

Konstrukce formy pro vstřikování plastového výrobku automobilu

Libor Šťastný

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:	Libor Šťastný
Osobní číslo:	T17649
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Konstrukce formy pro vstřikování plastového výrobku automobilu

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci zadaného dílu.
3. Navrhněte 3D sestavu vstřikovvací formy pro zadaný díl.
4. Nakreslete výkresy 2D sestavy vstřikovvací formy.

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

Seznam doporučené literatury:

ZEMAN, Lubomír. *Vstříkování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1.
OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. *Injection molding handbook*. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 978-1-56990-420-6
BEAUMONT, John P. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding*. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, c2007, xvi, 308 s. ISBN 978-1-56990-421-3.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Michal Staněk, 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 10. 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, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta: Libor Šťastný

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je návrh vstříkovací formy pro plastový díl automobilu. Teoretická část práce pojednává o technologii vstříkování, o polymerních materiálech a zásadách pro konstrukci vstříkovaných výrobků a konstrukci vstříkovacích forem.

V praktické části se bakalářská práce zabývá konstrukčním návrhem vstříkovací formy pro daný plastový výrobek. Výstupem je 3D model vstříkované plastové části svorky a vstříkovací forma pro jeho výrobu 3D softwaru CATIA V5.

Klíčová slova: vstříkování, vstříkovací forma, CATIA V5, polymerní materiály.

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is design of injection mold for plastic part. Theoretical part discusses of the injection molding technology, polymer materials, construction principles of injection molded products and construction of injection forms.

In the practical part deals with design of injection mold for specific plastic product. The output is a 3D model model of injection-molded plastic product and injection mold in 3D software CATIA V5.

Keywords: injection molding, injection mold, CATIA V5, polymer materials.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji všem, kteří mi při této práci přispěli svými znalostmi. Především bych chtěl poděkovat svému vedoucímu doc. Ing. Michalu Staňkovi Ph.D., za pravidelné konzultace, odborné rady a čas, který mi po dobu vytváření této práce věnoval.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1. VSTŘIKOVÁNÍ	11
1.1 DRUHY PLASTŮ	11
1.1.1 Termoplasty.....	11
1.1.2 Reaktoplasty.....	12
1.2 ELASTOMERY	13
1.3 VÝBĚR TERMOPLASTU PRO VSTŘIKOVÁNÍ	13
1.4 PŘÍPRAVA PLASTŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM	13
1.4.1 Sušení	13
1.4.2 Granulace	14
1.4.3 Barvení granulátu	14
1.4.4 Recyklace termoplastů	14
1.5 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	15
2 VSTŘIKOVACÍ STROJ	17
2.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA	17
2.1.1 Vstřikovací kapacita.....	18
2.1.2 Plastikační kapacita.....	18
2.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	18
2.3 KONTROLNÍ A ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA	19
3 KONSTRUKCE VYSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ	20
3.1 TLOUŠŤKA STĚN	20
3.2 ŽEBRA	21
3.3 ZAOBLNĚNÍ HRAN A ROHŮ	22
3.4 ÚKOSY	23
3.5 PODKOSY	24
3.6 SMRŠTĚNÍ.....	24
4 VSTŘIKOVACÍ FORMY	25
4.1 NÁVRH VSTŘIKOVACÍ FORMY	25
4.2 DĚLÍCÍ ROVINY	25
4.3 NÁVRH DESEK VYSTŘIKOVACÍ FORMY	25
4.4 MATERIÁLY PRO VSTŘIKOVACÍ FORMY	26
4.5 TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	26
4.5.1 Pasivní temperace.....	27
4.5.2 Aktivní temperace	28
4.6 VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	28
4.6.1 Vyhazovací kolík	28

4.6.2	Trubkový vyhazovač	28
4.6.3	Stírací deska	29
4.6.4	Šikmé vyhazovače	29
4.6.5	Vytáčekcí zařízení	29
4.6.6	Dvoustupňové vyhazování	29
4.6.7	Hydraulické vyhazovače	30
4.6.8	Pneumatické vyhazovače	30
4.7	BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI	30
4.8	VTOKOVÉ SYSTÉMY	30
4.8.1	Studené vtokové systémy	30
4.8.2	Plný kuželový vtok	32
4.8.3	Bodový vtok	32
4.8.4	Deštníkový, talířový a prstencový vtok	33
4.8.5	Filmový (štěrbinový) vtok	33
4.8.6	Tunelový vtok	34
4.8.7	Banánový (prohnutý) vtok	34
4.8.8	Vyhřívané vtokové systémy	35
4.9	ODVZDUŠNĚNÍ	35
4.10	NORMÁLIE	36
II	PRAKTICKÁ ČÁST	37
5	ZADANÉ CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	38
6	POUŽITÉ KONSTRUKČNÍ PROGRAMY	39
6.1	CATIAV5R19	39
6.2	HASCO DAKO MODULE 2015	39
7	VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK	40
7.1	MATERIÁL	40
8	VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	42
9	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	44
9.1	NÁSOBNOST FORMY	44
9.2	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU A VOLBA DĚLÍCÍCH ROVIN	45
9.3	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY	45
9.4	POSUVNÉ TVAROVÉ ČELISTI	46
9.5	TEMPERAČNÍ SYSTÉM	48
9.6	VTOKOVÁ SOUSTAVA	49
9.7	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	50
9.8	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	50
9.9	VODÍCÍ A UPÍNACÍ PRVKY	52
	ZÁVĚR	54
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	55
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	57

SEZNAM OBRÁZKŮ	58
SEZNAM TABULEK.....	60
SEZNAM PŘÍLOH.....	61

ÚVOD

Vstřikování je jeden z nejrozšířenějších způsobů zpracování polymerních materiálů, který zaznamenal v posledních letech velký rozvoj. Výrobky vyrobené touto technologií lze nalézt nejen ve všech odvětví průmyslu ale i v domácnostech. Pro výrobu je nutné užít vstřikovací stroj, jehož důležitou součástí je i vstřikovací forma. Ta zajišťuje potřebný tvar, vzhled a kvalitu povrchu výrobku.

Forma se individuálně řeší pro daný výrobek. Využívá se při tom různých konstrukčních aplikacích, které dovolují simulovat chování formy a materiálu během vstřikování. Složitost formy se odvíjí od složitosti výrobku. Práce a výroba je zjednodušena firmami poskytujícími normalizované součásti. Nejznámější firmy dodávající tyto součásti jsou firmy HASCO, DME, NEUSBURGER nebo STRACK.

Po vyjmutí z formy by výrobek měl vyhovovat požadavkům zákazníka, aby nebylo třeba výrobek upravovat.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1. VSTŘÍKOVÁNÍ

Technologie, při které je roztavený materiál pod tlakem vtlačen do dutiny formy, kde chladnutím vytvrzuje a přejímá tvar formy. Jako nekovový materiál se nejčastěji využívají termoplasty, ale lze použít i některé kaučuky a reaktoplasty. Za pomoci této technologie lze vyrábět i tvarově složitější výrobky. Výrobky vytvořené touto technologií se vyznačují dobrými tvarovými i povrchovými vlastnostmi. Vstřikovací proces probíhá ve vstřikovacím cyklu.

Tato technologie dovoluje nahrazovat výrobky z kovu, dřeva a dalších materiálů výrobky z polymerních materiálů. Hlavními důvody tohoto trendu je rychlá výroba, cena a možnost plné automatizace výroby. Nevýhodou jsou však samotné charakteristické vlastnosti materiálu, jež nedosahuje teplotní a mechanické odolnosti např. kovových materiálů. [1]

1.1 Druhy plastů

Plasty jsou polymerní látky. Polymer se skládá z molekul tvořených jedním nebo více atomy spojených do tak dlouhého řetězce, že se fyzikální a chemické vlastnosti této látky nezmění přidáním nebo odebráním jedné nebo několika konstitučních jednotek. Polymer vzniká polymerizací monomeru. Plasty se dělí na termoplasty a reaktoplasty. [1,2,11]

1.1.1 Termoplasty

Termoplasty jsou polymerní látky s lineárními anebo rozvětvenými řetězci. Ty se dále dělí podle počtu základních chemických jednotek, a to na homopolymery a kopolymery.

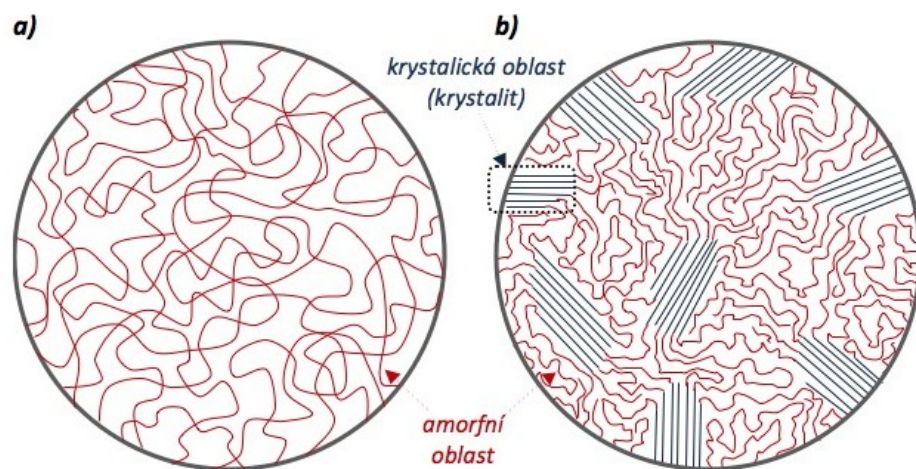
- Homopolymery se skládají pouze z jednoho druhu základní jednotky.
- Kopolymery se skládají ze dvou a více základních jednotek.

Z hlediska vnitřního uspořádání řetězců termoplastů, se dělí na:

- amorfni, jejich řetězce jsou nepravidelně uspořádané. Vyznačují se tvrdostí, křehkostí a nízkým indexem lomu světla. Jenž způsobuje čírost, transparentnost nebo průhlednost amorfniho materiálu. Výrobky z amorfniích plastů lze používat pouze v teplotách pod teplotou skelného přechodu, kde je tento materiál pevný. Při překročení teploty se plast dostane do plastické oblasti a dalším ohřátím do oblasti viskózního stavu, který se používá pro zpracování.

- semikrystalické, řetězce jsou z velké části pravidelně uspořádány v lamelách. Lamely se dále spojují do sférolitů. Místa mezi lamelami a sférolity jsou vyplněny amorfní strukturou plastu. Charakteristickými vlastnostmi jsou houževnatost, pevnost a mléčné zakalení, způsobené různým indexem lomu krystalické a amorfní složky plastu. Pevnost plastu roste se stupněm krystalinity.

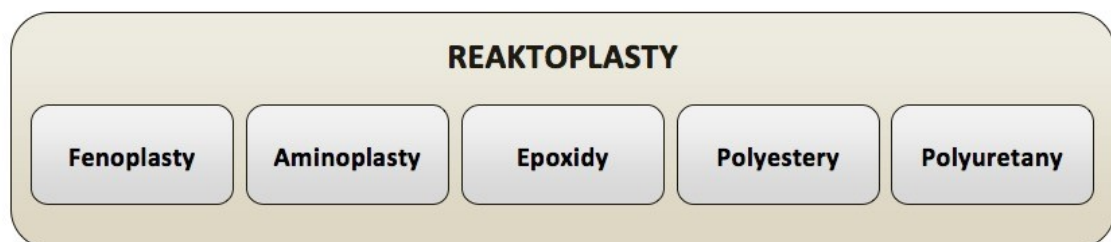
Termoplasty při zahřívání nemění svoji chemickou strukturu, pouze dochází k fyzikální změně. Díky tomu lze termoplast recyklovat. [1,2,11]



Obr. 1 – Struktura termoplastů a) amorfní b) semikrystalická [11]

1.1.2 Reaktoplasty

Plasty, které vlivem tepla, tlaku nebo i katalyzátorem zesítují. Zesítování vytváří z molekul reaktoplastu prostorovou síť. Reaktoplast po zesítování nelze dále tvářet. Vzniklé vazby zesítování nelze již rozrušit bez ztráty požadovaných vlastností. Reaktoplasty mají velmi dobrou odolnost vůči korozi a teplu. Na rozdíl od termoplastů nelze reaktoplasty znovu tavit. Tato vlastnost má za následek mnohem složitější způsob recyklace. [3,2]



Obr. 2 – Základní rozdělení reaktoplastů [11]

1.2 Elastomery

Jedná se o polymerní materiály, které se vyznačují velkou pružností za běžných podmínek. Dominantní skupinou elastomerů jsou kaučuky. Zahříváním kaučuku dochází k částečnému zesíťování struktury, probíhá tzv. vulkanizace. Kaučuky jsou základní surovinou pro výrobu pryží. Vulkanizace vede ke vzniku disulfidických můstků mezi makromolekulami kaučuku a k tvorbě řídké trojrozměrné polymerní sítě. Čím déle vulkanizace probíhá, tím více můstků vzniká a tím je výsledná pryž tvrdší. Vulkanizací se obvykle zásadně zlepšují vlastnosti kaučuků. Nepoužitelný výrobek z kaučuku se rozemele na regenerát, ten se v malém množství přidává do nových výrobků. [4,2]

1.3 Výběr termoplastu pro vstřikování

Při výběru vhodného termoplastického materiálu je nutné posoudit podmínky, ve kterých se bude daný výrobek nacházet při svém použití. Hlavními podmínkami pro výběr materiálu jsou, zda bude splňovat definované požadavky a zda zvolená technologie je na daném stroji proveditelná bez velké náročnosti. Po vyhodnocení těchto podmínek je voleno ze všech plastů, které podmínky splňují. Mezi zvolenými plasty poté rozhodují jen méně vážná kritéria, jako jsou dostupnost, estetický vzhled a další. [5]

1.4 Příprava plastů před vstřikováním

Plasty obecně nemohou být bezprostředně zpracovány v hotové výrobky. Je nutné, aby před samotným zpracováním prošly technologiemi přípravného zpracování. V tomto zpracování se do plastů přidávají různé přísady, nebo se odstraňují těkavé podíly, voda apod. Dochází k ovlivnění fyzikální a chemické struktury plastů. K těmto technologiím také patří tvarování pro snadnější přepravu a zpracování (granulát, prášek, pasta atd.) [2]

1.4.1 Sušení

Některé plastové materiály jsou hydrofilní, dokáží absorbovat vodu. Proto musí být před samotným zpracováním zbaveny přebytečné vlhkosti sušením. Přítomnost vody se projevuje zhoršenou kvalitou povrchu výrobku a poklesem mechanických vlastností. Tento jev se nejvíce projevuje u plastů, u nichž voda při zvýšené teplotě způsobuje štěpení makromolekul.

Samotný průběh sušení závisí na charakteru spojení materiálu a vlhkosti. Voda může být vázána na povrchu materiálu tzv. přilnavostí anebo kapilárními silami, kdy se voda nalézá v mikrokapilárách v celém objemu hmoty. Pokud se voda nalézá v mikrokapilárách je sušení ztíženo. Voda se v nich chová jako by byla pod vyšším tlakem, než je okolí a tím je potřebná vyšší teplota, než je bod varu při daném okolí. Materiál je možno vysušovat jen do určité vlhkosti, zvané rovnovážná vlhkost. Rovnovážná vlhkost závisí na teplotě a relativní vlhkosti okolí.

Sušení a navlhání jsou vratné procesy, a proto vysušený materiál je nutno chránit před vlhkostí v ovzduší. Z tohoto důvodu se do násypky zpracovatelských strojů dává jen takové množství, které se přibližně zpracuje do 30 minut. [2]

1.4.2 Granulace

Závěrečným stupněm přípravného zpracování pro většinu plastů je granulace. Při této operaci získává materiál tvar granulí, který je vhodný pro další zpracování. Vhodnost granulátu je dána dobrou sypanou hmotností, lze je dobře směšovat s dalšími materiály, jako jsou barviva, a lze je dobře dávkovat. Do granulí se zpracovává i recyklát získaný mletím nebo drcením. V tomto případě se granule nazývají regenerát. Tvar granulí je nejčastěji buď váleček, čočka, krychlička nebo kulička. [2]

1.4.3 Barvení granulátu

V některých případech je zapotřebí vyrábět výrobek s určitým barevným odstínem. Pokud žádaná barva není dodávána výrobcem, je nutné kontaktovat výrobce anebo obarvit granulát zakoupeným barvivem. Tato operace se může provést přímo na vstřikovacím zařízení nebo se obarvení provádí před samotným výrobním procesem. Nejčastěji za pomoci vytlačování, kde se granulát míchá s barvivem požadovaného odstínu. Kontrolu odstínu barvy lze, jak kontrolovat subjektivním i přístrojovým vyhodnocováním. [2]

1.4.4 Recyklace termoplastů

Plastové odpady se dají rozdělit na technologický a užitný odpad. Technologické odpady jsou odpady, které vznikly při samotné výrobě výstřiku. Zahrnují vtokové systémy, vadné výrobky, odštrážky. Užitný odpad vzniká skončením funkční doby výrobku.

Zatímco užitný odpad poskytuje relativně kvalitní materiál, který je vlastnostmi srovnatelný s původním materiálem, tak druhá skupina je obvykle znečištěná a většinou je plast znehodnocen stárnutím

Použití jednotlivých odpadů závisí na jejich původu, a jak byl materiál dříve zpracován. Také záleží na tom, zda byl materiál drcen nebo drcen a regranulován.

Drcený materiál má výhodu u tepelně citlivých materiálů, ale nevýhodou je nestejná velikost drcených částí a zvýšené množství prachových částic. Tato nevýhoda se dá částečně odstranit pomalým mletím a odsáváním prachu.

Regranulovaný materiál je z hlediska tvaru vstupních částic rovnocenný materiálu původnímu. Jeho další výhodou je možnost přidání aditiv pro zlepšení vlastností. Nevýhodou je energetická náročnost.

Drť a regranulát je možné přidávat k čistému granulátu, ale musí se počítat se sníženými mechanickými vlastnostmi. Ovlivnění vlastností závisí na množství přidaného recyklátu. Použití recyklátu má samozřejmě svá omezení a závisí na potřebných vlastnostech výrobku. U značně namáhaných dílců se recyklát používat nesmí. [2]

1.5 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus probíhá na vstřikovacím stroji. Vstřikovací cyklus se skládá z přesně definovaných po sobě jdoucích kroků. Za počátek vstřikovacího cyklu je vhodné si zvolit bod, kdy stroj dostane pokyn k uzavření formy.

V tomto bodě je dutina formy prázdná a forma je stále otevřená, ale pohyblivá část formy se přisune k pevné části a dojde k uzavření formy. Poté dojde k uzamknutí. Činnosti uzavření a uzamknutí formy je nutno rozlišovat, protože síly jednotlivých kroků jsou různé. Na přisun nám stačí malá síla F_p , ale na uzamčení je nutno vyvinout mnohem větší síly F_u jež nám zajistí, aby se forma vlivem tlaku vstřikované taveniny neotevřela. Po uzavření formy dojde k vstřikování taveniny do formy. Za tímto účelem se šnek začne axiálně pohybovat bez otáčení. V tomto kroku plní funkci pístu. Po naplnění dutiny formy dojde ještě ke stlačení taveniny. Při tomto kroku dosahuje tlak v dutině největších hodnot.

Ihned po vstupu taveniny do dutiny formy začne tavenina předávat teplo formě a tím začne chladnout. Chlazení trvá až do otevření formy a vyhození výstřiku. Dobu chlazení lze rozdělit dle tlaku na dobu chlazení při vstřikovacím tlaku a na dobu chlazení při klesajícím

tlaku. Doba chlazení je ovlivněna počáteční teplotou formy, tloušťkou stěn výrobku a temperačním systémem. V průběhu chlazení dochází ke smršťování materiálu a zmenšení objemu. Aby se zamezilo vzniku propadlin a staženin, je v některých případech nutné kompenzovat smrštění dodatečným vtlačáním taveniny do dutiny formy. Tento krok se nazývá dotlak. Ten může mít po celou dobu chlazení konstantní hodnotu nebo se po několika sekundách snížit a dál výstřik dochládá za sníženého tlaku. Pro doplnění materiálu při dotlaku musí před šnekem zůstat určitý objem taveniny tzv. polštář. Objem tohoto materiálu musí však být malý, aby nedošlo k tepelné degradaci materiálu. Obvyklé množství materiálu nepřesahuje jednonásobek průměru šneku.

Po dotlaku probíhá plastikace nové dávky materiálu. Šnek se v tomto kroku otáčí a tím pod násypkou nabírá granulovaný materiál. Ten je plastifikován a tlačěn šnekem do prostoru před čelo šneku. Současně šnek s otáčením odjíždí dozadu. Tento pohyb musí překonat protitlak. Velikost protitlaku ovlivňuje dobu plastikace a kvalitu promíchání roztaveného materiálu. Pokud by byl protitlak příliš veliký, mohl by způsobit degradaci plastu. Ohřev plastu je zaručen jednak převodem tepla ze stěn válce, jež jsou zahřívány, jednak frikčním teplem, které je vzniká třením plastu o stěny komory a o povrch šneku a dále samotným hnětením plastu. Pokud je tavící komora vybavena samouzavírací tryskou, lze plastikaci provádět i při otevřené formě. Dalším krokem, který se v některých případech nevyskytuje, je odsunutí tavící komory po formy. Chlazení dále probíhá pod stále se zmenšujícím tlakem, až se dostane na hodnotu tlaku těsně před otevřením formy. Tento tlak se nazývá zbytkový. Příliš vysoké hodnoty zbytkového tlaku mají za následek vnitřní pnutí ve výstřiku, které by při použití křehkých materiálů vést až k samovolnému praskání. Zbytkový tlak lze ovlivnit zkrácením doby dotlaku. Po zchladnutí výstřiku na vyhazovací teplotu je výstřik vyhozen z formy. [4]

2 VSTŘIKOVACÍ STROJ

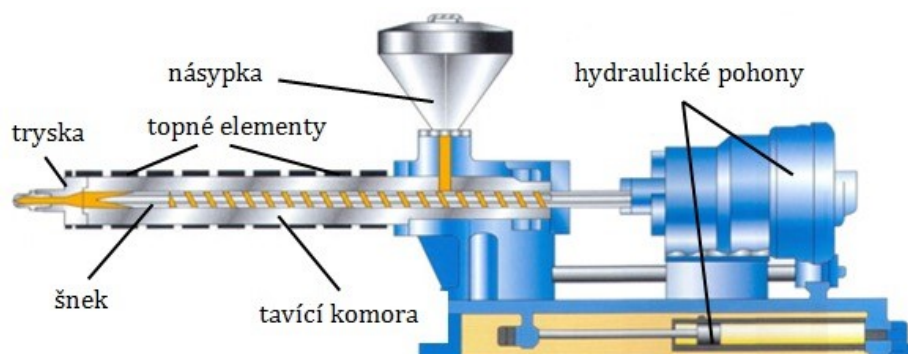
Vstřikovací stroje jsou primárně určeny pro zpracování polymerních materiálů, a to především ve formě granulátu, ale lze užívat i polymer v prášku či hmoty těstovinové konzistence. Základní součásti vstřikovacího stroje jsou vstřikovací jednotka, uzavírací jednotka a z řídicí jednotka. Pokud je zapotřebí je možné rozšířit příslušenství dalším dodatečným vybavením, jako jsou transportní a dopravníkové systémy s integrovaným sušením, roboty, manipulátory. [3]

2.1 Vstřikovací jednotka

Základní funkcí vstřikovací jednotky určené pro zpracování termoplastů je přeměna pevného polymeru na taveninu a následný přesun taveniny do dutiny formy. Nejrozšířenějším typem jsou vstřikovací jednotky se šnekem, který může vykonávat otáčivý i axiální pohyb. Jednotka je připevněna k pohyblivé konzole, která zajišťuje přísun trysky vstřikovací jednotky ke vtokové vložce vstřikovací formy a vyvození a udržení potřebné přítlačné síly. Pohon vstřikovací jednotky musí najednou zajistit jak přesnou kontrolu pozice, tak rychlost šneku a zároveň i velikost působících tlaků. Návrh jednotky by měl zajistit snadnou a rychlou výměnu zpracovávaného materiálu, případně i samotných součástí jednotky.

Vstřikovací jednotka se skládá z násypky a na ní navazující plastikační (tavící) komory. Plastikační komora je zakončena tryskou, která dosedá při vstřikování na vtokovou vložku formy. Šnek je umístěn uvnitř plastikační komory. Šnek musí být konstruován tak, aby množství polymeru mezi bočními stěnami šneku a plastikační komory nebylo příliš velké. To je zapříčiněno tím, že plasty jsou špatnými vodiči tepla.

Konstrukční řešení plastikační komory, ale i vstřikovací jednotky je ovlivněno hlavně typem zpracovávaného materiálu. [3]



Obr. 3 – Vstřikovací jednotka [3]

2.1.1 Vstřikovací kapacita

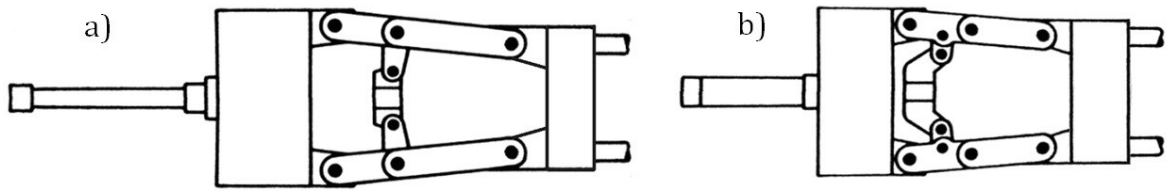
Je to jedna z charakteristických vlastností vstřikovací jednotky. Je charakterizován maximálním objemem taveniny, který je možné v daném stroji vystříknout z plastifikační komory do volného prostoru za jeden pracovní zdvih šneku. Je to tedy objem tavicí komory vymezené čelem šneku v jeho krajních polohách a je nejčastěji udávána v cm^3 . Vstřikovací kapacita nám určuje maximální objem vylisku, který lze daným strojem vyrobit. Do objemu vylisku je ovšem nutné připočítat i objem vtokového systému. [3]

2.1.2 Plastikační kapacita

Druhým důležitým parametrem je plastikační kapacita stroje. Tato informace udává maximální množství taveniny, kterou je stroj schopen za jednotku času připravit k vstřikování. Nejčastěji je tato hodnota udávána v kilogramech za hodinu. Množství materiálu je určeno pouze množstvím materiálu vytlačeným před čelo šneku a do volného prostoru pouze rotačním pohybem šneku. Množství je určeno při konstantní rychlosti otáčení šneku. Hodnoty je udává spíše jako orientační pro provedení hrubé kalkulace doby potřebné pro plastikaci daného množství materiálu. Rychlost plastikace lze ovlivnit kromě otáček šneku i typem zpracovaného plastu, teplotou, které je ve vstřikovací jednotce vystaven a geometrií šneku. Katalogová hodnota plastikační kapacity se uvádí při zpracovávání polystyrénu. [3]

2.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka zajišťuje upnutí a pohyby vstřikovací formy. Jednotka je tvořena vodícími sloupky, pevnou a pohyblivou upínací deskou stroje s upínacím systémem a mechanismem zaručujícím síly pro otevírání a uzavírání formy, který umožní vytvoření uzamykací síly, která působí proti vstřikovacímu tlaku a dotlaku. Uzamykací síly je dosaženo buď mechanicky, hydraulicky nebo kombinací obou systémů. Mechanický způsob spočívá v zapříčení formy v požadované poloze. U hydraulického provedení potřebnou sílu vytváří hydraulický píst. Dále se uzavírací jednotky rozlišují podle typu pohonu posuvných desek, a to na elektrické nebo hydraulické. Hydraulický píst může být napojen na přímo nebo jako elektromotor je jeho síla přenášena přes mechanický systém. Ten to druh systémů se nazývá hydraulicko-mechanické nebo elektro-mechanické. [3]



Obr. 4 – Víceklobové uzavírací mechanismy

(a) 4 – kloubový, (b) 5 – kloubový [3]

2.3 Kontrolní a řídicí jednotka

Hlavní člen kontrolní a řídicí jednotky je regulátor. Ten zpracovává aktuální hodnoty měřených parametrů, které získává přímo ze systému stroje a porovnává je se zadanými hodnotami. Regulátor při registraci odchylky provede za použití regulačních prvků dorovnání na požadovanou úroveň. V současnosti je systém řízen mikroprocesory, což umožňuje automatickou optimalizaci procesu během vstřikování. Součástí jednotky je komunikační rozhraní, které umožňuje nastavovat technologické parametry a zároveň kontrolovat aktuální hodnoty jednotlivých parametrů, jako je teplota, tlak, rychlost a další. Ovládání pro uživatele je zajištěno dotykovým displejem nebo externí klávesnicí a myší. Komunikační rozhraní také obsahuje porty pro připojení paměťových medií, na které lze nahrát průběh jednotlivých hodnot, které je možné použít pro optimalizaci cyklu. Případně lze na mediích přenášet celé výrobní programy. K softwarovému vybavení patří i statistické nástroje pro sledování kvality. Ke kontrolní a řídicí jednotce patří i signalizační zařízení, které „semaforovým“ způsobem informují o právě probíhajících funkcích stroje, případně o poruše. [3]

3 KONSTRUKCE VYSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ

Základním předpokladem správné konstrukce dílu je znalost technologie zpracování. Konstruktor se při návrhu dílu řídí jinými zásadami než u kovových součástí. Jedním ze základních pravidel je, že čím je součást jednodušší tím je pro nás lehčí dodržet pevnostní podmínky, toleranci rozměrů. Díky to mu postačuje na výrobu dílu jednodušší forma a tím se snižují náklady na její výrobu. V reálném světě však musí najít kompromis mezi jednotlivými požadavky. [5]

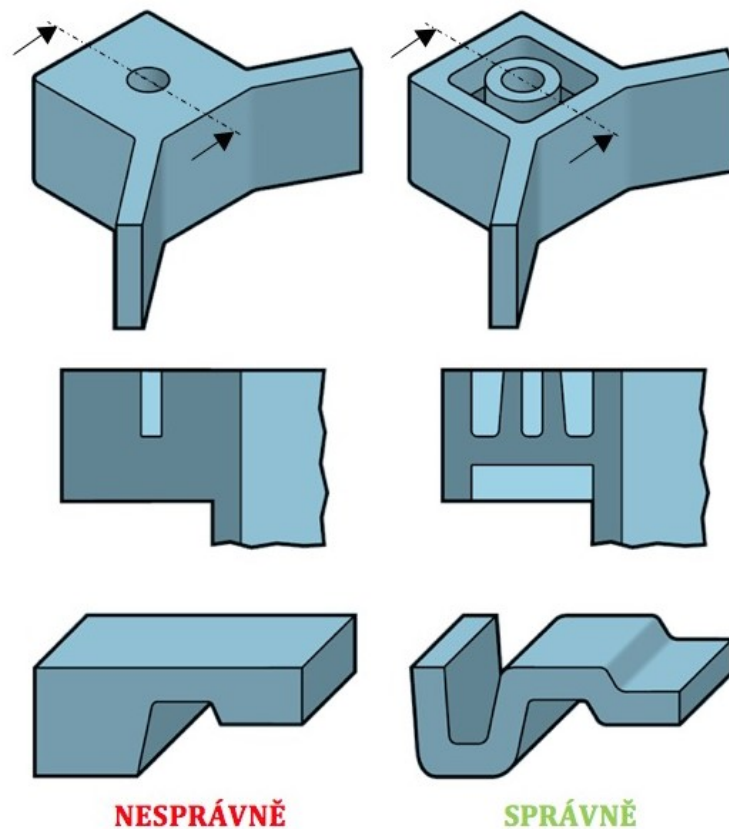
3.1 Tloušťka stěn

Vlastnosti plastového dílu jsou velmi významným způsobem ovlivněny tloušťkou stěn. Tyto vlastnosti jsou mechanická odolnost, celkový vzhled, zpracovatelnost, ekonomiku a váhu dílu. Optimální tloušťka je obvykle kompromis mezi protikladnými požadavky, jako je pevnost oproti váze výrobku. Volba tloušťky musí být provedena tak, aby se v co největší míře eliminovala nutnost budoucích zásahů do formy.

Do úvahy o tloušťce stěny musí být zařazena i délka tečení taveniny plastu. Délka tečení taveniny plastu je vzdálenosti mezi místem, kde tavenina vstupuje do dutiny formy a posledním místem, které vyplní.

Tato vzdálenost je limitována typem materiálu a tloušťkou stěny. Pokud je tloušťka stěny velmi nízká může dojít ke vzniku velmi vysokých vstřikovacích tlaků, vzhledovým vadám anebo k problému s plněním dutiny formy. Při větších tloušťkách stěn se prodlužuje doba cyklu, mohou vznikat vady v podobě propadlin. Další zásady, jež je nutné dodržovat jsou:

- nesmí vzniknout přechod mezi oblastmi s vysokou a nízkou tloušťkou stěny,
- stejnou tloušťku stěn. [5]

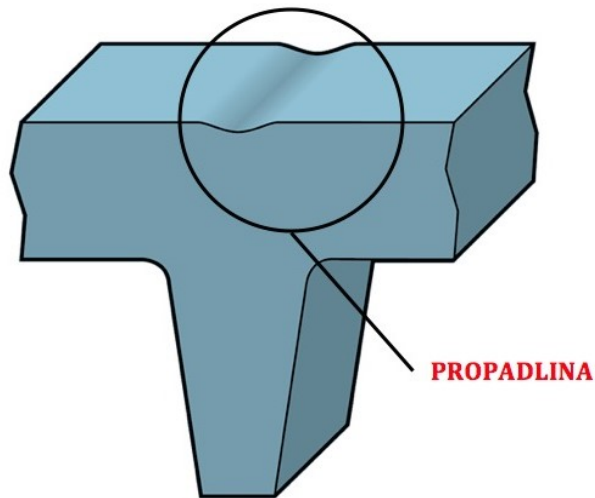


Obr. 5 – Návrh plastového dílu z hlediska rovnoměrné tloušťky stěny [5]

3.2 Žebra

Žebra nám dávají možnost, jak dosáhnout vyšší pevnost a tuhosti výrobku dílu bez zvýšení tloušťky stěn. Taková žebra se nazývají technická. Druhým typem žeber jsou technologická, která slouží ke zlepšení plnění formy a brání vzniku povrchových vad, ale příliš velká tloušťka vede ke vzniku propadliny na protilehlém povrchu dílu. Ve vstřikovací formě jsou žebra obvykle zastoupena jako slepé otvory ve směru otevírání formy. Žebra musí být opatřena minimálním úkosem $0,5^\circ$ na každé straně žebra. Pokud úkos přesáhne 1° na každé straně může vést k razantnímu poklesu tloušťky žebra a problémům s plněním dutiny vstřikovací formy.

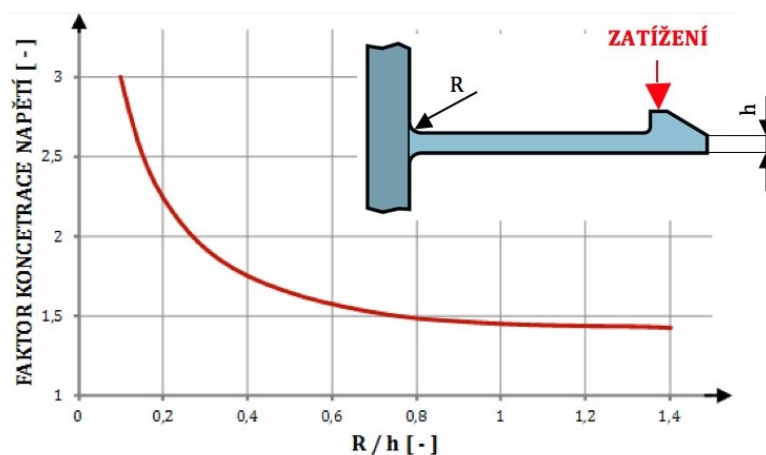
Tloušťka žeber též ovlivňuje chladnutí taveniny a tím smrštění v jeho oblasti, což v některých případech projeví deformací dílu. [5]



Obr. 6 – Vznik propadliny na žebrování výstřiku [5]

3.3 Zaoblení hran a rohů

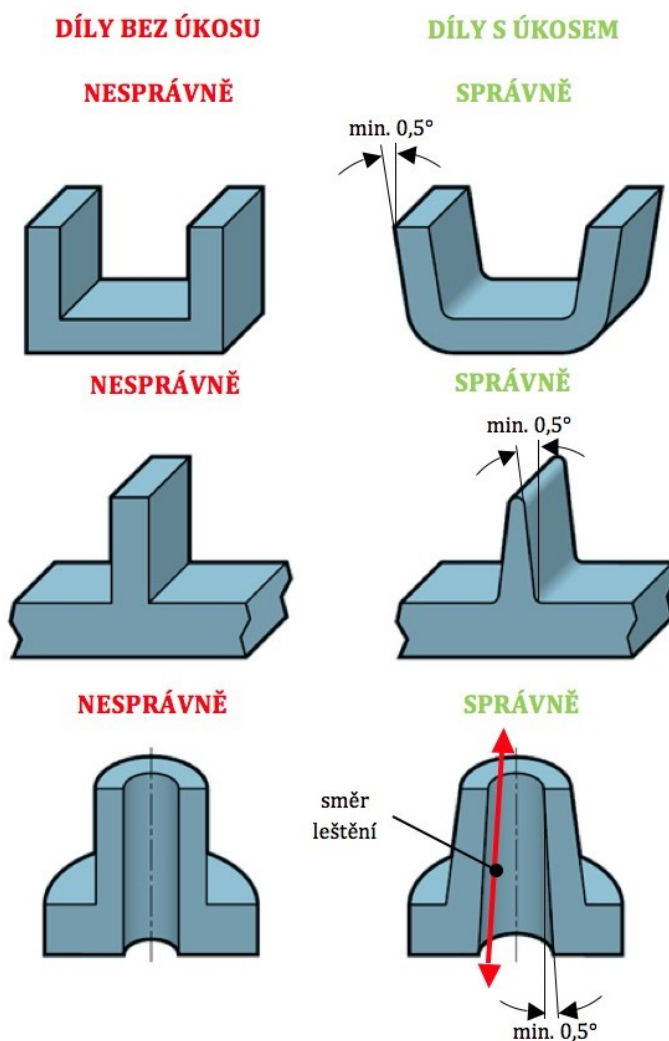
Plastový vstříkovaný díl by neměl být opatřen ostrými rohy. V oblastech ostrých hran dochází ke koncentraci napětí a snížení mechanické odolnosti plastového dílu. Koncentrace napětí strmě klesá s poměrem rádiusu a tloušťky stěny konzoly (R/h) přesáhne přibližně 0,2. Naopak velký poměr vede k příliš velkým tloušťkám stěny ve vybraných oblastech a tím vést k propadlinám. Doporučená hodnota poměru R/h je kolem 0,15. Platí, že je lepší při výrobě začít menším rádiusem a tento na základě testování případně upravovat. Je vhodné zvážit proveditelnost rádiusu, jelikož některé části výrobku by bylo obtížné zaformovat. [5]



Obr. 7 – Vliv velikosti rádiusu na velikosti napětí [5]

3.4 Úkosy

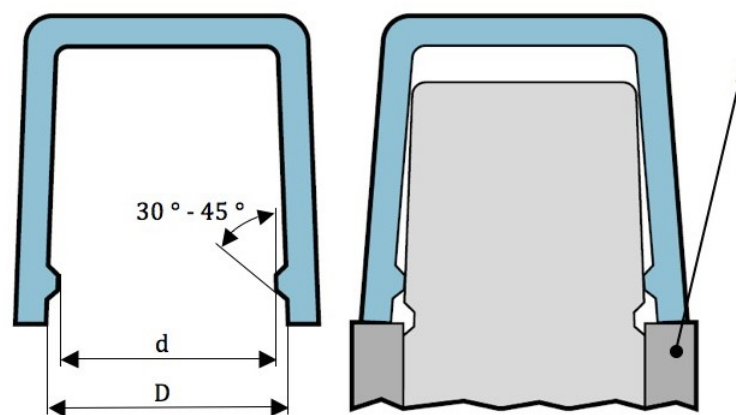
Důvodem opatření částí dílu úkosy je zlepšení odformovatelnosti. Zaformování dílu je určujícím prvkem pro umístění a velikost úkosů. Prvky tvořené slepými otvory jako jsou komíny, žebra a výztuhy se zužují směrem ke svému konci. Povrchy tvořené pohyblivými jádry nejsou obvykle opatřeny úkosem, pokud je příslušný prvek dílu odformován ještě před otevřením vstřikovací formy. Úkosy jsou na všech površích rovnoběžné se směrem odformování. Úhel pro úkos je standartně 1° . Pokud je dutina opatřena dezénem tak se přidává úkos 1° na každých 0,2 mm hloubky dezénu. Menší úkos zvyšuje možnost poškození dílu při odformování nebo je nutné použít speciální povrchovou úpravu formy. Toto opatření však prodlouží dobu výrobního cyklu a tím se zvyšují výrobní náklady. [5]



Obr. 8 – Základní návrh úkosů pro plastové díly [5]

3.5 Podkosy

V některých případech mohou prvky dílu překážet při standartním odformování v hlavním směru. V určitých případech lze ten to problém řešit deformačním odformováním podkosů. Podkosy nepotřebují, aby byly přítomny další odformovací prvky jako jsou boční jádra. Hlavním požadavkem je správná hloubka podkosu a vhodný tvar pro přetažení tohoto prvku přes příslušnou část formy. Postup lze použít pouze v místech mimo tuhé oblasti dílu a v místě s dostatečným místem pro pružnou deformaci. Podkosy se nedoporučují pro křehké materiály. [5]



Obr. 9 – Doporučená konstrukce podkosů

1 – stírací kroužek (deska) [5]

3.6 Smrštění

Smrštění se objevuje u všech termoplastických materiálů. Je to změna rozměru vstříkovaných dílů po jejich zpracování, jehož velikost nemusí být ve všech místech stejná. Tato skutečnost je primárně způsobena tepelným smrštěním materiálu. Smrštění amorfního termoplastu je menší než u semikrystalického termoplastu. Tento jev je způsoben změnou struktury při chladnutí termoplastu. Dále velikost smrštění ovlivňuje použití plniv. Plniva zpravidla smrštění snižují.

Smrštění lze rozlišit dle času na:

- výrobní tvoří 90% celkového smrštění a je určeno 24 hodin po zhotovení výrobku
- dodatečné tvoří zbylých 10% a doba jeho průběhu, která závisí na druhu termoplastu, je mnohonásobně delší než u výrobního smrštění [1,5]

4 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Jsou to komplexní systémy, které musí splňovat mnoho požadavků najednou. Primární funkcí je doprava taveniny do dutiny formy a její naplnění. Dutina formy dává tavenině tvar výrobku. Sekundárními funkcemi formy jsou optimální odvod tepla, které je do systému přivedeno taveninou polymeru. Forma musí zvládnout rychlé, bezpečné a v malém intervalu se opakujícím vyjmutí dílu. [5]

4.1 Návrh vstřikovací formy

Konstruktor při návrhu musí pro daný výrobek vybrat nejvhodnější typ formy a materiály jednotlivých součástí. Desky pro formy jsou dodávány ve velké množství rozměrových řad. Při konstrukci se proto těchto standardizovaných rozměrů využívá, což velkou měrou snižuje náklady. Volbu materiálu nám ovlivňuje požadovaná životnost daného dílu. Konečná fáze návrhu by měla obsahovat parametry, jako je počet dutin, směr otevírání formy a rozměry jader.

Forma by měla být navržena co nejjednodušeji a při zachování požadovaných vlastností i s co nejmenšími rozměry. Důležitou součástí je i průběžná kontrola a prověření návrhu ještě před samotnou výrobou. [5]

4.2 Dělicí roviny

Jsou to kontaktní plochy mezi pevnou a pohyblivou částí vstřikovací formy. Jeden z nejdůležitějších účelů dělicí roviny je utěsnění dutiny formy. Tohoto uzavření je dosaženo působením uzavírací síly. Dělicí roviny nemusí mít pouze rovinný tvar, může mít i obecný tvar. U kvality utěsnění platí, čím je dělicí rovina jednodušší tím je i jednodušší dosažení kvalitního uzavření. [5]

4.3 Návrh desek vstřikovací formy

První úkolem by mělo být umístění tvarových dutin a prověření proveditelnosti kanálů temperačního systému a vtokového systému. Poté lze zvolit velikost desky ze standardní nabídky dodavatele desek pro vstřikovací formy. Ovšem je nutné zvolit velikost desek s ohledem na rozměry vstřikovacího stroje. [5]

4.4 Materiály pro vstřikovací formy

Materiály vstřikovacích forem se volí hlavně z ekonomického hlediska, proto se skládají z velké škály materiálů. Hlavní myšlenka při výběru materiálů by měla být ta, že vstřikovací forma musí vydržet velké množství cyklů, při co nejmenších nákladech na výrobu a údržbu formy.

Pro součásti, jež přijdou do styku s polymerem je nutno užít odolnější oceli. Proto se užívají oceli třídy 19 dle ČSN s povrchovou úpravou. V některých případech je však výhodnější využít i měkčí oceli nebo jiné materiály. Materiál však musí odolat opotřebení, teplotě a tlaku, jež vyvolává vstřikovaný polymer.

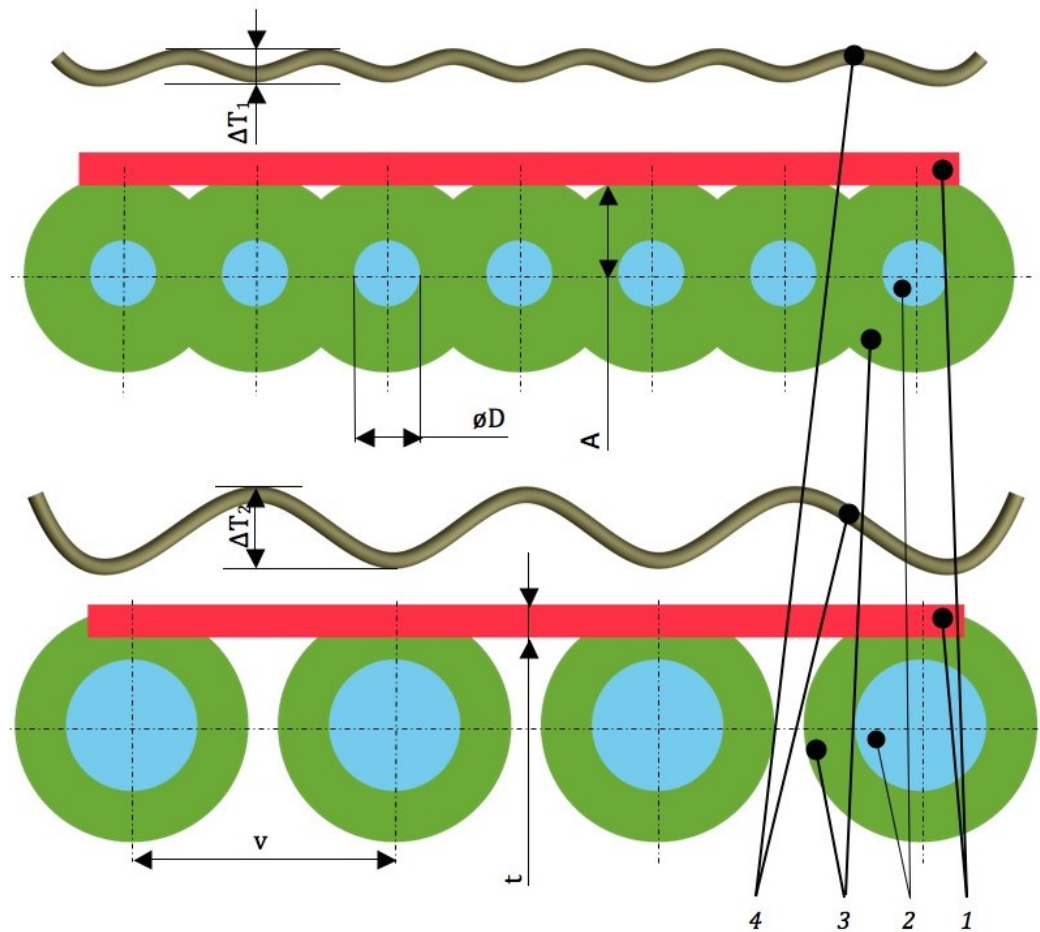
Pohyblivé části formy jako jsou vodící čepy, vodící pouzdra a další, jsou během cyklu namáhány na ohyb, tlak, třením a vzpěrem. Proto se tyto části vyrábí z ocelí třídy 14 a 19 dle ČSN. Aby odolávali zahřívání třením a nedocházelo k zadírání a jsou opatřeny povrchovou úpravou

Rám samotné formy není tolik namáhán, protože většinou plní pouze nosnou funkci. Z toho důvodu lze u rámu použít oceli třídy 11 a 12 dle ČSN.

Izolační desky, jež zamezují přechodu tepla z formy na rám stroje, jsou vyrobeny z izolačního materiálu. Často se užívají desky z pryskyřic. [8]

4.5 Temperační systém

Zajišťuje správnou teplotu formy během vstřikovacího cyklu. Teplota, kterou udržujeme, je závislá na druhu plastu. Systém zajišťuje chladnutí výstřiku. Rozmístění temperačních kanálů závisí na rovnoměrném chladnutí plastu. Způsob chlazení má výrazný vliv na délku vstřikovacího procesu. [5,6]



Obr. 10 – Efekt různého průměru temperačních kanálků

1 – vstříkovaný díl, 2 – temperační kanál, 3 – pole působení temperačního kanálu,
4 – průběh teploty povrchu vstříkovací formy [5]

4.5.1 Pasivní temperace

Využívá se kombinace tepelně vodivých a izolačních materiálů. Temperování tepelně vodivými materiály se využívá u špatně dostupných míst, která mají malou plochu pro odvádění tepla. Často používané jsou slitiny mědi nebo hliníku. Tepelně vodivé vložky musí být propojeny s aktivní temperací. Izolační materiály se užívají u forem, které se musí přehřívat. Díky izolaci u těchto forem nedochází k velkému unikání tepla vedením a sáláním. Nejčastěji se pro odizolování používají izolační desky. Izolační desky nemusejí izolovat pouze upínací desky, ale mohou být použity na boky formy. Izolační desky jsou vyráběny jako standardizované díly. [5,6]

4.5.2 Aktivní temperace

Využívá pro ochlazení či zahřátí formy médium. Jako médium se používá voda, vzduch, oleje a glykoly. Médium proudí ve vytvořených kanálech. Kanály pro médium se nejčastěji vyrábějí vrtáním, ale v určitých případech se vyrábí frézováním. Rozložení kanálů by se mělo ověřit za pomoci simulace vstřikování. Systém musí být navržen tak aby teplota média nevzrost více než o 3 °C v některých případech maximálně o 5 °C. [6]

4.6 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém je seskupení komponent, které složí k vyhození výrobku a vtokové soustavy z formy. Skládá se z kotevní a opěrné desky, dorazů, vyhazovačů a vodících sloupků. V kotevní desce jsou zapuštěny vyhazovače a vymežovací tyče. Tyto komponenty jsou jištěny vůči axiálnímu posuvu opěrnou deskou. Na opěrné desce jsou připevněny dosedky, které zajišťují vůli mezi opěrnou deskou a upínací deskou rámu formy. [7]



Obr. 11 – Válcový vyhazovač [12]

4.6.1 Vyhazovací kolík

Používají se tam, kde je lze umístit proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Tento typ je nečastější a nejlevnější, díky jejich jednoduché výrobě. Při umístění a výběru kolíku se musí brát v ohled, že se má opírat o stěnu nebo žebro. Při vyhození nesmí dojít ke zborcení opěrného místa. Hlavní nevýhodou jsou stopy, které kolík zanechává na výrobku. [8]

4.6.2 Trubkový vyhazovač

Vyhazovací část tvořená trubkou má funkci stírací desky a pracuje stejným způsobem jako vyhazovací kolík. Vlastní vyhazovací kolík je pevně upevněn a tvoří jádro soustavy. Těchto vyhazovačů se nejčastěji využívá pro otvory ve výstřiku. [8]



Obr. 12 – Trubkový vyhazovač [12]

4.6.3 Stírací deska

Stírací deska zaručuje stažení výstříku z tvárníku po celém jeho obvodu. Stírací deska působí na výstřík tlakem na velké styčné ploše a tím nám na výstříku nevznikají stopy po vyhazování. Tento typ vyhazování se užívá u tenkostěnných výstříků. [8]

4.6.4 Šikmé vyhazovače

Od klasických se liší tím, že nejsou umístěny kolmo k dělicí rovině, ale pod různě velkými úhly. Využívají se nejčastěji u malých až středně velkých výstříků s mělkým vnitřním nebo vnějším zápichem. Díky tomu není nutné používat drahé a náročné posuvné čelisti. [8]

4.6.5 Vytáčecí zařízení

Používá se pro odformování vnitřních závitů výrobku. Toto zařízení je velice nákladné. Pro dosažení rotace závitových trnů a tím došlo k vyšroubování výstříku je nutné, aby forma obsahovala servomotory anebo převodové mechanismy. Tento systém je většinou ještě doplněn stírací deskou. [8]

4.6.6 Dvoustupňové vyhazování

Využívá dvou vyhazovacích systémů, které se navzájem ovlivňují. Umožňuje vyhazovat výstřík s časovým a velikostním rozdílem vyhazovacího zdvihu. Výhodně se tento způsob užívá pro tenkostěnné výstříky v kombinaci stírání a vyhazovací kolíky. Také se užívá při oddělování vtokových zbytků od výstříku s jeho vyhozením. Nejprve je skupinou vyhazovačů vtok odstřížen a druhou skupinou se zdvihem vyhodí. [8]

4.6.7 Hydraulické vyhazovače

Pokud je systém zabudován přímo do formy, nahrazuje nám v ní vyhazovače. Častěji se používá k ovládní bočních čelistí nebo pro odformování jader. Hydraulické vyhazovače se vyznačují velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. Hydraulický vyhazovač se nejčastěji vyrábí jako uzavřená hydraulická soustava, která se přímo vkládá do připraveného místa. [8]

4.6.8 Pneumatické vyhazovače

Tento druh vyhazovačů se s výhodou využívá u velkých tenkostěnných výstřiků. Díky těmto vyhazovačům nám na výrobku nevznikají stopy po vyhazovačích. Při vyhazování se přivádí stlačený vzduch přes talířové ventily nebo kolíky mezi výstřiky a líc formy. Použití pneumatického vyhazování lze jen u některých tvarů výstřiků. [8]

4.7 Boční posuvné čelisti

Slouží k výrobě dutin, výstupků a zahlužení, pro která nelze využít klasický způsob odformování. Nejčastěji vykonávají kolmý pohyb k ose nástroje, ale pokud je třeba dokáží se pohybovat i pod úhlem. Dají se použít k ukotvení jader či tvarových částí. Čelisti lze uložit vně i uvnitř výrobku. K zajištění jejich polohy po uzavření formy se užívá zámků. Ty zajišťují doraz. U otevřené formy jsou čelisti zajištěny pomocí různých mechanismů. Nejčastěji pružnými přitlačnými kusy. [8]

4.8 Vtokové systémy

Vtokový systém má za úkol dopravit taveniny z trysky vstřikovacího stroje do dutiny formy. Je nutné zajistit, aby vtokový systém kladl minimální odpor tavenině a tím se dosáhlo rychlého plnění dutiny formy. Vtokové systémy lze rozdělit na studené a vyhříváné. [9]

4.8.1 Studené vtokové systémy

U studeného vtokového systému dochází k chladnutí taveniny již v systému. Tento ztuhlý plast vytvoří na stěnách izolační vrstvu, která umožňuje tavenině proudit středem systému, bez větší změny teploty. Z tohoto důvodu je důležité odstupňování rozváděcích

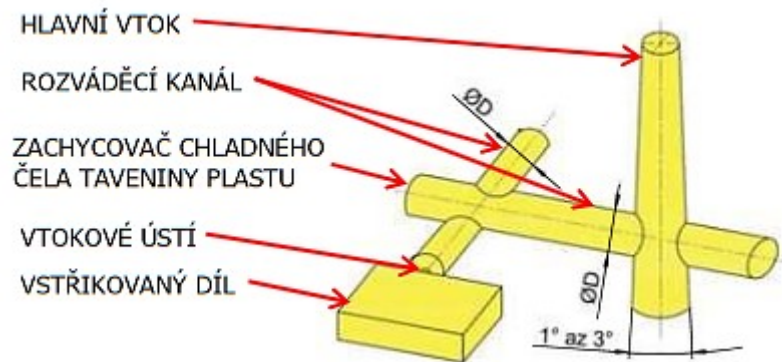
kanálů u mnohonásobných forem. Tavenina do systému vstupuje skrz vtokové ústí. Při do- tlaku je tavenina doplňována pod definovaným tlakem. Proto je důležité, aby tavenina byla v jádru výstřiku vždy propojena s vtokem.

Mezi požadované vlastnosti vtokového systému patří žádné, nebo co nejmenší počet oblastí, kde by se mohla hromadit tavenina a tím nám zvyšovat tlakové ztráty. Hrany sys- tému musí být zaobleny pro dosažení turbulentního proudění. Délka systému by měla být co nejkratší. Po odformování výrobku by se na něm neměly nalézat výrazné stopy po vtokovém ústí. Vtokové kanály se musí nechat bez větších potíží dát očistit od zbytků taveniny.

Výhodou studeného vtokového systému je levnější a snadnější provedení, než je u vyhřívaného. Nevýhodou jsou větší spotřeba plastu než u vyhřívaného systému a nutnost přidržování a vyhazování vtokového zbytku.

Studený vtokový systém se dělí na tři části, a to:

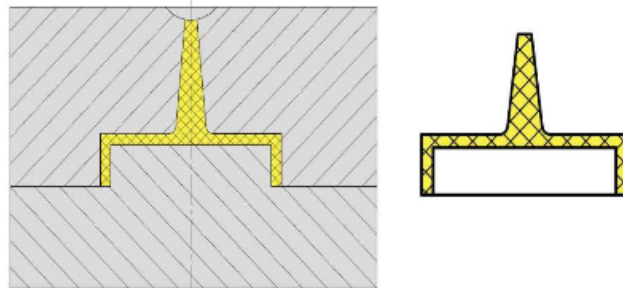
- hlavní vtokový kanál, do nějž je vstřikovávána tavenina ze vstřikovacího stroje. Průměr kanálu v nejužším místě je o 0,5 až 1 mm větší, než je průměr trysky vstřikovacího stroje. Kanál je rozšiřován pod úhlem od $0,5^\circ$ až 1° mm směrem k dělicí rovině, aby se dal snadno vyhodit zbytek materiálu v kanálu. Vtokový kanál buď přímo ústí do dutiny formy anebo do rozváděcích kanálů. Průměr konce vtokového systému závisí na velikosti vstřikovaného dílu, nebo na průměru rozváděcích kanálů
- rozváděcí kanály jejich velikost se určuje z empirických vztahů, nebo lépe z mold-flow analýzy. Délku a počet kanálů určuje typ a násobnost formy. Rozváděcí kanály musí dovést taveninu od hlavního vtokového kanálu k ústí všech dutiny. Kanály musí být balancovány tak, aby došlo k zatečení všech dutin ve stejný okamžik. Kanály je vhodné na začátek osadit brzdícími překážkami, které lze při optimalizaci formy ob- rušovat, na základě skutečného tečení materiálu
- vtokové ústí je zúžené místo, přes které je tavenina přiváděna z rozváděcího kanálu do dutiny formy. Vtokové ústí by mělo být co nejmenší, aby zanechávalo minimální stopy na výrobku. Vtokové ústí se optimálně umísťuje do nejtlustší stěny výrobku a zároveň geometrického středu dutiny. Ústí je vždy ve směru žeber [9]



Obr. 13 – Vtoková soustava [9]

4.8.2 Plný kuželový vtok

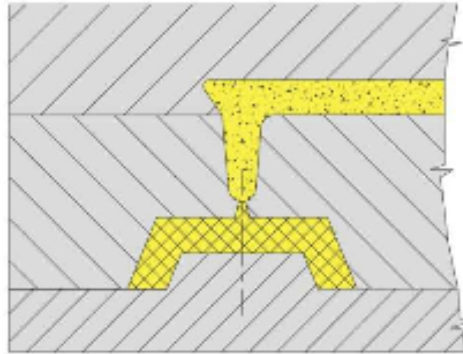
Vtok do dutiny přímo z hlavního vtokového kanálu, Je vhodný pro jednoduché symetrické výrobky s tlustšími stěnami. Užívá se i u plastů s horší tekutostí taveniny. Nevýhodou je pracné odstranění zbytku vtokového kanálu. Naopak výhodou je snadná výroba a provedení. [9]



Obr. 14 – Řez dutinou, řez vstřikovaným dílem s kuželovým vtokem [9]

4.8.3 Bodový vtok

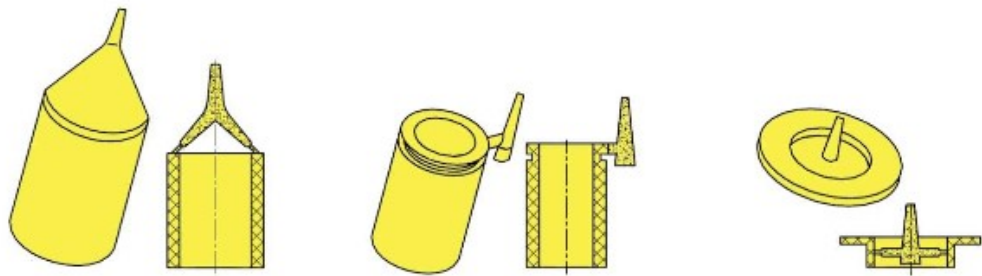
Tento typ studeného vtoku je vhodný pro tenkostěnné výrobky. Průměr ústí vtoku je nejčastěji 1 mm. Vtok se směrem k výrobku kuželovitě rozšiřuje, aby se plast snadno v ústí odtrhl a byl vytažen spolu se vstřikovacím dílem. Nevýhodou je větší stopka po vtoku. Pokud tento typ vtoku je použit spolu s rozvodními kanálky je nutné využít tří deskový systém formy. Výhodou je oddělení vtokového systému od dílu při vyhození. [9]



Obr. 15 – Bodový vtok u rozvádčích kanálů [9]

4.8.4 Deštníkový, talířový a prstencový vtok

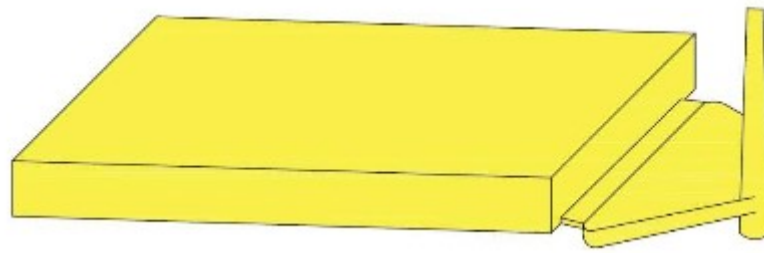
Využívají se pro rotační vstřikované díly. Nevýhodou je větší spotřeba vstřikovaného materiálu, což je způsobeno objemnějšími vtokovými kanály. Výhodou je schopnost pomocí nich rovnoměrně plnit rotační dutiny. [9]



Obr. 16 – Deštníkový, talířový a prstencový vtok [9]

4.8.5 Filmový (štěrbinový) vtok

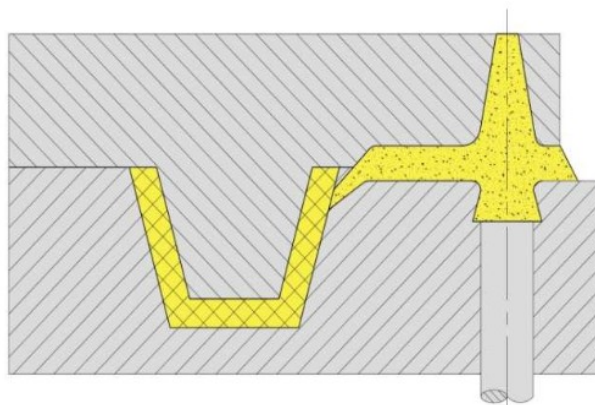
Filmový vtok je umístován u obdélníkových tvarů do kratší hrany. Využití tohoto vtoku je hlavně u semikrystalických a plněných plastů. Nevýhodou filmového vtoku spočívá v oddělení vtokového systému až po vyhození dílu. Naopak je výhodný pro plasty, které jsou plněny například skelnými vlákny a použití pro tenké ploché díly. [9]



Obr. 17 – Filmový vtok [9]

4.8.6 Tunelový vtok

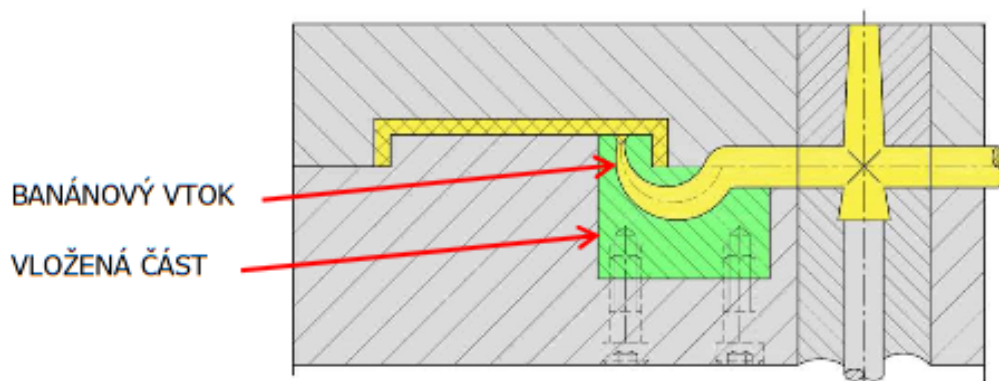
Zajišťuje automatické oddělení vtokového systému od dílu, aniž bychom museli použít třetí desku. Vtok není vhodný pro plasty plněními vláknitým plnivem. Nevýhoda je nutnost využití elektroerozivního hloubení pro jejich výrobu. [9]



Obr. 18 – Řez tunelovým vtokem [9]

4.8.7 Banánový (prohnutý) vtok

Používá se stejně jako tunelový vtok v případech, kdy nelze umístit ústí vtoku do boku vstříkovaného dílu. Nevýhodami jsou náročnost výroby elektroerozivním hloubením a rozměry komponentu vložené části s banánovým vtokem. Výhodou je možnost umístění ústí do nepohledové části výrobku. [9]



Obr. 19 – Řez banánovým vtokem [9]

4.8.8 Vyhřívání vtokových systémů

Vyhřívání vtokového systému je sestava vyhřívání komponent (hlavní vtok, trysky a rozvodová deska). Tyto komponenty mají za úkol udržet taveninu při konstantní teplotě, dokud je nedostane do dutiny formy. Jelikož je pravá strana vstřikovací formy vyhřívána není tedy nutné, aby plastikační jednotka odjížděla od formy. Tavenina má stejnou viskozitu v celém průřezu a délce vtokového systému. energii potřebnou pro zahřátí a udržení teploty je dodávána kabeláží, jež vede do zásuvky.

Výhodou tohoto systému je snížení doby pro průběh cyklu, eliminace vtokových zbytků a tím i nutnost manipulace a recyklace vzniklých odpadů, snižují se tlakové ztráty, menší uzavírací síla a umožňuje automatizaci výroby.

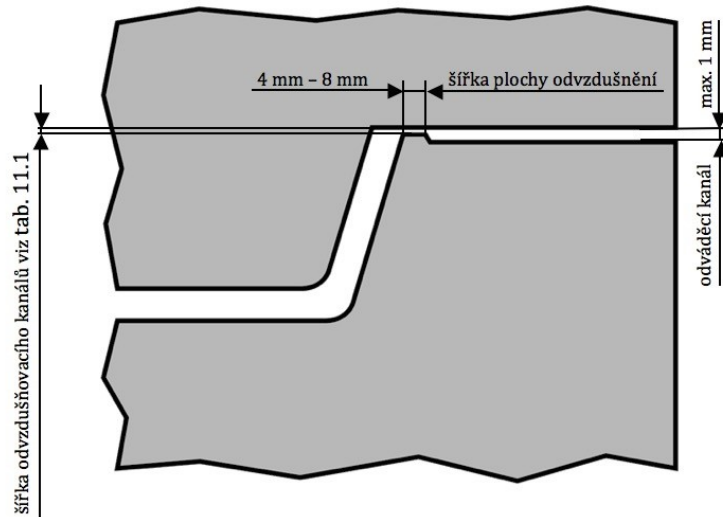
Nevýhodou jsou pořizovací náklady, zvýšené náklady, obtížné dodatečné změny polohy vtoků a nemožnost použití u materiálů s velkou citlivostí na teplo. [1,10]

4.9 Odvzdušnění

Při vstupu taveniny do dutiny formy dochází k vytlačování vzduchu. Ten částečně uniká přes dělicí rovinu nebo přes vodící plochy vyhazovačů či jader. To však u většiny forem nestačí, a proto je nutné formu opatřit dalšími konstrukčními prvky dovolujícími kompletní a rychlý odvod vzduchu z dutiny.

Kanály pro odvzdušnění by se měly nacházet podél rozváděcích kanálů taveniny, ale jejich největší důležitost je v místě dutiny vstřikovací formy, které je zaplněno jako poslední. Z pravidla je to místo s největší vzdáleností od ústí vtoků. Pokud by toto místo nebylo do-

statečně odvědušněno, muže v něm dojít k uzavření vzduchu. To by nám zapříčinilo nedokonalé naplnění dutiny anebo by došlo ke vzniku dieselova efektu, který se projevuje spáleninou plastu. [5]



Obr. 20 – Doporučená konstrukce odvědušňovacího kanálu [5]

4.10 Normálie

Využití normálií se užívá hlavně kvůli urychlení a snížení nákladů konstrukce a výroby vstřikovací forem. Normalizované díly představují typizaci rámců forem, jednotlivých dílů a různého příslušenství. Normálie jsou provedeny v několika velikostních řadách. Mezi nejznámější Firmy vyrábějící normálie jsou HASCO, DME A STRACK a další. Potřebné informace a rozměry normálií nalezneme v katalogu normálií.

Normalizované prvky lze snadno a jednoduše kombinovat a sestavovat tak, že vznikají velikostně různé typy rámců. Konstrukce se provádí na počítači, kde je k dispozici databáze normalizovaných prvků od jednotlivých firem. Vstřikovací forma se konstruuje dle databáze výrobce a pak se tyto součásti od firmy nakoupí.

Využívání normálií vede k ekonomické a časové úspornosti v oblasti konstrukce vstřikovacích forem. Použití normálií se stále rozšiřuje. [8]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 ZADANÉ CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pro splnění zadání bakalářské práce bylo nutné splnit tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma
- provést konstrukci 3D modelu zadaného plastového dílu
- provést konstrukci 3D modelu vstřikovací formy
- nakreslit sestavu formy doplněnou kusovníkem

Teoretická část se zabývá obecnými principy nutnými pro správné navržení vstřikovací formy a základním rozdělením polymerů.

Praktická část se zabývá konstrukčním návrhem vstřikovací formy pro zadaný díl, při kterém musíme využít poznatků z teoretické části. Cílem praktické části bylo navrhnutí 3D modelu zadaného dílu a následné provedení konstrukce vstřikovací formy. Bylo také nutné vytvoření 2D sestavy vstřikovací formy s vypracovaným kusovníkem. Konstrukce vstřikovací formy a modelu výrobku byla provedena v programu CATIA V5R19 s použitím normálí od firmy HASCO.

6 POUŽITÉ KONSTRUKČNÍ PROGRAMY

6.1 CATIAV5R19

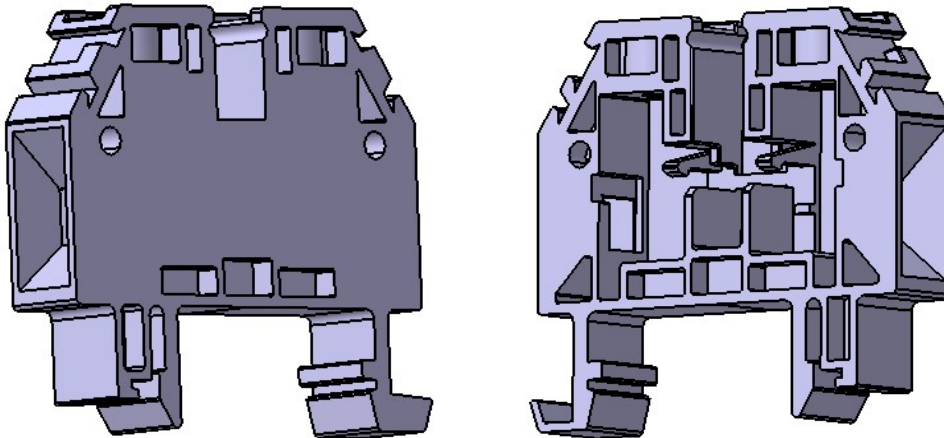
Catia je multiplatformový CAD/CAM/CAE 3D software. Za jeho vývojem Stojí francouzská firma Dessault Systèmes. Tento software je vybaven velkým spektrem modulů, jež nám umožňují provádět velké množství konstrukčních operací. Při samotné konstrukci formy byly užity moduly Mold Tooling Design, který slouží k návrhu a konstrukci vstříkovacích forem z normálií, Assembly Design, který byl užit pro skládání sestavy a Part Design, jež byl užit pro vytvoření nenormalizovaných prvků. Se softwarem CATIA se velmi často užívá v automobilovém a leteckém průmyslu. [13]

6.2 Hasco Dako module 2015

Jedná se o katalogový modul společnost HASCO. Specializuje se na normálie v oblasti vstříkovacích technologií. Hlavní předností těchto dílů je rychlost konstrukce, oprav formy a také snižují náklady na tvorbu vstříkovací formy. Modul umožňuje zjistit všechny důležité parametry a následně importovat díl do používaného softwaru.

7 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Jedná se o plastovou část svorky, jež slouží ke spojení vodičů. Výrobek byl zadán vedoucím bakalářské práce. Hmotnost dílu je 7 gramů. Největší rozměry jsou 55x50mm a největší výšky je 10 mm. Průměrná tloušťka stěny je 1.5 mm



Obr. 21 – 3D model výrobku

7.1 Materiál

Pro výrobu zvoleného dílu byl zvolen Polyamid PA6E od firmy SITTECH CZ s. r. o. Jeho hlavními výhodami jsou mechanická a nárazová odolnost. Také má dobré elektroizolační vlastnosti, které jsou nutné pro ochranu osob při užití dílu. Krátkodobě dokáže odolat teplotě 160 °C. Základní informace jsou uvedeny v tabulce. [14]

Tab. 1 – Základní materiálové vlastnosti [14]

Parametr	Hodnota	Jednotka	Norma
Hustota	1,13	g/cm ³	
Modul pružnosti	3000	MPa	DIN EN ISO 527-2
Mez pevnosti v tahu	85	MPa	DIN EN ISO 527-2
Zkouška tvrdosti (Brinell)	160	MPa	
Teplota tání	220	°C	DIN 53765
Teplota skelného přechodu	60	°C	DIN 53765
Pracovní teplota	100	°C	
Povrchový odpor	10 ¹²	Ω	DIN IEC 60093
Dielektrická pevnost	50/20	kV/mm	ASTM 149

8 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

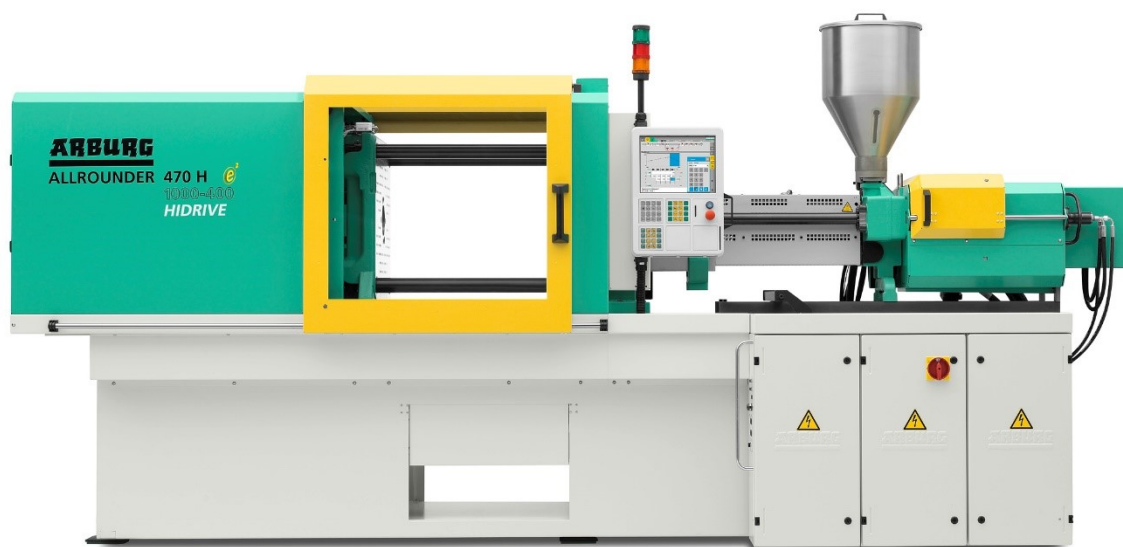
Vstřikování dílu bude provedeno na stroji ALLROUNDER 470 H od firmy ARBURG. Tento stroj byl vybrán na základě parametrů formy. Rozměry formy jsou 446 x 346 mm a výška je 326 mm. Pro naplnění dutiny formy a na vtokový zbytek je třeba 26 cm³ taveniny. Dle těchto parametrů byl zvolen tento vstřikovací stroj.

Tab. 2 – Vybrané parametry uzavírací jednotky [15]

Parametr	Hodnota	Jednotka
Maximální uzavírací síla	1000	kN
Výška formy	250 - 500	mm
Velikost upínacích desek	637 x 637	mm
Vzdálenost mezi vodícími sloupky	470 x 470	mm
Maximální vyhazovací síla	40	kN
Maximální zdvih vyhazovačů	170	mm

Tab. 3 – Vybrané parametry vstřikovací jednotky [15]

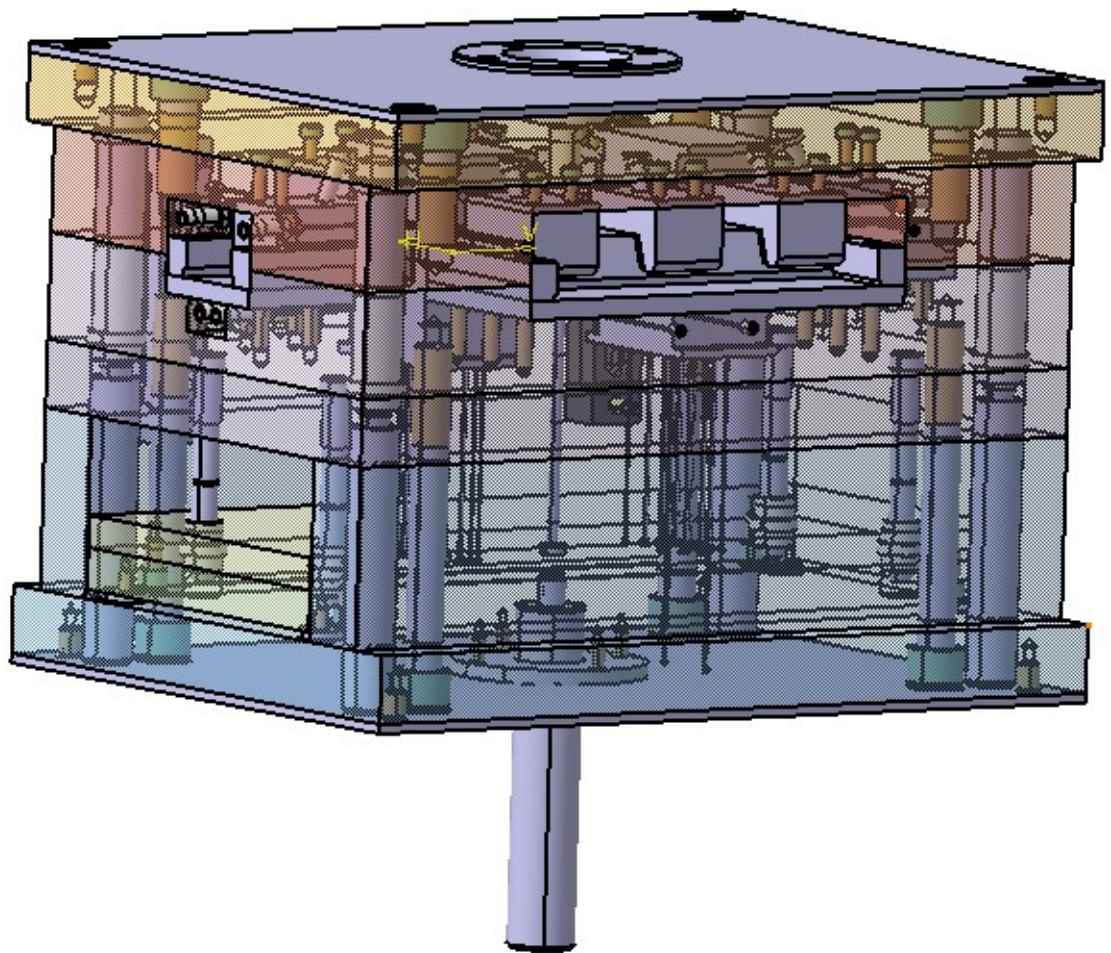
Parametr	Hodnota	Jednotka
Průměr šneku	25	mm
Poměr šneku L/D	120	
Maximální objem vstřikované dávky	59	cm ³
Maximální vstřikovací tlak	2500	bar
Maximální vstřikovací rychlost	221	cm ³ /s
Maximální přítláčná síla trysky	50	kN



Obr. 22 – Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 H [15]

9 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Při samotné konstrukci hrála důležitou roly snaha o co nejjednodušší provedení, ale s dostatečnou přesností vzhledem k vstřikované součástce. Pro usnadnění a urychlení návrhu a případně následné výroby formy bylo snahou užít co nejvíce normalizovaných dílů. Ke konstrukci vstřikovací formy byly použity standardizované díly od firma HASCO, jež se specializuje na díly pro vstřikovací formy.



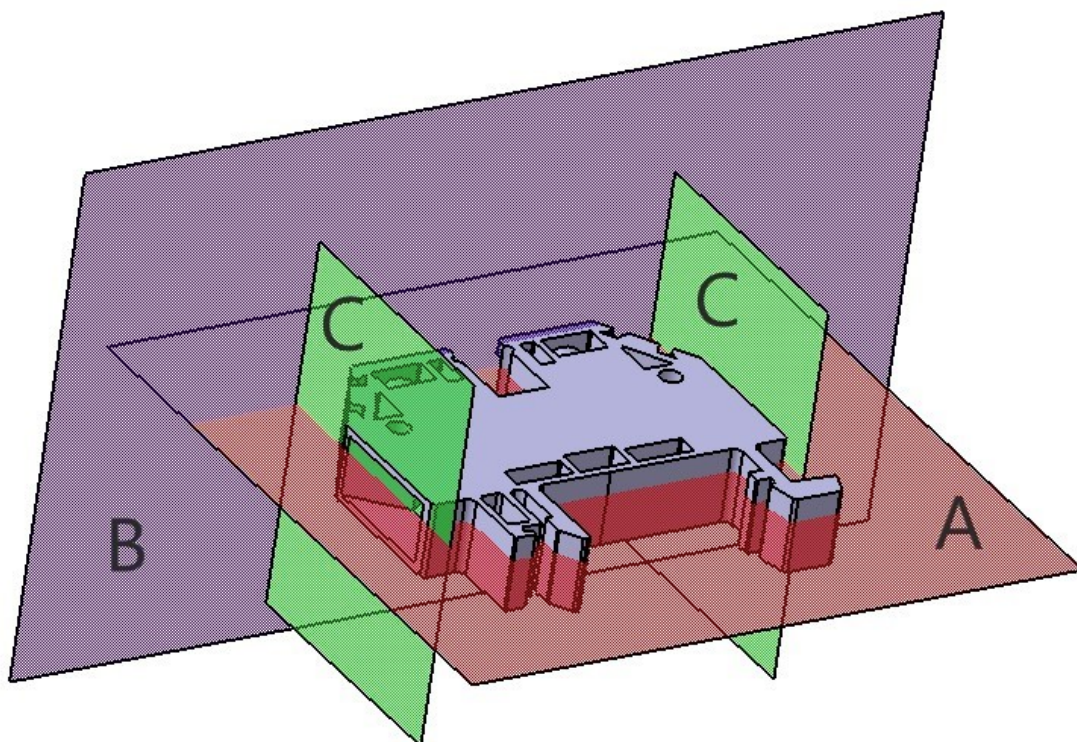
Obr. 23 – 3D model vstřikovací formy

9.1 Násobnost formy

Po konzultaci a uvážení všech činitelů byla zvolena vedoucím této práce dvounásobná vstřikovací forma.

9.2 Zaformování výstřiku a volba dělicích rovin

Jednou z velmi důležitých částí návrhu vstřikovací formy je správná volba a umístění hlavních a vedlejších dělicích rovin s ohledem na odformování výrobku z dutiny formy. Hlavní dělicí rovina byla umístěna na hranu výstupku dílu. Z důvodů otvorů na výrobku, jež mají osy kolmé na hlavní dělicí rovinu je nutné použití tří tvarových čelisti. Tímto vznikly tři vedlejší dělicí roviny.



Obr. 24 – Zvolení dělicích rovin

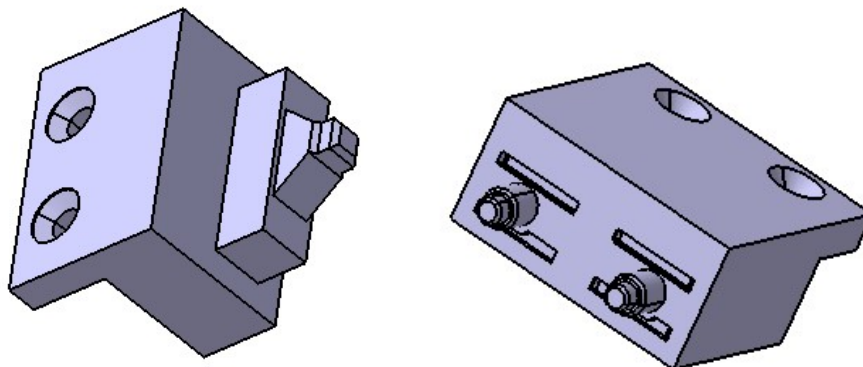
A – hlavní dělicí rovina, B – vedlejší dělicí rovina přední, C – vedlejší dělicí roviny boční

9.3 Tvarové části formy

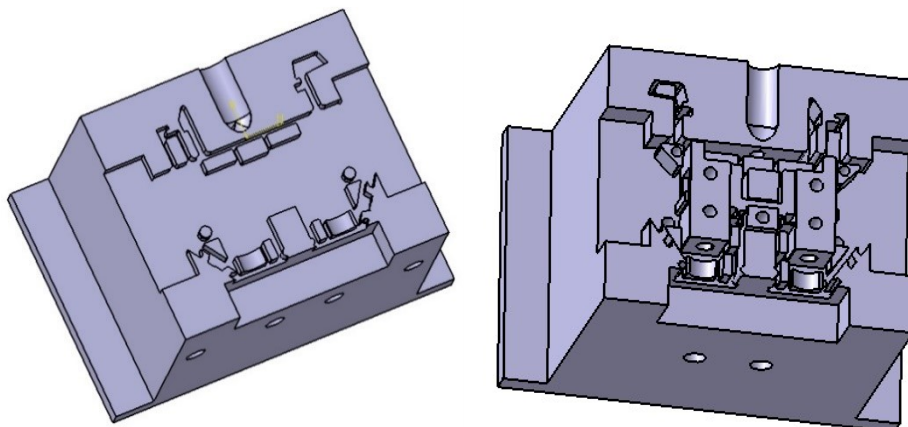
Výrobek přebírá podobu tvarové dutiny formy. Ta je tvořena tvárnici (pravá strana formy, nepohyblivá strana), tvárnkem (levá strana formy, pohyblivá strana) a třemi posuvnými čelistmi. Ty společně vytváří, tvarovou dutinu.

Tvárník a tvárnice jsou navrženy jako vložky. Toto řešení je výhodné z hlediska oprav a ekonomie výroby. Není tedy nutné vyrábět celou kotevní desku z nástrojové oceli, ale po-

stačí konstrukční ocel. Tvárník a tvárnice jsou opatřeny čísly dutin, aby bylo snadnější dohledat výrobek, jenž z této dutiny pochází. Tvárník a tvárnice jsou ukotveny osazením a jsou provrtány temperačními kanály.



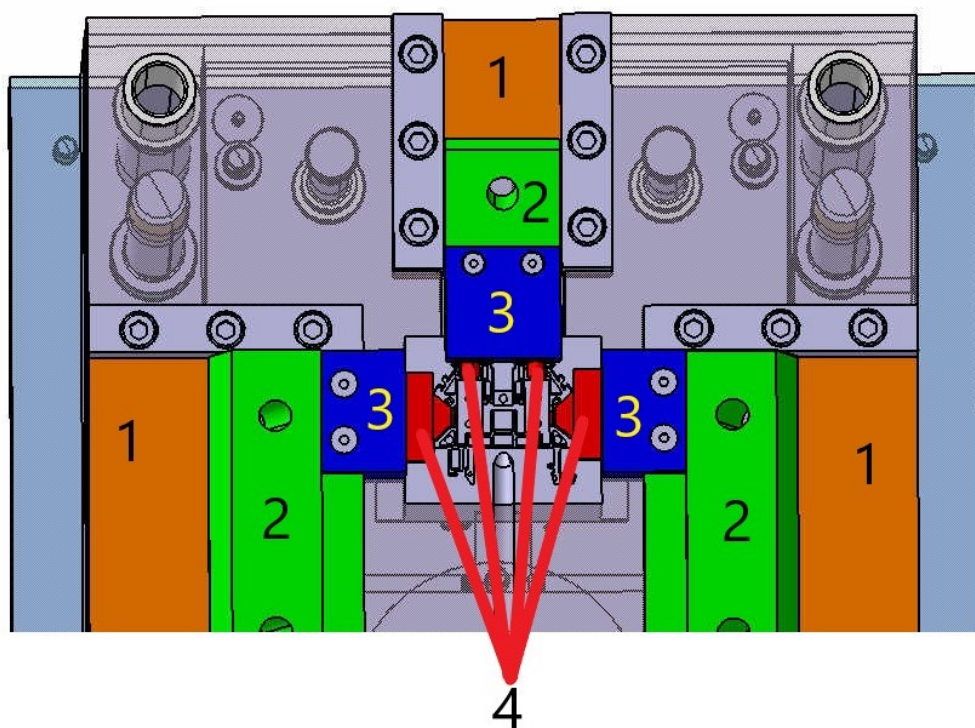
Obr. 25 – Tvarové části čelistí



Obr. 26 – Tvárník a tvárnice

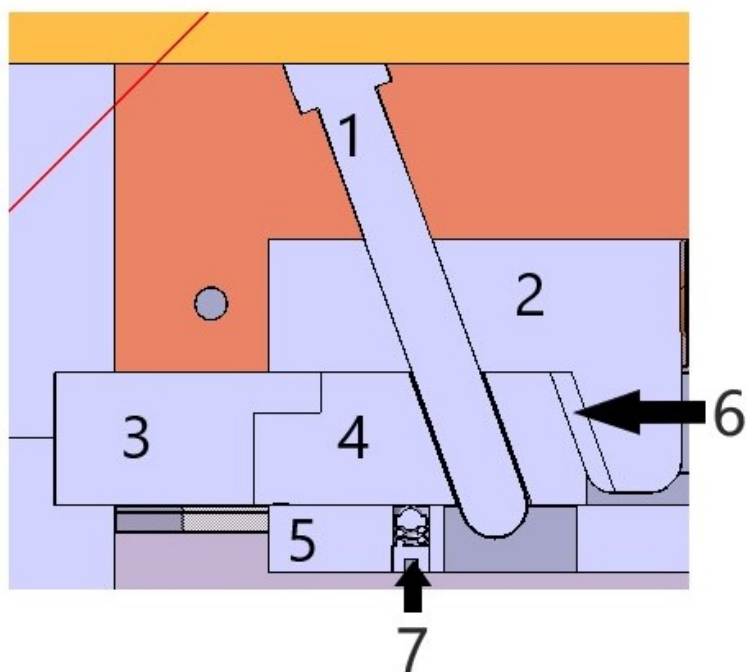
9.4 Posuvné tvarové čelisti

Jejich úkolem je odformování děr kolmých na hlavní dělicí rovinu. Tvarové čelisti jsou umístěny na levé straně formy a tvarují nejen díru, ale i samotnou stěnu výrobku. Tvarová část je výměnná a ke kostce čelisti je připevněna dvěma šrouby. Ovládání posuvných čelistí zajišťují šikmé válcové kolíky, jež jsou pod úhlem 20° . Při otevírání je tvarová čelist nucena k posuvu šikmou válcovou plochou. Pohyb zajišťují vodící lišty a kluzné desky. Otevřenou polohu zajišťuje zámek.



Obr. 27 – Tvarové čelisti

1 – kluzná deska, 2 – tělo tvarové čelisti, 3 – tvarová vložka, 4 – tvarové čepy

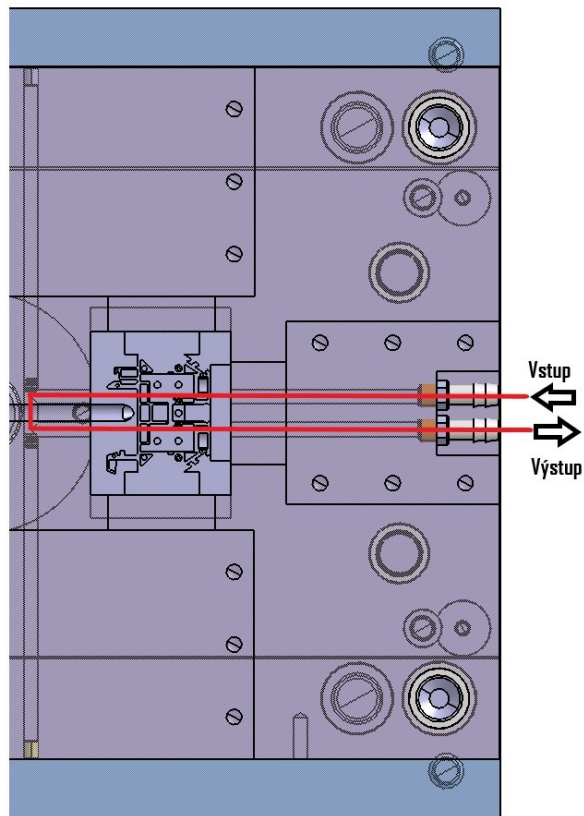


Obr. 28 – Popis tvarové čelisti

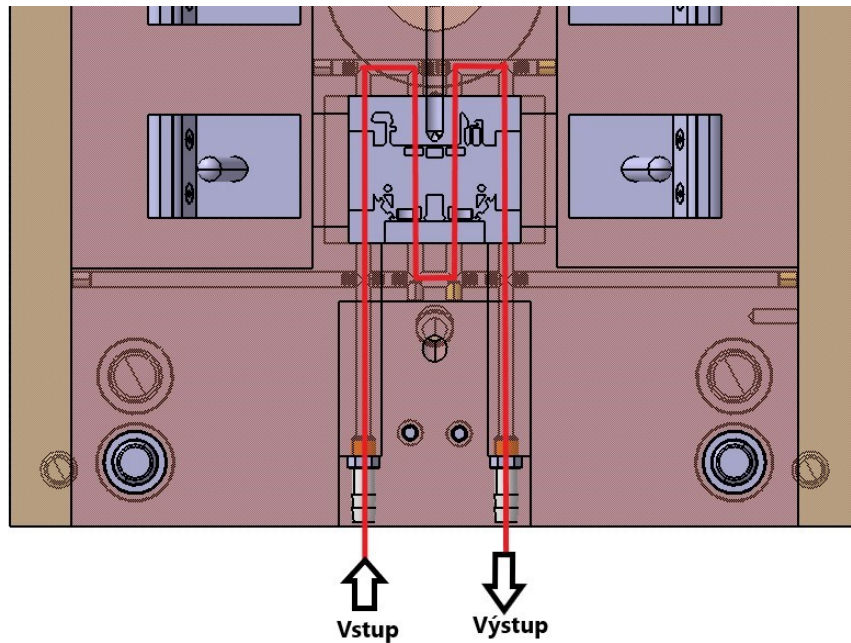
1 – vodící čep, 2 – dosedací kostka, 3 – vyměnitelná tvarová část, 4 – tělo,
5 – kluzná deska, 6 – kluzná vložka, 7 – zámek

9.5 Temperační systém

Jeho hlavním úkolem je udržení stálého tepelného pole vstřikovací formy. Ovlivňuje správné plnění a chladnutí vstřikovaného materiálu. Po vstřikování je nutné odebrat přebytečné teplo z formy, aby došlo k zajištění stálých technologických podmínek. Za tímto účelem jsou vrtány kanálky o průměru šest milimetrů, kterými proudí temperační médium. Ty se nacházejí na pravé i levé straně formy. Na levé i pravé straně je jeden temperační okruh pro jednu dutinu formy. Jsou tedy použity čtyři temperační okruhy pro celou formu. Okruhy jsou uzavřeny za pomoci vnitřních a vnějších ucpávek. A připojení hadic je zajištěno připojovacími nátrubky Z87/5.



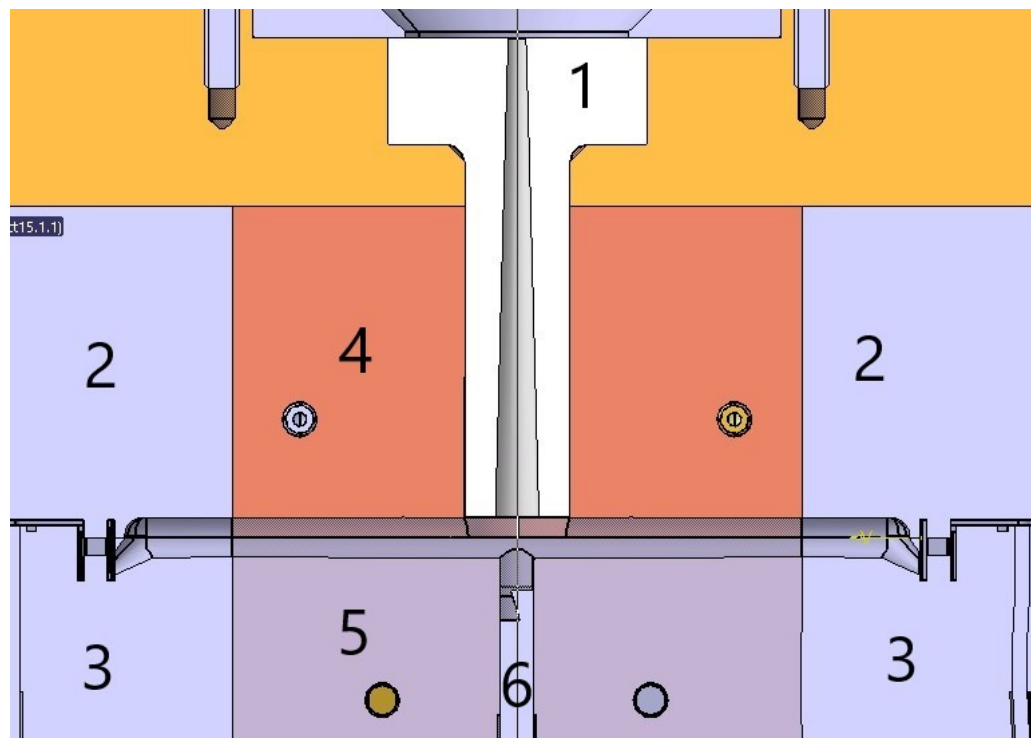
Obr. 29 – Temperace levé strany vstřikovací formy



Obr. 30 – Teploty pravé strany vstřikovací formy

9.6 Vtoková soustava

Vtoková soustava má za úkol dopravit taveninu do tvarové dutiny formy. Při tvorbě je nutno dbát na co nejkratší dráhu toku a aby byla ke všem tvarovým dutinám stejně dlouhá. V tomto případě byl zadán studený vtokový systém. Byl užit tunelový vtok pro snadné oddělení vtokového zbytku od vstřikovaného výrobku. Pro vstup taveniny slouží vtoková vložka Z51/18x96/3.5/15.5 a rozvod taveniny zajišťují kanálky o průměru 3 mm. Vtokové kanály pokračují do ústí vtoku, který je umístěn v tvárníku.



Obr. 31 – Řez vtokovým systémem

1 – vtoková vložka, 2 – tvárnice, 3 – tvárník, 4 – kotevní deska pravá,
5 – kotevní deska levá, 6 – vyhazovač vtokového zbytku

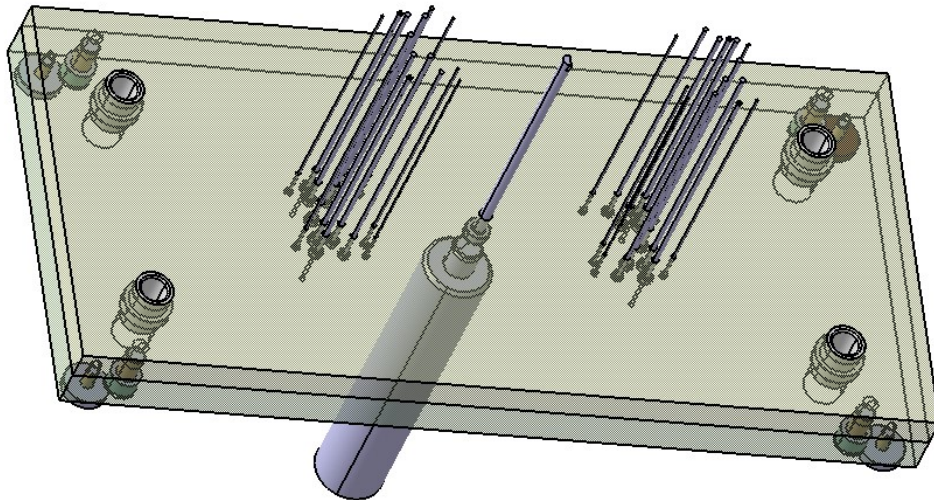
9.7 Odvzdušnění formy

Při vstřikování dochází ke stlačování vzduchu čelem taveniny v prostoru dutiny formy. Vzduch se proto ohřívá na vysokou teplotu, a tím by mohlo dojít k degradaci vstřikovaného polymeru. To by mělo za následek nejen vzhledové vady, ale i poškození funkčnosti samotného výrobku. Proto je třeba dbát při konstrukci na dostatečné odvzdušnění. Pro tento případ se předpokládá, že vzduch stačí unikat přes vůle dělicích rovin a okolo vyhazovačů.

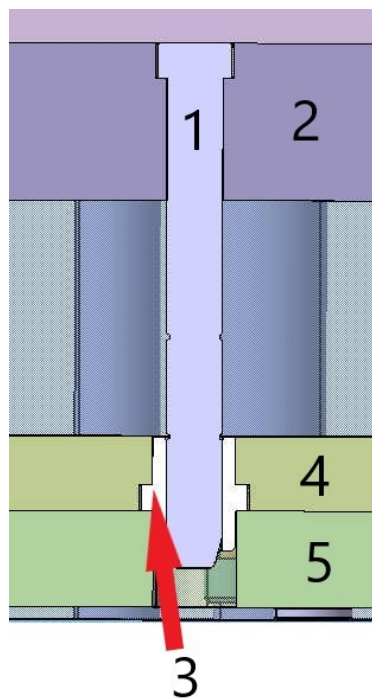
9.8 Vyhazovací systém

K vyhození výrobku slouží sedm válcových vyhazovačů Z40/3x163, pět válcových vyhazovačů Z40/1,5x163, dvou trubkových vyhazovačů Z451/3x1.6x217 a dvou válcových vyhazovačů Z40/1,6x153 pro každou dutinu formy a jedním vyhazovačem vtoku pro obě dutiny formy. Ukotvení těchto vyhazovačů je zajištěno opěrnou a kotevní deskou. Na výstřiku na zůstanou stopy po těchto vyhazovačích, ale v tomto případě nevzniká žádný problém, protože se nacházejí na nepohledové straně.

Pro vedení desek slouží čtyři vodící čepy, které jsou uchyceny v levé opěrné desce. Ty jsou vedeny za pomoci vodících pouzder, které jsou uchyceny ve vyhazovacích deskách. Ze spodní strany desky se nacházejí dorazové podložky, které zabraňují úplnému dosednutí opěrné desky a upínací desky. Pohyb vyhazovacího systému je zajištěn hydraulickým systémem vstřikovacího stroje za pomoci táhla.



Obr. 32 – Vyhazovací systém formy

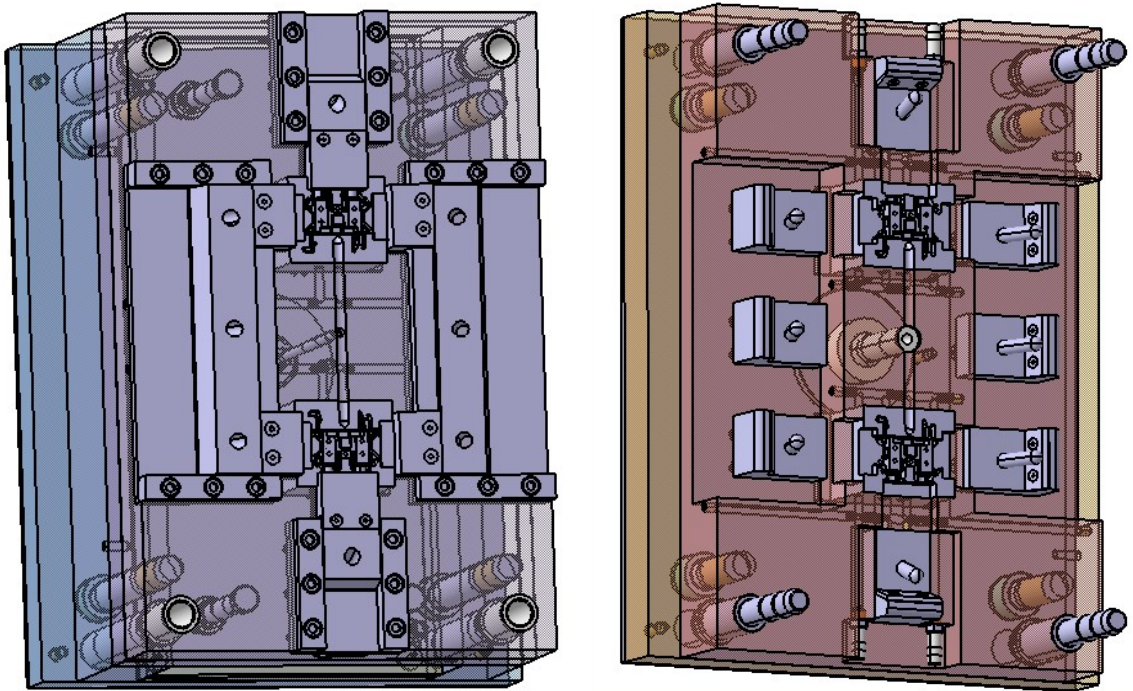


Obr. 33 – Uložení vodících čepů vyhazovacího systému

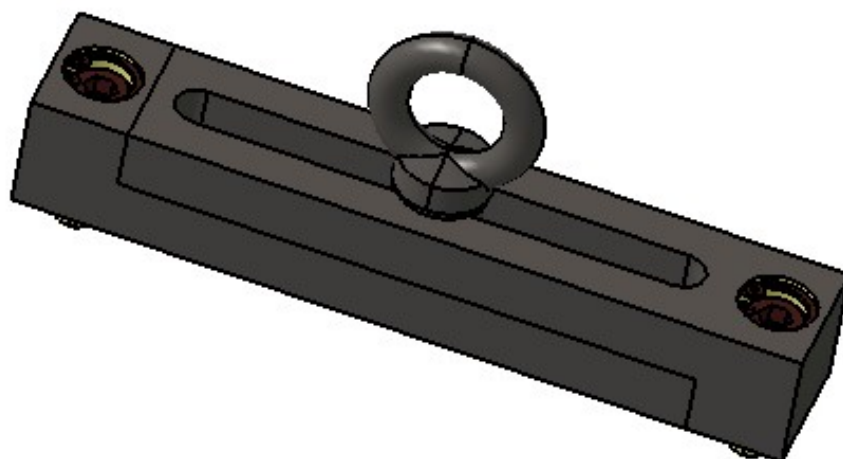
1 – vodící čep, 2 – opěrná deska, 3 – vodící pouzdro, 4 – kotevní deska, 5 – opěrná deska

9.9 Vodící a upínací prvky

Konstrukce a volba rozměrů jednotlivých prvků se odvíjela od normálií nabízených firmou HASCO. Vedení jednotlivých desek zajišťují vodící čepy Z00/36/18x75 a vodící pouzdra Z10/56/18. Desky jsou vystředěny pomocí středících trubek Z20/26x140. Spojení desek zajišťují šrouby. K upnutí formy do vstřikovacího stroje slouží upínací desky. Upínací desky jsou opatřeny přesahem oproti ostatním deskám, aby na nich vznikl prostor, ve kterém mohou být upevněny upínací součásti. Jako upínací součást mohou sloužit šrouby jež se zašroubují do závitů na upínací desce vstřikovacího stroje. Pro vystředění formy ve vstřikovacím stroji složí dva středící kroužky od firmy HASCO a to na pravé straně K100/120x16.5 a na levé straně K500/120x16.5. Upínací kroužky také zajišťují formu proti případnému sklouznutí z upínací desky vstřikovacího stroje. Pro snadnější manipulaci je forma vybavena nosičem formy Z70/1, jež nám dovoluje snad manipulaci za použití jeřábu.



Obr. 34 – Pravá a levá strana formy



Obr. 35 – Nosič formy HASCO Z70/1

ZÁVĚR

Výrobek, pro který je tato forma navržena, je plastová část svorky pro připojení elektrických vodičů. Materiál byl zvolen PA6E.

Násobnost formy byla zadána dvojnásobná. Pro zaformování výstřiku byly navrženy dvě tvarové vložky a pro odformování bočních děr byly navrženy tvarové posuvné čelisti ovládané šikmými čepy. Nutnost použití tvarových posuvných čelistí velmi ovlivnilo konstrukční návrh formy, a to hlavně z hlediska velikosti desek formy. Dle zadání byl užit studený vtokový systém. Ten byl zvolen jako tunelový pro oddělení vtokového zbytku již v dutině formy. Pro vyhození výstřiku byl navrhnout vyhazovací systém s válcovými a trubkovými vyhazovači. Dále byl navrhnout vhodný vyhazovač vtokového zbytku. Odvzdušnění formy je zajištěno vůlí mezi vyhazovači a bočními tvarovými čelistmi. Pro temperaci tvarových vložek slouží vrtaná soustava kanálů, ve kterých proudí olej.

Na základě parametrů vstřikovací formy byl zvolen vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 H.

Konstrukční návrh byl proveden v 3D softwaru CATIA V5R19. Díky modulům, které byly přímo navrženy pro konstrukci vstřikovacích forem, a použití normalizovaných dílů byl návrh urychlen a zjednodušen.

Výsledkem práce jsou 3D modely vstřikovaného výrobku a vstřikovací formy. Dalším cílem bylo doložení 2D výkresu sestavy s kusovníkem. Tyto dokumentace jsou obsaženy v příloze.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, Ladislav a kol. Formy pro zpracování plastů I.díl- Vstřikování termoplastů. 2.vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. str. 134.
- [2] Technická univerzita Liberec Úvod - Katedra strojírenské technologie. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.html
- [3] Seidl, M. Stroje pro zpracování polymerních materiálů, publi.cz, 2016
Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/Impresum.html>
- [4] Lenfeld, P. Technologie vstřikování; publi.cz, 2016
Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Impresum.html>
- [5] Bobek, J. Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů; publi.cz, 2016
Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Impresum.html>
- [6] HYNEK, Martin, Západo česká univerzita v Plzni, Katedra konstruování strojů, Teplota_vstrikovacich_forem [online]. Copyright ©c [cit. 16.11.2019] Dostupné z: http://www.kks.zcu.cz/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05/
- [7] HYNEK, Martin, Katedra konstruování strojů, fakulta strojní Katedra konstruování stroju, Vyhazovaci_sestava_a_vyhazovace [online]. Copyright ©c [cit. 16.11.2019].
Dostupné z: http://www.kks.zcu.cz/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05/
- [8] BOBČÍK, Ladislav. Formy pro zpracování plastů II.díl Vstřikování termoplastů.
Brno : UNIPLAST, 1999. str. 214.
- [9] HYNEK, Martin, Katedra konstruování strojů, fakulta strojní Katedra konstruování stroju, Studene_a_zive_vtokove_systemy [online]. Copyright © [cit. 16.11.2019].
Dostupné z: http://www.kks.zcu.cz/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05/
- [10] HYNEK, Martin, Katedra konstruování strojů, fakulta strojní Katedra konstruování stroju, Horke_vtoky [online]. Copyright ©c [cit. 16.11.2019].
Dostupné z: http://www.kks.zcu.cz/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05/

- [11] Běhálek, L. Polymery; publi.cz, 2016 Dostupné z:
<https://publi.cz/books/180/Impresum.html>
- [12] HYNEK, Martin, Západočeská univerzita v Plzni, Katedra konstruování stroju, Vyha-
zovací sestava a vyhazovace Copyright ©c [cit. 25.02.2020].
Dostupné z: http://www.kks.zcu.cz/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05/
- [13] 3D Design & Engineering Software - Dassault Systèmes® [online].
Dostupné z: <https://www.3ds.com/>
- [14] Copyright © SITTECH CZ s. r. o., V [cit. 11.04.2020]. Dostupné z:
<https://www.sittech.cz/polyamid-pa6e>
- [15] Bulletin -ARBURG. Dostupné z:
<https://www.arburg.com/cs/cz/cast-pro-novinare/tiskova-zpravy/bulletin/nI/991/>
- [16] BEAUMONT, John P. Runner and gating design handbook: tools for successful
injection molding. 2nd ed. Cincinnati: Hanser, c2007. ISBN 1569904219.
- [17] OSSWALD, Tim A., Lih-SHeng TURNG a Pail J. GRAMANN. Injection molding
hanbook. 2nd. ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s.
ISBN 978-1-56990-420-6
- [18] TICKOO, Sham. *CATIA: kompletní průvodce*. Brno: Computer Press, 2012.
ISBN 978-80-251-3527-3.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

F_p	Síla přisunu [N]
F_a	Síla uzavírací [N]
Cm^3	Centimetr krychlový
R	Radius [m]
h	Výška [m]
g/cm^3	Gram na centimetr krychlový
MPa	Megapascal
$^{\circ}\text{C}$	Stupně celsia
Ω	Ohm
kV/mm	Kilovolt na milimetr
kN	Kilonewton
mm	milimetr
cm^3/s	Centimetr čtvereční za sekundu
CAD	Computer-aided design
CAM	Computer-aided manufacturing
CAE	Computer-aided engineering
např.	Například
Tzv.	Takzvaný

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Struktura termoplastů a) amorfní b) semikrystalická [11].....	12
Obr. 2 – Základní rozdělení reaktoplastů [11].....	12
Obr. 3 – Vstřikovací jednotka [3]	17
Obr. 4 – Vícekloubové uzavírací mechanismy	19
Obr. 5 – Návrh plastového dílu z hlediska rovnoměrné tloušťky stěny [5].....	21
Obr. 6 – Vznik propadliny na žebrování výstřiku [5].....	22
Obr. 7 – Vliv velikosti rádiusu na velikosti napětí [5].....	22
Obr. 8 – Základní návrh úkosů pro plastové díly [5].....	23
Obr. 9 – Doporučená konstrukce podkosů.....	24
Obr. 10 – Efekt různého průměru temperačních kanálků	27
Obr. 11 – Válcový vyhazovač [12]	28
Obr. 12 – Trubkový vyhazovač [12].....	29
Obr. 13 – Vtoková soustava [9]	32
Obr. 14 – Řez dutinou, řez vstřikovaným dílem s kuželovým vtokem [9].....	32
Obr. 15 – Bodový vtok u rozváděcích kanálů [9].....	33
Obr. 16 – Deštníkový, talířový a prstencový vtok [9]	33
Obr. 17 – Filmový vtok [9].....	34
Obr. 18 – Řez tunelovým vtokem [9]	34
Obr. 19 – Řez banánovým vtokem [9].....	35
Obr. 20 – Doporučená konstrukce od vzdušňovacího kanálu [5].....	36
Obr. 21 – 3D model výrobku	40
Obr. 22 – Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 H [15]	43
Obr. 23 – 3D model vstřikovací formy	44
Obr. 24 – Zvolení dělicích rovin.....	45
Obr. 25 – Tvarové části čelistí	46
Obr. 26 – Tvárník a tvárnice	46
Obr. 27 – Tvarové čelisti	47
Obr. 28 – Popis tvarové čelisti.....	47
Obr. 29 – Temperace levé strany vstřikovací formy	48
Obr. 30 – Temperace pravé strany vstřikovací formy	49
Obr. 31 – Řez vtokovým systémem.....	50
Obr. 32 – Vyhazovací systém formy	51

Obr. 33 – Uložení vodících čepů vyhazovacího systému	51
Obr. 34 – Pravá a levá strana formy	52
Obr. 35 – Nosič formy HASCO Z70/1	53

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 – Základní materiálové vlastnosti [14]</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 2 – Vybrané parametry uzavírací jednotky [15]</i>	<i>42</i>
<i>Tab. 3 – Vybrané parametry vstřikovací jednotky [15]</i>	<i>42</i>

SEZNAM PŘÍLOH

P I Materiálový list

P II Výkresy

P III Kusovník

P IV CD disk obsahující:

- model formy a výkresovou dokumentaci v programu CATIA V5
- textovou část bakalářské práce

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST

Materiálový list

Polyamid PA6 E

Hustota: 1,13 g/cm³
Barva: přírodní neprůhledný (bílá)
Chemické značení: PA6 E (Polyamide 6 extrudovaný)

Mechanické vlastnosti

Vlastnost	Hodnota	Jednotka	Parameter	Použitá norma
Modul pružnosti	3000	MPa	1 mm/min	DIN EN ISO 527-2
Mez pevnosti v tahu	85	MPa	50 mm/min	DIN EN ISO 527-2
Prodloužení při přetržení	70	%	50 mm/min	DIN EN ISO 527-2
Porušení tečením při statickém zatížení	45	MPa	po 1000 hod.	
Koeficient tření	0,38-0,45	-	proti oceli p=0,05 N/mm ²	
Rázová houževnatost	nepřetržitě	Kj/m ²	Max. 7,5j	DIN EN ISO 179-1EU
Zkouška tvrdosti kuličkou (Brinell)	160	MPa		ISO 2039-1

Tepelné vlastnosti

Teplota skelného přechodu	60	°C		DIN 53765
Teplota tání	220	°C		DIN 53765
Pracovní teplota	160	°C	krátkodobě	
Pracovní teplota	100	°C	dlouhodobě	
Teplotní roztažnost	8	10 ⁻⁵ K		DIN 53483
Měrné teplo	1,7	J/(g+K)		ISO 22007-4:2008
Tepelná vodivost	0,23	W/(K+m)		ISO 22007-4:2008

Elektrické vlastnosti

Povrchový odpor	10 ¹²	Ω		DIN IEC 60093
Měrný objemový odpor	10 ¹³	Ω . cm		DIN IEC 60093
Dielektrická konstanta	3,70 / 7		v 10 ⁵ Hz	DIN 53483
Dielektrický ztrátový faktor	0,031/0,30		v 10 ⁵ Hz	DIN 53483
Dielektrická pevnost	50 / 20	kV/mm	1 mm.	ASTM 149
Sledování odporu	CTI 600			DIN 53480

Další (různé) vlastnosti

Nasákavost	3	%	24h / 96h (23°C)	DIN EN ISO 62
Odolnost horkému materiálu	omezené			
Odolnost zvětrávání	neodolné			
Hořlavost	HB		podle	DIN IEC 60995-11-10

Charakteristika

- výborná tuhost a pevnost
- snadno zpracovatelné
- dobrá chemická odolnost vůči olejům, naftě, mazivům
- dobrá odolnost otěru
- dobrá elektrická izolace

Průmyslové využití

- Tlumící destičky
- Dopravní šrouby
- Kolečka a ozubená kola
- Kluzná ložiska

SITTECH CZ s.r.o. / V luhu 3343 / 435 02 Most
tel.: 476 127 282 / info@sittech.cz / www.sittech.cz

TĚSNĚNÍ

PRYŽE

PLASTY

BRZDOVÉ OBLOŽENÍ

ÚDRŽBÁŘSKÁ CHEMIE

CNC VÝROBA