

Konstrukční řešení technického dílu a nástroje pro jeho zpracování

Dominik Roman

Bakalářská práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Dominik Roman**
Osobní číslo: **T17213**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Konstrukční řešení technického dílu a nástroje pro jeho zpracování**

Zásady pro vypracování

1. Vypracovat literární studii pro dané téma
2. Provést 3D konstrukci modelu vstříkované součásti
3. Navrhnout 3D konstrukci vstříkovací formy pro zadaný díl
4. Nakreslit 2D řez vstříkovací formou spolu s výkresy a kusovníkem

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

Seznam doporučené literatury:

- BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: I.díl Vstřikování termoplastů*. 2. vydání Brno: Uniplast, 1999. 134s.
BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: II.díl Vstřikování termoplastů*. 1. vydání Brno: Uniplast, 1999. 214s.
ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. 1. vydání Praha: BEN technická literatura, 2009, 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Ovsík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

Ve Zlíně dne 20. února 2020

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, považuji 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: Dominik Roman

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zaměřuje na konstrukční návrh plastového dílu, jež je součástí tiskárny Cano Pixma MG5550, a vstříkovací formu pro jeho zpracování.

Práce se dělí na dvě části, a to na teoretickou a praktickou. V teoretické části jsou popsány základní informace o polymerech, o vstříkovacích formách a technologii vstříkování.

Praktická část se zabývá vytvořením 3D modelu dle zadaného dílu a následnou konstrukcí vstříkovací formy pro tento díl. K vytvoření formy byl použit software CATIA V5R19 společně s normáliemi od světového výrobce vstříkovacích forem HASCO.

Klíčová slova: vstříkování, vstříkovací forma, konstrukce, tiskárna, polymer

ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on design of a plastic part, which is included in the printer Canon Pixma MG5550 and injection mold for its production.

Bachelor thesis consists of two sections, theoretical and practical. In the theoretical section are described basic information about polymers, injection molds and technology of injection molding.

Practical section on the other hand deals with creation of 3D part according to the template and subsequent design of the injection mold for this part. Software CATIA V5R19 as well as standards of worldwide manufacturer of injection molds HASCO were used for designing this mold.

Keywords: injection, injection mold, design, printer, polymer

Touto formou bych velice rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, panu Ing. Martinovi Ovsíkovi, Ph.D. za jeho pomoc, rady a příkladnou trpělivost, kterou mi věnoval při vypracovávání této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodičům, jež mě při celém studiu podporují, jak po psychické, tak finanční stránce. Velké díky také patří mé přítelkyni, která byla v nelehkých situacích při tvoření této práce stále oporou.

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

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 POLYMERNÍ MATERIÁLY	10
1.1 DĚLENÍ PLASTŮ	10
1.1.1 Rozdělení termoplastů.....	11
1.1.2 Charakteristika plastů.....	11
1.1.3 Zpracovatelské podmínky plastů.....	12
1.1.4 Volba termoplastu při návrhu součásti.....	12
1.2 TECHNOLOGIE PŘÍPRAVY PLASTŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM.....	13
1.2.1 Technologie granulace	13
1.2.2 Technologie recyklace	14
1.2.3 Sušení	15
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	16
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	16
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	17
2.2.1 Vstřikovací jednotka	18
2.2.2 Uzavírací jednotka	19
2.2.3 Řízení a ovládání vstřikovacího stroje	19
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	20
3.1 KONSTRUKCE FORMY	20
3.2 NÁSOBNOST FORMY	20
3.3 ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	20
3.4 TEMPERACE FORMY	21
3.5 VTOKOVÉ SYSTÉMY	22
3.6 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY (SVS).....	23
3.6.1 Vtoková ústí	24
3.6.2 Zásady pro umístění vtoku	25
3.6.3 Přidržovače vtoku.....	26
3.7 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SOUSTAVY (VVS)	26
3.8 VYHAZOVÁNÍ VÝROBKU.....	27
3.8.1 Mechanické vyhazování.....	27
3.8.2 Pneumatické vyhazování.....	28
3.8.3 Hydraulické vyhazování.....	28
3.9 VADY NA VÝROBKU	29
3.9.1 Studené spoje	29
3.9.2 Deformace výstřiku	30
3.9.3 Spálené místo	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	32
5 ZADANÝ VÝROBEK	33
5.1 MATERIÁL SOUČÁSTI.....	34
6 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	35

7	KONSTRUKCE FORMY	36
7.1	NÁSOBNOST FORMY	36
7.2	TVAROVÉ DÍLY FORMY	36
7.3	ŠIKMÉ ČEPY A POSUVNÉ ČELISTI.....	37
7.4	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	37
7.5	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	38
7.6	VTKOVÝ SYSTÉM	40
7.7	TEMPERACE FORMY	41
7.8	TRANSPORT FORMY	42
7.9	SESTAVA FORMY	43
	ZÁVĚR	47
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	48
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	50
	SEZNAM OBRÁZKŮ	52
	SEZNAM TABULEK.....	53
	SEZNAM PŘÍLOH.....	54

ÚVOD

V dnešní době si život bez polymerních výrobků nedokážeme mnohdy vůbec představit. Nachází se kdekoliv, od strojírenství počínaje po potravinářství konče. Čím dál častěji jimi nahrazujeme ostatní materiály, a to z důvodu výborných vlastností, dostupnosti a snadné zpracovatelnosti.

Nejrozšířenějším způsobem zpracování polymerních materiálů je bezesporu vstřikování, jímž je vyrobeno přibližně 95 % veškerých polymerních výrobků. Funguje na principu zaplnění dutiny vstřikovací formy roztaveným polymerem, jež byl vstříknut pomocí vstřikovacího stroje. Po zchlazení a otevření formy se výrobek vyhodí pomocí vyhazovacího systému.

Pořízení vstřikovací formy a stroje není levná záležitost, a to z důvodu vysokých požadavků, jež jsou kladeny při výrobě. Ke snížení celkové ceny je možno využít služeb firem, jež se zabývají výrobou normalizovaných součástí. Technologie vstřikování slouží pouze k velko-sériové výrobě.

S návrhem forem nám pomáhají softwarové programy, jež jsou dnes nedílnou součástí výroby. Díky těmto programům můžeme ušetřit drahocenný čas a peníze.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERNÍ MATERIÁLY

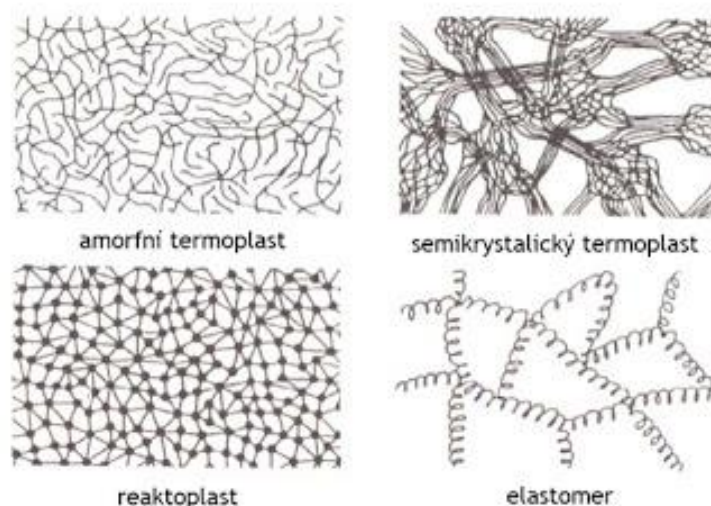
V současnosti existuje několik tisíc druhů plastů, avšak v technické praxi se uplatňuje pouze několik desítek druhů, přičemž tři nejpoužívanější druhy tvoří 70 % světové produkce. Těmi jsou polyolefiny, styrenové hmoty a polyvinylchlorid.

V dnešní době si mnoho z nás nedokáže život bez plastů představit. Za posledních několik desítek let se plasty dostaly do každé oblasti našeho všedního života. Rozmohly se díky výborným zpracovatelským vlastnostem, nízkou měrnou hmotností, a nezměrnou použitelností. [5]

1.1 Dělení plastů

Struktura plastů je tvořena makromolekulárními řetězci. Plasty rozdělujeme na dva základní typy:

- Reaktoplasty
 - Materiály, jež jsou tavitelné a tvarovatelné jen po omezenou dobu po zahřátí.
 - Při zahřívání dochází k zesíťování molekul. Tento stav se nazývá vytvrzování. Po tomto procesu se materiál stává netvarovatelným.
 - Výrobky z reaktoplastů jsou amorfni, tvrdé, tuhé a tepelně odolné. Jsou jimi např. pryskyřice – epoxidová (EP), polyesterová (UP) nebo fenol-formaldehydová (PF).
- Termoplasty
 - Tento materiál při zahřívání měkne a tím pádem jej lze tvářet. Musí ovšem překročit teplotu tání. Zpětným ochlazením pod teplotu tání se materiál stává opět tuhým.
 - Materiál je vratný a tento proces lze opakovat.
 - Při zahřívání neprobíhá chemická reakce.
 - Výrobky z termoplastů jsou polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS) nebo například polyvinylchlorid (PVC). [2]



Obr. 1 – Struktura polymerů

1.1.1 Rozdělení termoplastů

Jelikož nejen pro vstřikování, ale i pro jiné metody výroby se používají především termoplasty, je potřeba si tuto skupinu podrobněji. Jedná se o lineární nebo rozvětvené polymery. Řetězce, jež tvoří pouze jeden druh základní chemické skupiny, se nazývají homopolymery. Pokud jsou však složeny ze dvou a více druhů základních chemických skupin, nazýváme je kopolymery. Termoplasty se dále dělí na: [2]

- Amorfni – řetězce jsou nepravidelně uspořádané, z toho důvodu jsou transparentní. Mají nízké smrštění (do 1 %).
- Semikrystalické – řetězce jsou z větší části pravidelně uspořádané. To má za následek zakalenější vzhled polymeru.

1.1.2 Charakteristika plastů

Vzhledem k tomu, že plasty jsou v porovnání s drtivou většinou jiných materiálů velmi lehké a mají výborné mechanické vlastnosti, nalezneme je prakticky všude. Nachází se jak v hračkách, vesmírných stanicích, tak i zachraňují životy díky neprůstředným vestám. [4]

Každý typ plastů má své funkční i zpracovatelské vlastnosti. Ty se mění přidáním přísad. U plastů s požadavkem na vstřikování se hodnotí především: [3]

- Mechanická pevnost, a to jak při dlouhodobém, tak i krátkodobém statickém či dynamickém zatížení.

- Tekutost, jež ovlivňuje koncepci zaformování, velikost vtoků nebo například tloušťku stěny výrobku.
- Elektrické vlastnosti.
- Optické vlastnosti, např. lesk, barva nebo průhlednost.
- Chemická odolnost proti chemickým činidlům.
- Velikost smrštění plastu, aby došlo k úpravě velikosti vstřikovaného výrobku.

1.1.3 Zpracovatelské podmínky plastů

Technologické podmínky mají velký vliv na vlastnosti výrobku. Zpracovatelské parametry, jimiž jsou tlak, teplota a časové prodlevy, určují izotropii, mechanické a fyzické vlastnosti. Makromolekuly a jejich řetězce se ve vtokových kanálech a tvarových dutinách srovnávají ve směru proudění taveniny. Tato orientace molekul po ztuhnutí způsobí anizotropii hmoty, vnitřní pnutí a nepravidelné smrštění.

Vlastnosti obsažené v tabulkách a grafech jsou tedy pouze průměrnými hodnotami získanými při optimálních zpracovatelských podmínkách. [3]

1.1.4 Volba termoplastu při návrhu součásti

Vstřikováním se vyrábí jak hotové součásti, tak i polotovary, které se dále opracovávají. Při výběru termoplastu se musí brát v potaz nejen fyzikální i mechanické vlastnosti, ale také použití daného výrobku.

Hlediska, jež musíme uvažovat při výběru vhodného termoplastu:

- Použití součásti.
- Výrobek musí být poměrně snadno realizovatelný s dodržáním požadovaných parametrů.
- Finanční náročnost při výběru termoplastu s ohledem na technologii výroby součásti a formy.

Mezi vhodně zvolenými termoplasty lze následně vybírat zpravidla dle méně významných vlivů, např. dostupností materiálu či estetických vlastností. [3]

1.2 Technologie přípravy plastů před vstřikováním

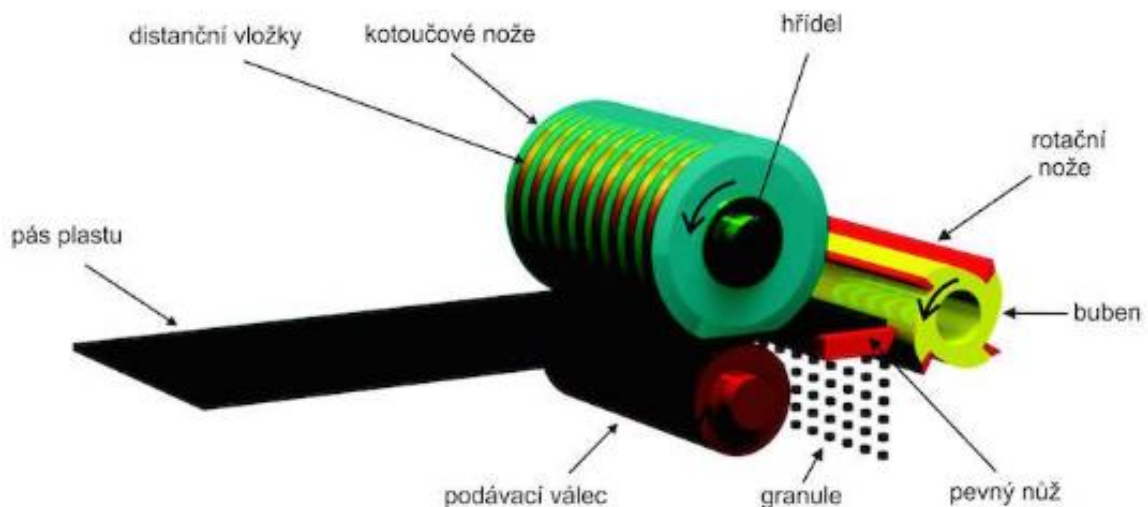
Technologické procesy slouží k přípravě daného plastu dle požadovaných konečných vlastností pro následné vstřikování. Tyto technologie slouží ku příkladu k přidávání přísad do plastů, k recyklaci plastů, k jeho sušení a hnětení. Vyjmenované technologie používáme nejen pro ovlivnění konečných vlastností plastů (např. chemické, mechanické, fyzikální), ale také pro přípravu plastu z hlediska jejich dopravy a dávkování. [9]

1.2.1 Technologie granulace

Plasty mohou být v různém tvaru, který je zapotřebí pro samostatný proces zpracování. Plasty mohou být ve formě kaše, premixu, kapaliny, pasty nebo např. granulí. Právě poslední jmenované je jedním z nejpoužívanějších. Mohou být ve tvaru čoček, krychlí nebo válečků. Granule jsou používány pro své dobré dávkování, dobrou sypnou hmotnost a míchatelnost s ostatními materiály. [9]

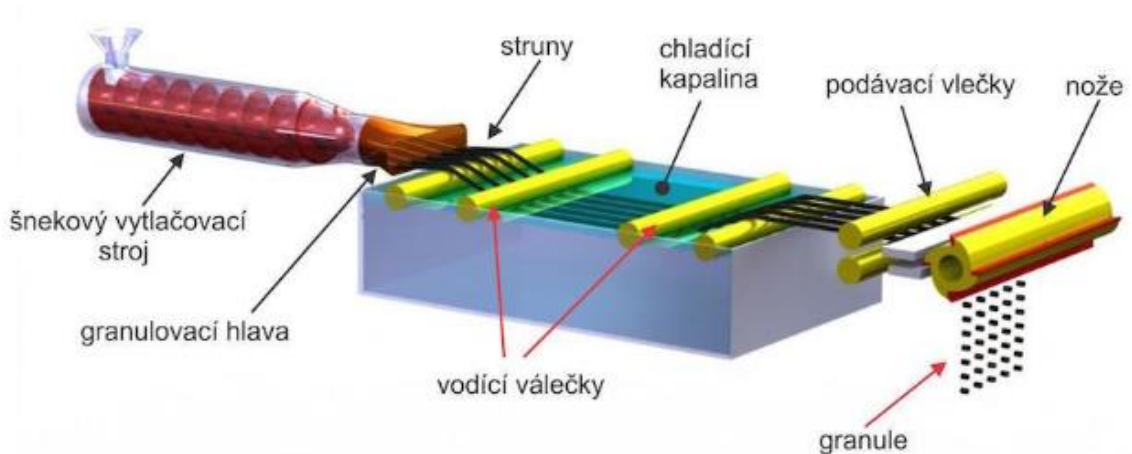
Granulaci dělíme do dvou základních metod: [9]

- Granulace z pásu
 - o Není vhodná pro tvrdé materiály.
 - o Materiál je ve formě desky řezán na proužky, které se následně sekají na granulace.
 - o Tato technologie se používá například pro polyamidy (PA).



Obr. 2 – Granulace z pásu [9]

- Granulace ze strun
 - Materiál se vytlačuje skrz granulační hlavu s množstvím kruhových otvorů. Z toho důvodu získává tavenina tvar strun. Ty se dále sekají na granule za studena či za tepla.
 - Při technologii za studena se granule musí sušit z důvodu navlhavosti.



Obr. 3 – Granulace za studena [9]

1.2.2 Technologie recyklace

V průběhu zpracování plastů dochází ke vzniku objemu výroby, jež nemůžeme zařadit z hlediska požadovaného tvaru, rozměru, kvality a vlastností k vhodným výrobkům. Tento druh nevhodného výrobku se nazývá odpad. Ten ovšem můžeme opětovně použít jako vstupní materiál pro technologii zpracování plastů. [9]

Na rozdíl od reaktoplastů, zesíťovaných elastomerů a kaučuků jsou termoplasty recyklovatelné. Takové díly mohou být znovu použity, avšak se musí opětovně zahřát do stavu taveniny a následným zchlazením získat potřebný díl. [11]

Dělení odpadu: [9]

- Technologický odpad
 - Vzniká při výrobě jako vtokový systém, odstříky či vadné výrobky.
- Užitný odpad
 - Plastové díly, jež byly dříve používány.
 - U takových výrobků se již projevuje proces stárnutí (teplené, oxidační, časové a vlivem okolních živlů).

- Z těchto důvodů je tedy recyklát znehodnocen a může se používat jen v omezené míře.

1.2.3 Sušení

Sušení používáme tam, kde materiál přišel ke styku s vodou, jak je tomu např. při granulaci za studena. Některé plasty jsou totiž navlhavé či nasákavé, a z toho důvodu se musí sušit, aby bylo dosaženo požadovaných vlastností.

Sušení slouží ke snížení obsahu vlhkosti materiálu. Může probíhat v samostatných sušicích zařízeních nebo přímo v plastikační jednotce daného stroje, jež jsou vybaveny odplyněním. V sušicích zařízeních je teplota sušení od 70 °C do 120 °C při nízkém parciálním tlaku vodních par. V plastikačních jednotkách se teplota sušení pohybuje od 190 °C do 350 °C při vysokém parciálním tlaku vodních par.

Běžná hodnota obsahu vlhkosti je nižší než 0,1 %. Současné sušárny jsou schopné sušit až na 0,01 % zbytkové vlhkosti. Sušení a jeho teplota závisí na použitém materiálu a jeho vlastnostech. [9]

Materiály mohou být dodávány v různých typech obalů, např. PE pytle, obaly s vrstvou nepropustnou pro vlhkost či v cisternách

Maximální možnou vlhkost granulátu určují údaje od výrobce, jenž dodává kromě granulátu také materiálové listy a různé databáze. [10]

Tab. 1 - Doporučená doba sušení vybraných materiálů

PLAST	PE	PP	ABS	SAN	PA6
Teplota sušení [°C]	50-70	80	80	80	80-90
Doba sušení [hod]	0,5-1	0,5-1	3	3	4-12
PLAST	PA12	PMMA	PC	POM	PBT
Teplota sušení [°C]	100	70-80	120	100-120	120
Doba sušení [hod]	2-6	2-12	4-12	4	2-8

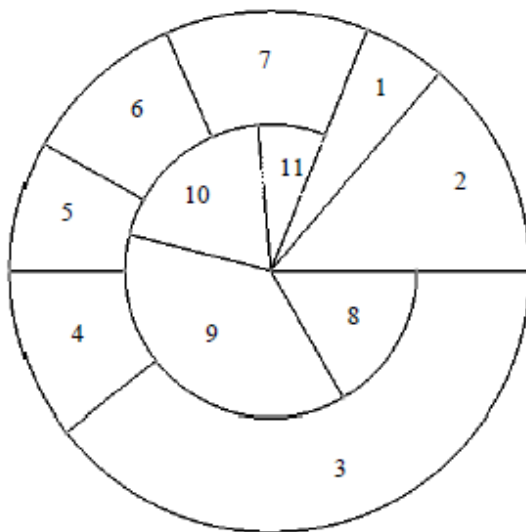
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je nejpoužívanější technologií v oblasti polymerů a jejich směsí. Touto technologií se vyrobí až 95 % všech plastových dílců. Výhodou vstřikování je sériovost výroby a přesnost zhotoveného výrobku. Vstřikování slouží jak pro výrobu polotovarů, tak i konečného výrobku.

Jedná se o složitý fyzikální proces, jehož součástí je vstřikovaný polymer, vstřikovací forma a stroj. Během vstřikování je ve vstřikovacím stroji roztavený plast dopravován tlakem do dutiny formy, kde je vytvarován a ochlazen na požadovaný tvar [1,3]

2.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikování se skládá z několika po sobě jdoucích operací, jež jsou na sobě závislé. Nejprve je materiál v podobě granulátu dopraven do násypky vstřikovacího stroje, kde je šnekem dopravován do tavicí komory. Zde je roztaven na požadovanou vstřikovací teplotu, a díky tření šneku a teploty vznikne tavenina. Vstřikovací stroj přijíždí k formě. Následně je pomocí vysokého tlaku vstříknut do formy navržené tak, aby se tavenina dostala do všech částí. Po vstříknutí následuje dotlak vstřikovacího stroje, a to kvůli možnému vzniku smrštění výrobku. Poté následuje chlazení výrobku na požadovanou teplotu. Je to časově nejnáročnější operace celého vstřikovacího cyklu. Pro ušetření času v této době již dochází k plastikaci dalšího materiálu. Po zatuhnutí materiálu se forma otevře a dojde k vyhození hotového výrobku. Tento cyklus se opakuje. Jeden cyklus trvá několik sekund až desítek sekund v závislosti vstřikovaného výrobku. [6]



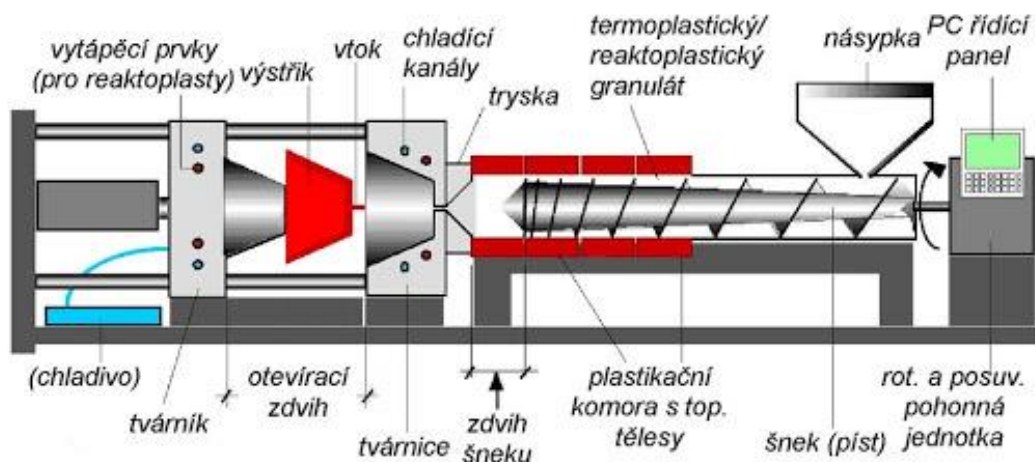
1. vstřikování
2. dotlak a doplňování
3. chlazení
4. otevření formy
5. vyhození výrobku
6. příprava formy
7. uzavření formy
8. odjezd plastikační jednotky
9. plastikace
10. prodleva
11. příjezd plastikační jednotky

Obr. 4 – Vstřikovací cyklus [6]

2.2 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroje pracují plně automaticky, to zajišťuje výbornou efektivitu práce. Koupě vstřikovacího stroje je však velice nákladná, vyplatí se tedy jen pro velkosériovou výrobu. Skládá se ze vstřikovací a uzavírací jednotky, z řízení a regulace. [7]

Při koupi vstřikovacího stroje je potřeba také zohlednit formu a vstřikovaný výrobek, a to především z hlediska možného tlaku, uzavírací síly, kapacitě plastikační jednotky a vzdálenosti mezi vodícími sloupy. [11]



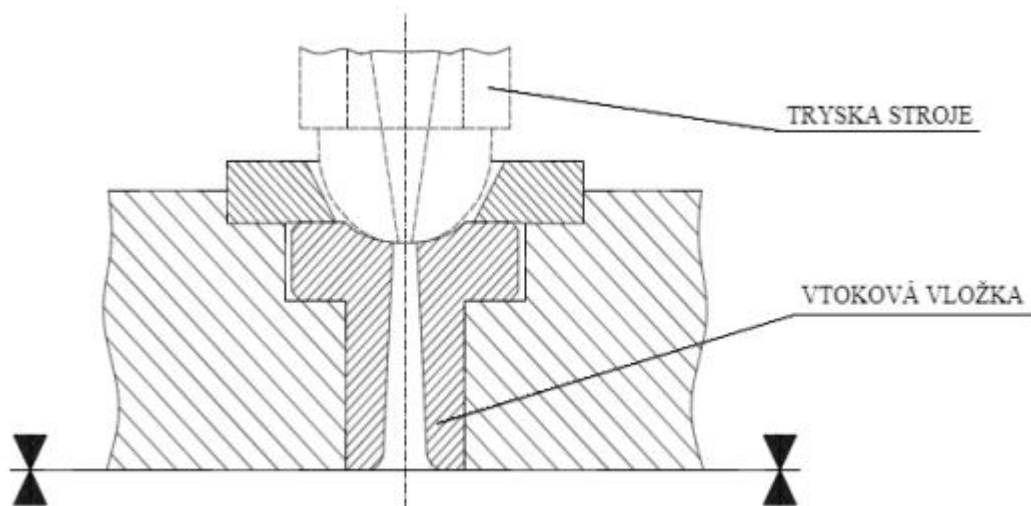
Obr. 5 – Vstřikovací stroj [7]

2.2.1 Vstříkovací jednotka

Slouží k dopravě požadovaného množství taveniny do formy. Vstříkované množství taveniny nemá překročit 90 % kapacity jednotky. Optimální množství je však 80 % z důvodu případného doplnění taveniny při smrštění.

Zpracovávaný plast nejčastěji ve formě granulí je dopravován do tavného válce z násypky pomocí šneku. Šnek se otáčí a dopravuje polymer vstupním, přechodovým a výstupním pásemem. Polymer se postupně plastikuje, homogenizuje a hromadí před šnekem.

Tavné komory jsou nejčastěji rozděleny do tří pásem (vstupní, střední a pásmo u trysky). Vyhřívaná tryska na konci tavné komory spojuje vstříkovací jednotku s formou. Kulově zakončená tryska umožňuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. Pro správnou funkci je zapotřebí souosost a menší průměr otvoru a poloměr trysky, než je tomu u sedla vtokové vložky (viz obrázek č.6) [3]



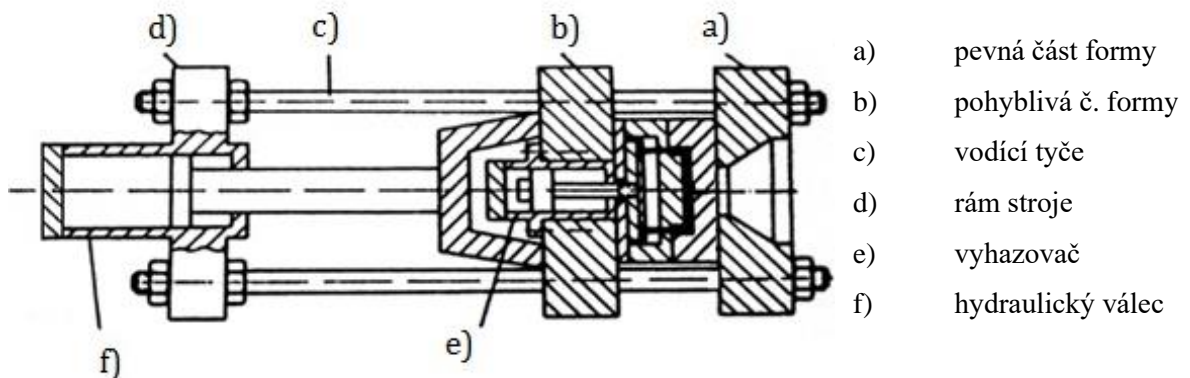
Obr. 6 – Kontakt trysky stroje s vtokovou vložkou [3]

2.2.2 Uzavírací jednotka

Slouží k ovládání formy při uzavření či otevření pro vyhození výrobku. Hodnota uzavíracího tlaku se odvíjí dle velikosti vstřikovacího tlaku, vtoků v dělicí rovině a plochy dutiny. Uzavírací jednotka může být v provedení hydraulickém, elektromechanickém a mechanickém.

Hlavními částmi uzavírací jednotky jsou:

- Uzavírací mechanismus.
- Vodící sloupky.
- Upínací deska.
- Opěrná deska pevná. [3]



Obr. 7 – Hydraulická uzavírací jednotka [8]

2.2.3 Řízení a ovládání vstřikovacího stroje

V dnešní době se vstřikovací stroje neobejdou bez procesorové techniky, jež využívá grafické formy pro řízení pracovního cyklu na displeji. Díky tomu je pracovní cyklus lehce kontrolovatelný a upravitelný.

Seřízení můžeme rozdělit na:

- Kontrola procesu.
- Definice a nastavení parametrů.
- Sestavení grafu vstřikovacího stroje. [3]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Forma slouží k ochlazení taveniny na výsledný tvar při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností.

Forma musí splňovat požadované vlastnosti. Technické vlastnosti formy zaručují správnou funkci formy, požadovaný počet výrobků v dané kvalitě a přesnosti. Ekonomické vlastnosti jsou také důležitým faktorem při konstrukci formy. Musí se přihlížet k pořizovací ceně, co nejnadnější výrobou dílů a vysokým využitím plastů [3]

3.1 Konstrukce formy

Vstřikovací forma je namáhána tlakem a teplotou, tyto druhy namáhání určují požadavky na výrobu daných dílů ve formě. U forem se vyžaduje vysoká přesnost a jakost ploch dutiny formy a dílů v ní obsažené. Je také potřeba zvolit např. vhodný vtokový systém, odvzdušnění, temperování a vyhazování. Brát v úvahu při výběru formy se také musí optimální životnost, a to především z hlediska ekonomického. Pro odolání potřebných tlaků ve formě je potřeba zvolit vhodné materiály jednotlivých částí i celků formy. [3]

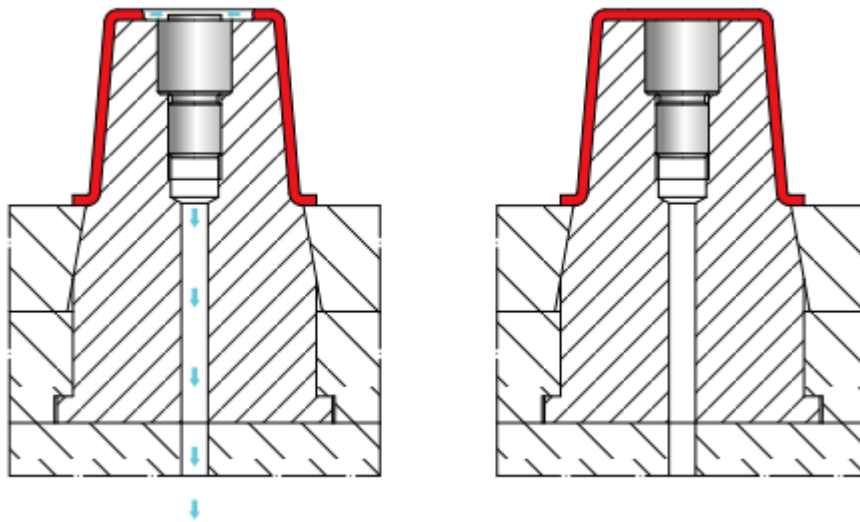
3.2 Násobnost formy

Tvarově náročné či velkorozměrné součásti vyžadují výrobu v jednonásobných formách. Při vícenásobných formách většinou dochází k nežádoucím vlastnostem, jimiž jsou nerovnoměrná teplota formy, rozdílné vstřikovací tlaky a dráhy vtoků. Tyto vlastnosti mají neblahý vliv na přesnost výrobku. Při složitějších součástech s požadavkem na velmi vysokou přesnost je snaha se jim vyhnout. [3]

3.3 Odvzdušnění formy

Odvzdušnění slouží k úniku vzduchu při plnění formy taveninou. Čím rychlejší je plnění formy, tím účinnější musí být odvzdušňování. Rychlejší způsob plnění se používá například při výrobě, jež jsou tenkostěnné, a to z důvodu nedostříknutí taveniny příčinou zamrznutí čela.

Pokud z dutiny formy nemá kudy vzduch uniknout, dojde k jeho zatlačení do výlisku (bublina) nebo častěji k jeho spálení – Dieselův efekt. [13]



Obr. 8 – Odvzdušnění pomocí ventilu [14]

3.4 Temperace formy

Temperací formy je myšleno ohřev či ochlazení tvářecích částí formy pomocí temperačního média na požadovanou teplotu před začátkem výroby a udržení této teploty v celém průběhu vstřikovacího cyklu.

Dělení temperačních prostředků:

- Aktivní:
 - o Kapaliny, vzduch, topné elektrické články.
- Pasivní:
 - o Tepelné izolační a vodivé materiály, tepelné trubice.

Úkolem temperace je:

- Ohřev formy na požadovanou teplotu a následné udržení této teploty v požadovaném rozmezí.
- Rovnoměrné rozložení teploty po povrchu formy.
- Odvod tepla z dutiny formy.

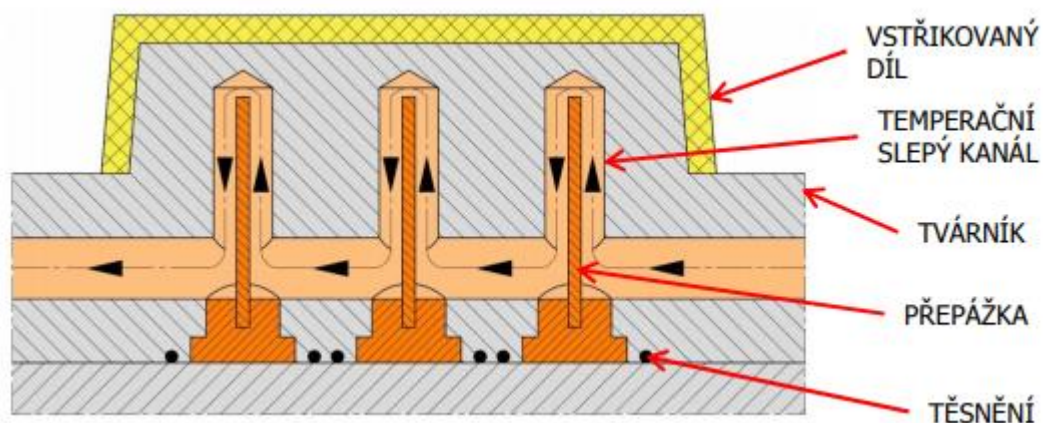
V současnosti je několik možných metod temperace. Nejčastěji používaným jsou systémy s cirkulujícím médiem. Médium může být v podobě vody, oleje, glykolu či vodní páry. Voda je levnější a účinnější médium, nevýhodou ovšem je nižší použitelnost teplot.

Další možností temperace je tzv. pulzní chlazení, kdy v průběhu pohybu (vyhazování výrobků, zavírání nebo otevírání formy) není do formy dodávána voda. K chlazení dochází až

v průběhu dotlakové a chladicí fáze. To zaručuje lepší zatékavost taveniny, jelikož forma má v této době vyšší teplotu.

System ATS (alternativní temperační systém) je výkonnější variantou pulzního chlazení. Tento systém má dva samostatné okruhy, ve kterých je voda rozdílné teplotě. Z toho důvodu lze formu ohřívat a chladit cyklicky v daném výrobním cyklu.

Vždy volíme raději větší počet menších kanálů než menší počet větších kanálů [6, 11]



Obr. 9 – Temperační systém s přepážkami [12]

3.5 Vtokové systémy

Vtoková soustava zajišťuje dopravu taveniny plastu z plastikační komory vstřikovacího stroje do dutiny formy. Vtokové ústí musí být nadimenzováno tak, aby umožnilo maximální dobu působení dotlaku sloužící k vyrovnání objemové kontrakce.

Vtok je záhodno umisťovat do nejtlustšího místa stěny výrobku, pro vstřikování s nadouvadlem ovšem naopak – tedy do nejužšího místa výrobku. [13]

3.6 Studené vtokové systémy (SVS)

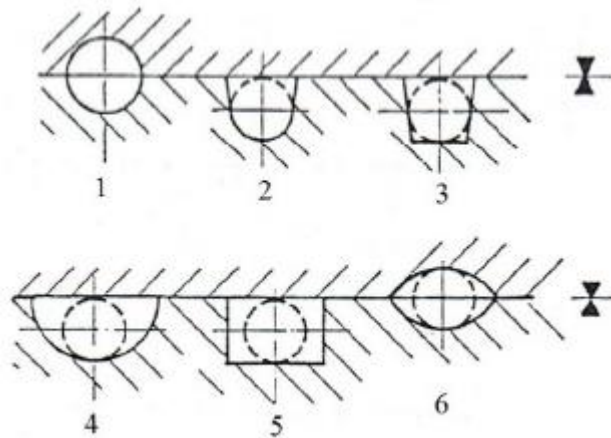
Studený vtokový systém na rozdíl od horkého vždy vychladne, jedná se tedy o vzniklý odpad. Vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez. Tento fakt zajišťuje nejmenší hydraulický odpor v kanálu při průtoku taveniny. Vtokové ústí musí být umístěno tak, aby v dutině formy tokem taveniny nevznikaly studené spoje.

Vtokové kanály by měly být ideálně stejně dlouhé a co nejkratší pro všechny dutiny formy, aby došlo ke stejnému působení tlaku. U vícenásobných forem je vhodný odstupňovaný průřez kanálů kvůli větším tlakům.

Naplnění dutiny formy musí proběhnout v co nejkratším čase s minimálním odporem.

Tvar, rozměry a umístění vtokového systému ovlivňují:

- Energetickou náročnost výroby.
- Spotřebu materiálu.
- Vzhled, rozměry a vlastnosti výrobku.
- Náročnost opracování a začištění výrobku. [6, 13]



Obr. 10 – Různá provedení rozváděcích kanálů [3]

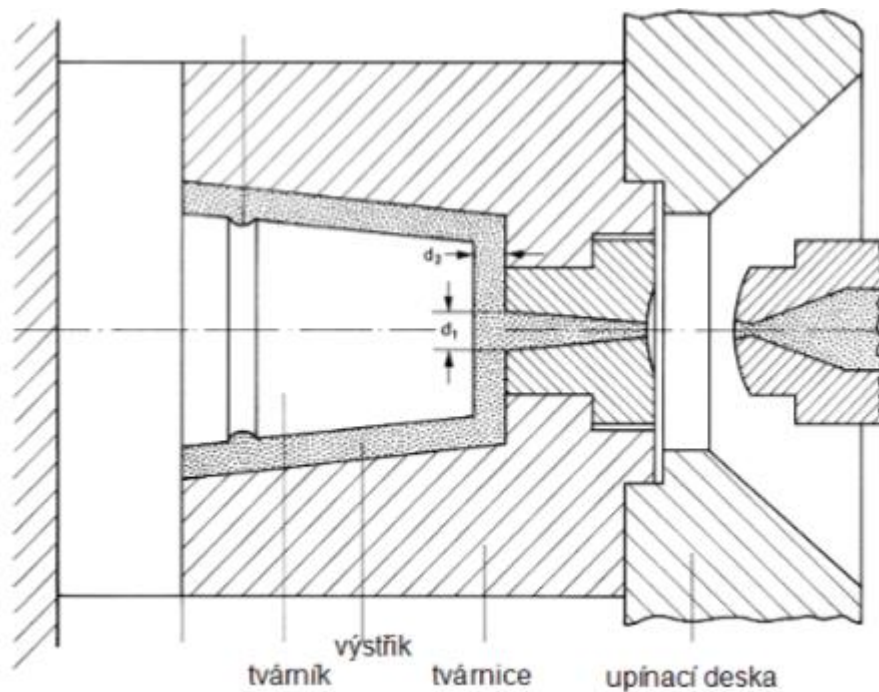
1, 6 – výrobně nevhodné; 2, 3, 4, 5 – výrobně vhodné

3.6.1 Vtoková ústí

Vtoková ústí slouží ke spojení rozváděcího kanálu se vstříkovaným dílem. Plní funkci zamrznutí materiálu v ústí vtoku a brání tak tavenině ve zpětném unikání po dotlaku. Druhý důvod užití vtokového ústí je snadné oddělení dílu od rozváděcích kanálů, a to díky menšímu průřezu. [6, 13]

Máme několik druhů vtokových ústí, např.: [6, 13]

- Nejpoužívanější je kuželový vtokový kanál.
- Tunelový vtok.
- Zahnutý neboli srpkový vtok.
- Bodový vtok.
- Boční vtok.
- Rozvětvený prstencový či deštníkový vtok.

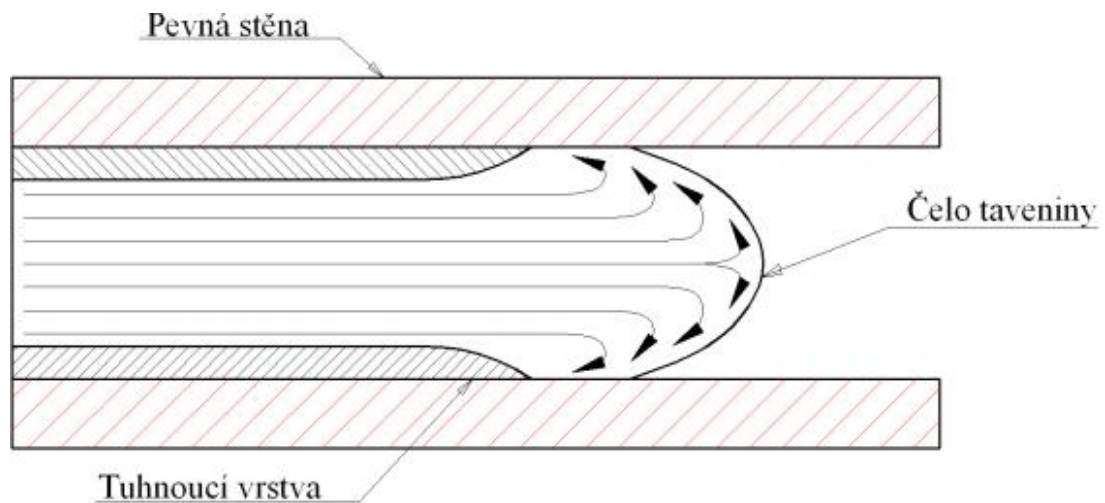


Obr. 11 – Plný kuželový vtok [15]

3.6.2 Zásady pro umístění vtoku

Umístění vtokového ústí má zásadní vliv na zatečení formy a eliminaci případných chyb při výrobě.

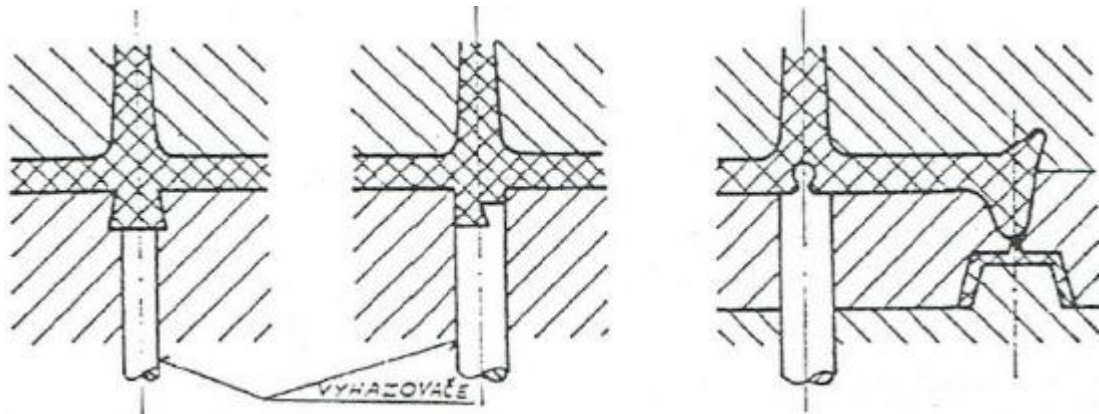
- Umisťuje se do nejtlustšího místa vstříkovaného výrobku z důvodu využití dotlaku.
- Je třeba se vyvarovat volnému toku taveniny (jetting), proto co nejdříve musí tavenina narazit na nějakou překážku.
- Není vhodné vstříkovat taveninu do míst, kde při jejich použití bude největší napětí, jelikož u míst vtoku je vždy největší koncentrace pnutí.
- Tavenina má téci z místa větší průřezu do místa menšího.
- Umisťuje se tak, aby docházelo k úniku vzduchu z tvarové dutiny formy.
- U výrobku se žebry musí taveniny téci ve směru jejich orientace.
- Umisťuje se na neviditelné místo z důvodu estetických vlastností. Stopa po vtokovém ústí by měla být zároveň dobře začistitelná.
- Při plnění dutiny formy by mělo docházet k tzv. fontánovému toku. [6, 13]



Obr. 12 – Fontánový tok [16]

3.6.3 Přidržovače vtoku

Přidržovače vtoku slouží k přidržení vtokového systému po otevření na levé straně vstřikovací formy. Vyhození vtokového systému je však možné již při otevírání formy, a to u více deskových forem.



Obr. 13 – Přidržovače vtoku různého tvaru [3]

3.7 Vyhřívání vtokové soustavy (VVS)

Jedná se o soustavy, jež jsou v praxi stále více uplatňovány na úkor studených vtokových systémů. Skládají se z dýz s vnějším a vnitřním topením a rozvodnými bloky. Tyto soustavy dodává přímo specializovaná firma, a to včetně regulace. [13]

Výhody oproti studeným vtokovým soustavám: [13]

- Nevyrábí odpad v podobě vtokové soustavy.
- Výrazné zkrácení výrobního cyklu, a to z hlediska chlazení.
- Umožňují automatizovanou výrobu.
- Jeden z důvodů hromadné výroby výlisků, jimiž jsou uzávěry, plastové přibory, kelímky apod.
- Není potřeba odstraňovat vtokové zbytky a začišťovat je. Snížili se tedy náklady na dokončovací práce.

Vyhřívání vtokové soustavy mají protikladně i několik nevýhod: [13]

- Není efektivní je používat při malých sériích z důvodu velmi vysoké ceny a možnosti automatizace výroby.
- Velká náročnost na úroveň vstřikoven, její vybavení a vzdělanost personálu.

3.8 Vyhazování výrobku

Vyhazovací systém slouží k odformování vstříkovaného výrobku z dutiny po otevření formy. Tento proces má zajišťovat automatický výrobní cyklus. Při nevhodně zvoleném způsobu vyhazování může dojít k poškození výrobku. [6, 18]

Pohyb vyhazovacího systému dělíme na dvě fáze: [6, 18]

- Dopředný pohyb, kdy dojde k vyhození vstříkovaného výrobku.
- Zpětný pohyb, jež zajišťuje návrat vyhazovacího systému pomocí vratných kolíků.

Druhy vyhazovacích systémů dělíme na: [6, 18]

- a) Mechanické.
- b) Pneumatické.
- c) Hydraulické.

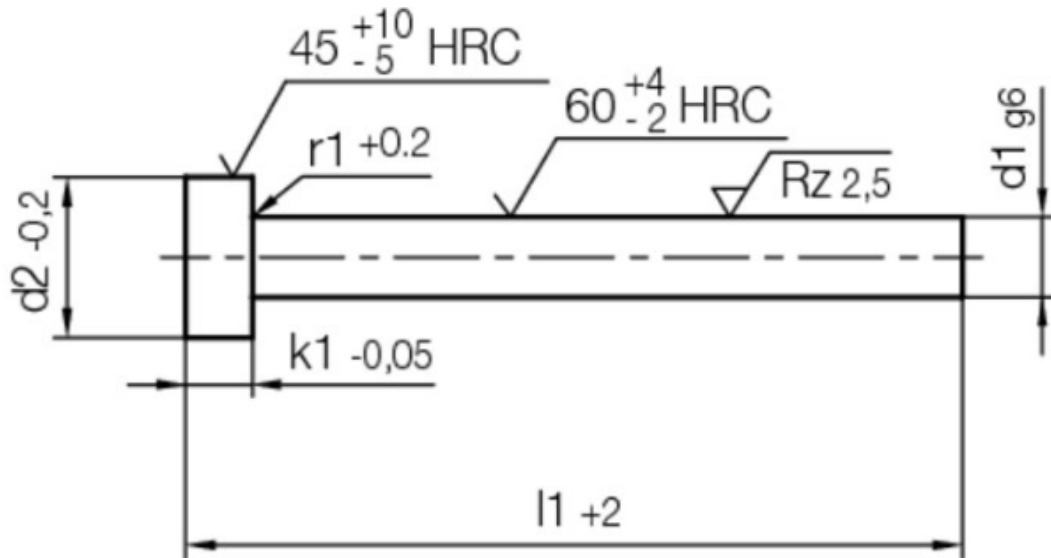
3.8.1 Mechanické vyhazování

Jedná se o nejrozšířenější druh vyhazovacích systémů.

Mechanické vyhazování můžeme rozdělit na: [6, 18]

- Vyhazovací kolíky
 - o Nejčastější a nejlevnější provedení.
 - o Mezi vyhazovací kolíky patří: válcový vyhazovač, prizmatický vyhazovač a trubkový vyhazovač.
- Stírací desky
 - o Působí na výrobek po celém obvodu.
 - o Používá se především u tenkostěnných výrobků.
 - o Nezanechává na výrobku stopy po vyhazování.
- Šikmé vyhazovače
 - o Jsou uloženy pod úhlem k dělicí rovině.
 - o Pro výrobky s malým zápichem.
 - o Tento případ nahrazuje složité čelistové mechanismy.
- Více stupňové vyhazovače
 - o Jedná se o vyhazování s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti.
 - o Kombinace např. stírací desky a vyhazovacích kolíků.

- Slouží k oddělení vtokového systému od výrobku.



Obr. 14 – Válcový vyhazovací kolík [17]

3.8.2 Pneumatické vyhazování

Pneumatickým vyhazováním se přivádí stlačený vzduch mezi výstřík a líc formy. Tím je docíleno rovnoměrného oddělení výstříku od tvárníku a absence stop po vyhazování. Pneumatické vyhazování má uplatnění ovšem jen na některé tvary výrobků. Slouží k vyhození výrobků především velkých rozměrů. [18]

3.8.3 Hydraulické vyhazování

Používá se k ovládání mechanických vyhazovačů, jež nahrazuje velkou flexibilitou a pružnějším pohybem. V dnešní době se používají především k ovládání bočních posuvných čelistí. Vyrábějí se v podobě uzavřené hydraulické jednotky, jež se připevní přímo do předpřipraveného místa ve formě. Charakterizují se velkou vyhazovací silou a kratším a pomalejším zdvihem. [18]

3.9 Vady na výrobku

Během zkoušení vstřikovacího stroje se nezdá, kdy vyskytnou vady na výrobku, jež jsou nežádoucí a musí dojít k jejich odstranění.

Některé z vad výstřiků:

- Studené spoje.
- Tokové čáry.
- Deformace výstřiku.
- Rozvrstvení, delaminace povrchu.
- Propadliny a vtaženiny.
- Spálené místo a další. [11]



Obr. 15 – Delaminace povrchu výstřiku [19]

3.9.1 Studené spoje

Studené spoje vznikají v místě, kde se dva a více tokových proudů taveniny spojují při plnění dutiny formy. Studené spoje jsou výsledkem snahy o opětovné spojení proudů taveniny, jež se však v průběhu cesty ochladily a tím se zhoršilo jejich možné spojení. Pro minimalizaci studených spojů je snaha vstřikovat s maximální možnou teplotou taveniny a stěny dutiny formy, a s optimální vstřikovací rychlostí z pohledu odvzdušnění. [11]

3.9.2 Deformace výstřiku

Deformace výstřiku znamená změnu tvaru a rozměrů vůči výkresu součásti a jeho 3D modelu. Mohou být způsobeny např. špatnou konstrukcí formy, nevhodným výběrem materiálu součásti, temperačním systémem, odvzdušněním, nevhodnou konstrukcí vyhazovacích systémů. Danou příčinu vzniku deformace je nutno zjistit z analýz. [11]

3.9.3 Spálené místo

Spálené místo je ve tvaru nepravidelné černé skvrny. Je způsobeno stlačením vzduchu v tvarové dutině formy vstříkovanou taveninou. Je výsledkem nesprávného odvzdušnění formy. Ne vždy však dochází k Dieselovému efektu, tedy ke spálení. V některých případech může mít povrch výrobku lesklou skvrnu či „chlupaté“ místo. [11]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zásady pro úspěšné vypracování bakalářské práce:

1. Vypracovat literární studii pro dané téma
2. Provést 3D konstrukci modelu vstřikované součásti
3. Navrhnout 3D konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl
4. Nakreslit 2D řez vstřikovací formou spolu s výkresy a kusovníkem

V teoretické části bakalářské práce bylo řečeno, jak se dělí plasty, jaké jsou technologie vstřikování a principy pro konstrukci forem.

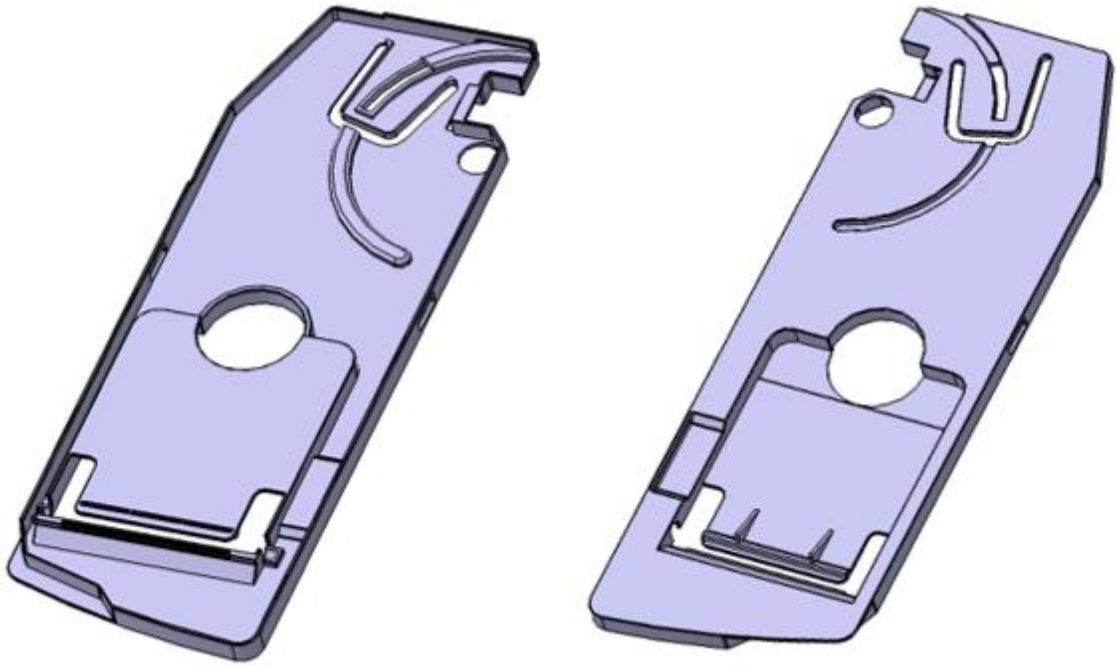
V praktické části byl zadaný výrobek vymodelován v měřítku 1:1 jako věrná kopie v programu CATIA V5R19. V tomtéž programu byla ve 3D pro zadaný díl vytvořena dvounásobná vstřikovací forma za využití normálií firmy HASCO. Nakonec byla 3D konstrukce formy převedena do 2D a vytvořena výkresová sestava společně s kusovníkem všech vyráběných dílů formy.

5 ZADANÝ VÝROBEK

Pro návrh vstříkovací formy byla zvolena součást z tiskárny Canon Pixma MG5550, jež slouží k uložení papíru před začátkem tisku. Výrobek má délku 196 mm, šířku 70 mm a tloušťka celého výrobku činí 6 mm.



Obr. 16 – Skutečný výrobek



Obr. 17 – Model výrobku

5.1 Materiál součásti

Součást je vyrobena z houževnatého polystyrenu (PS-HI) z důvodu cenové nenáročnosti. Jedná se o amorfnní termoplast. V porovnání se standartním polystyrenem má zhoršené vlastnosti, jimiž jsou například teplotní a chemická odolnost. Používá se tam, kde je nutno odolávat nárazům. Hustota houževnatého polystyrenu činí $1,05 \text{ g/cm}^3$ a index toku taveniny $1,5-2,5 \text{ g/10 min}$ při zvýšené houževnatosti.

6 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE



Obr. 18 – Vstřikovací stroj

Volba vstřikovacího stroje závisí na parametrech, jako například rozměrech vstřikovací formy, na složitosti výrobku a vyhazovací síle.

Ke splnění těchto požadavků byl zvolen vstřikovací stroj od německé firmy Arburg, a to ALLROUNDER 720 S.

Tab. 2 - Vlastnosti vstřikovacího stroje

VLASTNOSTI	HODNOTA	JENDOTKA
Uzavírací síla	3200	kN
Otevírací síla	800	kN
Vzdálenost mezi vodícími sloupky	720 x 720	mm
Maximální velikost upínacích desek	1 040 x 1 040	mm
Hmotnost pohyblivé části stroje	3 600	kg
Vyhazovací síla	100	kN
Maximální vstřikovací tlak	2 500	bar
Výška vstřikovacího stroje	600	mm

7 KONSTRUKCE FORMY

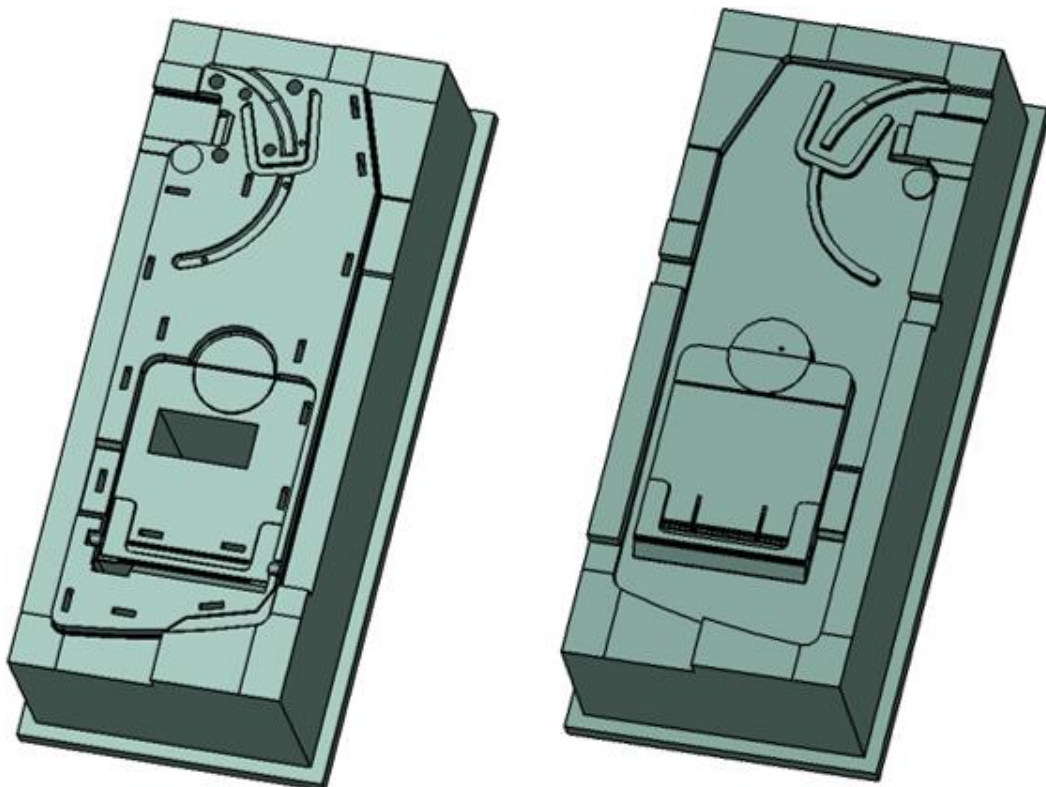
Z důvodu velikosti výrobku byly zvoleny rozměry rámu vstřikovací formy 696 x 596 x 356 mm (v x š x h). Byl navržen třídeskový systém formy společně s šikmými čepy a posuvnými čelistmi. Všechny desky jsou normalizované z katalogu HASCO, jenž se dále dle potřeby upravily. Jednotlivé desky jsou zhotoveny z konstrukční oceli 11 600, avšak izolační desky jsou vyrobeny ze skelné tkaniny, tzv. sklotextilu, jež má výborné izolační vlastnosti.

7.1 Násobnost formy

Násobnost formy se určuje dle velikosti formy, velikosti výrobku, požadované přesnosti a náročnosti vstřikovaného dílu. S tímto přihlédnutím byla zvolena dvounásobná forma, tedy při jednom pracovním cyklu je plastový díl vyroben dvakrát.

7.2 Tvarové díly formy

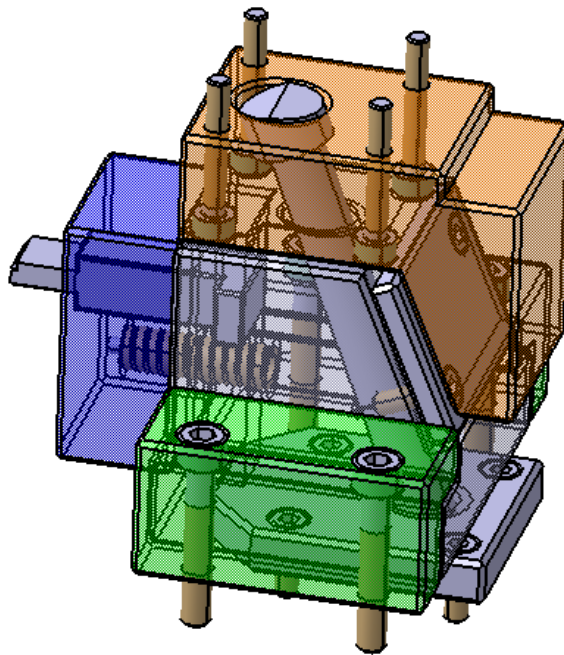
Tvárník i tvárnice je vyrobena z nástrojové oceli 19 552, jež je následně zakalena na tvrdost HRC 55. Tvárník je umístěn v levé, pohybující se části formy. Tvárnici je proti tomu možno nalézt na pravé části formy, jež se nepohybuje a je pevně uchycena ke vstřikovacímu stroji.



Obr. 19 – Model tvárníku (vlevo) a tvárnice (vpravo)

7.3 Šikmé čepy a posuvné čelisti

Vzhledem ke složitosti výrobku bylo nutné přidat vedlejší dělicí rovinu, jež umožňuje vytvoření bočních otvorů. K tomu slouží šikmé čepy a posuvné čelisti. V levé, pohyblivé části formy se nachází šikmé čepy. Ty jsou pod úhlem 21° a zajišťují dostatečné vysunutí čelistí při odformování. V pravé, nepohyblivé části formy jsou umístěny čelisti, jež tvoří výsledné otvory výrobku. Aby nedošlo k přílišnému negativnímu posuvu, je nutno zajistit čelisti šroubem. Při výběru jednotlivých dílů bylo využito knihovny HASCO.



Obr. 20 – Šikmé čepy a posuvné čelisti

7.4 Odvzdušnění formy

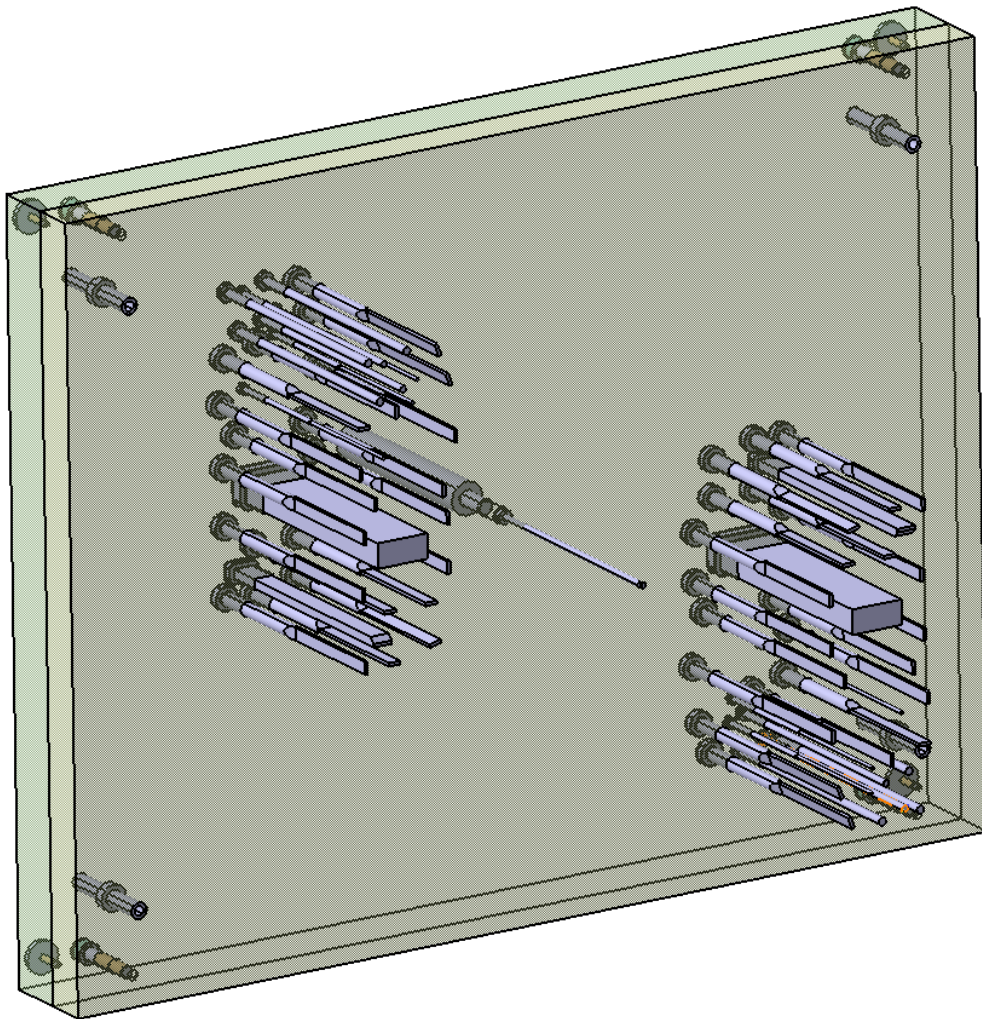
Při vstřikování tavenina stlačuje vzduch, jež se nachází v uzavřené formě. Při správném odvedení vzduchu nevzniknou na výrobku žádné vady, jako např. spálené místo. V této formě pro odvedení vzduchu postačí vůle mezi dělicími rovinami, kolem vyhazovačů, posuvných kostek, tvárníku a tvárnice.

7.5 Vyhazovací systém

Vzhledem k tloušťce výrobku pouze 1,5 mm se musí brát zřetel na bezchybné vyhození zchlazeného výrobku. Vyhazovací systém se tedy skládá dohromady z 54 vyhazovačů. Téměř všechny vyhazovače byly vybrány z normálií HASCO, avšak čtyři vyhazovače musely být vyrobeny na míru přesně dle stop od vyhození na skutečném výrobku. Jako přídržovač vtoku zde slouží podkosový vyhazovač o průměru 4 mm.

Pro jednu dutinu bylo použito:

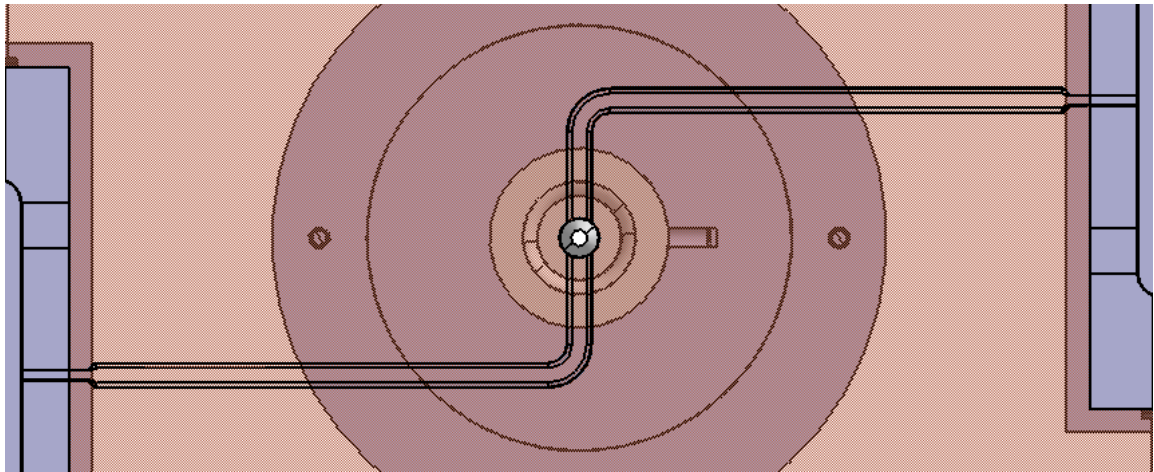
- Třech válcových vyhazovačů průměru 5 mm a dvou o průměru 4 mm
- Dvou pryzmatických vyhazovačů o průměru 2 mm
- Osmnáct plochých vyhazovačů o rozměrech 7 x 2,5 mm
- Jeden zkosený vyhazovač o rozměrech 12 x 5 mm
- Jeden plochý vyhazovač o rozměrech 32,5 x 15 mm



Obr. 21 – Vyhazovací systém

7.6 Vtokový systém

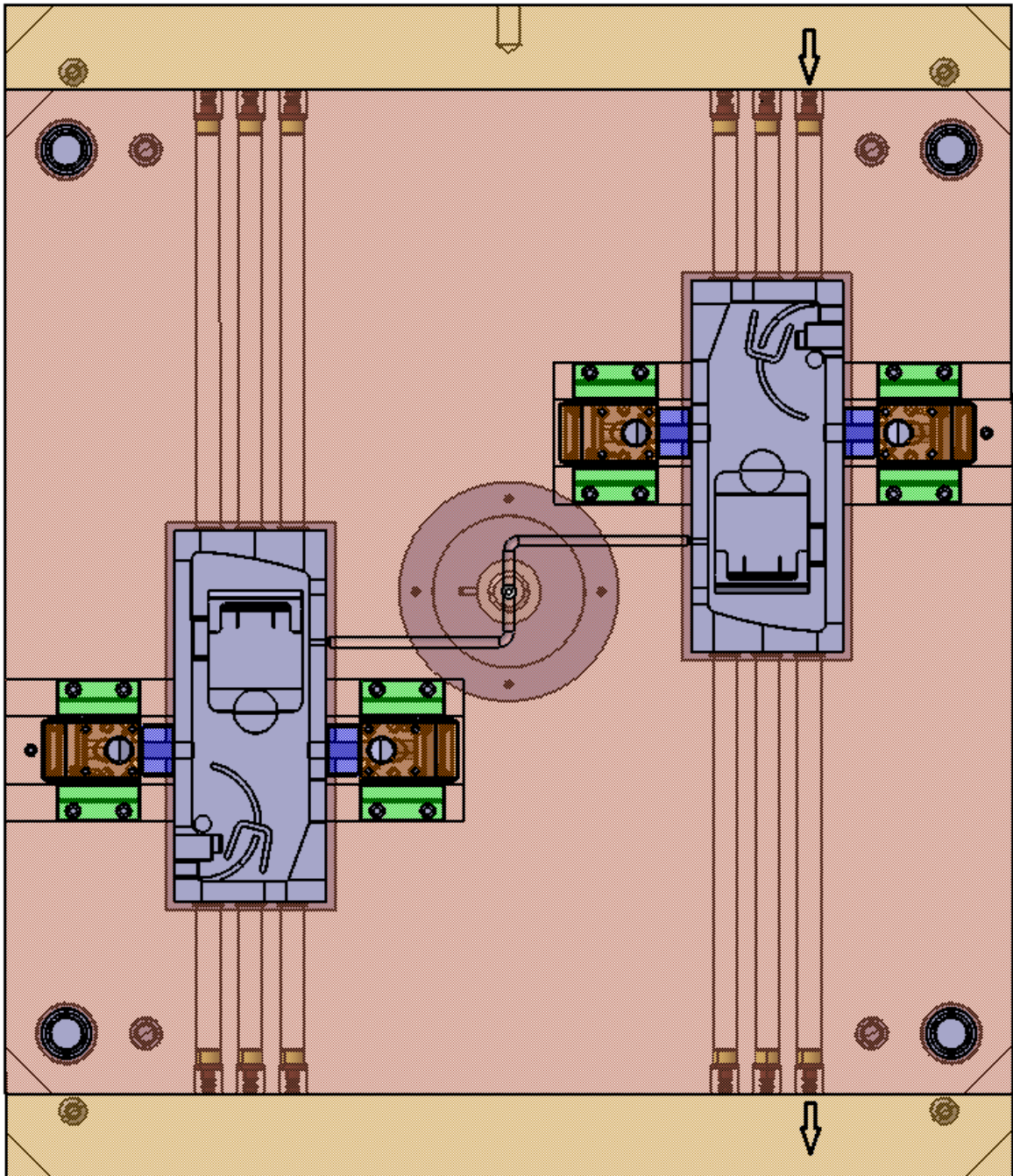
Jedná se o studený vtokový systém, který je pro tento výrobek vhodným řešením. Slouží k přívodu taveniny do dutiny formy přes vtokovou vložku, jež byla opět vybrána z normálí HASCO. Vtokové kanály jsou lichoběžníkového průřezu. Lepší odformování zajišťuje 2° zkosení. Délka kanálu v horní části činí 5 mm, hloubka jest 4 mm. Zaoblení na spodní straně vtokového systému je 1 mm. Spojení vtokového systému s ústím vtoku je zajištěno pomocí zkosení s úhlem 45° tak, aby došlo k ideálnímu proudění taveniny. Hrany zkosené části jsou opět zaobleny, a to o 0,5 mm. Vtokové ústí má obdélníkový průřez s rozměry 4 x 2 mm (v x š).



Obr. 23 – Vtokový systém

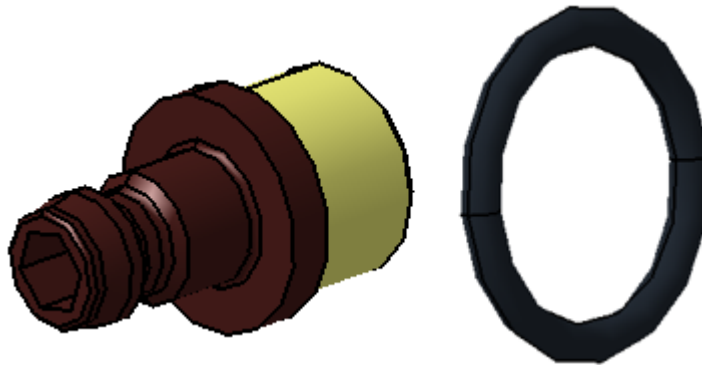
7.7 Temperace formy

Temperace slouží k udržení požadované teploty formy na optimální výši po celém povrchu tvarové části. Z důvodu velkého množství vyhazovačů bylo možné provést temperaci pouze na straně tvárnice. Zachování požadované teploty zajišťuje dohromady šest kanálů, jež mají průměr 14 mm.



Obr. 24 – Temperace formy

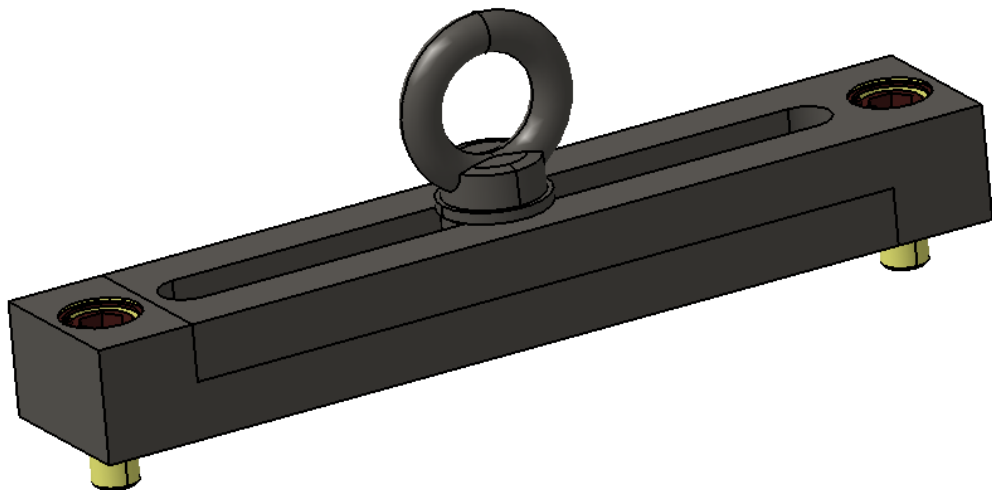
Proti úniku média slouží O-kroužky. K přívodu teploty bylo použito přípojky s vnitřním šestihranem.



Obr. 25 – Přípojka s vnitřním šestihranem (vlevo) a O-kroužek (vpravo)

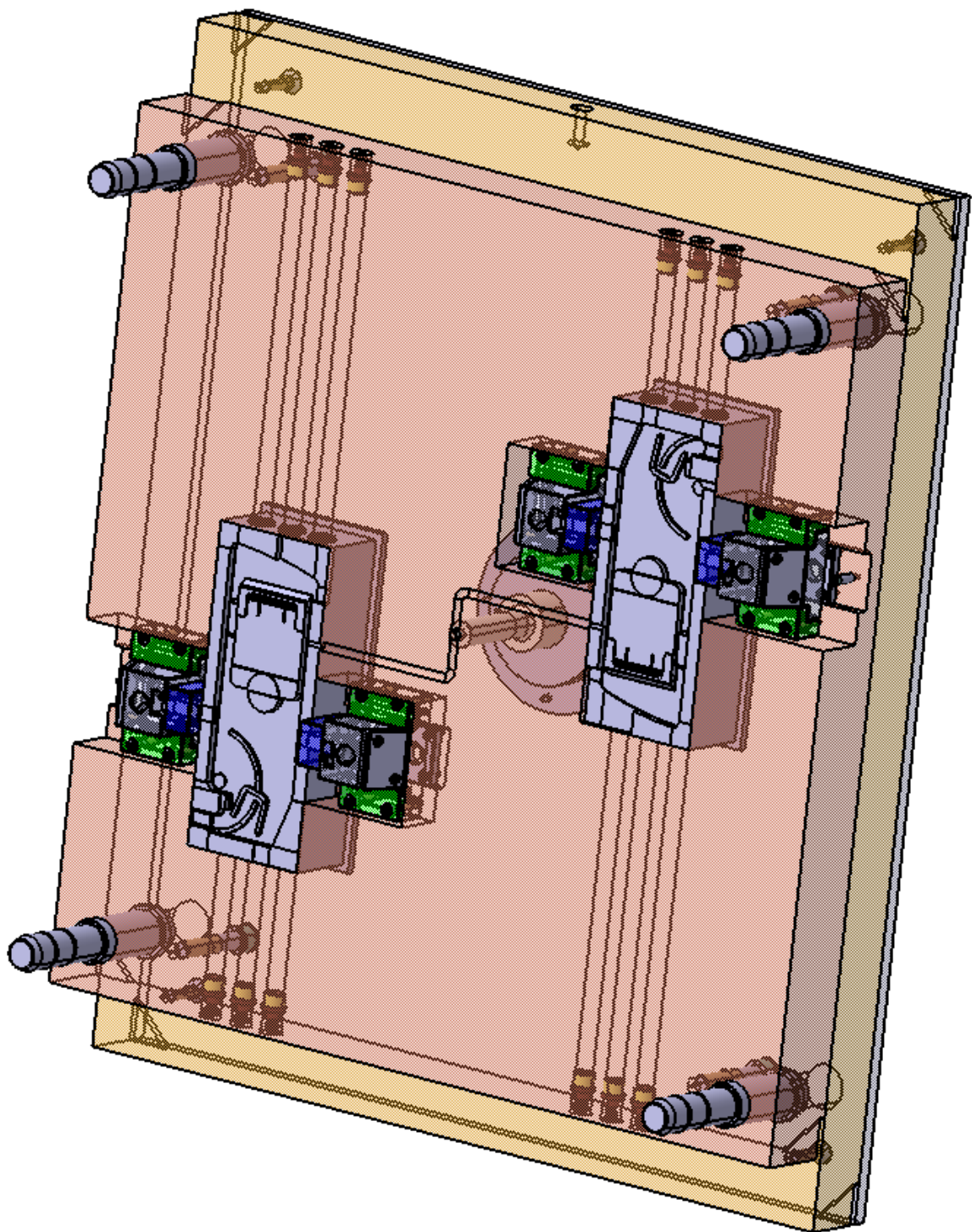
7.8 Transport formy

Transportní můstek je dobrou volbou pro přenos vstříkovací formy. Skládá se ze dvou částí, jež každá z nich je přišroubována k jedné polovině formy. Při přenosu formy díky tomu nedojde k nežádoucímu otevření formy v dělicí rovině. Závěsné oko slouží k zavěšení formy na zvedací zařízení.

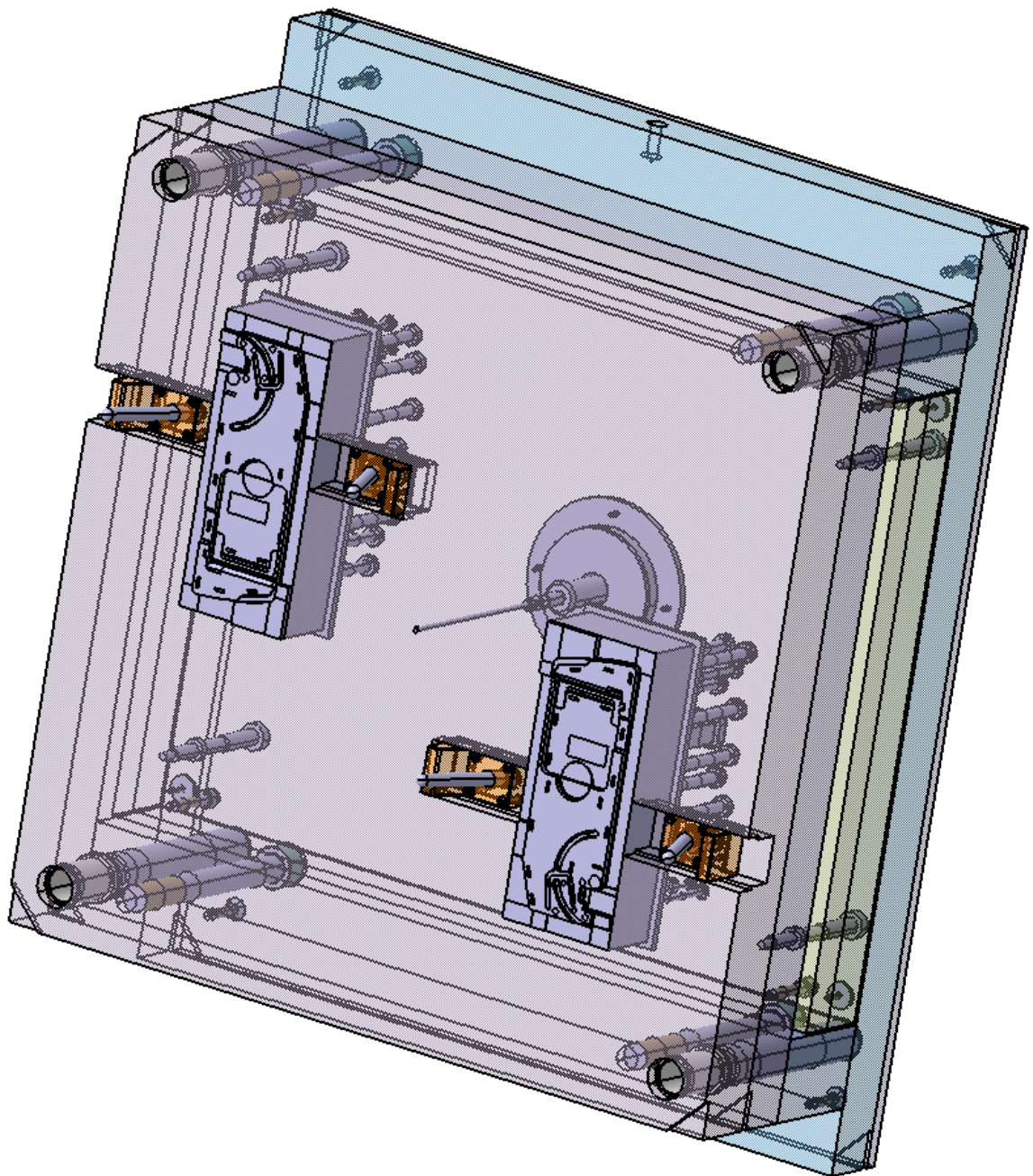


Obr. 26 – Transportní můstek

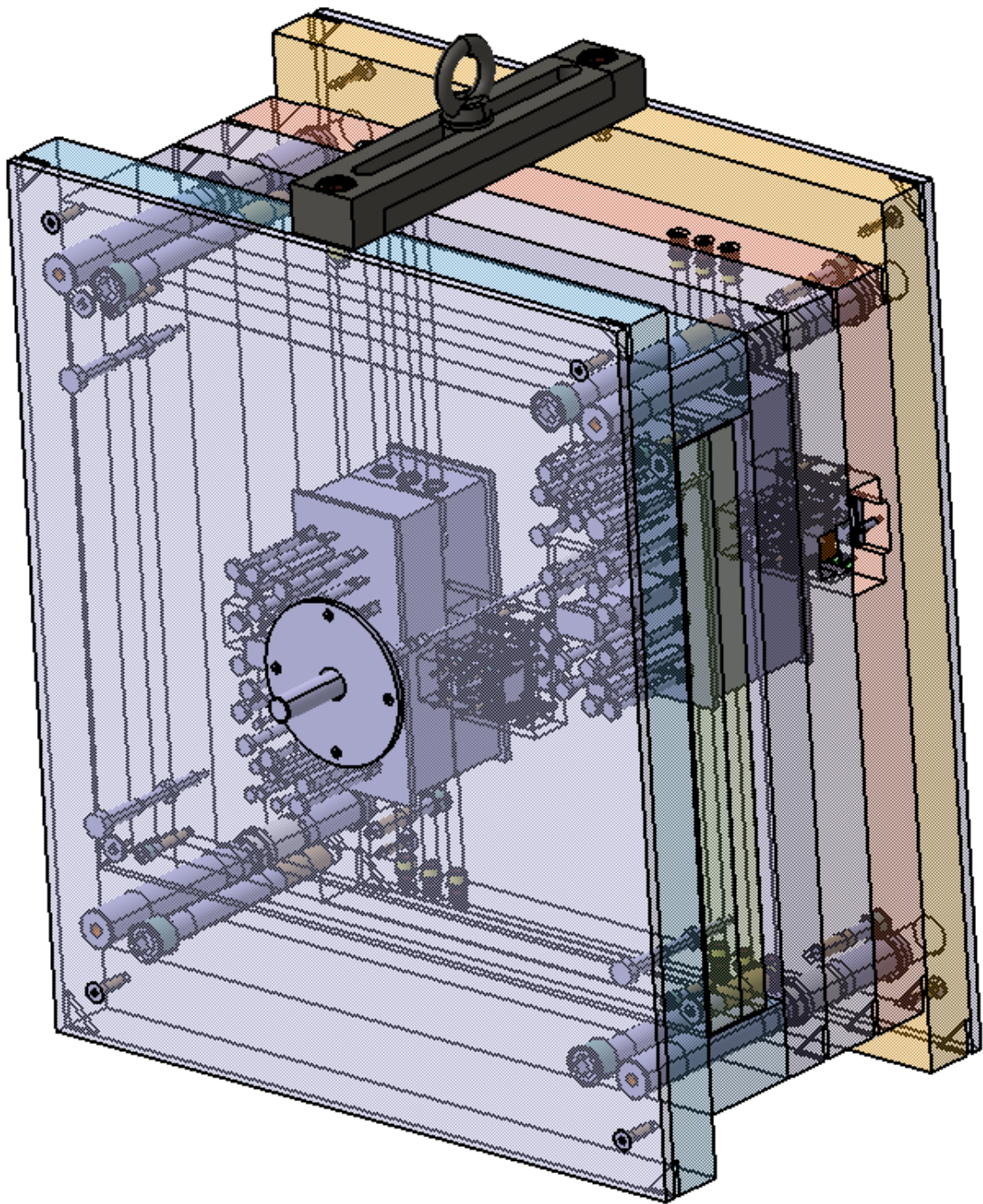
7.9 Sestava formy



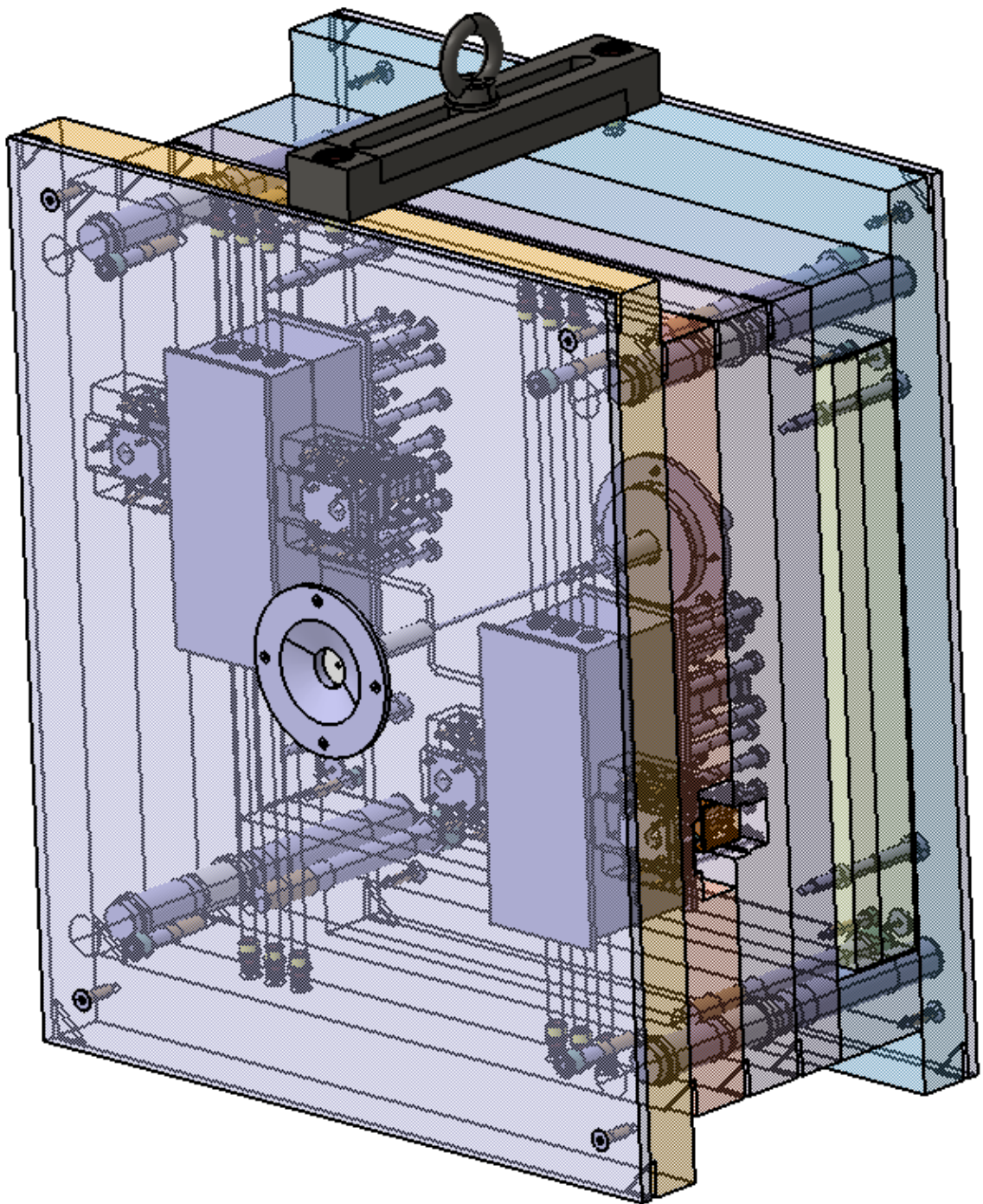
Obr. 27 – Pohled do pravé dělicí roviny



Obr. 28 – Pohled do levé dělicí roviny



Obr. 29 – Pohled na sestavu formy 1



Obr. 30 – Pohled na sestavu formy 2

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout konstrukci vstříkovací formy pro součást z tiskárny Canon Pixma MG5550.

V teoretické části jsou popsány základní informace o polymerech, o vstříkovacích formách a technologii vstříkování. V podkapitolách lze dále najít např. informace o vadách výrobku nebo vtokových systémech.

Náplní praktické části bylo nejprve vytvořit model výrobku a následně vstříkovací formu pro tento díl. Jedná se o třídeskový systém. Forma je dvounásobná, na jeden pracovní cyklus je tedy součást vyrobena dvakrát. Kvůli složitosti výrobku bylo nutné využít šikmých čepů a posuvných čelistí. Forma dále obsahuje jednostupňový vyhazovací systém, jež se skládá dohromady z 54 vyhazovačů. Pro zaplnění dutiny formy byl zvolen studený vtokový systém s bočními vtoky. Temperaci formy bylo možné zhotovit jen na pravé polovině vstříkovací formy z důvodu velkého množství vyhazovačů.

Pro konstrukci formy a zadaného dílu bylo využito softwaru CATIA V5R19 a katalogu normálií předního výrobce vstříkovacích forem HASCO. Následně byla vytvořena výkresová dokumentace, jež obsahuje výkres sestavy vstříkovací formy společně s kusovníkem. Tato dokumentace je obsažena v příloze. Vstříkovacím strojem byl zvolen ARBURG ALLROUNDER 720 S, který byl vybrán s ohledem na požadavky vstříkovací formy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Struktura polymerů a jejich vliv na vlastnosti [online]. [cit. 2020-05-13].
Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/03.html>
- [2] Rozdělení a charakteristika polymerů [online]. [cit. 2020-05-13].
Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/04.html>
- [3] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů: I. díl – Vstřikování termoplastů. 2. opr. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999, 133 s.
- [4] The Basics: Polymer Definition and Properties [online]. [cit. 2020-05-13].
Dostupné z: <https://plastics.americanchemistry.com/plastics/The-Basics/>
- [5] Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti [online]. [cit. 2020-05-13]. Dostupné z:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [6] STANĚK, M. Konstrukce forem (přednášky), Zlín: UTB Zlín, 2019.
- [7] Vstřikování plastů [online]. [cit. 2020-05-13]. Dostupné z:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [8] Uzavírací jednotka [online]. [cit. 2020-05-13].
Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/06.html>
- [9] Technologie přípravy plastů [online]. [cit. 2020-05-13].
Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/02.html>
- [10] ZEMAN, L. Vstřikování plastů: úvod do vstřikování plastů. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2009, 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3
- [11] ZEMAN, L. Vstřikování plastů: teorie a praxe. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1.
- [12] HYNEK, M. a kol. Temperace vstřikovacích forem, 2013 [online]. [cit. 2020-05-13].
Dostupné z:
https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Temperace_vstrikovacich_forem.pdf
- [13] ŘEHULKA, Z. Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů. SEKURON, 2007. ISBN 978-80-86604-36-7.

[14] SVOBODA, J. Odvzdušňovací ventil [online]. [cit. 2020-05-13].

Dostupné z: <https://www.jansvoboda.cz/SGD-ventil-c61201>

[15] AUSPERGER, A. Tvářené díly z kovů a plastů [online]. [cit. 2020-05-13].

Dostupné z:

<https://docplayer.cz/12331513-Tvarene-dily-z-kovu-a-plastu-tvareni-kovu-a-plastu.html>

[16] BEAUMONT, J. Successful Injection Molding: Process, Design, and Simulation. Munich: Hanser Publisher, 2002. 362 p. ISBN 3-446-19433-9.

[17] Hasco [online]. Copyright © 2020 [cit. 2020-05-13].

Dostupné z: <http://hasco.com>

[18] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů: II. díl – Vstřikování termoplastů.

1. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999, 214 s.

[19] Vady výstřiků – 2.díl: Vady tvaru a rozměrové vady [online]. [cit. 2020-05-13].

Dostupné z:

<https://www.mmspektrum.com/clanek/vady-vystriku-2-dil-vady-tvaru-a-rozme-rove-vady.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Obr.	Obrázek
Tab.	Tabulka
EP	Epoxidová pryskyřice
UP	Polyesterová pryskyřice
PF	Fenol formaldehydová pryskyřice
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PVC	Polyvinylchlorid
PA	Polyamid
ABS	Akrylonitril butadien styren
SAN	Styrén-akrylonitril
PMMA	Polymethylmethakrylát
PC	Polykarbonát
POM	Polyoxymetylén
PBT	Polybutylen-tereftalát
°C	Stupeň Celsia
%	Procento
SVS	Studené vtokové systémy
VVS	Vyhřívané vtokové systémy
3D	Trojrozměrný prostor
2D	Dvourozměrný prostor
mm	Milimetr
V	Objem

g/cm ³	Jednotka hustoty
g/10 min	Jednotka indexu toku taveniny
PS-HI	Houževnatý polystyren
kN	Jednotka síly
kg	Kilogram
bar	Jednotka tlaku
°	Stupeň

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Struktura polymerů	11
Obr. 2 – Granulace z pásu [9]	13
Obr. 3 – Granulace za studena [9]	14
Obr. 4 – Vstřikovací cyklus [6]	17
Obr. 5 – Vstřikovací stroj [7].....	17
Obr. 6 – Kontakt trysky stroje s vtokovou vložkou [3]	18
Obr. 7 – Hydraulická uzavírací jednotka [8]	19
Obr. 8 – Odvzdušnění pomocí ventilu [14]	21
Obr. 9 – Temperační systém s přepážkami [12]	22
Obr. 10 – Různá provedení rozváděcích kanálů [3]	23
Obr. 11 – Plný kuželový vtok [15]	24
Obr. 12 – Fontánový tok [16]	25
Obr. 13 – Přidržovače vtoků různého tvaru [3]	26
Obr. 14 – Válcový vyhazovací kolík [17].....	28
Obr. 15 – Delaminace povrchu výstřiku [19]	29
Obr. 16 – Skutečný výrobek	33
Obr. 17 – Model výrobku	34
Obr. 18 – Vstřikovací stroj	35
Obr. 19 – Model tvárníku (vlevo) a tvárnice (vpravo)	36
Obr. 20 – Šikmé čepy a posuvné čelisti	37
Obr. 21 – Vyhazovací systém	38
Obr. 22 – Detail vyhazovacího systému	39
Obr. 23 – Vtokový systém	40
Obr. 24 – Temperace formy.....	41
Obr. 25 – Přípojka s vnitřním šestihranem (vlevo) a O-kroužek (vpravo).....	42
Obr. 26 – Transportní můstek	42
Obr. 27 – Pohled do pravé dělicí roviny	43
Obr. 28 – Pohled do levé dělicí roviny	44
Obr. 29 – Pohled na sestavu formy 1	45
Obr. 30 – Pohled na sestavu formy 2.....	46

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Doporučená doba sušení vybraných materiálů.....15

Tab. 2 - Vlastnosti vstřikovacího stroje35

SEZNAM PŘÍLOH

P I VÝKRESY

P II KUSOVNÍK

P III CD