

# Návrh vstřikovací formy dílů ergonomické myši k počítači

Filip Ševčík

---

Bakalářská práce  
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	<b>Filip Ševčík</b>
Osobní číslo:	<b>T210046</b>
Studijní program:	<b>B3909 Procesní inženýrství</b>
Studijní obor:	<b>Technologická zařízení</b>
Forma studia:	<b>Prezenční</b>
Téma práce:	<b>Návrh vstřikovací formy vybraného dílu ergonomické myši k počítači</b>

## Zásady pro vypracování

- 1) Vypracujte literární rešerši na dané téma
- 2) Nakreslete modely dílů ve 3D
- 3) Provedte návrh vstřikovací formy pro vybraný díl ergonomické myši k počítači
- 4) Nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy a výrobní výkresy hlavních součástí formy

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

Seznam doporučené literatury:

- ZEMAN, L. 2009. Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů. Praha: BEN.  
DUCHÁČEK, V. Polymery-výroba, vlastnosti, zpracování, použití. Praha: VŠCHT v Praze, 2006  
KERKSTRA, Randy a Steve BRAMMER. Injection molding advanced troubleshooting guide. Munich: Hanser Publishers, 2018  
ŘEHULKA, Zdeněk. Konstrukce vylisků z plastů a forem pro zpracování plastů. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Aleš Mizera, Ph.D.**  
Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce: **3. ledna 2022**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.**  
děkan

L.S.

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

Ve Zlíně dne 24. února 2022



## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – 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);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem 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.

### Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## ABSTRAKT

Bakalářská práce je dělena na 2 hlavní části, tedy praktickou a teoretickou.

Teoretická část se zabývá historií plastů a vstřikování, poté následuje dělení plastů a možnosti použití různých aditiv, jak se suroviny pro výrobu zpracovávají, jak se připravují před použitím a jaké jsou cykly vstřikovacího cyklu. Nechybí ani typy vstřikovacích forem, jaké máme možnosti a co můžeme použít.

Praktická část bakalářské práce cílí k vytvoření modelu ergonomické počítačové myši, s pohodlným úchopem. Po vytvoření 3D modelu myši je navržen typ formy pro jednu její část. Navrženy jsou také parametry, podle kterých je následně forma zkonstruována. Následně je vytvořena výkresová dokumentace k produktu formy i k formě samotné.

Veškeré modelování bylo provedeno v Catii V5R20. Proběhla také simulace umístění vstupu v programu Moldflow Synergy 2016 od Autodesku.

Klíčová slova: návrh modelu, vstřikování, vstřikovací forma, Catia, Moldflow, plasty

## ABSTRACT

The bachelor thesis is divided into 2 main parts, which is practical and theoretical.

The theoretical part deals with the history of plastics and injection molding, followed by the division of plastics and the possibility of using various additives, how raw materials for production are processed, how they are prepared before use and what are the cycles of the injection cycle. There are also types of injection molds, what options we have and what we can use.

The practical part of the bachelor thesis aims to create a model of an ergonomic computer mouse with a comfortable grip. After creating a 3D mouse model, a mold type is designed for one of its parts. The parameters according to which the mold is subsequently designed are also designed. Subsequently, drawing documentation is created for the mold product and for the mold itself.

All modeling was performed on a Catia V5R20. The location of the inlet was simulated in the Moldflow Synergy 2016 program from Autodesk.

Keywords: product design, injection molding, injection mold, Catia, Moldflow, plastics

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Aleši Mizerovi, Ph.D. za poskytnuté rady, připomínky a trpělivost.

Díky patří také mým kolegům v práci, kteří mi vždy vyšli vstříc.

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

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 HISTORIE</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1 POČÁTKY</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2 PŘECHOD DO SOUČASNOSTI</b> .....	<b>14</b>
<b>2 POLYMERY</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1 DĚLENÍ POLYMERŮ</b> .....	<b>15</b>
2.1.1 PLASTY .....	16
2.1.2 ELASTOMERY .....	17
<b>2.2 CHARAKTERISTICKÉ TEPLoty POLYMERŮ</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3 PŘÍSADY POLYMERŮ</b> .....	<b>19</b>
2.3.1 STABILIZÁTORY .....	19
2.3.2 PLASTIFIKÁTORY (ZMĚKČOVADLA).....	19
2.3.3 POLYMERNÍ MODIFIKÁTORY .....	19
2.3.4 KONCENTRÁTY LUBRIKANTŮ, NUKLEAČNÍCH ČINIDEL A ANTISTATIK .....	19
2.3.5 RETARDÉRY HOŘENÍ.....	20
2.3.6 BARVIVA, PIGMENTY, BAREVNÉ KONCENTRÁTY, OPTICKÁ ZJASŇOVADLA .....	20
2.3.7 PLNIVA.....	20
<b>3 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1 PŘÍPRAVNÉ ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ</b> .....	<b>22</b>
3.1.1 SUŠENÍ .....	23
3.1.2 MÍCHÁNÍ A HNĚTENÍ.....	23
3.1.3 GRANULACE.....	24
3.1.4 TABLETOVÁNÍ.....	25
3.1.5 RECYKLACE – MLETÍ A DRCENÍ .....	25
<b>3.2 VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ</b> .....	<b>26</b>
<b>4 VSTŘIKOVACÍ FORMA</b> .....	<b>29</b>
<b>4.1 ZÁSADY KONSTRUOVÁNÍ FOREM</b> .....	<b>29</b>
<b>4.2 TYPY VSTŘIKOVACÍCH FOREM</b> .....	<b>30</b>
<b>4.3 VTOKOVÉ SYSTÉMY FOREM</b> .....	<b>31</b>



4.3.1	STUDENÝ VTOKOVÝ SYSTÉM.....	32
4.3.2	VYHŘÍVANÝ VTOKOVÝ SYSTÉM .....	35
4.3.3	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	37
4.3.4	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	38
4.3.5	ODVZDUŠŇOVÁNÍ FOREM.....	38
<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>		<b>40</b>
<b>5</b>	<b>CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....</b>	<b>41</b>
5.1	POUŽITÉ SOFTWARE.....	41
<b>6</b>	<b>NÁVRH TVARU ERGONOMICKÉ MYŠI.....</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>POPIS POSTUPU.....</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>FORMA.....</b>	<b>46</b>
8.1	VÝBĚR DÍLU A KONCEPCE FORMY .....	46
8.2	SPECIFIKACE MATERIÁLU.....	47
8.3	MOLDFLOW ANALÝZA VTOKU.....	48
8.4	VTOKOVÝ SYSTÉM.....	49
8.4.1	TUNELOVÝ VTOK PŘÍMÝ.....	49
8.4.2	ROZVODNÝ STUDENÝ VTOKOVÝ KANÁL.....	52
8.4.3	SYSTÉM HORKÝCH VTOKŮ.....	53
8.5	DUTINA PRO VÝROBEK.....	55
8.6	ODVZDUŠNĚNÍ .....	57
8.7	TEMPEROVÁNÍ.....	58
8.8	VYHAZOVÁNÍ .....	61
8.9	TRANSPORTOVÁNÍ FORMY .....	62
<b>9</b>	<b>VSTŘIKVACÍ FORMA .....</b>	<b>63</b>
<b>10</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>69</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>71</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>		<b>75</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>76</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>79</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>		<b>80</b>



## ÚVOD

Polymerní materiály, které se čím dál více stávají nepostradatelnými a to zejména v dnešní době, kdy většina materiálů na světě dochází kvůli všemožným krizím. Tím se z nich stává další velmi dobré východisko pro mnoho aplikací. Jejich výhoda spočívá v lehké zpracovatelnosti, v ceně, mnohokrát hmotnosti ale především ve své neuvěřitelné univerzálnosti. Naopak se mnohdy plasty setkávají s velkou kritikou kvůli ekologii. Vše není však černobílé a zajisté lze vše řešit zlepšováním procesů a opětovným zpracováním a používáním materiálů.

Dá se říci, že vstřikování plastů je jedna z nejrychlejších metod tvarování plastů, která existuje, což velmi sedí na dnešní dobu, kdy je mnoho věcí potřeba dělat rychle a ve velkém množství. Kdokoliv může polemizovat nad tím, zda je to vlastně správně, ale asi nikdo této technologii nemůže upřít její efektivnost.

Ani tato technologie se však již v dnešní době neobejde bez moderního konstruování a obrábění, díky které je ostatně možné plastům udávat jakékoliv tvary s relativně vysokou přesností v plastařské oblasti. Velké využití zde také mají softwary zabývající se simulacemi.

Tyto všechny věci dávají této technologii obrovskou konkurenční schopnost a také zkvalitňují a urychlují výrobu všemožných dílů.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 HISTORIE

## 1.1 Počátky

Makromolekulární látky nejsou výdobytkem moderní doby, nýbrž se používaly již dávno v minulosti. Nejednalo se o polymery syntetické, ale o polymery přírodní. [1]

Příkladem může být zpracovávání rohoviny již ve dvanáctém století našeho letopočtu v Anglii. Využili své znalosti toho, že při teplotě 125°C rohovina začíná měknout a dále se dá zpracovávat. [1]

Roku 1868 patentoval John Wesley Hyatt spolu se svým bratrem materiál nazývaný celuloid. Tento materiál byl zpočátku použit na výrobu biliardových koulí, místo slonových kostí. Později se bratrům podařilo prohnat rozehřátý celuloid přes rozehřátý válec pomocí pístu do formy. Toto si roku 1872 nechali patentovat. Pomocí svého vstřikovacího stroje byli schopni vytvářet produkty jako hřebínky a tlačítka. [1,2]

První vertikální vstřikovací stroj, komerčně vyráběný, pochází z Německa. Jeho vznik se datuje roku 1921. Téhož roku v Americe vzniká první firma, B+B Metal Works, zabývající se konstrukcí vstřikovacích forem. O pár let později, tedy roku 1929, začíná s výrobou pístových vstřikovacích strojů československá firma Ing. Vltavský v Rakovníku. [1]

Před velkým rozmachem této technologie, jež způsobila 2. světová válka, přišlo pár patentů. Jedná se například o elektricky vyhřívaný plastikační válec, patentovaný roku 1932, hydraulický uzavírací systém, roku 1933 nebo časové ovladače z roku 1936. [1]

Již zmíněná 2. světová válka zapříčinila velký hlad po plastech. Stalo se tak kvůli nedostatku materiálů, ať už se jednalo o kaučuk či ocel. Díky tomuto dostaly plasty možnost zastoupit jejich roli a udělat ze sebe tak dostupnou náhradu. S narůstající oblibou plastů přirozeně přišlo k většímu použití i vstřikovacích strojů. Jejich výhoda pro toto období spočívala zejména v efektivní a levné výrobě. [3]

Originální vstřikovací proces se v podstatě neměnil až do roku 1946, kdy vynálezce James Hendry přišel se šnekovou plastikací, která nahradila píst. Tento pokrok výrazně zlepšil kvalitu produktů a umožnil přidávání barev či míchání před vstříknutím. [1,2,3]

Roku 1968 vznikají vstřikovací stroje s plně elektronickým řízením a o necelých 10 let později jsou následovány vstřikovacími stroji s mikroprocesorovým zpětným řídicím systémem. [1]

Již zmíněný celuloid je úplným počátkem vývoje makromolekulárních látek. Se zlepšujícími se mechanickými vlastnostmi plasty přebraly většinou výrobu nad ocelí v průběhu 70. let. [3]

## 1.2 Přejchod do současnosti

Do současnosti se vstřikovací technologii dostala bez jakýchkoliv problémů, protože byla schopná zastoupit mnoho produktů, které se v dnešní době hojně využívají. Produkty se prosadily zejména v automobilovém a elektronickém průmyslu, ale samozřejmě se využívají i v dalších oblastech. [1]

Velký pokrok nastal ve vstřikovaných materiálech a jejich směsí, jež mají širokou škálu využití. Kromě tohoto se využívá i hodně modifikací ať už vstřikovacích procesů, forem nebo jejich zařízení. Tyto modifikace uvádí pan Zeman (2009, s. 13): „Mezi nejčastěji používané modifikace vstřikovacího procesu je možno zařadit:

- *vícekomponentní vstřikování ve všech jeho variantách,*
- *vstřikování dutých a tlustostěnných dílů s využitím tlaku intertního plynu nebo vody – GIT (Gas Innendruck Technik), WIT (Wasser-injektionstechnik),*
- *výrobu výstříků se stěnami malých tlouštěk,*
- *technologie vstřikování strukturně lehčených plastů,*
- *technologie MuCell (Microcellular Foam Molding),*
- *dekorativní vstřikování a jeho modifikace,*
- *kombinace modifikovaných procesů,*
- *kaskádové vstřikování,*
- *vstřikování s regulací plnění dutiny formy v reálném čase – Dynamic Feed.“*

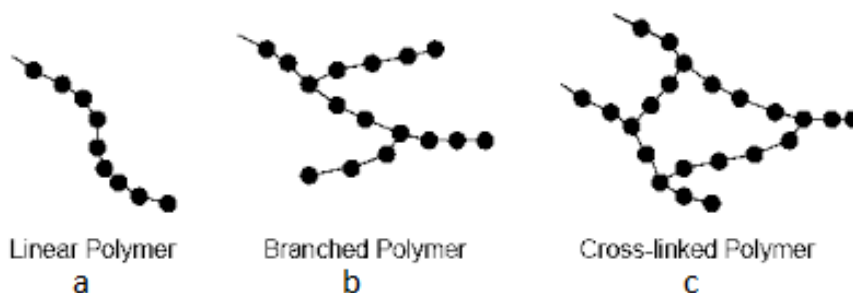
Všechny tyto modifikace vychází z jednoduché úvahy, která je dopravení teplotně homogenní směsi, co možná nejšetrnějším vstříknutím do temperované formy. Poté se pokoušíme vyvarovat teplotní kontrakci natolik, aby měl produkt korektní tvary a rozměry. [1]

## 2 POLYMERY

Jsou tvořeny skládajícími se mery, jenž jsou tvořeny z molekuly monomeru. Spojením těchto merů vznikají makromolekuly, tedy polymery. [1]

Je mnoho charakteristik, dle kterých se mění vlastnosti polymerů:

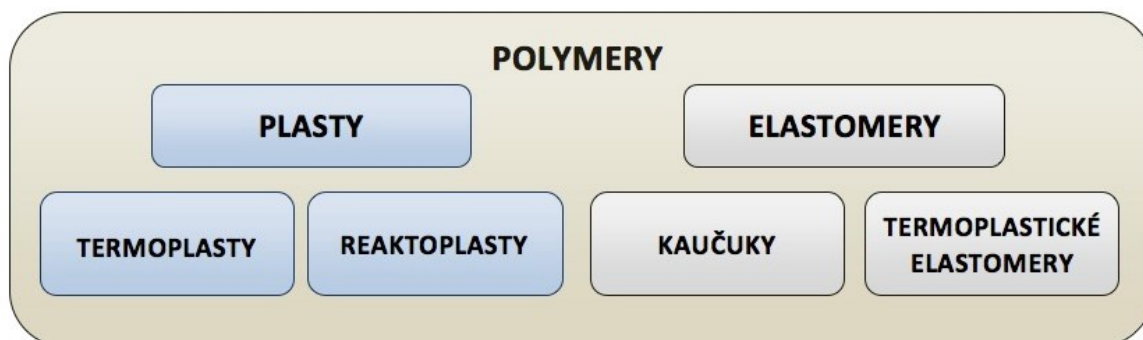
- Struktura:
  - lineární,
  - rozvětvené,
  - síťované,
- chemické složení:
  - druh atomu,
  - způsob spojení chemickými vazbami,
- délka řetězce (počet merů), který záleží na:
  - střední polymerační stupeň,
  - střední molární hmotnost.



Obr. 1. Struktura řetězce: a) lineární polymer, b) rozvětvený polymer, c) síťovaný polymer [4]

### 2.1 Dělení polymerů

Polymery můžeme rozdělit na základě různých charakteristik.

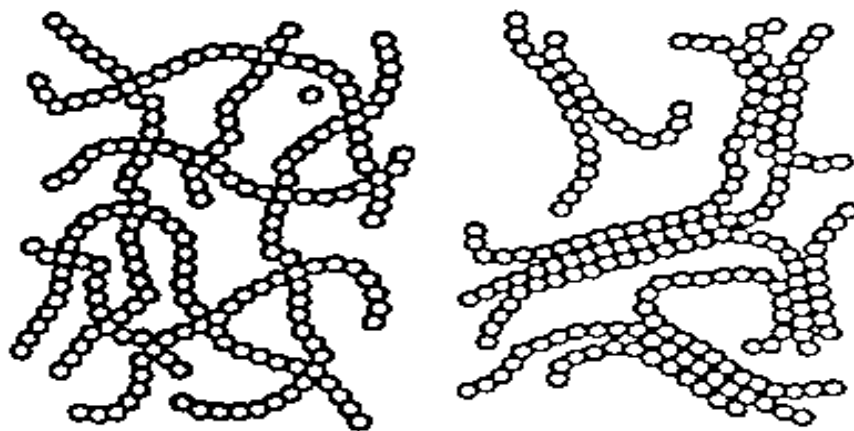


Obr. 2. Rozdělení polymerů [5]

### 2.1.1 Plasty

Jsou to polymery, které jsou charakteristické převážně permanentní deformací za působení vnější síly. Plasty jsou tvrdé a často křehké. Můžeme je dále dělit na termoplasty a reaktoplasty, podle jejich chování za zvyšující se teploty.[5]

První podskupinou plastů jsou termoplasty. Termoplasty lze tvářet teoreticky do nekonečna. Je to z důvodu nepřítomnosti chemických změn při zahřívání materiálu. Při překročení teploty tání se materiál přemění na taveninu a opět při přechodu pod teplotu tání se tavenina mění na pevný materiál. Termoplasty mohou být jak semikrystalické, tak amorfní. Nejvíce používanými termoplasty jsou například polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polymethylmethakrylát (PMMA), polyoxymethylen (POM). Termoplasty mají širokou škálu využití pohybující se od plastových automobilních dílů (např. nárazníky či světla) přes vypínače světel až po plastové lahve na vodu.[1,5]



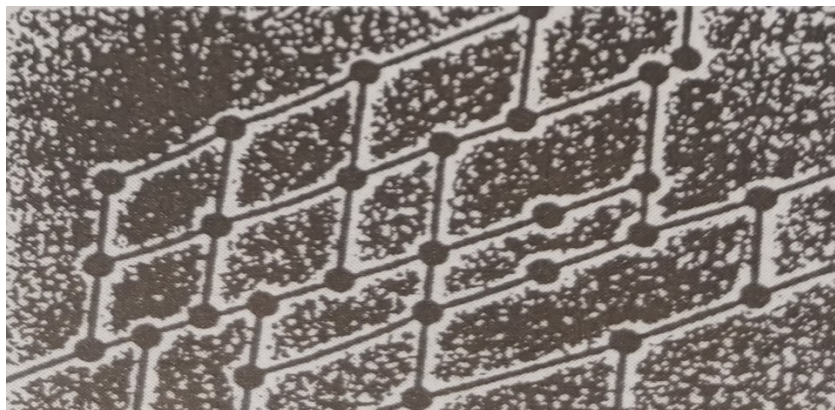
b)

Obr. 3. Struktura termoplastů: a) amorfní struktura, b) částečně krystalická struktura [1]

Druhou podskupinu tvoří reaktoplasty, která spadají pod amorfní polymery. Oproti termoplastům reaktoplasty nelze tvářet do nekonečna. Dají se tvářet pouze po určitou dobu od zahřívání. Při zahřívání začne probíhat vytvrzování, což je chemická reakce způsobující síťování struktury. Po vytvoření síťové struktury se výrobek stává vysoce chemicky i tepelně odolným, je tedy nejen nerozpustný a netavitelný, ale také tvrdý a tuhý. Nevytvrzené reaktoplasty jsou většinou pryskyřice. Jedná se například o fenolformaldehydová pryskyřice (PF), epoxidová pryskyřice (EP), polyesterová



pryskyřice (UP). Použitím reaktoplastů jsou například bowlingové koule či pevná záchodová prkénka.[5, 6]



*Obr. 4. Struktura reaktoplastů [1]*

### 2.1.2 Elastomery

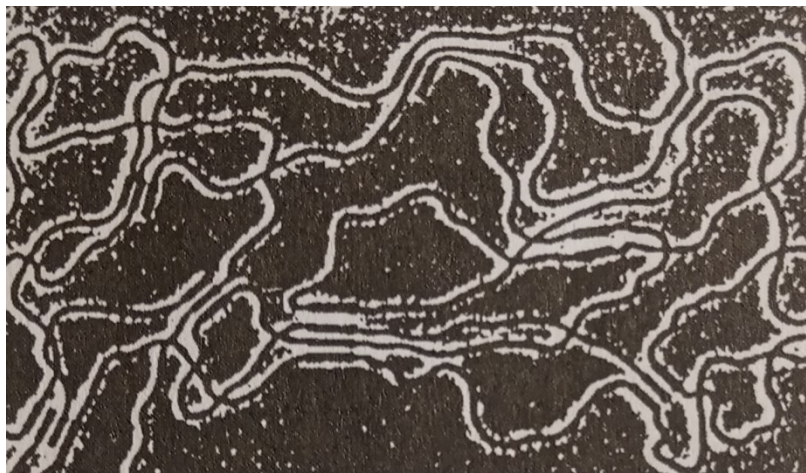
Jedná se o amorfní polymer. Oproti plastům mají elastomery vysokou pružnost a nízkou tuhost. Materiál je elastický díky tomu, že se řetězce mohou pohybovat kolem spojů. Spoje mezi jednotlivými řetězci jsou aktivovány teplem. Tento proces se nazývá vulkanizace.[1,5]



*Obr. 5. Struktura elastomerů [1]*

Termoplastické elastomery se vlastnostmi velmi neliší od pryží. Obsahují měkké segmenty, které jsou tvořeny elastomery, a tvrdé segmenty, které jsou z termoplastů. Tvrdé segmenty pak tvoří uzly v jejich síťované struktuře. Za zvyšování teploty začnou přecházet do tekutého stavu, což umožňuje podobné zpracování jako je zpracování termoplastů. Jejich velkou výhodou je možnost zpracování na stejných strojích, na kterých se zpracovávají termoplasty. Další nezanedbatelnou výhodou je recyklace, z důvodu možnosti

opětovného vstřikování. Příkladem použití termoplastických elastomerů mohou být části tenisek, držáky šroubováků či povrch na kovových kolečkách nákupních vozíků. [5]



Obr. 6. Struktura termoplastických elastomerů [1]

## 2.2 Charakteristické teploty polymerů

V závislosti na teplotě se mění intenzita a amplituda rotačně vibračních pohybů částic hmoty. U polymerů se tato hmota nazývá řetězce a pohyby se zda nazývají „mikrobrownovy pohyby.“

Při zahřívání polymeru se výrazně mění vlastnosti při charakteristických teplotách.

Při teplotě skelného přechodu ( $T_g$ ) se mění chování polymeru z křehkého sklovitého na chování viskoelastické.

Dalším zvyšováním teploty se dostáváme k teplotě tečení ( $T_f$ ), kdy se navzájem pohybují celé řetězce polymerů, dochází tedy k tečení. Teplotu tečení nalezneme pouze u amorfních polymerů, které se nad touto teplotou nachází pouze jako viskózní tavenina.

Další změnu nalezneme naopak pouze z krystalické fáze, protože má větší mezimolekulární síly. Za teploty tání krystalického podílu ( $T_m$ ) se krystalická struktura mění přímo na viskózní taveninu.

Opětovným zahříváním se dostáváme k teplotě rozkladu polymeru ( $T_c$ ), kdy se řetězce rozpadají na fragmenty a nastává destrukce polymeru. [1]

## 2.3 Přířady polymerů

Polymery můžeme také rozdělit podle toho, zda obsahují přířady či ne. První skupinou jsou neplněné polymery, které neobsahují žádné aditiva ovlivňující vlastnosti polymeru. Druhou skupinou jsou plněné polymery, které jsou ovlivněny aditivou a mají modifikované fyzikální a mechanické vlastnosti. Důvody přidávání aditiv jsou různé. Přířady dodáváme do polymerů z důvodu bezproblémové zpracovatelnosti, kdy se jedná o zvýšení stability taveniny, zlepšení tokových vlastností taveniny, tedy pro lepší zatékavost, bezproblémovou plastikaci, nelepivost taveniny nebo vyjímavost z formy. Dalším důvodem může být zlepšení mechanických vlastností, chemické či tepelné odolnosti. Důvodem může být i prosté zlevnění materiálu. [1,7]

### 2.3.1 Stabilizátory

Jedná se o přířady polymerů, které jsou určeny pro zvýšení odolnosti proti teplu či UV záření:

- Termooxidační – vstřikovaný materiál je schopen odolávat termooxidačnímu stárnutí
- UV stabilizátory – prodlužuje životnost výstřiku pomocí degračního slunečního záření, tedy záření o vlnové délce 300-400 nm [1]

### 2.3.2 Plastifikátory (změkčovadla)

Tyto aditiva zmenšují tvrdost a tuhost. Zároveň také zvyšuje ohebnost, tažnost a houževnatost. [1]

### 2.3.3 Polymerní modifikátory

Jedná se o polymerní sloučeniny výrazně ovlivňující vlastnosti nově vytvořené směsi polymerů. [1]

### 2.3.4 Koncentráty lubrikantů, nukleačních činidel a antistatik

Lubrikanty neboli maziva, mají za úkol snižování viskozity v tavenině. Důsledkem toho je jednodušší odformování výstřiku. Mimo to také zvětšuje jeho lesk.

Nukleační činidla ovlivňují rychlost krystalizace, což znamená, že zkracují délku výrobního cyklu. Nukleační činidla kromě toho také zvětšují transparentnost výstřiku.

Antistatika slouží k redukovaní potenciálně vzniklého elektrostatického náboje na termoplastu, především z působení tření. [1]

### 2.3.5 Retardéry hoření

Retardéry hoření se využívají k redukcí hořlavosti termoplastů. Toto prakticky však funguje jen při vyšších koncentracích (5% – 30%) aditiva. Vyšší koncentrace má za důsledek výrazný vliv na zpracovatelské i užité vlastnosti. K tomuto účelu můžeme použít i látky anorganického původu. [1]

### 2.3.6 Barviva, pigmenty, barevné koncentráty, optická zjasňovadla

Barviva i pigmenty zbarvují polymerní materiál a ovlivňují jeho kryvost. V jejich schopnosti je také působení jako nukleační činidla, což má za následek různou smrštivost při použití různých barviv na stejný polymer.

Barevné koncentráty jsou využívány pro dodání barvy do polymerního výstřiku. Dodávají se pomocí tzv. nosiče obsahujícího 20x – 100x více barviv a pigmentů než původní materiál. Je možnost ho dodat dvěma způsoby. První je univerzální nosič, který je obvykle polyethylenový vosk. Druhou možností je namíchání a zgranulování přímo s polymerem, který bude obarvovat. Tímto způsobem dosáhneme lepších výsledků, protože neovlivníme vlastnosti výstřiku.

Optická zjasňovadla napomáhají požadavkům na světelnou stálost neboli odolnost proti UV záření, povětrnostní stálost a zdravotní nezávadnost. Účinná složka zjasňovadel pohlcuje záření v rozsahu 320 – 400 nm a znovu jej emituje převážně jako modré světlo.[1]

### 2.3.7 Plniva

Spojením plniva s polymerem vznikají kompozity. Kompozit je materiál vznikající spojením dvou materiálů s úplně odlišnými vlastnostmi, které spolu mají synergii. Jako pojivo se dají využít plnivové částice, vyztužující plniva nebo nanoplňiva.[1]

Do částicových plniv řadíme minerální plniva o různých velikostech a tvarech částic. Tyto plniva zvyšují tvrdost, tuhost a tepelnou odolnost a zmenšují smrštění výstřiku, ale také zhoršují její tekutost. Kromě tohoto mohou zastupovat také funkce pigmentu, retardéru hoření či nukleační látky. Koncentrace částicových plniv se v kompozitu pohybuje od

velmi malých hodnot, tedy pod 1 hmotnostní procento, až po vysoké, které mohou být klidně 60%. Konkrétně se může jednat například o skleněné mikrokuličky (balotina), talek (mastek), kaolin, mikromletý křemen, vápenec, čedič, perlit, živec, koks, saze, arosil, slídu, sírany, sirníky, práškové kovy a jejich slitiny. [1]

Vyztužující plniva jsou nejčastěji vláknité struktury a sekají se ve tvaru pramenců vláken. Zvyšují pevnost, tuhost a tvarovou stálost materiálu a snižují jeho ohebnost, tažnost a smršnění. Jejich koncentrace v kompozitech se pohybuje od 5 až do 60 hmotnostních procent. Vyztužovací vlastnost vláknitých plniv majoritně závisí na poměru délky/průměru vlákna. Znatelná vyztužovací vlastnost začíná na poměrové hodnotě  $l/d$  na 10. U granulátů krátkých je vlákno rozděleno staticky. U dlouhých je vlákno opláštěný pramínkový kabel, který je pak nasekán na válečky. Každé vlákno je zde impregnováno termoplastem. Granulát má průměrnou velikost 3 mm v průměru a 12 mm na délku, přičemž po zpracování se rozměry délky mění na zhruba 0,8 – 4 mm. Dlouhé vlákna mají oproti kratším vláknům výhodu lepších mechanických vlastností, vrubové houževnatosti, mají snížené tečení za studena, jsou méně průtažné a jsou také stálejší za vyšších teplot, dokonce i ve vlhkém klimatu. Nejpoužívanější jsou skleněná vlákna s různou apretací z důvodu kvalitnějšího propojení s polymerem. Kromě těchto pan Zeman (2009, s. 13) uvádí: „vlákna uhlíková, vlákna z nerezových ocelí, vláknité monokrystaly kovů, kysličníky kovů a karbidů, vlákna z titanátů alkalických kovů, vlákna aromatických polyamidů, minerální vlna (čedič, walastonit) a další.“ [1]

Nanoplňiv se používá několik typů, avšak nejpoužívanějšími jsou vrstevnaté jíly, například montmorillonity. Koncentrace nanoplňiv v kompozitu se pohybuje okolo 3% – 7%. Velikost nanoplňiv se řádově blíží stejné velikosti jakou mají termoplastické matrice, což umožňuje jejich velice blízké spojení. Toto blízké spojení zabraňuje pohybu matrice. Díky tomu se zlepšují mechanické vlastnosti kompozitu a můžeme dodávat menší množství zbylých aditiv, čímž snižujeme celkovou hmotnost výstřiku. Nanoplňivy jsme schopni suplovat funkci jak částicových minerálních i vláknitých plniv, tak i retardérů hoření. Díky nízké koncentraci nanoplňiv můžeme výborně probarvovat materiál. Jejich přítomnost také napomáhá lepší nepropustnosti, zlepšuje materiální odolnost vůči chemikáliím a navlhavosti a zvyšuje jakost povrchu a lesk. [1]

Dále můžeme do plniv zahrnout i kompozitní slitiny (neboli směsi či blendy). Jedná se o spojení dvou polymerů, což přináší kombinaci vlastností rozdílných polymerů, které můžeme vybírat dle cílených vlastností. Nejčastější kombinace uvádí pan Zeman (2009, s.

13): „Nejčastěji používanými blendy jsou: PC/ABS, PC/ASA, PA/ABS, PSU/ABS, PC/PBT, PC/PET atd.“ [1]

### 3 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

Při vybírání technologie zpracování plastů můžeme použít celou řadu způsobů. Vybíráme nejen podle technologických vlastností zpracovávaného plastu, ale i podle tvaru a funkce pro kterou je výrobek určen. Nesmíme zanedbat ani tolerance rozměrů výrobku a materiál. Plasty se zpracovávají za určitých termodynamických podmínek, které jsou nastaveny tak, aby se materiál nijak nepoškodil (ani fyzikálně ani mechanicky), ale zároveň musí být materiál schopný se dostat do požadovaného tvaru. Ať už přesunujeme při tváření méně či více hmoty, musíme materiál nejprve převést do kaučukovitého stavu či viskózního tekutého stavu. Při tom platí, že čím větší množství hmoty chceme přenášet, tím více zahřátá hmoty musí být, aniž bychom překročili teplotu rozpadu. [8]

Dle materiálu vstupujícího do procesu zpracování a výsledným produktem je možno rozdělit technologie následně:

- Tvářecí technologie slouží pro zásadní změnu tvaru původního materiálu. Můžeme tedy říct, že se zde materiál přesunuje ve velké míře. Toto probíhá za působení zvýšeného tlaku či teploty, popř. obou současně. Do této technologie můžeme zařadit vstřikování, válcování, lisování, vytlačování. Vyrábíme buď polotovary nebo hotový díl připravený k použití.
- Tvarovací technologie se využívá pro změnu tvaru polotovarů bez velkého přesunu částic materiálu. U této technologie se může i nemusí používat zvýšeného tlaku a teploty. Tvarováním upravujeme desky, dutá tělesa, ohýbáme trubky, obrábíme plasty a spojujeme či spékáme plasty.
- Doplňkové technologie neslouží ke změnám tvaru, ale pro úpravy před (hnětení, míchání, granulace, sušení, apod.) a po (potiskování, natírání, apod.) změně tvaru materiálu. [8]

#### 3.1 Přípravné zpracování plastů

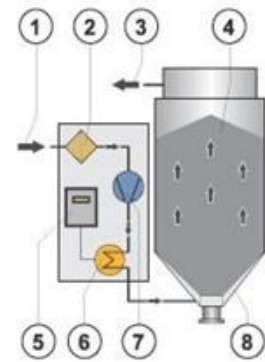
Plasty nemůžeme zpracovávat přímo, ale musíme je nejprve připravit. Při provádění přípravných technologií odebíráme například těkavé látky či vodu a přidáváme různé

přísady. Musíme také zajistit, aby měl polymer pro další zpracování tvar, např. granulát, prášek či kaše. Můžeme sem řadit míchání, tabletování, granulaci, recyklaci, sušení či dopravu materiálu.[9]

### 3.1.1 Sušení

Plasty, jež jsou navlhavé či hydroskopické se musejí před zpracováním nejprve vysušit, tedy zredukovat jejich absorbovanou vlhkost. Musí se tak udělat pro ochranu jejich kvality povrchu a mechanických vlastností. Tuto technologickou operaci je nutno využívat v případech, kdy byl materiál vystaven vodě, například při granulaci (látka přichází do styku s chladicí lázní).[1,8]

Kromě samotného sušení se musí dávat pozor i na opětovné navlhnutí, protože děj je vratný. Proto se do násypky zpracovatelských strojů dává pouze množství, které stroj zpracuje do 30 minut. V některých násypkách můžeme najít sušící jednotku, která udržuje materiál na potřebné teplotě pomocí proudu teplého vzduchu. Příklad této sušičky můžeme vidět na obrázku 7, kde 1 je vstup vzduchu, 2 filtr, 3 výstup vzduchu, 5 kontrola teploty, 6 ohřev vzduchu, 7 dmýchadlo a 8 násypka.[8]



Obr. 7. Sušící jednotka [8]

### 3.1.2 Míchání a hnětení

Při použití této technologie smícháváme základní polymer s ostatními aditivami, čímž jsme schopni vylepšit vlastnosti výsledného produktu. Můžeme přidávat například stabilizátory, barviva, plniva či změkčovadla. Míchání a hnětení můžeme také využít pro usnadnění zpracování, například maziv. Vždy smícháváme minimálně dvě složky, u kterých musí dojít k požadované rovnoměrnosti rozložení s cílovým stupněm homogenity. Tento stupeň homogenity nemusí být dosažen již při této technologii, musí být však dosažen dalšími procesy, jako je vstřikování, válcování či vytlačování.[8]

Technologii můžeme rozdělit na 2 typy podle toho, jaký odpor kladou:

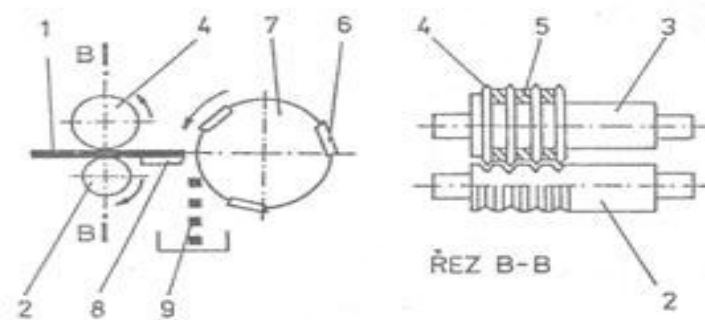
- Intenzivní míchání, kdy se hmota nachází ve změkklém tvaru a probíhá hnětení pomocí strojů zvaných hnětače. Stupeň homogenity se zde určuje pomocí smykového namáhání.

- Extenzivní míchání, kdy se hmota míchá za použití míchačky. Stupeň homogenity se určuje pomocí stupně tečení nebo vytváření nového povrchu.

### 3.1.3 Granulace

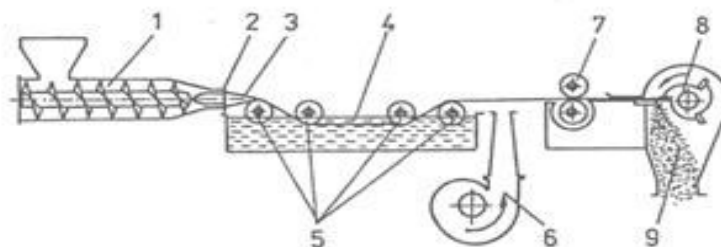
Pro většinu plastů je tato technologie konečná před zpracováním. Jejich výhoda spočívá v dobré sypné hmotnosti, lze je výborně směšovat s jinými materiály a dobře se dávkuje. Materiál se stává granulami, které jsou ve tvaru válečků, čoček, krychliček nebo kuliček. Metoda, kterou granule vytváříme, závisí na vlastnostech zpracovávané taveniny, na prostoru, požadovaném výkonu a také na ekonomii. [8]

Granulace z pásu je nevhodná pro tvrdé materiály a také je málo produktivní. Materiál se rozřezává na proužky a následně se seká na granule. [8]



Obr. 8. Pásová granulace: 1) pás plastu, 2) podávací válec, 3) hřídel, 4) kotoučové řezací nože, 5) distanční vložky, 6) rotační nože, 7) buben, 8) pevný nůž, 9) granule [8]

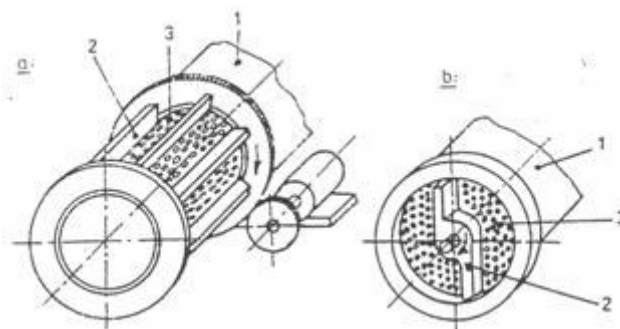
Granulaci strun můžeme dělit na 2 metody, tedy granulaci za studena či za tepla. Jedná se o výkonnější metody. Za studena jsou struny vytlačeny granulační hlavou, která obsahuje mnoho otvorů. Po ochlazení ve vodní lázni jsou granule sekány.



Obr. 9. Granulace za studena: 1) šnekový vytlačovací stroj, 2) granulační hlava, 3) struny, 4) chladičí kapalina, 5) vodící válečky, 6) ventilátor, 7) podávací vlečky, 8) nože, 9) granule [8]



Při granulaci za tepla jsou granule seřezávány přímo po průchodu otvory.



Obr. 10. Granulační hlava: a) obvodové řezání, b) řezání na čele,  
1) granulační hlava, 2) nůž, 3) granule [8]

### 3.1.4 Tabletování

Tabletování je velmi výhodné pro reaktoplasty. Jedná se o slisování prášku do tablety, což se provádí pomocí mechanických lisů, které jsou nejrozšířenější nebo hydraulických lisů, které se používají pro větší tablety nebo tablety s plnivem. Jejich výhodou je v rychlejší a přesném dávkování, snížení prašnosti, potřeba menších plnicích prostor a také zkrácuje dobu lisování a vytvrzování.

### 3.1.5 Recyklace – mletí a drcení

Vysoká cena vede výrobce k tomu, aby recyklovali nepodařené výrobky. V dnešní době existuje již mnoho způsobů, jak nakládat s odpadem. Jedná se třeba o mlýny, negranulační linky či podavače.

Odpady můžeme dělat na 2 typy. První z nich je technologický odpad. Jedná se například o vtokové systémy, zmetkové výrobky, odstříky, atd. Je záležitostí výrobce, aby se tyto odpady vracely zpět jako vstupní surovina. Druhým typem je užitný odpad, který tvoří výrobky po skončení funkční doby. Tento polymer je bohužel většinou již znehodnocen stárnutím, na rozdíl od prvního typu.

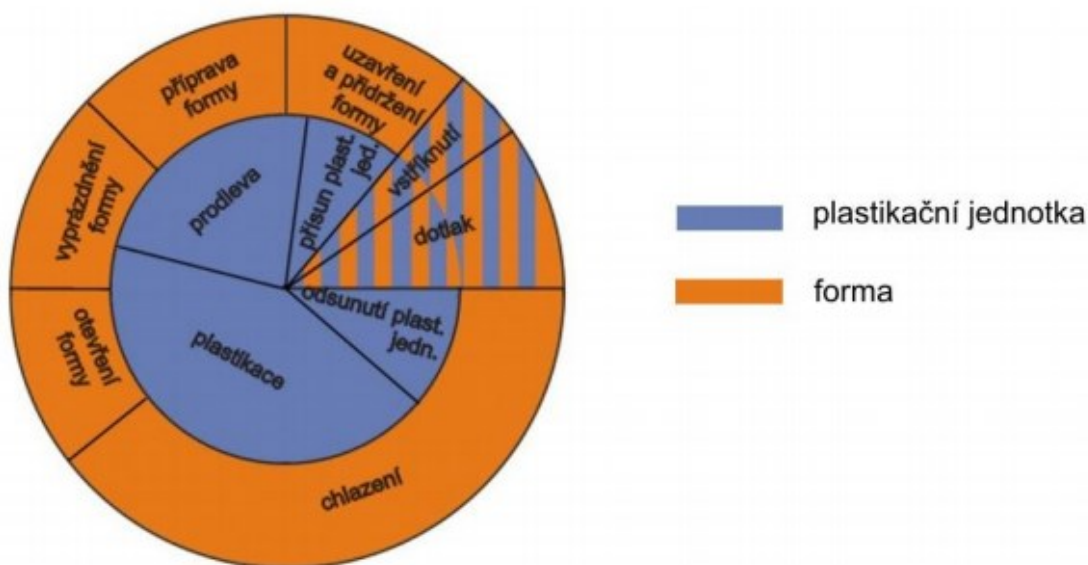
Drcením neboli mletím, zmenšujeme rozměry materiálu. K tomu slouží mlýny, které využívají tlak, smyk či řez. Pro správné zvolení drcení musíme dát zřetel na fyzikální vlastnosti, např. tvrdost a charakter lomu. Jedním z nejpoužívanějších mlýnů je nožový mlýn. Mlýn má nože jak na statoru, tak na rotoru. Velikost recyklátu závisí na velikosti ok sítě ve spodní části mlýnu. Jeho výhodou je také malé množství prachu.

### 3.2 Vstřikování plastů

Jedná se o technologii, která umožňuje levné vyrobení velmi složitých součástí a to i za přísných tolerancí. Než tohle však můžeme provést, musím navrhnout a vyrobit vstřikovací formu, která je velmi složitým systémem. Tento systém obsahuje mnoho komponentů, které jsou za své životnosti cyklicky vystavována jak teplotě, tak i namáhání. [10]

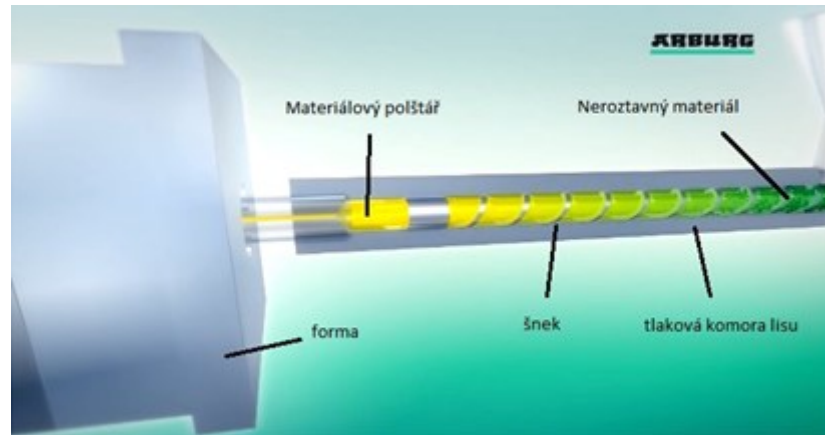
Jednotlivé vstřikovací procesy se mohou lišit, avšak obecně vzato můžeme uvést obvyklé části cyklu, které obsahuje většina. Jedná se o plastikaci, vstříknutí, dotlak, chlazení a vyhození výstřiku. [10,12]

Názorný průběh vstřikovacího cyklu je dobré vyjádřit názorně v koláčovém grafu (obr. 11.), kde dobře vidíme, jaké fáze probíhají současně na stroji i nástroji. [11]



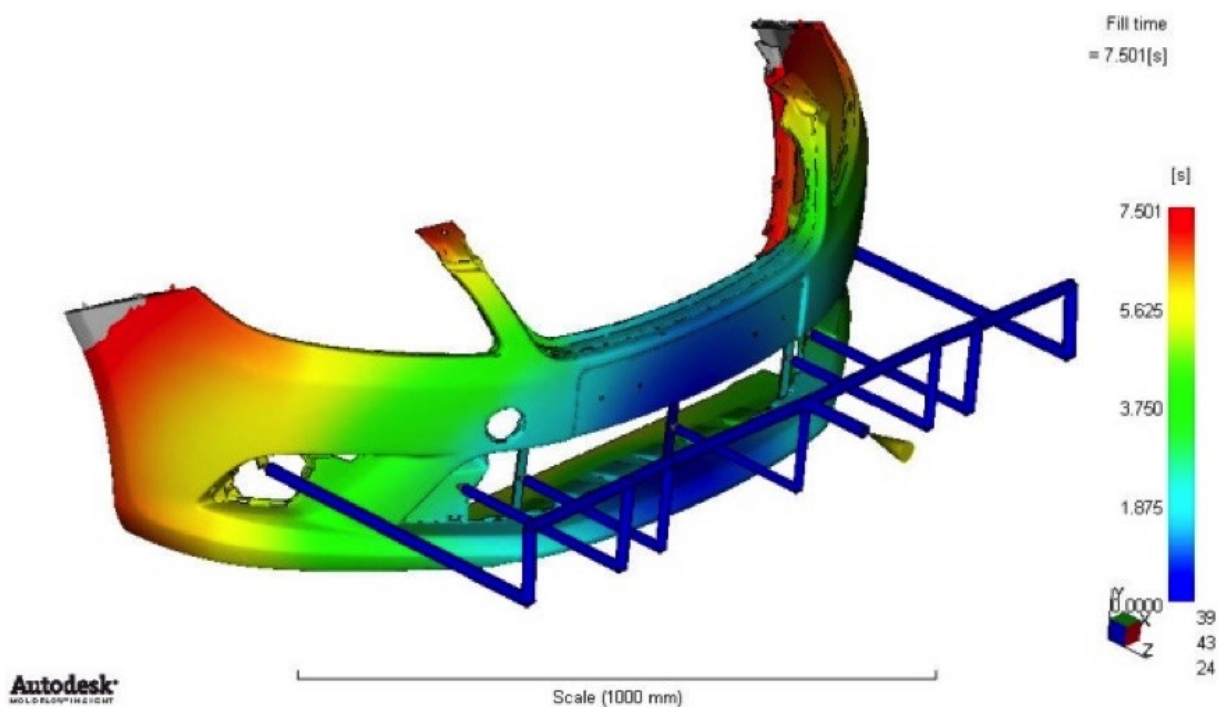
Obr. 11. Vstřikovací cyklus termoplastů [11]

V plastikační fázi se z pelet a granulí stává polymerní tavenina nejen díky elektrickým topným tělesům, ale také díky tření polymeru a vytvořeným deformacím polymeru rotujícím šroubem. Vpředu dutiny se tvoří tzv. materiálový polštář, který obsahuje dávku na jedno vstříknutí. [10,12]



Obr. 12. Schéma materiálového polštáře [12]

Vstřikovací fáze je jedna z nejdůležitějších. Je zde totiž nutno zaručit zaplnění dutiny formy a rozhoduje se zde také o vlastnostech výstřiku. Proces plnění dutiny bývá zpravidla co nejkratší. Důvodem je prevence zatuhnutí čela taveniny a ochlazování při styku s formou, čímž tavenina ztrácí tekutost. Doba výstřiku se pohybuje mezi zlomkem sekundy až po jednotky sekund u hmotnějších výstřiků. Tavenina je rychle tlačena kupředu z materiálového polštáře přes vtokový systém přímo do dutiny formy. [10,12]



Obr. 13. Příklad doby plnění [12]

Fáze dotlaku nastupuje po naplnění formy. Dotlak je použit z důvodu dorovnání objemu polymeru v dutině formy po kontrakci materiálu, vznikající ochlazováním. Za úkol má doplňovat chybějící materiál, dokud je to stále výhodné. Teoreticky se dá doplňovat materiál do doby, než zatuhne tavenina ve vtokovém systému. V praxi je však výhodné skončit o něco dříve. Při ukončení dotlaku dříve než zatuhne vtok, se vyhneme velkému pnutí ve vtoku. Působení probíhá zpravidla po dobu několika sekund až desítek sekund a dotlačí se okolo 1 – 10%. [10,12,13,14]

Jakmile se tavenina přestane pohybovat, nastává fáze chlazení, která trvá až do otevření formy. Tato fáze dává polymeru dostatek času na to, aby ztuhnul na vyhazovací teplotu, kdy je možné ho vyhodit z formy ven. Vyhazovací teplota musí mít takovou hodnotu, aby se výtřík vyhozením z formy nedeformoval. Vyhazovací fáze je nejdelší část vstřikovacího cyklu z důvodu špatné vodivosti teploty plastů. Doba trvání se pohybuje od několika sekund pro tenkostěnné plasty, až po několik minut u tlustostěnných plastů. [10, 12]

Poslední manipulace s polymerem probíhá ve vyhazovací fázi, kdy se otevře forma a výrobek se vyhodí ven. Doba této fáze záleží na velikosti výrobku. Dráha totiž musí být dostatečně dlouhá na to, aby vyhazovací systém mohl výrobek bezpečně vyhodit z formy. Jako u ostatních fází je i zde snaha zkrátit čas co nejvíce. Proto je rychlost vyhazovačů z počátku velká a až při přiblížení se k dojezdu formy se rychlost snižuje, aby se omezilo riziko poškození jak výrobku, tak i formy.[12]

Časově zanedbatelné nejsou ani strojní časy. Jedná se o zavírání a otevírání formy, případně přísunutí a odsunutí vstřikovací jednotky. Doba je závislá na velikosti výrobku, respektive délce dráhy a rychlosti pohybů stroje. [12]

## 4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

### 4.1 Zásady konstruování forem

Jedná se o nástroj upnutý na vstřikovací stroj. Na vstřikovací formu je kladeno mnoho požadavků. Musí být schopna vydržet vysoké tlaky. Musejí být garantovány rozměry i kvalita výrobku. Výstřik musí být snadno vyjmutelný a pořizovací cena se musí pohybovat nízkou, přičemž by měla být výroba snadná a rychlá. [17]

Typ formy, její konstrukce i výroba souvisí s účelem a požadavky na její použití. Životnost formy můžeme ovlivnit především tím, jaký materiál a zpracování použijeme na nejdříve namáhané součásti, tedy ty, které se stýkají s horkým polymerem (např. tvárník a tvárnice). Při výběru materiálu dáváme zřetel na to, jaký zpracováváme plast, jakou používáme technologii, jak velký a složitý je výstřik, jak velká bude série, jaká je odolnost vůči korozi a opotřebení, jaká je tepelná odolnost a samozřejmě cena. [17, 20]

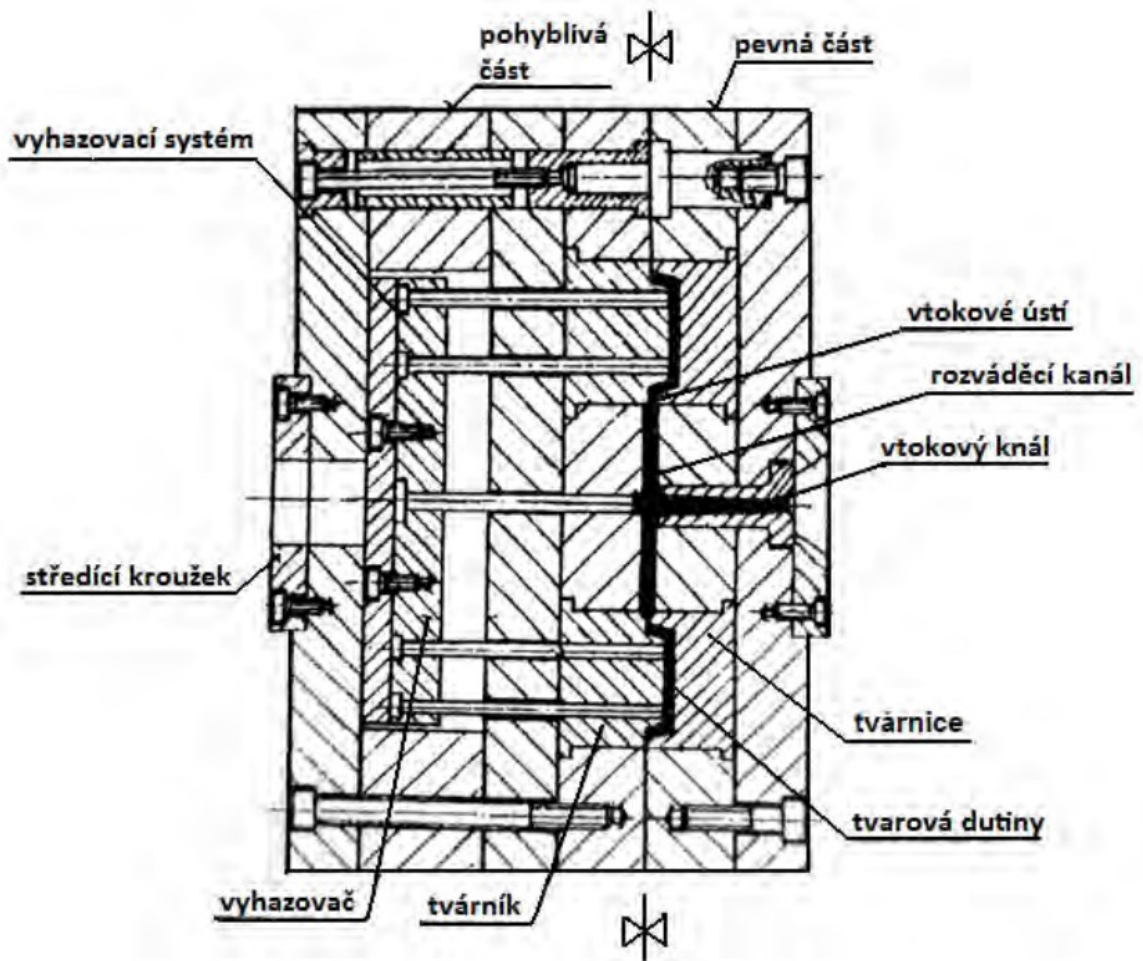
Existuje mnoho řešení jak formu zkonstruovat. Můžeme je dělit do různých skupin:

- jednonásobné či vícenásobné,
- způsob zaformování a konstrukční řešení, tedy například dvoudeskové, třidedkové, vytáčecí, atd.,
- vstřikovací stroje mají vstřik kolmo na dělicí rovinu nebo přímo do dělicí roviny [17]

Můžeme také rozdělit formu na jednotlivé části, do kterých spadá mnoho součástí, které vstřikovací forma obsahuje:

- vtokový systém,
- dutina,
- systém výměny tepla,
- vyhazovací systém,
- vodící systém,
- upínací desky,
- systém přenášení pohybu. [16, 17]

Názornou ukázkou hlavních částí formy můžeme vidět na obrázku 14.

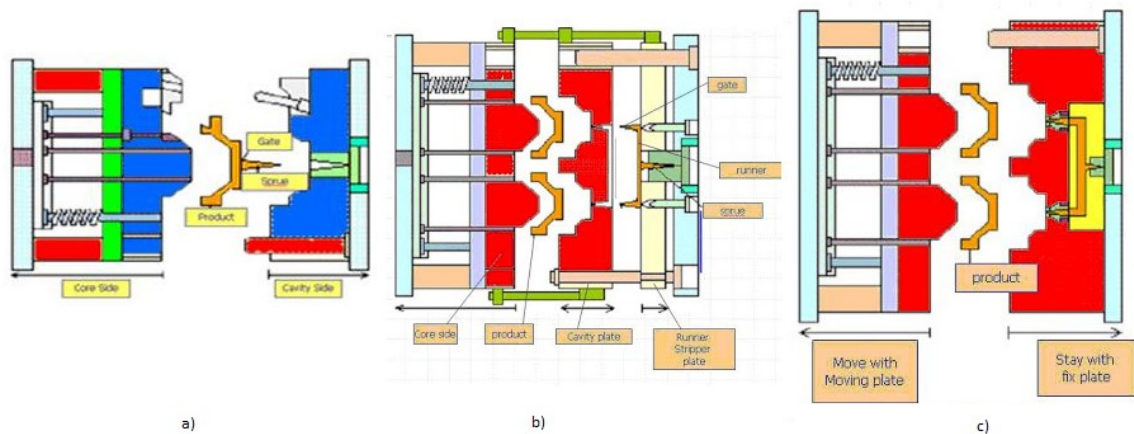


Obr. 14. Hlavní části vstříkovací formy [17]

## 4.2 Typy vstříkovacích forem

Existuje mnoho typů forem, obecně je však můžeme zařadit do tří velkých skupin:

- Dvoudesková forma má pouze jednu dělicí rovinu, v které se nachází jádro i dutina.
- V třídeskové formě můžeme nalézt dvě dělicí roviny. Formu můžeme poznat i tak, že rozděluje výstřík od vtoku.
- Forma s horkým vtokem se na první pohled podobá dvoudeskové formě. Rozdíl je v tom, že vtok z formy vůbec nevypadává, ale zůstává uvnitř. Můžeme ji tedy označit i jako formu bez vtoku. [18,19]



Obr. 15. Typy vstřikovacích forem: a) dvoudesková forma, b) třídesková forma, c) forma s horkým vtokem [19]

### 4.3 Vtokové systémy forem

Jejím účelem je dopravení polymerní taveniny z plastikační komory až do dutiny formy, kde tuhne. Při dimenzování vtoku by se měl brát ohled na to, aby byla zajištěna maximální doba působení dotlaku z důvodů vyrovnání kontrakcí ve výstřiku. Vtok by měl mířit do nejlustšího místa výstřiku, pokud je to možné. [21]

Při výběru vtokového systému můžeme volit mezi dvěma možnostmi, studený vtok či horký vtok. Tuto volbu musíme učinit již v počátku konstrukčního návrhu. Vybírá se na základě použitého materiálu pro jednotlivé díly formy, montáže formy, požadované produktivity procesu, plánovaného rozpočtu, vstřikovaného materiálu, atd. [15]

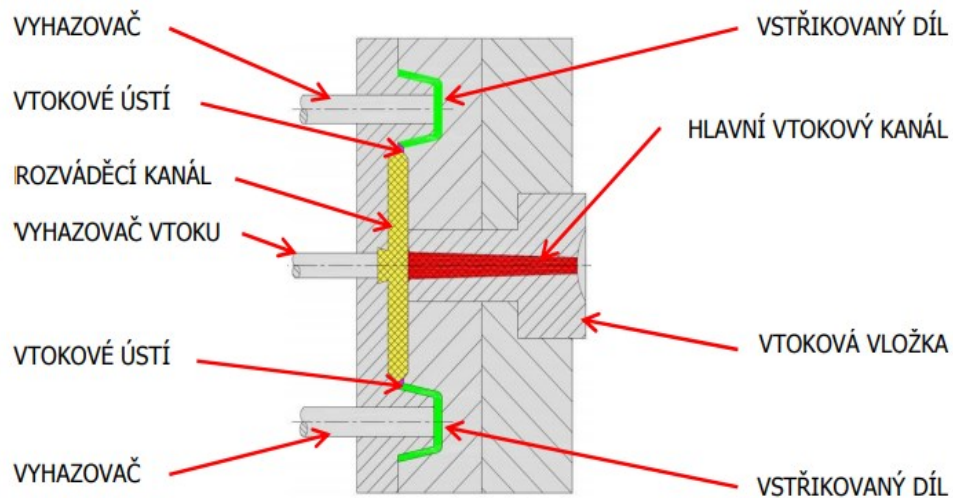
POROVNÁVACÍ HLEDISKO	TYP FORMY / VTKOVÉHO SYSTÉMU	
	DVOU DESKOVÁ	S HORKÝM ROZVODEM
spotřeba materiálu	3	1
doba výrobního cyklu	1	1
počáteční investice	1	3
doba rozjezdu výroby	1	4
náklady na údržbu	1	4
umístění ústí vtoku	4	1

Tab. 1. Porovnání dvou deskové formy a formy s horkým vzduchem [15]

V předchozí tabulce můžeme vidět porovnání dvou deskové formy a formy s horkým rozvodem. Obecně můžeme říci, že forma s horkým rozvodem má větší produktivitu, ale za cenu vyšších pořizovacích i udržovacích nákladů. [15]

#### 4.3.1 Studený vtokový systém

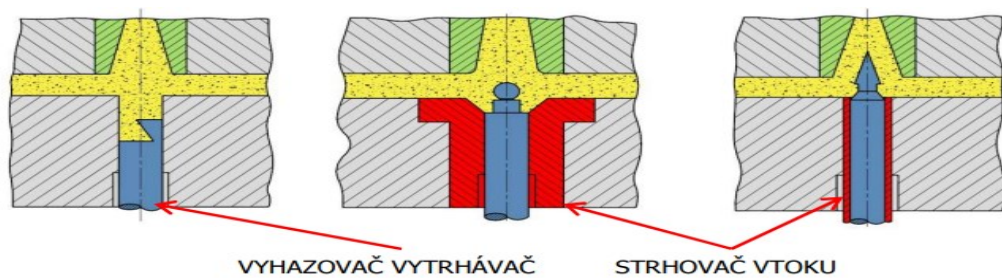
Studený vtokový systém (dále jen SVS) se skládá z několika částí, které zajišťují vtok polymerní taveniny do dutiny. Vtok v SVS na rozdíl od vyhřívaného vtokového systému (dále jen VVS) ztuhne. [21,22]



Obr. 16. Schéma SVS [22]

##### 4.3.1.1 Přidržovač vtoku

Přidržovač vtoku je nutné využívat z důvodu vytáhnutí ztuhlého polymeru z vtokové vložky, kde by mohl polymer uvíznout. Tvoří ho vyrobený podkos, případně upravený vyhazovač, který je umístěn naproti hlavnímu vtokovému kanálu. Díky tomuto se udrží ztuhlý polymer po otevření formy na správné (tedy levé) straně formy, po čemž je vyhozen vyhazovačem. [22,23]



Obr. 17. Možné přidržovače vtoku [22]

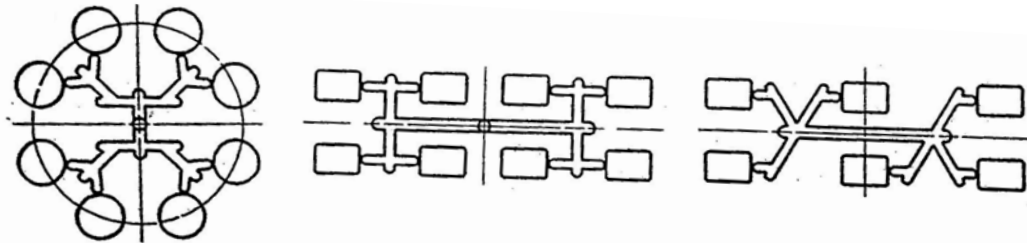


#### 4.3.1.2 Rozváděcí kanály

Rozváděcí kanály by měly mít co možná nejmenší poměr obvodu ku ploše, aby byl hydraulický odpor co nejnižší. Velikost kanálu se určuje dle velikosti vstřikovaného dílu. [21,22]

Při navrhování vícenásobných forem je vhodné dodržet několik pravidel.

- Je důležité odstupňovat jednotlivé vtokové kanály již od vtoku.
- Správný průřez je vhodné volit pomocí počítačové simulační analýzy.
- Kanály je záhodno dělat co možno nejkratší. Při dosažení dutin taveninou ve stejnou chvíli zaručuje stejné tlakové podmínky. Toto je nutné dodržet zejména u výstřiků náročných na přísné rozměrové tolerance. [21]

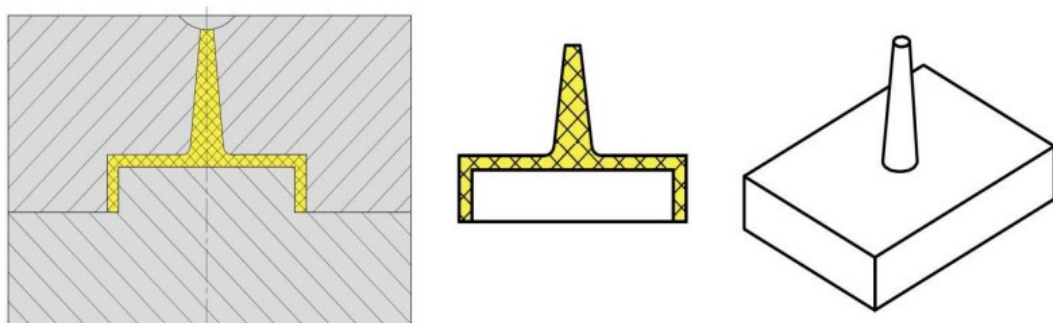


Obr. 18. Ukázka stejně dlouhých drah toku taveniny [21]

#### 4.3.1.3 Vtokové ústí

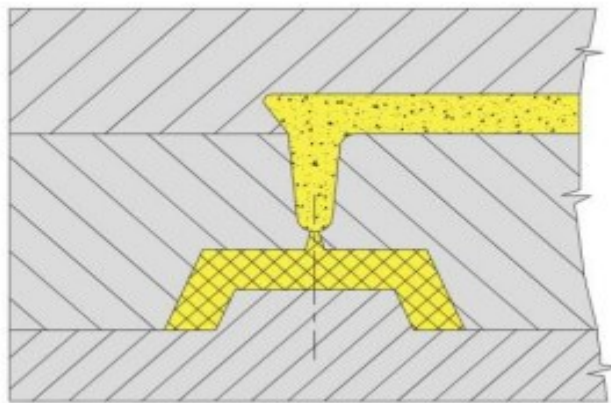
Nachází se mezi rozvodným kanálem a dutinou výstřiku. Vtokové ústí by mělo být co možné nejúžší, abychom se vyvarovali zanechání větších stop po vstřiku. [22]

Plný kuželový vtok se využívá zejména pro symetrické výrobky s tlustými stěnami nebo při využití plastů s menší tekutostí a s nutností delšího dotlaku. Vtok do dutiny se provádí přímo z hlavního vtokového kanálu. [22]



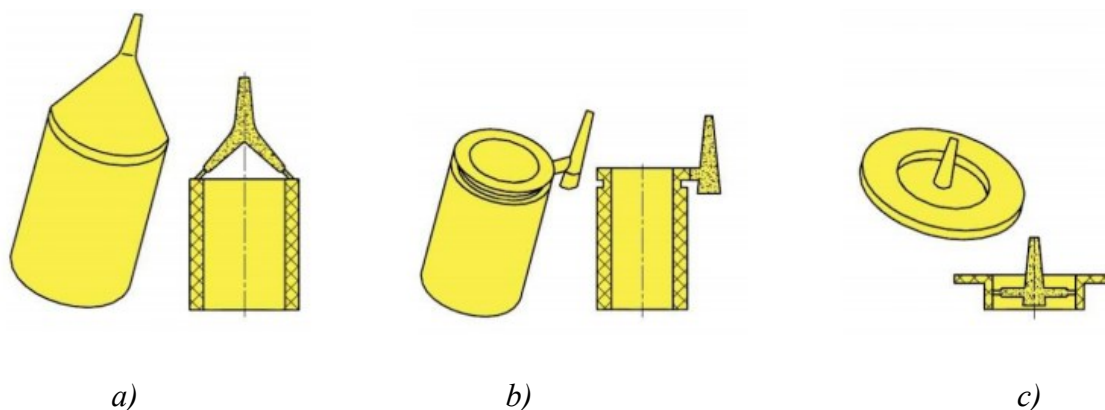
Obr. 19. Plný kuželový vtok [22]

Bodový vtok se naopak využívá pro tenkostěnné výstřiky. Vtok je směrem k výrobku kuželovitě rozšířen pro usnadnění odtržení v ústí. Jeho nevýhodou je zůstávající větší stopa na výrobku a nebezpečí zatuhnutí v předkomůrce.[22]



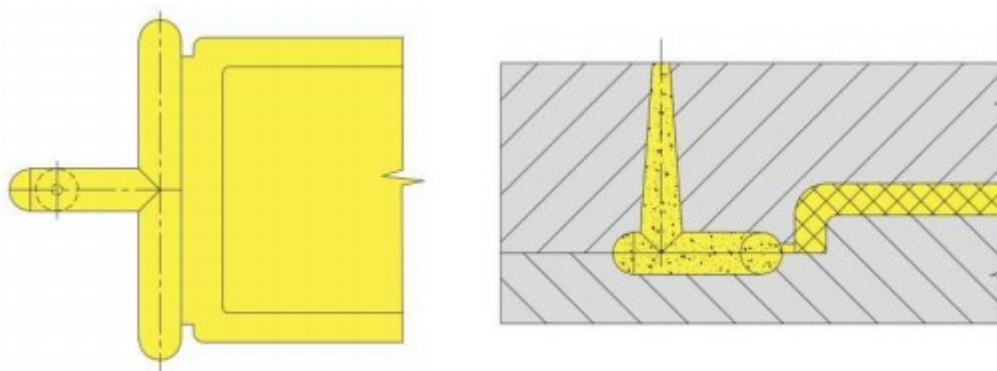
Obr. 20. Bodový vtok [22]

Deštníkový, talířový a prstencový vtok se využívají pro vstřikované díly rotačního charakteru. Nevýhodou je velká spotřeba materiálu z důvodu objemných dutin. Naopak výhodou je rovnoměrné zaplňování dutin. [22]



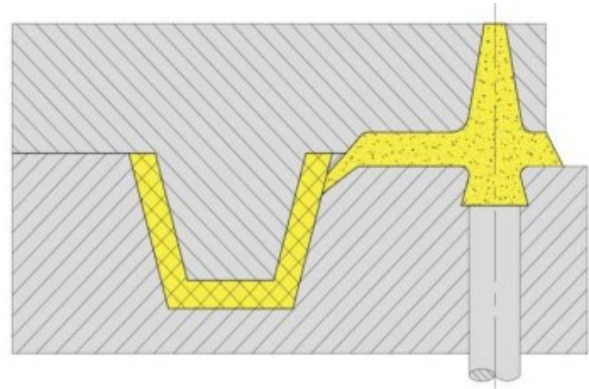
Obr. 21. Rotační vtoky: a) deštníkový, b) prstencový, c) talířový [22]

Filmový vtok se využívá u obdélníkových tvarů s vtokem na kratší straně. Zejména u semikrystalických plastů, kdy dosahujeme lepší pevnosti výrobku. Vtok se však musí oddělovat až po vyhození výrobku mimo formu. [22]



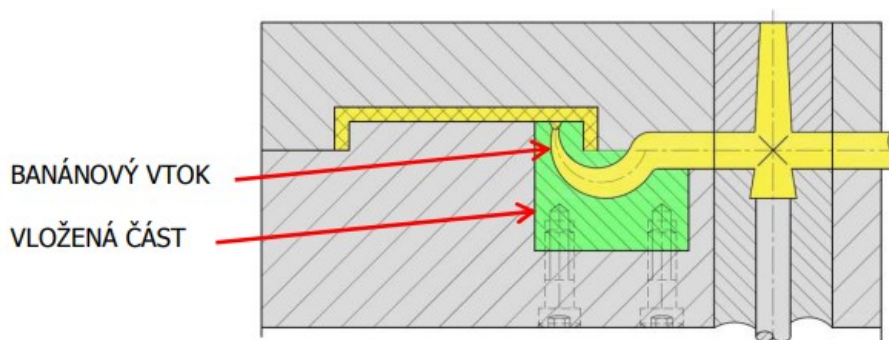
Obr. 22. Filmový vtok [22]

Tunelový vtok je výhodný v automatickém oddělení výrobku od vtoku. Vtok nás však omezuje v použitém druhu materiálu. Také je hodně náročný na výrobu, protože je nutno využít elektroerozivní hloubení.



Obr. 23. Tunelový vtok [22]

Banánový (prohnutý) vtok se využívá stejným způsobem jako tunelový vtok. Není však možné zaústit vtok do bodu výstřiku. Nevýhodou je však opět nutnost elektroerozivního hloubení a také větší prostorová náročnost kvůli další části s banánovým vtokem. Díky němu jsme však schopni umístit vtok ze spodní strany výstřiku, čímž můžeme zamezit stopám na pohledové straně.



Obr. 24. Banánový vtok [22]

#### 4.3.2 Vyhřívaný vtokový systém

Pointa používání VVS je v úspoře práce i materiálu. Díky VVS totiž při vytvoření produktu vzniká malý nebo žádný vtokový zbytek, který je třeba navíc zrecyklovat. Mimo jiné tento systém umožňuje automatizaci a zkrácení výrobního cyklu, díky zkrácení chladicí doby. [21,25]

Využívá se bodového vtoku s malým průřezem, jenž je použitelný pro širokou škálu produktů. Tento vtok se využívá z důvodu toho, že je celá forma naplněná taveninou, tedy od vtoku až k jejímu ústí.[25]

VVS však není vhodný k malosériové výrobě z důvodu snižování nákladů u dokončovacích prací, vyžaduje vysokou technickou úroveň vstřikoven i lidí. Formy jsou

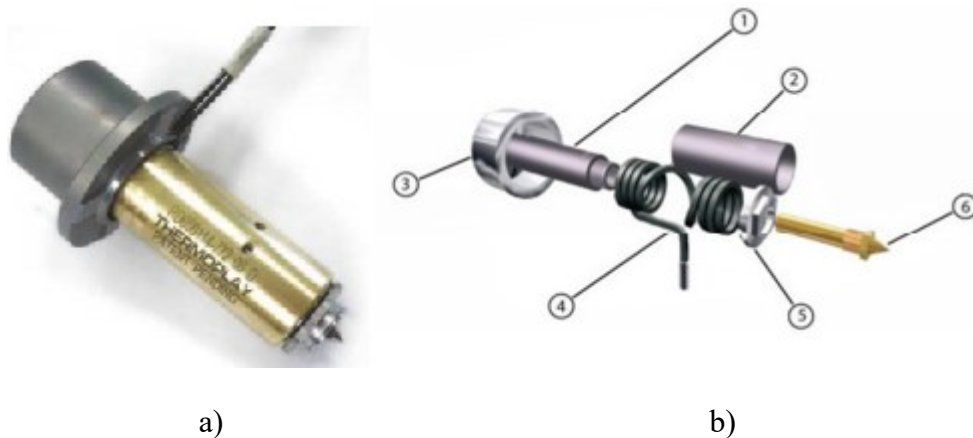
taky nákladné na pořizovací ceny, protože VVS je nutné pořizovat u specializovaných firem. [21]

#### 4.3.2.1 Vyhřívané trysky

Trysky jsou vyhřívány elektricky a můžeme je dělit na trysky s vnějším či vnitřním topením.

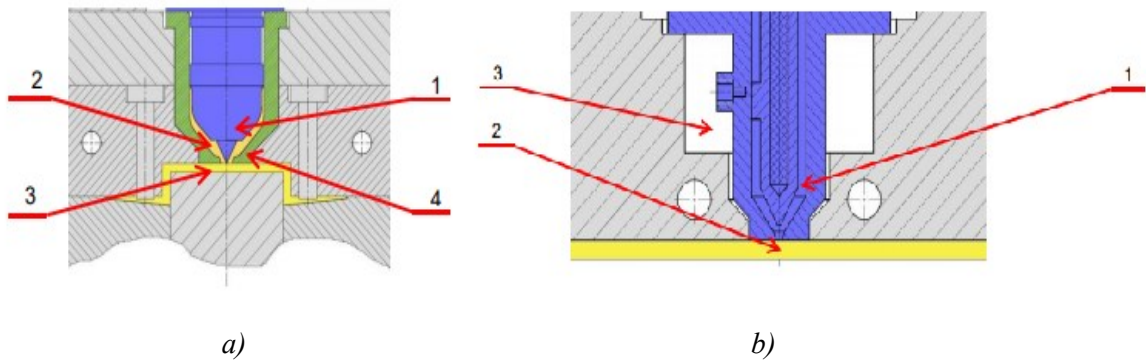
Tryska s vnějším topením má navinutý topný svazek po obvodu trysky a tavenina protéká jejím středem. Výhoda této trysky spočívá v nejmenší ztrátě tlaku.

Tryska s vnitřním topením má do svého středu vsunutou topnou patronu. Výhodou je lepší regulace teploty taveniny na špičce trysky a také lepší tepelná izolace. [24]



Obr. 25. Vyhřívaná tryska: a) reálná tryska, b) rozložená tryska: 1) termočidlo, 2) kryt topení, 3) kalená hlava, 4) topení, 5) uzavírací kroužek, 6) beriliový hrot [24]

Trysku do formy můžeme zavádět dvěma způsoby a to podle toho kam ji zavádíme. Jednak ji můžeme zavést do předkomůrky, odkud vytéká tavenina do dutiny formy. Tímto způsobem umístění hrozí zatékání taveniny do nepříslušných míst, kde pak hrozí zatuhnutí. Druhý způsob je zavedení trysky přímo do dutiny. [24]

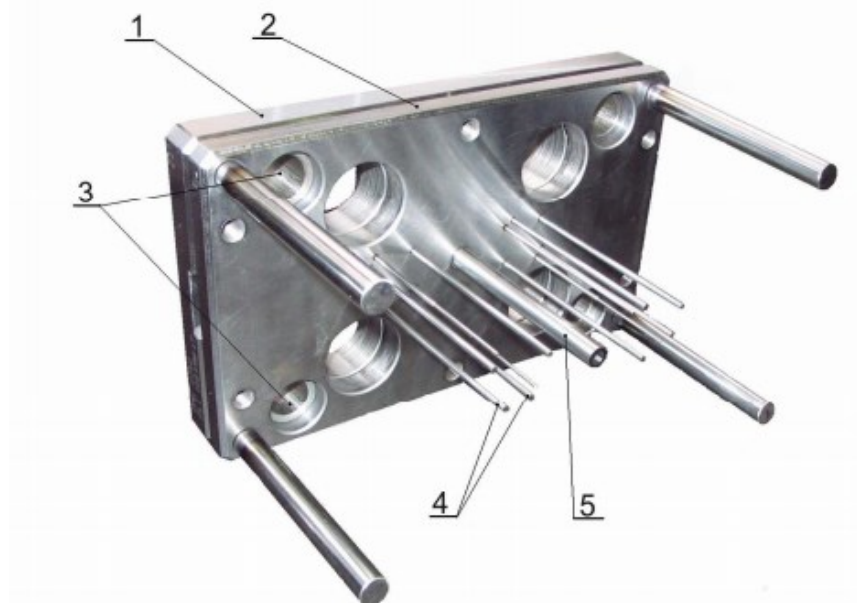


Obr. 26. Umístění trysek: a) v předkomůrce: 1) tryška, 2) předkomůrka, 3) výrobek, 4) pouzdro, b) v dutině: 1) tryška, 2) výrobek, 3) vzduchová mezera [24]

### 4.3.3 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém slouží k vyhození produktu a vtokového zbytku. Jedná se o nezbytnou část procesu, protože se plasty při tvrdnutí smršťují a posléze pevně drží na zdech dutiny. Při výpočtu vyhazovací síly je nutno počítat se smrštěním výstříku, adhezí plastu k lici formy, pod tlakem vznikajícím při vyhození a s pružnou deformací formy. [26, 27]

Práce vyhazovacího systému začíná po otevření formy, kdy hřídel stroje zatlačí na vyhazovací desku, která se začne pohybovat kupředu. Vyhazovače se začnou pohybovat spolu se dvěma vyhazovacími deskami, mezi kterými jsou ukotveny, a vytlačí výstřík z dutiny ven. Po vyhození výstříku se vyhazovací systém vrací zpět na původní místo. [27]



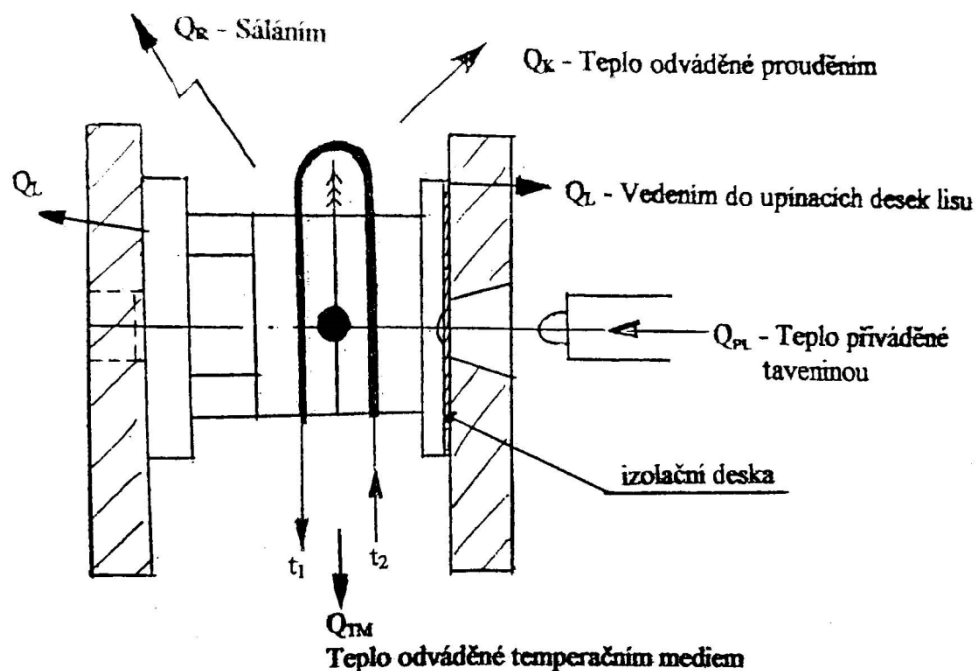
Obr. 27. Vyhazovací systém: 1) opěrná deska vyhazovače, 2) kotevní deska vyhazovače, 3) vodící pouzdra, 4) válcové vyhazovače, 5) trubkové vyhazovače [26]

#### 4.3.4 Temperační systém

Temperační systém je velmi důležitou částí vstřikovací formy. Je tomu tak, protože teplota formy má přímý účinek na kvalitu výrobku a také na délku cyklu. Řízení teploty vstřikovací formy má za úkol dvě věci, tedy ohřívání formy na operační teplotu a udržování teploty na operační teplotě. [28]

V tomto případě můžeme formu označit jako výměník tepla, který potřebujeme chladit. Výměník má za úkol odebírat tavenině polymeru teplo ( $Q_{PL}$ ), které získalo v plastikační jednotce. Teplo se odvádí všemi druhy sdílení tepla:

- $Q_L$  – jedná se o odvod tepla do upínacích desek pomocí vedení, tedy kondukcí,
- $Q_K$  – jedná se o odvod tepla pomocí proudění, tedy konvekci,
- $Q_R$  – jedná se o odvod tepla pomocí sálání, tedy radiaci,
- $Q_{TM}$  – jedná se o odvod tepla z formy pomocí temperačního media. [21]



Obr. 28. Odvod tepla z formy [21]

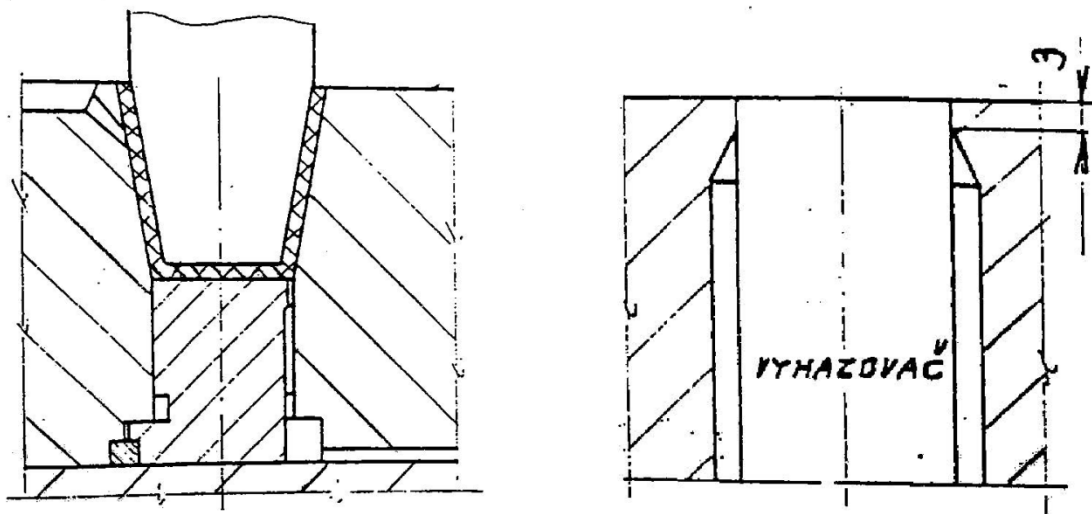
#### 4.3.5 Odvzdušňování forem

Další nedílnou součástí je zajištění odvzdušnění formy. Vzhledem k tomu, že rychlost plnění formy má značný vliv na vlastnosti produktu, nesmí odvzdušňování bránit procesu. Tím pádem platí přímá úměrnost mezi rychlostí plnění a účinností odvzdušňování. Tedy čím větší je rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušňování. Příkladem můžeme

uvést vstřikování tenkostěnných kelímků, které mají dobu vstřikování několik desetin sekundy.

V případě, že vzduch z dutiny neunikne, dojde ke stlačení vzduchu na jednom místě a vytvoří se bublina ve výlisku. Popřípadně u větší tloušťky stěny dojde k jeho spálení, což je zvané Dieslův efekt.

Při odvzdušňování jednodušších výstřiků stačí místo odvzdušnění určit dle zkušeností konstruktéra. U složitějších výstřiků je však nutné zjistit místo odvzdušnění pomocí simulačních metod (např. pomocí Mold Flow, Cadmould).[21]



Obr. 29. Příklady odvzdušňování: a) odvzdušňovací vložka,  
b) odvzdušnění pomocí vyhazovacího otvoru [21]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 5 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

- Navrhnout tvar ergonomické myši
- Vyspecifikovat vstřikovaný materiál pro ergonomickou myš
- Vymodelovat 3D model myši v programu CATIA V5R20
- Zvolit specifikace vstřikovací formy
- Provést vtokovou analýzu pomocí programu Autodesk Moldflow Synergy 2016
- Zkonstruovat formu ve 3D
- nakreslit výkresy hlavních součástí formy

### 5.1 Použité softwary

Jak díl pro vstřikovací formu, tak celá forma je vyhotovena za pomoci CAD/CAM/CAE programu CATIA V5R20. Opět jak pro díl, tak pro formu byly využity 3 moduly. Z mechanical designu se jedná o part design a assembly design. Pro tvorbu ploch byl využit generative shape design. [40]

Autodesk Moldflow Synergy 2016 je využíván pro vtokové analýzy polymerů. V této práci je využit pro zjištění vhodnosti umístění vtoku.

Byly také použity generátory normálií a normálie od firem Meusburger a Hasco. [41, 42]

## 6 NÁVRH TVARU ERGONOMICKÉ MYŠI

Tvar myši je cílen především k tomu, aby padl do ruky právě mě. Všeobecně mi ze zkušenosti vyhovuje především vytvarovaná myš na stranách pro odložení prsteníčku a malíčku. Na toto tedy bude kladen důraz.

Dále se hodlám řídit rozdělením podle úchytu myši, které se dělí na [32, 33]:

„*Dlaňový úchyt*“ (v originálu „*Palm grip*“) je klasický úchyt myši, kdy ji v podstatě chytíme celou plochou dlaně.

„*Spárový úchyt*“ (v originálu „*Claw grip*“) je pojmenován dle ptačího spáru, který tento úchop nápadně napodobuje. Je to kvůli opírání za pomoci kraje dlaně spolu s prsty. Střed dlaně je naopak zvedlý ve vzduchu.

„Úchop špičkami prstů“ (v originálu „*Finger tip grip*“) nepoužívá dlaň vůbec, úchyt a klikání tedy zařizují výhradně prsty. Výhoda tohoto úchopu spočívá především pro lidi s většími dlaněmi, protože nejsou limitováni délkou myši nebo naopak vzniká výhoda při používání menších myši.



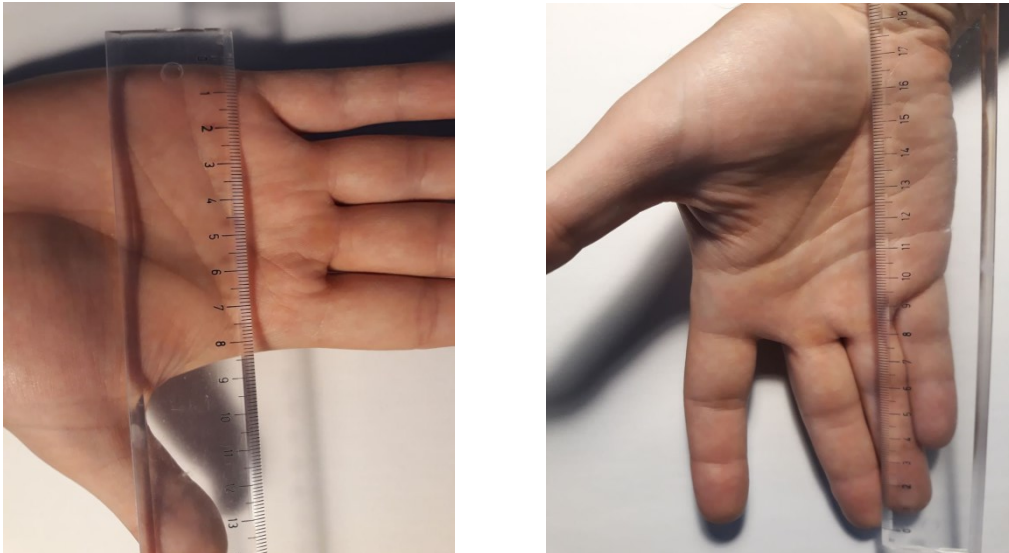
Obr. 30.: Typy úchopů myši [36]

Osobně mi nejvíce vyhovuje klasický palm grip, tedy položená celá dlaň na myši. Bude tedy směřováno k větší myši, která mi padne do ruky, společně s bočním vybráním pro možné opření prstů.

## 7 POPIS POSTUPU

Nejprve je proměřena ruka, tedy především délku prstů a dlaně, z čehož je vyvozena přibližná délka horní části povrchu myši. Délka celé dlaně s prsty je 180 mm, délka prstů 85 mm, tedy délka dlaně bez prstů je 95 mm.

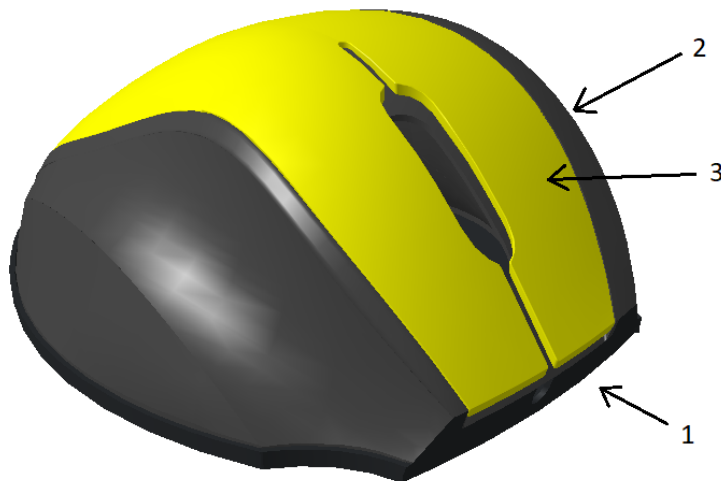
Následně je obdobně provedeno se šířkou ruky, která, nepočítaje palec, je 80 mm.



Obr. 31.: Foto ruky: 1. šířka dlaně; 2. délka dlaně

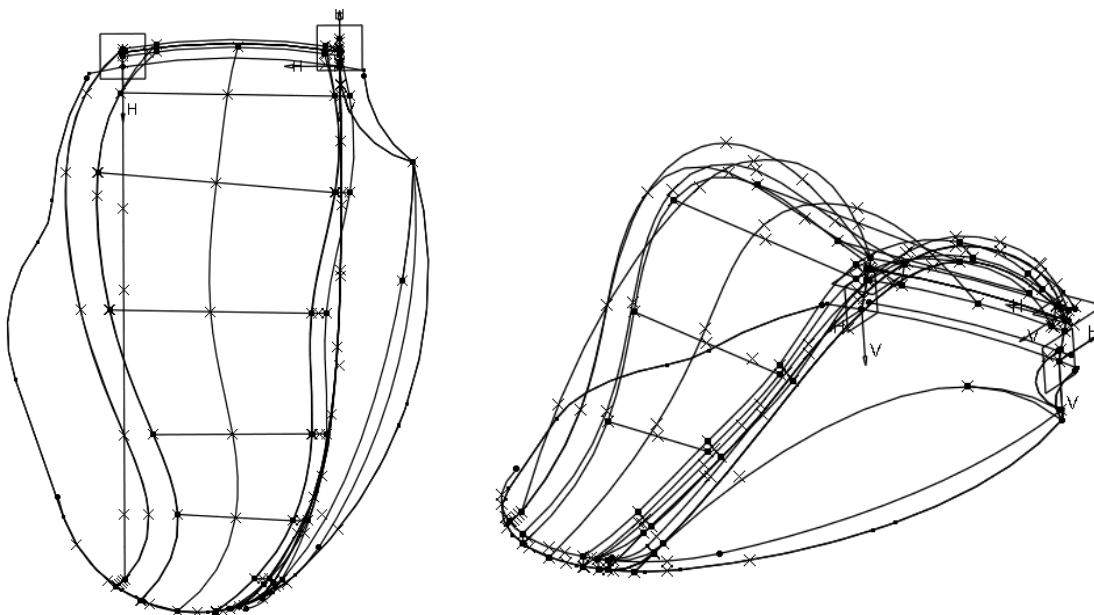
Myš se skládá ze 3 částí. Jedná se o:

- podstavu, tedy spodní část myši, která leží na podložce
- tělo myši, tvořící největší část myši a zajišťuje podporu palce, prsteníčku a malíčku
- tlačítek, zajišťující podporu dlaně a ukazováčku s prostředníčkem v podobě tlačítek



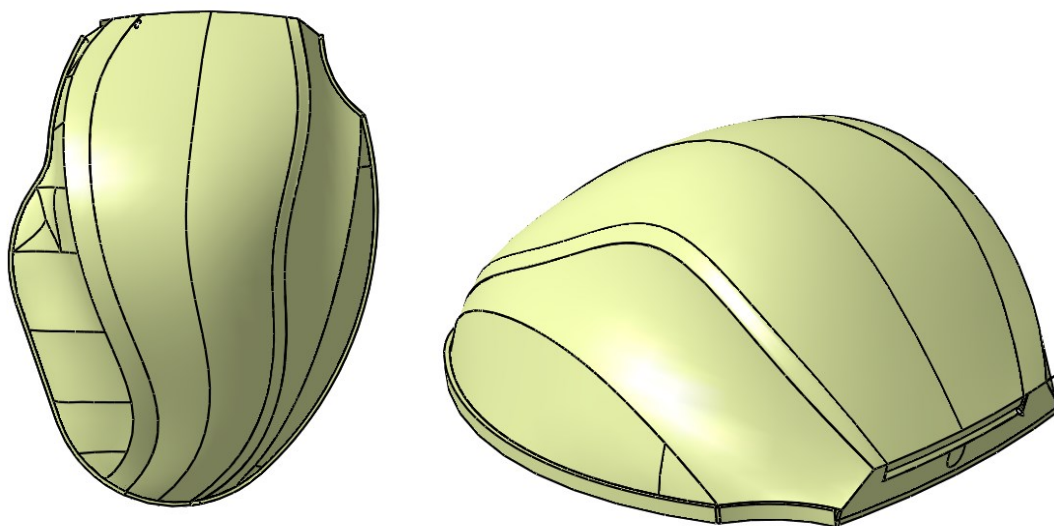
Obr. 32.: Díly myši: 1) Podstava, 2) Tělo myši, 3) Tlačítka

Nejprve je nutné vytvořit drátový model pomocí splajn procházejícími vytvořenými body.



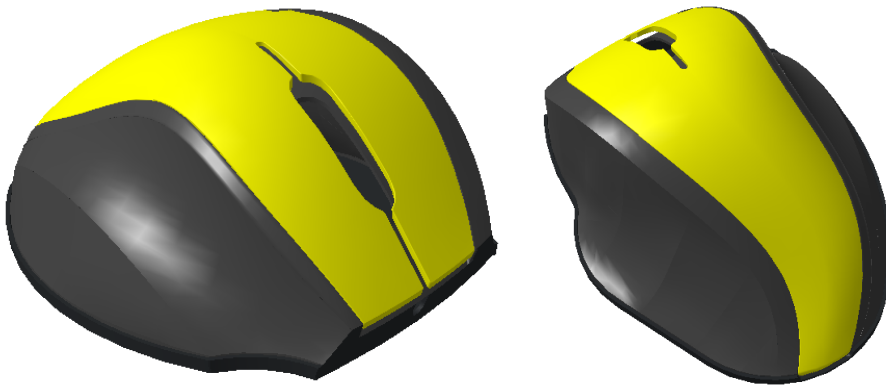
Obr. 33.: Drátový model

S hotovými splajny je možné vytvořit plochy. Ze kterých se následně vytváří 3D model.



Obr. 33.: Plochy pro model

Po vytvoření 3D modelu myši z ploch je nutné udělat nezbytné úpravy. Jedná se například o zaoblení hran za účelem získání tangenciálních ploch. Je také nutno provést vybrání v těle myši a v tlačítkách pro kolečko a rozdělení pravého a levého tlačítka. Ze přední strany je také vybrání pro průchod kabelu dovnitř myši.



*Obr. 34.: Isometrické pohledy myši*



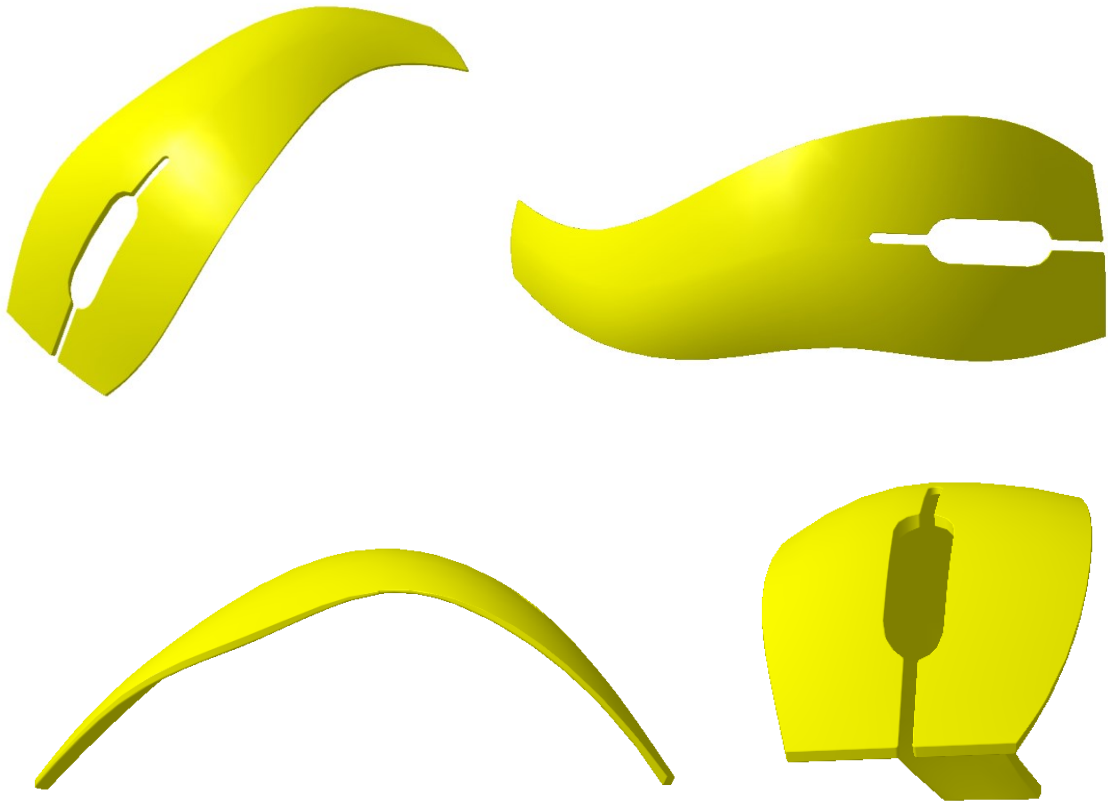
*Obr. 35.: Pohledy myši: Shora, zepředu, zezadu, zprava*

Dle hmotnostní analýzy přímo v Catii váží schránka myši dohromady 34 g. Z toho podstava váží 9g, tělo myši je 15 g a tlačítka 10 g.

## 8 FORMA

### 8.1 Výběr dílu a koncepce formy

Pro tvorbu formy je vybrán horní díl, tedy tlačítka myši.



*Obr. 36. Obrázky dílu tlačítek*

Z důvodu velko-sériovosti je volena kombinace studeného a horkého vtokového systému pro urychlení taktu vstřiků, tedy většího množství kusů za jednotku času.

Výstřik nevyžaduje velkou přesnost a zároveň je třeba vyrábět velké množství kusů. Opět je tedy z důvodu sériovosti použita čtyř-otisková forma.

Díl je natočen pohledovou stranou směrem k vtoku. Při smrštění se tedy přichytí na tvárník, čímž je zamezeno samovolné odpadnutí při otevírání formy.

Z důvodu orientace dílu je použit tunelový přímý vtok, který umožní vyvarování se stopám po vtoku na pohledové straně dílu.

## 8.2 Specifikace materiálu

Pro vytvářenou počítačovou myš je volen materiál, který je používán v drtivé většině případů produkce počítačových myší. Je to akrylonitrilbutadienstyren, neboli ABS. Jedná se o amorfní termoplastický kopolymer. Jeho výhodou je zejména odolnost proti mechanickému opotřebení. Materiál je tuhý, houževnatý, zdravotně nezávadný a málo nasákavý. [29, 30, 31]

Konkrétně k jeho mechanickým vlastnostem [35]:

Vlastnost	Hodnota
pevnost v tahu [GPa]	0.042
prodloužení – tahová zkouška [%]	20
modul pružnosti v tahu [GPa]	2.137
vrubová houževnatost [J/cm]	4.118
pevnost v ohybu [GPa]	0.072
modul pružnosti v ohybu [GPa]	2.344
pevnost v tlaku [GPa]	0.020
pevnost v tahu [GPa]	0.350

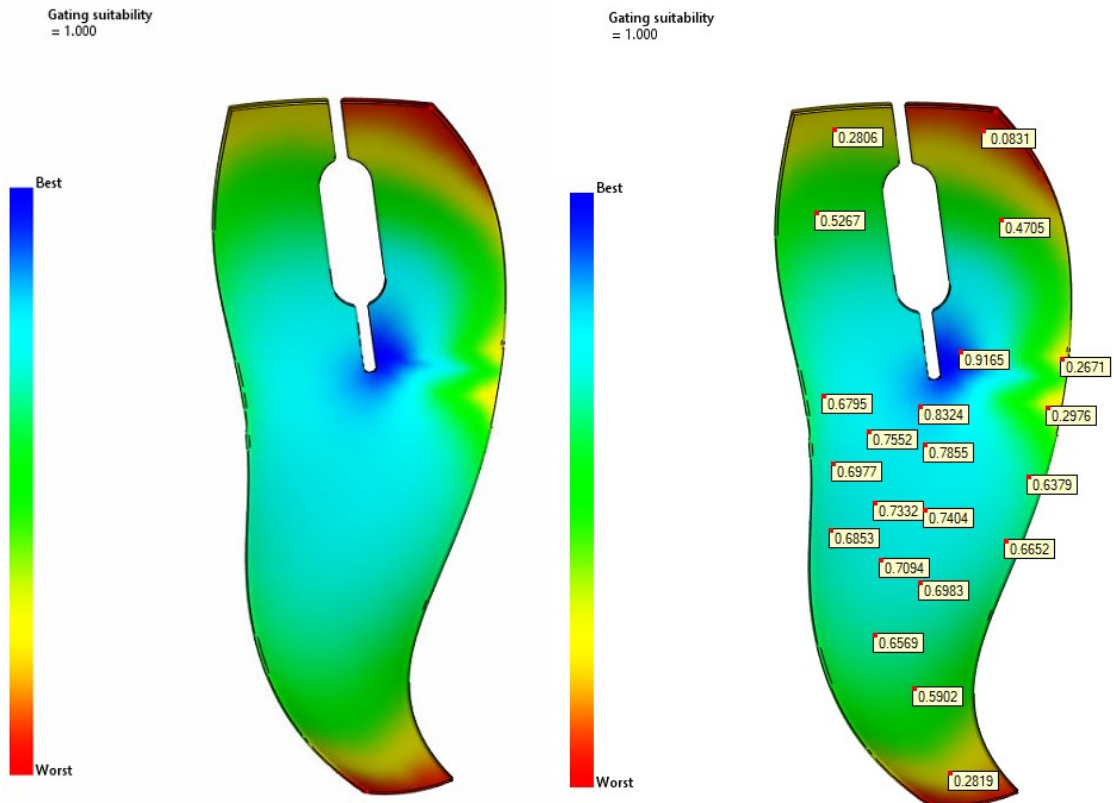
*Tab. 2. Mechanické vlastnosti ABS [35]*

Teplotní roztažnost je rovna  $73,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Vstřikování ABS se provádí 180-230°C, budeme tedy uvažovat 205°C. [37, 38, 39]

Ochlazovací teplotu uvažujeme 20°C. Z modelu délky 100 mm by se tedy zmenšila délka na 98,335 mm, tedy o 1,665%. Dutina formy musí tedy být zvětšena o příslušnou hodnotu. [39]

### 8.3 Moldflow analýza vtoku

Je provedena vtoková analýza v programu Moldflow.



Obr. 37. Vhodnost umístění vtoku dle Moldflow analýzy

Dle vygenerované analýzy lze zjistit ideální místo pro umístění vtoku. Stupnice ukazuje tmavě modrou barvu jako ideální místo, tedy hodnotově se rovnající 1. Je vidět, že vtok by se ideálně měl blížit ke středu myši.

V závislosti na typu vtoku však bude muset být vtok umístěn na okraj. Budeme se pohybovat okolo hodnot 0,65.

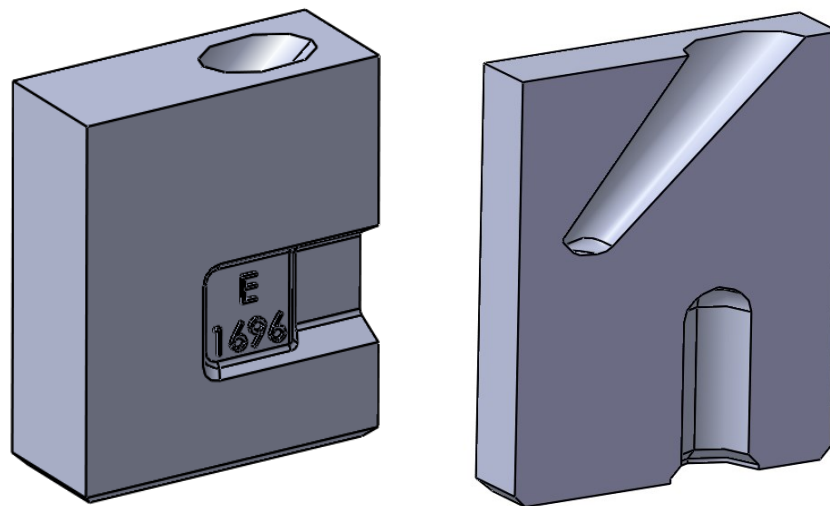


## 8.4 Vtokový systém

Jak již bylo uvedeno, je použita kombinace studeného a horkého vtoku z důvodu úspory času i materiálu. Nutnost použití studeného vtoku spočívá v použitém vtoku, tedy tunelový vtok přímý.

### 8.4.1 Tunelový vtok přímý

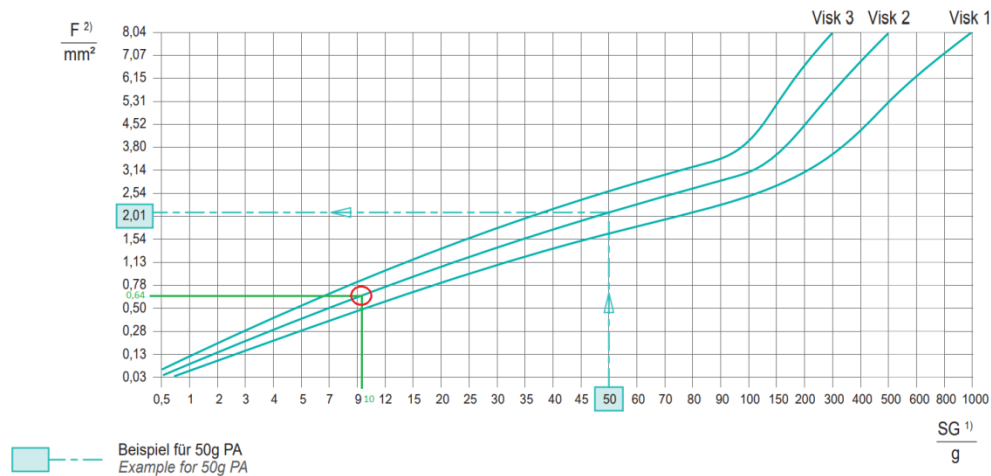
Tunelový vtok byl použit především kvůli vyhnutí se stopám po vtoku z pohledové strany. Tunelový vtok je normálí Meusburgeru. Konkrétně se jedná o nejmenší vtokovou vložku této série, tedy E1696\_15. [42]



Obr. 38.: Vtoková vložka: 1.) původní; 2.) řez [42]

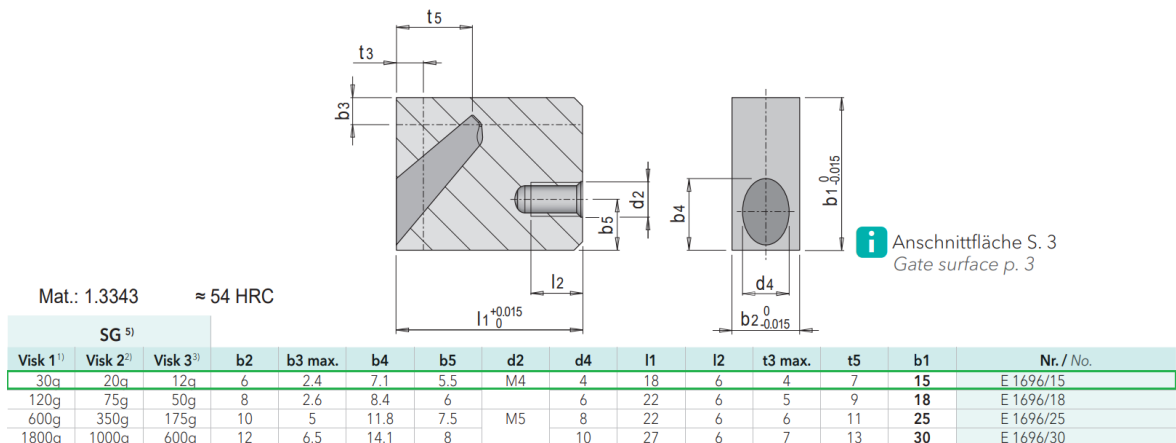
Hloubka obrobení vychází z výpočtu dle katalogu dílu. Pomocí následujícího grafu se zjistí obsah vtokové díry. Jak již bylo uvedeno, díl tlačítek váží 10g, vychází nám tedy  $F$  rovno  $0,64 \text{ mm}^2$ .

ANSCHNITTFLÄCHE  
GATE SURFACE



Obr. 39.: Plocha vtokového ústí [43]

Následně je možné díky následující tabulce obsažené v katalogu zjistit potřebnou tloušťku materiálu, která je třeba odebrat.



Tab. 3.: Rozměry vtokové vložky[43]

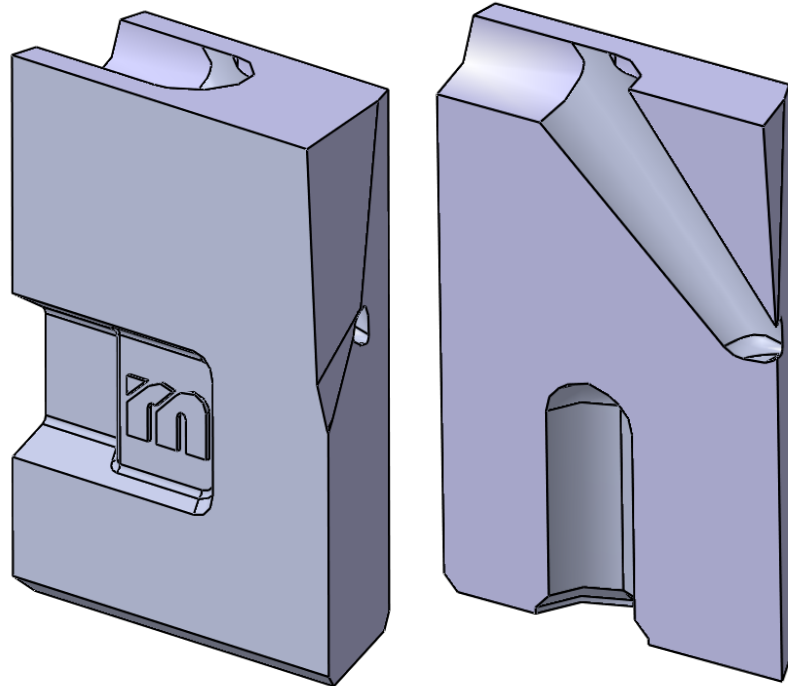
Množství materiálu rovnající se 10g ukazuje na první typ E 1696/15 a hodnotu úběru materiálu b<sub>3</sub>, tedy až 2,4 mm.

Dle následující tabulky zjistíme hodnotu odebrání přesně:

b1	F (mm <sup>2</sup> )	Fräsen / Milling		
		~ Ø	b3	t3 max
15	0.12	0.4	2.1	4
	0.40	0.7	2.2	
	0.75	1.0	2.3	
	1.13	1.2	2.4	

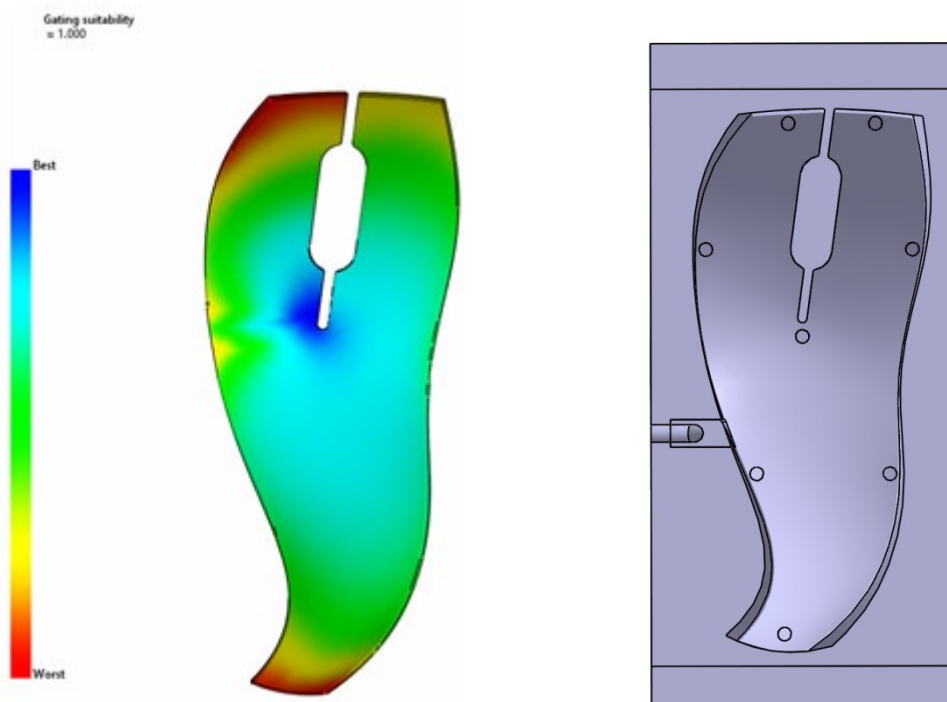
Tab. 4.: Přesná hodnota pro odebrání materiálu z vtokové vložky

Odebráním materiálu nám vzniká připravená vtoková vložka.



Obr. 40.: Obrobená vtoková vložka: 1.) vložka; 2.) řez [42]

Vložka je umístěna do boční stěny myši s ohledem na vtokovou analýzu.

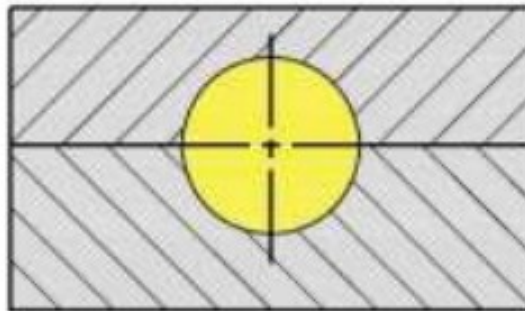


Obr. 41.: Umístění vtokové vložky: 1.) Analýza; 2.) Tvárník

Upevnění vložky do tvárníku je provedeno pomocí šroubu dírou ze spodu tvárníku.

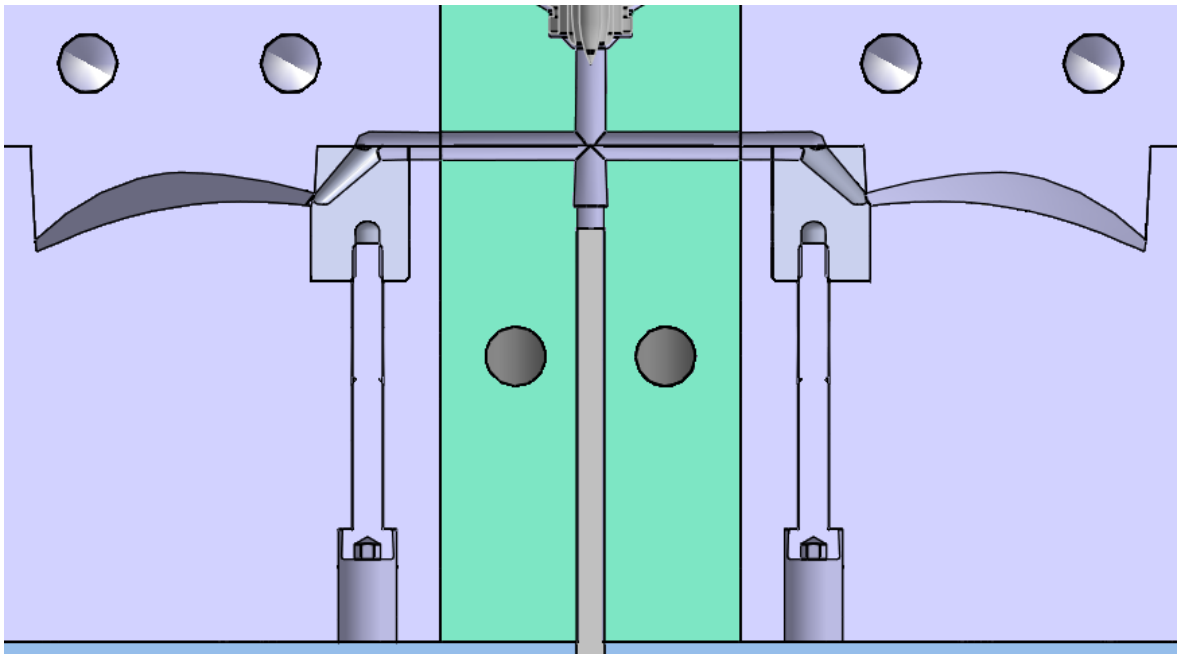
#### 8.4.2 Rozvodný studený vtokový kanál

V závislosti na průměru trysky byl zvolen vtokový kanál průměru 3,8 mm. Tvar kanálu je kruhového průřezu pro zajištění co nejmenších tepelných a tlakových ztrát. Dělicí rovina tedy půli kanály na půlkruhy. [22]



Obr. 42.: Tvar rozvodného kanálu [22]

Přidržovač vtoku se nachází mezi tvarovými vložkami a je řešen podkosem. Pod ním se nachází kalený vyhazovač, sloužící pro vyhození vtoku.

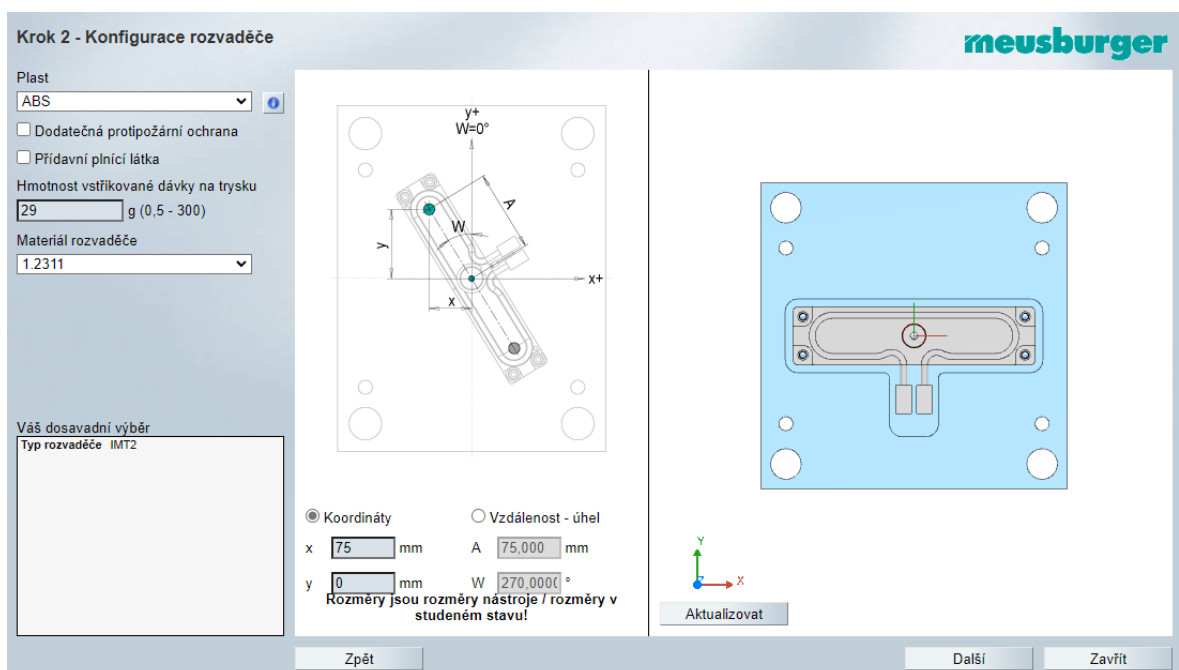


Obr. 43. Řez vtoku

### 8.4.3 Systém horkých vtoků

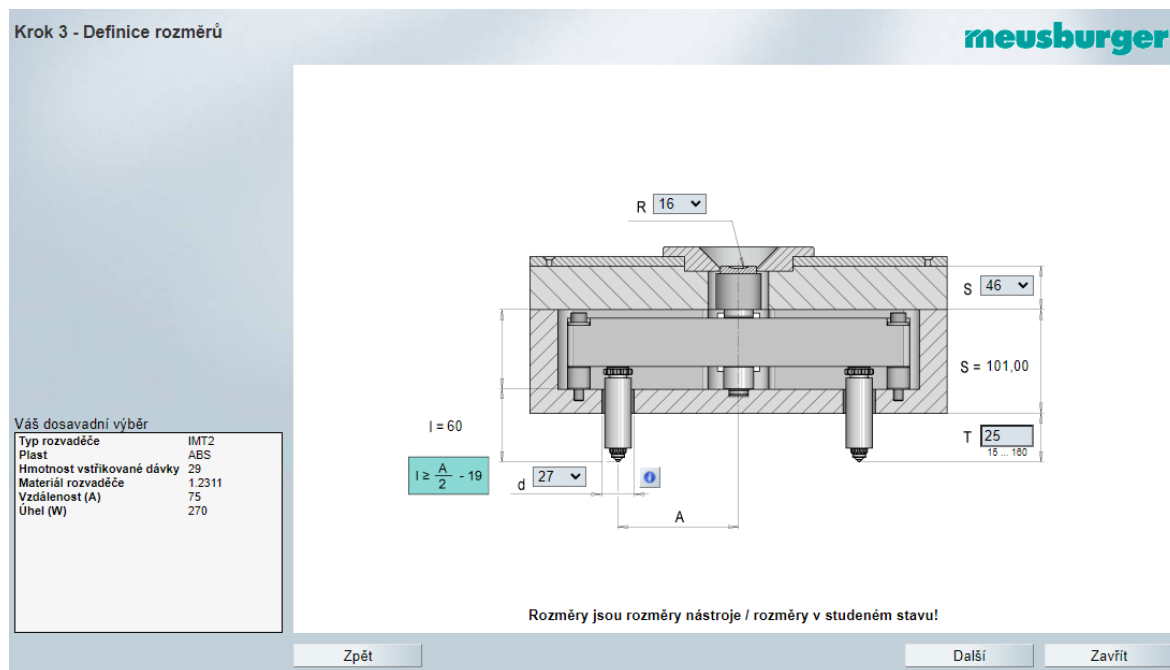
Konfigurace celého systému horkých vtoků byla provedena pomocí aplikace Meusburgeru, která vygenerovala celý vtokový systém pomocí zadaných parametrů. [42]

V prvním kroku, kde se pouze navolil počet vtoků, byl vybrán rozvaděč typu IMT2. Rozvaděč typu IMT2 slouží pro umístění 2 vtoků. V dalším kroku se vygenerovaly další parametry. Bylo nutno zadat typ polymerního materiálu (ABS), vstříkovanou hmotnost na jednu trysku (29 g), tedy 2 kusy produktů spolu se studeným vtokem, a také roztečnou vzdálenost od vtoku ze vstřikovacího stroje k tryskám. [42]



Obr. 44.: Druhý krok při volbě systému horkých vtoků [42]

Ve třetím kroku již volíme rozměrové velikosti desek, hloubku zapuštění trysek a také jejich průměr. [42]



Obr. 45.: Třetí krok při volbě systému horkých vtoků

Ve čtvrtém kroku bylo již nutno jen vybrat typ trysky a typ sestavy ústí, u kterého byla dána zřetel na doporučení výrobcem. [42]

Z tohoto dostáváme kompletní systém horkých vtoků skládající se z následujících komponent:

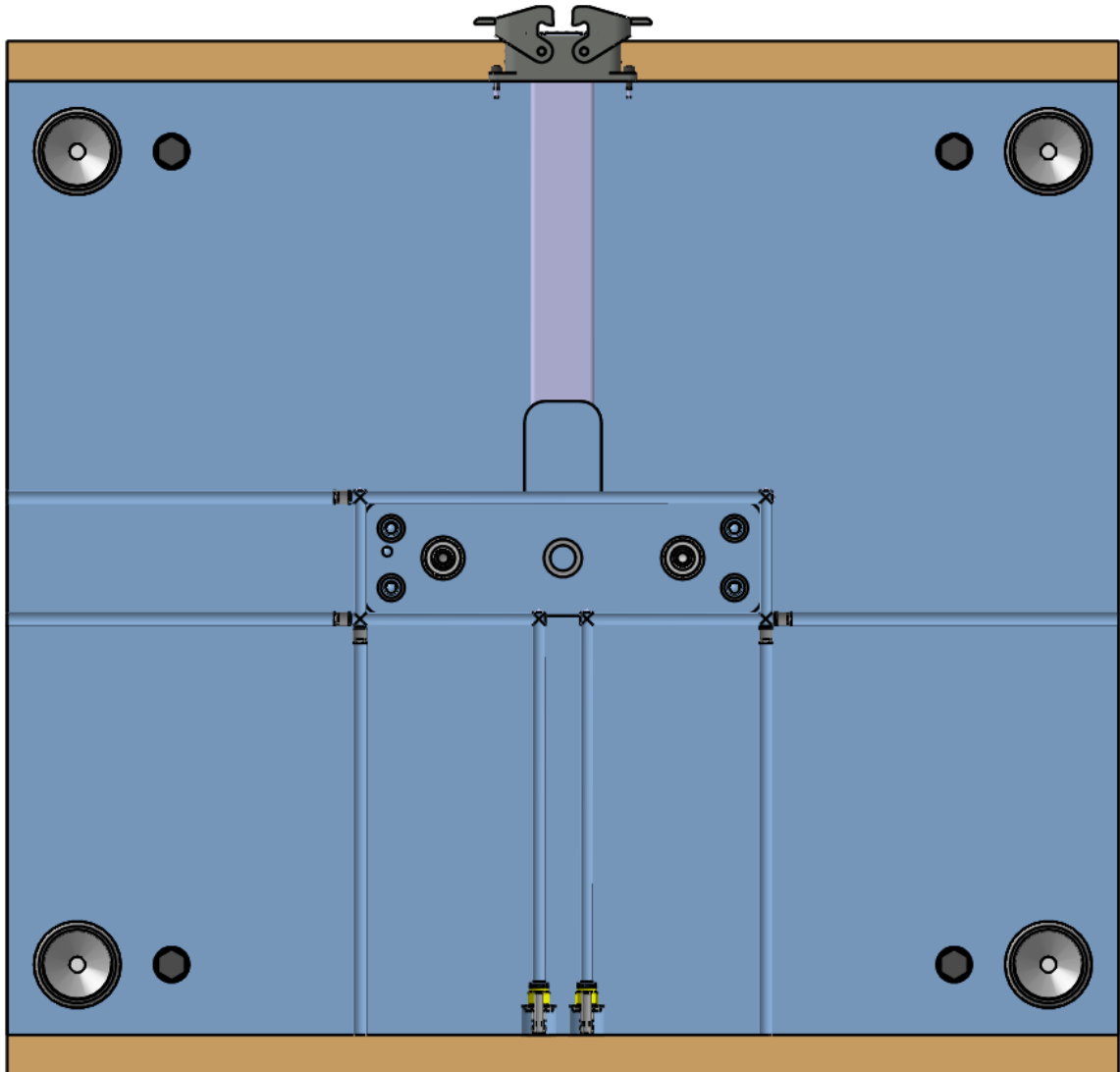
Rozvaděč: E 45001 IMT2/27/56 234/40/A/2311
Vtoková vložka: E 4100/53/16/8
Tryska horkého vtoku: E 4010/27x60
Sestava ústí: E 400 RG/27/M/0,8-2

Tab. 5.: Komponenty systému horkých vtoků [42]

Celý systém horkých vtoků je umístěn v desce pro rozvaděč horkých vtoků, která je umístěna pod upínací deskou.

Deska má svůj vlastní temperanční systém pro snížení šíření tepla do tvárnice.

Na následujícím obrázku můžeme kromě temperančního systému vidět také vyfrézovanou díru sloužící pro přívod energie do rozvaděče horkých vtoků.

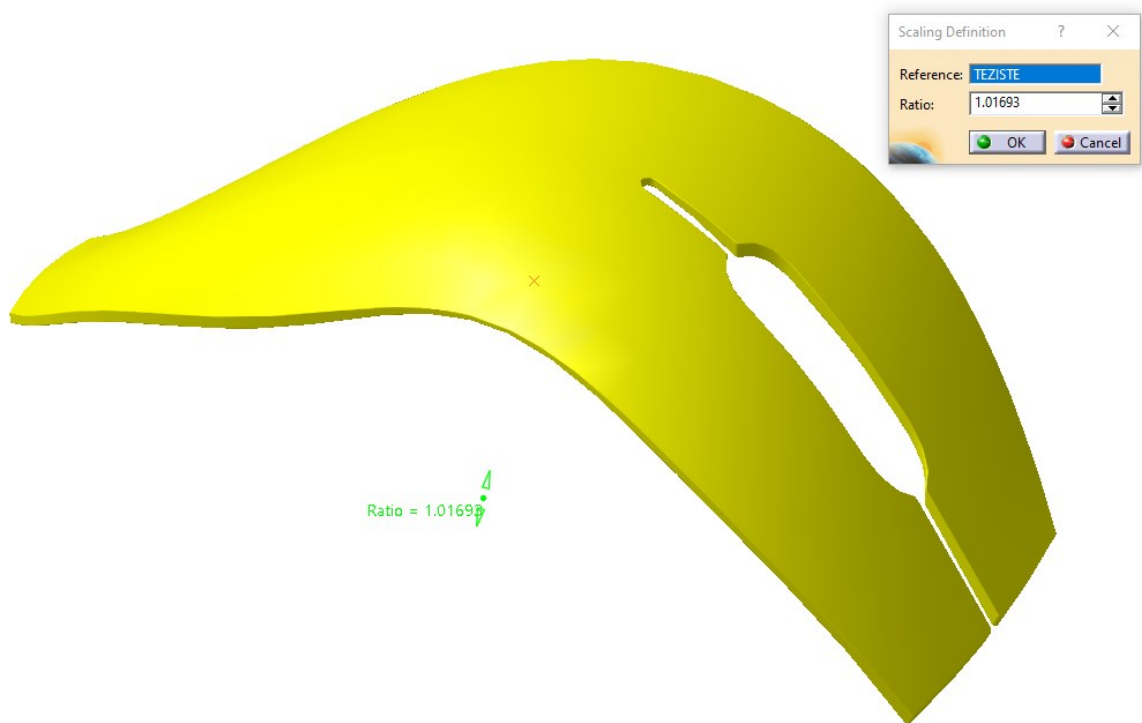


Obr. 46.: Řez deskou pro rozvaděč horkých toků

## 8.5 Dutina pro výrobek

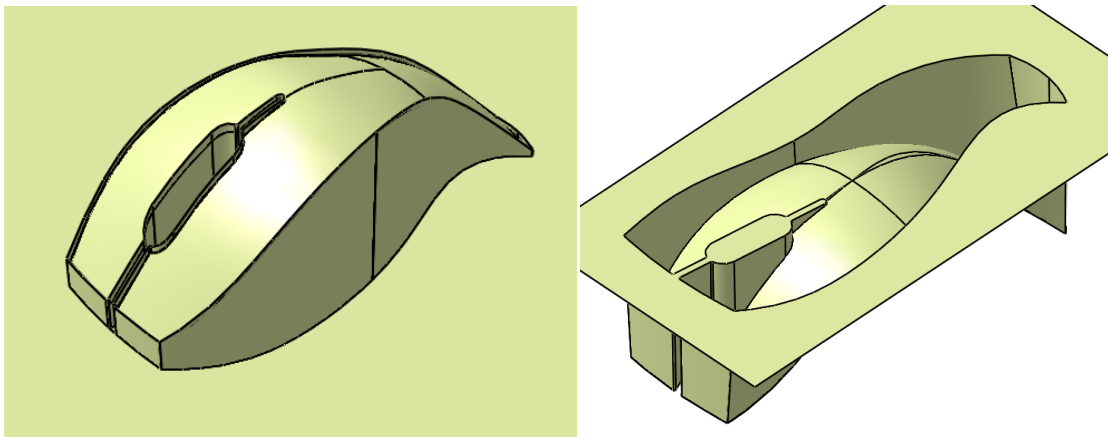
Dutina pro výrobek, neboli tvárník a tvárnice, v sobě obsahuje dutinu ve tvaru produktu. Není však stejně velká z důvodu smrštění po zchládnutí výrobku. Ještě před tvorbou ořezových ploch je nutno zvětšit model o příslušnou hodnotu kvůli smrštění.

Pokud je tedy hodnota smrštění 1,665%, musíme model zvětšit na 101,693% za použití funkce scaling.



Obr. 47.: Zvětšení modelu pro tvorbu ořezových ploch

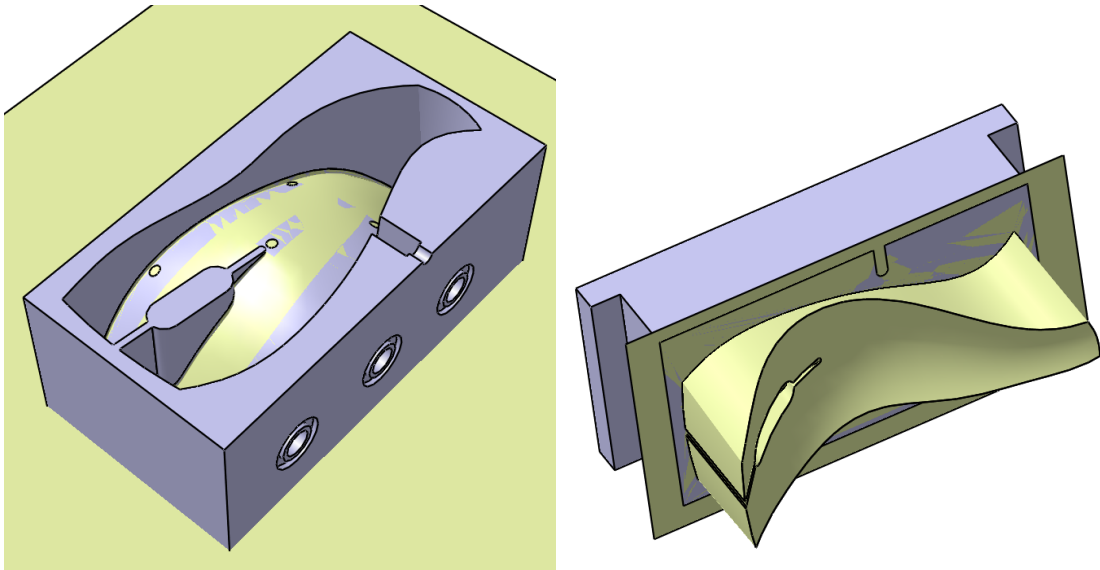
Po zvětšení modelu, můžeme vytvořit ořezové plochy pro tvárník a tvárnici.



Obr. 48.: Ořezová plocha: 1.) tvárník; 2.) tvárnice

Po vytvoření ořezových ploch je vytvořen tvárník s tvárnici s výškami odpovídajícími kotevním deskám.

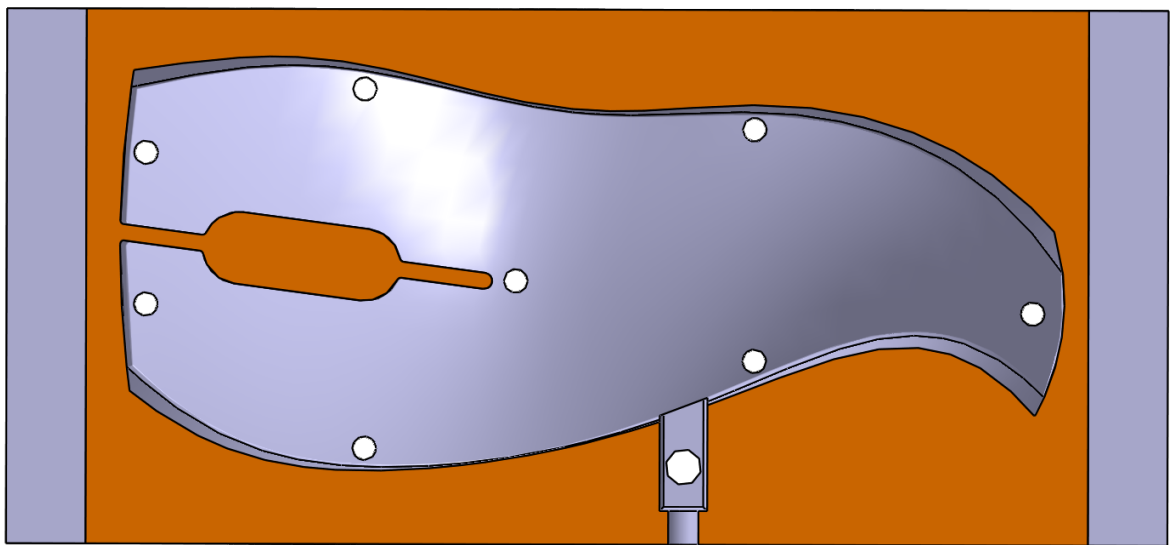




Obr. 49.: Ořezané vložky: 1.) tvárník; 2.) tvárnice

Na obrázku lze vidět, že i přes ořez se nachází 3D model nad plochou. Po ořezání je nutno vysunout rovnou plochu do dělicí roviny. Je tak koncipováno z důvodu tunelového vtoku.

Svislé plochy jsou mírně zkoseny pro lepší odformování.

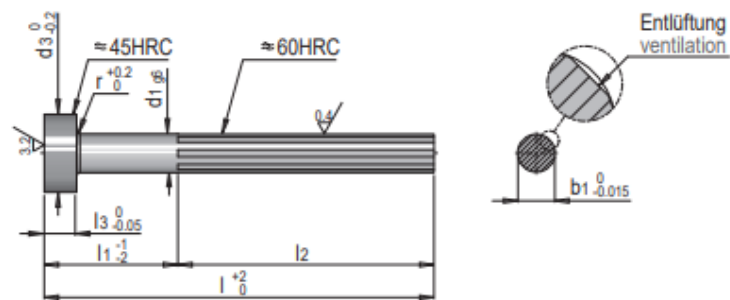


Obr. 50.: Zkosené stěny vložky

## 8.6 Odvzdušnění

Odvzdušnění v modelu není provedeno, z důvodu možného neúčelného vrtání formy. Vzduch totiž samovolně odchází spárami u vyhazovačů a samotnou dělicí rovinou. Pokud toto odvzdušnění není dostatečné je nutno po odzkoušení přidat odvzdušňovací otvory pro vyvarování se defektům na plastovém výrobku.

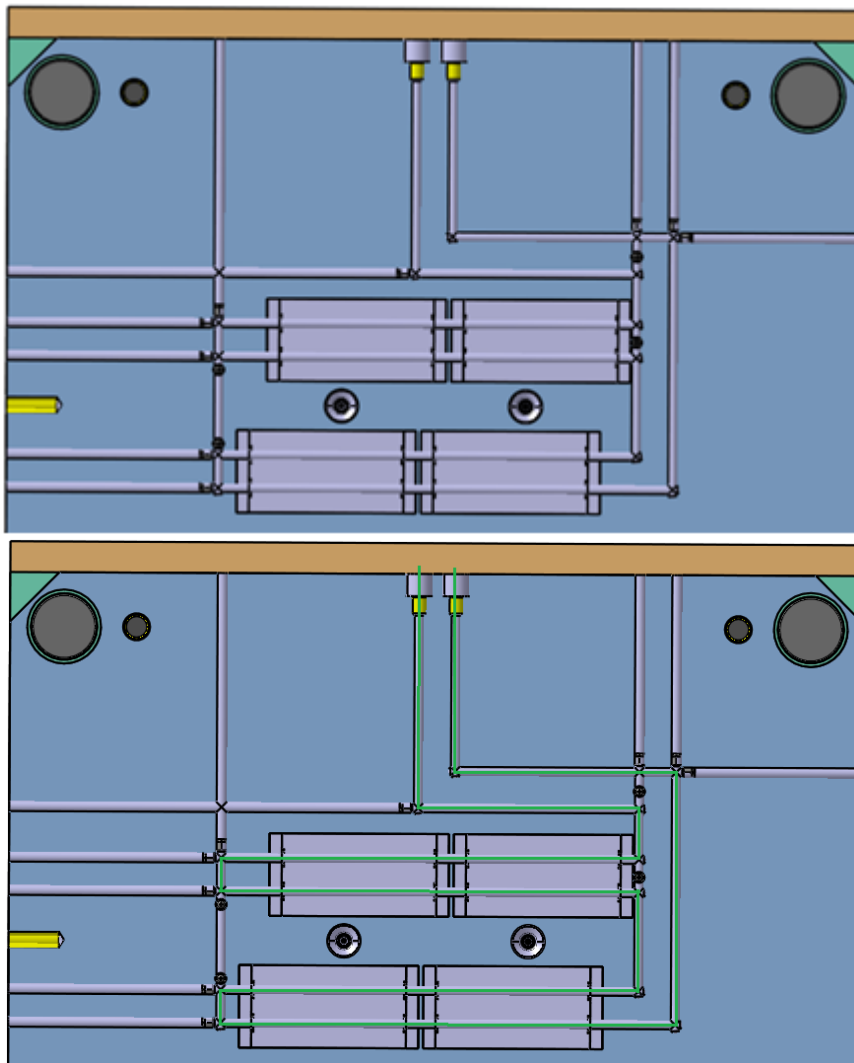
Případně lze pro ještě efektivnější odvzdušnění bez vrtání děr navíc použít odvzdušňovací vyhazovače.



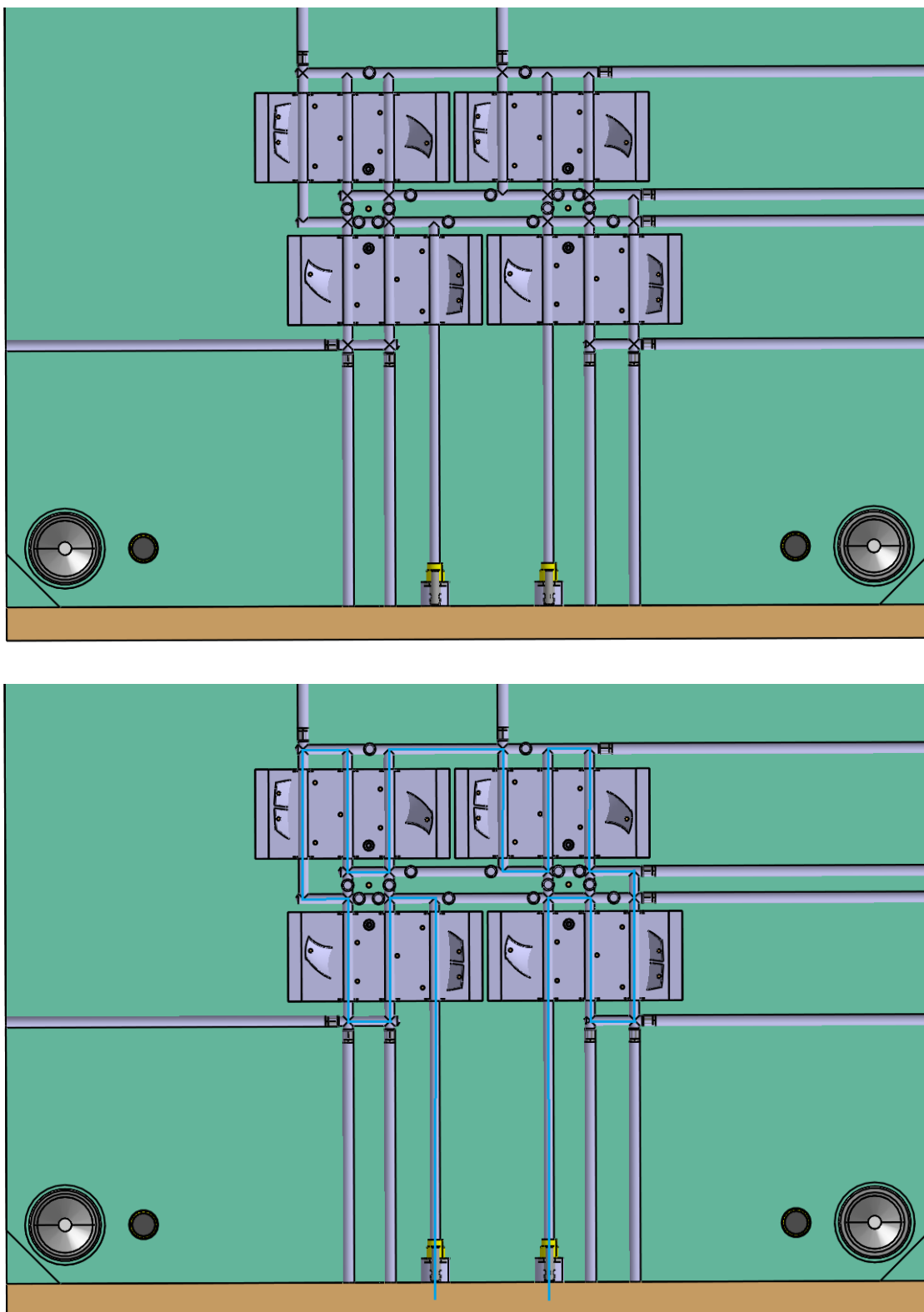
Obr. 51.: Odvzdušňovací vyhazovač [42]

## 8.7 Temperování

Kromě již zmíněného temperování desky pro horký vtokový systém je forma temperována v kotevních deskách, kudy prochází všemi tvárníky i tvárnicemi. Každá deska obsahuje jeden temperační okruh.



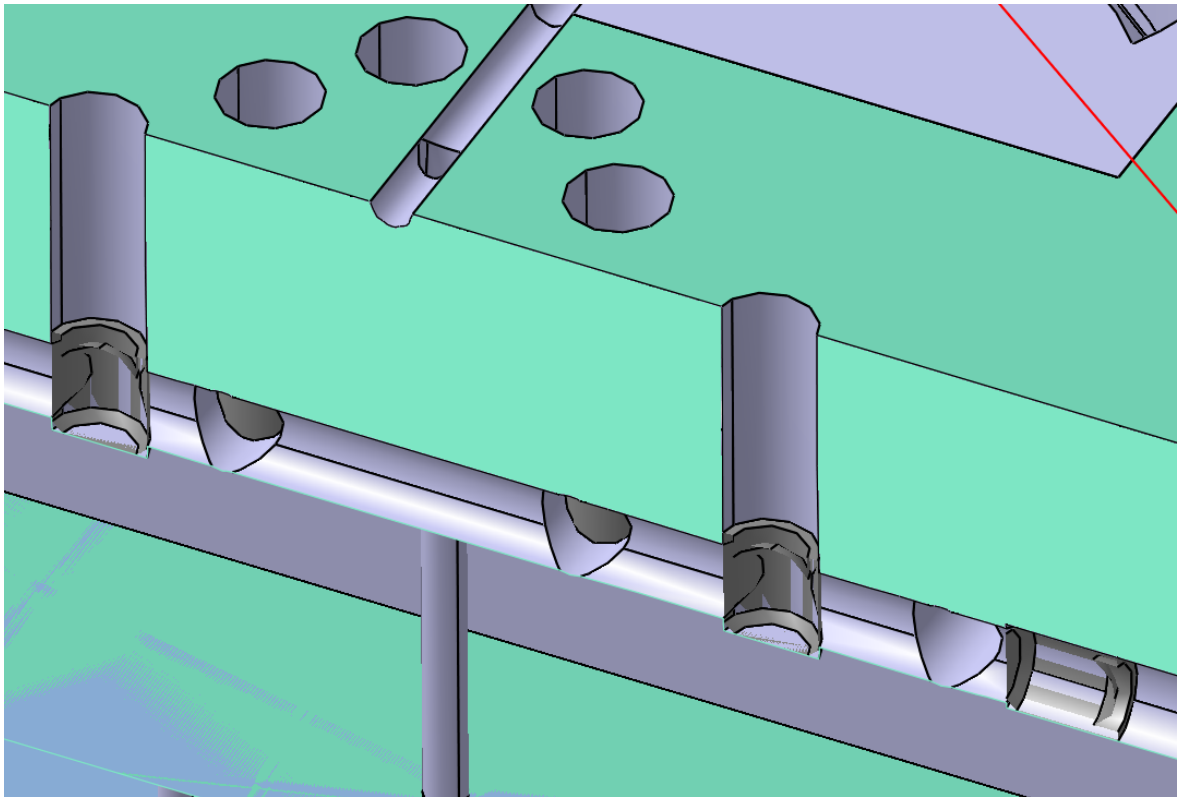
Obr. 52.: Temperační okruh tvárnic: 1.) bez znázornění; 2.) se znázorněním



Obr. 53.: Temperační okruh tvárníků: 1.) bez znázornění; 2.) se znázorněním

Na okrajích okruhu je vložena spojka z nerez (E 20009) od firmy Meusburger. Jako zátky pro ovlivnění směru toku média jsou používány kuličkové zásepky (E 2071), také od

firmy Meusburger. Uvnitř formy, mezi kanály, jsou záslepky umístěvány vertikálním směrem vyvrtanou dírou.



*Obr. 54.: Vertikální díry pro kuličkové záslepky*

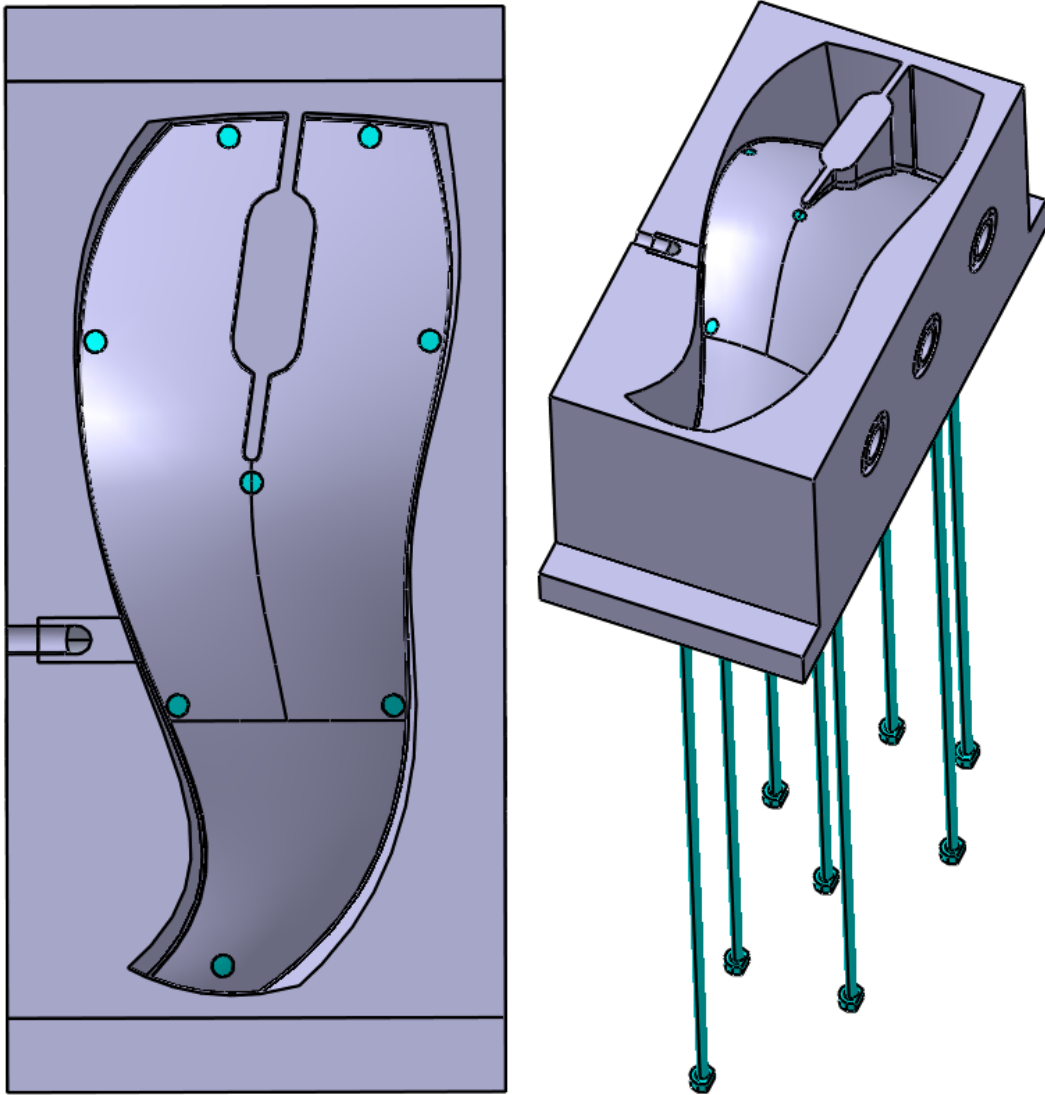
## 8.8 Vyhazování

Vyhazování vtoku je řešeno pomocí kalených vyhazovačů (E 1710 od firmy Meusburger). Přidržený vtok pomocí podkosu se vytlačí pomocí vyhazovače ven z formy.



*Obr. 55.: Vyhazovač vtoku*

Pro vyhazování výrobku je použito dohromady 32 vyhazovačů, které jsou zajištěny proti pootočení (E 1711 od firmy Mesuburger). Všechny vyhazovače jsou průměru 3 mm. Každý díl je tedy vytlačován 8 vyhazovači rovnoměrně rozprostřenými po ploše.



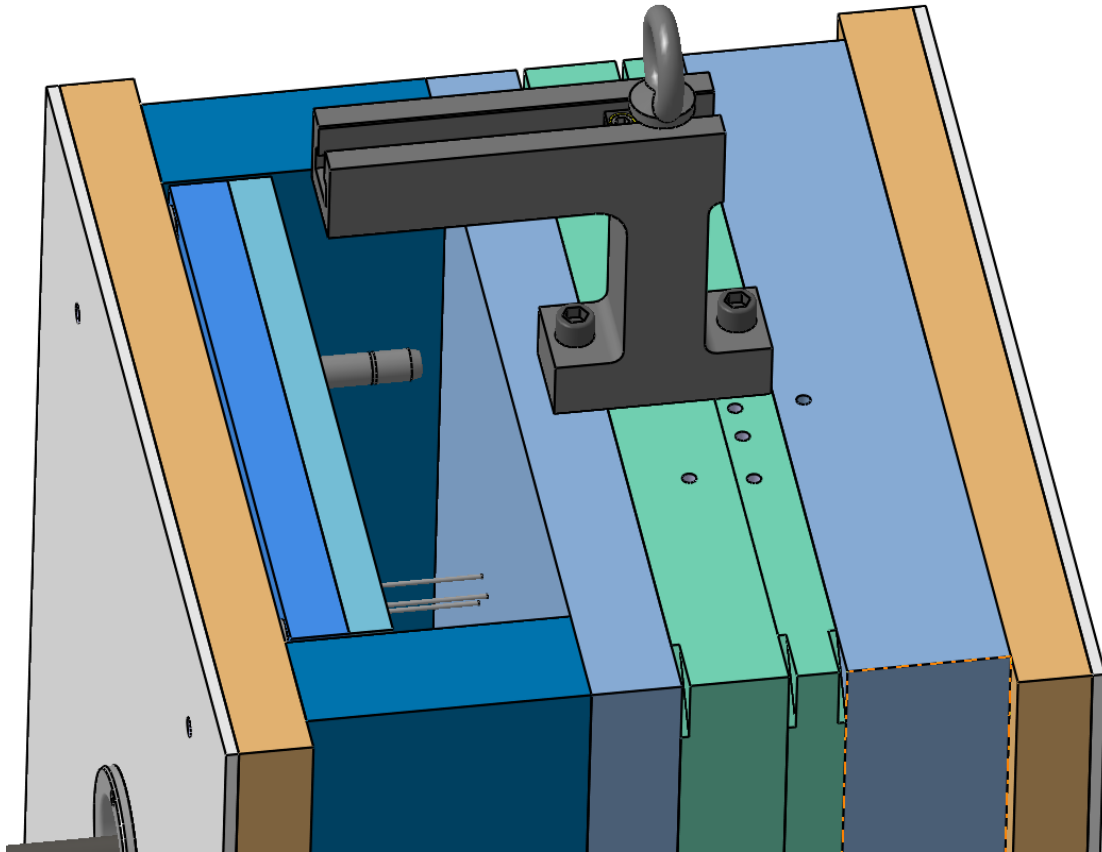
Obr. 56.: Rozmístění vyhazovačů

Vyhazovače jsou přesně obrobena podle plochy tvárníku. Z tohoto důvodu je nutné je zajistit proti pootočení. Máme tedy 8 čtveřic stejných vyhazovačů.

## 8.9 Transportování formy

Forma je při přenosu zajištěna proti otevření pomocí transportního přestavitelného ramene (E 1930 od firmy Meusburger). Rameno se přišroubuje pomocí M8 šroubu na obě strany od dělicí roviny, tedy do vstřikovací i vyhazovací strany formy. Toto zajistí uzavřenou

formu při transportu. Zároveň se tím přišroubuje rameno s přestavitelným okem, které se posune do těžiště celé formy.

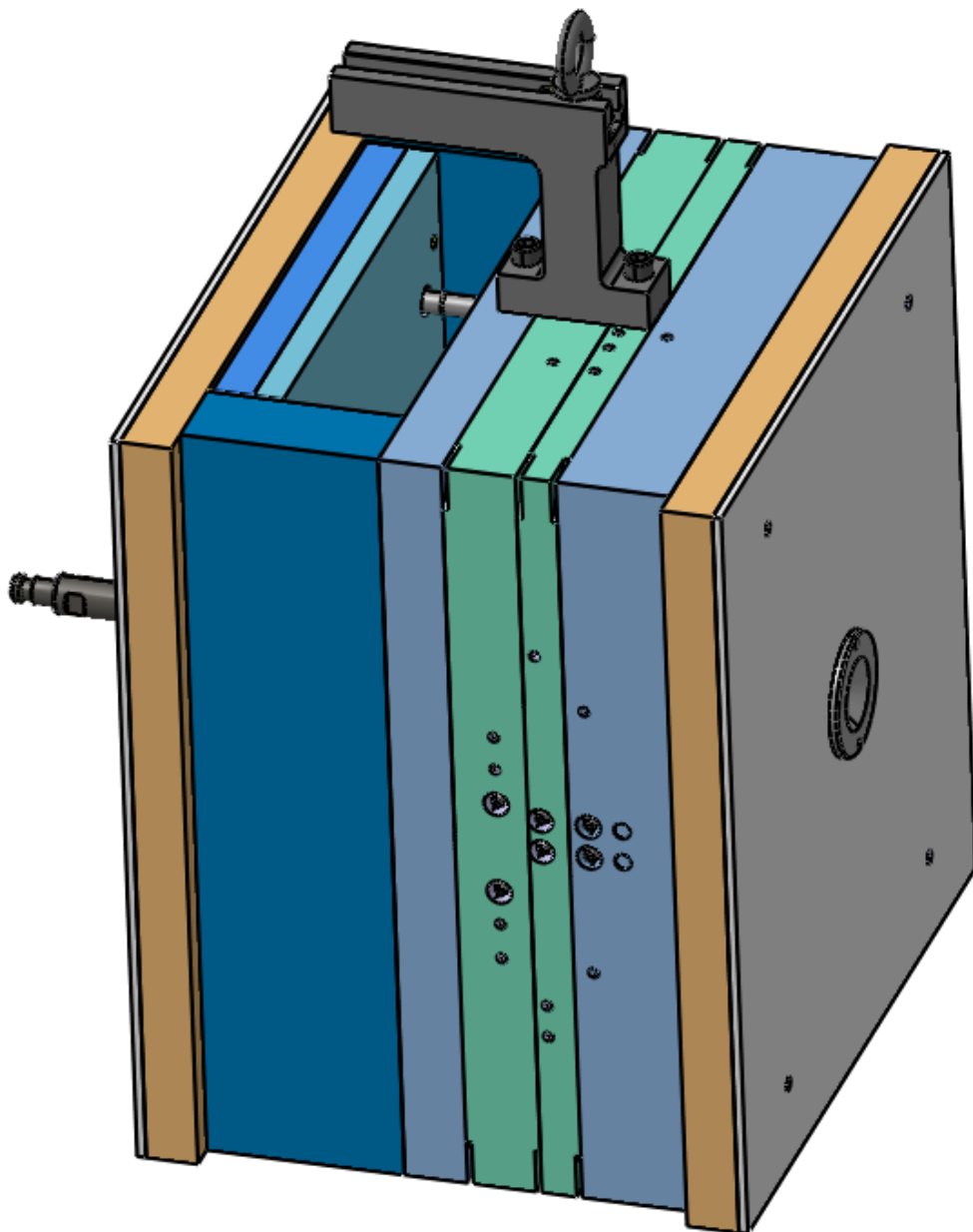


*Obr. 57.: Transportní přenastavitelné rameno pro formu*

## 9 VSTŘIKVACÍ FORMA

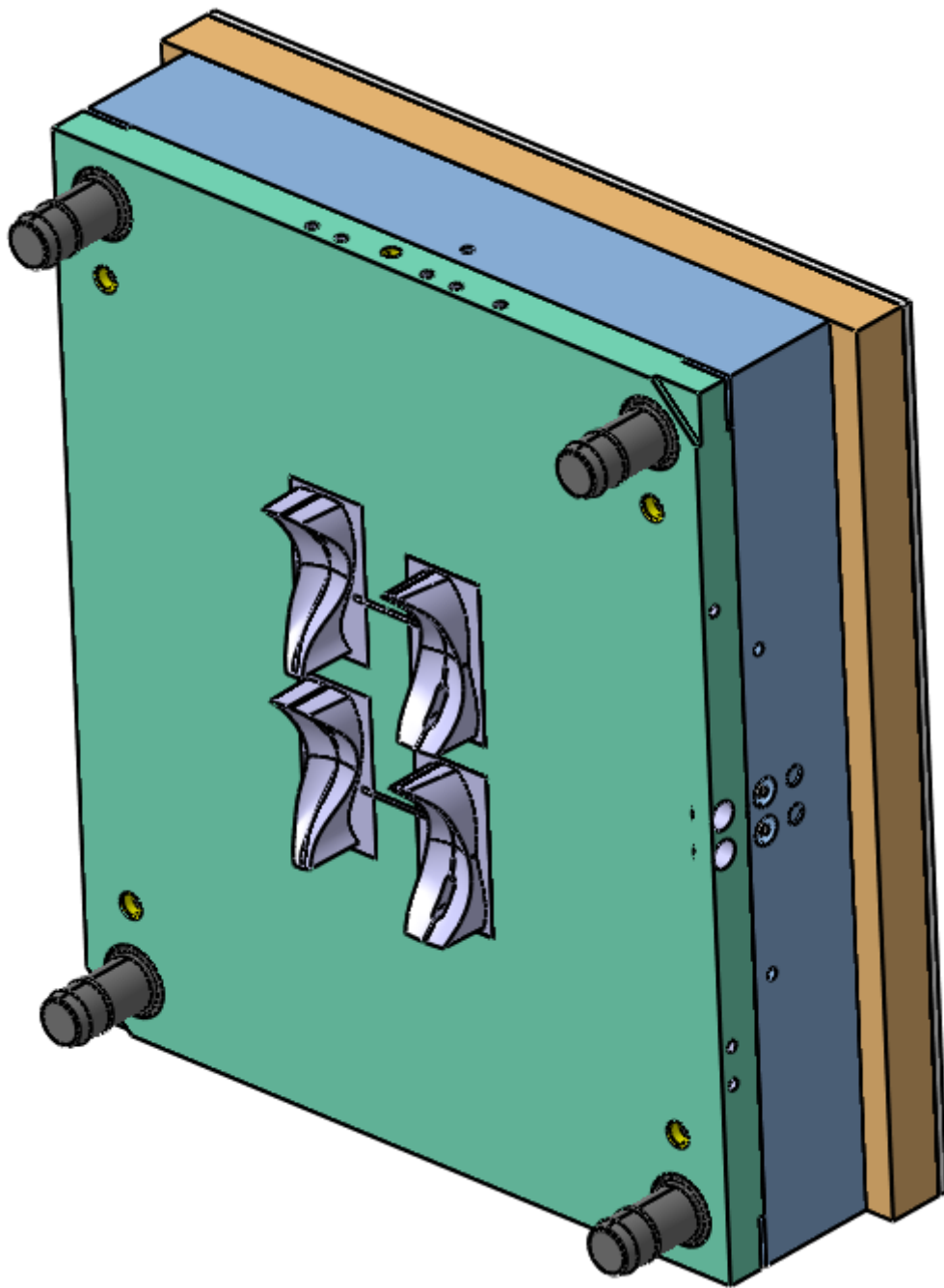
Vstřikovací forma má tedy jednu dělicí rovinu a dělí se do 3 sestav: vstřikovací strana, vyhazovací strana a vyhazovací systém.

Ze spodu formy vypadávají vyhozené díly, z jedné boční strany je přivedena energie pro systém horkých vtoků, z druhé boční strany je vedena temperance a shora je při transportu umístěno odnímatelné rameno pro transport formy.

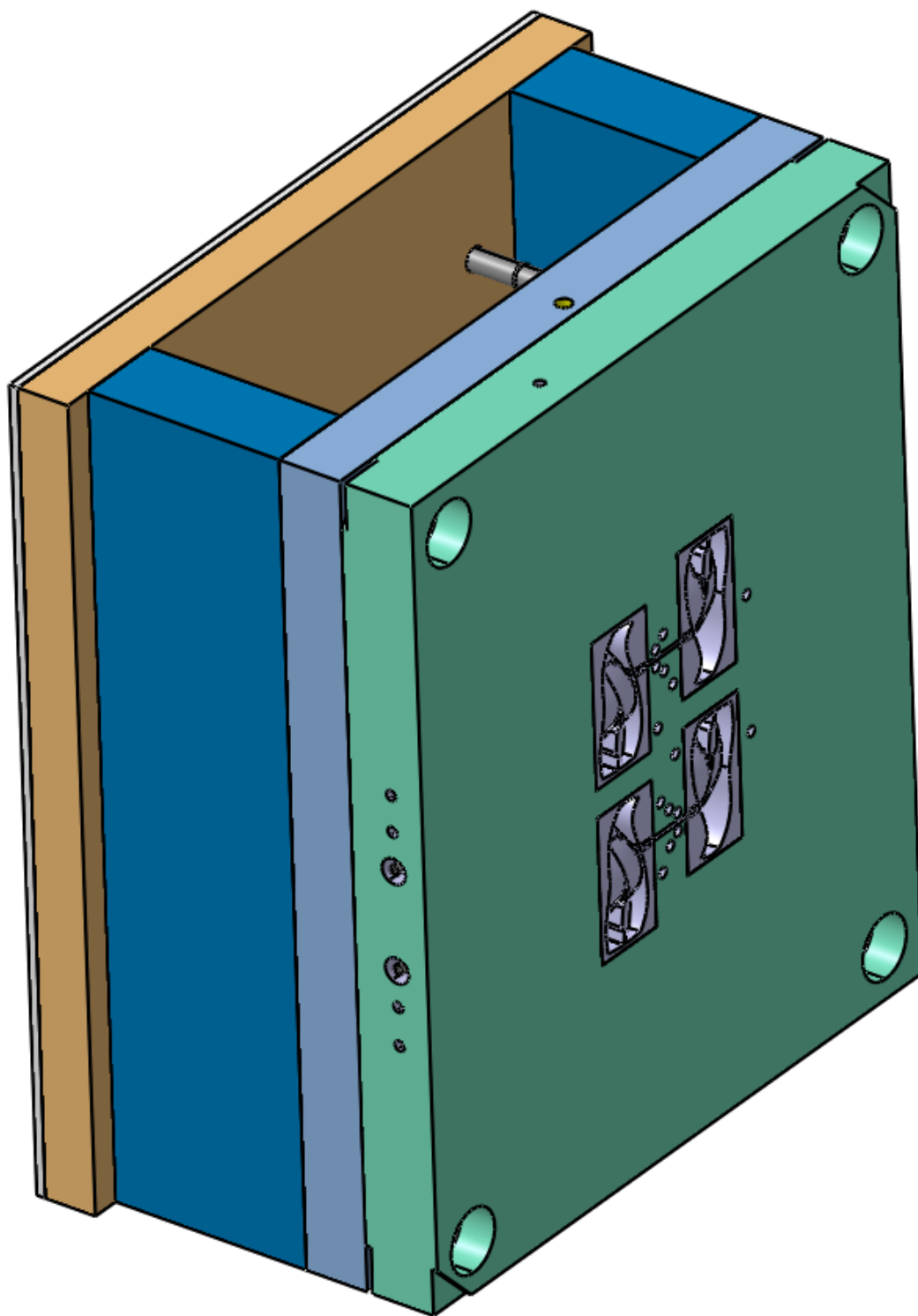


*Obr. 58.: Izometrický pohled na celou formu*

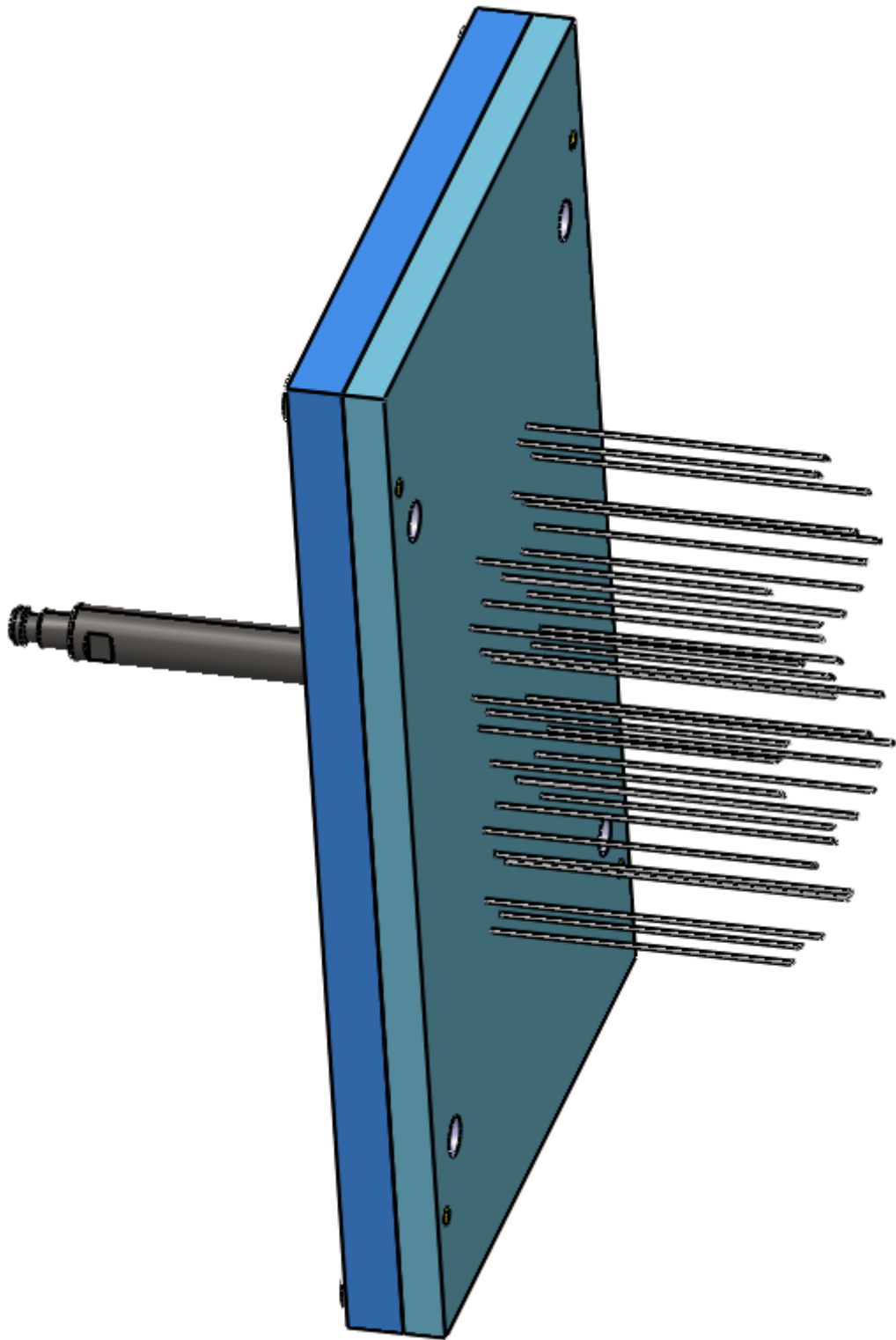




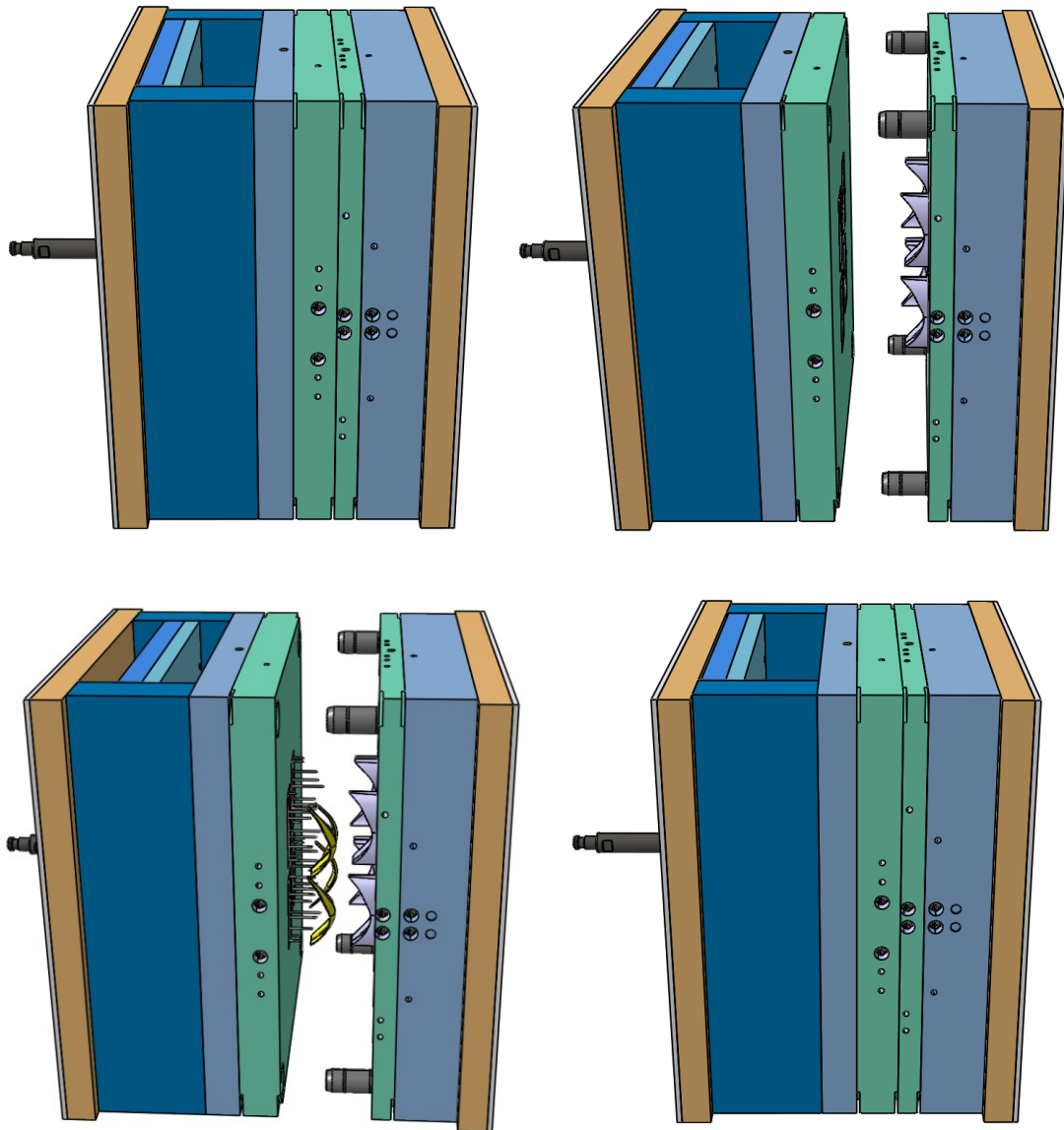
*Obr. 59.: Vstřikovací strana formy*



Obr. 60.: Vyhazovací strana formy



*Obr. 61.: Vyhazovací systém formy*



Obr. 62.: Koncové pozice formy: 1.) uzavřená forma; 2.) otevřená forma; 3.) forma při vyhazování;  
4.) uzavřená forma

## 10 ZÁVĚR

V bakalářské práci bylo cílem nejprve vytvořit ergonomickou počítačovou myš a poté vytvořit vstřikovací formu pro jednu část myši. Veškeré modelování bylo provedeno v programu CATIA V5R20. Byl také využit software Moldflow Synergy 2016 od Autodesku pro specifikaci umístění vtoku. Práce je rozdělena do dvou částí, tedy praktické a teoretické.

Na začátku teoretické části se bylo věnováno historii plastů i vstřikování. Následuje rozdělení polymerů spolu s různými možnostmi, jaké se dají využívat přísady. Poté jsme prošli vstřikování od způsobu výroby plastů, přes přípravu plastů ke vstřiku až k samotnému vstřikování, kde je popsán cyklus vstřikování. Dále byly probrány možnosti konstrukce samotné formy, jaké jsou typy forem, co je možno použít, atp.

V praktické části byly nejprve navrženy orientační rozměry, jaké by počítačová myš měla mít. Rozměry se musely blížit velikosti dlaně. Dalším cílem také bylo to, aby se na myši daly po bocích odkládat prsty.

Nejprve bylo třeba využít modul Generative Shape Design pro vytvoření drátového modelu myši. Pomocí drátového modelu byly vytaženy hlavní plochy myši, z kterých se v Part Designu následně vytvořil hrubý 3D model. Myš byla rozdělena na 3 různé CATparty, tedy podstava, tělo a tlačítka. Tyto 3 díly byly složeny v jedné sestavě a upraveny taky, aby vybrané plochy vzájemně lícovaly a myš se dala složit. Mimo jiné byly všechny díly upraveny tak, aby myš seděla v ruce a neměla ostré hrany.

Ze sestavy byl vybrán jeden díl. Další cíl bakalářské práce spočíval ve vytvoření vstřikovací formy pro tento díl. Byla vybrána tlačítka myši. Vstřikovací forma vzhledem k předpokládané nižší potřebě přesnosti a vysoko sériovosti byla zvolena forma čtyřnásobná. Z důvodu vysoké sériovosti je také použit horký vtok. Ten se kombinuje se studeným vtokovým kanálem za účelem rozvodu do vložek s tunelových vtokem. Dutina pro produkt je zasazena uvnitř tvárníku za účelem umístění tunelového vtoku do dělicí roviny. Tvárnice tedy v tomto případě zajíždí do tvárníku.

K bakalářské práci také patří 3D modely i výkresy s kusovníkem k ergonomické myši a vstřikovací formy. Vše je vloženo v příloze.

Byla tedy provedena literární rešerše, navržen model ergonomické počítačové myši i forma pro její díl a zpracována výkresová dokumentace, čímž byly splněny veškeré cíle bakalářské práce.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů*. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [2] *History of Injection Molding* [online]. Washington [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [www.kaso.com](http://www.kaso.com)
- [3] *A Brief History of Plastic Injection Molding* [online]. New Berlin [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [www.nbplastics.com](http://www.nbplastics.com)
- [4] *How to recycle plastics* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [http://en.howtopedia.org/wiki/How\\_to\\_Recycle\\_Plastics](http://en.howtopedia.org/wiki/How_to_Recycle_Plastics)
- [5] *Rozdělení a charakteristika polymerů* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/04.html>
- [6] *Technologie zpracování plastů* [online]. Brno: VUT [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=173445](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=173445)
- [7] *PLASTY A JEJICH ZPRACOVATELSKÉ VLASTNOSTI* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/01.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm)
- [8] *ROZDĚLENÍ TECHNOLOGIÍ NA ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/02.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/02.htm)
- [9] *Přípravné zpracování plastů* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/03.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/03.htm)
- [10] KAZMER, David. *Injection mold design engineering* [online]. Munich : Cincinnati : Hanser ; Hanser Gardner, 2007. ISBN 9781613442968
- [11] STANĚK, Michal. *Vliv nástroje, materiálu a procesu na kvalitu vstřikovaných výrobků*. Zlín, 2021. Teze. UTB.
- [12] *Technologie vstřikování plastů* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/03.html>
- [13] *Forma na vstřikování plastů: Adam Přikryl* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [http://stretch.fs.cvut.cz/2011/sbornik\\_2011/39.pdf](http://stretch.fs.cvut.cz/2011/sbornik_2011/39.pdf)
- [14] *Vstřikování plastů* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm)

- [15] *Vstřikovací forma a její funkce [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/02.html>*
- [16] *How to Make Injection Molds [online]. 3. online, 2005 [cit. 2022-05-20]. ISBN 978-3-446-40180-8. Dostupné z: <https://app.knovel.com/kn/resources/kpHMIME006/toc?hierarchy=kt003OCBT2&>*
- [17] *\_\_\_\_\_ Vstřikovací formy [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn\\_tvareci\\_nastroje\\_vstrikovaci\\_formy\\_zak.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn_tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy_zak.pdf)*
- [18] *DOSTÁL, Petr. Návrh konstrukce vstřikovací formy. Liberec, 2017. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci.*
- [19] *Plastic Injection Mold Part and Construction [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.powerjet-machinery.com/plastic-injection-mold-part-construction/>*
- [20] *About Injection Molding [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.3dsystems.com/quickparts/learning-center/injection-molding-basics#top>*
- [21] *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů [online]. 2016 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.plasticportal.cz/cs/konstrukce-vylisku-z-plastu-a-forem-pro-zpracovani-plastu-polyмеры-zdenek-rehulka.html/c/3969/>*
- [22] *STUDENÉ A ŽIVÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05\\_publicace/KA05\\_Studene\\_a\\_zive\\_vtokove\\_systemy.pdf](https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf)*
- [23] *ŠENKERŮK, Vojtěch. Vstřikovací formy. Zlín, 2008. Bakalářská práce. UTB.*
- [24] *\_\_\_\_\_ HORKÉ VTOKY [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05\\_publicace/KA05\\_Horke\\_vtoky.pdf](https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Horke_vtoky.pdf)*
- [25] *Vyhřívání vtokové soustavy [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [https://www.techportal.cz/33/vyhrivane-vtokove-soustavy-vvs-metoda-vstrikovani-bez-vtokoveho-zbytku-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EqQUkSFod1Gxh\\_vqjvaLmBA/](https://www.techportal.cz/33/vyhrivane-vtokove-soustavy-vvs-metoda-vstrikovani-bez-vtokoveho-zbytku-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EqQUkSFod1Gxh_vqjvaLmBA/)*
- [26] *JÍLEK, Bohumil. Výroba vstřikovací formy. Brno, 2009. Diplomová práce. VUT.*
- [27] *Ejector system in injection molding [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://mechanicalengblog.com/ejector-system-in-injection-molding/>*



- [28] *Temperature control in plastic injection moulds [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.regloplas.com/en/technologies/mould-temperature-control/temperature-control-in-plastic-injection-moulds/>*
- [29] *Computer Mouse: Manufacturing by Elliott Olson [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://prezi.com/krwaibcga3ix/computer-mouse-manufacturing/>*
- [30] *How computer mouse is made [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <http://www.madehow.com/Volume-5/Computer-Mouse.html>*
- [31] *ABS tiskový materiál a jeho další varianty [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/materialovy-slovník/abs/>*
- [32] *Mouse Grip Types: How to hold a mouse for gaming? [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://velog.io/@nicholasmatt/how-to-hold-a-mouse-for-gaming>*
- [33] *How to Properly Hold a Mouse – Tips for Using a Mouse Correctly [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.ergolink.com.au/blog/how-to-properly-hold-a-mouse-tips-for-using-a-mouse-correctly>*
- [34] *ABS-M30: A High Strength 3D Printing Material [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.stratasys.com/en/materials/materials-catalog/fdm-materials/abs-m30/>*
- [35] *Plasty- mechanické vlastnosti [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/plasty-mechanicke-vlastnosti>*
- [36] *Fingertip grip Archives [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.daskeyboard.com/blog/tag/fingertip-grip/>*
- [37] *Parametr vstřikování pro produkt ABS, vstřikování ABS [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <http://www.dayamachinery.com/cs/injection-molding-parameter-for-abs-product/>*
- [38] *Lineární teplotní roztažnost materiálů [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/linearni-teplotni-roztaznost-mateialu>*
- [39] *Výpočet teplotní roztažnosti [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://plastum.cz/teplotni-roztaznost/>*

[40] *Design Engineering | CATIA [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [https://www.3ds.com/products-services/catia/?wockw=card\\_content\\_cta\\_1\\_url%3A%22https%3A%2F%252%20fblogs.3ds.com%2Fcatia%2F%22](https://www.3ds.com/products-services/catia/?wockw=card_content_cta_1_url%3A%22https%3A%2F%252%20fblogs.3ds.com%2Fcatia%2F%22)*

[41] *HASCO portal [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.hasco.com/cs/hasco>*

[42] *Normáli, příslušenství Výroba nástrojů a forem [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [https://ecom.meusburger.com/e\\_menu\\_gruppen/index.asp?ekategorie=et&rnd=59208](https://ecom.meusburger.com/e_menu_gruppen/index.asp?ekategorie=et&rnd=59208)*

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

l	délka
d	průměr
PC	polykarbonát
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
ASA	acrylonitrile styrene acrylát
PA	polyamid
PSU	Polyakrylsulfon
PBT	Polybutylentereftalát
PET	Polyethylentereftalát
SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhříváný vtokový systém

## SEZNAM OBRÁZKŮ

*Obr. 1. Struktura řetězce: a) lineární polymer, b) rozvětvený polymer, c) síťovaný polymer [4]*

*Obr. 2. Rozdělení polymerů [5]*

*Obr. 3. Struktura termoplastů: a) amorfní struktura, b) částečně krystalická struktura [1]*

*Obr. 4. Struktura reaktoplastů [1]*

*Obr. 5. Struktura elastomerů [1]*

*Obr. 6. Struktura termoplastických elastomerů [1]*

*Obr. 7. Sušící jednotka [8]*

*Obr. 8. Pásová granulace: 1) pás plastu, 2) podávací válec, 3) hřídel, 4) kotoučové řezací nože, 5) distanční vložky, 6) rotační nože, 7) buben, 8) pevný nůž, 9) granule [8]*

*Obr. 9. Granulace za studena: 1) šnekový vylačovací stroj, 2) granulační hlava, 3) struny, 4) chladicí kapalina, 5) vodící válečky, 6) ventilátor, 7) podávací vlečky, 8) nože, 9) granule [8]*

*Obr. 10. Granulační hlava: a) obvodové řezání, b) řezání na čele, 1) granulační hlava, 2) nůž, 3) granule [8]*

*Obr. 11. Vstřikovací cyklus termoplastů [11]*

*Obr. 12. Schéma materiálového polštáře [12]*

*Obr. 13. Příklad doby plnění [12]*

*Obr. 14. Hlavní části vstřikovací formy [17]*

*Obr. 15. Typy vstřikovacích forem: a) dvoudesková forma, b) třídesková forma, c) forma s horkým vtokem [19]*

*Obr. 16. Schéma SVS [22]*

*Obr. 17. Možné přidržovače vtoku [22]*

*Obr. 18. Ukázka stejně dlouhých drah toku taveniny [21]*

*Obr. 19. Plný kuželový vtok [22]*

*Obr. 20. Bodový vtok [22]*

Obr. 21. Rotační vtoky: a) deštníkový, b) prstencový, c) talířový [22]

Obr. 22. Filmový vtok [22]

Obr. 23. Tunelový vtok [22]

Obr. 24. Banánový vtok [22]

Obr. 25. Vyhřívaná tryska: a) reálná tryska, b) rozložená tryska: 1) termočidlo, 2) kryt topení, 3) kalená hlava, 4) topení, 5) uzavírací kroužek, 6) beriliový hrot [24]

Obr. 26. Umístění trysek: a) v předkomůrce: 1) tryska, 2) předkomůrka, 3) výrobek, 4) pouzdro,

b) v dutině: 1) tryska, 2) výrobek, 3) vzduchová mezera [24]

Obr. 27. Vyhazovací systém: 1) opěrná deska vyhazovače, 2) kotevní deska vyhazovače, 3) vodící pouzdra, 4) válcové vyhazovače, 5) trubkové vyhazovače [26]

Obr. 28. Odvod tepla z formy [21]

Obr. 29. Příklady odvzdušňování: a) odvzdušňovací vložka, b) odvzdušnění pomocí vyhazovacího otvoru [21]

Obr. 30.: Typy úchopů myši [36]

Obr. 31.: Foto ruky: 1. šířka dlaně; 2. délka dlaně

Obr. 32.: Díly myši: 1) Podstava, 2) Tělo myši, 3) Tlačítka

Obr. 33.: Drátový model

Obr. 33.: Plochy pro model

Obr. 34.: Isometrické pohledy myši

Obr. 35.: Pohledy myši: Shora, zepředu, zezadu, zprava

Obr. 36. Obrázky dílu tlačítek

Obr. 37. Vhodnost umístění vtoku dle Moldflow analýzy

Obr. 38.: Vtoková vložka: 1.) původní; 2.) řez [42]

Obr. 39.: Plocha vtokového ústí [43]

Obr. 40.: Obrobená vtoková vložka: 1.) vložka; 2.) řez [42]

Obr. 41.: Umístění vtokové vložky: 1.) Analýza; 2.) Tvárník

Obr. 42.: Tvar rozvodného kanálu [22]

Obr. 43. Řez vtoku

Obr. 44.: Druhý krok při volbě systému horkých vtoků [42]

Obr. 45.: Třetí krok při volbě systému horkých vtoků

Obr. 46.: Řez deskou pro rozvaděč horkých vtoků

Obr. 47.: Zvětšení modelu pro tvorbu ořezových ploch

Obr. 48.: Ořezová plocha: 1.) tvárník; 2.) tvárnice

Obr. 49.: Ořezané vložky: 1.) tvárník; 2.) tvárnice

Obr. 50.: Zkosené stěny vložky

Obr. 51.: Odvzdušňovací vyhazovač [42]

Obr. 52.: Temperační okruh tvárnice: 1.) bez znázornění; 2.) se znázorněním

Obr. 53.: Temperační okruh tvárníků: 1.) bez znázornění; 2.) se znázorněním

Obr. 54.: Vertikální díry pro kuličkové záslepky

Obr. 55.: Vyhazovač vtoku

Obr. 56.: Rozmístění vyhazovačů

Obr. 57.: Transportní přenastavitelné rameno pro formu

Obr. 58.: Izometrický pohled na celou formu

Obr. 59.: Vstříkovací strana formy

Obr. 60.: Vyhazovací strana formy

Obr. 61.: Vyhazovací systém formy

Obr. 62.: Koncové pozice formy: 1.) uzavřená forma; 2.) otevřená forma; 3.) forma při vyhazování; 4.) uzavřená forma

**SEZNAM TABULEK**

*Tab. 1. Porovnání dvou deskové formy a formy s horkým vzduchem [15]*

*Tab. 2. Mechanické vlastnosti ABS [35]*

*Tab. 3.: Rozměry vtokové vložky[43]*

*Tab. 4.: Přesná hodnota pro odebrání materiálu z vtokové vložky*

*Tab. 5.: Komponenty systému horkých vtoků [42]*

## SEZNAM PŘÍLOH

P I: MOLD.stp

P II: MYS.stp

P III: TLACITKA.stp

P IV: MODEL\_PRO\_VSTRIKOVACI\_FORMU.pdf

P V: VSTRIKOVACI\_FORMA\_REZ.pdf

P VI: VSTRIKOVACI\_FORMA\_POHLED\_P.pdf

P VII: VSTRIKOVACI\_FORMA\_POHLED\_L.pdf

P VIII: Kusovník.pdf