

# Konstrukční návrh vstřikovací formy pro dvou- komponentní vstřikování

Bc. Jan Blaťák

---

Diplomová práce  
2012

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan BLAŽÁK**

Osobní číslo: **T10366**

Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**

Téma práce: **Konstrukční návrh vstřikovací formy pro dvoukomponentní vstřikování**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukční návrh 3D modelu vstřikovaného dílu.
3. Navrhněte vstřikovací formu pro zadaný díl.
4. Nakreslete výrobní dokumentaci jednotlivých dílů vstřikovací formy.
5. Návrh ověřte pomocí simulací.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**dle zadání vedoucího DP**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Michal Staněk, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

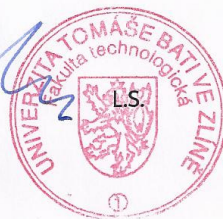
**13. února 2012**

Termín odevzdání diplomové práce:

**18. května 2012**

Ve Zlíně dne 2. února 2012

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



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

Příjmení a jméno: BLATÁK JAN

Obor: KTZ

## 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 18.5.2012

Jan Blaták

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

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

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k 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 vzdělávacímu 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 jim 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 okolnosti až do jejich skutečné výše; přitom se přihledne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce pojednává o vstřikování plastů a vícekomponentním vstřikování plastů. Práce je rozdělena do dvou hlavních částí. První část se zaměřuje na teorii vstřikování plastů a konstrukce vstřikovacích forem. Druhá část se zabývá konstrukčním návrhem vstřikovací formy pro dvoukomponentní vstřikování. Navržená vstřikovací forma je zpracována ve 3D modelu. V práci jsou také provedeny tokové simulace v programu Autodesk Moldflow Insight 2011. V přílohách práce je výkresová dokumentace.

Klíčová slova: forma, vstřikování, vícekomponentní, konstrukce.

## **ABSTRACT**

This thesis deals with plastic injection molding, and multicomponent injection molding technology. Thesis is divided into two main parts. The first part is focused on the theory about plastic injection molding and about construction of injection molds. The second part deals with design of two-component injection mold. Designed injection mold is processed into a 3D model. The thesis also carried simulations of flow in Autodesk Moldflow Insight. Drawings are as annexes of thesis.

Keywords: mold, injection molding, multicomponent, construction

***Poděkování:***

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Michalovi Staňkovi Ph.D., jakožto mému vedoucímu diplomové práce za jeho cenné rady a čas, který mi věnoval při vypracování mé diplomové práce.

Také bych chtěl poděkovat svým rodičům, za všestrannou podporu, kterou mi poskytovali po celou dobu studia.

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

Ve Zlíně, .....

Podpis: .....

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ</b> .....	<b>13</b>
1.1 VSTŘIKOVACÍ STROJ .....	14
1.2 VSTŘIKOVACÍ FORMA .....	15
1.3 VÝROBNÍ CYKLUS.....	16
1.4 MATERIÁLY PRO VSTŘIKOVÁNÍ .....	17
1.4.1 Rozdělení plastů .....	17
Termoplasty .....	17
Reaktoplasty a elastomery.....	18
1.4.2 Vstupní kontrola plastů .....	18
1.4.3 Příprava plastů před vstřikováním.....	18
Sušení termoplastů.....	19
Barvení granulovaných plastů.....	19
Recyklace plastů .....	19
1.4.4 Mechanické vlastnosti plastů .....	20
<b>2 KONSTRUKCE FOREM</b> .....	<b>21</b>
2.1 KONSTRUKČNÍ POSTUP .....	22
2.2 ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU A DUTINA FORMY .....	23
2.2.1 Zaformování výstřiku .....	23
2.2.2 Dutina formy .....	23
Rozměry tvarové dutiny.....	23
Smrštění výstřiku .....	24
Kvalita povrchu dutiny formy .....	25
2.3 VTOKOVÉ SYSTÉMY .....	26
2.3.1 Studené vtokové systémy .....	26
Rozváděcí kanály .....	29
Vtokový kanál .....	29
Vtokové ústí.....	30
2.3.2 Vyhřívané vtokové systémy .....	31
Vyhřívané trysky .....	32
Vytápěné rozvodové bloky .....	33
2.4 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY .....	35
2.4.1 Vyhazování výstřiků.....	35
2.4.2 Velikost vyhazovací síly .....	35
2.4.3 Mechanické vyhazování .....	36
2.4.4 Pneumatické vyhazování.....	38
2.4.5 Hydraulické vyhazování.....	38
2.4.6 Zpětný pohyb.....	38
2.5 TEMPERAČNÍ SYSTÉMY .....	39
2.5.1 Nejdůležitější zásady při volbě temperačních kanálů .....	40



2.5.2	Temperační prostředky.....	41
2.5.3	Příklady konstrukčních řešení temperačních kanálů.....	41
<b>3</b>	<b>VÍCEKOMPONENTNÍ VSTŘIKOVÁNÍ .....</b>	<b>44</b>
3.1	ZÁSTŘIKOVÁ TECHNIKA.....	45
3.1.1	Společné procesy (dvojvstříková technika).....	45
3.1.2	Sekvenční procesy.....	45
	Rotační technika .....	46
	Transférní technika .....	47
	Core-back technika .....	47
	Oblasti použití.....	47
3.2	SENDVIČOVÉ VSTŘIKOVÁNÍ.....	48
3.2.1	Sendvičové vstřikování dvou tavenin .....	48
	Standartní proces.....	48
	Mono sendvičové vstřikování.....	49
3.2.2	Vstřikování taveniny za pomoci kapaliny.....	50
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>51</b>
<b>4</b>	<b>STANOVENÍ CÍLU DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>52</b>
4.1	POUŽITÝ SOFTWARE PRO NÁVRH VSTŘIKOVACÍCH FOREM .....	53
4.1.1	CATIA V5 R18 .....	53
4.1.2	Autodesk Moldflow Insight 2011 .....	53
<b>5</b>	<b>FORMA PRO ZKUŠEBNÍ TĚLESA .....</b>	<b>54</b>
5.1	VÝROBEK.....	54
5.2	VSTŘIKOVACÍ FORMA .....	55
5.2.1	Navržená vstřikovací forma .....	56
5.2.2	Technika Core-Back.....	61
5.2.3	Variace rozhraní materiálů .....	63
<b>6</b>	<b>FORMA PRO DRŽÁK SKLENÍČEK .....</b>	<b>64</b>
6.1	VÝROBEK.....	64
6.2	VSTŘIKOVACÍ FORMA .....	66
6.2.1	Navržená vstřikovací forma .....	67
6.2.2	Technika Core-Back.....	72
<b>7</b>	<b>TOKOVÉ ANALÝZY .....</b>	<b>74</b>
7.1	VOLBA STROJE .....	74
7.1.1	Parametry stroje.....	75
7.2	MATERIÁLY.....	76
7.2.1	Materiál 1 pro vstřik z vertikální plastikační jednotky pro zkušební tělesa (vlastnosti).....	77
7.2.2	Materiál 2 pro vstřik z horizontální plastikační jednotky pro zkušební tělesa (vlastnosti).....	78
7.2.3	Materiál 2 pro vstřik z vertikální plastikační jednotky pro držák skleniček (vlastnosti).....	79
7.2.4	Materiál 1 pro vstřik z horizontální plastikační jednotky pro držák skleniček (vlastnosti).....	80

7.3	PROCESNÍ PODMÍNKY .....	81
7.4	VÝSLEDKY ANALÝZY PRO FORMU NA ZKUŠEBNÍ TĚLESA .....	82
7.4.1	Vysířovaný výpočtový model .....	82
7.4.2	Čas plnění .....	83
7.4.3	Teplota na čele taveniny .....	84
7.4.4	Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty .....	85
7.4.5	Rychlost smykové deformace .....	86
7.4.6	Vzduchové kapsy .....	87
7.4.7	Uzavírací síla .....	88
7.4.8	Vstříkovací tlak .....	89
7.4.9	Deformace .....	90
7.5	VÝSLEDKY ANALÝZY PRO FORMU NA DRŽÁK SKLENIČEK (1. VARIANTA) .....	91
7.5.1	Vysířovaný výpočtový model .....	91
7.5.2	Čas plnění .....	91
7.5.3	Teplota na čele taveniny .....	93
7.5.4	Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty .....	94
7.5.5	Rychlost smykové deformace .....	95
7.5.6	Vzduchové kapsy .....	96
7.5.7	Uzavírací síla .....	97
7.5.8	Vstříkovací tlak .....	98
7.5.9	Deformace .....	99
7.6	VÝSLEDKY ANALÝZY PRO FORMU NA DRŽÁK SKLENIČEK (2. VARIANTA) .....	100
7.6.1	Vysířovaný výpočtový model .....	100
7.6.2	Čas plnění .....	100
7.6.3	Teplota na čele taveniny .....	102
7.6.4	Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty .....	103
7.6.5	Rychlost smykové deformace .....	104
7.6.6	Vzduchové kapsy .....	105
7.6.7	Uzavírací síla .....	106
7.6.8	Vstříkovací tlak .....	107
7.6.9	Deformace .....	108
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>109</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>110</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>111</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>112</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>116</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>117</b>

## ÚVOD

V posledních letech se plasty stávají nedílnou součástí prakticky všech výrobků ve spotřebním průmyslu, automobilovém průmyslu, leteckém průmyslu. I v medicíně se polymerní materiály využívají například v kloubových náhradách. Široká paleta využití polymerních materiálů klade na plastové výrobky velké nároky. V posledních letech se také velmi rozvinula výpočetní technika v oblastech softwaru i hardwaru, která umožňuje přesnou a tvarově složitou výrobu nástrojů pro zpracování plastů a i možnost velmi přesného simulování chování materiálu při jeho zpracování. To vše v přijatelném časovém horizontu, právě díky velkému výpočetnímu výkonu a pokročilému softwaru.

Se zvyšujícími se nároky na výrobek po stránce designové i konstrukční se využívají možnosti kombinování dvou a více polymerních materiálů. Technologie vícekomponentního vstřikování plastů, která je také popsána v této diplomové práci se dostává v poslední době do popředí zájmů výrobců. Pro její nové možnosti, které přináší do výroby plastových výrobků. Vícekomponentní vstřikování umožňuje výrobu dílce, který je tvořen více materiály. Jsou voleny materiály, které v kombinaci zvyšují vizuální hodnotu nebo zlepšují užité vlastnosti výrobku. Proto je tato technologie nepostradatelnou v oblasti vstřikování plastů. Techniky vícekomponentního vstřikování jsou prakticky rozděleny do dvou odvětví. Zástřiková technika je propracovaná technika, která umožňuje zhotovení velice tvarově a materiálově složitých dílců. Sendvičová technika využívá kombinaci povrchového materiálu a materiálu jádra. Toho lze využít například u dílců, kde je kladen důraz na povrchový materiál a jádro dílce může být tvořeno méně kvalitním materiálem, například recyklátem. Existují i více sofistikované techniky, například vstřikování pomocí tekutiny FIT“ (Fluid injection technology).

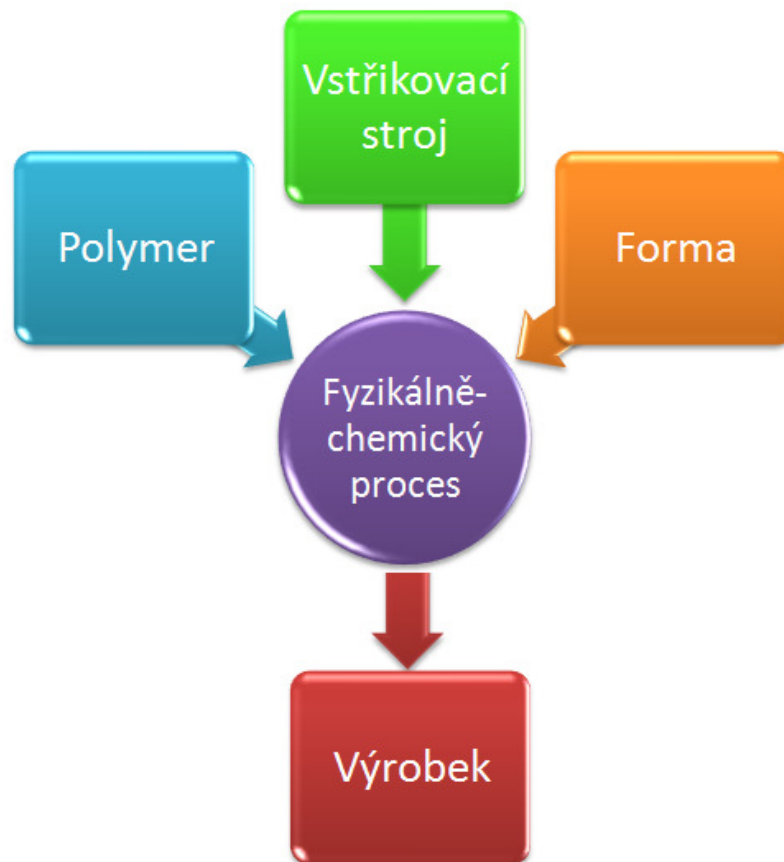
Použitím a kombinací všech těchto technik a technologií je moderní konstrukce a výroba schopna navrhnout a vyrobit velmi kvalitní, přesný, tvarově a materiálově komplikovaný dílec pro aplikaci v celém spektru využití. Ve kterých je výrobek schopen kvalitně obstát po celou dobu jeho životnosti.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

Vstřikování je diskontinuální proces výroby plastových dílců za pomoci vstřikovacího stroje a nástroje zvaného vstřikovací forma. Výrobek zhotovený touto technologií je nazýván výstřik. Pro výrobu plastových a dnes i elastomerních výrobků je nejpoužívanější právě vstřikování. Tato technologie umožňuje vyrábět velké spektrum výrobků, od jednoduchých tvarů až po složitě tvarově členěné výrobky, které jsou využívány například v automobilovém průmyslu, letectví, zdravotnictví, vojenském průmyslu, domácnostech atd. [2]

Je nesporné, že kvalita použitého plastu bude vždy důležitá a volba správného typu bude mít podstatný vliv na konečnou aplikaci. Je třeba si také uvědomit, že správná volba plastu může být degradována nesprávným technologickým postupem, který je nutné dokonale znát a během výroby ho respektovat.[1]



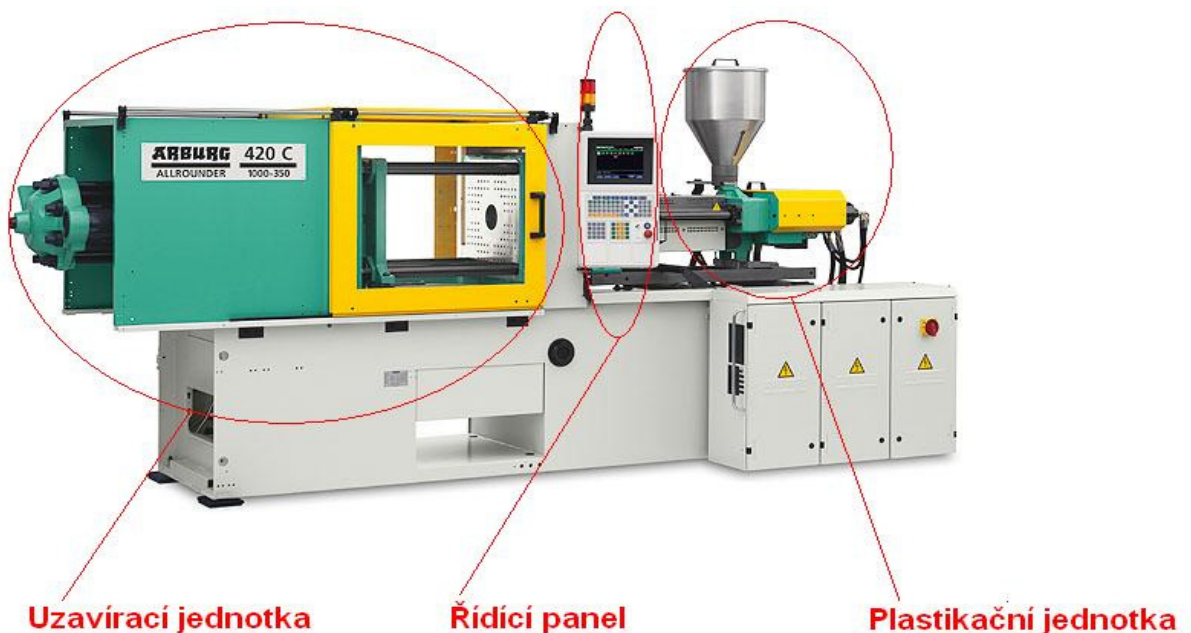
Obr. 1 Technologie vstřikování plastů

## 1.1 Vstřikovací stroj

V dnešní době je k dispozici velké množství vstřikovacích strojů různých provedení a výkonů. Nejvíce potřebné vlastnosti stroje jsou jeho uzavírací síla, plastikační výkon, max rozměry formy jaké lze upnout na stroj, zdvih, tuhost stroje, vstřikovací tlak, teplota, přesnost řízení a cena. I zde platí, že čím větší kvalita tím roste i cena, proto je třeba vždy zvážit jaký poměr ceny a kvality nám vyhovuje. Konstrukce je většinou řešena stavebnicově a skládá se z uzavírací jednotky, plastikační jednotky a ovládání, které je většinou na panelu mezi plastikační a uzavírací jednotkou (viz obr. 2). Zákazník si většinou může nakonfigurovat tyto jednotky dle svých požadavků a potřeb. [2]

Vstřikovací jednotka zajišťuje plastikaci materiálu, jeho homogenizaci a samotné vstříknutí do dutiny formy. U plastikační jednotky je třeba dodržet max. vstřikované množství, tak nebylo překročeno 90% kapacity stroje kvůli rezervě pro dotlak a doplnění. [2]

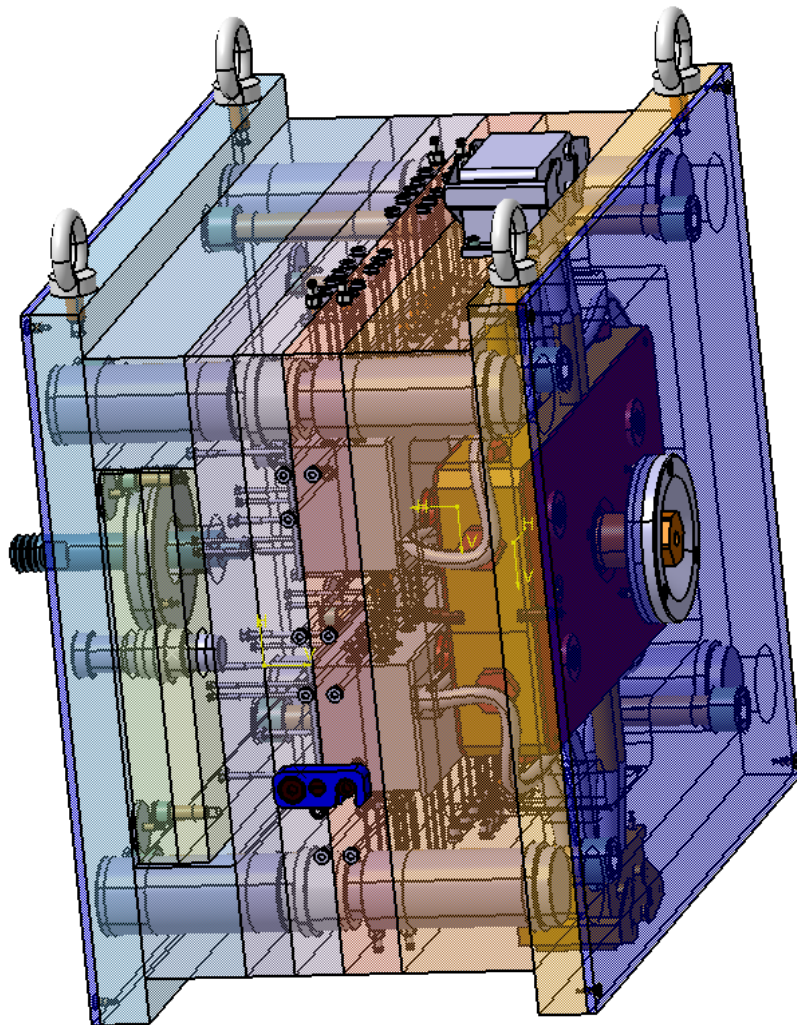
Uzávirací jednotka poskytuje uzavření formy pod určitou uzavírací silou která by měla být vždy větší než je potřebná uzavírací síla. Uzavírací jednotka zajišťuje i odformování výstřiku z dutiny formy pomocí mechanismu pro ovládání vyhazovačů, stírací desky atd. [2]



Obr. 2 Vstřikovací stroj [2]

## 1.2 Vstřikovací forma

Nástroj tedy forma se skládá z mnoha desek a součástí, které zajišťují správné vystředění a stavbu formy. Také obsahuje jednu hlavní a případně i několik vedlejších dělících rovin, díky nimž jsme schopni výstřik odformovat. Forma má v sobě dutinu, která je negativem k výstřiku a tím vytvaruje taveninu do požadovaného tvaru. Musí splňovat kritéria jak konstrukční, aby byla schopna při správné funkci vyrobit určitý počet výstřiků při zachování dané jakosti. Tak kritéria ekonomická, která požadují nízkou cenu, snadnou manipulaci, produktivitu práce a maximálního využití plastu. Další kritérium je společenskoestetické, které požaduje bezpečnost práce při výrobě a provozu formy. Formy mohou být různých násobností. Příklad formy je na obrázku 3. [2]



Obr. 3 Vstřikovací forma

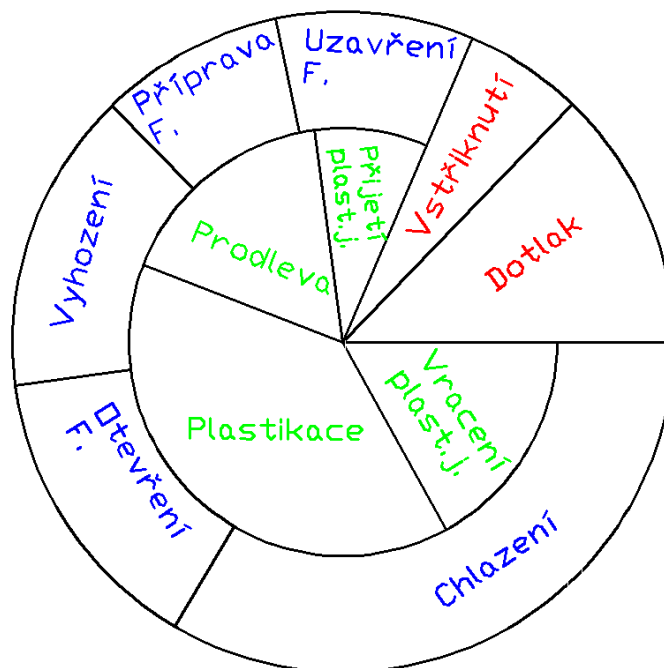
### 1.3 Výrobní cyklus

Vstříkovací cyklus je soubor úkonů, které musí provést v kombinaci plastikační jednotka s uzavírací jednotka a na konci tohoto řetězce úkonů stojí zhotovený výrobek. Přitom je vyvíjena snaha o efektivní produkci. K zajištění co největší efektivity a produktivity je potřeba zvolit optimální výrobní cyklus, aby se v některém úkonu neztrácel čas a také zvolit optimální násobnost formy. Nejvíce času v cyklu zabírá chlazení. Dotlak nemusí být zařazovat do cyklu, jedná-li se například o polymery obsahující nadouvadla. [2]

Na Obr. 4 je zobrazen výrobní cyklus v čase a modře jsou zobrazeny činnosti uzavírací jednotky, zeleně pak činnosti plastikační jednotky a červeně jsou činnosti obou jednotek zároveň. [2]

Obecně lze cyklus rozdělit na 4 části

- 1) plastikace materiálu
- 2) vstříknutí taveniny do formy a dotlak
- 3) chládnutí materiálu ve formě přičemž začíná plastikace dalšího materiálu
- 4) otevření formy a vyhození výstřiku



Obr. 4 Výrobní cyklus [2]

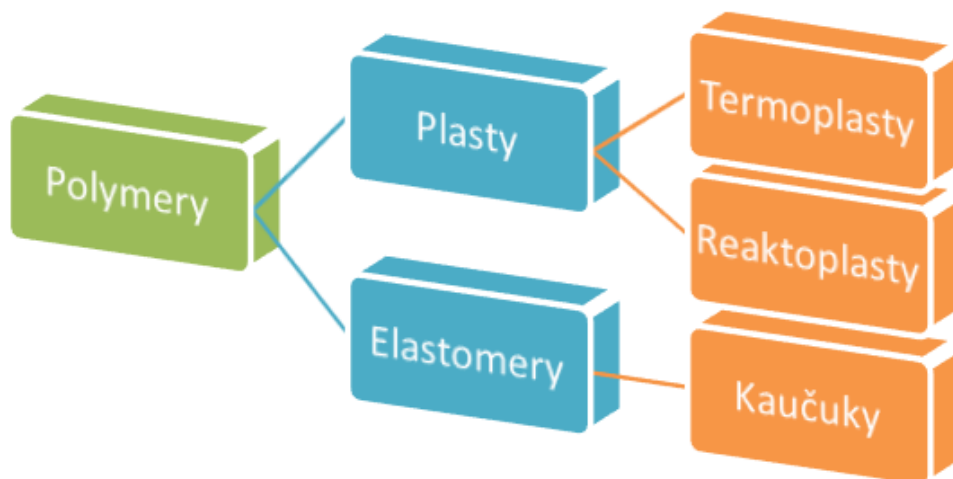


## 1.4 Materiály pro vstřikování

Na typu a druhu zvoleného materiálu pro vstřikování velmi záleží a je to jeden z hlavních činitelů při návrhu výrobku a konstrukci formy. Materiálu musí být přizpůsoben jak vstřikovací tlak, od něhož se odvíjí i výkon stroje, tak teplota formy, velikosti vtokových kanálků atd. A v neposlední řadě přizpůsobit danému materiálu i celý výrobní cyklus. [2]

### 1.4.1 Rozdělení plastů

Plasty jako materiál jsou látky polymerní, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci (oproti kovům, která mají strukturu tvořenou krystalickými mřížkami) Jsou rozděleny na dva základní druhy: [1]



Obr. 5 Rozdělení polymerů

#### *Termoplasty*

Mají řetězce přímé (lineární polymery) nebo řetězce s bočními větvemi (rozvětvené polymery) Při ohřevu se uvolní soudržnost řetězců a hmota je viskózní. V tomto stavu se může tvářet. Po ohřátí se dostanou opět do původního pevného stavu. [1]

Termoplasty se dále dělí na amorfní, kde jsou řetězce nepravidelně prostorově uspořádány. A na semikrystalické, kde je podstatná část řetězců pravidelně uspořádána a tvoří krystaly a zbytek materiálů je v amorfní fázi. [2]

### ***Reaktoplasty a elastomery***

Reaktoplasty mají v konečné fázi zpracování příčně propojeny řetězce chemickými vazbami a vytváří prostorovou síť. Při ohřevu tato síť zvětšuje svoji pohyblivost, ale řetězce se zcela neuvolní. Při tváření vlivem teploty a tlaku nastává zesíťování (vytvrzení). Jsou-li původní řetězce velmi ohebné a hustota sítě je přiměřená, tak je tato hmota za normální teploty poddajná a pružná. Takové materiály se nazývají elastomery a zesíťování u nich nastává při vulkanizaci, čímž se z gumy převedou na pryž. A další tváření už není možné. Při nadměrném ohřevu se u reaktoplastů tak u elastomerů dojde k přetrhání chemických vazeb, hmota se naruší a ztrácí pevnost. Tento proces je nevratný a materiál už není použitelný, prakticky dojde k zuhelnatění materiálu. [1]

#### **1.4.2 Vstupní kontrola plastů**

Plasty pro vstřikování se dodávají granulované v pytlích, nebo i jinak chráněné proti navlhnutí. Pro omezení zpracovatelských i aplikačních potíží, je vhodné provádět jejich vstupní kontrolu, které se realizuje obvykle v podniku. Dělí se v zásadě na: [1]

- vstupní hodnocení nových typů plastů,
- kontrolní přejímku běžně nakupovaných plastů uskutečňovanou na základě smluvně stanovených norem (technické dodací podmínky, materiálové listy).

Vstupní kontrola stanoví:

- chemicko-analytické složení (obsah nízkomolekulárních podílů, mol. Hmotnost apod.),
- mechanické vlastnosti (pevnost, tažnost...),
- fyzikální vlastnosti (viskozita, tepelné, elektrické, optické vlastnosti...),
- ostatní hodnocení (vizuální, vliv prostředí...).

#### **1.4.3 Příprava plastů před vstřikováním**

Před zpracováním plastů vstřikováním se materiál upravuje v souladu s technologickým postupem, určeným na konkrétní výrobek. Obvykle to bývá sušení granulátu, mísení s přísádkem rozdrčeného odpadu, barvení granulátu, míchání s nadouvadlem apod. Všechny uvedené úkony upravují plast do takového stavu, aby jeho zpracování bylo bez potíží. [1]

### ***Sušení termoplastů***

Většina termoplastických materiálů absorbuje vlhkost ze vzduchu. To i při běžných zpracovatelských teplotách 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 formy. Proto je nutné materiály předsoušet.

Aby granulát nezvlhnul, skladuje se před zpracováním v suchých skladech. V zimním období při převážení ze skladu do dílny se ponechá materiál klimatizovat asi 24 hodin při teplotě dílny. Teprve potom se pytle otevírají a tím se zamezí orosení granulátu. [1]

### ***Barvení granulovaných plastů***

Některé vyráběné díly vyžadují jakostní povrch a také vhodný barevný odstín. Barva silně ovlivňuje dojem, který si jejím vnímání o daném výrobku vytvoříme. Plasty dodávány výrobcem disponují jen určitou řadou barevných odstínů. Při požadavku na jiný barevný odstín, je třeba jednat s výrobcem, případně si granulát obarvit. Rozsah možných barevných odstínů je omezen barvou základního nebo barveného granulátu.

Pro barvení plastů se používají barvy od nejrůznějších výrobců. Dodávají se v papírových, nebo PE pytlích, v plechových sudech apod. Skladují se v suchách skladech.

Vlastní barvení se provádí buď davkovacím zařízením přímo na vstřikovacím stroji, nebo se granulát vybarvuje před vstřikováním. Barviva částečně ovlivňují kvalitativní vlastnosti plastů i technologické parametry při zpracování. [1]

### ***Recyklace plastů***

Vadné výstřiky, odpady a vtokové zbytky 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. Takto upravený se smíchá s čistým granulátem a znovu se zpracuje. Přitom obvykle dochází ke snížení fyzikálně-mechanických vlastností i povrchového vzhledu. Transparentní a silně namáhané plasty se míchat nemohou. Nesplnily by požado-

vané vlastnosti. Při 10-30% množství odpadu v granulátu se mohou vyrábět výstřiky bez podstatného vlivu na jeho vlastnosti. [1]

#### 1.4.4 Mechanické vlastnosti plastů

Tab. 1 Mechanické vlastnosti plastů [1]

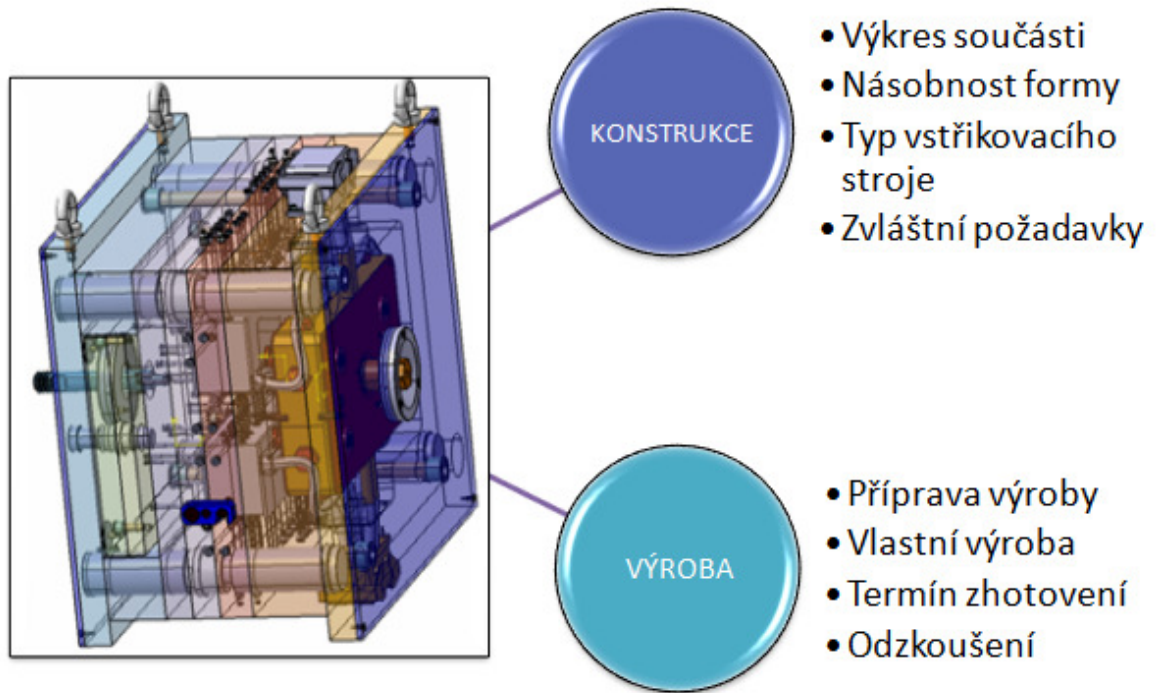
Zkratka plastu	Napětí v tahu		Modul pružnosti v tahu E (MPa) ... x 10 <sup>3</sup>	Táhnost δ (%)	Rázová houževnatost a <sub>n</sub> (kJ.m <sup>-2</sup> )	Vrubová houževnatost a <sub>K</sub> (kJ.m <sup>-2</sup> )	Tvrdość Brinell
	na mezi kluzu G <sub>Kl</sub> (MPa)	na mezi pevnosti G <sub>P</sub> (MPa)					
PS		33-70	2,8-3,5	3-5	10-25	1,8-2,5	150-160
PS-HI		20-60	2,5-3,5	15-30	40-85	4-10	100-130
SAN		70-80	3,3-3,7	5-6	20-25	2-3	160-170
ABS	30-50	45-80	2,0-3,0	10-40	70-...	10-30	50-90
ASA		50-75	2,3	15-20	b.p. <sup>3)</sup>	7-14	80-100
PE-LD	8-10		0,14	300-900	b.p.	b.p.	20
PE-HD	15-25		0,95-1,3	100-1000	b.p.	5-20	40-50
E/VAC		10-20	0,05	600-900	b.p.	b.p.	-
PP	26-38		1,1-1,3	650-800	b.p.	3-15	50-70
PP/30 % SV <sup>4)</sup>		70	4-5	10-20	15	6	
PP/40 % CaCO <sub>3</sub>	24-28		3,0-3,5	50-80	6-15	4-5	80-110
PVC tvrdý		45-65	2,5-3,3	20-50	b.p.	2-4	470-120
PVC měkkčený		20-30	0,2-1,7	200-300	b.p.	b.p.	10-70
PVC houž.		35-50	1,4-2,7	20-80	b.p.	5-50	50-90
PMMA kopol.		70-90	3,0-3,3	3-6	10-15	1-3	180-200
PA 6 <sup>1)</sup>	30-50		1,0-1,3	180-250	b.p.	15-...	40-100
PA 6/30 % SV <sup>1)</sup>		100-130	6,2-7,0	4	50-60	10-16	130-240
PA 610 <sup>1)</sup>	45-55		1,3-1,6	80-150	b.p.	13-15	
PA 66 <sup>1)</sup>	55-75		1,2-1,3	130-210	b.p.	20-40	80-120
PA 66/30% SV <sup>1)</sup>		140-180	6,9-7,0	5	35-45	6-12	140-220
PA66/40% m.p. <sup>1)2)</sup>		65	2,4	30	150	13	100
PA 11 <sup>1)</sup>	42-50		1	230	b.p.	30-40	80-100
PA 11/30% SV <sup>1)</sup>	90		2,4-2,5	4-6	-	9	130-140
PA 12 <sup>1)</sup>	38-50		1	120-350	b.p.	10-15	80-100
PA12/30 % SV <sup>1)</sup>	110		7-8	10	45-65	6-12	130-140
POM	70		2,9-3,3	10-30	90-...	4-10	130-160
POM/30 % SV		95-100	9	5-7	30	2-6	160-180
PC	60-65		2,3-4,5	10-110	b.p.	20-40	90-110
PC/30 % SV		90-100	8-12	3,5-4	40	10-15	130-150
PET	55-80		2-3,5	50-150	b.p.	3-5	100-140
PET/30 % SV		150-160	6-10	2-3	25-30	7-9	140-230
PBT	50-60		2,6-2,9	100-200	b.p.	4-5	100-140
PBT/30 % SV		120-150	5,5-10	2-3	40-45	10	140-230
PPO + PS	60-80		2,3	60	b.p.	15	90-100
PPO+PS/30%SV	120-130		8	4-6	30	8	120-140
PSU	72-93		2,5-9	50-100	b.p.	2-10	
CA	30-60		1,3-1,8	30-40	50	6-28	40-100
CP	20-50		1-1,4	20-50	b.p.	5-30	40-100
CAB	20-50		0,9-1,3	15-75	b.p.	5-40	40-100
IPUR		32-60	0,5-2	350-600	b.p.	2-6	

Mechanické vlastnosti měřeny podle DIN.

- Pozn. <sup>1)</sup> kondicionovaný materiál  
<sup>2)</sup> m.p. = minerální plnivo (CaCO<sub>3</sub>)  
<sup>3)</sup> b.p. = bez porušení  
<sup>4)</sup> SV = skleněné vlákno

## 2 KONSTRUKCE FOREM

Pro vyhotovení výkresové dokumentace formy nutné pro její výrobu, je třeba znát celou řadu technických údajů, aby její realizace byla úspěšná. [1] Na obrázku 6 je přehled nejdůležitějších informací potřebných ke konstrukci formy:



Obr. 6 Body realizace formy

U forem se požaduje:

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

## 2.1 Konstrukční postup

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem formy a dalšími doplňujícími údaji, jsou podkladem pro konstruktéra forem. Konstrukce pak má následující postup:

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek. Je třeba znovu zkontrolovat rozměry, jejich tolerance, rozdíly v tloušťce stěn s ohledem na propadliny a lunkry. Nezanedbat úpravy ostrých hran a rohů, které vyvolávají velké pnutí a obtížné plnění dutiny,
- určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Respektovat také směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění ústí vtoků a vyhazování z dutiny formy,
- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Volba vhodného typu vtokového systému, velikost průřezů, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálku i ústí vtoku,
- stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvzdušnění dutin formy,
- návrh rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperace formy,
- vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků. To všechno v rámci bezpečnosti práce,
- zkontrolování funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, jeho průmětnou plochu, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na doporučený stroj. [1]

Celá koncepce musí směřovat k možné a snadné výrobní technologii dle stanovených požadavků. Je vhodné s objednavatelem návrh formy konzultovat. U externích zákazníků předložit objednavateli případné návrhy a doplňky výkresu součásti i návrhu konstrukčního řešení formy ke schválení. [1]

## 2.2 Zaformování výstřiku a dutina formy

### 2.2.1 Zaformování výstřiku

Správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí plochy náleží k rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby.

Dělicí plocha (rovina) bývá zpravidla jako rovina rovnoběžná s upínáním formy. Může však být i šikmá nebo různě tvarovaná, případně vytváří u výstřiku s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí plochy. Taková koncepce způsobuje obtížnější výrobu formy. Je snaha se takovým tvarům vyhnout. Nepřesnost v dělicí ploše může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznik otřepu nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. [1]

Proto je třeba, aby dělicí plocha:

- umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy,
- byla pravidelná, jednoduchého geometrického tvaru, snadno vyrobitelná a dobře slícovatelná,
- probíhala v hranách výrobku,
- byla umístěna tak, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a souosost výstřiku, pokud je v obou polovinách formy,
- stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad,
- u více dělicích ploch volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet,
- pozitivní úlohu hraje dělicí plocha při odvodušňování dutin formy. I k tomu je třeba přihlédnout. [1]

### 2.2.2 Dutina formy

#### *Rozměry tvarové dutiny*

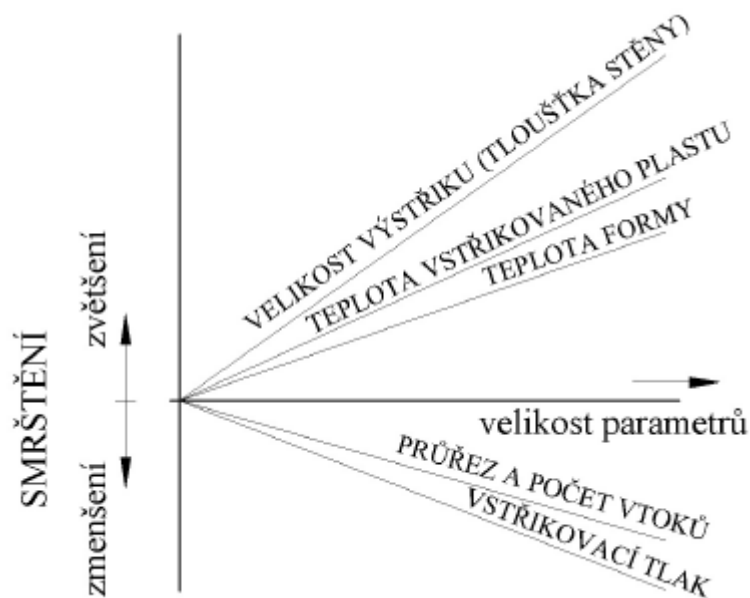
Tvar a rozměry funkčních dílů, které jsou převážně umístěny v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu. Jejich dimenzování je důležitou etapou konstrukčního řešení. Chybně dimenzované rozměry se projeví v nedodržení rozměrů výstřiku. V případě, že se nejedná o rozměr s předepsanou tolerancí, lze tuto chybu někdy napravit úpravou technologických podmínek, někdy však jen nákladnou korekcí rozměrů formy. [1] Přesnost dutin se pohybuje v rozmezí IT8 až IT10 a ovlivňují ji tři činitelé:

- smrštění plastu (provozní),
- výrobní tolerance,
- opotřebení dutiny formy. [1]

### ***Smrštění výstřiku***

Velikost smrštění je rozdíl mezi rozměrem dutiny formy a skutečným rozměrem výrobku. Udává se v %. Jeho velikost závisí na teplotní roztažnosti plastu a dalších činitelích. Smrštění se rozděluje do dvou časových fází. Velikost provozního smrštění se stanoví 24hod. po výrobě součásti a představuje až 90 % z jeho hodnoty. Zbytek je dodatečné smrštění, které probíhá poměrně dlouho v závislosti na typu polymeru. Smrštění lze urychlit temperací (stabilizace výrobku). [1]

Velikost smrštění je ovlivněna jak vlastnostmi plastu, tvarem výstřiku, technologií vstřikování, ale i vstřikovací formou (vtokovou soustavou a teplotou chlazení). Velikost smrštění nemusí být ve všech směrech stejná. Asymetrické plnivo (skleněná vlákna), směr proudění taveniny, orientace makromolekul u semikrystalického plastu apod. [1]



Obr. 7 Smrštění



### *Kvalita povrchu dutiny formy*

Vedle požadovaných rozměrů je význačným znakem součásti z plastu jakost jejich povrchů. Vhodnou úpravou se zvýší nejen estetický vzhled, ale i jejich účelové využití. Vyráběné součásti pak mají vhodný barevný odstín nebo jsou transparentní, případně se u nich dosahuje různé hladkosti a lesku povrchu, apod. Jakost povrchu je obrazem povrchu dutiny formy. [1]

Plochy mohou být:

- matné, ty jsou výrobně nejjednodušší, a proto ekonomicky nevhodnější. Jsou také výhodné v tom, že zakryjí některé vzhledové nedostatky při vstřikování,
- lesklé jsou nejnákladnější a nejnáročnější operace opracování dutiny formy, a tím i pro docílení jakosti povrchu výstřiku. Stupeň lesku se předepisuje vysoký.
- na lesklém povrchu jsou zvýrazněny veškeré nedostatky výroby formy i výroby výstřiku,
- dezénové plochy jsou také častou úpravou části nebo celého povrchu součásti. Dosáhne se tím zvýraznění některé její oblasti, snadnější manipulace, snížení průhlednosti apod. Tak jako u matných ploch zakryjí některé nedostatky a nepříznivé vzhledové vlastnosti plastů. Charakter dezénu určuje výrobní technologie. Každá technologie má obvykle vzorník, podle kterého se provedení určí. Jen výjimečně se navrhuje speciální dezén, který se pak obvykle vyrábí ve formě fotochemickou cestou. Při volbě dezénu u bočních stěn se však nesmí zapomínat na nutnost zvětšení úkosů. [1]

## 2.3 Vtokové systémy

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. [2]

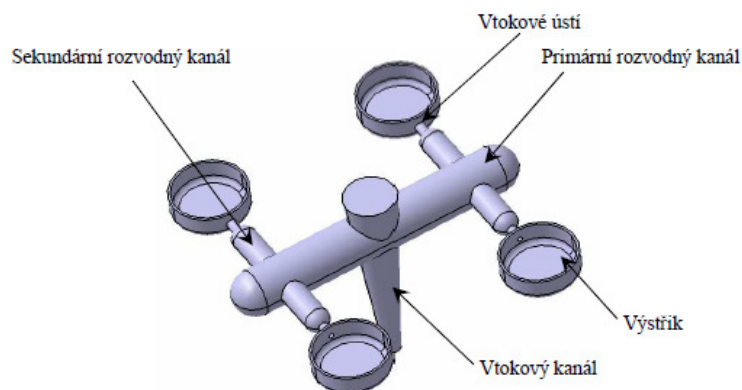
Průtok taveniny vtokovým systémem je provázen složitými tepelně-hydraulickými poměry.

Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku,
- spotřebu materiálu plastu,
- náročnost opracování na začištění výstřiku,
- energetickou náročnost výroby.

Zásadní rozdíly v celkovém uspořádání vtokového systému jsou dány především konstrukcí formy a její násobností. U vícenásobných forem má tavenina dorazit ke všem ústím vtoků za stejného tlaku a současně (vyvážené vtoky). [2]

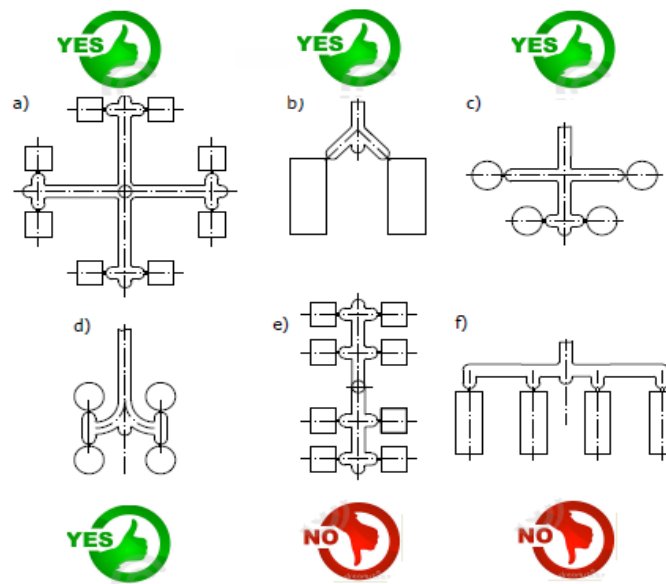
### 2.3.1 Studené vtokové systémy



Obr. 8 Studený vtokový systém [4]

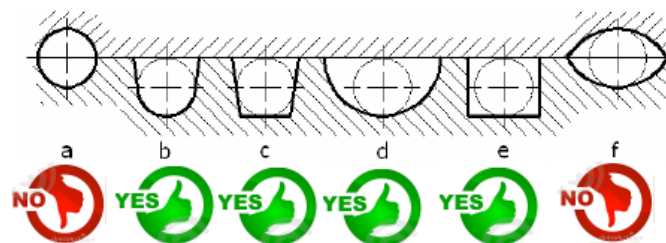
Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit aby:

- Dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných, tlakových i časových ztrát,
- Dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnovážné plnění. Vyústění vtoků do dutiny, jeho průřez, poloha a počet ovlivňují velikost pnutí a existenci míst se sníženou pevností (tzv. studených spojů), kde vlivem částečného ochlazení proudu taveniny a jejím vzájemným setkáním již nedojde ke kvalitnímu spojení. Je proto účelné naplnit dutinu jedním vtokem, aby tím vznikalo co nejméně studených spojů.



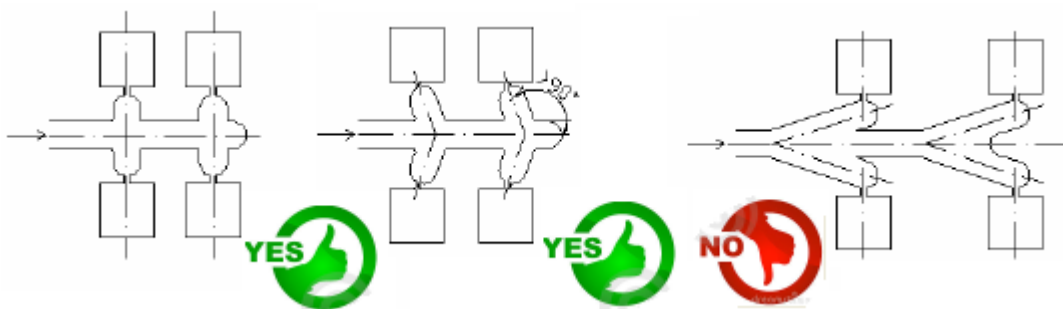
Obr. 9 Zásady volby studeného vtokového systému

- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu, a tím se umožní působení dotlaku. Minimálním povrchu co největší průřez. Tím budou ztráty ochlazováním minimální. Této podmínce odpovídá kruhový průřez. Z výrobních důvodů se volí i jemu podobný tvar lichoběžníkový, ve vtokovém systému vyloučit místa s velkým nahromaděním materiálu,



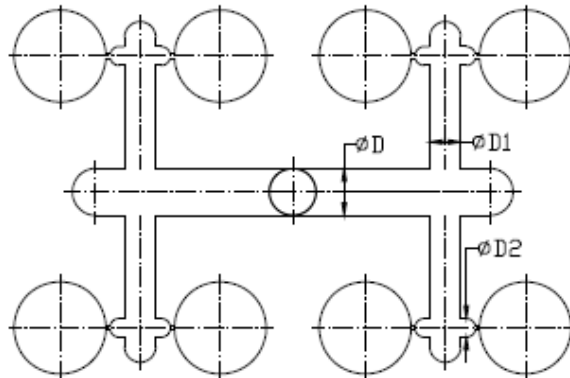
Obr. 10 Průřezy vtokových kanálů

- neprovádět větvení vtokového systému pod ostrým úhlem, ale někdy právě naopak pod úhlem větším, než 90°,



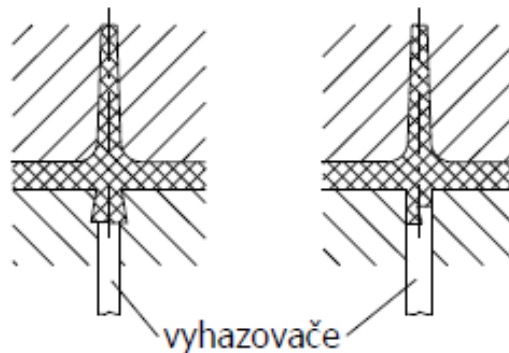
Obr. 11 Větvení vtokových kanálů

- u vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů, aby byla zachována stejná rychlost taveniny, [1]



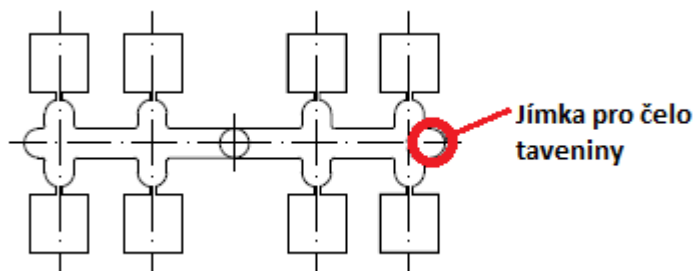
Obr. 12 Vyvážení vtokových kanálů

- zaoblení všech ostrých hran vtokových kanálů min.  $R=1\text{mm}$
- stanovit úkosovitost všech vtoků, pro jejich snadné odformování. Minimální úkosy jsou  $1,5^\circ$ . Podkoso se volí jen u komůrky přidržovače vtoků, [1]



Obr. 13 Podkoso u přidržovače vtoku

- řešit zachycení čela proudící taveniny prodloužením rozváděcího kanálu. Zabrání se tím proniknutí chladnějšího čela proudu taveniny do tvarové dutiny a tím snížení povrchových vad výstřiku, [1]



Obr. 14 Zachycení čela taveniny

- průřezy vtokových systémů pro krystalické polymery jsou zpravidla větší, než pro amorfní,
- leštit povrch vtokového systému orientovaného ve směru vyjímání. Tím se usnadní vyhazování. [1]

### ***Rozváděcí kanály***

Rozváděcí kanály spojují vtokový kanál s ústím vtoku a tvářecí dutinou. Jejich délka je dána typem formy.

Velikost průřezů ovlivňuje:

- charakter výstřiku (především tloušťka stěn a doba dotlaku),
- tepelné a reologické vlastnosti taveniny, hlavně její viskozitu, tepelnou vodivost apod.,
- parametry vstřikovacího stroje, vstřikovací tlak, vstřikovací rychlost.

Všeobecně platí, že nejmenší průměr rozváděcího (i vtokového) kanálku  $D$  nemá překročit 1,54 největší tloušťky stěny výstřiku  $H$ . Při stanovení průřezů rozváděcího kanálu se dává přednost kruhovému, nebo li-choběžníkovému, který zabezpečí nejmenší teplotní i tlakové ztráty a nižší hodnoty průto-kového odporu. [1]

### ***Vtokový kanál***

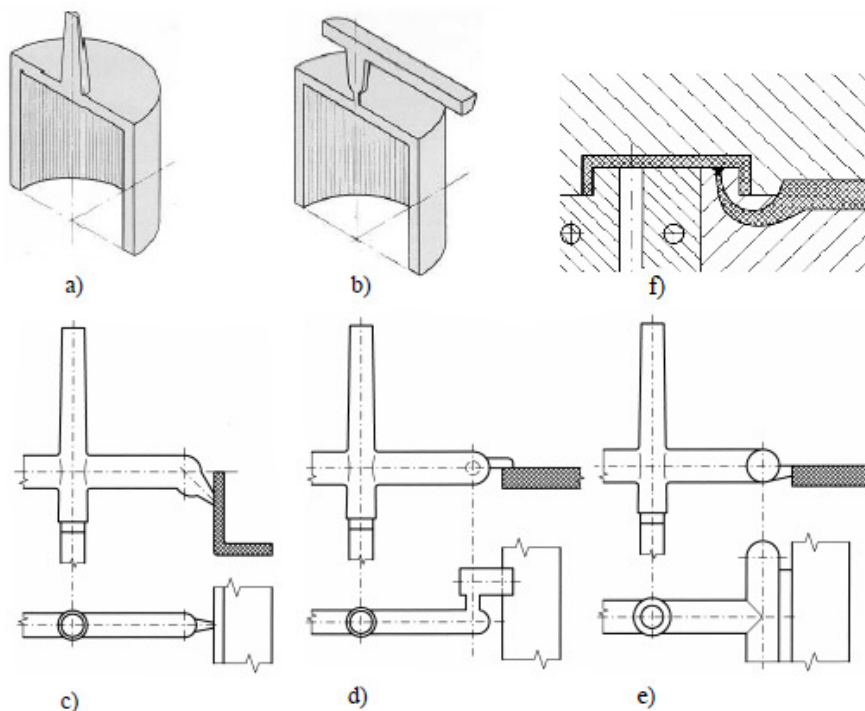
Nejobvyklejší je kuželový vtokový kanál, vytvořený uvnitř vtokové vložky. Ústí do rozváděcích kanálů, případně přímo do výstřiku. Vtoková vložka je velmi tepelně i mechanicky namáhána! Vyrábí se z pevné, houževnaté ořevzdorné oceli (19435, 19581, 19572...) a je tepelně zpracována (tvrdost 58 HRc). Průměr vtokového kanálu na straně trysky stroje je minimálně o 0,5 až 1 mm větší, než je průměr otvoru trysky vstřikovacího stroje. Na opačné straně největší průměr kanálu má být větší min o 1,5 mm, než je největší tloušťka výstřiku, nebo stejný se šířkou rozváděcího kanálu. Je leštěný, s drsností 0,1 Ra a s minimálním úkosem 1,5°. Hrana vložky v oblasti dosedu stroje je ostrá. Dosedací plocha vtokové vložky je kulová s poloměrem křivosti cca o 1 mm větší, než je poloměr křivosti trysky stroje. [1]

### Vtokové ústí

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jen ve výjimečných případech může být použit plný nezúžený vtok (pro potlačení propadlin, lunek u velkoobjemových dílů). Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny. Omezí se strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím i vytváření povrchových defektů. [1]

Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, plastu i technologii vstřikování. Umožní se snadné začištění. Velikost zúženého průřezu však musí spolehlivě naplnit dutinu formy a také ještě umožnit případné působení dotlaku. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. [1]

Různé provedení vtokových ústí je na obrázku 15:



Obr. 15 Typy vtokových ústí [4]

- a) plný kuželový vtok,
- b) bodový vtok,
- c) boční vtok,
- d) filmový vtok,
- f) srpkový vtok (Pro plasty s velkou elasticitou. Umístění vtoku na nepohledovou plochu.).

### 2.3.2 Vyhřívání vtokových systémů

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhřívání vtokových soustav. Dříve než se došlo k současným typům Vyhřívání vtokových systémů (VVS), předcházela jim řada jednodušších systémů, které se postupně zdokonalovaly. Nejprve se zesílenými vtoky, izolovanými vtokovými soustavami a předkomůrkami apod. Dnešní VVS mají vyhřívání trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. To umožnila především výroba vysokovýkonných a miniaturních topných těles a některých dalších jejich dílů. [1]

Od forem s běžnými studenými soustavami se VVS liší především tím, že dnešní typy VVS se nakupují od specializovaných výrobců. Jednotlivá konstrukční provedení i rozsah jejich použití jsou rozdílné. Proto je nutné při použití určitého systému vyžádat si od daného výrobce potřebné podklady případně i technickou konzultaci doporučuje se zavádět především systémy, které jsou v ČR zastoupeny. [1]

Technologie vstřikování s použitím VVS spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. I přes malý průřez vtoku je možné částečně pracovat s dotlakem. U všech způsobů bezvtokového vstřikování je vhodné v místě jeho vyústění provést na výstřiku zahloubení, aby případný nepatrný vtokový zbytek nevystupoval přes jeho úroveň. Součástí systému je regulace teploty VVS i formy. Celá soustava umožňuje snadnou montáž, demontáž, čištění a znovu nasazení do provozu. [1]

Soustava VVS však vyžaduje podstatně složitější a výrobně nákladnější formy, obslužný personál i strojní zařízení musí být na příslušné úrovni. Dále je třeba zajistit VVS včetně regulátoru a snímačů. To všechno zvyšuje energetickou náročnost výroby. [1]

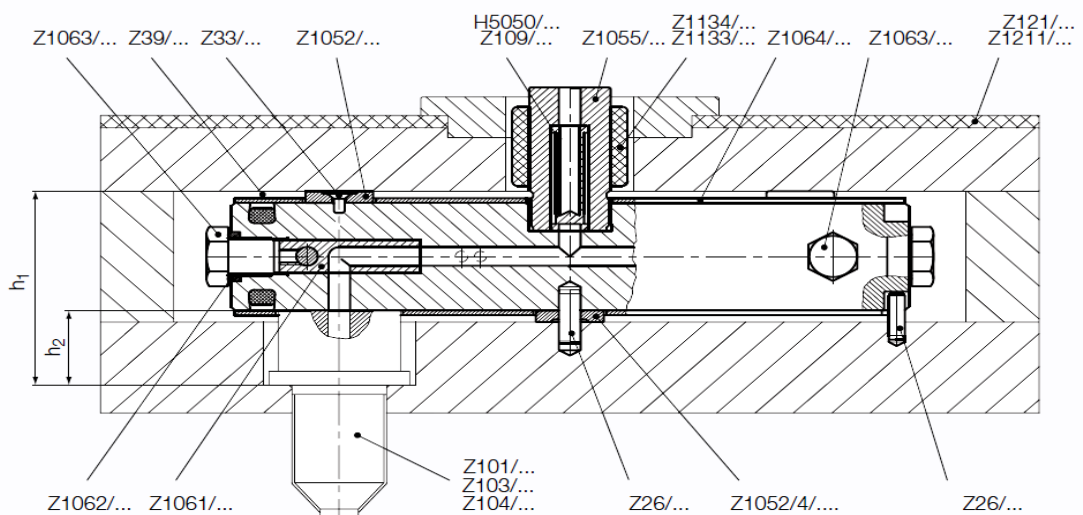
Ekonomickou výhodnost forem pro bezodpadové vstřikování je třeba posuzovat z hlediska celého výrobního procesu. Nepřetržitý provoz, dokonalé zpracovatelské vybavení i vhodné zpracovatelské vlastnosti plastů jsou určujícími faktory. [1]

Výhody VVS:

- zkracuje výrobní cyklus,
- umožňuje automatizaci výroby,
- snižuje spotřebu plastu,
- není třeba odstraňovat vtokové zbytky.

Nevýhody VVS

- energeticky náročnější,
- vyžaduje regulátory a snímače,
- vyžaduje složitější a nákladnější konstrukci formy.



Obr. 16 Vyhřívaný vtokový systém od výrobce HASCO [5]

### ***Vyhřívané trysky***

Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky při vstřikování. [1]

### ***Nepřímo vyhřívané trysky:***

- a) dotápěné vyústění izolovaného rozvodu vtoku. Je charakterizován miniaturním topným tělesem, které je zabudováno do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do

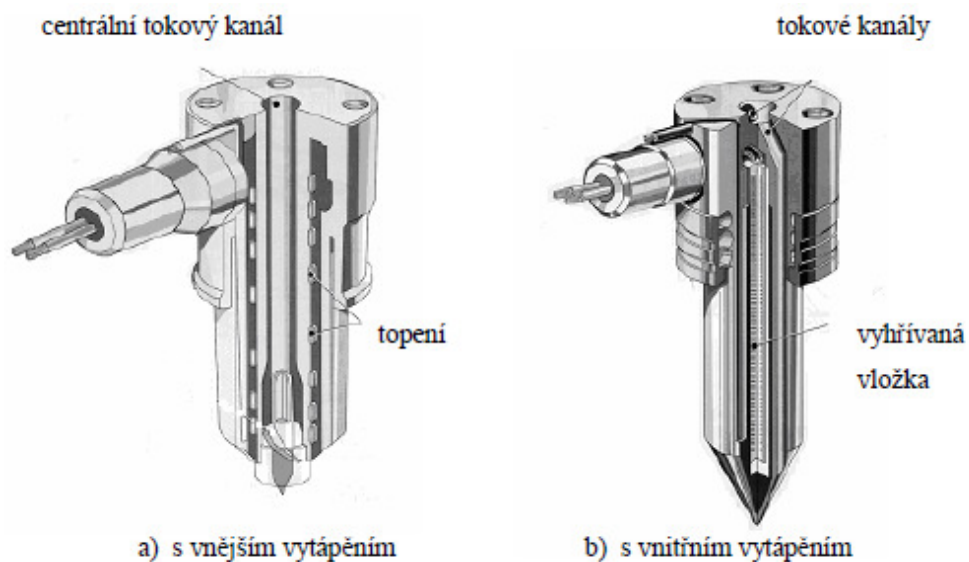


vyústění vtoku. U tohoto způsobu je nutné dodržovat poměrně rychlý pracovní cyklus,

- b) druhý způsob je realizován přenosem tepla z vyhřívaného rozvodu vtoků na trysku. Používá se pro vícenásobné formy. [1]

***Přímo vyhřívané trysky:***

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



Obr. 17 Přímo vyhřívané trysky [4]

***Vytápěné rozvodové bloky***

Vstřikovací formy s rozvodným blokem se používají v kombinaci s vyhřívanými nebo izolovanými tryskami s předkomůrkou. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce je podmíněna rovnoměrně rozloženým teplotním polem. V opačném případě ovlivní tokové vlastnosti taveniny a její tlakové rozložení v jednotlivých tvarových dutinách. [1]

Rozváděcí blok je ocelový, uložen mezi tvarovou a upínací deskou v pevné části formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i uložení trysek. Vyrábí se ve tvaru I, H, X, Y apod. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou. [1]

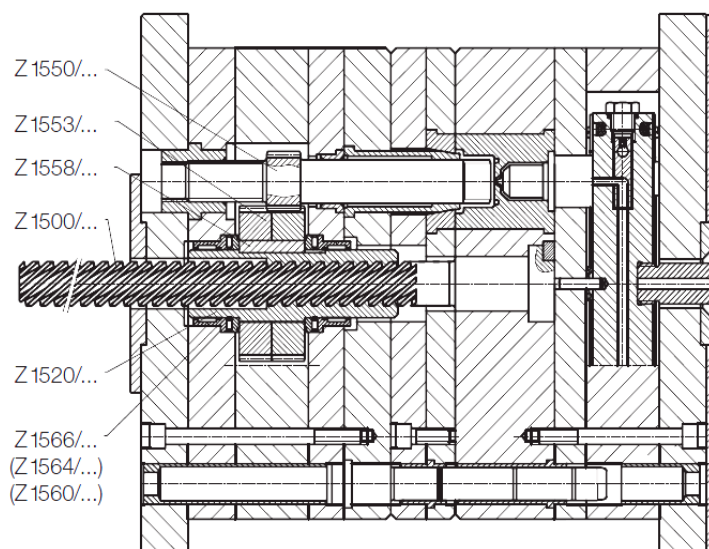
Otvory kanálů pro proudící taveninu musí být pečlivě provedeny, protože nikde nesmí vzniknout ostré hrany a přechody s mrtvými kouty taveniny. [1]

Pro zvýšení tuhosti formy je rozvodný blok ve formě upevněn pomocí přítláčných kroužků. Je vystředěn a zajištěn proti pootočení vzhledem k tvárnici a jeho vyústění přes trysky do dutiny formy. Instalovaný výkon ohřevu rozvodného bloku musí být takový, aby se dosáhlo

- rychlého ohřevu,
- dostatečné teploty pro optimální tok taveniny,
- eliminace tepelných ztrát (vodivostí, prostupem, vyzařováním). [1]



Obr. 18 Příklady rozvodných bloků „I“, „H“, „X“ [5]



Obr. 19 Příklad formy s vyhříváním vtokovým systémem [5]

## 2.4 Vyhazovací systémy

K rozhodujícím funkčním systémům se řadí vyhazování výstříků, temperace formy a odvzdušnění. Neméně důležité jsou vhodné a dostatečně tuhé rámy forem. Ve speciálních případech formu doplňují posuvné boční čelisti, způsob vyhazování výstříků se závity, ustříhování jejich vtokových zbytků apod. [3]

### 2.4.1 Vyhazování výstříků

Vyhazování výstříků z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřík. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. [3]

Má dvě fáze:

- dopředný pohyb, vlastní vyhazování,
- zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do původní polohy. [3]

Základní podmínkou dobrého vyhazování výstříků je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší než 30°. Vyhazovací systém musí výstřík vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. Může se jich využít k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. U hlubokých tvarů je třeba počítat s jejich zavzdušněním. [3]

### 2.4.2 Velikost vyhazovací síly

Vhodný vyhazovací systém, který je třeba použít, musí vyvodit potřebnou vyhazovací sílu pro vyhození výstříku z formy. Po otevření formy zůstává výstřík vlivem smrštění plastu obvykle na tvárníku. Může ale zůstat i v tvárnici. Proto je snahou (někdy i vynucenou), aby výstřík zůstal v té části formy, kde jsou vyhazovače. Potřebná velikost vyhazovací síly závisí na: [3]

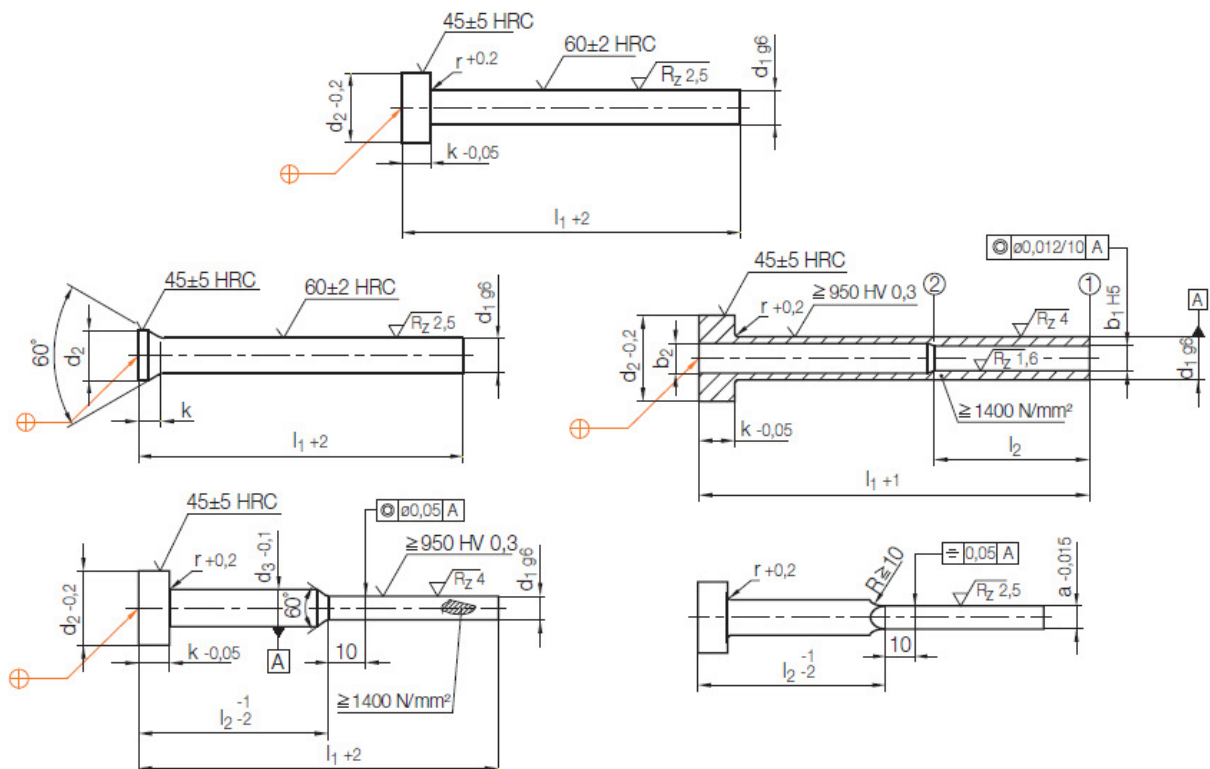
- velikosti smrštění výstříku ve formě,
- členitosti výstříku a jakosti povrchu funkčních ploch tvárníku (dutiny) formy,
- technologických podmínkách vstřikování (tlaku, teplotě plastu a formy, době chlazení),
- pružných deformací formy. [3]

### 2.4.3 Mechanické vyhazování

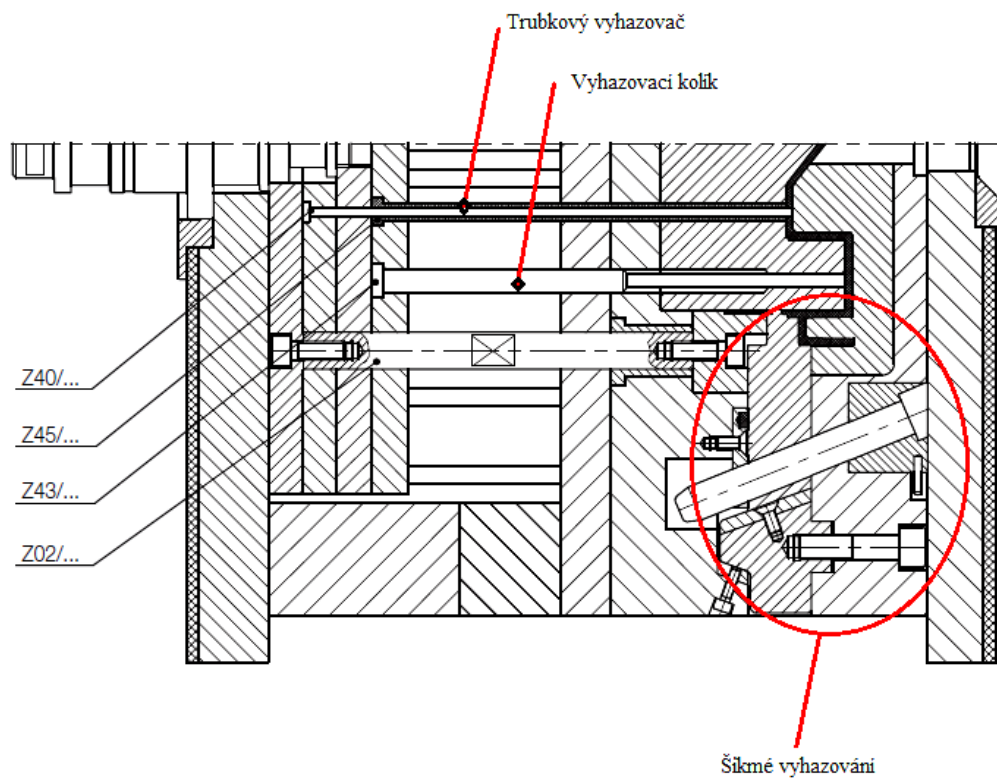
Je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem. Používá se všude tam, kde je to jen možné. Jeho konstrukce má různá provedení, která představují: [3]

- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků,
- vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů,
- šikmé vyhazování,
- postupné vyhazování,
- speciální vyhazování. [3]

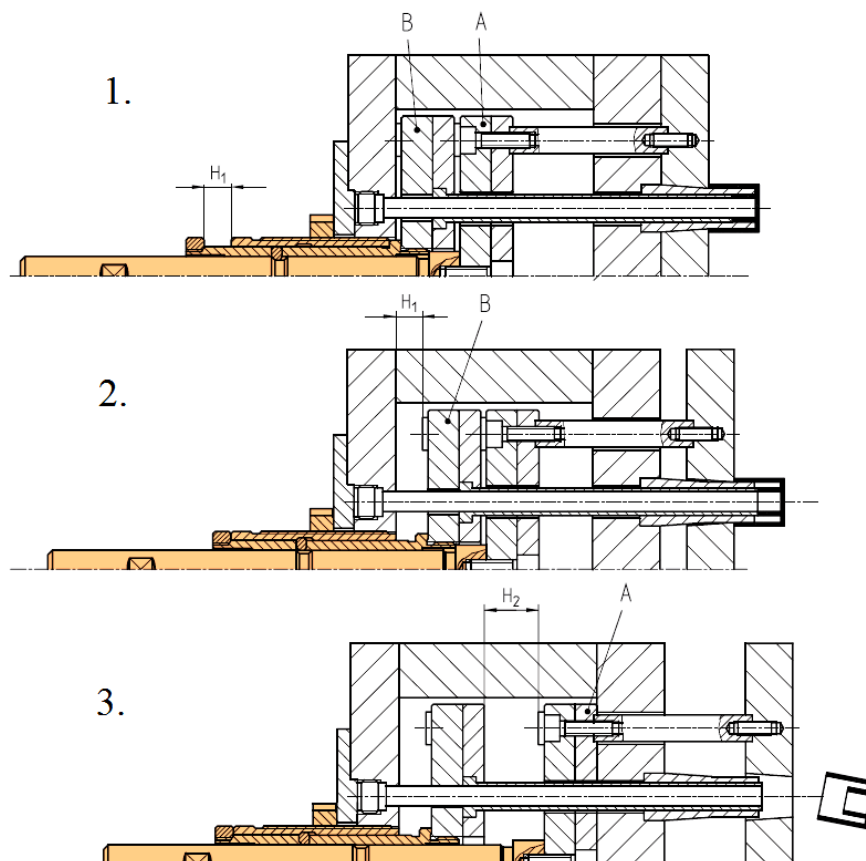
Ve zvláštních případech, kdy je výstřik mělký, se vyhazovačů nemusí použít. Postačí jen vyhození vtokového zbytku, se kterým je výstřik spojen. [3] Na obrázku 20 jsou uvedeny příklady vyhazovacích kolíků. Na obrázku 21 a 22 je zobrazeno uchycení vyhazovacích kolíků ve formě. A jednotlivé způsoby vyhazování.



Obr. 20 Příklady vyhazovacích kolíků [5]



Obr. 21 Způsoby vyhazování [5]



Obr. 22 Způsoby vyhazování (pomocí stírací desky) [5]

#### 2.4.4 Pneumatické vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování tenkostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Způsob není tak častý, ale pro výstřiky uvedeného tvaru (např. kbelík) velmi výhodný. Běžné mechanické vyhazování větších výstřiků vyžaduje značné zvětšení délky formy (velký zdvih vyhazovače), bez záruky dobré funkce. [3]

Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou na výstřiku stopy po vyhazovačích. Použití pneumatického vyhazování je omezeno jen na některé tvary výstřiku. [3]

#### 2.4.5 Hydraulické vyhazování

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. Přímo zabudované hydraulické jednotky ve formě, které pracují jako vyhazovače, se používají již méně. Více se používají k ovládní posuvných čelistí. Používané hydraulické vyhazovače se vyrábějí většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve formě. S její pomocí se přímo ovládají vyhazovací kolíky, stírací desky apod. [3]

#### 2.4.6 Zpětný pohyb

Zpětný pohyb vyhazovačů je zajištěn nejrůznějšími způsoby, v závislosti s uzavíráním formy. Způsoby se mohou vzájemně kombinovat. Poloha působení vratných elementů má být symetrická, aby nedošlo k přičení vyhazovacího systému. [3]

- vratnými kolíky,
- pružinami,
- klíny s vačkami,
- vzduchovým nebo hydraulickým vyhazovačem s jeho zpětným působením.

## 2.5 Temperační systémy

Temperace slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Děje se tak ochlazováním, případně vyhříváním celé formy, nebo její části. [3]

Během vstřikování se do formy přivádí roztavený polymer, který se v její dutině ochlazuje na teplotu vhodnou pro vyjmutí výstřiku. Temperace tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se forma ohřívá. Každý další výstřik je třeba vyrobít zase při stanovené teplotě. Proto je nutné toto přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést temperační soustavou formy. [3]

Některé plasty se zpracovávají při vyšších teplotách formy (PC 100 - 120°C). V takovém případě jsou tepelné ztráty formy větší, než její ohřátí taveninou a musí se naopak dohřívat. Také při zahájení výroby je třeba nejprve vyhřát formu na pracovní teplotu. Jinak by nebyla zaručena dostatečná kvalita výstřiků. [3]

Temperace má za úkol:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny (podle druhu zpracovávaného plastu),
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku. [3]

Tab. 2 Teploty taveniny a formy [3]

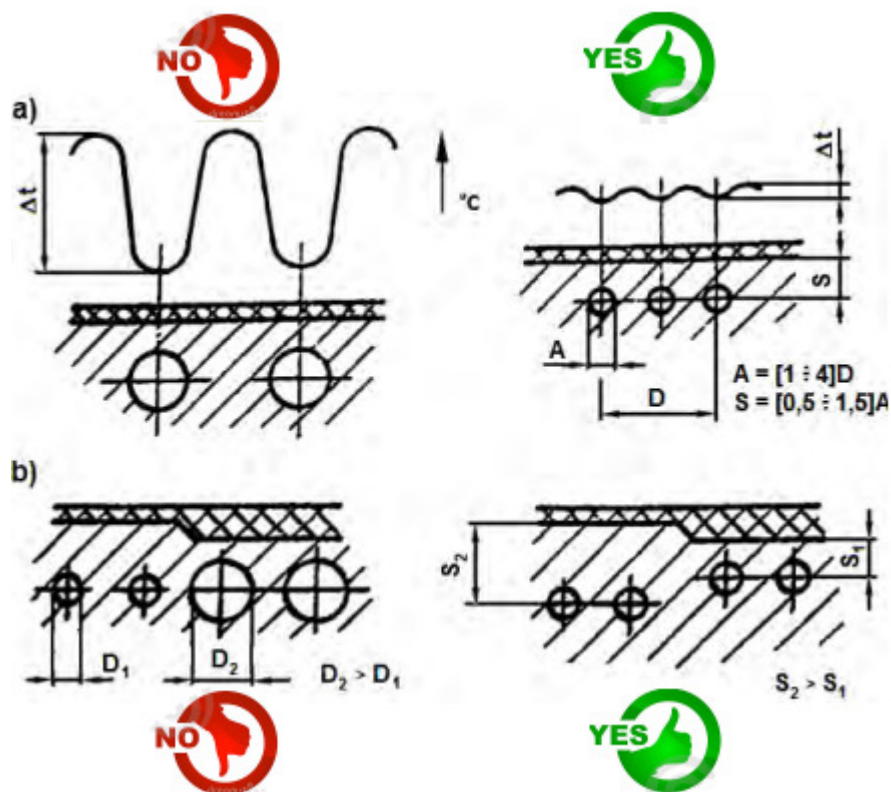
Termoplast	Teplota taveniny [°C]	Teplota formy [°C]
ABS	190-250	50-85
PA 6	230-290	40-120
PC	280-320	85-120
HDPE	180-270	20-60
LDPE	180-270	20-60
PMMA	200-250	50-80
POM	180-220	50-120
PP	170-280	20-100
PS	180-260	55-80
PVC tvrdé	190-220	30-60
SAN	200-260	50-85
PSU	340-400	120-160
PAEK	380-430	160-220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

### 2.5.1 Nejdůležitější zásady při volbě temperačních kanálů

Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými se předává, nebo odvádí teplo z formy vhodnou kapalinou nebo jiným zdrojem tepla. Rozměry a rozmístění temperačních kanálů a dutin se volí s ohledem na celkovou konstrukci vstřikovací formy. Vzdálenost kanálů od funkční dutiny má být optimální. Je třeba dbát na dostatečnou pevnost a tuhost stěny funkční dutiny. Povrch temperačních kanálů slouží jako přestupová plocha pro teplo, přestupující z formy do temperačního média nebo opačně. Je vhodnější použít větší počet menších kanálů s malými roztečemi, než naopak. [3]

Kolem dutiny formy se rozmísťují rovnoměrně a všude ve stejné vzdálenosti. V oblasti tlustší stěny výstřiku, případně v jiném místě o vyšší teplotě, se kanály přiblíží k dutině formy. Průměr kanálu by neměl být menší než 6 mm, aby nehrozilo nebezpečí ucpání. [3]

V praxi se stále ve velké míře navrhují temperační systémy na základě zkušeností konstruktéra. Takto provedené návrhy jsou dobré, ale u složitějších případů málokdy optimální. Simulační programy poskytují nové možnosti sledovat tepelné děje ve formách. Výsledek má pak vliv na kvalitu i produktivitu výroby výstřiků. [3]



Obr. 23 Volba temperačních kanálů [3]



### 2.5.2 Temperační prostředky

Temperační prostředky představují média, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách.

Rozdělují se na:

- aktivní, které působí přímo na formě. Teplo do formy přivádí, nebo naopak odvádí. Patří sem kapaliny, vzduch a topné elektrické články,
- pasivní, které svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy. Patří sem tepelně izolační materiály, tepelně vodivé materiály. [3]

V následující tabulce jsou popsány nejzákladnější typy temperačních médií.

Tab. 3 Temperační média

TYP	VÝHODY	NEVÝHODY
Voda	Vysoká přestup tepla, nízká viskozita, nízká cena, ekologická nezávadnost	Použitelné do 90°C, vznik koroze, usazování kamene
Olej	Možnost temperace i nad 100°C	Zhoršení přestupu tepla, Větší energetický náročnost
Glykol	Omezení koroze a ucpání systému	Stárnutí, znečišťování prostředí

### 2.5.3 Příklady konstrukčních řešení temperačních kanálů

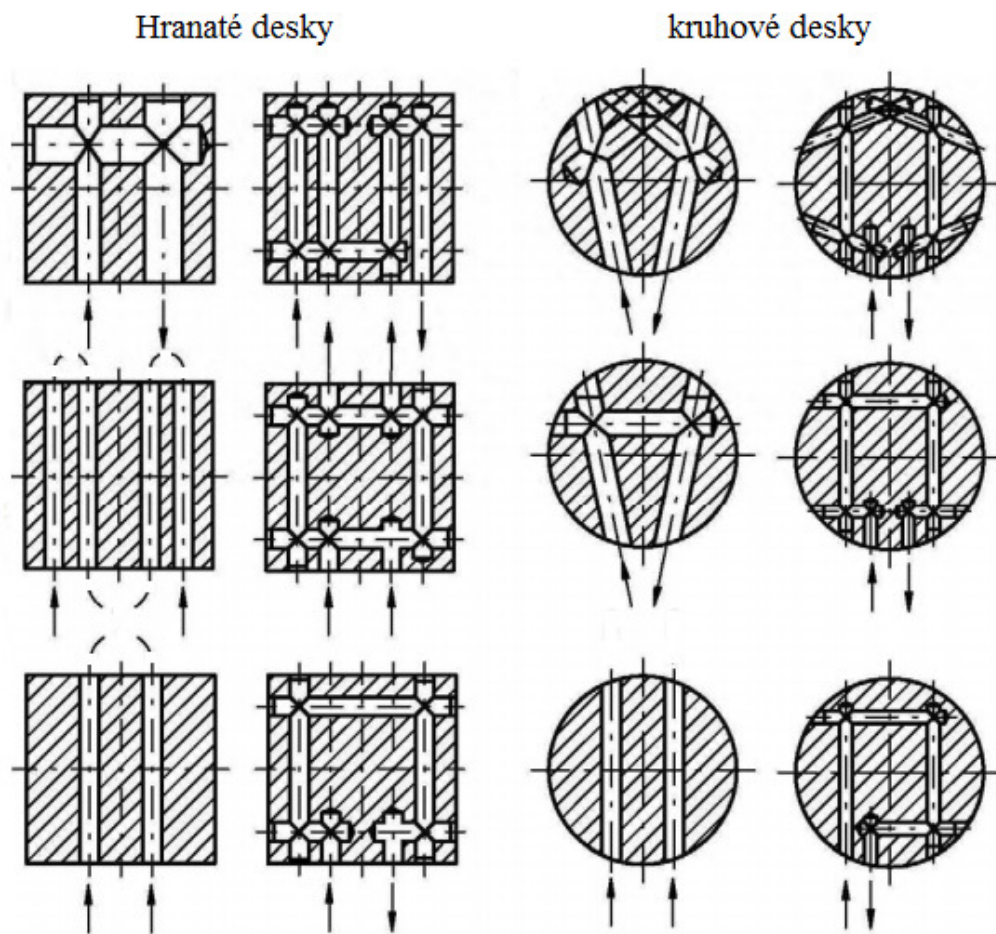
Temperační kanály s médiem regulují teplotu formy na její optimální výši. To vyžaduje respektování všech zásad správné temperace. Jak toho docílit, ukazují následující příklady. Temperaci různých tvarů desek forem, které jsou funkčními vložkami a jejich tvary vhodně spojeny. Pokud je to možné, umísťují se kanály především v nejteplejších místech ve formě. [3]

U tvárnic se temperační kanály zhotovují dle Obr. 24. Neumisťují se v blízkosti hran výstřiku. Minimální vzdálenost temperačních kanálů od dutiny formy je dána pevností a tuhostí materiálu na jedné straně a vstřikovacím tlakem na straně druhé. [3]

Minimální vzdálenosti temperačních kanálů jsou uvedeny v Tabulce

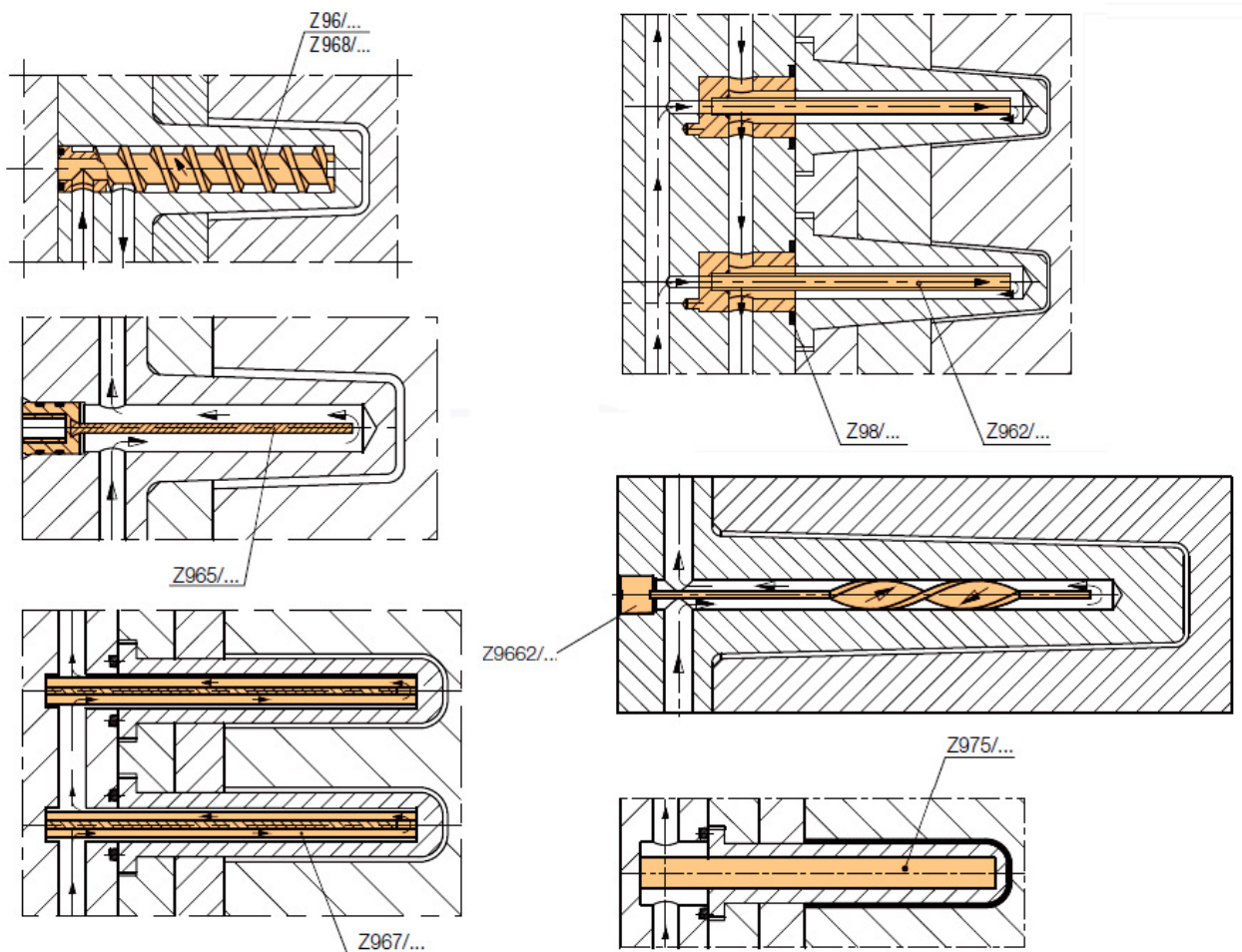
Tab. 4 Min vzdálenosti temp. Kanálů. [3]

Ød [mm]	6	8	10	12	14	16	18	20
s [mm]	4	6	8	12	15	20	25	30
t [mm]	10	14	17	20	24	27	30	34
b [mm]	4	5	7	8	10	11	12	14



Obr. 24 Příklady temperace desek. [3]

Temperace tvárníků a to především s malým průřezem lze zajistit pomocí temperačních vložek. Ty se obvykle vyrábí z materiálů s velkou tepelnou vodivostí. Které snadněji vedou teplo z nepřístupných míst přímo do temperačního média. Někteří výrobci již vyrábí temperační vložky pro tvárníky jako normálie. [3] Příklady temperačních vložek jsou na obrázku 25.

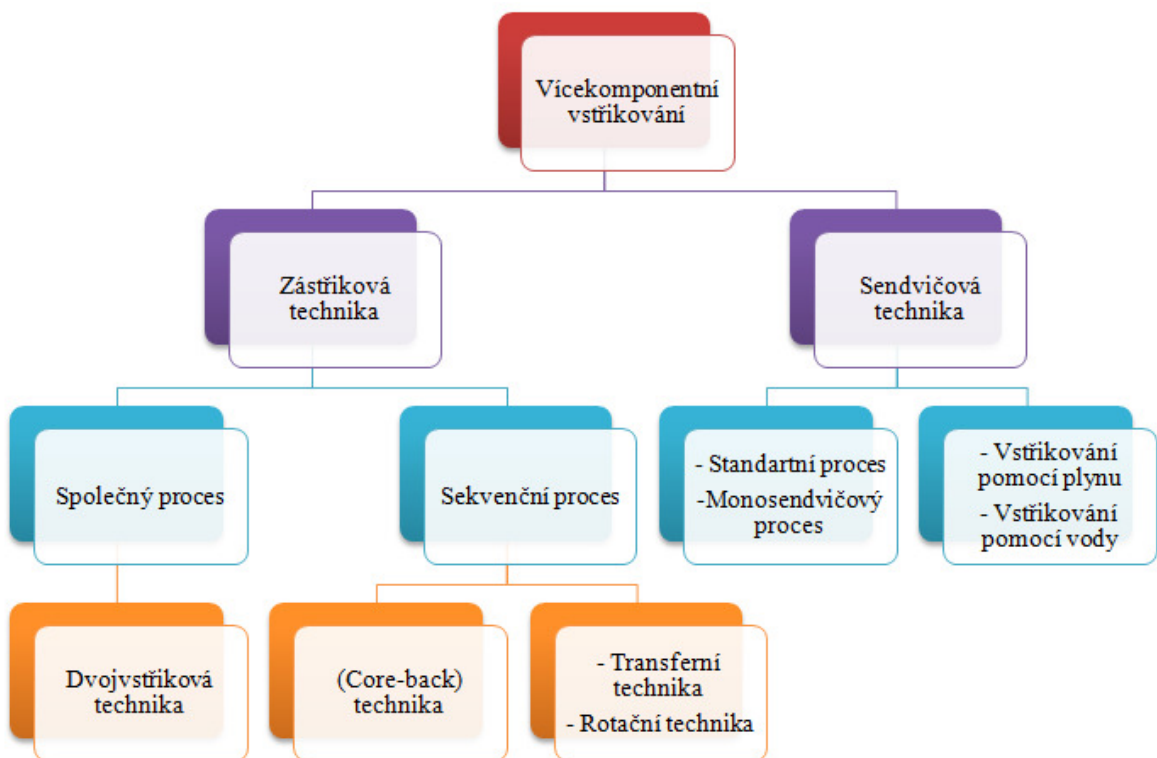


Obr. 25 Příklady temperance tvárníků [5]

### 3 VÍCEKOMPONENTNÍ VSTŘIKOVÁNÍ

Vícekomponentní vstřikování umožňuje výrobu vstřikovaných dílů, které se skládají z dvou nebo více různých plastů a mohou se lišit barvou, mechanickými vlastnostmi, nebo dalšími faktory. V uplynulých letech se vícekomponentní vstřikování stále více dostává do popředí zájmů. Je to dáno poptávkou po více sofistikovaných výrobcích. Existuje mnoho postupů jak realizovat vícekomponentní vstřikování. Vícekomponentní vstřikování se obecně rozděluje na zástřikovou techniku a sendvičovou techniku.

Na obrázku 26 je rozdělení vícekomponentního vstřikování.



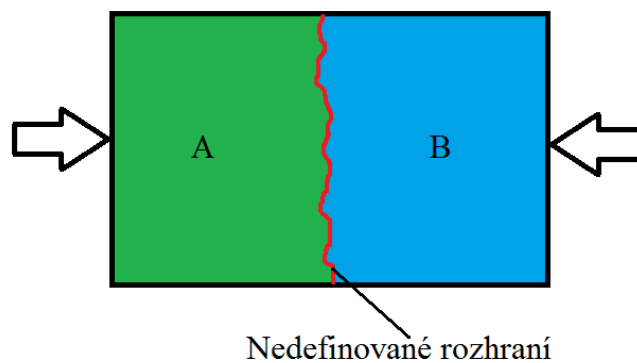
Obr. 26 Rozdělení vícekomponentního vstřikování

### 3.1 Zástříková technika

Zástříkové procesy mají společné to, že materiály jsou vstříkovány do dutiny přes dva nebo více oddělených vtokových systémů. V závislosti na čase vstříkování z jednotlivých plastikačních jednotek rozlišujeme společné a sekvenční procesy. [6]

#### 3.1.1 Společné procesy (dvojvstříková technika)

Co se týče konstrukce formy pro tuto techniku, je to nejjednodušší z variant technik pro vícesložkové vstříkování. Materiály jsou současně vstříknuty do dutiny formy pomocí dvou nezávislých vtokových systémů. Spoj tedy rozhraní mezi materiály není nijak kontrolováno a zaformováno. Chybí zde reprodukovatelnost, protože rozhraní vzniká pouze dle reologických vlastností materiálů. To je nepřijatelné pro většinu aplikací, proto se tato technika používá jen zřídka. [6]



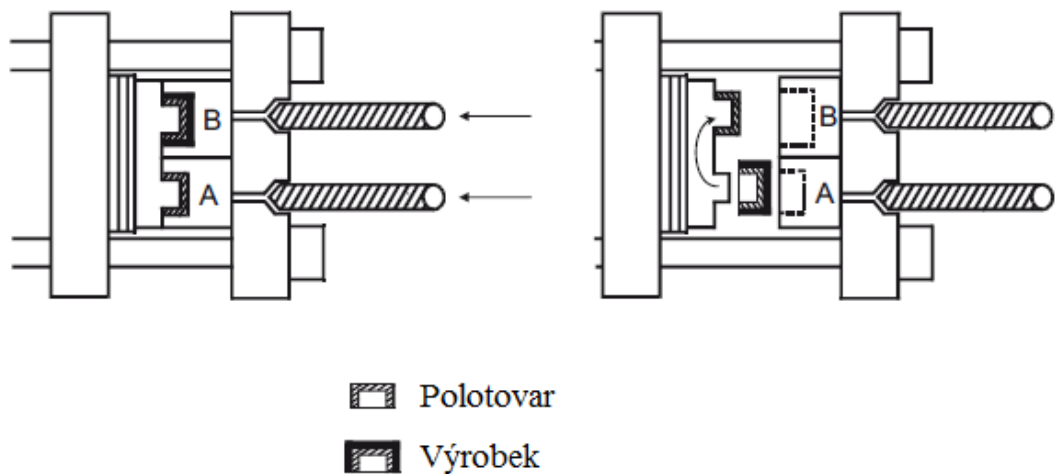
Obr. 27 Rozhraní materiálů

#### 3.1.2 Sekvenční procesy

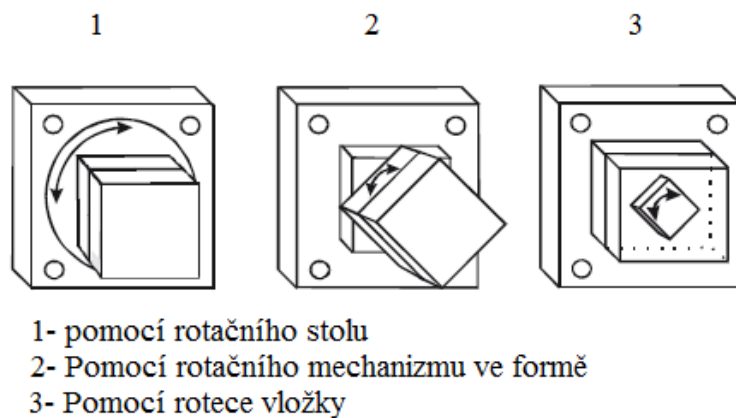
V sekvenčních procesech se vstříkuje do různých tvarových dutin v určité posloupnosti. Většinou jde o polotovary z jedné dutiny, který se přeformuje do druhé dutiny a dostříkne se. Přeformování probíhá různými metodami. Jedny z nejzákladnějších jsou Core-back technika a rotační technika. Které umožňují přeformování polotovaru do dutiny pro výrobek automaticky přímo na jednom vstříkovacím stroji. Skýtají v sobě tedy velký potenciál pro racionalizaci výroby. [6]

**Rotační technika**

Rotační technika je nejčastěji aplikovaná v procesu vícekomponentního vstřikování. Do současné doby bylo vytvořeno mnoho systému rotační techniky, které ale pracují na stejném principu, který je vidět na obrázku 28. Během každého cyklu je vstřikován polotovar a současně je dokončován výrobek. Po vyhození výrobku je polotovar transportován do dutiny pro výrobek, kde je polotovar dokončen a cyklus se opakuje. Nejrozšířenější systémy jsou vidět na obrázku 29. [6]



Obr. 28 Princip rotační techniky. [6]



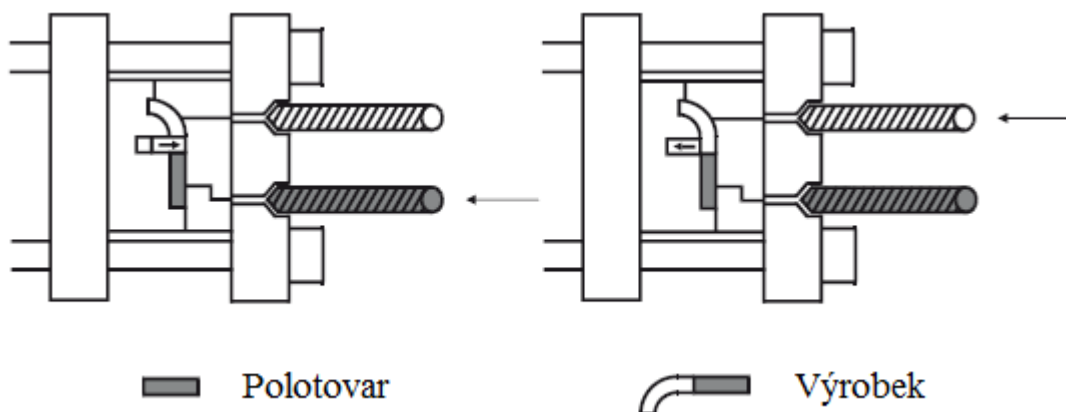
Obr. 29 Nejrozšířenější systémy rotační techniky. [6]

### *Transférní technika*

Charakteristickým rysem transférní a rotační techniky je, že polotovar je během krátkého otevření formy přeformován do další dutiny formy, kde se dokončí. U transférní techniky je přeformování realizováno například robotem. [6]

### *Core-back technika*

Na rozdíl od transférní a rotační techniky v této technice zůstává forma v celém výrobním cyklu uzavřena. Po vstříknutí prvního materiálu uzavírací přepážka zajede a tím prakticky odformuje polotovar. A tím vznikne dutina pro vstřík dalšího materiálu, přičemž vznikne výrobek, který je následně vyhozen. Nicméně tato technika může být použita, jen pokud je konstrukčně možné předělit dutinu v určitém místě přepážkou s axiálním pohybem. Na obrázku 30 je vidět princip této techniky. [6]



Obr. 30 Princip rotační techniky. [6]

### *Oblasti použití*

Oblasti použití jsou v nejrůznějších odvětvích. Jsou to například tyto:

- automobilové světlomety,
- hračky,
- počítačové komponenty,
- zubní kartáčky.

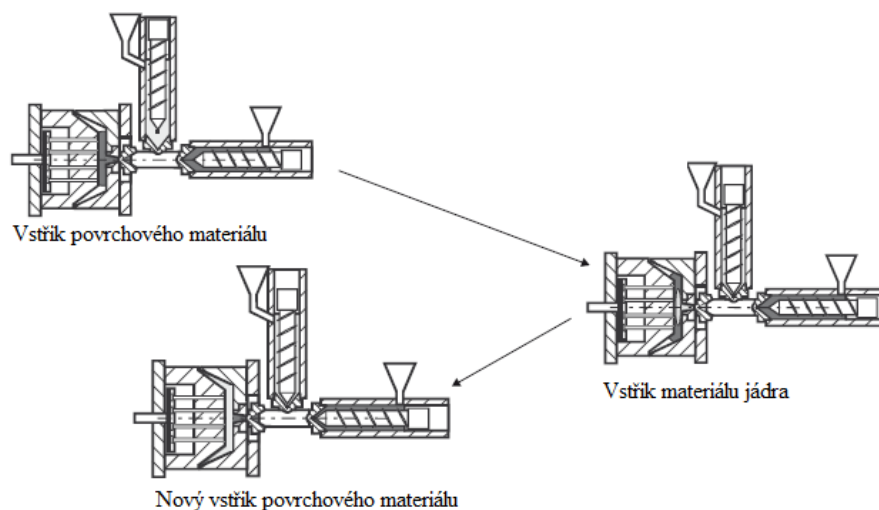
### 3.2 Sendvičové vstřikování

Sendvičovým vstřikováním se vyrábí výrobky sendvičové konstrukce tj. Povrchový materiál z jednoho materiálu a materiál jádra z materiálu druhého. Tento výrobek je zhotoven vstřiknutím obou plastů do dutiny formy přes stejný vtok. Struktura se reologickými vlastnostmi tavenin. V prvním kroku se vstříkne povrchový materiál a v druhém se dostříkne materiál, co tvoří jádro výrobku. Materiál jádra je vstřikován, ještě když je povrchový materiál taveninou. Ve většině případu se vzápětí po aplikaci materiálu jádra vstříkne znovu povrchový materiál. A tím dojde ke kompletnímu uzavření materiálu jádra ve výrobku. Také se tím pročistí vstřikovací tryska od materiálu jádra a cyklus se opakuje. Vstřikovací cyklus by měl být co nejkratší aby se zabránilo zatuhnutí materiálu před dokončením. V závislosti na počtu plastikačních jednotek se sendvičové vstřikování rozlišuje na standardní a mono sendvičové. Dále zvláštní skupinou sendvičového vstřikování je vstřikování pomocí vody a pomocí plynu. Těchto technologií využíváme pro zhotovování dutých výrobků. [6]

#### 3.2.1 Sendvičové vstřikování dvou tavenin

##### *Standardní proces*

Vstřikovací stroje pro standardní sendvičové vstřikování mají dvě plastikační jednotky. Vstřikování dvou tavenin do dutiny formy se společnou vstřikovací hlavou. Tyto stroje si liší od běžných právě pouze touto vstřikovací hlavou. Princím této metody je patrn z Obrázku 31. [6]

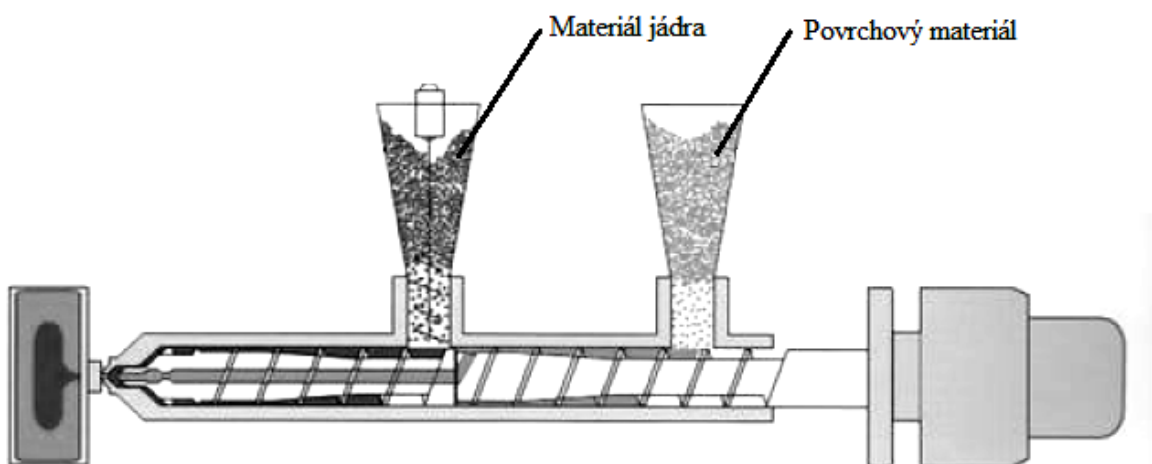


Obr. 31 Princím standardního sendvičového vstřikování. [6]

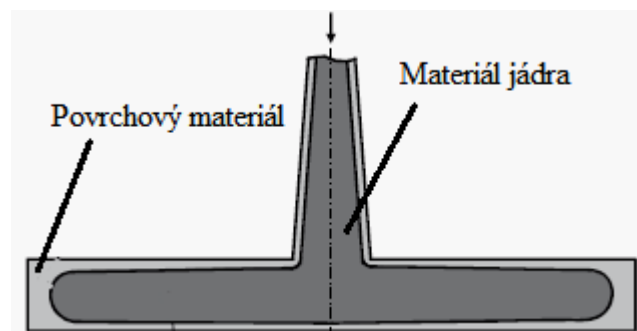


### *Mono sendvičové vstřikování*

Monosendvičová technika se provádí opět vstřikováním dvou tavenin do dutiny formy přes jednu vstřikovací trysku ale s tím rozdílem že se vše děje přes jednu vstřikovací jednotku.



Obr. 32 Princip monosendvičového vstřikování. [7]



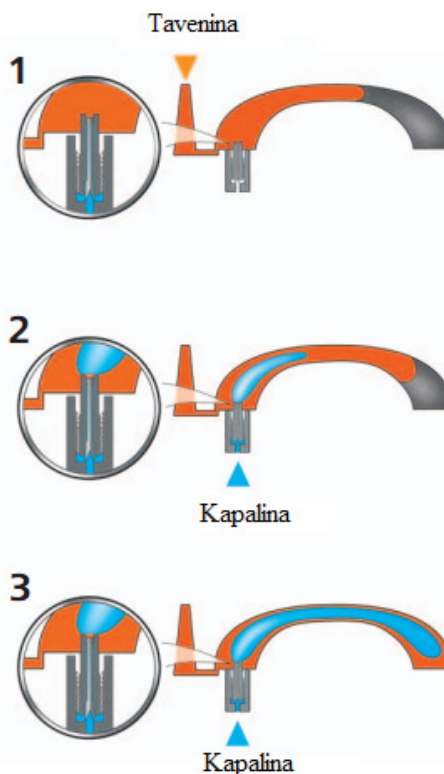
Obr. 33 Řez výstřikem

### 3.2.2 Vstřikování taveniny za pomoci kapaliny

Vstřikování za pomoci kapaliny „FIT“ (Fluid injection technology) je speciální technologie pro výrobu dutých výstřiků. Postup je podobný jako u sendvičových metod vstřikování. Avšak místo vstřikování druhé taveniny je vstřikována kapalina. U technologie „GIT“ (Gas injection technology) je použito vstříknutí inertního plynu nejčastěji dusíku do předvstříknuté taveniny plastu. Tím dojde k dotečení tavenin do všech míst dutiny formy. A vytvoření dutiny v jádru výrobku. Po vstřiku plynu nemusí zůstat na výrobku žádný otvor, jelikož inertní plyn se může ve výrobku v některých případech uzavřít. [6]

Otvor po vstřiku tekutiny zůstane při použití Technologie „WIT“ (Water injection technology). Výrobek je právě dostříknut vodou. Z důvodu nutnosti odvodu této kapaliny z jádra výrobku, po které zůstane dutina v jádru výrobku. Výhodou oproti „GIT“ je že vnitřní povrch dutiny je kvalitnější, kratší výrobní cyklus až o 40%, dosahuje se tenčí stěny výrobku při konstantní tloušťce což pozitivně ovlivní smrštění, voda je levnější než stlačený inertní plyn, redukce času chlazení. [6]

Těmito technologiemi dosáhneme významné výhody před tradičním vstřikováním. Lze zhotovit výrobky o vysoké kvalitě a při značně snížené hmotnosti. [6]



Obr. 34 Princip vstřikování za pomoci kapaliny [8]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 STANOVENÍ CÍLU DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pro tuto diplomovou práci byly stanoveny tyto cíle:

- Vypracovat literální studii na dané téma
- Provést konstrukční návrh 3D modelu vstřikovaného dílu.
- Navrhnout vstřikovací formu pro zadaný díl
- Zhotovit výkresovou dokumentaci jednotlivých dílů vstřikovací formy
- Návrh ověřit pomocí simulací

Literální studie je rozdělena do několika částí. Je vysvětlena teorie vstřikování plastů. Je popsána konstrukce forem pro vstřikování plastů. A jsou uvedeny techniky používané v technologii vícekomponentního vstřikování plastů.

Pro praktickou část práce byl zadán výrobek v podobě zkušebních těles, který byl vymodelován v programu Catia V5. Výrobek je pro měření vlastností výrobků zhotovených právě dvoukomponentním vstřikováním. A s možností variace tvaru rozhraní mezi dvěma materiály. Při další diskuzi práce bylo rozhodnuto o zhotovení druhé formy pro výrobek držáku skleniček. Forma je možností variace dvou variant tohoto výrobku. Obě dvě formy jsou schopny výrobky zhotovit na jedno otevření formy s použitím techniky „Core-Back“. Navržené formy se budou prakticky vyrábět, proto je kladen důraz na jednoduché a cenově dostupné konstrukční řešení. Po vyrobení budou sloužit jednak k výrobě určených dílů s jejich následnou aplikací a rovněž pro demonstrování dvokomponentního vstřikování studentům. Zaformování a systémy pro dvoukomponentní vstřikování jsou u obou forem stejné. Požadavkem bylo i zhotovení výkresové dokumentace, která se opět realizovala v programu Catia V5 a je k dispozici v přílohách práce.

Poslední cíl práce bylo ověření pomocí simulací v programu Autodesk Moldflow Insight 2011. Tvarové dutiny forem a vtokové kanály včetně vtokových ústí byly tedy ověřeny z hlediska chování taveniny v navržených dutinách forem, tokových kanálů a vtokových ústí.

## **4.1 Použitý software pro návrh vstřikovacích forem**

### **4.1.1 CATIA V5 R18**

U konstrukčního návrhu vstřikovacích forem se tento software nejvíce využíval při práci. Od vytvoření modelu plastového dílu, přes vytvoření tvarových dutin formy, až po samotné zhotovení 3D sestavy a vytvoření technické dokumentace. Tento software se nejvíce používá v automobilovém a leteckém průmyslu, ale našel si cestu i do sféry spotřebního zboží. Pro jeho všestrannost a schopnosti a v neposlední řadě relativně velkou stabilitu a spolehlivost. Catia V5 pracuje v modulovém režimu, přičemž každý modul je zaměřen na určitou specifickou oblast modelování. Z těchto modulů byl nejvíce využíván Part design, Assembly design, Mold tooling design, Core and cavity design, Drafting. Program je schopný i analýz mechanického chování v modulu Analysis and simulations.

### **4.1.2 Autodesk Moldflow Insight 2011**

Tento program byl využit pro simulaci tokových vlastností taveniny při vstřikování do tvarové dutiny formy. Program patří ke špičce na trhu a je často využíván ve všech konstrukčních odvětvích v plastikářském průmyslu. Simulační softwary se díky stále rostoucí síle výpočetní techniky dostávají do popředí zájmů. Poskytují zpětnou vazbu mezi výrobou a konstrukcí a přinášejí schopnost odhalit problém v konstrukci a technologii ještě dříve než se projeví ve výrobě, ze které se už případný problém špatně a nákladně odstraňuje. Analýzy jsou prováděny ve 3D typu simulace, která se nejvíce blíží k reálnému chování taveniny ve tvarové dutině formy.

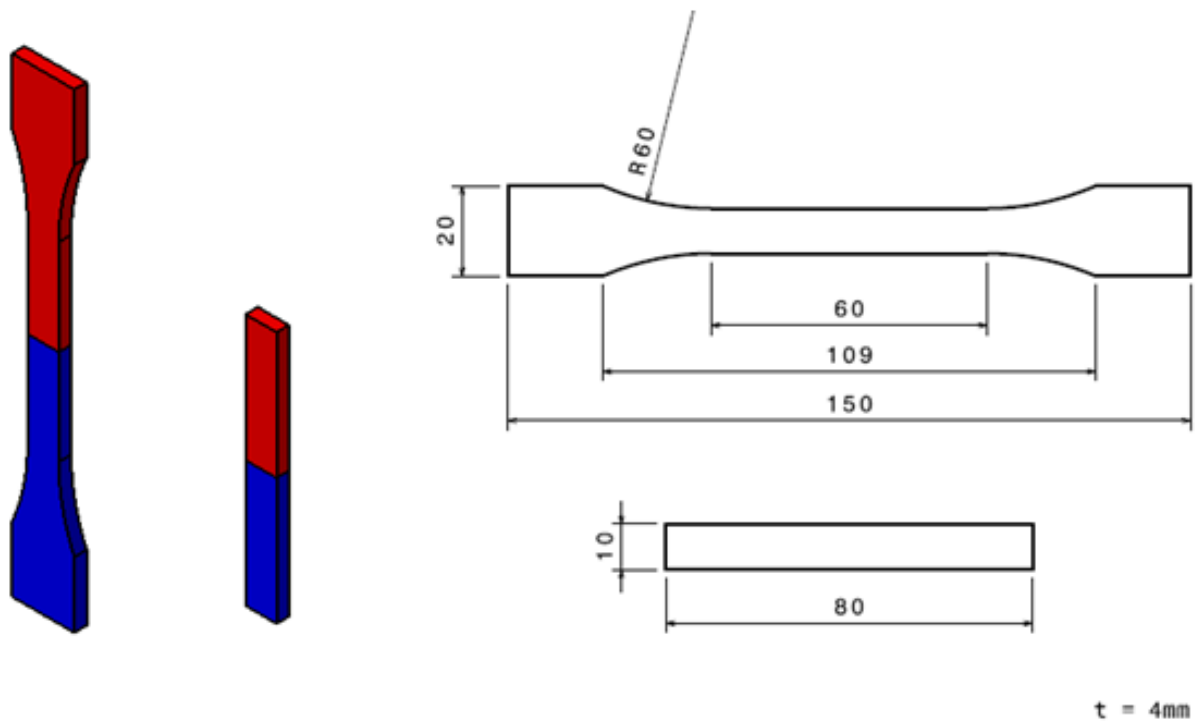
## 5 FORMA PRO ZKUŠEBNÍ TĚLESA

### 5.1 Výrobek

Výrobkem jsou zkušební tělesa pro zkoušku tahem a zkoušku vrubové houževnatosti. Tělesa tvarově splňují požadavky normy:

EN ISO 527-2 pro zkoušku tahem pro tvářené plasty

EN ISO 179 pro stanovení rázové houževnatosti pro plasty metodou Sharpy.



Obr. 35 Zkušební tělesa

## 5.2 Vstřikovací forma

### Výrobek:

- Zkušební tělesa pro zkoušku tahem a vrubové houževnatosti.

### Požadavek:

- Vícekomponentní vstřik vstřik zkušebních těles s možností alternativ tvarů rozhraní mezi materiály.

### Technika:

- Core-Back. (Tato technika je blíže popsána v kapitole 5.2.2.)

### Vtokový systém:

- Vtok z vertikální plastikační jednotky je studený a rovněž tak vtok z horizontální plastikační jednotky. Rozvod taveniny zajišťují tokové kanály.

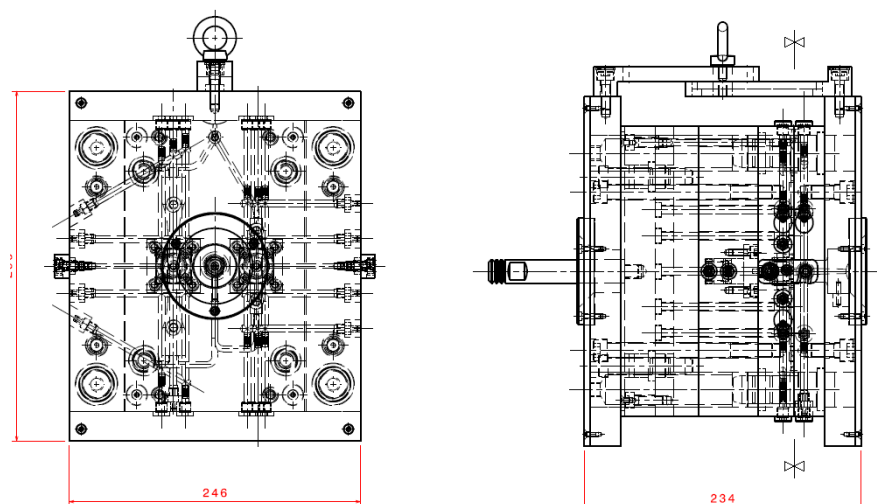
### Vyhazovací systém:

- Klasický vyhazovací systém s válcovými vyhazovači a přidržovači vtoku ukotvenými mezi vyhazovací deskou opěrnou a upínací.

### Temparační systém:

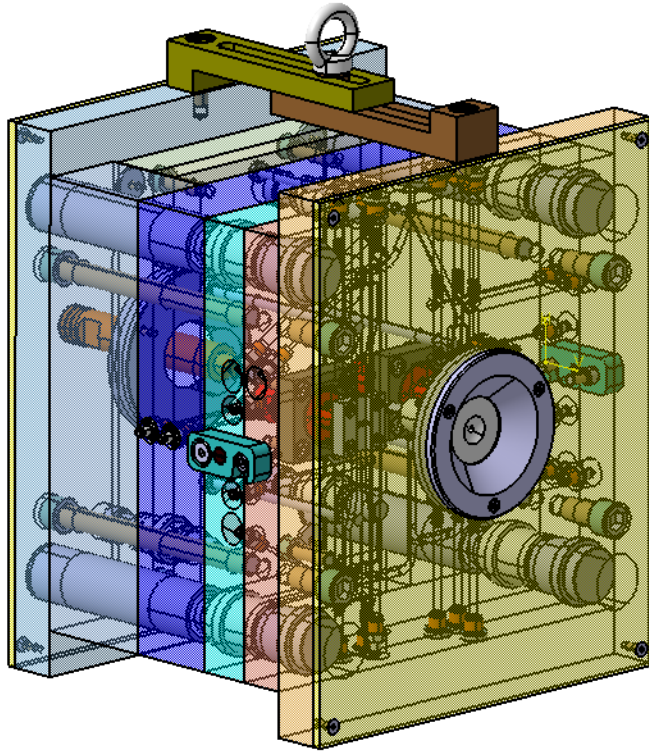
- Temparační systém proveden vrtanými kanály na pravé i levé straně formy. Rozměry a tvar temperačního systému je v kapitole 5.2.1.

### Rozměry formy:

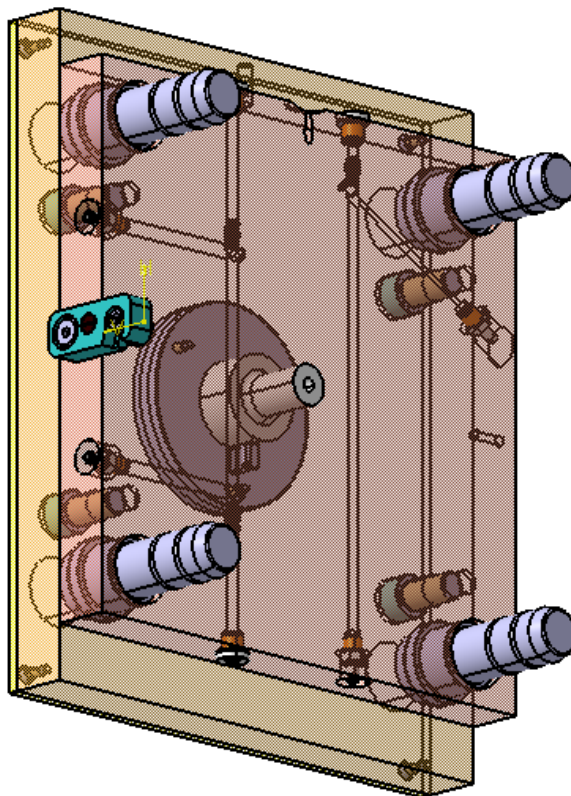


Obr. 36 Rozměry formy

## 5.2.1 Navržená vstříkovací forma

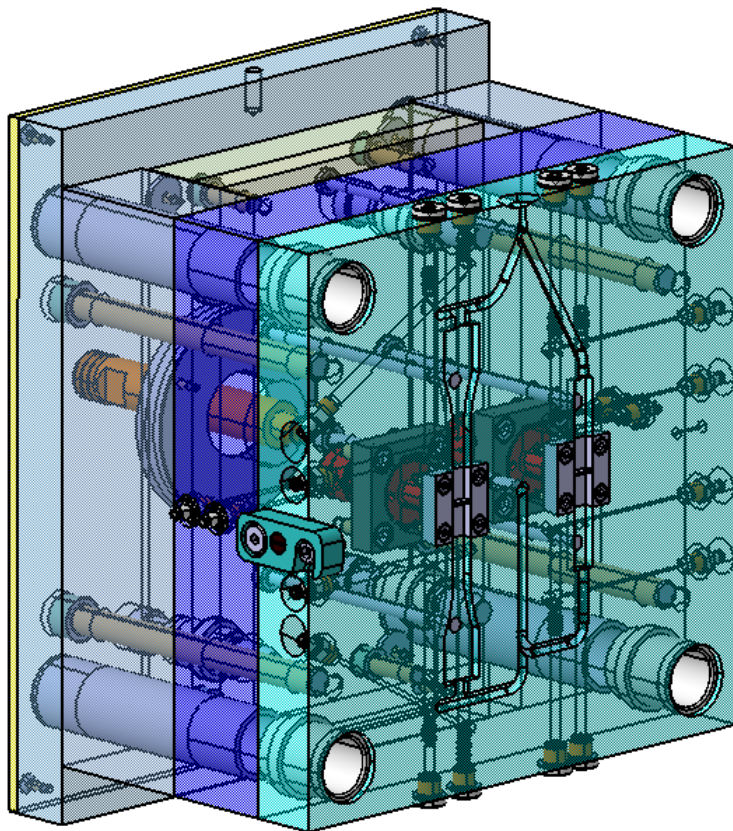


Obr. 37 Vstříkovací forma

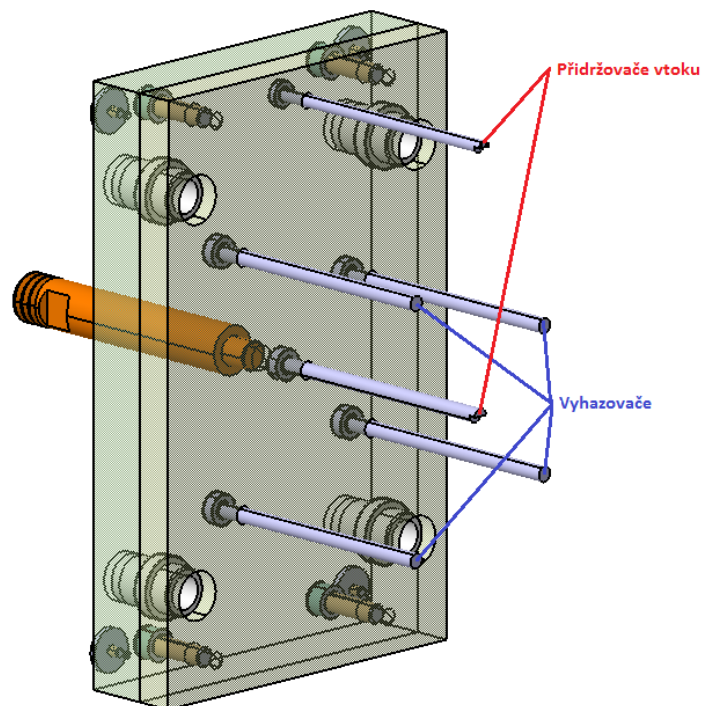


Obr. 38 Vstříkovací strana formy





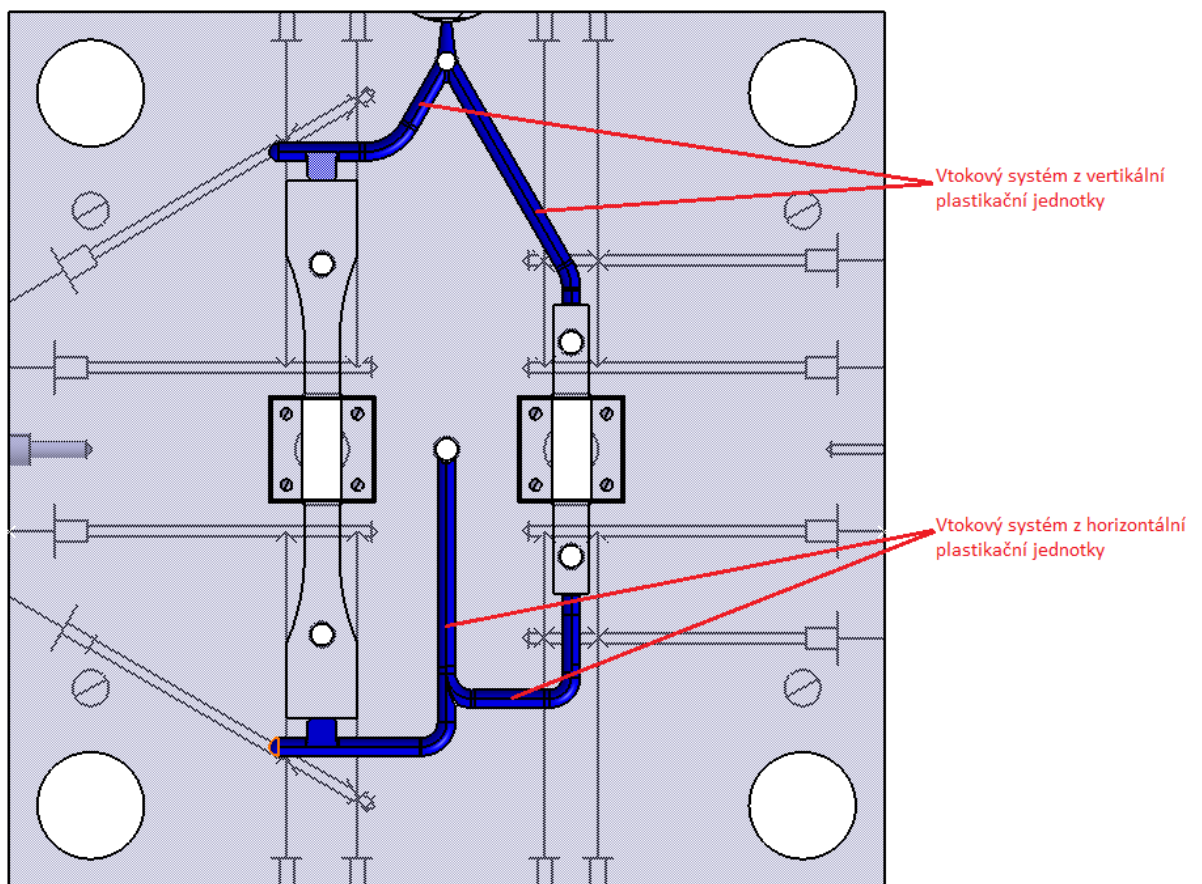
Obr. 39 Vyhazovací strana formy



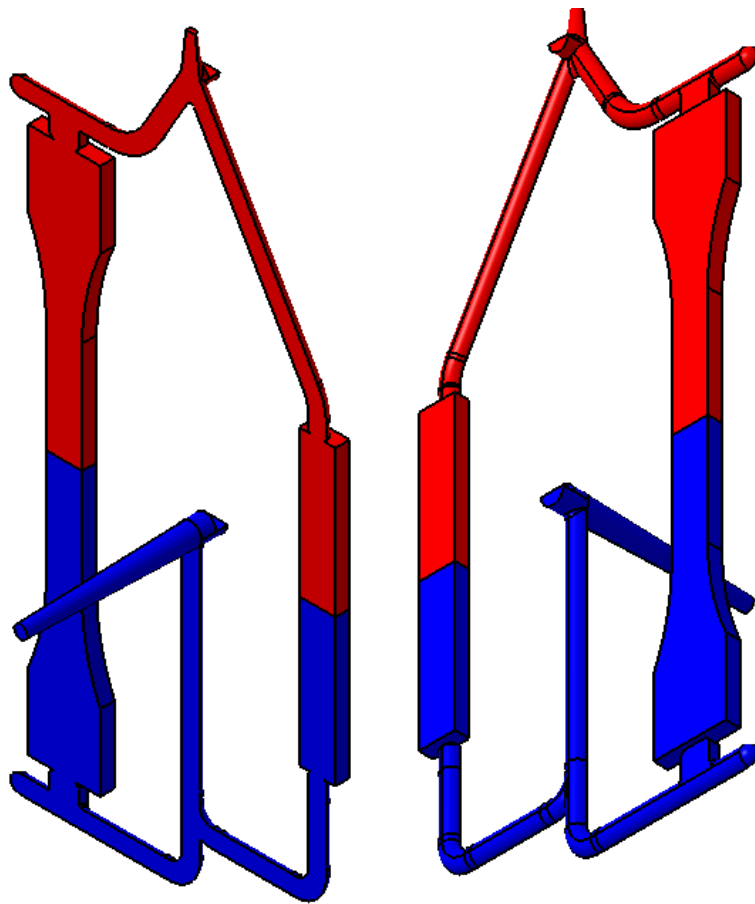
Obr. 40 Vyhazovací systém

### Vtokový systém

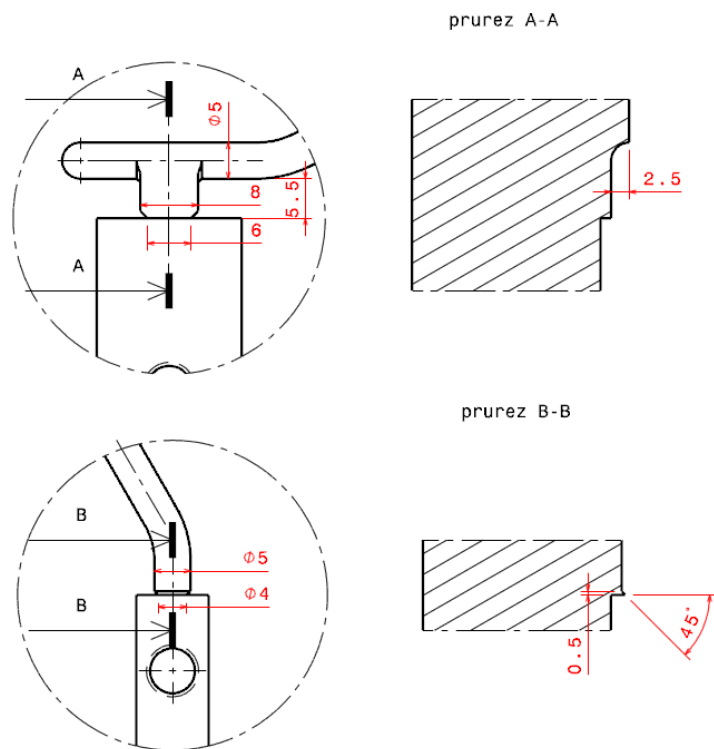
Vtokový systém, jak již bylo uvedeno výše, je studený vtokový systém z obou plastikačních jednotek. Ke tvarové dutině formy je doveden tokovými kanály tvaru půl kruhu s průměrem 5 mm. Na obrázku 41 jsou vidět tvary vtokových ústí do jednotlivých tvarových dutin.



Obr. 41 Vtokový systém



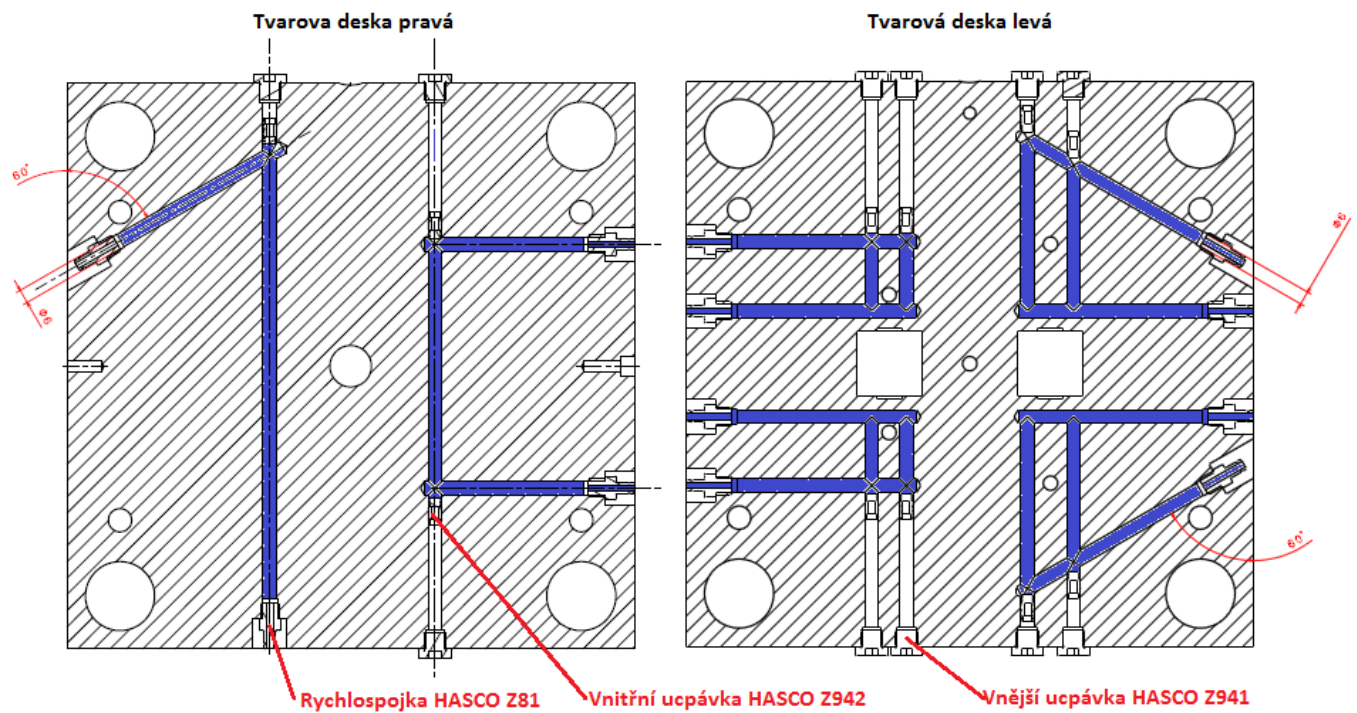
Obr. 42 Výsledný výstřik včetně vtokových zbytků



Obr. 43 Vtokové ústí

### Temparační systém

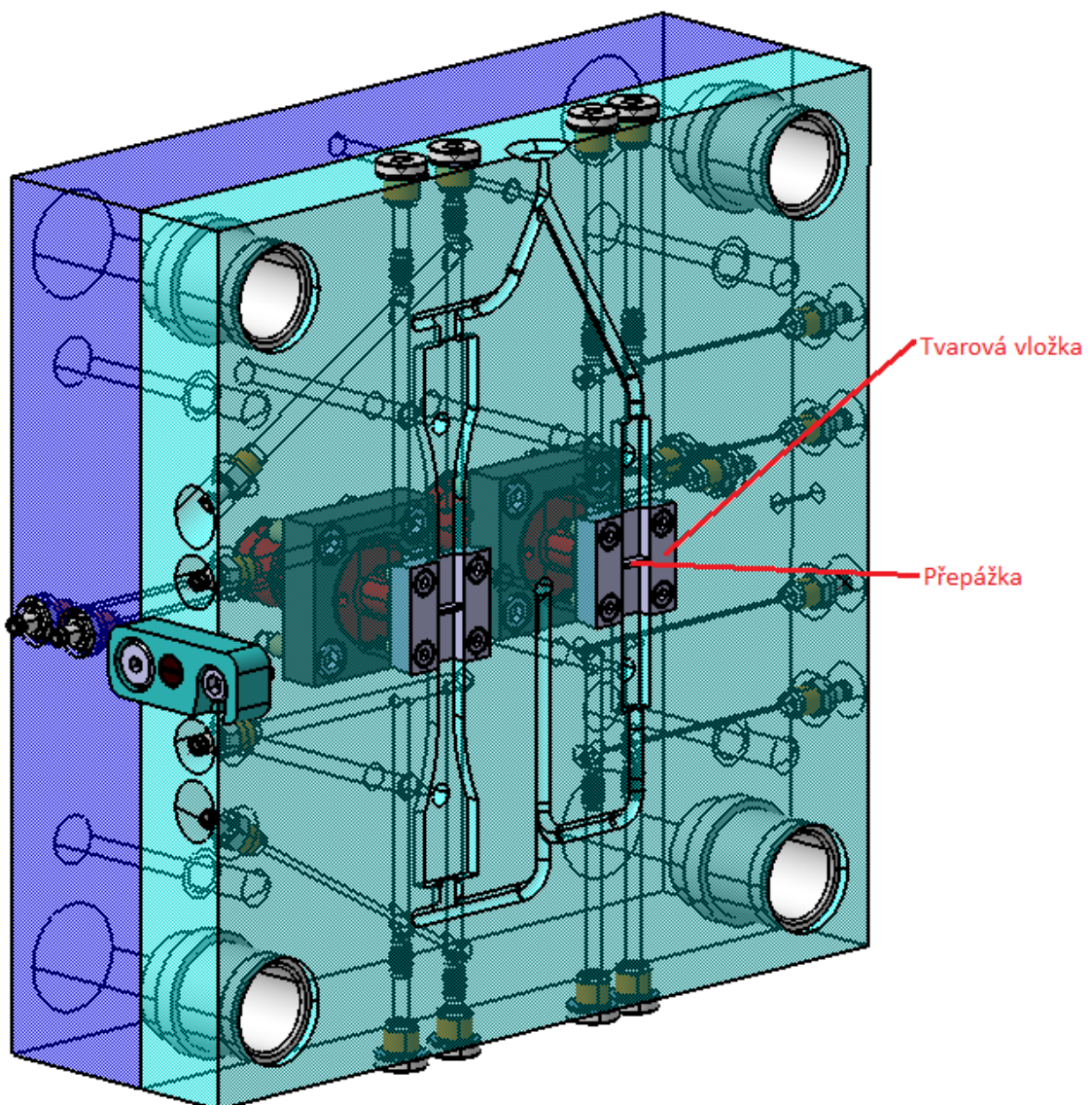
Temparační systém je v obou tvarových deskách, tvořen vrtanými kanály. Rovina ve které se nachází temparační systém je 9 mm pod úrovní dělicí roviny. Jeho tvar a součásti jsou zobrazeny na obrázku 44.



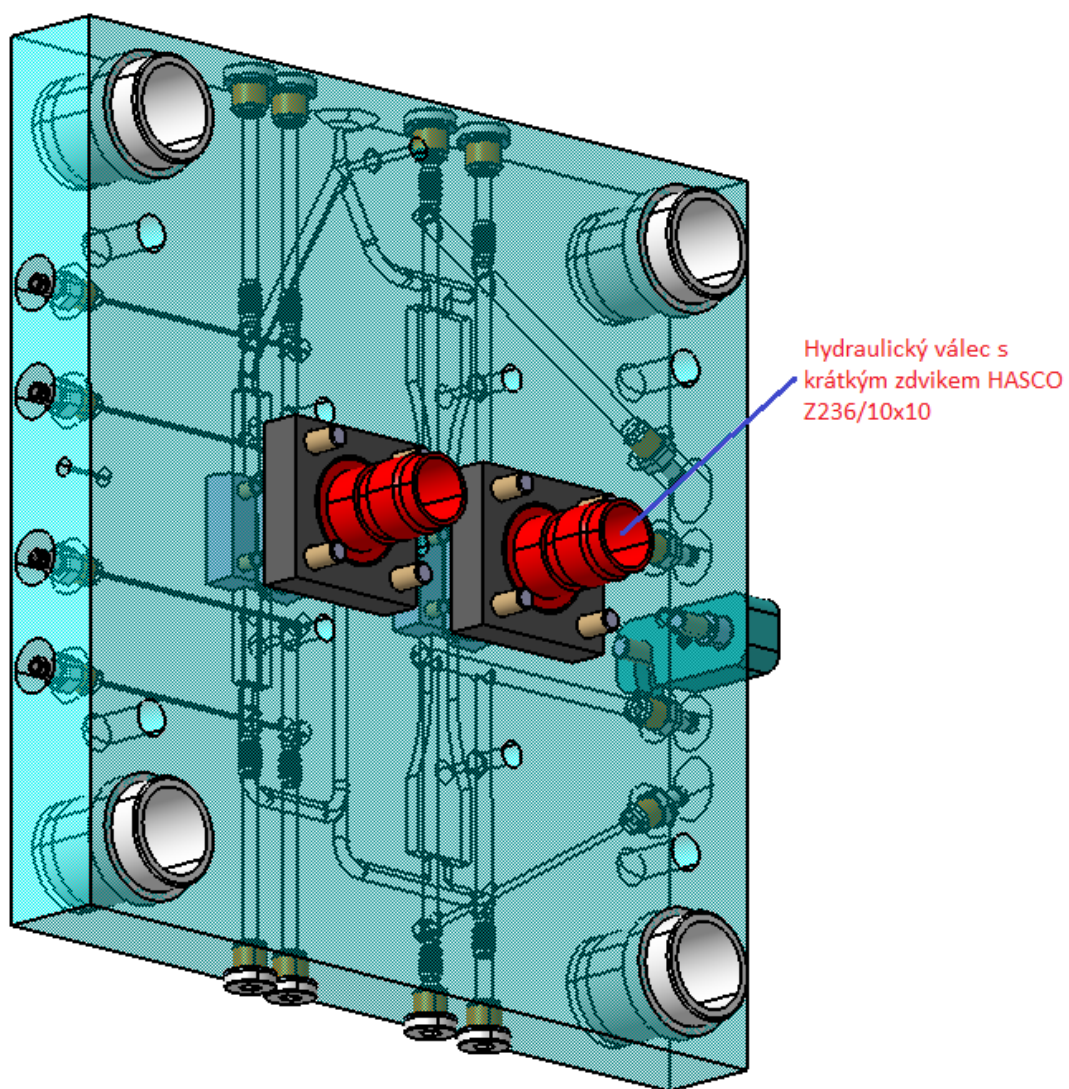
Obr. 44 Temparační systém formy 1

### 5.2.2 Technika Core-Back

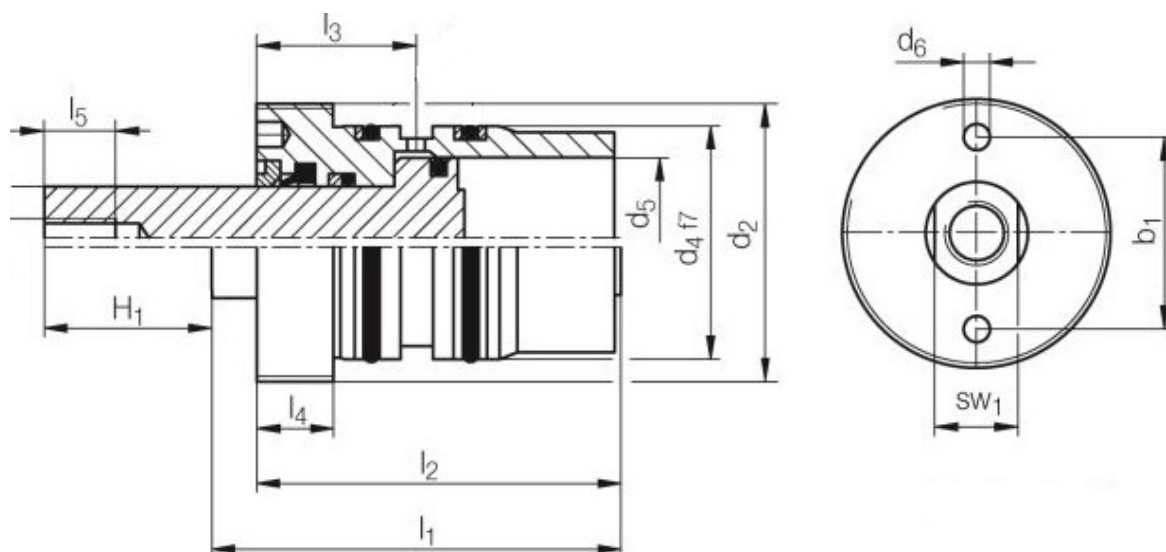
Tato technika je technika využití přepážky, která rozděljuje tvarovou dutinu na dvě poloviny. Po vstřiku prvního materiálu se přepážka odsune a po vstříknutí druhého materiálu je vytvořeno rozhraní mezi materiály, které je variabilní, jelikož tvarová vložka a přepážka jsou vyměnitelné. Ovládání přepážky se provádí hydraulickým válcem s krátkým zdvihem, jehož zdvih se dá jednoduše omezit dle potřeby. Tento hydraulický válec je normálie od firmy HASCO. Přesněji jde o normálii Z236/ 10x10.



Obr. 45 Technika Core-Back (z přední strany)



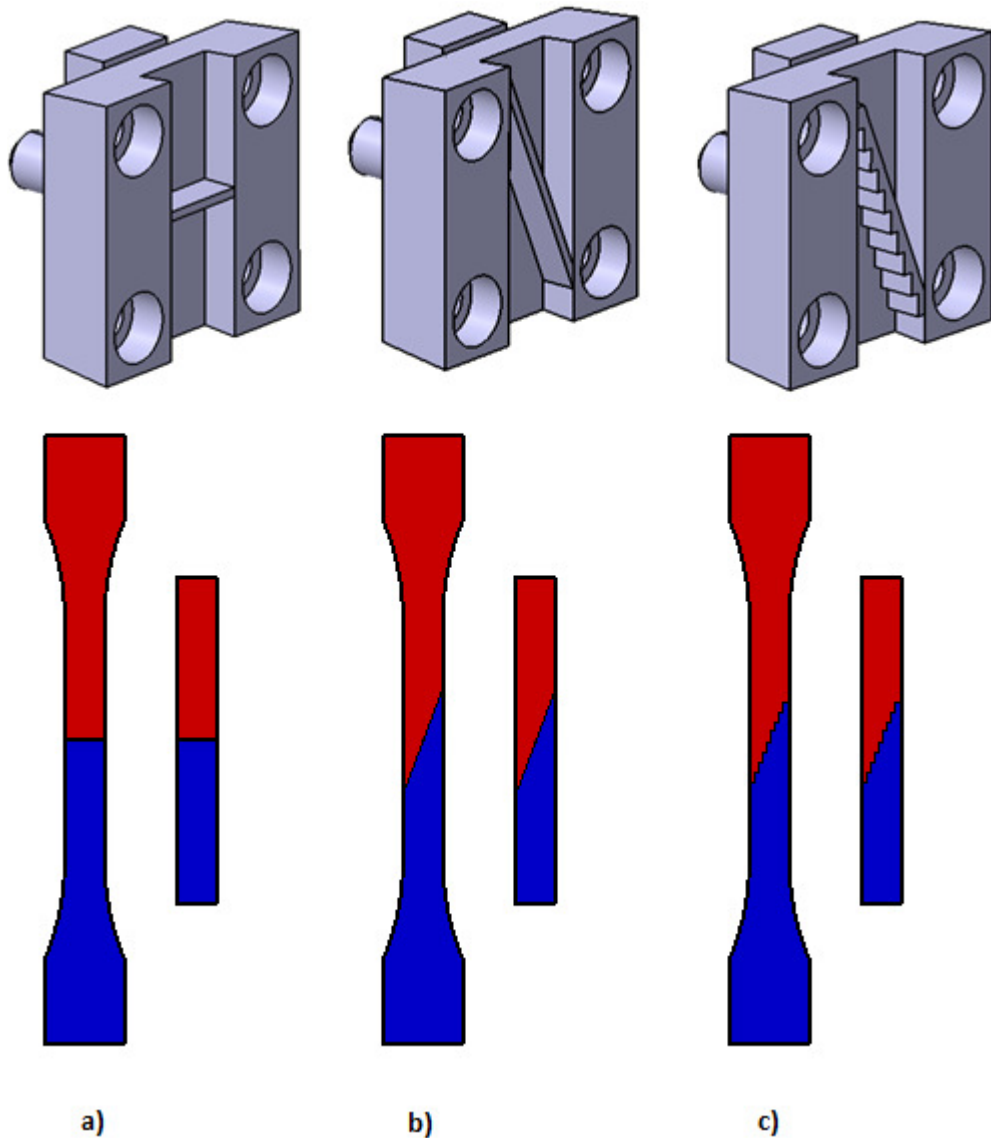
Obr.46 Technika Core-Back (ze zadní strany)



Obr. 47 Hydraulický válec s krátkým zdvihem Z236/10x10 (HASCO) [5]

### 5.2.3 Variace rozhraní materiálů

Tato možnost variace rozhraní dvou materiálů je možná díky vyměnitelné přepážce a tvarové vložce. Pak je možno z tahové zkoušky a ze zkoušky vrubové houževnatosti zjistit i závislost tvaru rozhraní na výsledných vlastnostech. Bylo rozhodnuto o výrobě alespoň tří základních tvarů rozhraní, které jsou vidět na obrázku 47.

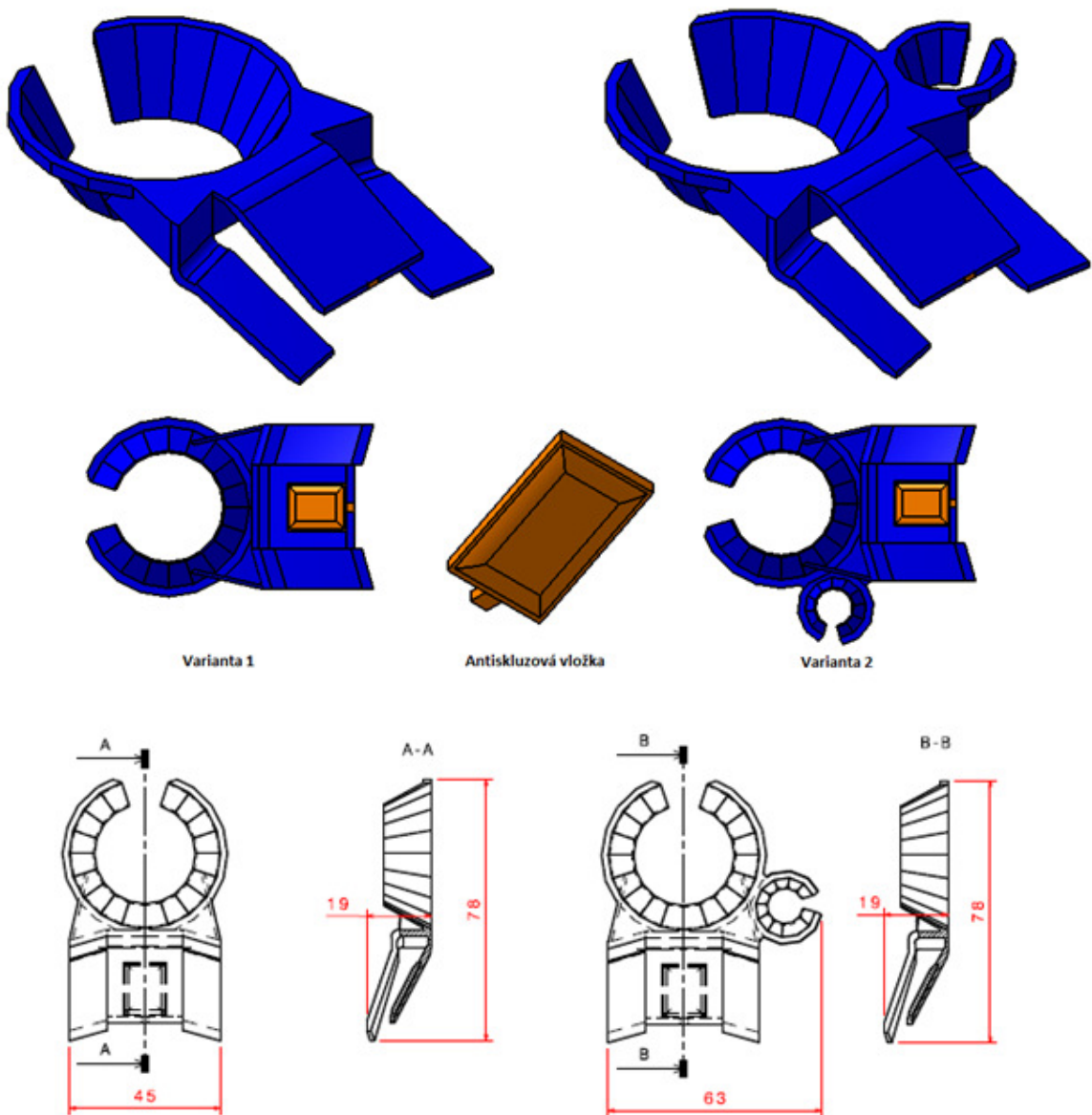


Obr. 48 Variace rozhraní materiálů

## 6 FORMA PRO DRŽÁK SKLENIČEK

### 6.1 Výrobek

Výrobkem druhé formy je držák skleniček ve dvou variantách. Změnu výroby jednotlivých variant je možno uskutečnit výměnou tvarové desky. Výrobek obsahuje antiskluzovou vložku z termoplastického elastomeru (TPE). Materiál těla držáku se předpokládá polypropylen PE. Výrobek bude zhotoven na jedno otevření formy, což umožní použítá technika dvoukomponentního vstřikování Core-Back. Antiskluzová vložka a varianty výrobku jsou vidět na obrázku 49.

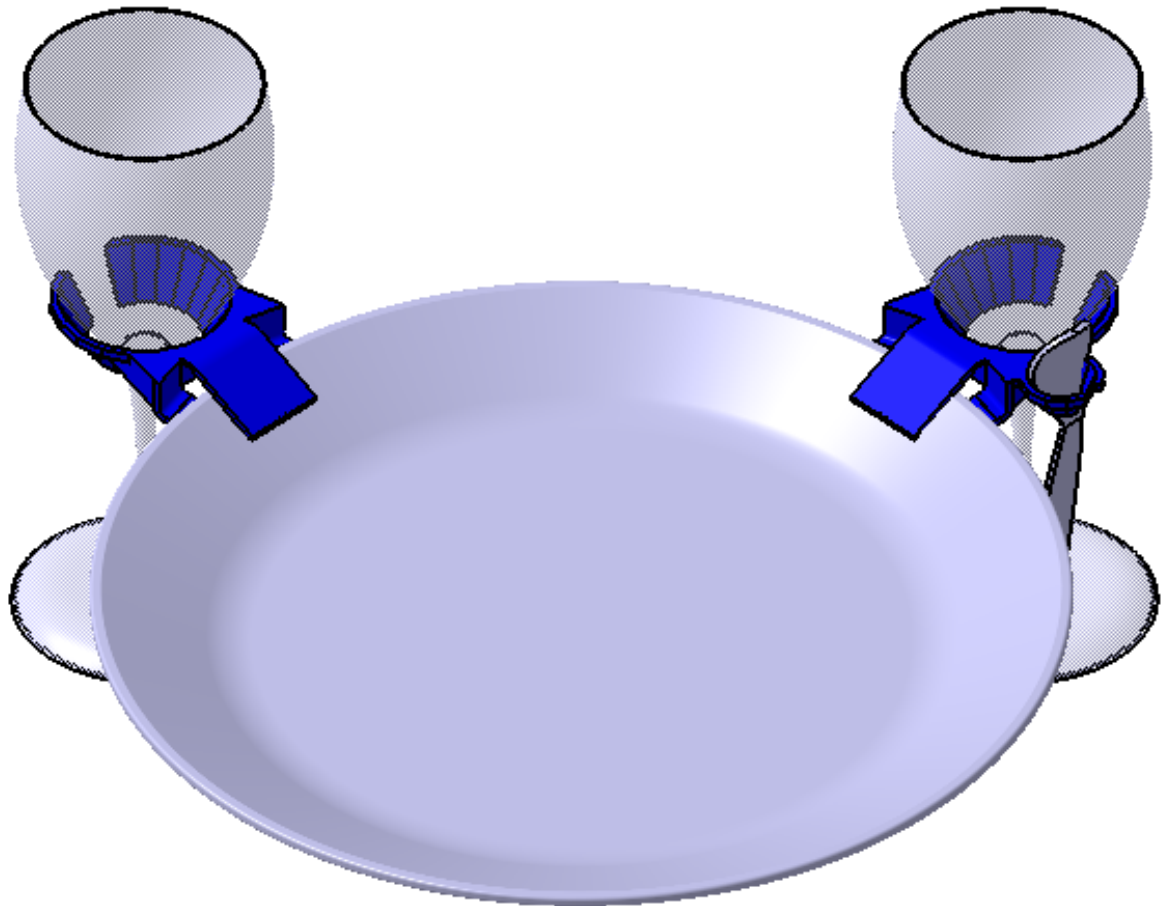


Obr. 49 Varianty výrobků



*Demonstrace funkce*

Na obrázku 50. Je vidět způsob použití výrobku ve dvou variantách tedy prostého držáku skleniček a varianty s možností uchycení dalších pomůcek jako například lžička či desertní vidlička.



Obr. 50 Demonstrace funkce

## 6.2 Vstřikovací forma

### Výrobek:

- Držák skleniček ve dvou variantách. S antiskluzovou vložkou.

### Požadavek:

- Vícekomponentní výstřik s možností výroby dvou variant. Zhotovení těla výrobku s antiskluzovou vložkou na jedno otevření formy. Dvojnásobná forma pro obě varianty výrobku.

### Technika:

- Core-Back. (Tato technika je blíže popsána v kapitole 6.2.2.)

### Vtokový systém:

- Vtok z vertikální plastikační jednotky je studený a rovněž tak vtok z horizontální plastikační jednotky. Rozvod taveniny zajišťují tokové kanály.

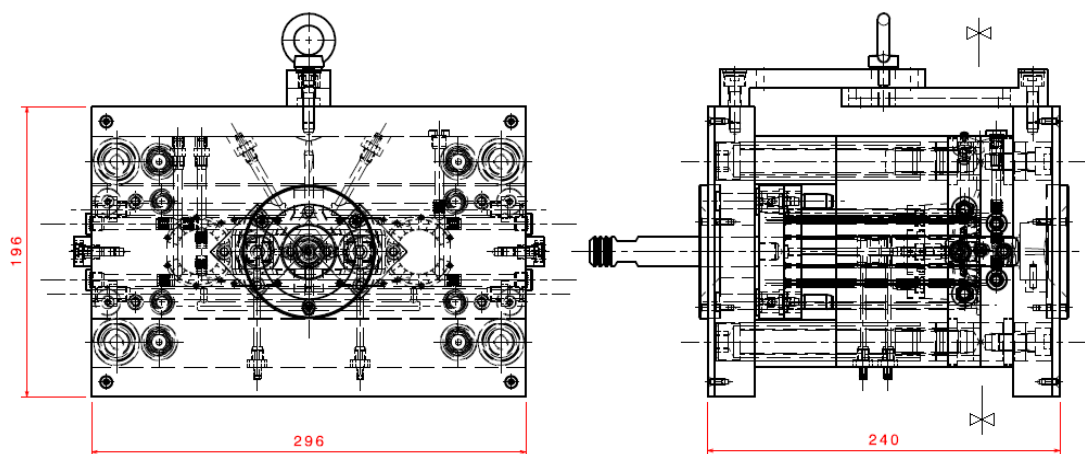
### Vyhazovací systém:

- Klasický vyhazovací systém s válcovými vyhazovači a přidržovači vtoku ukotvenými mezi vyhazovací deskou opěrnou a upínací.

### Temperační systém:

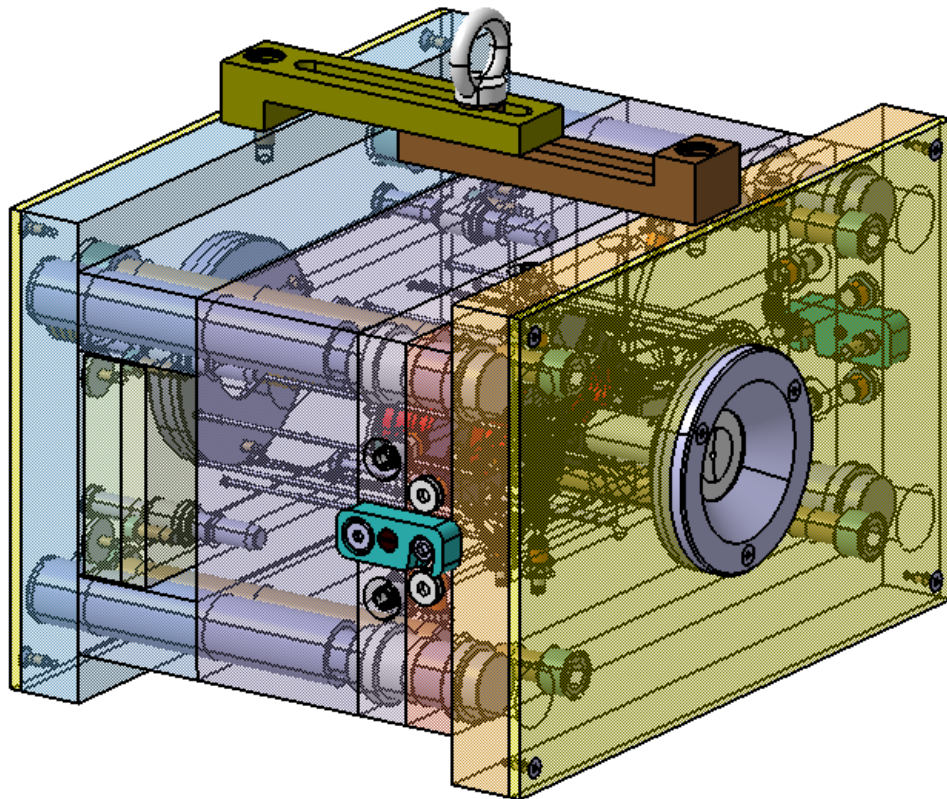
- Temperační systém proveden vrtanými kanály na pravé i levé straně formy. Rozměry a tvar temperačního systému je v kapitole 6.2.1.

### Rozměry formy:

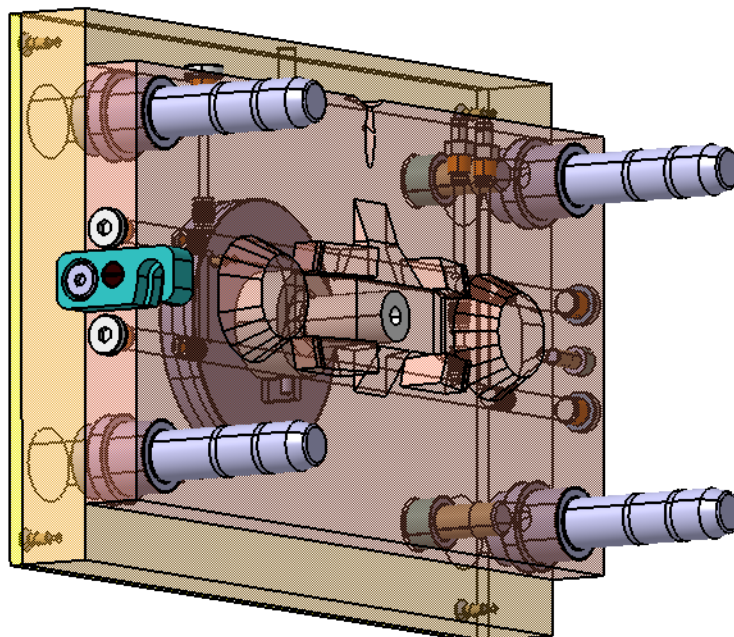


Obr. 51 Rozměry formy

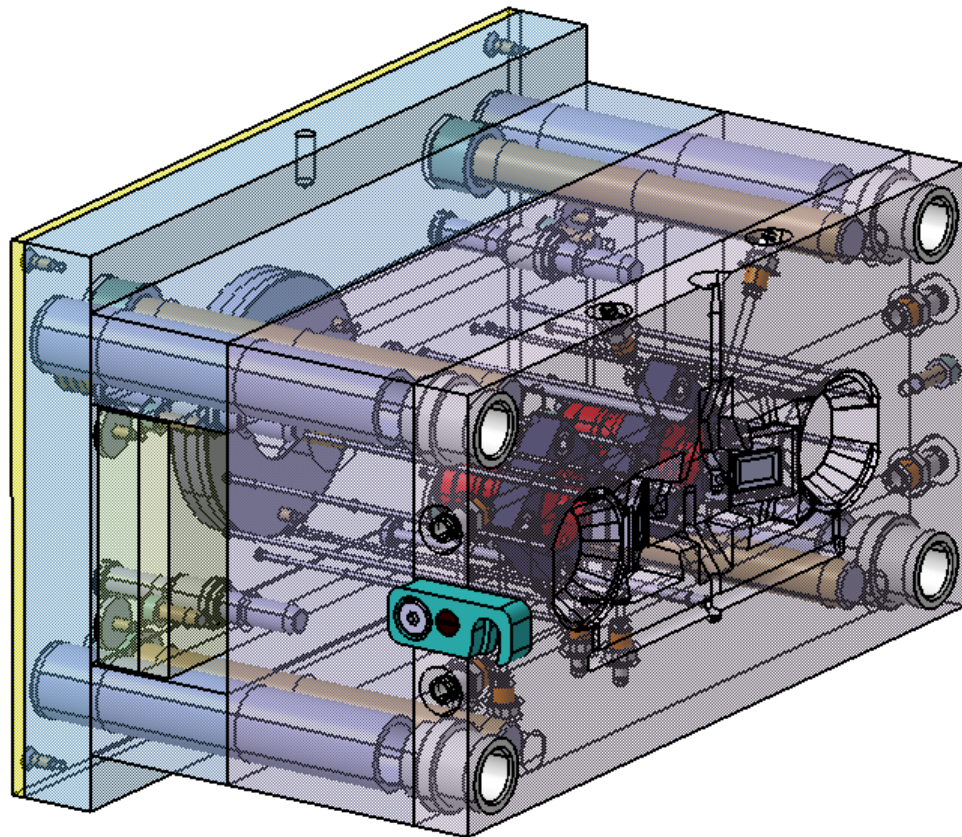
## 6.2.1 Navržená vstříkovací forma



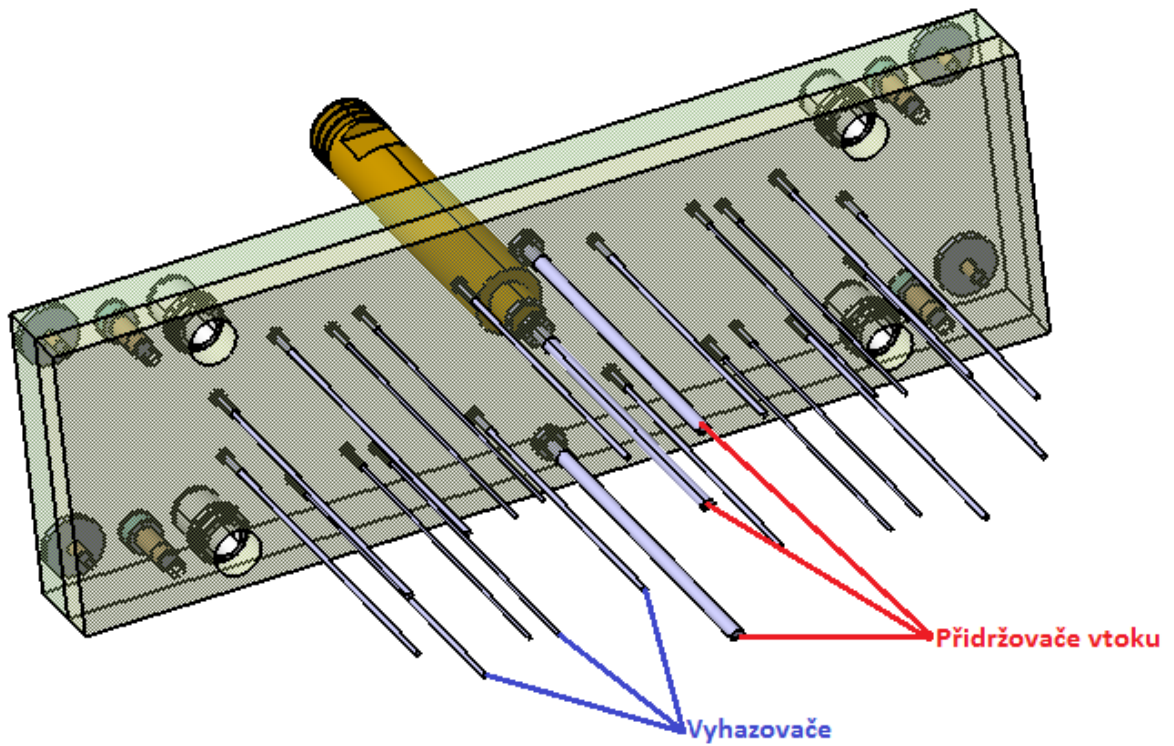
Obr. 52 Vstříkovací forma



Obr. 53 Vstříkovací strana formy



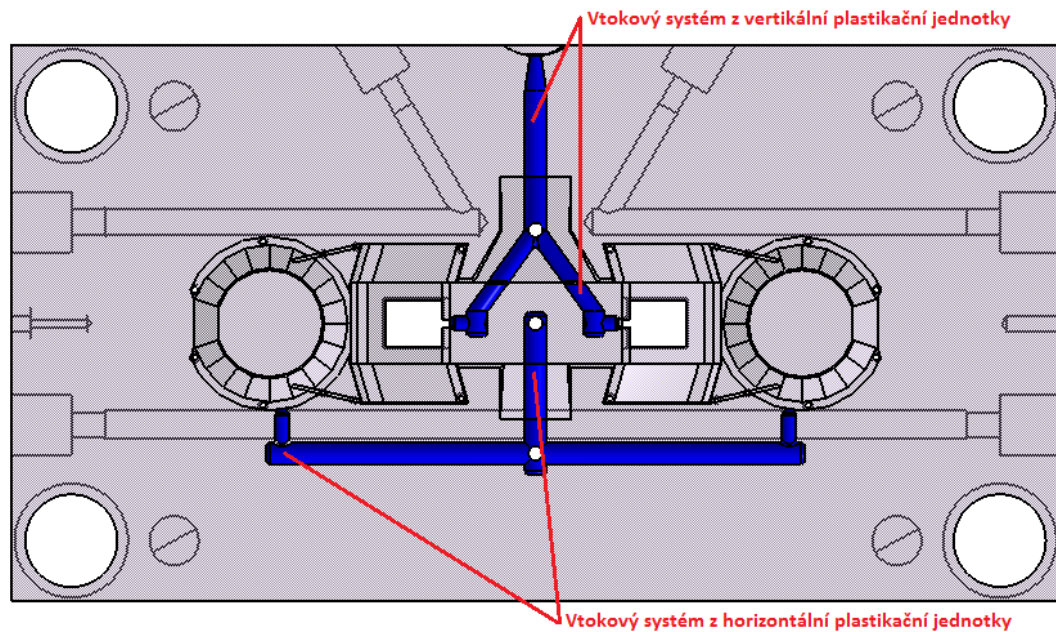
Obr. 54 Vyhazovací strana formy



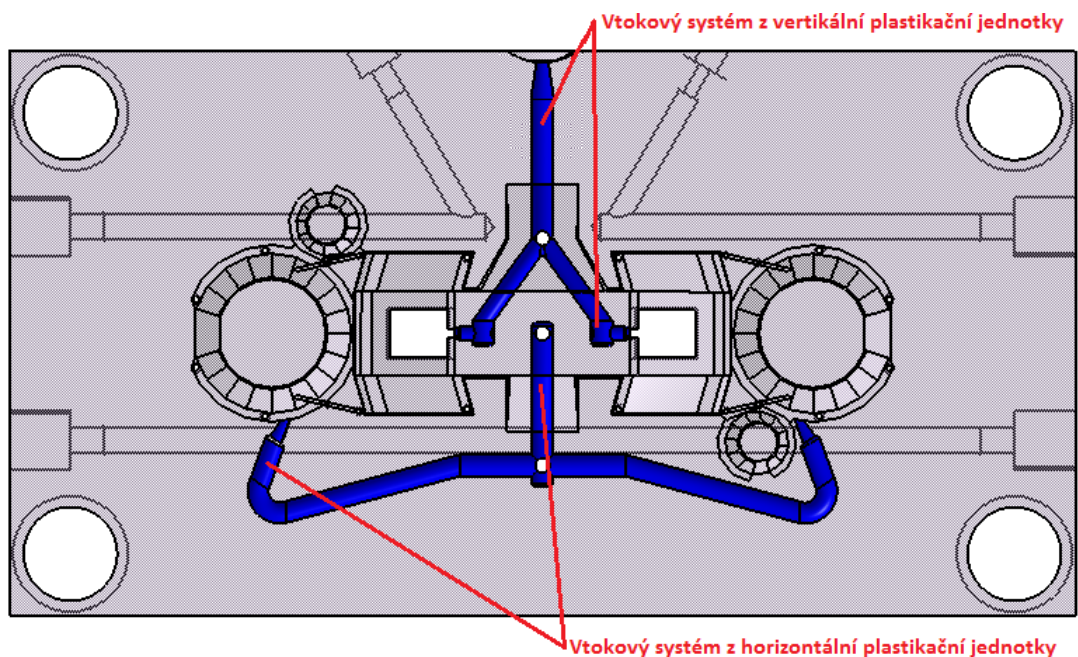
Obr. 55 Vyhazovací systém

**Vtokový systém:**

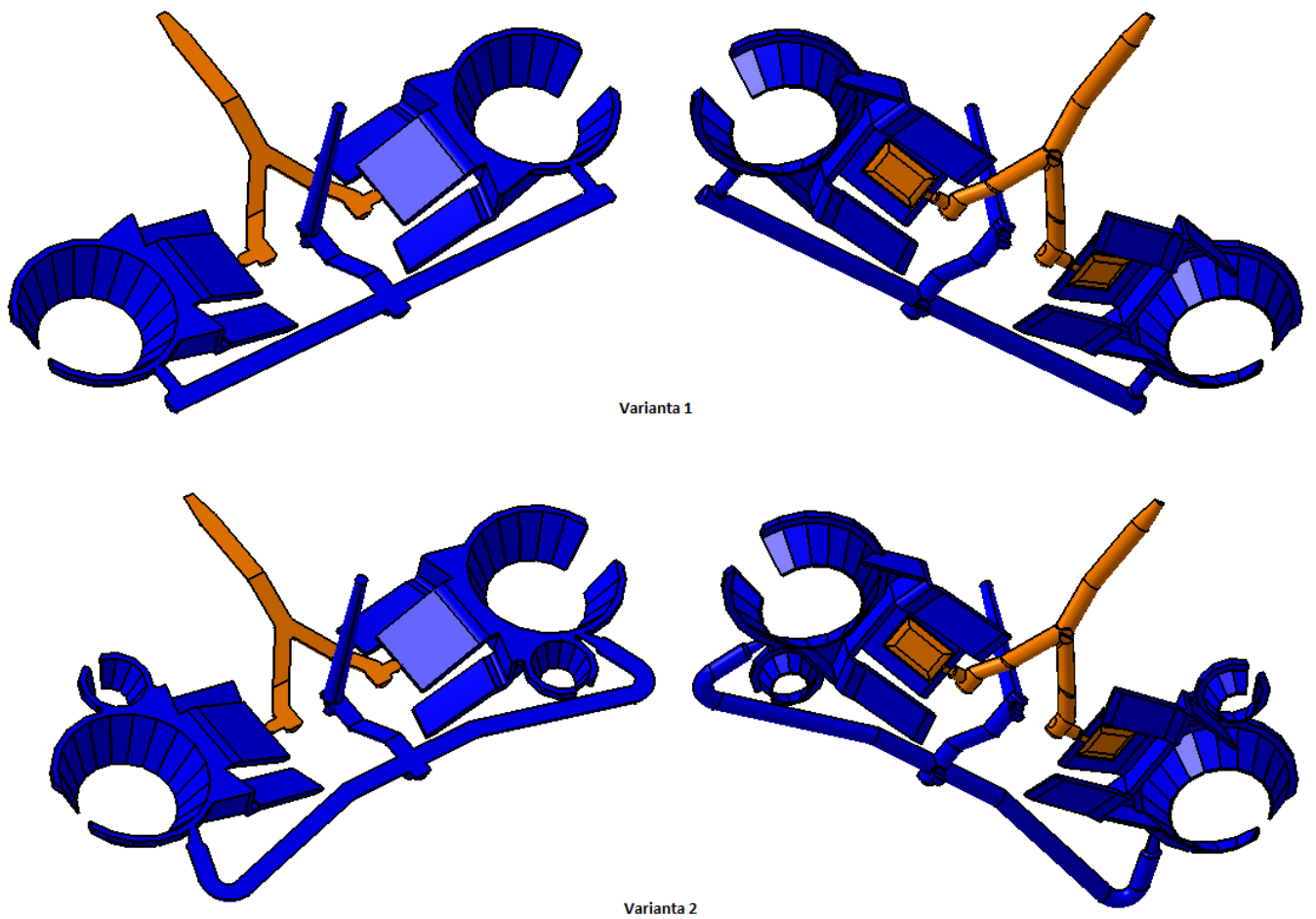
I u této formy se jedná o studený vtokový systém. Z vertikální plastikační jednotky se vstříkuje do dělicí roviny a systém vede taveninu pod úroveň dělicí roviny ke tvarovým dutinám. Naopak z horizontální plastikační jednotky se vstříkuje pod úroveň dělicí roviny a vtokový systém přivádí taveninu na úroveň dělicí roviny ke tvarovým dutinám formy. Na obrázku 59 jsou zobrazeny tvary vtokových ústí.



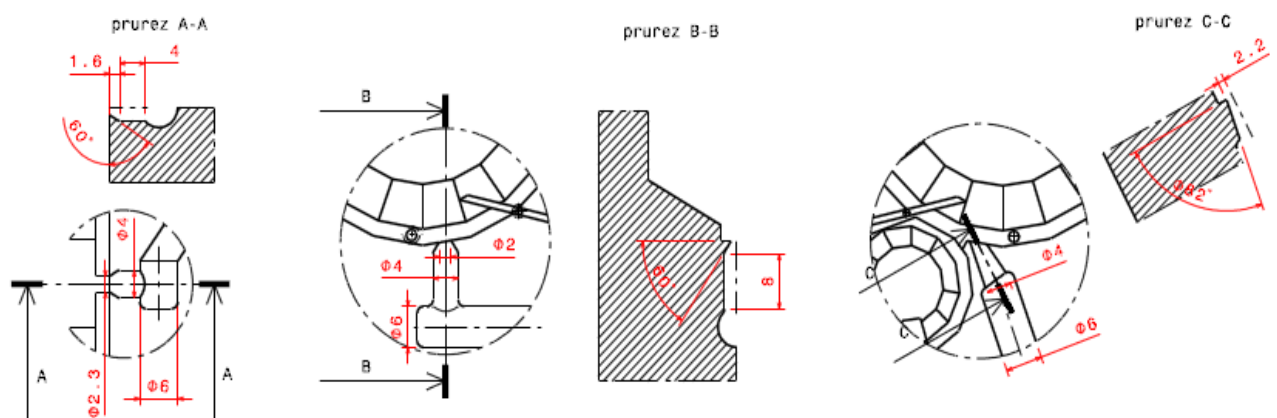
Obr. 56 Vtokový systém pro variantu 1



Obr. 57 Vtokový systém pro variantu 2



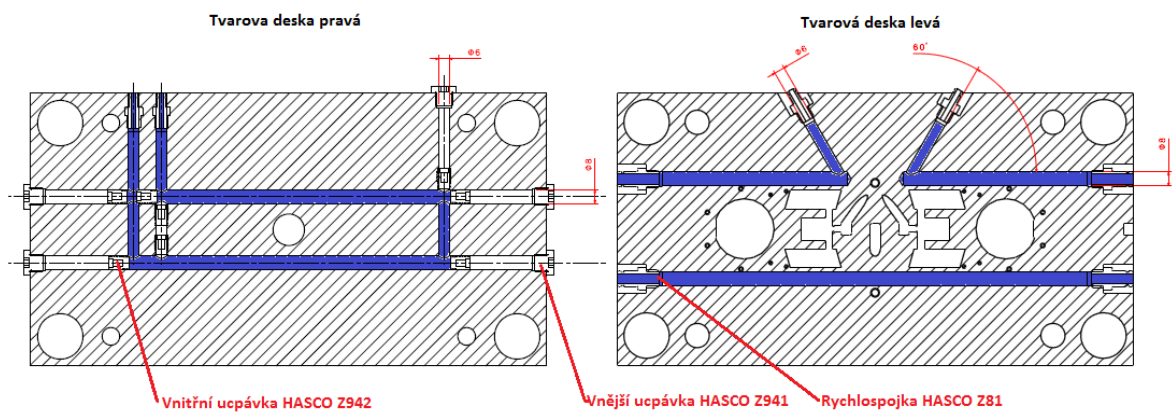
Obr. 58 Výsledné výstřiky včetně vtokových zbytků



Obr. 59 Rozměry vtokových ústí

### Temparační systém

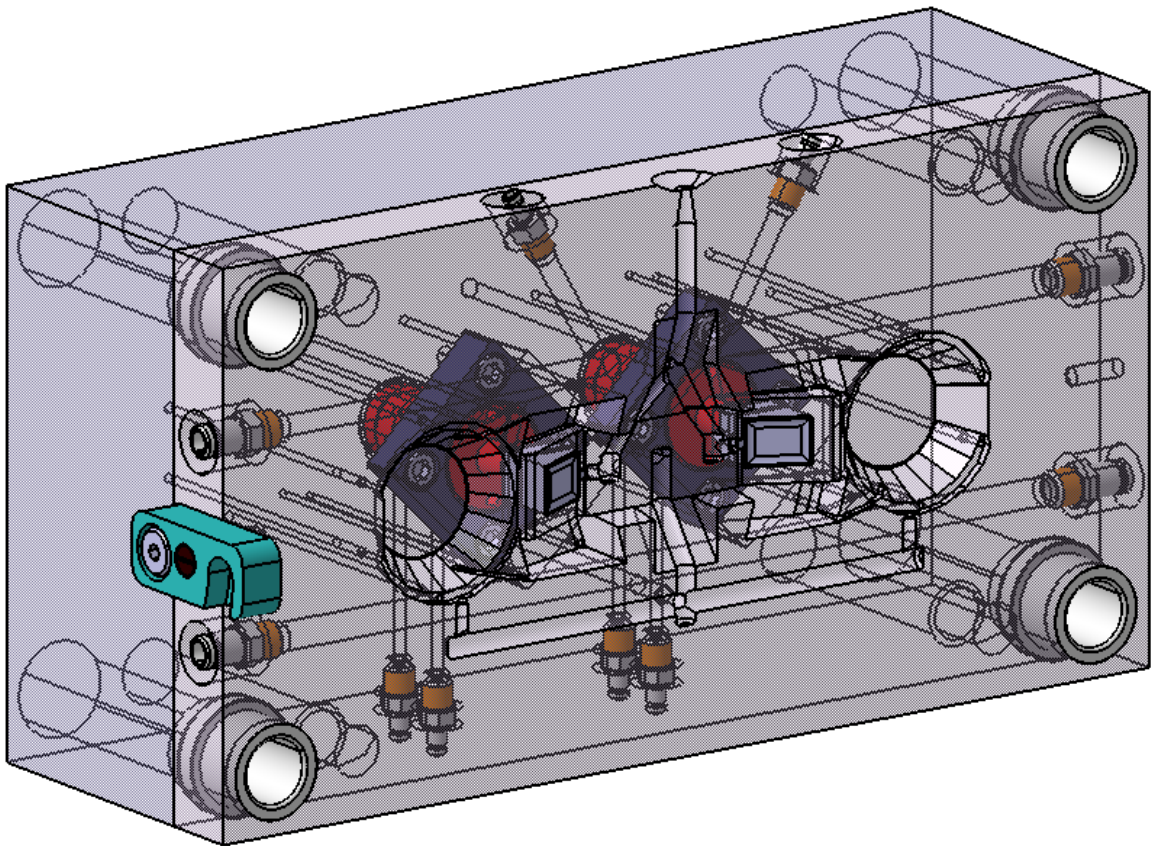
Temparační systém je v obou tvarových deskách formy na držák skleniček, tvořen vrtanými kanály. Rovina ve které se nachází temparační systém pro variantu výrobku 1 je 11 mm pod úrovní dělicí roviny a pro variantu výrobku 2 je 14 mm pod úrovní dělicí roviny. Jeho tvar a součásti jsou zobrazeny na obrázku 60.



Obr. 60 Temparační systém

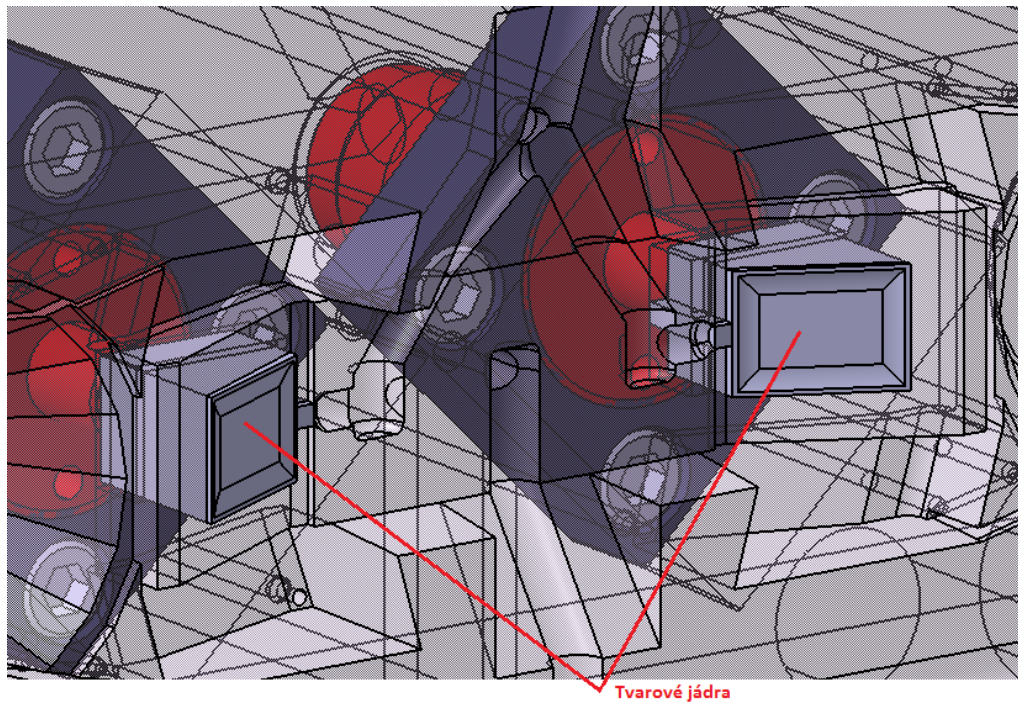
### 6.2.2 Technika Core-Back

Technika Core-back pro dvoukomponentní vstřikování je uplatněna i u této formy. Hydraulické válce s krátkým zdvihem od firmy HASCO ovládají tvarové jádra. Tvarová jádra jsou při vstřiku materiálu těla držáku vysunuta, čímž zaformují vybrání v těle držáku. Do tohoto vybrání je následně po odjetí tvarových jader vstříknut materiál antiskluzové vložky. Tvar činné plochy antiskluzové vložky je opět zaformován tvarem tvarového jádra. Takto jsme schopni zhotovit dvoukomponentní výstřik na jedno otevření formy a zaformovat tvar tělesa držáku i tvar antiskluzové vložky. Hydraulický válec s krátkým zdvihem je identický jako je použit ve formě pro zkušební tělesa tedy HASCO Z236/10x10

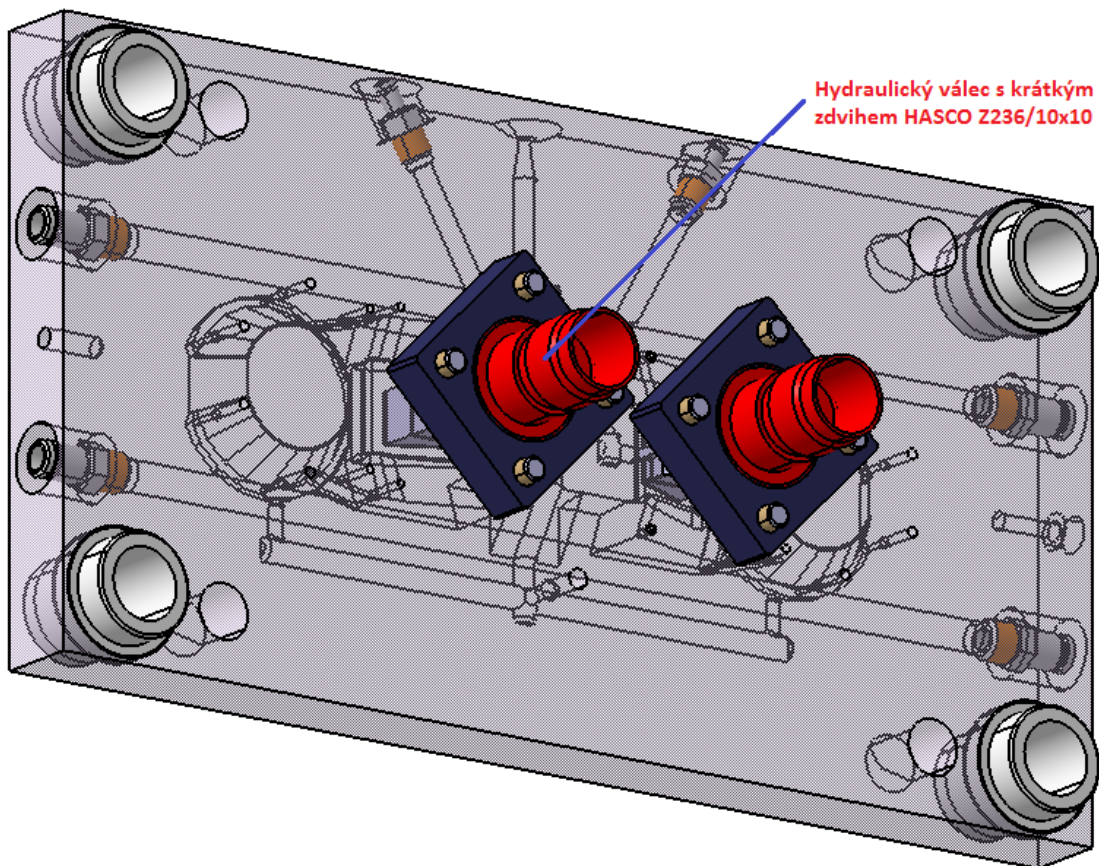


Obr. 61 Core-Back technika (z přední strany)





Obr. 62 Core-Back technika (detail)



Obr. 63 Core-Back technika (ze zadní strany)

## 7 TOKOVÉ ANALÝZY

Tokové analýzy byly prováděny v programu Autodesk Moldflow Insight 2011. Kde byly vytvořeny a vysíťovány modely tvarových dutin i s vtokovými soustavami. V programu se nastavují materiály, které se budou používat při výrobě včetně procesních podmínek a modelu bloku celé formy. Výsledky analýz jsou uvedeny dále.

Vysíťování modelů pro výpočet bylo prováděno v modu „3D plane“. Tato metoda pracuje při výpočtu s prostorovou trojúhelníkovou mřížkou, ze které vznikají čtyř. stěnné elementy (tetrahedra elementy). Metoda je velmi přesná a popisuje chování taveniny v prostoru, tím se nejvíce blíží k reálnému chování taveniny. Je ale velmi náročná na výpočet, který se provádí v celém průřezu tokových kanálů a tvarových dutin formy.

### 7.1 Volba stroje

Navrhnuté nástroje tedy formy budou upnuty do vstřikovacího stroje. **ARBURG allrounder 370 S**. Stroj má jednu horizontální a jednu vertikální plastikační jednotkou. Parametry tohoto stroje byly zahrnuty do nastavení analýz.



Obr. 64 Vstřikovací stroj [9]

### 7.1.1 Parametry stroje

Mezi jedny s nejdůležitějších parametrů, při výběru stroje patří rozteč vodících sloupků, plastikační výkon, velikost uzavírací síly. Tyto parametry jsou uvedeny v následujících tabulce.

Tab. 5 Parametry vstřikovacího stroje

Stroj: Allrounder 370 S 66 tons	
Max uzavírací síla	60 tun
Max vstřikovací výkon vertikální pl.j.	20 cm <sup>3</sup>
Průměr šneku vertikální pl.j.	18 mm
Max vstřikovací výkon horizontální pl.j.	80 cm <sup>3</sup>
Průměr šneku horizontální pl.j.	30 mm
Rozteč vodících sloupků	370 x 370 mm

Porovnání objemů výrobku s vtokovým systémem s plastikačním výkonem stroje a porovnání rozměrů forem s rozteční vodících sloupků stroje jsou uvedeny v tabulce 6.

Tab. 6 Srovnání parametrů stroje

Porovnání hodnot parametrů stroje s potřebnými hodnotami pro formy			
Plastikační jednotka	Výkon pl.j. [cm <sup>3</sup> ]	Zk. tělesa + v. sys. [cm <sup>3</sup> ]	Rezerva [%]
Vertikální	18	7,403	58,87
Horizontální	80	8,789	89,01
<b>Plastikační jednotka</b>	-	<b>Držák v1 + v. sys. [cm<sup>3</sup>]</b>	<b>Rezerva [%]</b>
Vertikální	18	2,295	87,25
Horizontální	80	14,36	82,05
<b>Plastikační jednotka</b>	-	<b>Držák v2 + v. sys. [cm<sup>3</sup>]</b>	<b>Rezerva [%]</b>
Vertikální	18	2,295	87,25
Horizontální	80	15,87	80,16
<b>Rozteč v. s. stroje [mm]</b>	370 x 370	<b>Rozměry formy 1 [mm]</b>	x-246 y-296 z-236
<b>Rozteč stroje [mm]</b>	370 x 370	<b>Rozměry formy 2 [mm]</b>	x-296 y-196 z-240

Z tabulky 6 je patrné, že plastikační výkony jednotlivých plastikačních jednotek mají výkovou rezervu více než 20%. Což je rezerva, které by měla být vždy dodržena. A je vidět, že ani jeden rozměr formy nepřesahuje velikost rozteče vodících sloupků stroje, což je důležité pro usazení vstřikovací formy do vstřikovacího stroje.

## 7.2 Materiály

Materiály pro zkušební tělesa byli zvoleny namátkově pro ověření činnosti plnění tvarových dutin, vtokových kanálů a procesních podmínek. Materiály se při výrobě budou měnit pro zkoušku tahem a vrubové houževnatosti právě dle potřeb měření. Byl zvolen Polypropylen (PP) a Akrylonitrilbutadienstyren (ABS).

Materiály pro držák skleniček byli voleny s ohledem na funkci výrobku při zdravotní nezávadnosti (použití v gastronomii) a při odolnosti vůči vodě, solím a zvýšeným teplotám například při umývání v myčce na nádobí. Materiál pro tělo držáku byl zvolen Polypropylen (PP) a materiál pro adhezní vložku byl zvolen termoplastický elastomer (TPE-V). Oba materiály mají k sobě dobré adhezní vlastnosti. Výrobci kombinující tyto dva materiály mají právě s touto kombinací dobré zkušenosti u výrobků právě pro gastronomii.

### 7.2.1 Materiál 1 pro vstřík z vertikální plastikační jednotky pro zkušební tělesa (vlastnosti)

Tab. 7 Základní údaje pro polypropylen PP (Zkušební tělesa)

<b>Obchodní jméno</b>	Moplen EP448T
<b>Společnost</b>	Bassel polyolefins Europe
<b>Zkratka polymeru</b>	PP
<b>Plnění</b>	Neplněno

Tab. 8 Teplotní údaje pro materiál 1 (Zkušební tělesa)

<b>Minimální doporučená teplota vstřikovací formy</b>	20°C
<b>Maximální doporučená teplota vstřikovací formy</b>	60°C
<b>Minimální doporučená vstřikovací teplota taveniny</b>	220°C
<b>Maximální doporučená vstřikovací teplota taveniny</b>	280°C
<b>Maximální přípustná teplota na hranici degradace</b>	280°C
<b>Vyhazovací teplota</b>	70°C

Tab. 9 Hustoty pevné fáze a taveniny materiálu 1 (Zkušební tělesa)

<b>Hustota taveniny polymeru – <math>\rho_{\text{melt}}</math></b>	0,731	g/cm <sup>3</sup>
<b>Hustota polymeru při okolní teplotě – <math>\rho_{\text{solid}}</math></b>	0,903	g/cm <sup>3</sup>

Tab. 10 Mechanické vlastnosti materiálu 1 (Zkušební tělesa)

<b>Modul pružnosti v tahu (E)</b>	1350	MPa
<b>Modul pružnosti ve smyku (G)</b>	490	MPa
<b>Poissonovo číslo <math>\nu</math></b>	0,39	-

### 7.2.2 Materiál 2 pro vstřík z horizontální plastikační jednotky pro zkušební tělesa (vlastnosti)

Tab. 11 Základní údaje pro akrylonitrilbutadienstyren (ABS). (Zkušební tělesa)

<b>Obchodní jméno</b>	Techno ABS 350
<b>Společnost</b>	Techno Polymer
<b>Zkratka polymeru</b>	ABS
<b>Plnění</b>	Neplněno

Tab. 12 Teplotní údaje pro materiál 2 (Zkušební tělesa)

<b>Minimální doporučená teplota vstřikovací formy</b>	30°C
<b>Maximální doporučená teplota vstřikovací formy</b>	70°C
<b>Minimální doporučená vstřikovací teplota taveniny</b>	200°C
<b>Maximální doporučená vstřikovací teplota taveniny</b>	240°C
<b>Maximální přípustná teplota na hranici degradace</b>	280°C
<b>Vyhazovací teplota</b>	87°C

Tab. 13 Hustoty pevné fáze a taveniny materiálu 2 (Zkušební tělesa)

<b>Hustota taveniny polymeru – <math>\rho_{\text{melt}}</math></b>	0,954	g/cm <sup>3</sup>
<b>Hustota polymeru při okolní teplotě – <math>\rho_{\text{solid}}</math></b>	1,054	g/cm <sup>3</sup>

Tab. 14 Mechanické vlastnosti materiálu 2 (Zkušební tělesa)

<b>Modul pružnosti v tahu (E)</b>	2240	MPa
<b>Modul pružnosti ve smyku (G)</b>	804,6	MPa
<b>Poissonovo číslo <math>\nu</math></b>	0,39	-

### 7.2.3 Materiál 2 pro vstřík z vertikální plastikační jednotky pro držák skleniček (vlastnosti)

Tab. 15 Základní údaje pro termoplastický elastomer TPE-V (držák skleniček)

<b>Obchodní jméno</b>	Sarlink 4775 B40
<b>Společnost</b>	DMS Thermoplastic Elastomers
<b>Zkratka polymeru</b>	TPV
<b>Plnění</b>	Neplněno

Tab. 16 Teplotní údaje pro materiál 2 (držák skleniček)

<b>Minimální doporučená teplota vstříkovací formy</b>	20°C
<b>Maximální doporučená teplota vstříkovací formy</b>	40°C
<b>Minimální doporučená vstříkovací teplota taveniny</b>	190°C
<b>Maximální doporučená vstříkovací teplota taveniny</b>	220°C
<b>Maximální přípustná teplota na hranici degradace</b>	260°C
<b>Vyhazovací teplota</b>	92°C

Tab. 17 Hustoty pevné fáze a taveniny materiálu 2 (držák skleniček)

<b>Hustota taveniny polymeru – <math>\rho_{\text{melt}}</math></b>	0,783	g/cm <sup>3</sup>
<b>Hustota polymeru při okolní teplotě – <math>\rho_{\text{solid}}</math></b>	0,904	g/cm <sup>3</sup>

Tab. 18 Mechanické vlastnosti materiálu 2 (držák skleniček)

<b>Modul pružnosti v tahu (E)</b>	1110	MPa
<b>Modul pružnosti ve smyku (G)</b>	391	MPa
<b>Poissonovo číslo <math>\nu</math></b>	0,42	-

#### 7.2.4 Materiál 1 pro vstřík z horizontální plastikační jednotky pro držák skleniček (vlastnosti)

Tab. 19 Základní údaje pro polypropylen PP (držák skleniček)

<b>Obchodní jméno</b>	Metocene X50109
<b>Společnost</b>	Bassel Polyolefins Europe
<b>Zkratka polymeru</b>	PP
<b>Plnění</b>	Neplněno

Tab. 20 Teplotní údaje pro materiál 1 (držák skleniček)

<b>Minimální doporučená teplota vstříkovací formy</b>	20°C
<b>Maximální doporučená teplota vstříkovací formy</b>	40°C
<b>Minimální doporučená vstříkovací teplota taveniny</b>	220°C
<b>Maximální doporučená vstříkovací teplota taveniny</b>	260°C
<b>Maximální přípustná teplota na hranici degradace</b>	280°C
<b>Vyhazovací teplota</b>	75°C

Tab. 21 Hustoty pevné fáze a taveniny materiálu 1 (držák skleniček)

<b>Hustota taveniny polymeru – <math>\rho_{\text{melt}}</math></b>	0,732	g/cm <sup>3</sup>
<b>Hustota polymeru při okolní teplotě – <math>\rho_{\text{solid}}</math></b>	0,909	g/cm <sup>3</sup>

Tab. 22 Mechanické vlastnosti materiálu 1 (držák skleniček)

<b>Modul pružnosti v tahu (E)</b>	1700	MPa
<b>Modul pružnosti ve smyku (G)</b>	610	MPa
<b>Poissonovo číslo <math>\nu</math></b>	0,4	-



### 7.3 Procesní podmínky

V následujících tabulkách jsou uvedeny procesní parametry nastavené do analýzy pro formu na zkušební tělesa a pro formu na držák skleniček:

Tab. 23 Procesní podmínky pro formu na zkušební tělesa

Volba technologických podmínek Forma pro zkušební tělesa				
Plastikační jednotka	Vertikální (PP)		Horizontální (ABS)	
<i>Nastavení</i>	<i>Nastaveno</i>	<i>Hodnota</i>	<i>Nastaveno</i>	<i>Hodnota</i>
Kontrola plnění	Automatická	-	Automatická	
Plnicí rychlost/tlak	Dle procentuálního napl.	<b>98%</b>	Dle procentuálního napl.	<b>98</b>
Dotlaková fáze	Procent. plnicí tlak k času	<b>0-3s</b>	Procent. plnicí tlak k času	<b>0-3</b>
Dotlak		<b>80%</b>		<b>80%</b>
Teplota stěny formy		<b>30</b>		<b>30</b>
Teplota taveniny		<b>240</b>		<b>220</b>
Uvažovat tep.roz. formy	-	-	-	-
Uvažovat orientaci plniv	-	-	-	-
Velikost bloku formy [mm]	x 246 y 276 z 244	-	x 246 y 276 z 244	-

Tab. 24 Procesní podmínky pro formu na držák skleniček

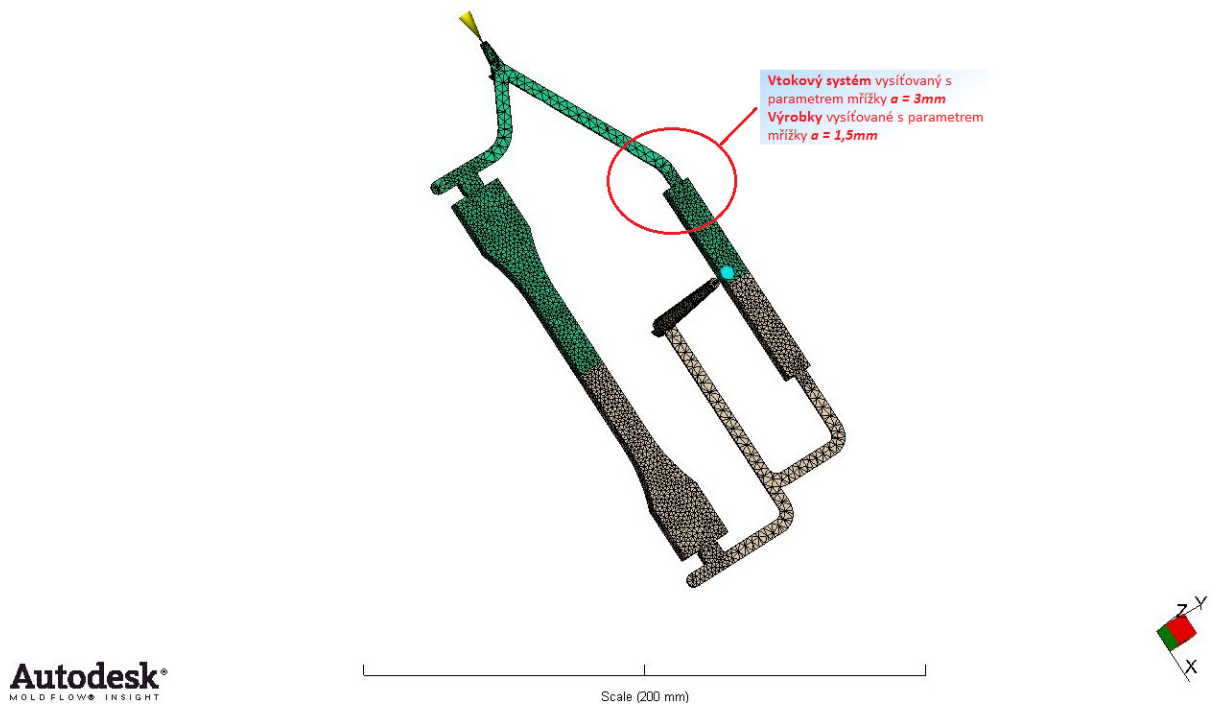
Volba technologických podmínek Forma pro zkušební tělesa				
Plastikační jednotka	Vertikální (TPE-V)		Horizontální (PP)	
<i>Nastavení</i>	<i>Nastaveno</i>	<i>Hodnota</i>	<i>Nastaveno</i>	<i>Hodnota</i>
Kontrola plnění	Automatická	-	Automatická	
Plnicí rychlost/tlak	Dle procentuálního napl.	<b>99%</b>	Dle procentuálního napl.	<b>98%</b>
Dotlaková fáze	Procent. plnicí tlak k času	<b>0-2s</b>	Procent. plnicí tlak k času	<b>0-5</b>
Dotlak		<b>90%</b>		<b>80%</b>
Teplota stěny formy		<b>30</b>		<b>30</b>
Teplota taveniny		<b>205</b>		<b>260</b>
Uvažovat tep.roz. formy	-	-	-	-
Uvažovat orientaci plniv	-	-	-	-
Velikost bloku formy [mm]	x 296 y 156 z 250	-	x 296 y 156 z 250	-

*Pzn.: Procesní podmínky nastavené pro variantu výrobku 1 jsou shodné s procesními podmínkami pro variantu výrobku 2.*

## 7.4 Výsledky analýzy pro formu na zkušební tělesa

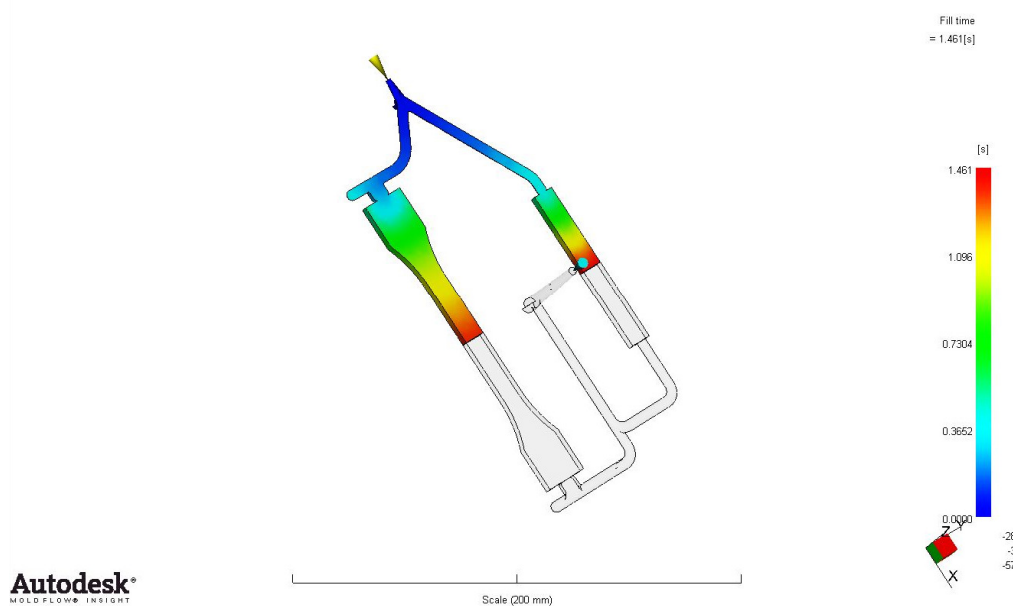
### 7.4.1 Vysíťovaný výpočtový model

V oblastech tvarových dutin a vtokových ústí je snížen parametr mřížky o 50%.

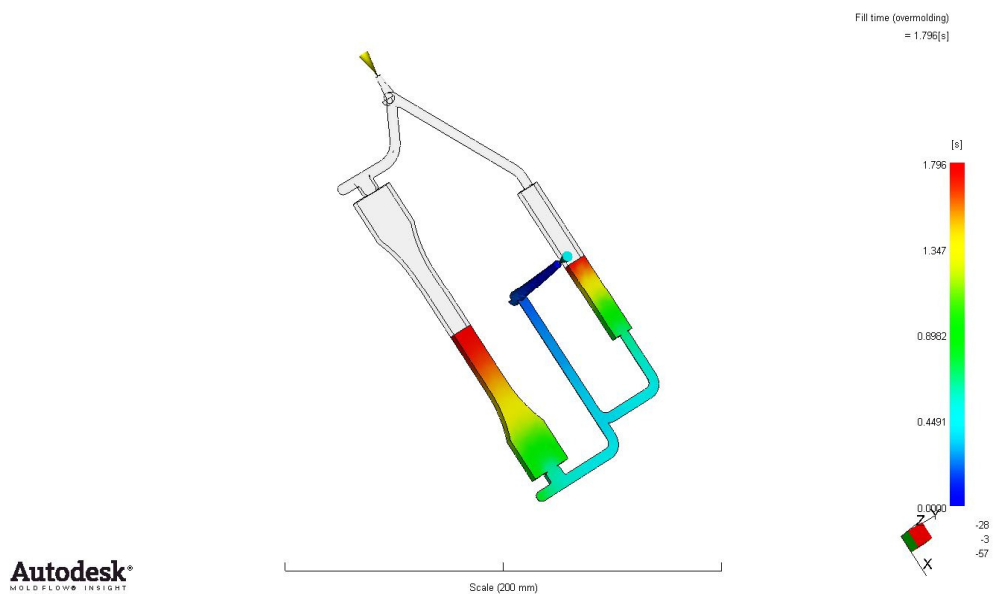


Obr. 65 Vysíťovaný výpočtový model

## 7.4.2 Čas plnění



Obr. 66 Čas plnění (vertikální plastická jednotka)



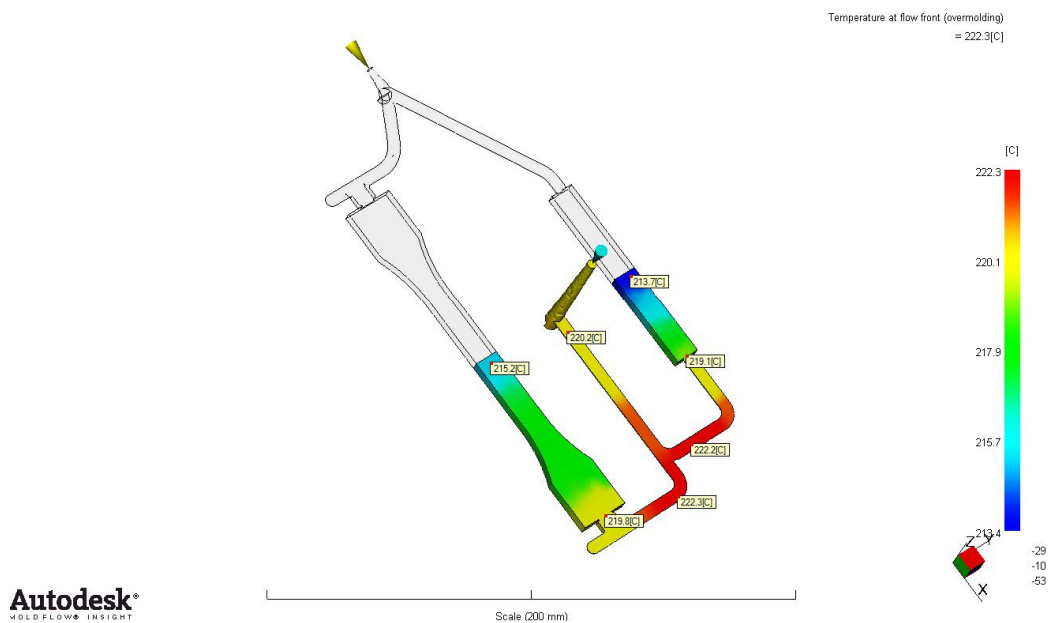
Obr. 67 Čas plnění (horizontální plastická jednotka)

Čas plnění tvarových dutin formy je pro vertikální plastikační jednotku 1,461s a pro horizontální plastikační jednotku 1,796s. Rozdílné časy má na svědomí jednak větší dráha vtokových kanálů pro horizontální plastikační jednotku tak i větší viskozita taveniny materiálu ABS.

### 7.4.3 Teplota na čele taveniny



Obr. 68 Teplota na čele taveniny (vertikální plastikační jednotka)



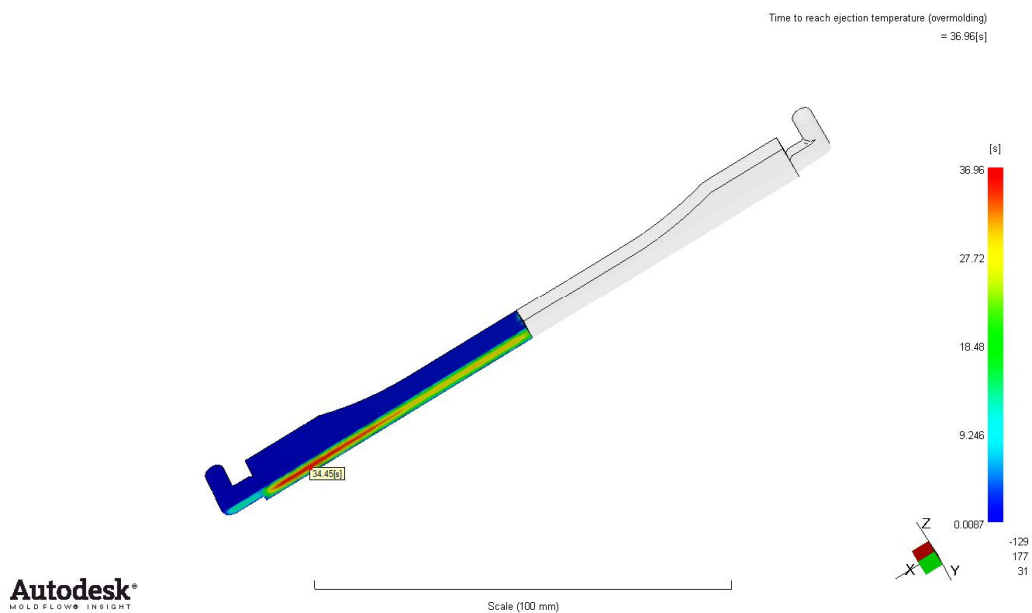
Obr. 69 Teplota na čele taveniny (horizontální plastikační jednotka)

Teplota na čele taveniny při plnění dutiny formy klesá, ale do všech míst se materiál dostane ještě ve formě taveniny. Pro horizontální pl.j. je vidět vzrůst teploty ve vtokových kanálech z důvodů disipace tepla. Což je výhodné, jelikož se tavenina ohřeje i bez vytápění vtokových kanálu a do dutiny formy se dostane s větší teplotou, než kdyby k disipaci nedocházelo.

#### 7.4.4 Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty



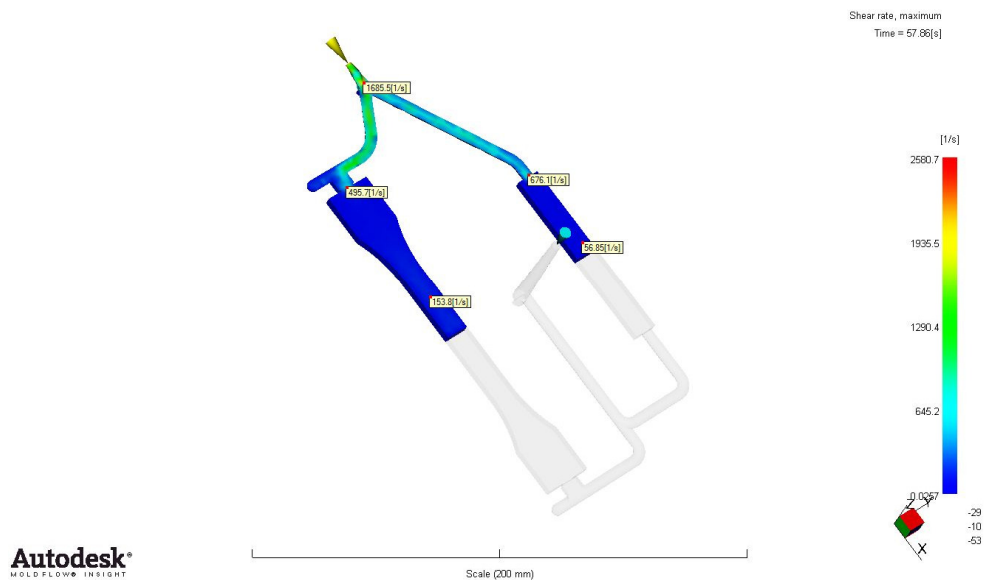
Obr. 70 Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty (vertikální plastikační jednotka)



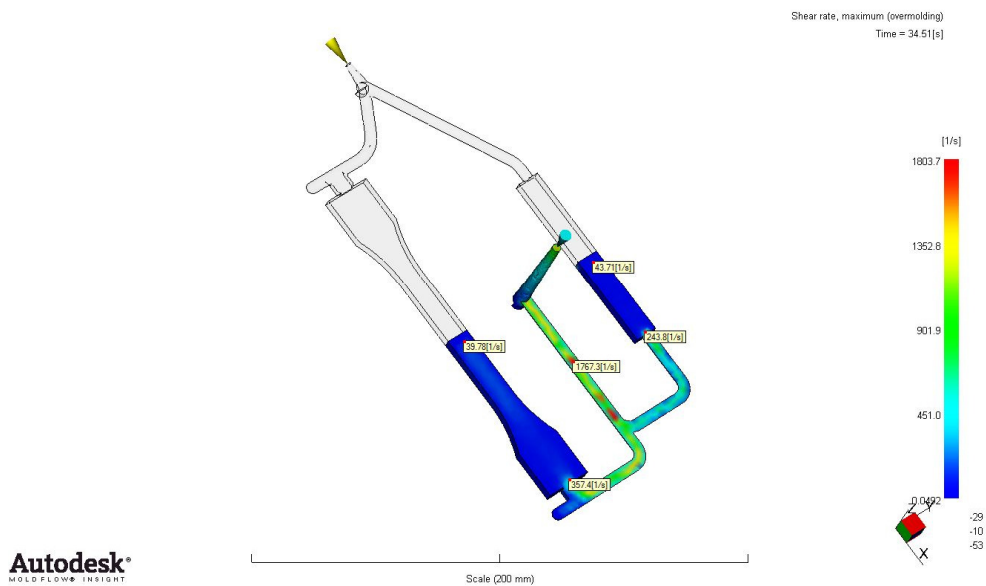
Obr. 71 Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty (horizontální plastikační jednotka)

Teplota klesne na vyhazovací teplotu, kdy je možno výrobek z formy bez problémů odformovat za 37s (h.pl.j.) a 62s (v.pl.j.). Nejdéle trvá vychlazení jádra výrobku. Urychlení by bylo možné změnou procesních podmínek, případně zintenzivněním chlazení, které ale není ve 3D analýze počítáno. Rozdíl časů je způsoben rozdílnými vlastnostmi materiálů a jinými vstřikovacími teplotami (PP 240°C a ABS 220°C).

### 7.4.5 Rychlost smykové deformace



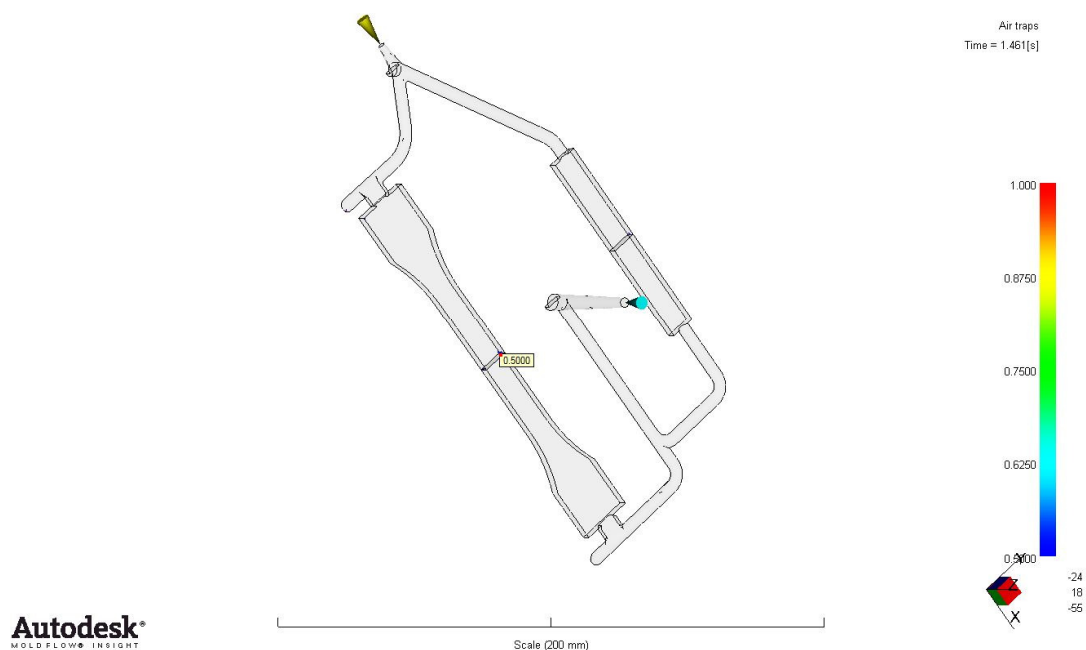
Obr. 72 Rychlost smykové deformace (vertikální plastikační jednotka)



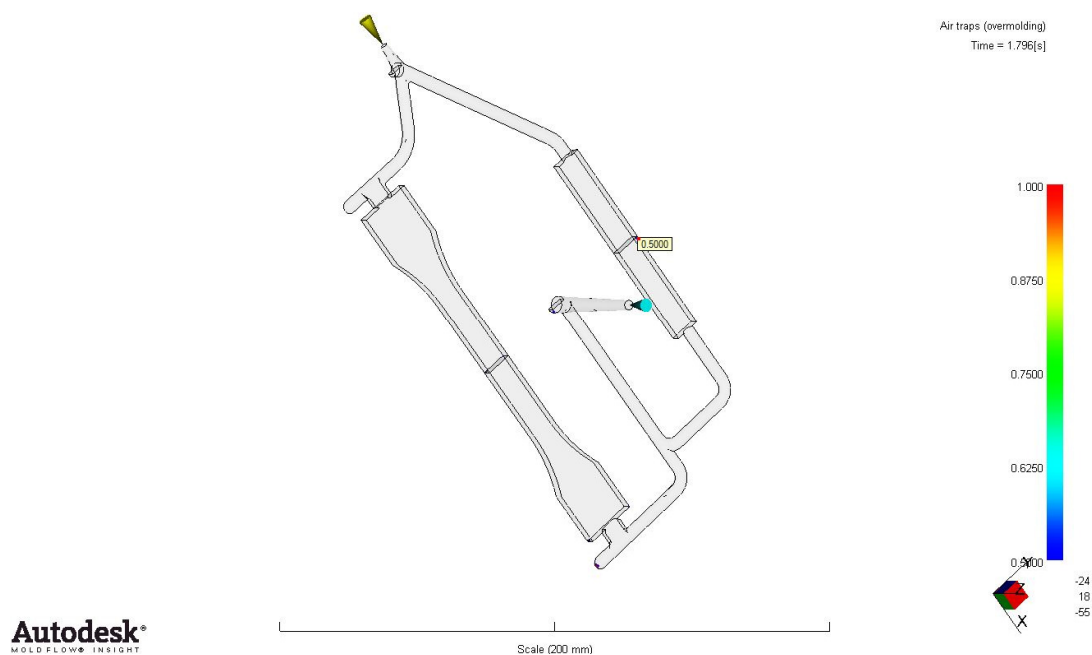
Obr. 73 Rychlost smykové deformace (horizontální plastikační jednotka)

Rychlost smykové deformace je největší ve vtokových kanálech a ve vtokových ústích. Maximální hodnota ale nepřekračuje maximální povolenou pro daný materiál (100000 1/s PP, 50000 1/s ABS). Je tedy přípustná a navíc výhodná, jak ukázala analýza teploty čela taveniny. Disipace tepla je totiž přímo úměrná viskozitě a druhé mocnině rychlosti smykové deformace.

## 7.4.6 Vzduchové kapsy



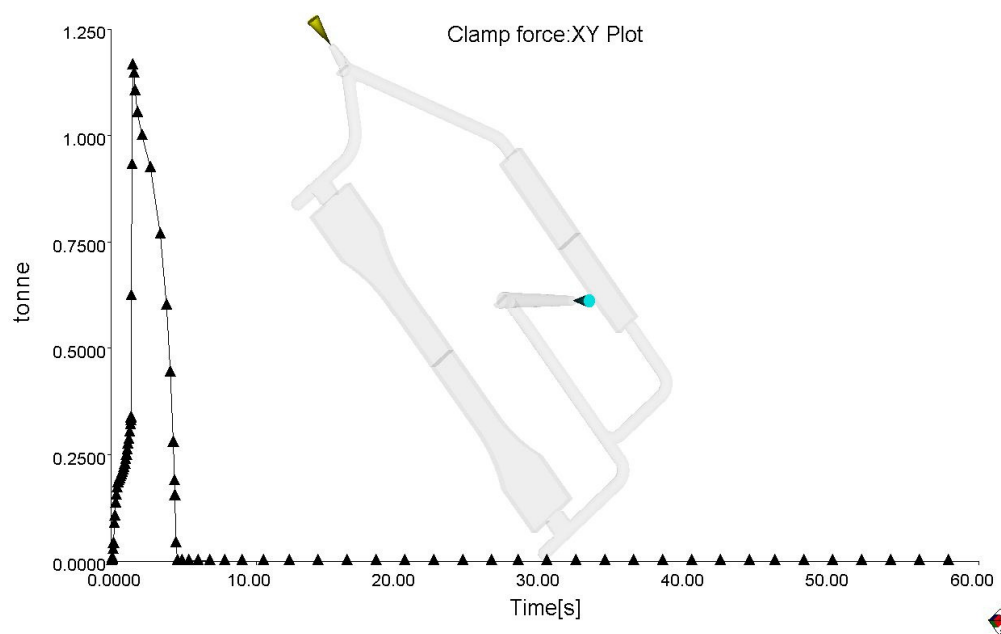
Obr. 74 Vzduchové kapsy (vertikální plastikační jednotka)



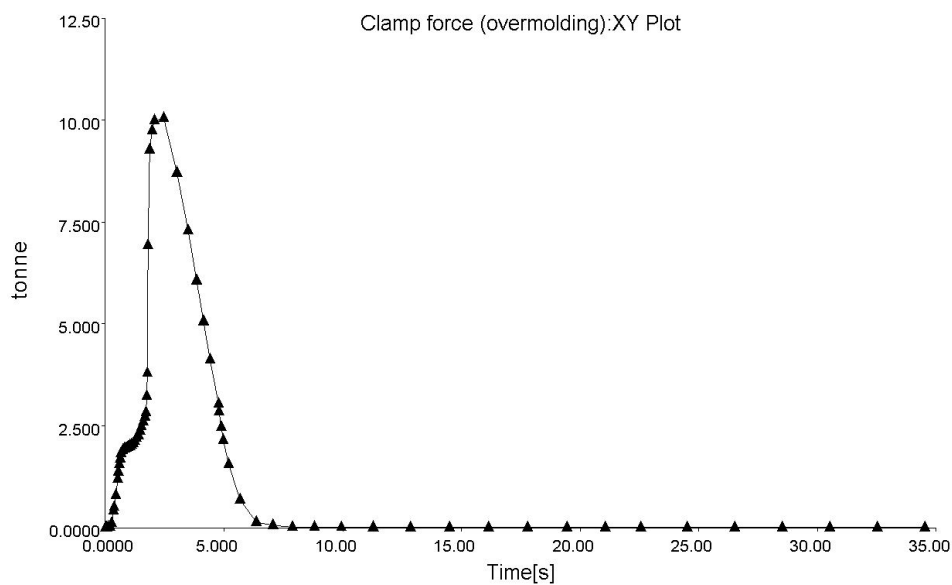
Obr. 75 Vzduchové kapsy (horizontální plastikační jednotka)

Výskyt míst s uzavřeným vzduchem je v rozích stykových ploch materiálů kde tavnina končí svůj tok. V reálné formě se nepředpokládají, protože v těchto místech je mechanismus přepážek a tedy více míst k uniknutí vzduchu z tvarové dutiny, než předpokládá analýza.

### 7.4.7 Uzavírací síla



Obr. 76 Průběh uzavírací síly (vertikální plastikační jednotka)

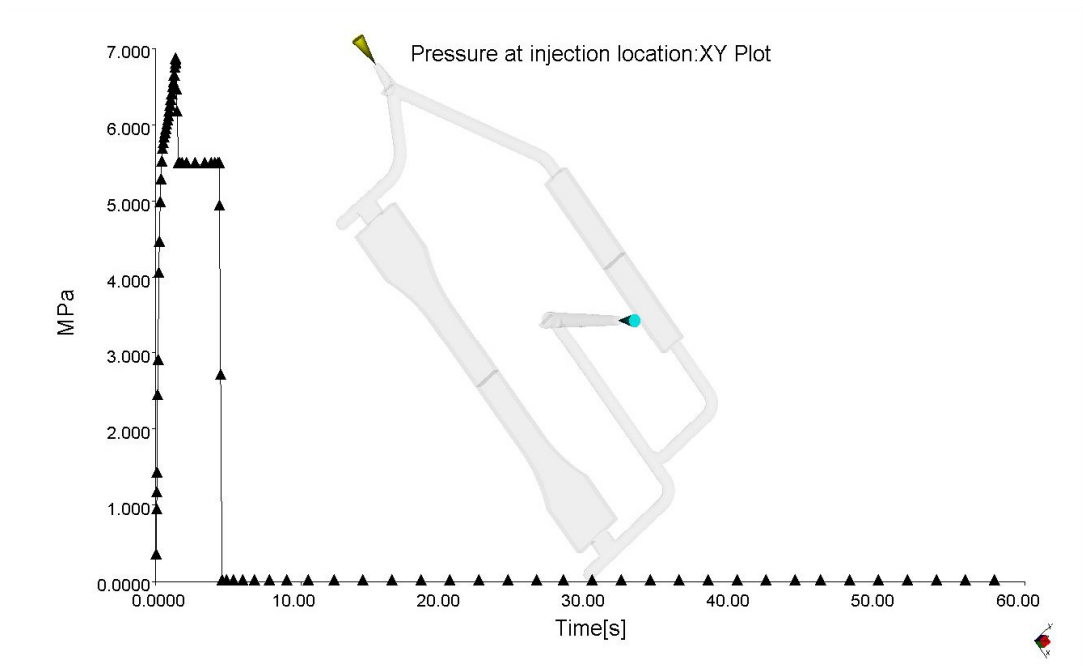


Obrázek 77 Průběh uzavírací síly (horizontální plastikační jednotka)

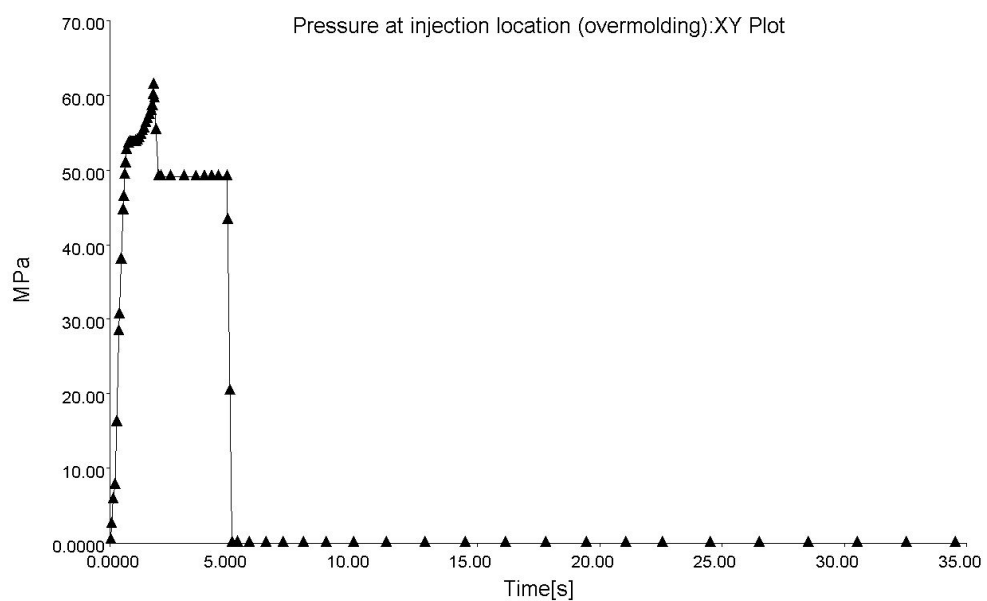
Průběh uzavírací síly (1,25-10 tun) v dělicí rovině nepřesahuje maximální uzavírací sílu, kterou je schopen poskytnout stroj (60tun). Je zde tedy předpoklad, že forma bude po celý cyklus bezpečně uzavřená a nedojde k pootevření.



### 7.4.8 Vstřikovací tlak



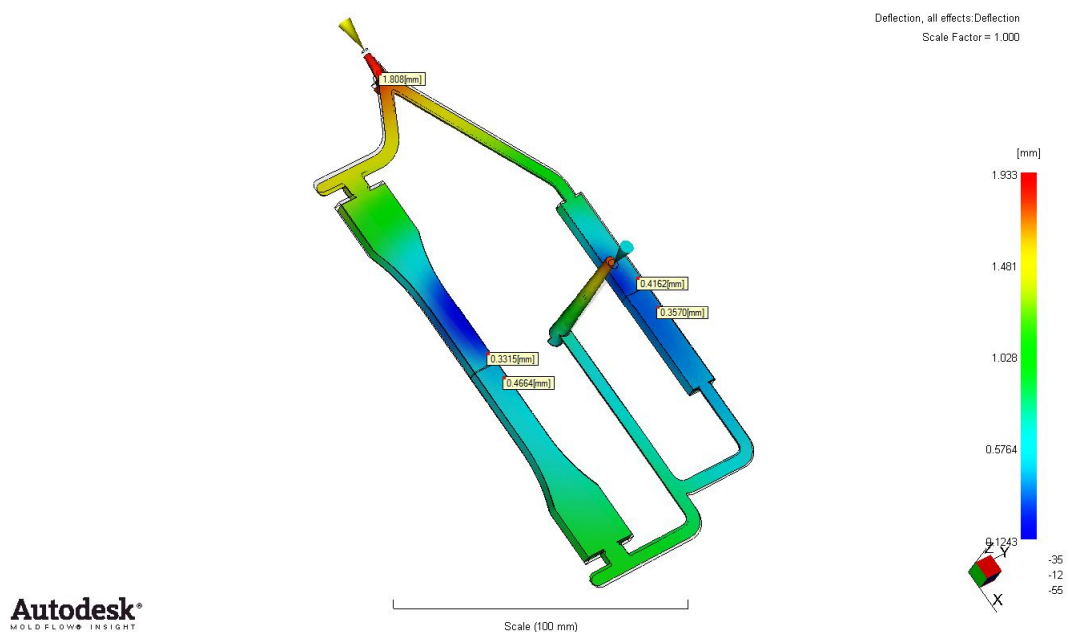
Obr. 78 Vstřikovací tlak (vertikální plastikační jednotka)



Obr. 79 Vstřikovací tlak (horizontální plastikační jednotka)

U v.pl.j je maximum vstřikovacího tlaku 7MPa u h.pl.j 65MPa. Po vstříknutí následuje pokles tlaku při sekvenci dotlaku, který je nastaven na 80% vstřikovacího tlaku. Po dotlaku následuje pokles tlaku až na tlak atmosférický, jak výrobek tuhne a chladne na vyhazovací teplotu. Tento průběh tlaku se promítne i do deformací, které jsou uvedeny níže.

### 7.4.9 Deformace



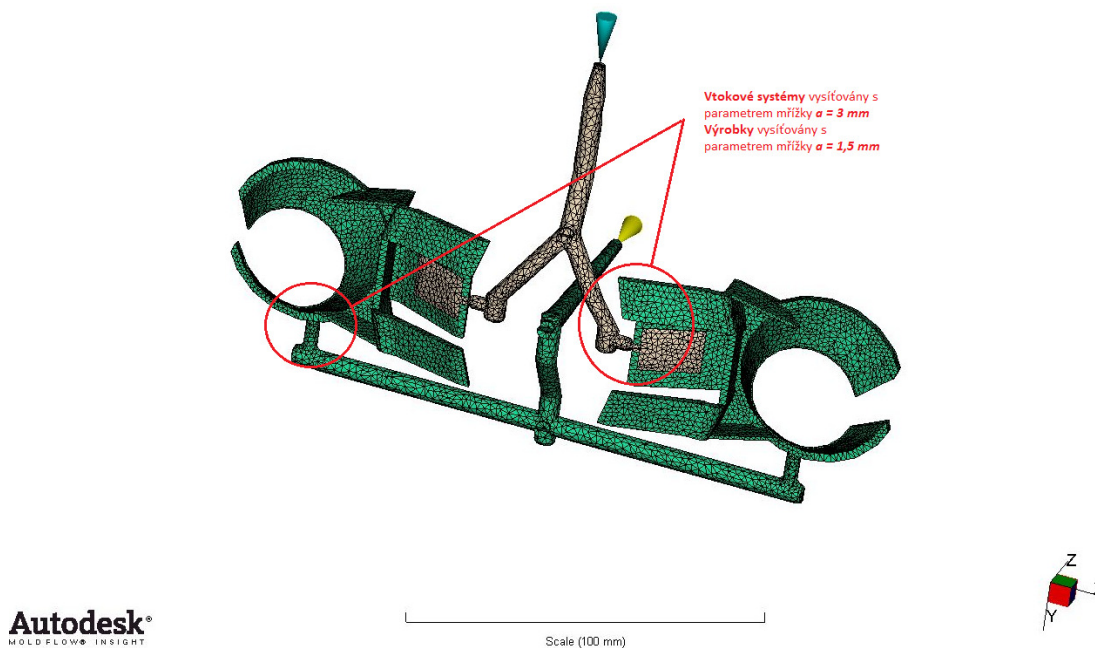
Obr. 80 Deformace zkušebních těles

Zobrazení celkové deformace výrobku způsobené různými vlivy jako chlazení, smrštění, případně i orientace vláken atd. Nejvyšší vliv na celkové deformace má smrštění. Maximální velikost celkové deformace je 1,93mm. A nachází se ve vtokovém kuželu v.pl.j. kde ovšem nečiní žádný problém. Velikost celkové deformace zkušebních těles je v toleranci rozměrů viz. EN ISO 527-2, EN ISO 179. Při použití dalších materiálu se musí přenastavit procesní podmínky pro zachování deformací v tolerované mezi a provést analýza.

## 7.5 Výsledky analýzy pro formu na držák skleniček (1. Varianta)

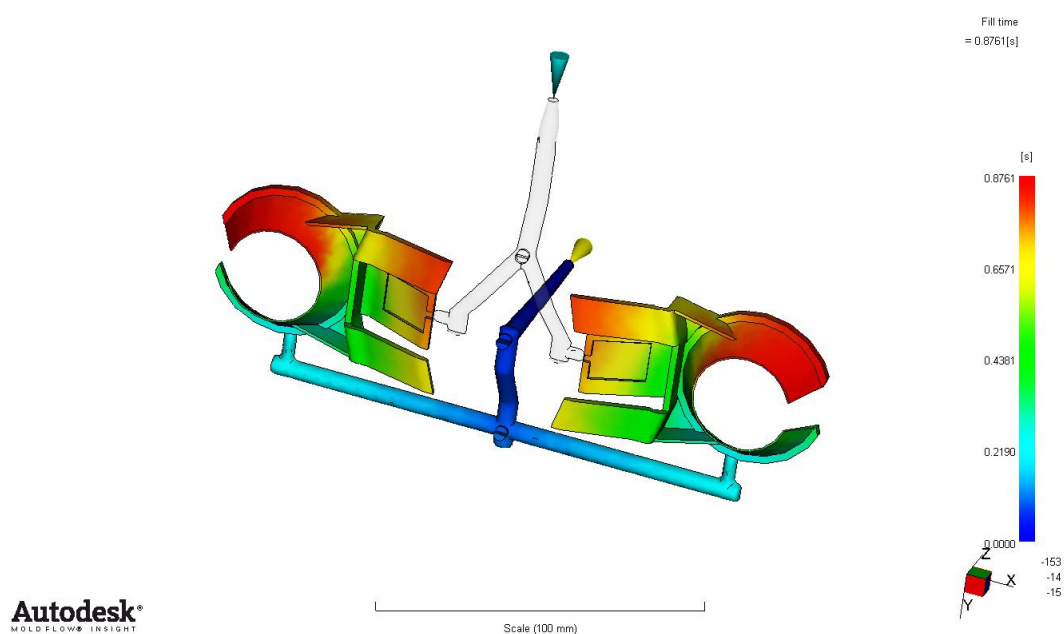
### 7.5.1 Vysít'ovaný výpočtový model

V oblastech tvarových dutin a vtokových ústí je snížen parametr mřížky o 50%.

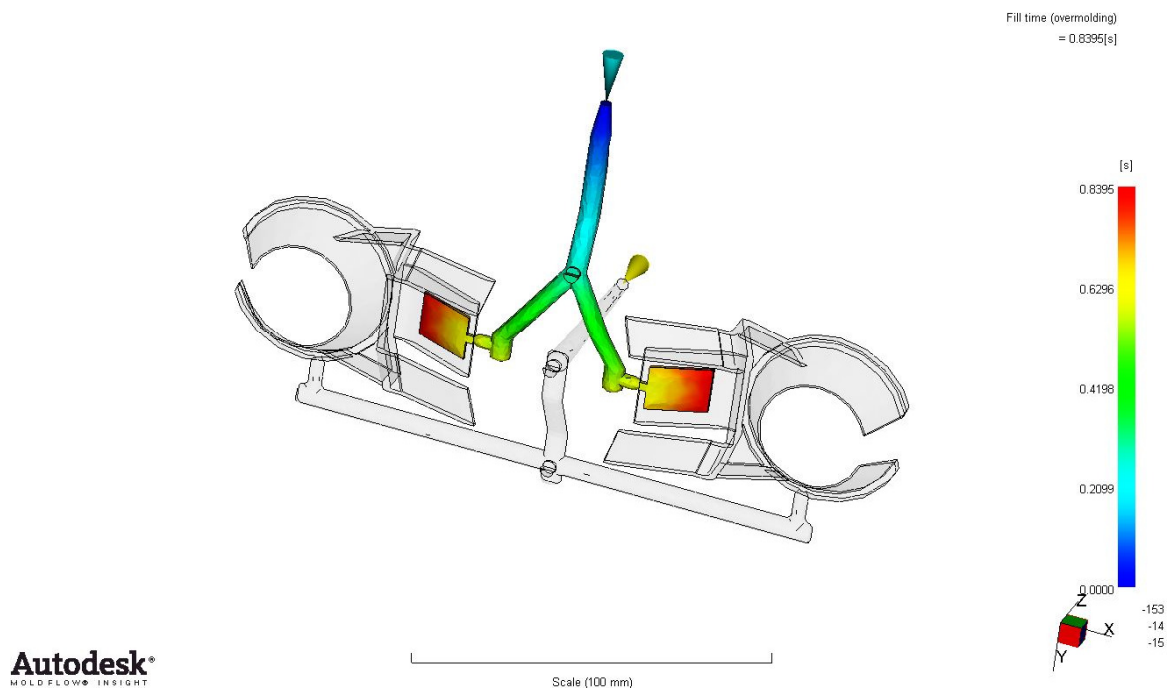


Obr.81 Vysít'ovaný výpočtový model

### 7.5.2 Čas plnění



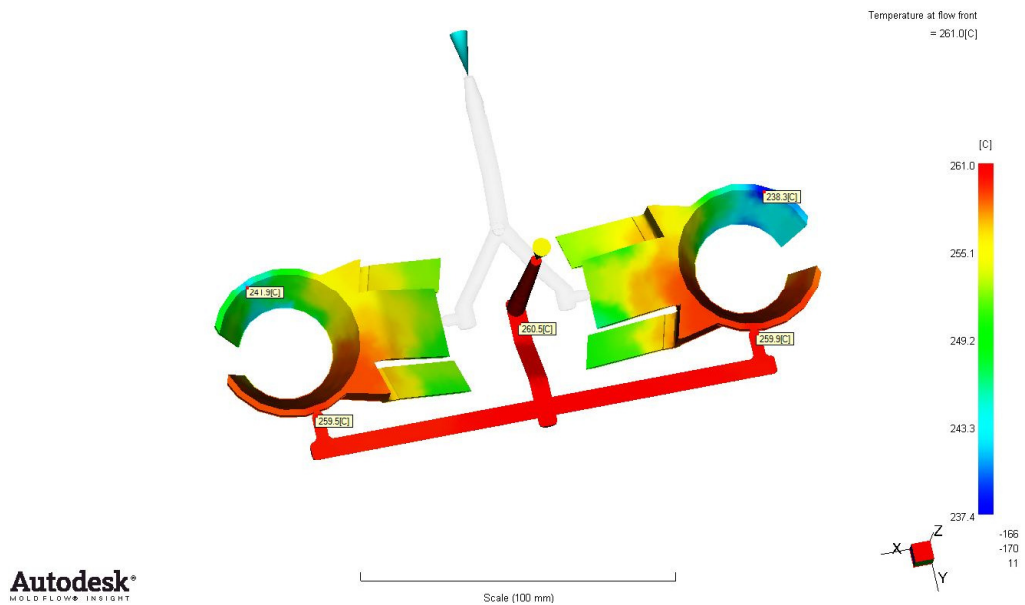
Obr. 82 Čas plnění (horizontální plastikační jednotka)



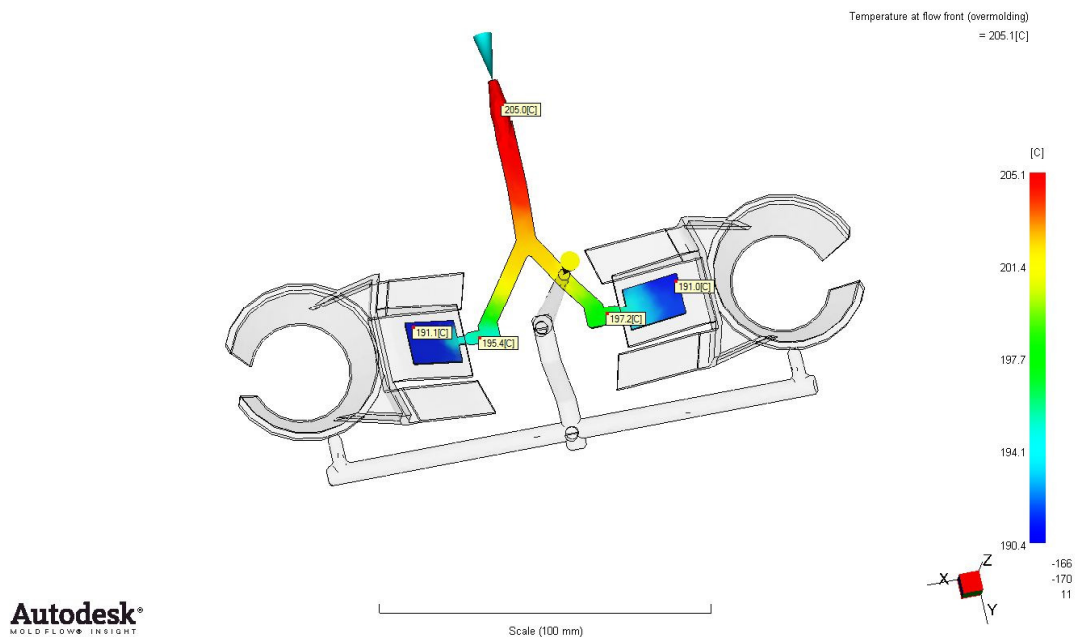
Obr. 83 Čas plnění (vertikální plastikační jednotka)

Čas naplnění Tvarové dutiny pro tělo držáku je 0,876s a pro naplnění tvarové dutiny pro adhezni vložku je 0,839s. Čas je přibližně stejný pro větší dutiny jak pro menší dutiny. Tato skutečnost je způsobena rozdílnými tokovými vlastnostmi PP a TPE-V. V následujících analýzách jsou uvedeny další vlastnosti při plnění dutin formy pro tento výrobek.

### 7.5.3 Teplota na čele taveniny



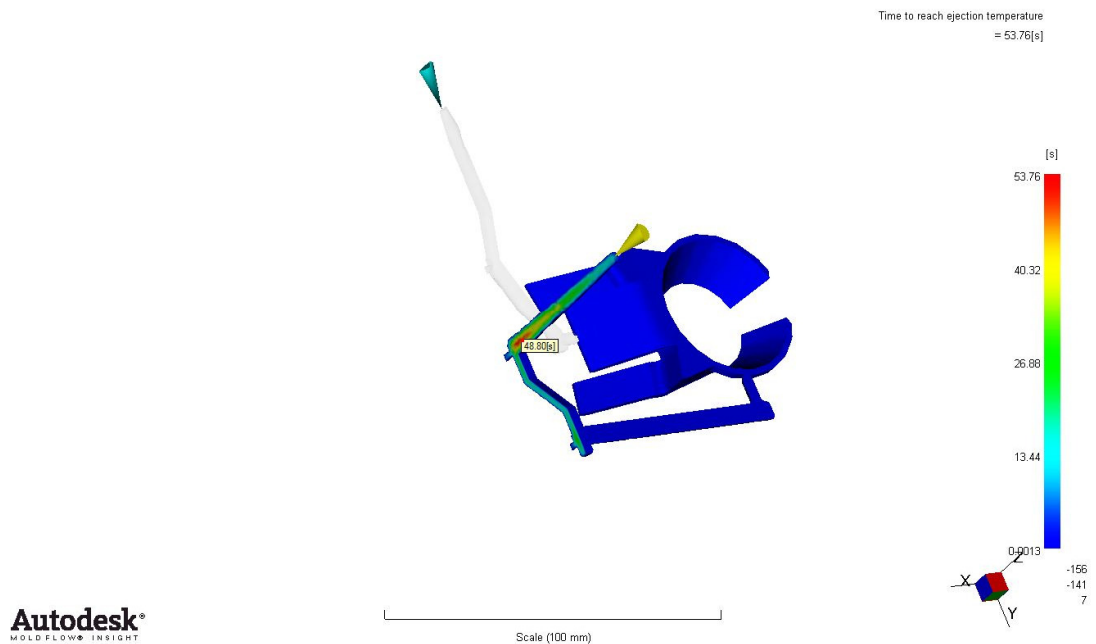
Obr. 84 Teplota na čele taveniny (horizontální plastikační jednotka)



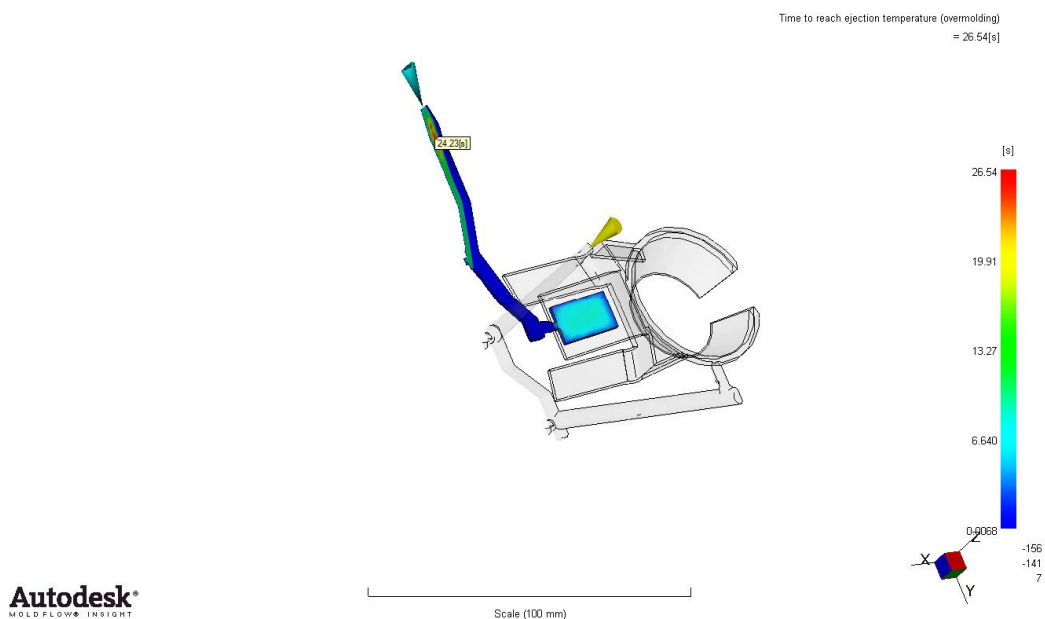
Obr. 85 Teplota na čele taveniny (vertikální plastikační jednotka)

Teplota na čele taveniny ve vtokových kanálech klesá u h.pl.j méně z důvodu větší disipace tepla než u v.pl.j. Do tvarových dutin vstupují materiály ve formě taveniny a dotečou do všech míst tvarové dutiny také ve formě taveniny. Další optimalizace je možná ve změně procesních podmínek. Nejvíce se teploty měnily v závislosti na teplotě taveniny na vstupu do rozvodných kanálů.

### 7.5.4 Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty



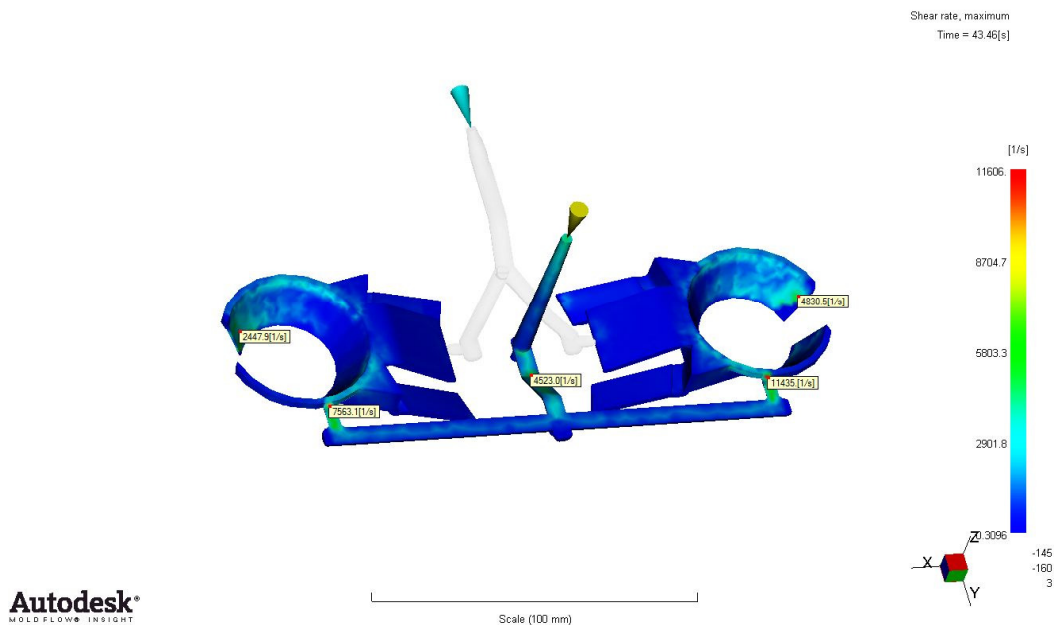
Obr.86 Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty (horizontální plastikační jednotka)



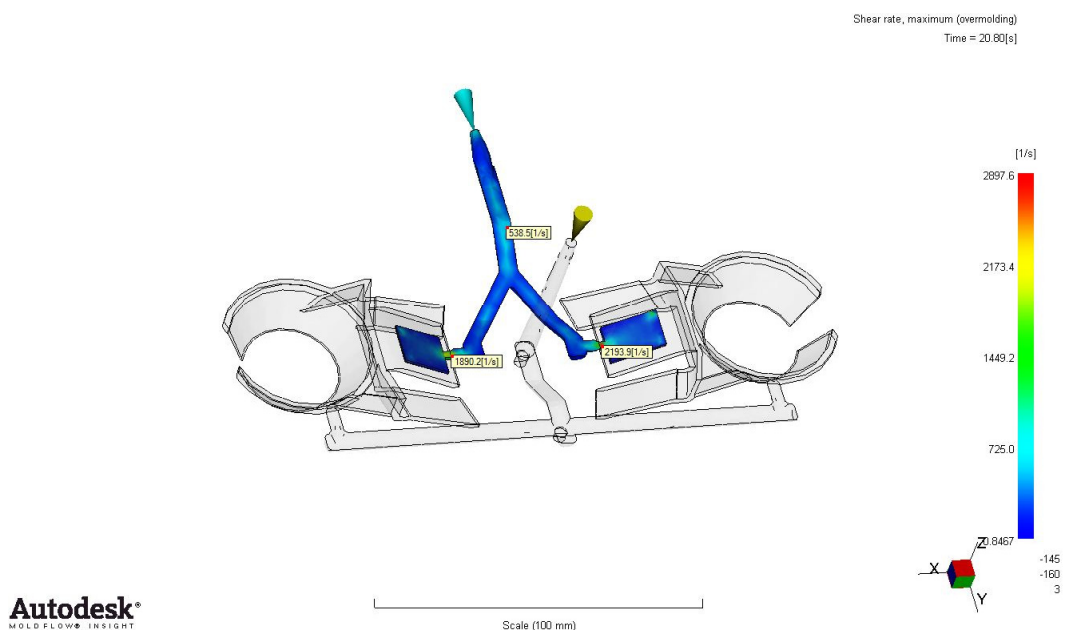
Obr. 87 Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty (vertikální plastikační jednotka)

Teplota klesne na vyhazovací teplotu, kdy je možno výrobek z formy bez problémů odformovat za 53s (h.pl.j.) a 26s (v.pl.j.). Nejdéle trvá vychlazení v místech vtokových kuželů, kde je největší objem materiálu. Ovšem výrobek by bylo možné vyhodit i tímto faktem, že jádra vtokových zbytku ještě nejsou vychlazený na vyhazovací teplotu. Urychlení by bylo možné změnou procesních podmínek, případně zintenzivněním chlazení, které ale není ve 3D analýze počítáno.

### 7.5.5 Rychlost smykové deformace



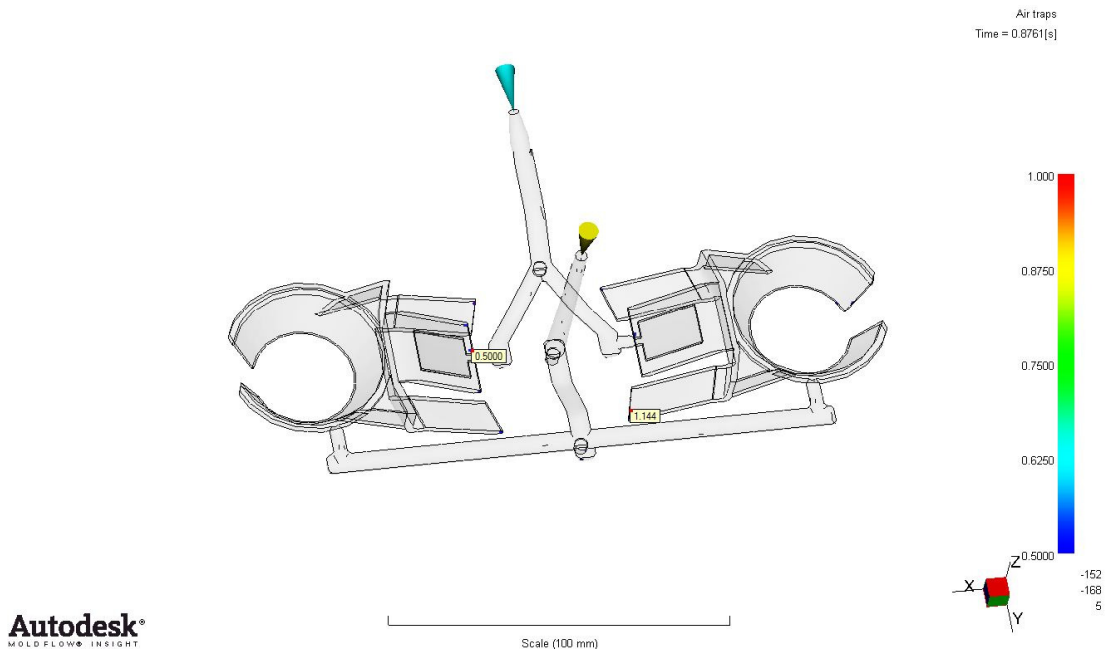
Obr. 88 Rychlost smykové deformace (horizontální plastikační jednotka)



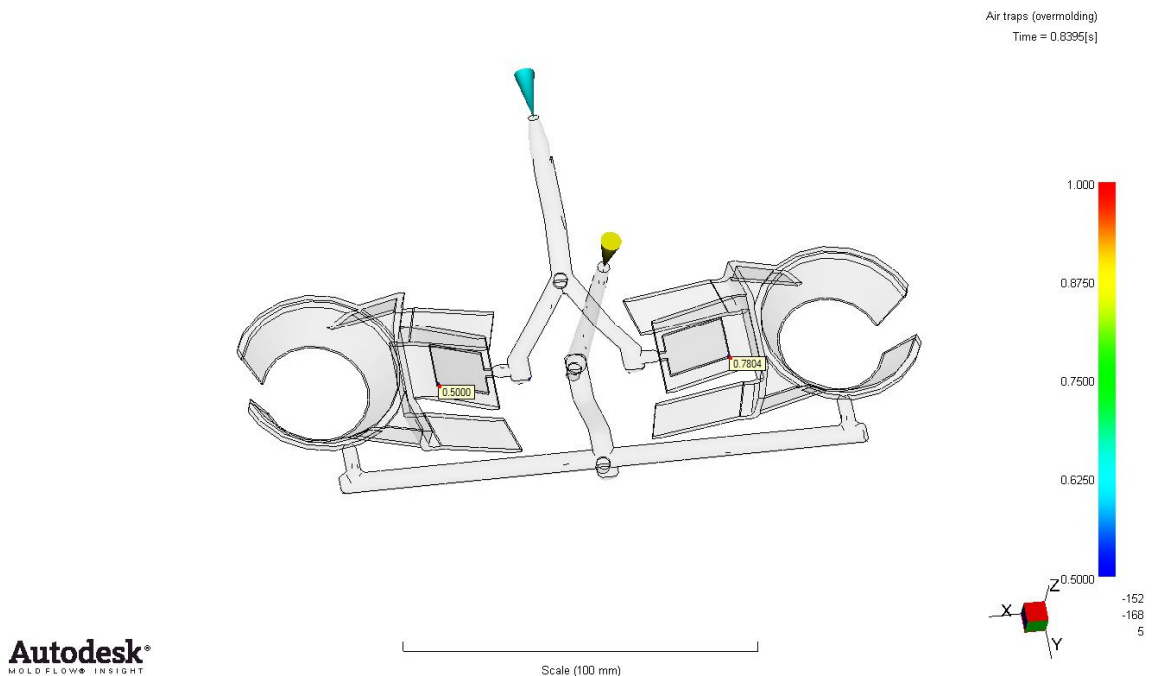
Obr. 89 Rychlost smykové deformace (vertikální plastikační jednotka)

Rychlost smykové deformace je největší ve vtokových kanálech a ve vtokových ústích. Maximální hodnota ale nepřekračuje maximální povolenou pro daný materiál (100000 1/s PP, 40000 1/s ABS). Toto zvýšení rychlosti smykové deformace zajistí díky disipaci tepla zvýšení teploty taveniny při vstupu do tvarových dutin, jak bylo popsáno v analýze pro zkušební tělesa.

## 7.5.6 Vzduchové kapsy



Obr. 90 Vzduchové kapsy (horizontální plastikační jednotka)

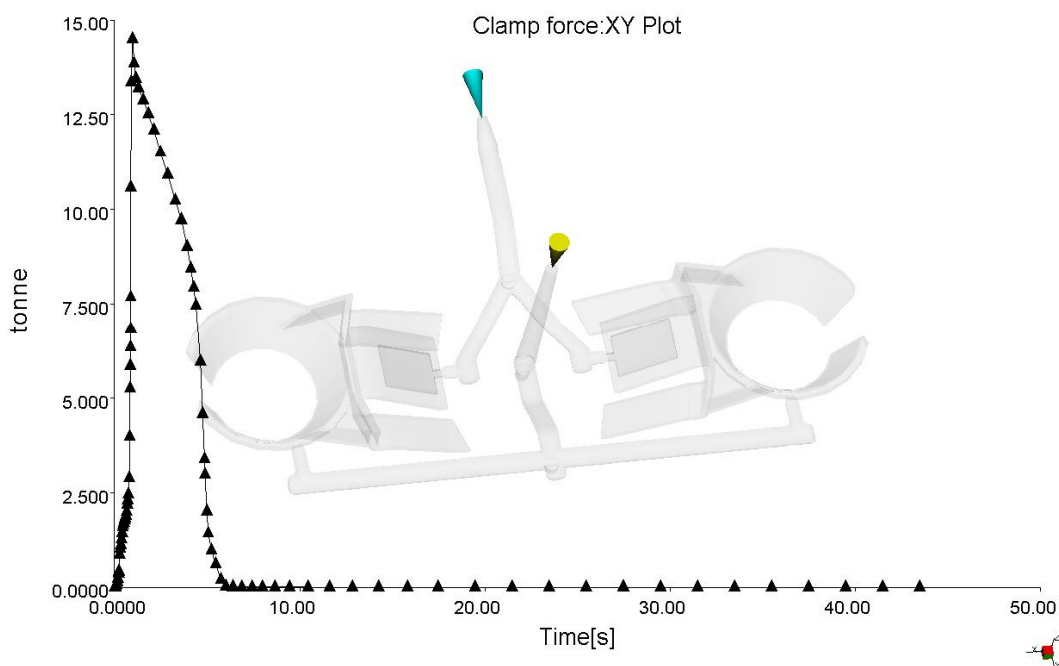


Obr. 91 Vzduchové kapsy (vertikální plastikační jednotka)

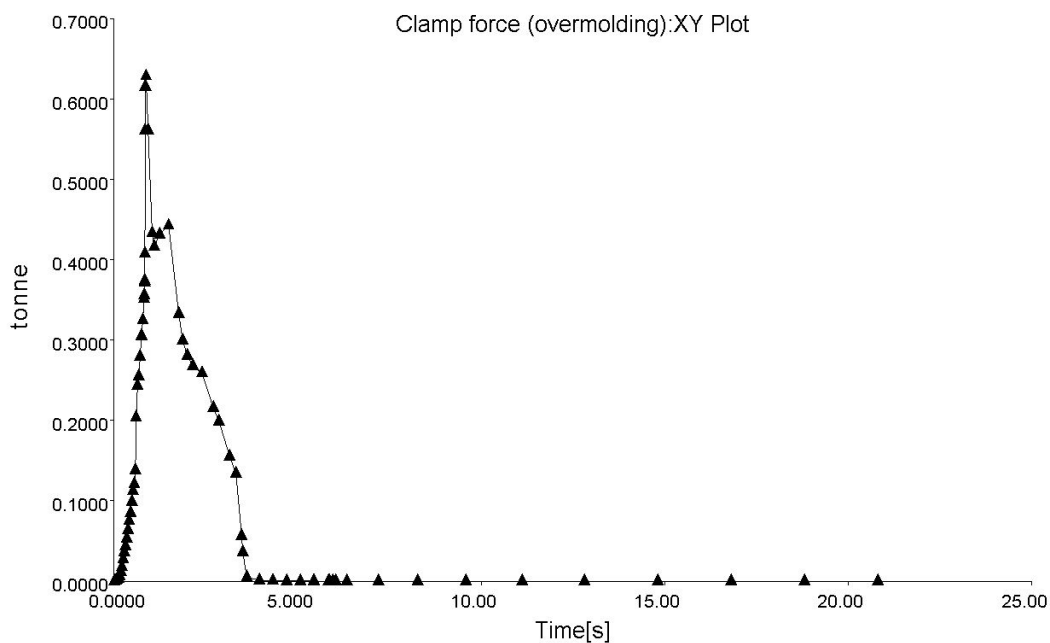
Vzduchové kapsy jsou dle analýzy pravděpodobné v rozích výrobku, kde dojde k uzavření vzduchu mezi čelem taveniny a dutiny formy. Místa jsou v oblastech, kde nevádí z ohledem na mechanické vlastnosti změněné uzavřením vzduchu v těchto místech.



### 7.5.7 Uzavírací síla



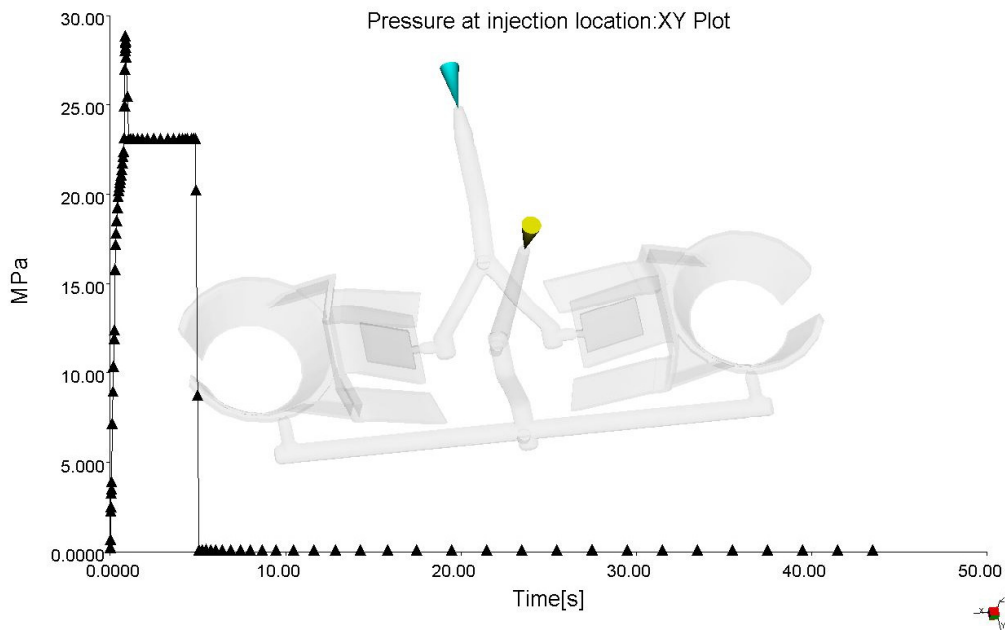
Obr. 92 Průběh uzavírací síly (horizontální plastikační jednotka)



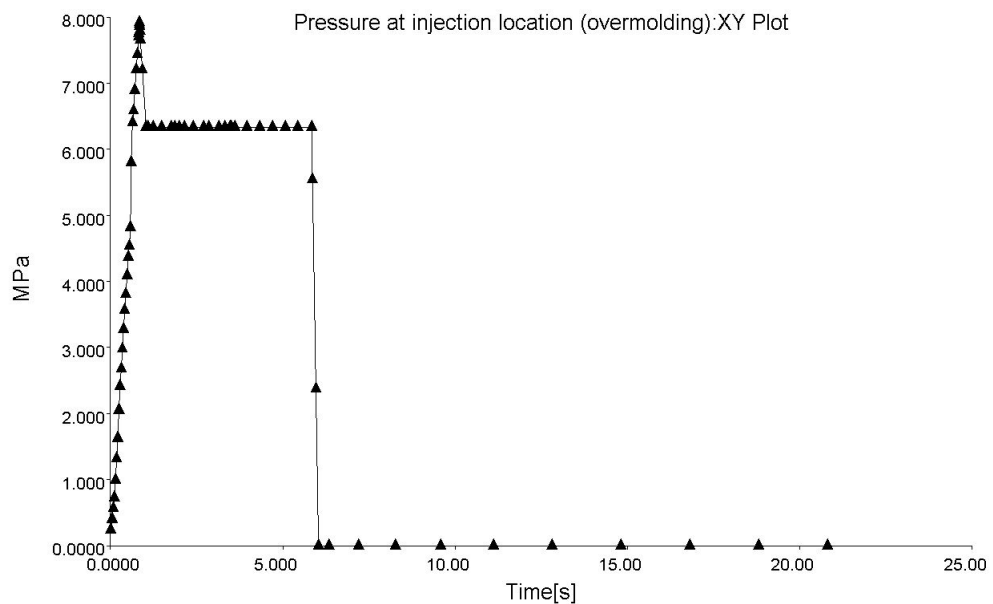
Obr. 93 Průběh uzavírací síly (vertikální plastikační jednotka)

Průběh uzavírací síly (0,65-15 tun) v dělicí rovině nepřesahuje maximální uzavírací sílu, kterou je schopen poskytnout stroj (60 tun). Je zde tedy předpoklad, že forma bude po celý cyklus bezpečně uzavřena a nedojde k pootevření.

### 7.5.8 Vstřikovací tlak



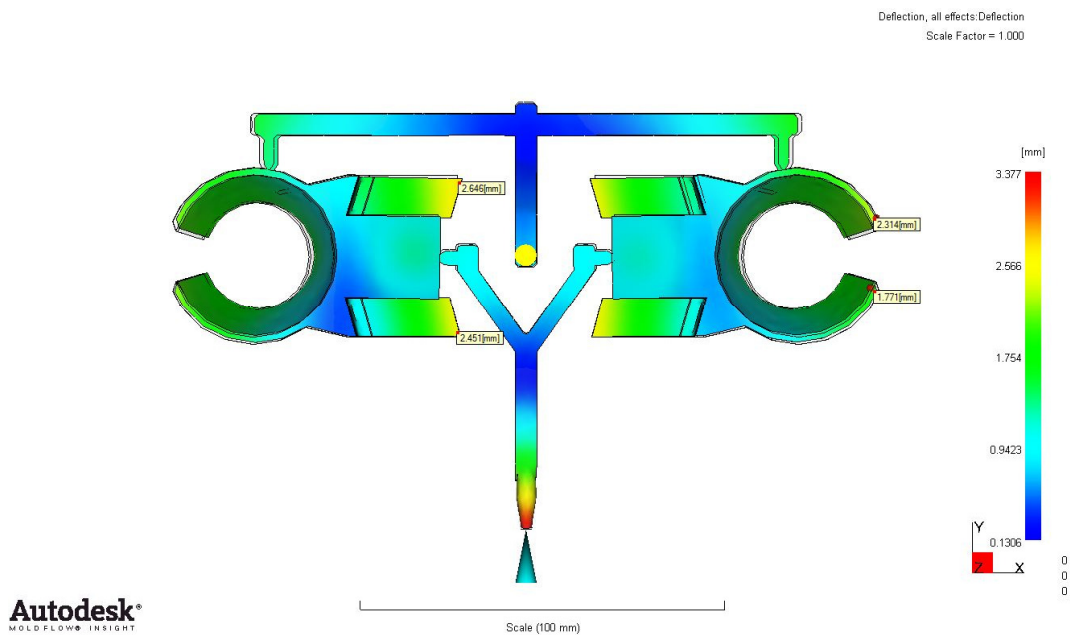
Obr. 94 Vstřikovací tlak (horizontální plastikační jednotka)



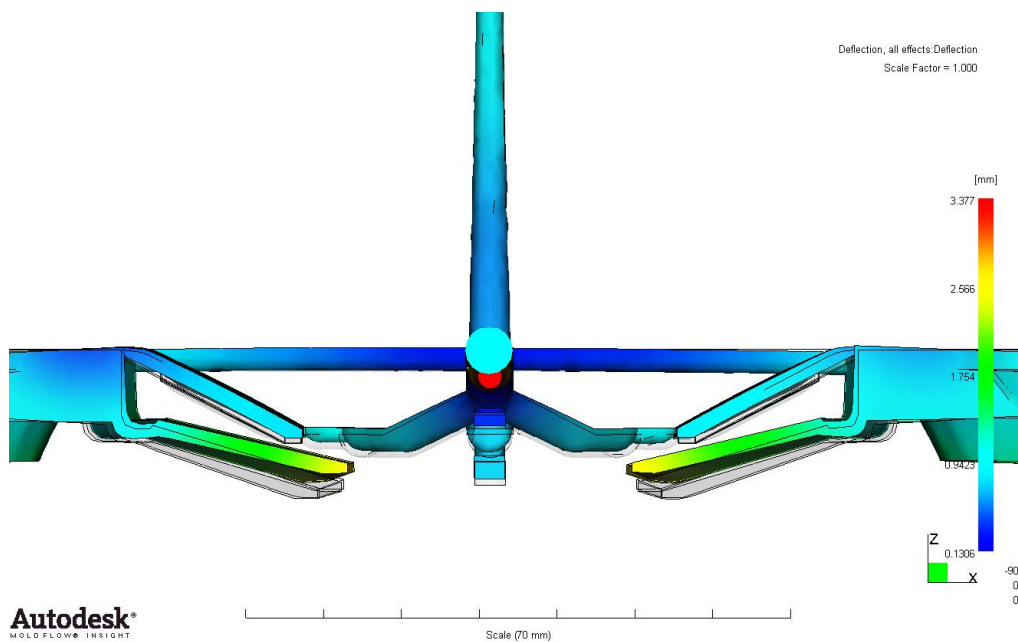
Obr. 95 Vstřikovací tlak (vertikální plastikační jednotka)

U v.pl.j je maximum vstřikovacího tlaku 8MPa u h.pl.j 30MPa. Po vstříknutí následuje pokles tlaku při sekvenci dotlaku, který je nastaven na 80% vstřikovacího tlaku. Po dotlaku následuje pokles tlaku až na tlak atmosferický při tuhnutí taveniny a dohlazování na vyhazovací teplotu. Tento průběh tlaku se promítne i do deformací, které jsou uvedeny níže.

## 7.5.9 Deformace



Obr. 96 Deformace výrobku varianty 1



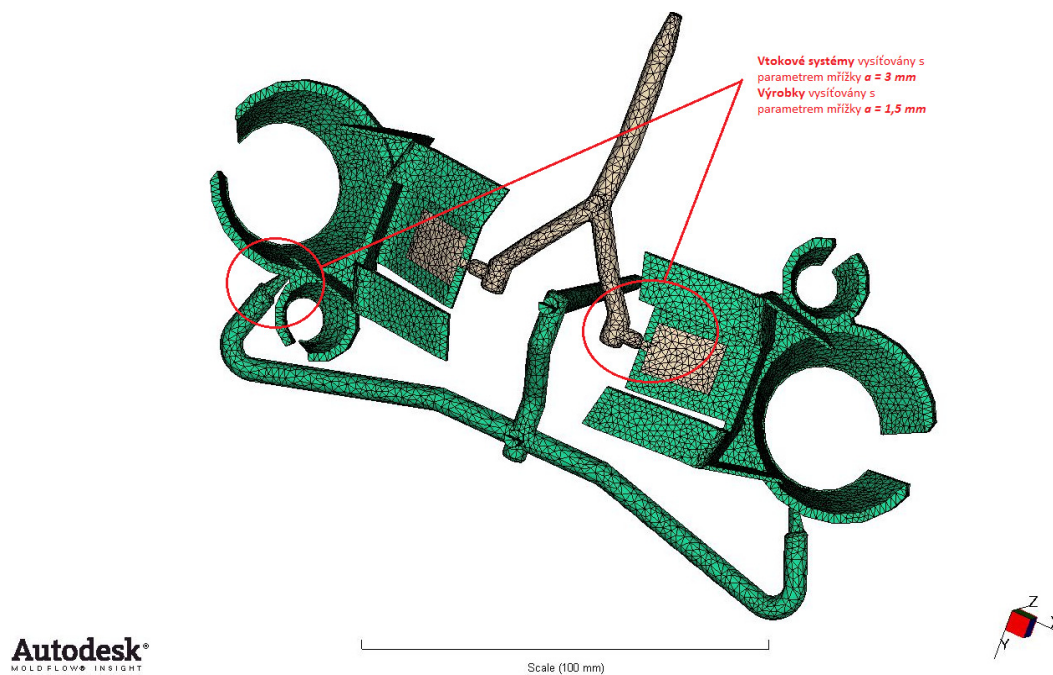
Obr. 97 Deformace výrobku varianty 1

Maximální deformace je ve vtokovém kuželu v.pl.j., zde nečiní žádný problém. Její hodnota je 3,4mm. Další deformace se nachází v rozevření úchyty na skleničku, kde došlo k rozevření, což nevádí při funkci. A další důležitá změna rozměru proběhla v oblasti úchytných ploch, kde došlo naopak k sevření, což je výhodné z hlediska úchytné síly va těleso talíře.

## 7.6 Výsledky analýzy pro formu na držák skleniček (2. Varianta)

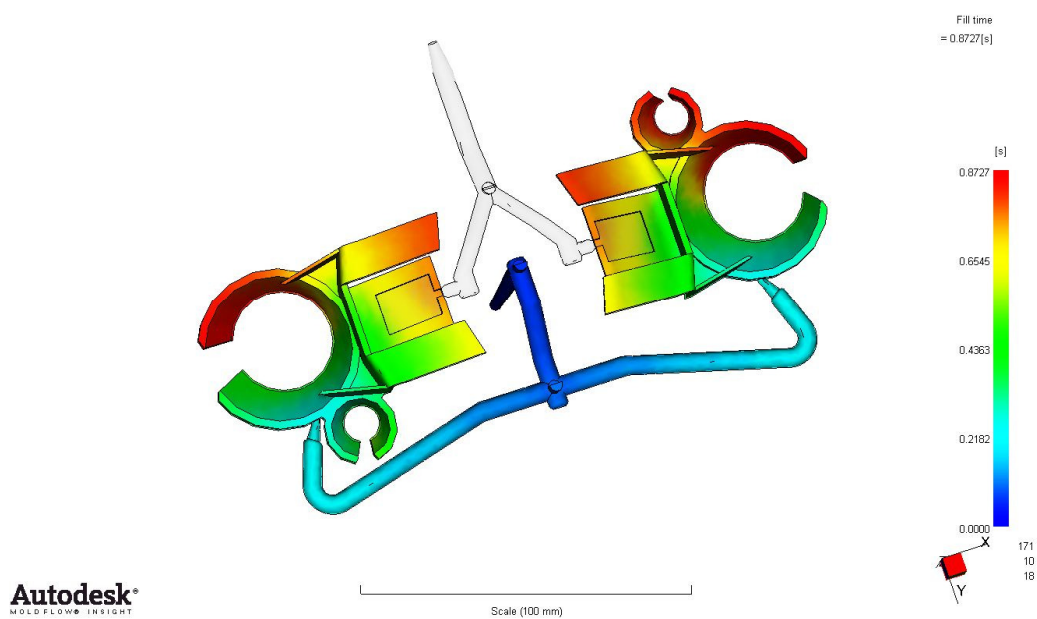
### 7.6.1 Vysít'ovaný výpočtový model

V oblastech tvarových dutin a vtokových ústí je snížen parametr mřížky o 50%.

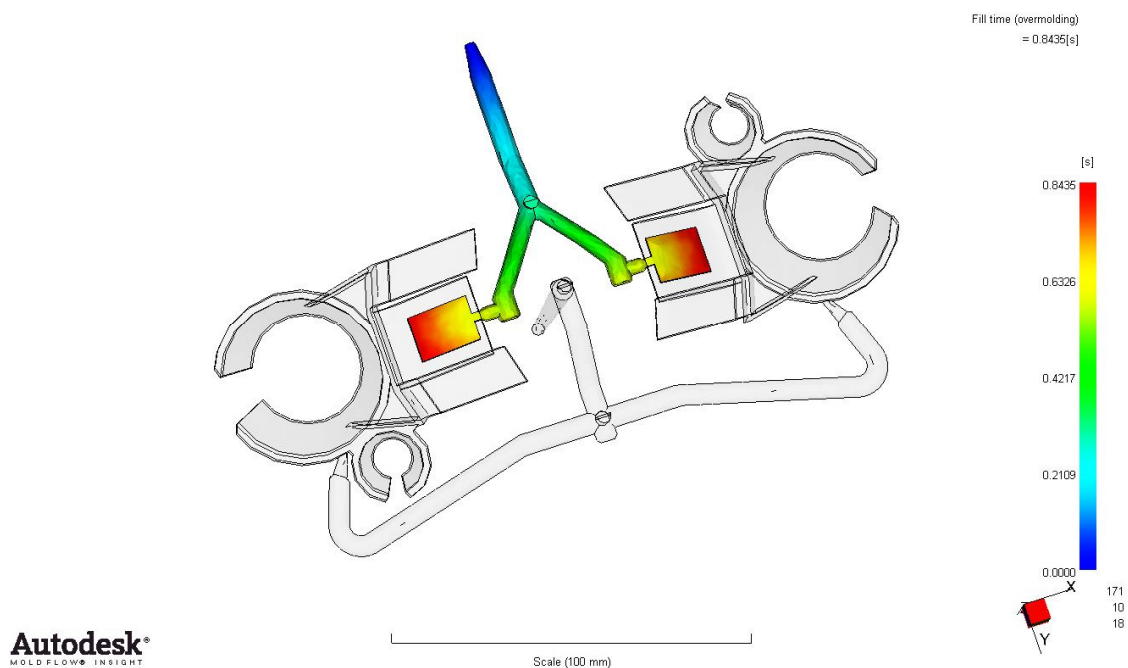


Obr. 98 Vysít'ovaný výpočtový model

### 7.6.2 Čas plnění



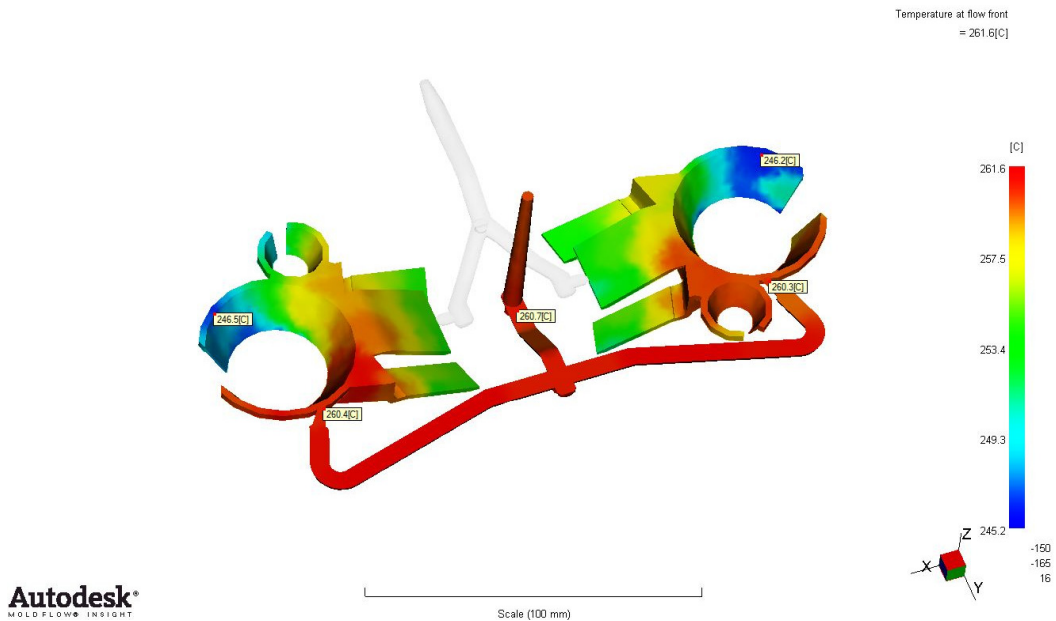
Obr. 99 Čas plnění (horizontální plastikační jednotka)



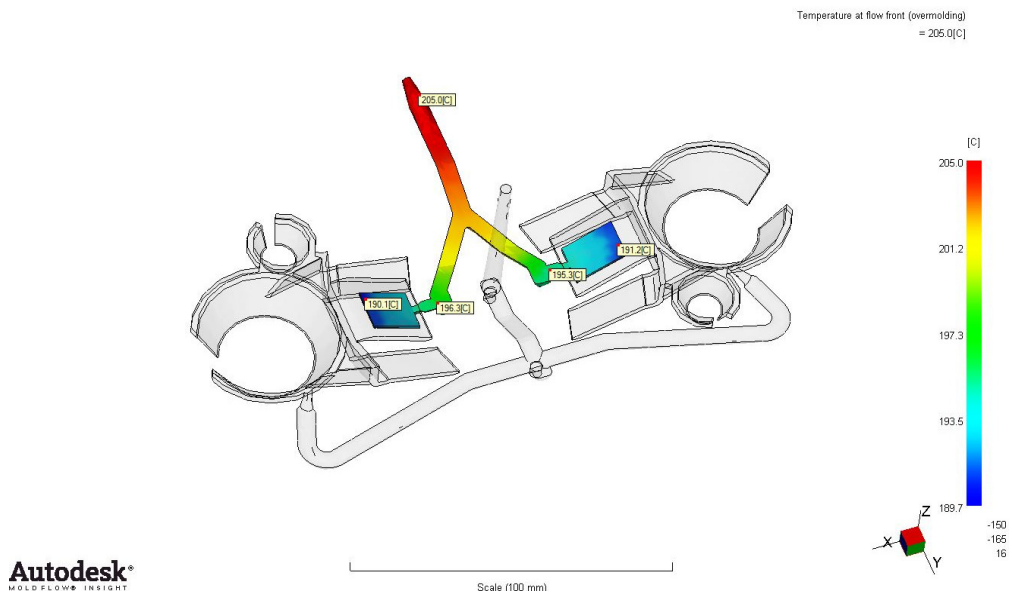
Obr. 100 Čas plnění (vertikální plastikační jednotka)

Čas naplnění Tvarové dutiny pro tělo držáku je 0,872s a pro naplnění tvarové dutiny pro adhezní vložku je 0,843s. Čas je přibližně stejný pro větší dutiny jak pro menší dutiny. Tato skutečnost je způsobena rozdílnými tokovými vlastnostmi PP a TPE-V. V následujících analýzách jsou uvedeny další vlastnosti při plnění dutin formy pro tento výrobek. Také je ověřeno, že změněný vtokový systém pro tělo držáku 2. varianty prakticky nemění čas plnění oproti tělu držáku 1. varianty.

7.6.3 Teplota na čele taveniny



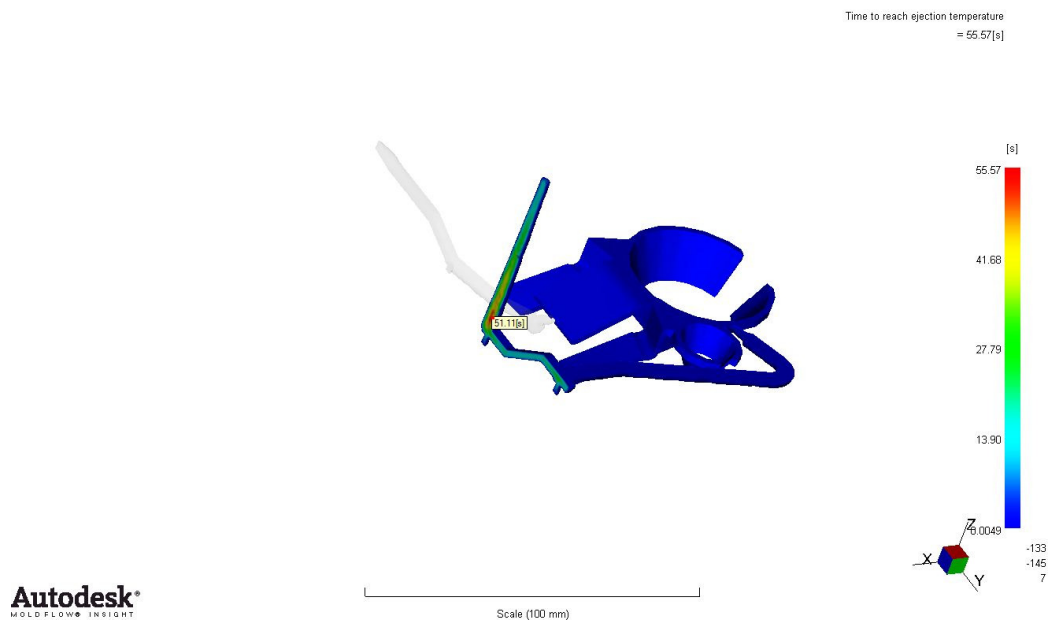
Obr. 101 Teplota na čele taveniny (horizontální plastikační jednotka)



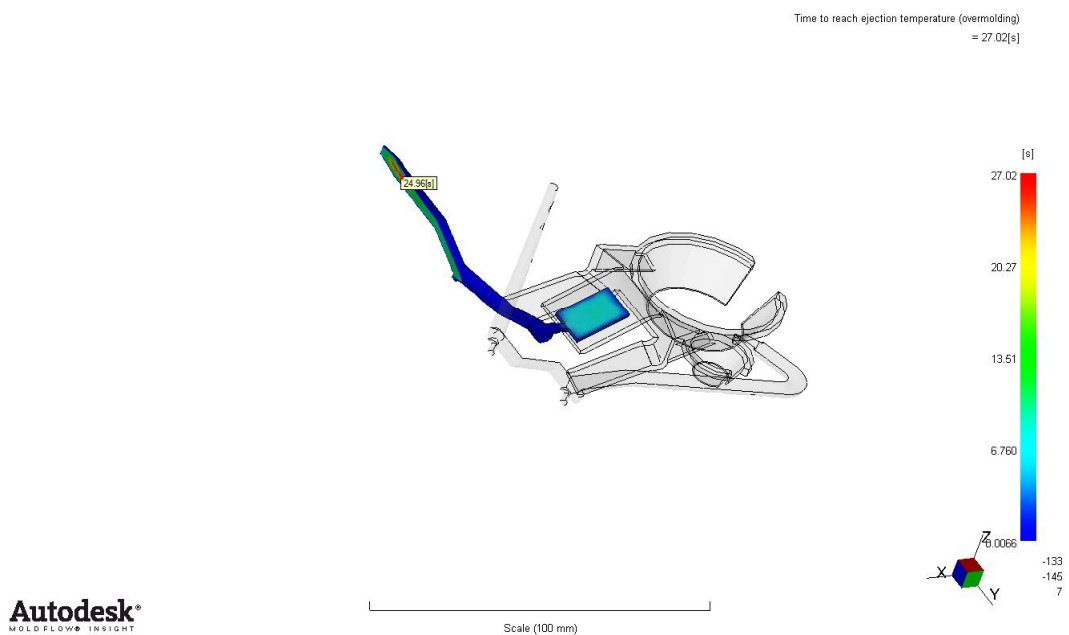
Obr. 102 Teplota na čele taveniny (vertikální plastikační jednotka)

Teplota na čele taveniny ve vtokových kanálech klesá u h.pl.j méně z důvodu větší disipace tepla než u v.pl.j. Do tvarových dutí vstupují materiály ve formě taveniny a dotečou do všech míst tvarové dutiny také ve formě taveniny. U h.pl.j. vstupuje tavenina do dutiny formy dokonce s o 0,4°C větší teplotou, než je vstřikovací teplota. Což také ukazuje na větší disipaci tepla ve vtokových kanálech u této varianty, než tomu je u 1.varianty výrobku. Další optimalizace je možná ve změně procesních podmínek. Nejvíce se teploty měnily v závislosti na teplotě taveniny na vstupu do rozvodných kanálů.

### 7.6.4 Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty



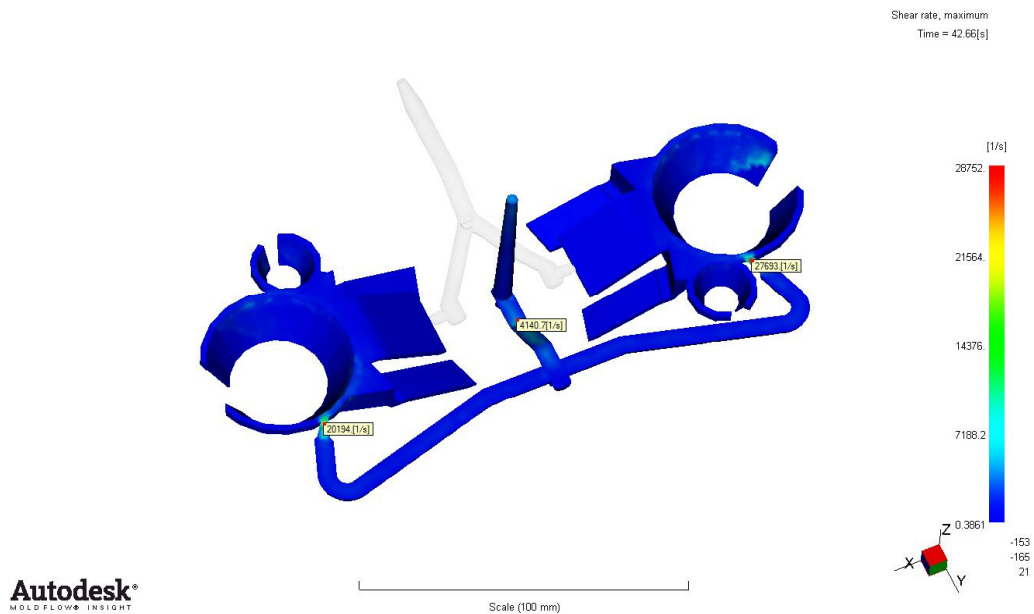
Obr. 103 Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty (horizontální plastikační jednotka)



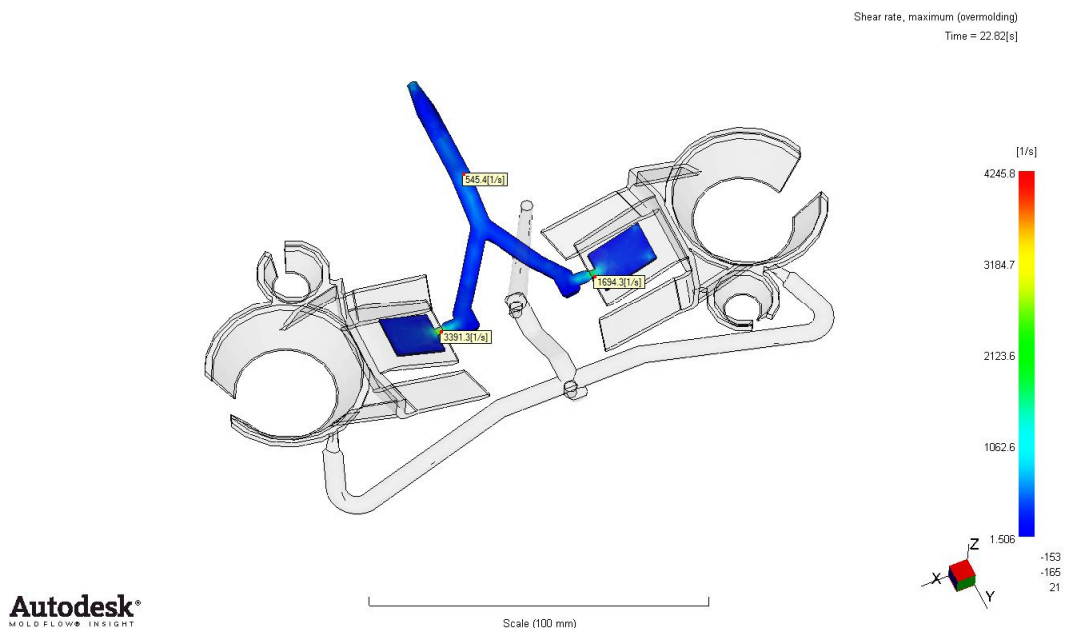
Obr. 104 Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty (vertikální plastikační jednotka)

Teplota klesne na vyhazovací teplotu, kdy je možno výrobek z formy bez problémů odformovat za 55s (h.pl.j.) a 27s (v.pl.j.). Nejdéle trvá vychlazení v místech vtokových kuželů, kde je největší objem materiálu. Ovšem výrobek by bylo možné vyhodit i tímto faktem, že jádra vtokových zbytku ještě nejsou vychlazená na vyhazovací teplotu. Urychlení by bylo možné změnou procesních podmínek případně zintenzivněním chlazení, které ale není ve 3D analýze počítáno.

## 7.6.5 Rychlost smykové deformace



Obr. 105 Rychlost smykové deformace (horizontální plastikační jednotka)

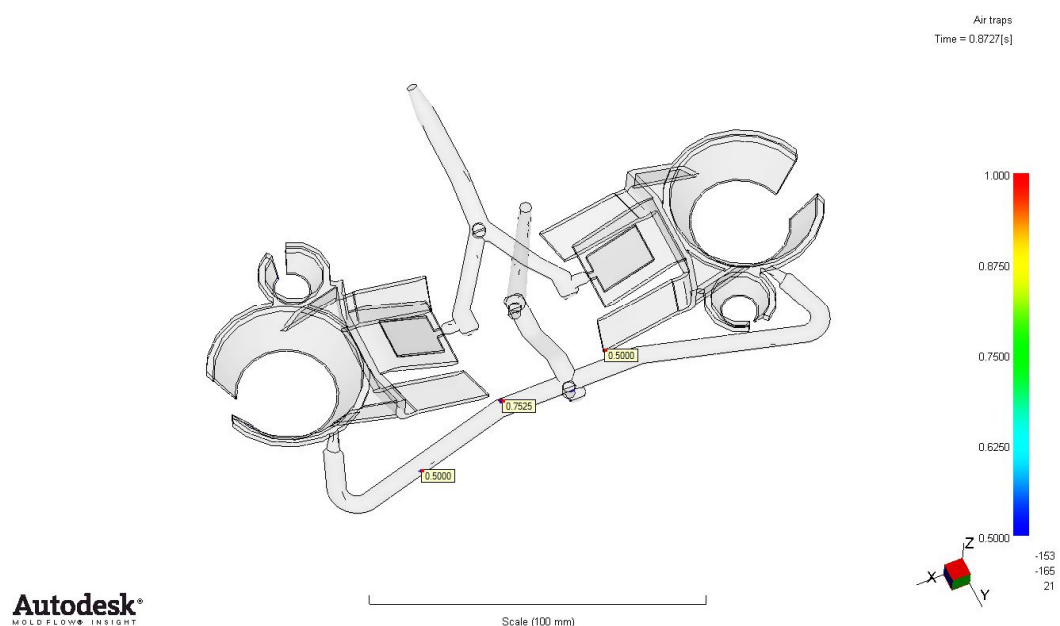


Obr. 106 Rychlost smykové deformace (vertikální plastikační jednotka)

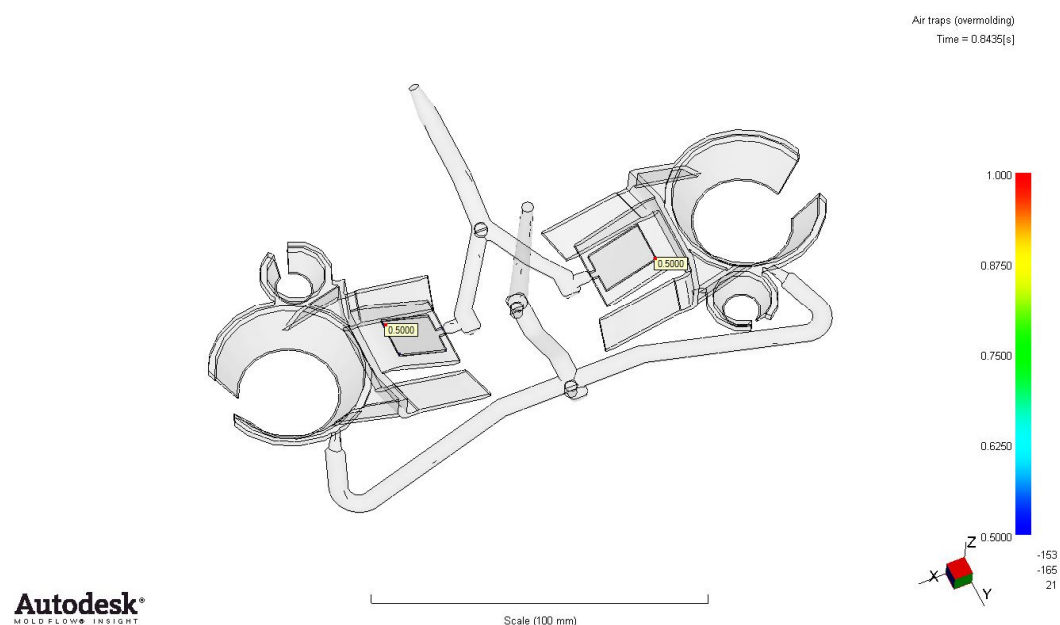
Rychlost smykové deformace je největší ve vtokových ústích. Maximální hodnota ale nepřekračuje maximální povolenou pro daný materiál (100000 1/s PP, 40000 1/s ABS). Toto zvýšení rychlosti smykové deformace zajistí díky disipaci tepla zvýšení teploty taveniny při vstupu do tvarových dutin a tím lepší a rychlejší zaplnění tvarových dutin, jak bylo popsáno v analýze pro zkušební tělesa.



## 7.6.6 Vzduchové kapsy



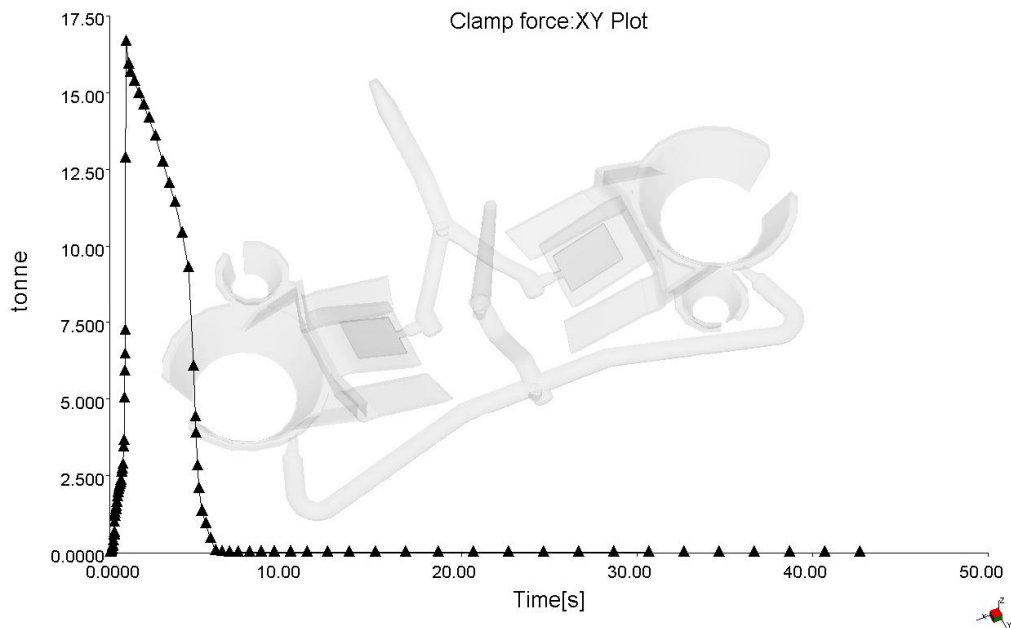
Obr. 107 Vzduchové kapsy (horizontální plastikační jednotka)



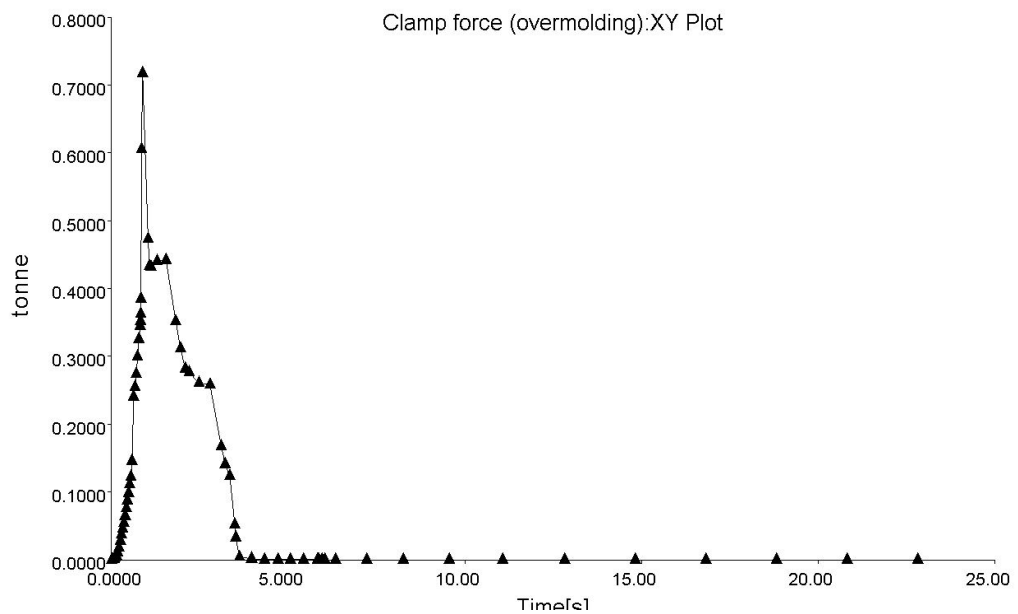
Obr. 108 Vzduchové kapsy (vertikální plastikační jednotka)

Vzduchové kapsy jsou dle analýzy pravděpodobné v rozích výrobku, kde dojde k uzavření vzduchu mezi čelem taveniny a dutiny formy. Místa jsou v oblastech, kde nevádí z ohledem na mechanické vlastnosti změněné uzavřením vzduchu v těchto místech. Jejich výskyt je také predikován ve vtokovém systému pro tělo držáku, kde ale nevytváří žádný problém.

## 7.6.7 Uzavírací síla



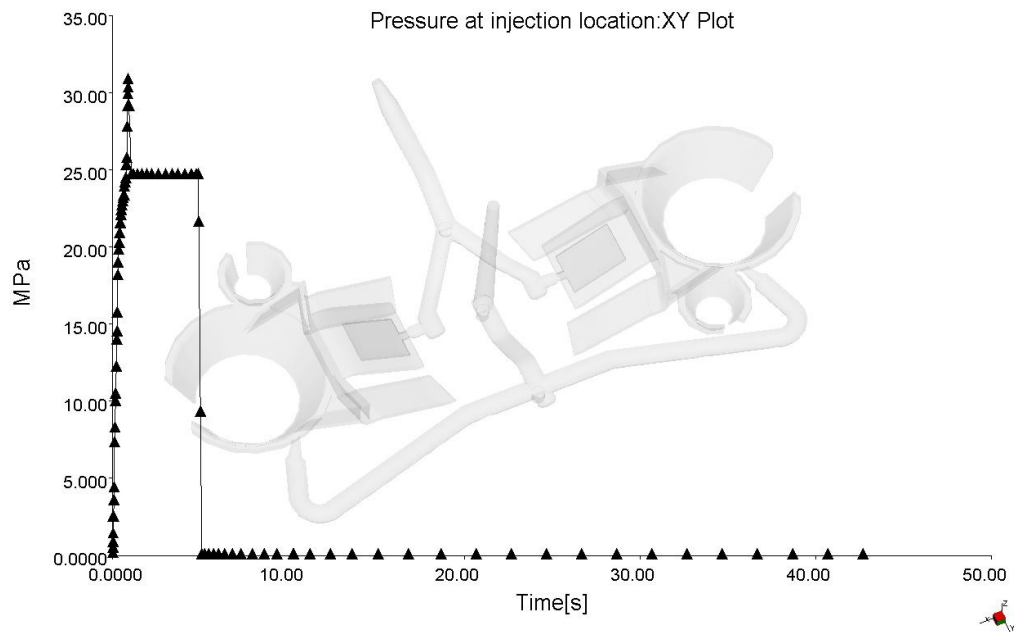
Obr. 109 Průběh uzavírací síly (horizontální plastikační jednotka)



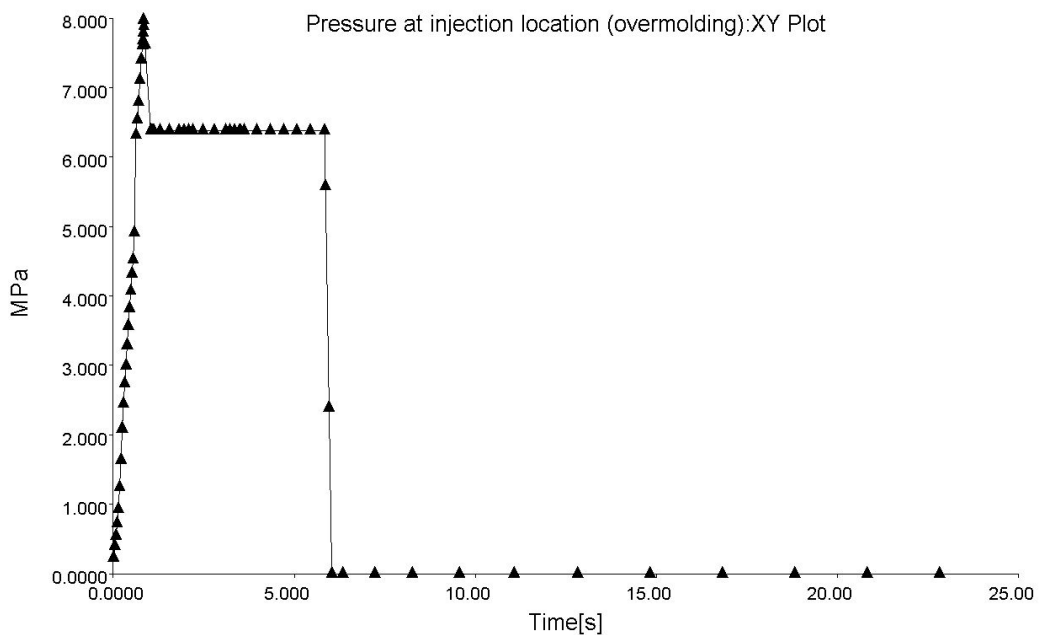
Obr. 110 Průběh uzavírací síly (vertikální plastikační jednotka)

Průběh uzavírací síly (0,75-17,5 tun) v dělicí rovině nepřesahuje maximální uzavírací sílu, kterou je schopen poskytnout stroj (60 tun). Je zde tedy předpoklad, že forma bude po celý cyklus bezpečně uzavřená a nedojde k pootevření. Větší uzavírací síla u této varianty než u 1. Varianty je logický s ohledem na větší a komplikovanější tvarovou dutinu.

### 7.6.8 Vstřikovací tlak



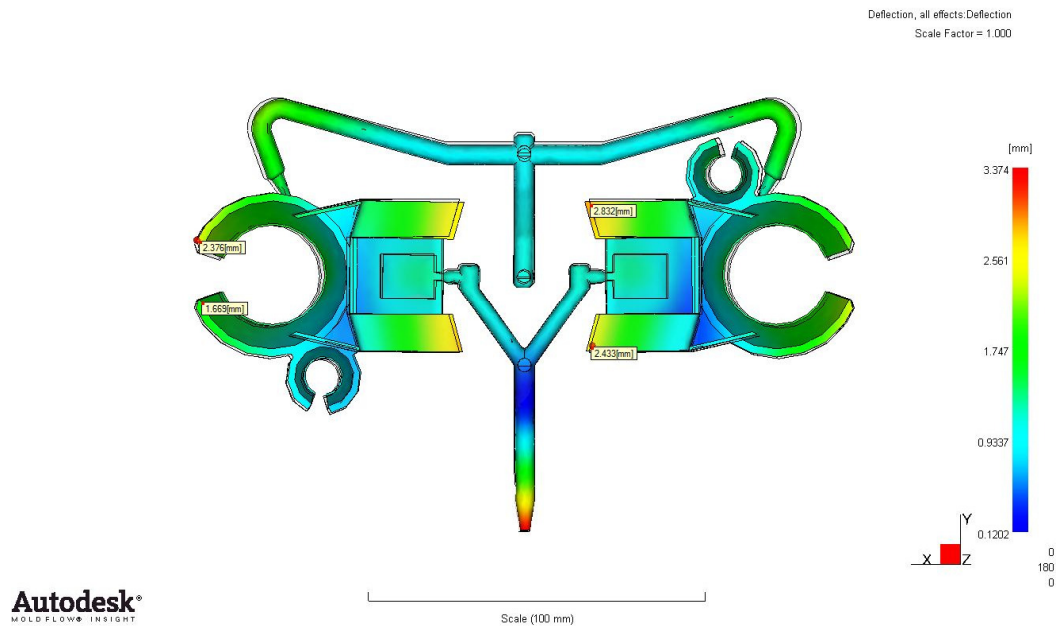
Obr. 111 Vstřikovací tlak (horizontální plastikační jednotka)



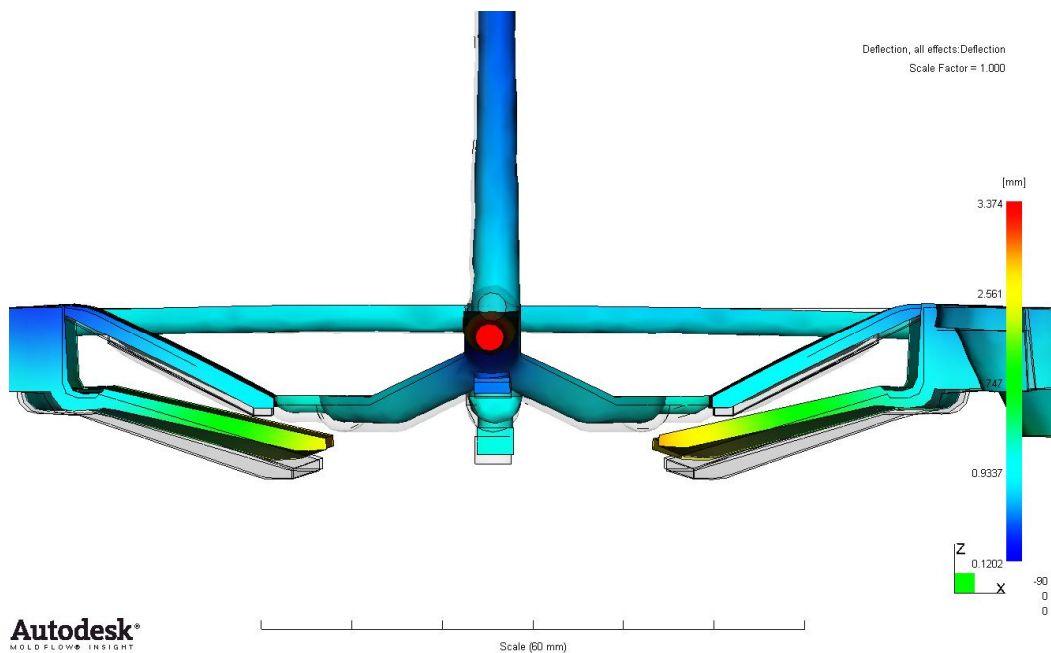
Obr. 112 Vstřikovací tlak (vertikální plastikační jednotka)

U v.pl.j je maximum vstřikovacího tlaku 8MPa u h.pl.j 35MPa. Po vstříknutí následuje pokles tlaku při sekvenci dotlaku, který je nastaven na 80% vstřikovacího tlaku. Po dotlaku následuje pokles tlaku až na tlak atmosferický, při tuhnutí taveniny a dohlazování na vyhazovací teplotu. Tento průběh tlaku se promítne i do deformací, které jsou uvedeny níže.

## 7.6.9 Deformace



Obr. 113 Deformace výrobku varianty 2



Obr. 114 deformace výrobku varianty 2

Maximální deformace je ve vtokovém kuželu v.pl.j., zde nečiní žádný problém. Její hodnota je 3,4mm. Další deformace se nachází v rozevření úchytu na skleničku a dezertní vydličku, kde došlo k rozevření, což nevádí při funkci výrobku. A další důležitá změna rozměru proběhla v oblasti úchytných ploch, kde došlo naopak k sevření, což je výhodné z hlediska úchytné síly na těleso talíře.

## ZÁVĚR

V diplomové práci byla popsána teorie ke vstřikování plastů včetně zásad při konstrukci forem a teoretické základy k vícekomponentnímu vstřikování plastů. Teorie k technologii vstřikování plastů se týkala hlavně informací ohledně vstřikovacího stroje, vstřikovacích forem, výrobního cyklu a materiálu. Materiály jsou popsány z pohledu hlavního rozdělení a postupu přípravy a zpracování. Teorie ke konstrukci forem kladla důraz na uvedení všech zásadních systémů forem včetně informací ke zprávnému zaformování výstřiku. V práci byly zpracovány i informace k vícekomponentnímu vstřikování a byly uvedeny a popsány všechny nejdůležitější techniky tohoto sofistikovaného odvětví v technologii vstřikování plastů.

Konstrukční návrh forem byl zhotoven pro dvě formy. Jedna forma je na výrobu zkušebních těles a druhá pro výrobu držáku skleniček. Formy splňují všechny požadavky, které na ně byli kladeny. Jedná se o formy pro dvoukomponentní vstřikování. Formy jsou pro typ stroje který má jednu vertikální plastikační jednotku a jednu horizontální plastikační jednotku. Obě dvě formy jsou prakticky ukázkou jak funguje technika Core-Back u vícekomponentního vstřikování. Konečný konstrukční návrh byl simulován pomocí tokových analýz.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BOBČÍK, L. A KOLEKTIV: Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů, Uniplast, 1999, Brno
- [2] BLAŽÁK, J.: Výroba výukového modelu rozvodných trysek pro vstřikování, Bakalářská práce, FT UTB Zlín, 2010
- [3] BOBČÍK, L. A KOLEKTIV: Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů, Uniplast, 1999, Brno
- [4] NESVADBA, M.: Konstrukce vstřikovací formy pro výrobek z termoplastu, Diplomová práce, FT UTB Zlín, 2007
- [5] Katalog normálií HASCO [online]. [cit. 2012-10-1].  
Dostupný z WWW: < <http://www.hasco.com> >
- [6] PÖTSCH, Gerd., MICHAELLI, Walter. Injection Molding – An Introduction. Munich: Hanser Publisher, 1995, ISBN 978-3-446-40635-3
- [7] GREGOR, O.: Konstrukce vstřikovací formy pro vícekomponentní vstřikování, Diplomová práce, FT UTB Zlín, 2008
- [8] Vizuální podklady [online]. [cit. 2012-12-1].  
Dostupný z WWW: < <http://www.britishplastics.co.uk> >
- [9] Vizuální podklady [online]. [cit. 2012-10-5].  
Dostupný z WWW: < <http://www.arburg.com> >

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

- v.pl.j. Vertikální plastikační jednotka.  
h.pl.j. Horizontální plastikační jednotka.  
PP Polypropylen.  
TPE Termoplastický elastomer  
ABS Akrylonitrilbutadienstyren

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Technologie vstřikování plastů.....	13
Obr. 2 Vstřikovací stroj [2].....	14
Obr. 3 Vstřikovací forma .....	15
Obr. 4 Výrobní cyklus [2] .....	16
Obr. 5 Rozdělení polymerů.....	17
Obr. 6 Body realizace formy .....	21
Obr. 7 Smrštění.....	24
Obr. 8 Studený vtokový systém [4].....	26
Obr. 9 Zásady volby studeného vtokového systému.....	27
Obr. 10 Průřezy vtokových kanálů.....	27
Obr. 11 Větvení vtokových kanálů .....	27
Obr. 12 Vyvážení vtokových kanálů.....	28
Obr. 13 Podkoso u přidržovače vtoku.....	28
Obr. 14 Zachycení čela taveniny.....	28
Obr. 15 Typy vtokových ústí [4].....	30
Obr. 16 Vyhřívání vtokový systém od výrobce HASCO [5] .....	32
Obr. 17 Přímou vyhřívání trysky [4] .....	33
Obr. 18 Příklady rozvodných bloků „I“, „H“, „X“ [5].....	34
Obr. 19 Příklad formy s vyhříváním vtokovým systémem [5].....	34
Obr. 20 Příklady vyhazovacích kolíků [5] .....	36
Obr. 21 Způsoby vyhazování [5] .....	37
Obr. 22 Způsoby vyhazování (pomocí stírací desky) [5].....	37
Obr. 23 Volba temperančních kanálu [3].....	40
Obr. 24 Příklady temperace desek. [3].....	42
Obr. 25 Příklady temperance tvárníků [5] .....	43
Obr. 26 Rozdělení vícekomponentního vstřikování .....	44
Obr. 27 Rozhraní materiálů .....	45
Obr. 28 Princip rotační techniky. [6] .....	46
Obr. 29 Nejrozšířenější systémy rotační techniky. [6].....	46
Obr. 30 Princip rotační techniky. [6] .....	47
Obr. 31 Princip standardního sendvičového vstřikování. [6] .....	48



Obr. 32 Princip monosendvičového vstřikování. [7].....	49
Obr. 33 Řez výstřikem .....	49
Obr. 34 Princip vstřikování za pomoci kapaliny [8].....	50
Obr. 35 Zkušební tělesa .....	54
Obr. 36 Rozměry formy .....	55
Obr. 37 Vstřikovací forma .....	56
Obr. 38 Vstřikovací strana formy .....	56
Obr. 39 Vyhazovací strana formy .....	57
Obr. 40 Vyhazovací systém .....	57
Obr. 41 Vtokový systém .....	58
Obr. 42 Výsledný výstřik včetně vtokových zbytků .....	59
Obr. 43 Vtokové ústí.....	59
Obr. 44 Temperační systém formy 1.....	60
Obr. 45 Technika Core-Back (z přední strany).....	61
Obr.46 Technika Core-Back (ze zadní strany).....	62
Obr. 47 Hydraulický válec s krátkým zdvihem Z236/10x10 (HASCO) [5].....	62
Obr. 48 Variace rozhraní materiálů .....	63
Obr. 49 Varianty výrobků .....	64
Obr. 50 Demonstrace funkce .....	65
Obr. 51 Rozměry formy .....	66
Obr. 52 Vstřikovací forma .....	67
Obr. 53 Vstřikovací strana formy .....	67
Obr. 54 Vyhazovací strana formy .....	68
Obr. 55 Vyhazovací systém .....	68
Obr. 56 Vtokový systém pro variantu 1 .....	69
Obr. 57 Vtokový systém pro variantu 2 .....	69
Obr. 59 Rozměry vtokových ústí .....	70
Obr. 58 Výsledné výstřiky včetně vtokových zbytků .....	70
Obr. 60 Temperační systém .....	71
Obr. 61 Core-Back technika (z přední strany) .....	72
Obr. 62 Core-Back technika (detail).....	73
Obr. 63 Core-Back technika (ze zadní strany).....	73
Obr. 64 Vstřikovací stroj [9].....	74

Obr. 65 Vysířovaný výpočtový model.....	82
Obr. 66 Čas plnění (vertikální plastikační jednotka).....	83
Obr. 67 Čas plnění (horizontální plastikační jednotka).....	83
Obr. 68 Teplota na čele taveniny (vertikální plastikační jednotka).....	84
Obr. 69 Teplota na čele taveniny (horizontální plastikační jednotka).....	84
Obr. 70 Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty (vertikální plastikační jednotka).....	85
Obr. 71 Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty (horizontální plastikační jednotka).....	85
Obr. 72 Rychlost smykové deformace (vertikální plastikační jednotka).....	86
Obr. 73 Rychlost smykové deformace (horizontální plastikační jednotka).....	86
Obr. 74 Vzduchové kapsy (vertikální plastikační jednotka).....	87
Obr. 75 Vzduchové kapsy (horizontální plastikační jednotka).....	87
Obr. 76 Průběh uzavírací síly (vertikální plastikační jednotka).....	88
Obrázek 77 Průběh uzavírací síly (horizontální plastikační jednotka).....	88
Obr. 78 Vstřikovací tlak (vertikální plastikační jednotka).....	89
Obr. 79 Vstřikovací tlak (horizontální plastikační jednotka).....	89
Obr. 80 Deformace zkušebních těles .....	90
Obr.81 Vysířovaný výpočtový model.....	91
Obr. 82 Čas plnění (horizontální plastikační jednotka).....	91
Obr. 83 Čas plnění (vertikální plastikační jednotka).....	92
Obr. 84 Teplota na čele taveniny (horizontální plastikační jednotka).....	93
Obr. 85 Teplota na čele taveniny (vertikální plastikační jednotka).....	93
Obr.86 Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty (horizontální plastikační jednotka).....	94
Obr. 87 Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty (vertikální plastikační jednotka).....	94
Obr. 88 Rychlost smykové deformace (horizontální plastikační jednotka).....	95
Obr. 89 Rychlost smykové deformace (vertikální plastikační jednotka).....	95
Obr. 90 Vzduchové kapsy (horizontální plastikační jednotka).....	96
Obr. 91 Vzduchové kapsy (vertikální plastikační jednotka).....	96
Obr. 92 Průběh uzavírací síly (horizontální plastikační jednotka).....	97
Obr. 93 Průběh uzavírací síly (vertikální plastikační jednotka).....	97
Obr. 94 Vstřikovací tlak (horizontální plastikační jednotka).....	98
Obr. 95 Vstřikovací tlak (vertikální plastikační jednotka).....	98

Obr. 96 Deformace výrobku varianty 1 .....	99
Obr. 97 Deformace výrobku varianty 1 .....	99
Obr. 98 Vysířovaný výpočtový model.....	100
Obr. 99 Čas plnění (horizontální plastikační jednotka) .....	100
Obr. 100 Čas plnění (vertikální plastikační jednotka) .....	101
Obr. 101 Teplota na čele taveniny (horizontální plastikační jednotka) .....	102
Obr. 102 Teplota na čele taveniny (vertikální plastikační jednotka) .....	102
Obr. 103 Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty (horizontální plastikační jednotka).....	103
Obr. 104 Čas potřebný k dosažení vyhazovací teploty (vertikální plastikační jednotka).....	103
Obr. 105 Rychlost smykové deformace (horizontální plastikační jednotka).....	104
Obr. 106 Rychlost smykové deformace (vertikální plastikační jednotka).....	104
Obr. 107 Vzduchové kapsy (horizontální plastikační jednotka).....	105
Obr. 108 Vzduchové kapsy (vertikální plastikační jednotka).....	105
Obr. 109 Průběh uzavírací síly (horizontální plastikační jednotka).....	106
Obr. 110 Průběh uzavírací síly (vertikální plastikační jednotka).....	106
Obr. 111 Vstřikovací tlak (horizontální plastikační jednotka) .....	107
Obr. 112 Vstřikovací tlak (vertikální plastikační jednotka).....	107
Obr. 113 Deformace výrobku varianty 2 .....	108
Obr. 114 deformace výrobku varianty 2 .....	108

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Mechanické vlastnosti plastů [1] .....	20
Tab. 2 Teploty taveniny a formy [3] .....	39
Tab. 3 Temperační média .....	41
Tab. 4 Min vzdálenosti temp. Kanálů. [3] .....	42
Tab. 5 Parametry vstřikovacího stroje .....	75
Tab. 6 Srovnání parametrů stroje.....	75
Tab. 7 Základní údaje pro polypropylen PP (Zkušební tělesa).....	77
Tab. 8 Teplotní údaje pro materiál 1 (Zkušební tělesa).....	77
Tab. 9 Hustoty pevné fáze a taveniny materiálu 1 (Zkušební tělesa) .....	77
Tab. 10 Mechanické vlastnosti materiálu 1 (Zkušební tělesa).....	77
Tab. 11 Základní údaje pro akrylonitrilbutadienstyren (ABS). (Zkušební tělesa).....	78
Tab. 12 Teplotní údaje pro materiál 2 (Zkušební tělesa).....	78
Tab. 13 Hustoty pevné fáze a taveniny materiálu 2 (Zkušební tělesa) .....	78
Tab. 14 Mechanické vlastnosti materiálu 2 (Zkušební tělesa).....	78
Tab. 15 Základní údaje pro termoplastický elastomer TPE-V (držák skleniček).....	79
Tab. 16 Teplotní údaje pro materiál 2 (držák skleniček).....	79
Tab. 17 Hustoty pevné fáze a taveniny materiálu 2 (držák skleniček) .....	79
Tab. 18 Mechanické vlastnosti materiálu 2 (držák skleniček).....	79
Tab. 19 Základní údaje pro polypropylen PP (držák skleniček).....	80
Tab. 20 Teplotní údaje pro materiál 1 (držák skleniček).....	80
Tab. 21 Hustoty pevné fáze a taveniny materiálu 1 (držák skleniček) .....	80
Tab. 22 Mechanické vlastnosti materiálu 1 (držák skleniček).....	80
Tab. 23 Procesní podmínky pro formu na zkušební tělesa .....	81
Tab. 24 Procesní podmínky pro formu na držák skleniček.....	81

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**PŘÍLOHA PI:** Výkresová dokumentace

**PŘÍLOHA PII:** DVD obsahující diplomovou práci, 3D modely forem a výrobků, výkresovou dokumentaci, tokové simulace.