

# Návrh vstřikovací formy pro plastový díl

Libor Gabko

---

Bakalářská práce  
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2016/2017

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Libor Gabko**  
Osobní číslo: **T14661**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh vstřikovací formy pro plastový díl**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Nakreslete 3D model vyráběného dílu.
3. Provedte konstrukci 3D sestavy vstřikovací formy.
4. Nakreslete 2D výkres sestavy s kusovníkem dílů.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**dle zadání vedoucího BP**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Michal Staněk, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**2. ledna 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce:

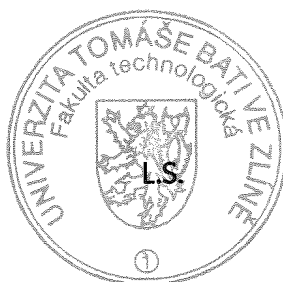
**19. května 2017**

Ve Zlíně dne 31. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

*děkan*



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.

*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 12.5.2017



.....

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce byl návrh vstříkovací formy pro plastový díl. Bakalářská práce je rozdělena do dvou částí a to části teoretické a praktické. Obsahem teoretické části jsou informace jak o vstříkovaných polymerech tak i informace a jednotlivých komponentech formy. Praktická část se zaměřuje na popis zadaného dílu. Rozebírá vhodný návrh a konstrukci formy pro zadaný díl. Celý tento postup je realizován prostřednictvím programu CATIA V5. Normalizované součásti byly vybrány z katalogu firmy HASCO 2015.

Klíčová slova: Vstříkovací forma, technologie vstříkování, polymerní materiály, CATIA software

## **ABSTRACT**

Meaning of this bachelor thesis was design of injection mold for plastic part. Bachelor thesis is divided into two separated sections and its theoretical and practical section. Content of theoretical section are mostly information about materials used to injection molding technology and injection mold. Practical section is focused on describe of specific part. Describing correct design and construction of injection mold for this part. Whole process is realised in CATIA V5 software. Normalised parts were taken from catalog of HASCO company 2015.

Keywords: Injection molding, injection mold technology, polymer materials , CATIA software

Poděkování, motto a čestné prohlášení, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická, nahraná do IS/STAG jsou totožné ve znění:

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 POLYMERY</b> .....	<b>12</b>
1.1 PLASTY .....	12
1.1.1 Termoplasty.....	12
1.1.2 Reaktoplasty.....	12
1.2 ELASTOMERY .....	13
1.2.1 Termoplastické elastomery .....	13
1.2.2 Kaučuky .....	13
1.3 ÚPRAVA POLYMERU PRO ZPRACOVÁNÍ A POUŽITÍ.....	14
1.3.1 Stabilizátory .....	14
1.3.2 Plastifikátory .....	14
1.3.3 Polymerní modifikátory .....	14
1.3.4 Koncentráty lubrikantů, nukleačních činidel a antistatik.....	14
1.3.5 Retardéry hoření.....	14
1.3.6 Plniva.....	15
<b>2 VSTŘIKOVACÍ STROJ</b> .....	<b>16</b>
2.1 VSTUPNÍ KONTROLA PLASTŮ .....	17
2.2 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA .....	17
2.3 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	17
2.3.1 Mechanismy uzavíracích jednotek .....	18
2.4 OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....	18
2.5 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	19
<b>3 VSTŘIKOVACÍ FORMA</b> .....	<b>21</b>
3.1 FUNKČNÍ SYSTÉMY FOREM .....	21
3.2 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY .....	21
3.2.1 Plný kuželový vtok.....	23
3.2.2 Bodový vtok .....	23
3.2.3 Tunelový vtok .....	24
3.2.4 Boční vtok .....	24
3.2.5 Filmový vtok .....	25
3.3 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY (VVS) .....	25
3.3.1 Vyhřívané trysky .....	26
3.3.2 Vytápěné rozvodné bloky .....	27
3.4 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY.....	27
3.4.1 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků .....	28
3.4.2 Vyhazování stírací deskou .....	28
3.4.3 Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů.....	29
3.4.4 Hydraulické vyhazování.....	30
3.4.5 Vzduchové vyhazování .....	30

3.5	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM .....	31
3.6	MATERIÁLY FOREM .....	32
3.6.1	Přehled ocelí .....	32
3.7	TEMPERACE FOREM .....	33
3.7.1	Pasivní temperace .....	33
3.7.2	Aktivní temperace .....	34
3.7.3	Součásti temperačního systému .....	35
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>36</b>
<b>4</b>	<b>CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>POUŽITÝ SOFTWARE .....</b>	<b>38</b>
5.1	CATIA V5R19 .....	38
5.2	HASCO DAKO MODULE 2015 .....	38
<b>6</b>	<b>VÝROBEK .....</b>	<b>39</b>
6.1	MATERIÁL VÝROBKU .....	39
<b>7</b>	<b>KONSTRUKCE FORMY .....</b>	<b>40</b>
7.1	NÁSOBNOST .....	40
7.2	ZAFORMOVÁNÍ .....	40
7.3	TEMPERACE FORMY .....	43
7.4	ODFORMOVÁNÍ VÝROBKU .....	44
7.5	VYHAZOVACÍ SYSTÉM .....	45
7.6	VTKOVÝ SYSTÉM .....	46
7.7	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY .....	46
7.8	DOPLŇUJÍCÍ PRVKY FORMY .....	47
<b>8</b>	<b>VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....</b>	<b>50</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>51</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>52</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>53</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>56</b>

## ÚVOD

Lidé se s makromolekulárními látkami setkávají již od nepaměti. Zpočátku šlo tedy hlavně o polymery přírodní. Polymerní materiály neboli plasty zaznamenaly velký boom v první polovině 20. století. Díky svým mechanickým vlastnostem našli brzy uplatnění v mnoha různých technických oborech. Mezi tyto vlastnosti hlavně patří vysoká chemická odolnost, snadná tvarovatelnost, nízká hmotnost a jiné. Dalším velmi důležitým aspektem proč jsou polymerní materiály tak úspěšné je bezpochyby i jejich cena která je mnohdy výrazně nižší než kdyby museli být použity materiály jako je ocel a jiné. Díky těmto vlastnostem začaly polymerní materiály brzy nahrazovat materiály klasické.

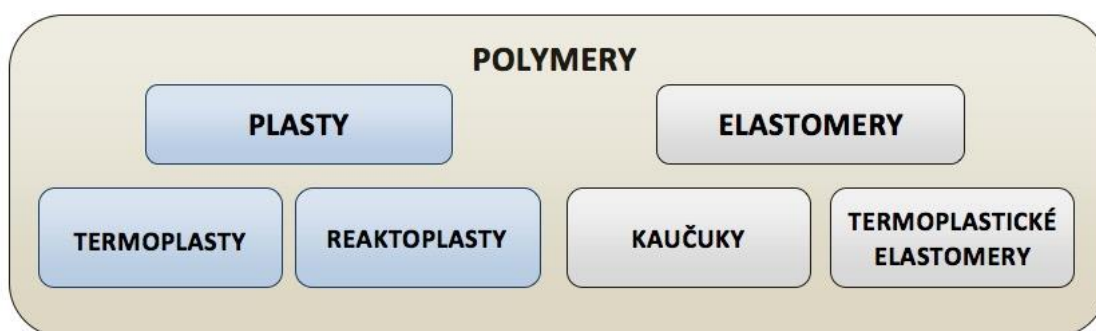
V dnešní době se plastové výrobky uplatňují v mnoha odvětvích. Mezi tyto odvětví patří například automobilový průmysl, elektrotechnika, letecký průmysl, lékařství a další. Díky tomuto úspěchu polymerů jsou však kladeny čím dál tím vyšší nároky na mechanické vlastnosti polymerů při zachování co nejnižších cen.

Technologie vstřikování je obor jenž se rozvíjel souběžně s rozvojem polymerních materiálů. Je to metoda, která může být plně automatizována, další její nespornou výhodou je vysoká produktivita a možnost dosáhnuti relativně vysokých přesností. Navíc při této metodě často odpadají dokončovací práce.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 POLYMERY

Polymery jsou substance, v níž je mnoho individuálních molekulárních jednotek (monomerů) propojeno do makromolekulárních řetězců. Polymery se dají dělit podle různých kritérií. Mezi základní skupiny polymerů patří plasty a elastomery viz. obr. 1. Polymery lze dělit i podle mnoha dalších kritérií. Toto dělení je jedním ze základních dělení polymerů.



Obr. 1 Dělení polymerů

### 1.1 Plasty

Plasty patří mezi polymery u nichž mechanické namáhání způsobuje spíše plasticou deformaci, která má trvalý charakter. Mezi jejich charakteristické vlastnosti za běžných podmínek patří, že jsou tvrdé a často křehké. S tím jak se jejich vlastnosti mění při zahřívání je dále dělíme na termoplasty a reaktoplasty. [4]

#### 1.1.1 Termoplasty

Termoplasty patří mezi materiály, jež při zahřátí měknou a umožňují tak jejich tváření. Při jejich zahřátí nad teplotu tání dojde k přechodu do oblasti taveniny. Po jejich následném ochlazení pod teplotu tání přechází do pevného stavu. Při zahřívání nedochází ke změnám chemické struktury polymeru ani k žádné chemické reakci. Změny u termoplastů mají tak pouze fyzický charakter a proces měknutí a tuhnutí má vratný charakter. Termoplasty jsou jak amorfni tak i semikrystalické látky. Klasickými zástupci termoplastů jsou polyethylen (PE), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC). [4]

#### 1.1.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty patří mezi polymery, které jsou zpracovatelné jen po určitou dobu po zahřátí. Při dalším zahřívání dochází k chemické změně zesíťování. Po této chemické změ-

ně se molekuly stávají netavitelnými a nerozpustnými. Chemická reakce jež způsobuje vznik zesíťované struktury se nazývá vytvrzování. Tento proces je nevratný a zesíťovaný materiál nelze znovu tvarovat nebo tavit. Produkt v nevytvrzeném stavu se většinou nazývá pryskyřice. Mezi zástupce patří například epoxidová pryskyřice (EP), polyesterová pryskyřice (UP). [5]

## 1.2 Elastomery

Elastomery jedná se o velmi pružný (elastický) materiál, který za normálních podmínek můžeme i malou silou výrazně deformovat a to bez jeho poškození, tato deformace je převážně vratného charakteru. Klasickým představitelem může být například kaučuk. Jeho zesíťováním jsou vyráběny pryže, což je vysoce pružný materiál odolný trvalé deformaci. [4]

### 1.2.1 Termoplastické elastomery

Termoplastické elastomery jsou materiály jež jsou svými vlastnostmi velmi blízké pryžím. Struktura termoplastických elastomerů je tvořena tvrdými a měkkými segmenty. Měkké segmenty tvoří elastomery a tvrdé termoplasty, které vytváří uzly sítě. Tyto elastomery mají zesíťovanou strukturu. Při zahřívání přejdou do tekutého stavu a dají se zpracovávat podobně jako termoplasty. Termoplastické elastomery nedosahují tak vysokých elastických vlastností jako pryže nicméně jejich výhodou je možnost vstříkování na běžných strojích určených pro termoplasty a také možnost jejich recyklace. [5]

### 1.2.2 Kaučuky

Kaučuky patří mezi polymery, jež se dají řídkým zesíťováním převést na elastomer (pryž). Kaučuky se vyskytují jak v přírodní podobě tak v podobě syntetické. Základní surovinou pro výrobu syntetických kaučuků je ropa. Pryž nesestává pouze z čistého kaučuku, je v ní také obsažena gumárenská směs. Gumárenská směs obsahuje vulkanizační činidla, stabilizátory, plastifikátory, a jiné látky. Surový kaučuk je za tepla lepkavý, za studena tuhý a nepružný. Pryž je naopak elastická v širokém rozmezí teplot. [5]

### 1.3 Úprava polymeru pro zpracování a použití

Základní polymer, který vznikne při jedné z polyreakcí obvykle nelze přímo zpracovávat a aplikovat na výstřiky. Takto vzniklý polymer musí být upraven dalšími přísadami (aditivy) pro získání požadovaných vlastností. [3]

#### 1.3.1 Stabilizátory

Termo-oxidační stabilizátory zvyšují odolnost vstřikovaného materiálu k termo-oxidačnímu stárnutí. To znamená, že zvyšují teplotu a dobu použití výstřiku na teplotě.

UV stabilizátory prodlužují životnost výstřiku díky zvýšení odolnosti vůči atmosférickému stárnutí (absorbují část slunečního záření, která umožňuje degradační procesy). [3]

#### 1.3.2 Plastifikátory

Plastifikátory snižují tuhost a tvrdost ale zvyšují ohebnost, tažnost a houževnatost zchladnutého polymeru. Nejčastěji se používají u PVC. [3]

#### 1.3.3 Polymerní modifikátory

Polymerní sloučeniny, které vytvářejí se základním polymerem směsí. Jejich cílem je výrazná změna vlastností základního polymeru. [3]

#### 1.3.4 Koncentráty lubrikantů, nukleačních činidel a antistatik

Lubrikanty neboli maziva snižují viskozitu taveniny. Zlepšují tak odformovatelnost a lesk výstřiku.

Nukleační činidla modifikují rychlost krystalizace a tím ve svých důsledcích vedou ke zkrácení výrobního cyklu nebo k zvýšení transparentnosti.

Antistatika snižují vznik elektrostatického náboje, který je typický pro většinu termoplastů. [3]

#### 1.3.5 Retardéry hoření

Snižují nebo zmenšují hořlavost termoplastů. Jsou účinné až při vyšších koncentracích (5-30%) a proto mají značný vliv i na zpracovatelské a užité vlastnosti. Jako retardéry hoření se používají i plniva anorganického původu. [3]

### 1.3.6 Plniva

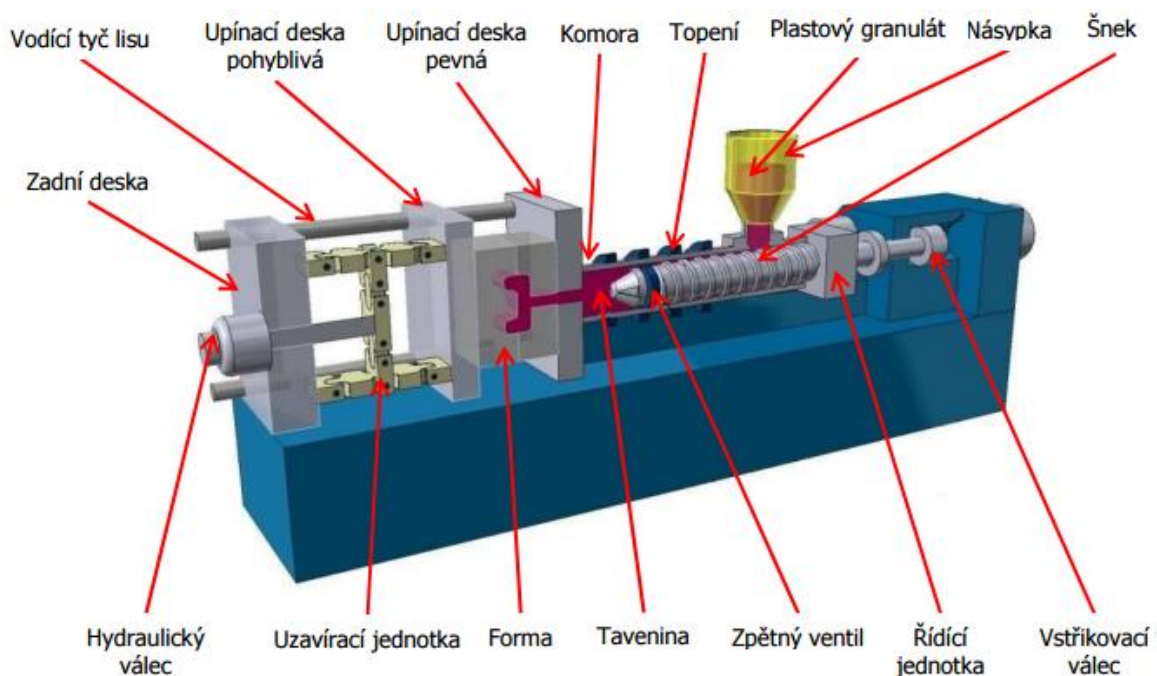
Polymerní materiály s plnivem se nazývají kompozitními. Kompozitní materiály jsou definovány jako materiálové struktury, které vzniknou ze dvou nebo více materiálů zcela odlišných vlastností s výsledným synergickým účinkem. Jako plniva se používají plniva částicová, vyztužující nebo nanoplňiva. [3]

## 2 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Technologie vstřikování patří k nejčastěji využívaným způsobům výroby plastových součástí. Je pro ni typický relativně složitý fyzikální proces, v němž hrají roli zejména polymer, vstřikovací stroj a forma. Po roztavení plastu je plast vstřikován pod tlakem vstřikovacím strojem do dutiny formy, kde je následně ochlazen ve tvaru vyráběné součásti.

Na výsledný produkt bude mít vliv vždy kvalita použitého plastu a volba správného typu plastu s ohledem na konečnou aplikaci produktu. Dále bude hrát významnou roli i technologický postup zpracování plastu. Pokud je technologický postup špatný může degradovat kvalitu výstřiku. Technologický postup musí být dokonale optimalizován a během výroby respektován. [1]

Vstřikovací stroj jako jeden z hlavních činitelů výroby má různá uspořádání. V současnosti je na trhu velký počet různých typů konstrukcí strojů které se od sebe liší provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností výrobků, rychlostí výroby, snadnou obsluhou i cenou. Konstrukci vstřikovacího stroje charakterizuje vstřikovací jednotka, uzavírací jednotka, ovládání a řízení stroje. [1]



Obr. 2 Schéma vstřikovacího stroje

## 2.1 Vstupní kontrola plastů

Vstříkované plasty jsou dodávány granulované v pytlích. Bývají různě chráněny proti navlhnutí. Vstupní kontrola je prováděna kvůli zamezení zpracovatelských a aplikačních potíží. Tato vstupní kontrola bývá prováděna přímo v podniku, který plast následně dále zpracovává.

Vstupní kontrola má za cíl stanovit chemicko-analytické složení, mechanické vlastnosti, fyzikální vlastnosti, vizuální atd. Při vstupní kontrole se používá běžná laboratorní výbava pro chemickou analýzu (viskozimetrické přístroje, rotační plastometr ...) pro mechanické zkoušky (trhací stroj, tvrdoměr, váhy ...), teplotní komoru a další. [1]

## 2.2 Vstříkovací jednotka

Vstříkovací jednotka slouží k přeměně granulátu na taveninu o požadované viskozitě a také taveninu vysokou rychlostí pod velkým tlakem vstříkuje do dutiny formy, přičemž musí být zajištěna maximální tvarová a rozměrová přesnost. Mezi nejrozšířenější typ vstříkovací jednotky pro zpracování termoplastů patří vstříkovací jednotky se šnekem. Tento šnek rotuje kolem své osy a axiálně se pohybuje v dopředu a dozadu. Vstříkovací jednotka bývá uchycena k posuvné konzoli, která jí umožňuje pohyb. Tedy přísun vstříkovací jednotky ke vtokové vložce vstříkovací formy. Také udržuje potřebnou přitlačnou sílu během procesu vstříkování. Hlavní pohony vstříkovací jednotky by rovněž měly být schopné zajistit rotaci šneku při plastikaci dávky taveniny a přesun této dávky do tvarové dutiny výrobního nástroje dopředným pohybem šneku, kdy šnek působí jako píst, který vytlačuje taveninu polymeru z tavící komory vstříkovací jednotky. [1]

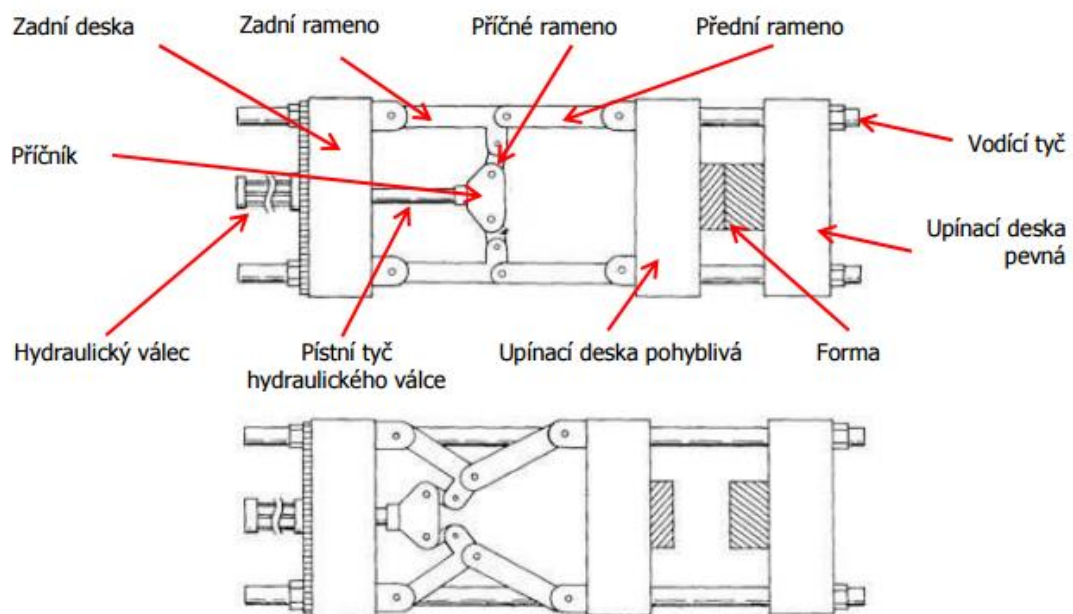
## 2.3 Uzavírací jednotka

Zajišťuje manipulaci s formou a její dokonalé uzavření, otevření, i případné vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstříkovacího tlaku a ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. Hlavní části uzavírací jednotky jsou opěrná deska pevná, upínací deska, vodící sloupky, uzavírací mechanismus. Uzavírací mechanismus je ukazatelem toho jak kvalitní je uzavírací jednotka. Má nejrůznější provedení. [1]

### 2.3.1 Mechanismy uzavíracích jednotek

V současné době se vyskytuje nepřeberné množství uzavíracích mechanismů, které se liší především stavbou a principem uzavírání. Zde jsou uvedeny některé nejznámější z nich:

- 1) Kloubový mechanismus
- 2) Hydraulické uzavírací systémy
- 3) Kombinované uzavírací systémy



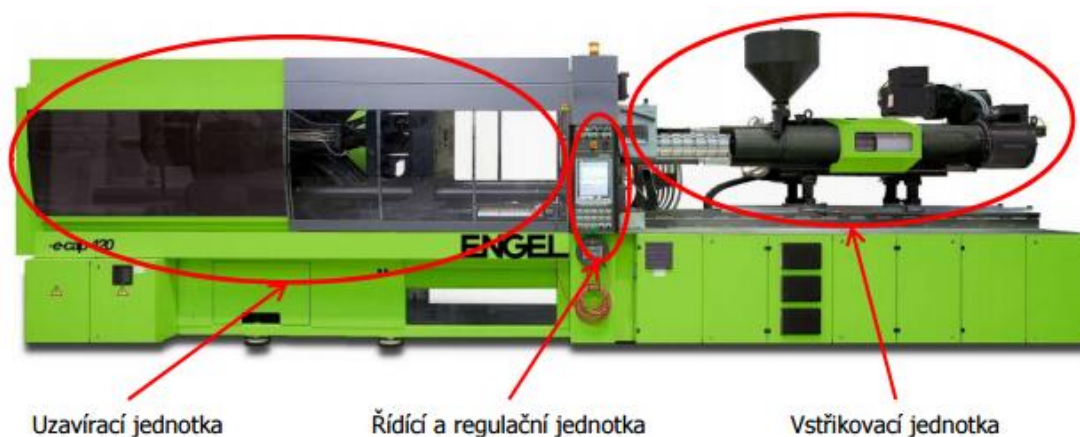
Obr. 3 Mechanicko-hydraulické uzavírání lisu

## 2.4 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je jasnou známkou jeho kvality. Pro vstřikovací stroj je určující známkou kvality reprodukovatelnost technologických parametrů výstřiků. Kdyby tyto technologické parametry moc kolísaly, projevilo by se to na kvalitě a přesnosti výstřiku. Řízení stroje je zajištěno vhodnými řídicími a regulačními prvky. [1]

V současnosti se moderní vstřikovací stroje neobejdou bez výkonné procesorové techniky. Obvyklou textovou formu nahrazují různá grafická rozhraní na displeji se selektivním přístupem, které informují o jednotlivých parametrech stroje a také jej napomáhají ovládat. Pracovní cyklus bývá sestavený do určitých programových sekvencí. Umožňuje nám snadnou kontrolu a i případné úpravy. [1]

Řídicí systém také kontroluje nastavení stroje. Přesnost a jakost výstřiku je značným dílem ovlivněna řízením stroje. Řízení vstřikovacího stroje zahrnuje nastavení doby i výše vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti výstřiku a chlazení. Tyto aspekty ovlivňují hlavně přesnost a toleranci výstřiku. [1]



Obr. 4 Vstřikovací stroj a základní rozdělení oblastí

## 2.5 Vstřikovací cyklus

Vstřikování je cyklický výrobní proces – jedná se o cyklickou výrobu, a proto je prvním předpokladem kvalitní výroby stabilita procesu, při zajištění ostatních optimalizovaných podmínek. To znamená, že je nutné zaručit, aby každý následný vstřikovací cyklus měl identický průběh jako cyklus předchozí. Vstřikovací cyklus lze rozdělit na 4 hlavní fáze, které ovlivňují stav výstřiku a následně jeho kvalitu.

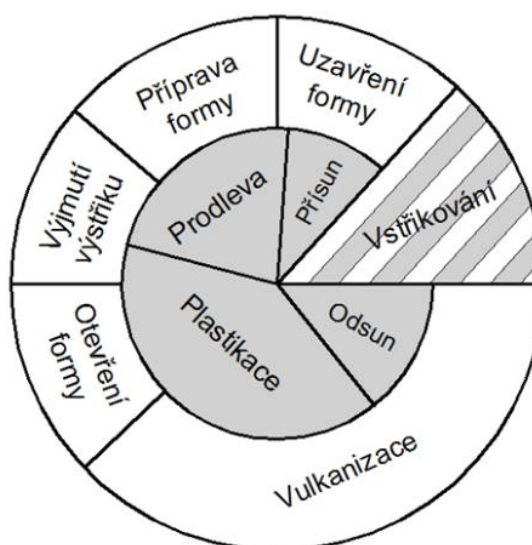
Plastifikační fáze je první ze čtyř hlavních fází. Základním předpokladem pro optimální naplnění tvarové dutiny formy je zajištění teplotní a viskozitní homogenity v dávce taveniny před čelem šneku. K tomu přispívá správné nastavení teplot na jednotlivých topných pásmech plastifikačního válce, zpětný odpor na šneku a otáčky šneku. Poslední dva parametry je obvykle možné v procesu plastikace profilovat. Případná nehomogenita taveniny se projeví negativně zejména na kvalitě povrchu výstřiku – tokové čáry, lesk, studené spoje, rozložení orientace, vnitřní pnutí. Teplota taveniny má rozhodující vliv na orientaci makromolekul ve výstřiku – s růstem teploty taveniny stupeň orientace klesá a výstřik se z hlediska vlastností stává více izotropní.

Vstřikovací fáze je druhou hlavní fází vstřikovacího cyklu. Naplnění tvarové dutiny formy termicky homogenní taveninou tak, aby rychlost čela proudu taveniny byla v každém místě průřezu tvarové dutiny konstantní. U tvarově jednoduchých výstřiků

s konstantní tloušťkou stěny je možné tento předpoklad víceméně dodržet, u tvarově členitých výstřiků s rozdílnou tloušťkou stěny je to již problematické i při zapojení počítačové simulace plnicí fáze.

Další z důležitých fází je fáze dotlaková. Průběh dotlaku je charakterizovaný hodnotou tlakové odezvy v dutině formy, v době působení se musí volit tak, aby bylo dosaženo požadovaných tvar, rozměrů a hmotnosti výstřiku. Působení dotlakové fáze jako celku i jejich jednotlivých parametrů nad optimum, to je dosažení požadované hmotnosti, vykopírovaná tvarů a dezénů, včetně dosažení požadovaných rozměrů, vede ke zvýšení obsahu vnitřního pnutí ve výstřiku. Dotlaková fáze se tedy využívá ke korekci smrštění a tedy rozměrů, případně deformací, k odstranění propadlin, lunkrů a trhlin, včetně dokonalejšího kopírování povrchu tvarové dutiny formy.

Poslední z hlavních fází je fáze ochlazovací. Ochlazování výstřiku ve tvarové dutině formy začíná již v okamžiku začátku plnění dutiny taveninou, respektive po objemovém naplnění dutiny a trvá až do vyhození výstřiku z formy. Hlavními parametry ochlazovací fáze jsou teplota formy a doba ochlazování. Minimální doba ochlazování musí zaručit takovou tuhost výstřiku, aby tento výstřik byl vyhozen z formy bez deformací nebo vad způsobených vyhazovacím systémem formy. Optimalizace doby ochlazování má výrazný vliv na ekonomii výroby. Z hlediska kvalitativních požadavků by doba ochlazování měla být co nejdelší, z ekonomického hlediska co nejkratší. Vždy je nutné volit kompromis vycházející z požadavků odběratele výstřiku.



Obr. 5 Vstřikovací cyklus

### 3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma je složitý mechanismus, je na ni kladeno mnoho požadavků, které vychází z technologie vstřikování termoplastů a reaktoplastů. Primární funkcí formy je, že udává výsledný tvar výstřiku a zajištění jeho rozměrových tolerancí. Tvar budoucího dílu odpovídá tvaru dutiny formy. Forma musí mít mimo jiné efektivní způsob odvodu tepla, které je spojené s vysokou teplotou taveného vstřikovacího polymeru. Forma rovněž musí zajistit bezpečné vyjmutí vstřikovaného dílu a to v krátké, rychlé opakující se periodě.

Jak jsme již zmínili forma dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku. Kvalitní forma splňuje požadavky technické, ekonomické, společensko-estetické. Technické požadavky mají za cíl zajistit správnou funkci formy, která musí vyrobit požadovaný počet výrobků při zachování náležitě kvality a přesnosti výrobku. Rovněž by měla splňovat podmínku snadné manipulace i obsluhy při výrobě součásti. Ekonomické požadavky zahrnují nízkou pořizovací cenu, snadnou a rychlou výrobu dílů při vysoké produktivitě práce. Společensko-estetické které zajišťují vhodné prostředí pro bezpečnou práci. Zahrnují dodržení všech bezpečnostních předpisů při konstrukci, výrobě i provozu formy. [1]

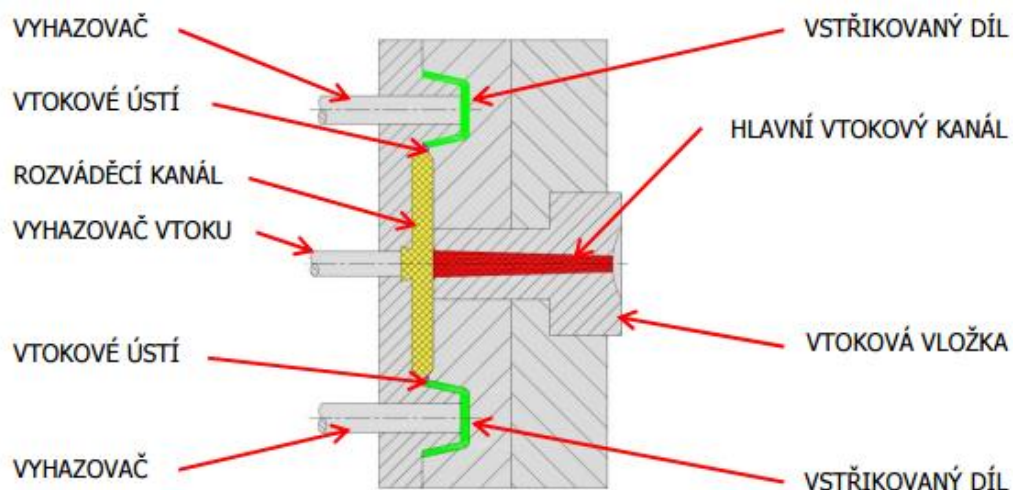
#### 3.1 Funkční systémy forem

Vstřikovací forma je nástroj, který je naplňován v průběhu vstřikování roztaveným plastem. Upíná se na vstřikovací stroj, který dopraví taveninu do jeho dutiny. Forma je složena z jednotlivých částí, z nich každá plní požadovanou funkci. Použitý plast, zaformovaný výstřik i vstřikovací stroj značně ovlivňují výrobní technologii. [2]

#### 3.2 Studené vtokové systémy

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění formy termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. [1]

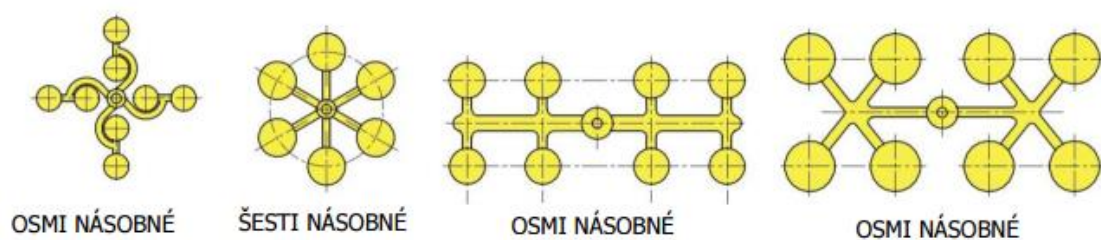
Vtokové systémy se dále dělí na studené a horké nebo-li vyhřívané vtokové systémy. Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku, spotřebu plastu, náročnost opracování na začištění výstřiku, energetickou náročnost výroby. Při konstrukci studených vtokových systémů bychom se měli držet zásadami pro jejich konstrukci. [1]



Obr. 6 Studený vtokový systém formy

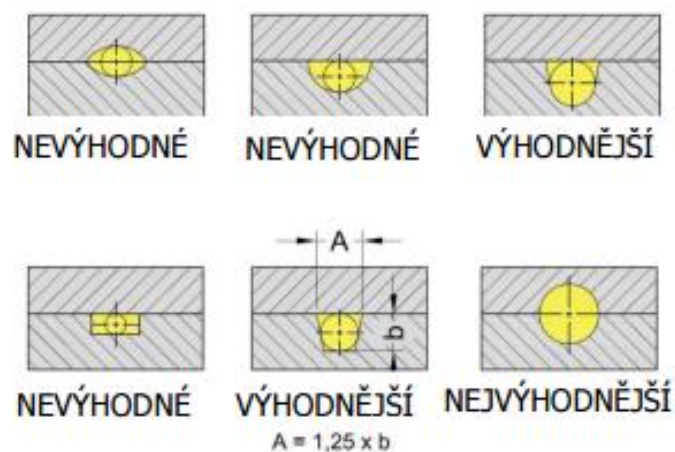
Dráha toku taveniny by měla být od vstřikovacího stroje do dutiny formy co možná nejkratší bez zbytečných časových nebo tlakových ztrát. [1]

Pro vícenásobné formy platí, že tavenina by ke všem tvarovým dutinám měla dorazit ve stejný moment aby tak bylo zajištěno rovnoměrné plnění tvarové dutiny formy. Vyústění vtoku do dutiny, jeho průřez, poloha a počet ovlivňují velikost pnutí a existenci míst se sníženou pevností (studených spojů), kde vlivem částečného ochlazení proudu taveniny a jejím vzájemným setkáním již nedojde ke kvalitnímu spojení. [1]



Obr. 7 Stejná délka vtok. kanálů ke všem dutinám formy

Průřez vtokových kanálů by měl být dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku. Přitom však je třeba přihlížet ke spotřebě plastu. Vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co možná největší průřez. Tím budou ztráty ochlazením minimální. Této podmínce odpovídá kruhový průřez. Z výrobních důvodů se volí i jemu podobný tvar lichoběžníkový. [1]



*Obr. 8 Průřezy vtokových kanálů*

U vícenásobných forem je doporučeno odstupňování průřezu kanálu, z důvodu zachování stejné rychlosti toku taveniny. Průřezy pro krystalické polymery bývají často větší než je tomu u polymerů amorfních. V závislosti na tvaru vstřikované části a vlastnostech polymeru, který vstřikujeme jsou voleny různá vtoková ústí. [1]

### 3.2.1 Plný kuželový vtok

Přivádí taveninu do tvarové dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Je velmi účinný z hlediska působení dotlaku. Velmi problematické je u tohoto typu ústí jeho odstranění protože zanechává stopu na výrobku. [1, 7]

### 3.2.2 Bodový vtok

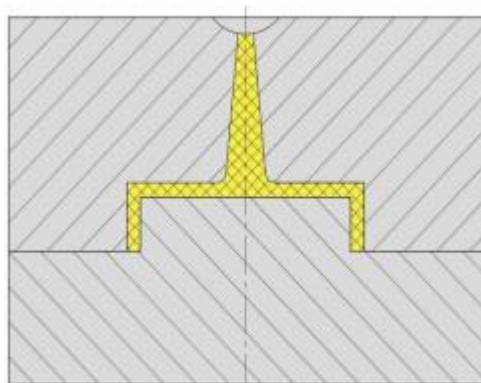
Patří mezi nejznámější typy vtokových ústí které leží mimo nebo v dělicí rovině. Vyžaduje systém třídeskových forem. Po odtržení vtokového ústí může na výrobku zůstat výstupek, po odstranění vtoku nebo může nastat vytržení materiálu, kterému lze zabránit vytvořením čochovitěho nálitku proti ústí vtoku. Bodový vtok se nedoporučuje pro výrobky větších rozměrů z méně viskózních a plněných polymerů. [1, 7]



Obr. 9 Bodový vtok

### 3.2.3 Tunelový vtok

Je zvláštním případem bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výrobek – není nutné konstruovat systém třídeskové formy. Je výrobně poměrně náročný. Tunelový vtok se umísťuje zejména do levé pohyblivé části formy, protože jeho odformování z pravé části formy je problematické. Předpokladem je existence ostrých hran pro oddělení vtokového systému od výrobku. Speciálním případem tunelového vtoku je srpkovitý vtok (banánový vtok). Používá se v případech, kdy stopa po vtoku nesmí působit rušivě na pohledové části výrobku. Tento typ vtoku není vhodný pro křehké materiály. [1, 7]



Obr. 10 Tunelový vtok

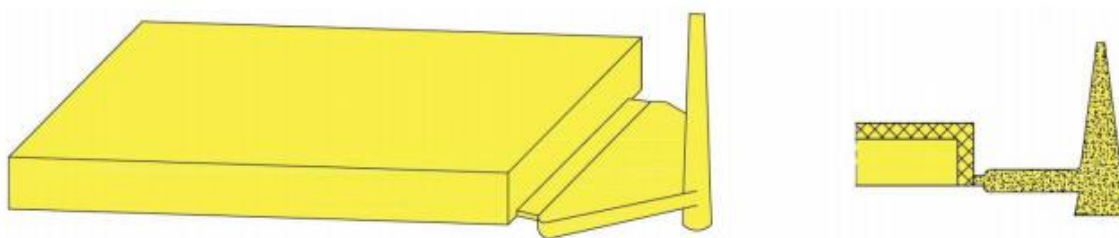
### 3.2.4 Boční vtok

Vtokové ústí bočního vtoku leží v dělicí rovině. Při odformování bývá vtokový zbytek od výrobku neoddělený. Pro zamezení volného vstříkávání taveniny do dutiny formy se ústí upravuje do tvaru vějíře. Pro výrobky které vylučují vznik velkých vnitřních

pnutí se používá nepřímých bočních vtoků – optické prvky nebo velmi mechanicky namáhané výrobky. [1, 7]

### 3.2.5 Filmový vtok

Je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtoků, zejména k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu výstřiku. Řadí se k nim: diskové, prstencové, deštníkové a další vtoková ústí. Rozvedení taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Rozměry filmového vtoku se volí podle zásad bočního vtoku. Požaduje se dodržení rovinnosti, přímosti, přesnosti tvaru výrobku. Malé vnitřní pnutí atd. [1, 7]



Obr. 11 Filmový vtok

## 3.3 Vyhřívané vtokové systémy (VVS)

Vyhřívané vtokové soustavy se začaly používat z technologických i ekonomických důvodů. Dnešní VVS jsou velmi sofistikovanou kapitolou konstrukce vstřikovacích forem, kterou se zabývají specializovaní výrobci. VVS snižují spotřebu polymeru (beztokové vstřikování) potřebného k výrobě výstřiku. Snižením nákladů na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků – odpadá problematika recyklace vtokových zbytků. VVS umožňují automatizaci výroby a zkrácení výrobního cyklu. Mezi jejich nesporné výhody patří snadná montáž, demontáž a údržba. VVS má vlastní regulaci teploty všech svých částí. Mezi nevýhody patří, že jsou energeticky a ekonomicky nákladnější takže je jejich použití výhodné zejména u velkých sérií. Konstrukční provedení vstřikovacích forem s VVS je poměrně náročnější než forem se studenými vtoky. Je potřeba zajistit regulátory a snímače teploty VVS. [8]

Technologie vstřikování s použitím VVS spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. I přes malý průřez vtoku je možné částečně pracovat s dotlakem. [1]

### 3.3.1 Vyhřívání trysky

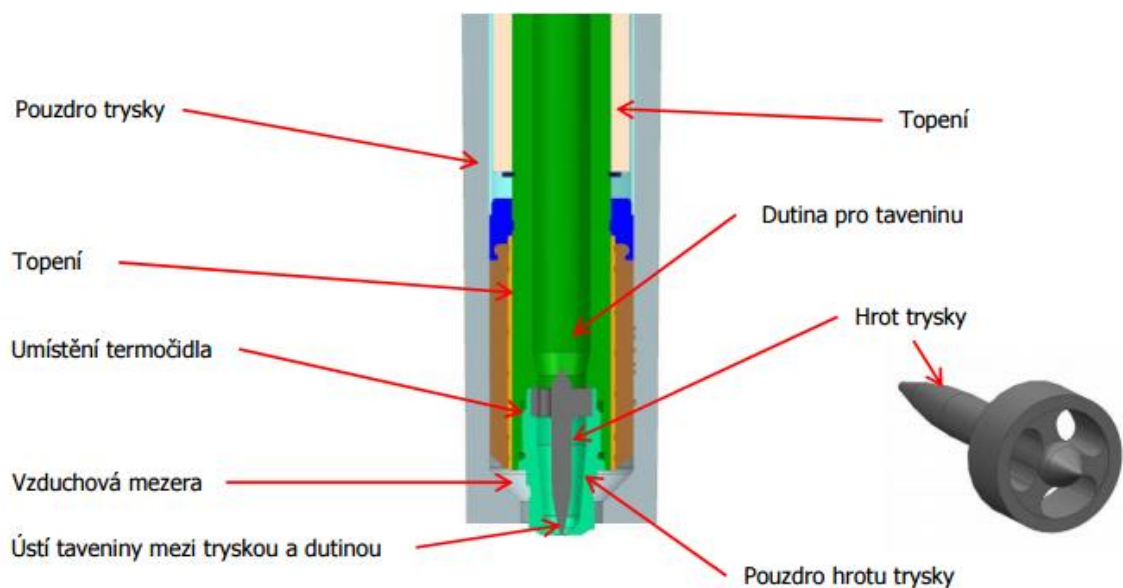
Jsou další z možností VVS. Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný člunek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně zlepšuje technologické podmínky vstřikování. Výrobu vyhříváných trysek zajišťují zpravidla specializované firmy. Ti je vyrábí v širokém konstrukčním sortiment. [1, 7]

Nepřímo vyhřívání trysky:

Nepřímo vyhřívání trysky, si zpracovatel zvládne vyrobit i sám. Jejich základním rysem je přenos tepla z vyhřívání rozvodu na trysku. Dotápěné vyústění izolovaného rozvodu vtoku je charakterizováno miniaturním topným tělesem, které je zabudováno do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do vyústění vtoku. U této metody by se měly dodržovat rychlejší pracovní cykly. [1]

Systém přímo ohřívání trysek charakterizují dva základní principy:

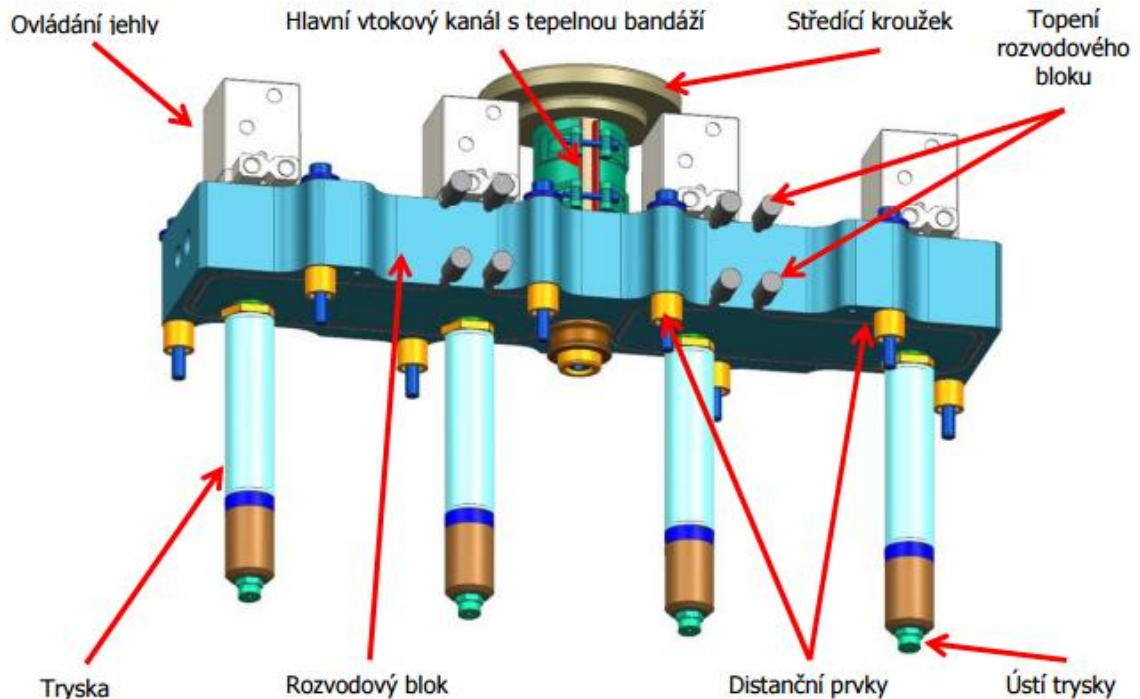
- Trysky s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je z tepelně vodivého materiálu. Při vstřikování abrazivních plastů je ocelový materiál legován molybdenem. Z vnějšku je kolem tělesa trysky umístěno topení.
- Trysky s vnitřním topením. U tohoto systému tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku, zhotovenou také z materiál s dobrou tepelnou vodivostí. [1]



Obr. 12 Řez vyhříváním tryskou s jehlou

### 3.3.2 Vytápěné rozvodné bloky

Používají se většinou v kombinaci s vyhřívaným nebo i izolovanými tryskami s předkomůrkami. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Rovnoměrné vytápění je jedním z faktorů ovlivňujících dobrou funkčnost bloku. [1]



Obr. 13 Řez horkým rozvodným blokem

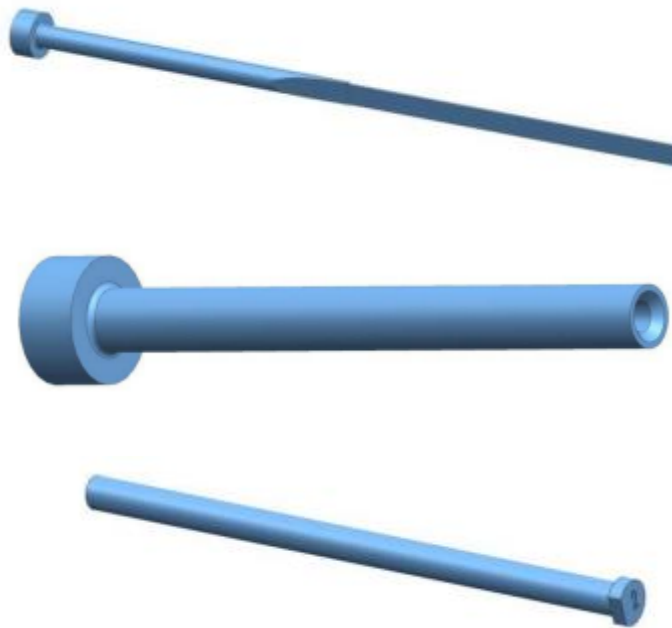
### 3.4 Vyhazovací systémy

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřík. K tomu slouží vyhazovací zařízení které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. Vyhazování výstříku sestává ze dvou fází. Fáze jedna je dopředný pohyb, vlastní vyhazování. Fáze dvě je zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do původní polohy. [2]

Vyhazovací systém musí výstřík vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. Může se jich využít k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. U hlubokých tvarů je třeba počítat s jejich zavzdušněním. [2]

### 3.4.1 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Patří mezi nejčastější a nejlevnější způsob vyhazování výrobků. Je možné ho umístit jen proti ploše výrobku. Tento způsob je výrobně jednoduchý a funkčně zaručený. Vyhazovací kolíky jsou ve formách uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6. Vůle v uložení slouží rovněž jako odvzdušnění a zároveň by neměla být tak velká aby došlo k zatečení polymer do dutiny vyhazovače. Kolíky by se měly opírat o nepohledovou stěnu nebo žebro výrobku, které se nesmí při vyhazování bortit. Kolíky bývají cementovány a kaleny (na povrchu tvrdý a v jádře houževnatý). Prismatické kolíky jsou zvláštním případem válcových kolíků kde dochází ke zúžení třeba v polovině za účelem zlepšení mechanických vlastností. Trubkový vyhazovač je stejný jako válcový akorát má vyvrtanou díru pro jádro. Polohové ukotvení ve vyhazovacích deskách je důležité u prismatických vyhazovačů a také u vyhazovačů, které mají tvarově upravené čelo. Důvodem polohového ukotvení je nebezpečí pootočení kolem vlastní osy vyhazovače. [8]

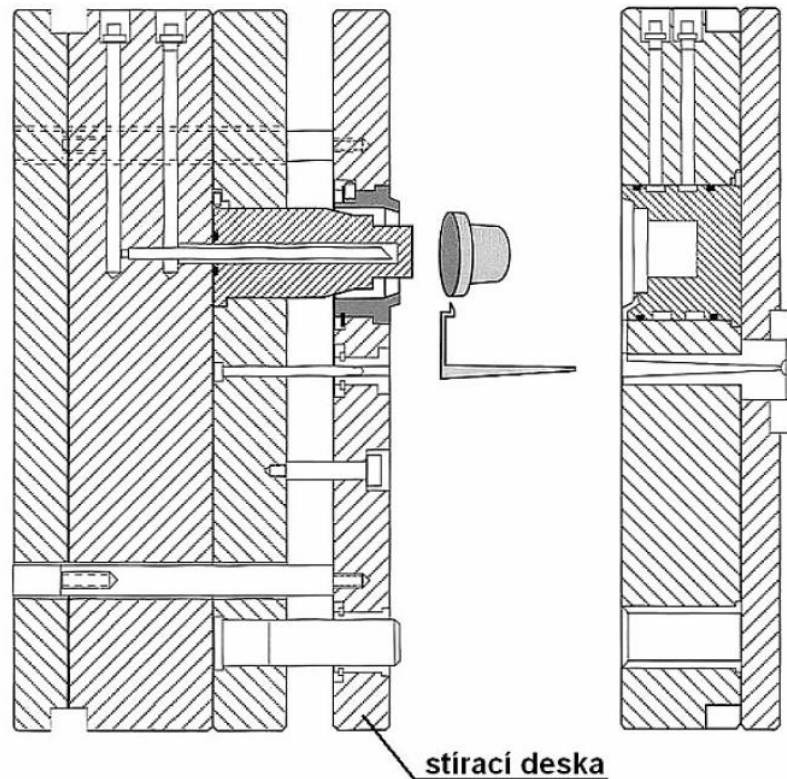


Obr. 14 Plochý vyhazovač, trubkový vyhazovač, válcový vyhazovač

### 3.4.2 Vyhazování stírací deskou

Stírací deska při stahování výrobku z tvárníku působí na výrobek velkou styčnou plochou – nezanechává na výrobku stopy po vyhazování. Deformace na výrobku je minimální a stírací síla velká. Využívá se zejména u tenkostěnných výrobků, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Použití stírací desky je omezeno tvarem výrobku – dosedací plo-

cha výrobku na stírací desku musí být v rovině. Speciálním případem stírací desky je trubkový vyhadzovač, který svou konstrukcí připomíná válcový vyhadzovač. [8]



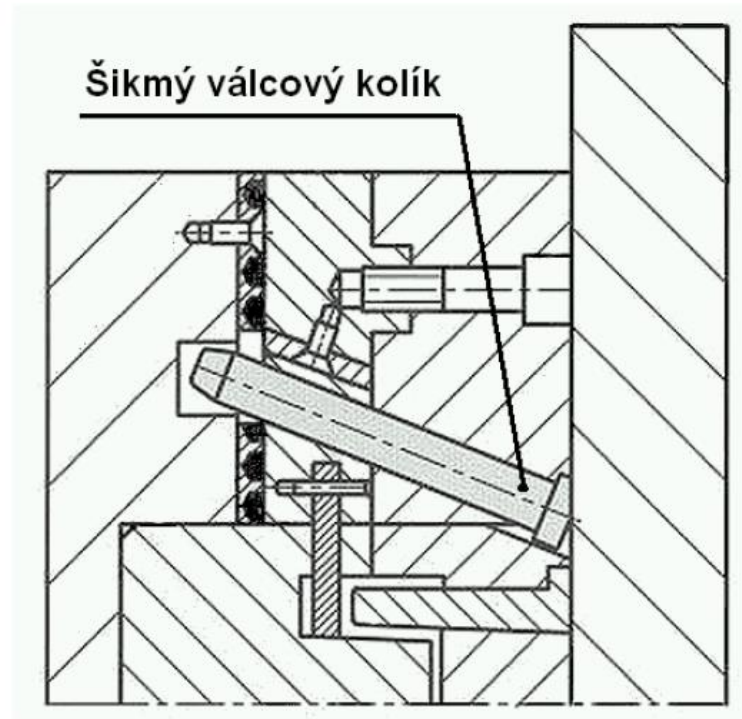
Obr. 15. Schéma funkce stírací desky

### 3.4.3 Vyhazování pomocí šikmých vyhadzovačů

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

Při vyhazování výstřiku se zápichem, vyhadzovače svým šikmým pohybem uvolňují zvětšenou, případně zmenšenou část výstřiku při jeho současném vyhození. Zápich může být vytvořen přímo na vyhadzovači, nebo s šikmo uloženými kolíky jsou pevně spojeny čelisti, se kterými plní obdobnou funkci. [2]

Uspořádání takového systému má nejrůznější podobu a je možné o kombinovat s přímým vyhazováním. Je snahou, aby způsob byl funkčně dokonalý a výrobně jednoduchý. [2]



Obr. 16 Schéma šikmého válcového kolíku

#### 3.4.4 Hydraulické vyhazování

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. S přímo zabudovanými hydraulickými jednotkami ve formě, které pracují jako vyhazovače, se setkáváme již méně. Více se používají k ovládní bočních výsuvných čelistí. [2]

Používané hydraulické vyhazovače se vyrábějí většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve formě. S její pomocí se přímo ovládají vyhazovací kolíky stírací desky a podobně. Hydraulické vyhazování se vyznačuje velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [2]

#### 3.4.5 Vzduchové vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Způsob není tak častý, ale pro výstřiky uvedeného tvaru velmi výhodný. Běžné mechanické vyhazování větších výstřiků vyžaduje značné zvětšení délky formy, bez záruky dobré funkce. [2]

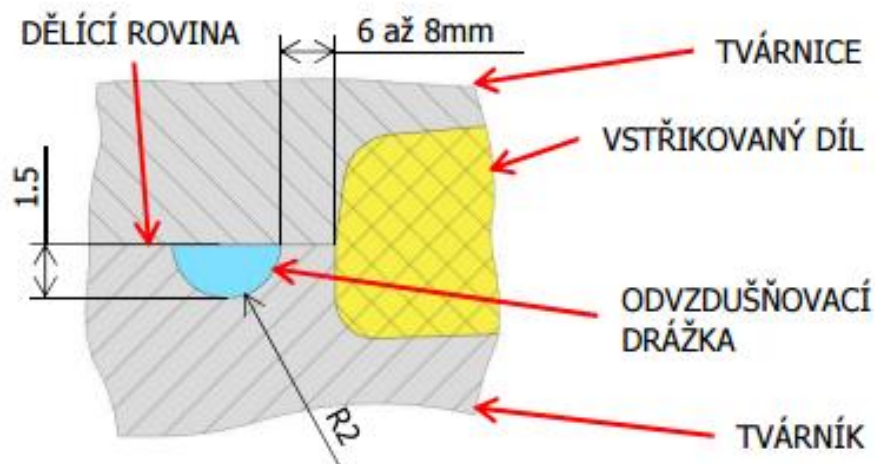
Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevznik-

nou na výstřiku stopy po vyhazovačích. Použití pneumatického vyhazování je omezeno jen na některé tvary výstřiků. [2]

### 3.5 Odvzdušnění forem

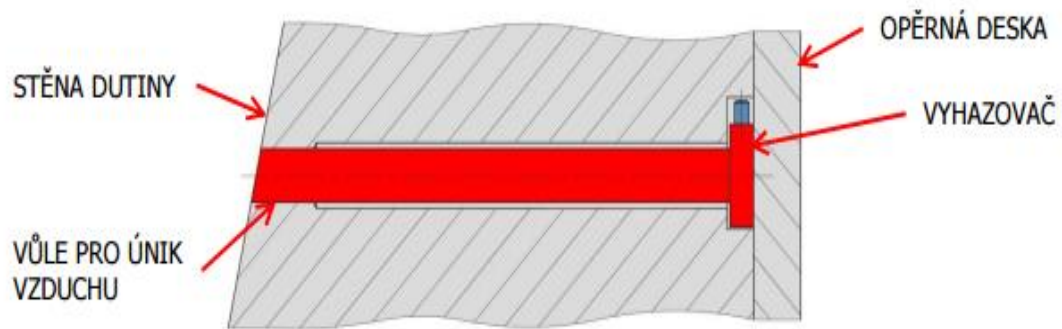
Odvzdušnění tvarových dutin forem zdánlivě nepatří k dominantním problémům při navrhování forem. Jeho důležitost obvykle vyplyne až při zkoušení hotového nástroje, kdy odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku, nebo jeho nízkých mechanických vlastností. Odvzdušnění formy lze někdy zhotovit snadno, jindy však je jeho vyřešení velmi obtížné. Nezbytná znalost některých zákonitostí při plnění formy ušetří pracovníkům mnoho starostí. [2, 9]

Při vyšších rychlostech plnění je potřeba, aby odvzdušnění dutiny formy bylo účinnější. Pokud odvzdušnění formy není dostatečné a stlačený vzduch nestihne z dutiny formy včas uniknout vede tento stav ke vzniku tzv. Dieslova efektu (spálená místa na výstřiku). [2, 9]



Obr. 17 Odvzdušňovací drážka s rozměry

Při nižší teplotě taveniny, nedostatečném tlaku a rychlosti plnění u výstřiku s tenčími stěnami se vzduch shromažďuje nad protilehlou stranu od vtoku. V případě že vzduch nemůže uniknout vlivem protitlaku, vzniká nedotečený výstřik. [2]



Obr. 18 Odvzdušnění vyhazovačem

Problémy s odvzdušněním mají především nové formy, které nejsou ještě zaběhnuté ve výrobním procesu a to zejména proto, že při dnešních technologiích je forma velmi často vyráběna přesně a vůle mezi jednotlivými komponenty nejsou tak znatelné. Během používání formy se tyto vůle zvětší a vzduch který dříve neměl kudy z dutiny formy uniknout může nyní unikat vzniklými vůlemi. [8]

### 3.6 Materiály forem

Co se týká materiálů, ze kterých se formy vyrábí, je zde velká diverzita různých materiálů. Materiály, ze kterých jsou jednotlivé části formy vyráběny se volí, jednak podle toho k čemu jsou určeny a také podle ekonomického hlediska s ohledem na minimalizaci pořizovacích nákladů formy.

Díly formy, které přichází do přímého kontaktu s taveninou (vtoková vložka, vtokové kanály, tvárník, tvárnice), se vyrábí z nástrojové oceli třídy 19 podle ČSN s povrchovou úpravou (cementování) aspoň na tvrdost 50 HRC. Toto platí zejména pokud vstříkujeme polymery.

Pohyblivé části forem, na které působí tření, ohyb nebo tlak či vzpěr (vodící kolíky, vodící vložky, vyhazovače, apod.) se vyrábí z nástrojových ocelí tříd 14 nebo 19 podle ČSN a s povrchovou úpravou, aby nedocházelo k zadírání nebo zahřívání vlivem tření. [8]

#### 3.6.1 Přehled ocelí

##### 1) 19 552 ČSN

Nejpoužívanější kalitelná ocel pro tvarové díly forem. Dobrá prokalitelnost, pevnost a houževnatost, vysoká odolnost proti tepelnému namáhání. Dobrá leš-

titelnost, vhodná k nitridaci a povlakování. Méně odolná proti opotřebení. HRC 48 – 53.

2) 12 050 ČSN

Jakostní konstrukční ocel pro méně namáhané díly forem, jako středící kroužky, vyhazovací tyče, táhla, podložky, přepravní třmeny a desky. Obtížně svařitelná.

3) 14 220 ČSN

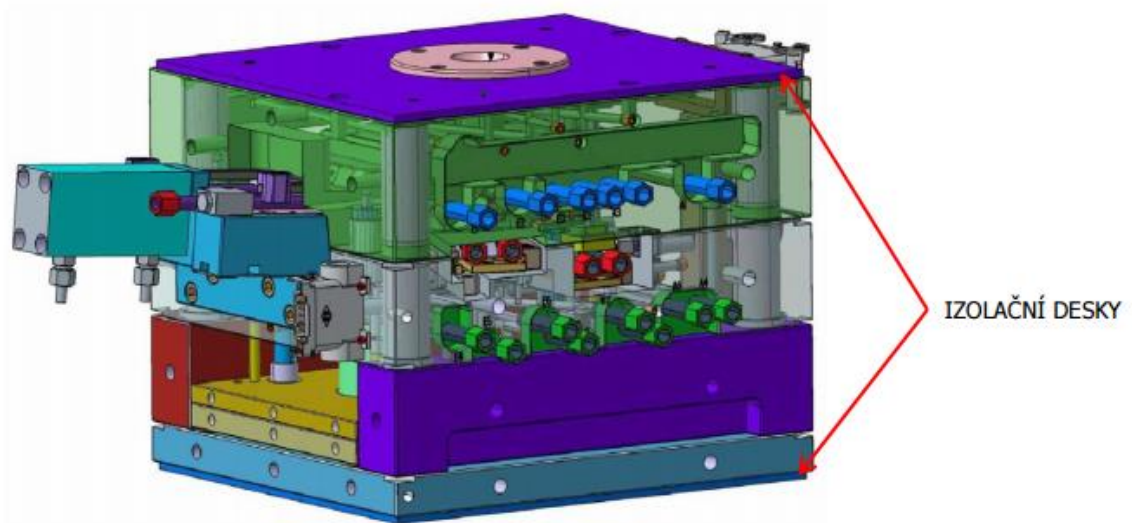
Cementační ocel. Použití pro součásti forem s povrchovou odolností proti opotřebení, jako vodící sloupky, pouzdra, šikmé kolíky. V základním stavu dobře obrobitelná a svařitelná.

### 3.7 Temperace forem

Pomocí temperačního systému udržujeme správnou teplotu formy v jednotlivých časových úsecích vstřikovacího cyklu. Druh vstřikovaného plastu nám určuje teploty, na kterých je nutné formu udržovat (vyhřívát nebo chladit). Temperační systém zaručuje efektivní ochlazování vstřikovaného dílu. Rovněž by umístění temperačních kanálů mělo zajistit rovnoměrné ochlazování taveniny, a tak předejít kroucení dílu, případně pohledovým vadám, z důvodu rozdílného smrštění. Způsob chlazení má značný vliv na délku vstřikovacího procesu. Temperace se provádí dvěma základními způsoby a to buď pasivním temperováním nebo aktivním temperováním.

#### 3.7.1 Pasivní temperace

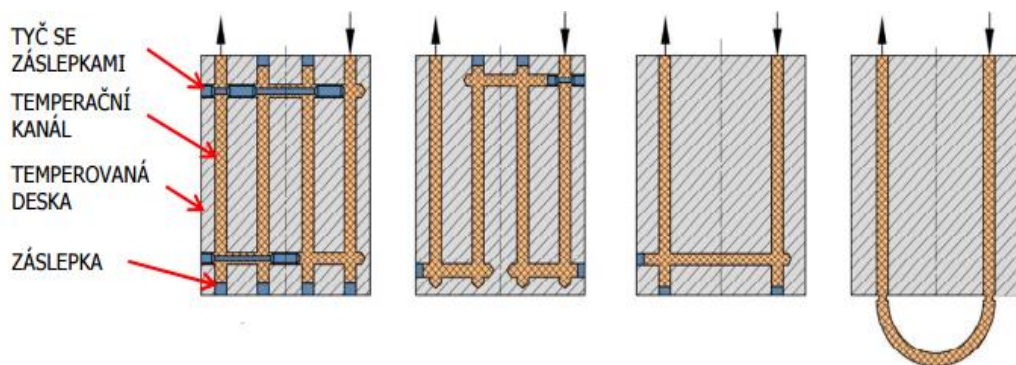
Při pasivním temperování se využívá kombinace tepelně vodivých a izolačních materiálů. Temperování tepelně vodivými materiály je vhodné pro jinak špatně dostupná místa (např. tenké tvárníky), která mají malou plochu pro odvádění tepla a musí být vyrobeny z materiálů, které dobře vedou teplo. Používají se například slitiny mědi nebo hliníku. Tepelně vodivé vložky musí vždy být spojeny s aktivním chlazením. Izolačních materiálů se využívá především pro formy, které je nutné předejít na požadovanou teplotu. Aby nedocházelo k unikání tepla vedením a sáláním, jsou formy odizolovány. Odizolování se provádí především izolačními deskami. Ty nemusejí izolovat pouze upínací desky, ale i boky formy na tvárníku a tvárnici. Izolační desky jsou dodávány výrobcem standardizovaných dílů (normálií) například firmami Meusburger, Hasco. Izolační desky je vhodné opatřit otvory nad hlavami šroubů pro montáž a demontáž formy. [10]



Obr. 19 Izolační desky na formě

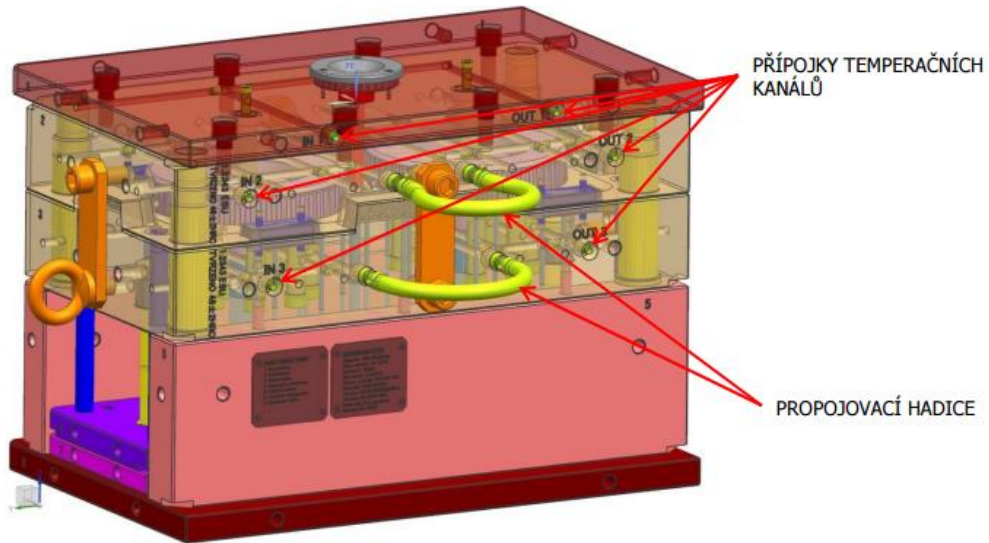
### 3.7.2 Aktivní temperace

Aktivní temperováním se rozumí přímé odvádění nebo dodávání tepla do formy pomocí média nesoucího teplo. Jako teplotonosné médium se používá voda, olej, vzduch, glykoly, pára. Tato média proudí vytvořenými kanály ve formě. Temperují se dle potřeby obě části formy, pohyblivá i nepohyblivá. Temperační kanály se nejčastěji vyrábějí vrtáním, mohou mít však i jiné tvary než kruhové díry. Je možné vyrábět drážky frézováním, které je pak nutno po celé délce těsnit, nebo do připravených otvorů v deskách vložit trubky z dobře tepelně vodivého materiálu. [10]



Obr. 20 Příklady jednoduchých temperačních okruhů

Rozložení temperačních kanálů by mělo být – zejména u složitějších, technických vylisků - ověřeno pomocí simulace vstřikování. Systém by měl být navržen tak, aby (vypočtený) rozdíl na povrchu dílu při vyhození nebyl větší, než 5°C. [10]



Obr. 21 Aktivní temperování na vstřikovací formě

### 3.7.3 Součásti temperačního systému

Médium, které je zvoleno pro temperování formy, ať už voda, olej nebo jiné temperační médium, musí být do formy přivedeno, ve formě udrženo, aby neunikalo do okolí, řídit jeho průtok a pak jej dopravit zpět do temperační jednotky. Aby bylo možné tyto funkce zajistit, je nutné vybavit formu řadou příslušenství. Toto příslušenství nabízí mnoho firem jako standardizované díly (normálie). K přívodu média se používají hadice. Použití typu hadice a materiálu hadice závisí na provozním tlaku a teplotě temperačního média.



Obr. 22 Nátrubek (90°), nátrubek, rychlospojka

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- Vypracovat literární studii na dané téma
- Seznámení se základními principy technologie vstřikování
- Vytvořit 3D model vyráběného dílu v programu CATIA
- Vytvořit model 3D sestavy vstřikovací formy
- Konstrukční návrh vstřikovací formy
- Nakreslit 2D výkres sestavy formy s kusovníkem dílů

Teoretická část je rozdělena do několika kapitol, které popisují základní principy technologie vstřikování. V praktické části byl za cíl stanoven konstrukční návrh sestavy vstřikovací formy v programu CATIA V5R19.

## 5 POUŽITÝ SOFTWARE

### 5.1 CATIA V5R19

Je software, který je vyvíjen francouzskou firmou Dessaults systemes. Software CATIA disponuje vysokou variabilitou využití díky mnoha různým modulům. V softwaru CATIA je možný celý postup od počátečního modelu součásti ve 3D a její výkresové dokumentace, až po samotný návrh stroje či linky na její výrobu.

V této bakalářské práci byly použity následující moduly:

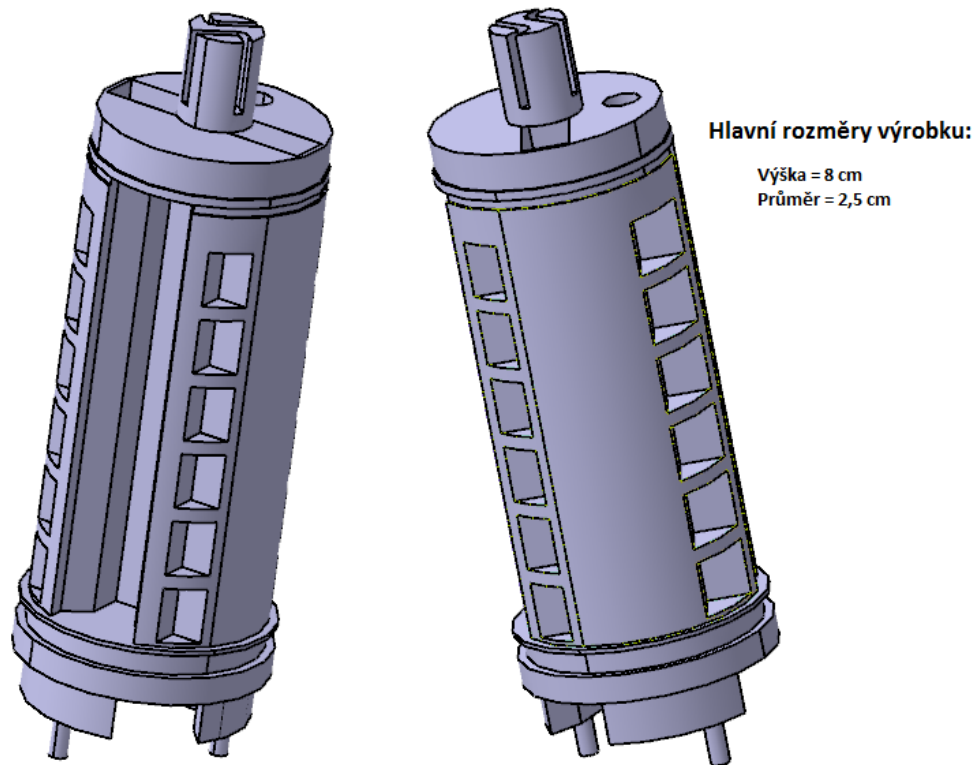
- Part desingn
- Mold tooling design
- Assembly design
- Core and cavity design

### 5.2 Hasco Dako module 2015

Hasco Dako module je rozsáhlou databází, obsahující nespočet normálií a produktů firmy Hasco. Tento přídatný modul velmi urychluje samotný postup při konstrukci dané formy, jelikož normalizované části z katalogu je možné importovat přímo do programu CATIA. Navíc je možné i odhadnout celkové náklady na formu, protože Dako modul obsahuje i aktuální ceník jednotlivých normálií.

## 6 VÝROBEK

Vstříkovaným výrobkem je část mechanismu bezpečnostních pásů v automobilech. Tento díl slouží k navinutí a zajištění bezpečnostního pásu.



Obr. 23 Vstříkovaný výrobek

### 6.1 Materiál výrobku

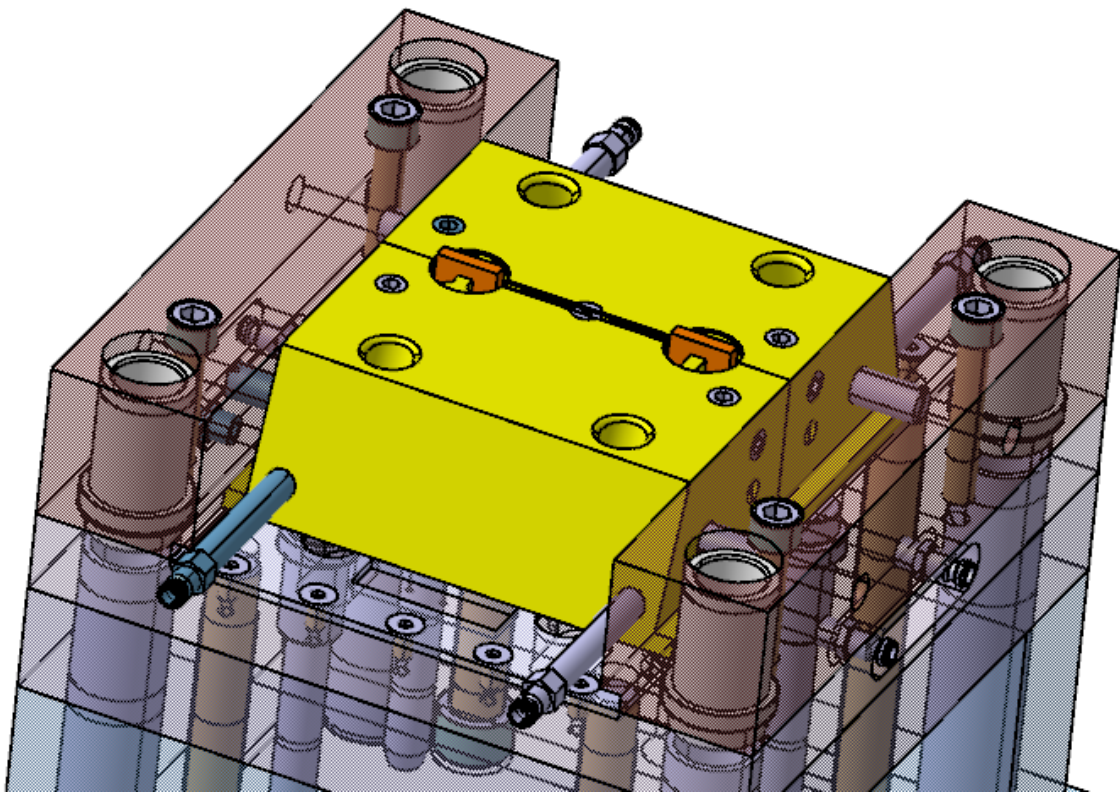
Granulát použitý při výrobě navíjecí cívky je PA66-GF30. PA66-GF30 je materiál který se vyznačuje vyšší tuhostí a ořevzdorností ve srovnání se základním PA6. Jeho mechanické vlastnosti se velmi podobají PA6G materiálu, ale PA66 má nižší houževnatost a vyšší pořizovací náklady. Mezi typické příklady použití patří například kluzné kladky, pouzdra, ořevzdorné součástky viz. příloha 1.

## 7 KONSTRUKCE FORMY

Navíjecí cívka záchranných pásů je celistvý díl. Zaformování tohoto dílu a jeho konstrukční návrh byl proveden pomocí programu CATIA, ve kterém bylo použito hlavně Mold tooling designu a HASCO DAKO katalog, což značně usnadnilo a urychlilo práci na návrhu. Navíc kdyby v budoucnu došlo k nějakým modifikacím formy nebo změnám samotného výrobku, je možné provést jednoduše a rychle aktualizaci celé 2D dokumentace.

### 7.1 Násobnost

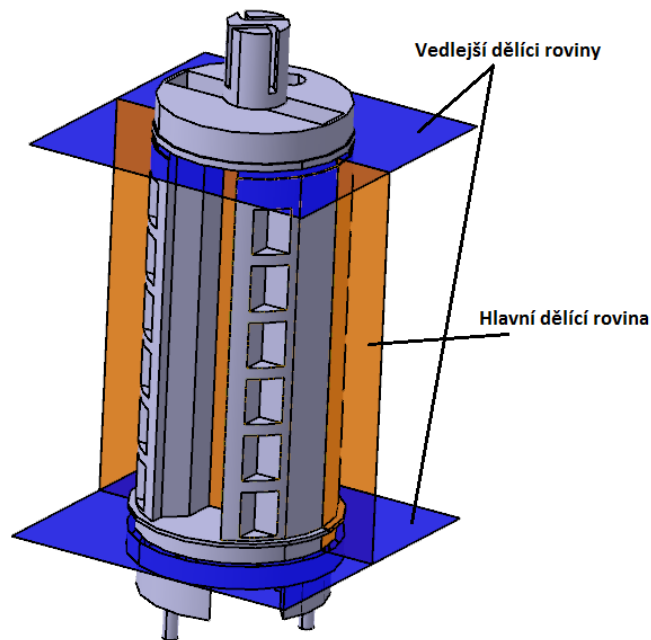
Vzhledem ke konstrukci vyráběného dílu je forma navržena tak, aby během jednoho cyklu byly vyrobeny 2 kusy výrobku. Forma je tedy dvojnásobná. Forma je navržena tak aby byla symetrická a vyvážená a rozměry odpovídají přibližně 300x300 mm.



Obr. 24 Uspořádání vstřikovaného výrobku ve formě

### 7.2 Zaformování

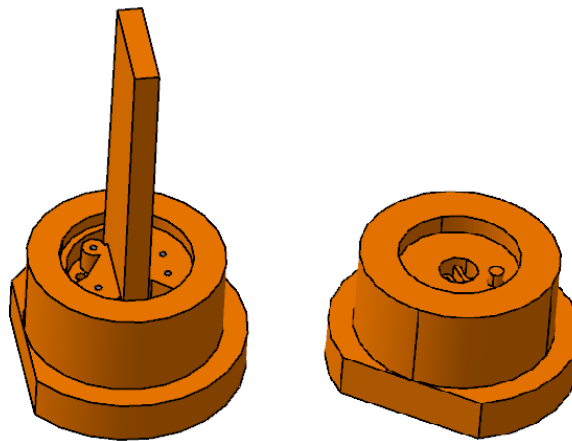
Co se zaformování výrobku do formy týče, tak hlavní dělicí rovina vede na rozhraní obou tvarových kostek a je doplněna o další dvě dělicí roviny a to na rozhraní tvárníku a tvarových kostek a na rozhraní tvárnice a tvarových kostek.



*Obr. 25 Návrh dělicích rovin výrobku*

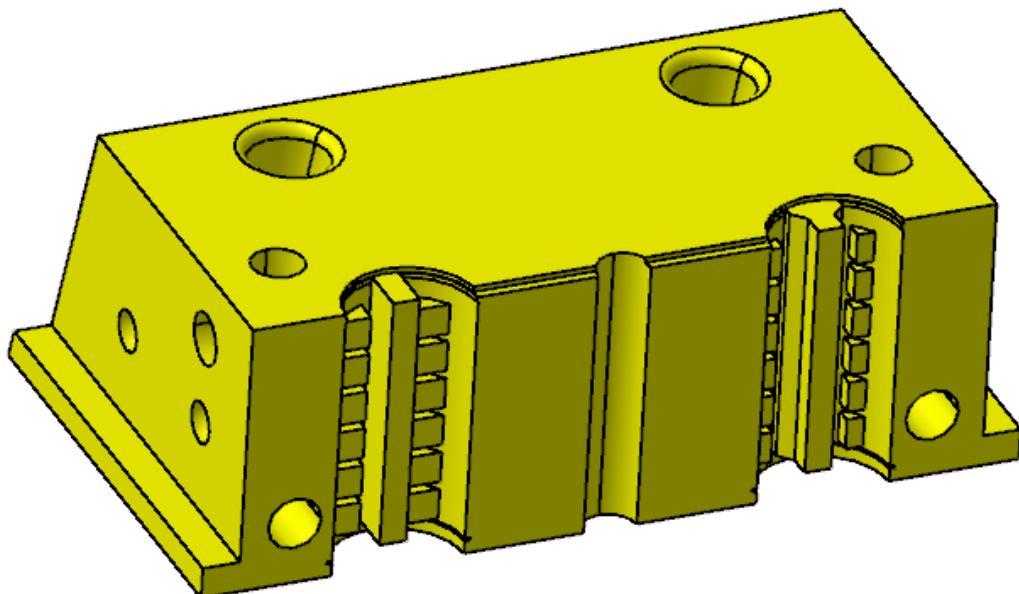
Tvárník i tvárnice jsou řešeny formou tvarových vložek. Je to hlavně kvůli snížení nákladů na celou formu, protože rozměry tvárníků a tvárnice jsou poměrně malé, není tedy nezbytně nutné aby byla z nástrojové oceli zhotovena celá deska. Dalším výrazným benefitem tvarových vložek je to, že další případné opravy jsou výrazně jednodušší.

Další výhoda tvarových vložek je v tom, že v případě výrazného poškození ať už tvárníku nebo tvárnice, které by již nebylo opravitelné, je možné tvarové vložky jednoduše vyměnit a předejít tak výrazně dražší výrobě celé nové desky formy.



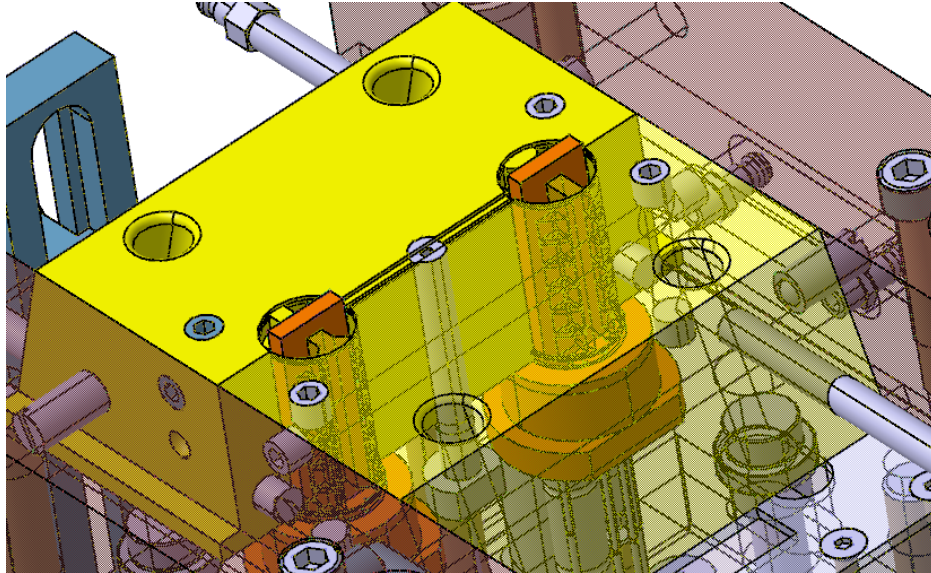
*Obr. 26 Tvarové vložky (tvárník, tvárnice)*

Materiál, ze kterého jsou vyrobeny tvarové vložky, je ocel ČSN 19 655 s povrchovou úpravou zakalení na HRC 55. Tímto je zajištěna vysoká odolnost před opotřebením a značnému zvýšení mechanických vlastností oceli. Z materiálu ČSN 19 655 jsou v případě této formy vyrobeny také tvarové kostky, protože formují značnou část celého výrobku.



*Obr. 27 Tvarová kostka*

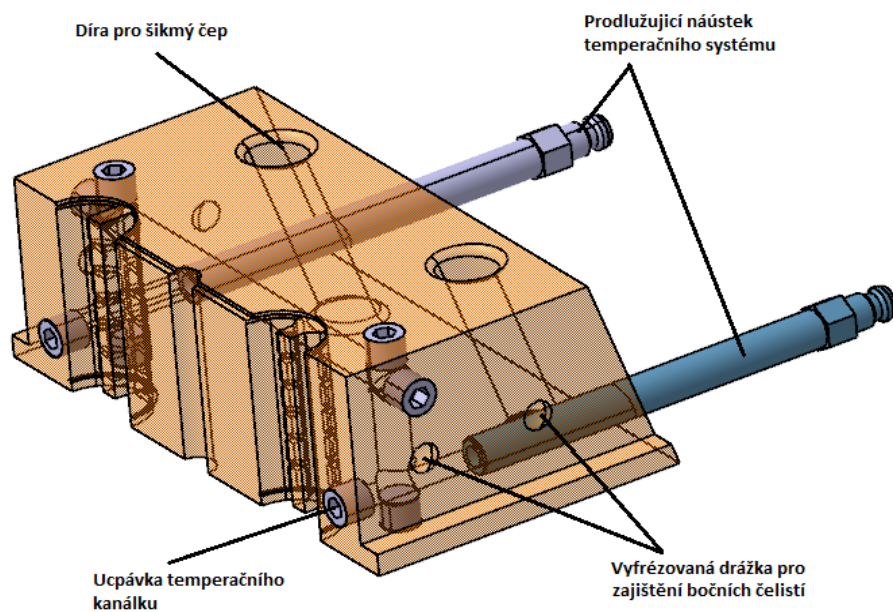
Do tvarových kostek jsou obrobena jak drážky pro vodící čepy bočních čelistí, tak je zde i vytvořena temperace, aby došlo k zefektivnění chlazení a zkrácení vstřikovacího cyklu.



Obr. 28 Pohled do tvarové dutiny formy

### 7.3 Temperace formy

Z důvodů stavby formy je temperace primárně soustředěna na chlazení bočních čelistí a to z toho důvodu, že boční čelisti tvarují převážnou část výrobku.



Obr. 29 Temperace boční čelisti

Naopak u tvarových vložek, které jsou umístěny v levé a pravé straně formy je chlazení spíše sekundární záležitostí protože formovaná část výrobku není tak velká a pro odvod tepla byl navržen spíše jednoduchý typ temperace (obr. 31).

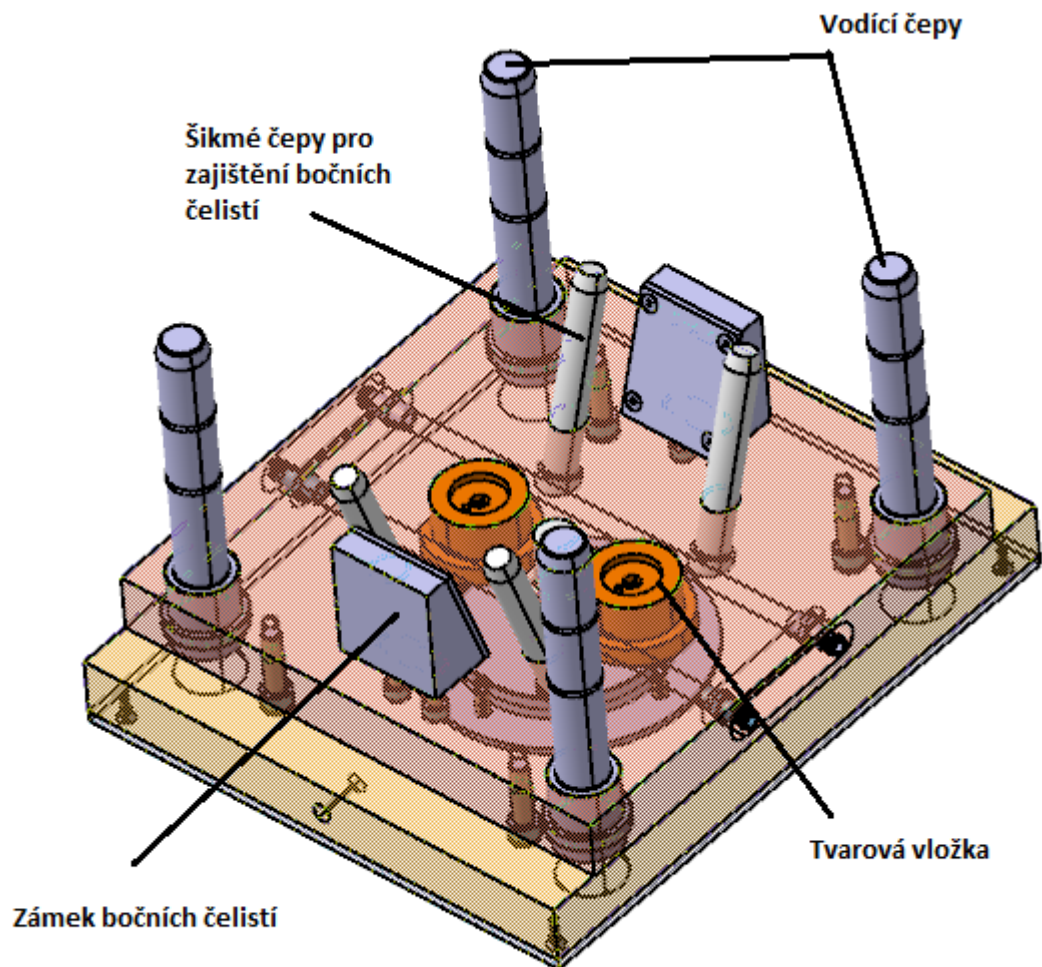


*Obr. 30 Části temperačního systému (Uzavírací šroub, ucpávka temperačního systému, rychlospojka temperace)*

## 7.4 Odformování výrobku

Forma sestává především z normálií firmy HASCO, z jejichž katalogu byly vybrány i prvky sloužící jak k odformování tak i k vyhození výstřiku.

Odformování probíhá tak, že při zahájení cyklu zajedou šikmé čepy do bočních čelistí, dojde k uzavření formy. Boční čelisti jsou proti posunutí zajištěny jak šikmými čepy, tak kuličkou na pružince a samozřejmě zámkem bočních čelistí, který je umístěný ve vstříkovací části formy.

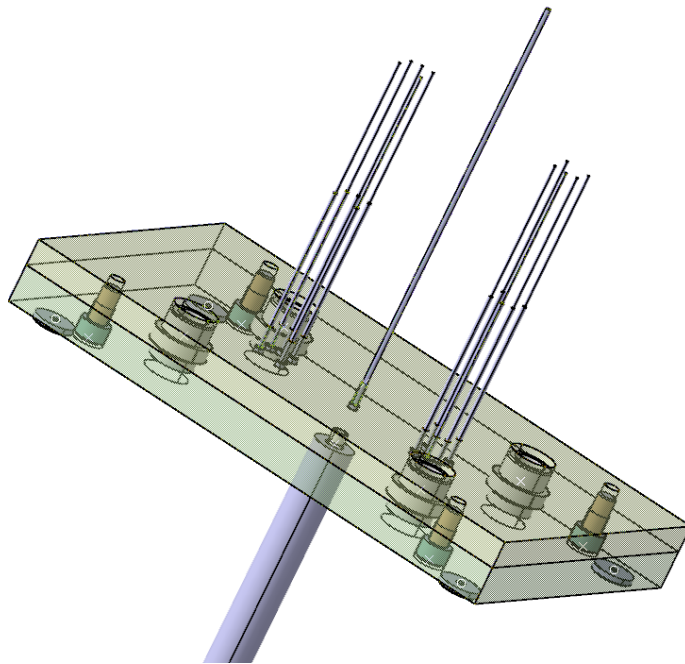


Obr. 31 Náhled do pravé strany formy

Všechny tvarové vložky jsou vyrobeny z oceli ČSN 19 zajištěny proti pootočení vyfrézovanou ploškou (obr. 29).

## 7.5 Vyhazovací systém

Výrobek je vyhozen soustavou vyhazovačů a to konkrétně pěti prizmatickými vyhazovači, které jsou použity hlavně kvůli tomu, aby při jejich délce nebyli příliš namáhány na ohyb, případně na vzpěr. Samotný vtokový zbytek je pak z přídržovače vtoku vyhozen válcovým vyhazovačem.



Obr. 32 Vyhazovací systém formy

U některých výrobků je možné použít vyhazovače k vytvarování některých tvarových prvků, ale u tohoto výrobků nebylo použito žádných vyhazovačů jako tvarových prvků. Všechny prizmatické vyhazovače slouží pouze k stažení výrobků z jádra a jeho následnému vyhození z dutiny formy ven.

## 7.6 Vtokový systém

V této formě byl použit studený vtokový systém. Je to zejména kvůli tomu, že u tohoto výrobku se nepředpokládají požadavky na větší série a zhotovení samotné formy s vyhřívaným vtokovým systémem je jak finančně tak i technicky mnohem náročnější. Vtokový zbytek není natolik velký, aby při použití vyhřívaného vtokového systému došlo k výraznější úspoře vstřikovaného polymeru.

## 7.7 Odvzdušnění formy

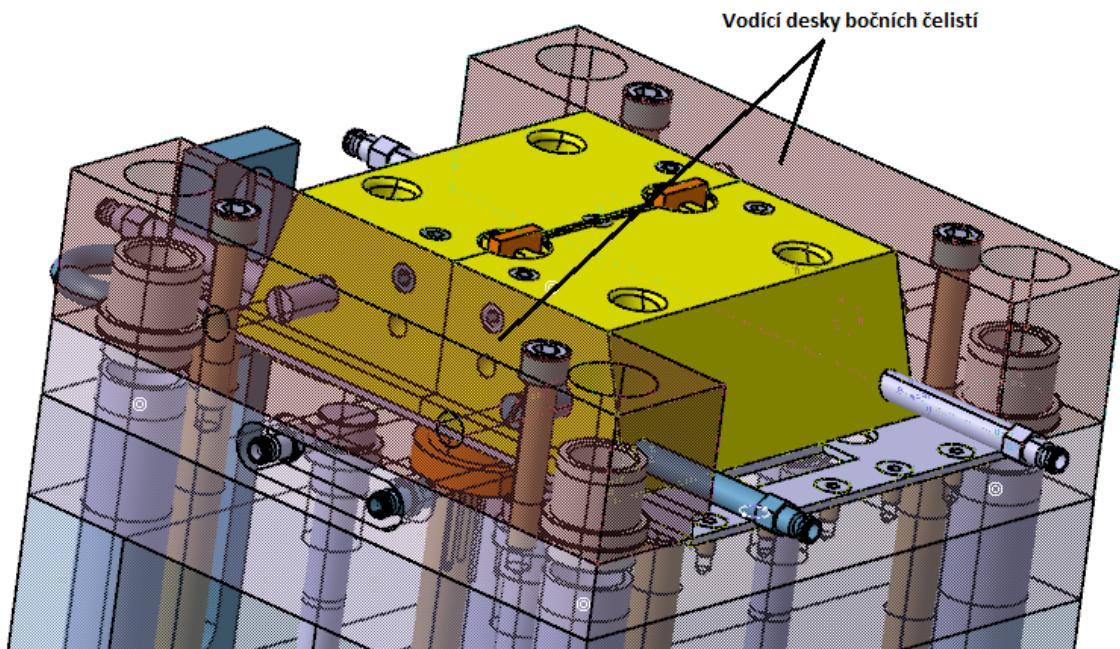
Odvzdušnění formy jako takové nebylo nutné nějak složitěji řešit, protože u formy je dostatek míst kudy může vzduch z dutiny formy utéci, ať mezi dělicími rovinami, či malými vůlemi mezi vyhazovači a tvárníky. Největší část vzduchu bude s největší pravděpodobností unikat mezi dělicí rovinou vytvořenou stykem tvarových kostek. Dostatečně odvzdušnění dutiny formy brání vzniku tak zvaného Dieslova efektu což je povrchová va-

da výrobku (vznik spáleného místa) rovněž zabrání vzniku nedotečených míst ve formě a jiným povrchovým vadám na výrobku.

## 7.8 Doplnující prvky formy

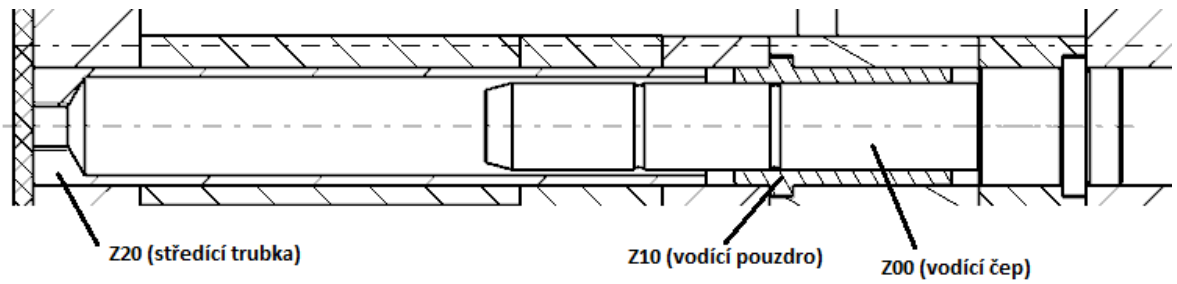
Jak již bylo zmíněno drtivá většina částí formy byla vybrána z katalogu normálií firmy HASCO. Některé součásti byly dále ještě upraveny obráběním, aby přesně splňovali požadavky funkce, pro kterou dané díly byly určeny.

Při konstrukci této formy byly převážně použité normované rozměry desek. Jedinou výjimku tvoří vodící desky tvarových kostek, protože kvůli specifické konstrukci dané formy bylo nutné použít vodící desky odpovídající velikosti bočních čelistí.



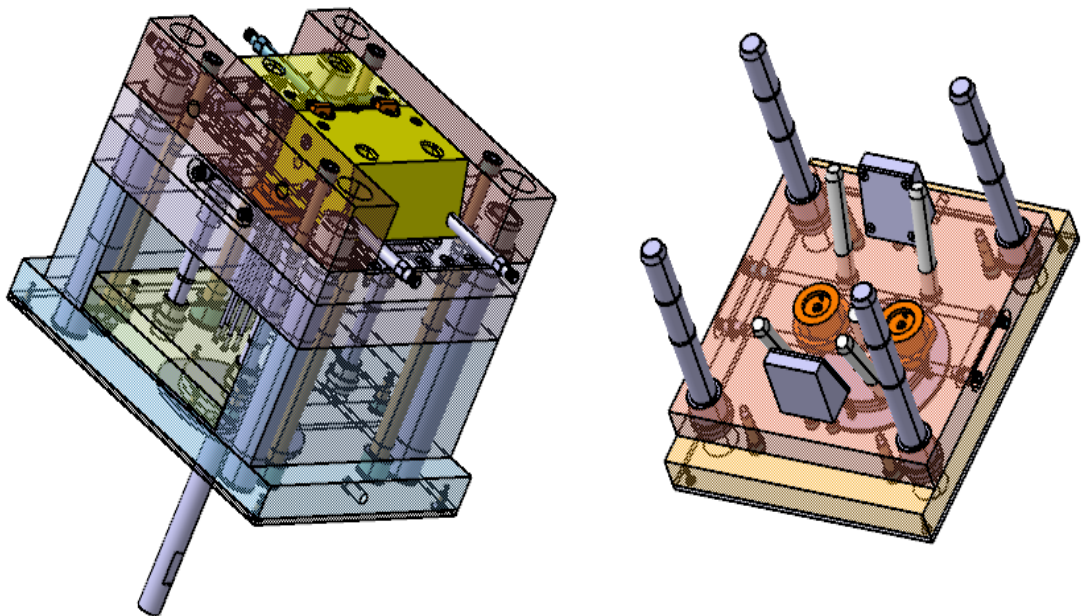
*Obr. 33 Vodící desky bočních čelistí*

Rovněž prvky jako jsou vodící čepy, středící kroužky, trubky jsou normáliemi z katalogu firmy HASCO.

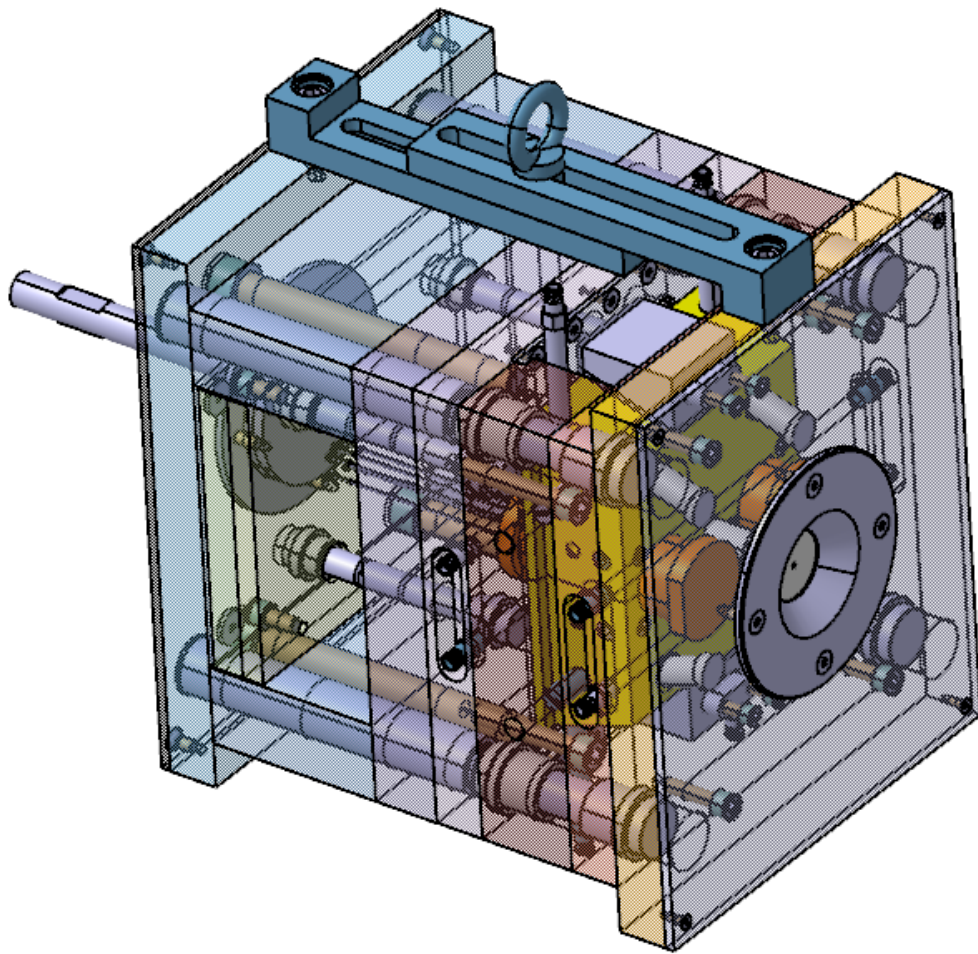


*Obr. 34 Příklady značení normálií z katalogu HASCO*

Manipulace s formou je zajištěna transportním můstkem, který je možno nastavit tak aby se forma dala vyvážit při transportu.



*Obr. 35 Pohled na levou a pravou stranu formy*



*Obr. 36 Kompletní forma*

## 8 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Pro vstřikování výrobku byl zvolen vstřikovací stroj firmy Arburg. Konkrétně model ALLROUNDER C 420 GOLDEN EDITION. Je to hydraulický vstřikovací stroj. Základem je hydraulický obvod s regulací tlaku a objemovým průtokem. To zajišťuje plynulé ovládání procesu vstřikování. Hydraulickým systémem je závislý na účelu použití. Na základě toho jsou dostupné jednookruhové čerpadla pro sériové sekvence nebo dvouokruhové pro souběžné pojezdové pohyby.

Tab. 1 Parametry vstřikovacího stroje [12]

Parametry uzavírací jednotky		Forma
Uzavírací síla	1000kN	-
Průměr středícího kroužku	125 mm	125 mm
Výška formy	250-420 mm	296 mm
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	420 x 420 mm	-
Otevírací zdvih	500 mm	-
Vyhazovací síla	40 kN	-
Vyhazovací zdvih	175 mm	60 mm
Parametry vstřikovací jednotky		
Průměr šneku	35 mm	-
Maximální objem vstřikované dávky	144 cm <sup>3</sup>	50 cm <sup>3</sup>
Vstřikovací tlak	200 Mpa	-
Rychlost toku taveniny	140 cm <sup>3</sup> /s	-



Obr. 37 Vstřikovací stroj ALLROUNDER 420 C GOLDEN EDITION

## ZÁVĚR

Celý proces návrhu a konstrukce formy byl ovlivněn zadanou geometrií daného výrobku a také požadavky na výrobek jako takový.

Celý výrobek byl vymodelován v programu CATIA V5R19, především pomocí modulu part design.

Zvolený materiál pro výrobek byl polymer PA 66. Tento polymer splňuje veškeré požadavky na funkci výrobku a plně tak vyhovuje našim potřebám.

Kompletní návrh formy byl uskutečněn v programu CATIA V5R19 a také modulu HASCO DAKO 2015. Nejprve byla určena násobnost formy, což ovlivnilo rozměry formy a také uspořádání výstřiků ve formy. Ve formě je použit studený vtokový systém, protože byl vyhodnocen jako vhodnější. Forma byla navržena tak, aby vydržela co nejvyšší možný počet cyklů a zároveň, aby v případě poruchy byla snadno opravitelná.

Dle rozměrů a dalších parametrů formy byl vybrán hydraulický vstřikovací stroj firmy Arburg a to konkrétně model ALLROUNDER 420C GOLDEN EDITION.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BOBČÍK, L. *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. vydání Brno: UNIPLAST, 1999. 214s
- [3] ZEMAN, Lubomír. 2009. *Vstřikování plastů*. 1. vyd. Praha : BEN, 2009. 248 s. ISBN 978-80-7300-250-3
- [4] DOMININGHAUS, Hans. *Plastic for Engineers – Materials, Properties, Applications*. Munich: Hanser, 1993, 785 s. ISBN 3-446-15723-9
- [5] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery-výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vyd. Praha: VŠCHT v Praze, 2006, 280 s. ISBN 80-7080-617-6.
- [6] LENFELD, Petr. *Technologie II – 2. část (Zpracování plastů)*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2006. ISBN 80-7372-037-X.
- [7] Katedra tváření kovů a plastů – Skripta. Dostupný z <http://www.ksp.vslib.cz/>
- [8] Přednášky z předmětu T5KF
- [9] ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů* Akademické nakladatelství CERM, s.r.o.
- [10] Fakulta strojní západočeské univerzity v Plzni materiály dostupné z : [http://www.kks.zcu.cz/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05/](http://www.kks.zcu.cz/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05/)
- [11] HASCO, Hasco Dako katalog 2015, Dostupné z <https://www.hasco.com>
- [12] ARBURG katalog  
[http://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische\\_Daten/ARBURG\\_ALL\\_ROUNDNER\\_420C\\_GOLDEN\\_EDITION\\_TD\\_523677\\_en\\_GB.pdf](http://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische_Daten/ARBURG_ALL_ROUNDNER_420C_GOLDEN_EDITION_TD_523677_en_GB.pdf)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

2D	Dvojměrný
3D	Trojměrný
Al	Hliník
°C	Stupeň celsia
Cu	Měď
ČSN	Česká státní norma
ITT	Index toku taveniny
kPa	Kilopascal
mm	Milimetr
PA6	Polyamid 6
PA66	Polyamid 66
PC	Polykarbonát
PMMA	Polymethylmethakrylát
POM	Polyoximethylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PVC	Polyvinylchlorid

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Dělení polymerů .....	12
Obr. 2 Schéma vstřikovacího stroje .....	16
Obr. 3 Mechanicko-hydraulické uzavírání lisu .....	18
Obr. 4 Vstřikovací stroj a základní rozdělení oblastí .....	19
Obr. 5 Vstřikovací cyklus .....	20
Obr. 6 Studený vtokový systém formy .....	22
Obr. 7 Stejná délka vtok. kanálů ke všem dutinám formy .....	22
Obr. 8 Průřezy vtokových kanálů .....	23
Obr. 9 Bodový vtok .....	24
Obr. 10 Tunelový vtok .....	24
Obr. 11 Filmový vtok .....	25
Obr. 12 Řez vyhřívanou tryskou s jehlou .....	26
Obr. 13 Řez horkým rozvodným blokem .....	27
Obr. 14 Plochý vyhazovač, trubkový vyhazovač, válcový vyhazovač .....	28
Obr. 15. Schéma funkce stírací desky .....	29
Obr. 16 Schéma šikmého válcového kolíku .....	30
Obr. 17 Odvzdušňovací drážka s rozměry .....	31
Obr. 18 Odvzdušnění vyhazovačem .....	32
Obr. 19 Izolační desky na formě .....	34
Obr. 20 Příklady jednoduchých temperačních okruhů .....	34
Obr. 21 Aktivní temperování na vstřikovací formě .....	35
Obr. 22 Nátrubek (90°), nátrubek, rychlospojka .....	35
Obr. 23 Vstřikovaný výrobek .....	39
Obr. 24 Uspořádání vstřikovaného výrobku ve formě .....	40
Obr. 25 Návrh dělicích rovin výrobku .....	41
Obr. 26 Tvarové vložky (tvárník, tvárnice) .....	42
Obr. 27 Tvarová kostka .....	42
Obr. 28 Pohled do tvarové dutiny formy .....	43
Obr. 29 Temperace boční čelisti .....	43
Obr. 30 Části temperačního systému (Uzavírací šroub, ucpávka temperačního systému, rychlospojka temperace) .....	44
Obr. 31 Náhled do pravé strany formy .....	45

---

Obr. 32 Vyhazovací systém formy .....	46
Obr. 33 Vodící desky bočních čelistí.....	47
Obr. 34 Příklady normálií z katalogu HASCO .....	48
Obr. 35 Pohled na levou a pravou stranu formy .....	48
Obr. 36 Kompletní forma.....	49
Obr. 37 Vstřikovací stroj ALLROUNDER 420 C GOLDEN EDITION.....	50

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Parametry vstřikovacího stroje [12] .....	50
--	----

## **SEZNAM PŘÍLOH**

P I Materiálový list PA66-GF30

P II Výkresy sestavy formy

P III Kusovník dílů

PIV CD obsahující

1. Model formy a její výkresovou dokumentaci v programu CATIA
2. Textová část bakalářské práce



## Product Information

June 2005

# Ultramid<sup>®</sup> A3WG6 (PA66-GF30)



### Product description

Glass fibre reinforced and heat aging resistance injection moulding grade for machinery components and housings of high stiffness and dimensional stability such as lamp socket housings, cooling fans, insulating profile for aluminium window frames, water containers for automotive cooling systems. A3EG6 is the preferred grade for producing electrically insulating parts.

### Physical form and storage

Ultramid is supplied dry and ready to use in moisture-proof packaging in the form of cylindrical or flat pellets. Its bulk density is about 0,7g/cm<sup>3</sup>. Standard packs are the special 25kg bag and the 1000kg bulk container (octagonal IBC= intermediate bulk container made from corrugated board with a liner bag). Subject to agreement other forms of packaging and shipment in tankers by road or rail are also possible. All containers are tightly sealed and should be opened only immediately prior to processing. To ensure that the perfectly dry material delivered cannot absorb moisture from the air the containers must be stored in dry rooms and always carefully sealed again after portions of material have been withdrawn. Ultramid can be kept indefinitely in the undamaged bags. Experience has shown that product supplied in IBCs can be stored for about 3 months without any adverse effects on processing properties due to moisture absorption. Containers stored in cold rooms should be allowed to equilibrate to normal temperature so that no condensation forms on the pellets.

### Product safety

Ultramid melts are thermally stable at the usual temperature for A, B and C up to 310°C and 350°C for T and do not give rise to hazards due to molecular degradation or the evolution of gases and vapors. Like all thermoplastic polymers Ultramid decomposes on exposure to excessive thermal load, e.g. when it is overheated or as a result of cleaning by burning off. In such cases gaseous decomposition products are formed. Decomposition accelerates above 310°C (T >350°C) approximately, the initial products formed being mainly carbon monoxide and ammonia, and caprolactam too in the case of Ultramid B. At temperatures above about 350°C (T >400°C) small quantities of pungent smelling vapors of aldehydes, amines and other nitrogenous decomposition products are also formed.

Further safety information see safety data sheet of the individual product.

### Note

The information submitted in this publication is based on our current knowledge and experience. In view of the many factors that may affect processing and application, these data do not relieve processors of the responsibility of carrying out their own tests and experiments; neither do they imply any legally binding assurance of certain properties or of suitability for a specific purpose. It is the responsibility of those to whom we supply our products to ensure that any proprietary rights and existing laws and legislation are observed. In order to check the availability of products please contact us or our sales agency.

Typical values at 23°C <sup>1)</sup>	Test method	Unit	Condition	Values
<b>Properties</b>				
Abbreviated term	ISO 1043	-	-	PA66-GF30
Density	ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	-	1.36
Viscosity number (solution 0.005 g/ml sulfuric acid)	ISO 307	ml/g	-	145
Colour: natural (n), coloured (c), black (bk)	-	-	-	n,bk
Water absorption, equilibrium in water at 23°C	ISO 62	%	-	5.20 - 5.80
Moisture absorption, equilibrium 23°C/50% r.h.	ISO 62	%	-	1.50 - 1.90
<b>Processing</b>				
Melting temperature, DSC	ISO 3146	°C	-	260
Melt volume rate MVR 275/5	ISO 1133	cm <sup>3</sup> /10 min	-	40
Melt temperature, injection moulding/extrusion	-	°C	-	280 - 300
Mould temperature, injection moulding	-	°C	-	80 - 90
Moulding shrinkage, constrained <sup>6)</sup>	-	%	-	0.55
<b>Flammability</b>				
UL94 rating at 1.6 mm thickness	UL 94	class	-	HB
Automotive materials (thickness d ≥ 1mm)	FMVSS 302	-	-	+
<b>Mechanical properties</b>				
Tensile modulus	ISO 527-2	MPa	dry/cond.	10000/7200
Yield stress (v = 50 mm/min), Stress at break (v = 5 mm/min)*	ISO 527-2	MPa	dry/cond.	190*/130*
Yield strain (v = 50 mm/min)	ISO 527-2	%	dry/cond.	
Nominal strain at break, Strain at break*	ISO 527-2	%	dry/cond.	3.0*/5.0*
Tensile creep modulus, 1000 h, strain ≤ 0.5%, +23°C	ISO 899-1	MPa	cond.	5300
Flexural modulus	ISO 178	MPa	dry/cond.	8600/6500
Flexural strength	ISO 178	MPa	dry/cond.	280/210
Charpy unnotched impact strength <sup>3)</sup> +23°C	ISO 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	dry/cond.	85/100
Charpy unnotched impact strength -30°C	ISO 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	dry	70
Charpy notched impact strength <sup>3)</sup> +23°C	ISO 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	dry/cond.	13.0/22.0
Charpy notched impact strength -30°C	ISO 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	dry	10.0
Izod notched impact strength 1A <sup>3)</sup> +23°C	ISO 180/1A	kJ/m <sup>2</sup>	dry/cond.	11.5/15.5
Izod notched impact strength 1A -30°C	ISO 180/1A	kJ/m <sup>2</sup>	dry	
Ball indentation hardness H 358/30, H 961/30*	ISO 2039-1	MPa	dry/cond.	240*/190*
<b>Thermal properties</b>				
Deflection temperature 1.8 MPa (HDT A)	ISO 75-2	°C	-	250
Deflection temperature 0.45 MPa (HDT B)	ISO 75-2	°C	-	250
Max. service temperature (short cycle operation) <sup>2)</sup>	-	°C	-	240
Temperature index at 50% loss of tensile strength after 20000 h / 5000 h	IEC 216-1	°C	-	145 / 175
Thermal coefficient of linear expansion, longitudinal / transverse (23-80)°C	DIN 53752	10 <sup>-4</sup> /K	-	0.2 - 0.3 / 0.6 - 0.7
Thermal conductivity	DIN 52 612	W(m · K)	-	0.35
Specific heat capacity	-	J(kg · K)	-	1500.00
<b>Electrical properties</b>				
Dielectric constant at 1 MHz	IEC 60250	-	dry/cond.	3.5/5.6
Dissipation factor at 1 MHz	IEC 60250	10 <sup>-4</sup>	dry/cond.	140/3000
Volume resistivity	IEC 60093	Ω · m	dry/cond.	10 <sup>13</sup> /10 <sup>10</sup>
Surface resistivity	IEC 60093	Ω	dry/cond.	10 <sup>12</sup> /10 <sup>10</sup>
CTI, solution A	IEC 60112	-	cond.	450

Footnotes:

1) for uncoloured product, unless defined otherwise in the product name

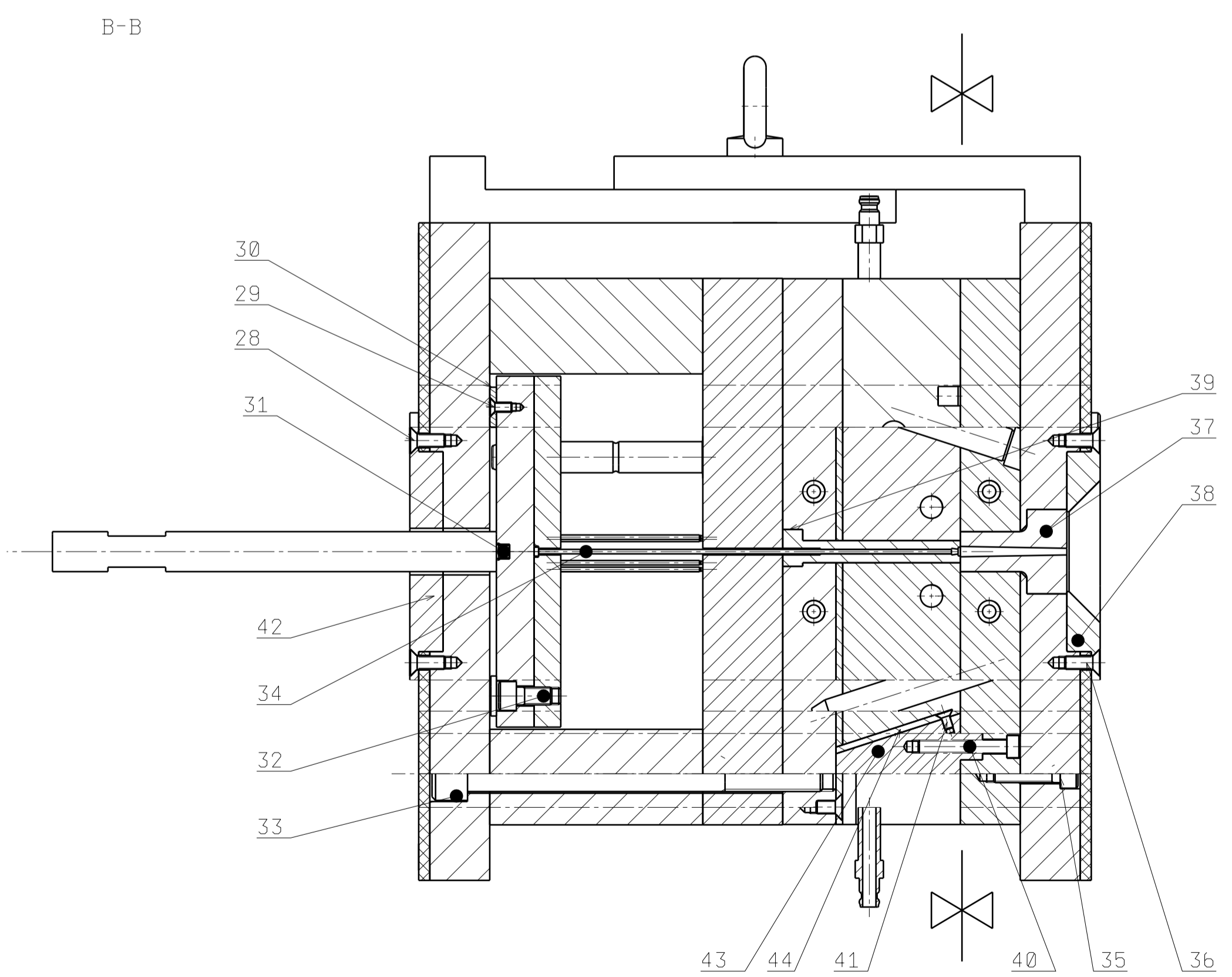
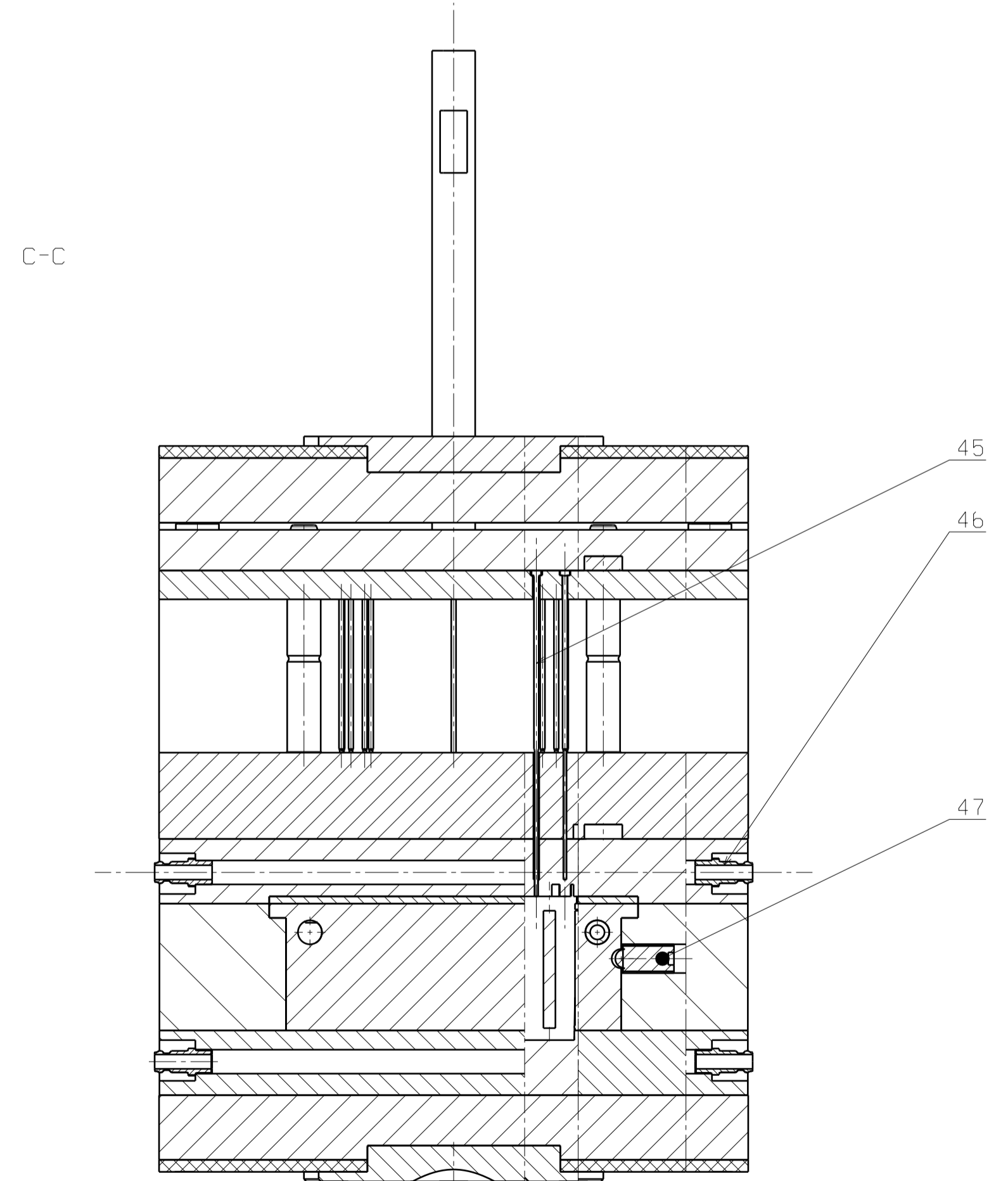
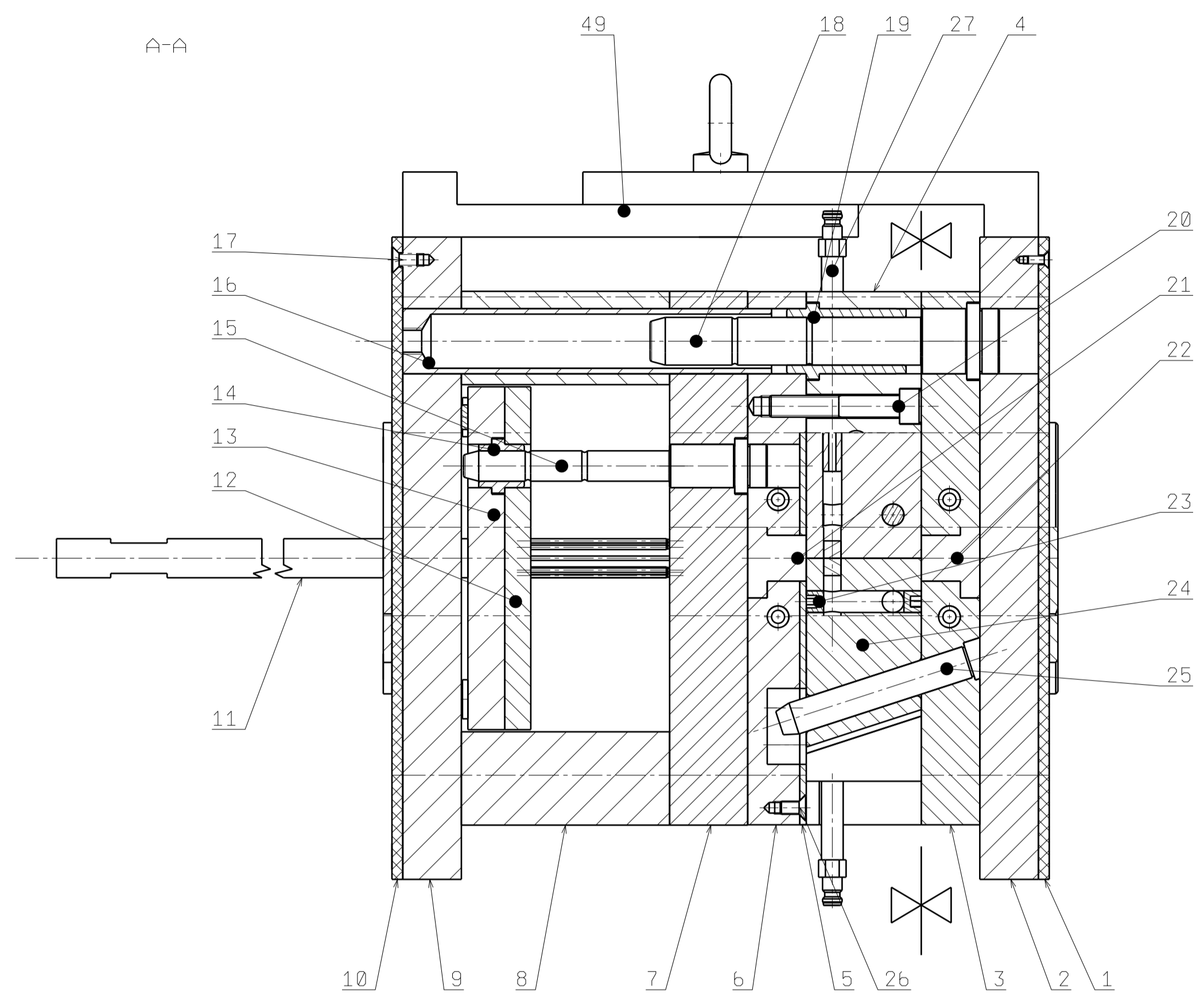
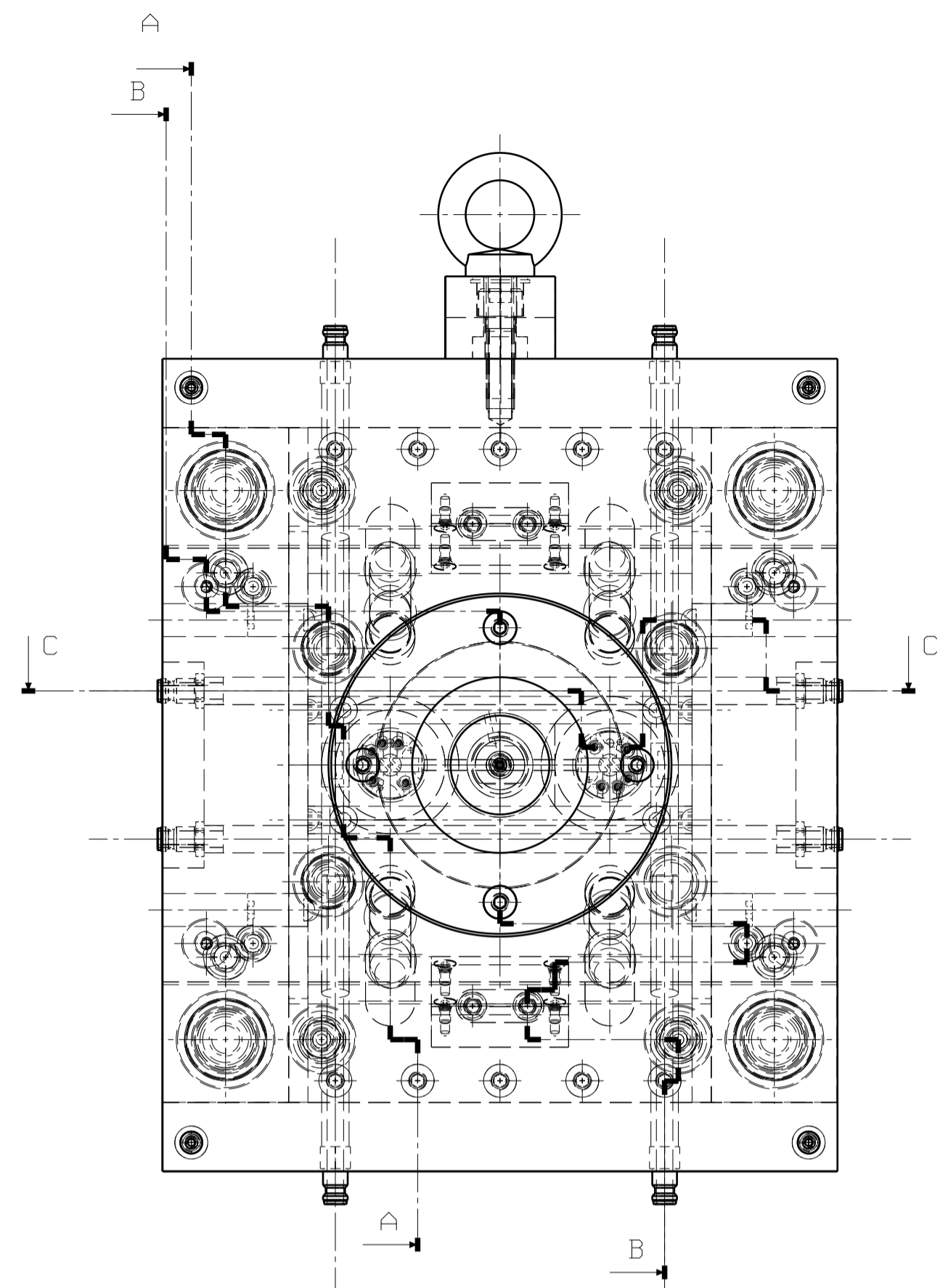
2) Empirical values determined on articles repeatedly subjected to the temperature concerned for several hours at a time over a period of several years.

The proviso is that the articles were properly designed and processed according to our recommendations.

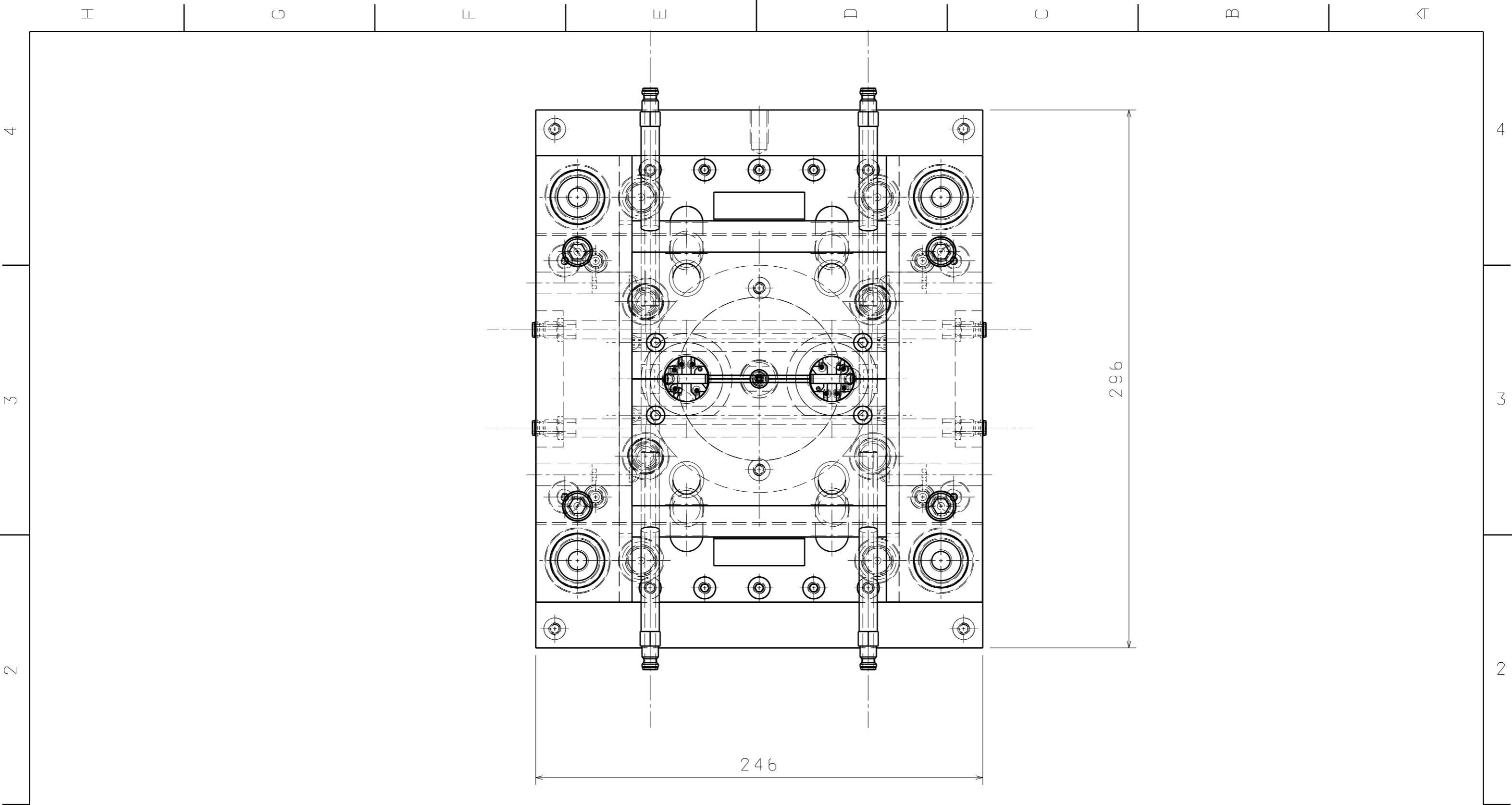
3) N = no break.

6) Test box with central gating, dimensions of base (107-47-1,5) mm,

processing conditions: T<sub>M PA6</sub> = 260 °C, T<sub>M PA66</sub> = 290 °C, mould surface temp. MST = 60 °C for unreinforced, MST = 80 °C for reinforced.



UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		Sestava formy	
Vypracoval: Libor Gabko	DATUM: 11. 5. 2012	Kreslil: FT-UTB-LG-01	
Kontroloval:	DATUM:	SIZE: A1	
Navrhl:	DATUM:	MĚRITKO 1:2	Hmotnost: 360 kg
		List	1/1



UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ ústav výrobního inženýrství		Levá strana formy		
Kreslil: Libor Gabko	Datum: 19. 5. 2017	ČÍSLO VÝKRESU FT-UTB-LG-02		
Kontroloval:	Datum:	SIZE A3		
Navrhl:	Datum:	MĚŘÍTKO 1:2	VÁHA(kg)	list 1/1

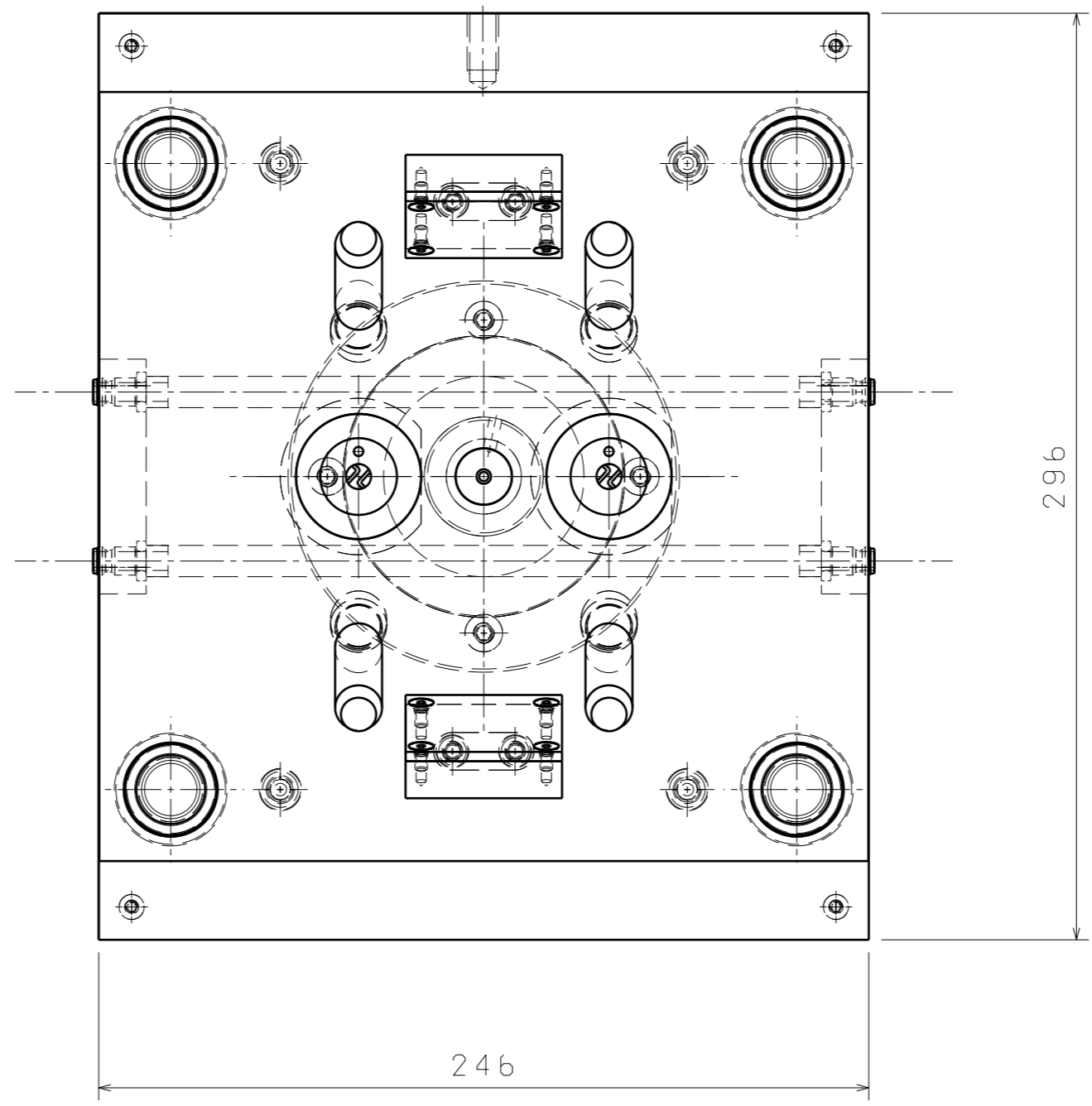
H G F E D C B A

4

3

2

1



4

3

2

1

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ ústav výrobního inženýrství		Pravá strana formy			
Kreslil: Libor Gabko	Datum: 19. 5. 2017	ČÍSLO VÝKRESU FT-UTB-03			
Kontroloval:	Datum:	SIZE A3			
Navrhnul:	Datum:	Měřítko 1:2	Hmotnost: (kg)	list	1/1

H G B A

Poz.	Název součásti - Rozměr	Výkres/Norma	Materiál ČSN	ks
1	Pravá izolační deska - 246x296x7	FT-UTB-17-001	S.pryskyřice	1
2	Pravá upínací deska - 246x296x27	HASCO	11 600	1
3	Pravá kotevní deska - 246x246x27	HASCO	11 600	1
4	Vodící deska bočních čelistí - 246x53x53	FT-UTB-17-002	11 600	2
5	Kluzná deska - 246x154x3	HASCO	12 763	1
6	Levá kotevní deska - 246x246x27	HASCO	11 600	1
7	Levá opěrná deska 246x246x36	HASCO	11 600	1
8	Levá rozpěrná deska 246x96x43	HASCO	11 600	1
9	Levá upínací deska - 246x296x27	HASCO	11 600	1
10	Levá izolační deska - 246x296x7	FT-UTB-17-006	S.pryskyřice	1
11	Táhlo - Z02/18x200	HASCO		1
12	Vyhazovací deska opěrná - 246x158x17	HASCO		1
13	Vyhazovací deska kotevní - 246x158x12	HASCO		1
14	Vodící pouzdro - Z10/17x14	HASCO		4
15	Vodící čep - Z00/17/14x95	HASCO		4
16	Středící trubka levá - Z20/30x160	HASCO		4
17	Závrtný šroub - Z33/6x12	HASCO		4
18	Vodící čep - Z00/27/22x165	HASCO		4
19	Vodící pouzdro - Z10/27/22	HASCO		4
20	Zápustný šroub - Z30/10x60	HASCO		4
21	Levá tvarová vložka	FT-UTB-17-003	19 552 - KALENO 52-54 HRC	2
22	Pravá tvarová vložka	FT-UTB-17-004	19 553 - KALENO 52-54 HRC	2
23	Uzavírací zátka temperace Z940/10x1	HASCO		16
24	Tvarová boční čelist	FT-UTB-17-005	19 553 - KALENO 52-54 HRC	2
25	Šikmý čep Z01/15x100	HASCO		4
26	Závrtný šroub - Z33/6x12	HASCO		10
27	Prodlužovací nátrubek Z90/9x120	HASCO		4
28	Závrtný šroub K100/125x15	HASCO		4
29	Závrtný šroub Z33/4x10	HASCO		4
30	Dorazka Z55/18x3	HASCO		4
31	Červík Z34/8x20	HASCO		1
32	Zápustný šroub Z30/8x16	HASCO		4
33	Zápustný šroub Z30/16x160	HASCO		4
34	Válcový vyhazovač Z40/2x200	HASCO		1
35	Zápustný šroub Z30/10x60	HASCO		4
36	Závrtný šroub Z33/6x16	HASCO		4
37	Vtoková vložka Z511/18x36/3	HASCO		1
38	Pravý středící kroužek K100/125x15	HASCO		1

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI  
FAKULTA TECHNOLOGICKÁ  
ústav výrobního inženýrství

KUSOVNÍK

ČÍSLO VÝKRESU

Kreslil:

Datum:

Libor Gabko

19. 5. 2017

FT-UTB-LG-04

Kontroloval:

Datum:

SIZE

A4

Navrhnul:

Datum:

MĚŘÍTKO 1:1

LIST 1/2

D

A

D

C

B

A

4

4

3

3

2

2

39	Přidržovač vtoku	FT-UTB-17-006	19 553	1
40	Zápustný šroub Z30/6x40	HASCO		4
41	Závrtný šroub Z33/4x8	HASCO		8
42	Levý středící kroužek K500/125x15	HASCO		1
43	Zámek bočních čelistí	HASCO		2
44	Kluzná deska - 50x60x3	HASCO		2
45	Prizmatický vyhazovač Z44/1.4x160	HASCO		10
46	Pružící přítlačný kus Z371/10x19	HASCO		4
47	Koncovka hadice Z87/9/10x1	HASCO		4
48	Transportní můstek	HASCO		1
49				
50				
51				
52				

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI  
FAKULTA TECHNOLOGICKÁ  
ústav výrobního inženýrství

## KUSOVNÍK

ČÍSLO VÝKRESU

Kreslil:

Datum:

Libor Gabko

19. 5. 2017

FT-UTB-LG-05

Kontroloval:

Datum:

SIZE

A4

Navrhnul:

Datum:

MĚŘÍTKO 1:1

LIST 2/2

D

A

1

D

C

B

A

4

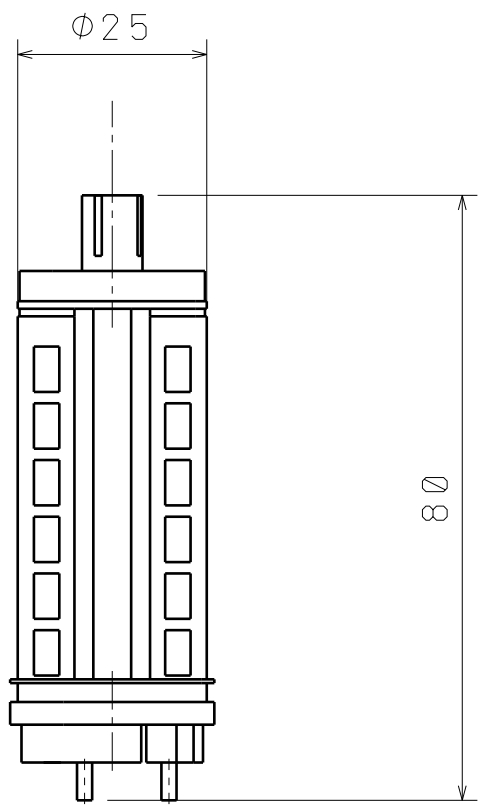
4

3

3

2

2



UNIVERZITA TOMÁŠE BATI  
 FAKULTA TECHNOLOGICKÁ  
 ústav výrobního inženýrství

VÝROBEK

ČÍSLO VÝKRESU

Kreslil:  
 Libor Gabko

Datum:  
 19. 5. 2017

FT-UTB-LG-06

Kontroloval:

Datum:

SIZE  
 A4

Navrhnul:

Datum:

MĚŘÍTKO 1:1

LIST 1/1

D

A

1

1