

# Konstrukce formy pro výrobu chrániče sluchu

Bc. Michal Juráň

---

Diplomová práce  
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2017/2018

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal Juráš**  
Osobní číslo: **T16248**  
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce formy pro výrobu chrániče sluchu**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární studii na dané téma**
- 2. Nakreslete 3D model zadaného dílu**
- 3. Navrhněte 3D sestavu vstřikovací formy pro výrobu zadaného dílu**
- 4. Návrh ověřte pomocí simulací**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle zadání vedoucího DP.**

Vedoucí diplomové práce:

**doc. Ing. Michal Staněk, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**2. ledna 2018**

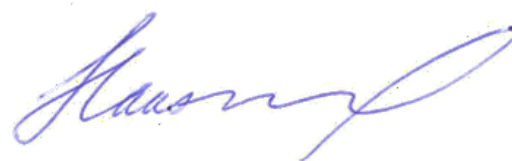
Termín odevzdání diplomové práce:

**18. května 2018**

Ve Zlíně dne 5. dubna 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: JURJAN MICHAL

Obor: KONSTRUKCE TECH.  
ZABĚHENÍ

## 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 užít 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 9.5.2018

Michal Jurjan

<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 nahlédnutí 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 užit 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**

Diplomová práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro návrh části sluchátka ve vojenském průmyslu. Je rozdělena do dvou částí.

Teoretickou a praktickou část. První část se zabývá materiály používanými pro vstřikování, technologií vstřikování, popis jednotlivých zásad pro návrh výrobku a samotný postup při návrhu vstřikovací formy.

Praktická část se dělí na dvě části. V první části je řešen konstrukční návrh dvojnásobné vstřikovací formy pro zadaný díl. Dále jsou popsány jednotlivé části vstřikovací formy. Návrh zadaného dílu i jeho vstřikovací forma byla zhotovena v programu Catia V5R19. Normalizované díly byly použity od firmy Hasco a Meusburger. V druhé části jsou pro navrženou formu zhotovené tokové analýzy v programu Autodesk Moldflow Synergy 2016.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, vstřikovací stroj, analýza

## **ABSTRACT**

This diploma thesis deals with a design of an injection mold for design a part of a headphone in the military industry. It is divided into two parts. Theoretical and practical part. The first part deals with materials used for the injection, injection technology, description of individual principles for design of the product, and the process of designing of the injection mold.

Practical part is divided into two parts. The first part handles with a design plan of the double injection mold for the assigned part. Further, there are described individual parts of the injection mold. The design of the assigned part and the injection mold were drawn in Catia V5R19. Normalized parts were used from companies Hasco and Meusburger. The second part includes a flux analysis for the designed mold in Autodesk Moldflow Synergy 2016.

Keywords: injection molding, injection mold, injection machine, analysis

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Michalovi Staňkovi, Ph.D. za cenné rady, konzultace a čas, který mi věnoval pro zdárné dokončení této práce.

Rád bych také poděkoval ostatním učitelům, kteří mě za dobu studia naučili věci, bez kterých by dokončení této práce nebylo možné.

V poslední řadě rodině, za trpělivost při studiu na této škole.

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a používanou literaturu jsem citoval. Dále prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>12</b>
<b>1 VSTŘIKOVÁNÍ.....</b>	<b>13</b>
1.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	13
1.2 PRŮBĚH TLAKU A TEPLoty TAVENINY VE FORMĚ.....	14
1.2.1 pVt diagram .....	15
1.3 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	16
1.3.1 Vstřikovací jednotka .....	17
1.3.2 Uzavírací jednotka .....	17
1.3.3 Ovládací a řídicí jednotka .....	18
<b>2 POLYMERNÍ MATERIÁLY .....</b>	<b>19</b>
2.1 TERMOPLASTY .....	19
2.2 VOLBA VHODNÉHO TERMOPLASTICKÉHO MATERIÁLU.....	20
2.3 PŘÍPRAVA POLYMERŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM .....	21
2.3.1 Sušení granulátu .....	21
2.3.2 Zpracovatelské přísady.....	21
<b>3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU .....</b>	<b>22</b>
3.1 ZÁSADY PŘI NÁVRHU VÝROBKU .....	22
3.1.1 Tloušťka stěny, případný přechod tloušťky .....	22
3.1.2 Zaoblení hran, rohů a koutů .....	23
3.1.3 Podkoso y a úkoso y.....	23
3.1.4 Konstrukce žeber.....	23
3.1.5 Rýhování povrchu .....	25
3.1.6 Závity na výrobku .....	26
3.1.7 Nápis y a značení výrobku .....	26
<b>4 VSTŘIKOVACÍ FORMA .....</b>	<b>27</b>
4.1 POSTUP PŘI KONSTRUKCI VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	28
4.2 ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU .....	28
4.3 SMRŠTĚNÍ VÝSTŘIKU .....	29
4.4 VTOKOVÉ SYSTÉMY .....	30
4.4.1 Studené vtokové systémy .....	31
4.4.2 Horké vtokové systémy .....	36
4.5 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY.....	38
4.5.1 Mechanické vyhazování.....	38
4.5.2 Pneumatické vyhazování.....	42
4.5.3 Hydraulické vyhazování.....	43



4.6	TEMPERACE FORMY .....	44
4.7	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY .....	50
4.8	MATERIÁLY POUŽITÉ PRO VÝROBU FORMY .....	53
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>56</b>
<b>5</b>	<b>STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>57</b>
<b>6</b>	<b>POUŽITÉ PROGRAMY .....</b>	<b>58</b>
6.1	CATIA V5R19 .....	58
6.2	HASCO 3D UNIVERSAL MODUL .....	58
6.3	AUTODESK MOLDFLOW SYNERGY 2016 .....	58
<b>7</b>	<b>VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....</b>	<b>59</b>
7.1	MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU .....	60
<b>8</b>	<b>VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....</b>	<b>61</b>
<b>9</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....</b>	<b>62</b>
9.1	NÁSOBNOST FORMY .....	62
9.2	VHODNOST UMÍSTĚNÍ DÍLU DO VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	63
9.3	TVAROVÉ ČÁSTI VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	64
9.4	VTKOVÝ SYSTÉM VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	66
9.5	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	67
9.6	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	69
9.7	ODVZDUŠNĚNÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	70
9.8	ODFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU Z FORMY .....	71
9.9	VODÍCÍ A STŘEDÍCÍ PRVKY FORMY .....	73
9.10	RÁM VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	74
9.11	NOSNÝ A POJISTNÝ SYSTÉM FORMY.....	75
<b>10</b>	<b>TOKOVÉ ANALÝZY.....</b>	<b>77</b>
10.1	TVORBA SÍTĚ.....	77
10.1.1	Analýza statistiky sítě .....	77
10.2	VHODNOST UMÍSTĚNÍ VTOKU (GATING SUITABILITY) .....	79
10.3	NASTAVENÍ PROCESNÍCH PODMÍNEK .....	80
10.4	VÝSLEDKY ANALÝZY PLNĚNÍ A DOTLAKU .....	82
10.4.1	Čas plnění (Fill time) .....	82
10.4.2	Uzavírací síla (Clamp force) .....	83
10.4.3	Vzduchové kapsy (Air traps) .....	83
10.4.4	Studené spoje (Weld lines).....	84
10.5	VÝSLEDKY ANALÝZY TEMPERACE .....	85
10.5.1	Teplota v temperačním okruhu (Circuit coolant temperature).....	85
10.5.2	Tlak v temperačním okruhu (Circuit pressure) .....	85

10.5.3 Čas na dosáhnutí vyhazovací teploty výrobku (Time to reach ejection temperature – part) .....	86
10.6 VÝSLEDKY ANALÝZY SMRŠTĚNÍ A DEFORMACE .....	87
10.6.1 Celková deformace od všech efektů (Deflection all effects).....	88
<b>DISKUZE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>89</b>
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>91</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>92</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>94</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>96</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>99</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>100</b>

## ÚVOD

Plastové výrobky a samotná výroba se začala objevovat v polovině minulého století, od té doby šel vývoj razantně nahoru. Žijeme v době, kdy se s plasty setkáváme denně při jakékoliv činnosti, aniž bychom si to uvědomovali.

Díly, které dříve bývaly vyráběné ze dřeva, z kovu, nebo z kamene se postupně začaly nahrazovat různými druhy polymeru. A to hlavně díky dobrým mechanickým, fyzikálním i chemickým vlastnostem, nebo nízké hmotnosti. V porovnání s kovy, jsou plasty lehčí, jsou chemicky odolné, mají nízkou elektrickou vodivost. Současná doba se nejvíce zaměřuje na technologii vstřikování. Nástrojem pro technologii vstřikování je vstřikovací forma. Jedním s důležitých faktorů jsou právě vstřikovací formy, které ovlivňují cenu výrobku, ale také kvalitu. Cílem tohoto procesu je zaplnění dutiny formy, která nám určuje tvar budoucího výrobku. Uplatnění nacházejí v nejrůznějších odvětvích a to strojírenském, stavebním, potravinářském, elektrochemickém průmyslu.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je nejpoužívanější technologií pro zpracování plastů. Vyrábějí se hotové výrobky (krabičky, vaničky), polotovary nebo díly pro kompletaci do výrobního celku (nárazníky, světla). Vstřikováním se nejčastěji zpracovávají termoplasty ale také elastomery, polymerní směsi, kompozity, reaktoplasty nebo kaučuky. Tato technologie je založena na cyklickém opakování jednotlivých částí výrobního cyklu. Vyrábí se díly o hmotnosti několika desetin gramů až po desítky kilogramů.

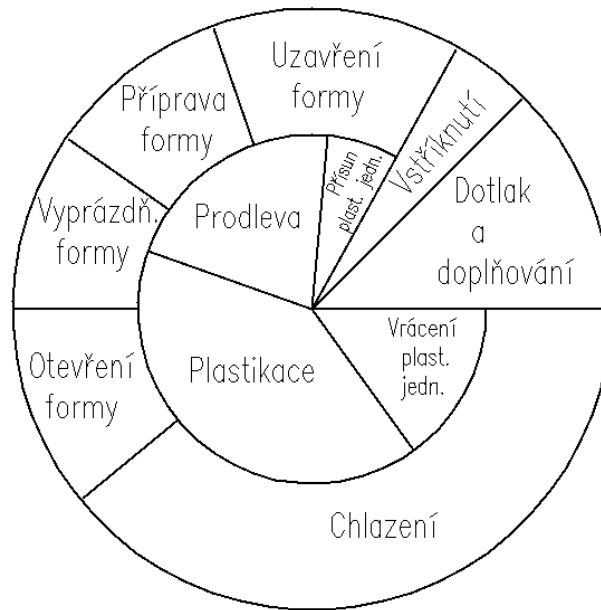
Výhody vstřikování jsou vysoká i rozměrová přesnost výrobku při sériové výrobě, výroba tvarově složitých výrobků, vysoká kvalita povrchu, krátká výrobní doba.

Nevýhodami pak velké pořizovací náklady na vstřikovací stroj, formu atd.

Technologie vstřikování je tedy vhodná jen pro velkosériovou nebo hromadnou výrobu. [5,11]

## 1.1 Vstřikovací cyklus

Materiál ve formě granulátu je dopravován do násypky vstřikovacího stroje, kde se nejčastěji pomocí šneku dopravuje do tavicí komory. Po roztavení účinkem tření a teploty vznikne tavenina. Tavenina se vstřikuje do vtokového systému, z kterého se dopraví do dutiny formy, kterou zcela zaplní. Ihned poté následuje dotlak (šnek koná pouze axiální pohyb, neotáčí se) pro snížení smrštění. Následuje chlazení, které může tvořit nejdelší část cyklu a nachází se v rozmezí několika sekund až několika minut. Doba chlazení je závislá na teplotě taveniny, teplotě formy, teplotě výstřiku při vyhazování a na tloušťce stěn. Tenké stěny – krátké chlazení, tlusté stěny – dlouhé chlazení. V průběhu cyklu chlazení probíhá plastifikace další dávky granulátu. Po dosažení vyhazovací teploty se forma otevře a výstřik je vyhozen pomocí vyhazovacího systému z formy ven. Po nastavené prodlevě se forma opět uzavře a celý proces se opakuje. [8]



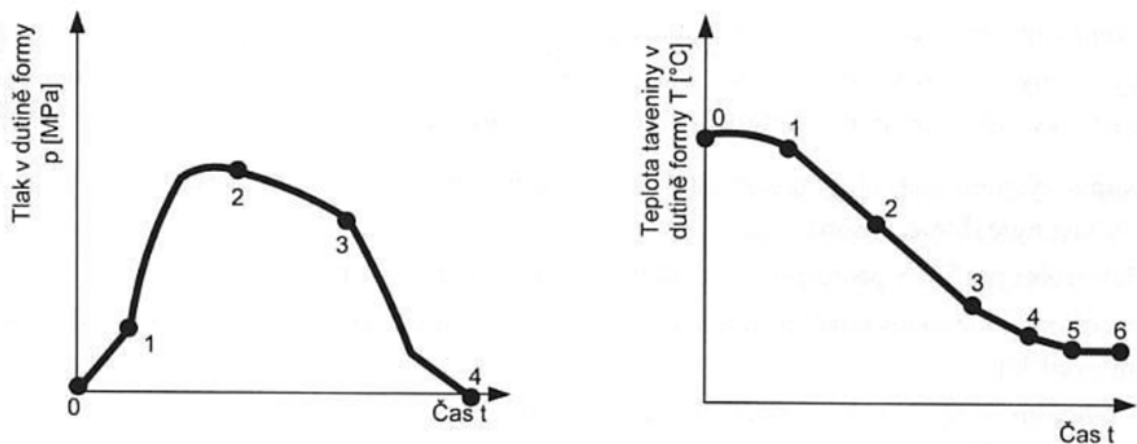
Obr. 1 Vstřikovací cyklus [18]

## 1.2 Průběh tlaku a teploty taveniny ve formě

Během vstřikovacího cyklu se mění tlak i teplota ve vstřikovací formě. Postupným plněním dutiny formy tlak postupně roste a na konci plnění se prudce zvýší komprese. Následuje přepnutí na dotlak, který probíhá při konstantním tlaku. Po dokončení dotlaku tlak pozvolně klesá až na nulovou hodnotu.

Teplota taveniny začne klesat okamžitě po vstříknutí taveniny do dutiny formy vlivem rozdílné teploty desek, temperace, nebo jiným způsobem. Teplota klesá až na teplotu vhodnou pro vyhození výstřiku z formy.

Dotlak částečně eliminuje smrštění a zabraňuje unikání materiálu z dutiny formy. V poslední řadě probíhá chlazení výstřiku. Délka chlazení závisí na rozměrech výrobku, tloušťce stěn, složitosti. [8]



Obr. 2 Průběh tlaku a teploty polymeru ve formě během vstřikovacího cyklu

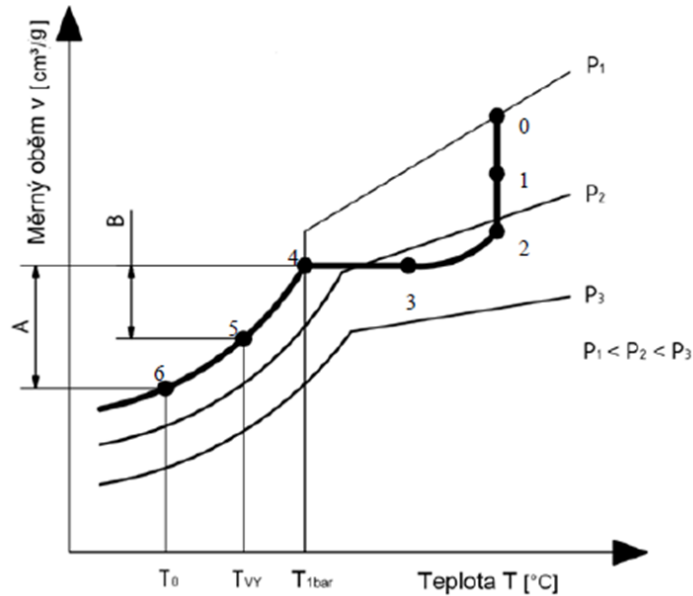
1 – objemové naplnění dutiny formy, 2 – komprese taveniny, 3 – dotlak, 4 – 6 - chlazení [8]

### 1.2.1 pV-T diagram

Průběh tlaku se zakresluje do pV-T diagramu, kde pro daný vstřikovací tlak získá množství taveniny, které se ochladí na určitou teplotu. Díky pV-T diagramu lze optimalizovat vstřikovací proces.

Fáze pV-T diagramu:

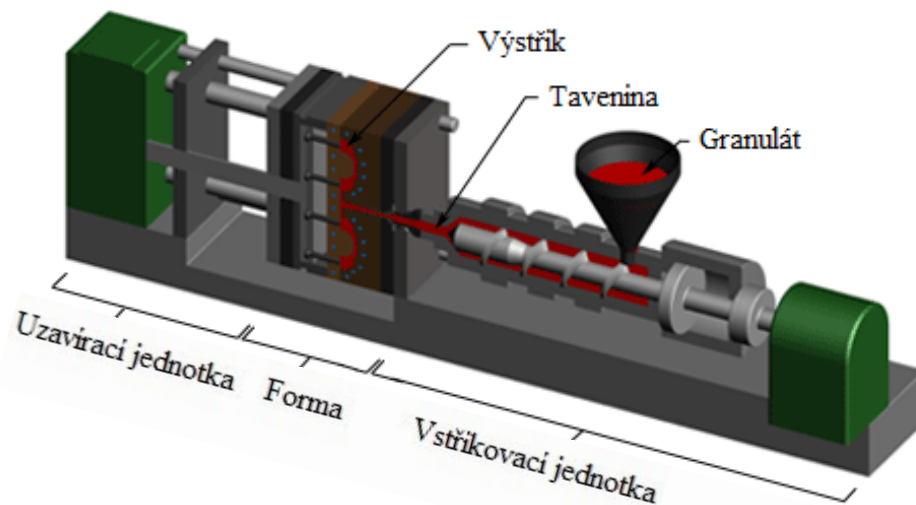
- 0 – 1 plnění objemu formy polymerní taveninou
- 1 – 2 komprese taveniny ve formě
- 2 – 3 dotlak
- 3 – 4 izochorické snižování tlaku
- 4 – 5 chlazení bez tlaku
- 5 – 6 chlazení po vyhození z formy
- $T_0$  – teplota okolí
- $T_{VY}$  – teplota výrobku [8]



Obr. 3 Průběh tlaku v dutině formy v  $p-vT$  diagramu [8]

### 1.3 Vstřikovací stroj

Proces vstřikování probíhá na moderních strojích, ve většině případů plně automaticky, a tím se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena těchto strojů a vstřikovací formy je ale značně vysoká. Vstřikovací stroj se skládá ze vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky a řídicí jednotky. Podle podmínek a náročnosti zákazníka může být vstřikovací stroj vybaven manipulátory, roboty, temperačním zařízením, dávkovacím zařízením, sušárnou, dopravníky pro vyhozené výrobky, atd. [1]

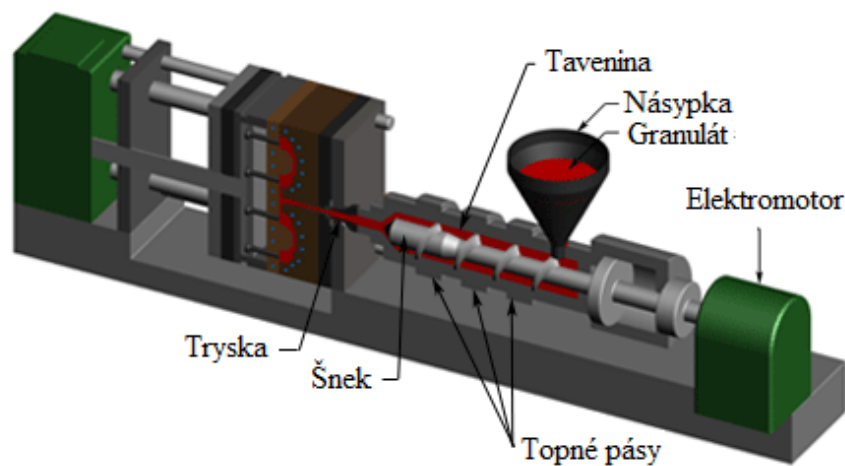


Obr. 4 Vstřikovací stroj [21]



### 1.3.1 Vstřikovací jednotka

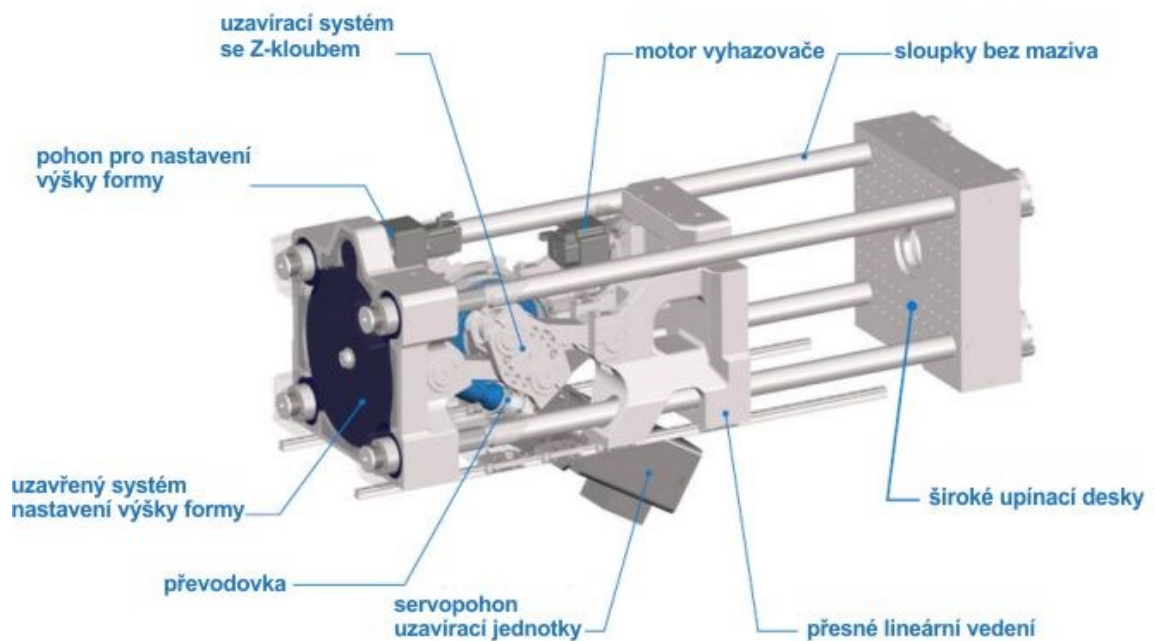
Cílem vstřikovací jednotky je příprava a doprava taveniny s danými parametry do vstřikovací formy. Materiál ve formě granulátu je nejčastěji dopravován pomocí šneku do tavného válce. Granulát je posouván šnekem přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Ve vstupním pásmu se granulát dopravuje, v přechodovém dochází k tavení a ve výstupním k dopravě a k homogenizaci a hromadění před šnekem. Topné pásy jsou dle počtu pásem, tedy tři a dají se regulovat nezávisle na sobě. Část tepelné energie vzniká disipací v materiálu. Komora je zakončena tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. [1,6]



Obr. 5 Vstřikovací jednotka [21]

### 1.3.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka slouží k ovládnání formy, tedy otevírání, zavírání případně vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je závislá na velikosti vstřikovacího tlaku, ploše dutiny formy a vtoků v dělicí rovině. Mezi hlavní části uzavírací jednotky patří opěrná deska, upínací deska, vodící sloupky a uzavírací mechanismus. [1]



Obr. 6 Uzavírací jednotka

### 1.3.3 Ovládací a řídicí jednotka

Jednoduchá obsluha a stupeň řízení je charakteristickým znakem kvality. Reprodukovatelnost technologických parametrů je nezbytným a významným faktorem. Ovládací jednotka by měla být umístěna v takové blízkosti vstříkovací a uzavírací jednotky, aby ji bylo možné sledovat a ovládat. Jednotky mohou být řízeny pomocí tlačítek nebo dotykového displeje. Případná chyba nebo závada by měla jít vyčíst z displeje jednotky stroje [1]

## 2 POLYMERNÍ MATERIÁLY

Polymerní materiály jsou chemické látky obsahující v molekulách atomy uhlíku, dusíku, vodíku ale i kyslíku, chlóru a jiných prvků. Za normální teploty jsou v pevném stavu, jakmile zvýšíme teplotu, přechází do kapalného stavu (taveniny), díky čemuž se může polymerní tavenina tvarovat do námi požadovaného tvaru. Chováním za normální a zvýšené teploty se polymery dělí na plasty a elastomery. [4]

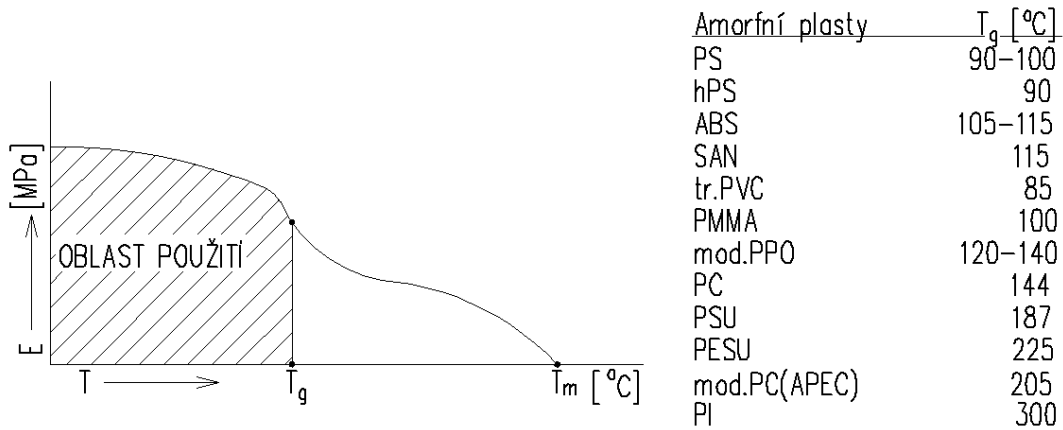
Plasty mohou být za běžných podmínek tvrdé, houževnaté nebo křehké. Zahřátím plastů dochází k tavení. Dochází-li při opakovaném zahřívání k přechodu z plastického do tuhého stavu, nazýváme je termoplasty. Jestliže je změna neopakovatelná, označují se jako reaktoplasty, které tvrdnou působením síťování při působení tepla a tlaku. [4]

Elastomery jsou velice elastickými polymery, které při již malém zatěžování lze značně deformovat. Po odlehčení se většinou těleso vrátí do původního stavu. Největší skupinou elastomerů jsou kaučuky, z kterých se vyrábí pryž. [4]

### 2.1 Termoplasty

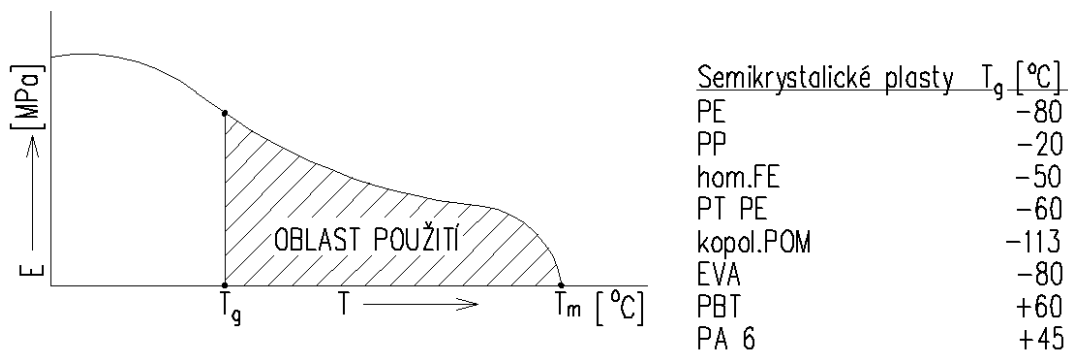
Termoplasty jsou polymerní materiály, které při zahřívání přecházejí do plastického stavu (stav vysoce viskózních neneutonských kapalin), kde se snadno zpracovávají různými technologiemi. Zpět do tuhého stavu přejdou ochlazením pod teplotu tání  $T_m$  (semikrystalické plasty), teplotu viskozního toku  $T_f$  (amorfní plasty). Tím že při zahřívání nedochází ke změnám v chemické struktuře, lze tento proces (měknutí – tuhnutí) opakovat bez jakéhokoli omezení. [7]

Amorfní plasty jsou takové, které mají nahodilé uspořádání molekul. V případě že neobsahují barviva, vyznačují se svou transparentností, křehkostí a dobře rozpustné v rozpouštědlech. Do této skupiny se dá zařadit polystyren, polymethylmetakrylát, polyvinylchlorid nebo nevytvrzené pryskyřice. [4]



Obr. 7 Oblast použití amorfních plastů [18]

Materiály s uspořádáním molekul v daných oblastech pravidelně se nazývají semikrystalické. [4]



Obr. 8 Oblast použití semikrystalických plastů [18]

## 2.2 Volba vhodného termoplastického materiálu

Při návrhu vhodného termoplastu pro danou součást, je třeba brát v potaz podmínky, jakým součástí bude vystavena i celkové využití. Součást musí kromě mechanických i fyzikálních vlastností splňovat vhodný tvar i jakost povrchu. Po zhodnocení daných hledisek konstruktor může stanovit vhodný plast, nebo více podobných materiálů. Pro zvolení materiálu rozhodují méně významné vlivy, jako je například dostupnost materiálu, estetické vlastnosti, atd. Při návrhu výrobku a volbě materiálu je vhodná spolupráce odborníků v daném oboru. [1]

## 2.3 Příprava polymerů před vstřikováním

Před technologickým procesem zpracování plastů je celá řada technologických postupů pro přípravu nebo úpravu plastu na požadované vlastnosti. Mezi tyto technologie patří například přidání různých přísad do plastů, sušení plastů, recyklace plastů, doprava atd. Přípravné technologie mohou ovlivnit vlastnosti plastů, ale také přípravu z hlediska dávkování a dopravy. [11]

### 2.3.1 Sušení granulátu

Sušením granulátu odstraníme navlhavost, která se vyskytuje u polárních a někdy i nepolárních plastů. Je tedy zapotřebí odstranit absorbovanou vlhkost, protože přítomnost vody zhoršuje kvalitu povrchu výrobků, mechanické vlastnosti, zejména u plastů, u kterých voda při zvýšené teplotě způsobuje štěpení makromolekul.

Granulát lze sušit v sušárnách, v peci, pomocí horkého vzduchu, tlakovým sušením, voštinovými kotouči, suchým vzduchem nebo ve vakuu. [9]

### 2.3.2 Zpracovatelské přísady

Jsou to látky přidávané do polymeru za účelem zlepšení jejich vlastností.

- maziva – jsou přísady, díky kterým je zpracování polymeru snadnější, zlepšují vlastnosti výrobku, dělí se na maziva s vnějším nebo s vnitřním účinkem
- změkčovadla – jsou látky, díky kterým jsou polymerní výrobky ohebnější, tvárnější, má menší tuhost, snižuje  $T_g$  a viskozitu
- stabilizátory
- plniva – jsou přísady, díky kterým mají polymerní výrobky větší tuhost, pevnost, rozměrovou stabilitu.
- pigmenty – jsou to práškové barvy a díky tvaru ovlivňují anizotropii
- antidegradanty – jsou přísady, které chrání výrobky před vnějšími vlivy během používání (světelné stabilizátory, antioxidanty, antiozonanty)
- retardéry hoření – jsou přísady, které snižují hořlavost polymerního výrobku [8]

### 3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU

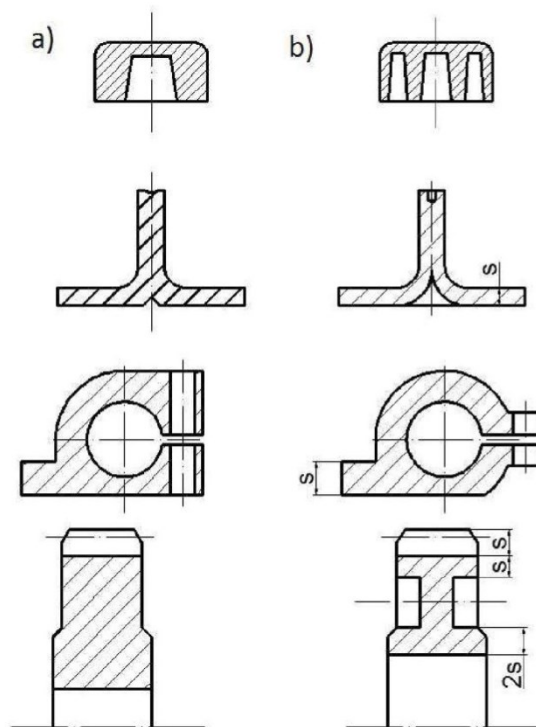
Rozdílnost konstrukce výrobku z plastu je rozdílná od výrobku z kovu. Platí tedy i rozdílné zásady. Konstruktor musí znát technologii zpracování plastu, vlastnosti plastů, jaké negativní jevy mohou nastat u vstřikování při špatné konstrukci. Bez znalostí lze jen těžko dosáhnout optimálních podmínek a vyhnout se problémům. [1]

#### 3.1 Zásady při návrhu výrobku

##### 3.1.1 Tloušťka stěny, případný přechod tloušťky

Při konstrukci výrobku je snahou zachovat rovnoměrnou tloušťku stěn, při přechodu tloušťky je doporučený pozvolný přechod (zamezení tvorby ostrých hran). U míst, které obsahují velké tloušťky se provede vhodné odlehčení, tak aby nedocházelo k propadlinám. [1]

U termoplastů se nejčastěji používají tloušťky stěn 5 – 6 mm. U výrobků obsahující větší tloušťky stěn se používají nadouvadla, technologie s tlakovým plynem (GIT) nebo s tlakovou vodou (WIT) k zamezení tvorbě vtaženin a lunkrů. [3]



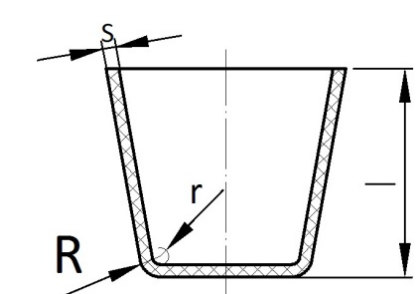
Obr. 9 a) špatná konstrukce vstřiku (tlusté stěny) b) správná konstrukce vstřiku (odlehčení) [1]

### 3.1.2 Zaoblení hran, rohů a koutů

Pro zajištění dobrého toku taveniny se zaoblují hrany, rohy a kouty vstřikovací formy. Omezí se tím tvorba napětí, které v těchto místech vznikalo. Dalším důvodem je snížení opotřebení formy, díky kterému se sníží vstřikovací tlaky. Zaoblením hran, rohů a koutů zvýšíme až o 50% rázovou houževnatost vstřikovaného dílu. [1]

Zajištění snadnějšího vyjímání vstřikovaného dílu z formy ven. Vnější rádius by měl být větší oproti vnitřnímu o tloušťku stěny. [1]

Tab. 1 Zaoblení hran a rohů [1]

Plast	Minimální poloměr			Doporučený poloměr	
	r	R		l	r
Plněné PA, PC	1,5	r + s		>50	1,6
PS, PC, CAB, PMMA, PVC	0,6	r + s		50 – 100	2,5
	–			100 – 150	4
	1			150 – 200	5
PE, PP, CA, PPO, POM, PETP, PA, ABS, SAN	0,5	r + s		200 – 250	6
				250 – 300	8
				300 – 400	12
				400 – 500	20

### 3.1.3 Podkoso a úkosy

Jedná se o sklon stěny výstřiku (o určitém úhlu) kolmo na dělicí rovinu. Výsledkem je zlepšení nebo zhoršení vyjmutí výstřiky z dutiny formy. Dělí se na vnější a vnitřní podle velikosti úhlu. Velikost ovlivňují následující faktory: smrštění, elasticita plastu a povrch stěn formy. Po zhodnocení faktorů se volí velikost. [1]

Podkoso mají negativní vliv jak na konstrukci tak funkci vstřikovací formy, s výjimkou technologických podkosů. [1]

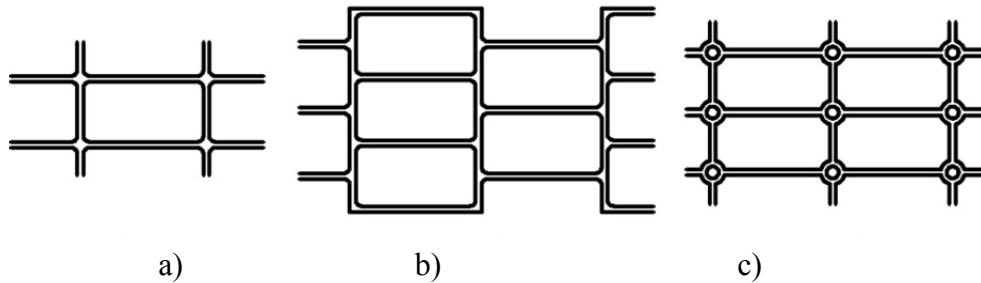
Tab. 2 Doporučená velikost úkosů [1]

Úkos pro	Velikost úkosu
Vnější plochy	30' – 2° (1°)
Vnitřní plochy	30' – 3° (2°)
Otvory do hloubky 2D	30' – 1° (45')
Hluboké otvory	1° – 10°
Žebra, nálitky	1° – 10° (3°)
Výstupky	2° – 10°

### 3.1.4 Konstrukce žebor

Podle daného účinku se žebra dělí do dvou skupin a to na technologická a technická. Technologická žebra se na výrobku používají k zamezení povrchových vad, zhroucení stěn a

pro optimální plnění dutiny formy. Technická žebra slouží ke stálé pevnosti a tuhosti výrobku. V některých případech se žebra použijí pro zlepšení vzhledu výrobku. [1]



Obr. 10 Různé uspořádání žeber

a), c) technologická, b) technická [17]

### Návrh žebrování

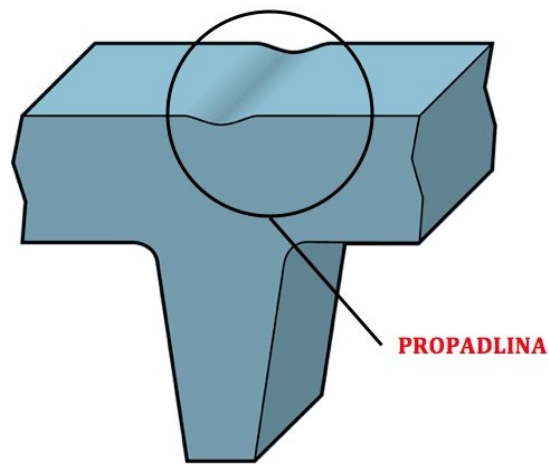
Důležité parametry při správném návrhu žeber na výrobku jsou:

- tloušťka žebra,
- výška žebra,
- umístění,
- počet žeber,
- komplikovanost při výrobě. [11]

Faktorů ovlivňující tloušťku žeber je hodně. U žeber, které mají velkou tloušťku vznikají propadliny na protilehlém povrchu. Na vznik propadlin má také vliv druh materiálu, barva, drsnost povrchu a další technologické parametry.

Tloušťka žeber má také vliv na rychlost chlazení výstřiku a smrštění v oblasti žeber. [11]

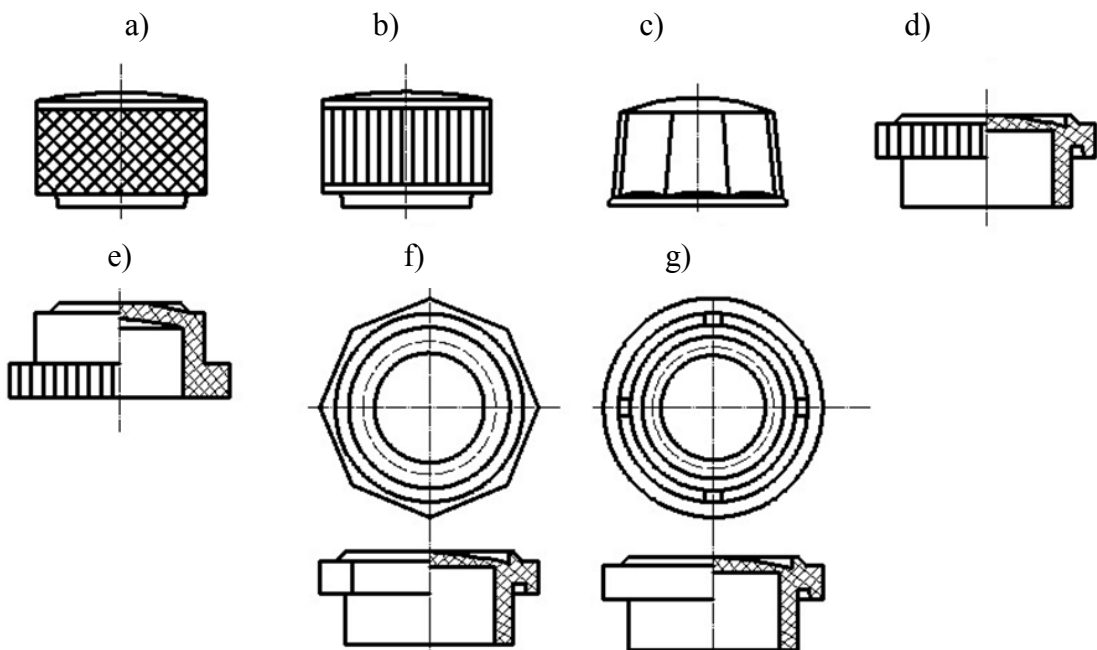




Obr. 11 Vznik propadliny na protilehlé straně žebra

### 3.1.5 Rýhování povrchu

Zdrsnění povrchu se používá u různých držáků, víček lahví nebo ovládacích prvků. Rýhování může být křížové nebo podélné. Použitím podélného nedojde ke vzniku problémům při vyhazování jako je tomu u křížového. [1]



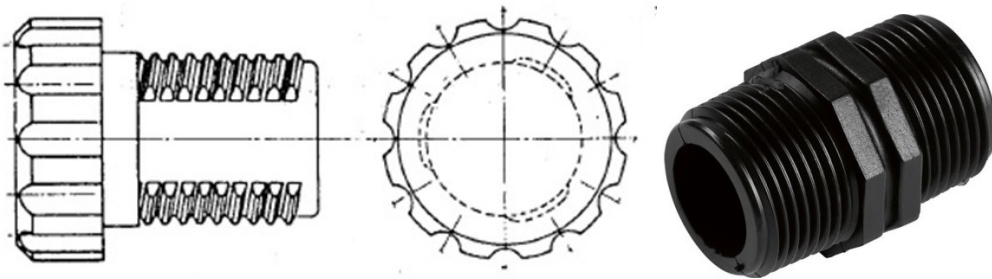
Obr. 12 Jednotlivé druhy rýhování a tvary ovládacích prvků

a) nevhodné, b) – g) vhodné [17]

### 3.1.6 Závity na výrobku

Závity vyráběné vstřikováním mají malou pevnost, a proto se doporučuje vyrábění větších průměrů s větším stoupáním ve tvarech oblého, pilového, trapézového a dalších, které jsou výhodnější na výrobu. Pro snížení výrobních nákladů se doporučuje použít přerušovaného závitu. [1]

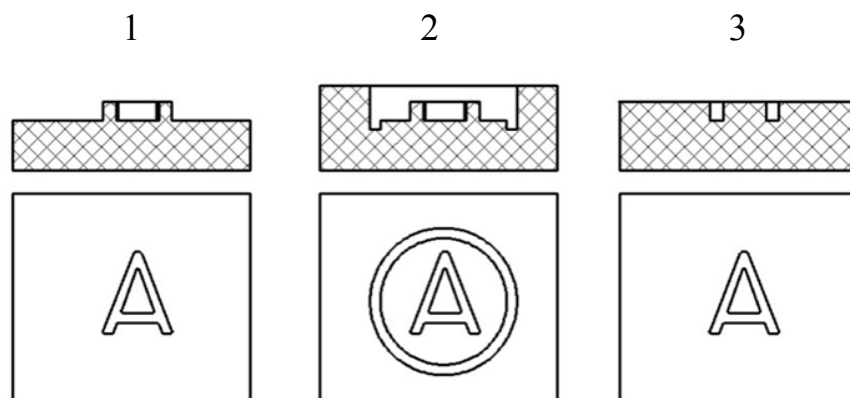
Závity se tvarují dle toho, jestli jde o závity vnější (šroub) nebo vnitřní (matice). Vnějších závitů se dosáhne použitím čelistí, závitového kroužku nebo rozpínacích trnů. U vnějších závitů to jsou závitové trny, závitové kolíky, vytáčení pomocí ozubených hřebenu, pomocí hydromotoru, jádry s pohyblivými segmenty a další. [3]



Obr. 13 Závity na výrobku [17,23]

### 3.1.7 Nápis a značení výrobku

Nápis, nebo různé označování výrobku se zhotovuje přímo na výstřiku při vstřikování. Zhotovení těchto nápisů je několik. Prvním z nich je vystouplý nápis nad povrchem. Z výrobního pohledu je toto nejjednodušší avšak prakticky nevhodné. Dalším způsobem je nápis, který je zapuštěný a tím také složitější výroba. Posledním a také nejvhodnějším způsobem je vystouplý nápis v zahloubení tak, že lícuje s povrchem vstřikovaného dílu. [1]

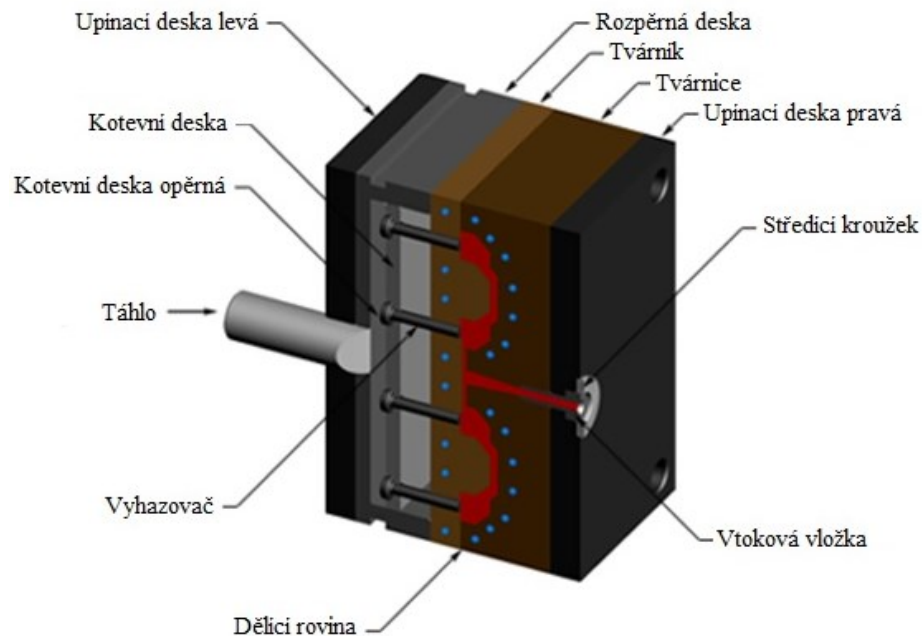


Obr. 14 Druhy použití nápisů [17]

## 4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma představuje komplexní systém splňující hodně požadavků z oblasti vstřikování termoplastů. Základní funkcí vstřikovací formy je doprava roztaveného granulótu daného polymeru do dutiny formy a následné plnění. Dutiny formy odpovídají budoucímu výrobku. Vstřikovací forma by měla být efektivní při odvodu tepla přivedeného do formy taveninou. V další řadě je nutné bezpečné a rychlé vyhození výstřiku z dutiny formy, zajištění těchto tří hlavních funkcí – doprava taveniny polymeru, odvod tepla, odformování – vyžaduje i přítomné vedlejší funkce vstřikovací formy. Vyžaduje se například:

- odolnost proti vysokým silám, které vedou k otevření formy nebo jiným problémům,
- vysokou přesnost funkčních ploch, které dojdou ke styku s taveninou,
- vysoká pevnost a tuhost jednotlivých částí formy,
- správná funkčnost formy, správně zvolený vtokový, vyhazovací, temperační a odvzdušňovací systém,
- životnost jednotlivých částí i celku formy se odvíjí od výroby i materiálu. [11]



Obr. 15 Vstřikovací forma v řezu [21]

## 4.1 Postup při konstrukci vstřikovací formy

Pro návrh vstřikovací formy, by měl mít konstruktér dané podklady, jako jsou, výkres vyráběného výrobku, konstrukční návrh, další doplňující údaje. Postup při konstrukci pak je následující:

- z výkresů zjistit rozměry výrobku, jejich tolerance, změny tloušťky stěn, zjištění ostrých hran a rohů a jejich úpravu kvůli špatnému plnění a velkému pnutí,
- zvolit dělicí roviny výrobku, návrh zaformování s ohledem na funkci a vzhled, vhodné umístění vtoku a vyhazovacího systému,
- návrh a umístění tvarových dutin dle násobnosti formy, výběr vtokového systému (tvary, délky jednotlivých kanálů)
- návrh vyhazovacího a temperačního systému a odvzdušnění formy,
- dle násobnosti, rozmístění dutin, vyhazovacího a temperačního systému lze stanovit velikost jednotlivých desek a celkové velikosti formy,
- dle zvoleného stroje zkontrolovat vstřikovací a uzavírací tlak, parametry formy, hmotnost výstříku.

Konstruktér vstřikovací formy samotným návrhem musí směřovat k jednoduchosti a snadné výrobě. Je vhodná konzultace s objednavatelem nebo s jinými zkušenými konstruktéry na návrhu formy. V případě externího zákazníka je potřeba vše konzultovat a zasílat ke schválení. [1]

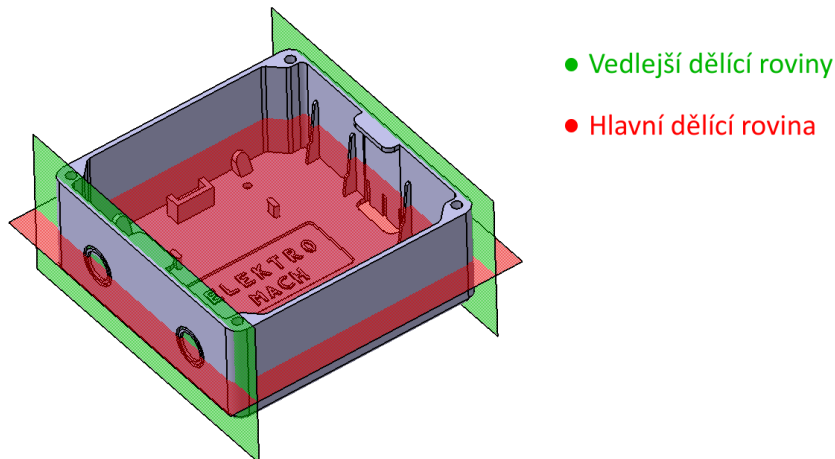
## 4.2 Zaformování výstříku

Mezi hlavní zákonitosti konstrukce vstřikovací formy patří správné zaformování výstříku a vhodné umístění dělicí roviny. Tím se dodrží správný tvar a rozměry výstříku, ale i ekonomiku výroby.

Ve většině případů bývá hlavní dělicí rovina rovnoběžná s upínáním formy, ale může být šikmá nebo různě tvarovaná. Vznikne-li nepřesnost v dělicí rovině, způsobí neúplné zavření formy během plnění. To má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výstříku ve směru uzavírání formy. Pro zamezení těchto negativních jevů musí pro dělicí rovinu platit:

- jednoduché vyjímání výstříku z dutiny formy,
- pravidelný (symetrický) geometrický tvar, snadný na výrobu,
- aby procházela hranou na výstříku,

- aby stopa po dělicí rovině nebyla příčinou vzniku funkčních nebo vzhledových vad,
- použití co nejmenšího počtu dělicích rovin v případě začlenění více jak dvou dělicích rovin. [1]



Obr. 16 Návrh hlavní a vedlejší dělicí roviny

### 4.3 Smrštění výstřiku

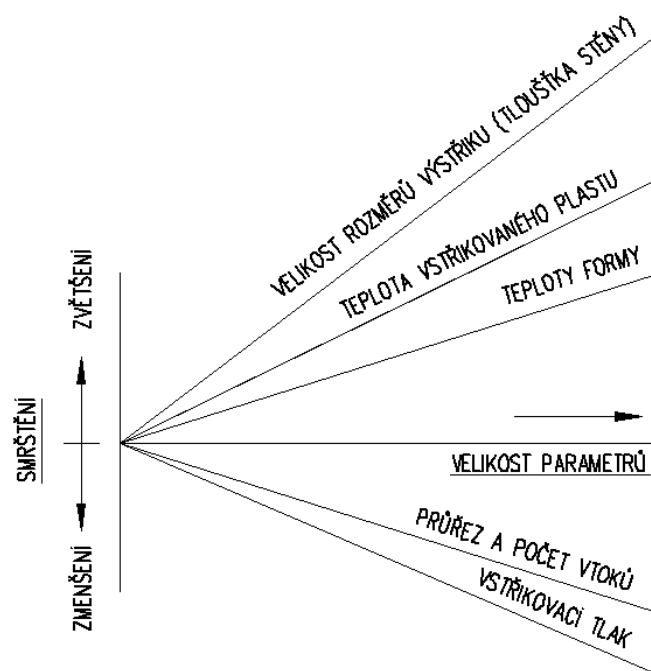
Je to rozdíl rozměru dutiny formy a rozměrem skutečného výrobku, který vzniká chlazením výrobku bez působení dotlaku. Tento rozdíl je udáván v %. Dělí se na výrobní smrštění a dodatečné. Výrobní smrštění představuje smrštění měřené 24 hodin po vyrobení (dosahovat může hodnoty až 90% z celkové hodnoty). Smrštění probíhá i po uplynutí 24 hodin a to díky relaxaci napětí nebo sekundární krystalizaci u semikrystalických plastů. Tyto změny se nazývají dodatečné smrštění. [1]

Velikost smrštění je ovlivněna nejenom technologickými parametry, ale také vlastnostmi polymeru, umístění vtoku, teplotou chlazení a konstrukce dílu (tloušťka stěny). Provedené změny rozměrů u vstřikovaného dílu jsou závislé na teplotě a tlaku, kterým je výstřik vystaven, a na čase působení těchto jevů. Platí tedy, se zvětšující se teplotou, roste hodnota smrštění a se zvětšujícím se tlakem, klesá hodnota smrštění. [1,11]

U jednotlivých druhů materiálů hraje významnou roli nadmolekulární struktura, schopnost uspořádanosti struktury. Amorfní termoplasty mají smrštění malé, oproti semikrystalickým u kterých je smrštění daleko větší. Na velikost smrštění mají také vliv přísady, a to jak množství, druh tak typ. Čím více přísad, tím bude menší narůstání, protože bude menší objem materiálu a tedy objem u kterého k narůstání dochází. [1,11]

Tab. 3 Velikost smrštění pro vybrané materiály [11]

Termoplast	Smrštění [%]	Termoplast	Smrštění [%]
LDPE	1,5 – 3,0	PA6	1,0 – 2,5
HDPE	2,0 – 4,0	PA66	1,0 – 2,0
PP	1,5 – 2,0	POM	1,0 – 3,2
PS	0,2 – 0,5	PC	0,6 – 0,8
ABS	0,4 – 0,7	PBT	1,7 – 2,3
PVC	0,2 – 0,6	PMMA	0,3 – 0,8



Obr. 17 Závislost velikosti smrštění na důležitých činitelích [1]

#### 4.4 Vtokové systémy

Vtokový systém vstřikovací formy slouží k dopravě homogenní taveniny, která je přivedena z plastikační jednotky tryskou do dutiny vstřikovací formy. Zaplnění dutiny formy, by mělo proběhnout v co nejkratším čase, s minimálním odporem a byla umožněna maximální doba působení dotlaku, k vyrovnání objemové kontrakce.

Vtokové systémy se dělí dle použití na:

- studené vtokové systémy,
- horké vtokové systémy. [1]

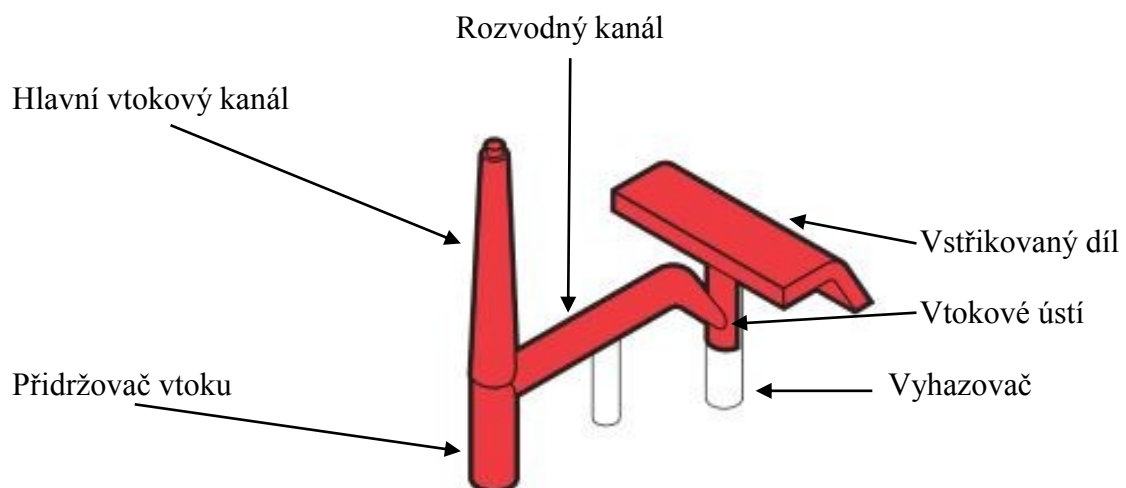
#### 4.4.1 Studené vtokové systémy

Princípem studeného vtokového systému je doprava taveniny do tvarové dutiny formy. Po vstříknutí taveniny vysokou rychlostí do studeného vtokového systému, dojde k ochlazení a následnému tuhnutí materiálu na stěnách (viskozita prudce roste, nejnižší je uprostřed kanálu). Tím se vytvoří „isolační vrstva“ a tavenina proudí středem kanálu, tedy cestou nejmenšího odporu, kde má největší teplotu. Při tomto stavu se zaplní celá dutina formy, po celkovém naplnění, vzroste odpor a průtok klesne. Dojde k postupnému tuhnutí taveniny, která odvádí teplo do stěn formy. Rozdíly u celkového uspořádání SVS jsou především konstrukce formy a její násobnost. Dutiny u vícenásobné formy se musí plnit současně při stejném tlaku, tím pádem musíme vyvážit vtokové kanály, aby toto platilo.

Při správném řešení vtokového systému musí platit aby:

- dráha toku taveniny byla co nejkratší z co nejmenšími tlakovými a časovými ztrátami,
- dráha toku taveniny byla pro všechny dutiny stejně dlouhá a zajistilo se rovnovážné plnění.

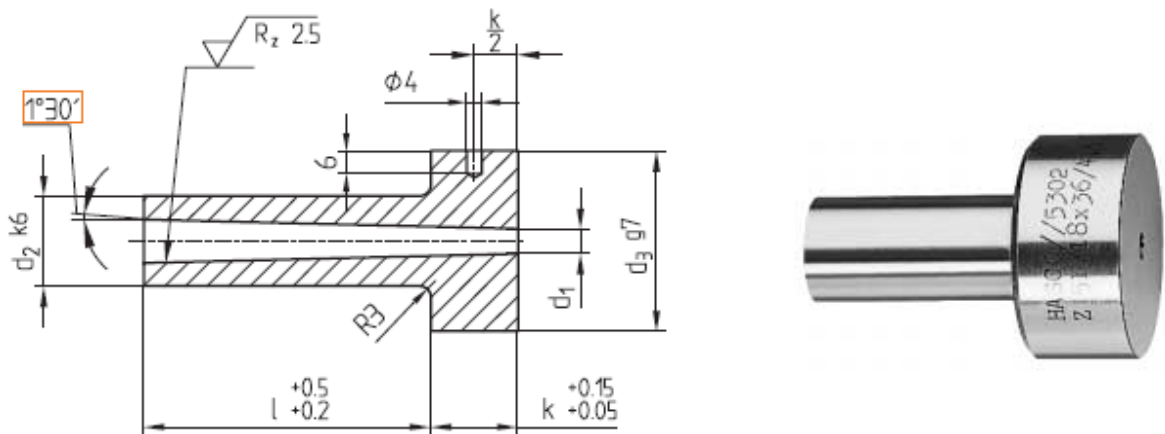
Při plnění dutiny jedním vtokem zamezíme tvorbu studených míst, které jsou negativním jevem. K tomuto jevu dochází při rozdělení proudu taveniny překážkou, (je ochlazen) a u následného setkání taveniny již nedojde ke kvalitnímu spojení. [1,15]



Obr. 18 Schéma studeného vtoku [12]

### Vtokový kanál

Hlavní vtokový kanál, na který doléhá tryska vstřikovacího stroje, se nejčastěji konstruuje jako kuželový vtokový kanál, vytvořený ve vtokové vložce. Ústí do rozváděcího kanálu nebo přímo do dutiny formy. Vtoková část je minimálně o 0,5 – 1 mm větší, než průměr trysky vstřikovacího stroje. Díky velkému tepelnému a mechanickému namáhání vtokové vložky se volí pevná, houževnatá, otěruvzdorná ocel (19 435, 19 581, 19 572). [1]

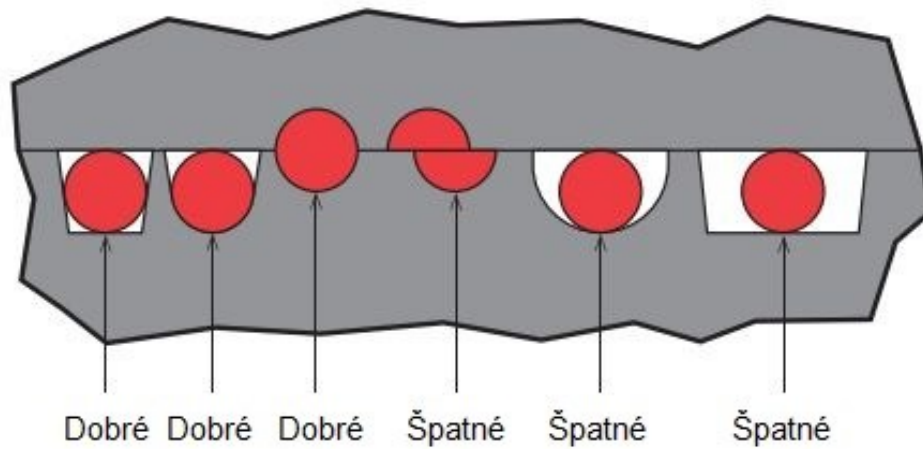


Obr. 19 Vtoková vložka HASCO Z51 [16]

### Rozvodný kanál

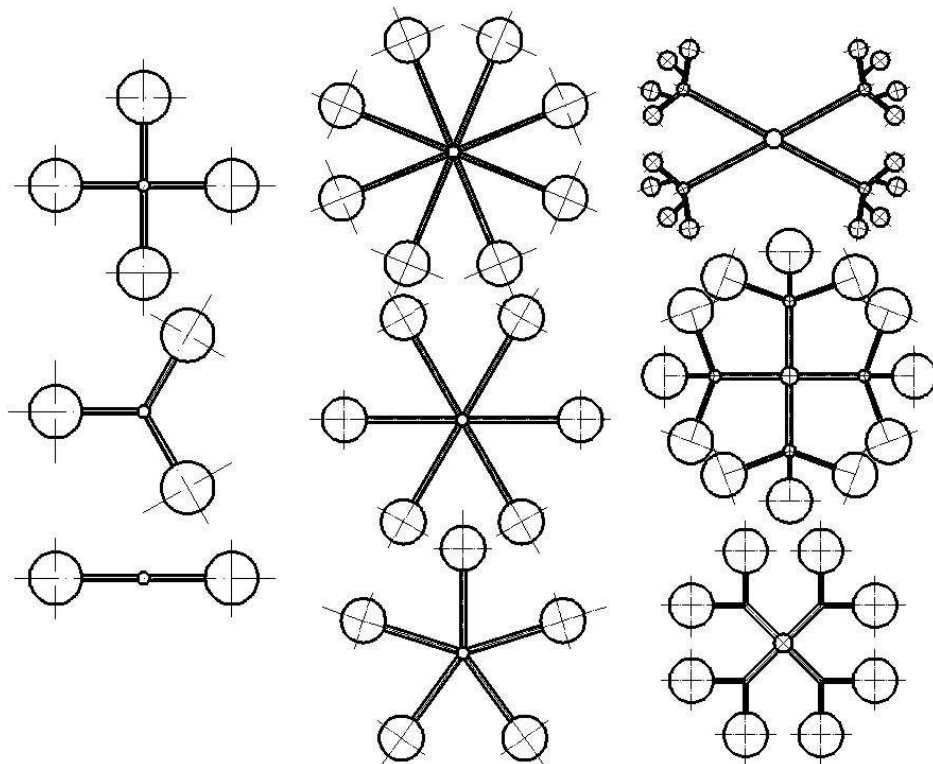
Rozvodný kanál slouží k dopravě taveniny z hlavního vtokového kanálu k samotnému vtokovému ústí. Po hlavním vtokovém kanálu tavenina vstupuje do rozvodného kanálu. Velikost tohoto kanálu závisí na velikosti (hmotnosti) vstřikovaného dílu. Určuje se pomocí Moldflow analýzy nebo z empirických vztahů. Samotná délka a počet rozvodných kanálů se odvíjí od typu a násobnosti vstřikovací formy. Průměr rozvodného kanálu pro krystalické polymery je větší než pro amorfnní polymery. Jako u hlavního vtokového kanálu i zde je potřeba dbát na maximální objem při minimálním povrchu pro minimalizaci tepelných ztrát, dále na dostatečně veliký kanál pro ideální plnění rozvodného kanálu, ale zároveň, aby kanál neměl velký odpad. [1,20]





Obr. 20 Příklady průřezů rozvodného kanálu [12]

Rozvodné kanály musí být navrženy tak, aby zatečení taveniny do všech dutin proběhlo ve stejný okamžik. Nejlepším způsobem je, aby kanály byly symetrické k toku taveniny. [15]



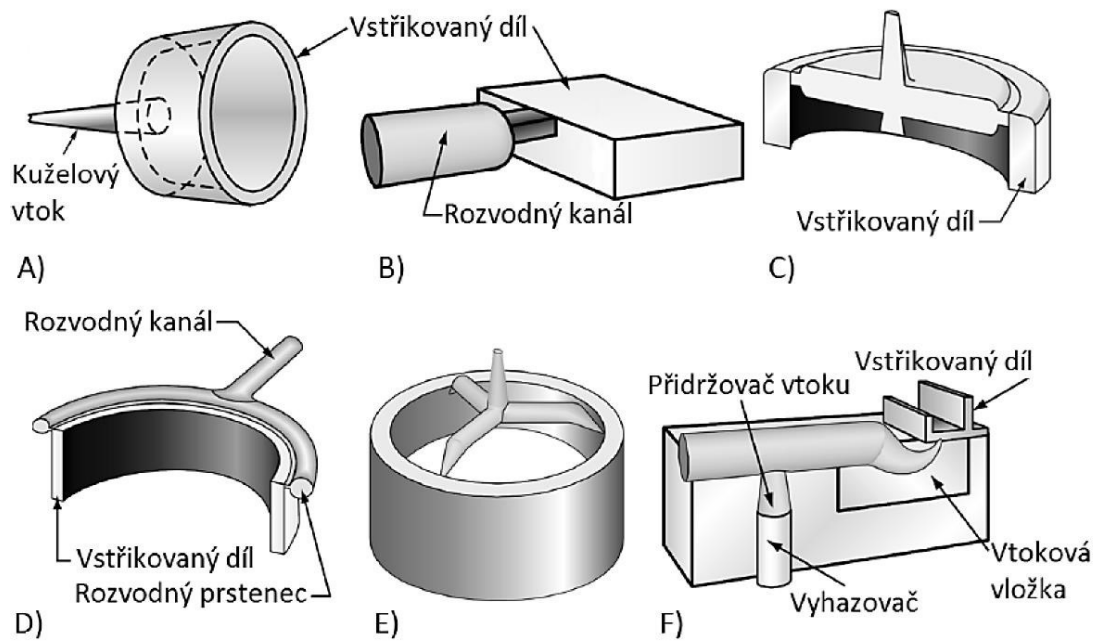
Obr. 21 Příklady rozvodných kanálů u vícenásobných forem [14]

### Vtokové ústí

Vtokové ústí se nachází za rozvodným kanálem a je vytvořeno jejím zúžením. Pouze ve výjimečných případech nastává nezúžení vtoku (pro potlačení propadlin). Zúžením dosáhneme vyšší teploty taveniny před vstupem do dutiny formy, omezí se strhávání chladných obvodových vrstev vtoku a tím vytváření povrchových defektů. [1]

Snížením defektů vyskytujících se na výstřiku je třeba dodržovat tyto zásady:

- umístěním vtokového ústí do nejtlustšího místa (stěny) výstřiku – tavenina by měla téci z velkého do malého prostoru výstřiku,
- umístěním vtokového ústí do geometrického středu dutiny – aby tečení bylo rovnoměrné,
- vtokové ústí by mělo být vodorovně s umístěnými žebry (pro lepší zatečení materiálu),
- možnost úniku vzduchu z dutiny – eliminace bublin a dalších vad,
- zajištění vzniku studených spojů mimo pohledové a mechanicky namáhané plochy,
- zamezení volného toku taveniny, které způsobuje turbulentní proudění při plnění dutiny formy,
- zajistit co nejkratší dráhu taveniny. [15]



Obr. 22 Druhy vtokových ústí

*A – plný kuželový vtok, B – obdélníkový vtok, C – filmový – talířový vtok, D – filmový vtok, E – tunelový vtok, F – srpkovitý vtok s přídržovačem [14]*

### Výhody SVS:

- levné, jednoduchá konstrukce formy,
- komponenty (vtoková vložka) je normalizovaný díl,
- žádné energetické připojení,
- jednoduchá konstrukce vícenásobné formy.

### Nevýhody SVS:

- velká spotřeba plastu (granulátu) – vtokový zbytek,
- nutné zajištění oddělení zbytků vtokového systému od výstřiku,
- nutné přidržení vtokového zbytku po otevření formy (musí zůstat na pohyblivé straně), následné vyhození vtokového zbytku. [15]

#### 4.4.2 Horké vtokové systémy

Horké vtokové systémy se skládají z vyhřívané trysky a rozvodného bloku. Snahou je úspora materiálu, energie a práce. V dnešní době je velký výběr VVS (různá konstrukce, druh použití) a nakupují se od specializovaných výrobců. Doporučuje se před použitím daného systému konzultace s technikem a výběr výrobce, který je zastoupen v ČR. [2,20]

##### **Rozvodný blok**

Rozvodný blok se používá u vícenásobných forem. Slouží k dopravě taveniny do jednotlivých vyhřívaných trysek a následně do dutin formy. Tvar, uspořádání a velikost bloku se odvíjí od velikosti, násobnosti a tvaru vyráběného dílu. Vyrábí se ve tvarech H, I, X, hvězdice atd. Způsob vyhřívání u bloků je řešený odporovými vodiči umístěnými v drážkách na povrchu bloku. Jako izolace mezi rozvodným blokem a deskami formy je vzduchová mezera (zabraňuje k přenosu tepla mezi jednotlivými komponenty). [1]

Otvory, kterými proudí tavenina, by neměly obsahovat ostré hrany, přechody, kvůli kterým by mohly vzniknout mrtvá místa.

Pro správné umístění a nehybnost rozvodného bloku proti pootočení slouží pera a přítlačné kroužky, které zvyšují tuhost vstřikovací formy. [15]



Obr. 23 Jednotlivé druhy rozvodných bloků [16]

##### **Vyhřívané trysky**

Vyhřívaná tryska bývá propojená s vstřikovacím strojem a s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska může obsahovat regulovatelný topný článek nebo je ohřívána okolními topnými pásy. Docílí ke zlepšení technologických podmínek vstřikování. Vyhřívané trysky se dělí do dvou skupin:

- Nepřímo vyhřívané trysky:
  - dotápěná tryska s vlastním zdrojem,
  - dotápěné trysky rozvodným blokem.
- Přímou vyhřívané trysky:
  - s vnějším vytápěním,
  - s vnitřním vytápěním. [1,20]



*Obr. 24 Jednotlivé druhy vyhřívaných trysek [16]*

#### **Výhody VVS:**

- krátký výrobní cyklus,
- metoda bez vtokových kanálů,
- vynecháním vtokových kanálů se sníží odpad a klesají náklady na dokončovací práce,
- snížení doby vstřikování a možnost automatizace výroby,
- tlakové ztráty jsou sniženy,
- jednoduchá výměna poškozeného vtoku za nový,
- postupné otevírání trysek – polohu studených spojů lze ovládat.

#### **Nevýhody VVS:**

- vysoká pořizovací cena, větší nároky na obsluhu,
- konstrukčně složitější montáž,
- vyšší provozní náklady,
- poloha vtoku se dodatečně špatně mění ve srovnání se SVS,
- materiály s vysokou teplotní citlivostí nelze použít. [15]

## 4.5 Vyhazovací systémy

Vyhazovací systém vstřikovací formy slouží k tomu, aby se z dutiny formy nebo z tvárníku otevřené vstřikovací formy vysunul nebo vytlačil zhotovený výstřík. Díky vyhazovacímu systému se výrobní cyklus stal automatickým. Vyhazování má dvě fáze, a to dopředný pohyb, při kterém se vyhodí výstřík mimo formu a zpětný pohyb, který slouží pro návrat vyhazovacího systému do původní polohy. [2]

Aby došlo k dobrému vyhození výstříku, je nutné zajistit hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Vyhazovací systém výstřík vysune z formy rovnoměrně, aby nedošlo k poškození výstříku a tím ke vzniku trvalých deformací nebo k jinému poškození. Umístění, tvar a rozložení vyhazovačů určí konstruktér. [2]

Po vyhazovacích kolících zůstanou na výstříku patrné stopy. Většinou se vyhazovače umísťují tam, kde nezáleží na vzhledu. Jestliže takové místo není, změní se způsob vyhazování, a s ním i kompletní koncepce formy, do které patří zaformování výstříku. Při použití studeného vtokového systému se s výstříkem vyhazuje i vtokový zbytek, který se může záměrně oddělit od výstříků. [2]

Každý vyhazovací systém při vyhození výstříku mimo vstřikovací formu vyvine určitou vyhazovací sílu. Potřebná velikost vyhazovací síly závisí na:

- velikosti smrštění výstříku ve formě,
- členitost výstříku a jakosti povrchu funkčních ploch tvárníku (dutiny) formy,
- technologických podmínkách vstřikování (teplotě plastu a formy, tlaku, době chlazení),
- pružných deformacích formy.[2]

### 4.5.1 Mechanické vyhazování

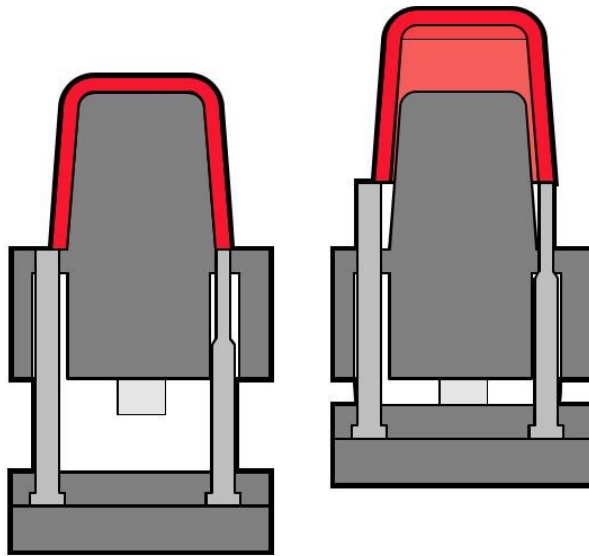
Mechanické vyhazování je nejrozšířenějším systémem vyhazování. Do mechanického vyhazování spadá hned několik druhů vyhazování, a to pomocí:

- vyhazovacích kolíků,
- stírací desky nebo trubkových vyhazovačů,
- šikmých vyhazovačů,
- postupného vyhazování. [2]

### Vyhazovací kolíky

Jsou nejpoužívanějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiků. Používá se tam, kde je možné umístit vyhazovací kolíky proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Pro vyhození výstřiku bez poškození je důležitá správná volba tvaru, velikosti vyhazovacího kolíku i jeho vhodného umístění ve formě. [2]

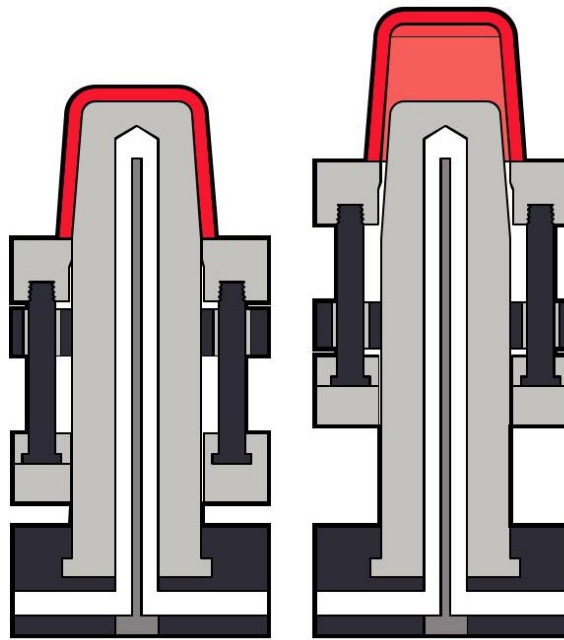
Vyhazovací kolíky patří mezi základní mechanické prvky vyhazování. Měly by být dostatečně tuhé a snadno obrobitelné. Podle požadované tekutosti plastu se volí jejich uložení v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6. Samotné vůle mezi vyhazovacím kolíkem a deskou formy slouží jako odvzdušnění. [2]



Obr. 25 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků [12]

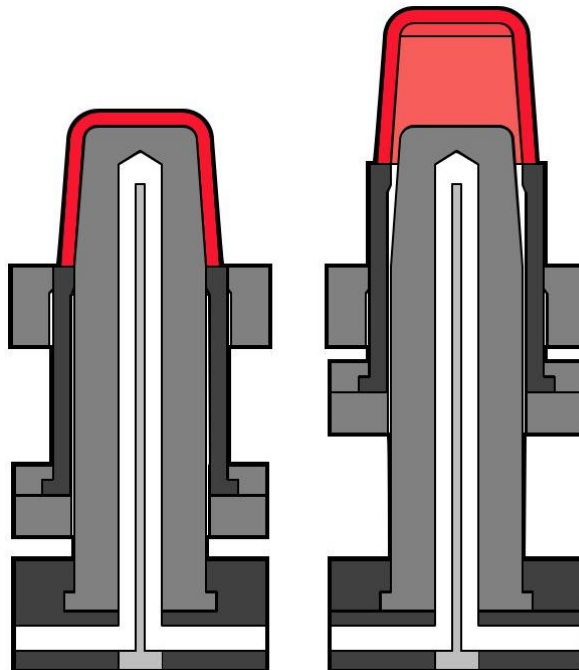
### Stírací deska, trubkové vyhazovače

Tenhle způsob vyhození výstřiku ze vstřikovací formy je celým jeho obvodem. Díky velké ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhození (oproti vyhazovacím kolíkům). Jeho deformace jsou minimální a stírací síla je velká. Používá se u tenkostěnných výstřiků, kde může dojít k deformaci nebo u výstřiků u kterých je potřeba velké vyhazovací síly. Pohyb stírací desky může být dle účelu a koncepce formy vyvozen tlakem vyhazovacího systému nebo tahem a to ve speciálních případech (obvykle při rozevírání formy jeho pevnou deskou). Abychom zajistili delší živostnost stírací desky vyloží se tepelně zpracovanou tvarovou vložkou, upevněnou v desce. [2]



Obr. 26 Vyhazování pomocí stírací desky [12]

Trubkový vyhazovač je speciálním případem stírání tlakem. Tenhle vyhazovač má stejnou funkci jako stírací deska a při tom pracuje jako vyhazovací kolík. Oproti kolíku, který je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro. [2]

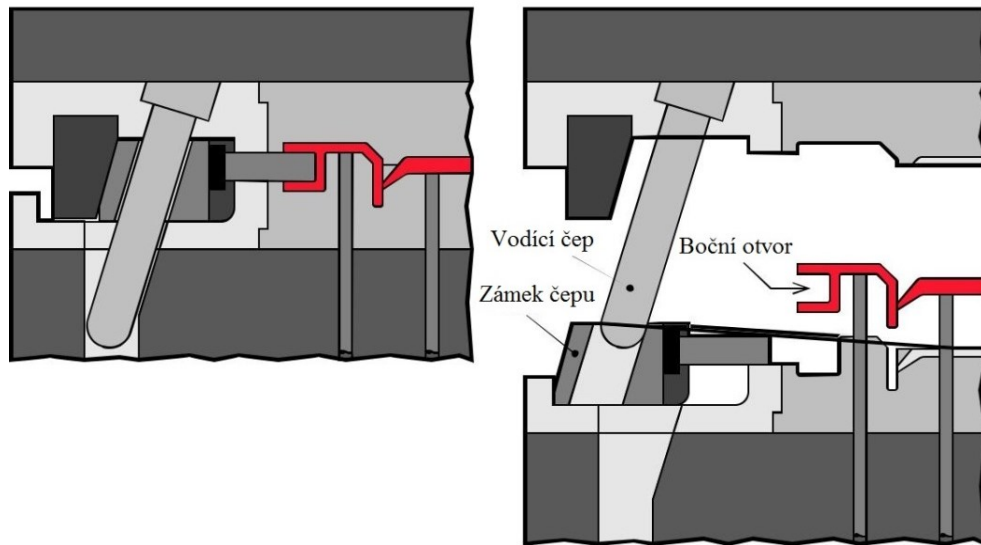


Obr. 27 Vyhazování pomocí trubkového vyhazovače [12]



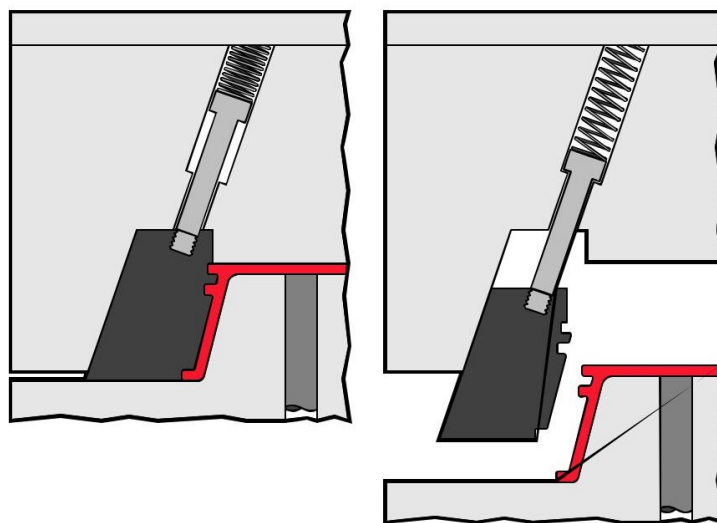
### Šikmé vyhazovače

Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů patří mezi speciální formu mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky se vyznačují tím, že nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou vloženy pod daným úhlem. Jejich využití je pro malé a středně velké výstřiky s vnitřním nebo vnějším zápichem. Díky těmto kolíkům se nám odstraní složité posuvné čelisti s klínovým mechanismem. [2]



Obr. 28 Šikmé vyhazovače [12]

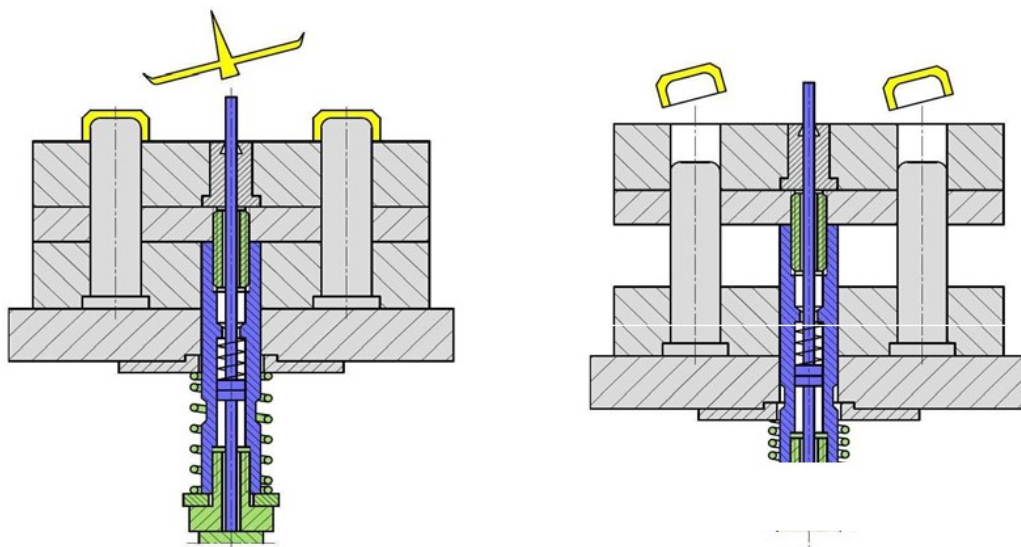
Jestliže má výstřik zápich, vyhazovač šikmým pohybem uvolní část výstřiku při současném vyhození. Vytvoření zápichu může být tvořeno přímo na vyhazovači nebo pomocí šikmo uložených kolíků (stejná funkce). [2]



Obr. 29 Šikmé vyhazovače řízené pružinou [12]

### Postupné vyhazování

Postupné vyhazování neboli dvoustupňové vyhazování patří do skupiny mechanického vyhazování. Tento způsob vyhazování vyžaduje dva různé vyhazovací systémy, které slouží k vyhození výstřiků s rozdílnými časy a velikostí zdvihu. Používá se kombinace stírání a vyhazovacích kolíků pro slabostěnné výstřiky, výstřiky se zápichem nebo oddělení vtokového zbytku od výstřiků. V prvním kroku se odstříhne vtokové ústí a po zvoleném intervalu se vyhodí výstřik. [2]

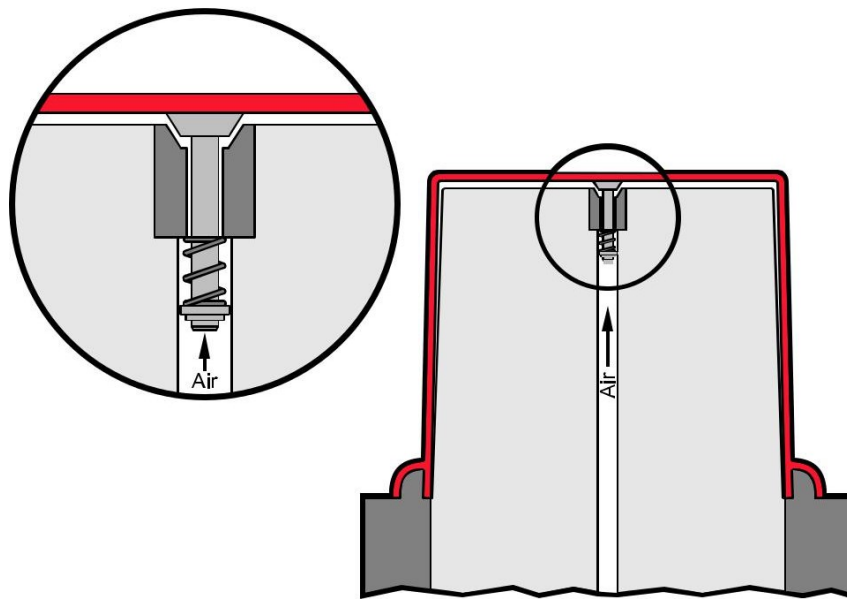


Obr. 30 Postupné vyhazování [15]

#### 4.5.2 Pneumatické vyhazování

Pneumatický systém se nejvíce používá pro tenkostěnné výstřiky velkých rozměrů ve tvaru nádob, které se musí při vyhazování odzdušnit, aby se nedoformovaly. U pneumatického vyhazování se stlačený vzduch přivádí mezi výstřik a líc formy. Díky tomu se oddělí výstřik od tvárníku a nevzniknou stopy po vyhazovačích a vyloučí se tím místní přetížení. Tento způsob se využívá jen v některých případech vstřikování.

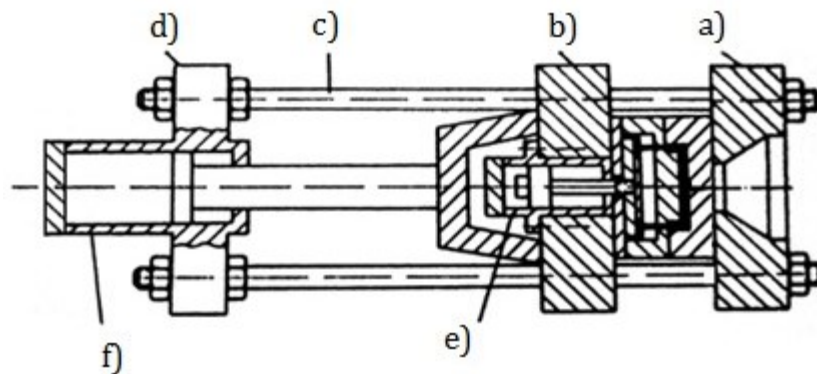
Vzduch do formy se přivádí přes ventily (talířové, jehlové) anebo přes zavzdušňovací kolíky, které se otevírají pomocí tlaku a zavírají pružinou. U automatických forem se musí zvolit dva nezávislé systémy, aby výstřik byl bez problému vyhozen z formy. Používá se kombinace s mechanickým vyhazováním. [10]



Obr. 31 Vzduchové vyhazování [12]

#### 4.5.3 Hydraulické vyhazování

Hydraulický systém se většinou používá k ovládní mechanických vyhazovačů. Samotný hydraulický systém se ve formě objevuje méně a více se používá k ovládní bočních čelistí. Vyrábí se jako uzavřená hydraulická jednotka, která bývá vložena do předem připraveného místa ve formě. Díky ní se ovládá stírací deska, vyhazovací kolíky atd. Výhodou hydraulického vyhazování je velká vyhazovací síla, nevýhodou je poté kratší a pomalejší zdvih. [2]



Obr. 32 Hydraulická uzavírací jednotka

- a) pevná část formy, b) pohyblivá část formy, c) vodící tyče, d) rám stroje, e) hydraulický vyhazovač, f) hydraulický válec pro ovládní pohyblivé části

## 4.6 Temperace formy

Temperační systém slouží k udržování konstantní teploty formy a to ochlazováním nebo vyhříváním části nebo celé formy. Po vstříknutí roztaveného polymeru do dutiny formy se ihned začíná ochlazovat okolím to až na teplotu vhodnou pro vyhození výstřiku z formy. Způsob uspořádání a dimenzování má vliv na vlastnosti výstřiku, jeho deformace a dobu cyklů. Neexistují teoretické ani konstrukční podklady pro optimální návrh temperace plastových dílů různých tvarů a materiálu. Vychází se ze zkušeností konstruktéra, který navrhuje daný systém. V potaz se musí brát ostatní funkční prvky formy. V dnešní době již můžeme kontrolovat nebo optimalizovat temperační systém pomocí simulačních programů (Moldflow Synergy, Cadmould). [3]

Pro správnost temperačního systému by měly platit následující kritéria:

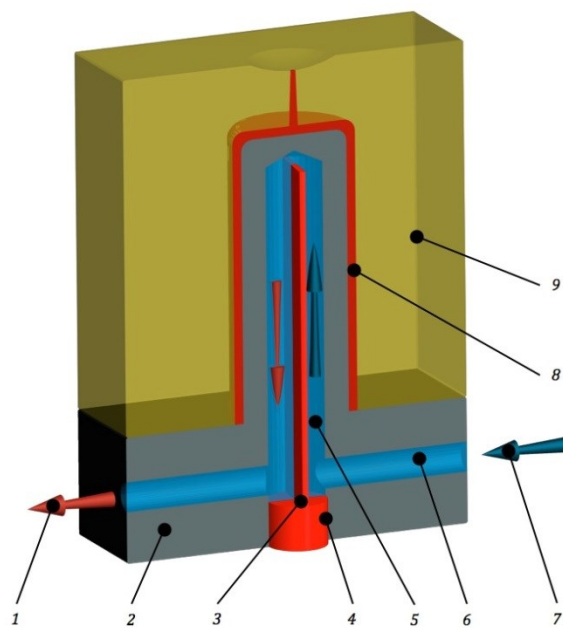
- teplotní spád pro dosažení stejné teploty u tvarových částí formy bývá v rozmezí 3 – 5 °C,
- proudění v kanálu by mělo být turbulentní ( $Re \gg 2300$ ), geometrie kanálu ovlivňuje turbulenci.

### Přepážkový systém

Tenhle způsob temperace vstřikovací formy umožňuje přívod temperačního média do míst, které jsou pro klasické temperační kanály nedosažitelná. Důvodem je složitá vyrobiteľnosť tvaru temperačního kanálu. Podle typu přepážky existují tři základní druhy těchto systémů:

- ploché přepážky,
- spirálové přepážky,
- systém fontánek.

Na níže uvedeném obrázku *Obr. 33* lze vidět, že kanál přepážky je kolmý na hlavní temperační kanál. Kanál tvoří plochá přepážka, která rozděluje kanál na dvě části. Nevýhodou této metody je přesné umístění přepážky, z důvodu tvorby rozdílné distribuce tepla, zvětšující se teplotou temperačního média směrem od vstupu k výstupu. Výhodou ale je jeho jednoduchost, která zanedbává zmíněné nevýhody. Ukotvení přepážky může být řešeno pomocí závitů na úložné ploše a vložen do předem obrobeného závitového otvoru příslušného dílu vstřikovací formy. Dalším řešením může být použití těsnících kroužků („O“ kroužku). [11]

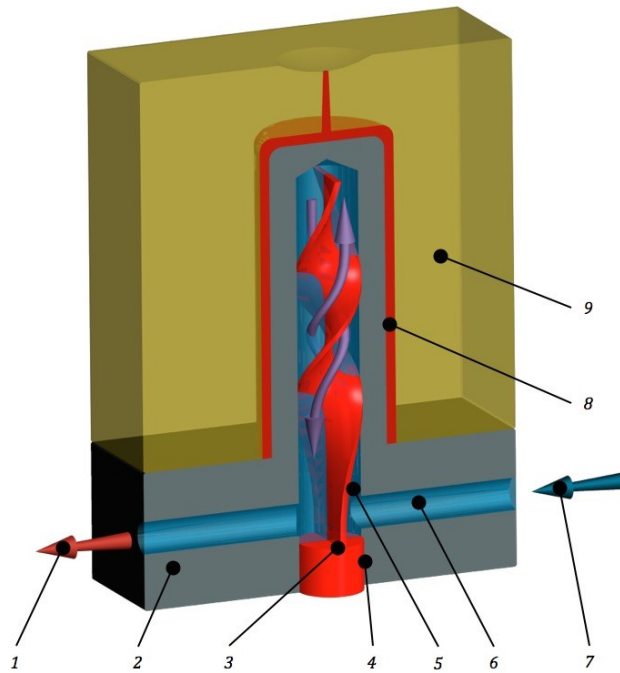


*Obr. 33 Schéma ploché přepážky*

*1 – výstup temperačního média, 2 – těleso pohyblivé části formy, 3 – plochá přepážka, 4 – úložná plocha přímé přepážky, 5 – vedlejší temperační kanál, 6 – hlavní temperační kanál.*

*7 – vstup temperačního média, 8 – vstřikovaný díl, 9 – těleso pevné část formy [11]*

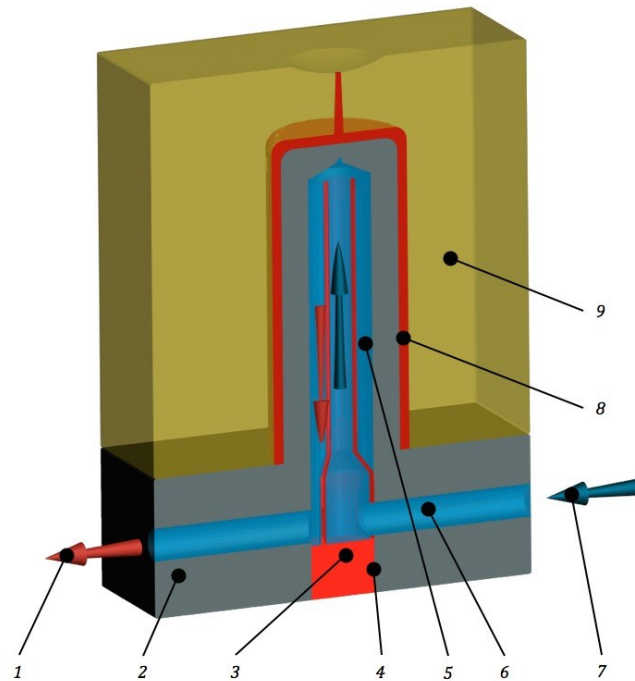
Dalším systémem je spirálový, který pracuje na stejném principu jako systém ploché přepážky. Změna je pouze ve tvaru přepážky a to na spirálu. Oproti systému ploché přepážky zde lze dosáhnout rovnoměrné (homogenní) teplotní pole. [11]



Obr. 34 Schéma spirálové přepážky

1 – výstup temperačního média, 2 – těleso pohyblivé části formy, 3 – spirálová přepážka, 4 – úložná plocha přímé přepážky, 5 – vedlejší temperační kanál, 6 – hlavní temperační kanál, 7 – vstup temperačního média, 8 – vstřikovaný díl, 9 – těleso pevné část formy [11]

Posledním druhem je fontánka, která je v podstatě přepážka, kterou tvoří trubička. Umístění je stejné jako u předešlých dvou způsobů, a to že kanál přepážky je kolmý na hlavní temperační kanál.

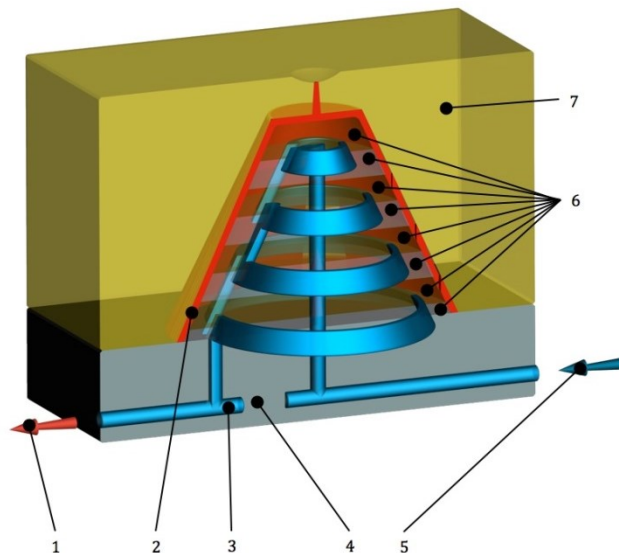


Obr. 35 Schéma systému fontánek

1 – výstup temperačního média, 2 – těleso pohyblivé části formy, 3 – fontánka, 4 – úložná plocha fontánky, 5 – vedlejší temperační kanál, 6 – hlavní temperační kanál. 7 – vstup temperačního média, 8 – vstříkovaný díl, 9 – těleso pevné část formy [11]

### Systém contura

Tenhle způsob temperace vstřikovací formy je založen na přesném kopírování dutin výrobku (tvárník, tvárnice) temperačními kanály v předepsané vzdálenosti od povrchu. Dosažení přesného kopírování dutiny formy je rozdělením do několika vrstev (2 – 7), kdy na stykových plochách jsou vyfrézovány temperační kanály. Následně jsou tyto vrstvy ve vakuu pájením na tvrdo spojeny opět k sobě, podle tvaru tvárníku. Jako dokončovací operace jsou zvolené leštění nebo broušení. Druhou z možností výroby tohoto systému je 3D tisk dílu z kovového materiálu technologií založenou na laserové sintraci (laser sintering)



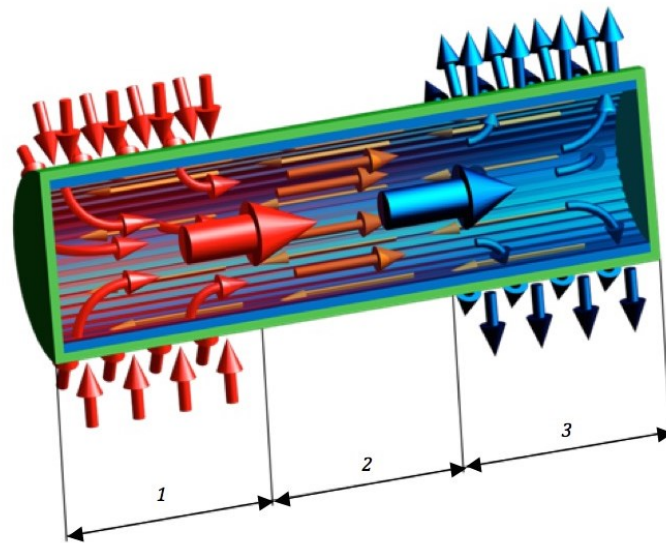
Obr. 36 Schéma systému contura

1 – výstup temperačního média, 2 – vstřikovaný díl, 3 – temperační kanál, 4 – těleso pohyblivé části formy, 5 – vstup teplotonosného média, 6 – jednotlivé vrstvy pohyblivé části formy, 7 – těleso pevné části formy [11]

### Systém využívající tepelné trubice

Jedná se o zařízení, které umožňuje intenzivní přenos tepla z oblasti, kde je vyšší teplota do oblasti, kde je nižší teplota. Tepelná trubice je nejčastěji trubka kruhového nebo i jiného průřezu. Její vnitřní povrch je mechanicko-chemicky ošetřen a oba konce uzavřeny zátkami např. připájením nebo přivařením. Pomocí tenké plnicí trubičky se zevnitř tepelné trubice vyčerpá vzduch, tak aby výsledný tlak nebyl větší jako 10 Pa. Stejnou plnicí trubičkou se dovnitř přivede dávka pracovní látky (čpavek, freon, etanol, voda, toulén nebo sodík) a trubička se utěsní. Tímto je trubice připravena.



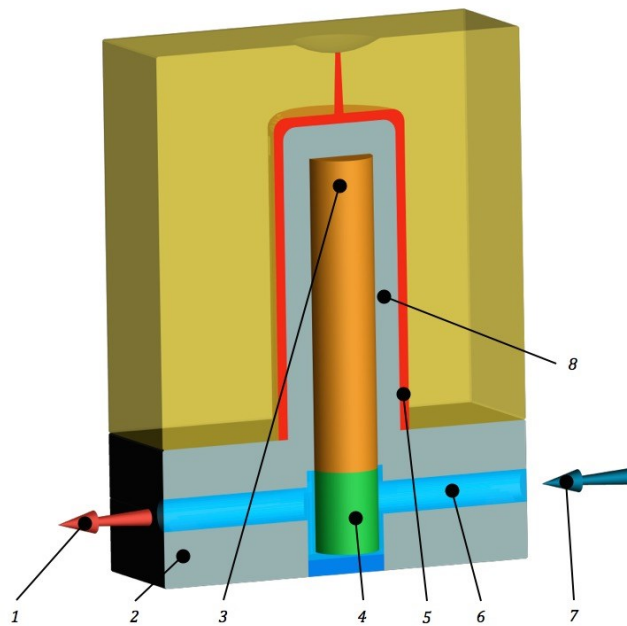


Obr. 37 Princip tepelné trubice

1 – výparná část, 2 – adiabatická část, 3 – kondenzační část [11]

Náplň se při provozní teplotě nachází jak v kapalně, tak parní fázi. Pokud se výparná část trubice ohřívá a kondenzační část se chladí, vzniká nepřetržité vypařování kapaliny na vnitřním povrchu výparné části, k proudění páry z výparné do kondenzační části a kondenzaci páry na stěně téhle části trubice. Musí zde být zajištěn plynulý vratný tok kapalné fáze zpět do výparné části.

Tepelná trubice se nachází ve vstříkovací formě stejně jako uložení ploché přepážky. Rozdílem od ploché přepážky je vytvoření prostoru okolo kondenzační části tepelné trubice, které bude sloužit pro temperační médium, při chlazení vstříkovací formy zase pro odvod přiváděného tepla z výparné části tepelné trubice a v případě vytápění vstříkovací formy opačně. U vkládání tepelné trubice do vedlejšího kanálu je důležité zabránit vzduchovým mezerám, které mohou být způsobeny nepřesností vnitřního povrchu vedlejšího temperačního kanálu, mohou zvýšit tepelný odpor mezi formou a tepelnou trubicí (tepelného spoje). Tepelný spoj je tepelně vodivý materiál, který si zachovává své vlastnosti v rozmezí 0 – 200 °C, a to včetně tepelných. Díky tomu se používá jako „výplň“ dutiny mezi vstříkovací formou a tepelnou trubicí. [11]



Obr. 38 Schéma tepelné trubice

1 – výstup temperačního média, 2 – těleso pohyblivé části formy, 3 – výparná část tepelné trubice, 4 – kondenzační část tepelné trubice, 5 – vstříkovaný díl, 6 – hlavní temperační kanál, 7 – vstup temperačního média, 8 – těleso pevné části vstříkovací formy [11]

#### 4.7 Odvzdušnění formy

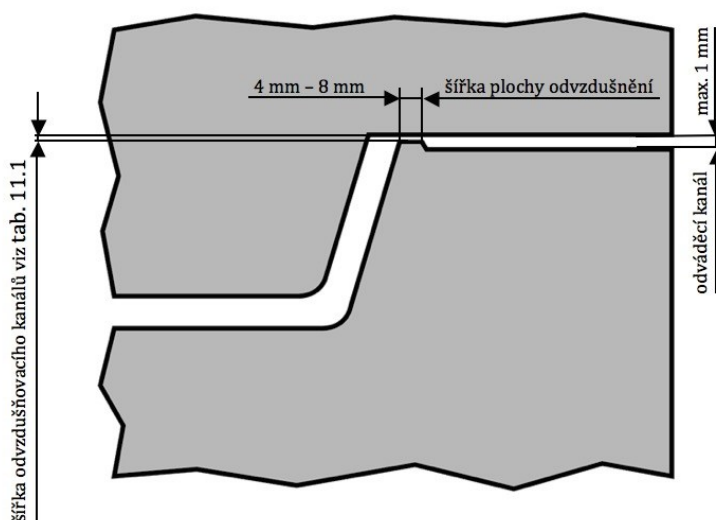
Odvzdušnění tvarových dutin nepatří mezi hlavní problematiku při návrhu vstříkovací formy. Odvzdušněním se ve většině případů začíná zabývat až po prvních zkouškách nástroje, po kterých byl zjištěn špatný povrch výstřiku, nekvalitní vzhled nebo špatné mechanické vlastnosti. Složitost odvzdušnění je různorodá, a odvíjí se od složitosti vstříkované formy, tvarových dutin. Znalost zákonitostí, zabývající se plněním formy může pracovníkovi ušetřit mnoho času a starostí. [2]

##### Odvzdušnění v dělicí rovině

Vzduch často stačí uniknout hlavní nebo vedlejší dělicí rovinou, vůlí mezi pohyblivými částmi apod. Jestliže se vzduch ve formě drží i přesto, ve formě se musí zavést odvzdušňovací kanály. Nejjednodušší možností (dle výroby) je umístění kanálu do dělicí roviny. Rozměry jednotlivých prvků jsou různé a liší se podle vstříkovaného plastu. [11]

Platí tedy:

- plast, který má větší tekutost vyžaduje menší rozměry odvodušňovacího kanálu a opačně,
- intenzitu odvodušňení zvýšíme vyšším počtem odvodušňovacích kanálů nebo jejich rozšířením,
- intenzita roste s objemem vstřikovacího dílu a rychlostí vstřikování taveniny do dutiny formy,
- neměla by se zvyšovat šířka odvodušňovacího kanálu nad hodnoty uvedené v tab. 4, aby nedocházelo ke vzniku zástříků. [11]



Obr. 39 Doporučená konstrukce odvodušňovacího kanálu [11]

Je dáno, že čím je kvalitněji dutina formy odvodušňena, tím lépe. Výjimka je u materiálů, které obsahují retardéry hoření. Ty se mohou natavit na povrch dutiny vstřikovací formy nebo odvodušňovací kanály. Tomuto nežádoucímu jevu předejdeme tlakem vzduchu, který se nachází před čelem taveniny (částečně udrží nestabilní přísady plastu uvnitř). Jedná se ale o výjimečný případ, na který upozorňuje výrobce materiálu v materiálovém listě. [11]

Tab. 4 Doporučené šířky odvzdušňovacích kanálů dle typu polymeru [2,11]

Typ polymeru	Šířka odvzdušňovacího kanálu [mm]
PC, POM	max. 0,05
PS, ABS	max. 0,05
PE, PP	max. 0,04
PA	0,02 – 0,03
PPO	max. 0,04
PBT	max. 0,03
PA (se skelnými vlákny)	0,05 – 0,08
Strukturální pěny	max. 0,1

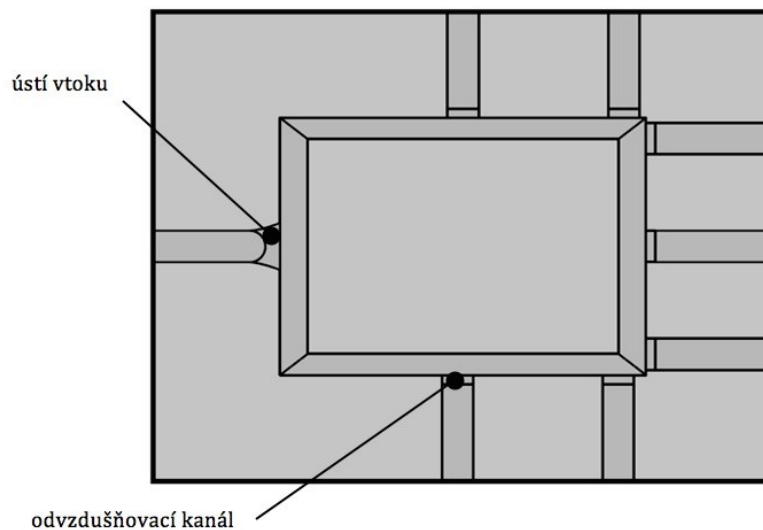
### Umístění odvzdušňovacích kanálů

Tvarové dutiny formy jsou před vstřikováním naplněny vzduchem. Při začátku plnění je potřeba zajistit aby se vzduch nenacházel v dutině formy. Jestliže rychlost vstřikování taveniny roste, musí být účinnější i samotné odvzdušnění. [2]

Nemůže-li vzduch z dutiny formy uniknout, stlačením dojde v daném místě k zatlačení do výlisku (bublina). Dalším jevem stlačeného vzduchu, který se vlivem vysokého tlaku silně ohřívá a způsobuje tzv. Dieselův efekt (spálené místo na výstřiku). Z hlediska pevnostních a vzhledových důvodů tyto jevy nejsou dovoleny. [2,3]

Je-li to pravidelné, doporučuje se přizpůsobit tloušťku stěn vstřikovaného dílu tak, aby tavenina proudila takovým způsobem, který vede k postupnému vytlačování vzduchu do dělicí roviny. Jestliže i přes tento problém s uzavřeným vzduchem setrvává, můžeme použít další alternativu a to odvzdušnění přes vyhazovače. Tento způsob spočívá v mírné úpravě tvaru vyhazovače a to zploštění protilehlých stran. Z hlediska odvzdušnění jsou pro nás problematické tzv. slepé otvory (otvory, z kterých tavenina vytlačuje vzduch velmi špatně). Kvůli tomu bývají některé části formy tvořené ze dvou dílů, díky tomu vzduch uniká přes dělicí plochu mezi vloženým dílem a zbytkem těla formy. Další zásady správného sestrojení odvzdušnění dutiny vstřikovací formy jsou:

- plnění dílů s žebrováním podél těchto žeber, aby nedocházelo k uzavírání vzduchu na konci žeber,
- žebra by měla obsahovat rádius a úkos, pro lepší uzavírání vzduchu. [11]



Obr. 40 Umístění odvzdušňovacích kanálů [11]

#### 4.8 Materiály použité pro výrobu formy

Vstřikovací forma sestavena s funkčních a pomocných dílů je drahou záležitostí. Proto se od ní vyžaduje určitá kvalita, živostnost při výrobě výrobků. Pro splnění těchto a dalších požadavků hraje významnou roli materiál formy (jednotlivých komponentů/desek). Musí se brát v potaz druh vstřikovaného plastu, rozměrové přesnosti výrobku, druh vstřikovacího stroje a podmínky při vstřikování.

Oceli jsou jedním z nejdůležitějších druhů používaných materiálů na výrobu forem. Jejich mechanické vlastnosti jsou těžce nahraditelné. Ale i jiné druhy materiálů stojí za pozornost a to svými fyzikálními vlastnostmi (tepelná vodivost, izolace,...), kterými jsou výhodnější pro vybrané díly formy. [2]

Každá část formy má svoji funkci a od toho se odvíjí i samotné požadavky a volba materiálu, z kterého budou vyrobeny. Pro všechny části musí platit dostatečná mechanická pevnost a dobrá obrobitelnost. Části formy, přicházející do styku s taveninou tzv. funkční části, musí zajišťovat požadavky na kvalitu výstřiku, dané:

- zvýšenou odolností proti otěru,
- požadovanou leštitelností a obrusitelností,
- odolností proti korozi a chemickým vlivům plastu,
- dobrou kalitelností a prokalitelností,
- dobrou stálostí rozměrů a minimálními deformacemi při kalení. [2]

### Konstrukční oceli

Největší zastoupení ocelí při výrobě forem tvoří konstrukční oceli třídy 11. Vyrábějí se z nich méně náročné a namáhané díly formy. Nejčastějšími zástupci oceli jsou oceli 11 373, 11 523, 11 600. Přehled a použití je vidět v *tab. 5*. [2]

*Tab. 5 Přehled použití konstrukčních ocelí [2]*

Užití	ČSN	W.Nr.	Zpracování	Poznámka
Rozpěrky	11 373	1.0036	dobrá obrobiteľnosť	pevnost 370 – 450 MPa pevnost 370 – 450 MPa pevnost 500 – 620 MPa pevnost 600 – 720 MPa
	11 375	1.0038		
	11 500	1.0050		
	11 600	1.0060		
Dorazy	11 600	1.0060	dobrá obrobiteľnosť	pevnost 600 – 720 MPa pevnost 600 – 720 MPa
	11 700	1.0070		
Desky	11 373	1.0036	dobrá obrobiteľnosť	málo namáhané málo namáhané středně namáhané značně namáhané
	11 375	1.0038		
	11 500	1.0050		
	11 600	1.0060		
Šrouby	11 109	1.0715	výborná obrobiteľnosť	málo namáhané značně namáhané
Šroubení	11 600	1.0060	dobrá obrobiteľnosť	

U nejvíce namáhaných tvarově složitých desek aj. se vyrábí z cementační oceli 14 220 a nástrojové oceli 19 786, které se cementují a kalí na požadovanou pevnost 1000 MPa. [2]

### Nástrojové oceli

Nástrojové oceli se člení podle způsobu využití do následujících skupin:

- oceli nelegované,
- oceli legované, vhodné pro práci za studena,
- oceli legované, vhodné pro práci za tepla,
- oceli rychlořezné.

U legovaných ocelí používaných za studena se pracovní teplota pohybuje okolo 20 °C. Teplota ocelí charakteristická pro práci za tepla se pohybuje nad 200 °C. [2]

Nástrojová ocel se používá pro výrobu tvarových dutin a mechanicky namáhaných částí vstřikovací formy. Důležité je tepelné zpracování. Při špatném tepelném zpracování oceli může dojít k znehodnocení celého nástroje, nebo k potížím při provozu. [2]

Tab. 6 Přehled použití nástrojových ocelí [19]

Užití	ČSN	W.Nr.	Zpracování	Poznámka
Základové desky, Pouzdra, Kolíky, Sloupky	19 083	1.1730	Dobrá obrobiteľnosť, houževnatost	Odolnosť vůči trhlinám po kalení, Malá prokalitelnost
Tvarové desky, Formy pro velké série	19 436	1.2080	Dobrá odolnosť proti opotřebení	Dobrá rozměrová stálost při tepelném zpracování
Tvarové desky	19 520	1.2312	Dobrá obrobiteľnosť	Nízká lešitelnost
Tvarové desky, Formy pro velké série	19 573	1.2379	Dobrá odolnosť proti opotřebení	
Malé tvarové desky, Stříhadla, Měřidla	19 313	1.2842		Dobrá rozměrová stálost, Nízká prodejní cena materiálu

### Slitiny mědi

Pro výrobu forem se čím dál více začínají používat slitiny mědi, a to pro chladicí trny, tvarové vložky, šroubovací matice, vyhazovací kolíky, vodící a středící pouzdra atd. Důvodem častějšího využívání oproti ocelím je především:

- dobrá tepelná vodivost,
- dobrá chemická odolnost,
- dobré kluzné vlastnosti.

Lepší využití těchto vlastností se projeví u zkrácení pracovního cyklu vstřikování, vyšší kvalitě výstřiku, hladší plochy a lepší kluzné vlastnosti. Nejdůležitější vlastností, kterou mají slitiny mědi až 4x vyšší oproti oceli je velká tepelná vodivost. [2]

### Slitiny hliníku

Formy tvořené ze slitin hliníku mají své speciální použití. Pevnost a odolnost proti opotřebení mají horší jako oceli, ale vynikají velkou tepelnou vodivostí a koroziivzdorností, které u forem využijeme. [2]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 5 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

V diplomové práci byly stanoveny tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- nakreslit 3D model zadaného dílu,
- navrhnout 3D sestavu vstřikovací formy pro výrobu zadaného dílu,
- návrh ověřit pomocí tokové analýzy
- nakreslit 2D sestavu vstřikovací formy s kusovníkem.

V teoretické části je vypracovaná literární studie, ve které je nastíněna problematika vstřikování, jeho cyklus, vstřikovací stroj, použité materiály a také zásady při návrhu výrobku a postup při samotné konstrukci vstřikovací formy.

V praktické části je cílem vytvořit 3D model zadaného dílu. Následně pro tento model navrhnout vstřikovací formu na základě znalostí z teoretické části. Vytvoření modelu i konstrukce formy je zhotovena v programu Catia V5R19 a pro usnadnění jsou použity normálie od firmy Hasco a Meusburger. Následuje provedení tokové analýzy v programu Autodesk Moldflow Synergy 2016. Konstrukce vstřikovací formy je doložena 2D sestavou a kusovníkem.

## 6 POUŽITÉ PROGRAMY

### 6.1 Catia V5R19

Catia (Computer – Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application) je moderní 3D program vytvořený francouzskou firmou Dassault Systèmes. Je vydáván ve třech různých kvalitativních variantách – platformách, které jsou určeny pro uživatele s různou úrovní využívání CAD/CAM/CAE technologií. Catia V5 má mnoho modulů, díky kterým je možné pokrýt kompletní životní cyklus výrobku tzn. od samotného návrhu, přes vlastní konstrukci, různé analýzy, simulace a optimalizace až po tvorbu dokumentace a NC programů k samotné výrobě. Jedním z řady modulů, které Catia V5 nabízí je modul Mold Tooling Design, který slouží pro návrh vstřikovací formy. [18]

### 6.2 Hasco 3D Universal Modul

Hasco 3D – modul normálí R2/2012. Jedná se o knihovnu normalizovaných 3D dílů potřebných pro výrobu vstřikovací formy. Díly jsou rozděleny do jednotlivých skupin a podskupin podle funkce a způsobu použití. Lze je převést do různých programů, různých formátů (v tomto případě se jedná o program Catia V5R19). U každého dílu je výkres, tabulka daných velikostí a informační list.

### 6.3 Autodesk Moldflow Synergy 2016

Pro správné navržení vstřikovací formy je nutné provést tokovou analýzu, pro kterou byl vybrán program Moldflow Synergy 2016 od společnosti Autodesk. Tenhle program slouží pro simulaci vstřikování polymeru do dutiny formy s cílem optimalizace vstřikovací formy a konstrukce dílce. Moldflow umožňuje zobrazení simulace pro předem definovaný tok taveniny vtokovým systémem (horký vtokový systém nebo studený vtokový systém), teplotaci vstřikovací formy. Pomůže odhalit různé vady, mezi které patří nedotečení materiálu, velikost smrštění, propadliny, vzduchové kapsy nebo mrtvá místa. Program také obsahuje rozsáhlou databázi polymerních materiálů a vstřikovacích strojů. [22]

## 7 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Zadaný díl slouží jako kryt u sluchátek pro vojenský průmysl. Díl je nasazen na protikus a chrání části sluchátka nacházející se uvnitř, tudíž jedna strana je pohledová. Díl byl modelován v programu Catia V5R19 v měřítku 1:1 ve třech různých verzích. První verze je totožná se zadaným modelem, druhá je zvětšena o průměrnou hodnotu smrštění 0,5 % pro daný materiál a poslední verze slouží pro tokové analýzy v programu Autodesk Moldflow Synergy 2016, u které jsou odstraněny rádiusy a zkosení menší než 2 mm pro kvalitnější vytvoření sítě.

Základní rozměry dílu jsou 50 x 92,8 x 118,4 (výška x šířka x délka). Hmotnost výrobku je 72 g.



Obr. 41 Zadaný model výrobku

## 7.1 Materiál vstřikovaného výrobku

Zvoleným materiálem pro vstřikování zadaného výrobku je akrylonitrilbutadienstyren (ABS). Možnost využití u tohoto materiálu je široká, díky složení tří základních složek, z nichž každá upřednostňuje určité vlastnosti. Akrylonitril dává polymeru pevnost a chemickou odolnost, butadien velkou houževnatost a rázovou pevnost a styren kvalitní povrch. Akrylonitrilbutadienstyren se používá v mnoha odvětvích automobilového průmyslu (pro interiérové díly i exteriérové díly), strojírenství, stavbě lodí, stavebnictví, kancelářském a spotřebním průmyslu (skříně počítačů, monitorů, domácích spotřebičů, fotoaparátů, apod.)

Z materiálové databáze programu Autodesk Moldflow Synergy 2016 je zvolen materiál od firmy Techno Polymers označením ABS 330.

Tab. 7 Doporučené procesní parametry materiálu ABS pro zpracování

Procesní parametr	Hodnota	Jednotka
Teplota povrchu formy	50	°C
Teplota taveniny	220	°C
Doporučená minimální teplota formy	30	°C
Doporučená maximální teplota formy	70	°C
Doporučená minimální teplota taveniny	200	°C
Doporučená maximální teplota taveniny	260	°C
Doporučená teplota vyhazování	95	°C
Maximální smykové napětí	0,3	MPa
Maximální rychlost smykové deformace	50 000	s <sup>-1</sup>

## 8 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Vstřikovací stroj byl zvolen na základě prvotní analýzy a technických parametrů vstřikovací formy. Značka zvoleného stroje je Arburg Allrounder 570C – 2000 – 800 (45).

Technické parametry vstřikovacího stroje a jeho základní rozměry jsou uvedené v příloze P I.

*Tab. 8 Srovnání požadovaných parametrů a parametrů stroje*

Parametry	Požadované hodnoty	Hodnoty stroje
Rozměry formy (šířka x výška)	550 x 500	570 x 570
Uzavírací síla	1084 kN	2000 kN
Objem vstřikovací dávky	155 cm <sup>3</sup>	318 cm <sup>3</sup>
Středící kroužek	125 mm	125 mm
Vstřikovací tlak	74,2 MPa	247 MPa
Maximální vzdálenost mezi upínacími deskami	446 mm	950 mm



*Obr. 42 Vstřikovací stroj Arburg Allroad 570 C*

## 9 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

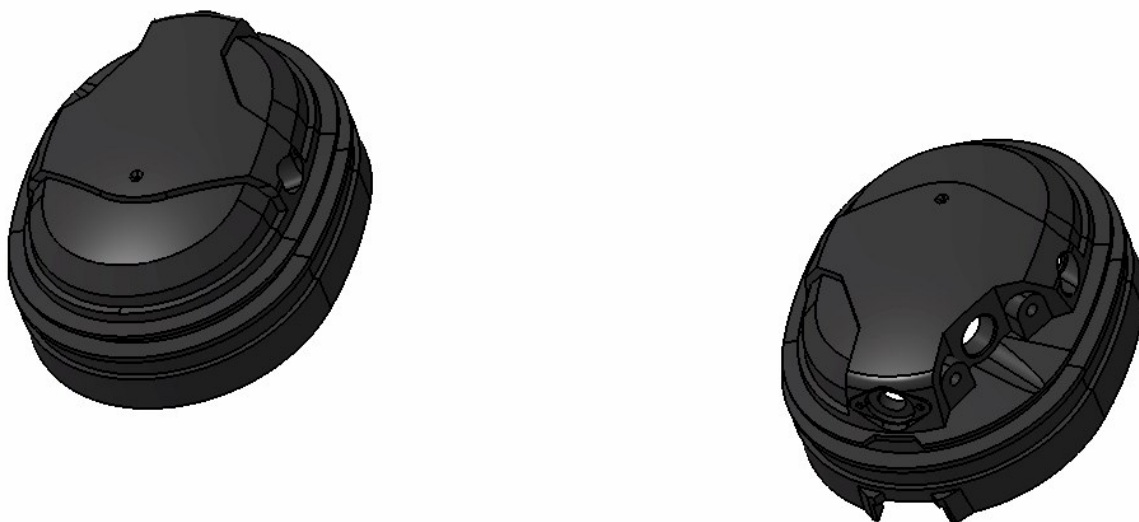
Jedním z cílů diplomové práce byl návrh konstrukce vstřikovací formy. Z důvodů začlenění výrobku do sady, je forma je řešena jako dvojnásobná a byl použit horký vtokový systém. Návrh také obsahuje temperaci vstřikovací formy, odformování výrobku a vyhazovací systém pro vyhození z dutiny formy. Snahou pro rychlejší a levnější způsob při konstrukci formy bylo použito co nejvíce normalizovaných dílů (vodící pouzdra, čepy, šrouby, vstřikovací trysky, atd.) firmy Hasco a Meusburger.

### 9.1 Násobnost formy

Násobnost formy se volí podle několika různých aspektů:

- počet vyrobených kusů,
- čas na výrobu součásti,
- kvalita výstřiku,
- velikost a složitost výstřiku,
- kapacita vstřikovacího stroje.

Správné zaformování vstřikovaného dílu, ale také volba hlavní dělicí roviny může ovlivnit konstrukci vstřikovací formy. Při konstrukci vstřikovací formy se vycházelo z velikosti a tvarové složitosti dílu. Forma byla navržena jako dvojnásobná s horkým vtokovým systémem.



Obr. 43 Násobnost vstřikovací formy

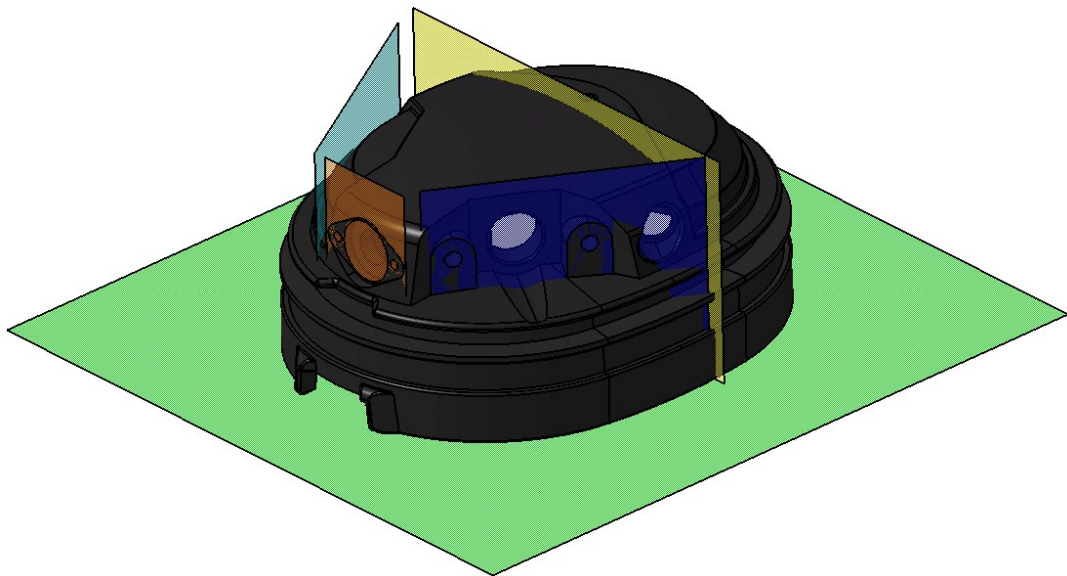
## 9.2 Vhodnost umístění dílu do vstříkovací formy

Volba hlavní dělicí roviny i vedlejších dělicích rovin je zásadní při návrhu vstříkovací formy. Díky tomu lze určit, kde bude umístěn vtokový systém, temperační systém, vyha-zovací systém. Pro daný díl byly použity čtyři vedlejší dělicí roviny, které jsou kolmé na hlavní dělicí rovinu. Slouží ke správnému odformování průchozích a neprůchozích děr a tvarově složitých částí dílu.

Hlavní dělicí rovina (HDR) se nachází mezi tvárníkem a posuvnými tvarovými čelistmi. Pro znázornění je na *Obr. 44* zobrazena zelenou barvou. Vedlejší dělicí roviny (VDR) se nachází mezi tvárnicí a posuvovými tvarovými čelistmi a jsou znázorněny oranžově, žlutě a modře.

▲ HDR

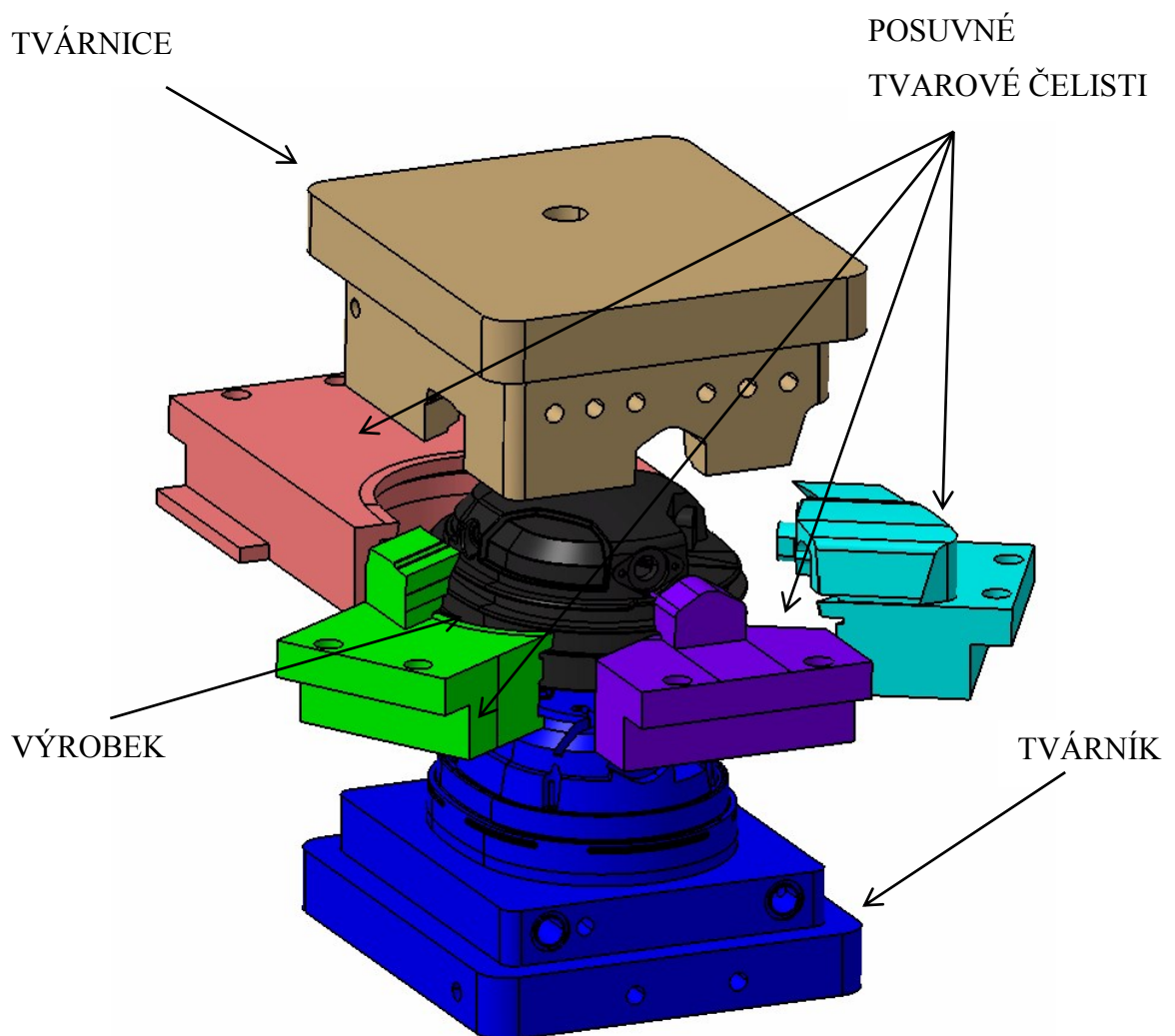
▲ ▲ ▲ ▲ VDR



*Obr. 44* Poloha hlavní a vedlejších dělicích rovin

### 9.3 Tvarové části vstříkovací formy

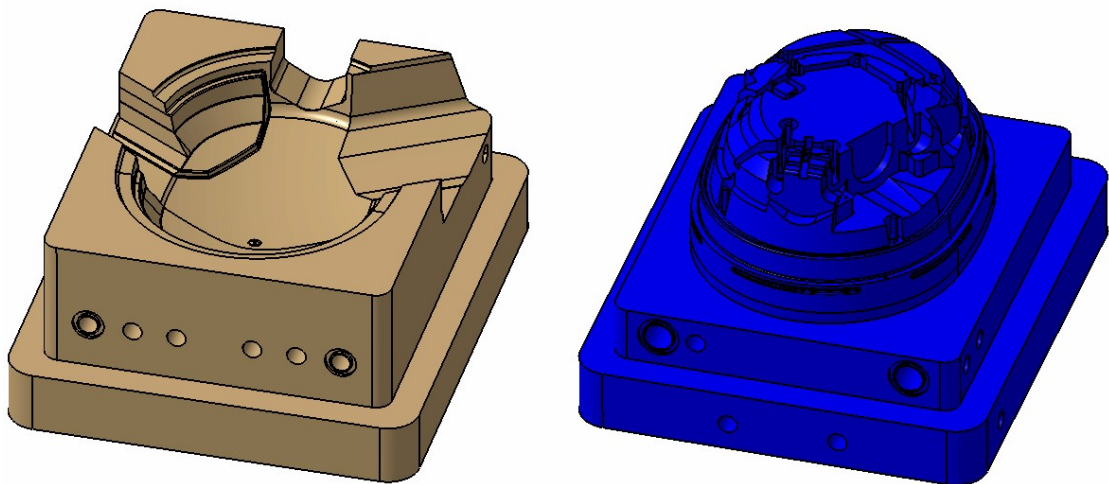
Dutiny tvarových částí vstříkovací formy jsou negativem vstříkovaného dílu. Skrz rozměrovou přesnost byla velikost dutiny zvětšena o hodnotu smrštění materiálu. Dutina formy je tvořena z těchto částí: tvárnice, tvárnice a čtyři posuvné tvarové čelisti. Jelikož dochází ke styku s taveninou, je potřeba brát v potaz výběr materiálu. Zvoleným materiálem pro dutiny formy je nástrojová ocel, která je následně tepelně zpracovaná na tvrdost 55 HRC.



Obr. 45 Tvarové části s výstřikem



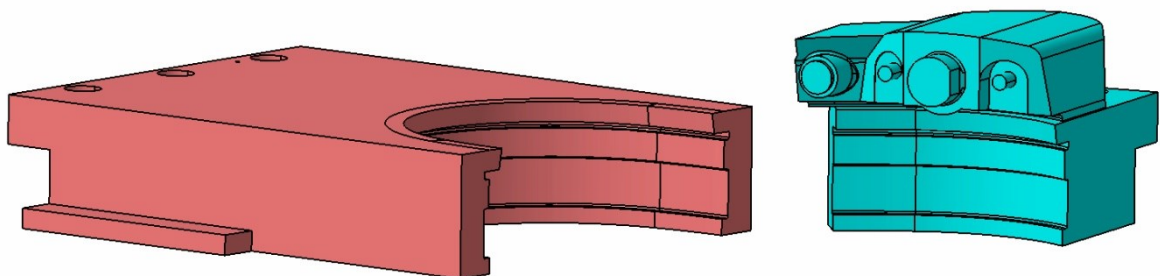
Tvárník a tvárnice *obr. 46* jsou řešeny jako tvarové vložky pro snadnou výměnu nebo úpravu při opotřebení. Jsou vloženy do příslušné tvarové desky. Rozměry těchto tvarových částí jsou 150 x 130 mm (délka x šířka). Tvárnice má odpovídající výšku, výšce desky, ve které je uložena. U tvárníku se musí přidat výška posuvových tvarových čelistí, aby výška desky odpovídala.



*Obr. 46 Tvarové dutiny – tvárník, tvárnice*

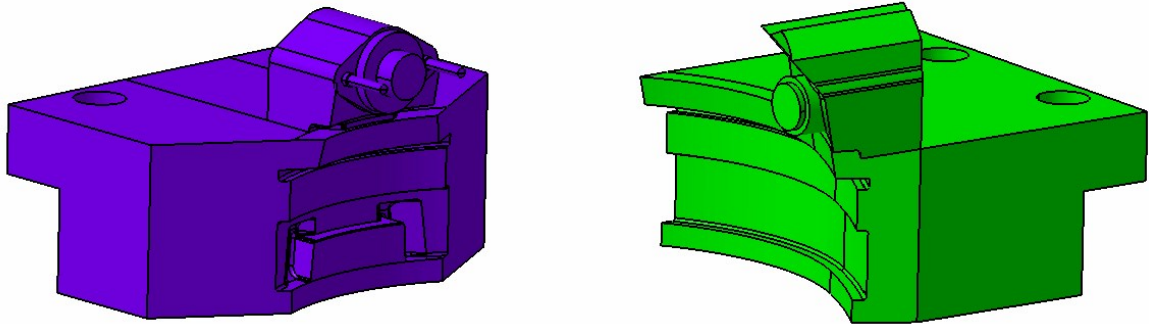
Boční odformování výstřiku je řešeno pomocí čtyř posuvných tvarových čelistí. Délka pohybu jednotlivých tvarových čelistí závisí na složitosti tvaru dutiny. Všechny tvarové čelisti jsou ovládány pomocí šikmých kolíků s posuvnými kostkami.

Díky malým rozměrům není možné temperovat posuvné čelisti. U tvarové čelisti, která je na *obr. 47* (vlevo) byly navrženy temperační kanály o průměru 2 mm. Tato temperace byla zamítnuta z možného důvodu ucpávání kanálů.



*Obr. 47 Posuvné tvarové čelisti*

*A – vlevo, B – vpravo*



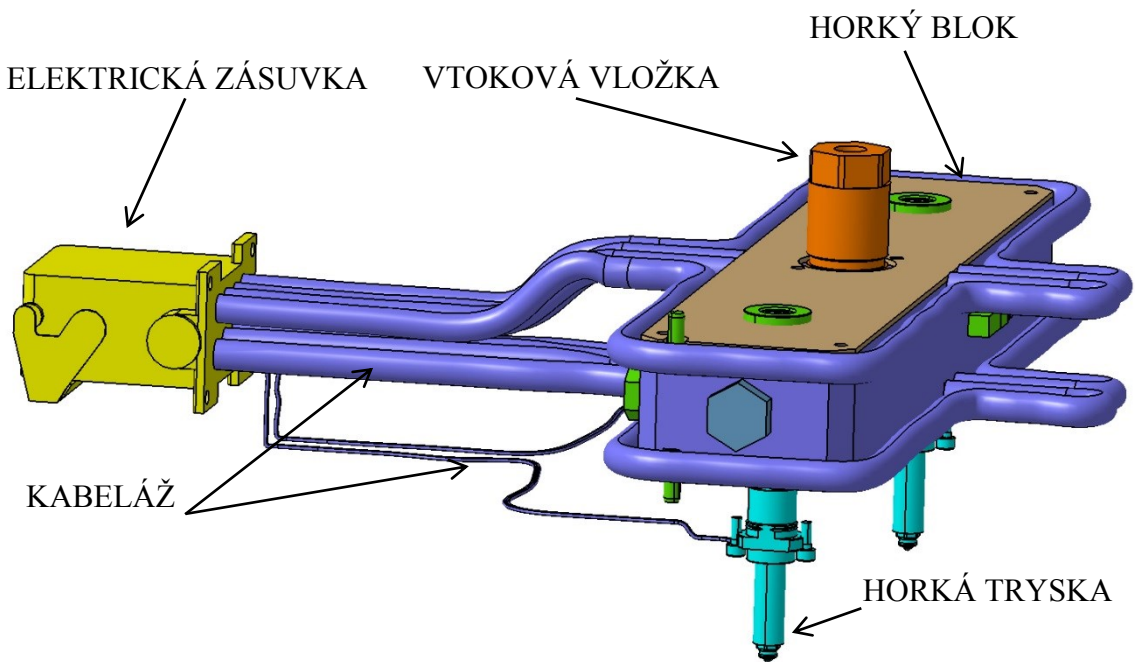
Obr. 48 Posuvné tvarové čelisti

C – vlevo, D – vpravo

#### 9.4 Vtokový systém vstříkovací formy

Vtokový systém je pro danou dvojnásobnou vstříkovací formu řešen pomocí horkého bloku a horkých trysek.

Přivedená tavenina ze vstříkovacího stroje vstupuje nejprve do centrální vtokové vložky Z0155/1/30x56/12. Odtud je rozvedena do horkého obdélníkového bloku H106/1, ve kterém jsou předem vyvrtané díry pro přesnou polohu horkých trysek Z3240/1. Taveniny vstupuje přímo do dutiny formy a její výstupní průměr je 1 mm.

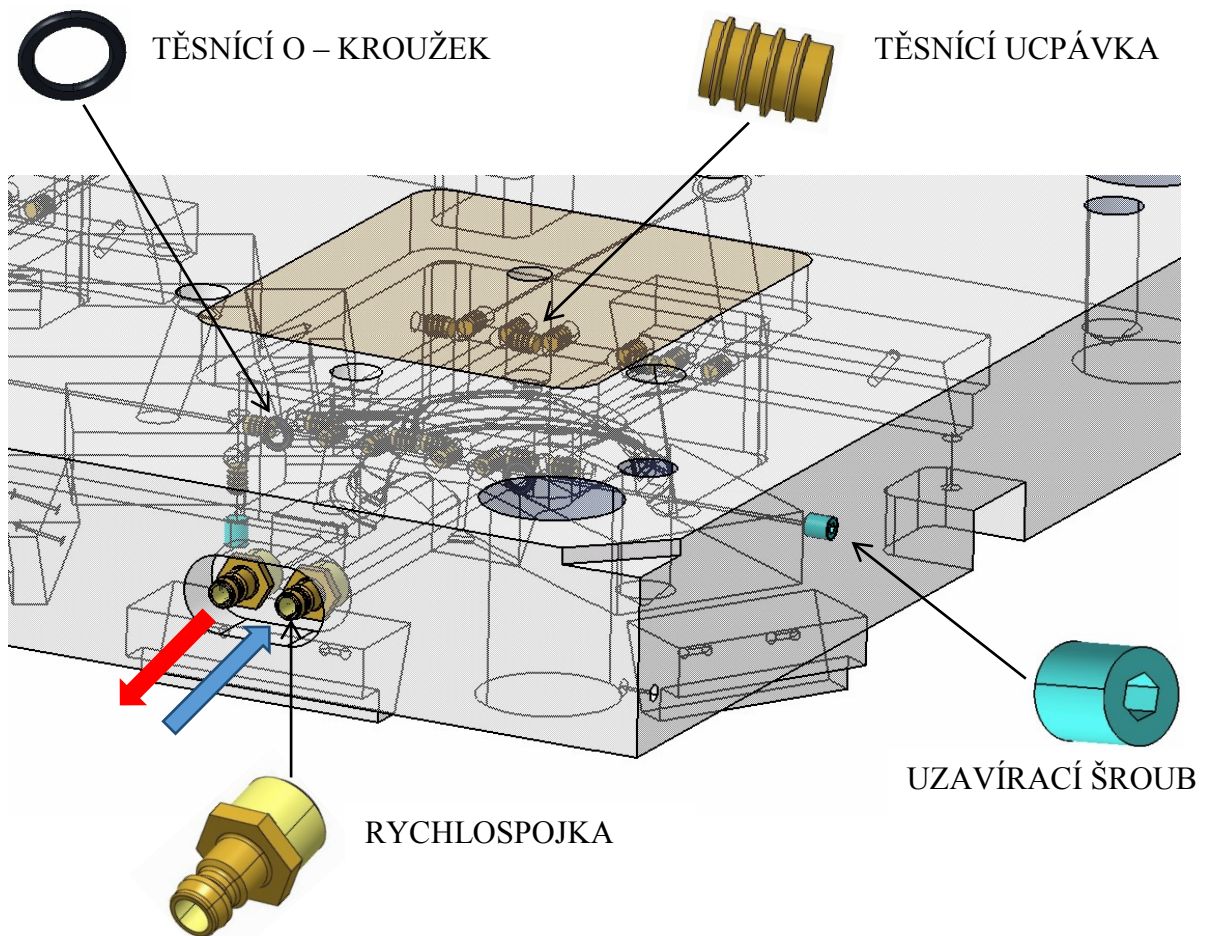


Obr. 49 Horký vtokový systém

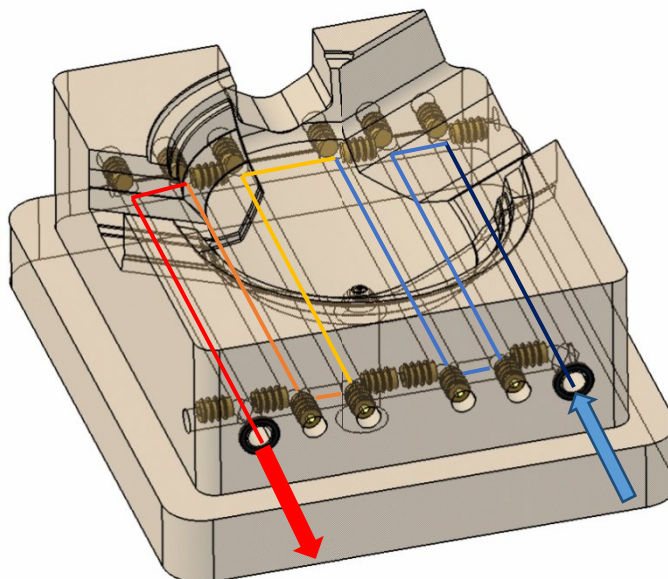
## 9.5 Temperační systém

Cílem temperačního systému je dosáhnout co nejrovnoměrnějšího teplotního pole na stěnách dutiny vstřikovací formy. V celé formě jsou tři samostatné temperační okruhy.

V pravé straně se nachází jeden temperační okruh s vrtanými kanály o průměru 6 mm. Temperační médium pro všechny okruhy je zvolena voda a teplotě 50°C. Voda je do formy přiváděna pomocí hadic, které jsou na rychlospojku nacvaknuty protikusem. Rychlospojka Z81/9x14x1,5 umístěná na formě, je zapuštěná pro lepší manipulaci a bezpečnost obsluhy. Vstup a výstup jsou navrženy tak, aby byly na jedné straně a nedošlo tak ke zmenšení pracovního prostoru. Mezi tvarovou deskou a tvárnici jsou umístěné těsnící O – kroužky Z98/7x1,5 pro stabilní těsnost těchto přechodů. Jelikož kanály jsou vrtané, je nutné použít těsnící ucpávky Z942/6, které definují trajektorii toku a zamezí vytečení temperačního média. Vstup temperačního média je na *obr. 50*, *obr. 51* označen modrou šipkou a výstup červenou šipkou.

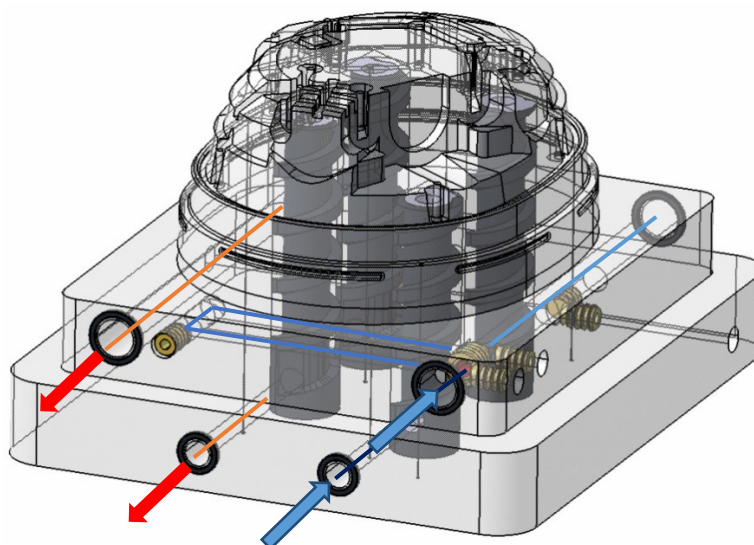


Obr. 50 Temperace pravé části formy

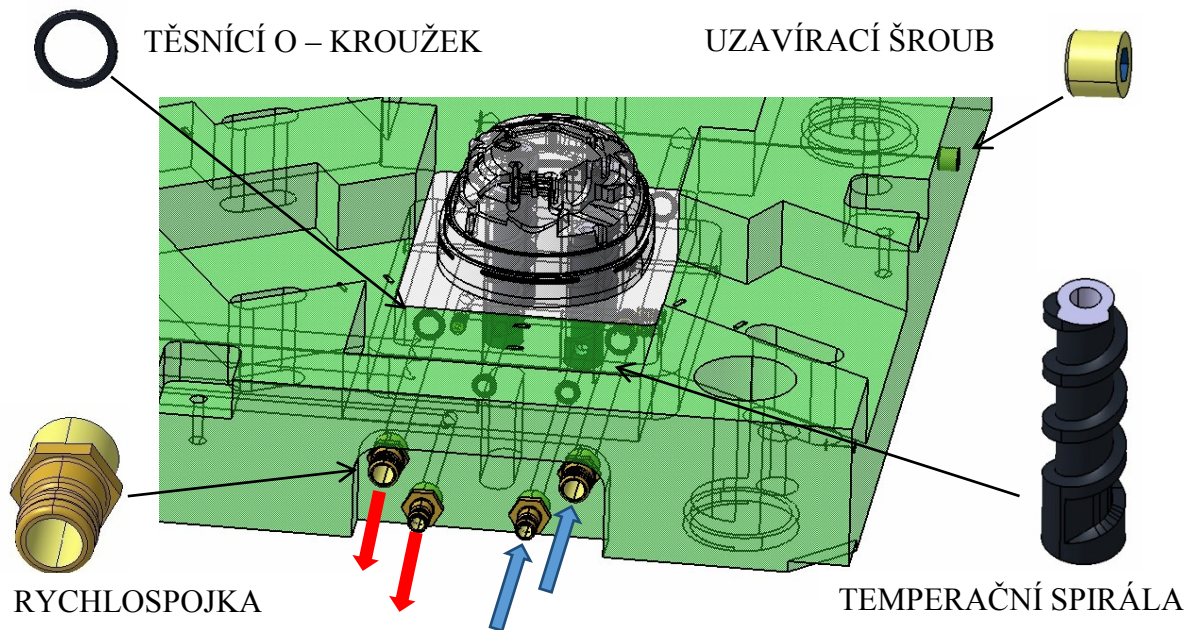


Obr. 51 Temperace tvárnice

Levá část vstřikovací formy je temperována pomocí dvou na sobě nezávislých okruhů. Okruhy jsou vrtané a to o průměru 6 a 9 mm. Stejně jako tomu bylo v pravé části, tak i tady jsou použity ucpávky Z992/6 a E2078/9 pro předem nadefinovanou trajektorii toku temperačního média. Pro temperování tvárníku jsou použity čtyři temperační spirály Z968/16x125, které byly zkráceny na potřebnou délku. V místech mezi deskou a tvárníkem pro správné těsnění jsou použity těsnící O – kroužky Z98/10x1,5 a Z98/7x1,5. Vstup a výstup temperačního média je řešen na stejné straně, jako tomu bylo u pravé vstřikovací části. Vstup temperačního média je na *obr. 52*, *obr. 53* označen modrou šipkou a výstup červenou šipkou.



Obr. 52 Temperace tvárníku

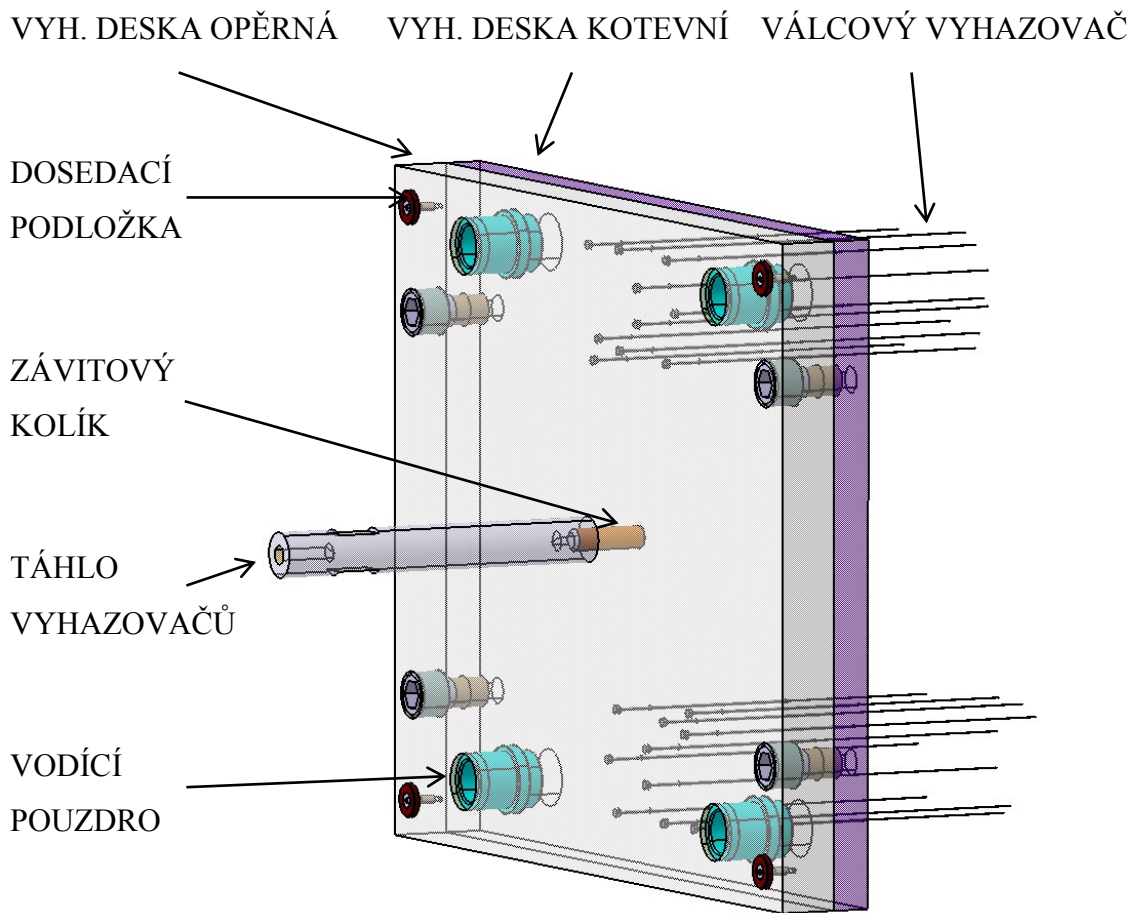


Obr. 53 Temperace levé části formy

Všechny zde popsané normalizované části jsou od formy Hasco a Meusburger.

## 9.6 Vyhazovací systém

K tomu, aby vyhazovací systém správně fungoval je zapotřebí uvolnit výstřik z tvárníku. Vyhazovací systém je složen z kotevní desky, opěrné desky a válcových vyhazovačů. Pro vyhození obou výrobků ze vstřikovací formy slouží 20 válcových vyhazovačů typu Meusburger E1700/1x250. Vyhazovače jsou umístěné ve vyhazovací kotevní desce. K pohybu vyhazovacího systému slouží táhlo typu Z02/24x180 a pro přesné vedení vyhazovacího systému slouží vodící čepy Z011/22x140 a vodící pouzdra Z10/27x22. Po vyhození výstřiků z dutiny formy je vyhazovací systém vrácen do původní polohy (dosednutí desek na levou část formy) a pro tlumení dorazů jsou na opěrné desce umístěny dosedací podložky Z55/18x3.



*Obr. 54 Vyhazovací systém vstřikovací formy*

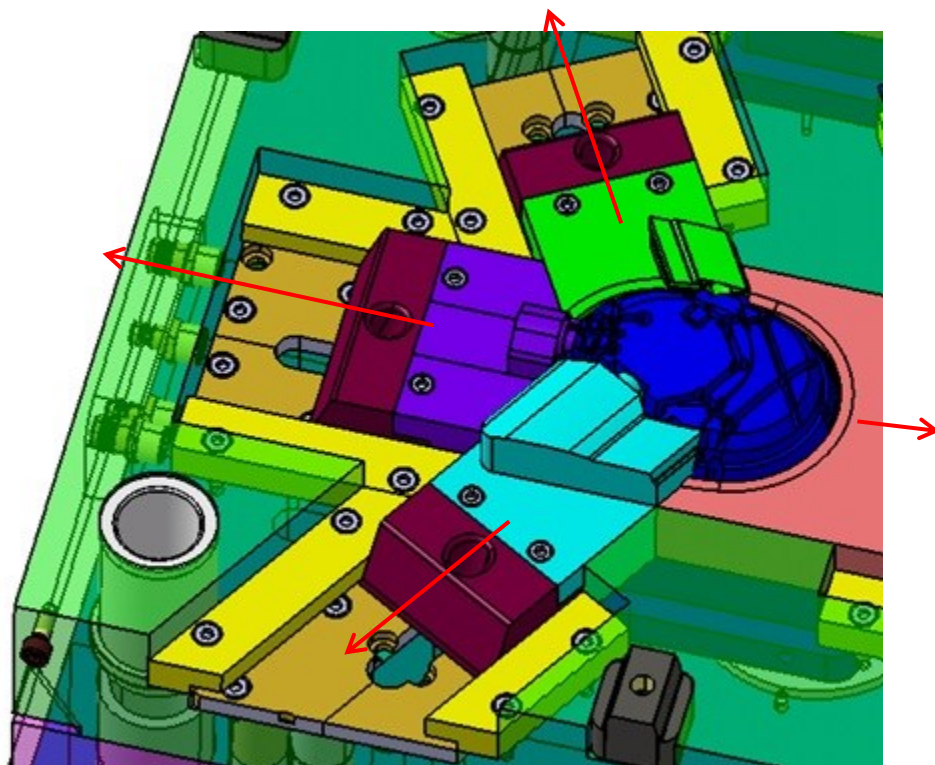
## 9.7 Odvzdušnění vstřikovací formy

Při uzavírání formy je vzduch, který nestačí uniknout z dutiny formy uzavřen a je potřeba tento vzduch odvést pryč. Jestliže tomu tak není, vzduch se stlačuje a zmenšuje svůj objem. Při zahřívání dochází k tvorbě různých vad, jako jsou například Dieslelův efekt (spálená místa), stříbrné pruhy, propadliny nebo lunkry. Ty snižují kvalitu výstřiku.

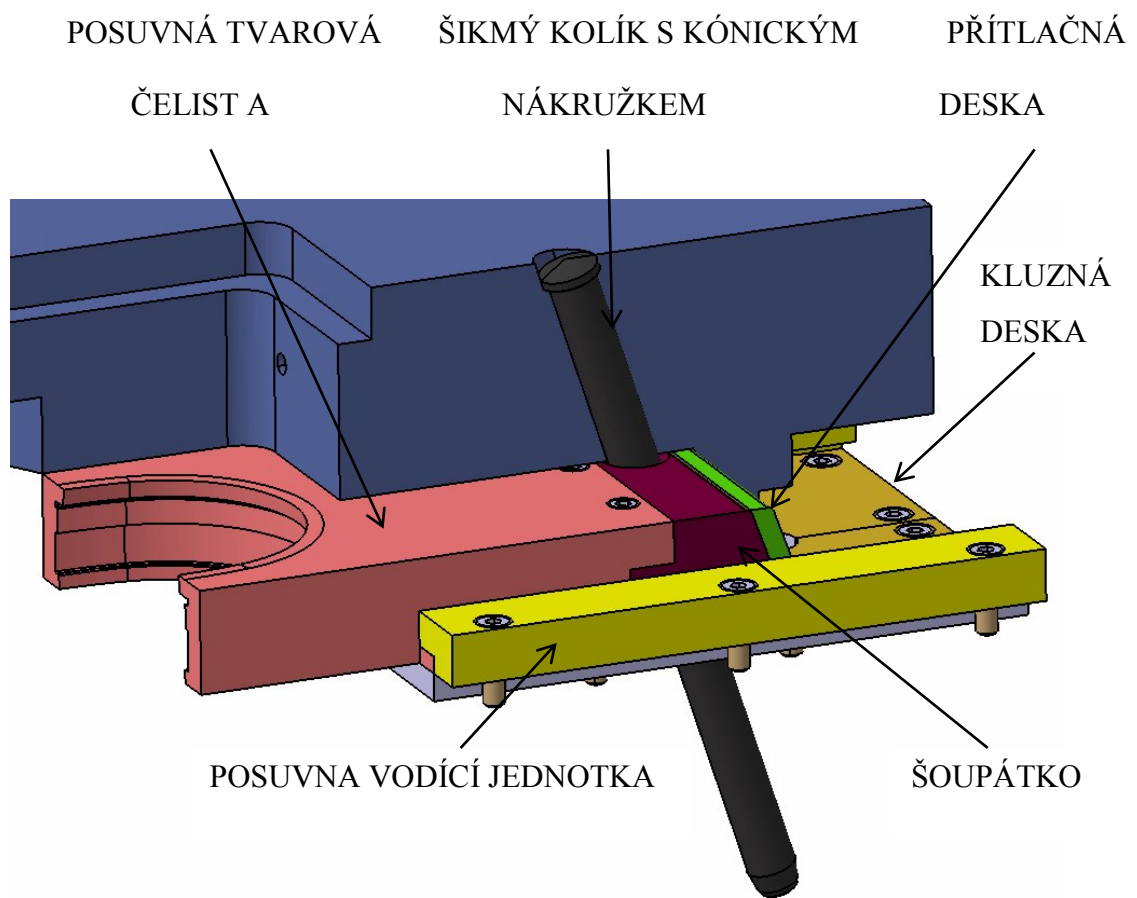
Při návrhu vstřikovací formy odvzdušnění nebylo řešeno a předpokládá se, že vzduch se v dutině uzavírat nebude a bude unikat přes dělicí roviny, vůlemi mezi posuvnými tvárovými čelistmi a také vůlemi mezi tvárníkem a vyhazovači. V případě vzniku různých vad na výstřiku je potřeba vytvořit odvzdušňovací kanály.

## 9.8 Odformování výstřiku z formy

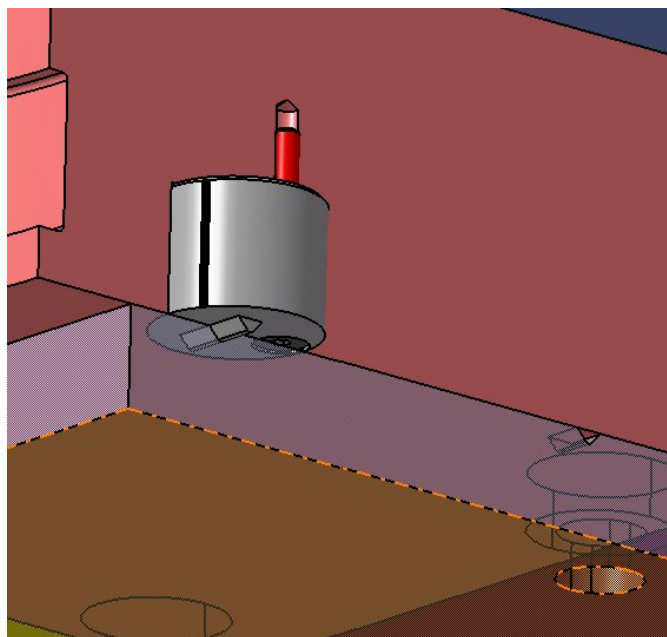
Kvůli správnému odformování průchozích a neprůchozích děr a tvarově složitých částí dílu bylo nutné vyřešit jeho odformování pomocí čtyř posuvných tvarových čelistí. Všechny posuvné tvarové čelisti jsou ovládány pomocí šikmých čepů E1032/14x200 a E1032/12x180. Použití čepů je z hlediska ekonomického i konstrukčního nejvhodnější a nejpoužívanější. Odformování se provádí pomocí čepů, které jsou umístěné na vstřikovací (pravé) části formy pod úhlem  $18^\circ$ . Pomocí výpočtu byly zjištěny potřebné délky čepu pro vysunutí tvarových čelistí. Délky byly použity dvě a to 200 a 180. Tvarová deska je opatřena jisticími zámky, které zajišťují posouvání tvarové čelisti. Na těchto zámčích jsou našroubovány kluzné destičky. Tvarové části jsou spojeny šoupátkem, které slouží jako vodící část pomocí díry pro čep. Posouvají se po kluzných deskách a k vedení slouží vodící lišty. Při otevírání formy tvarová část odjíždí po šikmém čepu a její konečná poloha je zajištěna pomocí aretace s kulatým pouzdrem E3046/13.



Obr. 55 Odformovací systém vstřikovací formy



Obr. 56 Odformování posuvné tvarové čelisti typu C

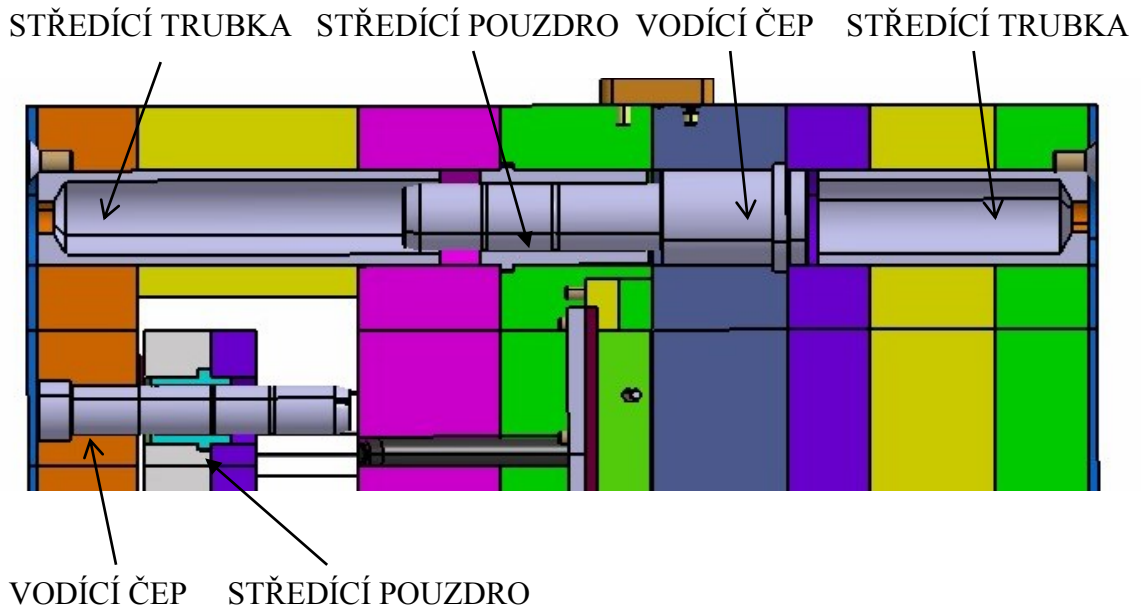


Obr. 57 Detail zajištění konečné polohy tvarové čelisti



## 9.9 Vodící a středící prvky formy

Vodící členy zajišťují plynulý a přesný chod vstřikovací formy. Pro vystředění pravé strany vstřikovací formy jsou použity trubky Z20/42x120 a vodící čepy Z00/56/30x115. Trubky na této straně byly použity z důvodu většího počtu desek. Na levé straně vstřikovací formy slouží pro vystředění středící trubky Z20/42x180 a středící pouzdra Z10/66/30. Tyto vodící elementy jsou umístěny na krajích vstřikovací formy. Vodící čepy a středící pouzdra jsou také použity pro pohyb vyhazovacího systému. Průměr a délka těchto vodících elementů se odvíjí od velikosti vstřikovací formy. Pro vystředění formy jsou navíc použity středící jednotky Z060/32x32 umístěné v hlavní dělicí rovině.

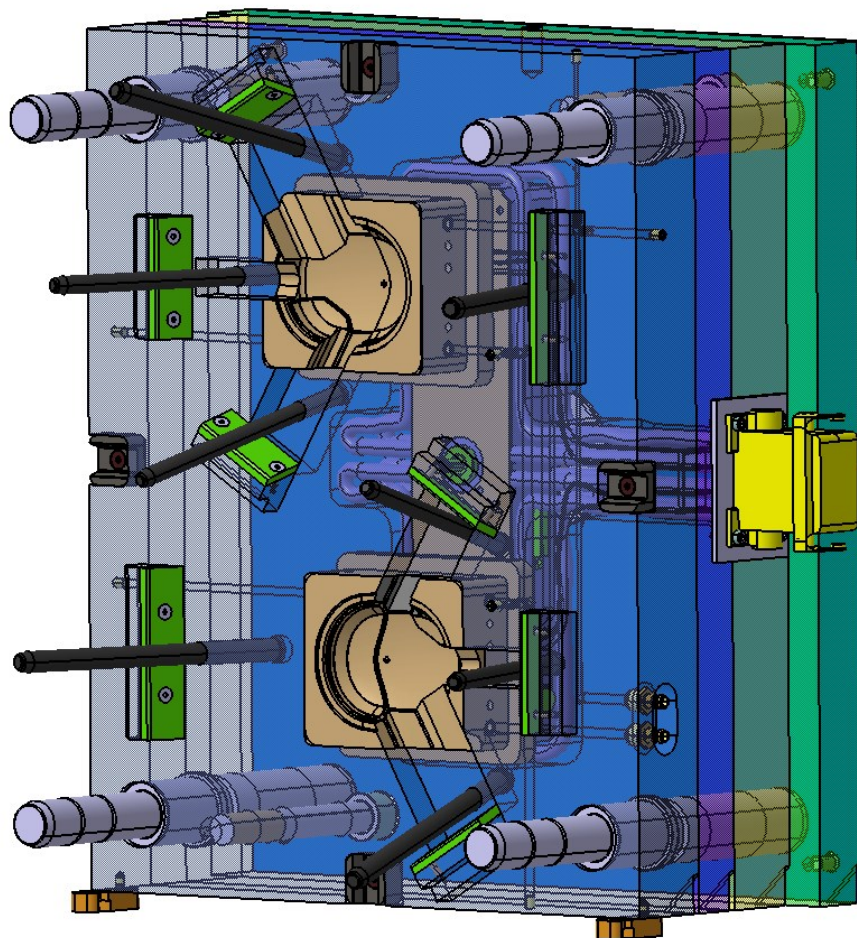


Obr. 58 Vodící a středící členy

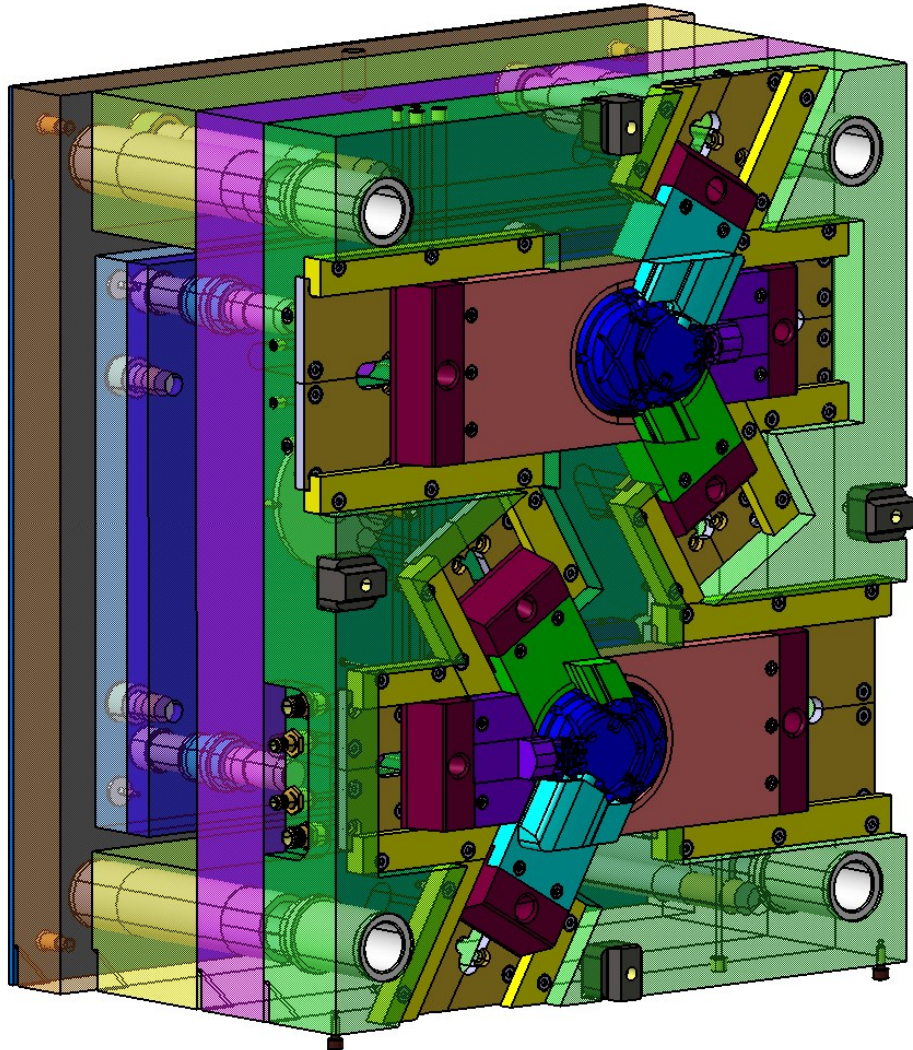
## 9.10 Rám vstřikovací formy

Vstřikovací forma o rozměrech 550 x 500 x 446 mm (výška x šířka x délka) je složena ze tří základních podsestav, vstřikovací (pravá) část formy, vyhazovací (levá) část formy a vyhazovacího systému. Při návrhu formy došlo několikrát ke změně rozměrů desek a to výšky, šířky, délky na konečnou hodnotu. Pro správné vystředění desek mezi sebou slouží středící trubky a vodící čepy. Jednotlivé podsestavy obsahující například pravou a levou izolační desku, pravou a levou upínací desku, pravou a levou opěrnou desku a tvarové desky a další, které jsou spojeny šrouby. Vstřikovací (pravá) část je ve formě nepohyblivá a Vyhazovací (levá) část formy je pohyblivá.

Tloušťka jednotlivých desek je volena podle jejich funkce a podle velikosti komponentů, které daná deska obsahuje. Pro správné vystředění formy ve vstřikovacím stroji slouží pravý středící kroužek typu K100/125x11 a levý středící kroužek typu K500/125x13. Vstřikovací forma bude ve stroji upnuta pomocí upínek ke kotevní desce.



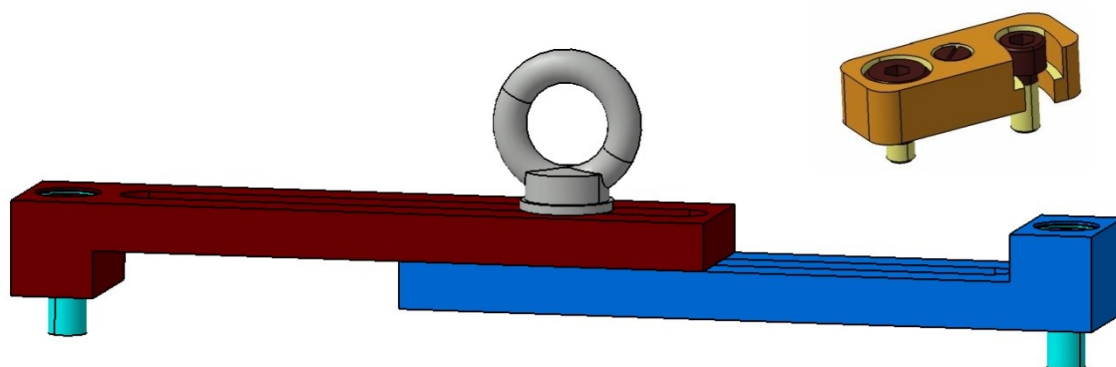
Obr. 59 Vstřikovací (pravá) část vstřikovací formy



Obr. 60 Vyhazovací (levá) část vstřikovací formy

### 9.11 Nosný a pojistný systém formy

Pro jednoduchou manipulaci a přemísťování je vstřikovací forma opatřena transportním můstkem Z70/3. Transportní můstek je uchycen pomocí dvou šroubů Z31/16x40 v pravé a levé upínací desce. Dále je forma vybavena dvěma pojistnými zámky Z73/12x20x50, které slouží ke spojení pravé a levé části vstřikovací formy. Zabrání se tím rozevření formy při její manipulaci. Všechny zde uvedené díly jsou normalizované od firmy Hasco.



*Obr. 61 Nosné a pojistné prvky formy*

## 10 TOKOVÉ ANALÝZY

Druhá polovina praktické části se zabývá návrhem vstřikovací formy a následným ověřením za pomoci tokových analýz.

Jako první byl naimportován upravený model pro program Moldflow a vytvořena síť. Následovalo vytvoření analýzy pro zjištění vhodného místa vtokového ústí. Následně byla provedena prvotní celková analýza, na jejím základě byl zvolen vstřikovací stroj a byly optimalizované procesní parametry pro upravenou analýzu.

### 10.1 Tvorba sítě

Po importování modelu se provedlo síťování pomocí Dual-Domain. Jedná se o síťování 3D modelů, u kterých je síť vytvořena pomocí rovnostranných trojúhelníků. Po zesíťování, byla provedena analýza sítě. (Aspect Ratio Diagnostic). Znamená poměr stran trojúhelníku. Čím je tato hodnota menší, tím je síť přesnější. Po upravení sítě hodnota činí 10,86, což je kvalitní síť.

#### 10.1.1 Analýza statistiky sítě

Kvalita sítě je závislá na výsledcích i čase pro výpočet analýzy tzn. čím větší kvalita sítě, tím delší doba analýzy. Po zesíťování je důležité zobrazit statistiku trojúhelníkových elementů sítě (Mesh statistics), určující několik základních parametrů.

Poslední dvě hodnoty, které lze vidět na *obr. 62* mohou ovlivnit výpočet analýzy. Tyto hodnoty by se měli pohybovat v rozmezí 80 – 97 % pro úspěšné dokončení analýzy. Jestliže zmenšíme velikost elementů, hodnoty klesnou, ale čas výpočtu se zvětší.

```

Triangles
-----
Entity counts:
  Triangles           43964
  Connected nodes    21976
  Connectivity regions 1

  Invisible triangles           0

Area:
(Mold blocks and cooling channels are not included)
Surface Area:           507.858 cm^2

Volume by element types:
  Triangle:           75.5934 cm^3

Aspect Ratio:
  Maximum   Average   Minimum
    10.86     2.04     1.16

Edge details:
  Free edges           0
  Manifold edges      65946
  Non-manifold edges  0

Orientation details:
  Elements not oriented  0

Intersection details:
  Element intersections  0
  Fully overlapping elements  0

Match percentage:
  Match percentage      86.3%
  Reciprocal percentage 88.1%

```

Obr. 62 Statistika sítě

Parametry:

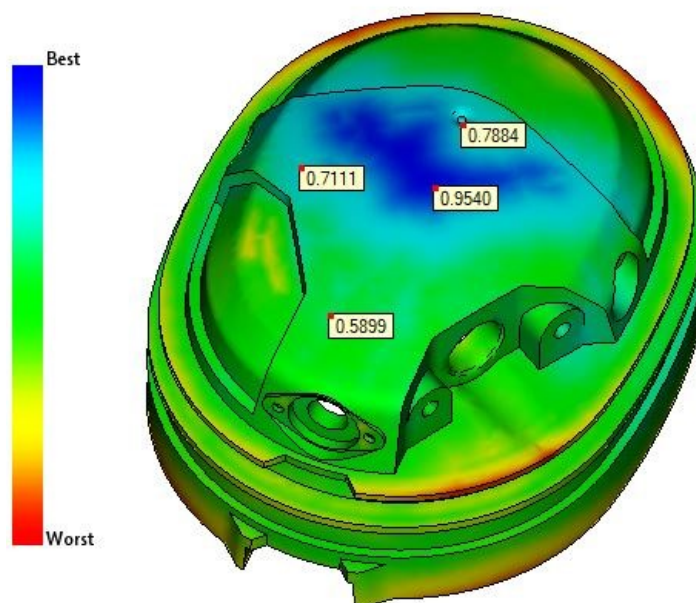
- Triangles – počet elementů (trojúhelníků)
- Nodes – počet uzlů
- Regions – počet dílů (vysíťovaných objektů)
- Area – plocha objektu/ů (obsah)
- Volume – objem objektu/ů
- Aspect Ratio – hodnotí rovnostrannost trojúhelníků
- Free edges – volné hrany – musí se rovnat nule
- Manifold edges – počet propojených hran – nerovná se nule
- Non – manifold edges – nepropojené hrany – musí se rovnat nule
- Elements not oriented – neorientované elementy – musí se rovnat nule
- Element intersections – protínající se elementy – musí se rovnat nule
- Fully overlapping elements: – překrývající se elementy – musí se rovnat nule
- Match percentage a Reciprocal lpercentage – popisují, jak spolu jednotlivé body reagují, hodnotí i kvalitu sítě a pokrytí modelu.



Obr. 63 Modely výrobku s upravenou sítí

## 10.2 Vhodnost umístění vtoku (Gating suitability)

Výsledkem této analýzy je zjištění nejvhodnějšího místa vtokového ústí. Ze stupnice lze vyčíst, že nejvhodnější místo je graficky znázorněno modrou barvou, naopak místo nejméně vhodné je graficky znázorněno červenou barvou. S ohledem na tvar dílu, jeho zaformování, bylo vtokové ústí umístěno do místa s 80 % vhodností.

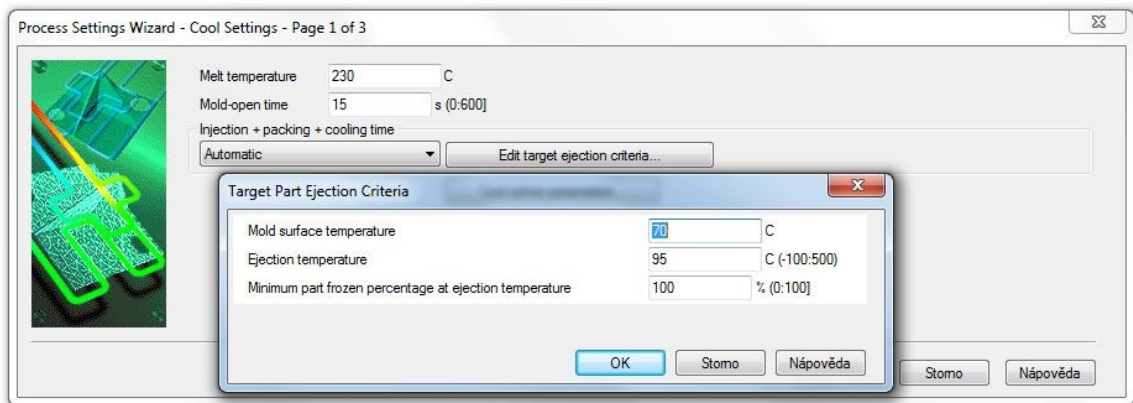


Obr. 64 Vhodnost umístění vtoku

### 10.3 Nastavení procesních podmínek

Dle zvoleného materiálu byly nastaveny okrajové podmínky, s cílem splnit základní podmínky vstřikovacího procesu a toku polymerní taveniny. V první části se nastavuje chlazení:

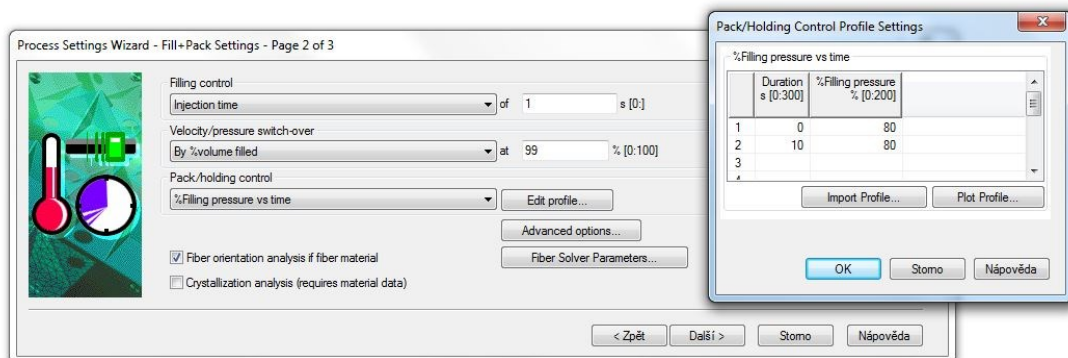
- teplota taveniny: 230 °C
- doba otevření vstřikovací formy: 5 s
- vstřík + dotlak + čas chlazení: Automatic
- teplota formy: 70 °C
- vyhazovací teplota: 95 °C



Obr. 65 Nastavení procesních podmínek (krok č. 1)

V druhé části se nastavují doplňující hodnoty pro plnění a dotlak – Fill + Pack setting:

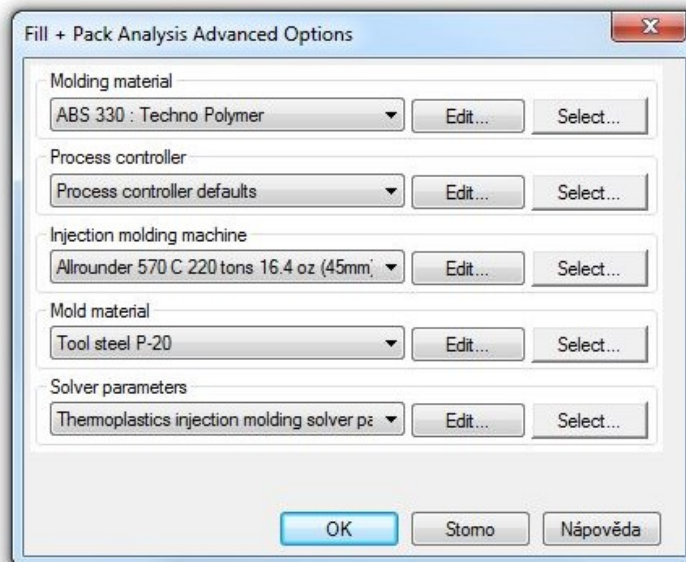
- čas plnění je 1s
- přepnutí na dotlak je při 99 % objemového zaplnění



Obr. 66 Nastavení procesních podmínek (krok č. 2)

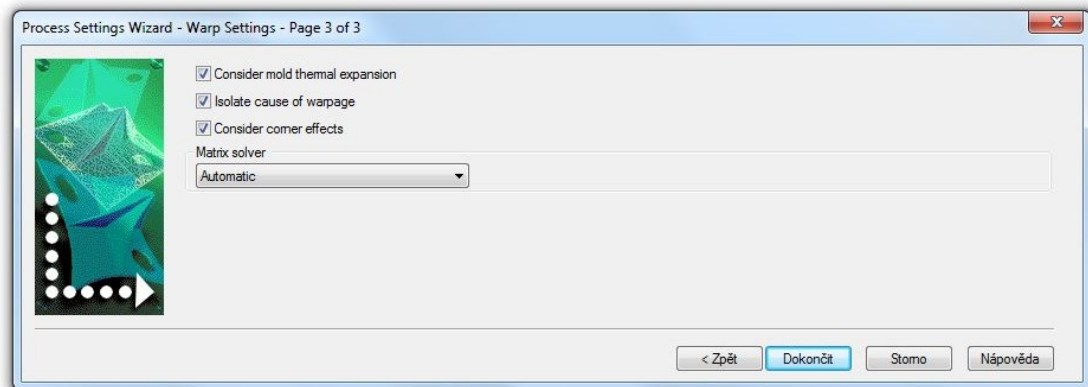


Parametry, které byly nastaveny v záložce advanced options: jsou vstřikovací stroj, počet iteračních kroků a zaškrtnutím položky nesmí být překročena maximální uzavírací síla vstřikovacího stroje.



Obr. 67 *Advanced options*

V posledním kroku nastavení byly označeny možnosti sledování teplotní roztažnosti vstřikovací formy a možnost izolovat příčiny deformace.



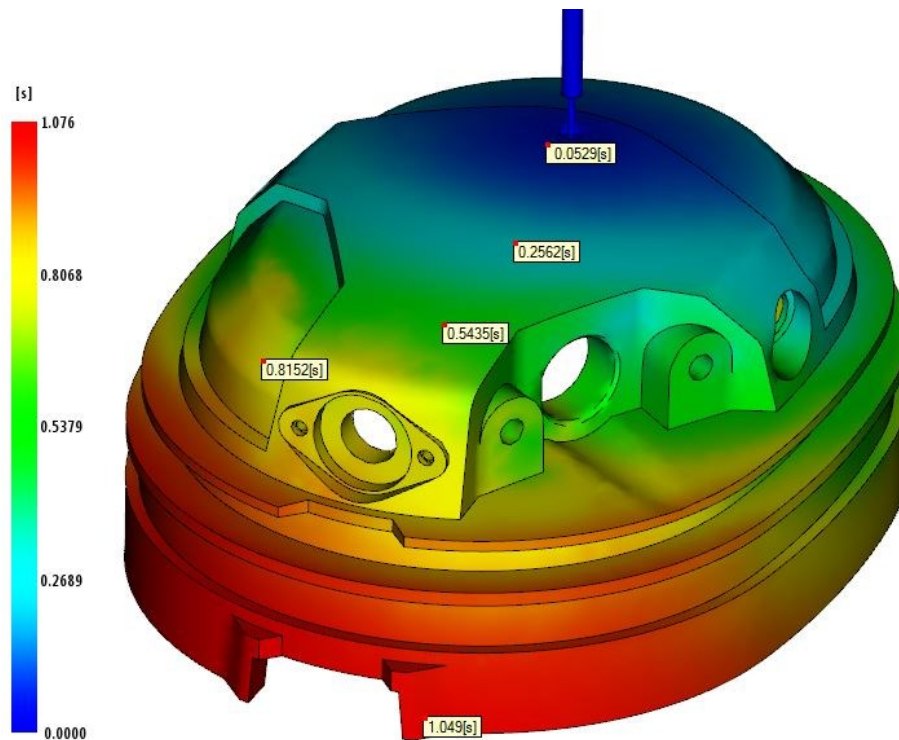
Obr. 68 *Nastavení procesních podmínek (krok č. 3)*

## 10.4 Výsledky analýzy plnění a dotlaku

Výsledky této analýzy popisují průběh plnění dutiny formy a průběh působení dotlaku.

### 10.4.1 Čas plnění (Fill time)

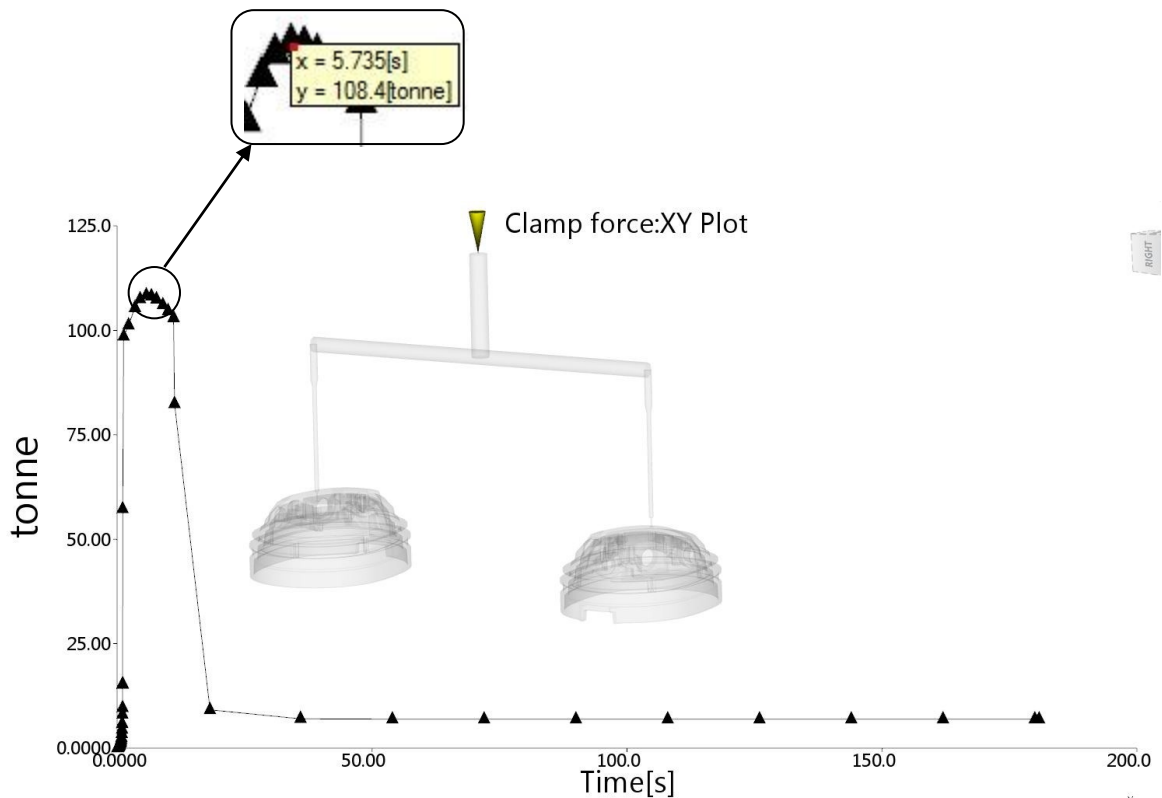
Výsledkem této analýzy je čas, za který se zaplní dutina formy. Na *obr. 69* je zobrazen výsledek této analýzy, na kterém lze vidět plnění dutiny v čase a zda je plnění rovnoměrné. Jestliže by vznikl problém se zatečením, byla by nutná úprava procesních podmínek (např. zvýšení teploty taveniny nebo zvýšit vstřikovací tlak). Čas, při kterém dojde úplnému zaplnění dutiny vstřikovací formy je 1,076 s.



*Obr. 69 Čas plnění*

### 10.4.2 Uzavírací síla (Clamp force)

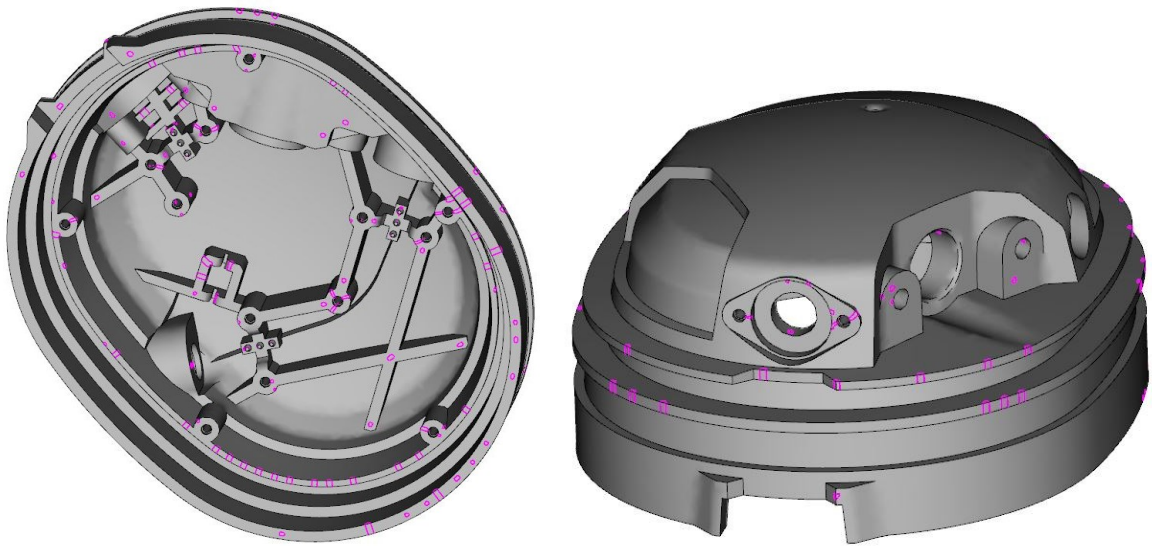
Velikost uzavírací síly je jeden ze základních parametrů potřebných pro správnou volbu vstřikovacího stroje. Největší velikost uzavírací síly dosáhne na konci plnicího cyklu pomocí tlaku. Zvolený vstřikovací stroj má velikost uzavírací síly 2 000 kN. Velikost uzavírací síly je přibližně 108,4 tun což je 1 084 kN.



Obr. 70 Průběh uzavírací síly

### 10.4.3 Vzduchové kapsy (Air traps)

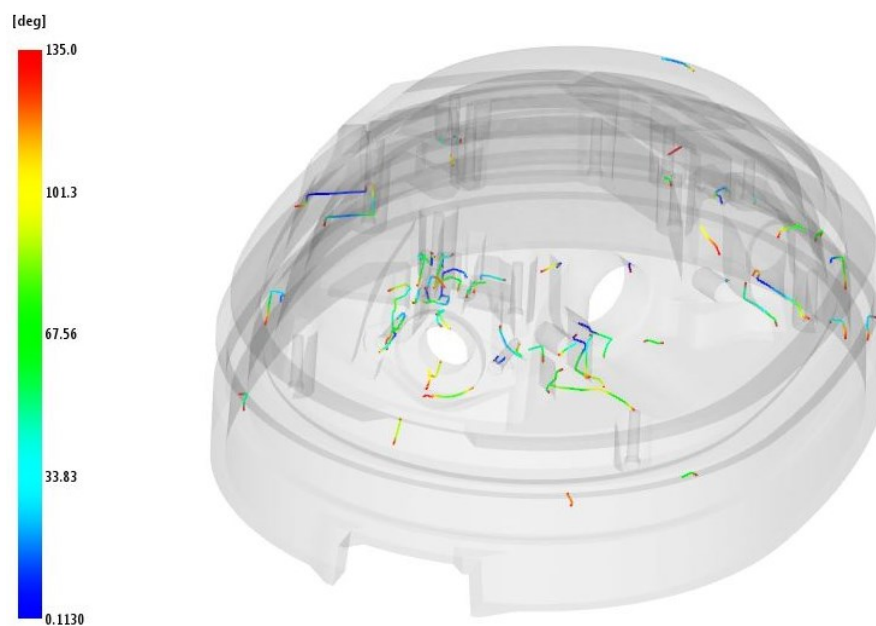
Z tohoto výsledku lze zjistit, v jakých místech na výrovku se budou vytvářet vzduchové kapsy. Hrozí zde vznik nežádoucího Dieslova efektu, při kterém dochází k prudkému stlačení vzduchu, zahřátí, které vede až ke spáleným místům na výrobku. Vzduchové kapsy jsou znázorněny růžovou barvou. Díky této analýze lze správně určit místa pro odvzdušnění. V tomto případě odvzdušnění nebylo řešeno a předpokládá se, že vzduch bude unikat přes dělicí roviny, vůlemi mezi posuvnými tvarovými čelistmi a také vůlemi mezi tvárníkem a vyhazovači.



Obr. 71 Vzduchové kapsy

#### 10.4.4 Studené spoje (Weld lines)

Výsledkem této analýzy jsou místa na výrobku, která obsahují studené spoje. Tato místa nejsou nijak pravidelná a nemají žádné uspořádání. Za vznikem těchto míst může být spojení dvou proudů (čel) taveniny, které mají za následek snížení mechanických vlastností výrobku a také horší vzhled výrobku. Za vznikem může být také nízká teplota formy, nízká teplota vstřikovaného materiálu, dlouhá dráha toku taveniny.



Obr. 72 Studené spoje

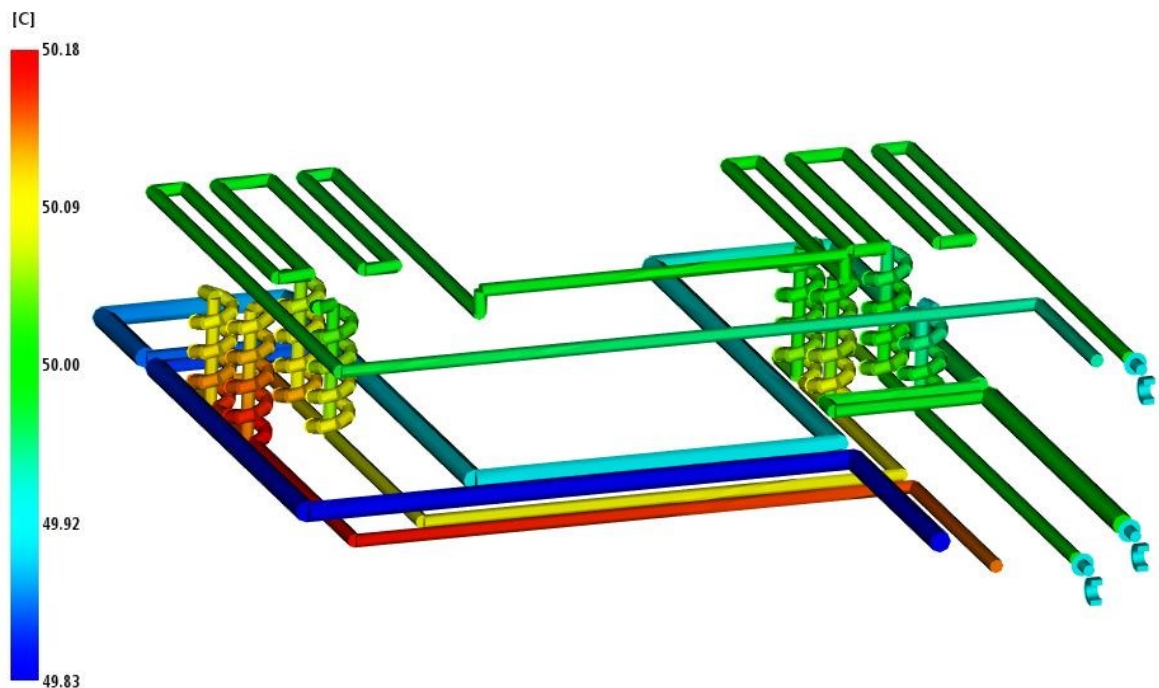
## 10.5 Výsledky analýzy teploty

Z výsledků této analýzy lze zjistit informace o teplotních změnách, které se udávají ve výrobku, vtokovém systému, temperačním systému a také formě.

### 10.5.1 Teplota v temperačním okruhu (Circuit coolant temperature)

Tyto výsledky informují o teplotách temperačního média, vstupujícího do temperačního systému vstřikovací formy. U temperačního média musí platit, že teplotní spád u vstupu a výstupu není větší jak 5 °C. Při nesplnění téhle podmínky, by se musela upravit samotná geometrie temperačního systému, teploty, nebo průtok temperačního média.

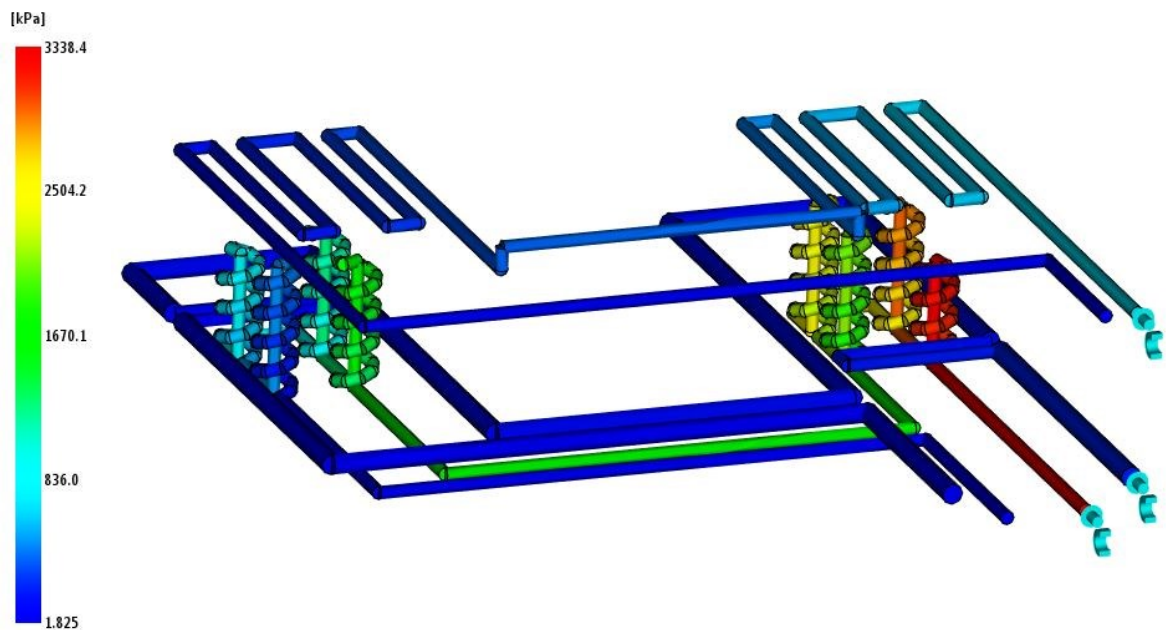
V tomhle případě podmínka platí, neboť rozdíl na vstupu a výstupu činí 0,35 °C.



Obr. 73 Teplota v temperačním okruhu

### 10.5.2 Tlak v temperačním okruhu (Circuit pressure)

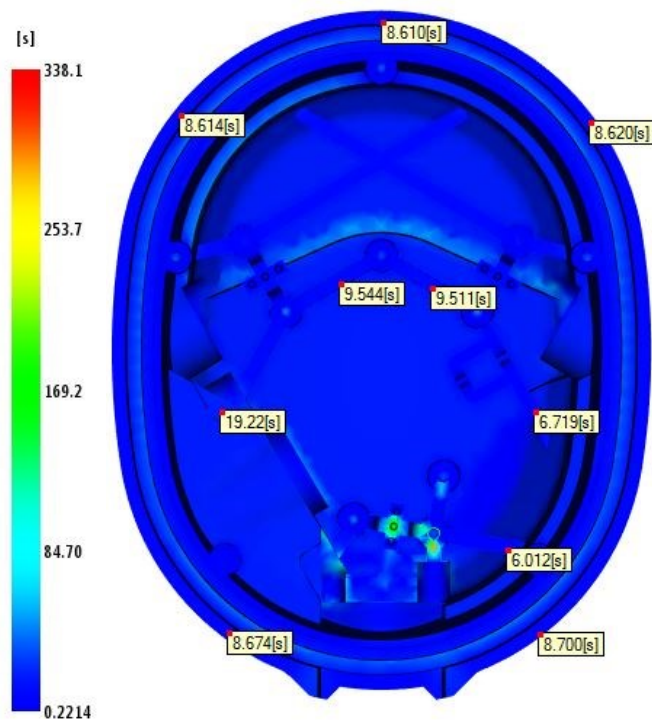
Na vstupu do vstřikovací formy má médium největší tlak. Tlak klesá s rostoucí délkou temperačního kanálu, nebo také se změnou průřezu temperačního kanálu. Cílem je, aby tlak temperačního média v žádném místě neklesl na nulovou hodnotu. Při dosažení této hodnoty, se v kanálu začnou tvořit mrtvá místa a přestalo by proudit temperační médium. Navržený temperační systém neobsahuje žádná mrtvá místa (místo s nulovým tlakem).



Obr. 74 Tlak v temperačním okruhu

### 10.5.3 Čas na dosáhnutí vyhazovací teploty výrobku (Time to reach ejection temperature – part)

K vyhození výstřiku dojde po ochlazení na vyhazovací teplotu, kterou má každý materiál jinou. Vyhazovací teplota je definovaná jako teplota, při které nedojde k deformaci při vyhození výrobku z formy. Nejvyšší čas při vyhazovací teplotě 95 °C je 338,1 s. Na obr. 75 jsou znázorněná místa s časem, které odpovídají místům vyhazovačů ve vstříkovací formě. Výstřik je tedy možné z formy vyhodit přibližně po 15 s.



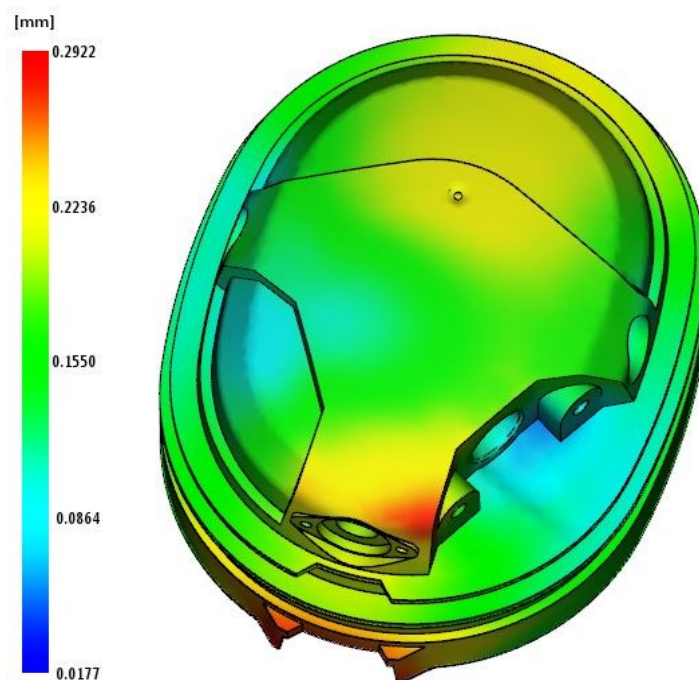
Obr. 75 Čas na dosáhnutí vyhazovací teploty výrobku

## 10.6 Výsledky analýzy smrštění a deformace

Výsledky této analýzy udávají velikost smrštění a deformace výrobku. Jedná se o změnu objemu během tuhnutí vstřikovaného výrobku a deformace, což je změna tvaru při zachování stejného objemu.

### 10.6.1 Celková deformace od všech efektů (Deflection all effects)

Výsledkem této analýzy je celková velikost vzniklé deformace na výrobku, způsobena všemi vlivy. Místa, u kterých je největší deformace, jsou zbarvena červenou barvou. Důvod vzniku deformace, která má velikost 0,3 mm, může být nepříliš vhodné navržení temperačního systému vstřikovací formy. Dalším z faktorů ovlivňující velikost deformace může být vysoká teplota formy, nebo špatné nastavení dotlakových fází.



Obr. 76 Celková deformace



## DISKUZE VÝSLEDKŮ

Cílem diplomové práce byl návrh vstřikovací formy pro výrobu zadaného plastového dílu. Zvolený díl je kryt sluchátka pro vojenský průmysl. Pro konstrukci dílu a vstřikovací formy byl zvolen program CATIA V5R19. Při návrhu vstřikovací formy bylo použito co největší množství normalizovaných dílů od firmy Hasco a Meusburger.

V první řadě bylo zapotřebí vytvořit 3D model zvoleného dílce. Následovala analýza vhodnosti umístění vtokového ústí (Gating suitability), podle které se odvíjela konstrukce a způsob zaformování dílce. Materiál vstřikovaného výrobku je ABS od firmy Techno Polymers označením ABS 330.

Navrhnutá vstřikovací forma je zkonstruována jako dvojnásobná s horkým vtokovým systémem. Pro horký vtokový systém byl použit rozvodný blok typu I, kdy na jeho koncích jsou umístěny horké trysky, které vedou přímo do dutiny formy a tím nevzniká žádný vtokový zbytek.

Pro vytvořený 3D model, byla zhotovena kopie a ta následně zvětšena o hodnotu smrštění daného materiálu (0,5%). Dle tohoto dílce byla následně vytvořena dutina z několika tvarových částí. Mezi tyto části patří tvárník, tvárnice a tvarová posuvná čelist A, B, C, D. Tvárník umístěn na levé straně a tvárnice umístěna na pravé straně formy jsou řešeny jako tvarové vložky. Všechny tvarové posuvné čelisti jsou umístěné na levé straně formy a jejich odformování je pomocí šikmých kolíků s kónickým nákrůžkem se sklonem 18 °.

Temperace vstřikovací formy je řešena pomocí třech samostatných temperačních okruhů. V pravé části formy se nachází jeden temperační okruh a zbylé dva jsou v levé části formy. Temperační kanály jsou všechny vrtané o průměru 6 a 9 mm. Temperace tvárníků je řešena pomocí čtyř jednochodých spirálových vložek a z důvodu minimálního místa pro temperaci v posuvných tvarových čelistech nebyl tento návrh uskutečněn.

Pro odformování každého dílu z dutiny vstřikovací formy slouží 10 válcových vyhazovačů. Čela všech vyhazovačů jsou upravena tak, aby kopírovala povrch tvárníku. Pohyb vyhazovacího systému je pomocí hydraulického systému vstřikovacího stroje přes táhlo.

Při návrhu vstřikovací formy odvzdušnění nebylo řešeno a předpokládá se, že vzduch se v dutině uzavírat nebude a bude moci unikat přes dělicí roviny, vůlemi mezi posuvnými tvarovými čelistmi nebo vůlí mezi tvárníkem a vyhazovači.

Pro přenos a umístění vstřikovací formy do rámu stroje je opatřena transportním můstkem a zámkem, který slouží proti otevření.

Po zkonstruování vstřikovací formy v programu Catia byla vytvořena geometrie vtokového a temperačního systému pro podrobení tokovou analýzou v programu Autodesk Moldflow Synergy 2016. Na základě výsledků z prvotní analýzy a parametrech zkonstruované vstřikovací formy mohl být zvolen vstřikovací stroj Arburg Allrounder 570C – 2000 – 800 (45).

Poté byly optimalizovány procesní parametry, jako je například teplota formy, teplota taveniny, teplota temperačního média, geometrie temperace.

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byl návrh vstřikovací formy, která se odvíjela od zvoleného dílu. Tento díl je součástí vojenských sluchátek a slouží jako kryt ostatních součástí.

Teoretická část diplomové práce pojednává o technologii vstřikování, popisuje jednotlivé zásady pro návrh výrobku a seznamuje s materiály používanými pro vstřikování.

Praktická část pojednává o konstrukčním návrhu vstřikovací formy pro zvolený díl v programu Catia V5R19. Následovalo ověření formy pomocí tokových analýz programu Moldflow Synergy 2016.

Dle zadání byla navrhována vstřikovací forma pro zvolený díl. Jako první byl vymodelován zvolený díl. Následovala volba materiálu, který byl vybrán z materiálové databáze programu Moldflow. Materiál dílu byl zvolen ABS od firmy Techno Polymer s označením ABS 330. Forma vstřikovaného dílu byla zkonstruována jako dvojnásobná s horkým vtokovým systémem. Zkonstruování dutin formy bylo hodně náročné jak časově, tak technologicky. Kromě hlavní dělicí roviny byly použity i čtyři vedlejší roviny, z důvodu odformování průchozích i neprůchozích děr a tvarově složitých částí. Řešení temperace vstřikovací formy byla složitější. Vzhledem k velikosti bočních tvarových čelistí. Navrhuto bylo pět temperačních okruhů, a díky výsledkům v programu Moldflow byly vybrány tři nejvhodnější. Po zhodnocení výsledků, boční tvarové čelisti temperovány nejsou, a to z důvodu, že velikost tvarových čelistí není dostatečná pro minimální velikost vrtaných kanálů.

Dalším krokem v praktické části bylo ověření vstřikovací formy tokovou analýzou v programu Moldflow. Prvotní analýza vypomohla ke správnému zvolení vstřikovacího stroje. Pro získání finální analýzy, musely být procesní parametry několikrát změněny. Výsledky této analýzy potvrzují, že návrh vstřikovací formy je vytvořen tak, že tavenina nevykazuje žádné chyby. Temperační kanály dostatečně ochladí taveninu. Podrobnější popis výsledků analýzy je popsán v druhé polovině praktické části.

Poslední částí bylo z 3D sestavy vstřikovací formy vytvořit 2D řez sestavou vstřikovací formy a vytvoření kusovníku.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: I.díl – Vstřikování termoplastů*. 2. vydání – Brno: Uniplast, 1999. 134s.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: II.díl – Vstřikování termoplastů*. 1. vydání – Brno: Uniplast, 1999. 214s.
- [3] ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce vylisků z plastů a forem pro zpracování plastů: polymery*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 230, 28 s. ISBN 978-80-7204-833-5.
- [4] VLČEK, Jiří; MAŇAS, Miroslav. *Aplikovaná reologie*. 1. vydání – Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2001. 144s. ISBN 8073180391.
- [5] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. 1. vydání – Praha: BEN – technická literatura, 2009, 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [6] GOODSHIP, V.; *Practical Guide to Injection Moulding*, Rapra Technology and Arburg 2004, 4 – 5 p. ISBN 1-85957-444-0
- [7] LENFELD, Petr. *Technologie II: Zpracování plastů*, TU Liberec – Fakulta strojní. [online]. [cit. 2018.1.3] Dostupné z WWW: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/uvod.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/uvod.htm)
- [8] STANĚK, Michal. *Konstrukce forem (přednášky)*. Zlín: UTB ve Zlíně. 2015
- [9] BENÍČEK, Lubomír. *Plastikářská technologie (přednášky)*. Zlín: UTB ve Zlíně. 2016
- [10] *Odbor technologie tváření kovů a plastů: FSI*, VUT v Brně. [online]. [cit. 2018.2.15] Dostupné z WWW: [http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn\\_\\_tvareci\\_nastroje\\_vstrikovaci\\_formy\\_\\_zak.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn__tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy__zak.pdf)
- [11] LENFELD, Petr. *Technologie vstřikování* [online]. [cit. 2018.2.20] Dostupné z WWW: <https://publi.cz/books/184/Cover.html>
- [12] LANXESS Inc. *Engineering Plastics: Part and Mold Design*. [online]. [cit. 2018.2.20] 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)

- [13] ORYCON EU [online]. [cit. 2018.2.5] Dostupné z WWW: <http://www.oryconeurope.com/>
- [14] NÁVOJ, O. Diplomová práce: *Konstrukce vstřikovací formy pro interiérový plastový díl automobilu včetně simulací*. 1. vydání. Zlín: 2014. 84s.
- [15] HYNEK, M. *Studené a horké vtokové systémy*. Západočeská Univerzita v Plzni – Fakulta strojní [online]. [cit. 2018.2.5] Dostupné z WWW: [https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05\\_publicace/KA05\\_Studene\\_a\\_zive\\_vtokove\\_systemy.pdf](https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf)
- [16] *HASCO katalog* [online]. [cit. 2018.2.5] Dostupné z WWW: <https://www.hasco.com/>
- [17] SKLÁŘ, M. Diplomová práce: *Konstrukční návrh vstřikovací formy pro výrobu rychlovarné konvice*. 1. vydání. Zlín: 2015. 107s.
- [18] JURÁŇ, M. Bakalářská práce: *Konstrukční návrh vstřikovací formy pro výrobu ventilu topení*. 1. vydání Zlín: 2016. 63s.
- [19] *Tváření plastů a výroba forem II*. [online]. [cit. 05.02.2018] Dostupné z WWW: <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/>
- [20] BEAUMONT P. John. *Successful Injection Molding: Process, Design, and Simulation*. Munich: Hanser Publisher, 2002. 362 p. ISBN 3-446-19433-9.
- [21] CUSTOMPART [online] [cit. 11.02.2018]. Dostupné z WWW: <http://www.custompartnet.com/wu/InjectionMolding>
- [22] SMARTPLAST s.r.o. [online]. [cit. 05.02.2018] Dostupné z WWW: <http://www.smartplast.cz/ami.php>
- [23] OBI - vše pro byt, dům, stavbu a zahradu [online]. [cit. 05.02.2018] Dostupné z WWW: <https://www.obiczech.cz/systemy-na-studenou-vodu/dvojita-vsuvka-z-plastu-vnejsi-zavit-26-4-mm-r3-4-x-vnitri-zavit-24-1-mm-rp3-4-/p/4922696>
- [24] *Hasco katalog* [online]. [cit. 20.03.2018] Dostupné z WWW: <https://www.hasco.com/>
- [25] *Meusburger katalog* [online]. [cit. 20.03.2018] Dostupné z WWW: <https://www.meusburger.com/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PA	Polyamid
PC	Polykarbonát
PS	Polystyren
PMMA	Polymethylmetakrylát
PVC	Polyvinylchlorid
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
POM	Polyoxymethylen
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
$T_m$	Teplota tání
$T_f$	Teplota vizkozního toku
$T_g$	Teplota skelného přechodu
GIT	Vstřikování plastů s podporou plynu
WIT	Vstřikování plastů s podporou vody
R	Poloměr
s	Tloušťka stěny
mm	Milimetr
$\text{cm}^3$	Centimetr krychlový
kN	KiloNewton
Pa	Procento
MPa	Dvourozměrný prostor
$\text{s}^{-1}$	Reciproká sekunda
°	Stupeň
'	Minuta

---

g	Gram
°C	Stupeň Celsia
ČR	Česká Republika
SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
%	Procento
2D	Dvourozměrný prostor
3D	Trojrozměrný prostor
CAD	Počítačem podporované navrhování
CAM	Počítačem podporovaná výroba
CAE	Počítačem podporované konstruování
ČSN	Česká technická norma
HDR	Hlavní dělicí rovina
VDR	Vedlejší dělicí rovina

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Vstřikovací cyklus [18]</i> .....	14
<i>Obr. 2 Průběh tlaku a teploty polymeru ve formě během vstřikovacího cyklu</i> .....	15
<i>Obr. 3 Průběh tlaku v dutině formy v pvT diagramu [8]</i> .....	16
<i>Obr. 4 Vstřikovací stroj [21]</i> .....	16
<i>Obr. 5 Vstřikovací jednotka [21]</i> .....	17
<i>Obr. 6 Uzavírací jednotka</i> .....	18
<i>Obr. 7 Oblast použití amorfních plastů [18]</i> .....	20
<i>Obr. 8 Oblast použití semikrystalických plastů [18]</i> .....	20
<i>Obr. 9 a) špatná konstrukce výstřiku (tlusté stěny) b) správná konstrukce výstřiku (odlehčení) [1]</i> .....	22
<i>Obr. 10 Různé uspořádání žeber</i> .....	24
<i>Obr. 11 Vznik propadliny na protilehlé straně žebra</i> .....	25
<i>Obr. 12 Jednotlivé druhy rýhování a tvary ovládacích prvků</i> .....	25
<i>Obr. 13 Závity na výrobku [17,23]</i> .....	26
<i>Obr. 14 Druhy použití nápisů [17]</i> .....	26
<i>Obr. 15 Vstřikovací forma v řezu [21]</i> .....	27
<i>Obr. 16 Návrh hlavní a vedlejší dělicí roviny</i> .....	29
<i>Obr. 17 Závislost velikosti smrštění na důležitých činitelích [1]</i> .....	30
<i>Obr. 18 Schéma studeného vtoku [12]</i> .....	31
<i>Obr. 19 Vtoková vložka HASCO Z51 [16]</i> .....	32
<i>Obr. 20 Příklady průřezů rozvodného kanálu [12]</i> .....	33
<i>Obr. 21 Příklady rozvodných kanálů u vícenásobných forem [14]</i> .....	33
<i>Obr. 22 Druhy vtokových ústí</i> .....	35
<i>Obr. 23 Jednotlivé druhy rozvodných bloků [16]</i> .....	36
<i>Obr. 24 Jednotlivé druhy vyhřívání trysek [16]</i> .....	37
<i>Obr. 25 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků [12]</i> .....	39
<i>Obr. 26 Vyhazování pomocí stírací desky [12]</i> .....	40
<i>Obr. 27 Vyhazování pomocí trubkového vyhazovače [12]</i> .....	40
<i>Obr. 28 Šikmé vyhazovače [12]</i> .....	41
<i>Obr. 29 Šikmé vyhazovače řízené pružinou [12]</i> .....	41
<i>Obr. 30 Postupné vyhazování [15]</i> .....	42
<i>Obr. 31 Vzduchové vyhazování [12]</i> .....	43



<i>Obr. 32</i> <i>Hydraulická uzavírací jednotka</i> .....	43
<i>Obr. 33</i> <i>Schéma ploché přepážky</i> .....	45
<i>Obr. 34</i> <i>Schéma spirálové přepážky</i> .....	46
<i>Obr. 35</i> <i>Schéma systému fontánek</i> .....	47
<i>Obr. 36</i> <i>Schéma systému contura</i> .....	48
<i>Obr. 37</i> <i>Princip tepelné trubice</i> .....	49
<i>Obr. 38</i> <i>Schéma tepelné trubice</i> .....	50
<i>Obr. 39</i> <i>Doporučená konstrukce odvodušňovacího kanálu [11]</i> .....	51
<i>Obr. 40</i> <i>Umístění odvodušňovacích kanálů [11]</i> .....	53
<i>Obr. 41</i> <i>Zadaný model výrobku</i> .....	59
<i>Obr. 42</i> <i>Vstřikovací stroj Arburg Allroad 570 C</i> .....	61
<i>Obr. 43</i> <i>Násobnost vstřikovací formy</i> .....	62
<i>Obr. 44</i> <i>Poloha hlavní a vedlejších dělicích rovin</i> .....	63
<i>Obr. 45</i> <i>Tvarové části s výstřikem</i> .....	64
<i>Obr. 46</i> <i>Tvarové dutiny – tvárník, tvárnice</i> .....	65
<i>Obr. 47</i> <i>Posuvné tvarové čelisti</i> .....	65
<i>Obr. 48</i> <i>Posuvné tvarové čelisti</i> .....	66
<i>Obr. 49</i> <i>Horký vtokový systém</i> .....	66
<i>Obr. 50</i> <i>Temperace pravé části formy</i> .....	67
<i>Obr. 51</i> <i>Temperace tvárnice</i> .....	68
<i>Obr. 52</i> <i>Temperace tvárníku</i> .....	68
<i>Obr. 53</i> <i>Temperace levé části formy</i> .....	69
<i>Obr. 54</i> <i>Vyhazovací systém vstřikovací formy</i> .....	70
<i>Obr. 55</i> <i>Odformovací systém vstřikovací formy</i> .....	71
<i>Obr. 56</i> <i>Odformování posuvné tvarové čelisti typu C</i> .....	72
<i>Obr. 57</i> <i>Detail zajištění konečné polohy tvarové čelisti</i> .....	72
<i>Obr. 58</i> <i>Vodící a středící členy</i> .....	73
<i>Obr. 59</i> <i>Vstřikovací (pravá) část vstřikovací formy</i> .....	74
<i>Obr. 60</i> <i>Vyhazovací (levá) část vstřikovací formy</i> .....	75
<i>Obr. 61</i> <i>Nosné a pojistné prvky formy</i> .....	76
<i>Obr. 62</i> <i>Statistika sítě</i> .....	78
<i>Obr. 63</i> <i>Modely výrobku s upravenou sítí</i> .....	79
<i>Obr. 64</i> <i>Vhodnost umístění vtoku</i> .....	79

---

Obr. 65 Nastavení procesních podmínek (krok č. 1).....	80
Obr. 66 Nastavení procesních podmínek (krok č. 2) .....	80
Obr. 67 Advanced options.....	81
Obr. 68 Nastavení procesních podmínek (krok č. 3).....	81
Obr. 69 Čas plnění.....	82
Obr. 70 Průběh uzavírací síly.....	83
Obr. 71 Vzduchové kapsy.....	84
Obr. 72 Studené spoje .....	84
Obr. 73 Teplota v temperačním okruhu.....	85
Obr. 74 Tlak v temperačním okruhu .....	86
Obr. 75 Čas na dosažení vyhazovací teploty výrobku .....	87
Obr. 76 Celková deformace .....	88

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 Zaoblení hran a rohů [1]</i> .....	23
<i>Tab. 2 Doporučená velikost úkosů [1]</i> .....	23
<i>Tab. 3 Velikost smrštění pro vybrané materiály [11]</i> .....	30
<i>Tab. 4 Doporučené šířky odvzdušňovacích kanálů dle typu plastu [2,11]</i> .....	52
<i>Tab. 5 Přehled použití konstrukčních ocelí [2]</i> .....	54
<i>Tab. 6 Přehled použití nástrojových ocelí [19]</i> .....	55
<i>Tab. 7 Doporučené procesní parametry materiálu ABS</i> .....	60
<i>Tab. 8 Srovnání požadovaných parametrů a parametrů stroje</i> .....	61

## SEZNAM PŘÍLOH

P I Technické parametry vstřikovacího stroje Arburg Allrounder 570C

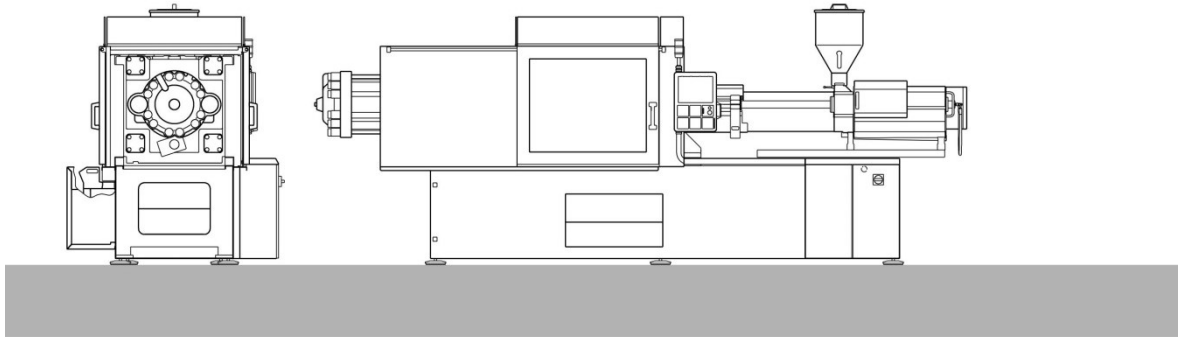
P II Výkresová dokumentace:

- Sestava vstřikovací formy
- Pohled do pravé a levé části vstřikovací formy
- kusovník

P III DVD obsahující:

- Diplomovou práci
- Model zadaného dílce
- Model navrhnuté vstřikovací formy
- Tokové analýzy
- Výkresová dokumentace

# PŘÍLOHA P I: TECHNICKÉ PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE ARBURG ALLROUNDER 570C



## ALLROUNDER 570 C GOLDEN EDITION

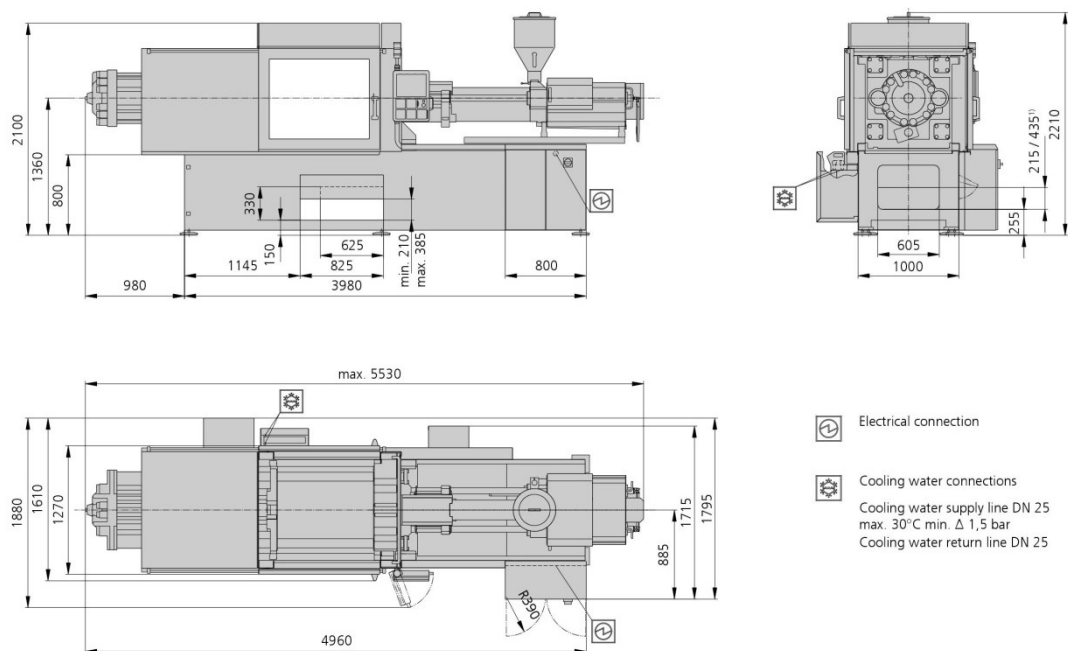
Tie bar distance: 570 x 570 mm

Clamping force: 2000 kN

Injection unit (according to EUROMAP): 800

570 C GOLDEN EDITION |

Machine dimensions



<b>Machine model</b>		<b>570 C GOLDEN EDITION</b>
EUROMAP size indication <sup>1)</sup>		2000-800
<b>Clamping unit</b>		
Clamping force	max. kN	2000
Closing force	max. kN	70
Opening force / increased	max. kN	50 / 520
Opening stroke	max. mm	650
Mould height	min. mm	300
Daylight	max. mm	950
Distance between tie bars	mm	570 x 570
Platen size (hor. x vert.)	mm	795 x 795
Weight of mov. mould half	max. kg	1500
Ejector force	max. kN	66
Ejector stroke	max. mm	225
<b>Hydraulics, drive, general</b>		
Drive power of the hydraulic pump	kW	22
Dry cycle time for opening stroke <sup>3)</sup>	s-mm	2,6-399
Total connected load <sup>2)</sup>	kW	44,4
Colour: plastic coated, structure light grey / mint green / canary yellow		
<b>Control cabinet</b>		
Safety standard according to		DIN EN 60204
Socket combination (1 single phase, 1 three-phase)		1 x 16 A
<b>Injection unit</b>		
		800
Screw diameter	mm	45 / 50 / 55
Effective screw length	L/D	22 / 20 / 18
Screw stroke	max. mm	200
Calculated injection volume	max. cm <sup>3</sup>	318 / 392 / 474
Shot weight	max. g PS	291 / 359 / 434
Material throughput <sup>4)</sup>	max. kg/h PS	46 / 53 / 59
	max. kg/h PA 6.6	23 / 27 / 30
Injection pressure <sup>2)</sup>	max. bar	2470 / 2000 / 1650
Injection flow <sup>3)</sup>	max. cm <sup>3</sup> /s	174 / 214 / 260
Back pressure positive / negative	max. bar	350 / 190
Circumferential screw speed	max. m/min	54 / 60 / 66
Screw torque	max. Nm	880 / 880 / 880
Nozzle contact force	max. kN	70
Nozzle retraction stroke	max. mm	400
Installed cylinder heating power / heating zones	kW	19,3 / 7
Installed nozzle heating power	kW	0,6
Material hopper capacity	l	50
<b>Machine dimensions and weights of the basic machine</b>		
Oil capacity	l	290
Net weight	kg	7450
Electrical connection (pre-fused) <sup>5)</sup>	A	100

1) 1st figure: clamping force (kN), 2nd figure: max. dosage volume (cm<sup>3</sup>) x max. injection pressure (kbar)

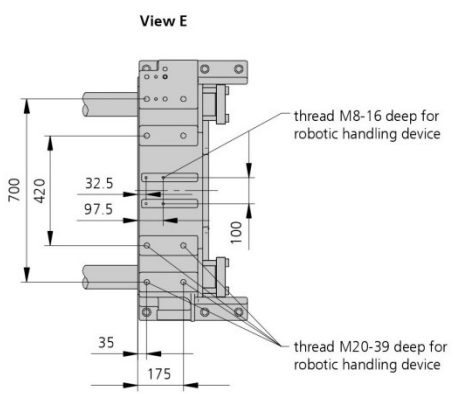
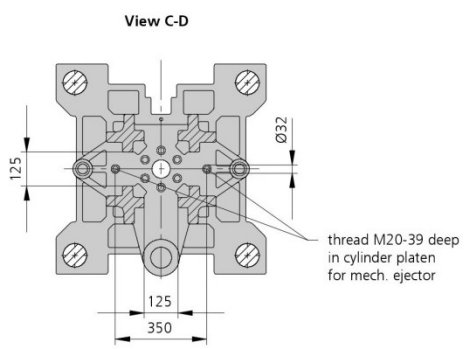
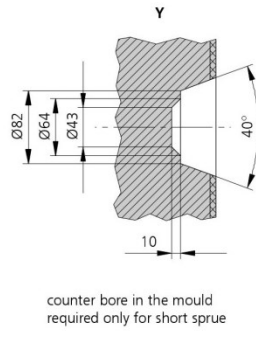
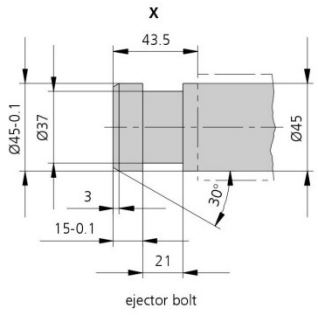
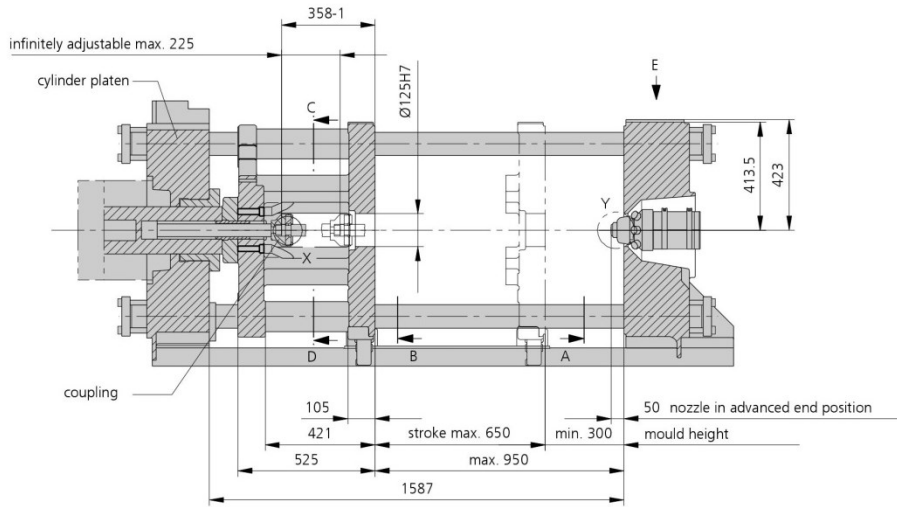
2) Values refer to 400 V/50 Hz. The load is symmetrically distributed on three phases (observe phase loading when installing new equipment)

3) A combination of max. injection pressure and max injection flow (max. injection capacity) can be mutually exclusive, depending on the equipment-related motor output

4) Deviations are possible depending upon process settings and material type

5) According to EUROMAP

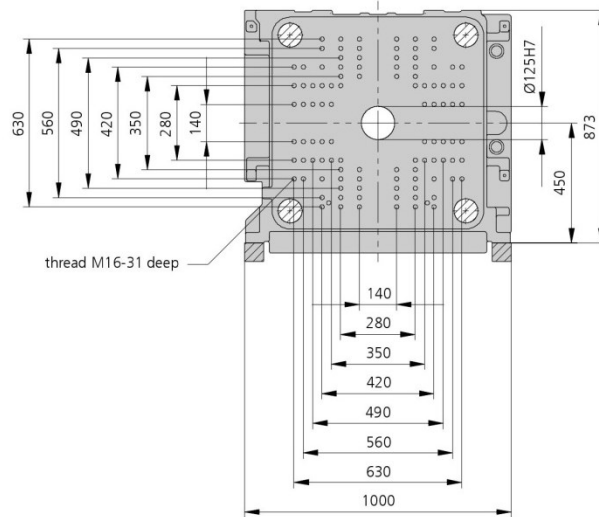
These technical data specifications refer to the state at the time of printing. We reserve the right to modify specifications in the interest of a continuous program of further development.



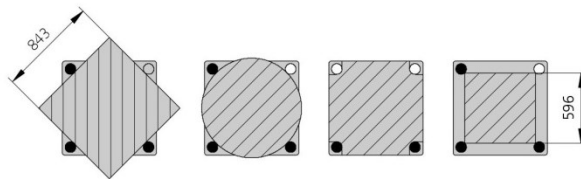
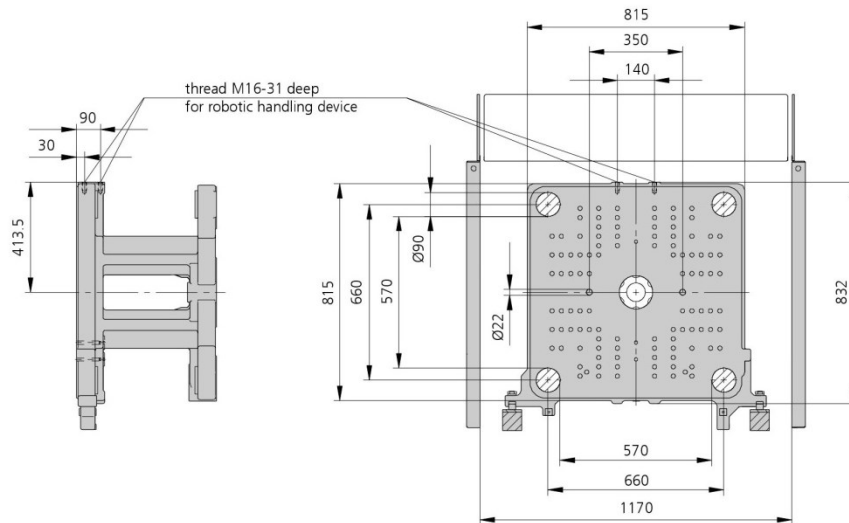
# Mould and platen layout

# 570 C GOLDEN EDITION

Fixed platen  
View A



Movable platen  
View B



Useable mounting surface with tie bars removed



**Maximum theoretical shot weights for the most important injection moulding materials (in grams)**

Injection units according to EUROMAP		800		
Screw diameter	mm	45	50	55
Polystyrene	PS	291	359	434
Styrene heteropolymerizates	SB	284	350	424
	SAN, ABS <sup>1)</sup>	278	344	416
Cellulose acetate	CA <sup>1)</sup>	327	404	488
Celluloseacetobutyrate	CAB <sup>1)</sup>	304	375	454
Polymethyl methacrylate	PMMA	300	371	449
Polyphenylene ether, mod.	PPE	270	333	403
Polycarbonate	PC	305	377	456
Polysulphone	PSU	316	390	471
Polyamides	PA 6.6, PA 6 <sup>1)</sup>	289	357	431
	PA 6.10, PA 11 <sup>1)</sup>	270	333	403
Polyoximethylene (Polyacetal)	POM	359	443	536
Polyethylene terephthalate	PET	346	427	517
Polyethylene	PE-LD	219	271	328
	PE-HD	227	280	339
Polypropylene	PP	232	286	346
Fluoropolymerides	FEP, PFA, PCTFE <sup>1)</sup>	465	574	695
	ETFE	408	504	609
Polyvinyl chloride	PVC-U	351	434	525
	PVC-P <sup>1)</sup>	324	401	485

1) average value

**ARBURG GmbH + Co KG**

Postfach 11 09 · 72286 Lossburg · Tel.: +49(0)7446 33-0 · Fax: +49(0)7446 33-3365 · www.arburg.com · e-mail: contact@arburg.com

**With locations in Europe:** Germany, Belgium, Denmark, France, United Kingdom, Italy, Netherlands, Austria, Poland, Switzerland, Slovakia, Spain, Czech Republic, Turkey, Hungary | **Asia:** People's Republic of China, Indonesia, Malaysia, Singapore, Thailand, United Arab Emirates | **America:** Brazil, Mexico, USA  
For more information, please go to [www.arburg.com](http://www.arburg.com).

© 2013 ARBURG GmbH + Co KG

The brochure is protected by copyright. Any utilisation, which is not expressly permitted under copyright legislation, requires the previous approval of ARBURG.

All data and technical information have been compiled with great care. However, we are unable to guarantee its correctness. Individual illustrations and information may deviate from the actual delivery condition of the machine. The relevant valid operating instructions are applicable for the installation and operation of the machine.

**ARBURG GmbH + Co KG**

DIN EN ISO 9001 + 14001 + 50001 certified

