

# Návrh formy na výrobu plastového konektoru

Bc. Lukáš Kandrata

---

Diplomová práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš Kandrata**  
Osobní číslo: **T13497**  
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Řízení jakosti**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstříkovací formy pro plastový konektor**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Vyhotovte 3D model vstříkovaného dílu.
3. Navrhněte vstříkovací formu pro zadaný díl.
4. Proveďte namátkovou kontrolu rozměrů vyrobeného dílu.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle zadání vedoucího DP.**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Adam Škrobák**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**30. ledna 2015**

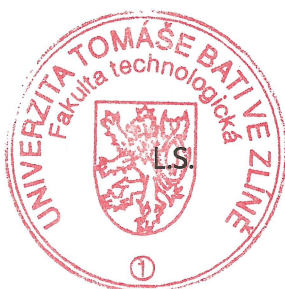
Termín odevzdání diplomové práce:

**13. května 2015**

Ve Zlíně dne 30. ledna 2015

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.

*děkan*



  
prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.

*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu 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 ..... 13.5.2015

..... Kunderata Lukáš

<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 nevydělečně 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 nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

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

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



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

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Cílem této diplomové práce je, vytvořit návrh formy výrobku, který se používá v elektrotechnickém průmyslu. Návrh je zpracováván pro firmu Tesla Jihlava s.r.o. a pro firmu Nexnet a.s. V teoretické části se je obecně popsána problematika a zásady konstrukce vstříkovací formy. V praktické části se práce zabývá vlastní konstrukcí formy ve 3D v programu VISI 20. V návrhu byly použity polotovary z katalogu Meusburger.

Klíčová slova: Vstřikování, vstříkovací stroj, polymer, konstrukční návrh, konstrukce formy

## **ABSTRACT**

The aim of this diploma work is create construct design a draft form of the product, whis is used in the electro-technical industry. The proposal isprocessing for Tesla Jihlava s.r.o. and for company Nexnet a.s. At the theoretic part is generally described problems and principlesof design of injection mold. At the practical part of the thesis deals with design of the mold in 3D program VISI 20. In the draft were used Meusburger semi-finished products from the catalog.

Keywords: Injection mold, injection machine, polymer, design injection mold

Velmi rád bych poděkoval mému vedoucímu diplomové práce Ing. Adamu Škrobákovi za vedení diplomové práce a za cenné připomínky, čas a úsilí, které mi musel věnovat. Dále bych chtěl poděkovat kolektivu firmy Nexnet a.s. jmenovitě Martinu Ševčíkovi za odborné rady a připomínky.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/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 POLYMERNÍ MATERIÁLY</b> .....	<b>13</b>
1.1 DĚLENÍ POLYMERŮ.....	13
1.1.1 Termoplasty.....	15
1.2 VLASTNOSTI POLYMERŮ.....	16
1.2.1 Mechanické vlastnosti.....	17
1.2.2 Tepelné a termodynamické vlastnosti.....	18
1.3 VLASTNOSTI POLYKARBONÁTU.....	18
1.4 PŘÍPRAVA MATERIÁLU .....	20
1.4.1 Sušení granulátu .....	20
1.4.2 Recyklace plastů.....	21
1.4.3 Barvení polymeru.....	21
<b>2 VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>22</b>
2.1 PRINCIPY VSTŘIKOVÁNÍ.....	22
2.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	22
2.3 PVT DIAGRAM .....	23
2.4 TVÁŘECÍ DIAGRAM - PROCESNÍ OKNO.....	24
2.5 ANIZOTROPIE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ.....	25
2.5.1 Orientace vláken u termoplastických výrobků.....	25
2.5.2 Vliv vstřikování na velikost vláken.....	26
2.5.3 Deformace .....	26
<b>3 VSTŘIKOVACÍ STROJE</b> .....	<b>28</b>
3.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA .....	29
3.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	30
3.3 OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....	31
<b>4 FORMA</b> .....	<b>33</b>
4.1 VTKOVÉ SYSTÉMY .....	34
4.1.1 Horký vtokový systém .....	37
4.1.2 Studený vtokový systém .....	37
4.2 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY.....	39
4.2.1 Vyhazování vtokového zbytku.....	40
4.2.2 Vyhazovací kolíky .....	41
4.2.3 Stírací deska .....	41
4.2.4 Šikmé vyhazovače.....	41
4.3 TEMPERACE FOREM.....	42
4.4 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	44
4.5 MATERIÁLY PRO VÝROBU FOREM.....	45
<b>5 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK</b> .....	<b>46</b>

5.1	MATERIÁLY PRO VSTŘIKOVÁNÍ .....	46
5.2	KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ .....	46
5.2.1	Tloušťka stěny .....	47
5.2.2	Rohy, hrany a zaoblení .....	47
5.2.3	Žebra .....	47
5.2.4	Nálitky .....	48
5.2.5	Úkoso, podkoso, otvory .....	49
5.3	VADY VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ .....	50
	Barevné pruhy .....	50
	Bubliny, vzduchové kapsy a lunkry .....	50
	Černé skvrny a zdegenerovaný materiál .....	51
	Deformace .....	51
	Delaminace, puchýře a pukliny na povrchu .....	51
	Stříbrné pruty .....	52
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>POUŽITÉ PROGRAMY .....</b>	<b>55</b>
7.1	VISI 20 .....	55
<b>8</b>	<b>SPECIFIKACE VÝROBKU .....</b>	<b>56</b>
8.1	ZADANÝ VÝROBEK .....	56
8.2	URČENÝ MATERIÁL .....	57
<b>9</b>	<b>ANALÝZY VÝROBKU .....</b>	<b>58</b>
9.1	UMÍSTĚNÍ VTOKU .....	58
<b>10</b>	<b>NÁVR ČTYŘ-NÁSOBNÉ FORMY .....</b>	<b>63</b>
10.1	UMÍSTĚNÍ VÝSTŘIKU DO FORMY .....	63
10.1.1	Horní tvarová vložka .....	63
10.1.2	Spodní tvarová vložka .....	64
10.1.3	Jádra .....	65
10.1.4	Posuvné čelisti .....	66
10.2	VTOKOVÝ SYSTÉM .....	68
10.3	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY .....	70
10.4	TEMPERAČNÍ SYSTÉM .....	71
10.5	VYHAZOVÁNÍ .....	74
10.6	KONSTRUKCE RÁMU .....	76
<b>11</b>	<b>KONTRALA HODNOT .....</b>	<b>79</b>
11.1	NAMĚŘENÁ ROZMĚRŮ .....	80
11.1.1	Kontrola prvního rozměru .....	80
11.1.2	Kontrola druhého rozměru .....	81
11.1.3	Kontrola třetího rozměru .....	82
11.1.4	Kontrola čtvrtého rozměru .....	83
11.1.5	Kontrola pátého rozměru .....	84
11.1.6	Kontrola šestého rozměru .....	85
11.1.7	Kontrola sedmého rozměru .....	87
11.2	DISKUZE VÝSLEDKŮ .....	88
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>89</b>

<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>91</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>93</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>94</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>97</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>98</b>



## ÚVOD

Metoda vstřikování polymerních materiálů získává stále větší podíl při výrobě komponentů. Samotné polymerní materiály nahrazují velkou škálu doposud používaných materiálů, jako je například ocel nebo sklo. Díky velkému množství druhů polymerů se nám otevírají dveře pro nahrazení různých materiálů, a to hlavně vlivem mechanických, fyzikálních i chemických vlastností jednotlivých polymerů. U těchto materiálů jsme docílili požadovaných vlastností, které u jiných materiálů jen těžce dosáhneme, nebo u některých, jako jsou přírodní materiály, ani nemůžeme dosáhnout.

Polymerní materiály se vyznačují dobrou zpracovatelností a díky tomu se dají použít v různých průmyslových odvětvích a dají se zpracovat mnoha technologiemi. Tato diplomová práce se zabývá konkrétní technologií vstřikování, která je v současnosti jednou z nejvyužívanějších technologií.

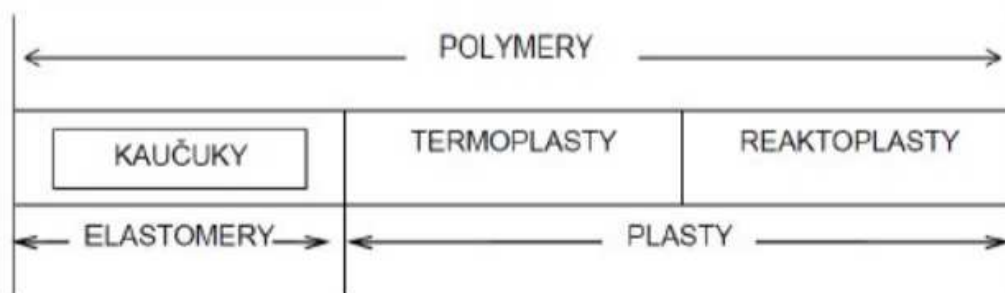
Princip technologie vstřikování je poměrně jednoduchý. Jedná se o vstříknutí taveniny do dutiny kovové formy, která tvoří negativ zamýšleného výstřiku. Proces výroby je cyklický a je finančně a technologicky náročný na samotnou realizaci vstřikovací formy. Proto se tato technologie využívá výhradně pro hromadnou výrobu, kde jsme schopni vyrobit velké množství výstřiků za relativně krátkou dobu a s nízkými náklady.

Tato technologie se používá stále častěji pro výrobu tvarově členitějších výrobků a tudíž je konstrukce forem náročnější. Na trhu se objevuje velké množství simulačních programů, které nám pomáhají při tvorbě forem. Ukazují nám případné chyby či jiné problémy dříve, než se vlastní forma vyrobí. V tomto důsledku nám dokáží snížit finanční a časovou zátěž při výrobě vlastní formy.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 POLYMERNÍ MATERIÁLY

Polymery jsou materiály tvořené makromolekulárními látkami, které lze tvarovat a tvářet do požadovaného tvaru ve většině případů teplotou a tlakem. Označují celou skupinu syntetických a polosyntetických polymerních materiálů. Jejich základní stavební jednotkou je nízkomolekulární sloučenina monomer, z něhož je možno polyreakcemi (polymerace, polykondenzace a polyadice) připravit vysokomolekulární látky polymery. Ty můžeme dělit podle různých hledisek.



Obr. 1 Základní klasifikace polymerů [20]

### 1.1 Dělení polymerů

a) podle chemické struktury makromolekul

**organické a anorganické** - jsou složeny buď z přírodních látek, nebo vyrobeny chemickou cestou

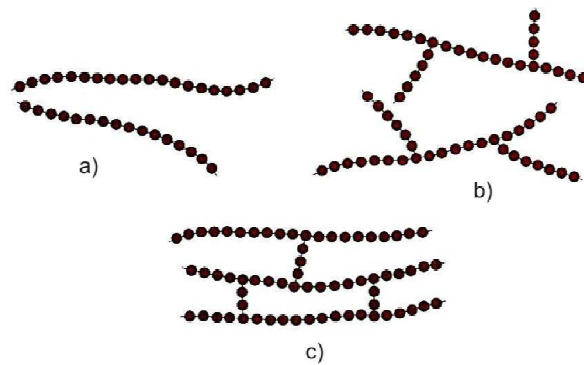
**homopolymery a kopolymery** - (jejich makromolekuly jsou složeny z monomerů téhož typu nebo se skládají ze dvou nebo více monomerů)

b) podle tvaru makromolekul

**lineární** - (tvoří jeden dlouhý přímý řetězec monomerních molekul těsně za sebou),

**rozvětvené** - (kromě hlavního řetězce mají i boční větve),

**zesítěně** - (spojení několika lineárních nebo rozvětvených makromolekul mezi sebou vazbami)



Obr. 2 Tvar makromolekul

a) lineární, b) rozvětvené, c) zesítěné [4]

c) podle uspořádání nadmolekulární struktury

**amorfní** (bez pravidelně uspořádané struktury),

**semikrystalické** (pravidelně uspořádaná struktura);

d) podle obsahu částic - plnidel

**nevzdušené** (množství přísad neovlivňuje vlastnosti),

**vzdušené – kompozity** (plnivo ovlivňuje jeho mechanické a fyzikální vlastnosti);

e) podle chování za zvýšených teplot

– **termoplasty**, můžou mít lineární i rozvětvené řetězce. Vyznačují se tím, že při ohřevu dojde k rozpadu jejich soudržnosti a je možné je přetvářet, po ochladnutí se navrátí do původní struktury. Toto je možno provádět opakovaně

– **reaktoplasty** na rozdíl od termoplastů působením tepla a tlaku dojde k zesíťování což má za následek vytvrzení. Dostanou pevnou prostorovou strukturu, kterou již není možno měnit.

– **elastomery a pryže** (makromolekulární látky, které se rychle vrací do původního tvaru a rozměrů, z nichž byly podstatně deformovány malou silou). Do elastomery spadají kaučuky, ze kterých se vulkanizací vyrábí pryže. Vulkanizace je proces, kdy se

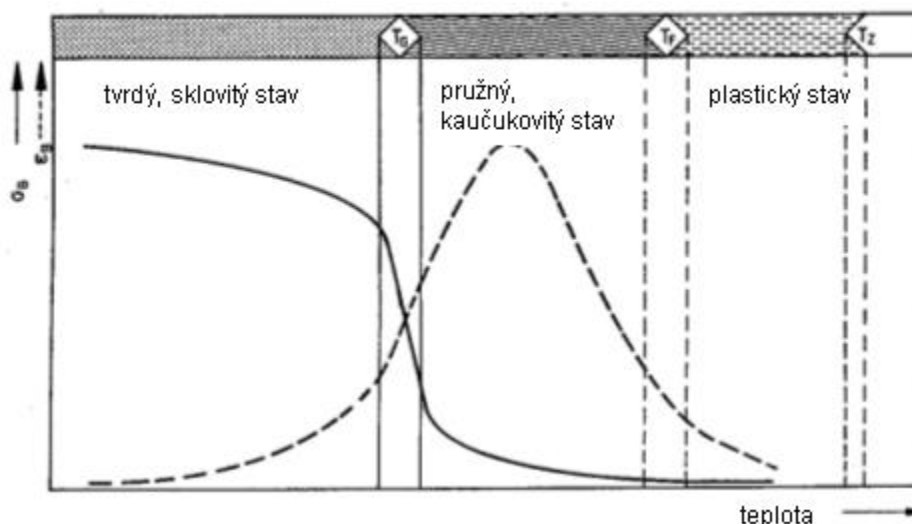
kaučuk podrobí zvýšené teplotě a tlaku přičemž dojde k zesíťování, což je dnes možno provést i ve vstřikovací formě. [1]

### 1.1.1 Termoplasty

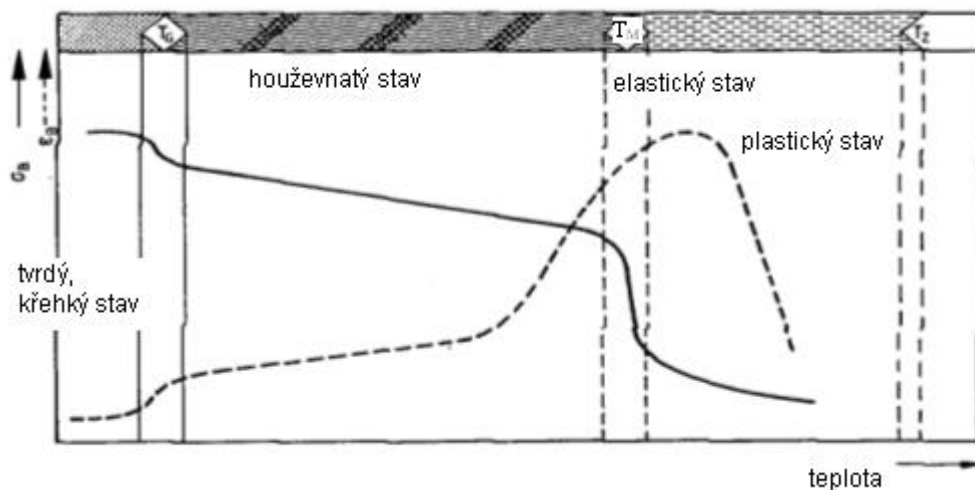
Termoplasty, jako to nejrozšířenější, jsou plasty teplem tavitelné. Skládají se z lineárních, rozvětvených či prostorových makromolekul. Výrobci dodávají termoplasty ve formě granulí, prášků, desek, bloků, vláken a profilů. Tyto plasty působením zvýšené teploty na hranici teploty tání měknou. Za tohoto plastického stavu se dají tvarovat ohýbáním, tavením, lisováním a vyfukováním.

Dalším zahříváním přechází do kapalného skupenství, kde je lze zpracovávat jinými technologiemi. Ochlazením opět ztuhnou, aniž by se podstatně změnila jejich původní vlastnosti. Jde o fyzikální proces, který lze stále opakovat. Teploty měknutí se pohybují v rozmezí zhruba od 40 °C do 80 °C. Teploty tvarování se pohybují zhruba v rozmezí od 80 °C do 140 °C.

Teploty tavení začínají přibližně hodnotou 190 °C, záleží na druhu plastu. Musíme si uvědomit, že při dosažení teploty, která se blíží hranici měknutí, se mění všechny mechanické vlastnosti termoplastů. Vzhledem k tomu, že nejde o vysoké teploty, je třeba s tím při používání výrobků z termoplastů počítat. Již sama teplota vzduchu se v letních měsících blíží u některých termoplastů k jejich teplotě tavení. [1]



Obr. 3 Průběh deformačních vlastností u amorfního plastu [3]



Obr. 4 Průběh deformačních vlastností u amorfního plastu [3]

## 1.2 Vlastnosti polymerů

Vlastnosti polymerů svým charakterem silně konkurují běžně užívaným materiálům a nahrazují je v mnoha aplikacích. Nejsou to jen mechanické vlastnosti, ale také zpracovatelské podmínky, chemická odolnost, nízká elektrická vodivost aj. Vlastnosti polymerů závisejí na jejich fázovém stavu, molekulové hmotnosti a chemickém složení.

### Vlastnosti a chování polymerů upravují:

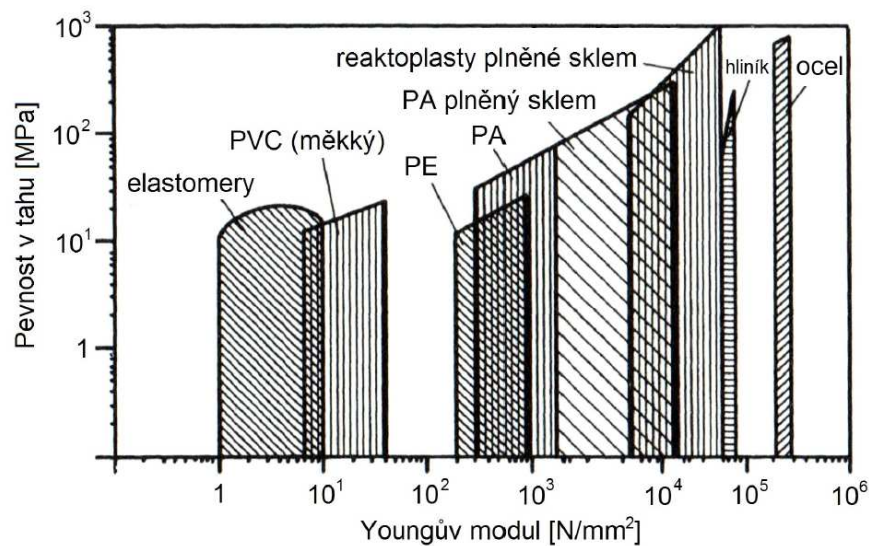
- Přísady ovlivňující fyzikální vlastnosti
  - Plniva jako jsou dřevo, mastek, keramika aj.
  - Výztužné materiály, zejména skleněná nebo karbonová vlákna. Upravují mechanické vlastnosti (zvyšují pevnost i tuhost), způsobují anizotropii.
  - Barevné pigmenty, příměsi ovlivňující barevnost. Často způsobují anizotropii, nebo mají vliv na mechanické vlastnosti
- Zpracovatelské přísady
  - Změkčovadla propůjčují polymerům ohebnost, tvárnost, vláčnost, snižují tuhost,  $T_g$  a viskozitu.
  - Tepelné stabilizátory chrání před tepelnou degradací.
- Antidegradanty, chrání před vnějšími vlivy během jejich používání. Patří sem světelné stabilizátory, antionizanty, antioxidanty.



- Speciální přísady dávají polymerům specifické vlastnosti upravující jejich funkci. Patří sem antistatické přísady, adheziva, retardéry hoření a další. [20]

### 1.2.1 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti polymerů, i přes nižší hustotu než mají kovové a keramické materiály, pokrývají širokou oblast pevnosti v tahu a Youngova modulu. Těmito vlastnostmi jsou protiváhou různým typům běžných materiálů. Obzvláště pokud jsou plněny skleněnými vlákny. [21]



Obr. 5 Porovnání mechanických vlastností polymerů [21]

Amorfní termoplasty jsou z důvodu svých vlastností použitelné při teplotách pod teplotou skelného přechodu ( $T_g$ ). Nad touto teplotou měknou, zvyšuje se jejich elasticita a snižuje pevnost.

Semikrystalické termoplasty jsou tvořeny amorfní a krystalickou fází. Amorfní fáze vytváří pomyslnou matici s krystaly jako plnivem, které rozhodují o mechanických vlastnostech. Krystalická fáze dává polymeru pevnost a amorfní fáze poskytuje polymeru měkčnost a tuhost. Proto je možné semikrystalické termoplasty používat nad teplotou skelného přechodu.

Termoplasty jsou pod mechanickým napětím náchylné ke creepu již od běžných teplot. Toto chování vyžaduje rozdělení na krátkodobé a dlouhodobé zatěžování. Testování materiálů krátkodobým zatížením slouží především k charakterizaci materiálů a hodnotí

jejich rázové chování. Dlouhodobý creepový test se používá při sledování dlouhodobého mechanického chování termoplastů. Protážení u creepového testu je získáno jako funkce času při různých zatíženích.

Pro měření mechanického chování materiálů a jejich charakterizaci existuje množství testovacích zařízení, která umožňují statické i dynamické zatěžování. Pro tyto účely se používají zkoušky na tah (tlak), ohyb, krut, zkouška rázem a další. [21]

### 1.2.2 Tepelné a termodynamické vlastnosti

Základními termodynamickými vlastnostmi materiálu jsou:

- tepelná vodivost - je hodnota popisující přenos tepelné energie v materiálu.
- měrná tepelná kapacita (měrné teplo) - je množství tepla potřebného k ohřátí 1 kg materiálu o 1°C.
- teplotní vodivost (součinitel teplotní vodivosti) - určuje časovou závislost v průběhu přestupu tepla.

Všechny tyto vlastnosti jsou závislé na teplotě, což je příčinou problémů při zpracování polymerů.

Závislost hustoty na tlaku a teplotě se nazývá termodynamické chování materiálu, kde se namísto hustoty používá její obrácená hodnota - specifický objem. Chování materiálu má výrazný vliv na průběh vstřikovacího procesu, obzvláště dotlakové fáze, a charakteristiku finálního výrobku, zejména smrštění a deformací. [21]

## 1.3 Vlastnosti polykarbonátu

### Použití:

Polykarbonát je technický plast, který je v praxi uplatňován ve formě polotovarů plných desek, komůrkových desek nebo pro aplikaci vstřikováním ve formě granulátu. Je vhodný pro náročné technické aplikace, jako jsou bezpečnostní kryty strojních zařízení a podobně. Komůrkový polykarbonát se využívá převážně ve stavebnictví jako plast k zastřešení zimních zahrad, zastřešení bazénů atd..

### Tepelné tvarování:

Fólie a desky z polykarbonátu lze rovněž tepelně tvarovat. Nahřívací teploty se pohybují mezi 170 až 200 °C, optimálně kolem 180 °C.

Doba nahřívání závisí na počtu a výkonu topných elementů, vzdálenosti desky a zářičů i na okolní teplotě.

### **Obrábění:**

Polykarbonát lze dobře obrábět. K tomuto účelu jsou dodávány různé polotovary ve tvaru tyčí, trubek, desek. Během obrábění může dojít ke zblednutí povrchu způsobenému zahříváním výrobku frikčním teplem nebo se mohou projevit důsledky zamrzlých pnutí ve formě četných povrchových trhlinek. Rychlost obrábění je tedy nutné pečlivě seřídit a řezné nástroje je třeba chladit.

### **Lepení:**

Výrobky z polykarbonátu můžeme potiskovat, lakovat i pokovovat. Spojování se provádí svařováním nebo lepením. Pro lepení jsou vhodná rozpouštědla na bázi chlor-methanu či chlorethanu. Pro slepování polykarbonátu s jinými plasty jsou nejvhodnější dvousložková lepidla, např. epoxidová. Lze použít též vteřinová kyanakrylátová lepidla.

### **Svařování:**

Pro svařování polykarbonátu je vhodné použití ultrazvuku. K dokonalému spojení svařovaných součástí postačují velmi krátké časy, často kratší než 1 vteřina. Proto se tato technika dnes rychle rozšiřuje. Během svařování vznikají vnitřní pnutí, proto je nezbytné zakončit svařování temperací.

### **Optika:**

Rozšířené je zejména použití polykarbonátu v optice. Jedná se o konstrukční díly fotoaparátů, kamer, blesků, promítacích přístrojů, dalekohledů, jejich kazet, hledáček, clon atd. Z polykarbonátu se vyrábějí světlovodiče i optické systémy. Dnes snad nejvýznamnější optickou aplikací polykarbonátu je výroba optických disků – CD, u nichž se uplatňuje spojení vynikajících optických vlastností s mechanickou pevností a houževnatostí.

### **Strojní součásti:**

Vynikajících mechanických vlastností polykarbonátu, zejména jeho houževnatosti a pevnosti se využívá také ve strojírenských aplikacích. Používá se na četné náročné díly

čerpadel, ventilů, větráků, pneumatických rozvodů, na průhledítka, ovládací tlačítka, rukojeti ručních obráběcích strojů, vrtaček, brusek aj. [17]

## 1.4 Příprava materiálu

Před zpracováním polymerů vstřikováním, se materiál upravuje v souladu s technologickým postupem, dle potřeby určenými na konkrétní výrobky. Většinou to bývá sušení granulátu, mísení s přísadkou rozdrčeného recyklátu, barvení granulátu nebo míchání s nadouvadlem. Všechny uvedené úkony upravují termoplast do takového stavu, aby jeho zpracování bylo bez problémů a výsledná aplikace vyhověla požadavkům na výrobek. [1]

### 1.4.1 Sušení granulátu

Většina termoplastů absorbuje vlhkost ze vzduchu. To i při běžných zpracovatelských teplotách, kdy může vyvolat degradaci polymeru a tím i snížení kvality některých parametrů a také zhoršení kvality povrchu. Výstřiky jsou pak bez povrchového lesku, v místě vtoku mají povrchové vady a nesnadno se vyjímají z dutiny formy, proto je nutné materiály předsušet. Materiál se dovádí buď ve vysušeném stavu ve vzduchotěsných obalech nebo v nevysušeném stavu v papírových nebo plastových pytlích. Aby granulát nezvlhl, skladuje se před zpracováním v suchých skladech. V zimním období při převážení ze skladu do dílny se ponechá materiál aklimatizovat asi 24 hod při teplotě dílny, aby při otevření pytle nedošlo k orosení granulátu.

K sušení se používají např. komorové pece s přirozeně cirkulujícím vzduchem, kde vrstva granulátu je na paletách, přičemž výška vrstvy nepřesahuje 4 cm. [1]

Tab. 1 Příklad sušících teplot [12]

Polymer	Teplota	Doba sušení
PE	50-70°C	0,5 - 1h
PP	80°C	0,5 - 1h
PS	60-80°C	1 - 3h
PVC	60-70°C	2h
PA66	70-80°C	24 - 30h
PET	120-140°C	5 - 7h
POM	80-110°C	1 - 3h
PC	110-120°C	4 - 12h
PMMA	70-80°C	12 - 24h

### 1.4.2 Recyklace plastů

Vadné výstřiky, odpady a vtoky vzniklé při vstřikování se mohou několikrát zpracovávat. Tato vlastnost se velmi často využívá, protože podíl odpadu, hlavně při výrobě malých výstřiků, je značný. Proto neznečištěný plastový odpad se drtí obvykle v nožových mlýnech a poté se smíchá s čistým granulátem a znovu se zpracuje, přičemž dochází ke snížení fyzikálně-mechanických vlastností i povrchového vzhledu. Transparentní a silně namáhané výrobky nesmějí být vyráběny s obsahem podílu drceného materiálu.

Při 15-30% množství odpadu v granulátu se mohou vyrábět výstřiky bez podstatného vlivu na jeho vlastnosti. V některých případech se vyrábí dílce i ze 100 % odpadu. [1]

### 1.4.3 Barvení polymeru

Materiály dodávané od výrobců disponují jen určitou řadou barevných odstínů, přičemž barva silně ovlivňuje dojem o daném výrobku. Při požadavku na jiný barevný odstín, je třeba jednat s výrobcem, případně si granulát obarvit, ale rozsah možných barevných odstínů je omezen barvou základního nebo barevného granulátu. Barvení se provádí dávkovacím zařízením na vstřikovacím stroji nebo se granulát vybarvuje před vstřikováním. To probíhá tak, že se barvivo ve vstřikovacím stroji smíchá s granulátem, kde se zpracuje do původního materiálu. Doporučené dávkování je 1 až 5 HD (hmotných dílů) s ohledem na druh barviva a zpracování. [1]

## 2 VSTŘIKOVÁNÍ

Proces vstřikování polymerních materiálu je velice složitý tepelně - mechanický proces tváření, kterého se zúčastňuje výchozí materiál, vstřikovací stroj a forma jako nástroj udělující výrobku (tzv. výstřiku) konečný tvar. [1]

Vstřikování je způsob tváření plastu, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy, kde ztuhne ve finální výrobek. Tlaková komora je součástí vstřikovacího stroje a zásoba vstřikovaného materiálu je v ní během cyklu stále doplňována. [2]

Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastu, jedná se o proces diskontinuální a cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastu. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky. [3]

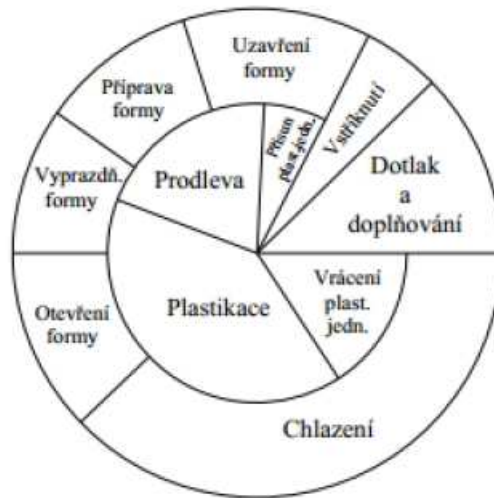
### 2.1 Principy vstřikování

Principy vystihující podstatu vstřikovacího procesu nebo jeho části se dají popsat odlišnými způsoby. Na vstřikování samotné je možné nahlížet z různých úhlů pohledu, například z hlediska času, teploty, tlaku, energie apod.

### 2.2 Vstřikovací cyklus

Postup vstřikování je následující: polymer v podobě granulí je nasypán do násypky, z níž dopravován šnekem nebo pístem do tavicí komory, kde za současného účinku tření a topení polymer taje a vzniká homogenní tavenina. Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, kterou zcela zaplní a zaujme její tvar. Následuje tlaková fáze (dotlak) pro snížení smrštění a rozměrových změn. Polymerní taveniny předává formě teplo a ochlazením ztuhne ve finální výrobek (výstřik). Potom se forma otevře a výstřik je vyhozen a celý cyklus se opakuje.[12]

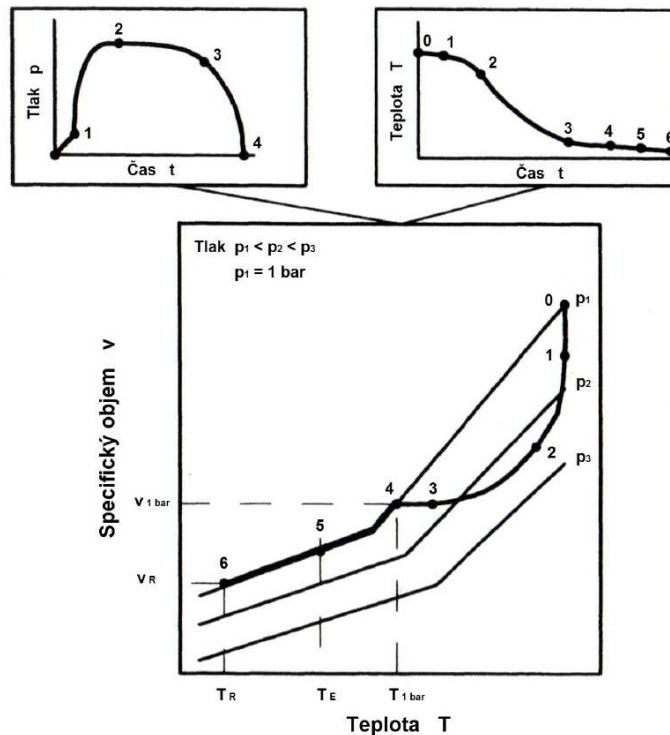




Obr. 6 Vstřikovací cyklus

### 2.3 PVT diagram

Vstřikovací proces je možné lépe charakterizovat také pomocí diagramů p-v-T, o-t a T-t představující změnu tlaku, teploty a specifického objemu v závislosti na čase nebo teplotě. Diagramů využívá obsluha vstřikovacích strojů při stanovení a úpravách vstřikovacího procesu. [22]

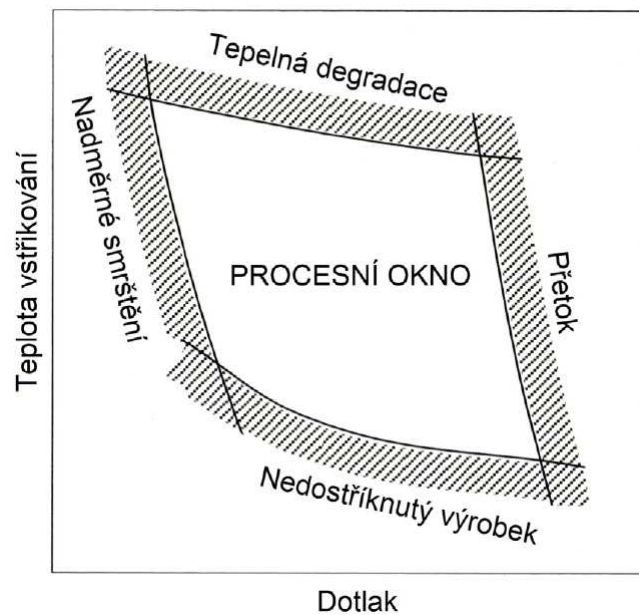


Obr. 7 pVT diagram [21]

- 1) v místě 0 šnek v plastikací komoře stroje natlačí taveninu o zvolené teplotě a tím vyvolá vstřikovací tlak před čelem šneku, který při požadované vstřikovací rychlosti dopraví taveninu přes odpor vtokového systému až k ústí vstřikovací hlavy
- 2) v oblasti 0 - 1 probíhá plnění tvarové dutiny formy taveninou, až do úplného naplnění v bodě 1
- 3) v místě 1 - 2 je tavenina v dutině formy komprimována, v bodě 2 dosahuje maximálního tlaku
- 4) v bodě 2 se ukončuje fáze vstřikování a stroj se přepne do fáze dotlaku
- 5) V oblasti 2 - 3 je dotlaková fáze, kde probíhá chlazení taveniny a snížení tlaku umožní objemovou kontrakci, přičemž zároveň dotlak doplňuje do systému novou taveninu a tak kompenzuje objemovou ztrátu;
- 6) v bodě 3 vtokové ústí zamrzne a další působení dotlaku je neúčinné a tedy není možné už jakkoliv taveninu dodávat do dutiny formy
- 7) v oblasti 3 - 4 je tlakový pokles při konstantním objemu výstřiku v počáteční fázi, v bodě 4 tlak v dutině formy dosáhl hodnoty atmosférického tlaku, povrch výstřiku se v důsledku smrštění separuje od sten formy
- 8) v oblasti 4 - 5 probíhá chlazení výstřiku za konstantního tlaku, v bodě 5 je výstřik z formy vyhozen při vyhazovací teplotě
- 9) v poslední oblasti 5 - 6 probíhá dochlazení výstřiku mimo formu. [7]

## 2.4 Tvářecí diagram - procesní okno

Tvářecí diagram, nebo také procesní okno, představuje oblast, kde je možné vyrobit kvalitní výrobek. Procesní okno je ohraničeno limitami, jejichž překročení znamená výrobení nekvalitního výrobku. Teplota taveniny - výsledkem nízké teploty taveniny je nedostříknutý výrobek (nedoplněná dutina formy). Naopak vysoká teplota taveniny vede k degradaci vstřikovaného polymeru. Dotlak - nízký tlak ve fázi dotlaku způsobuje nadměrné smrštění nebo nízkou hmotnost výrobku. Naopak vysoký tlak vede k přetokům a nadměrné hmotnosti výrobku [20]



Obr. 8 Diagram procesního okna [20]

## 2.5 Anizotropie vstřikovaných výrobků

Mechanické vlastnosti a rozměrová stabilita vstřikovaných výrobků jsou silně ovlivněny anizotropií finálního výrobku. Konečná struktura výrobku je závislá na tvaru dutiny formy, typu vtokového a tvaru ústí a nakonec na procesních podmínkách jako jsou vstřikovací rychlost, teplota taveniny, teplota formy a další. Jedním z dalších faktorů je množství a typ použitého plniva nebo výztužného materiálu ve výrobku. [20]

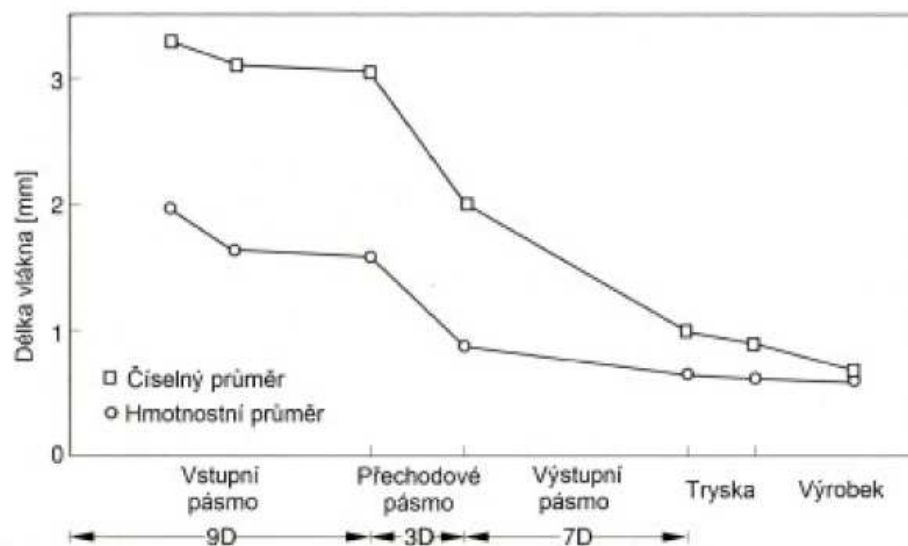
### 2.5.1 Orientace vláken u termoplastických výrobků

Při vstřikování výrobků z termoplastů dochází k orientaci makromolekul, což je vyvoláno deformací polymerní taveniny v průběhu vstřikovacího procesu. Molekulární řetězce se při toku natahují a v průběhu tuhnutí polymeru nemají dostatek času zcela zrelaxovat. Nízká teplota formy tuto skutečnost umocňuje a to vede k vyššímu stupni orientace makromolekul, což má za následek tuhost a pevnost výrobku, Orientace také způsobuje tzv. dvojlom, kdy různý stupeň orientace makromolekul a rozdílný hlavní směr orientace v materiálu představuje odlišný index lomu v různých místech výrobku. Stupeň orientace je zpravidla nejvyšší v místech, která chladla poslední a zvyšuje se směrem k ústí vtoku a k povrchu výrobku, kde výstřik chladne rychleji. Stupeň orientace také závisí procesních na podmínkách a typu polymeru. [20]

### 2.5.2 Vliv vstřikování na velikost vláken

Při vstřikování polymerů plněných vlákny dochází k jejich poškození z důvodu přítomnosti vysokých smykových napětí. V průběhu homogenizace polymeru v plastikační jednotce a následným vstřikem se délka vláken zkracuje (snižuje se poměr L/D vláken). Tím jsou redukovány výsledné vlastnosti vstřikovaného výrobku (například tuhost a pevnost).

V průběhu vstřikování je nejvíce vláken poškozeno při homogenizaci polymeru v přechodovém pásmu plastikační jednotky. Menší vliv na poškození vláken pak mají vstupní a výstupní pásma. Vliv trysky, vtokových kanálů a dutiny vstřikovací formy je zanedbatelný. Nicméně významný je vliv dutiny formy z pohledu uspořádání vláken. Uvnitř dutiny jsou vlákna vystavena vysokým napětím a později i snížená poměru L/D. [20]



Obr. 9 Míra poškození vláken v průběhu vstřikování [20]

### 2.5.3 Deformace

Smrštění a deformace jsou výsledkem materiálových nehomogenit a anizotropie způsobené plněním a vstřikovací formy, orientace molekul nebi vláken, tuhnutím taveniny, špatným rozložením teplot v dutině formy nebo nevhodnými procesními podmínkami. Jestliže je z procesu vynechána dotlaková fáze, tak 85 - 90% objemových změn je po tloušťce výrobku kompenzováno smrštěním. Zatuhlá povrchová vrstva výrobku je deformována malou silou od tuhajícího a smršťujícího se polymeru uvnitř stěny výrobku. Změnu tloušťky stěny výrobku je možné odhadnout z pvT diagramu. Zakreslením vstřikovacího procesu do pvT diagramu je možné odečíst rozdíl specifického objemu výrobku,

kdy bylo vstřiku opět dosaženo atmosférického tlaku, a specifického objemu za téhož tlaku, ale po dosažení teploty okolí. Rozdíl těchto specifických objemů udává velikost smrštění, lze kompenzovat dotlakovou fází a vhodnou volbou ostatních procesních parametrů.

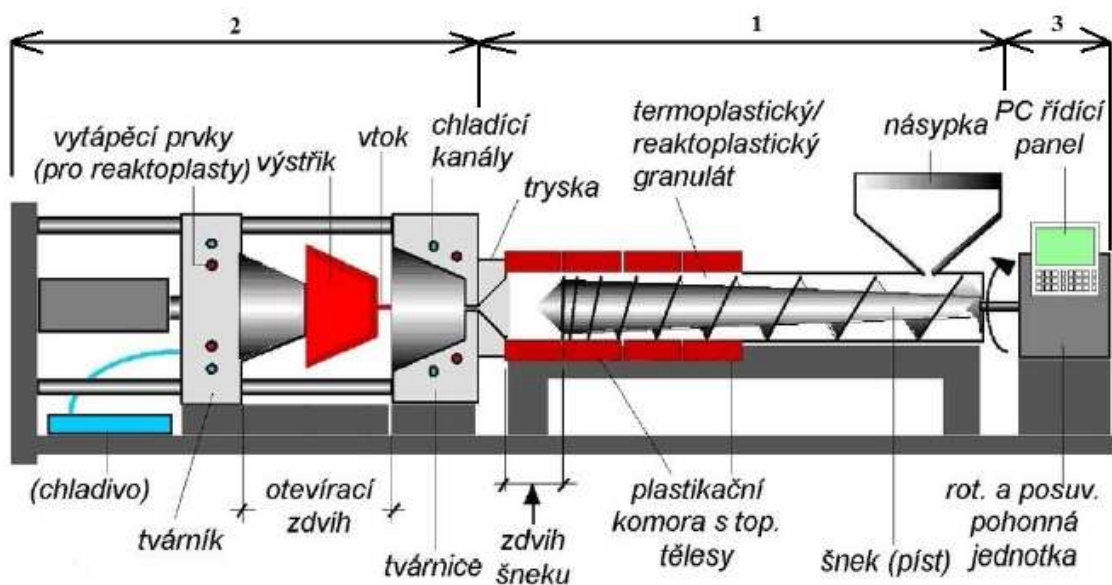
Teplotní nevyváženost vstřikovací formy je hlavní příčinou deformace vstřikovaných výrobků. Nevyváženost může být způsobena nesprávným umístěním temperačních kanálů nebo komplikovaným tvarem dutiny formy. [20]

### 3 VSTŘIKOVACÍ STROJE

Vstřikovací stroje se používají díky své vysoké produktivitě většinou v hromadné nebo velkosériové výrobě. Jejich provoz může být nepřetržitý a téměř bezobslužný. V současnosti existuje velká škála výrobců těchto strojů. Jejich dělení může být podle různých hledisek, jedním z hlavních dělení je podle zpracovávaného materiálu (pro vstřikování termoplastů, reaktoplastů, elastomerů nebo keramiky), nebo podle polohy vstřikovací a uzavírací jednotky (horizontální, vertikální nebo úhlové), stejně tak můžeme tyto stroje dělit podle objemu vstřikované taveniny (to jsou málo, středo a velkogramážní), nebo podle typu vstřikovací jednotky (pístové, šnekové a kombinované). [5]

Každý vstřikovací stroj má tři hlavních částí. Je to vstřikovací jednotka, uzavírací jednotka a řízení společně s regulací vstřikovacího procesu. Stroj lze také doplnit manipulátory, roboty, sušárnami nebo různými dopravníky tak, aby tvořil částečně nebo plně automatizovaný celek. [6]

Proto, aby se dosáhlo dobré kvality výstřiku, je důležitá vhodná volba vstřikovacího stroje pro danou vstřikovací formu. Stroj musí zabezpečit dostatečnou vstřikovací kapacitu, uzavírací a přidržovací sílu, vstřikovací tlak, ale mimo jiné musí mít také vhodné konstrukční parametry jako je světlost mezi sloupky, vhodnou velikost upínacích desek, dostatečné otevření respektive uzavření v závislosti na stavební výšce formy, atd. [6]



Obr. 10 Popis vstřikovacího stroje

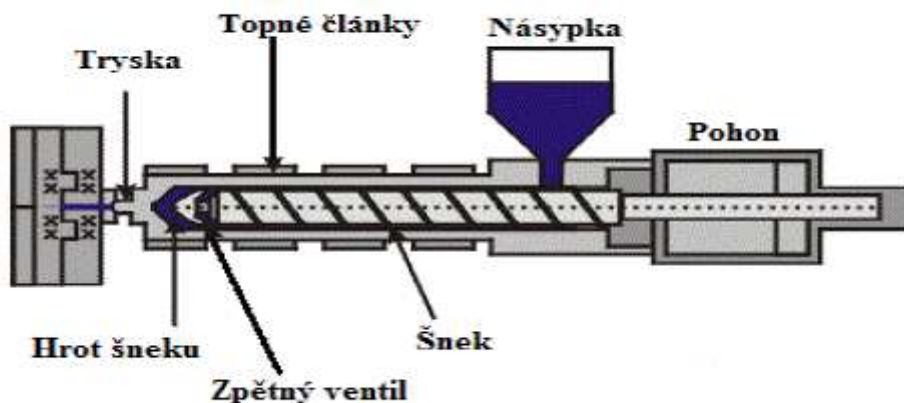
(1 - vstřikovací jednotka, 2 - uzavírací jednotka, 3 - řídicí a uzavírací jednotka)[6]

### 3.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka má za úkol připravit a následně dopravit potřebné množství roztaveného a homogenizovaného polymeru do formy. Množství dopravovaného materiálu musí být menší, než je kapacita jednotky při jednom zdvihu. Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce se dopravuje zpracováváný polymer z násypky pohybem šneku nebo pístu. Maximální vstřikované množství nemá překročit 90% kapacity jednotky, protože je zde nutná rezerva pro případné doplnění úbytku materiálu vlivem dotlaku. Dále je polymer postupně transportován šnekem přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo kde se postupně plastikuje, homogenizuje a hromadí před čelem šneku, který se současně axiálně posunuje ve válci do zadní polohy.

Topení tavného válce je rozděleno do tří zón. Část tepelné energie vznikne pomocí disipace samotného materiálu. Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje bezpečné a přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. Vstřikovací trysky mohou být otevřené a uzavíratelné. Otevřené jsou využívány nejčastěji pro vstřikování polymeru s větší viskozitou.

Uzavíratelné zabraňují samovolnému vytékání materiálu při plastifikaci. K otevření trysky dochází odjištěním jehlového uzávěru při dosednutí trysky do sedla vtokové vložky. Maximální vstřikované množství nemá překročit 90% kapacity jednotky, protože je zde nutná rezerva pro případné doplnění úbytku materiálu vlivem dotlaku. [1, 2]



Obr. 11 Popis vstřikovací jednotky[6]

### 3.2 Uzavírací jednotka

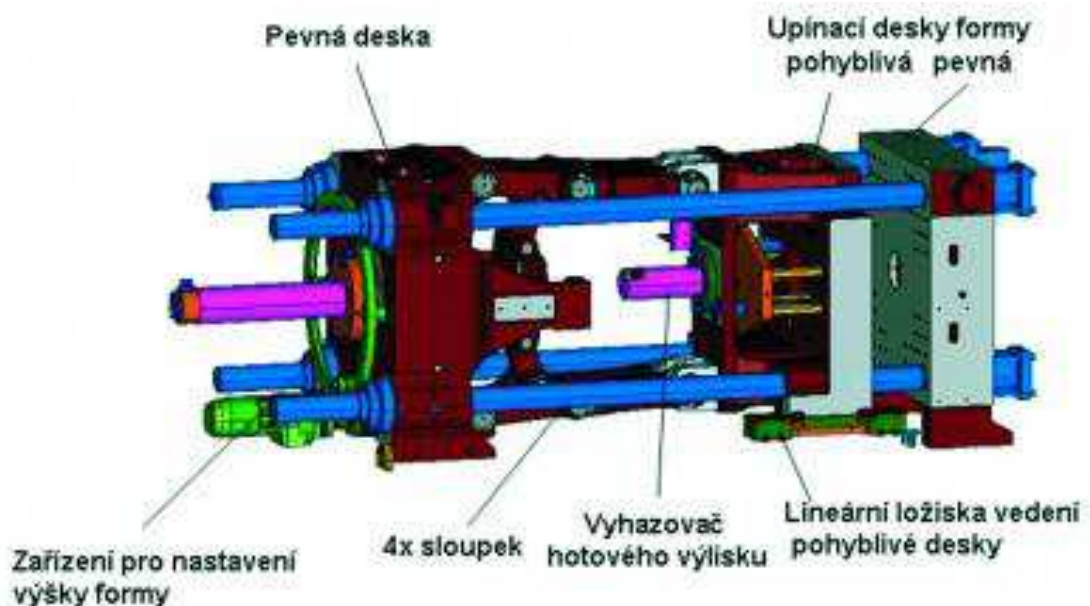
Úkolem uzavírací jednotky je zavírat a otevírat formu dle procesu vstřikování a zajistit uzavření formy takovou silou, aby se při vstříknutí tlakem taveniny neotevřela. Při činnosti formy je nutno rozlišovat sílu přisouvací  $F_p$ , a sílu uzavírací  $F_u$ . Současné moderní stroje mají programovatelnou rychlost a sílu uzavírání vstřikovací formy.

Uzavírací jednotka se skládá z těchto hlavních částí: opěrné desky (1) pevně spojené s ložem stroje, pohyblivé desky (2), na kterou je upnuta pohyblivá část formy, upínací desky s otvorem pro trysku stroje, na kterou se připevní nepohyblivá část vstřikovací formy, vedení pro pohyblivou desku (3), z uzavíracího a přidržovacího mechanismu. Vstřikovací stroje používají v současné době různé uzavírací systémy (4), které např. mohou být konstruovány jako hydraulické, mechanické, kombinace hydraulického a mechanického způsobu (závorování) a v poslední době se používají i elektrické systémy.

Vstřikovací a uzavírací jednotky mají vůči sobě určité umístění, polohu. Nejčastější uspořádání u vstřikovacích strojů je horizontální poloha vstřikovací i uzavírací jednotky, tedy vstřikování kolmo na dělicí rovinu formy. V některých případech (reologické chování



taveniny, zakládání zálisků, dvoukomponentní vstřikování speciální způsoby vstřikování, apod.) však může dojít k jiné vzájemné poloze. [3]



*Obr. 12 schéma uzavírací jednotky*

### 3.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Vysoká schopnost řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je význačným a nutným faktorem. Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na přesnosti a kvalitě výroby výstřiku. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými regulačními prvky.

Stroje současné doby jsou řízeny elektronickou jednotkou s procesorem. Místo obvyklé stroje textové formy nastavování technologických parametrů se využívají nejrůznější grafické nadstavby, kteréžto jsou zobrazovány LCD displejem přímo na informačním panelu vstřikovacího stroje. Mnohdy jsou tyto stroje propojeny rozhraním se stolním počítačem s operačním systémem a připojením k lokální počítačové síti, nebo tento počítač mají implementovány přímo ve svém těle. Obsluha tedy nemusí k zjištění podrobných informací o výstřiku přecházet k jinému terminálu. Koncepce je celé řízení rozdělena:

- sestavení grafu vstřikovacího cyklu,
- definice a nastavení parametru,

- kontrola procesu. [1, 9]

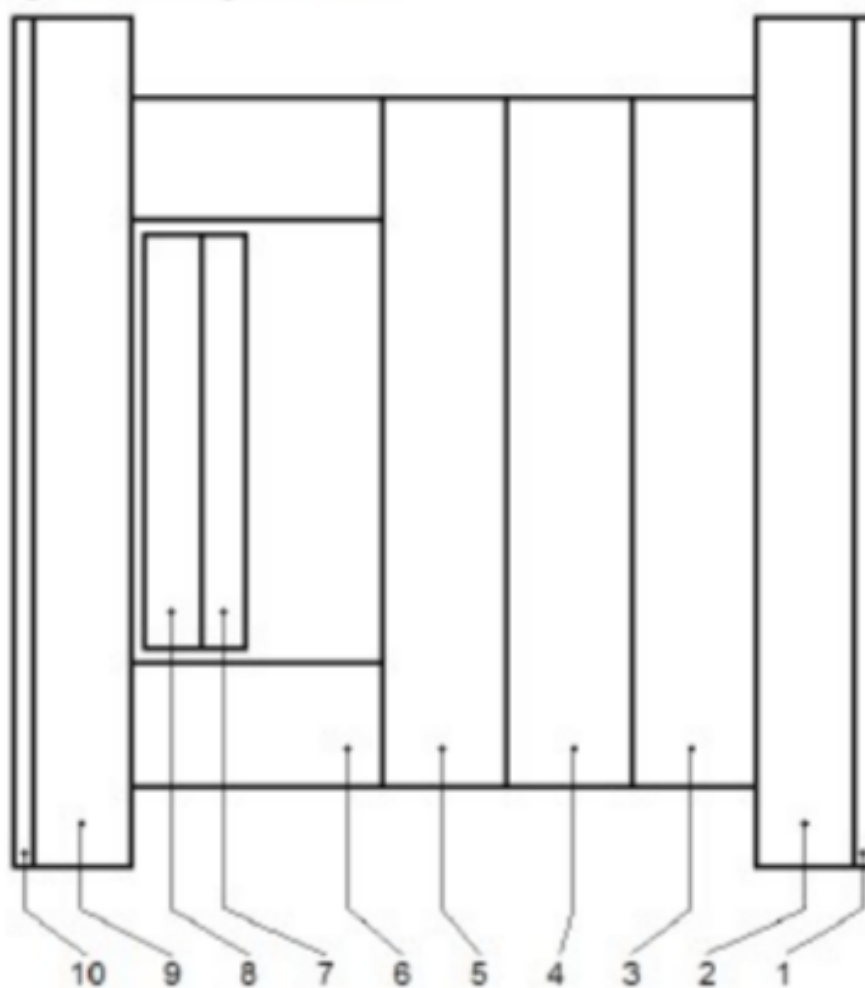
Veškerá nastavení vstřikovacího procesu jsou čidly zpětně verifikovány a případné dynamicky upravovány v závislosti na vnějších podmínkách. Na přesnost a jakost výstřiku má řízení stroje rozhodující vliv, tím že určuje a dodržuje přesnost nastavení výše i doby vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiku. Dále nastavením hodnoty teploty taveniny, jejíž homogenizací jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiku. Vedle vstřikovacího stroje a polymeru ovlivňuje tyto parametry i forma, její teplota a doba chlazení. [1]

## 4 FORMA

Vstřikovací forma je druh nástroje, jehož použitím na vstřikovacím stroji vznikne výrobek z polymerního materiálu. Dnes používané vstřikovací formy jsou technicky značně komplikované zařízení, na které se kladou nemalé nároky z hlediska kvality, produktivity, spolehlivosti a automatizace výroby. Z metodických důvodů si rozdělme vstřikovací formu na dvě oblasti.

Tou první je tvarová dutina, kam bude na vstřikovacím stroji za vysoké teploty a tlaku vtlačěn materiál, který po ztuhnutí v dutině získá tvar konečného výrobku. Konstrukční řešení dutiny bývají velmi rozmanitá a kromě několika málo pravidel technologičnosti konstrukce se tvar řídí především funkčními, tvarovými a vzhledovými požadavky na plastový výrobek.

Druhou oblastí je vlastní konstrukční stavba nástroje, která ve většině případů vykazuje značné prvky podobnosti. Převážná většina forem se dnes sestavuje z nějakého stavebnicového systému standardních komponent, které jsou na trhu. Konstrukční stavba takovýchto forem se skládá ze skupiny paralelních desek s různou funkcí a z řady dalších, v nich vložených nebo k nim připojených součástí, jako jsou vodicí sloupky a pouzdra, spojovací součásti, vtokový, chladicí a vyhazovací systém apod. Stavebnice se používají zejména proto, že díky nim není nutno vyvíjet a vyrábět každou jednotlivou součást formy, a navíc se jedná o velmi profesionálně promyšlené systémy, které optimálně splňují řadu funkčních požadavků, jako jsou technické, ekonomické a společensko-estetické. [1]

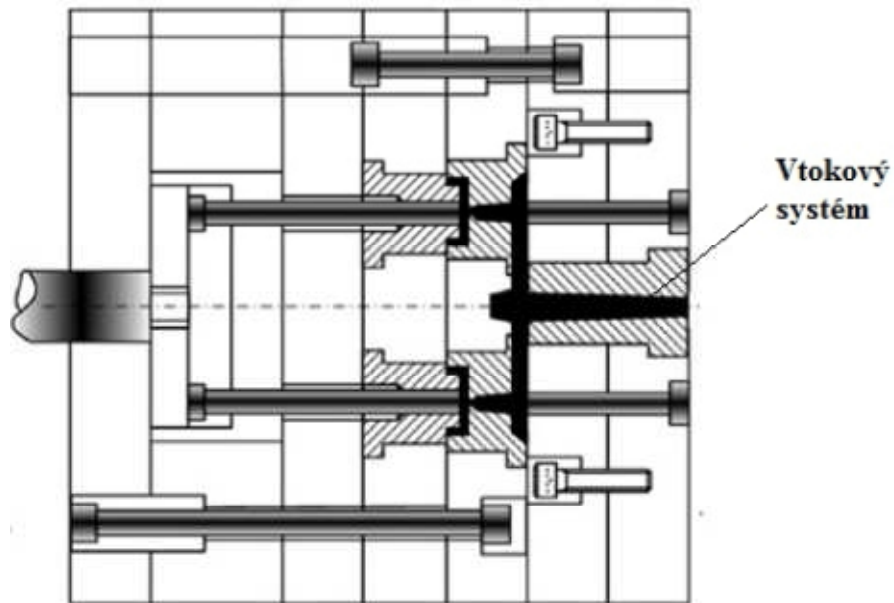


Obr. 13 Schéma vstřikovací formyl

1, 10 - izolační desky, 2, 9 - upínací desky, 3,4 - kotevní deska, 5 - opěrná deska, 6 - rozpěrky, 7 - kotevní deska vyhazovací, 8 - opěrná deska vyhazovací

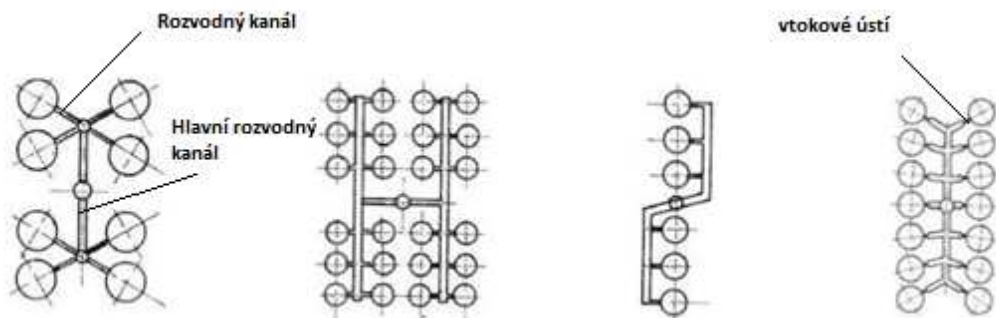
#### 4.1 Vtokové systémy

Je to systém kanálů a ústí vtoku, který má za úkol zajistit správné naplnění dutiny formy termicky homogenní taveninou plastu v nejkratším možném čase a s minimálními odpory, snadné odtržení nebo oddělení od výstřiku a snadné vyhození vtokového zbytku. Příklad vtokového systému je na Obr. 14. [10]

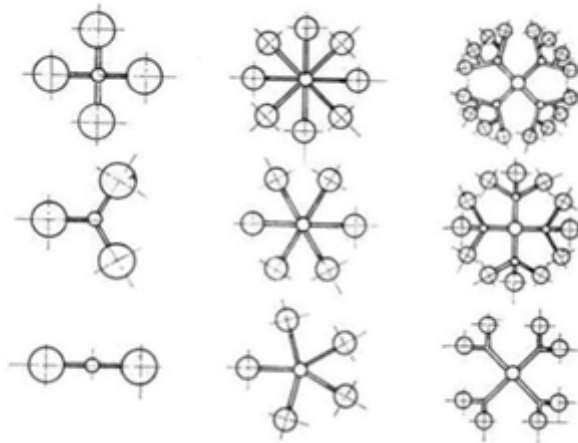


Obr. 14 Umístění vtokové soustavy [3]

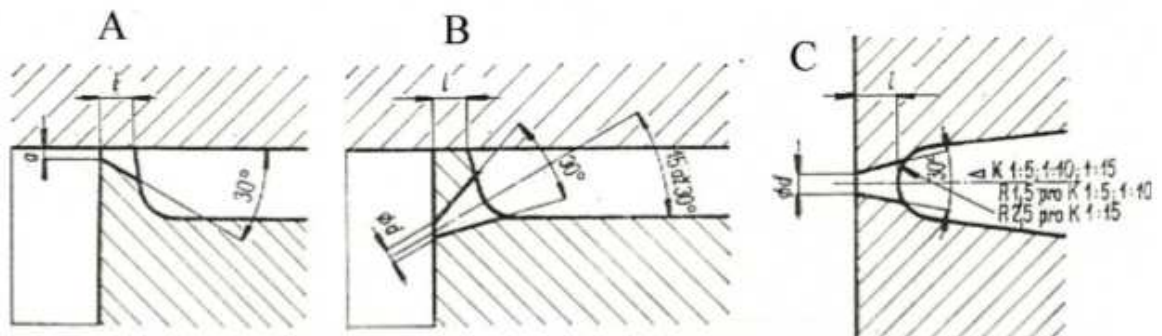
Vtoková soustava a její celkové uspořádání je dáno konstrukcí formy a počtem tvarových dutin (násobností). Zejména u termoplastů má druh a umístění vtoku podstatný vliv na proudění taveniny ve formě, vytváření tzv. studených spojů, orientaci makromolekul a plniva, rovnoměrnost krystalizace, anizotropii vlastností a rozměrů, povrchový vzhled apod.



Obr. 15 Řadově uspořádaná vtoková soustava [10]



Obr. 16 Symetricky uspořádaná soustava [10]



Obr. 17 Typy vtokového ústí

A) Boční štěrbinové ústí, B) Tunelové ústí, C) Přímé bodové ústí [14]

Vtok má být řešen tak, aby naplnění formy proběhlo co nejkratší možnou cestou bez teplotních a tlakových ztrát a pokud možno všude ve stejném čase. Pokud je forma řešena jako vícenásobná musí dojít k naplnění všech dutin současně a při stejných technologických podmínkách, a tedy při stejné teplotě taveniny a při stejném vnitřním tlaku. Uspořádání vtokového systému u vícenásobných forem.

Uspořádání tvarových dutin, jak je vidět na Obr. 9 a 10, je možné buď do hvězdy, nebo v řadě. Z pohledu plnění tvarových dutin je lepší uspořádání do hvězdy, jelikož k zaplnění dochází ve stejný čas a při stejném tlaku. Naproti tomu při uspořádání v řadě je toto možné pouze při provedení korekce ústí vtoku tzn. změnou rozměrů rozváděcích kanálů směrem ke vzdálenějším dutinám. Charakter výstřiku, způsob a ekonomika výroby pak určí, zda se použije:

- studený vtokový systém, který je vhodný pro jednodušší výstřiky a malosériovou výrobu,
- horký vtokový systém, který je vhodnější pro složitější výstřiky a hromadnou výrobu. [10, 11]

#### 4.1.1 Horký vtokový systém

Použití vyhřívaných vtokových soustav spočívá v tom, že polymerní tavenina po naplnění formy, zůstává v celé oblasti vtokového kanálu až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodového vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. I přes menší průřez ústí je ovšem možné částečně pracovat s dotlakem. Menší nevýhodou oproti studeným vtokovým systémům je nutnost použít regulátory a vyhřívané bloky, které zvyšují finanční a energetickou náročnost příslušné výroby.

I přes tyto výše popsané nevýhody dochází k nárůstu využívání této technologie, protože:

- umožňuje automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus,
- snižuje spotřebu polymeru - žádné vtokové zbytky,
- snižuje náklady na dokončovací operace,
- odpadá manipulace a regenerace vtokových zbytků. [1]

#### 4.1.2 Studený vtokový systém

Při průtoku taveniny studeným vtokovým systémem vzrůstá její viskozita u stěn kanálů. Tato ztuhlá vrstva vytváří tepelnou izolaci pro taveninu protékající středem, dochází k fontánovému toku. Jakmile dojde k zaplnění celé formy, prudce vzroste vnitřní odpor a poklesne průtok. Teplo pak dále uniká do stěn formy, dokud nedojde ke ztuhnutí celého objemu dutiny. Dojde však také ke ztuhnutí plastu, který zůstal ve vtokových kanálech, tento proces je možno zpomalit dotlakem, avšak úplně zamezit mu nejde, jelikož stroj je limitován tlakem, který je schopen vyvinout. [15]

Hlavní požadavky pro co nejlepší vtokový systém:

- Krátká dráha toku taveniny od ústí plastikační jednotky po dutinu formy
- Pokud je možné tak stejnou dráhu toku ke všem dutinám

- Dostatečný průřez vtokových kanálů
- Ústí vtoku musí být navržena tak, aby zajistila rovnoměrné zaplnění dutiny s minimálním rizikem vzniku vad na výstřiku
- Je nutná stejná rychlost taveniny u vícenásobných forem pomocí různých průměrů vlastních tokových kanálků [16]

Pro správné navržení vtokového systému je nutné dodržovat tyto zásady:

- Eliminace všech ostrých hran vtokových kanálů zaoblením
- Vytvořit úkosy vtoků kvůli jednoduchému odformování
- Povrch kanálů leštit ve směru vyjmutí
- Zachytávat chladnější čelo prodloužením slepých kanálů, před vstupem taveniny do formy
- Eliminovat místa s větším nahromaděním plastu
- Nevětvit vtokový systém pod ostrými úhly [16]

Vtokový systém se dělí na tři části (Obr. 15):

- Hlavní vtokový kanál**, který navazuje na trysku vstřikovacího stroje má kuželový tvar s rozšířeným ústím do rozváděcího kanálu nebo přímo do dutiny formy. Vtoková část sekonstruuje o 0,5 až 1 mm širší než průměr trysky. Velikost kužele se určuje podle hmotnosti výstřiku, s úkosem  $1,5^\circ$ .
- Rozváděcí kanál** se vyrábí s mírně větším nebo stejným průměrem jako ústí vtokového kanálu. V místě styku s ústím hlavního vtokového kanálu je nutno vytvořit jímku chladného čela taveniny, která zároveň usnadní vyhození zatuhlého vtokového zbytku.
- Vtokové ústí** bezprostředně navazuje na dutinu formy. Ve většině případů je zúžené, což má za následek zvýšení teploty taveniny před vstupem do dutiny. Musí zaručit kvalitní naplnění formy a zároveň být co nejmenší kvůli snadnému začištění. [15]



## 4.2 Vyhazovací systémy

Protože výstřiky při chladnutí ulpívají na tvarových částech formy je třeba vyhazovací systém, který zajistí vyhození nebo vysunutí výstřiku z dutiny nebo tvárníku otevřené formy. Pracuje ve dvou fázích:

- pohyb vpřed (vlastní vyhazování)
- pohyb vzad (návrat vyhazovacího systému do původní polohy).

Pro správnou činnost vyhazovacího systému je třeba, aby měl výstřik hladký povrch a stěny měly úkopy minimálně  $0^{\circ}30'$ . Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby se zamezilo přičení výstřiku a tím vzniku trvalých deformací nebo dokonce k poškození. Tvar, rozložení a umístění vyhazovačů je velmi rozmanitý a záleží na tvaru výstřiku. V některých případech lze vyhazovače využít i k výrobě funkčních dutin nebo jako části tvárníku. U hlubokých tvarů umožňují od vzdušnění. Ve většině případů zanechávají vyhazovače stopu na výstřiku. V takových případech, pokud je tato stopa na závadu, se výstřik buď dodatečně opraví nebo se vyhazovače umístí na stranu, kde stopa po jejich činnosti nebude vadit. Kromě vyhazování výstřiků se vyhazují také vtokové zbytky. V některých případech uspořádání je dokonce možné oddělit vtokový zbytek od výstřiku. Mechanismus pohybu vyhazovacího systému bývá aktivován [9, 10]:

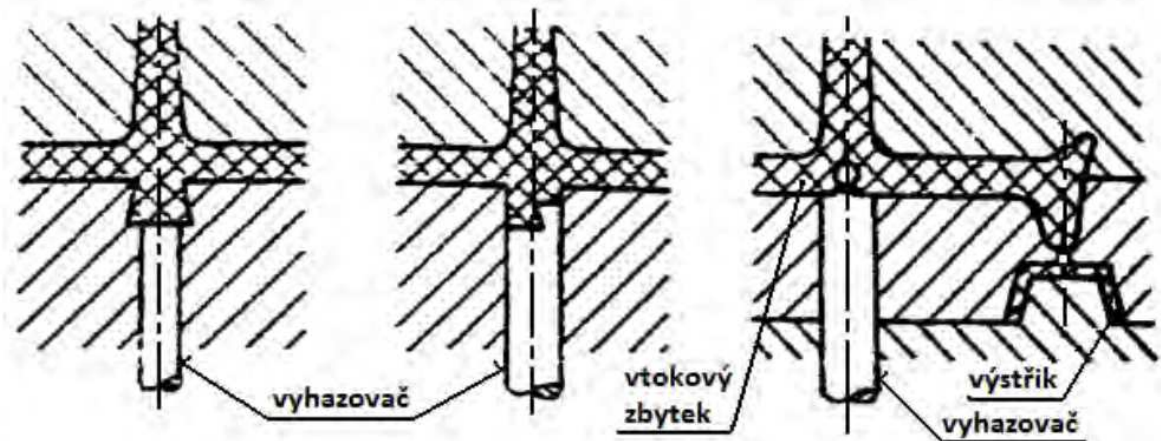
- při otevření formy narážecím kolíkem upevněným na traverzu vstřikovacího stroje,
- hydraulickým nebo pneumatickým za řízením, které bývá obvykle příslušenstvím vstřikovacího stroje (umožňuje tzv. měkké vyhazování),
- ruční vyhazování nejrůznějšími mechanismy (vhodné pro jednoduché a zkušební formy).

Zpětný pohyb je zajišťován [9, 10]:

- vratnými kolíky,
- pružinami (vždy v kombinaci s jiným systémem),
- speciálním mechanickým, vzduchovým nebo hydraulickým za řízením.

#### 4.2.1 Vyhazování vtokového zbytku

Při rozevírání formy je třeba zajistit, aby byl vtokový zbytek přidržen na vyhazovací straně, dokud není bezpečně vytažen vtok z vtokové vložky. Potom je teprve vyhazovacím kolíkem vyhozen výstřik s vtokovým zbytkem. Jednotlivé způsoby jsou znázorněny na Obr. 12. Použití daného způsobu se odvíjí od koncepce formy a funkce vtokového zbytku. [9, 10]



Obr. 18 Způsoby přidržení vtokového zbytku [10]

K vyhození výstřiku dojde, pouze pokud systém vyvine dostatečnou sílu. Tato síla se nazývá vyhazovací a závisí na:

- Hodnotě smrštění a jakosti povrchu dutiny formy
- Technologických podmínkách procesu vstřikování
- Pružných deformacích formy [15]

Vzhledem k velkému množství dalších faktorů ovlivňujících vyhazovací sílu a jejich obtížnému zjišťování se hodnota síly nepočítá. Místo výpočtu se u mechanických systémů značně předimenzuje a u hydraulických a pneumatických se odzkouší.

Typy vyhazování:

- Mechanické (Vyhazovací kolíky, Stírací deska, Šikmé nebo Dvoustupňové vyhazování)
- Pneumatické
- Hydraulické [16]

#### 4.2.2 Vyhazovací kolíky

Jsou to nejčastější a nejlevnější způsoby vyhazování. Jsou výrobně jednoduché a funkčně zaručené. Využívají se tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výrobku. Nevýhodou vyhazovačů je jejich malý průměr, který může zanechávat stopy na výrobku. Při rozmisťování vyhazovacích kolíků musí být brán zřetel na pevnost formy, přítomnost teploty a tvar výrobku. [22]

Vyhazovací kolíky lze rozdělit do tří skupin:

- válcové - nejběžnější a nejčastější. Na výrobek působí bodově.
- prizmatické - od válcových se liší změnou průřezu ve 2/3 délky. Na výrobek působí bodově
- trubkové - trubka je umístěna ve vyhazovacích deskách a při vyhazování se pohybuje po jádru. Na výrobek působí plošně

#### 4.2.3 Stírací deska

Stírací deska je speciálním případem trubkového vyhazovače, avšak na rozdíl od něj není limitována kruhovým průřezem. Deska může mít v oblasti tvarových vložek libovolný tvar, nejčastěji působí na výrobek po celém obvodu (tedy plošně) v dělicí rovině, čímž zamezuje borcení výrobku a nezanechává stopy po vyhazování. Nejčastěji se používá na rozměrné a tenkostěnné výstřiky. Stejně jako u vyhazovacích kolíků je jejího pohybu dosaženo vyhazovacími deskami, popřípadě různými typy mechanismů (třideskový nebo západkový systém, odpružené kolíky apod.).

Namísto stírací desky se využívá stíracích kroužků, které jsou ve formě ukotveny samostatně nebo jsou součástí stírací desky. Používají se z důvodu úspory materiálu. místa ve formě a snadné vyměnitelnosti. [20]

#### 4.2.4 Šikmé vyhazovače

Používají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním nebo vnějším zápichem. Díky tomu není nutné využívat složitých čelistových mechanismů. Zápich může být vytvořen přímo na šikmém vyhazovači nebo na šikmo uloženém ko-

líku s pevně připojenou čelistí. Uspořádání takového vyhazovacího systému může mít nej-  
různější podobu a lze jej kombinovat s přímým vyhazováním. [22]

### 4.3 Temperace forem

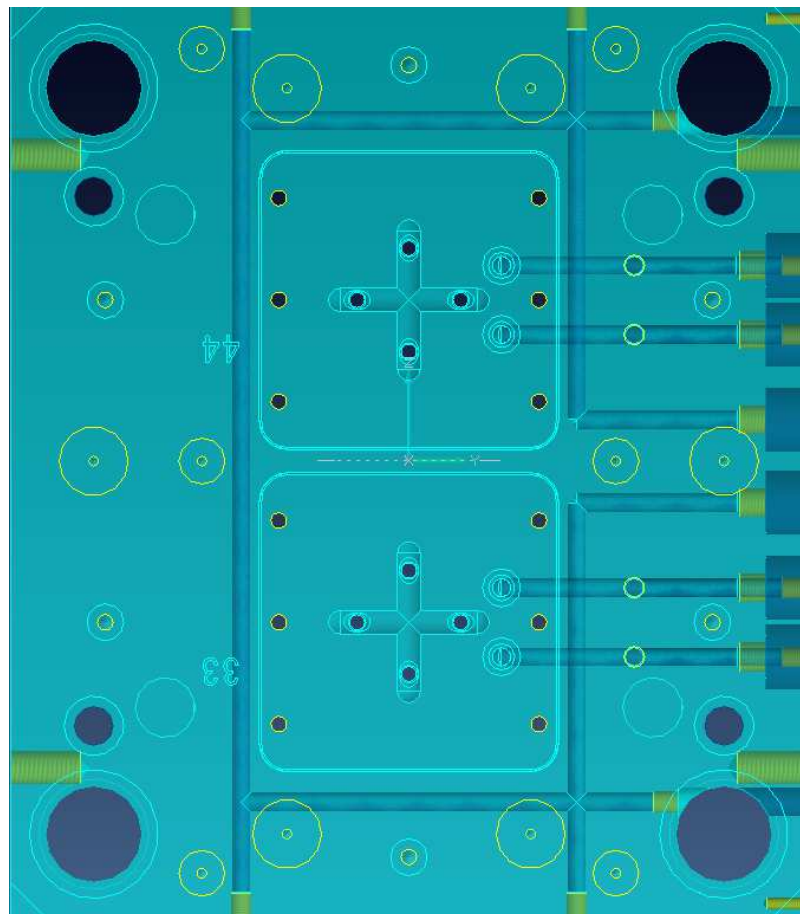
Důležitou součástí vstřikovacích forem je temperační systém. Je to soustava ka-  
nálků uvnitř formy, kterými proudí chladicí médium a udržuje teplotu formy na předepsané  
hodnotě (liši se podle druhu vstřikovaného plastu). Cílem temperace je, aby se vstříknutá  
tavenina ochlazovala co nejrychleji a nejrovnoměrněji v celém objemu, jinak by mohlo  
nastat zdeformování finálního výstřiku. Celý temperační systém je navrhován z ohledem  
na celkovou koncepci formy, jako je vtokový systém, tvarových vložek, vyhazovačů a ji-  
ných částí formy. Průřezem kanálů je většinou kruhový a jejich vzdálenost je přesně pro-  
počítána, aby nedocházelo z nerovnoměrnému ochlazení a nesnížila se tuhost a pevnost  
stěny dutiny. Z důvodu lepšího přestupu tepla se většinou volí více kanálků menšího průře-  
zu s menší roztečí, než méně kanálků většího průřezu a velké rozteče. Průtok kapaliny je  
orientován od nejteplejšího k nejstudenějšímu místu formy. Některé složitější vstřikovací  
formy, kde by mohl nastat problém s nerovnoměrným odvodem tepla, mohou mít několik  
na sobě nezávislých temperačních systémů.

Některé plasty při svém zpracování vstřikováním vyžadují vyšší teplotu než je tep-  
lota formy a v tomto případě kanálky slouží k ohřívání tvarových částí formy. To musí být  
rovněž provedeno před prvním plněním dutiny formy.

To, jestli se bude forma ohřívát nebo chladit, aby se dosáhlo potřebné teploty, závi-  
sí na celkové tepelné bilanci jak formy, tak i stroje a jejího okolí. Největší množství tepla  
do formy vnáší nebo odvádí právě temperační systém. Následují upínací desky, stoj a na-  
konec vliv okolního vzduchu. Jak velké množství tepla se odvede nebo přivede, závisí na  
temperačních kanálcích. Hlavně na jejich velikosti, množství a jejich umístění. Obecně  
platí, že teplo odvedené se musí rovnat teplu přivedenému roztaveným plastem. [6]

Tab. 2 Orientační přehled teplot pro dutinu formy a taveninu

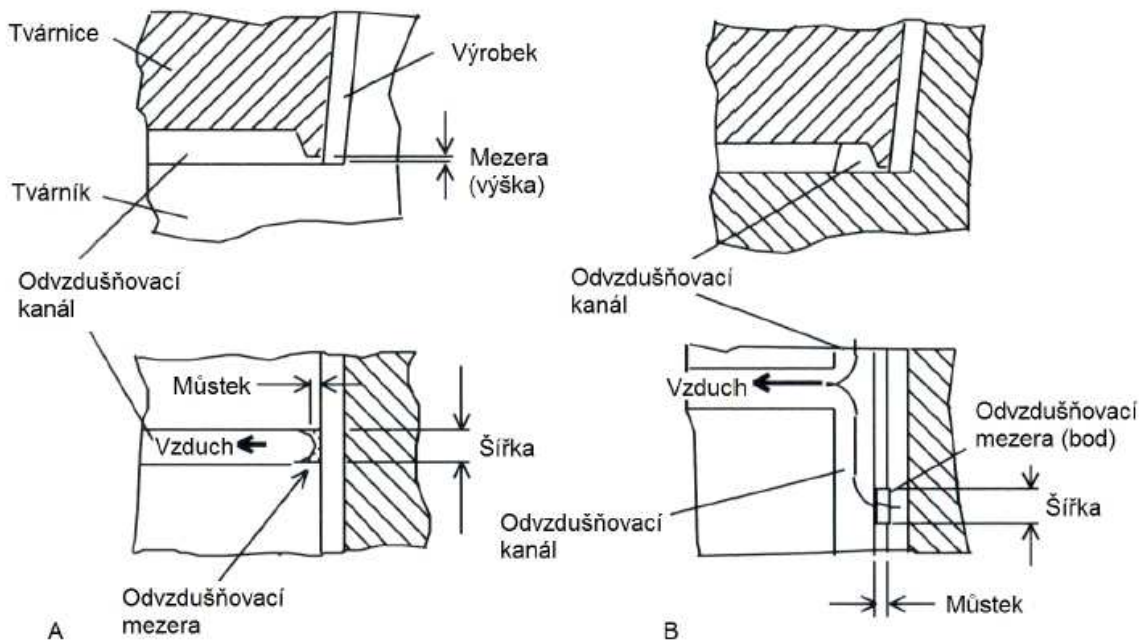
Termoplast	Teplota taveniny [°C]	Teplota formy[°C]
ABS	190-250	50-85
PA 6	230-290	40-120
PC	280-320	85-120
HDPE	180-270	20-60
LDPE	180-270	20-60
PMMA	200-50	50-80
POM	180-220	50-120
PP	170-280	20-100
PS	180-260	55-80
PVC	190-220	30-60
SAN	200-260	50-85
PSU	340-400	120-160
PEEK	380-430	160-220
LCP	310-360	65-95



Obr. 19 příklad temperačního systému v tvárnice desce [10]

#### 4.4 Odvzdušnění forem

Při vstřikování taveniny plastu do prázdné dutiny formy se musí vzduch, který je v dutině dostat nějakým způsobem ven z formy, jinak hrozí nárůst tlaku vzduchu, což ve spojení s horkou taveninou může vyvolat jeho zažehnutí a degradaci výstřiku. Tento jev byl pojmenován Diesedlův efekt. Kromě této vady může vzduch uzavřený v dutině vytvořit v tavenině bubliny nebo v případě, kdy je vstřikovací tlak malý, může dojít k nedotečení (nedostříknutí), což se po ztuhnutí výrobku projeví na jeho vzhledu a mechanických vlastnostech. Místo odvzdušnění proto bývá v takovém místě, kam se tavenina dostane nejpozději. V některých případech se toto místo musí určovat pomocí zkoušek. Odvzdušnění může být provedeno pomocí otvorů, různých trnů a vložek. Velmi často je odvzdušnění zajištěno vyhazovači, kde mezera několik setin mezi vyhazovačem a dírou pro vyhazovač v tvarové dutině postačí k odvzdušnění formy. Jedním z dalších způsobů jak formu zbavit stlačeného vzduchu v tvarové dutině je pootevření formy po naplnění dutiny na 80 – 95 % objemu o 0,1 – 0,2 mm, dojde k odvzdušnění a pak se forma opět uzavře a proběhne dostříknutí objemu. Toto se praktikuje především při zpracování reaktoplastů. [1, 6]



Obr. 20 odvzdušňovací systém [8]

Tab. 3 Velikost od vzdušňovací mezery

Polymer	Mezera [mm]
PA	0,02 až 0,03
PE, PP	do 0,04
PC,POM, PS, ABS	do 0,05
Plněné sklem	0,05 až 0,08
Strukturní pěny	do 0,1

## 4.5 Materiály pro výrobu forem

Cena každé vstřikovací formy je z určité části odvozena od ceny materiálu, ze kterého je vyrobena. Žádná forma není vyrobena pouze z jednoho druhu materiálu. Její části jsou nejvíce namáhány na tlak, opotřebení a podle druhu vstřikovaného plastu také na korozi. Na konstrukční části formy (to jsou např. různé rozpěrky, opěrné a kotevní desky) jsou kladeny jiné nároky, než na části funkční (tvarové vložky, vodící trny, vyhazovače, atd.). Důležitými faktory při volbě materiálu je druh vstřikovaného polymeru, velikost a složitost výrobku, odolnost proti opotřebení a korozi, počet vyráběných kusů, obrobitelnost, požadované fyzikální a mechanické vlastnosti, ale mimo jiné také jeho cena.

Nejdůležitějšími a nenahraditelnými materiály pro výrobu vstřikovacích forem jsou oceli. Těch je ovšem velké množství, každá má svoje specifické vlastnosti a to zužuje okruh jejich použití. Pro výrobu tvarových dutin a mechanicky namáhaných částí formy se často používá ocel nástrojová, cementační nebo legovaná. Velmi důležité je také tepelné zpracování na funkčních a tvarových částech formy, špatné tepelné zpracování mnohdy vede k znehodnocení celého nástroje nebo k velkým potížím za provozu. Některé firmy si dokonce nechávají vyrábět vstřikovací formy z ocelí, které si samy vyvinuly přímo pro daný druh plastu.

Kromě ocelí se při výrobě forem používají i jiné materiály jako je hliník, dural, měď, mosaz a nejrůznější izolační a ochranné materiály. Z hlediska životnosti formy je velmi důležité již zmiňované tepelné nebo chemickotepelné zpracování, povrchová úprava (leštěný povrch je odolnější vůči korozi) a v poslední řadě také vlastní zacházení s formou. [6]

## 5 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Každý vstříkovaný výrobek je silně ovlivněn těmito stěžejními oblastmi:

- materiál vstříkovaného výrobku
- konstrukční řešení vstříkovaného výrobku
- konstrukční řešení vstříkovací formy
- použitý vstříkovací stroj
- zpracovatelské podmínky

Každá z těchto oblastí má ve vývoji nového vstříkovaného výrobku svou nezastupitelnou roli. [20]

### 5.1 Materiály pro vstříkování

Při výběru vhodného materiálu pro vstříkovaný výrobek je nutné dodržet požadavky na vzhled, funkci a způsob užívání finálního výrobku. To vše za co nejnižší cenu.

Materiál vstříkovaného výrobku se vybírá z hlediska [20]:

- Fyzikálních a chemických vlastností - chemická a tepelná odolnost, otěruvzdornost apod.
- Mechanických vlastností - pevnost v tahu, v ohybu, rázová pevnost atd.
- Technologických vlastností - zpracovatelnost, barvitelnost apod.
- Ekologie - ohleduplnost k životnímu prostředí.
- Ceny - finanční nákladnost

### 5.2 Konstrukce vstříkovaných výrobků

Základní podmínkou konstrukce vstříkovaných výrobků je vyrobitelnost, kterou musí konstruktér brát v úvahu.

Patří sem: smrštění materiálu, způsob odformování a vyhození, umístění ve formě, pohledové plochy výrobku atd. [20]



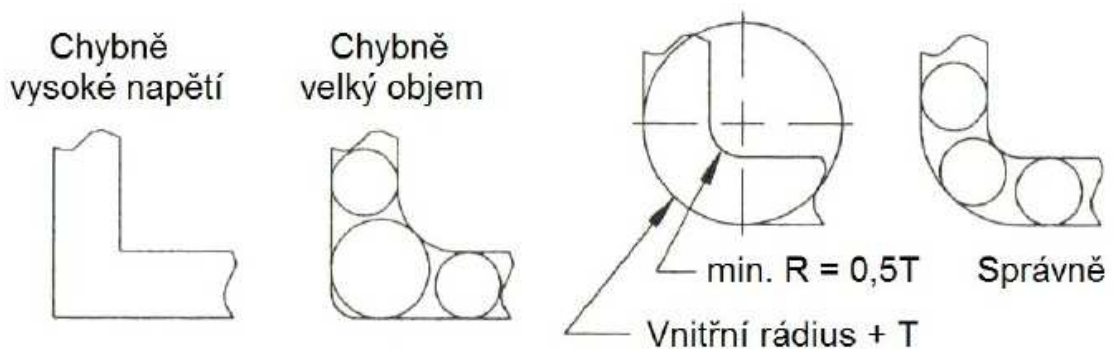
### 5.2.1 Tloušťka stěny

Vstřikované výrobky jsou obvykle konstruovány jako tenkostěnné. Při určování základní tloušťky stěny musí být brána v úvahu konstrukce, funkce a estetika výrobku s ohledem na vyrobiteľnosť. Tloušťka stěny musí umožnit vstřikovacímu tlaku zcela naplnit dutinu formy, temperaci a vyhazovacímu systému oporu, aby mohlo dojít k vyhození výrobku.

Primárním cílem konstruktéra je dodržet konstantní tloušťku stěny. Každá část s odlišnou tloušťkou bude plněna a chlazená odlišným způsobem a taky bude mít různé smrštění. Silnější oblasti způsobují problémy jako například s odvzdušněním nebo zde mohou vznikat bubliny a propadliny. Tenčí oblasti mohou způsobit nedotečení taveniny. [20]

### 5.2.2 Rohy, hrany a zaoblení

U vstřikovaných výrobků nejsou žádoucí ostré hrany z důvodu jejich citlivosti na vzniku vrubu. Obzvláště u vnitřních rohů, kde se koncentruje napětí pod zatížením, proto by měl vnitřní rádius dosahovat minimálně 50% tloušťky stěny. Ideální vnější zaoblení je pak o velikosti: vnitřní rádius plus tloušťka stěny. Tím se docílí rovnoměrné tloušťky stěny, což může mít negativní vliv na výrobek z hlediska deformací, vzniku propadlin a lunkrů. [20]

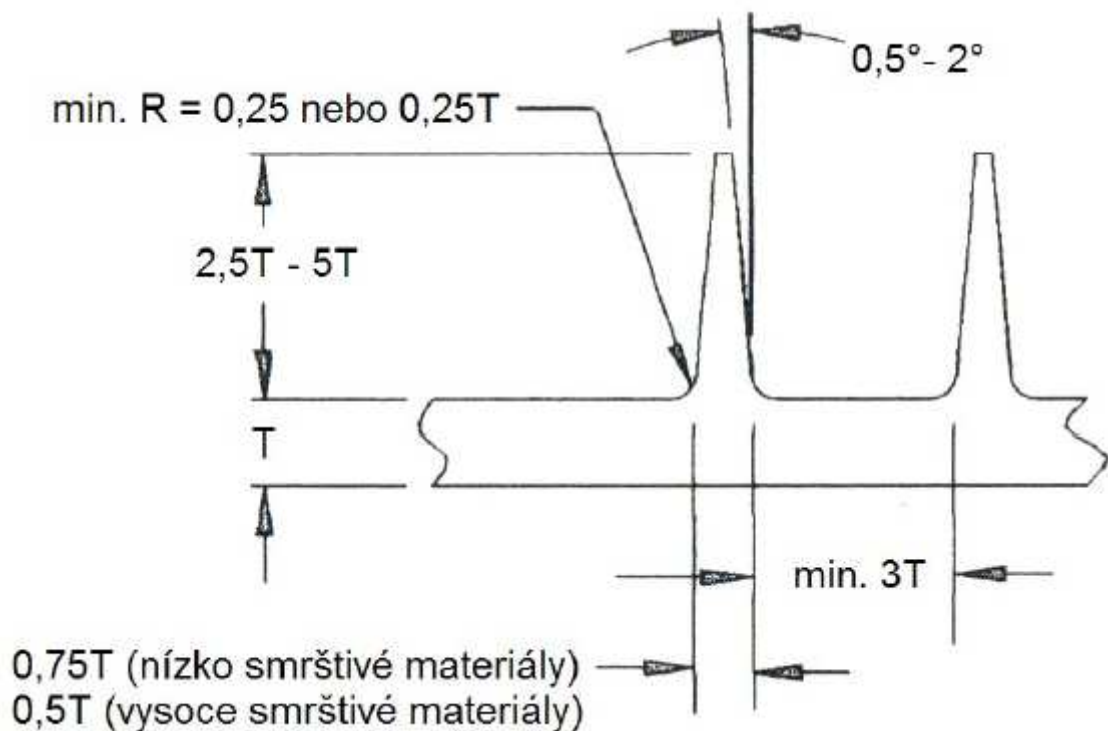


Obr. 21 Konstrukční řešení rohů a rádiusů [20]

### 5.2.3 Žebra

Žebra jsou prvky, které jsou přidávány k základní stěně za účelem zvýšení tuhosti a pevnosti výrobku. Pouhé zvětšení tloušťky hlavní stěny by tuhost výrobku nezvýšilo, jen by se zvětšila deformace a smrštění. Z konstrukčního hlediska by měla být žebra krátká s

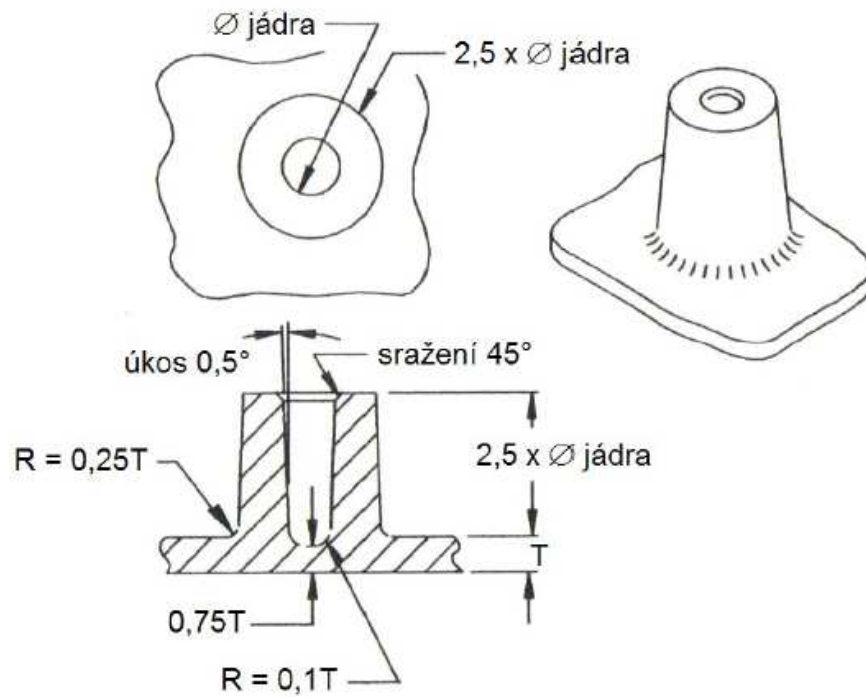
úkošem, to ale způsobuje problémy s vyhozením. Proto se preferuje menší množství vyšších žeber. Výška žebra by se měla pohybovat v rozsahu od 2,5 až do 5 násobku hlavní tloušťky stěny a zkosení by mělo být od  $0,5^\circ$  až do  $2^\circ$ . V místě styku žebra s hlavní stěnou se zvětšuje objem dané oblasti, což způsobuje propadliny a lunkry. Proto je tloušťka žeber v rozmezí od 50% do 75% tloušťky základní stěny. Menší tloušťky žeber se používají u vysoce smršťujících se materiálů a naopak. U kořene žebra musí být kvůli možné koncentraci napětí provedeno zaoblení o velikosti 0,25 násobku hlavní stěny nebo minimální rádius 0,25 mm. [20]



Obr. 22 Konstrukční řešení žeber [20]

#### 5.2.4 Nálitky

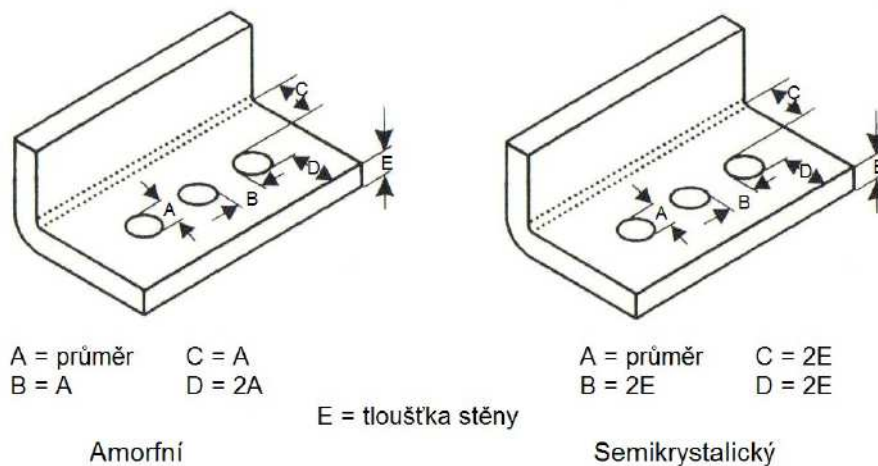
Nálitky jsou oblasti kruhového průřezu vystupující z hlavní stěny. Používají se na samořezné šrouby, vložky, zátky apod. Stabilita nálitků je často podporována žebry. Stejně jako u žeber je v místě styku hlavní stěny s nálitkem větší objem materiálu a stejné je i zaoblení o velikosti 0,25 násobku hlavní stěny nebo minimální rádius 0,25 mm. Vnější průměr i výška nálitku je přibližně 2,5 násobek vnitřního. [20]



Obr. 23 Konstrukční řešení pouzder a nálitků [20]

### 5.2.5 Úkosy, podkosy, otvory

Úkosy se na vstřikovaných výrobcích provádějí z důvodu snadnějšího vyhození z formy. Rozsah úhlů úkosů se pohybuje v rozmezí od 0,1° až do několika stupňů a souvisí se způsobem zaformování výrobku. Vnitřní a vnější úkos by měl mít stejnou hodnotu. Podkosy jsou u vstřikovaných výrobků nežádoucí. [20]



Obr. 24 Konstrukční řešení otvorů [20]

### 5.3 Vady vstřikovaných výrobků

Vady vstřikovaných výrobků mohou nabývat různých podob z různých důvodů.

Mohou to být vady vzniklé na základě: [20]

- chybně nastaveného vstřikovacího procesu
- chybně konstrukčně řešeného výrobku
- chybně konstrukčně řešené formy
- nesprávné funkce vstřikovacího stroje

#### Barevné pruhy

Pod tuto vadu lze zařadit všechny barevné nebo tmavé pruhy, skvrny a nehomogenizované části polymeru. Důvodem vzniku těchto vad může být: [20]

- špatná konstrukce, rychlost nebo opotřebení plastikační jednotky
- nepromísení pigmentu a základním polymerem
- nižší poměr pigmentu ku základnímu polymeru, než je doporučeno
- chybně zvolené procesní podmínky - špatně zvolená teplota polymeru, dlouhý vstřikovací cyklus

#### Bubliny, vzduchové kapsy a lunkry

Jedná se o jakékoliv oblasti ze zachyceným plynem nebo dutiny obsahující vakuum. V průběhu fáze vstřiku před sebou proudící tavenina tlačí vzduch obsažený v dutině po uzavření formy. Pokud vzduch nemá možnost uniknout z formy:

- vytvoří v dutině vzduchové kapsy, kdy tavenina nezateče - vzniká nedostříknutý výrobek nebo propadlina
- Pronikne do stěny a vytvoří ve výstřiku bublinu
- Popálí povrch výrobku - dieselův efekt

Lunkry nebo také dutiny obsahující vakuum vznikají v místech, kde je příliš silná stěna výrobku, v místech s náhlou změnou tloušťky stěny nebo místech styku žeber či nálitků s hlavní stěnou. Ve všech případech chladne polymer v nadměrně silné stěně velmi

pomalu, což ve stěně způsobí vznik lunkrů, staženiny a na povrchu výrobku propadliny. [20]

### **Černé skvrny a zdegenerovaný materiál**

Černé skvrny na povrchu výrobku nebo zdegradovaný materiál ve výrobku se vyskytují z důvodu: [20]

- nevhodně provedeného odvzdušnění dutiny - vzduch nemá možnost uniknout z dutiny a popálí povrch výrobku
- nevhodně řešeného vtokového systému, který způsobí přehřátí taveniny
- chybně zvolených procesních podmínek - vysoká teplota taveniny, vstřikovací rychlost, dlouhé setrvání materiálu v plastikační jednotce
- kontaminace vstřikovaného materiálu

### **Deformace**

Deformace výrobku je velmi často zapříčiněná špatným tvarem výrobku nebo nerovnoměrnou tloušťkou stěny. Mezi faktory zapříčiňující deformaci patří: [20]

- orientace molekul a vláknitá plniva
- tlakový spád v dutině formy
- nerovnoměrnost teplotního pole dutiny formy
- nerovnoměrnost smrštění výrobku
- stupeň krystalicity u semikrystalických polymerů

### **Delaminace, puchýře a pukliny na povrchu**

Tyto vady vznikají z těchto důvodů: [20]

- problémy s odvzdušněním formy - chybně provedené odvzdušnění, chybná konstrukce výrobku, nevhodně umístěné vtokové ústí ap.
- chybně zvolených procesních podmínek - vysoká teplota formy, vysoká vstřikovací rychlost, vysoká molekulární orientace
- nevhodně zvolená kombinace materiálů u vícekomponentního vstřikování
- kontaminace vstřikovaného polymeru

### **Stříbrné pruty**

Tvoří se na povrchu a jsou způsobeny přítomností plynu nebo vlhkosti, ale mohou být způsobeny špatně homogenizovaným polymerem, nečistotami, těkavými látkami nebo vzduchem. [20]

### **Studené spoje**

Studený spoj vzniká spojením dvou čel taveniny. Dalším tokem se a to čela spojí v jedno. Než se tak stane, tak vzniklý spoj se nazývá studený. Vada studený spoj je dána teplotou taveniny, vstřikovacím tlakem, přítomností plniva, nečistot, vlhkosti a jiných přísad v polymeru. [20]

### **Tryskový tok**

Tryskový tok se na výrobku objevuje v podobě zatuhlého proudu taveniny. Příčinou tryskového toku může být nevhodně umístěný tok přímo do volného prostoru formy nebo příliš vysoká vstřikovací rychlost [20]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem této diplomové práce je:

- vypracování teoretické části se zásadami konstrukce vstřikovacích forem
- vymodelování výrobku dle technické dokumentace
- provést konstrukční návrh formy
- vytvoření kompletní výkresové dokumentace
- provedení tokové analýzy
- kontrola rozměrů se základní statistikou

Hlavním cílem této diplomové práce je vyzkoušení CAD/CAM systému VISI a jeho, jakožto levnější varianty systému CATIA.

V praktické části je první vymodelován výrobek dle technického výkresu, který byl dodán firmou Tesla Jihlava s.r.o. Následně dle teoretické části zkonstruovat čtyř-násobnou formu s následným provedení tokové analýzy. Na základě požadavku firmy Nexnet a.s, vše musí být provedeno v programu VISI 20. Dále vypracováním kompletní výkresové dokumentace a cenu kompletní sestavy. V poslední části se provede kontrola rozměrů důležitých částí a jejich vyhodnocení.



## 7 POUŽITÉ PROGRAMY

### 7.1 VISI 20

Produkt VISI, společnosti Vero Software, je nejprodávanějším CAD/CAM software co do počtu prodaných licencí.

Program VISI je specializovaný software pro konstrukci a výrobu forem, postupových střížných nástrojů a elektrod, jehož základem je integrovaný hybridní, plošný a objemový modelář pracující na jádru Parasolid.

System VISI je unikátní v tom, že pokrývá všechny aspekty výroby vstřikovacích forem. Od tvorby modelu, modelové analýzy, přes simulaci tečení až po výrobu.

System VISI je schopný adekvátně nahradit dražší systémy. Funguje podobně jako ostatní systémy. Je v něm možné vytvořit model, na kterém je možné vytvářet nejrůznější analýzy a relativně snadno konstruovat formy. Je zde možné tvořit i výkresovou dokumentaci.

Tento systém obsahuje několik modulů. Pro tuto diplomovou práci byly použity tyto moduly:

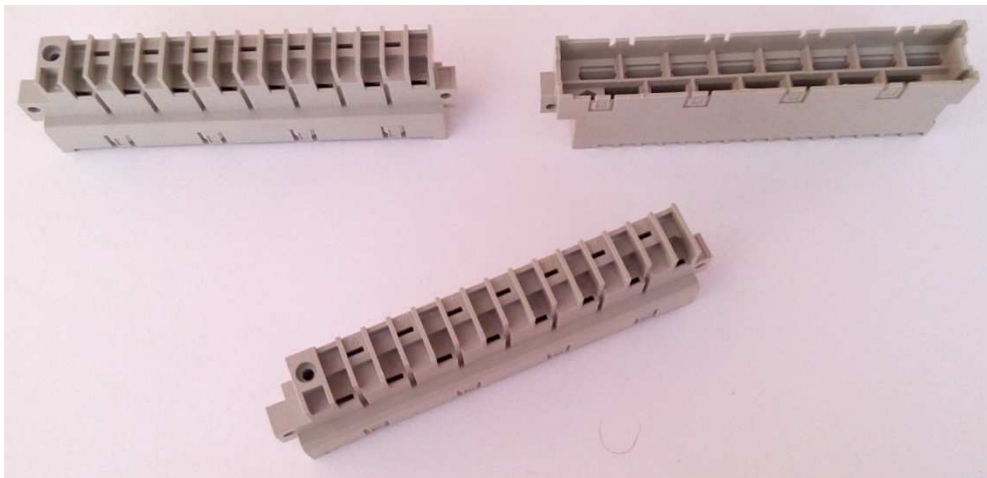
- Modul vstřikovacích forem - modul co dokáže přednastavit základní komponenty formy
- Modul pro tvorbu výkresové dokumentace
- Modul mold flow - analyzuje model v mnoha ohledech. Např. analýza toku, deformace, plnění atd.
- Modul normálíí - obsahuje normalizovaný díly od všech předních výrobců jako jsou HASCO, Muesburger, General.

## 8 SPECIFIKACE VÝROBKU

### 8.1 Zadaný výrobek

Diplomová práce se zaměřuje na vytvoření přesného modelu dle výkresové dokumentace a na vypracování konstrukčního návrhu pro čtyř-násobnou vstřikovací formu.

Výrobek je velmi členitý a skládá se z mnoha žeber a průchozích i neprůchozích otvorů. Nejdůležitějšími částmi jsou otvory, do kterých se zabudují další komponenty.



*Obr. 25 Hotový výrobek*



Obr. 26 Model výrobku

## 8.2 Určený materiál

Materiál byl určen Polykarbonát Makrolon 9125, který má obvyklou teplotu vstřikování 300 - 330°C a vyhazovací teplotu 80 - 130°C.

Tab. 4 Základní informace o polymeru

ITT (300°C / 1,2kb)	8	cm <sup>3</sup> /10min
Obsah skelných vláken	20	%
Napětí při přetržení	85	MPa
Prodloužení při přetržení	2,5	%
Hustota	1340	kg/m <sup>3</sup>
Hustota taveniny	1140	kg/m <sup>3</sup>
Vstřikovací teplota	300	°C
Smrštění podélné	0,3	%
Smrštění příčné	0,5	%

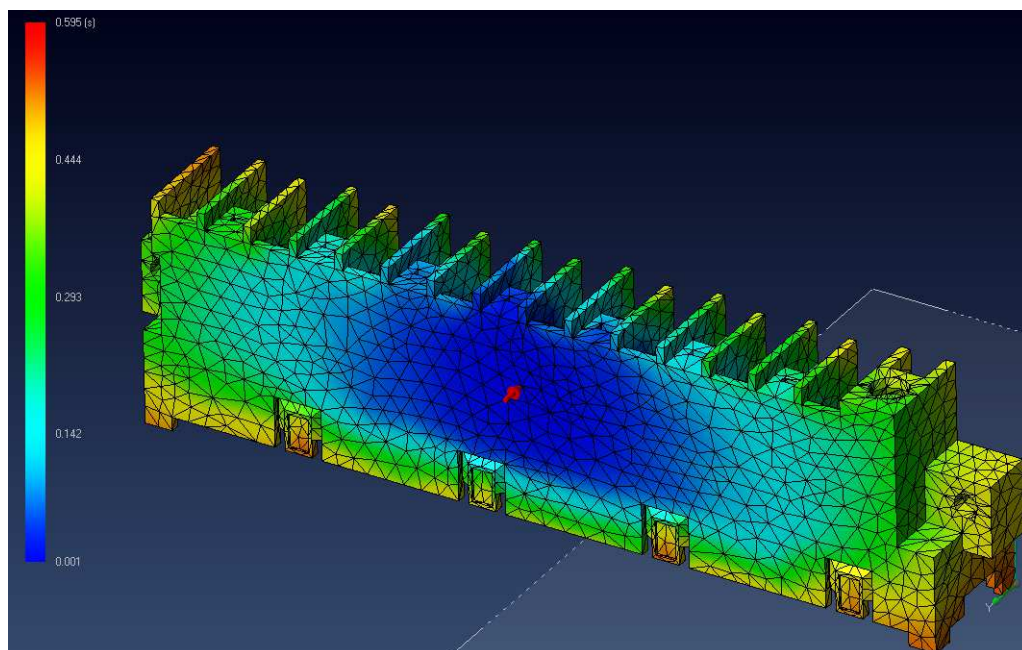
## 9 ANALÝZY VÝROBKU

Pro správné navržení vstřikovací formy, je důležité správně určit místo pro vstříknutí taveniny do formy. A to z důvodu správného zatečení taveniny do celé formy a taky aby nevznikaly různé defekty, které byly popsány v kapitole 4.7, a taky aby nevznikaly nežádoucí studené spoje. Z výrobku lze poznat místo vtoku a to právě díky vtokovému zbytku, který na něm zůstal.

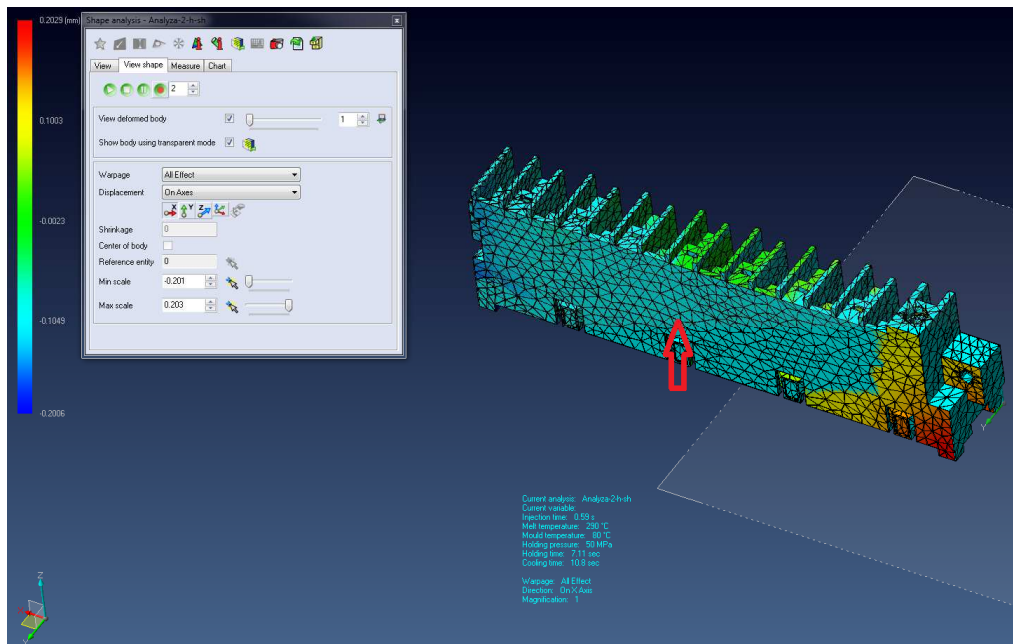
### 9.1 Umístění vtoku

Správné umístění vtoku je velmi důležité. Je nutné, aby se tavenina co nejlépe dotkla do všech míst dutiny formy. Samotné umístění vtoku dokáže ovlivnit například deformaci finálního výrobku nebo místa studených spojů.

Pro umístění vtoku byly použity simulace pro boční vtok a čelní vtok přímo naproti překážky.



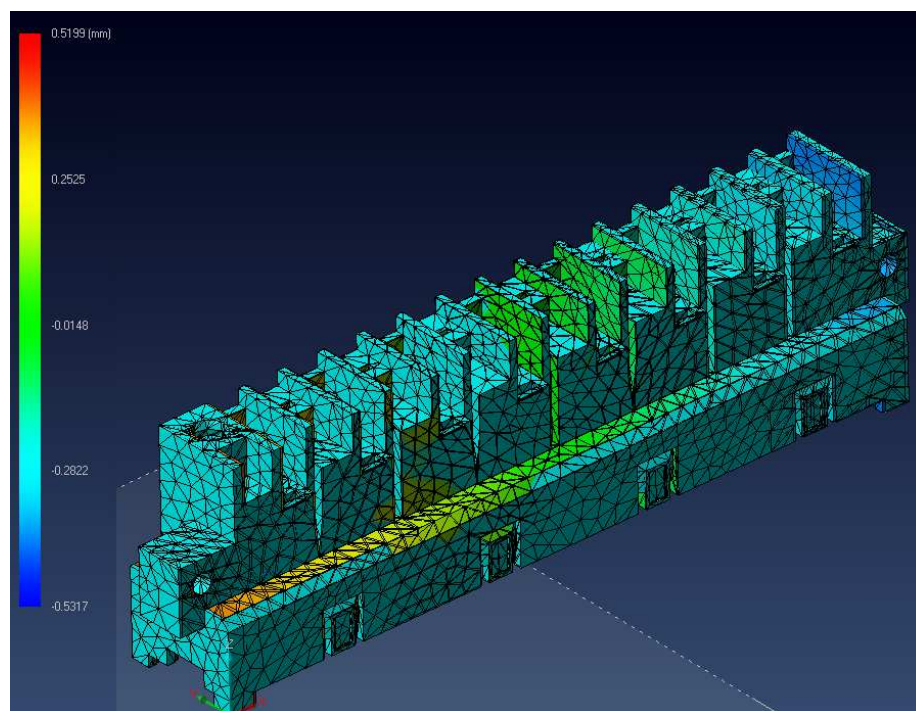
Obr. 27 Analýza boční vstřiku - doba vstřiku



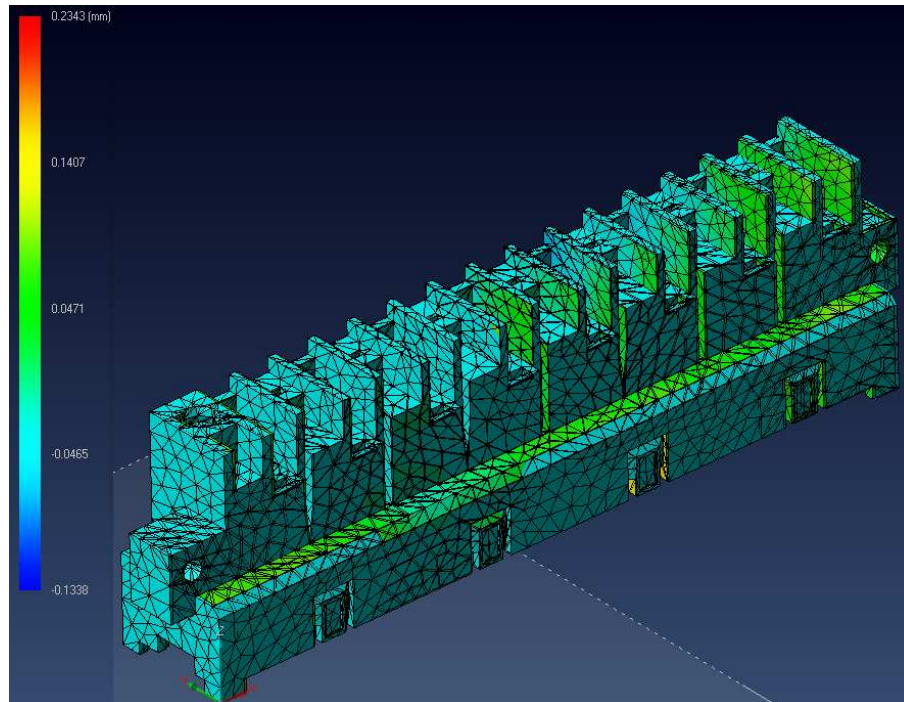
*Obr. 28 Analýza boční vstříku - deformace*

Tato analýza zobrazuje v barevném spektru velikost a směr deformace vstříknutého výrobku. Z analýzy vyplývá, že umístění vtoku v tomto bodě je nevhodné. Je to způsobeno velkým prohnutím výrobku.

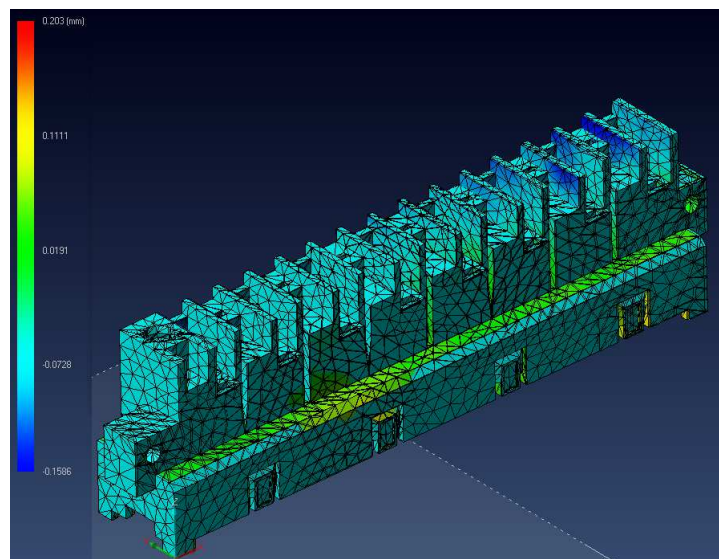
Ve druhém případě byl použit čelní vtok, jako byl použit na skutečném výrobku.



*Obr. 29 Analýza čelního vstříku -deformace v ose x*



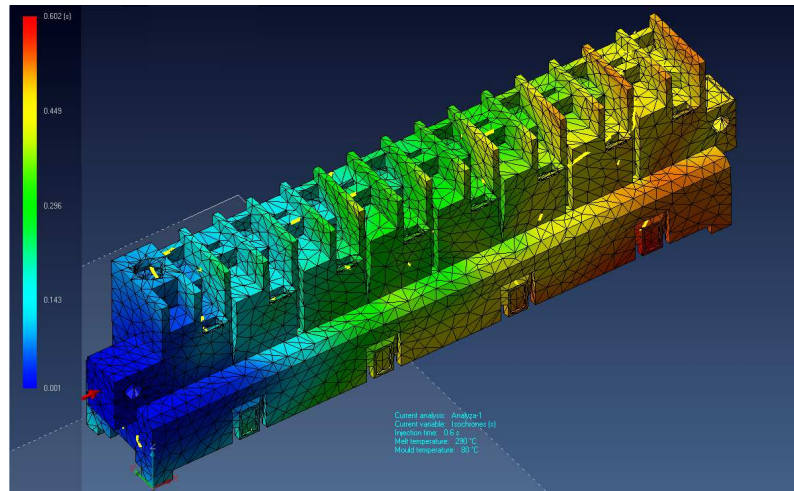
*Obr. 30 Analýza bočního vstříku - deformace v ose y*



*Obr. 31 Analýza čelního vstříku - deformace v ose z*

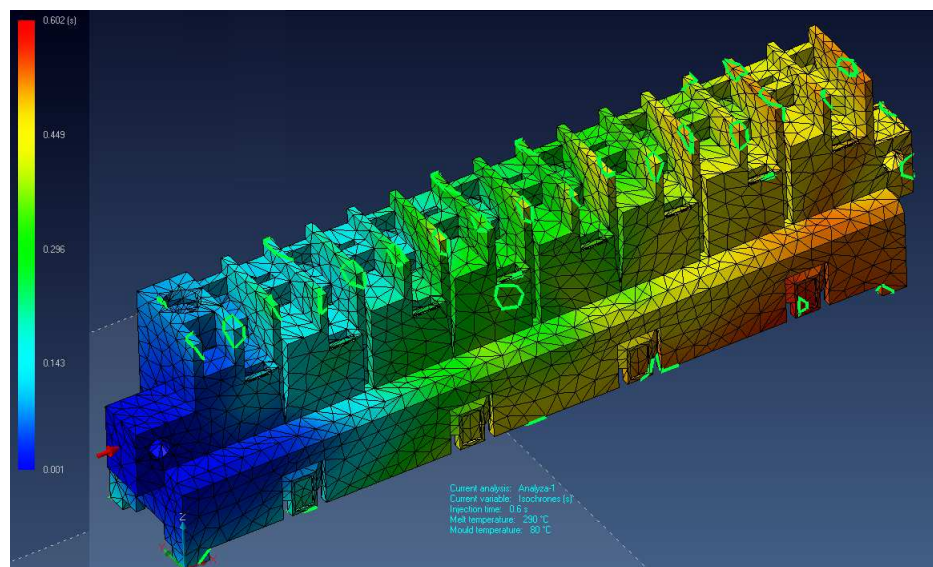
V případě čelního vstříku dochází k menším deformacím. Také k deformacím dochází v nekritických oblastech, kde to nemá na budoucí využití výrobku tak velký vliv.





*Obr. 32 Analýza studených spojů*

Na analýze studených spojů je vidět místa, kde se tvoří studené spoje. Na Obr. 32 je to barevně označeno pomocí žlutých čar.



*Obr. 33 Analýza studených spojů*

Obr. 32 ukazuje analýzu, kde je největší riziko vzniku studených spojů. Pomocí této analýzy lze přizpůsobit tvorbu formy tak, aby se efektivně odvedl vzduch z dutiny formy.

Z analýz bylo zjištěno:

- Teplota vstřikování 290°C
- Vyhazovací teplota 80°C
- Doba vstřiku 0,6 s
- Doba dotlaku 9,67 s
- Doba chlazení 11,8 s
- Maximální použitý tlak 87,7 MPa

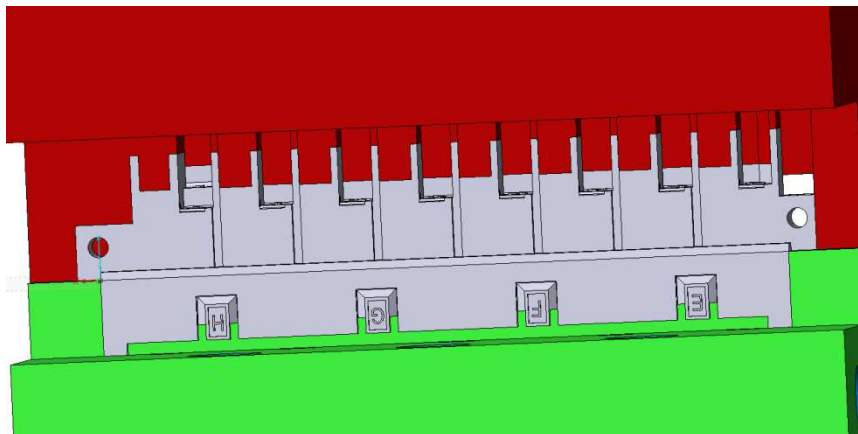


## 10 NÁVR ČTYŘ-NÁSOBNÉ FORMY

Kompletní návrh vstřikovací formy byl zhotoven v programu VISI ve firmě Nexnet a.s. Pro tvorbu formy byly použity katalogové komponenty Meusburger. Z ekonomického hlediska je důležité, aby forma byla co nejjednodušší a nejmenší.

### 10.1 Umístění výstřiku do formy

Výstřik nelze řešit jednoduchým zaformováním do tvarových vložek, ale musí se použít dvou posuvných čelistí, které jsou ovládány pomocí šikmých kolíků. Formu bude tvořit hlavní dělicí rovina a vedlejší, kterou tvoří právě přídatná deska s posuvnými čelistmi. Vnitřní tvarových vložek se bude muset částečně nahradit jádry, jelikož vnitřní tvar je natolik složitý, že by jeho výroba byla jak finančně, tak i technologicky náročná.



Obr. 34 Dělicí rovina

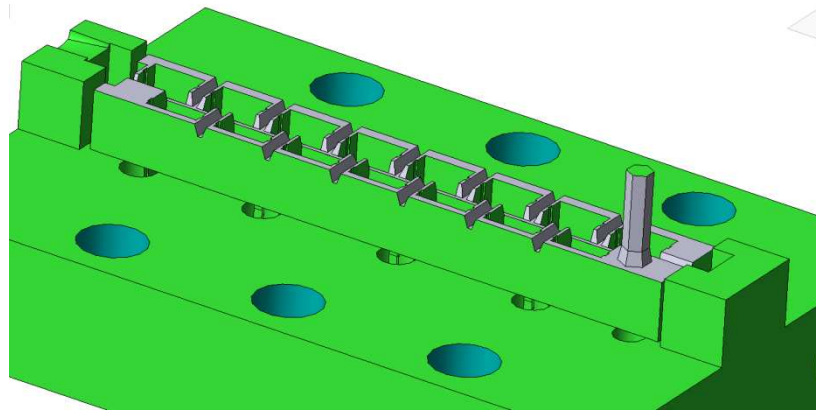
Dělící rovina byla umístěna přesně na hranu zkosení. A to s ohledem na obě boční vystouplé části, aby byla horní tvarová vložka méně členitá. Je to z důvodu snazšího vyhazování. Vedlejší dělící rovinu určuje přídatná deska s posuvnými čelistmi.

#### 10.1.1 Horní tvarová vložka

Horní tvarová vložka vyhazovací je umístěna v tvárníkové (horní) desce a je k ní připevněna šesti šrouby M4. Horní tvarová vložka přesně kopíruje spodní plochy modelu i s žebry. Bohužel není možné kopírovat celý tvar modelu z důvodu jeho členitosti a taky z důvodu příliš úzkých míst, která jsou obtížně vyrobitelná. V tomto případě byly dvě možnosti. V prvním případě mohla být vložka vyrobena pomocí uhlíkových elektrod technolo-

gí elektroerozivního obrábění nebo ve druhém případě za použití několika jader, která by se zasunovala do tvarové vložky. V tomto případě byla zvolena druhá možnost s použitím jader. Jedním z důvodů byla také možnost vyměnitelnosti v případě poškození. Kdyby se některá z tvarových částí poškodila, nemusí se vyměňovat celá vložka, ale jen konkrétní jádro.

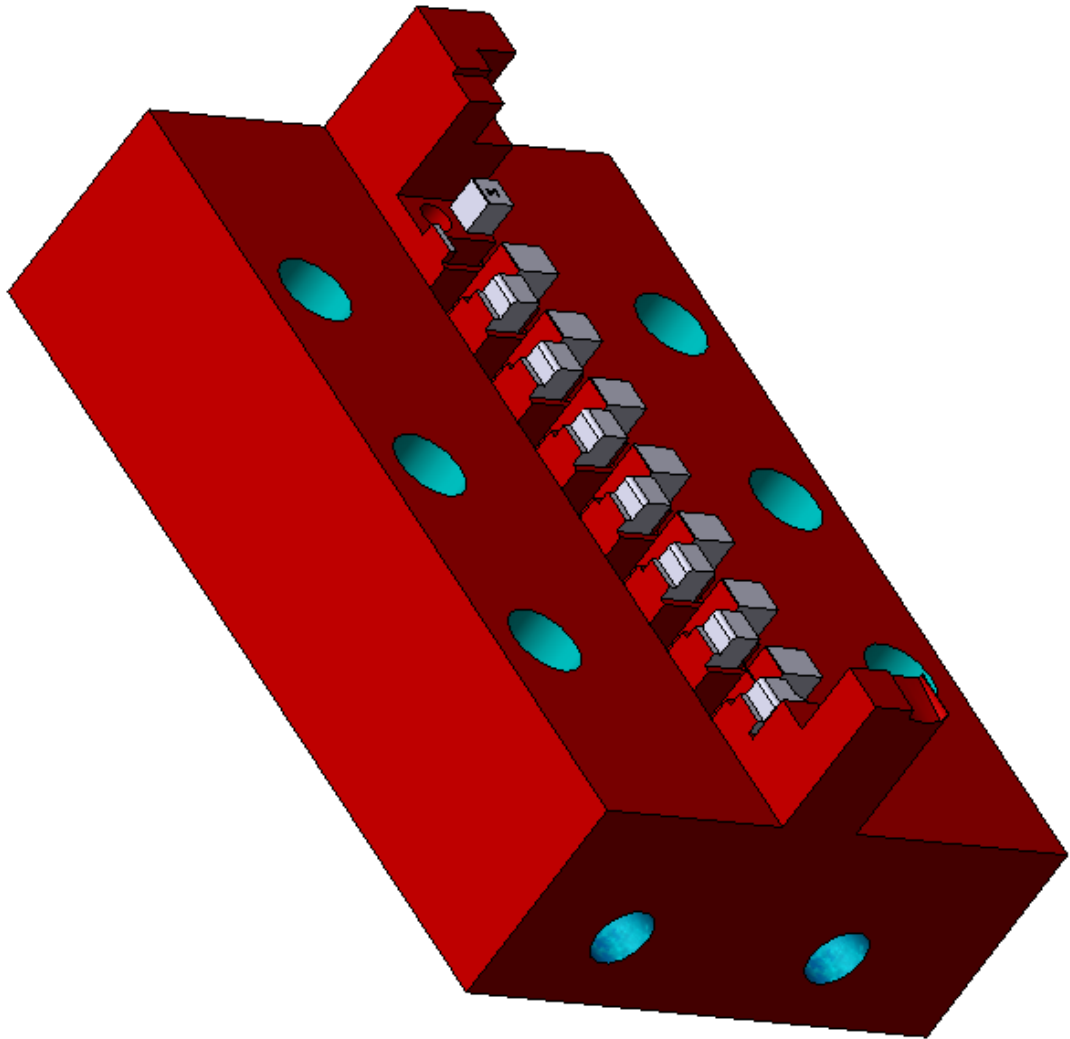
Při otevírání formy je horní tvarová vložka nutná, hotový výstřik v ní totiž zůstává až do úplného otevření formy, kdy se následně pomocí vyhazovačů vyhodí.



*Obr. 35 Horní tvarová vložka*

### 10.1.2 Spodní tvarová vložka

Spodní tvarová vložka není natolik důležitá jako vyhazovací. V některých případech se dokonce ani nemusí použít. V tomto případě se musela použít. Byla nutná právě pro umístění jader, které se do ní vkládají. Dále kopíruje horní plochy a je v ní umístěn vtok.

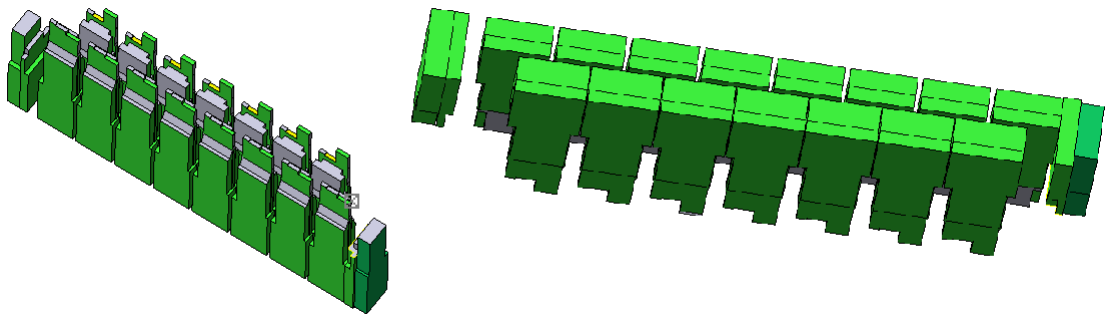


*Obr. 36 Spodní tvarová vložka*

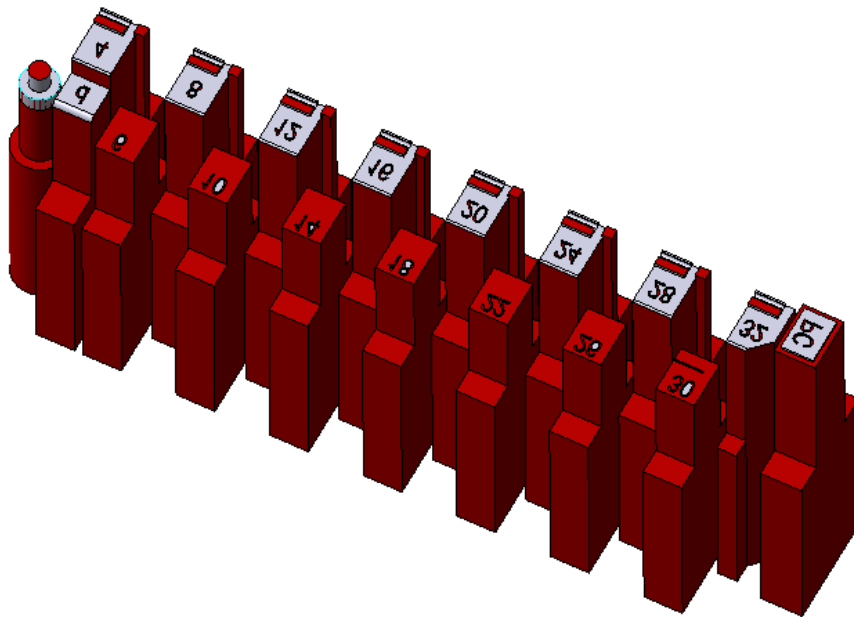
### 10.1.3 Jádra

V horní tvarové vložce byly použity čtyři druhy jader pro horní tvarovou vložku. V celkovém součtu bylo použito 34 jader.

Spodní tvarová vložka byla řešena stejným způsobem, ovšem s tím rozdílem, že zde bylo použito 18 unikátních jader a to kvůli číslovkám, které musí horní strana výstříku obsahovat.



Obr. 37 Použitá jádra pro horní tvarovou vložku

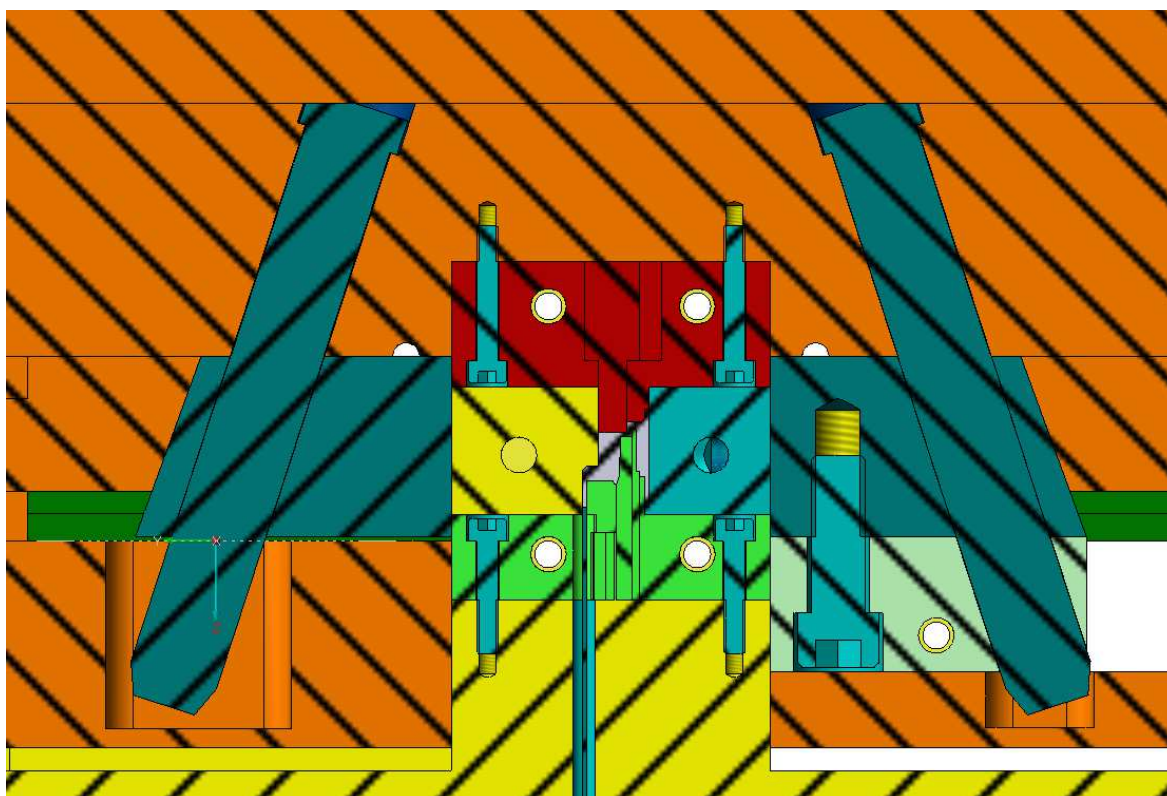


Obr. 38 Použitá jádra

#### 10.1.4 Posuvné čelisti

Byly použity základní posuvné čelisti z katalogu Meusburger E3000, které leží na vodících lištách E3100. Byly použito 8 posuvných čelistí, na které byly pomocí šroubů pevně spojeny s tvarovou částí (šíbrem).

Pomocí šikmých kolíků čelisti E 1030, které byly zasazeny do tvárnice, pomocí kterých se pak čelisti posunovali směrem od dutiny formy. Aby došlo ke správnému odformování, bylo nutné správně nastavit zdvih. Potřebná výška na překonání vzdálenosti byla 19 mm. S přídatkem bylo použito 21,5 mm. To je dostatečná vzdálenost, aby se výstřik v pořádku dostal ven z formy.

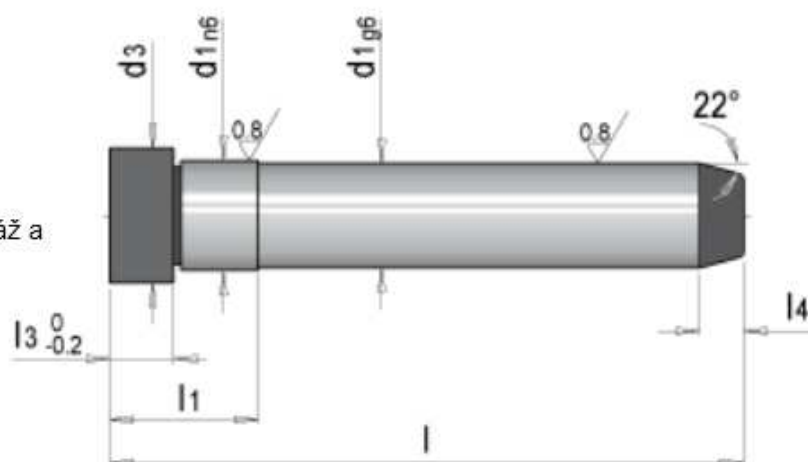


Obr. 39 Řez formy s pohledem na tvarové vložky s posuvnými čelistmi

### E 1030

Šikmý kolík s válcovým nákrůžkem

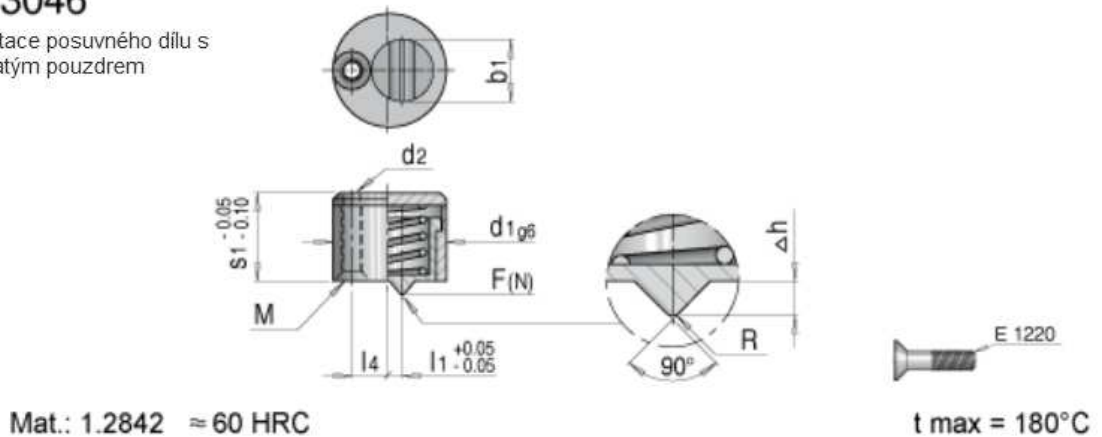
> Dva lícované průměry pro jednoduchou montáž a přesné usazení



Mat.: 1.7131  $\approx$  60 HRC

Obr. 40 Šikmý kolík čelistí E 1030

Aby se při plném otevření formy nestalo, že posuvné čelisti spadnou a narazí do tvarových vložek, byla použita aretace E 3046.

**E 3046**Aretace posuvného dílu s  
kulatým pouzdem

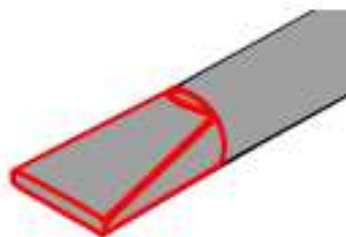
Obr. 41 Posuvná aretace E 3046

**10.2 Vtokový systém**

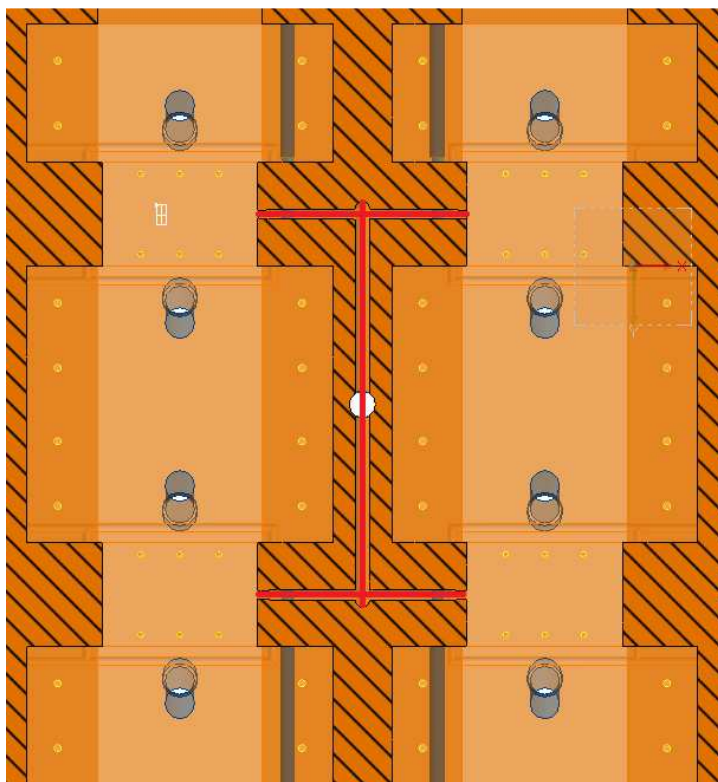
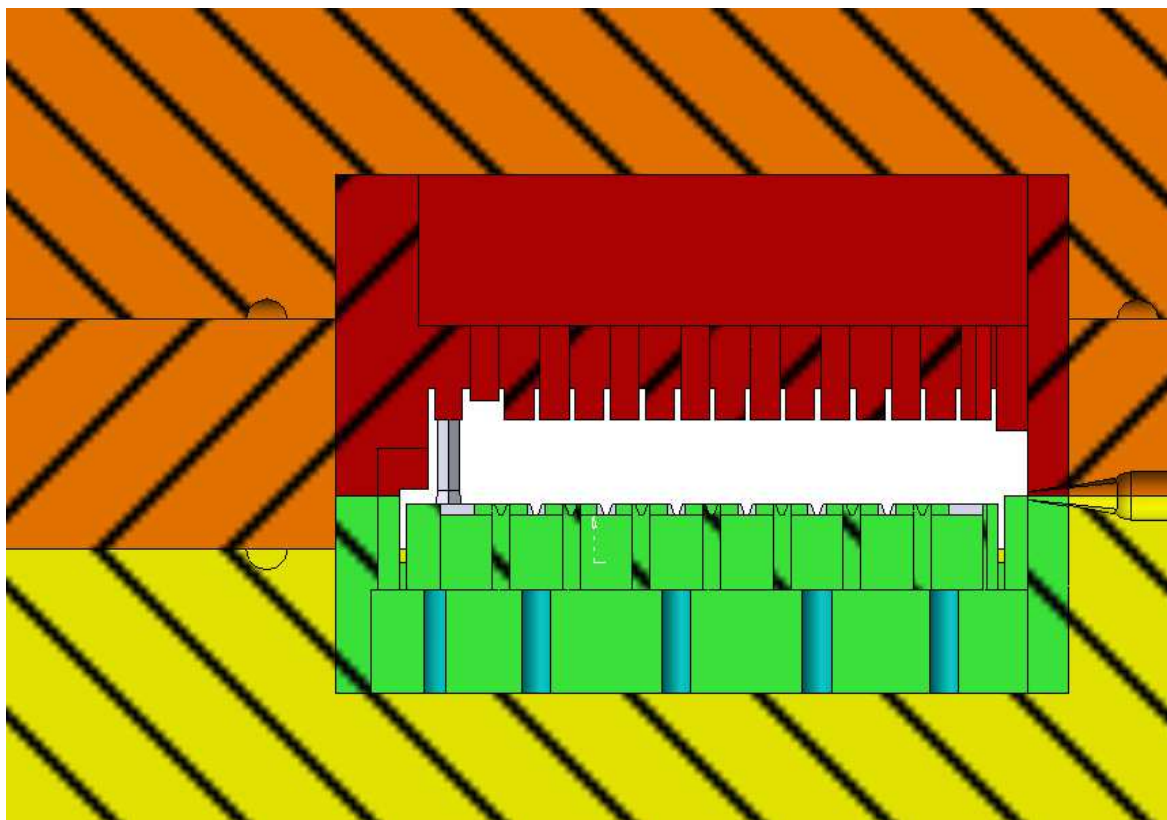
V tomto případě byl použit studený vtokový systém jako u původní formy. To vzhledem ke vzdálenostem v této formě je rizikové a v konečném důsledku ekonomicky nákladné.

Hrozí, že polymer přiváděný studenou vtokovou vložkou začne tuhnout příliš brzy a tím můžou vzniknout defekty na výstřiku nebo dokonce může dojít k předčasnému zatuhnutí taveniny v tokové vložce. Dále vzhledem k délce vtokové vložky vzniká velký odpad. Proto by měla být zvolena vyhřívaná tryska.

Jelikož se jedná o vícenásobnou formu, byl vyřešen vtokový systém následovně. Pomocí vtokové vložky se přivede tavenina do hlavního vtokového kanálku, který následně ústí do čtyř vedlejších tokových kanálků. Vedlejší tokové kanálky byly zakončeny bočním vtokem.

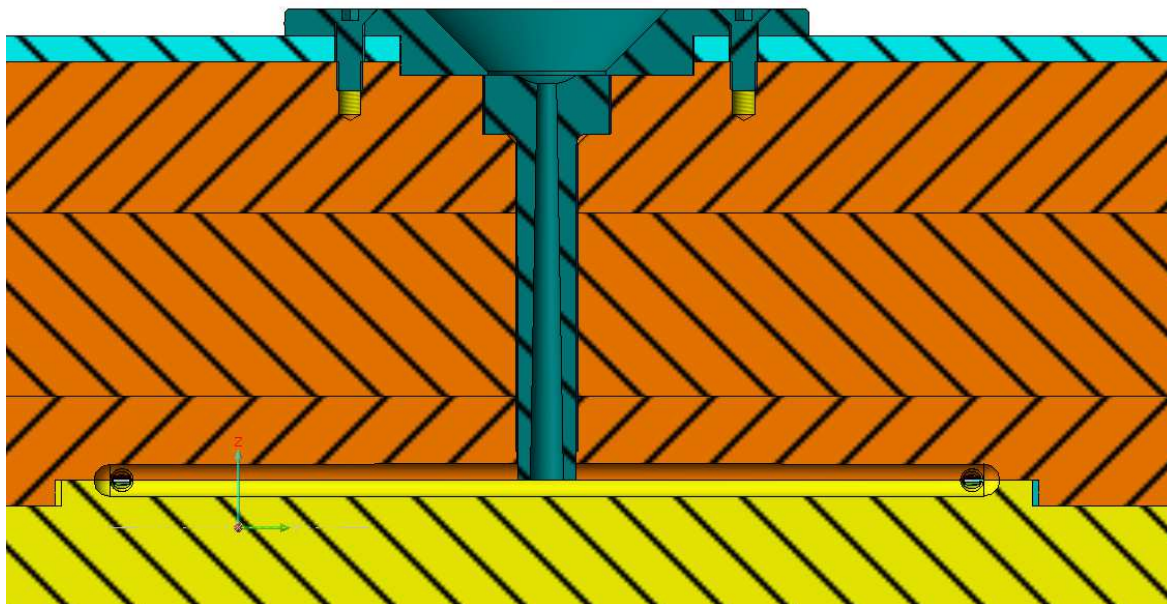




*Obr. 42 Pravoúhlý vtok**Obr. 43 Rozvod taveniny tokovými kanálky*

*Obr. 44 Pohled do dutiny formy s vtokovým ústím*

Na obrázku lze vidět, že horní tvárníková deska (žlutá) je u vtokového ústí posunutá směrem nahoru. Je to z důvodu, aby se dokázal vtokový zbytek vyhodit z formy.

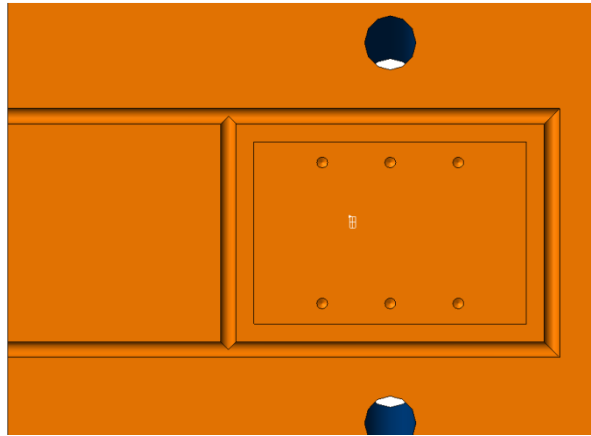
*Obr. 45 Vtoková vložka*

Tavenina je přivedena do dutiny přes vtokovou vložku s kulatým rádiusem E 1605 a s úhlem  $3^\circ$  pro snadnější vytažení vtokového zbytku.

### 10.3 Odvzdušnění formy

Z analýzy zaměřené na vznik vzduchových bublin bylo zjištěno, kde jsou rizika vzniku vzduchových bublin. Tento problém byl částečně vyřešen šíbrý, které odvádějí vzduch od dutiny formy do netěsností mezi deskami a ven z formy. Následně bylo ještě provedeno vybrání v tvarových deskách, aby mohl vzduch lépe unikat pryč formy.



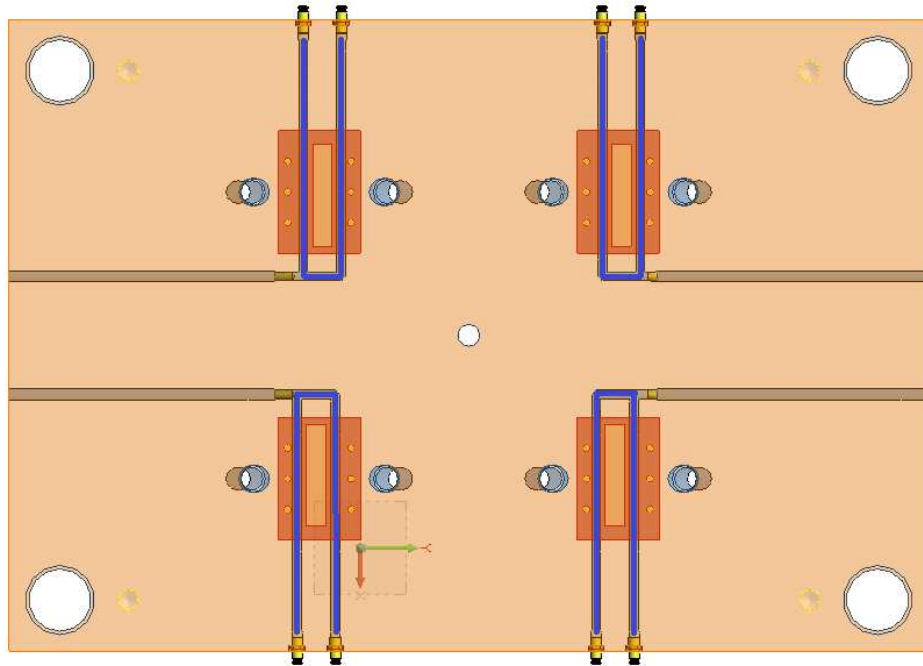


*Obr. 46 Půlkruhové vybrání na tvárnicové desce*

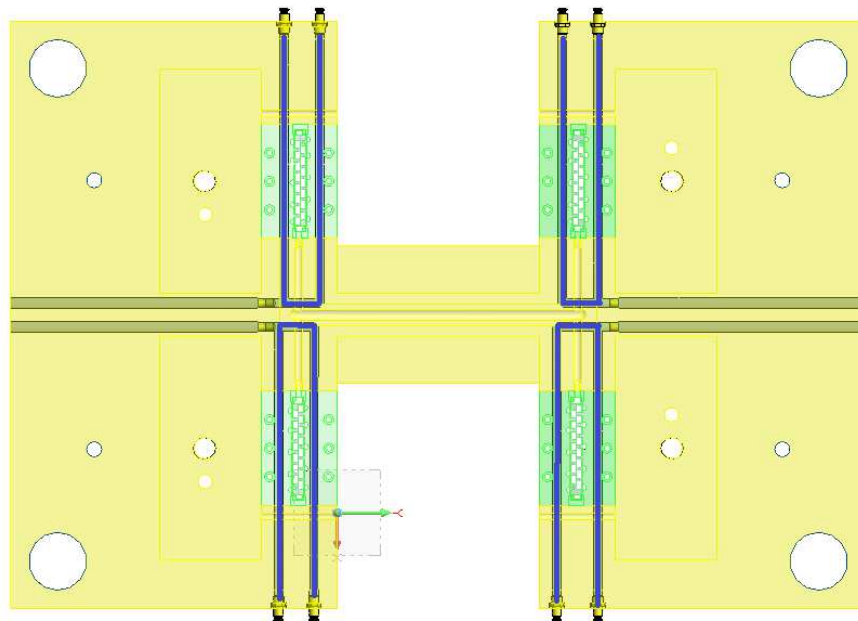
## 10.4 Temperační systém

Temperační systém je nedílnou součástí vstříkovací formy. Má za úkol držet konstantní teplotu. S ohledem na velikost jednotlivých součástí, výlisků a násobnost formy, byl temperační systém vyřešen následovně.

Do každé vložky byly umístěny dva temperační kanály. Jedním kanálem se kapalina přivádí, následně projde celou vložkou až do tvarových desek, kde je vyvrtán otvor, do které je vložena ucpávka, která usměrní tok chladicího média správným směrem. Následně se vrací zpět do vložky, kterou projde a opustí formu. Stejným způsobem jsou řešeny obě tvarové vložky.



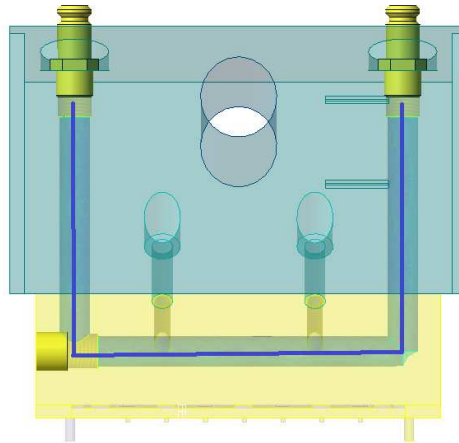
Obr. 47 Temperační systém ve tvarové vložce a v tvárniciové desce



Obr. 48 Temperační systém ve tvarové vložce a v tvárniciové desce

Aby bylo chlazení efektivnější, tak se další větve chlazení vložily do posuvných čelistí a šíbrů. Zde se musely udělat dvě varianty, a to z důvodu, že jedna polovina vložek je vnitřní a druhá polovina vnější.

U vnějších čelistí bylo chlazení vyřešeno následovně. Do čelisti byly vyvrtány dva otvory pro chlazení, které zasahovaly do přišroubované tvarové čelisti. Do tvarové čelisti se vyvrtal ještě jeden otvor kolmo na dva předchozí a vložila se ucpávka, aby byl zajištěn správný obtok.



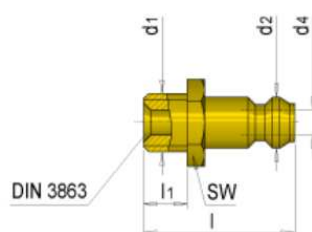
Obr. 49 Temperační systém ve vnější čelisti a šíbru

U vnitřních čelistí bylo řešení komplikovanější. Tvarová čelist byla řešena stejným způsobem jako u vnějších, pouze u posuvné čelisti nelze vést chladicí systém rovně. V tomto případě byl chladicí systém vyveden nahoru směrem k vyhazovačům. K posuvným čelistem se na horní plochu přišroubovala podložka, který měl kolmo vyvrtané díry tak, aby odváděl chlazení ven z formy. Dalším problémem byl samotný posun čelistí. Proto se musel odebrat materiál z tvárníkové desky aby se mohly kvádr usazený na čelisti pohybovat společně s čelistí.

**E 2000**

Přípojka

> Max. provozní tlak 15 bar



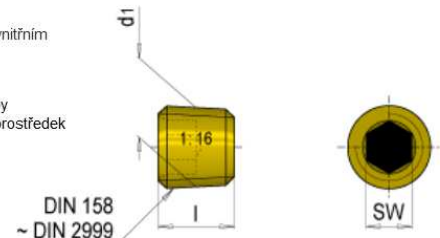
Mat.: 2.0401 (CuZn)



**E 2074**

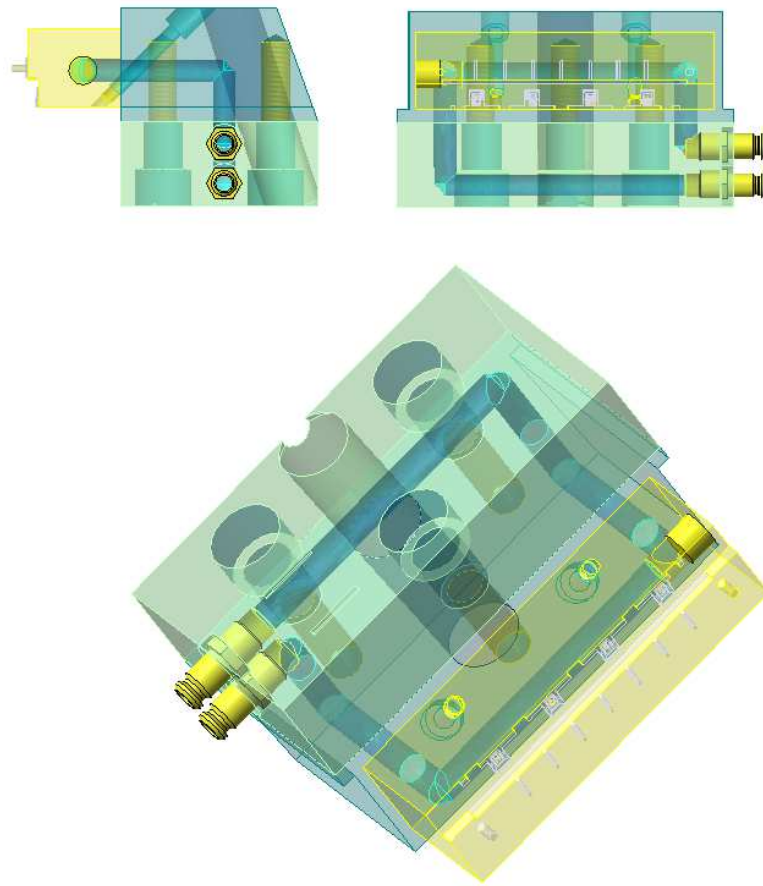
Uzavírací šroub s vnitřním šestihranem

> V případě potřeby použijte těsnící prostředek



Mat.: 2.0401 (CuZn)

Obr. 50 Přípojka E 2 000 a uzavírací šroub E 2074

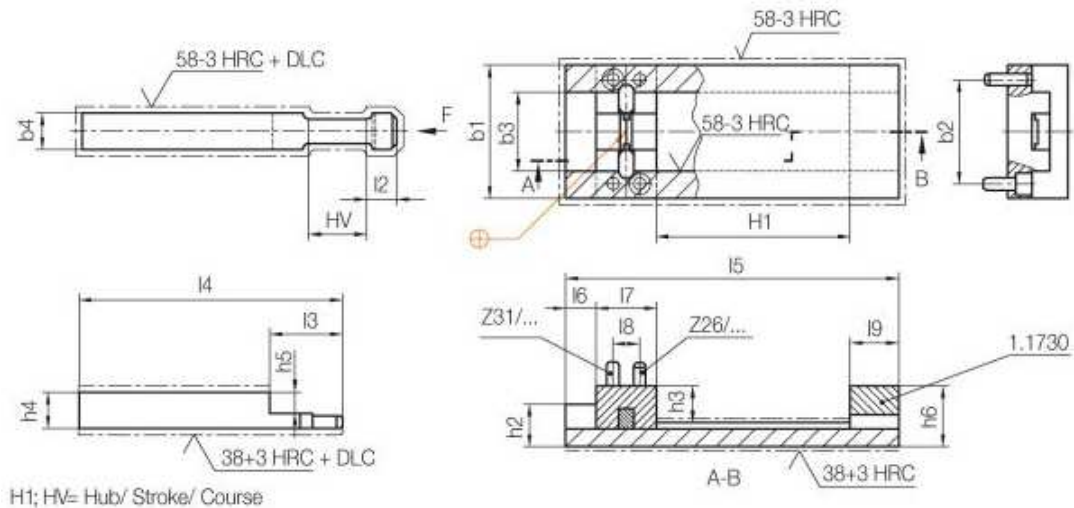


Obr. 51 Temperační systém ve vnitřní čelisti a šíbru

## 10.5 Vyhazování

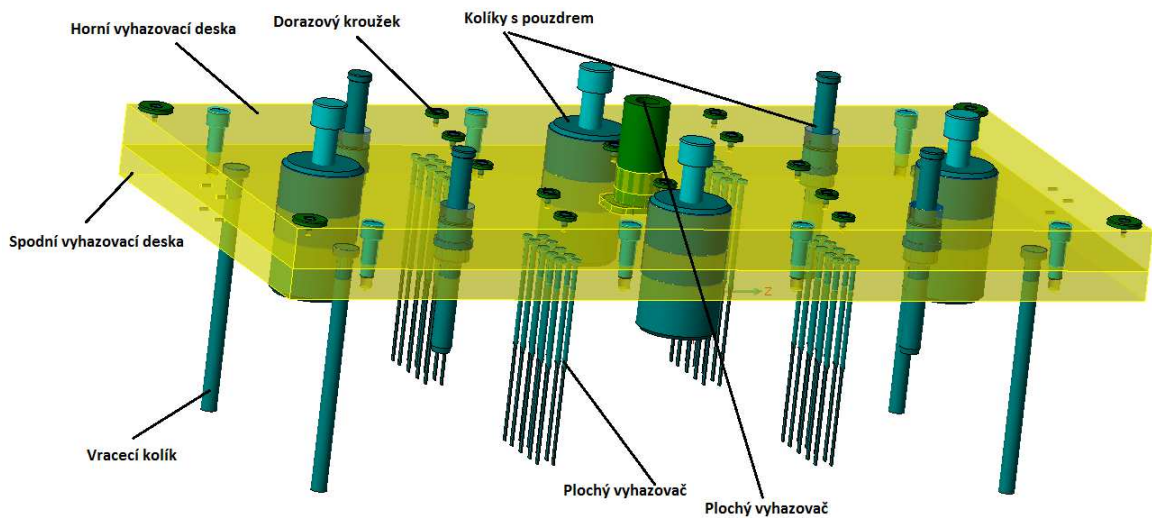
Po zchlazení výstřiku na požadovanou teplotu, dochází k vyhození. Nejprve se otevře hlavní dělicí rovina, kdy čelisti odjedou od výstřiku, pak se teprve otevře vedlejší dělicí rovina a dojde na samotné vyhození vylisku.

K tomu, aby se hlavní a vedlejší dělicí rovina správně otevřela, bylo použito dvou-  
stupňové otevírání z HASCO katalogu Z174, které je připevněno na vyhazovací desce a na tvárníkové desce.



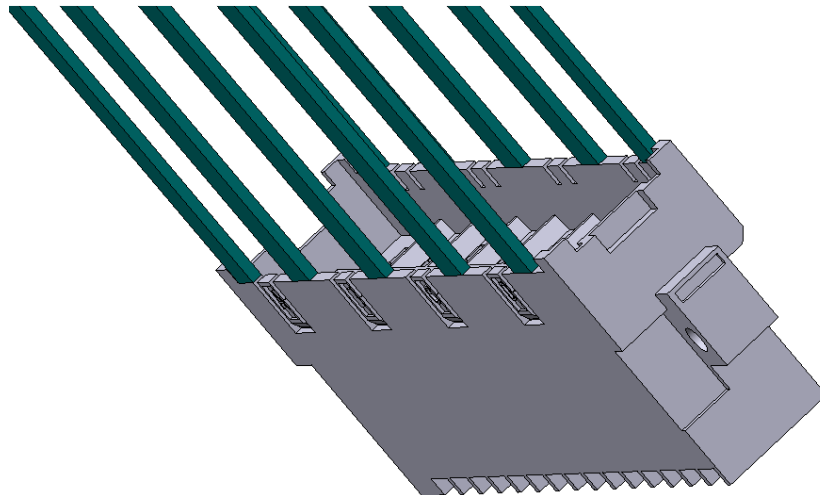
Obr. 52 Dvoustupňové otevírání Z174

Vyhazování je tvořeno dvěma deskami. Vyhazovací deskou horní a vyhazovací deskou spodní. Do vyhazovacích desek byly použity kolíky s pouzdry, aby se desky lépe stabilizovaly, dorazové kroužky jako opatření proti nárazům a vraccí kolíky, které se opírají o tvárniceovou desku a tím chrání vyhazovače pro případ havárie.



Obr. 53 Vyhazování

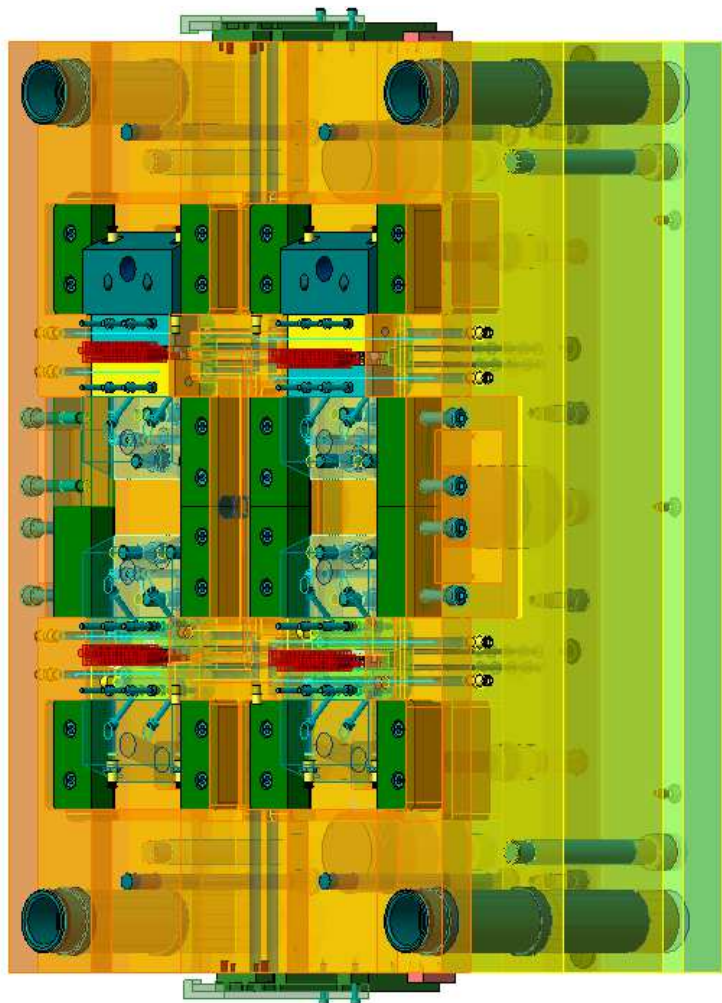
Na výstřiku není dostatek místa pro umístění válcových vyhazovačů. Z toho důvodu byly použity ploché vyhazovače, které byly umístěny na tenkou stěnu výstřiku s dotykovou plochou obdélníku.



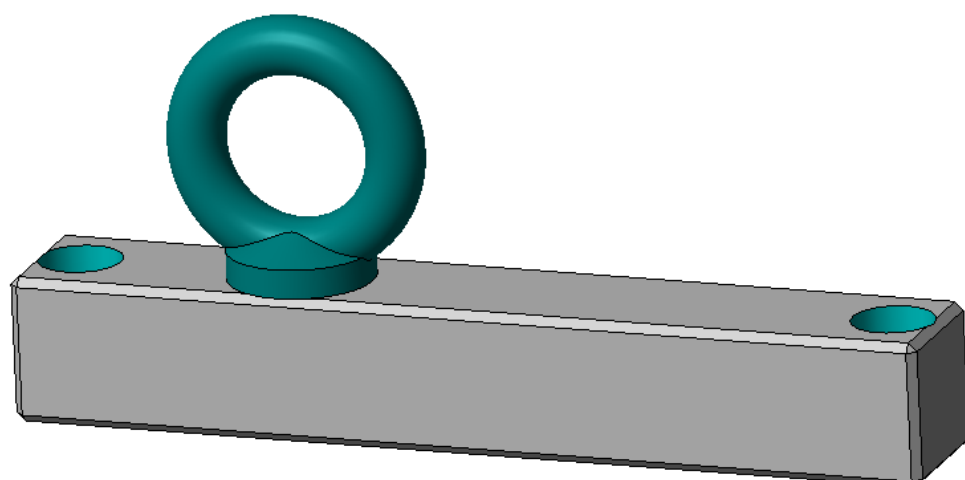
*Obr. 54 Umístění vyhazovačů na výstřiku*

## 10.6 Konstrukce rámu

Konstrukce rámu je tvořena kompletně z normálií převážně z katalogu firmy Meusburger. Tento způsob je mnohem ekonomičtější a časově efektivnější. Z ekonomického hlediska je taky důležité, aby vstřiková forma byla co nejmenší. Snižuje to náklady na výrobu formy a taky na její provoz (na větším lisu je provoz nákladnější než na menším). Což se s rozměrem 796 x 596 x 420 povedlo.



*Obr. 55 Pohled na horní (levou) pohyblivou část*

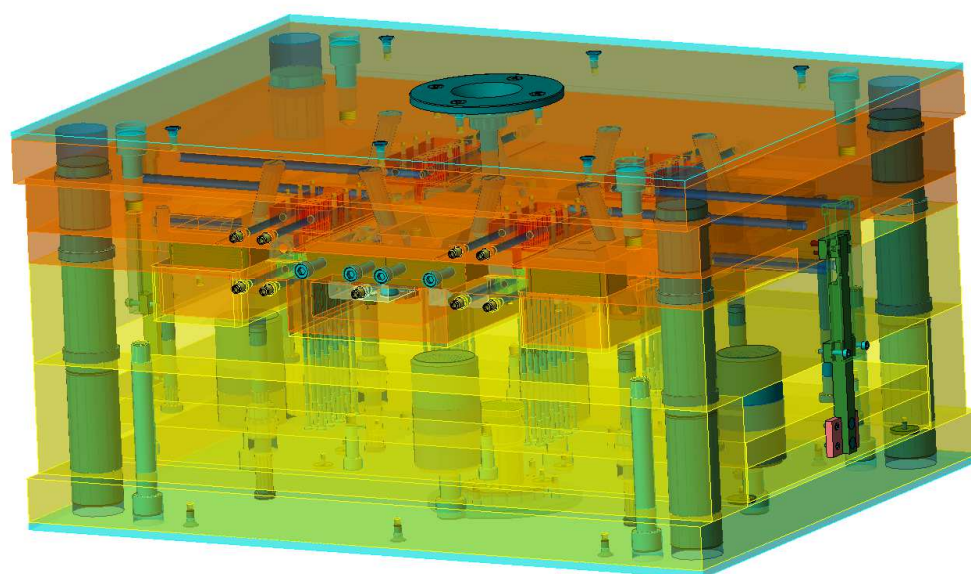


*Obr. 56 Transportní můstek se závěsným okem*





*Obr. 57 Pohled na spodní (pravou) nepohyblivou část*



*Obr. 58 Pohled na celou formu*



## 11 KONTRALA HODNOT

Součástí diplomové práce je taky kontrola hodnot výrobku, zda-li jsou v souladu s výkresovou dokumentací. Pro měření hodnot byl použit měřicí přístroj Falcon Vision Engineering, který vlastní společnost Nexnet a.s.

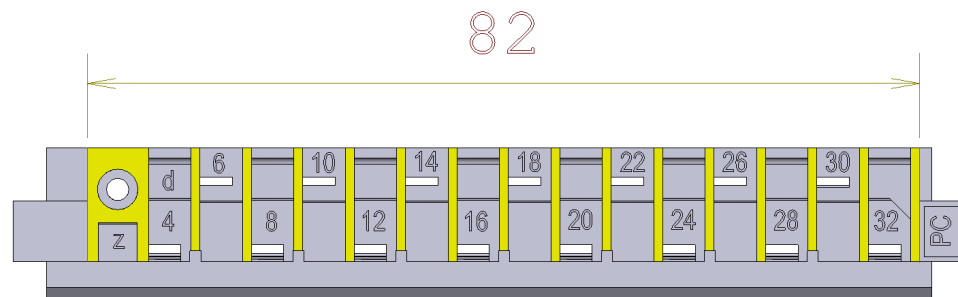


*Obr. 59 Falcon Vision Engineering*

## 11.1 Naměřená rozměry

Firma Tesla Jihlava s.r.o. dodala 12 kusů hotových výstříků. Bylo na nich provedena kontrola měření některých rozměrů.

### 11.1.1 Kontrola prvního rozměru



Obr. 60 Měření rozměru mezi dvěma krajními žebry

Tab. 5 Naměřené hodnoty  
prvního rozměru

č. měření	Naměřené hodnoty [mm]
1	81,80
2	81,82
3	81,98
4	81,82
5	81,82
6	81,84
7	81,82
8	81,85
9	81,83
10	81,82
11	81,93
12	81,85

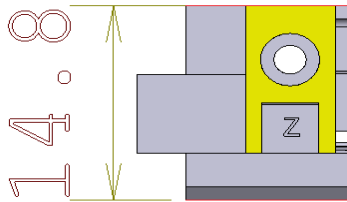
Hodnota dle výkresové dokumentace: 82 mm

Tolerance dle výkresové dokumentace: -0,2 mm

Z měření byl zjištěn průměrný rozměr 81,85 mm ± 0,05 mm

Rozměr je v toleranci s výkresovou dokumentací

## 11.1.2 Kontrola druhého rozměru



Obr. 61 Měření šířky výrobku

Tab. 6 Naměřené hodnoty  
druhého rozměru

č. měření	Naměřené hodnoty [mm]
1	14,81
2	14,81
3	14,80
4	14,79
5	14,80
6	14,80
7	14,80
8	14,80
9	14,81
10	14,81
11	14,80
12	14,81

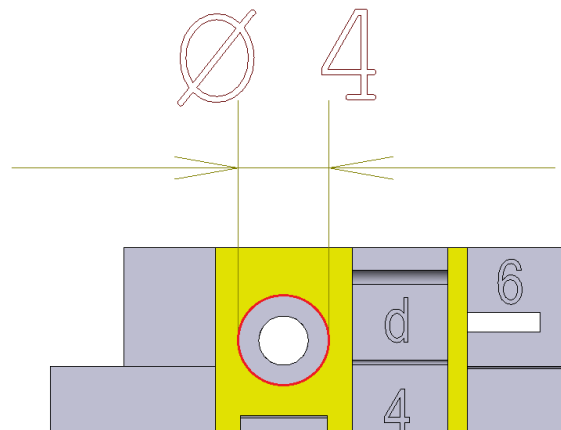
Hodnota dle výkresové dokumentace: 14 mm

Tolerance dle výkresové dokumentace: -0,1mm

Z měření byl zjištěn průměrný rozměr 14,80 mm  $\pm$  0,01 mm

Kontrolovaný rozměr je mimo rozsah tolerance o 0,1 mm.

## 11.1.3 Kontrola třetího rozměru



Obr. 62 Kontrola velkého průměru

Tab. 7 Naměřené hodnoty  
třetího rozměru

č. měření	Naměřené hodnoty [mm]
1	4,05
2	4,05
3	4,07
4	4,08
5	4,07
6	4,07
7	4,07
8	4,08
9	4,08
10	4,10
11	4,07
12	4,07

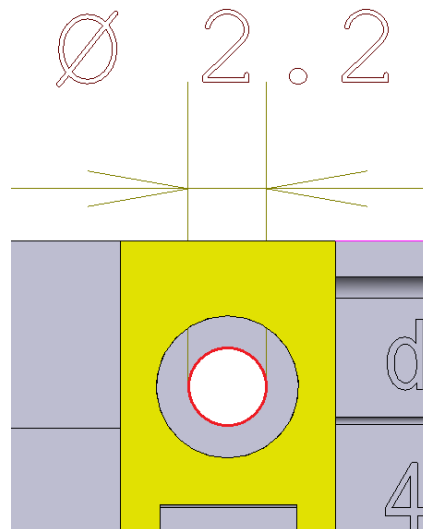
Hodnota dle výkresové dokumentace: 4 mm

Tolerance dle výkresové dokumentace: +0,1mm

Z měření byl zjištěn průměrný rozměr 4,07 mm  $\pm$  0,01 mm

Kontrolovaný rozměr je v toleranci dle výkresové dokumentace.

## 11.1.4 Kontrola čtvrtého rozměru



Obr. 63 Kontrola malého průměru

Tab. 8 Naměřené hodnoty  
čtvrtého rozměru

č. měření	Naměřené hodnoty [mm]
1	2,26
2	2,27
3	2,24
4	2,24
5	2,27
6	2,26
7	2,26
8	2,26
9	2,28
10	2,27
11	2,24
12	2,25

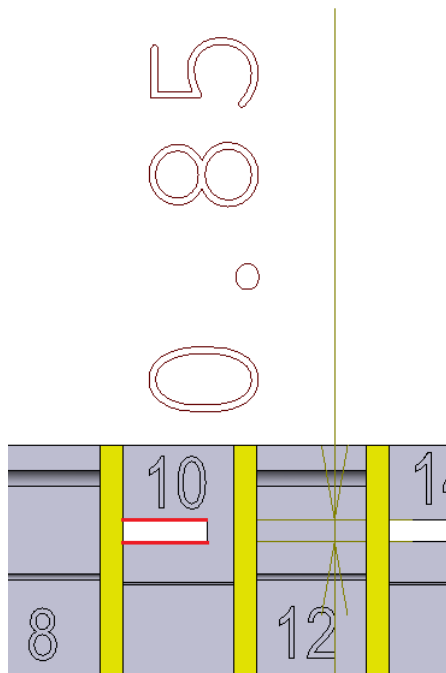
Hodnota dle výkresové dokumentace: 2,2 mm

Tolerance dle výkresové dokumentace: +0,1mm

Z měření byl zjištěn průměrný rozměr 2,26 mm ± 0,01 mm

Kontrolovaný rozměr je v toleranci dle výkresové dokumentace.

## 11.1.5 Kontrola pátého rozměru



*Obr. 64 Kontrola vzdálenosti  
otvoru na horní ploše v ose y*

*Tab. 9 Naměřené hodnoty  
pátého rozměru*

č. měření	Naměřené hodnoty [mm]
1	0,82
2	0,84
3	0,83
4	0,83
5	0,83
6	0,84
7	0,84
8	0,84
9	0,84
10	0,83
11	0,84
12	0,83

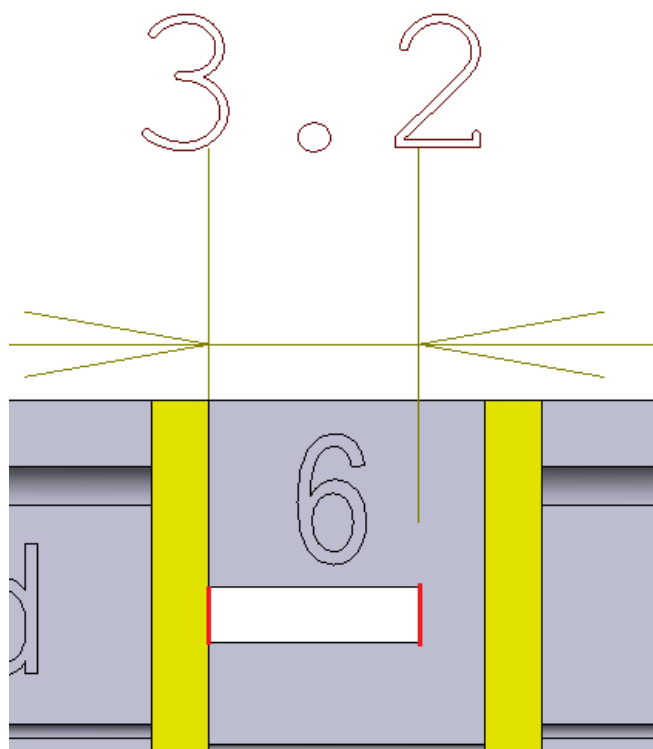
Hodnota dle výkresové dokumentace: 0,85mm

Tolerance dle výkresové dokumentace:  $\pm 0,02\text{mm}$

Z měření byl zjištěn průměrný rozměr  $0,83\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$

Kontrolovaný rozměr je v toleranci dle výkresové dokumentace.

### 11.1.6 Kontrola šestého rozměru



*Obr. 65 Kontrola vzdálenosti  
otvoru na horní ploše v ose x*

Tab. 10 Naměřené hodnoty šesté-  
ho rozměru

č. měření	Naměřené hodnoty [mm]
1	3,29
2	3,25
3	3,25
4	3,26
5	3,27
6	3,28
7	3,27
8	3,30
9	3,27
10	3,27
11	3,30
12	3,30

Hodnota dle výkresové dokumentace: 3,2mm

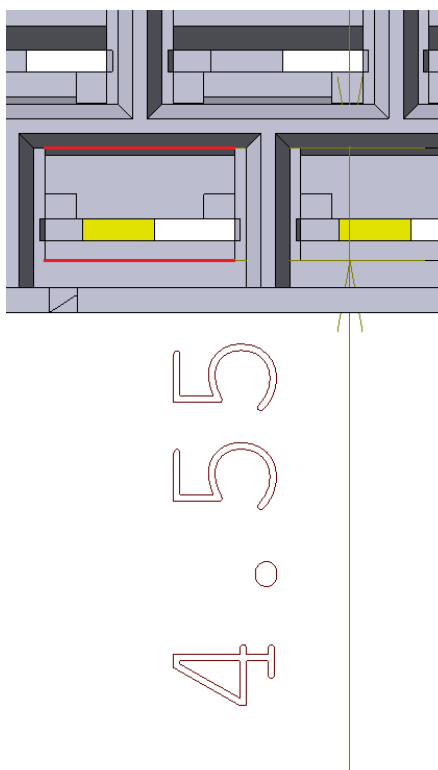
Tolerance dle výkresové dokumentace:  $\pm 0,1$ mm

Z měření byl zjištěn průměrný rozměr 3,28 mm  $\pm 0,02$  mm

Kontrolovaný rozměr je v toleranci dle výkresové dokumentace.



## 11.1.7 Kontrola sedmého rozměru



*Obr. 66 Kontrola vzdálenosti  
otvoru na spodní ploše v ose y*

*Tab. 11 Naměřené hodnoty  
sedmého rozměru*

č. měřeni	Naměřené hodnoty [mm]
1	4,44
2	4,46
3	4,45
4	4,47
5	4,47
6	4,47
7	4,47
8	4,46
9	4,46
10	4,44
11	4,45
12	4,45

Hodnota dle výkresové dokumentace: 4,55mm

Tolerance dle výkresové dokumentace:  $\pm 0,02\text{mm}$

Z měření byl zjištěn průměrný rozměr  $4,46\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$

Kontrolovaný rozměr je v toleranci dle výkresové dokumentace.

## 11.2 Diskuze výsledků

V šesti případech ze sedmi, byl dodržen správný rozměr. Hodnoty jsou většinou krajní, ale stále v toleranci.

Ve druhém případě, kdy byly hodnoty mimo rozsah, se může sjednat náprava. Jedná se vnější rozměr a naměřené hodnoty byl pod jmenovitým rozměrem. Rozměr je možné opravit obrobením jedné nebo i obou stěn na tvarových vložkách.

## ZÁVĚR

Cílem teoretické části téhle diplomové práce je popis technologie vstřikování. První část pojednává o základním rozdělení polymerů, jejich vlastnostech, vhodnosti použití a jejich úpravou před použitím. Ve druhé části je popsán princip technologie vstřikování, samotná cyklus vstřikování a jeho vlivy na deformace. Třetí část se zabývá vstřikovacím strojem a jeho konkrétními částmi jako jsou, vstřikovací jednotka, uzavírací jednotka a nakonec ovládací jednotka. Poslední část obsahuje kompletní popis jednotlivých částí formy.

Jsou zde popsány užívané části forem, zásady pro konstrukci a v poslední řadě vady výstřiků.

Prvním úkolem v praktické části bylo vymodelovat přesný 3D model výrobku v programu VISI 20 zapůjčené firmou Nexnet. Tento model dále sloužil k další práci.

Dalším úkolem bylo provedení tokových a deformačních analýz navrženého modelu pomocí modulu VISI Flow a tím určením kritických míst a taky určením vhodného umístění vtokového ústí. Z analýz byly zjištěny procesní podmínky pro naplnění dutiny formy

V další části bylo přistoupeno k samotné realizaci vstřikovací formy. V první řadě byly navrženy tvarové vložky. Z konstrukčních a ekonomických důvodů bylo použito 25 typů jader na každou dutinu formy. Boční stěny a boční tvary byly vyřešeny pomocí tvarových čelistí připevněných na posuvné čelisti, které byly zasazeny do přidané desky. Jedná se tedy o dvoustupňové vyhazování. V dalším kroku byl vyřešen systém chlazení, kde se jednoduchým obtokem chladí. Protože takové chlazení nestačí, tak bylo zrealizováno další chlazení ve všech čelistech. V další fázi navrhování byl navrhnout vyhazovací systém, který se skládá pouze z plochých vyhazovačů, které jsou opřeny o spodní tenké stěny výstřiku. Ve finální fázi navrhování byl nutné vyřešit otevírání formy a odvzdušnění formy. Odvzdušnění bylo díky členitosti a mezerám mezi deskami vyřešeno jednoduchými kanály, které odvádějí vzduch ven z formy. Forma se otevírá pomocí dvoustupňového otevírání z katalogu HASCO. Toto je jediný normalizovaný prvek použitý z tohoto katalogu. Všechny ostatní normalizované komponenty byly použity z katalogu Muesburger.

V závěru diplomové práce byla provedena analýza hotových výrobků dodaných firmou Tesla Jihlava s.r.o. Na bezkontaktním měřícím přístroji Falcon Vision Engineering byly změřeny vybrané části z dvanácti výrobků a následně vyhodnoceny.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BOBCÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastu I. díl – Vstrikování termoplastu. 2. vyd. - Brno: UNIPLAST, 1999. 134 s.
- [2] NEUHAUSL, E. Vstrikování plastických hmot. Praha: SNTL, 1973. 206 s.
- [3] Vstrikování Plastu [online]. [cit. 2010-11-12]. Dostupný z WWW:  
<[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm)>
- [4] Fyzikální základy vědy o materiálu: Polymery. Pedagogická fakulta MU. 2009. [online]. Dostupné z WWW: <http://www.ped.muni.cz/wphy/FyzVla/FM-komplet3.htm>
- [5] KANDUS, Bohumil. Přednášky z Technologie zpracování plastů. FSI VUT v Brně. 2007
- [6] LENFELD, Petr. Katedra tváření kovů a plastů - Skripta. Technologie II: Část II - Zpracování plastů. Technická univerzita Liberec – Fakulta strojní – Katedra stojírenské technologie - Oddělení tváření kovů a plastů, 2008. [online]. Dostupné z WWW:[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/obash\\_plasty.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/obash_plasty.htm)
- [7] ZEMAN, L. *Vstrikování plastu: úvod do vstrikování plastu*. 1.vyd Praha: BEN – technická literatura, 2009. 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [8] REES, Herbert. *Mold engineering*. 2nded. Munich Hanser, c2002, xxiii, 688 s. ISBN 1-56990-322-0.
- [9] GOODSHIP, V. *Practical Guide to Injection Moulding*. Shropshire, UK: Rapra Tech. Ltd. and ARBURG Ltd, 2004. 202s. ISBN 1-85957-444-0
- [10] KREBS Josef, SOVA, Miloš: *Termoplasty v praxi: praktická příručka pro konstruktéry, výrobce, zpracovatele a uživatele termoplastů*. 5. aktualizované vydání. Praha : Verlag Dashöfer, 1999-2000. 1 CD-ROM. ISBN 80-86229-15-7
- [11] GABRIEL Jiří, NOVÁK Jaroslav, JURNEČKOVÁ, Jindřiška: *Kurs optimalizace vstřikování plastů - doprovodné texty*. Brno : Kompozity Brno s.r.o., 2000
- [12] Lenfeld, Petr. Katedra tváření kovů a plastů-skripta.[Online] [Citace: 25.Únor 2011.] Dostupné z www stránek:  
[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/index.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/index.htm).

- [13] Nekovové materiály ČVUT. Dostupné z www stránek: [http://umi.fs.cvut.cz/files/5\\_nekovove-materialy.pdf](http://umi.fs.cvut.cz/files/5_nekovove-materialy.pdf)
- [14] Vstřikovací formy – 1. vtoková soustava: Dostupné z www stránek: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud\\_materialy/tzn/c8/VS.pdf](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c8/VS.pdf)
- [15] STOECKHERT, K.: Mold-Making Handbook. Pennsylvania State University: Hanser 1983. ISBN 9780029496701
- [16] BEAMOUNT, J. P.: Successful Injection Moulding. Hanser 2002. ISBN 1569902917
- [17] Koplast, Popis termoplastů. Dostupné z www: <http://www.koplast.cz/ostatni-termoplasty-popis-termoplastu-0/>
- [20] OSSWALD, Tim A, Lih-Sheg TURN a Paul J GRAMANN. Injection molding handbook. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, c2003, xviii, 622 s. ISBN 1-56990-348-4.
- [21] PÖTSCH, Gerd a Walter MICHAELI. Injection molding: an introduction. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, x, 246 s. ISBN 978-1-56990-419-0.
- [22] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastu 2. díl – Vstřikování termoplastu. 1. vyd. - Brno: UNIPLAST, 1999. 214 s.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PE	Polyetylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PVC	Polyvinylchlorid
PA	Polyamid
PET	Polyethylentereftalát
POM	Polyoxymetylén
PMMA	Polymethylmethakrylát
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PC	Polykarbonát
HDPE	Vysokohustotní polyetylen
LDPE	Nízkohustotní polyetylen
SAN	Styren akrylonitril kopolymer
PSU	Polysulfone
PAEK	Polyetheretherketon
LCP	Liquid crystal polymer

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1 Základní klasifikace polymerů [20]</i> .....	13
<i>Obr. 2 Tvar makromolekul</i> .....	14
<i>Obr. 3 Průběh deformačních vlastností u amorfního plastu [3]</i> .....	15
<i>Obr. 4 Průběh deformačních vlastností u amorfního plastu [3]</i> .....	16
<i>Obr. 5 Porovnání mechanických vlastností polymerů [21]</i> .....	17
<i>Obr. 6 Vstřikovací cyklus</i> .....	23
<i>Obr. 7 pVT diagram [21]</i> .....	23
<i>Obr. 8 Diagram procesního okna [20]</i> .....	25
<i>Obr. 9 Míra poškození vláken v průběhu vstřikování [20]</i> .....	26
<i>Obr. 10 Popis vstřikovacího stroje</i> .....	29
<i>Obr. 11 Popis vstřikovací jednotky[6]</i> .....	30
<i>Obr. 12 schéma uzavírací jednotky</i> .....	31
<i>Obr. 13 Schéma vstřikovací formy1</i> .....	34
<i>Obr. 14 Umístění vtokové soustavy [3]</i> .....	35
<i>Obr. 15 Řadově uspořádaná vtoková soustava [10]</i> .....	35
<i>Obr. 16 Symetricky uspořádaná soustava [10]</i> .....	36
<i>Obr. 17 Typy vtokového ústí</i> .....	36
<i>Obr. 18 Způsoby přidržení vtokového zbytku [10]</i> .....	40
<i>Obr. 19 příklad temperačního systému v tvárniciové desce [10]</i> .....	43
<i>Obr. 20 odvzdušňovací systém [8]</i> .....	44
<i>Obr. 21 Konstrukční řešení rohů a rádiusů [20]</i> .....	47
<i>Obr. 22 Konstrukční řešení žeber [20]</i> .....	48
<i>Obr. 23 Konstrukční řešení pouzder a nálitků [20]</i> .....	49
<i>Obr. 24 Konstrukční řešení otvorů [20]</i> .....	49
<i>Obr. 25 Hotový výrobek</i> .....	56
<i>Obr. 26 Model výrobku</i> .....	57
<i>Obr. 27 Analýza boční vstřiku - doba vstřiku</i> .....	58
<i>Obr. 28 Analýza boční vstřiku - deformace</i> .....	59
<i>Obr. 29 Analýza čelního vstřiku -deformace v ose x</i> .....	59
<i>Obr. 30 Analýza bočního vstřiku - deformace v ose y</i> .....	60
<i>Obr. 31 Analýza čelního vstřiku -deformace v ose z</i> .....	60
<i>Obr. 32 Analýza studených spojů</i> .....	61



<i>Obr. 33 Analýza studených spojů .....</i>	61
<i>Obr. 34 Dělicí rovina .....</i>	63
<i>Obr. 35 Horní tvarová vložka .....</i>	64
<i>Obr. 36 Spodní tvarová vložka .....</i>	65
<i>Obr. 37 Použitá jádra pro horní tvarovou vložku .....</i>	66
<i>Obr. 38 Použitá jádra .....</i>	66
<i>Obr. 39 Řez formy s pohledem na tvarové vložky s posuvnými čelistmi.....</i>	67
<i>Obr. 40 Šikmý kolík čelistí E 1030.....</i>	67
<i>Obr. 41 Posuvná aretace E 3046.....</i>	68
<i>Obr. 42 Pravoúhlý vtok.....</i>	69
<i>Obr. 42 Rozvod taveniny tokovými kanálky.....</i>	69
<i>Obr. 43 Pohled do dutiny formy s vtokovým ústím .....</i>	70
<i>Obr. 45 Vtoková vložka.....</i>	70
<i>Obr. 46 Půlkruhové vybrání na tvárnice desce.....</i>	71
<i>Obr. 47 Temperační systém ve tvarové vložce a v tvárnice desce .....</i>	72
<i>Obr. 48 Temperační systém ve tvarové vložce a v tvárnice desce .....</i>	72
<i>Obr. 49 Temperační systém ve vnější čelisti a šíbru.....</i>	73
<i>Obr. 50 Přípojka E 2 000 a uzavírací šroub E 2074 .....</i>	73
<i>Obr. 51 Temperační systém ve vnitřní čelisti a šíbru .....</i>	74
<i>Obr. 52 Dvoustupňové otevírání Z174 .....</i>	75
<i>Obr. 53 Vyhazování .....</i>	75
<i>Obr. 53 Umístění vyhazovačů na výstřiku .....</i>	76
<i>Obr. 53 Pohled na horní (levou) pohyblivou část .....</i>	77
<i>Obr. 53 Transportní můstek se závěsným okem.....</i>	77
<i>Obr. 57 Pohled na spodní (pravou) nepohyblivou část .....</i>	78
<i>Obr. 58 Pohled na celou formu .....</i>	78
<i>Obr. 59 Falcon Vision Engeneering .....</i>	79
<i>Obr. 60 Měření rozměru mezi dvěma krajními žebry .....</i>	80
<i>Obr. 61 Měření šířky výrobku.....</i>	81
<i>Obr. 62 Kontrola velkého průměru.....</i>	82
<i>Obr. 63 Kontrola malého průměru .....</i>	83
<i>Obr. 64 Kontrola vzdálenosti otvoru na horní ploše v ose y .....</i>	84
<i>Obr. 65 Kontrola vzdálenosti otvoru na horní ploše v ose x .....</i>	85

---

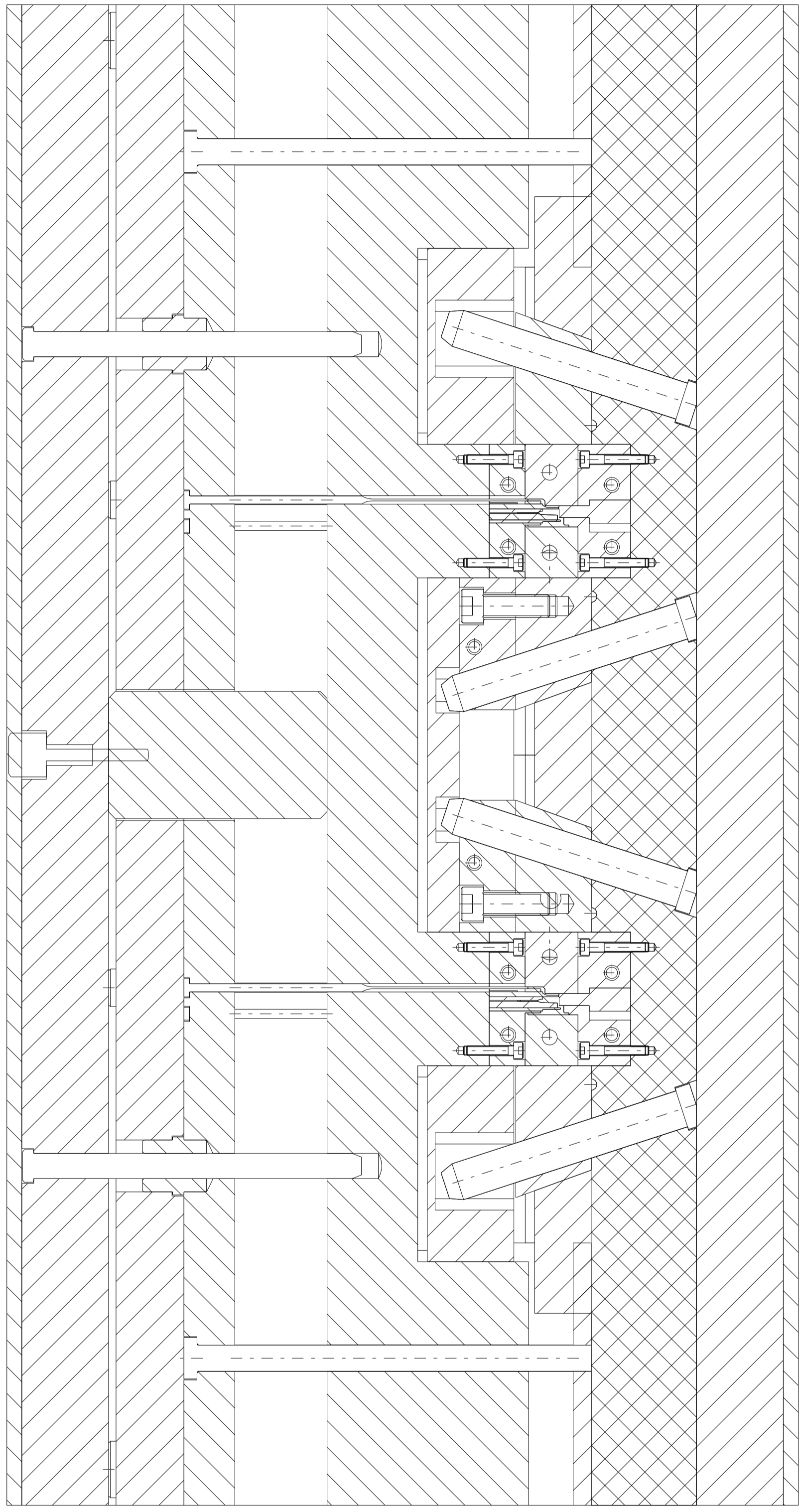
*Obr. 66* Kontrola vzdálenosti otvoru na spodní ploše v ose y ..... 87

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 Příklad sušících teplot [12] .....</i>	20
<i>Tab. 2 Orientační přehled teplot pro dutinu formy a taveninu.....</i>	43
<i>Tab. 3 Velikost odvzdušňovací mezery .....</i>	45
<i>Tab. 4 Základní informace o polymeru.....</i>	57
<i>Tab. 5 Naměřené hodnoty prvního rozměru .....</i>	80
<i>Tab. 6 Naměřené hodnoty druhého rozměru .....</i>	81
<i>Tab. 7 Naměřené hodnoty třetího rozměru.....</i>	82
<i>Tab. 8 Naměřené hodnoty čtvrtého rozměru .....</i>	83
<i>Tab. 9 Naměřené hodnoty pátého rozměru.....</i>	84
<i>Tab. 10 Naměřené hodnoty šestého rozměru.....</i>	86
<i>Tab. 11 Naměřené hodnoty sedmého rozměru.....</i>	87

**SEZNAM PŘÍLOH**

- P I: Kusovník vstřikovací formy
- P II: Řez - 1
- P III: Řez - 2
- P IV: Řez - 3
- P V: Výkres horní tvarové vložky
- P VI: Výkres dolní tvarové desky
- P VII: Výkres tvarových čelistí
- P VIII: Výkresy jader
- P IX: CD obsahuje:
- Model formy a výkresovou dokumentaci ve formátu .wkf
  - Kusovník vstřikovací formy
  - Textovou část diplomové práce



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Vavrečkova 275	Měřítko:	1:1	Poznámka:	Pozice:
				Počet kusů:
	Datum: 10.5.2015	Jméno: Lukáš Kundra	Název:	Řez - 1
			Zakázka:	Počet listů:

1

2

3

4

A

A

B

B

C

C

D

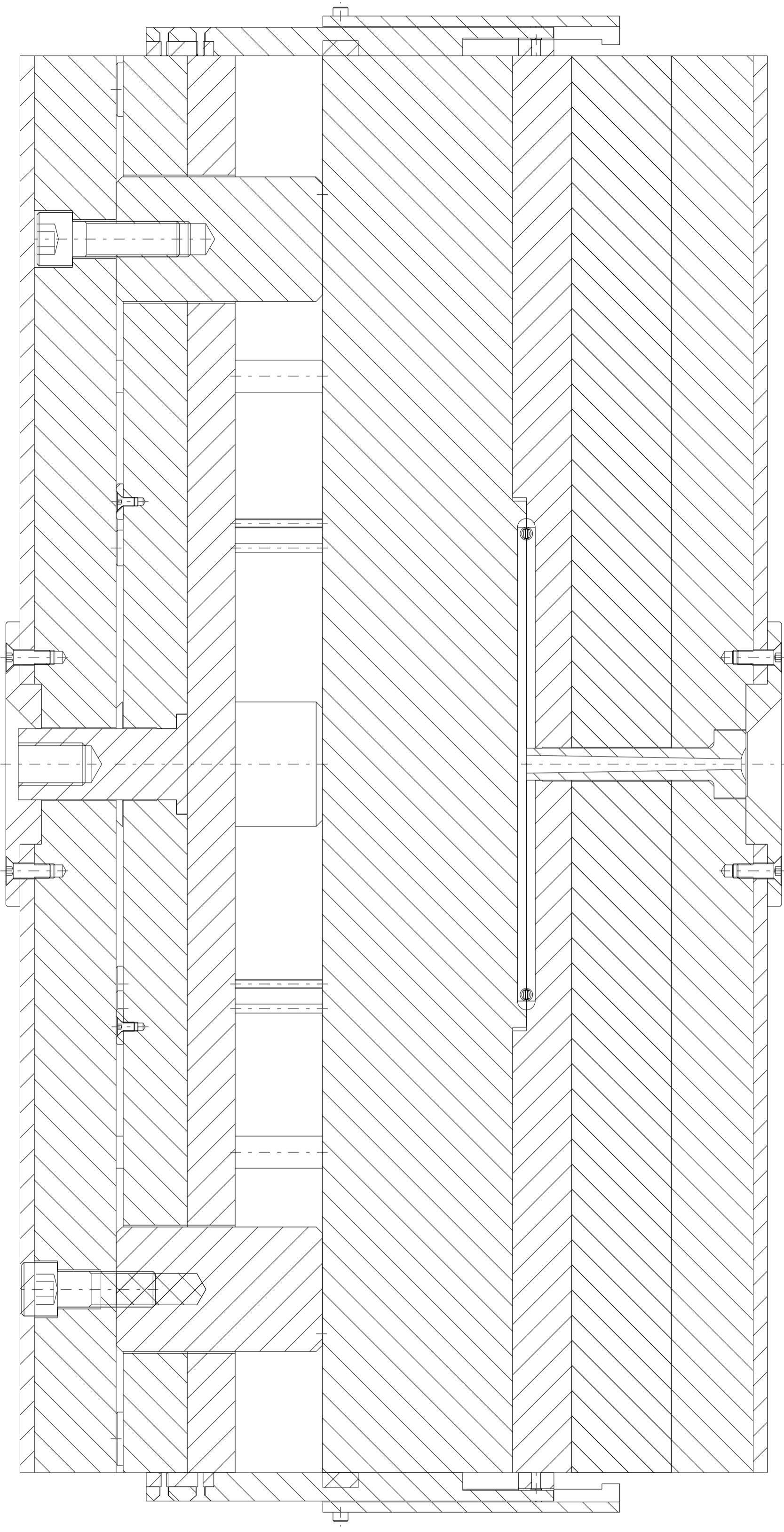
D

E

E

F

F



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Vavrečkova 275	Měřítko:	1 : 1		Poznámka:	Pozice:
	Datum:	10.5.2015		Jméno:	Lukáš Kundrata
				Jméno:	Řez - 2
			Zakázka:		

1

2

3

4

1

2

3

4

A

A

B

B

C

C

D

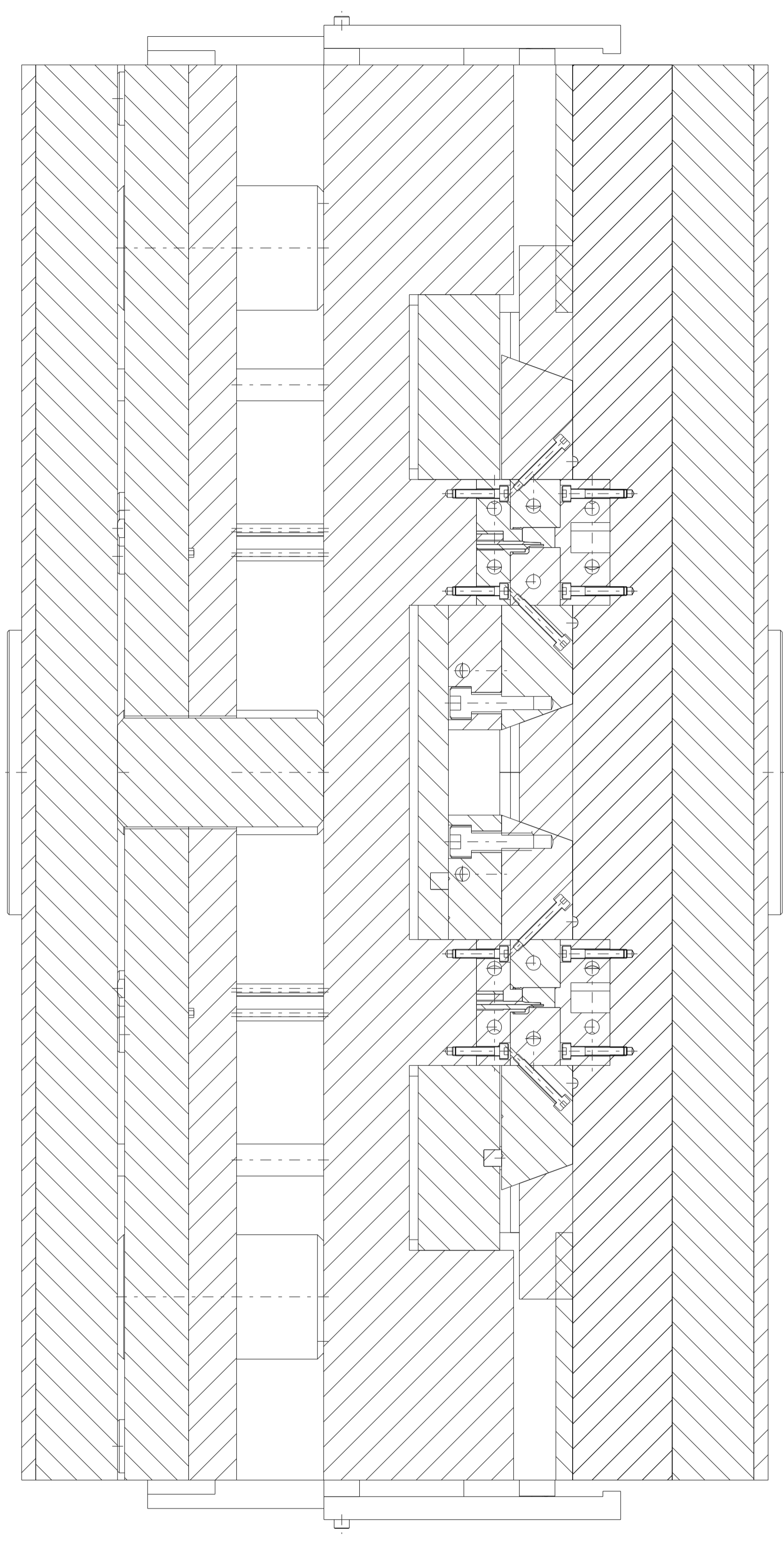
D

E

E

F

F



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Vavrečkova 275	Měřítko:	1 : 1		Poznámka:	Pozice:	
	Datum:	10.5.2015		Jméno:	Lukáš Kundrata	Materiál:
					Název:	Řez - 3
					Zakázka:	
					Počet kusů: List: Počet listů:	

1

2

3

4

1

2

3

4

A

A

B

B

C

C

D

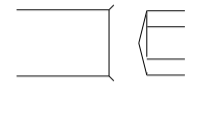
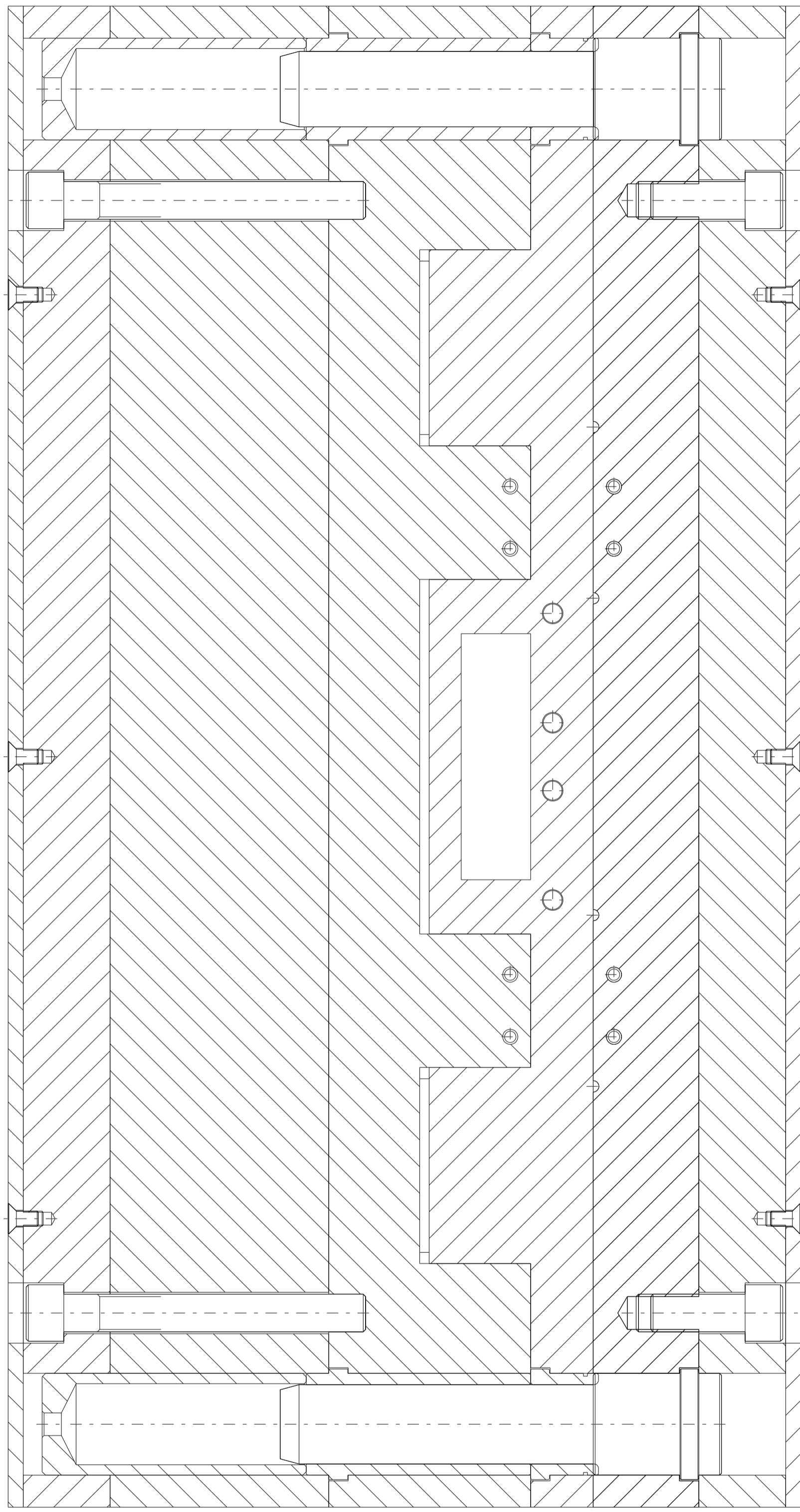
D

E

E

F

F



€

€

€

€

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Vavrečkova 275	Měřítko:	1:1		Poznámka:		Pozice:		
	Datum:	10.5.2015		Jméno:	Lukáš Kundrata	Materiál:		Počet kusů:
					Jméno:	Řez - 4	List:	
					Zakázka:		Počet listů:	

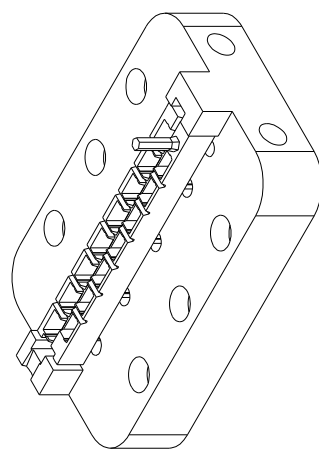
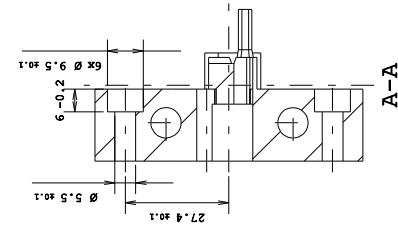
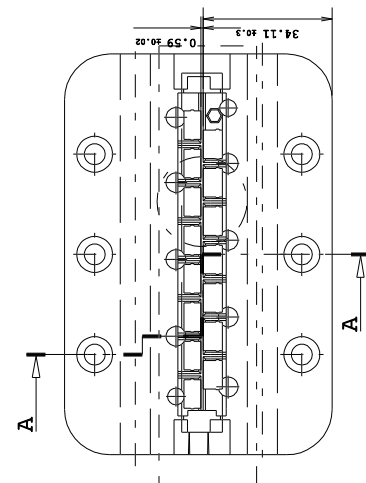
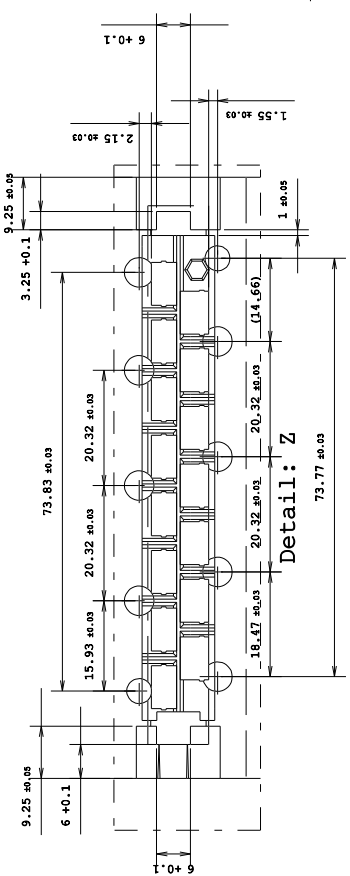
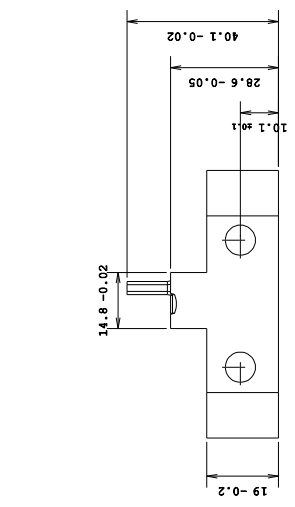
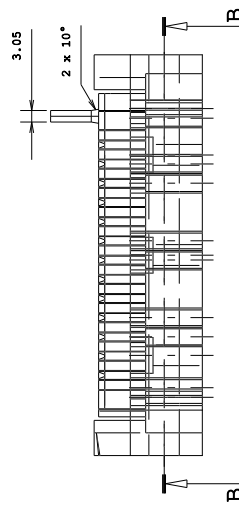
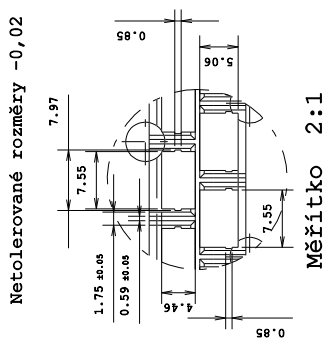
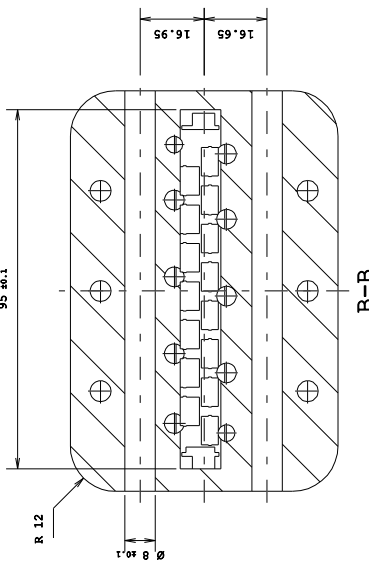
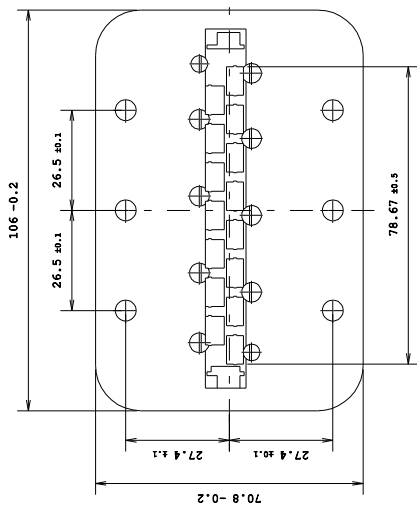
1

2

3

4





Nekótované tvary dle CAD dat

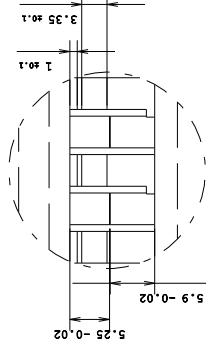
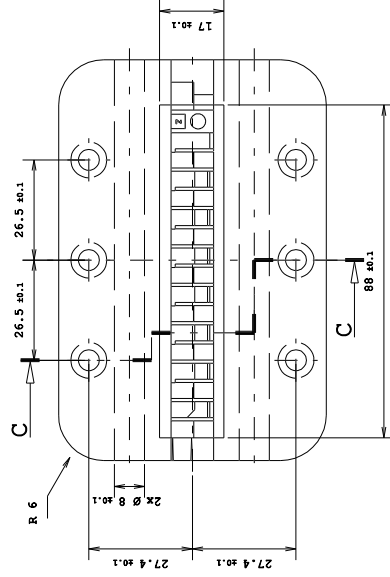
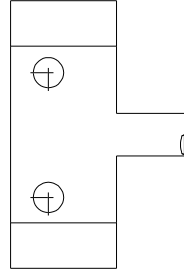
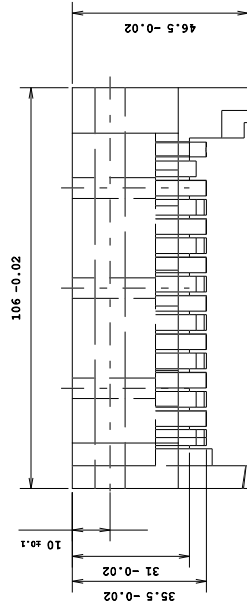
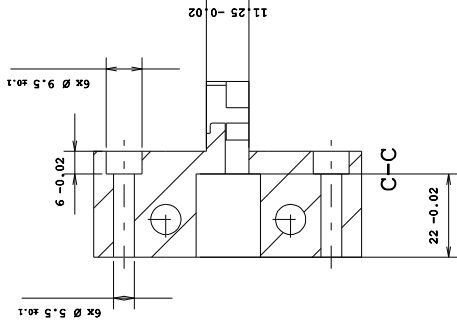
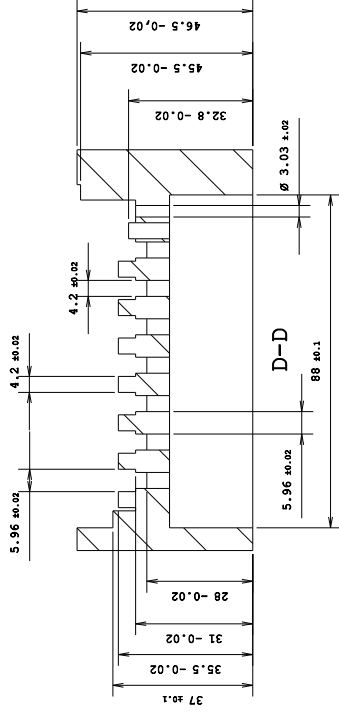
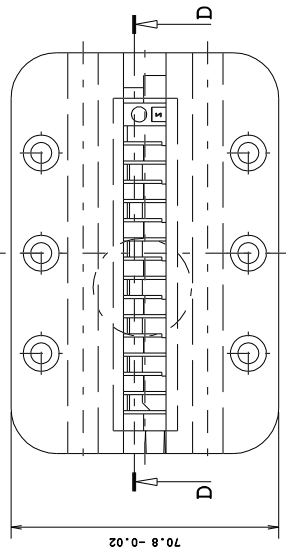
Název: Kalit na 52 HRC Materiál: 1.2343 Měřítko: 1:1 Datum: 10.5.2015 Měřítko: L. Kunderata		Kód: 4 Měřítko: 4 Měřítko: 4
		Název: Horní tvarová vložka Měřítko: DP - 001
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Vavrečkova 275		



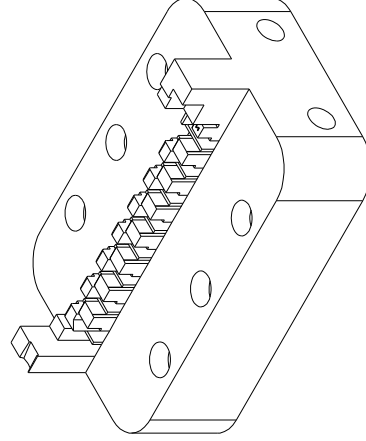
## PŘÍLOHA PI: KUSOVNÍK

Položka	Popis	Materiál	Opracování	Rozměry	Dodavatel	Kód	Množství
1	Jádro 1	1.2343	kalit na 52Hrc	40x12x5		DP - 005	4
2	Jádro 2	1.2343	kalit na 52Hrc	40x14x6		DP - 006	24
3	Jádro 3	1.2343	kalit na 52Hrc	33x12x5		DP - 007	28
4	Jádro 4	1.2343	kalit na 52Hrc	40x12x5		DP - 008	4
5	Jádro 5	1.2343	kalit na 52Hrc	40x12		DP - 009	4
6	Jádro 6	1.2343	kalit na 52Hrc	40x14x6		DP - 010	4
7	Jádro 7	1.2343	kalit na 52Hrc	40x10x4		DP - 011	4
8	Jádro 8	1.2343	kalit na 52Hrc	20x10x2		DP - 012	4
9	Jádro 9	1.2343	kalit na 52Hrc	43x10x2		DP - 013	28
10	Jádro 10	1.2343	kalit na 52Hrc	40x10x4		DP - 014	28
11	Jádro 11	1.2343	kalit na 52Hrc	40x10x2		DP - 015	28
12	Jádro 12	1.2343	kalit na 52Hrc	38.2x10x3		DP - 016	28
13	Jádro 13	1.2343	kalit na 52Hrc	42.5x10x2.5		DP - 017	4
14	Jádro 14	1.2343	kalit na 52Hrc	27x8x4		DP - 018	4
15	Chladicí kvádr 1	11523		120x70x30			2
16	Chladicí kvádr 2	11523		120x70x30			2
17	Deska tepelné izolace			596x796x8	Meusburger	E 1405/596 796/8	2
18	Destička pro vyhazování	11523		55x55x8			2
19	Dist.podložka	1.1730		70x116 (0)	Meusburger	E1510/70x116/S	4
20	Dosedací podložka	1.1730			30 Meusburger	E 1500/30	12
21	Dosedací podložka	1.1730			20 Meusburger	E 1500/20	4
22	Nožový vyhazovač	113227		4.5x1x331.6	Meusburger	E 1725/ 4.5/1 x 315	32
23	Nožový vyhazovač	113227		3.8x1x331.6	Meusburger	E 1725/ 3.8/1 x 315	8
24	Nátrubek	2.0401		G 1/8"	Meusburger	E 2000/ 9/1/8	32
25	Osazené pouzdro	19105		42x36	Meusburger	E 1110/42-36	3
26	Vedení čelistí	19312	kalit na 52Hrc	32x196	Meusburger	E 3100/32/196	16
27	Posuvná čelist	1.2343	kalit na 52Hrc	112x70x40	Meusburger	E 3000/112 70/40	8
28	Středící pouzdro			54x200	Meusburger	E 1160/54x200	4
29	Středící příruba			160x90x20	Meusburger	E 1360/160/90x20	2
30	Středící sloupek s čepem			42x195	Meusburger	E 1000/42 - 196/195	3
31	Vodící pouzdro + čep			42x196	Meusburger	E 1100/42-196	3
32	Vodící pouzdro + čep			18x22	Meusburger	E 1144/22	4
33	Vodící sloupek			18x180	Meusburger	E 1035/18x180	4
34	Válcový vyhazovač			14x216.2 (250)	Meusburger	E 1710/14x250	4
35	Dvojitinné vyhazování			50x90x0	HASCO	Z174_50x90x0	2
36	Šikmý kolík čelisti	19312	kalit na 48Hrc	20x140	Meusburger	E 1030/20x140	8
37	Šroub s válcovou hlavou			20x60	Meusburger	E 1200/20 x 60	2
38	Šroub s válcovou hlavou			20x50	Meusburger	E 1200/20 x 50	4
39	Šroub s válcovou hlavou			20x220	Meusburger	E 1200/20 x 220	4
40	Šroub s válcovou hlavou			12x35	Meusburger	E 1200/12 x 35	18
41	Šroub s válcovou hlavou			5x30	Meusburger	E 1200/ 5 x 30	28
42	Šroub s válcovou hlavou			12x20	Meusburger	E 1200/12 x 20	2
43	Šroub s válcovou hlavou			4x10	Meusburger	E 1200/ 4 x 10	8
44	Šroub s válcovou hlavou			20x55	Meusburger	E 1200/ 20 x 55	3
45	Šroub s válcovou hlavou			5x35	Meusburger	E 1200/ 5 x 35	16
46	Šroub s válcovou hlavou			8x35	Meusburger	E 1200/ 8 x 35	24
47	Šroub s válcovou hlavou			10x55	Meusburger	E 1200/10 x 55	8
48	Šroub s válcovou hlavou			5x25	Meusburger	E 1200/ 5 x 25	24
49	Šroub se zápustnou hlavou			2x16	Meusburger	E 1220/ 2 X 16	8
50	Šroub se zápustnou hlavou			5x8	Meusburger	E 1220/ 5 x 8	16
51	Šroub se zápustnou hlavou			8x12	Meusburger	E 1220/ 8 x 12	20
52	Šroub se zápustnou hlavou			6x10	Meusburger	E 1220/ 6 x 10	4
53	Šroubová ucpávka	2.0401			Meusburger	E 2074/ 8/ 8	8
54	Šroubová ucpávka	2.0401			Meusburger	E 2075/ 8/10	4
55	Posuvná čelist 1	1.2343		32.55x28x106		DP - 003	4
56	Posuvná čelist 2	1.2343		32.55x28x106		DP - 004	4
57	Osazené pouzdro	1910585		40x36	Meusburger	E 1110/40-36	1

58	Středící sloupek s čepem			40x195	Meusburger	E 1000/40 - 196/195	1
59	Vodící pouzdro + čep			40x196	Meusburger	E 1100/40-196	1
60	Vtoková vložka			18x185.5 (116)	Meusburger	E 1605/18x185.5/3/S	1
61	Závitová vložka			24x95	Meusburger	E 1515/24 /95	1
62	Horní tvarová vložka	1.2343	kalit na 52Hrc	70.8x106x28.6		DP - 001	4
63	Dolní tvarová vložka	1.2343	kalit na 52Hrc	70.8x106x28.6		DP - 002	4
64	Dolní tvárniceová deska	1.1730		596x796x46	Meusburger	F50/ 546 796/ 196/1730	1
65	Horní tvárniceová deska	1.1730		596x796x46	Meusburger	F50/ 546 796/ 196/1730	1
66	Rozpěrka	1.1730		76x796x176	Meusburger	F70/ 546 796/ 76/ 176/1730	2
67	Mezideska	1.1730		546x796x33.2	Meusburger	F15/ 546 796/ 46/1730	5
68	Dolní vyhazovací deska	1.1730		388x796x36	Meusburger	F85/ 546 796/ 388/ 36/1730	1
69	Horní vyhazovací deska	1.1730		388x796x27	Meusburger	F80/ 546 796/ 388/ 27/1730	1
70	Horní upínací deska deska	1.1730		596x796x46	Meusburger	F15/ 546 796/ 46/1730	1
71	Dolní upínací deska	1.1730		546x796x196	Meusburger	F15/ 546 796/ 46/1730	2

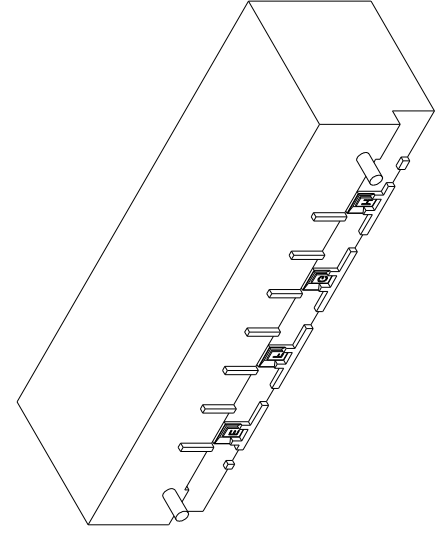
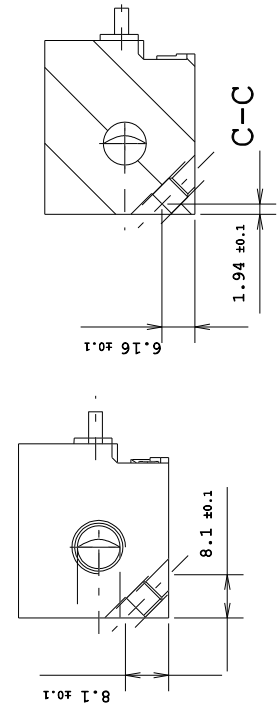
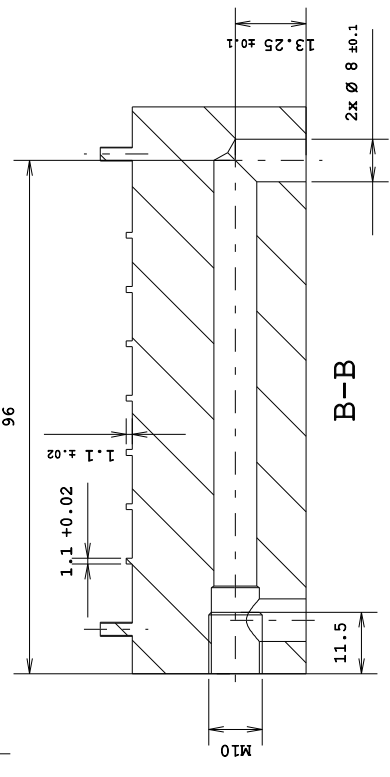
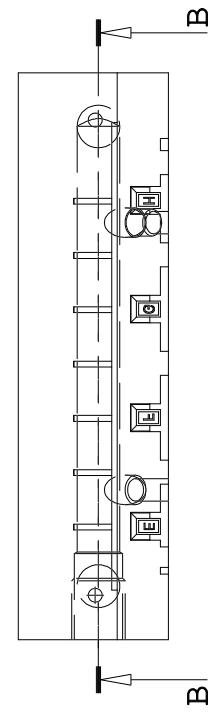
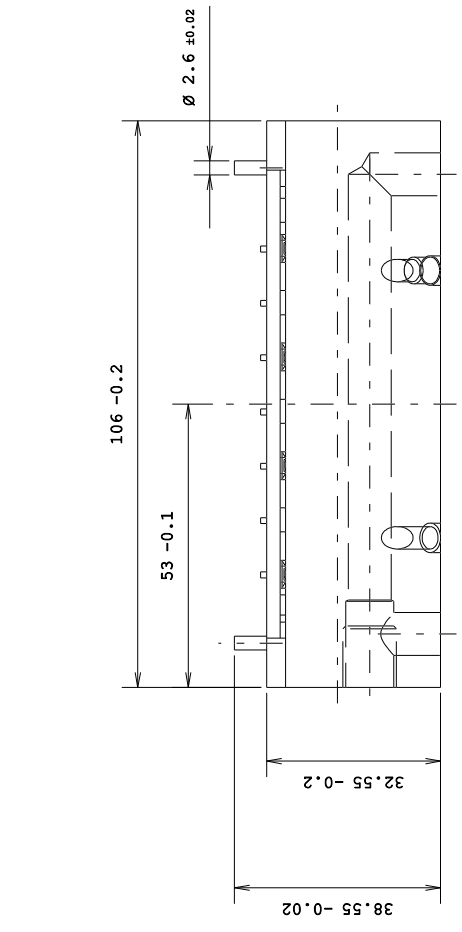


Detail: Z



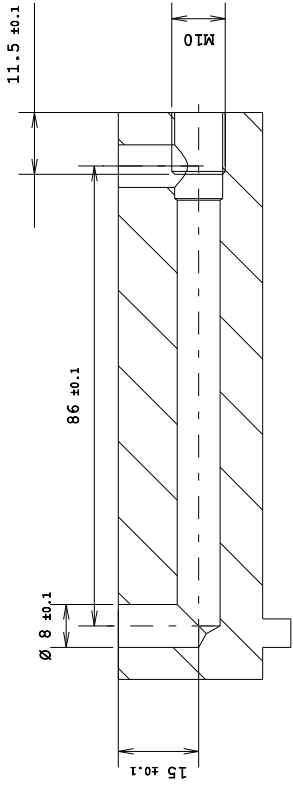
Nekótované tvary dle CAD dat

Měřítko: 1:1		Číslo kresby: Kalit na 52 HRC	Revize: 4
Datum: 10.5.2015		Název: 1.2343	Číslo listu: 4
Měřítko: L. Kružná		Měřítko: Spodní tvarová vložka	
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Vavrečkova 275		Měřítko: DP - 002	

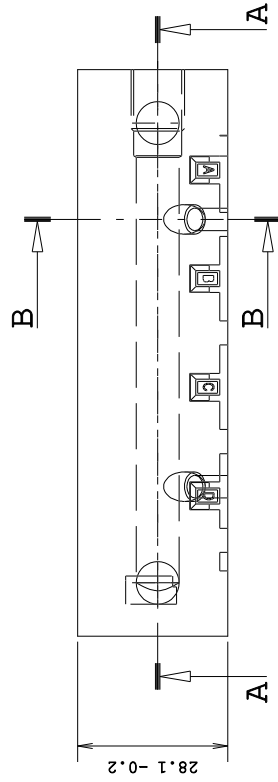


Nekótovaný závit M5  
 Nekótované rozměry dle CAD dat

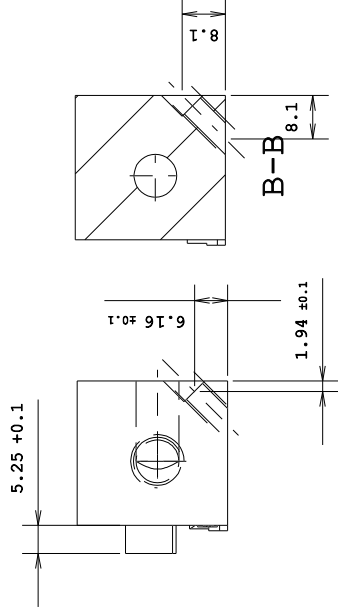
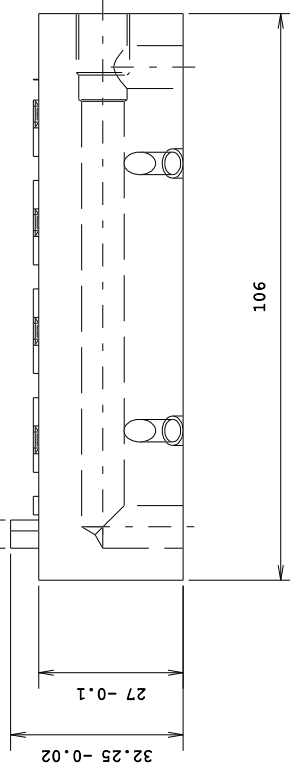
Název: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Vavrečkova 275		Měřítko: 1:1 Datum: 10.5.2015 Měřítko: Měřítko: Kunderata Měřítko:		Vytvořitel: Kalit na 52 HRC Měřítko: 1.2343 Materiál: Posuvná čelist 1		Počet listů: 4 List: Měřítko: Lich:		Státní: DP - 003	
--	--	--	--	--	--	--	--	------------------	--



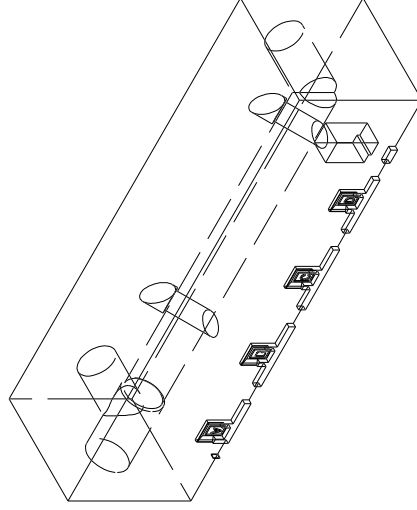
A-A



5.3 +0.1



B-B



Nekótované rozměry dle CAD dat  
Nekótovaný závit M5

Měřítko: <b>1:1</b>	Výkres: 	Kalit na 52 HRC	Keřez:
		Měřítko: 1.2343	Keřez: Kótovaný
Měřítko: 10.5.2015	Měřítko: J. Kunderata	Měřítko: Tvarová čelist 2	Měřítko: Kótovaný
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Vavrečkova 275		Měřítko: DP - 004	Měřítko: Kótovaný