

# Návrh vstříkovací formy pro tělo airsoftové zbraně

Jiří Macka

---

2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří Macka**  
Osobní číslo: **T13813**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh vstřikovací formy pro tělo airsoftové zbraně**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu.
3. Vytvořte konstrukční návrh vstřikovací formy pro zadaný plastový díl.
4. Nakreslete řez sestavy formy a příslušné pohledy včetně kusovníku.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího bakalářské práce.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Michal Staněk, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**30. ledna 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**22. května 2015**

Ve Zlíně dne 9. února 2015

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.

*děkan*



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.

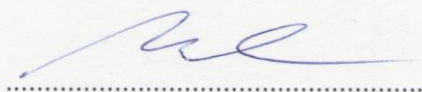
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním 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 bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl jsem seznámen s tím, že 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 <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 – 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 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 bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že 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.

Ve Zlíně 20. 5. 2015



<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 jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

Ve Zlíně 20. 5. 2012

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je vytvořit návrh vstřikovací formy pro tělo airsoftové zbraně, které se skládá ze dvou dílů.

Teoretická část se zabývá rozdělením polymerů pro vstřikování, popisu vstřikovacích strojů a forem včetně jejich částí. Větší pozornost však věnuje vstřikovací formě, včetně jejího konstrukčního řešení pro různé aplikace.

Praktická část se zabývá vytvořením vstřikovaného výrobku pomocí 3D skeneru a návrhem vstřikovací formy s použitím 3D modelovacího programu CATIA V5R19.

**Klíčová slova:** vstřikování, vstřikovací forma, CATIA, konstrukce

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor work is to design an injection mold for the body of airsoft gun, which consists of two parts.

Theoretical part deals with the division of polymers into the groups for injection molding, description of machines and injection molds including their parts. Attention is given to injection mold, including its design solution for various applications.

The practical part deals with design of injection molded parts with using a 3D scanner and design of injection mold by using 3D modeling program CATIA VR19.

**Keywords:** injection molding, injection mold, CATIA, design

Velmi rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za poskytnuté užitečné rady při vypracovávání bakalářské práce. Mé díky patří i rodičům, kteří mi umožnili studium na vysoké škole, i všem blízkým za podporu.

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



# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>12</b>
<b>1 POLYMERY PRO VSTŘIKOVÁNÍ .....</b>	<b>13</b>
1.1 TERMOPLASTY .....	13
1.1.1 Amorfnní termoplasty .....	13
1.1.2 Semikrystalické termoplasty .....	14
1.1.3 Možnosti modifikace termoplastů.....	15
1.2 TERMOPLASTICKÉ ELASTOMERY .....	15
1.3 REAKTOPLASTY .....	16
<b>2 ZÁSADY KONSTRUKCE VÝSTŘIKŮ Z PLASTŮ .....</b>	<b>17</b>
2.1 ZAFORMOVATELNOST .....	17
2.2 TLOUŠŤKY STĚN, ŽEBER, NÁLITKY, RÁDIUSY .....	18
2.2.1 Tloušťky stěn .....	18
2.2.2 Tloušťky žeber .....	19
2.2.3 Ostré rohy na výlisku – vruby.....	20
<b>3 VSTŘIKOVÁNÍ POLYMERU.....</b>	<b>22</b>
3.1 POSTUP VSTŘIKOVÁNÍ.....	22
3.2 TOK POLYMERNÍ TAVENINY .....	23
3.3 POPIS JEDNOTLIVÝCH ČASŮ VSTŘIKOVACÍHO CYKLU .....	24
3.3.1 Strojní časy.....	24
3.3.2 Doba vstřikování.....	24
3.3.3 Doba dotlaku .....	24
3.3.4 Doba plastikace .....	25
3.3.5 Doba chlazení.....	25
<b>4 VSTŘIKOVACÍ STROJE .....</b>	<b>26</b>
4.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA .....	26
4.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA .....	27
<b>5 VSTŘIKOVACÍ FORMA .....</b>	<b>29</b>
5.1 SPRÁVNÉ POSTUPY PŘI KONSTRUKCI FORMY .....	29
5.2 JAKOST POVRCHU FORMY.....	30
5.3 VTOKOVÉ SYSTÉMY .....	30
5.3.1 Studené vtokové systémy.....	31
5.3.2 Vyhříváné vtokové systémy.....	33
5.4 TEMPERAČNÍ SYSTÉMY .....	33
5.5 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY .....	34
5.5.1 Mechanické vyhazování.....	34
5.5.2 Pneumatické vyhazování .....	35
5.5.3 Hydraulické vyhazování .....	35
5.6 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	35
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>36</b>
<b>6 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>37</b>
<b>7 VSTŘIKOVANÝ DÍL.....</b>	<b>38</b>
<b>8 MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU .....</b>	<b>41</b>
<b>9 VSTŘIKOVACÍ STROJ .....</b>	<b>42</b>

<b>10</b>	<b>POUŽITÝ SOFTWARE.....</b>	<b>44</b>
<b>11</b>	<b>KONSTRUKCE FORMY .....</b>	<b>45</b>
11.1	PRAVÁ POLOVINA FORMY .....	46
11.2	LEVÁ POLOVINA FORMY.....	47
11.3	RÁM FORMY .....	48
11.4	NÁSOBNOST FORMY .....	49
11.5	TVÁRNÍK A TVÁRNICE .....	49
11.6	ODFORMOVÁNÍ .....	51
11.7	TEMPERACE FORMY .....	52
11.8	VTKOVÝ SYSTÉM .....	55
11.9	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	56
11.10	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY .....	57
11.11	TRANSPORTNÍ SYSTÉM .....	57
<b>12</b>	<b>DISKUZE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>59</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>67</b>

## ÚVOD

Jedny z nejpoužívanějších a leckdy nenahraditelných materiálů dnešní doby jsou polymery. V různých aplikacích nahrazují materiály jako například dřevo, bavlnu, sklo, ocel. Zpracování plastů se řadí mezi nejmladší, ale za to nejrychleji se vyvíjející technologie. Za rychlý vývoj zpracovatelských technologií plastů může vysoký stupeň jejich produktivity. Výhodou oproti tradičním materiálům je cena a různé způsoby tváření. Mezi nejrozšířenější způsoby zpracování plastů patří technologie vstřikování plastu do dutiny formy. Teoretická část se zabývá metodou vstřikování plastů, konkrétně se budu věnovat polymerům určeným pro vstřikování, vstřikovacím strojům, konstrukci výstřiků a forem pro vstřikování.

V praktické části je popis konstrukce formy pro tělo airsoftové zbraně. Během konstrukce budu využíván software CATIA V5R19 od francouzské společnosti Dassault Systemes. Pro import normalizovaných dílců bude využit DAKO modul od firmy HASCO.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 POLYMERY PRO VSTŘIKOVÁNÍ

V oblasti polymerní chemie dochází stále k novým objevům a tak i vývoj plastů jde neustále dopředu. Neustále se zdokonaluje velkotonážní výroba komoditních plastů i vývoj plastů pro speciální aplikace. [6]

### 1.1 Termoplasty

V dnešní době tvoří termoplasty přibližně 80% všech plastů dostupných na trhu. Termoplasty jsou výhodné jak z ekonomického, tak i z ekologického hlediska. Výrobky z termoplastů jsou totiž recyklovatelné a případně i dále při recyklaci modifikovatelné. Svoji pozici na trhu si získaly především tím, že jsou to materiály teplem tvárné a tím i snadno zpracovatelné. Z technologií používaných pro velkosériovou výrobu je dominantní technologie vstřikování. [1] [6]

Termoplasty se dělí na semikrystalické a amorfní. Toto rozdělení je důležité z hlediska procesu vstřikování, ale i z hlediska aplikačního použití, neboť se při zahřívání i následném vstřikování chovají odlišně. Mají proto i odlišné vlastnosti. Množství vyráběných amorfních plastů je větší než u semikrystalických polymerů, avšak u technicky náročných aplikací je tento poměr opačný. Mezi konstrukčními termoplasty jsou semikrystalické polymery v průmyslu zastoupeny až 75 procenty. [1] [6]

#### 1.1.1 Amorfní termoplasty

Amorfní termoplasty jako např. PMMA, PS, SAN, PC mají možnost transparentního provedení. Smrštění amorfních polymerů oproti dutině formy je velmi nízké (přibližně 1%). Tato vlastnost je důležitá při výrobě rozměrově přesných dílů. Při jejich zpracování technologií vstřikování je pro ně důležitá teplota zesklnění „T<sub>g</sub>“. Teplota zesklnění limituje teplotu vyhození výstřiku z formy a hranici teplotního použití výstřiku. Pouhých 20% z celkového množství vyráběných amorfních polymerů je určeno pro vstřikování. Jsou nepostradatelné v elektrotechnických aplikacích, ale i v automobilovém průmyslu, kde se používají zejména pro výrobu světlometů kvůli jejich vynikajícím optickým i mechanickým vlastnostem (především PMMA a PC). [1] [6]



Obr. 1. Výrobky z amorfních termoplastů: 1 - styrenové polymery (PS, SB, SAN); 2 - terpolymer ABS; 3 - polymerní blend PC/ABS; 4 - polymethylmetakrylát PMMA; 5 - polykarbonáty PC [6]

### 1.1.2 Semikrystalické termoplasty

Důležitou vlastností semikrystalických polymerů je schopnost vytvářet z taveniny strukturu ve formě krystalů (např. POM, PE, PP, PA PBT a další). V závislosti na technologických podmínkách vstřikování a chemické stavbě polymeru může obsah krystalického podílu dosáhnout až 80%. Následkem této vlastnosti je však větší smrštění výstřiku oproti dutině formy. Smrštění má velikost od 1 do 2,5%. V důsledku tvorby sférolitické struktury u výstřiků ze standardních, částečně krystalických polymerů nemohou být transparentní (na rozdíl od amorfních polymerů). [6]

Specifickými vlastnostmi semikrystalických polymerů je především tuhost, pevnost a houževnatost. Zmíněné vlastnosti jsou závislé na obsahu krystalického podílu. Obsah krystalického podílu můžeme ovlivnit ochlazováním. Nezajímá nás proto tolik teplota „T<sub>g</sub>“ jako u amorfních polymerů, ale teplota „T<sub>m</sub>“, což je teplota tání krystalického podílu. Tato teplota je hraniční pro mechanické vlastnosti polymeru (pevnost tuhost a houževnatost). Do této teploty se výstřiky nebortí a nad touto teplotou se nachází oblast taveniny. V tomto viskózně elastickém stavu probíhá samotný proces vstřikování. Největší podíl vstřikovaných semikrystalických polymerů tvoří různé modifikace PP, PET, PBT, PA a POM. [6]



Obr. 2. Semikrystalické termoplasty: 1 – polyformaldehyd POM; 2 – polyamidy PA 6, PA 6,6; 3 – polypropylen a kopolymery PP; 4 – polyetyleny PE [6]

### 1.1.3 Možnosti modifikace termoplastů

Amorfní i semikrystalické termoplasty jsou různě modifikovatelné a tak mohou vytvářet rozmanitý sortiment plastů s námi požadovanými vlastnostmi pro výrobu plastového dílu. Polymery se mezi sebou mísí, čímž vznikají polymerní směsi. Mísením polymerů s plnivými vznikají vyztužené polymerní kompozity s vysokou tuhostí a pevností. Vlastnosti se liší dle použití plniva. Mohou získat i vlastnosti jako je zvýšená vodivost, odolnost vůči plnění, nebo zvýšit kluzné vlastnosti. Jako částicová plniva používá mastek, grafit, práškové kovy, skleněné mikrokuličky a další. Vyztužující plniva pak zahrnují většinou krátká, výjimečně dlouhá skleněná vlákna. Použitím různých aditiv získáme tepelně a UV stabilizované plasty v jakýchkoliv barevných odstínech. [6]

## 1.2 Termoplastické elastomery

Termoplastické elastomery vznikají kopolymerací, nebo mísením základního polymeru s elastickou složkou. Takto vzniklé elastomery sice nemají vlastnosti klasických síťovaných elastomerů (kaučuků), ale jejich zásadní výhodou je snadné vstřikování na běžných vstřikovacích strojích. I proto dnes tvoří významnou oblast polymerních materiálů v současné době. Mezi elastomery vzniklé kopolymerací se používají například kopolyestery, polyeteramidy, termoplastické polyolefiny a další. Mezi elastomery vzniklé mísením se používají například PP, PA s elastomerní složkou například EPDM, NR. [6]

### 1.3 Reaktoplasty

Jedná se o plasty teplem tvrditelné. Lze je v první fázi zahřívání po omezenou dobu tvářet, protože měknou. V druhé fázi však dochází k prostorovému zesíťování struktury polymeru a dochází k tzv. vytvrzování. Reaktoplasty jsou dodávány ve formě tekutých látek medové konzistence (pryskyřice). Jsou k nim obvykle dodávána i tvrdidla. Po smíšení reaktoplastu s tvrdidlem se reaktoplast dále zpracovává. Na rozdíl od termoplastů jsou tužší, tvrdší, teplotně odolnější a tvarově stálější. Mechanické vlastnosti se v rozmezí funkčních teplot tolik neliší.

[6]

V technologii vstřikování jsou reaktoplasty méně používány než termoplasty. Za to může jejich nízká rázová a vrubová houževnatost. Širší využití mají v oblasti elektroizolačních součástí.



## 2 ZÁSADY KONSTRUKCE VÝSTŘÍKŮ Z PLASTŮ

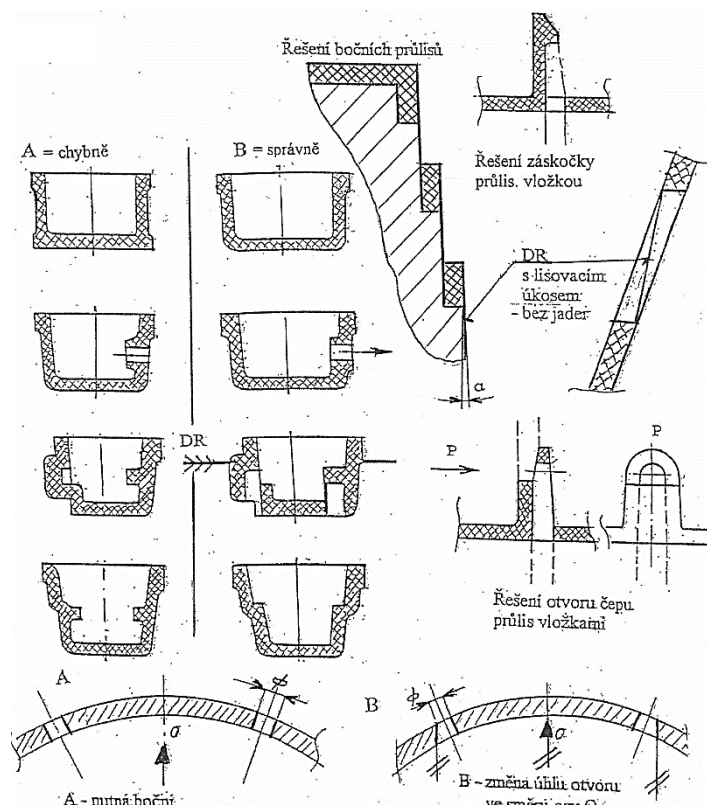
Správné navržení plastového výstříku je nejdůležitější etapou jeho realizace a to jak z pohledu technologie vstřikování, tak i z pohledu funkčního. I když je dobře koncepčně řešená forma i správně zvolená technologie výroby, tak záleží vždy na správné konstrukci dílu, zdali bude forma fungovat či nikoliv. Konstrukce výstříku proto musí splňovat dvě hlavní hlediska. [2] [4]

Prvním hlediskem je funkce plastového dílu v daném zařízení. Za toto hledisko je zodpovědný konstruktér dílu. Další důležitou věcí jsou užité, estetické, ergonomické a bezpečnostní hlediska. Za toto hledisko je zodpovědný designér, výtvarník dílu. [2] [4]

Druhým hlediskem je technologie zpracování. Záleží na plastikáři, který přebírá a posuzuje dokumentaci konstruktéra a dle ní volí správnou technologii zpracování. [2] [4]

### 2.1 Zaformovatelnost

Zaformovatelností se rozumí způsob optimálního zaformování ve formě pomocí správné volby dělicích rovin, tak aby byl výstřík odformovatelný za pomoci různých konstrukčních



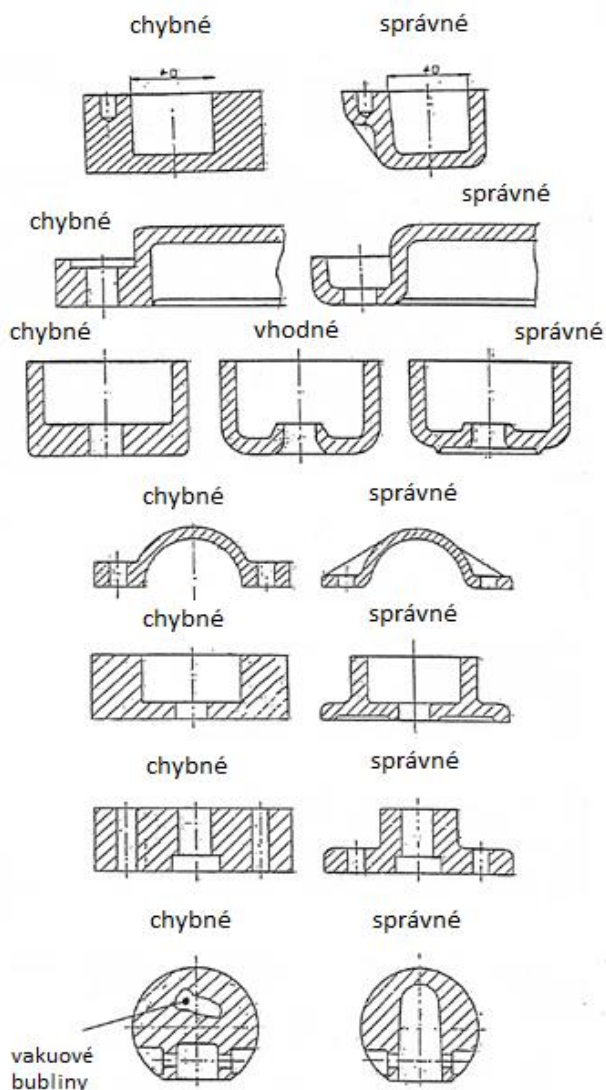
Obr. 3. Zásady správného zaformování plastového výrobku [4]

prvků, jako jsou čelisti apod. a zároveň mohl být ekonomicky vyráběn nejlépe v plně automatickém chodu. Správná technika zaformování by měla být známa i konstruktérům plastových dílů. [2]

## **2.2 Tloušťky stěn, žeber, nálitky, rádiusy**

### **2.2.1 Tloušťky stěn**

Tloušťka stěny musí být dostatečně tuhá, tak aby byla funkční v provozním zatížení. Volba materiálu je důležitá pro tuhost výstřiku, stejně tak i tloušťka stěny a tvar namáhaného profilu. Výstřik musí splňovat požadavek z hlediska tečení plastu uvnitř formy. Tento požadavek se liší s ohledem na použitý materiál. U tvarově složitých výstřiků se provádí tzv. analýza plnění v počítačových aplikacích. Většina problémů se zatékavostí se řeší tak, že se zesílí pouze určité partie výstřiku. Například u kruhových nádob, kde je vtok veden na dně, bývá dno oproti obvodovým stěnám zesílené. U výrobků z termoplastů bývají tloušťky stěny s ohledem na velikost vstřikovaného dílu do 5 mm, výjimečně do 6 mm. Pro větší tloušťky stěn se používají technologie s použitím nadouvadla. [2] [4]

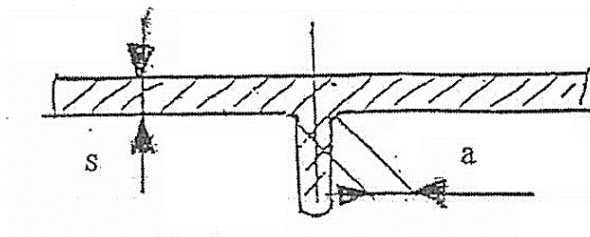


Obr. 4. Správná konstrukční řešení tvarů výstřiků [4]

### 2.2.2 Tloušťky žeber

Hlavním účelem použití žeber je zvýšení tuhosti a pevnosti výstřiku. Z technologického hlediska musejí žebra mít určitý poměr k hlavní tloušťce stěny. Tento poměr tlouštěk je důležitý pro eliminování vtaženin, neboli objemových kontrakcí při chladnutí výstřiku. [2] [4]

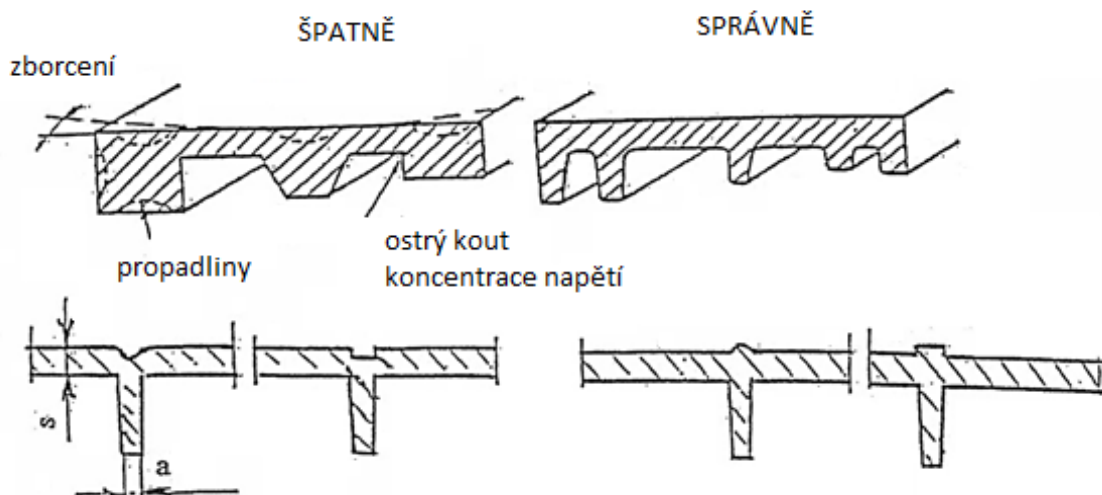
Objemové kontrakce jsou patrné především na tmavých lesklých plochách. Řešením tohoto problému bývá obvykle použití dezénu. K výběru dezénu používáme vzorkovnice a vyrábí se fotochemicky, elektroerozivně, nebo popřípadě otryskáváním. [2] [4]



Obr. 5. Poměr tloušťky žebra k hlavní tloušťce stěny [4]

- U amorfních polymerů se používá z praxe poměr tlouštěk stěn  $a \leq 0,75 \cdot s$
- U semikrystalických polymerů se používá z praxe poměr tlouštěk stěn  $a \leq 0,5 \cdot s$

Obecně platí, že objemová koncentrace u semikrystalických plastů je vyšší a to z důvodu krystalizace při tuhnutí taveniny. [4]



Obr. 6. Příklady správné konstrukce žeber [4]

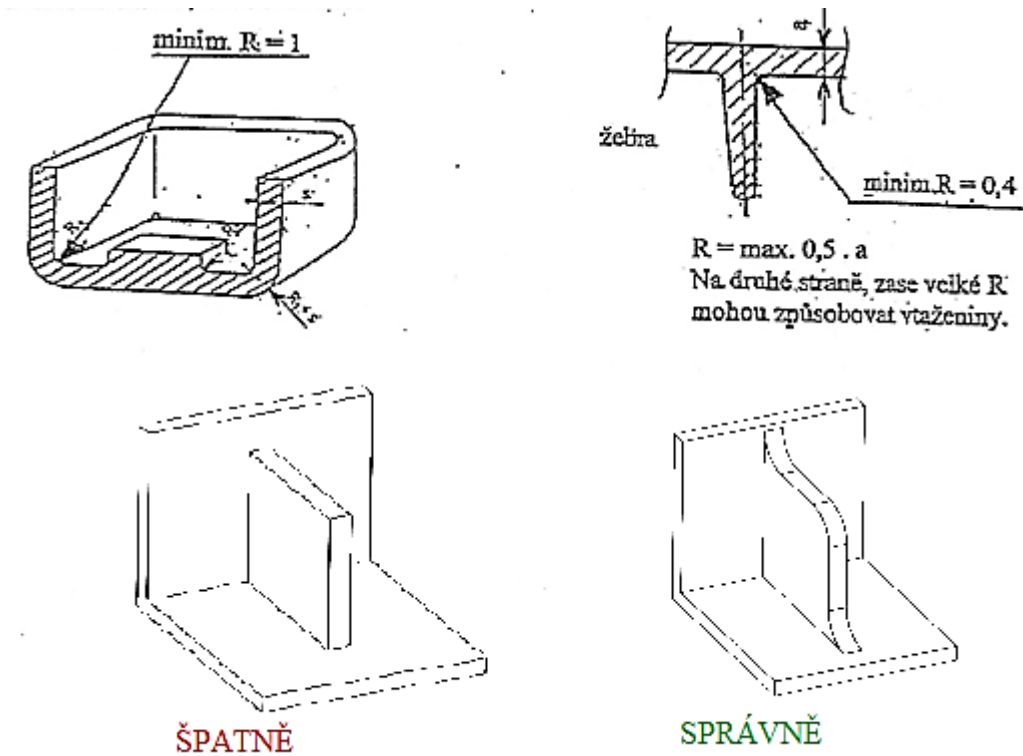
### 2.2.3 Ostré rohy na výlisku – vruby

Důležitým kritériem pro vznik vrubů je vlastnost zvaná vrubová houževnatost materiálu. Je to spotřebovaná práce za přesně daných podmínek potřebná k přeražení zkušební tělesa. Zkušební těleso je dáno normou a práce pro přeražení tělesa je vztažena k jeho průřezu. [2] [4]

Podobným způsobem jako u vrubové houževnatosti se měří i rázová houževnatost. Rázovou houževnatost se značí  $a_n$  a je měřítkem náchylnosti k lomu při rázovém namáhání. Jediný rozdíl je u zkušební tělesa, které nemá vrub. Důležitý je ovšem ale poměr mezi rázovou a

vrubovou houževnatostí, který nám určuje vrubovou citlivost materiálu. Čím je tento poměr větší, tím je větší pravděpodobnost vzniku vrubů a koncentrací napětí. [2] [4]

Odstraněním ostrých přechodů a rohů na výstřicích tento problém ze značné části dokážeme eliminovat. [4]



Obr. 7. Zásady eliminace ostrých přechodů a rohů [4]

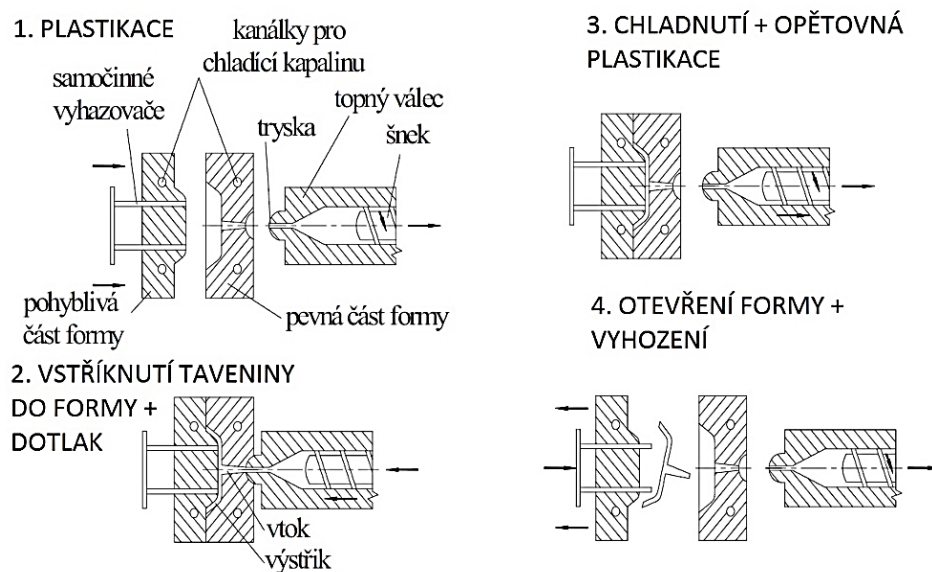
### 3 VSTŘIKOVÁNÍ POLYMERU

Vstřikování se řadí mezi způsoby tváření polymerních materiálů za tepla. Zjednodušeně řečeno, jde o vstřikování polymerní taveniny vysokou rychlostí do uzavřené dutiny formy. Takto vyrobené výrobky jsou charakterizovány velmi dobrou tvarovou i rozměrovou přesností. Vstřikováním se může zpracovávat většina druhů termoplastů, ale i reaktoplasty a kaučuky. [7] [8]

Jedná se o proces diskontinuální, neboli cyklický. Tento proces lze dalekosáhle automatizovat a tak vyrábět tak požadované výrobky velmi ekonomicky. Při správném a pečlivém návržení formy se můžeme vyhnout dalšímu opracování výstřiku. Nevýhodou technologie vstřikování jsou však vysoké investiční náklady, dlouhý čas nutný pro výrobu formy a nutnost použití vstřikovacích strojů, které jsou neúměrně velké a drahé vzhledem k vstřikovanému dílu, proto je tato technologie ekonomická pouze pro velkosériovou výrobu. [7]

#### 3.1 Postup vstřikování

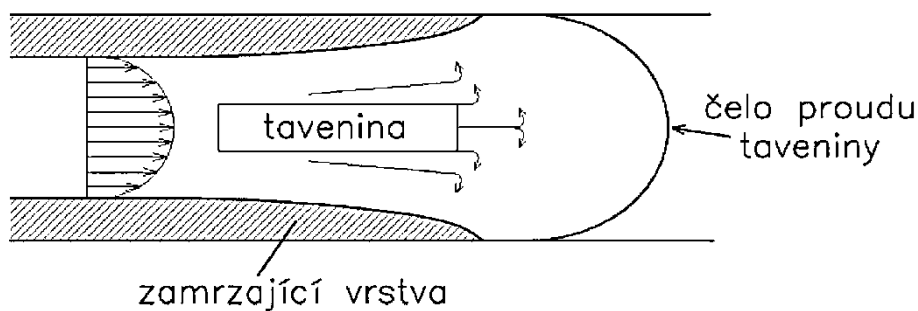
Jak bylo již řečeno, jedná se o termodynamický tvářecí proces. Plast ve formě granulí je dodáván do násypky. Granulát může být přírodní barvy (v případě termoplastů zpravidla čiré, nebo průhledné, nebo probarvené. Poslední dobou je však častěji používané barvení pomocí granulovaného barviva. Granulát se v násypce zbavuje přebytečné vlhkosti a následně je z ní odebírán pracovní částí vstřikovacího stroje. Buď pístem, nebo šnekem – záleží na typu stroje. Plast je následně dopravován do tavicí komory, kde se z granulí za působení tepla a tření stává polymerní tavenina. Tavenina se následně vysokým tlakem (až 250 MPa) vstřikuje do vstřikovací formy. Formu je nutné temperovat na provozní teplotu, která se odvíjí od typu vstřikovaného polymeru. Po zchladnutí na vyhazovací teplotu se forma otevře a vstřikovaný díl se vyhodí. Po vyhození dílu se celý cyklus opakuje. [9]



Obr. 8. Vstřikovací cyklus [5]

### 3.2 Tok polymerní taveniny

Při správném zaplňování dutiny formy polymerem dochází k tzv. valení taveniny. Jedná se o laminární tok, nazývá se také fontánový tok taveniny. Při fontánovém toku se vytváří ztuhlá vrstva taveniny přímo na stěně dutiny formy. [7]



Obr. 9. Tok polymerní taveniny [5]

Výrazný vliv na kvalitu výstříku má vznik studených spojů. K těm dochází, když se sejdou dva proudy taveniny. Studené spoje mají výrazný vliv na mechanické vlastnosti výstříku a řeší se vhodnějším uspořádáním vtoků. [7]

### 3.3 Popis jednotlivých časů vstřikovacího cyklu

Jednotlivé časové úseky vstřikovacího cyklu jsou ovlivněny například geometrií výstřiku a technologickými podmínkami, možnostmi použitého stroje a proto trvají různě dlouho. Moderní stroje umožňují programovat v čase průběh rychlosti plnění formy, tlak (dotlak), teplotu formy, vtoku a vstřikovaného materiálu. [7]

#### 3.3.1 Strojní časy

Z ekonomického hlediska je snaha zkracovat strojní časy na minimum. Z těchto důvodů například není rychlost uzavření formy konstantní. Z počátku se totiž forma pohybuje rychle a zpomalí až těsně před dosednutím, aby na sebe obě části formy lehce dosedly a nepoškodily se. Tento čas nazýváme doba na zavření formy a značíme ho  $t_{s1}$ . [1] [9]

Na stejném principu funguje i otevírání formy, kde je rychlost zpočátku vysoká, ale sníží se před dojezdem na doraz. To z důvodu, aby vyhození výstřiku z formy probíhalo pomalu. Tento čas nazýváme doba na otevření formy a značíme ho  $t_{s3}$ . Kromě strojních časů, jež jsou součástí vstřikovacího cyklu, jsou další strojní časy překryty dobou chlazení. [1] [9]

#### 3.3.2 Doba vstřikování

Jedná se o dobu, kterou zabere plnění dutiny formy polymerní taveninou. Čas vstřikování  $t_v$  je přímo úměrný rychlosti vstřikování, potažmo pohybu šneku vpřed. Nejdůležitějšími faktory ovlivňující dobu vstřikování jsou teplota polymerní taveniny a vstřikovací tlak. Neméně důležitými faktory jsou teplota formy, řešení vtokové soustavy, druh vstřikovaného plastu, ale i objem výstřiku a jeho tvar. Doba plnění dutiny formy musí být co nejkratší, protože polymer při kontaktu s temperovanou formou ztrácí svoji tekutost. [1]

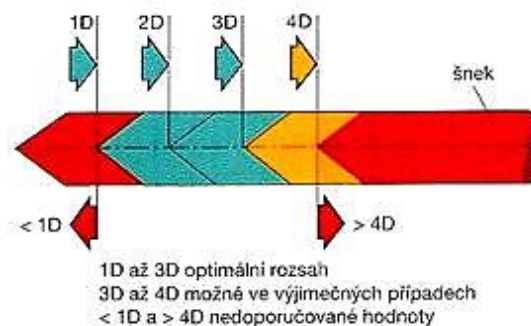
#### 3.3.3 Doba dotlaku

Poté co se dutina formy naplní polymerní taveninou, dochází k tzv. dotlaku. U dotlaku prudce stoupne tlak a klesne rychlost. Přepnout na dotlak lze, buď pomocí dráhy šneku, nebo až tlak ve formě, nebo hydraulice nabude určité hodnoty, nebo podle vstřikovacího času. Doba dotlaku se značí  $t_d$  a může trvat několik sekund a u větších výstřiků až několik desítek sekund. Závisí především na průřezu vtokových kanálů. Účelem dotlaku je zabránění vzniku propadlin, staženin a kompenzování smrštění, především u semikrystalických polymerů a zajišťuje rozměrovou přesnost výstřiku. [1]



### 3.3.4 Doba plastikace

Je to doba potřebná ke zplastikování a následnému zhomogenizování dávky plastu. Zplastikovaná dávka musí zaplnit dutinu formy a vtokový systém, ale i kompenzovat změnu objemu vyvolanou smrštěním. Doba plastikace se značí  $t_{pl}$ . Teplo k přípravě jedné dávky plastu je přibližně ze dvou třetin tvořeno třením a z jedné třetiny pomocí elektricky odporového topení. [1]



Obr. 10. Možné dávkovací dráhy u vstřikovacích strojů [1]

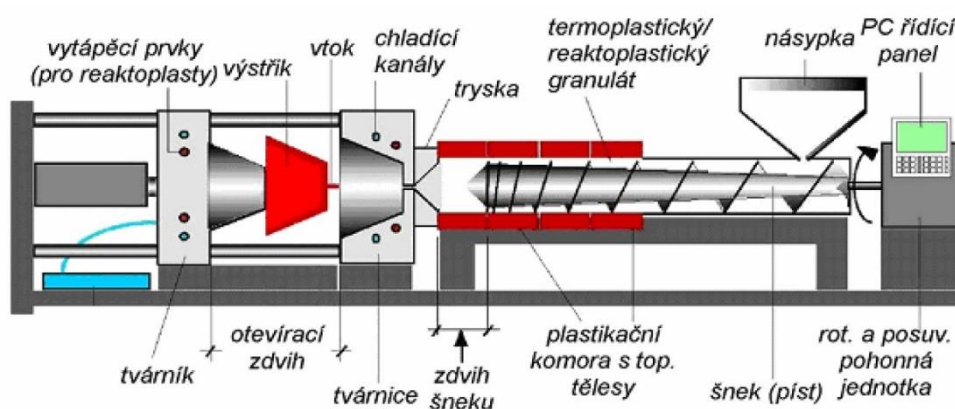
### 3.3.5 Doba chlazení

Jedná se o nejdelší část vstřikovacího cyklu. Odvíjí se od tvaru výstřiku především od jeho tloušťky stěny a druhu vstřikovaného plastu. Další ovlivňující faktory jsou teplota polymerní taveniny, teplota formy a vyhazovací teplotě výstřiku. Doba chlazení ovlivňuje strukturu polymeru, krystalizaci a vnitřní pnutí. [1]

## 4 VSTŘIKOVACÍ STROJE

Proces vstřikování probíhá většinou plně automaticky na vstřikovacích strojích. Produktivita práce je proto velmi vysoká. Technologie vstřikování je vhodná pro velkosériovou výrobu, protože pořizovací cena stroje a formy je značná. [3]

Hlavní části vstřikovacího stroje jsou vstřikovací jednotka, uzavírací jednotka a řídicí jednotka. Každý výrobce je schopen dovybavit vstřikovací stroj manipulátory, temperačním zařízením, roboty, mísícím a dávkovacím zařízením, dopravníky, sušírny atd., tak aby byla výroba částečně, nebo plně automatizována. [3]

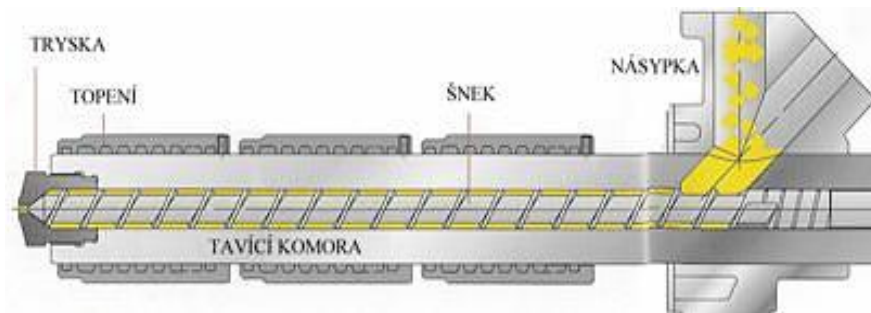


Obr. 11. Schéma vstřikovacího stroje [1]

### 4.1 Vstřikovací jednotka

Úkolem vstřikovací jednotky je přeměnit granulovaný plast na homogenní taveninu s požadovanou viskozitou a následné vstřikování plastu vysokou rychlostí a pod vysokým tlakem do dutiny formy. V dnešní době se používají šnekové vstřikovací jednotky, dříve to byly však pístové, jejichž princip byl převzat z lití kovu pod tlakem. [1] [3]

Granulát z hrdla násypky je nabírán otáčejícím se šnekem. Granulovaný plast se následně stlačuje a je dopravován do vytápěné části tavicí komory. V tavicí komoře granulát taje a hromadí se před čelem šneku, který v průběhu otáčení ustupuje dozadu. Jakmile se takhle zplastikuje potřebné množství materiálu, tak se šnek přestane otáčet a podobně jako píst se začne posouvat dopředu a vstříkne polymerní taveninu do dutiny formy. Plastikace další dávky plastu probíhá během fáze chlazení. [1] [3]



Obr. 12. Vstřikovací jednotka v řezu [1]

Vstřikovací jednotka je charakterizována několika základními parametry:

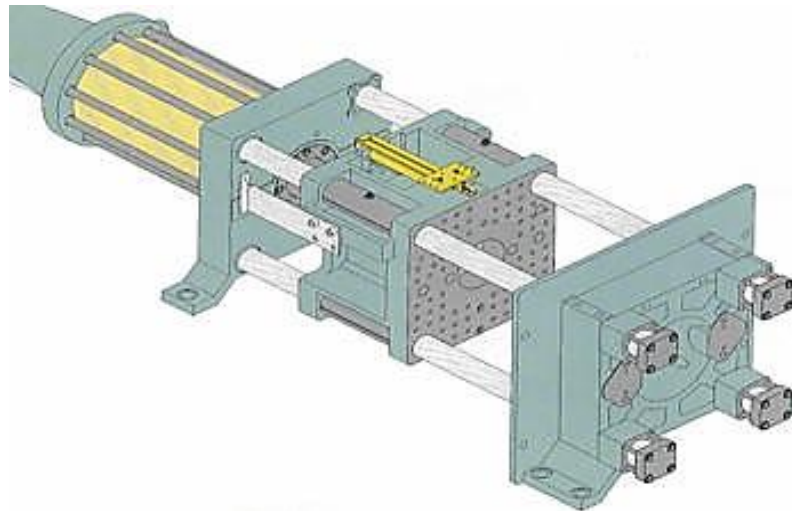
- Průměr šneku  $D$  [mm]
- Délka šneku  $L$  [mm]
- Vstřikovací kapacita  $Q_v$  [cm<sup>3</sup>]
- Plastikační kapacita  $Q_p$  [kg.hod<sup>-1</sup>]
- Maximální vstřikovací tlak  $p_{vstř}$  [MPa]

Délka šneku se nicméně obvykle vyjadřuje jako poměr délky šneku a jeho průměru, tedy  $L/D$ . U běžných vstřikovacích strojů na termoplasty se pohybujeme v rozmezí 15 až 20  $D$ . [1] [5]

## 4.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka otevírá a zavírá formu dle procesu vstřikování. Musí formu uzavřít dostatečnou silou tak, aby se při vstřikování polymerní taveniny do dutiny formy neotevřela. Rozlišuje se síla přisouvací  $F_p$  a uzavírací  $F_u$ . U moderních strojů se dají velikosti sil a rychlosti otevírání a uzavírání formy libovolně programovat. [1]

Hlavními částmi uzavírací jednotky jsou opěrné desky, pohyblivé desky a upínací desky. Opěrné desky jsou pevně spojeny s ložem vstřikovacího stroje. Na pohyblivých deskách je upnuta pohyblivá část formy. Pevná část formy se upne na upínací desky, které mají otvor pro vstřikovací jednotku. [1]



*Obr. 13. Uzavírací jednotka [1]*

Používají se různé uzavírací systémy jako elektrické, hydraulické, mechanické a jejich kombinace. Uzavírací jednotka a vstřikovací jednotka mají vůči sobě vzájemnou polohu – nejčastěji jsou konstruovány jako horizontální. Vstřikování pak probíhá kolmo na dělicí rovinu. Vzájemné uspořádání se ale může ve speciálních případech lišit. [1]

## 5 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací formy pro zpracování plastů jsou náročné z hlediska odborných znalostí, co se konstruktérské práce týče, tak i z finančního hlediska. Forma musí splňovat po celou dobu své životnosti určité požadavky. Mezi ně například patří odolnost proti vysokým tlakům, zajištění stálého požadovaného rozměru a kvality, dobrou odformovatelnost, snadný a nejlépe plně automatizovaný provoz atd.. [7]

Vstřikovací forma se skládá z temperačního systému, vtokového systému, vyhazovacího systému a různých upínacích, nebo vodících elementů. Části vstřikovací formy se dále rozdělují na konstrukční a funkční. Správnou činnost formy mají na starost konstrukční části a funkční části jsou ve styku s polymerní taveninou a udávají jí konečný tvar. [7]

Z hlediska konstrukce jsou vstřikovací formy velmi rozmanité, ale v základě je lze rozdělit do několika skupin. Dle násobnosti (počtu tvarových dutin) je dělíme na jednonásobná a vícenásobná nebo dle způsobu zaformování na dvoudeskové, třídeskové, čelist'ové, etážové, vytáček a podobně. [7]

Správnou volbou materiálu a jeho tepelným zpracováním lze z velké části ovlivnit životnost formy a to ať už se jedná o materiál desek, nebo dílů, které jsou v přímém kontaktu s polymerní taveninou jako je tvárník a tvárnice. Materiál se volí podle vstřikovaného polymeru, tepelné odolnosti, odolnosti proti korozi, odolnosti proti opotřebení, velikosti výrobku, složitosti výrobku, použité technologii a tak dále. [7]

### 5.1 Správné postupy při konstrukci formy

Konstruktér, který formu navrhuje poté, co obdrží výkres součásti, je mu známá násobnost formy a stroj na kterém se bude dílec vstřikovat, tak musí zvážit následující kroky. [1] [2]

Musí zvážit vhodné umístění dělicích rovin, s ohledem na způsobu zaformování a umístění vtoku. Dělicí plocha musí být co nejjednodušší na výrobu a musí procházet hranami výstřiku. To kvůli funkčním a vzhledovým vadám. [1] [2]

Určit rozměry tvarové dutiny popřípadě dutin s ohledem na opotřebení, výrobní tolerance a smrštění výstřiku. Velikost výrobní tolerance formy se volí jako 20% ze smrštění. Pokud se nepoužívá při vstřikování plnivo s abrazivními účinky a o formu se řádně pečuje, tak lze opotřebení dutiny formy zanedbat. [1] [2]

Navrhnout vhodnou konstrukci temperovacího a vyhazovacího systému. Jeli to nutné tak musí navrhnout i vhodný systém odvodušnění. [1] [2]

Jako další je nutné zvolit správně materiály, ze kterých bude forma vyrobena dle výše uvedených stanovisek. [1] [2]

Dle druhu vstřikovacího stroje musí navrhnout vhodný způsob upnutí formy a jejího vystrředění. Na závěr následuje kontrola všech funkčních parametrů formy s ohledem na vstřikovací stroj. [1] [2]

## 5.2 Jakost povrchu formy

Jakost povrch dutiny formy je velmi důležitým parametrem pro konečný vzhled výstřiku. Při návrhu se řídíme doporučenými drsnostmi obráběných ploch. Vysoká drsnost povrchu může mít za následek špatné odformování výstřiku.

*Tab. 1 – Jakosti povrchů forem*

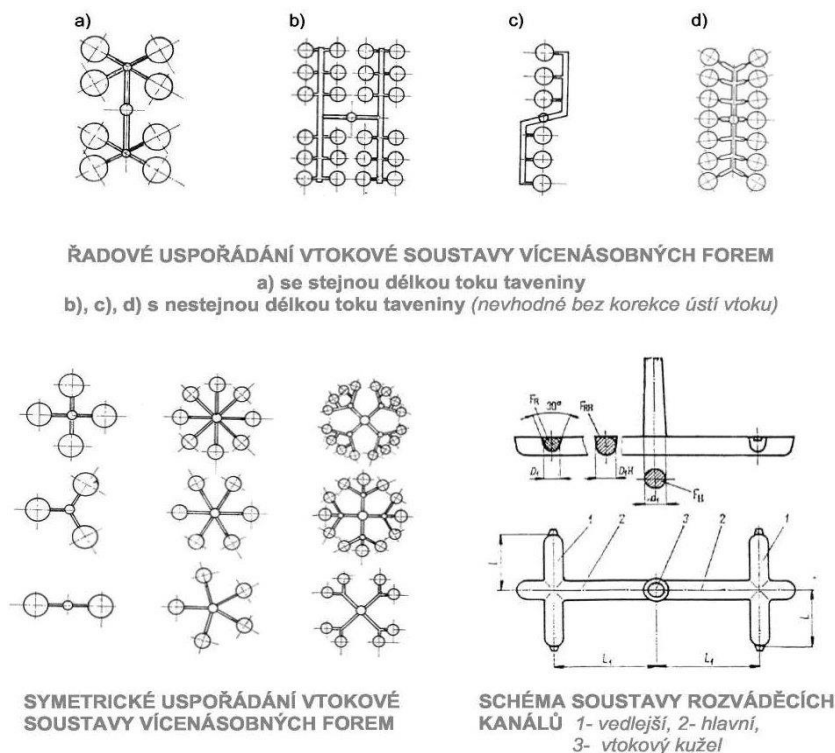
Drsnost $R_a$	Požadovaná jakost obrobených ploch
0,05	Nejpřesnější tvárníky a tvárnice s opracováním na vysoký lesk
0,1	Tvárníky a tvárnice s opracováním na běžný lesk
0,2	Tvárníky a tvárnice s dokonalým povrchem
0,4	Tvárníky a tvárnice s matným povrchem opracování dosedacích ploch
0,8	Opracování tvárníků a tvárnic u běžných forem a u dosedacích ploch
1,6	Opracování tvárníků a tvárnic méně náročných forem a dosedacích ploch

## 5.3 Vtokové systémy

Účelem vtokového systému je zajistit správné naplnění všech dutin formy pokud možno ve stejném čase za pomoci kanálů a ústí vtoku. To vše v nejkratším možném čase při minimálních odporech. Výstřik musí být snadno oddělitelný od vtokového systému. Vtokové systémy se rozdělují podle toho, jestli jsou konstruovány pro malosériovou, nebo velkosériovou až hromadnou výrobu. Pro výstřiky vyráběné velkosériově se používají vyhřívané vtokové systémy. Pro malosériovou výrobu jsou to studené vtokové systémy. [1] [4]

Násobnost formy nám určuje celkové uspořádání vtokové soustavy. Velký význam má umístění a druh vtokového systému zejména u termoplastů. Má totiž vliv na tok taveniny ve

formě a to má za následek i utváření takzvaných studených spojů. Existuje několik nejčastěji používaných uspořádání vtokových soustav u vícenásobných forem, buď do hvězdy, nebo v řadě. Uspořádání do hvězdy je výhodnější z pohledu rovnoměrného plnění dutin formy polymerní taveninou. [1] [4]

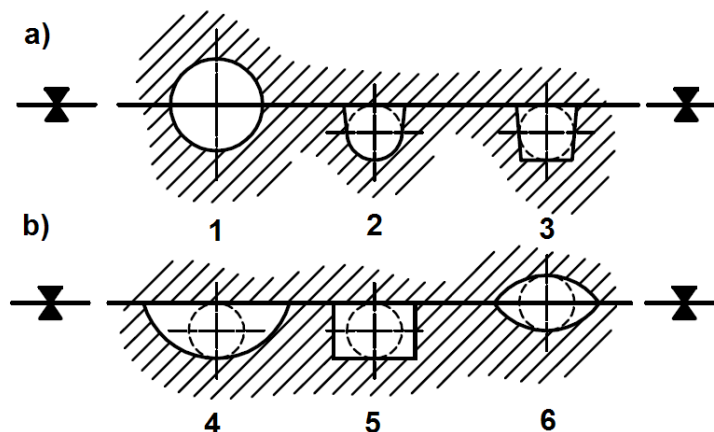


Obr. 14. Uspořádání vtokových systémů [4]

### 5.3.1 Studené vtokové systémy

Studené vtokové systémy se používají pro malosériovou výrobu tvarově méně složitých výstřiků. Při proudění polymerní taveniny studeným vtokovým systémem dochází k jejímu tuhnutí u stěny formy viz. Obr. 9. Takto ztuhlý plast pak dále tvoří tepelnou izolaci vnitřnímu proudu polymerní taveniny. Vnitřní proud následně zaplní dutinu formy. Rozvod taveniny do dutin formy probíhá pomocí vtokových kanálů. [2]

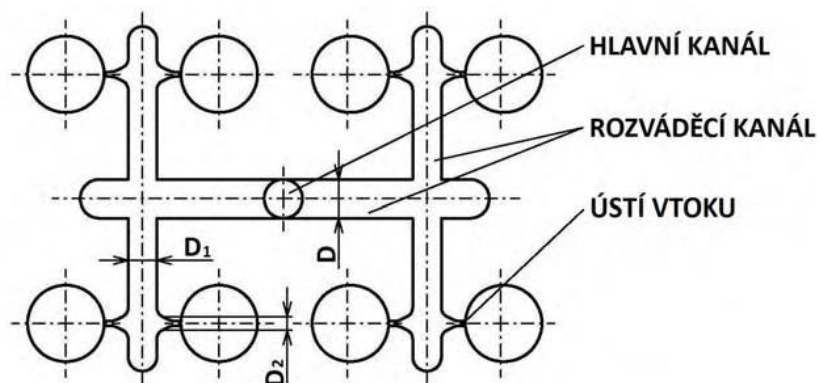
Jelikož je forma oproti tavenině poměrně studená tak dochází ke zvýšení viskozity taveniny, což má za následek nárůst tlaku. Tlak se pohybuje v rozmezí 40 až 200 MPa v závislosti na velikosti dutiny. [2]



Obr. 15. Průřez vtokových kanálů – a) funkčně výhodné, b) funkčně nevýhodné, 1,6-  
výrobně nevýhodné, 2,3,4,5 výrobně výhodné [7]

To jak je jednotlivý průřez vhodný určuje tak zvaná velikost smáčivého čísla, což je poměr průtočného průřezu ke smáčenému povrchu. Čím je číslo vyšší, tím je průřez vhodnější. [7]

Vtokový systém má tři hlavní části. Je to hlavní vtokový kanál, rozváděcí kanály a vtokové ústí. Velikost hlavního vtokového kanálu se určuje empiricky podle hmotnosti výstříku. Navazuje přímo na trysku vstřikovacího stroje a je kuželový s úkosem  $1,5^\circ$ . Rozváděcí kanál má stejný, nebo nepatrně vyšší průměr než vtokového kanálu. Velikost vtokového ústí musí být co nejmenší kvůli co nejmenší stopě na výstříku, ale musí zajistit i spolehlivé naplnění formy. [7]



Obr. 16. Hlavní části vtokového systému [4]

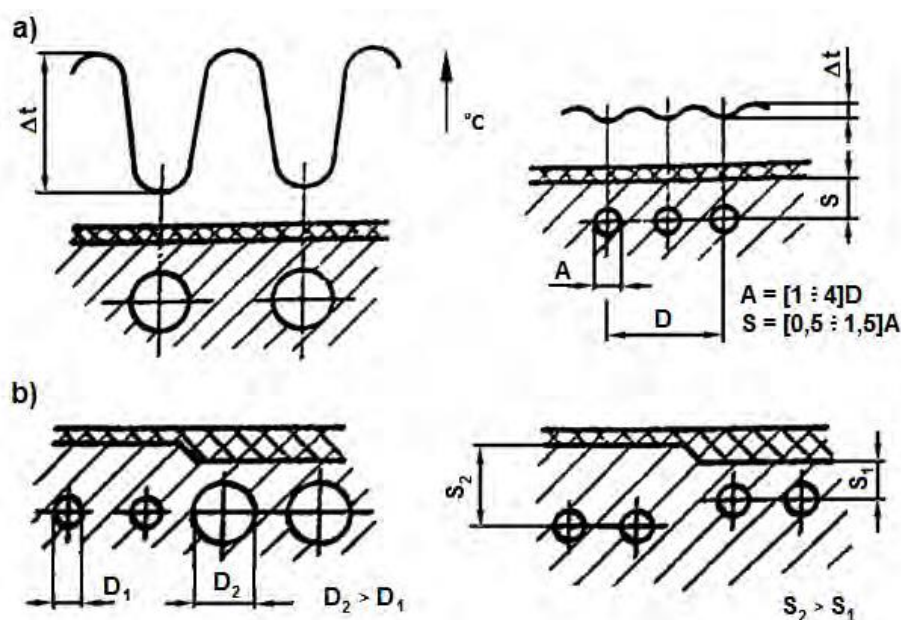


### 5.3.2 Vyhříváné vtokové systémy

Formy s vyhříváním vtokovým systémem jsou tužší a vyrobeny s větší přesností, jelikož jsou značně tepelně i mechanicky namáhány. Nejsou proto vhodné pro malosériovou výrobu, protože výroba takovéto formy je mnohem nákladnější. Výhodou je ale její snadná údržba a ekonomika provozu, jelikož u forem s vyhříváním vtokovým systémem nezbyde žádný odpad ve formě zbytků po vtokových kanálech. Vstříkovací tryska totiž ústí přímo do dutiny vstříkovací formy. [9]

### 5.4 Temperační systémy

Účelem temperace je udržení konstantního teplotního pole formy. Ovlivňuje zaplnění formy polymerní taveninou a zajišťuje optimální chladnutí plastu až na vyhazovací teplotu. Temperační systém je systém kanálů a dutin, ve kterých cirkuluje temperační kapalina (voda, olej, atd.) a umožňuje přestup, prostup tepla z polymerní taveniny do kapaliny. Ideální případ by byl, kdyby se tavenina ochlazovala všech místech stejně. Pokud by se výstřík ochlazoval nerovnoměrně, hrozilo by, že se výstřík deformuje důsledkem vnitřního pnutí, nebo na něm vzniknou trhliny. Délka temperačního kanálu se volí tak, aby rozdíl teplot na vstupu a na výstupu temperačního média byl maximálně 3 až 5°C. [7]



Obr. 17. Vliv rozmístění temperačních kanálů na průběh teploty ve formě a) u stejné tloušťky výstříku, b) u rozdílné tloušťky výstříku [2]

Pro konstrukci temperačních kanálů platí tyto pravidla:

- Kanály nesmí ohrozit tuhost tvarové dutiny formy.
- Kanály musí být konstruovány tak, aby dostatečně odváděly teplo v okolí vtoku taveniny do dutiny.
- Průtok chladicího média musí proudit z nejteplejšího místa formy k nechladnějšímu.
- Pokud možno, tak volit z výrobních důvodů kruhový průřez kanálů.
- S ohledem na tvar výstřiku se volí rozmístění kanálů.
- Spoje temperačních kanálů musí být dobře utěsněny. Pokud není možné dostatečné utěsnění, tak se temperační kanál nahradí drážkou, do které se vloží trubka z materiálu o vysoké tepelné vodivosti.
- Zamezit vzniku mrtvých koutů.
- Kanály nesmí být umístěny v blízkosti hran výstřiku.
- Umístění kanálů řešíme tak, aby se daly propojit hadicemi.

## 5.5 Vyhazovací systémy

Jelikož se plasty během chlazení v dutině formy smršťují a při otevírání formy zůstává plastový výstřik na tvárníku, tak pro oddělení výstřiku od tvárníku se zavádí vyhazovací systém. Pohyb vyhazovacího systému můžeme rozdělit do dvou fází. Při pohybu vpřed probíhá vlastní vyhazování a pohybem vzad se systém vrací do původní polohy. Nejčastěji používaným způsobem vyhazování je mechanický pomocí vyhazovacích kolíků, nebo pomocí stíracích desek. Vyhazovače mají různý tvar a jejich rozmístění záleží na tvaru výstřiku. Dalšími typy vedle mechanického vyhazování je pneumatické a hydraulické. [2]

### 5.5.1 Mechanické vyhazování

Vyhazování probíhá na mechanickém principu za pomoci vyhazovacích kolíků, stíracích desek, kroužků a podobně. Velmi často se tyto způsoby mezi sebou různě kombinují.

Nejlevnějším a nejčastějším způsobem je vyhazování za pomoci vyhazovacích kolíků. Osvědčil se především kvůli své jednoduchosti a spolehlivé funkčnosti. Nevýhodou je však to, že zanechává stopy na výstřiku. [2]

Způsob vyhazování pomocí stírací desky funguje na principu stírání výstřiku po celém jeho obvodu a tak nezanechá žádnou stopu po vyhození z dutiny formy. Kvůli své velké styčné ploše se používá u výstřiků s velmi tenkou stěnou, jelikož tolik nedeformuje výrobek na rozdíl od vyhazovacích kolíků. [2]

Speciálním způsobem mechanického vyhazování je šikmé vyhazování. Využívá se pro vytvoření mělkých vnitřních, nebo vnějších zápichů u malých výstřiků. [2]

### **5.5.2 Pneumatické vyhazování**

Je nejvhodnější pro výstřiky s velmi tenkou stěnou a velkými rozměry. Na rozdíl od mechanického vyhazování nevyžaduje velký zdvih a tak nemá vliv na délku formy. Po pneumatickém vyhazování nevznikají stopy po vyhazovačích, jelikož je stlačený vzduch přiveden mezi výstřik a líc formy. Použití je omezeno pouze na výstřiky s tvarem nádoby. Přívod vzduchu do formy je řízen talířovými ventily. [2]

### **5.5.3 Hydraulické vyhazování**

Hydraulický vyhazovač je zabudován přímo do místa připraveného ve formě. Používá se k ovládní mechanických vyhazovačů. Hydraulický vyhazovač má velkou vyhazovací sílu, avšak pomalejší zdvih. [2]

## **5.6 Odvzdušnění forem**

Před vstřikováním polymerní taveniny se v dutině formy nachází vzduch. Při vstřikování tedy dochází k jeho stlačování a tím roste tlak. Takto stlačovaný vzduch se může zažehnout a vzniká tak zvaný Dieselův efekt, který je patrný spáleným místem na výstřiku. Může také docházet k výskytu bublin, které zůstávají na stěně dutiny formy a tím pádem i k deformaci výstřiku. [2]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V teoretické části je zpracována literární studie zabývající se polymery pro vstřikování, zásadami konstrukce výstřiku z plastů, strojními časy, konstrukcí vstřikovacích strojů a forem.

V praktické části se bude provedena konstrukce vstřikovací formy za pomoci softwaru Catia V5R19 od firmy Dassault Systemes. Bude využito i digitálního katalogu od firmy HASCO. Z takto zhotovených 3D modelů bude vytvořena sestava formy a z ní následně výkresová dokumentace.

Zadání bakalářské práce:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Proved'te konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu.
3. Vytvořte konstrukční návrh vstřikovací formy pro zadaný plastový díl.
4. Nakreslete řez sestavy formy a příslušné pohledy včetně kusovníku.

## 7 VSTŘIKOVANÝ DÍL

Zadaný díl je tělo airsoftové zbraně, konkrétně se jedná o typ G36C. Tělo se skládá ze dvou tenkostěnných dílců. Základní rozměry výstřiku jsou uvedeny na Obr. 21. Objem pravé poloviny je 76,7 cm<sup>3</sup> a levé 83,8 cm<sup>3</sup>. Tloušťka dílců je průměrně 3 mm.

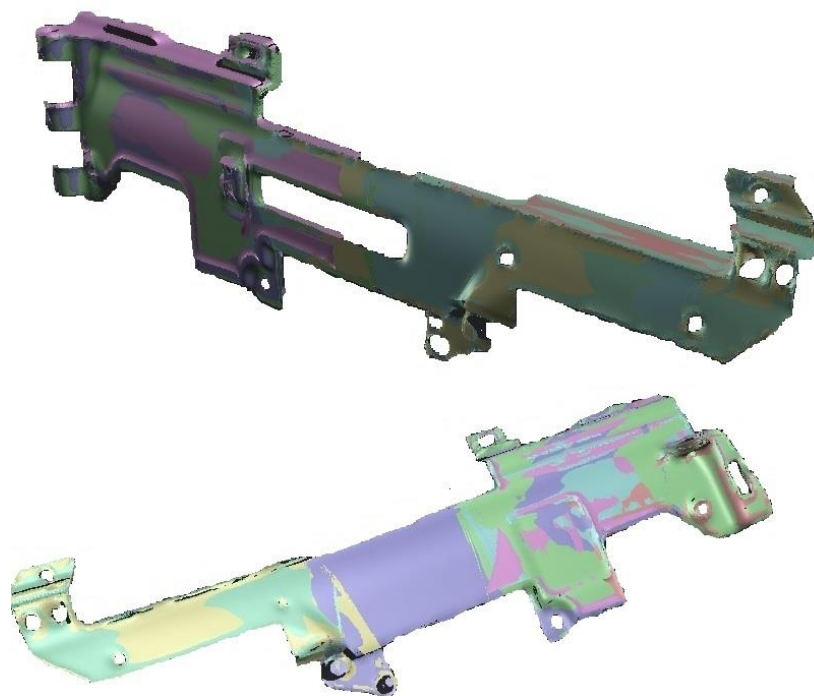


*Obr. 18. Airsoftová zbraň G36C*



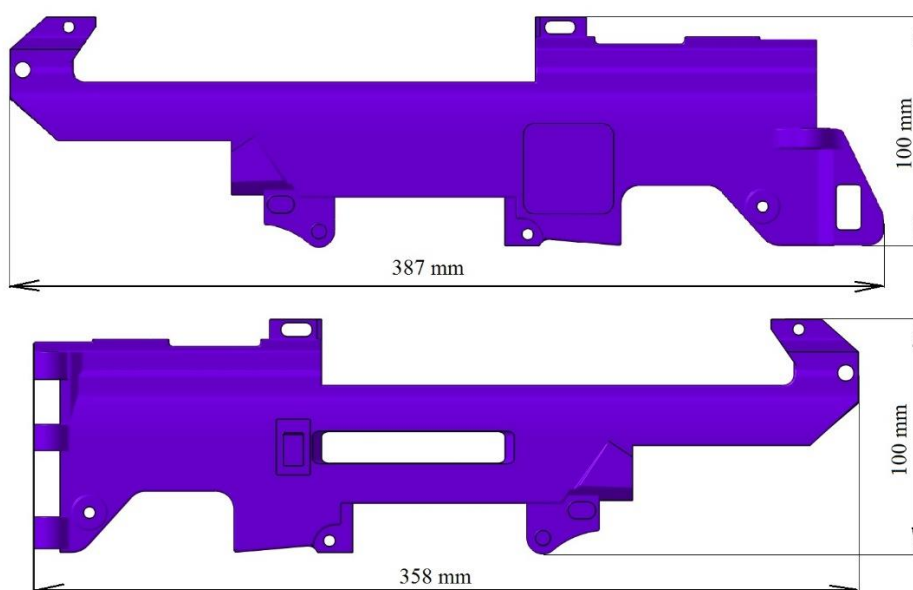
*Obr. 19. Zadaná součást*

Tvorba 3D modelu probíhala tak, že se dílce nejdříve naskenovaly na 3D skeneru a za pomoci získaných 3D skenů se následně dílce domodelovaly v programu CATIA V5R19.

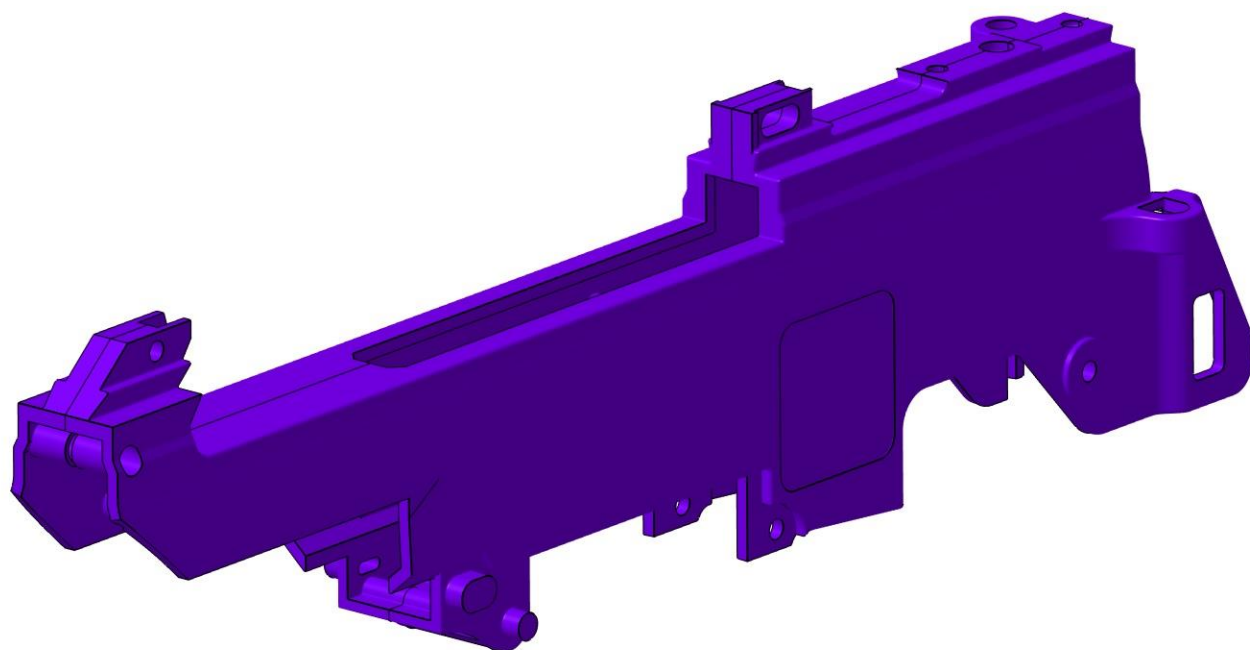


Obr. 20. Výsledný 3D sken

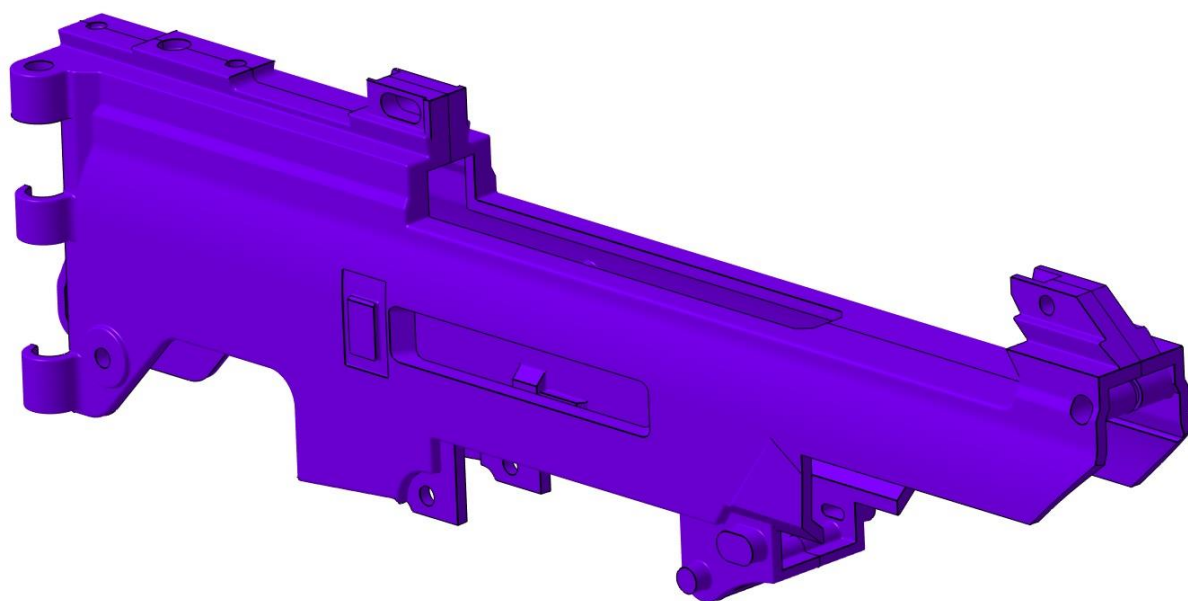
Naskenována byla pouze lícová plocha zadané součásti. Bylo tomu učiněno proto, aby se zjistilo prohnutí součásti, které bylo nezměřitelné pomocí posuvného měřidla. Každá barva na obrázku znázorňuje jeden sken, který byl následně za pomoci softwaru spojen s ostatními skeny tak, aby tvořil celistvou vnější plochu výstřiku.



Obr. 21. 3D model zadané součásti



*Obr. 22. Sestavení levé a pravé poloviny výstřiku (pohled zprava)*



*Obr. 23. Sestavení levé a pravé poloviny výstřiku (pohled zleva)*

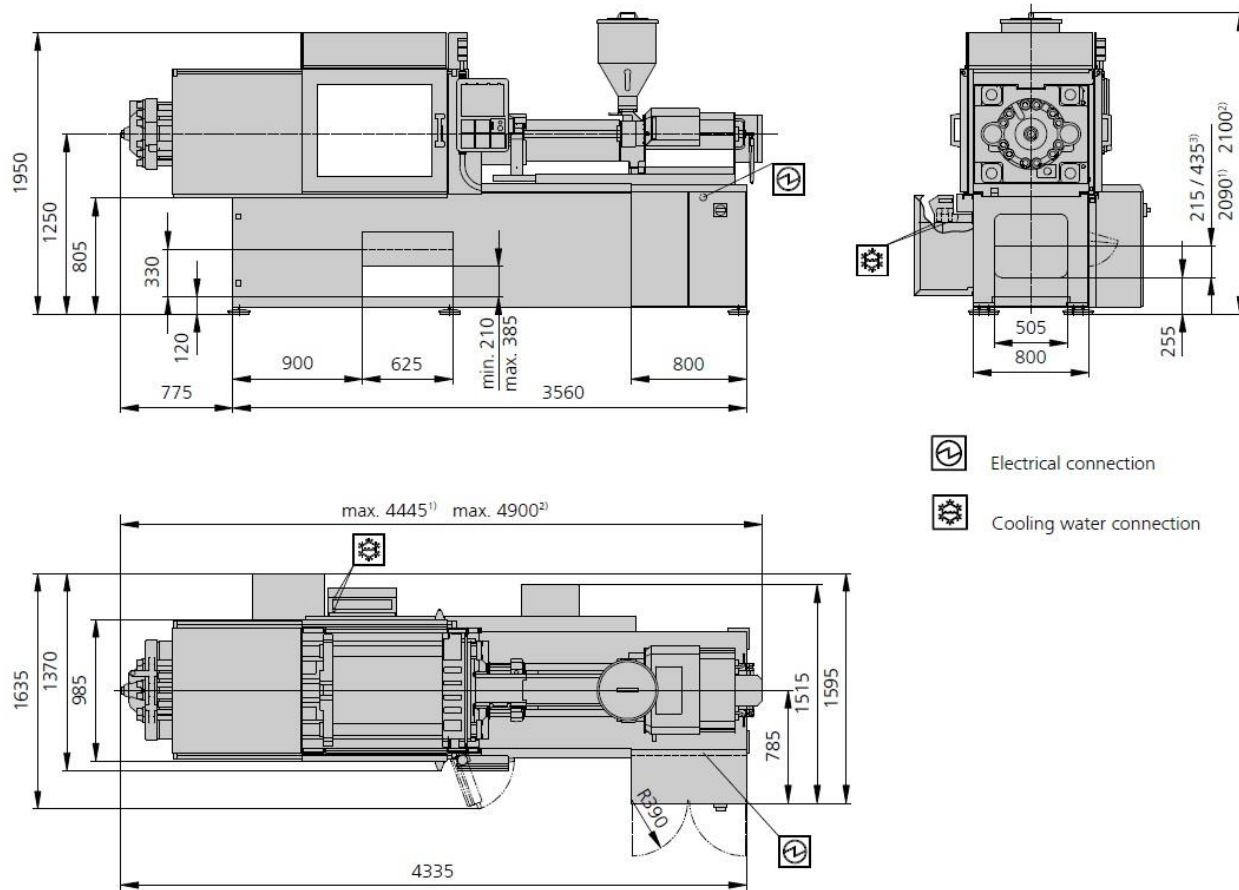


## 8 MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU

Jako materiál výstřiku byl zvolen PA6 s obchodním názvem Ultramid BU50I. Jedná se o termoplast s vysokou odolností oděru, vysokou pevností v tahu a velkou houževnatostí. Jako jeden z mála materiálů si dokáže zachovat rázovou houževnatost i při nižších teplotách. Nejčastější použití tohoto polymeru je v automobilovém průmyslu a u výrobků pro zimní sporty, jako jsou lyže, helmy, snowboardy a podobně. Výrobce doporučena teplota formy je 60-85°C. Materiál je dodáván v uzavřených nádobách a sušení před vstřikováním není nutné, nicméně doporučené, jelikož doba tuhnutí je závislá na vlhkosti materiálu. [11]

## 9 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Pro navrženou formu byl zvolen vstříkací stroj od německé společnosti Arburg. Stroj má označení ALLROUNDER 470C GOLDEN EDITION. Uzavírací část stroje je řízená hydraulikou s maximální uzavírací silou 1500 kN, maximální vyhadzovací silou 40 kN, průměrem šneku 45mm a maximálním objemem dávky 254 cm<sup>3</sup>.



Obr. 24. Schéma vstříkacího stroje

Tab. 2. Technické parametry uzavírací jednotky [10]

Parametr	Hodnota
Max. uzavírací síla [kN]	2500
Max. otevírací zdvih [mm]	600
Výška formy [mm]	300-700
Max. hmotnost pohyblivé části formy [kg]	2500
Max. vyhazovací zdvih [mm]	225

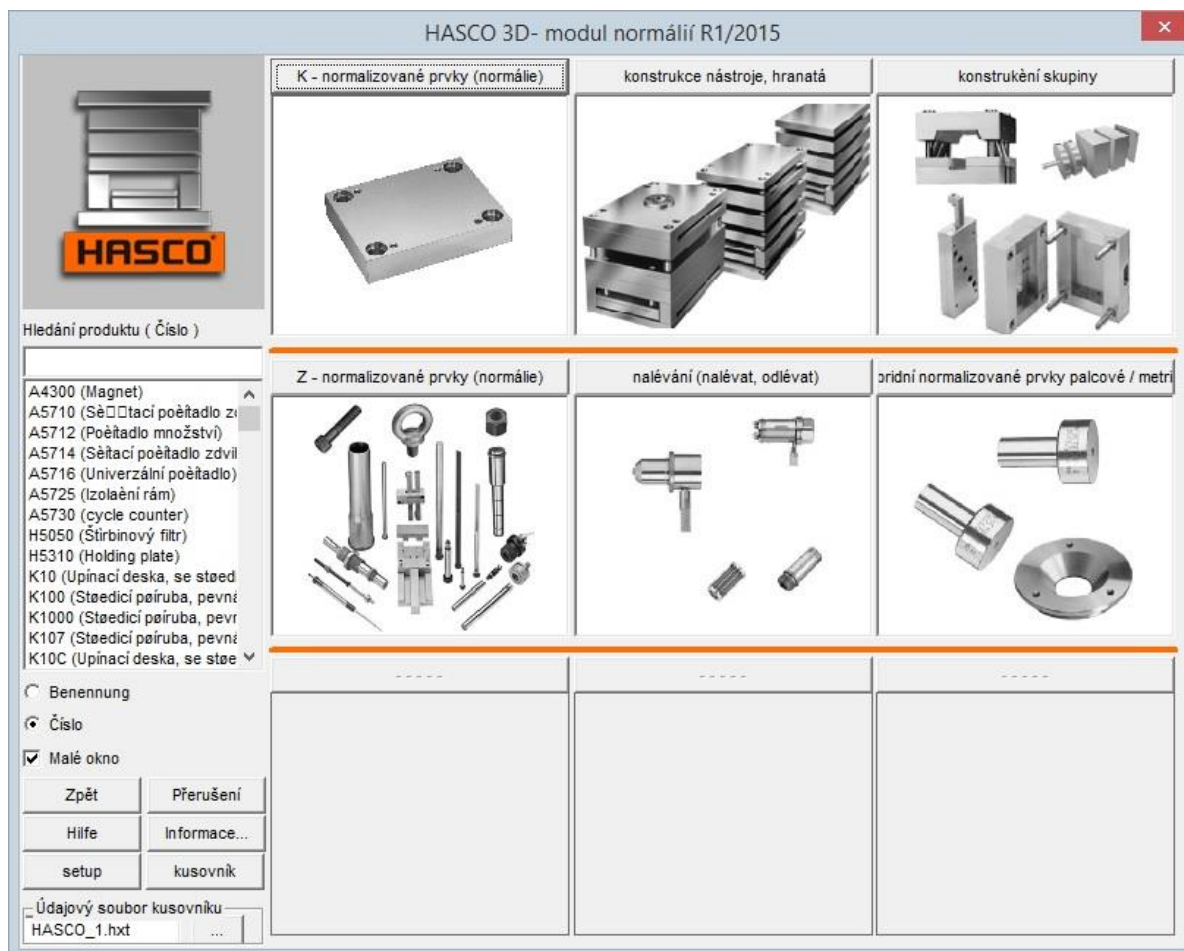
Tab. 3. Technické parametry vstřikovací jednotky [10]

Parametr	Hodnota
Průměr šneku [mm]	45
Poměr L/D šneku [-]	22
Max. zdvih šneku [mm]	200
Max. objem vstřikované taveniny [cm <sup>3</sup> ]	318
Max. vstřikovací tlak [bar]	2470
Max. rychlost vstřikování [cm <sup>3</sup> /s]	242

## 10 POUŽITÝ SOFTWARE

Pro konstrukci výstřiku i vstřikovaného dílu byl použit software od společnosti Dassault Systemes. Vývoj systému CATIA původně značeného CATI z francouzského Conception Assistée Tridimensionnelle, začal v roce 1977 pro vlastní potřebu letecké společnosti Avions Marcel Dassault. CATIA je programový systém, podporující trojrozměrný interaktivní návrh součástí, výrobu a inovace složitých strojírenských výrobků.

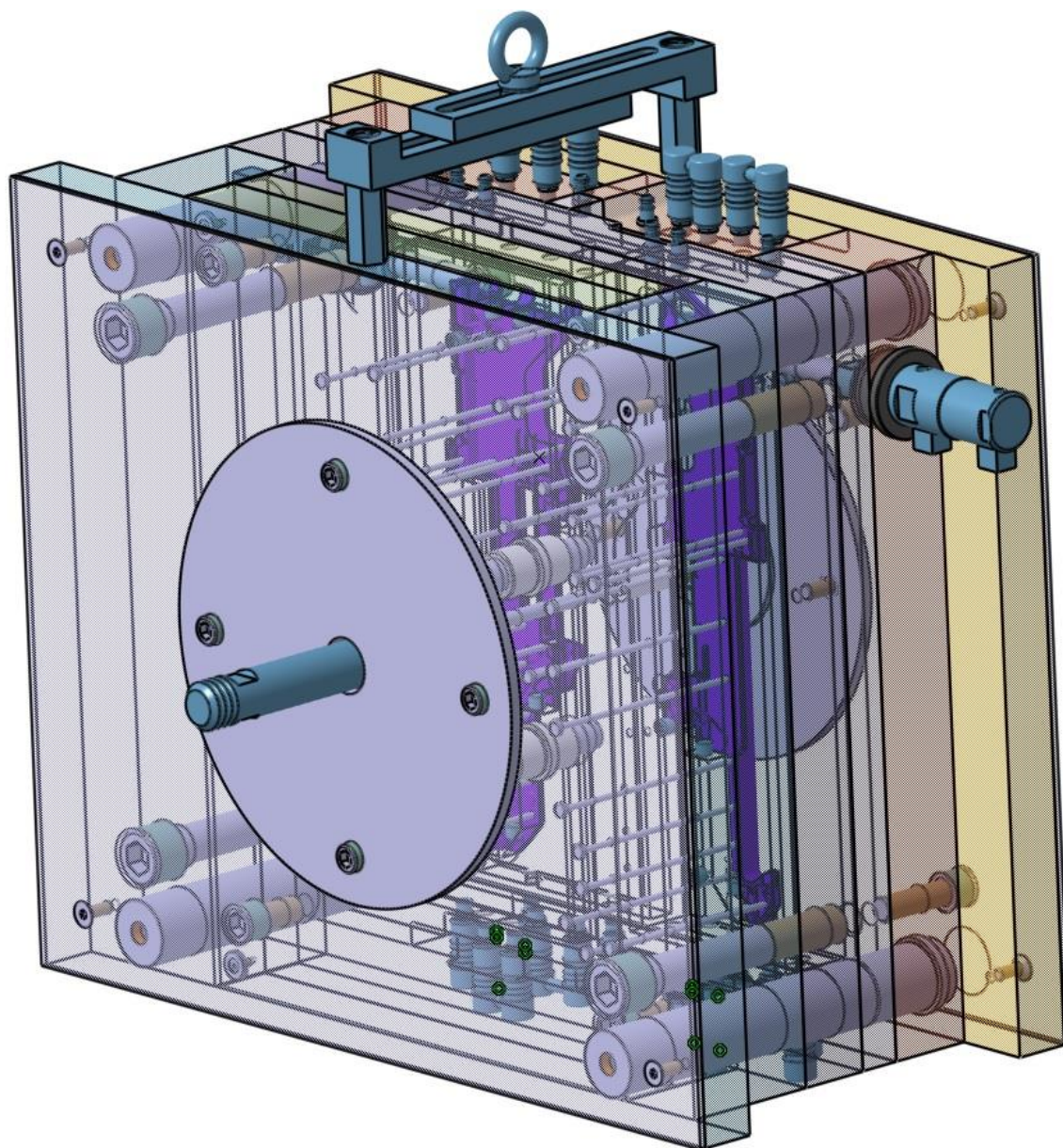
Pro samotnou konstrukci formy bylo využito normálií od společnosti HASCO. Pro import normalizovaných dílců do programu CATIA byl použit HASCO DAKO 3D- modul normálií R1/2015, který obsahuje veškeré 3D modely dílců z firemního katalogu. HASCO je německá firma, která se zabývá konstrukcí, výrobou a prodejem všech možných dílců týkajících se vstřikovacích forem.



Obr. 25. Prostředí HASCO DAKO modulu

## 11 KONSTRUKCE FORMY

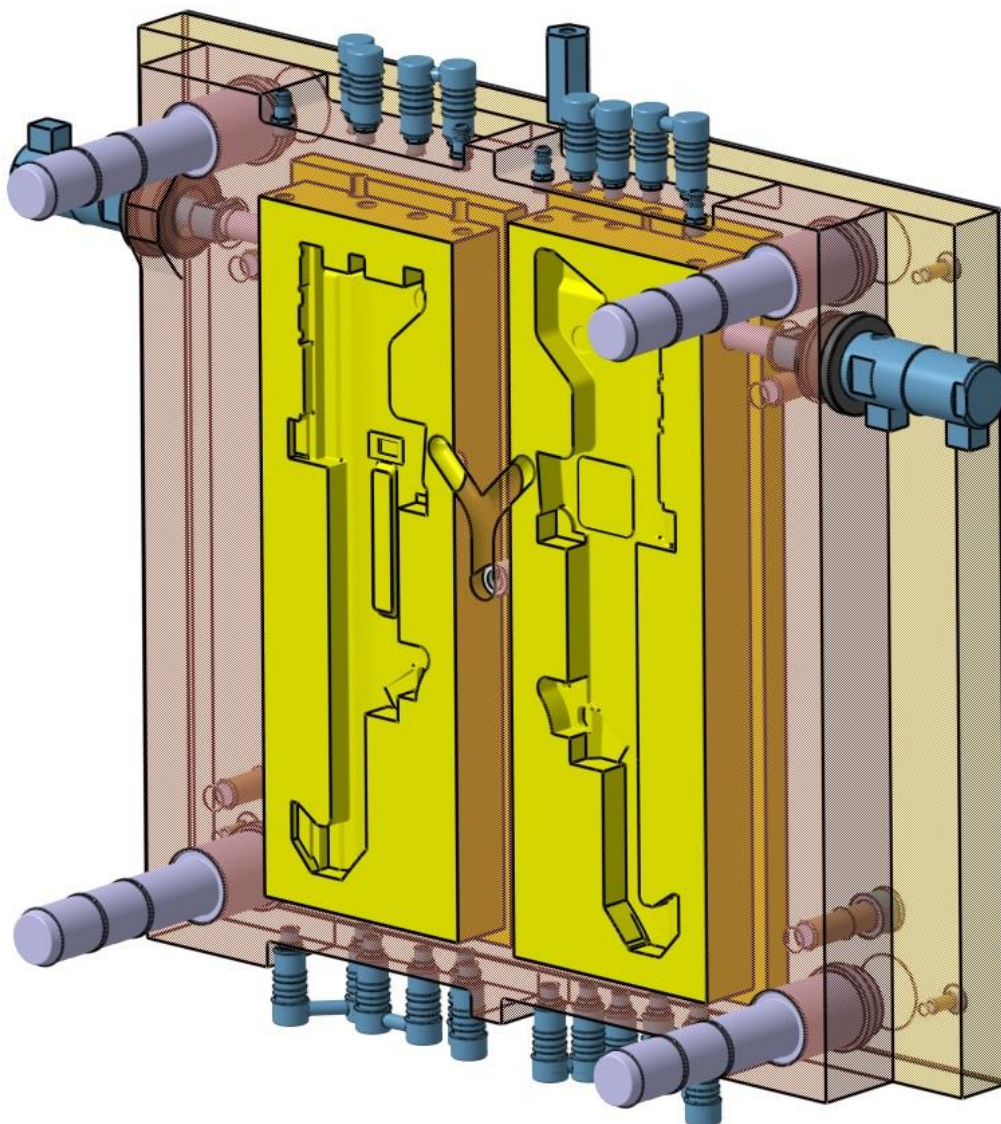
Při návrhu formy byl kladen co největší důraz na použití normalizovaných dílů, konkrétně od firmy HASCO. Jedná se tedy až na výjimky o všechny díly, jako jsou šrouby, středící trubky, čepy, desky a další. Důvodem volby normalizovaných dílů je urychlení a zlevnění výroby formy.



*Obr. 20. Sestava vstříkovací formy*

## 11.1 Pravá polovina formy

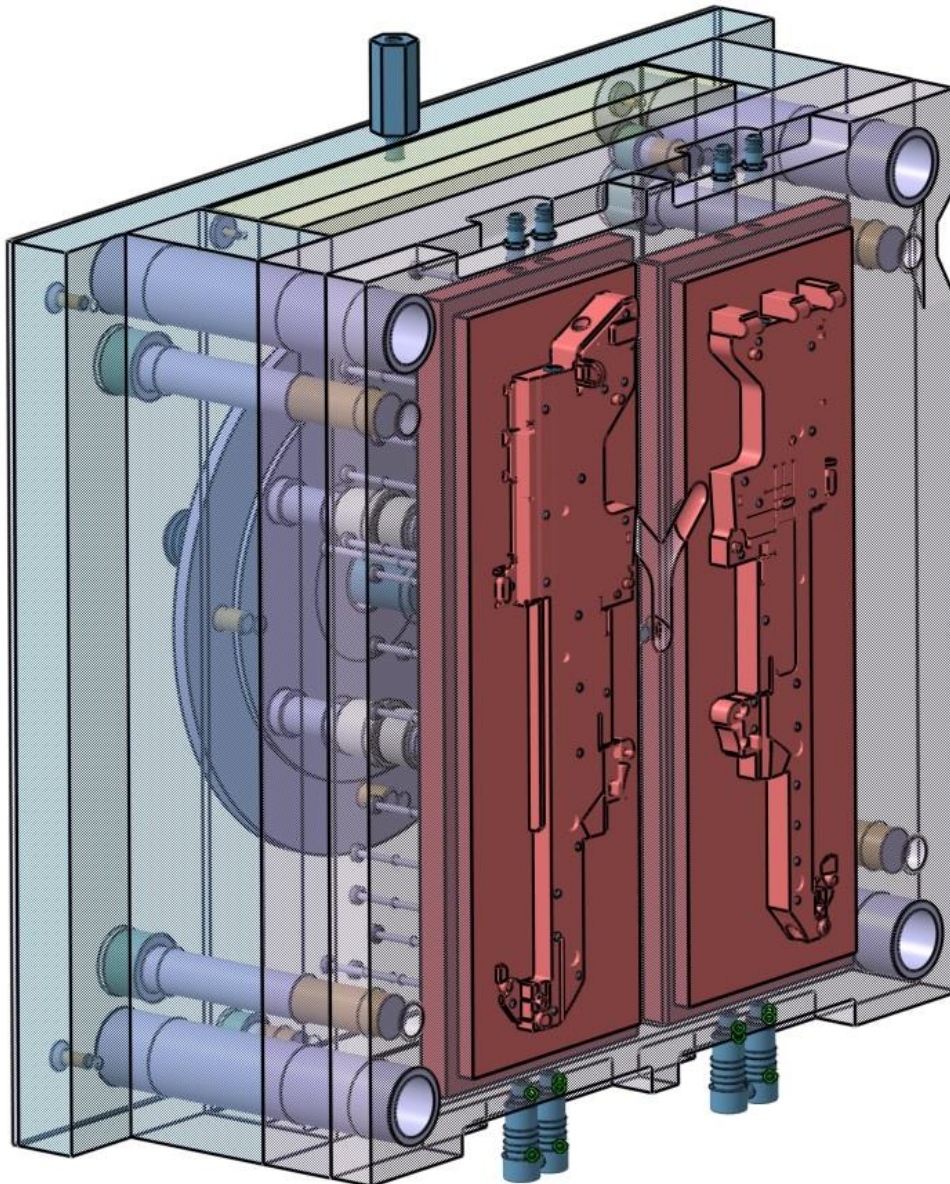
Pravá polovina formy, nebo vstřikovací strana je nepohyblivá, pevně uložená na rámu vstřikovacího stroje a vystředěná pomocí středícího kroužku. Slouží ke vstřikování polymerní taveniny do dutiny formy. Vystředění mezi pravou a levou polovinou formy je dosaženo za pomoci vodících čepů. V pravé polovině formy se dále nachází tvárnice, vtokový systém, temperační systém pro tvárnice a dva hydraulické tahače sloužící k odformování děr na vnějších stranách výstřiků.



Obr. 21. Pravá polovina formy

## 11.2 Levá polovina formy

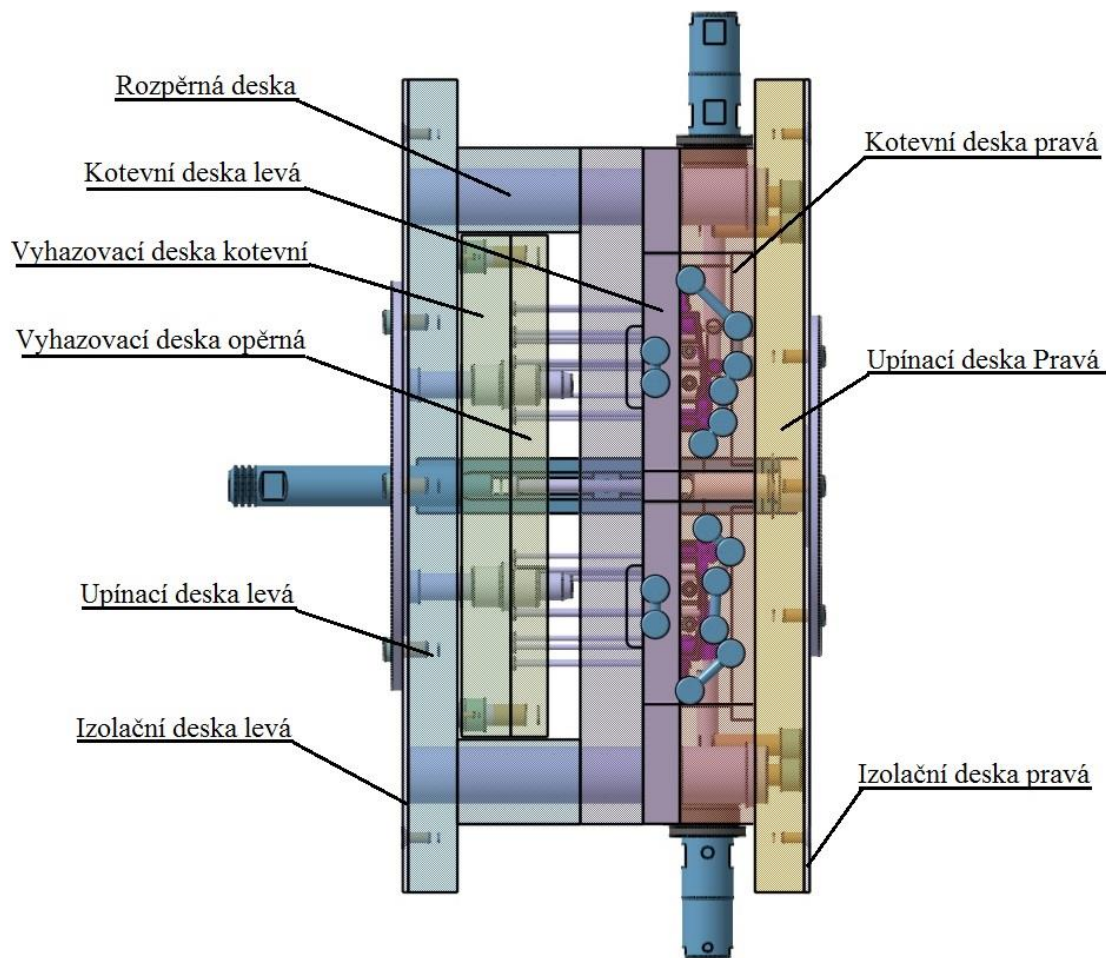
Levá polovina formy je na rozdíl od pravé pohyblivá v horizontálním směru. Nejdůležitějšími částmi levé poloviny formy jsou tvárníky, vodící a středící trubky, temperační systém pro tvárníky a vyhazovací systém. Účelem levé části formy je po vstříknutí polymerní taveniny a jejím ochlazení odjet od pravé pevné poloviny formy a vyhodit výstřik i s vtokovým systémem.



Obr. 22. Levá polovina formy

### 11.3 Rám formy

Rám formy je skupina navzájem spojených desek. Desky jsou k sobě spojeny vodícím, středícím a spojovacím příslušenstvím. Rám musí umožnit správné ustavení na vstřikovacím stroji včetně dokonalého a bezpečného upnutí na stroji, přesné vedení pohyblivých dílů formy a snadné upevnění tvarových vložek a ostatních funkčních dílů.



Obr. 23. Popis desek formy

Rozměry desek [mm]:

- Rozpěrná deska: 496 x 90 x 60
- Kotevní deska levá: 496 x 496 x 27
- Vyhazovací deska kotevní: 368 x 496 x 36
- Vyhazovací deska opěrná: 368 x 496 x 27
- Upínací deska levá: 596 x 496 x 36



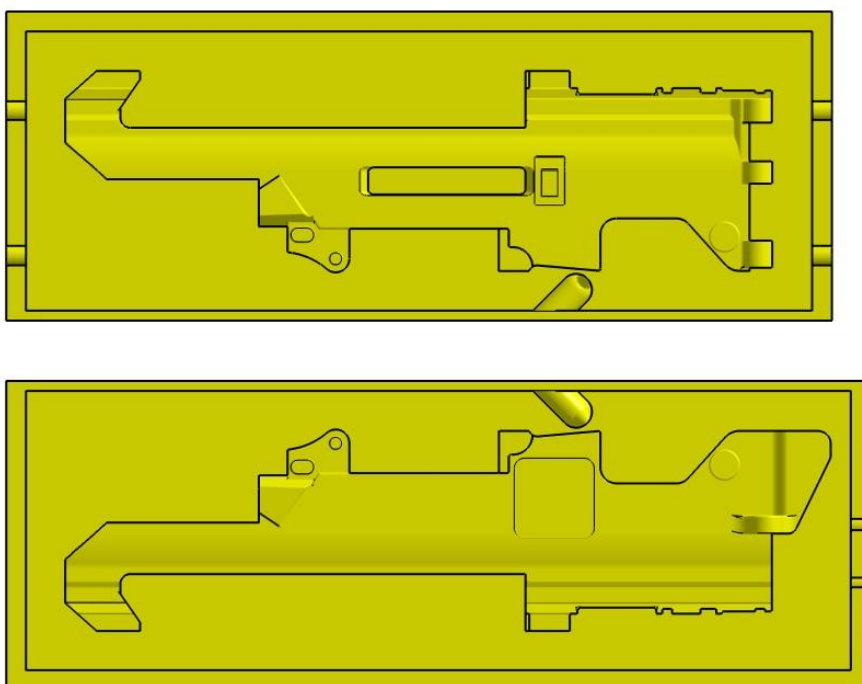
- Izolační deska levá: 596 x 496 x 4
- Kotevní deska pravá: 496 x 496 x 55
- Upínací deska pravá: 596 x 496 x 36
- Izolační deska pravá: 596 x 496 x 4

## 11.4 Násobnost formy

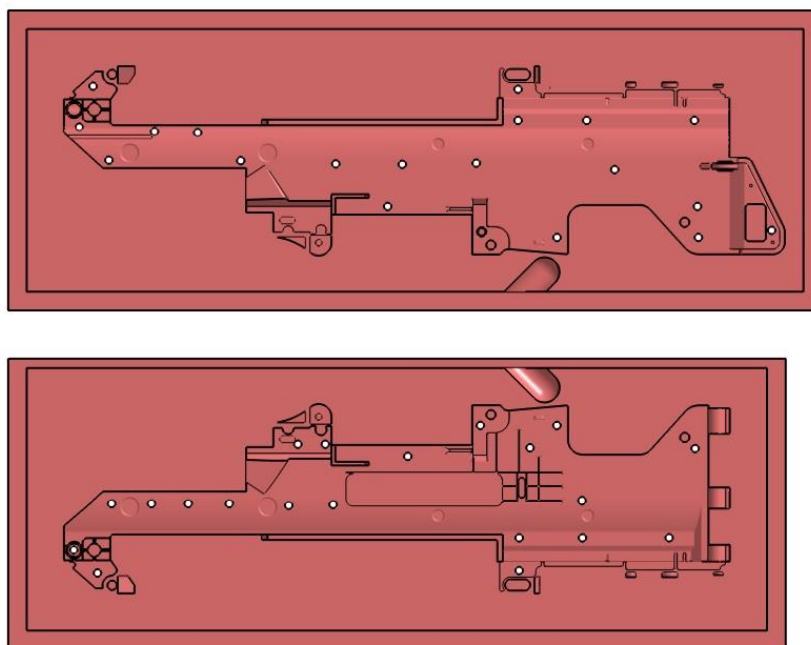
Pro určení násobnosti formy je třeba zohlednit několik důležitých parametrů. Je to přesnost výstřiku, požadované množství, velikost a kapacita vstřikovacího stroje, ekonomika výroby a v poslední řadě i termín dodávek. Pro tento dílec byla zvolena forma dvounásobná.

## 11.5 Tvárník a tvárnice

Tvárník a tvárnice jsou tvarové prvky, které po spojení společně tvoří tvarovou dutinu formy. Jejich výroba je velmi náročná a nákladná. Často bývají součástí desek. V tomto případě jsou konstruovány jako samostatné vyměnitelné vložky. Tvárnice jsou uloženy v pravé, nepohyblivé části formy a tvárníky v pravé pohyblivé části formy. Navržená vstřikovací forma je dvounásobná. Jedna dutina formy se liší od druhé, jelikož zadané dílce jsou protikusy. Při jednom pracovním cyklu forma tedy vyrobí dva odlišné výstřiky. Dutina formy je zvětšena o 1,3%, což je hodnota smrštění polymerní taveniny zvoleného materiálu po ztuhnutí. Pro dopravu taveniny do dutiny formy byl použit studený vtokový systém.



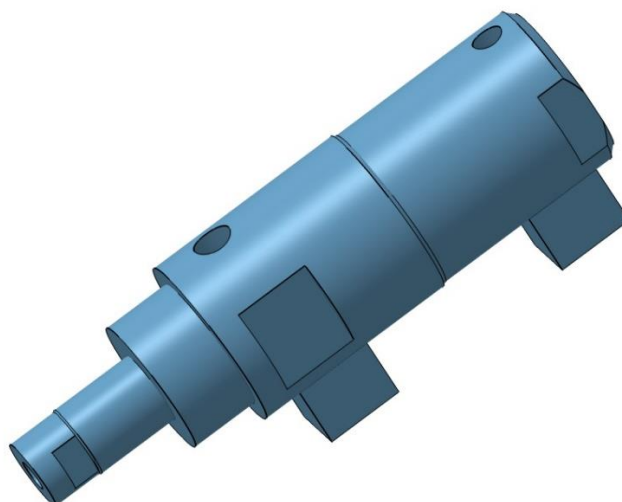
*Obr. 26. Pravé a levá tvárnice*



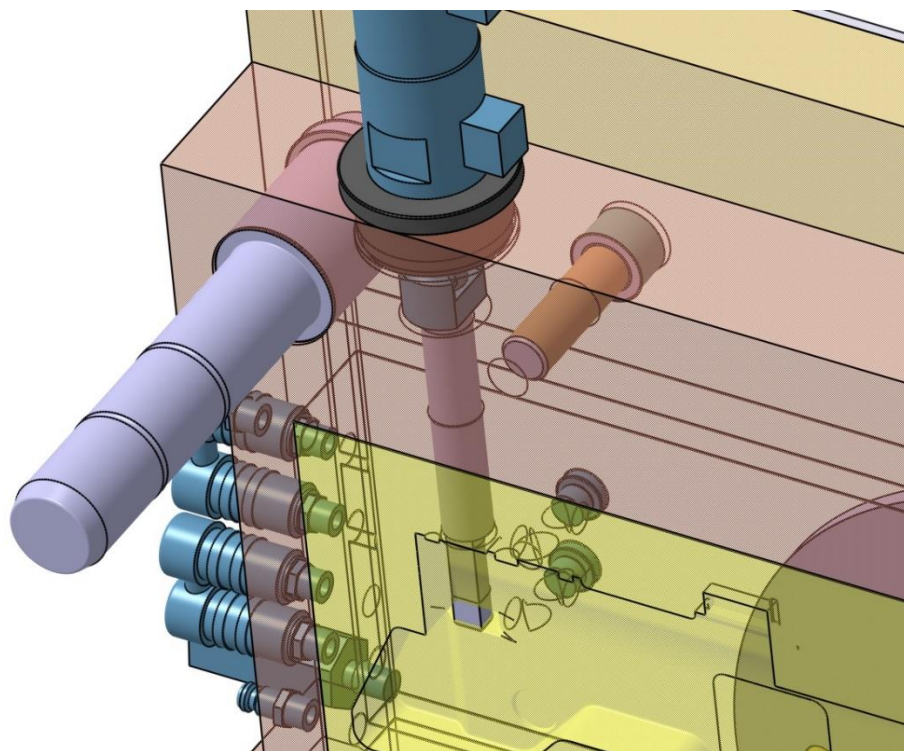
*Obr. 27. Pravý a levý tvárník*

## 11.6 Odformování

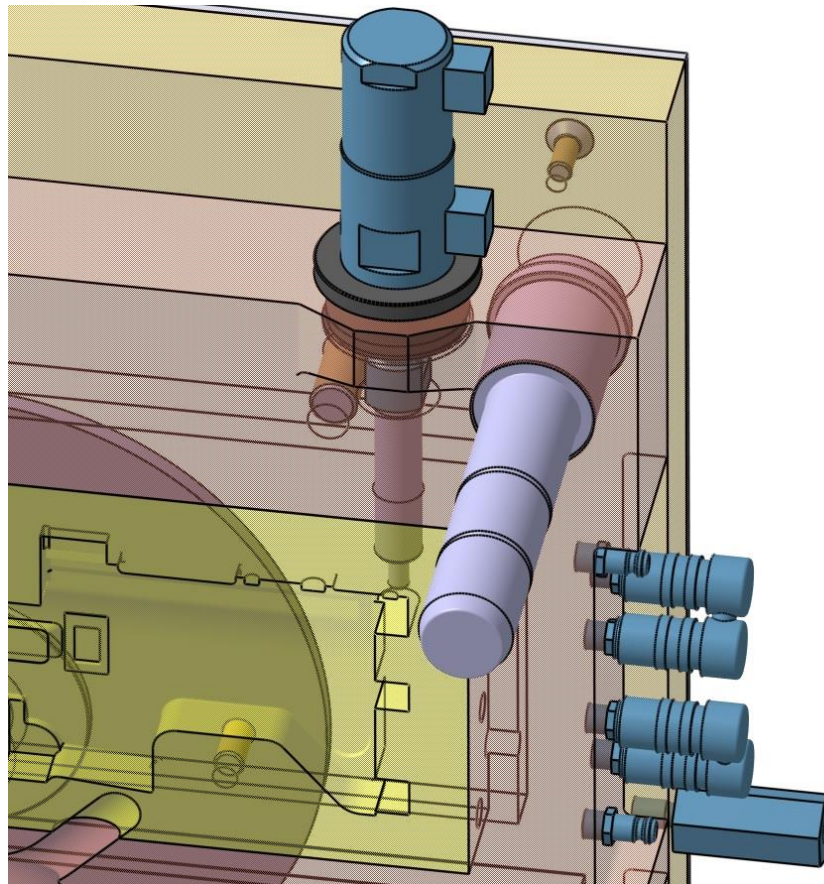
Na vnějších stranách výstřiků se nacházejí oka, které je třeba odformovat. Jedno slouží k pevnému připevnění pažby pomocí čepu a druhé k připevnění popruhu zbraně. Tato oka nešla odformovat mechanicky pomocí šikmých kolíků. Z těchto důvodů bylo zvoleno odformování pomocí hydraulických tahačů. Tahače jsou z normálií HASCO a mají označení Z2301/16 x 20.



Obr. 28. Hydraulický tahač Z2301/16 x 20



Obr. 29. Detail odformování oka pro připnutí popruhu



*Obr. 30. Detail odformování oka pro připevnění pažby*

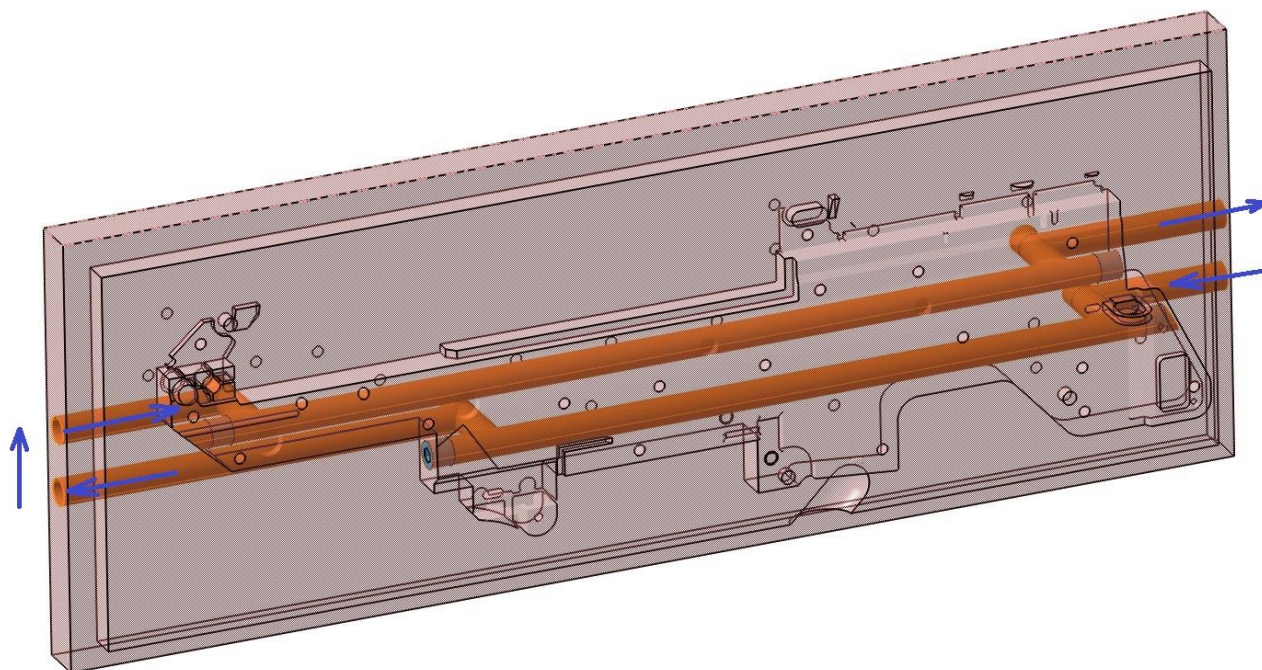
## 11.7 Temperace formy

Velikosti temperačních kanálů jsou voleny v závislosti na rozměrech rámu formy, velikosti výstřiku a druhu vstřikovaného plastu. Nejčastěji používaným průřezem je průřez kruhový. Temperační kanály nesmí ovlivnit tuhost formy. Doporučené průměry kanálů jsou uvedeny v tabulce Tab. 4., dle které byl zvolen průměr temperačního kanálu 10 mm. Zvětšování průřezů je zbytečné, jelikož by se zvětšením průřezu intenzita výměny tepla zvýšila jen o nepatrnou hodnotu, naopak by vzrostla spotřeba temperačního média.

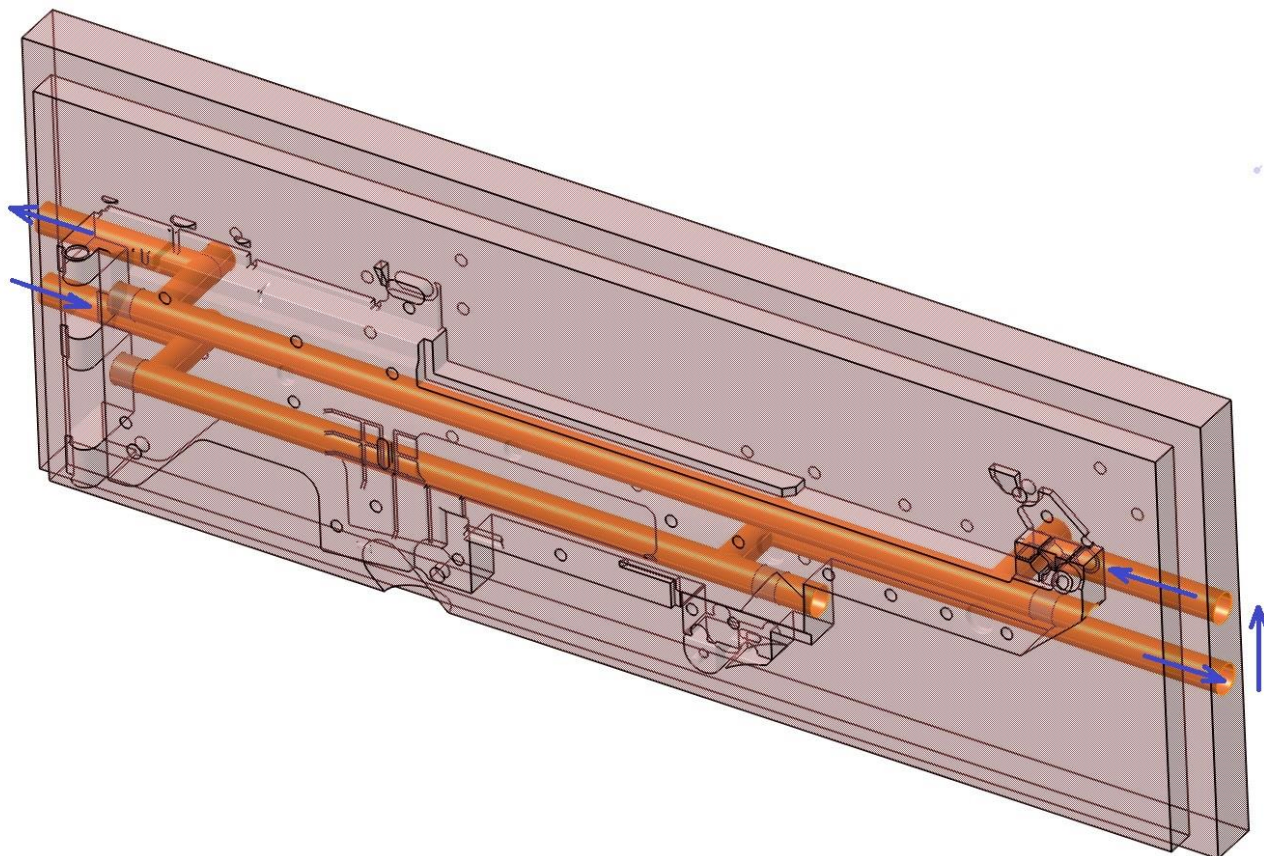
Tab. 4. Orientační hodnory volby průměru kanálů v závislosti na výstřiku a rámu formy [2]

výstřik [g] rám [mm]	1	3	5	8	10	15	20	30	50	100	200	300	500	800	
	1	3	5	8	10	15	20	30	50	100	200	300	500	1000	
160x160	6	6	6	6	6										
160x230		6	8	8	8	8	8	8	8						
230x230		8	8	8	8	8	8	8	8	8					
230x300			8	8	8	8	8	8	8	8	10				
300x300			8	8	8	8	8	8	8	8	10	10			
300x370				8	8	8	8	8	8	8	10	10	10		
370x370				8	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10	
370x440					8	8	8	8	8	8	10	10	10	12	12
440x440					8	8	8	8	8	10	10	12	12	12	12
440x510						8	8	8	8	10	10	12	12	12	12
510x510						8	8	8	8	10	10	12	12	12	12
510x650							8	8	8	10	12	12	12	12	12

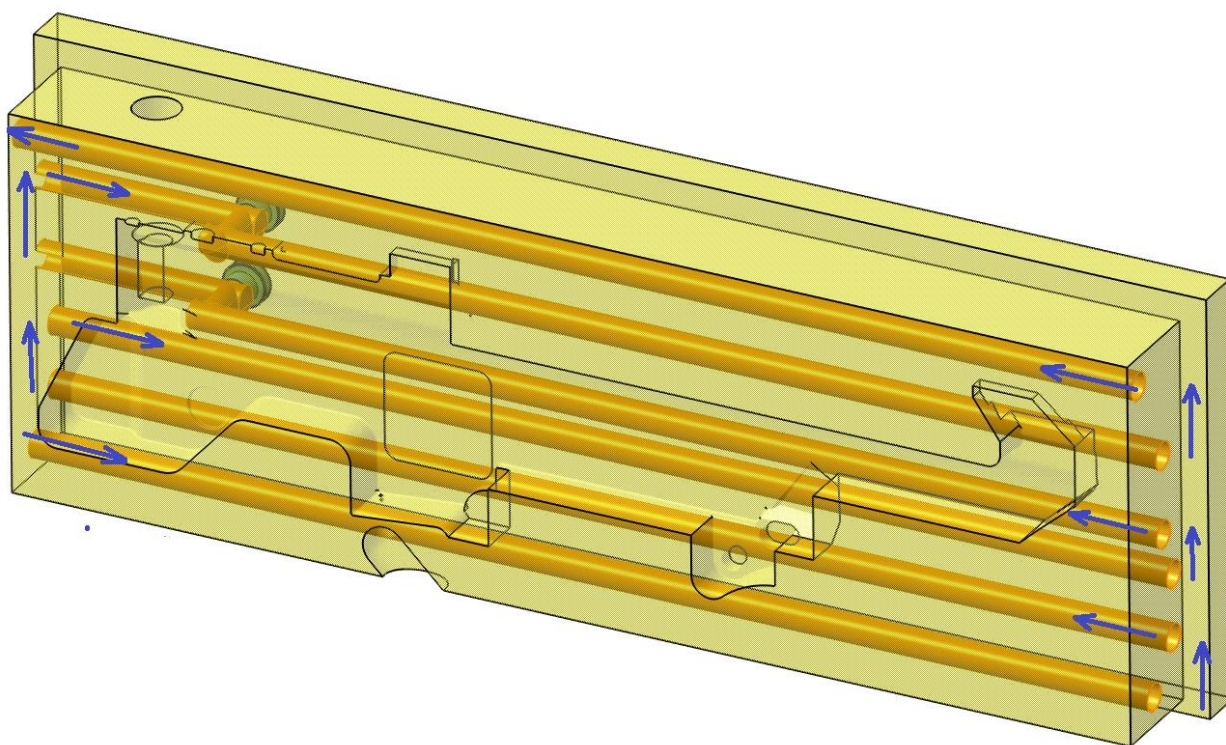
Pro každý tvárník tvárník a tvárnici byl navržen jeden oběh temperačních kanálů. Kanály jsou spojeny zvnějšku formy pomocí spojek od společnosti HASCO. Dráha toku temperačního média je vymezena pomocí zátek.



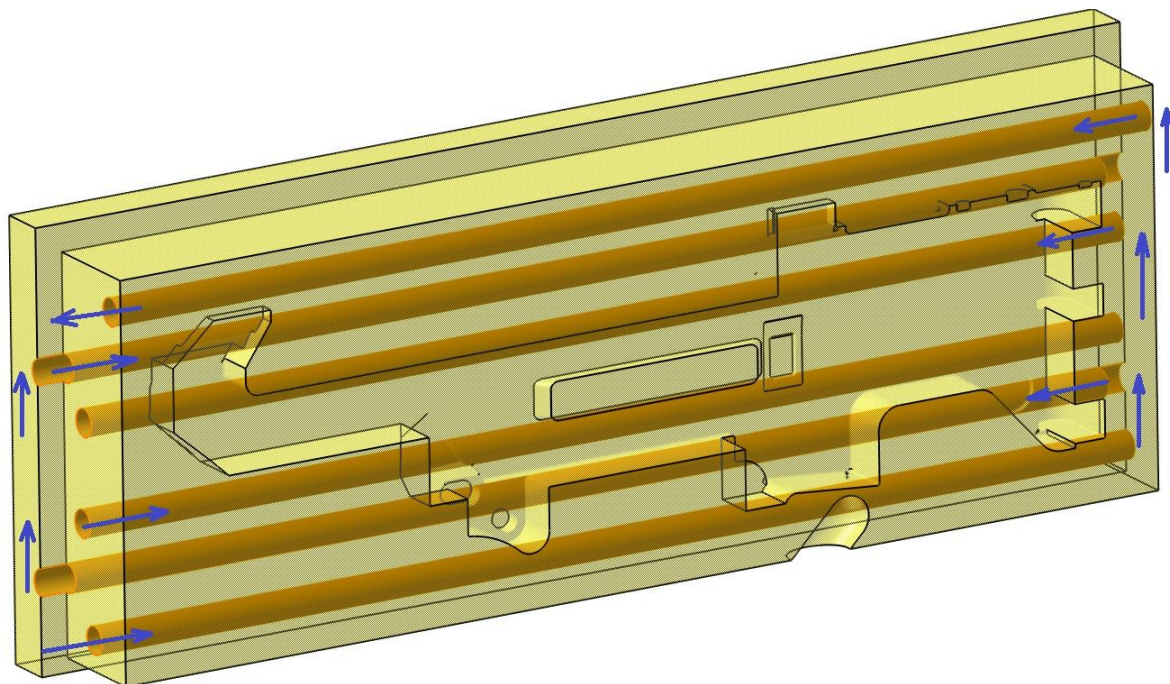
Obr. 31. Rozmístění temperačních kanálů u tvárníku (pravý)



Obr. 32. Rozmístění temperačních kanálu u tvárniku (levý)



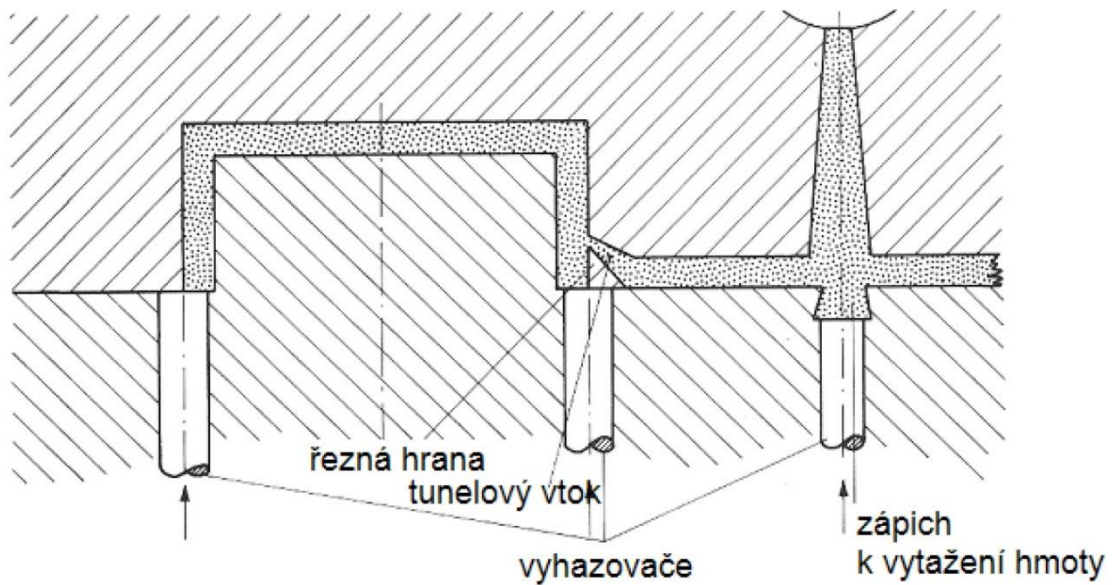
Obr. 33 Rozmístění temperačních kanálu u tvárnice (pravá)



*Obr. 34 Rozmístění temperačních kanálu u tvárnice (levá)*

## 11.8 Vtokový systém

V návrhu formy byl zvolen studený vtokový systém s tunelovým vtokem. Tunelový vtok je zvláštním případem bodového vtoku. Výhodou je oddělení vtokového zbytku pomocí řezné hrany od výstřiku během otevření formy. Ušetří se tak za nákladnou a složitou třídeskovou formu. Nevýhodou je náročný způsob výroby pomocí elektrojiskrového hloubení. Tunelový vtok není vhodný pro polymery obsahující vláknitá plniva. Pokud tomu tak je, pak musí být průměr ústí vtoku minimálně 2 mm.

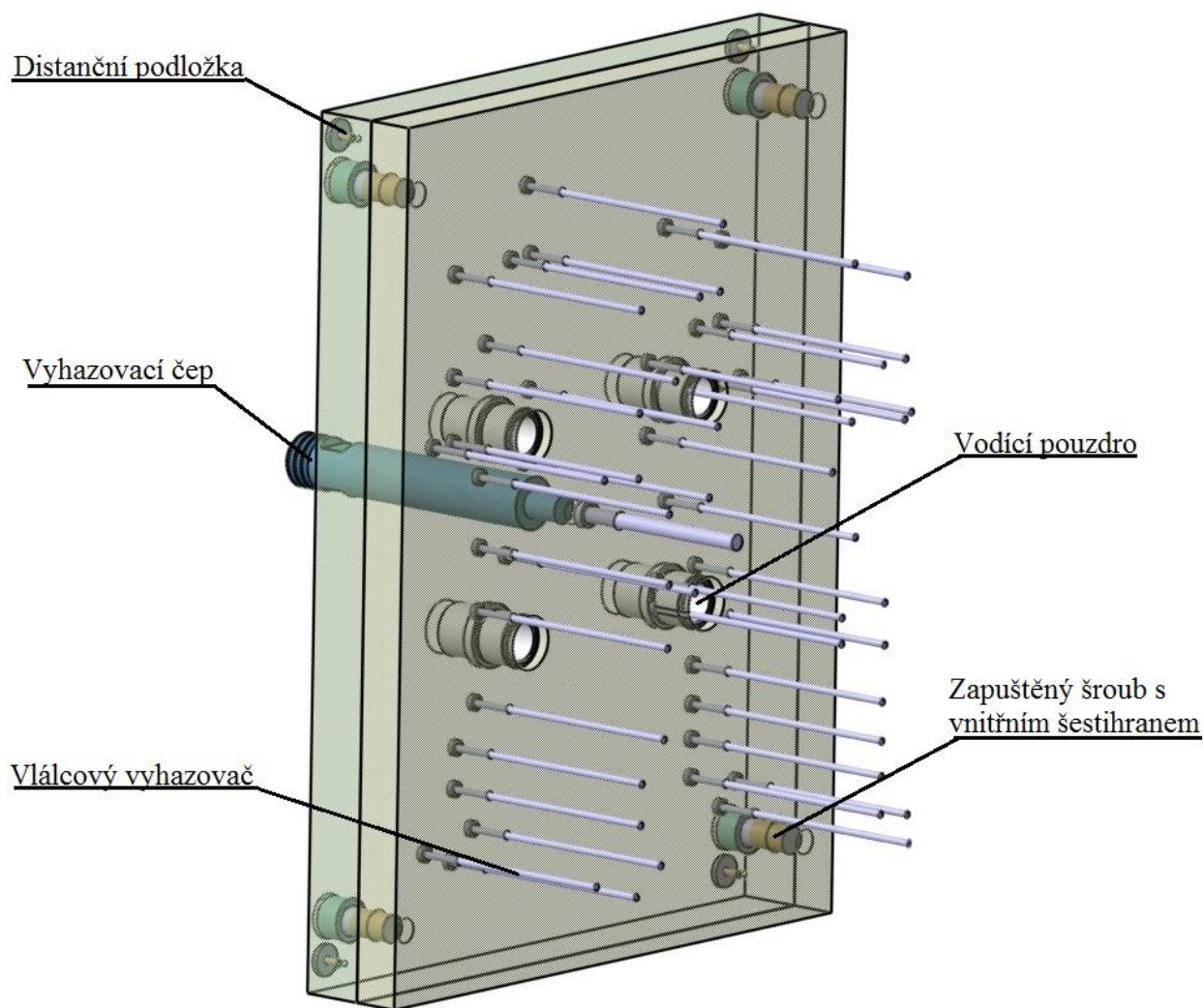


Obr. 35. Tunelový vtok

## 11.9 Vyhazovací systém

Výstřik musí být po otevření formy přichycen k levé posuvné polovině formy. K tomu dochází z důvodu smrštění výstřiku na tvárníku. Pokud je tato základní podmínka splněna, tak může dojít k vyhození výstřiku. Forma je navržena tak, aby se vyhazovače dotkly při vyhození rubové strany výstřiku. Vyhazovací systém tvoří 38 válcových vyhazovačů o průměru 4 mm a 1 válcový vyhazovač o průměru 9 mm sloužící k vyhození vtoku.





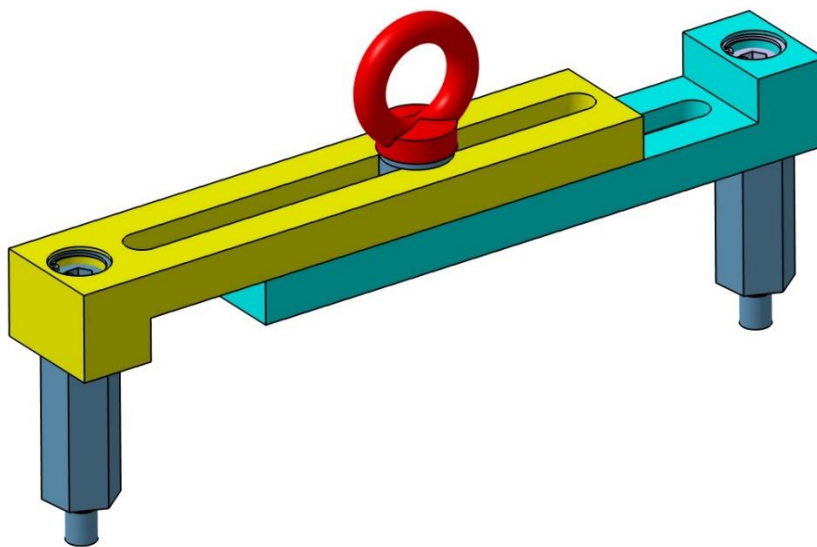
Obr. 36. Vyhazovací systém

### 11.10 Odvzdušnění formy

Po zavření formy je dutina naplněna vzduchem. Tento vzduch musí po vstříknutí polymerní taveniny uniknout, nebo může dojít k narušení tvaru a povrchu výstřiku. Při konstrukci formy bylo uvažováno s únikem vzduchu dělicí rovinou a přes vůli mezi vyhazovači.

### 11.11 Transportní systém

Z důvodu lepší manipulace pomocí jeřábu s formou je umístěn na upínacích deskách umístěn transportní můstek se závěsným okem od firmy HASCO s označením Z70 Typ2 210-300. Můstek je konstruován tak, aby se po usazení formy na vstříkovací stroj nemusel demonstrovat.



*Obr. 37. Transportní systém*

## 12 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Cílem této bakalářské práce byl návrh vstřikovací formy pro tělo airsoftové zbraně. Tělo zbraně se skládá ze dvou podobných tenkostěnných dílů. Rozměry jednoho jsou 387x100 mm a druhého 358x100 mm. Tloušťka stěn je proměnná, pohybující se okolo 3 mm.

Nejdříve byly oba díly pomocí 3D skeneru naskenovány, aby se zjistilo jinak nezměřitelné prohnutí dílců. Následně byl vytvořen 3D model v softwaru CATIA V5R19. Následně se pokračovalo s konstrukcí samotné formy.

Při konstrukci formy se vycházelo z předpokladu, že forma bude dvounásobná a tvárnice s tvárníky budou konstruovány jako vyměnitelné vložky. Pomocí funkcí v programu CATIA V5R19 byly vytvořeny oba tvárníky s tvárnícemi, jejichž tvarové části byly zvětšené o hodnotu smrštění polymeru po ztuhnutí. Po vytvoření tvárníků s tvárnícemi následovala vhodná volba velikosti rámu z normálií HASCO a volba vhodného vtokového systému. Následně byl vybrán materiál, který vyhovuje požadavkům na mechanické namáhání výstřiku. Jako materiál výstřiku byl zvolen PA6 Ultramid BU50I kvůli svým mechanickým vlastnostem.

Byl zvolen studený vtokový systém s tunelovým vtokem. Po usazení tvarových prvků formy na místo v rámu a vytvoření vtokového systému bylo nutné vymyslet odformování děr na lícové straně výrobku. Pro tento účel byl zvolen hydraulický tahač z normálií HASCO s označením Z2301/16 x 20, protože nejčastěji používané odformování pomocí šikmých kolíků nebylo v tomto případě možné, jelikož je nutné díru odformovat ještě před otevřením formy.

Následovala tvorba temperačního systému, který byl u tvárníků tvořen s ohledem na vyhazovací systém a na tuhost formy. Temperační systém tvoří 4 samostatné okruhy pro každý tvárník a tvárnici. Průřez temperačních kanálů je kruhový z důvodu jednoduché výroby. Kapalina v temperačních kanálech při vstřikování polymerní taveniny do dutiny formy proudí od nejteplejšího místa k nejchladnějšímu místu formy.

Správné vyhození výstřiků zajišťuje 38 válcových vyhazovačů o průměru 4 mm od firmy HASCO s označením Z40/4 x 160 a 1 válcový vyhazovač o průměru 9 mm s označením Z40/9 x 160 sloužící k vyhození vtoku.

Na závěr byl podle velikosti formy, velikosti výstřiku a typu zvoleného vstřikovaného polymeru zvolen vstřikovací stroj. Pro navrženou formu byl zvolen vstřikovací stroj od německé společnosti Arburg a to ALLROUNDER 470C GOLDEN EDITION.

## ZÁVĚR

Vypracování této bakalářské práce vycházelo z oficiálního zadání. Toto zadání stanovilo cíle pro teoretickou i praktickou část.

Literární studie se věnuje technologii vstřikování plastů, typům plastů pro vstřikování, vstřikovacím strojům, zásadám konstrukce výstřiků a forem. Větší část literární studie je věnována zásadám konstrukce vstřikovacích forem.

V praktické části je řešena problematika konstrukce vstřikovací formy pro tělo airsoftové zbraně s označením G36. Jako materiál výstřiku byl zvolen PA6 Ultramid BU50I kvůli svým mechanickým vlastnostem. Na základě vyhotovení formy za pomoci normalizovaných dílů od firmy HASCO byl navržen vstřikovací stroj od firmy Arburg s označením ALLROUNDER 470C GOLDEN EDITION. Na závěr byla z 3D sestavy zhotovené v programu CATIA V5R19 vytvořena výkresová dokumentace.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] LENFELD, Petr. *Technologie zpracování plastů* [elektronická skripta]. [cit. 22. 1. 2015]. Dostupný: [www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/obsah\\_plasty.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/obsah_plasty.htm)
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: I.díl - Vstřikování termoplastů*. 2.vydání Brno: Uniplast, 1999. 134s.
- [3] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení: Gumárenské a plastikářské stroje II*. 1. vyd. Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X
- [4] ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce vylisků z plastů a forem pro zpracování plastů*. SEKUKON, organizační a vzdělávací servis. 225s. ISBN: 80-86604-18-7
- [5] STANĚK, Michal. *Modelování procesu tváření polymerů, včetně technologického řešení nástrojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, 2005. PhD. Thesis, sv. 333, ISSN 1213-4198 Dostupné také z: [www.vutium.vutbr.cz/tituly/pdf/ukazka/80-214-3025-7.pdf](http://www.vutium.vutbr.cz/tituly/pdf/ukazka/80-214-3025-7.pdf)
- [6] NEUHÄUSL, Emil. *Polymery amorfní a semikrystalické z hlediska vstřikování*. In: MM průmyslové spektrum [online] [cit. 14. 1. 2015]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/polymery-amorfni-a-semikrystalicke-z-hlediska-vstrikovani.html>
- [7] STANĚK, M. přednášky T5KF
- [8] MAŇAS, M. přednášky T5SZ
- [9] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: II.díl - Vstřikování termoplastů*. 1.vydání – Brno: Uniplast, 1999. 214s.
- [10] ARBURG GmbH + Co KG. *Allrounder 470 c golden edition*. Lossburg © 2014 [online] [cit. 15. 5. 2015] Dostupné z: [http://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische\\_Daten/ARBURG\\_ALLROUNDER\\_470C\\_GOLDEN\\_EDITION\\_TD\\_523679\\_en\\_GB.pdf](http://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische_Daten/ARBURG_ALLROUNDER_470C_GOLDEN_EDITION_TD_523679_en_GB.pdf)
- [11] BASF CORPORATION. *Product Information Ultramid® BU50I BK-106 Polyamide* 6. květen 2015 [online] [cit. 15. 5. 2015] Dostupné z: <http://www.plasticsportal.com/products/dspdf.php?type=astm&param=Ultramid+BU50I+BK-106>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

3D	Trojrozměrný prostor
ABS	Akrylonitril-butadién-styrén
$a_n$	Rázová houževnatost [kJ]
D	Průměr šneku [mm]
$F_p$	Přisouvací síla [kN]
$F_u$	Uzavírací síla [kN]
L	Délka šneku [mm]
PA	Polyamid
PBT	Polybutylentereftalát
PC	Polycarbonate
PC/ABS	Polykarbonát/akrylonitril-butadién-styrén
PE	Polyetylen
PMMA	Polymethylmethakrylát
POM	Polyoxymetylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
$p_{vstř}$	Maximální vstřikovací tlak [MPa]
$Q_p$	Plastikační kapacita [kg.hod <sup>-1</sup> ]
$Q_v$	Vstřikovací kapacita [cm <sup>3</sup> ]
Ra	Hodnota drsnosti [μm]
SAN	Styrene-akrylonitrilová pryskyřice
SB	Styren-butadien
$T_g$	Teplota zesklnění [°C]
$T_m$	Teplota tání krystalického podílu [°C]

- $t_{s1}$       Doba na zavření formy [s]
- $t_{s3}$       Doba na otevření formy [s]

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Výrobky z amorfních termoplastů: 1 - styrenové polymery (PS, SB, SAN); 2 - terpolymer ABS; 3 - polymerní blend PC/ABS; 4 - polymetylmetakrylát PMMA;</i> .....	14
<i>Obr. 2. Semikrystalické termoplasty: 1 – polyformaldehyd POM; 2 – polyamidy PA 6, PA 6,6; 3 – polypropylen a kopolymery PP; 4 – polyetyleny PE [6].....</i>	15
<i>Obr. 3. Zásady správného zaformování plastového výrobku [4] .....</i>	17
<i>Obr. 4. Správná konstrukční řešení tvarů výstřiků [4] .....</i>	19
<i>Obr. 5. Poměr tloušťky žebra k hlavní tloušťce stěny [4] .....</i>	20
<i>Obr. 6. Příklady správné konstrukce žeber [4] .....</i>	20
<i>Obr. 7. Zásady eliminace ostrých přechodů a rohů [4] .....</i>	21
<i>Obr. 8. Vstřikovací cyklus [5] .....</i>	23
<i>Obr. 9. Tok polymerní taveniny [5] .....</i>	23
<i>Obr. 10. Možné dávkovací dráhy u vstřikovacích strojů [1] .....</i>	25
<i>Obr. 11. Schéma vstřikovacího stroje [1] .....</i>	26
<i>Obr. 12. Vstřikovací jednotka v řezu [1] .....</i>	27
<i>Obr. 13. Uzavírací jednotka [1] .....</i>	28
<i>Obr. 14. Uspořádání vtokových systémů [4] .....</i>	31
<i>Obr. 15. Průřez vtokových kanálů – a) funkčně výhodné, b) funkčně nevýhodné, 1,6- výrobně nevýhodné, 2,3,4,5 výrobně výhodné [7] .....</i>	32
<i>Obr. 16. Hlavní části vtokového systému [4] .....</i>	32
<i>Obr. 17. Vliv rozmístění temperačních kanálů na průběh teploty ve formě a) u stejné tloušťky výstřiku, b) u rozdílné tloušťky výstřiku [2] .....</i>	33
<i>Obr. 18. Airsoftová zbraň G36C .....</i>	38
<i>Obr. 19. Zadaná součást .....</i>	38
<i>Obr. 20. Výsledný 3D sken .....</i>	39
<i>Obr. 21. 3D model zadané součásti.....</i>	39
<i>Obr. 22. Sestavení levé a pravé poloviny výstřiku (pohled zprava) .....</i>	40
<i>Obr. 23. Sestavení levé a pravé poloviny výstřiku (pohled zleva).....</i>	40
<i>Obr. 24. Schéma vstřikovacího stroje.....</i>	42
<i>Obr. 25. Prostředí HASCO DAKO modulu.....</i>	44
<i>Obr. 26. Pravé a levá tvárnice .....</i>	50
<i>Obr. 27. Pravý a levý tvárník .....</i>	50



---

<i>Obr. 28. Hydraulický tahač Z2301/16 x 20</i> .....	51
<i>Obr. 29. Detail odformování oka pro připnutí popruhu</i> .....	51
<i>Obr. 30. Detail odformování oka pro připevnění pažby</i> .....	52
<i>Obr. 31. Rozmístění temperačních kanálu u tvárníku (pravý)</i> .....	53
<i>Obr. 32. Rozmístění temperačních kanálu u tvárníku (levý)</i> .....	54
<i>Obr. 33. Rozmístění temperačních kanálu u tvárnice (pravá)</i> .....	54
<i>Obr. 34. Rozmístění temperačních kanálu u tvárnice (levá)</i> .....	55
<i>Obr. 35. Tunelový vtok</i> .....	56
<i>Obr. 36. Vyhazovací systém</i> .....	57
<i>Obr. 37. Transportní systém</i> .....	58

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 – Jakosti povrchů forem .....</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 2. Technické parametry uzavírací jednotky [10].....</i>	<i>43</i>
<i>Tab. 3. Technické parametry vstřikovací jednotky [10] .....</i>	<i>43</i>
<i>Tab. 4. Orientační hodnory volby průměru kanálů v závislosti na výstřiku a rámu formy [2].....</i>	<i>53</i>

## SEZNAM PŘÍLOH

P I: MATERIÁLOVÝ LIST

P II: TECHNICKÉ DATA VSTŘIKOVACÍHO STROJE


P III: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

- Kusovník
- Sestava
- Výkres s pohledem do pravé poloviny formy
- Výkres s pohledem do levé poloviny formy

P IV: CD DISK OBSAHUJÍCÍ:

- Textovou část bakalářské práce
- Model vstřikovací formy a výrobku ve 3D s příslušnými výkresy

## PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST

Product Information	<b>Ultramid® BU50I BK-106</b> Polyamide 6	 <b>BASF</b> We create chemistry
May 2015		

## Product Description

Ultramid Ultratough Nylon BU50I BK-106 is an unreinforced PA6, impact modified, pigmented black, injection molding product that maintains its impact strength and ductility to -40 deg F (-40 deg C). The extreme low temperature tolerance of Ultramid BU50I BK106 makes it ideal for applications in which the weldline impact strength at low temperatures is critical.

## Applications

Ultramid BU50I BK-106 is generally recommended for automotive components, small engines, power tool parts and casings, cold weather and high impact sports gear, such as snowboards, ski components, helmets and hockey masks.

PHYSICAL	ASTM Test Method	Property Value	
Specific Gravity	D-792	1.06	
Mold Shrinkage (1/8" bar, in/in)		0.018	
Moisture, %	D-570		
(50% RH)		2.1	
(Saturation)		7.3	
MECHANICAL	ASTM Test Method	Dry	Conditioned
Tensile Strength, Yield, MPa (psi)	D-638		
23C (73F)		48 (6,960)	-
Elongation, Break, %	D-638		
23C (73F)		>100	-
Flexural Modulus, MPa (psi)	D-790		
23C (73F)		1,790 (260,000)	-
Flexural Strength, MPa (psi)	D-790		
23C (73F)		67 (9,720)	-
IMPACT	ASTM Test Method	Dry	Conditioned
Notched Izod Impact, J/M (ft-lbs/in)	D-256		
23C (73F)		NB	-
THERMAL	ASTM Test Method	Dry	Conditioned
Melting Point, C(F)	D-3418	220 (428)	-

## Processing Guidelines

## Material Handling

Max. Water content: 0.15%

Product is supplied in sealed containers and drying prior to molding is not required. If drying becomes necessary, a dehumidifying or desiccant dryer operating at 80 degC (176 degF) is recommended. Drying time is dependent on moisture level, but 2-4 hours is generally sufficient. Further information concerning safe handling procedures can be obtained from the Safety Data Sheet. Alternatively, please contact your BASF representative.

## Typical Profile

Melt Temperature 270-300 degC (518-572 degF)

Mold Temperature 60-85 degC (140-185 degF)

Injection and Packing Pressure 35-125 bar (500-1500 psi)

**Ultramid® BU50I BK-106****Mold Temperatures**

A mold temperature of 60-85 degC (140-185 degF) is recommended, but temperatures of 10-85 degC (50-185 degF) can be used where applicable.

**Pressures**

Injection pressure controls the filling of the part and should be applied for 90% of ram travel. Packing pressure affects the final part and can be used effectively in controlling sink marks and shrinkage. It should be applied and maintained until the gate area is completely frozen off.

**Fill Rate**

Fast fill rates are recommended to ensure uniform melt delivery to the cavity and prevent premature freezing. Injection speeds of one inch of ram travel per second are typical.

**Note**

Although all statements and information in this publication are believed to be accurate and reliable, they are presented gratis and for guidance only, and risks and liability for results obtained by use of the products or application of the suggestions described are assumed by the user. NO WARRANTIES OF ANY KIND, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ARE MADE REGARDING PRODUCTS DESCRIBED OR DESIGNS, DATA OR INFORMATION SET FORTH. Statements or suggestions concerning possible use of the products are made without representation or warranty that any such use is free of patent infringement and are not recommendations to infringe any patent. The user should not assume that toxicity data and safety measures are indicated or that other measures may not be required.

## PŘÍLOHA P II: TECHNICKÉ DATA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Clamping unit		470 C GOLDEN EDITION		
with clamping force	max. kN	1500		
Opening force   stroke	max. kN   mm	350   500		
Mould height, fixed   variable	min. mm	250   ---		
Platen daylight fixed   variable	max. mm	750   ---		
Distance between tie bars (w x h)	mm	470 x 470		
Mould mounting platens (w x h)	max. mm	650 x 650		
Weight of movable mould half	max. kg	800		
Ejector force   stroke	max. kN   mm	40   175		
Dry cycle time EUROMAP <sup>2</sup>	min. s - mm	1,8 - 329		

Injection unit		400			800		
with screw diameter	mm	35	40	45	45	50	55
Effective screw length	L/D	23	20	18	22	20	18
Screw stroke	max. mm	160			200		
Calculated stroke volume	max. cm <sup>3</sup>	154	201	254	318	392	474
Shot weight	max. g PS	141	184	232	291	359	434
Material throughput	max. kg/h PS	25	29	35	46	53	59
	max. kg/h PA6.6	12,5	15	17,5	23	27	30
Injection pressure	max. bar	2500	2000	1580	2470	2000	1650
Holding pressure	max. bar	2500	2000	1580	2470	2000	1650
Injection flow <sup>2</sup>	max. cm <sup>3</sup> /s	128	168	212	174	214	260
Screw circumferential speed <sup>2</sup>	max. m/min	47	53	60	54	60	66
Screw torque	max. Nm	480	550	610	880		
Nozzle contact force   retraction stroke	max. kN   mm	60   300			70   400		
Heating capacity   zones	kW	9,4   5			19,9   8		
Feed hopper	l	50			50		

Drive and connection		2 pumps		
with injection unit		400	800	
Net weight of machine	kg	4850	5200	
Emiss. sound press. level DIN EN 201:1997	dB(A)	69 +3		
Oil filling	l	235		
Drive power <sup>2</sup>	max. kW	18,5	22	
Electrical connection <sup>3</sup>	kW	30	44	
	Total	A	80	100
	Machine	A	---	---
	Heating	A	---	---
Cooling water connection	max. °C	30		
	min. Δp bar	1,5   DN 25		

**Machine type**  
with EUROMAP size designation<sup>1</sup>  
470 C GOLDEN EDITION 1500-400 | 800

All specifications relate to the basic machine version. Deviations are possible depending on variants, process settings and material type. Depending on the drive, certain combinations, e.g. max. injection pressure and max. injection flow may be mutually exclusive.

- 1) Clamping force (kN) - large injection unit = max. stroke volume (cm<sup>3</sup>) x max. injection pressure (kbar)
  - 2) Specifications depend on the drive variant / drive configuration.
  - 3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.
- [ ] Specifications apply to alternative equipment.

## 470 C GOLDEN EDITION

## Shot weights

## Theoretical shot weights for the most important injection moulding materials

Injection units according to EUROMAP		400			800		
Screw diameter	mm	35	40	45	45	50	55
Polystyrene	max. g PS	141	184	232	291	359	434
Styrene heteropolymerizates	max. g SB	137	179	227	284	350	424
	max. g SAN, ABS <sup>1)</sup>	135	176	223	278	344	416
Cellulose acetate	max. g CA <sup>1)</sup>	158	207	262	327	404	488
Celluloseacetobutyrate	max. g CAB <sup>1)</sup>	147	192	243	304	375	454
Polymethyl methacrylate	max. g PMMA	145	190	240	300	371	449
Polyphenylene ether, mod.	max. g PPE	131	171	216	270	333	403
Polycarbonate	max. g PC	148	193	244	305	377	456
Polysulphone	max. g PSU	153	199	252	316	390	471
Polyamides	max. g PA 6.6, PA 6 <sup>1)</sup>	140	183	231	289	357	431
	max. g PA 6.10, PA 11 <sup>1)</sup>	131	171	216	270	333	403
Polyoximethylene (Polyacetal)	max. g POM	174	227	287	359	443	536
Polyethylene terephthalate	max. g PET	167	219	277	346	427	517
Polyethylene	max. g PE-LD	106	139	176	219	271	328
	max. g PE-HD	110	143	181	227	280	339
Polypropylene	max. g PP	112	146	185	232	286	346
Fluoropolymerides	max. g FEP, PFA, PCTFE <sup>1)</sup>	225	294	372	465	574	695
	max. g ETFE	196	256	324	408	504	609
Polyvinyl chloride	max. g PVC-U	170	222	281	351	434	525
	max. g PVC-P <sup>1)</sup>	157	205	260	324	401	485

1) average value