

Návrh vstřikovací formy pro díl automobilu

Matěj Weis

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Matěj Weis**
Osobní číslo: **T15045**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh vstřikovací formy pro díl automobilu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Nakreslete model dílu ve 3D.
3. Provedte konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl.
4. Nakreslete sestavu vstřikovací formy.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vojtěch Šenkeřík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

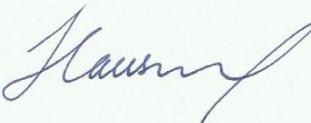
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **18. května 2018**

Ve Zlíně dne 28. února 2018


doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan




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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, 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.

Ve Zlíně 30. 4. 2018



¹⁾ 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 nevyjádřeně 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.

²⁾ 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).

³⁾ 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 přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro plastový díl, který je součástí vzduchového rozvodu automobilu.

Teoretická část se zabývá používanými materiály při vstřikování, samotným principem vstřikování a konstrukčním řešením formy.

Praktická část se věnuje konstrukci formy. Byl vymodelován zadaný výrobek, navržena vstřikovací forma a zhotovena výkresová dokumentace. Forma byla zhotovena v softwaru CATIA V5 R19 a byly v ní použity normálie Hasco.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, 3D model.

ABSTRACT

This bachelor thesis is dealing with design of injection mold which is a part of the car's air distribution.

Theoretical part is dealing with materials used for injection, principle of injection and the construction of injection mold.

Practical part is dealing with construction of injection mold. The part was modeled, the injection mold was designed and drawings were made. The form was made in software CATIA V5 R19 and Hasco standards were used.

Keywords: injection, injection mold, 3D model.

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mi při psaní této bakalářské práce pomohli svými cennými radami. Zejména bych rád poděkoval svému vedoucímu Ing. Vojtěchu Šenkeříkovi, PhD. za jeho odborné rady, pravidelné konzultování, milou spolupráci a čas, který mi po dobu psaní této práce věnoval.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně, dne 23. dubna 2018

.....

Podpis

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POLYMERY	12
1.1 PLASTY	12
1.1.1 Termoplasty.....	12
Amorfní termoplasty.....	12
Semikrystalické termoplasty.....	13
1.1.2 Reaktoplasty.....	13
1.1.3 Elastomery.....	14
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	15
2.1 PŘÍPRAVA PLASTŮ PŘED ZPRACOVÁNÍM	15
2.1.1 Sušení termoplastů	15
2.1.2 Barvení plastů.....	15
2.1.3 Recyklace plastů.....	16
2.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	16
2.3 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	18
2.3.1 Vstřikovací jednotka	19
Funkce vstřikovací jednotky.....	20
Vstřikovací kapacita	20
Plastifikační kapacita	21
2.3.2 Uzavírací jednotka	21
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	22
3.1 POSTUP PŘI KONSTRUKCI FORMY.....	23
3.2 RÁM FORMY	23
3.2.1 Upínací deska	24
3.2.2 Kotevní deska tvárníku	24
3.2.3 Kotevní deska tvárnice.....	24
3.2.4 Opěrná deska	24
3.2.5 Rozpěrné desky	24
3.2.6 Vyhazovací desky	25
3.2.7 Středící a vodící prvky	25
Středící prvky.....	26
Vodící prvky	26
3.3 VTKOVÝ SYSTÉM	27
3.3.1 Studený vtokový systém	27
3.3.2 Vyhřívaný vtokový systém	29
Vyhřívané trysky.....	29
Rozvodný blok.....	30
3.4 TEMPERACE FOREM.....	30
3.4.1 Temperační média	31

3.5	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	31
3.5.1	Mechanické vyhazování	32
	Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků	32
	Stírací deska	33
	Šikmé vyhazování	33
3.5.2	Pneumatické vyhazování	33
3.5.3	Hydraulické vyhazování	33
II	PRAKTICKÁ ČÁST	34
4	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	35
5	VÝROBEK.....	36
5.1	CHARAKTERISTIKA VÝROBKU	36
5.2	MATERIÁL	37
6	VSTŘIKOVACÍ STROJ	38
7	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	39
7.1	RÁM FORMY	40
7.2	NÁSOBNOST FORMY	42
7.3	ODVZDUŠNĚNÍ.....	42
7.4	DĚLÍCÍ ROVINY	42
7.5	TVAROVÉ ČÁSTI	43
7.6	BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI	44
7.7	VTKOVÝ SYSTÉM	45
7.8	TEMPERAČNÍ SYSTÉM	46
7.9	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	47
7.10	TRANSPORTNÍ ZAŘÍZENÍ	48
8	POUŽITÝ SOFTWARE	49
8.1	CATIA V5R19	49
8.2	HASCO – DAKO MODUL	49
	ZÁVĚR	50
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	51
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ	54
	SEZNAM TABULEK.....	56
	SEZNAM PŘÍLOH.....	57

ÚVOD

V současnosti je velká část běžně používaných materiálů (kov, dřevo, sklo, vlna, aj.) nahrazována plasty. Díky svým vlastnostem, snadným zpracováním a dostupností mají tyto materiály svou nezastupitelnou pozici v řadě různých průmyslů (např. automobilový, obalový, atd.). S větší poptávkou po plastových dílech zároveň rostou i požadavky na jejich kvalitu a na kvalitu používaných technologií.

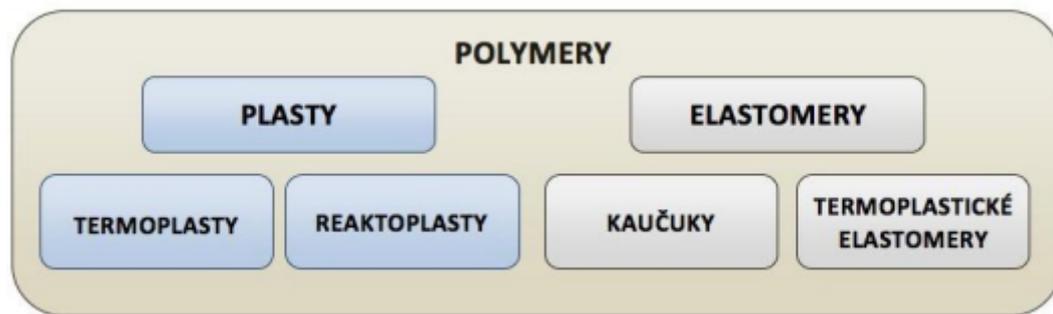
Nejpoužívanější technologií pro zpracování plastů je vstřikování. Tato technologie umožňuje vyrábět tvarově velmi složité výrobky používané v automobilovém a leteckém průmyslu, ale i jednoduché výrobky pro běžné použití. Vstřikování se provádí na vstřikovacích strojích, jejichž nedílnou součástí je vstřikovací forma. Forma dává výrobku požadovaný vzhled, tvar i povrchovou kvalitu. Forma musí mít velkou tvarovou i rozměrovou stálost, musí odolávat vysokým tlakům a musí umožnit i snadné odformování výrobku.

Konstrukce formy je náročný proces a řeší se pro každý výrobek individuálně. Konstrukční řešení formy závisí zejména na druhu vstřikovaného materiálu, na vstřikovacím stroji a složitosti výrobku. Pro zjednodušení a zrychlení konstrukce vstřikovací formy se využívá různých softwarů, které umožňují samotné vytvoření 3D modelu formy, ale i různé simulace, díky kterým můžeme předejít různým konstrukčním chybám, např. chybně umístěnému vtokovému ústí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

Polymery jsou makromolekulární látky složené z molekul jednoho nebo více druhů atomů (většinou vodíku, uhlíku, kyslíku, dusíku aj.) spojených do dlouhých řetězců. Za běžné teploty jsou v tuhém stavu. Polymery mohou být organické (např. sklo, dřevo, rostliny) nebo syntetické (např. PE, PP, PA). [1]



Obr. 1 Základní dělení polymerů [1]

1.1 Plasty

Plasty jsou polymery, které se vyrábí z ropy a zemního plynu, dále se do nich přidávají barviva, plniva, antidegradanty atd. Za normálních podmínek jsou ve většině případů tvrdé, křehké, průhledné až mléčně zbarvené, nevedou elektrický proud a jsou dobrými tepelnými izolanty. Podle chování při zahřívání je dělíme na termoplasty a reaktoplasty. [2]

1.1.1 Termoplasty

Termoplast je materiál, který při zahřátí měkne a při ochlazení tuhne, přičemž se tento proces dá teoreticky neustále opakovat (jsou recyklovatelné). Při zahřátí na hranici teploty tání přechází do plastického stavu a jsou tvarovatelné (např. ohýbáním, tažením, vyfukováním), po dalším zahřátí přechází do stavu kapalného a můžeme je tvarovat vstřikováním. [2]

Amorfní termoplasty

Mají nepravidelně uspořádané makromolekulární řetězce. Jsou tvrdé, křehké, transparentní, mají vysokou pevnost a modul pružnosti. Jsou použitelné do teploty skelného přechodu T_g . [4]

Díky relativně nízkému smrštění (do 1 %) jsou amorfní termoplasty upřednostňovány pro výrobu tvarově složitých dílů a součástí. Výrobky z tohoto druhu polymeru jsou nejčastěji používány v elektrotechnice, spotřebním zboží a v posledních letech i v automobilovém průmyslu, kde je využíváno jejich mechanických a optických vlastností, zejména při výrobě světlometů. Mezi amorfní polymery patří např. PMMA (polymethylmetakrylát), PS (polystyren), PC (polykarbonát), ABS (akrylonitrilbutadienstyren) a SAN (styrenakrylnitril). [4]

Semikrystalické termoplasty

Mají určitý stupeň uspořádanosti. Jsou schopny z taveniny vytvářet krystalickou strukturu. Procento krystalické struktury v polymeru závisí zejména na chemické struktuře a na technologii zpracování (u vstřikování může tato hodnota dosáhnout až 80 %). Jsou houževnaté, mléčně zbarvené a jejich pevnost a modul pružnosti roste se stupněm krystalinity. Jsou použitelné od teploty skelného přechodu T_g do teploty tání krystalického podílu T_m . [2,4]

Oproti amorfním termoplastům vykazují semikrystalické termoplasty už výraznější smrštění (1–2,5 %). Díky možnosti recyklace jsou výrobky z tohoto druhu polymeru nejčastěji používány v obalovém průmyslu. Mezi semikrystalické polymery patří např. PP (polypropylen), PE (polyetylen), PBT (polybutylen), PET (polyethylentereftalát) a POM (polyoxymethylen). [2,4]

1.1.2 Reaktoplasty

Jsou polymery, které jsou tvarovatelné jen určitou dobu po zahřátí. Při dalším zahřívání, účinkem záření nebo při použití katalyzátorů a síťovacích činidel dochází k chemické reakci, při které molekuly zesítují a už jsou dále netavitelné a nerozpustné. Jedná se o nevratný proces, při kterém vytvrzený materiál znovu nelze tvarovat ani převést zpět do taveniny. Reaktoplasty patří mezi amorfní polymery. [2,4]

Výrobky z reaktoplastů jsou vysoce chemicky a tepelně odolné, tvrdé a tuhé, korozivzdorné, vykazují horší tažnost. Produkt v nevytvrzeném stavu je obvykle nazýván pryskyřice, např. epoxidová pryskyřice (EP), fenol-formaldehydová pryskyřice (PF) nebo polyesterová pryskyřice (UP) apod. [2,4]



Obr. 2 Příklady použití [1]

a) termoplasty, b) reaktoplasty

1.1.3 Elastomery

Jsou polymery, které v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, ovšem jen po omezenou dobu. Při dalším zahřívání dochází k chemické reakci nazývané vulkanizace (zesíťování struktury). Jsou elastické, tudíž za běžných podmínek je lze malou silou značně deformovat bez porušení, přičemž jsou tyto deformace vratné. Patří sem především kaučuky a pryže. Výrobky z elastomerů nejčastěji nacházejí uplatnění v automobilovém průmyslu (pneumatiky). [3]



Obr. 3 Výrobek z elastomeru [1]

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby plastových dílců a součástek. Předem upravený plast (většinou ve formě granulátu) je ve vstřikovací stroji pod tlakem vstřikován do dutiny formy ve tvaru požadované součásti, přičemž je velmi důležité, aby z granulátu byla připravena co nejhomogennější tavenina. [3]

2.1 Příprava plastů před zpracováním

Před zpracováním plastů vstřikováním je nutné materiál upravit v souladu s technologickým postupem určeným pro konkrétní výrobek. Většinou to bývá sušení granulátu, barvení granulátu, mísení s regenerátem, míchání s přísadami atd.

Všechny uvedené úkony upravují plast do stavu, aby jeho zpracování proběhlo bez potíží a výsledné parametry vyhověly požadavkům na výrobek. [3]

2.1.1 Sušení termoplastů

Většina termoplastů absorbuje ze vzduchu vodu. Při běžných zpracovatelských podmínkách může nasákavost vyvolat degradaci termoplastu a tím i snížení kvality vlastností a také zhoršení kvality povrchu. Výstřiky mají v místě vtoku povrchové vady, špatně se vyjímají z formy a jsou bez povrchového lesku. Proto je nutné termoplastické materiály předsoušet. [3]

K sušení se používají komorové pece s přirozeně cirkulujícím vzduchem. U vstřikovacích strojů s nevytápěnou násypkou je nutné, aby vysušený granulát byl nejpozději do 30 min. zpracován. [3]

2.1.2 Barvení plastů

Většina vyráběných dílů nevyžaduje jen jakostní povrch, ale také i vhodný barevný odstín. K zabarvení plastů na požadovaný odstín se používají pigmenty a barviva, které jsou v polymerech nerozpustné. Aplikují se buď přímo u výrobce vstřikovaného materiálu, nebo se barvivo smíchává ve vstřikovací stroji s granulátem a potom se běžně zpracovává. Barviva částečně ovlivňují vlastnosti plastů i technologické parametry při zpracování. [3,6]

2.1.3 Recyklace plastů

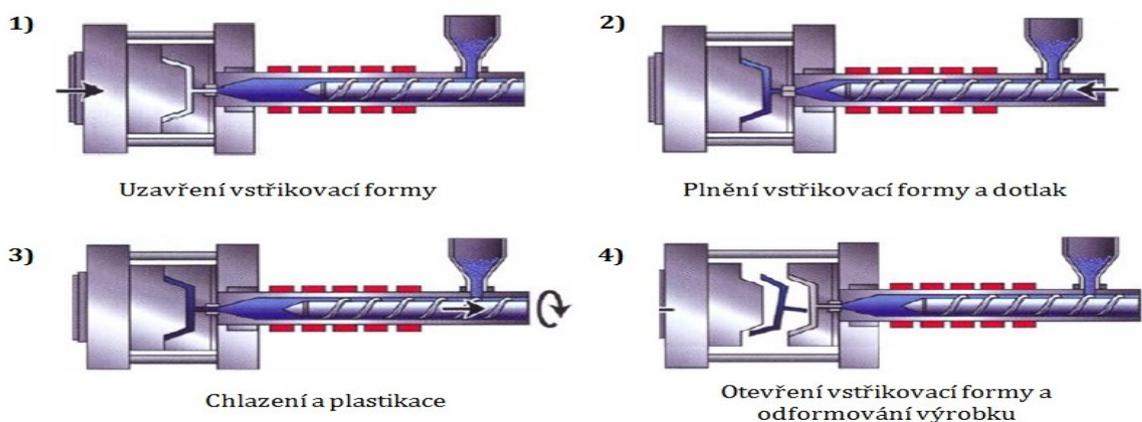
Odpady, vtoky a vadné výstřiky vzniklé při vstřikování, je možné opakovaně zpracovávat. Recyklace se velmi často využívá, protože podíl odpadu vzhledem k vyráběnému dílu (hlavně u malých součástí) bývá značný.

Neznečištěný odpad se drtí a následně se smíchá s granulátem a znovu se zpracuje. Přidání regenerátu obvykle zhoršuje mechanické i povrchové vlastnosti. Pro výrobu transparentních a silně namáhaných součástí se regenerát nesmí používat (výrobky by nesplnily požadované vlastnosti). [3]

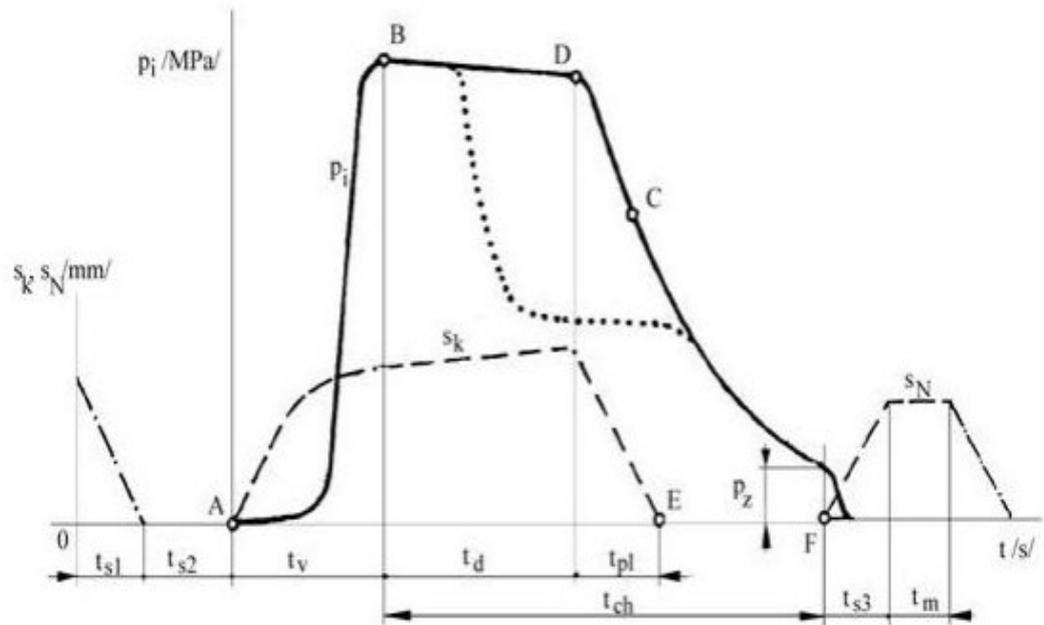
2.2 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus tvoří sled přesně určených operací. Jedná se o neizotermický proces, během kterého polymer prochází určitým teplotním cyklem. Vstřikovací cyklus probíhá ve vstřikovacím stroji.

Do násypky vstřikovacího stroje je přidán plast v podobě granulátu. Z násypky postupně granulát putuje do pracovní části vstřikovacího stroje – šneku, pístu. Šnek nebo píst dopravují granulát do tavicí komory, kde za zvýšené teploty a pomocí tření vzniká tavenina. Po uzavření formy je plastifikovaná hmota požadované teploty vstříknuta pod určitým tlakem do dutiny formy, kde tavenina zcela vyplní prostor formy a pod tlakem zůstává v uzavřené formě, dokud se neochladí. Poté následuje dotlak, který zabraňuje vytékání materiálu z formy a umožňuje doplnění taveniny o zmenšený objem vlivem smršťování materiálu. Po ukončení dotlaku se plastifikační jednotka od formy oddálí a začne tavení další dávky taveniny. Při poslední fázi se forma otevře a pomocí vyhazovačů je výrobek vyhozen z tvárníku a cyklus se dále opakuje. [2,5]



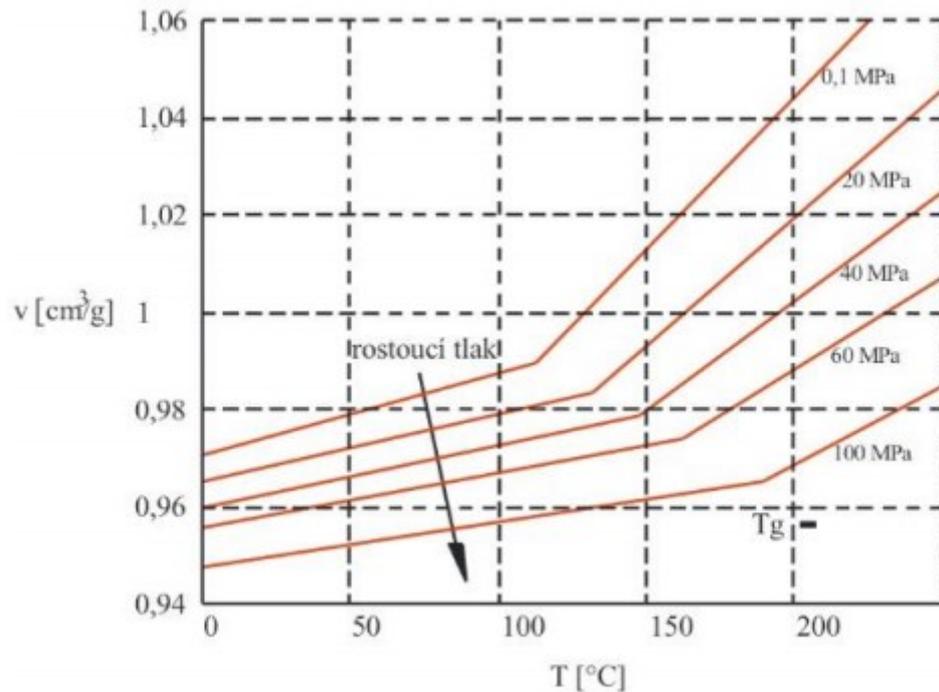
Obr. 4 Vstřikovací cyklus [5]



Obr. 5 Závislost tlaku během vstřikovacího cyklu na čase [5]

p – vstřikovací tlak; s_k – pohyb šneku; s_N – pohyb nástroje; t_{s1} – doba zavírání formy; t_{s2} – doba uzamykání formy; t_v – doba plnění dutiny formy; t_d – doba dotlaku; t_{pl} – doba plastikace; t_{ch} – doba chlazení; t_{s3} – doba otevírání formy; t_m – doba manipulace; A – začátek vstřikování; B – konec vstřikování, začátek dotlaku a začátek chlazení; C – okamžik zatuhnutí materiálu ve studeném vtokovém kanálu; D – konec dotlaku; E – konec plastikace; F – konec chlazení

Kromě závislosti tlaku během vstřikovacího cyklu na čase, je taky možné tento cyklus popsat pomocí pV diagramu (p – tlak, v – měrný objem a T – teplota hmoty). Průběh těchto veličin závisí na druhu materiálu, tvaru výrobku, tloušťce stěn, vstřikovacím tlakem, dotlakem, vstřikovací rychlostí, teplotou taveniny a teplotou formy. [2]



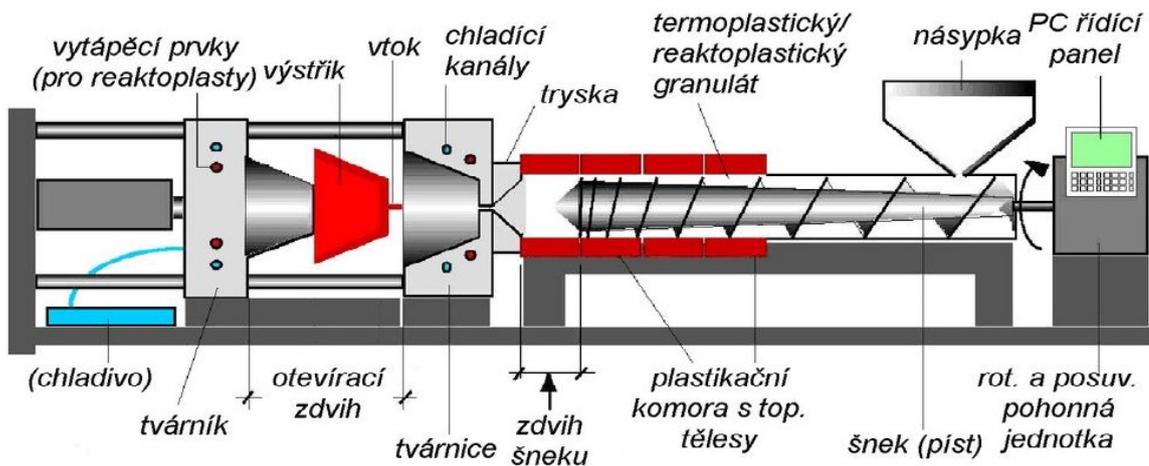
Obr. 6 Příklad pvT diagramu [16]

2.3 Vstřikovací stroj

Hlavním úkolem vstřikovacích strojů je zpracování polymerních materiálů, především v podobě granulátu, do požadovaného tvaru výrobku. Polymery a směsi mohou být dodávány také ve formě prášku či hmoty těstovinové konzistence. Vstřikovací stroje mohou být z hlediska typu pohonu hydraulické, elektrické nebo hybridní. Vstřikovací stroje jsou složeny ze vstřikovací a uzavírací jednotky, dále z řízení a regulace. Pořizovací cena stroje i vstřikovací formy je však hodně vysoká, tudíž je vhodná především pro velkosériovou a hromadnou výrobu. [5]

Vstřikovací stroj pro přesnou výrobu musí splňovat tyto parametry:

- pevnost a tuhost při vstřiku,
- konstantní tlak, teplota, rychlost a časování,
- přesná reprodukovatelnost – každý výrobek musí mít stále stejné parametry.



Obr. 7 Schéma vstříkovacího stroje [5]

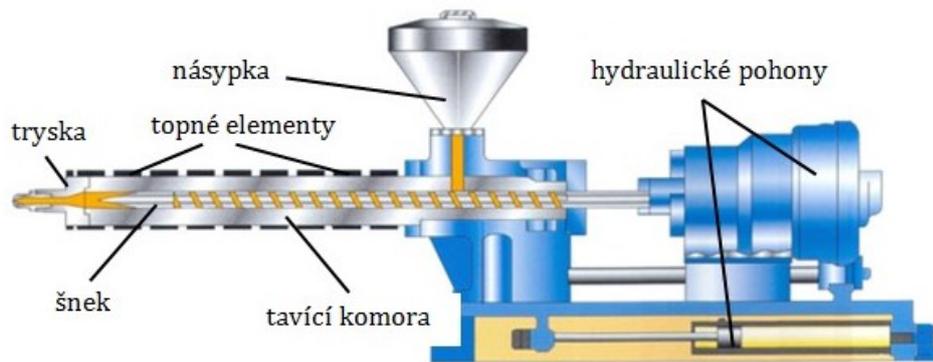
2.3.1 Vstříkovací jednotka

Hlavními úkoly vstříkovací jednotky je přeměna granulátu polymeru na homogenní taveninu o určité viskozitě a poté vstříknutí taveniny vysokou rychlostí a pod velkým tlakem do tvarové dutiny formy. První vstříkovací jednotky bývaly pístové, které byly postupem času nahrazeny jednotkami šnekovými. Vývojem šnekové vstříkovací jednotky se vyřešily hlavní vady pístových jednotek. [5]

Největší výhody šnekových strojů:

- dobrá plastikace a výborná homogenizace roztaveného polymeru,
- materiál se v tavicí komoře nepřehřívá,
- velký plastifikační výkon a velký zdvihový objem,
- snadné čištění vstříkovací komory při změně materiálu,
- přesné dávkování hmoty,
- malé ztráty tlaku při pohybu hmoty,
- větší účinnost zásahu do vstříkovacího procesu, například řízení dotlaku.

Vstříkovací jednotka je složena z několika částí (Obr. 8). Vstupní část tvoří násyпка, kde je shromážděný materiál většinou ve formě granulátu. Na násyпку navazuje plastikační (tavicí) komora obklopena topnými pásy. Plastikační komora je zakončena tryskou, která těsně dosedá na vtokovou vložku vstříkovací formy, přes kterou tavenina polymeru proudí dále do dutiny formy. Uvnitř tavicí komory se nachází šnek s určitou geometrií. Během plastikace se polymer zahřívá pomocí topných pásů, ale také je polymer značně zahříván vlivem tření mezi stěnami tavicí komory a šneku. [7]



Obr. 8 Vstřikovací jednotka [7]

Funkce vstřikovací jednotky

Šnek se při plastikaci otáčí a v hrdle násypky sbírá granulát polymeru, který šnek stlačí a dopraví dále do tavící komory. Jednotlivé části v tavící komoře jsou vyhřívány. Materiál se roztaví a ve formě taveniny se nahromadí před čelem šneku, poté se šnek dále otáčí a odjíždí dozadu. Po roztavení požadovaného množství materiálu se šnek přestane otáčet a zastaví se. Poté se šnek, aniž by se otáčel, pohybuje jako píst dopředu a vstřikuje taveninu do dutiny formy. Maximální vstřikované množství nesmí přesáhnout 90 % kapacity vstřikovací jednotky, protože je nutná rezerva pro doplnění úbytku hmoty při chlazení (smrštění). Vstřikovací cyklus je oproti pístovým strojům výrazně kratší, jelikož plastikace další dávky polymeru může probíhat už během chlazení výstřiku ve formě. Při použití šneku je polymer možné dále barvit, přimíchávat plniva nebo přidávat další přísady přímo v průběhu plastikace. [5,7]

Vstřikovací kapacita

Mezi základní charakteristiky vstřikovací jednotky patří vstřikovací kapacita, která představuje maximální objem taveniny, který je možné na určitém vstřikovacím stroji vystříknout z tavící komory do volného prostoru během jednoho pracovního zdvihu šneku. Určuje tedy maximální objem tavící komory vymezené čelem šneku v jeho krajních polohách. Nejčastěji je udávána v cm^3 . Vstřikovací kapacita tedy udává informace o maximálním objemu výstřiku, který se dá na určité vstřikovací jednotce vyrobit. Při určování objemu výstřiku je ovšem také nutné počítat i s objemem vtokového systému. [7]

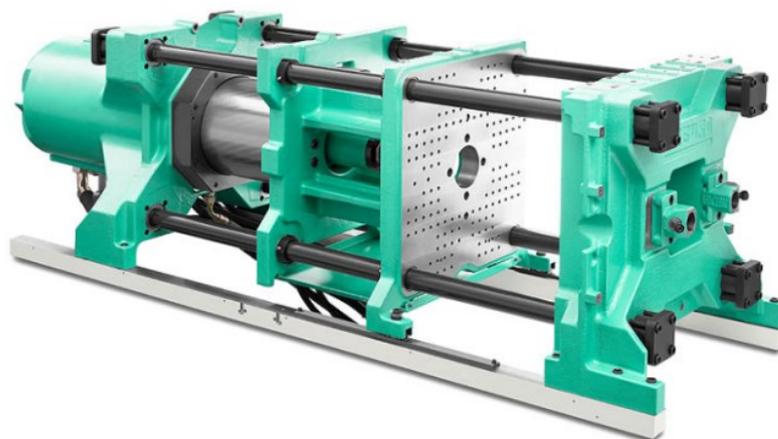
Plastifikační kapacita

Dalším důležitým parametrem, který charakterizuje určitou vstřikovací jednotku, je plastifikační kapacita. Ta podává informaci o maximálním množství taveniny, kterou je vstřikovací jednotka schopna převést do plastického stavu za jednotku času. Plastifikační kapacita je nejčastěji udávána v kilogramech za hodinu (kg/hod). Udává množství materiálu, které je při daných otáčkách šneku vytlačeno pouze rotačním pohybem šneku před čelo šneku a do volného prostoru. Tato hodnota má spíše orientační charakter, proto bývá používána pouze jako orientační údaj pro provedení hrubého výpočtu doby potřebné pro plastikaci daného množství materiálu. [7]

Doba plastikace může být totiž kromě otáček šneku ovlivněna také typem zpracovávaného polymeru, dále teplotou, při které materiál vstřikujeme, geometrií šneku, případně i typem zpětného uzávěru. [7]

2.3.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka vstřikovacího stroje má za úkol zajistit bezpečné upnutí a plynulé pohyby vstřikovací formy (otevírání, zavírání a případné vyprázdnění formy). Mezi základní součásti patří pohyblivá a pevná upínací deska, vodící sloupky a mechanismus, který vyvolává sílu potřebnou pro uzavírání a otevírání formy. Dále tenhle mechanismus vytváří uzavírací sílu, která odolává vstřikovacímu tlaku a udržuje během vstřikovacího cyklu formu uzavřenou. Uzavírací síla může být vyvolána mechanicky (zapříčení formy v určité poloze), hydraulicky (síla je vyvozena pístem) nebo kombinací obou systémů. Uzavírací jednotku můžeme dělit dle pohonu, který pohybuje s pohyblivou deskou, na hydraulické (hydraulický píst) nebo elektrické (elektromotor). [7]



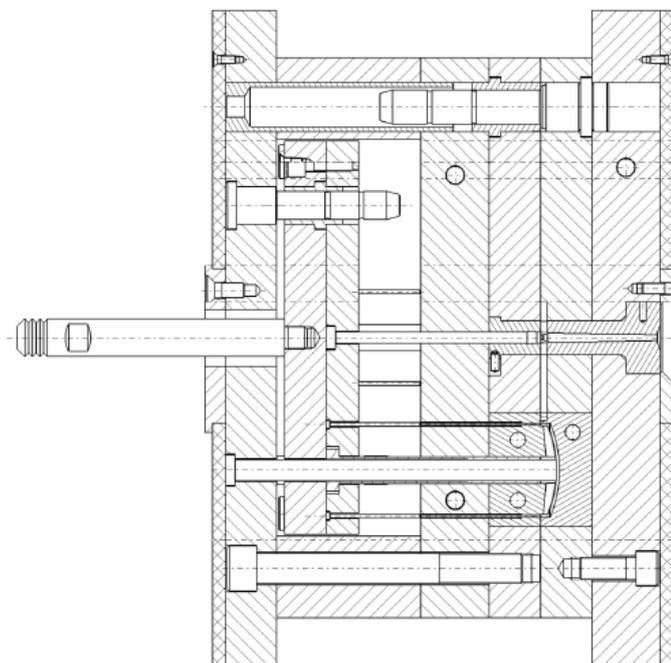
Obr. 9 Uzavírací jednotka [8]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma v současné době patří mezi nejrozšířenější nástroje pro zpracování polymerních materiálů i přes její velmi značnou složitost a finanční nákladnost. Forma dává po ochlazení taveniny výrobku potřebný tvar a určité rozměry. Forma musí odolávat vysokým vstřikovacím tlakům a zároveň musí splňovat nároky na vysokou přesnost vstřikovaných dílů. Dále pomocí vyhazovacích systémů musí být výrobky z formy snadno vyjmutelné a forma musí pracovat automaticky po celou dobu její životnosti. Volba materiálů vstřikovací formy závisí především na ceně, na požadovaném počtu vstřikovacích cyklů, dále také na typu zpracovaného materiálu, velikosti a tvaru a složitosti výrobku, tepelné odolnosti, korozivzdornosti, opotřebení a použité technologii. Dalším důležitým faktorem zvyšujícím životnost formy je tepelné zpracování na tvarových částech formy. [3,5]

Návrh konstrukce formy vychází z těchto údajů:

- typ stroje – jeho parametry,
- druh vstřikovaného materiálu
- chování taveniny při vstřikování,
- tvar výrobku – požadované rozměry a tolerance,
- požadovaný počet kusů – termín dodání a cena. [2]



Obr. 10 Řez vstřikovací formy [2]

3.1 Postup při konstrukci formy

Při návrhu konstrukce formy jsou pro konstruktéra nejdůležitějšími údaji výkres výrobku společně s dalšími doplňujícími informacemi jako např. materiál a funkce výrobku, typ stroje a výsledná cena.

Postup konstrukce:

1. vyhodnocení výkresu výrobku – tvar, rozměry a podmínky při vstřikování, zaoblení ostrých hran a rohu, zkontrolovat velké rozdíly v tloušťce stěn,
2. výběr vhodného polymeru s ohledem na požadované výsledné mechanické vlastnosti,
3. určení a upřesnění dělicí roviny výrobku a zaformování s ohledem na vzhled a funkci, směr a velikost úkosů,
4. určení násobnosti formy – volba vhodného vtokového systému,
5. určení vyhazovacího a temperančního systému a odvzdušnění dutin formy,
6. koncepce rámu formy s ohledem na typ formy, vyhazovací systém a temperaci formy,
7. vhodné upnutí formy na stroj a vystředění s ohledem na dostupné prostředky,
8. kontrola funkce a bezpečnosti formy,
9. kontrola hmotnosti výstřik, uzavírací a vstřikovací tlak a další faktory s ohledem na určený stroj. [10]

3.2 Rám formy

Rám formy je složen ze dvou částí, a to z části levé, která je uchycena na pohyblivé straně vstřikovacího stroje, a z části pravé, která je připevněna k nepohyblivé části vstřikovacího stroje. Celkově jde o systém vzájemně spojených desek propojených středícím, spojovacím a vodícím příslušenstvím. Vtokové systémy, funkční tvarové části a dutiny, které se nacházejí uvnitř rámu, mohou být vyrobené jako vložky, které jsou vloženy do rámu vstřikovací formy nebo jsou přímo vytvořené v příslušných deskách. [9,10]

Rám musí umožnit:

- správné ukotvení na vstřikovacím stroji,
- bezpečné a dokonalé upnutí na upínacích částech stroje,
- přesné vedení pohyblivých částí formy,

- jednoduchá instalace tvarových vložek a funkčních dílů,
- zajištění správné funkce temperančního a vyhazovacího systému. [9,10]

3.2.1 Upínací deska

Upínací desky jsou umístěny na obou částech vstřikovací formy a slouží především k upnutí pohyblivé i nepohyblivé části formy ke vstřikovacímu stroji. Upínací desky jsou ke zbytku rámu formy připevněny pomocí šroubů. Ke vstřikovacímu stroji mohou být upnuty pomocí upínek, šroubů nebo magnetických desek stroje. [9]

3.2.2 Kotevní deska tvárníku

Tvárník slouží jako funkční deska pohyblivé části formy. V tvárníku je vytvořena část negativu tvaru vstřikovaného dílce – tvarová dutina. Tvárník může být vyroben jako celá deska nebo pouze jako vložka, připevněná ke kotevní desce tvárníku. Na tvárníku se kromě dalších prvků zajišťujících přesné sestavení s ostatními částmi rámu formy nacházejí také prvky vyhazovacího systému a vtoková ústí. [9]

3.2.3 Kotevní deska tvárnice

Tvárnice slouží jako funkční deska nepohyblivé části formy. Ve tvárnici, stejně jako ve tvárníku, je vyrobena část negativu tvaru vstřikovaného dílce – tvarová dutina a také může být vyrobena jako celá deska nebo pouze jako vložka připevněná ke kotevní desce tvárnice. Kromě tvarové dutiny se zde nacházejí části vtokového systému i další prvky, které zajišťují zcela přesné sestavení s tvárníkem. [9]

3.2.4 Opěrná deska

U některých druhů forem není nutné opěrnou desku použít. Slouží především k podepření kotevní desky tvárníku, aby bylo zabráněno průhybu desky, který by vznikl přetečením polymeru v dutině formy. Dále také slouží k připevnění tvarové vložky uvnitř kotevní desky tvárníku. [10]

3.2.5 Rozpěrné desky

Rozpěrné desky jsou umístěny většinou v pohyblivé části rámu formy, ve výjimečných případech i v části nepohyblivé. Bývají většinou obdélníkového průřezu nebo jiného výrobně jednoduchého tvaru. Umístění a rozměry jsou voleny tak, aby byla zajištěna dostatečná tuhost rámu a průhyb desek byl minimální. [10]

Hlavní důvody pro použití rozpěrných desek:

- zvětšení stavební výšky formy – dosažení minimálního rozměru pro určitý stroj,
- minimalizují tepelné ztráty vedením při temperaci formy – zmenšení stykové plochy mezi upínací a funkční částí formy,
- vytvoření dostatečného prostoru pro umístění vyhadzovacích desek a potřebný zdvih s vyhadzovači,
- vznik prostoru pro vytápěné rozvodné bloky – u vyhřívaného vtokového systému. [10]

3.2.6 Vyhazovací desky

Vyhazovací desky mají za úkol přesné vedení, ukotvení a ovládání vyhadzovačů v pracovním i zpětném pohybu. Nejčastěji je využíváno systému dvou vyhadzovacích desek (kotevní a opěrná).

Při pracovním pohybu musí být zajištěno přesné vedení desek. U menších vyhadzovacích desek se využívá vedení dvěma vodícími kolíky, u větších desek je nutné použít čtyři kolíky. Uspořádání kolíků musí být symetrické, aby se zabránilo možnému křížení. Má-li forma více vyhadzovačů s dostatečnou tuhostí, mohou být vyhadzovací desky i bez vedení. [10]



Obr. 11 Umístění vyhadzovače mezi deskami [9]

3.2.7 Středící a vodící prvky

Jelikož je forma složena z několika desek a pohyblivých částí, je nutné, aby tyto části byly vůči sobě dokonale vystředěny. Dále musí být zajištěno, aby se pohyblivé části

pohybovaly po určité trajektorii. K tomuto slouží středící a vodící prvky. Tyto prvky lze koupit i ve formě normální – při poškození určitého prvku, lze tenhle prvek vyměnit za naprosto stejný. [9,10]

Středící prvky

- **středící kroužky** – slouží k vystředění formy vůči stroji, ale také brání sklouznutí z desky stroje při manipulaci, jsou umístěné na obou stranách vstřikovací formy a jejich rozměr se určuje podle typu vstřikovacího stroje,
- **středící trubky** – slouží k vystředění rozpěrné desky vůči upínací a opěrné desce,
- **středící lišty** – používají se pro přesné sesazení pohyblivé a nepohyblivé části formy při zavírání formy ve stroji,
- **středící zámky** – plní stejnou funkci jako středící lišty, ale jsou namontovány zvenku formy, jsou složeny ze dvou částí, které díky svým rozměrům a vzájemnému tvaru zajišťují přesné ustavení nepohyblivé části formy vůči pohyblivé nebo dalších, vůči sobě pohyblivých, částí vstřikovací formy, u kterých je zapotřebí zajistit přesnou polohu jejich styku. [9,10]

Vodící prvky

- **vodící čepy** – slouží k vedení pohyblivých částí formy – např. vedení vyhazovacích desek (jeden konec vodícího čepu je umístěn v levé upínací desce a druhý je přesně umístěn ve vodícím pouzdře vsazeném ve vyhazovací kotevní desce). Čepy mohou být opatřeny mazacími drážkami pro zlepšení mazání,
- **vodící sloupky** – dle druhu formy mohou být umístěné na pohyblivé nebo nepohyblivé straně formy, na rozdíl od vodících čepů zajišťují vedení pohyblivé strany formy na začátku a na konci vstřikovacího cyklu, stejně jako vodící čepy mohou být opatřeny vodícími drážkami,
- **kolíky** – jsou použity k vedení posuvných čelistí, které slouží k vytvoření bočních děr na boku výrobku nebo k vytvoření výrobku s podkosem, k upevnění kolíku se využívá normalizovaných prvků,
- **vodící pouzdra** – slouží jako protikus vodících čepů a sloupků. Čepy a sloupky jsou v pouzdře vedeny tak, aby byla zajištěna správná funkce formy. [9]

3.3 Vtokový systém

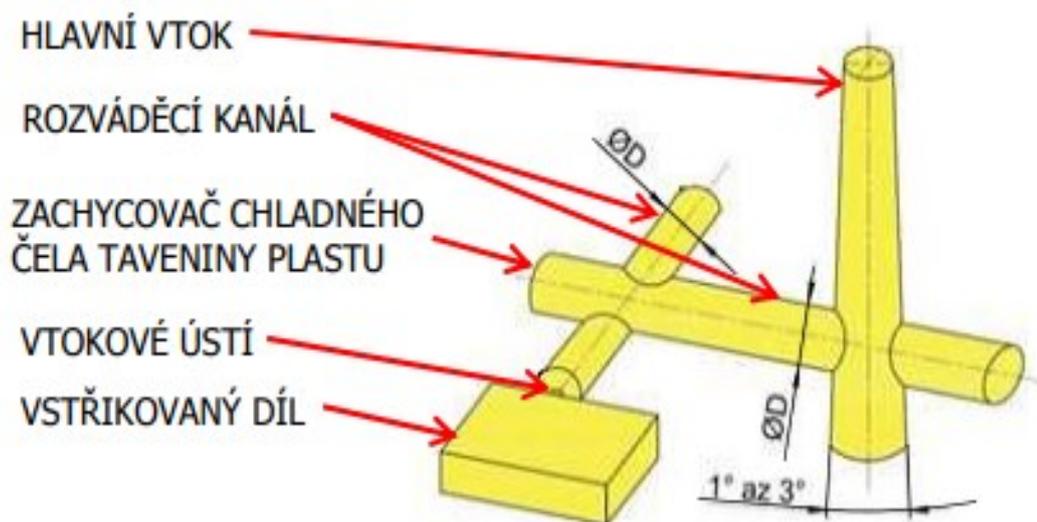
Z plastifikační jednotky je roztavený polymer dopravován do dutiny formy pomocí vtokového systému. Tento systém představuje soustava kanálků a ústí vtoků, které mají za úkol správně naplnit dutinu formy a zajistit jednoduché oddělení vtokových zbytků od výstřiku. Konstrukce vtokového systému závisí především na násobnosti formy, volbě studeného nebo vyhřívaného vtokového systému a také umístění tvarových dutin.

3.3.1 Studený vtokový systém

Při použití studeného vtokového systému se tavenina vstříkuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem tavenina na stěnách formy tuhne a viskozita taveniny na vnějším povrchu prudce roste. Vzniká tak izolační vrstva ztuhlého plastu a tavenina proudí horkým jádrem. Vysoká viskozita vyžaduje vysoké tlaky v systému. [11]

Hlavní části studeného vtokového systému:

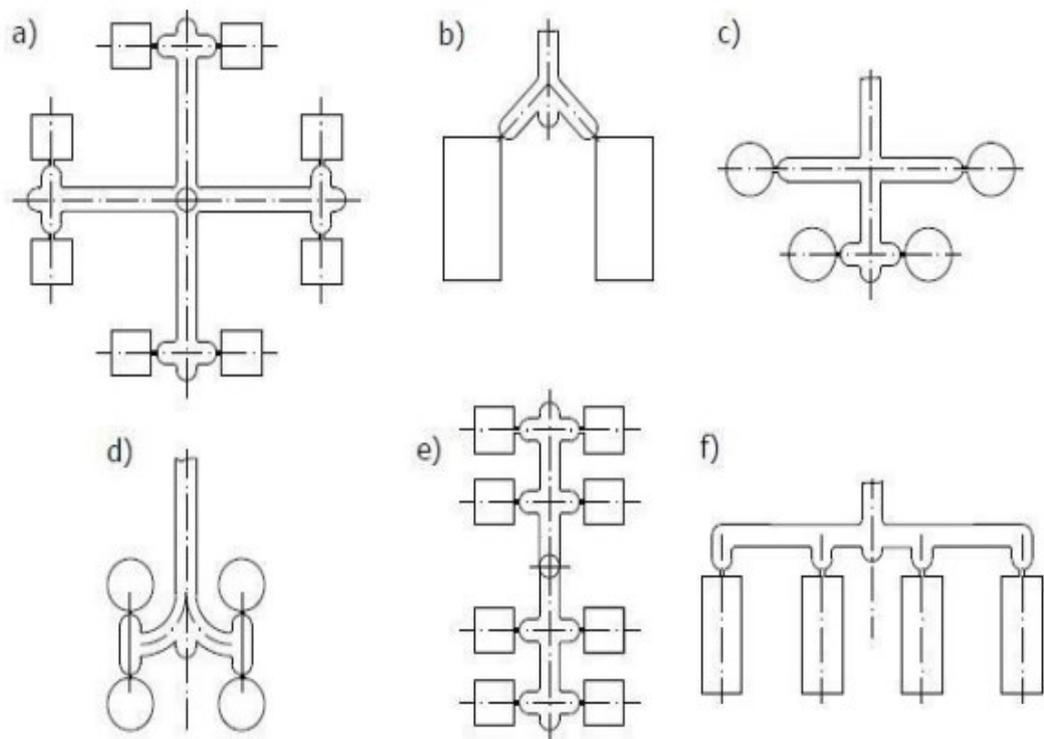
- hlavní vtokový kanál (vtoková vložka),
- rozváděcí kanál,
- vtokové ústí. [11]



Obr. 12 Vtoková soustava [10]

Zásady studeného vtokového systému:

- co nejkratší dráha od vtokové vložky po tvarovou dutinu formy – tavenina by měla být vstříkována co největší rychlostí,
- všechny tvarové dutiny musí být zaplněny ve stejný čas,
- ústí vtoku musí být voleno tak, aby tavenina tekla od nejtlustšího průřezu výrobku do průřezu nejtenčího,
- vtokové kanály musí mít dostatečný průřez – jádro taveniny musí být v plastickém stavu, aby mohl působit dotlak,
- co nejkratší ústí vtoku: 0,5–1,2 mm,
- všechny hrany vtokových kanálků musí být zaobleny,
- úkosovitost všech kanálků pro snadnější odformování – min. 1,5°,
- vyleštěný povrch kanálků – menší odpor při toku taveniny,
- ve vtokovém systému nesmí být místa, kde by docházelo k nahromadění materiálu. [3]



Obr. 13 Rozvržení vtokového systému

a, b, c, d – vhodné řešení, e, f – nevhodné řešení

3.3.2 Vyhřívání vtokový systém

Vyhřívání vtokový systém (VVS) je vstříkovací metoda, při které nevzniká vtokový zbytek. Tomuto systému v minulosti nejdříve předcházela řada jednodušších systémů (např. zesílené vtoky, izolované vtokové soustavy s předkomůrkami). V dnešní době se nejvíce využívají vyhřívání trysky nebo vyhřívání rozvodné bloky. [3]

Výhody VVS:

- zkrácení výrobního cyklu,
- automatizace výroby,
- menší spotřeba materiálu – žádné vtokové zbytky,
- žádné manipulace a recyklace vtokových zbytků a problémy při jejich zpracování.

Nevýhody VVS:

- finančně náročnější,
- složitější konstrukce vstříkovací formy,
- nutné zakoupení dalších prvků – např. snímače teplot, regulátory aj.

Vyhřívání trysky

Vyhřívání trysky může obsahovat vlastní topný článek s regulací nebo je vytápěna jiným zdrojem vtokové soustavy. Tato tryska umožňuje výrazně zlepšit technologické podmínky při vstříkování. Největší výhodou vyhřívání trysky je odstranění stopy po vtoku, zvětšení ústí vtoku, které umožní rychlejší plnění dutiny formy, a malé zatuhnutí taveniny v ústí vtoku. [3,12]



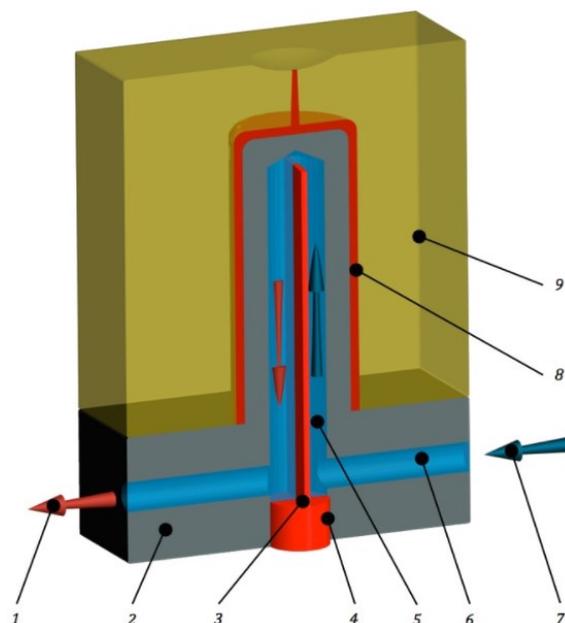
Obr. 14 Tryska s vnějším topením [13]

Rozvodný blok

Rozvodný blok je vytvořen mezi pravou kotevní a upínací deskou formy. Blok je vyhříván a uvnitř jsou vyvrtány kanálky, kterými proudí tavenina. Teplo může být přiváděno topnými elementy a do taveniny je přiváděno stěnami rozvodných kanálků (externí ohřev). Blok může být také ohříván zevnitř topnými patronami nebo tavenina obtéká trysku s vnitřním nebo vnějším topením (interní ohřev). [12]

3.4 Temperace forem

Temperace formy zajišťuje konstantní teplotu ve formě. Úkolem temperančního systému je zaručit optimální podmínky a co nejkratší vstřikovací cyklus při zachování všech technologických požadavků pro výrobu. Temperační systém je složen z několika kanálků, ve kterých proudí temperanční médium. Kanálky jsou většinou kruhového průřezu a kvůli přestupu tepla volíme raději větší počet kanálků s menším průřezem, než menší počet kanálků s větším průřezem. Během vstřikování se tavenina v dutině formy ochlazuje a tuhne. Temperace této dutiny zajišťuje optimální podmínky při tuhnutí. Během každého vstřikovacího cyklu se forma ohřívá. Aby byly zajištěné stejné podmínky při každém vstřikovacím cyklu, je nutné vzniklé teplo odvádět temperanční soustavou. V určitých případech jsou různé části formy temperované na odlišnou teplotu, čímž se eliminuje vznik tvarových deformací. [10,14]



Obr. 15 Temperace výrobku [15]

1 – výstup temperačního média, 2 – kotevní deska tvárníku, 3 – plochá přepážka, 4 – úložná plocha přímé přepážky, 5 – vedlejší temperační kanál, 6 – hlavní temperační kanál, 7 – vstup temperačního média, 8 – vstřikovaný díl, 9 – kotevní deska tvárnice.

3.4.1 Temperační média

Temperační média mají za úkol vytvořit optimální tepelné podmínky při vstřikování. [14]

Dělení:

- aktivní – zpravidla se jedná o kapaliny, které nuceným prouděním protékají uvnitř temperačních kanálů, mají za úkol přivádět nebo odvádět teplo, patří sem vzduch, topné články nebo kapaliny,

Typ	Výhody	Nevýhody
Voda	Dobrý přestup tepla, nízká viskozita, nízká cena, ekologická nezávadnost	Použitelné do 90°C, vznik koroze, usazování kamene
Olej	Možnost temperace i nad 100 °C	Zhoršený přestup tepla
Glykoly	Omezení koroze a ucpání systému	Stárnutí, znečišťování prostředí

Tab. 1 Aktivní temperační média [14]

- pasivní – ovlivňují teplotu formy svými fyzikálními vlastnostmi, patří sem vodivé a tepelně izolační materiály. [14]

3.5 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém slouží k vyhození hotového výrobku z dutiny formy nebo tvárníku. Tento systém zajišťuje automatizaci celého vstřikovacího cyklu. Mezi důležité podmínky, aby vyhazovací systém správně fungoval, patří správná konstrukce vyráběného dílce, jeho hladký povrch a dostatečná úkosovitost stěn ve směr vyhazování (snadnější odformování výrobku). Dále musí být zajištěno, aby vyhození výrobku proběhlo souměrně, protože by mohlo dojít k zpříčení výrobu nebo k jeho poškození. Umístění vyhazovačů, tvar a rozložení jsou voleny tak, aby byly na výrobku co nejmenší stopy po vyhození. Pro volbu vhodného vyhazovacího systému je důležitá vyhazovací síla, která závisí na smrštění a tvaru výrobku, drsnosti stěn tvárníku, technologických podmínkách při vstřikování a pružných deformacích formy. [10]

Vyhazovací systém vykonává dva hlavní pohyby:

- pohyb vpřed (vyhazování výrobku),
- zpětný pohyb (návrat do původní polohy).

3.5.1 Mechanické vyhazování

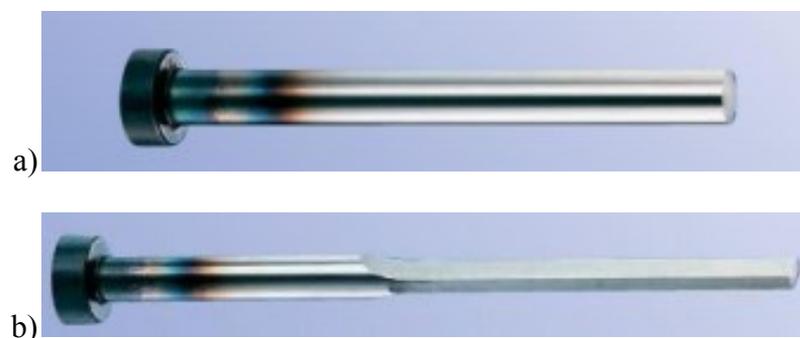
Jedná se o nejrozšířenější způsob vyhazování. Tento systém lze zkonstruovat v mnoha různých provedeních, například:

- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků,
- vyhazování pomocí stíracích desek nebo trubkových vyhazovačů,
- šikmé vyhazování,
- postupné vyhazování,
- speciální vyhazování.

U mělkých výstřiků se vyhazovač nemusí použít. Stačí jen vyhodit vtokový zbytek, který je s výstřikem spojen. [10]

Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Jedná se o nejběžnější a nejlevnější způsob vyhazování. Tento systém je využíván všude, kde je možné umístit vyhazovací kolíky proti ploše výrobku ve směru vyhazování. Při správné volbě a umístění vyhazovacího kolíku je výrobek snadno odformován a nedochází k žádnému poškození výrobku. Kolíky se umísťují tak, aby se opíraly o žebro, které se při vyhazování nesmí zborstit, nebo o nepohledovou část výrobku, protože zanechává stopy. Vyhazovače musí být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Vůle v uložení slouží i jako od vzdušnění. [10]



Obr. 16 Vyhazovací kolíky [17]

a) válcový vyhazovač, b) prizmatický vyhazovač

Stírací deska

Při vyhazování pomocí stírací desky působí vyhazovací síla po celém obvodu výrobku – tzv. plošné vyhazování. Díky velké styčné ploše deska nezanechává stopy po vyhození. Využívá se především u rozměrných dílců, kde je zapotřebí velké vyhazovací síly, nebo u tenkostěnných výrobků, kde se zamezí jeho deformace. Použití stírací desky je vhodné jen tehdy, kdy výstřik dosedá na stírací desku v rovině nebo kdy je jeho plocha mírně zakřivena. Trubkový vyhazovač je speciálním způsobem stírání. Vyhazovač s otvorem plní funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. V otvoru je umístěn vlastní vyhazovací kolík umístěný v nepohyblivé desce, který se nepohybuje a tvoří jádro. [10]

Šikmé vyhazování

Kolíky nejsou umístěny kolmo k dělicí rovině, ale jsou uloženy pod úhlem 15° až 25° . Používají se k vyhazování malých a středně velkých výrobků s mělkým vnitřním nebo vnějším zápichem. U tohoto systému není potřeba použití posuvné čelisti s klínovým mechanismem. [10]

3.5.2 Pneumatické vyhazování

Tento systém je vhodný pro vyhazování tenkostěnných výrobků o větších rozměrech ve tvaru nádob, které je nutné při vyhození zavzdušnit, aby se zamezilo deformacím. Výhodou tohoto systému je, že není potřeba tak velkého zdvihu jako u mechanického vyhazování, žádné místní přetížení a nevznikají zde stopy po vyhazovačích. Stlačený vzduch je přiváděn přes ventil mezi výrobek a líc formy. [10]

3.5.3 Hydraulické vyhazování

Zařízení je součástí vstříkovacího stroje a používá se k plynulejšímu ovládní posuvných čelistí a mechanických vyhazovačů. [10]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- nakreslit 3D model plastového dílu,
- provést konstrukci 3D sestavy vstřikovací formy pro plastový díl,
- vytvořit 2D sestavu vstřikovací formy včetně kusovníku.

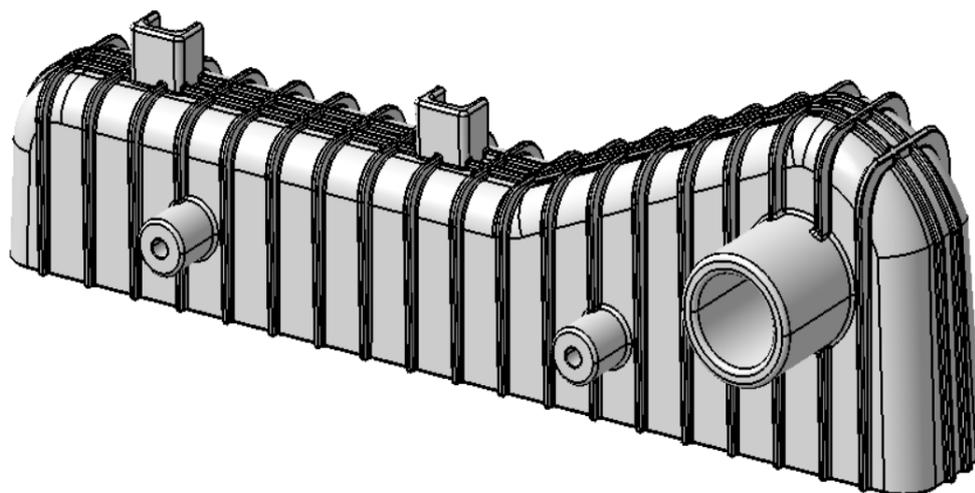
Teoretická část se zabývá samotným principem vstřikování, používanými materiály a jejich přípravou před vstřikováním, vstřikovacími stroji, konstrukcí formy a jejich částmi. V jednotlivých kapitolách jsou stručně popsány hlavní části vstřikovací formy.

V praktické části této bakalářské práce bylo úkolem vytvořit 3D model plastového dílu. Tímto dílem byla zvolena součást vzduchového rozvodu. Na základě tohoto 3D modelu byla zhotovena 3D sestava vstřikovací formy a poté 2D sestava formy včetně kusovníku. Pro návrh a konstrukci vstřikovací formy byl použit software CATIA V5 R19, dále bylo využito normálí od firmy Hasco.

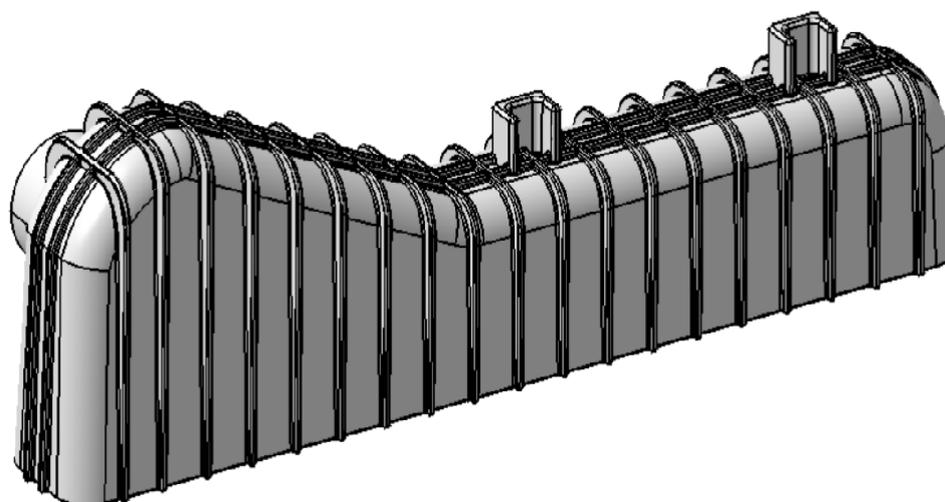
5 VÝROBEK

5.1 Charakteristika výrobku

Vstřikovaným výrobkem je součást vzduchového rozvodu. Ve výrobku je jeden velký otvor a jedna průchozí díra pro průtok vzduchu. Dále obsahuje čtyři konstrukční prvky pro uchycení a vystředění dílu. Celý výrobek je opatřen žebrováním pro zvýšení jeho tuhosti a pevnosti. Délka výrobku je 304 mm, největší šířka 72 mm a výška součásti je 92 mm. Tloušťka a výška žeber je 2 mm. Tloušťka stěny dílu je 2 mm.



Obr. 17 Přední strana výrobku



Obr. 18 Zadní strana výrobku

5.2 Materiál

Materiálem pro výrobu vybraného dílu byl zvolen polyamid 66 plněný z 30 % skelnými vlákny. Tento materiál se používá pro vysoce zatížené výrobky a má zejména vysokou pevnost, ořezuvzdornost, rozměrovou stabilitu a odolnost proti opotřebení.

Použitý materiál je od výrobce DSM a obchodní název je Akulon® S223-HG6.

Vlastnosti	Norma	Jednotka	Hodnota
Fyzikální			
Hustota	ISO 1133	kg/m ³	1370
Index toku taveniny 275 °C/5 kg	ISO 1133	cm ³ /10 min	12,7
Teplota tání	ISO 11357-1/-3	°C	260
Mechanické			
Modul pružnosti	ISO 527-1/-2	MPa	9950
Pevnost v tahu	ISO 527-1/-2	MPa	200
Pevnost v ohybu	ISO 178	MPa	250
Rázová houževnatost Charpy	ISO 179	kJ/m ²	81

Tab. 2 Vlastnosti materiálu [18]

6 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Na základě rozměrů vstřikovací formy byl vybrán vstřikovací stroj Allrounder 720 S od německé firmy Arburg.



Obr. 19 Vstřikovací stroj Allrounder 720 S [8]

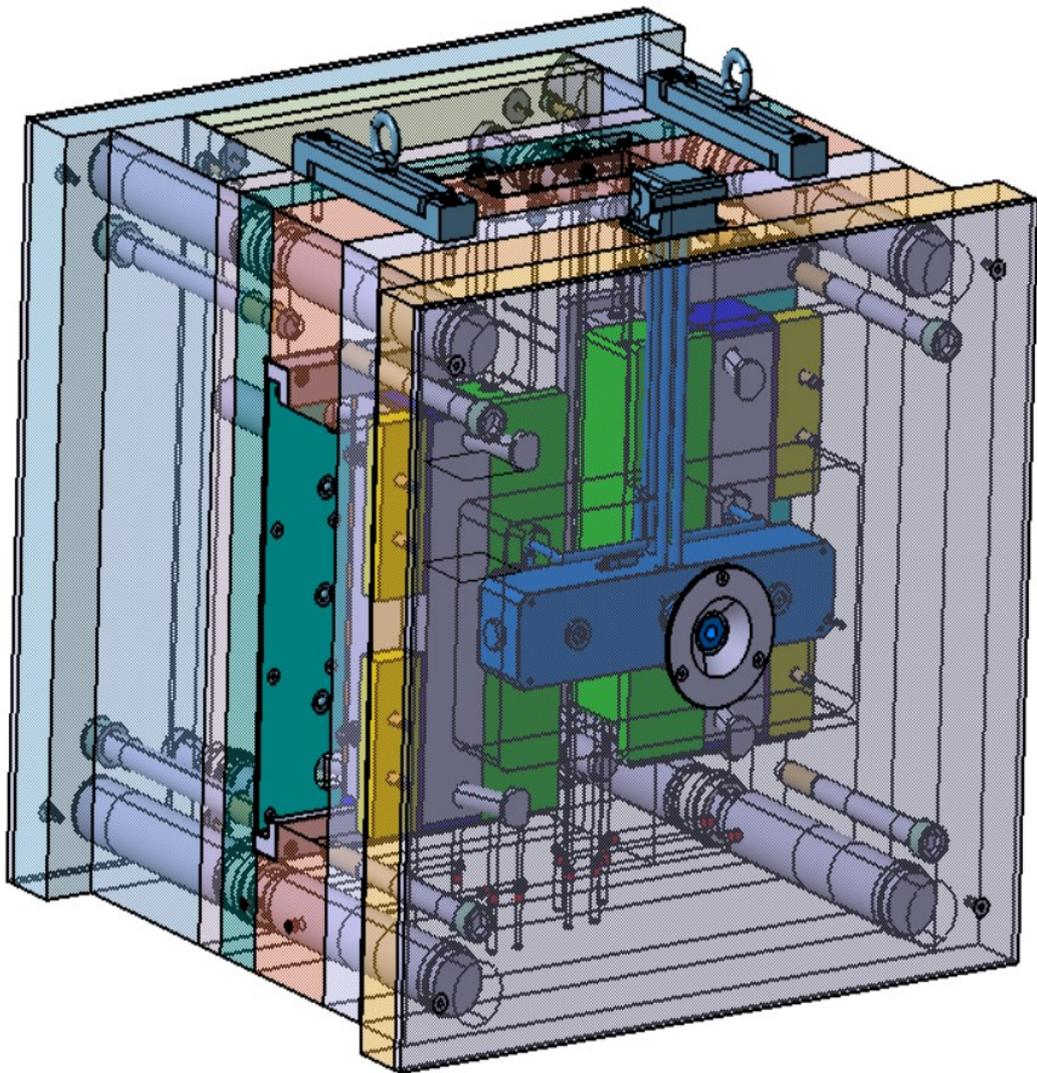
Uzavírací jednotka		
	Jednotka	Hodnota
Otevírací síla	max. kN	800
Uzavírací síla	max. kN	3200
Vzdálenost mezi vodícími sloupky	mm	720 x 720
Výška formy	mm	300 - 700
Otevírací zdvih	mm	700
Vyhazovací síla	max. kN	100
Vyhazovací zdvih	max. mm	250
Vstřikovací jednotka		
Průměr šneku	mm	70
Poměr šneku	L/d	20
Tah šneku	max. mm	280
Objem vstřikované taveniny	max. cm ³	1078
Vstřikovací tlak	max. bar	2000
Rychlost toku taveniny	max. cm ³ /s	306

Tab. 3 Základní parametry uzavírací a vstřikovací jednotky stroje [8]

7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Při konstrukci formy bylo cílem využít co nejjednodušší a nejekonomičtější variantu s ohledem na přesnost výstřiku. Pro zlevnění samotné formy bylo využito co nejvíce normálií od firmy Hasco.

Konstrukce 3D modelu formy proběhla v softwaru CATIA V5 R19 s využitím modulu z balíčku Mechanical design. Rám formy i většina normálií byly vytvořeny pomocí modulu Mold Tooling design. Normalizované díly od firmy Hasco, které nejsou součástí Mold Tooling designu, byly do formy vkládány pomocí softwaru Hasco-Dako Modul. Nenormalizované prvky byly zhotoveny v modulu Part design a do formy byly vloženy pomocí modulu Assembly Design.



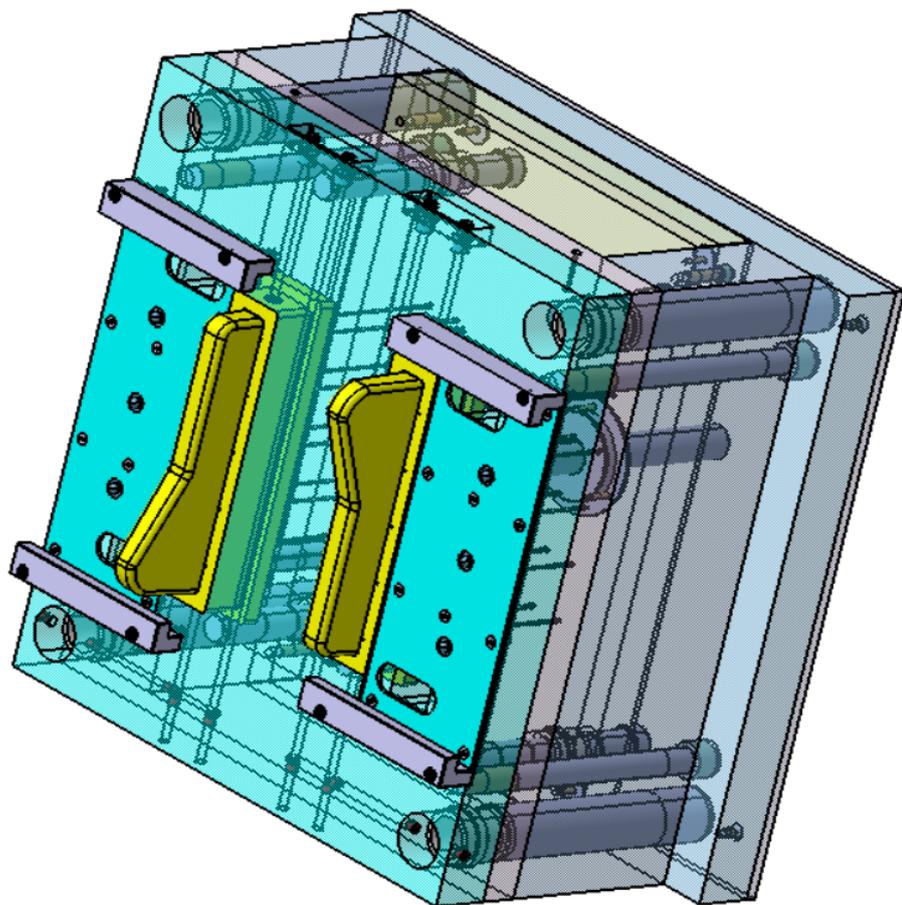
Obr. 20 3D model formy

7.1 Rám formy

Rozměry formy jsou 696 x 646 x 656 mm a je složena ze tří hlavních částí:

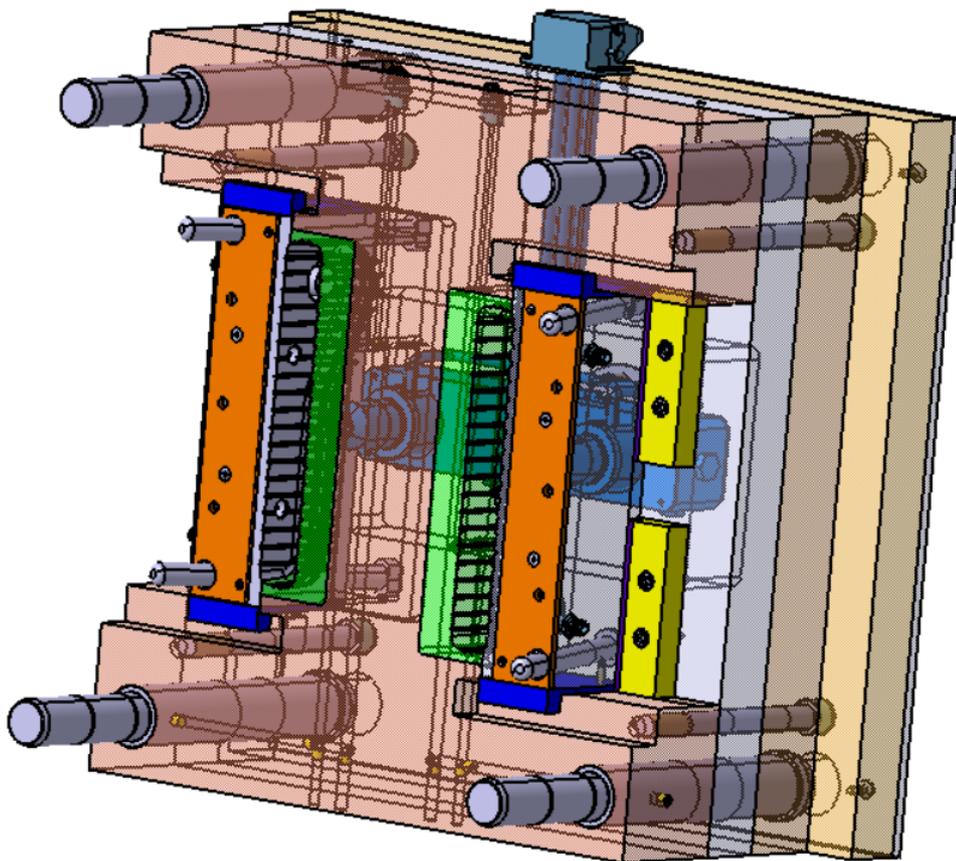
- levá pohyblivá část,
- pravá nepohyblivá část,
- vyhazovací systém.

Levá pohyblivá část je složena z desky upínací, opěrné, kotevní a dvou rozpěrných. Tyto desky jsou spojeny pomocí šroubů s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem a vystředěny pomocí středících trubek a vodících pouzder. Dále se zde nachází deska izolační, která slouží ke snížení tepelných ztrát, jež vznikají únikem tepla do rámu stroje. V kotevní desce jsou ukotveny tvárníky, dále jsou zde umístěny části bočních posuvných čelistí a součásti temperačního systému (zátky, ventily, těsnění). V upínací desce je ukotvený středící kroužek, který slouží k vystředění formy vůči stroji a zároveň zabraňuje sklouznutí formy z upínací desky stroje při její manipulaci.



Obr. 21 Levá pohyblivá část formy

Pravá nepohyblivá část formy je složena z desky upínací, opěrné, mezidesky a kotevní desky. Tyto desky jsou spojeny pomocí šroubů s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem a navzájem vystředěny pomocí vodících čepů. Dále je zde také izolační deska, která má stejnou funkci jako izolační deska na levé straně formy. V kotevní desce jsou umístěny tvárnice, části bočních posuvných čelistí a části temperačního systému (zátky, ventily, těsnění). Šikmé válcové kolíky, zámky bočních posuvných čelistí a tryska vyhřívaného vtokového systému jsou ukotveny v mezidesce. V opěrné desce je zasazen rozvodný blok včetně kabeláže a zásuvky. Centrální vtoková vložka, středící kroužek a vodící čepy jsou uloženy v upínací desce.



Obr. 22 Pravá část formy

Středící, vodící a spojovací prvky byly voleny na základě velikosti desek formy a byly vybírány z katalogu Hasco.

Vyhazovací systém je podrobněji popsán v kapitole 7.9.

7.2 Násobnost formy

Jedním z důležitých faktorů pro návrh formy je její násobnost, která závisí zejména na:

- kapacitě vstřikovacího stroje,
- přesnosti a složitosti výrobku,
- počtu vyráběných kusů výrobku,
- ekonomice (náklady na výrobu formy a použitý materiál).

Rozhodujícími faktory pro výběr násobnosti formy jsou jeho rozměry, rozměrová stálost a jeho složitější odformování. S ohledem na všechny tyto vlastnosti byla zvolena dvojnásobná forma.

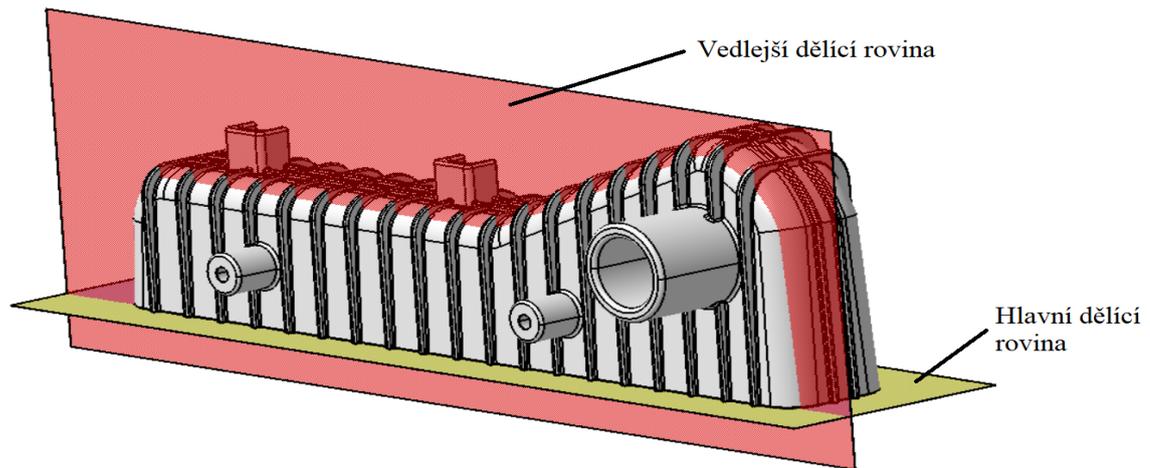
7.3 Odvzdušnění

V dutině formy se před vstřikováním polymeru nachází vzduch. Během vstřikování je tento vzduch stlačován čelem taveniny, přičemž se zahřívá. Takto zahřátý vzduch může způsobovat tvorbu spálených míst ve výstřiku, proto je nutné veškerý vzduch z dutiny formy odvést.

Pro odvzdušnění této formy by měla postačit vůle mezi dělicí rovinou, vůle mezi vyhazovači a vůle mezi posuvnými částmi formy. Ze zkoušek formy se dále zjistí, zdali je odvzdušnění dostatečné a případné nedostatky budou dodatečně vyřešeny.

7.4 Dělicí roviny

Jedním z důležitých faktorů pro konstrukci vstřikovací formy je umístění dělicí roviny. S přihlédnutím ke tvarové složitosti výrobku byla zvolena jedna hlavní a jedna vedlejší dělicí rovina. Hlavní dělicí rovina byla zvolena tak, aby vstřikovaný díl při otevření formy zůstal na levé pohyblivé části formy a poté mohl být snadno odformován pomocí válcových kolíků. Vedlejší dělicí rovina byla zvolena tak, aby mohly být odformovány tvarové části na boční straně výrobku.

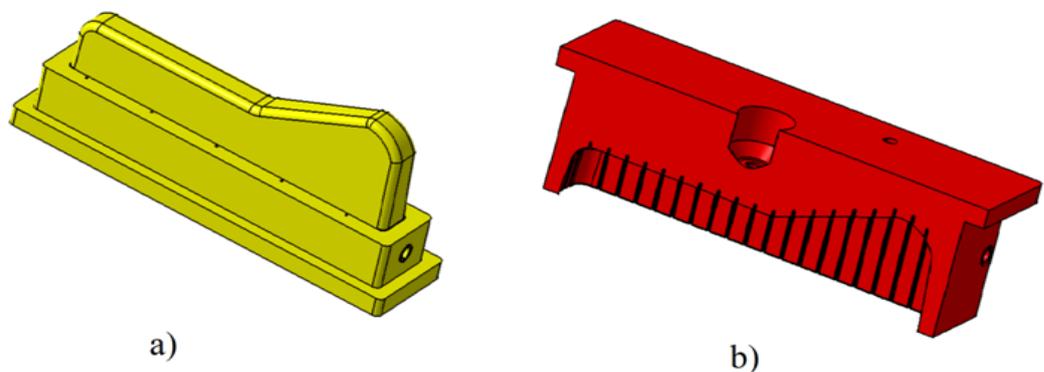


Obr. 23 Dělicí roviny

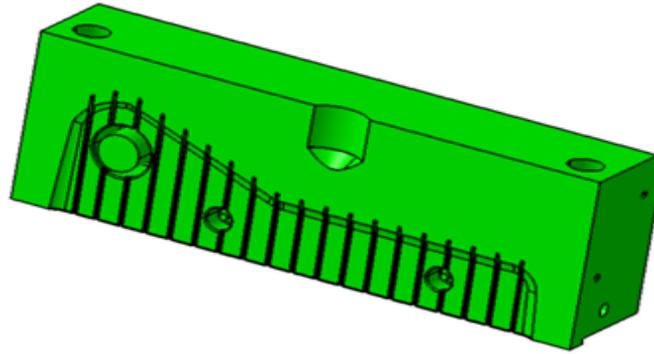
7.5 Tvarové části

Ve formě bylo využito tvarových vložek, protože při jejich poškození lze snadno vyměnit a není nutné opět vyrábět celé tvarové desky. Ve formě se nachází tři tvarové části – tvárník, tvárnice a boční posuvná čelist. Tyto části formy jsou zvětšeny o hodnotu smrštění a dávají výrobku konečný tvar. Tvárník je ukotven na levé pohyblivé části formy, tvárnice je ukotvena na pravé pevné části formy. Tvarové části byly řešeny tak, aby při otevírání formy zůstal výrobek na levé pohyblivé části formy, aby mohlo dojít ke snadnému odformování výrobku pomocí vyhazovacích kolíků. Celá boční strana výrobku, kde se nachází otvory a žebrování, je řešena pomocí bočních posuvných čelistí. Při otevírání formy dojde pomocí šikmých válcových kolíků k jejich vysunutí a výrobek je možné odformovat.

Všechny tyto tvarové části jsou vyrobeny z oceli třídy 19, dále potom cementovány a kaleny pro zlepšení jejich mechanických vlastností.



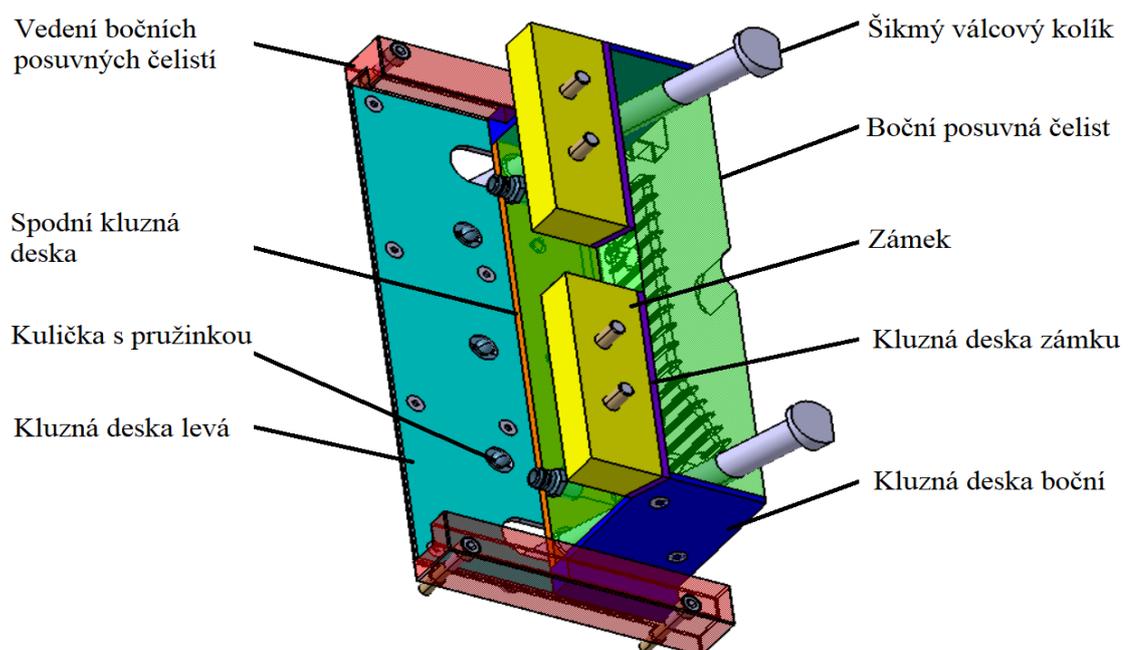
Obr. 24 a) tvárník, b) tvárnice



Obr. 25 Boční posuvná čelist

7.6 Boční posuvné čelisti

Boční posuvné čelisti slouží k odformování částí výrobku, které se nedají běžným způsobem odformovat. Tyto čelisti s tvarovou částí se otevírají zároveň s pohybem levé části formy. Pro snadnější pohyb a menší opotřebení drahých tvarových částí jsou čelisti opatřeny kluznými deskami, které lze při větším opotřebení nebo poškození snadno vyměnit. Čelisti jsou vedeny pomocí šikmých válcových kolíků, které mají sklon 20°. Z důvodu vysokého vstřikovacího tlaku jsou čelisti v uzavřené poloze zajištěny proti pohybu pomocí zámků. V otevřené poloze jsou zajištěny pomocí kuliček s pružinkou, které přesně zapadnou do díry v posuvné čelisti.

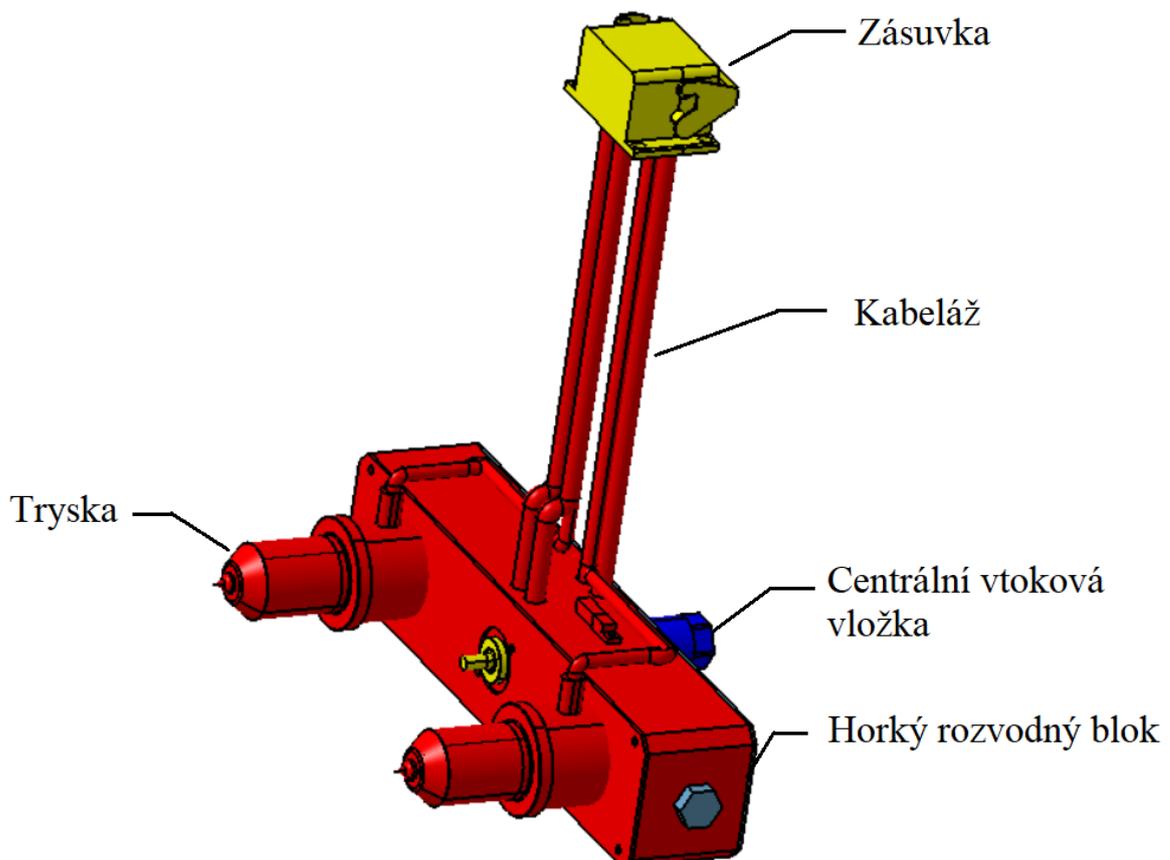


Obr. 26 Boční posuvná čelist

7.7 Vtokový systém

Vtokový systém formy slouží k dopravě taveniny polymeru z plastifikační jednotky stroje do dutiny formy. Dutina formy by měla být naplněna co nejrychleji a u vícenásobné formy musí dojít k naplnění každé dutiny ve stejný čas.

Vzhledem k velikosti formy, velikosti výstřiku a spotřebě materiálu byl vybrán vyhřívaný vtokový systém. Tento systém je tvořen centrální vtokovou vložkou, horkým rozvodným blokem, vyhřívanými tryskami, kabeláží a zásuvkou od firmy Hasco. Rozvodný blok H106 tvaru I je umístěn v drážce v pravé opěrné desce, vystředěn a zajištěn proti pootočení pomocí kolíků. Na rozvodný blok navazují vyhřívané trysky s hrotem Z101G umístěné v mezidesce, které zasahují přímo do tvarové dutiny formy, takže zde nevzniká žádný odpad v podobě vtokových zbytků. Pomocí kabeláže a zásuvky Z1227 jsou rozvodný blok i vyhřívané trysky vyhřáté na potřebnou teplotu.

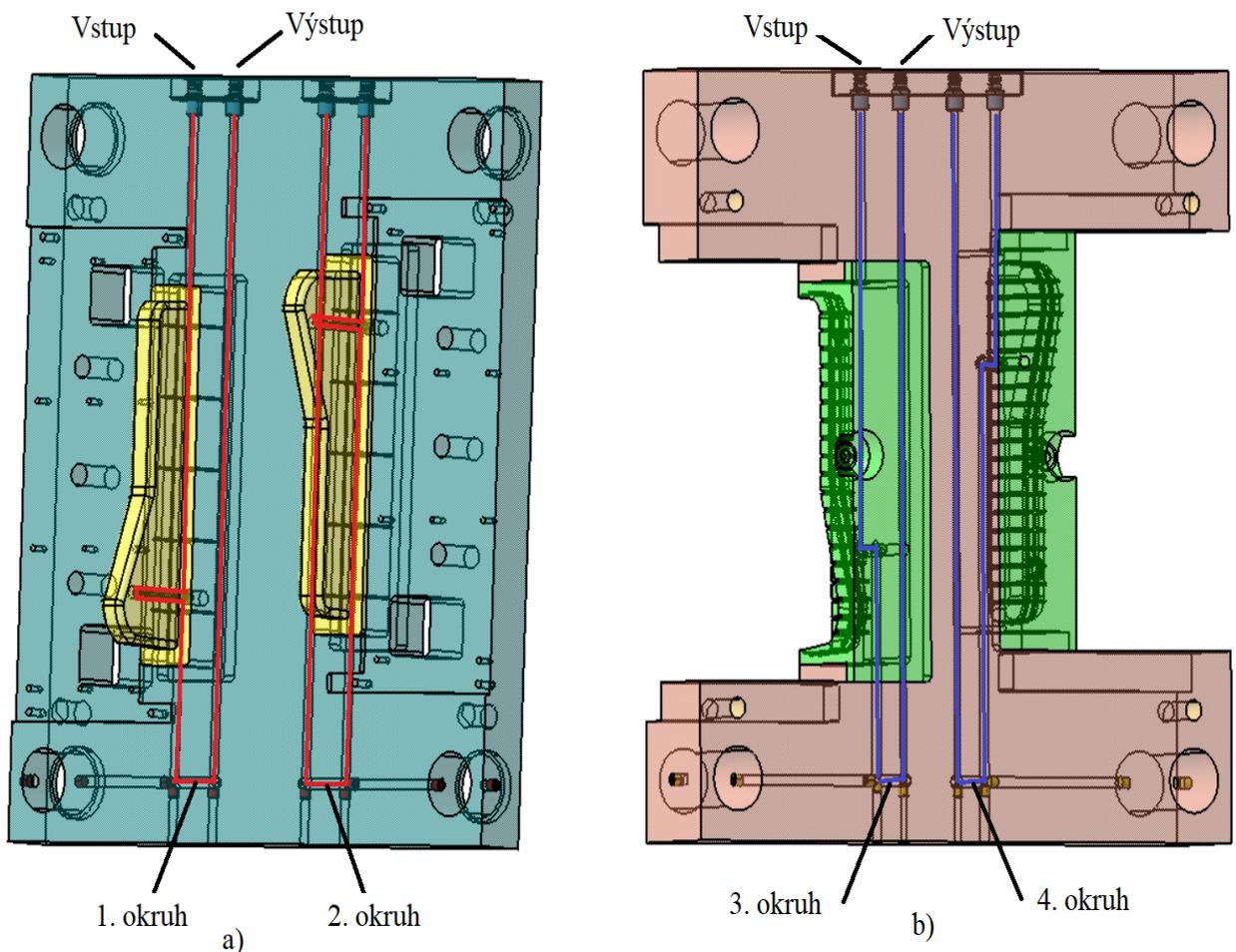


Obr. 27 Vtoková soustava

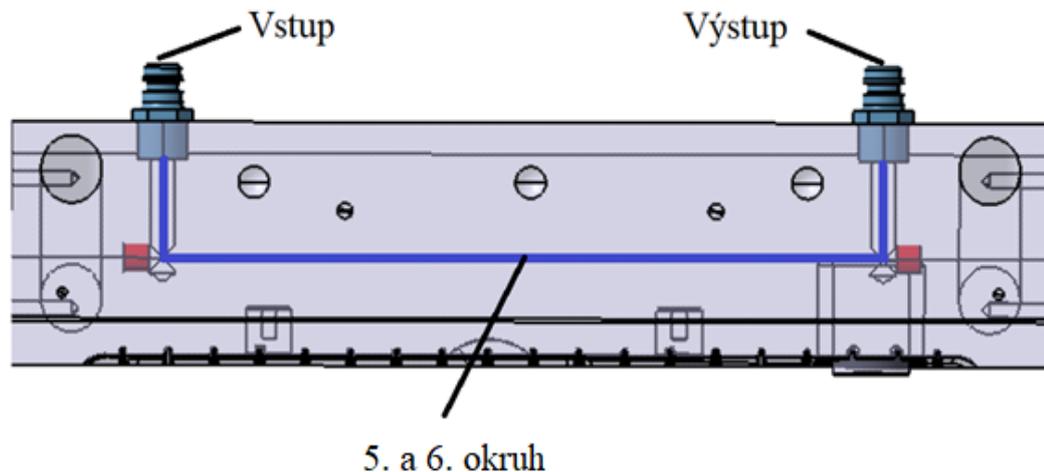
7.8 Temperační systém

Během vstřikování není teplota formy stálá. Při vstříknutí polymeru do dutiny formy nejprve dojde k růstu teploty formy, poté teplota formy klesá. Pro snížení kolísání těchto teplot je nutné navrhnout optimální temperační systém. Optimalizace je řešena správným rozmístěním a velikostí temperačních kanálků, volbou temperačního média a rychlostí jeho proudění.

V případě této formy je temperační systém rozdělen na šest okruhů. Dva okruhy slouží pro temperaci tvárníků, dva pro tvárnice a jeden pro každou čelist. Temperační kanálky mají průměr 10 mm. V přechodech mezi tvarovými částmi a deskami je, pro případ možného úniku temperačního média do formy, nutné tyto místa utěsnit pomocí O-kroužků. Temperační médium je do formy přiváděno pomocí rychlospojek, které umožní snadné a rychlé propojení s hadicemi, a pomocí ucpávek je médium vedeno do potřebných míst. Jako temperační médium byla zvolena voda.



Obr. 28 Temperace a) tvárníku, b) tvárnice

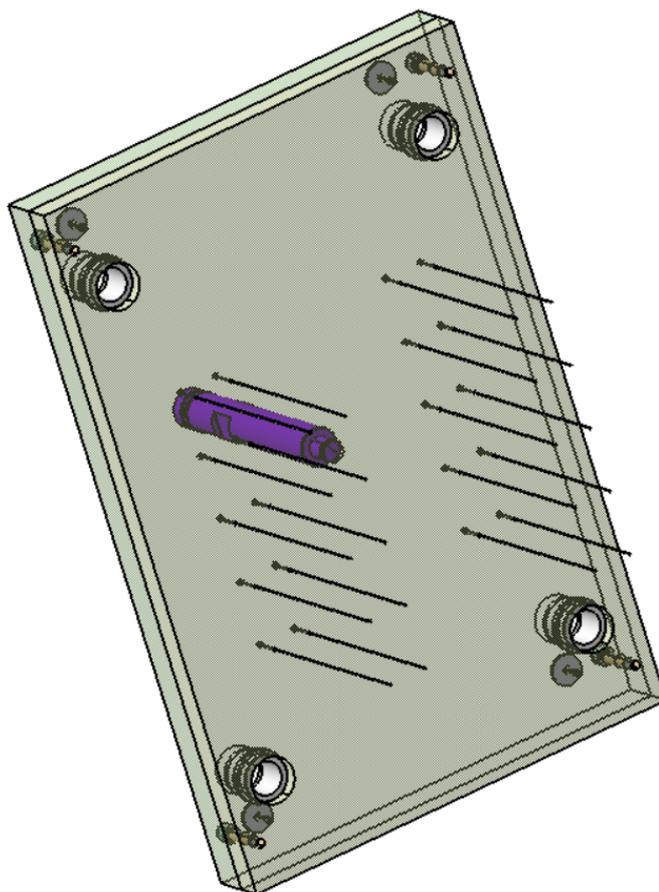


Obr. 29 Temperace čelisti

7.9 Vyhazovací systém

Správně zvolený vyhazovací systém nijak výstřik nedeformuje a podmínkou pro správné vyhození výstřiku je, že výstřik musí zůstat na levé pohyblivé části formy. Výstřik na levé straně formy zůstane díky smrštění výstřiku na tvárníku.

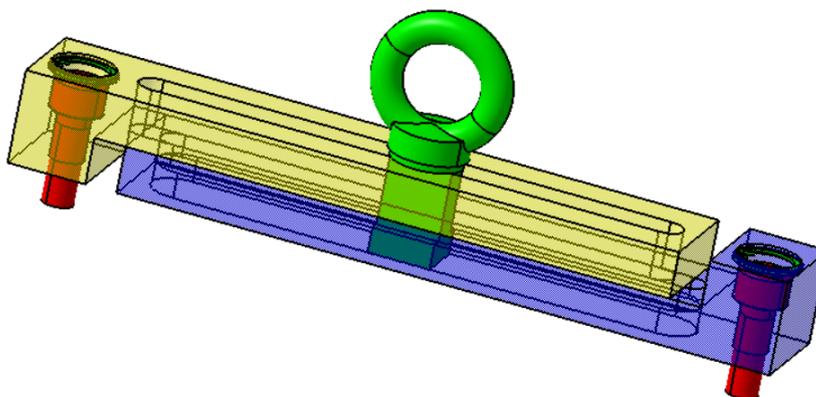
U této formy je vyhazování řešeno pomocí dvaceti válcových vyhazovacích kolíků o průměru 4 mm, tzn. deset pro každý díl. Normalizované válcové kolíky byly vybrány od firmy Hasco. Tyto kolíky bylo nutné upravit, tj. zkrátit na délku 233 mm. Vyhazovače jsou upevněny ve vyhazovací kotevní desce, která je pomocí šroubů s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem spojena s vyhazovací opěrnou deskou. Pomocí táhla, které je ovládáno hydraulickým systémem vstřikovacího stroje, je zajištěn pohyb vyhazovacích desek. Tyto desky jsou vedeny pomocí čtyř vodících čepů ukotvených v levé upínací desce vstřikovací formy. Pro snadnější vedení pohybu těchto desek jsou v deskách umístěny čtyři vodící pouzdra. Pro bezpečné vyhození výrobku z tvárníku je nutné zajistit dostatečný zdvih vyhazovačů. Hodnota zdvihu vyhazovačů v případě této formy je 114 mm.



Obr. 30 Vyhazovací systém

7.10 Transportní zařízení

Vzhledem k velké hmotnosti a velkým rozměrům formy je nutné k jejímu transportu použít jeřáb. K tomuto účelu je forma opatřena dvojicí nosičů, které jsou upevněny v horní části rámu formy za pomoci dvou šroubů s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem.



Obr. 31 Nosič formy

8 POUŽITÝ SOFTWARE

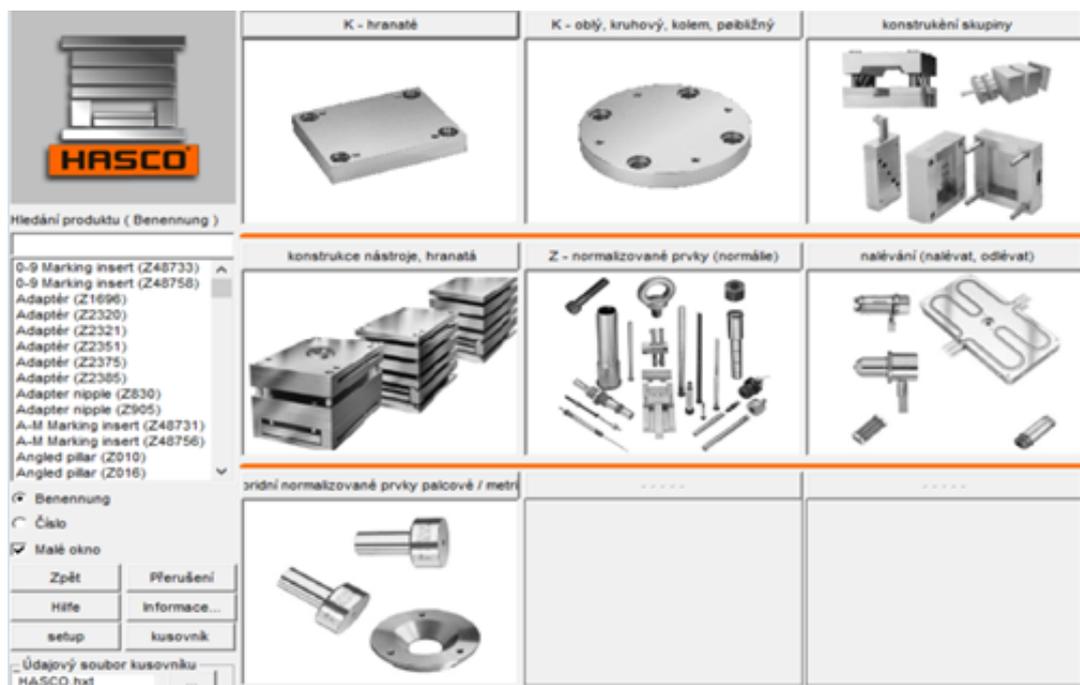
8.1 CATIA V5R19

Ke konstrukci 3D modelu dílu, vstřikovací formy a vytvoření výkresové dokumentace byl využit program CATIA V5R19. Tento program vyvinula francouzská firma Dassault Systemes a patří k nejpoužívanějším softwarům v oblasti automobilového a leteckého průmyslu.

V programu lze vytvářet 3D modely, ale i různé simulace, analýzy a optimalizace. Dále je v něm možné vytvářet 2D výkresy a rovněž nabízí možnost vytvoření programu pro obrábění. Díky modulům Assembly design (práce se sestavami) a Mold tooling design (vytváření forem) software CATIA značně zjednodušuje konstrukci vstřikovacích forem. Značnou výhodou tohoto systému je i možnost použití normálií od firem Hasco, DME, Futuba aj.

8.2 HASCO – DAKO Modul

Jedná se digitální katalog od firmy Hasco, který slouží k rychlému a jednoduchému vybírání požadovaných normálií včetně jejich rozměrů. Z katalogu lze tyto součásti převést do systému CATIA a následně s nimi pracovat, např. vkládat do sestavy formy.



Obr. 32 Hasco – Dako modul

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a provést konstrukci vstřikovací formy pro plastový díl. Vstřikovaným dílem byla součást vzduchového rozvodu automobilu. Materiál použitý při vstřikování byl vybrán PA 66 plněný 30 % skelných vláken.

V teoretické části byly popsány používané materiály při vstřikování a jejich příprava před vstřikováním, vstřikovací stroj, samotný princip vstřikování a konstrukční řešení formy včetně jejich částí.

V praktické části byl vytvořen 3D model výrobku, sestaven 3D model vstřikovací formy a zhotovena výkresová dokumentace včetně kusovníku. Při konstrukci vstřikovací formy byl využit software CATIA V5R19. Pro snadný výběr a vkládání normalizovaných součástí byl použit digitální katalog od firmy Hasco.

Podstatnou částí bakalářské práce bylo vytvoření 3D modelu dvojnásobné vstřikovací formy. Forma byla složena ze tří hlavních částí: levá pohyblivá strana, pravá nepohyblivá strana a vyhazovací systém. Pro zaformování výrobku byly navrženy dvě tvarové vložky a pro vytvoření konstrukčních prvků na boku výrobku včetně žebrování byly navrženy boční posuvné čelisti. Tyto čelisti jsou ovládány mechanicky pomocí šikmých válcových kolíků. Ve formě byl použit vyhřívaný vtokový systém obsahující centrální vtokovou vložku, horký rozvodný blok, dvě vyhřívané trysky, kabeláž a zásuvku. Odvzdušnění dutiny formy bylo řešeno vůlí mezi vyhazovači, vůlí v posuvných částech bočních čelistí a vůlí mezi dělicí rovinou. Temperační systém tvoří celkem šest okruhů – dva pro chlazení tvárníků, dva pro tvárnice a jeden pro každou posuvnou čelist. Vyhazovací systém tvoří dvacet válcových vyhazovacích kolíků, které zajistí snadné odformování výrobků. Pro případ manipulace s formou za pomoci jeřábu byla forma opatřena dvěma nosiči.

Poslední fází praktické části bylo zhotovit výkresovou dokumentaci včetně kusovníku. Tato dokumentace zobrazuje konstrukční řešení vstřikovací formy a uspořádání jednotlivých prvků ve formě.

Pro navrženou vstřikovací formu byl zvolen vstřikovací stroj Allrounder 720 S od německé firmy Arburg.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BĚHÁLEK, L. *Polymery* [online]. 1. vyd. Střední odborné učiliště Svitavy. 2016. ISBN 978-80-88058-68-7. [cit. 2017-12-09].
Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Cover.html>.
- [2] STANĚK, M. přednášky z předmětu Konstrukce forem. FT UTB ve Zlíně. 2017.
- [3] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů*. 2.vyd. Brno:UNIPLAST Brno. 1999. 134 s.
- [4] NEUHÄUSL, E. *Polymery amorfní a semikrystalické z hlediska vstřikování*. MM Průmyslové spektrum. [online]. Praha: MM Publishing. 2012. [cit. 2017-12-09].
Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/polymery-amorfni-a-semikrystalicke-z-hlediska-vstrikovani.html>
- [5] LENFELD, P. *Technologie II - Vstřikování plastů, Liberec: TU* [online]. [cit. 2017-12-15]. Dostupné z:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [6] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN – technická literatura. 2009. 248 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [7] SEDIL, M. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů*. [online] 1. vyd. Střední odborné učiliště Svitavy. 2016. ISBN 978-80-88-058-71-7. [cit. 2017-12-15].
Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/Cover.html>
- [8] ARBURG [online]. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z:
<https://www.arburg.com/cs/cz/spektrum-sluzeb/vstrikovani/vstrikovaci-stroje/hydraulicke-stroje/>
- [9] Rámy vstřikovacích forem [online]. [cit. 2017-12-15]. Dostupné z:
https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-verfin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Ramy_vstrikovacich_forem.pdf
- [10] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Brno: UNIPLAST Brno. 1999. 214 s.
- [11] HYNEK, M. a kol. *Studené a živé vtokové systémy* [online]. [cit. 2017-12-15].

- Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-verfin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf
- [12] TOMIS, F., HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1985.374 s. ISBN 414-33580.
- [13] MD Melt Design, Inc. [online]. [cit. 2007-12-05]. Dostupné z: <http://www.meltdesign.com/images/slide-nozzles.png>
- [14] Vstřikovací formy [online]. [cit. 2017-12-26]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni_soubory/htn_tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy_zak.pdf
- [15] BOBEK, J. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. 1. vyd. Střední odborné učiliště Svitavy. 2016. ISBN 978-80-88058-65-6. [cit. 2017-12-26]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Cover.html>
- [16] LENFELD, P. *Technologie vstřikování* [online]. 1. vyd. Střední odborné učiliště Svitavy. 2016 ISBN 978-80-88058-74-8. [cit. 2007-12-09]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Cover.html>
- [17] COMPREX CZ [online]. [cit. 2017-12-15]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/>
- [18] HASCO [online]. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <http://www.hasco.com/hasco/en/>
- [19] MEUSBURGER [online] [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <https://www.meusburger.com/>
- [20] 14220.cz. *Tváření forem a výroba plastů II*. [online]. 8. 6. 2014. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-form-ii/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PE	Polyethylen
PA	Polyamid
PP	Polypropylen
T_g	Teplota skelného přechodu
T_f	Teplota viskózního toku
T_m	Teplota tání
3D	Trojrozměrný prostor
2D	Dvojrozměrný prostor

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Základní dělení polymerů [1]	12
Obr. 2 Příklady použití [1].....	14
Obr. 3 Výrobek z elastomeru [1]	14
Obr. 4 Vstřikovací cyklus [5]	16
Obr. 5 Závislost tlaku během vstřikovacího cyklu na čase [5].....	17
Obr. 6 Příklad pVt diagramu [16]	18
Obr. 7 Schéma vstřikovacího stroje [5]	19
Obr. 8 Vstřikovací jednotka [7]	20
Obr. 9 Uzavírací jednotka [8].....	21
Obr. 10 Řez vstřikovací formy [2].....	22
Obr. 11 Umístění vyhazovače mezi deskami [9].....	25
Obr. 12 Vtoková soustava [10].....	27
Obr. 13 Rozvržení vtokového systému.....	28
Obr. 14 Tryska s vnějším topením [13].....	29
Obr. 15 Temperace výrobku [15]	30
Obr. 16 Vyhazovací kolíky [17]	32
Obr. 17 Přední strana výrobku.....	36
Obr. 18 Zadní strana výrobku.....	36
Obr. 19 Vstřikovací stroj Allrounder 720 S [8].....	38
Obr. 20 3D model formy	39
Obr. 21 Levá pohyblivá část formy	40
Obr. 22 Pravá část formy	41
Obr. 23 Dělicí roviny	43
Obr. 24 a) tvárník, b) tvárnice	43
Obr. 25 Boční posuvná čelist.....	44
Obr. 26 Boční posuvná čelist.....	44
Obr. 27 Vtoková soustava.....	45
Obr. 28 Temperace a) tvárníku, b) tvárnice.....	46

Obr. 29 Temperace čelisti.....	47
Obr. 30 Vyhazovací systém.....	48
Obr. 31 Nosič formy.....	48
Obr. 32 Hasco – Dako modul	49

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Aktivní temperanční média [14].....	31
Tab. 2 Vlastnosti materiálu [18]	37
Tab. 3 Základní parametry uzavírací a vstřikovací jednotky stroje [8].....	38

SEZNAM PŘÍLOH

P1: Výkresová dokumentace

- sestava formy, řez formou A-A,
- řezy formou B-B a C-C,
- ISO pohledy formy,
- kusovník 1. část,
- kusovník 2. část,
- výrobní výkres výrobku.

P2: CD disk obsahující:

- textovou část bakalářské práce,
- 3D model formy v softwaru CATIA V5 R19,
- výkresovou dokumentaci.