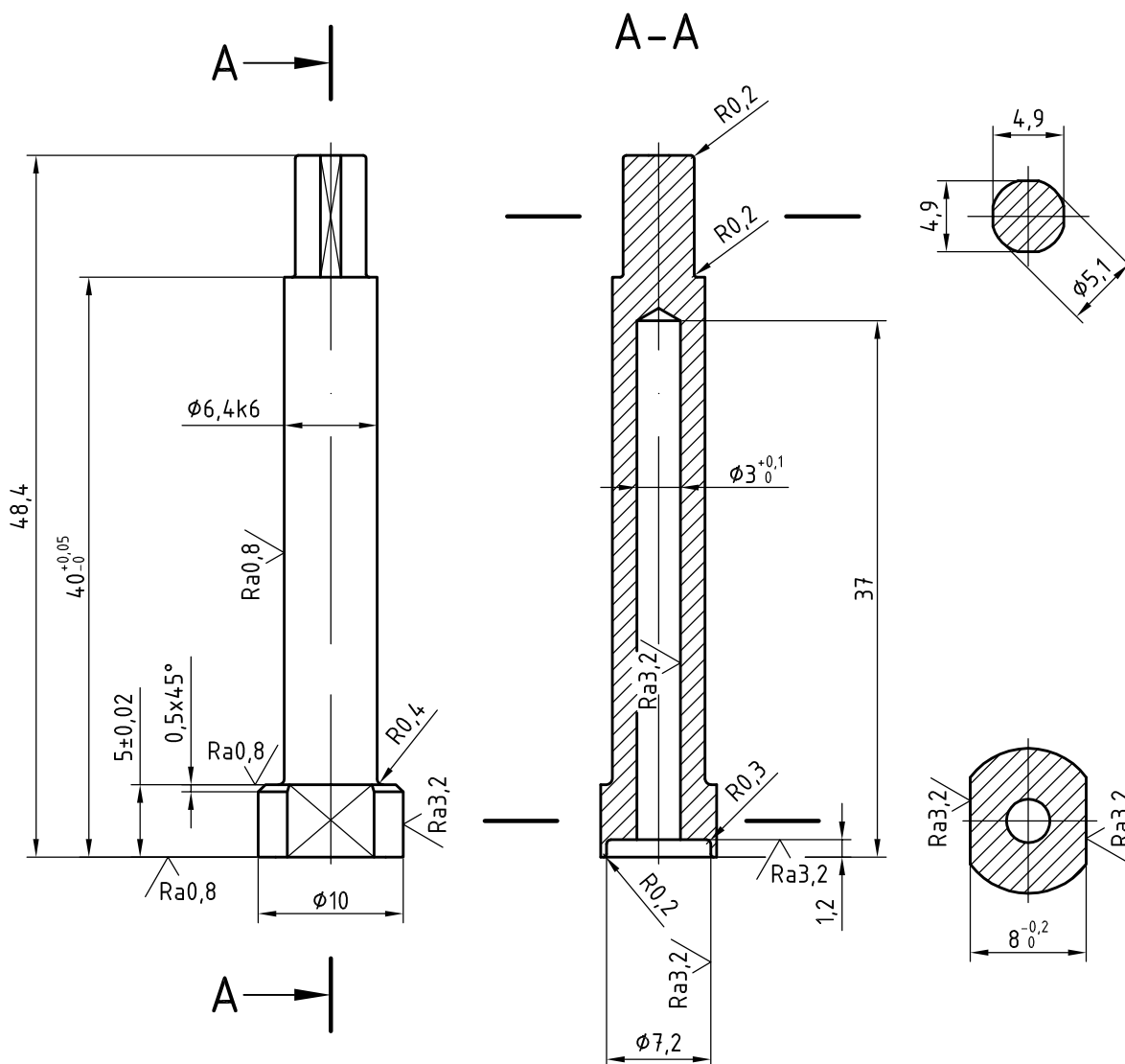
PROMÍTÁNÍ	MĚŘÍTKO	PŘESNOST ISO 2768 - mK TOLEROVÁNÍ ISO 8015	HMOTNOST	INDEX	ZMĚNA
	2:1		0,114 kg		
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI  KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ		MATERIÁL: DIN 1.2312 ROZMĚR - POLOTOVAR: Hasco F30,3x20,4x1000			
KRESLIL	ČERTÍK JOSEF	DATUM	20.6.2012	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY	
TECH. REFERENT		DATUM		BP2011/2012/1	
SCHVÁLIL		DATUM		ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK	
NÁZEV			ISO 16016	TYP DOKUMENTU	
TĚLESO TVÁRNÍKU			ČÍSLO VÝKRESU		
			BP2011/2012/2.1		
LIST/LISTŮ 3/6					

Ra0,4/ ( Ra0,8/ Ra3,2/ )



PROMÍTÁNÍ 	MĚŘÍTKO <b>2:1</b>	PŘESNOST ISO 2768 - mK	HMOTNOST <b>0,010 kg</b>	INDEX	ZMĚNA
		TOLEROVÁNÍ ISO 8015	MATERIÁL <b>DIN 1.2312</b>	ROZMĚR - POLOTOVAR <b>Hasco P8000x12x100</b>	KRESLIL <b>ČERTÍK JOSEF</b>
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI		TECH. REFERENT	SCHVÁLIL	DATUM	ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK
		NÁZEV <b>JÁDRO</b>	ISO 16016	TYP DOKUMENTU	
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ		ČÍSLO VÝKRESU <b>BP2011/2012/2.2</b>		LIST/LISTŮ <b>4/6</b>	

Ra0,4/ ( Ra0,8/ Ra3,2/ )



PROMÍTÁNÍ 	MĚŘÍTKO <b>2:1</b>	PŘESNOST ISO 2768 - mK	HMOTNOST <b>0,010 kg</b>	INDEX	ZMĚNA
		TOLEROVÁNÍ ISO 8015	MATERIÁL <b>DIN 1.2312</b>	ROZMĚR - POLOTOVAR <b>Hasco P8000x12x100</b>	KRESLIL <b>ČERTÍK JOSEF</b>
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	SCHVÁLIL	NÁZEV <b>JÁDRO STŘEDOVÉ</b>	DATUM	ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK
		ISO 16016	TYP DOKUMENTU	ČÍSLO VÝKRESU <b>BP2011/2012/2.3</b>	LIST/LISTŮ 5/6