

Návrh vstřikovací formy pro výrobu dílu části dveří

Rostislav Koutňák

Bakalářská práce
2019

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Rostislav Koutňák

Osobní číslo: T16080

Studijní program: B3909 Procesní inženýrství

Studijní obor: Technologická zařízení

Forma studia: prezenční

Téma práce: Návrh vstřikovací formy pro výrobu dílu části dveří

Zásady pro vypracování:

- 1. vypracovat literární studii pro dané téma**
- 2. provést 3D konstrukci modelu vstřikované součásti**
- 3. navrhnout 3D konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl**
- 4. nakreslit 2D řez vstřikovací formou spolu s výkresy a kusovníkem**

Rozsah bakalářské práce: **cca 60 stran**
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

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

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Ovsík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**

Ve Zlíně dne 19. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

Příjmení a jméno:

Obor:

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, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem vstřikovací formy pro platový díl dveří. Byl zvolen prototyp dílu ovládacího panelu oken a zrcátek, který se nachází na dveřích automobilu. První část je teoretického charakteru a jsou zde popsány základní druhy polymerů, proces vstřikování a popis částí vstřikovacích forem a zásady, podle kterých je zvolena jejich konstrukce. Druhá část je praktická a byl zde v programu Catia V5 vytvořen 3D model dílu. Na základě tohoto modelu byla ve stejném programu navržena možná konstrukce formy pro výrobu tohoto dílu. K návrhu byly využity normy z programu Hasco. Z této 3D konstrukce byl následně vytvořen výkres řezu včetně kusovníku.

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

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the design of the injection mold for the door part. It was chosen a prototype of the control panel for windows and mirrors, which is located in the car door. The first part of bachelor thesis is theoretical and describes the basic types of polymers, the injection molding process and the description of injection mold parts and the principles according to which their design is chosen. The second part is practical and there was created a 3D model of the part in the software called Catia V5. Based on this model there was a possible mold design for the production of this part designed in the same program. There were used norms from the Hasco program for the design. A sectional drawing, including part list, was subsequently created from this 3D structure.

Keywords: injection mold, injection molding, 3D model, design

Chtěl bych poděkovat vedoucímu své bakalářské práce, panu Ing. Martinu Ovsíkovi, Ph.D. za vedení, rady a připomínky, které mi pomohly se zpracováním této bakalářské práce. Dále děkuji mé rodině a přítelkyni za podporu během studia.

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

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

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 VSTŘIKOVÁNÍ POLYMERŮ	11
1.1 POLYMERY PRO VSTŘIKOVÁNÍ.....	11
1.1.1 Rozdělení polymerů	11
1.1.2 Úprava polymerů před vstřikováním	13
1.1.3 Smrštění polymerů	14
1.2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....	14
1.2.1 Vstřikovací cyklus.....	15
1.2.2 Vstřikovací stroj	16
2 VSTŘIKOVACÍ FORMY	19
2.1 NÁVRH VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	19
2.1.1 Násobnost formy	20
2.1.2 Výkres součásti	20
2.1.3 Volba vstřikovacího stroje	21
2.1.4 Zvláštní požadavky na konstrukci formy	21
2.2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	21
2.2.1 Zaformování výstřiku.....	21
2.2.2 Dimenzování tvarové dutiny	22
2.2.3 Studený vtokový systém	22
2.2.4 Vyhřívaný vtokový systém	26
2.2.5 Vyhazovací systém.....	28
2.2.6 Temperace forem	31
2.2.7 Odvzdušnění formy	32
2.2.8 Materiály forem.....	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
3 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	35
4 VYUŽITÉ PROGRAMY	36
4.1 CATIA V5R19	36
5 NÁVRH VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU.....	37
5.1 KONSTRUKCE VÝROBKU.....	37
5.2 MATERIÁL VÝROBKU	37
6 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	38
7 KONSTRUKCE FORMY	39
7.1.1 Pravá část formy.....	40
7.1.2 Levá část formy	41

7.2	NÁSOBNOST FORMY	41
7.3	ZAFORMOVÁNÍ VÝROBKU.....	42
7.4	BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI	43
7.5	V TOKOVÝ SYSTÉM	44
7.6	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	45
7.7	VYHAZOVÁNÍ.....	47
7.8	ODVZDUŠNĚNÍ.....	48
7.9	MANIPULACE	48
	ZÁVĚR	49
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	50
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	52
	SEZNAM OBRÁZKŮ	54
	SEZNAM TABULEK.....	56
	SEZNAM PŘÍLOH.....	57

ÚVOD

Dříve lidé převážně využívali pro výrobu přírodní materiály, jimiž jsou kov, dřevo, vlna či materiály vytvořené z těchto materiálů jako třeba sklo. V dnešní době je však spousta těchto materiálů nahrazena polymerními materiály, plasty. Důvodem toho, proč se polymerní materiály staly tak oblíbenými je velká variabilita vlastností, kterých výrobky z nich mohou dosáhnout. Díky tomu poptávka po plastových výrobcích neustále roste, a proto je potřeba, aby výroba takovýchto výrobků byla efektivní a rychlá.

Nejrozšířenějším způsobem pro zpracování polymerní hmoty do plastového výrobku se stalo vstřikování. Jeho principem je vstříknutí roztaveného polymeru do formy, které má dutinu s požadovaným tvarem, ve které polymer ztuhne, ochladne a poté je z formy vyhozen a proces začíná nanovo. Při tomto procesu je možno vytvářet výrobky různých tvarů a vlastností, a to za nepřetržitého provozu. Složitost výrobku se však projeví na složitosti samotné formy.

Pro jednodušší a rychlejší navrhování vstřikovacích forem existuje spousta programů, ve kterých se vytváří jejich 3D model jako jsou Catia, Solid Edge a další. Aby konstruktéři nemuseli každý díl navrhovat zvlášť, vznikly programy s knihovnami normalizovaných dílů jako třeba software HASCO, který byl využit společně s programem Catia V5 využit pro návrh formy, kterou se zabývá tahle bakalářská práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VSTŘIKOVÁNÍ POLYMERŮ

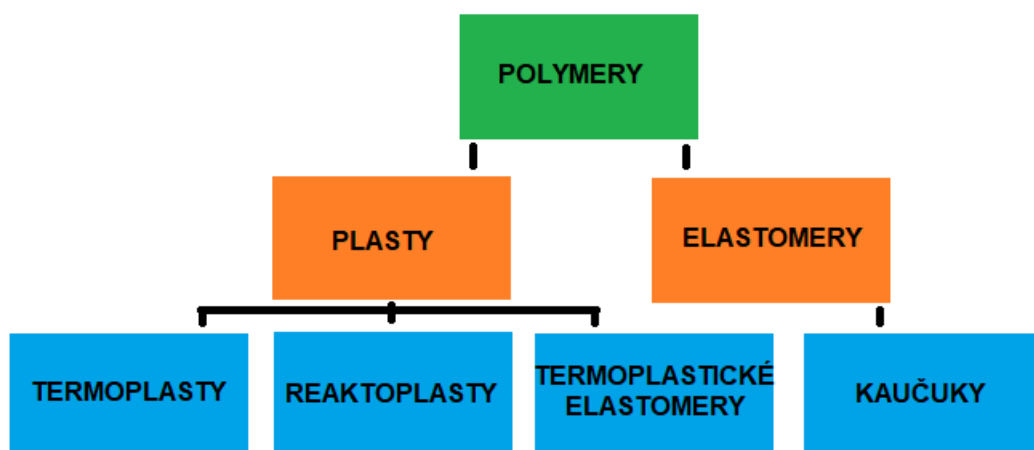
Vstřikování polymerů je proces, při kterém se do připravené formy vstříkne roztavený polymer, čímž se vytvaruje do požadovaného tvaru. Jedná se o tepelně-mechanický proces tváření. Průběh vstřikování ovlivňuje využitý materiál, výrobní cyklus, tedy příprava a doprava taveniny do formy a samotná forma, tedy nástroj k dosažení požadovaného tvaru výrobku. [1]

1.1 Polymery pro vstřikování

Jako polymer můžeme označit látky s velkými molekulami, často obsahují atomy uhlíku, vodíku, kyslíku, dusíku, chloru a dalších prvků. V určitém stádiu zpracování se polymery nachází v kapalném stavu, a právě v tomto stavu udělujeme výrobku jeho budoucí tvar za zvýšeného tlaku a teploty. Samotný výrobek je pak užíván v tuhém stavu.[2]

1.1.1 Rozdělení polymerů

Polymery lze rozdělit na plasty, které jsou pevné a elastomery, které mají elastické vlastnosti a dále se podle určitých vlastností rozdělují do podskupin



obr. 1 Rozdělení plastů

- **Plasty** – plasty jsou polymery pevné, často však křehké, přičemž jsou-li deformovány jedná se převážně o deformaci nevratného charakteru. Dle vlastností při zahřívání je dělíme na termoplasty a elastomery. [3]
- **Elastomery** – jedná se o pružný materiál, který je při běžných podmínkách snadno deformovatelný, přičemž se na rozdíl od plastů může vrátit do původního stavu.

Typickým elastomerem jsou kaučuky, ze kterých se díky procesu vulkanizace vyrábí pryže. [3]

Termoplasty

Termoplasty jsou charakteristické svou vlastností opakovatelného tepelného zpracování. Při jejich zahřátí nedochází k chemickým změnám. Rozdíl mezi taveninou a pevnou látkou je pouze fyzického charakteru, přičemž k přeměně stavu dochází při dosažení teploty tání. Struktura termoplastů může být amorfni nebo semikrystalická. Mezi nejčastější termoplasty patří polyethylen (PE), polypropylen (PP), polyvinylchlorid (PVC). [3]

Reaktoplasty

Reaktoplasty jsou polymery, které nejde opakovaně tepelně zpracovat. Je možné je zpracovat jen určitou dobu po jejich zahřátí, poté se začnou vytvrzovat. Vytvrzování je název pro chemickou reakci, při níž molekuly síťují a vytváří celkovou zesíťovanou strukturu. Jedná se o nevratný proces, vytvrzené reaktoplasty není možno ani tvarovat ani svařovat. Výhodou reaktoplastů je jejich tvrdost, tuhost a chemická a tepelná odolnost. Jedná se o amorfni polymer. V nevytvrzeném stavu se obvykle jedná o pryskyřice, nejčastěji se používá formaldehydová pryskyřice (*PF*), epoxidová pryskyřice (*EP*) nebo polyesterová pryskyřice (*UP*). [3]

Kaučuky

Jsou to polymerní materiály, které také v první fázi ohřevu měknou a je možné je tvářet, ale jen po určitou dobu. Dalším zahříváním nebo pomocí katalyzátoru dochází k prostorovému zesíťování struktury, probíhá tzv. vulkanizace. Po vulkanizaci se z kaučuku stává pryž. [3]

Termoplastické elastomery (TPE)

Jejich vlastnosti jsou podobné pryžím, je možno je však opakovaně tavit. V jejich struktuře se vykytují tvrdé segmenty tvořené termoplastem a měkké segmenty tvořené elastomerem. V struktuře se od pryži liší tím, že u pryži jsou uzly tvořeny chemickou vazbou, u TPE jsou však spíše fyzikální povahy, termoplastické segmenty jsou rozmístěny v spojitě elastomerní fázi. Jejich výhodou je možnost využití při vstřikování, nemají však tak elastické vlastnosti jako pryže. [3]

1.1.2 Úprava polymerů před vstřikováním

Základní polymer obvykle není možno aplikovat pro vstřikování, aby byl pro vstřikování vhodný je potřeba jej upravit pomocí aditiv. [4]

Stabilizátory

Termooxidační – slouží k zvýšení hranice teplotní odolnosti

UV stabilizátory – zpomalují degradaci materiálu vlivem slunečního záření, prodlužuje životnost výrobku. [4]

Plastifikátory

Slouží ke změkčení materiálu, zlepšují ohebnost a houževnatost vychladlého polymeru. [4]

Lubrikanty

Pro snížení viskozity taveniny, zvyšují lesk výrobku. [4]

Nukleační činidla

Upravují rychlost krystalizace a tím mohou zrychlit výrobní cyklus. [4]

Antistatika

Snižují šanci vzniku elektrostatického náboje při tření. [4]

Retardéry hoření

Snižují hořlavost materiálu, ovlivňují zpracovatelské podmínky. [4]

Pigmenty a barviva

Určují barevný odstín a kryvost materiálu, mohou působit i jako nukleační činidla. Polymer může být obarven jeho výrobcem nebo ve formě granulátu ve vstřikovací stroji pomocí přírodních materiálů. Pro barvení ve stroji se používá granulát s 20 - 100x více pigmentem, aby byl schopen obarvit vstřikovaný polymer. Je důležité, aby barvicí granulát a pigment v něm byl tepelně odolný, aby při tavení nedošlo ke spálení a nežádoucí změně barvy a také odolnost proti UV záření. [4]

Plniva

Využití u kompozitních materiálů. Jedná se o polymer s plnivem ovlivňujícím vlastnosti výsledného výrobku. Plniva se dělí na částicová, vyztužující nebo nanoplňiva.

- Částicová – nejčastěji minerálního původu, ke zvýšení viskozity, tuhosti, tvrdosti, teplotní odolnosti a snížení smrštění. Specifické druhy mohou měnit kluzné vlastnosti výstřiků, snižují izolační odpor nebo zvyšují teplotní vodivost
- Vyztužující – vláknitá struktura, slouží ke zvýšení pevnosti, tuhosti a tvarové stálosti, snižují však ohebnost a tažnost
- Nanoplňiva – zlepšují mechanické vlastnosti, redukují potřebné množství přísad potřebných k dosažení výhod kompozitu. Liší se především velikostí částic, které jsou v řádu nanometrů. Mohou také zlepšit nepropustnost, chemickou odolnost, navlhavost a jakost povrchu výstřiku. [4]

1.1.3 Smrštění polymerů

Smrštěním se rozumí vlastnost polymeru, při které při chladnutí zmenšuje svůj objem. Je způsobena stlačitelností, tepelnou roztažností a kontrakcí plastů.

Smrštění výrobku ovlivňují tyto faktory:

- Materiál – na hodnotu smrštění má vliv, jestli je materiál amorfní nebo částečně krystalický a zda do něj byly přidány plniva, případně jakého druhu
- Parametry výroby – tlak, teplota, čas chladnutí
- Konstrukce výrobku – tloušťka stěn, žebra
- Konstrukce formy – temperace formy, umístění a velikost vtoku

[4]

1.2 Technologie vstřikování

Vstřikováním se rozumí technologie, při níž se vstříkne polymer do formy a rovnou získává svou konečnou podobu. Je takto možno vyrábět hotové výrobky, polotovary či části většího celku. Touto technologií je možno vyrobit výrobky s vysokou přesností a díky variabilitě polymerních materiálů je možno dosáhnout různých fyzických vlastností. Nejčastěji se pro vstřikování využívají termoplasty, je však možno vstřikovat i reaktoplasty či elastomery. Tvaru výrobku se dosahuje pomocí vstřikovací formy, jejíž dutina je má negativní tvar požadovaného výrobku. Do této dutiny je pod vysokým tlakem vstříknut polymer a po dobu chladnutí na něj působí tlak, aby se zredukovaly změny způsobené smrštěním, které však není možno omezit úplně. Vstřikování je cyklický proces, což znamená, že probíhá

přerušovaně. Vstříknutý polymer je tekutý, tudíž je nutno počkat, než ztuhne, aby bylo možno jej odformovat. Celý průběh výroby výrobku se nazývá vstříkovací cyklus. [5]

Výhody:

- Krátká doba cyklu
- Možnost výroby složitých součástí s dobrou tolerancí
- Výrobky nepotřebují dodatečné povrchové úpravy
- Konstrukční flexibilita

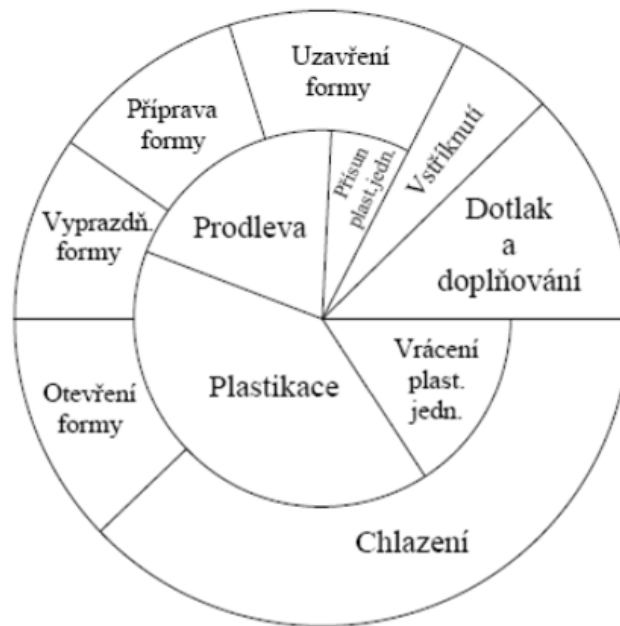
Nevýhody:

- Složitá a nákladná výroba forem

[5]

1.2.1 Vstříkovací cyklus

Vstříkovacím cyklem se rozumí souhra operací vstříkovacího stroje s formou. Cyklus začíná uzavřením formy, pohyblivá část formy je přisunuta k pevné a těsně přitlačena, aby ve formě vznikla dutina. Uzavírací síla musí být dostatečně velká, aby při vstříknutí a dotlaku nedošlo k pootevření formy. Po uzavření formy přijíždí plastifikační jednotka s připraveným polymerem, který je následně vstříknut do formy a ihned následuje dotlak. Plastifikační jednotka odjíždí během chlazení výrobku a začíná se připravovat pro další cyklus. Jakmile výrobek dostatečně ochladne a je dostatečně pevný pro vyhození bez deformace, dojde k otevření formy a pomocí vyhazovacího systému je výrobek vyhozen z formy. Tím vstříkovací cyklus končí a začíná nový. [2]



obr. 2 Vstřikovací cyklus

1.2.2 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroj slouží k roztavení granulátu polymeru na homogenní taveninu, následnému vstříknutí do formy a taktéž následnému dotlaku a vyhození výrobku z formy. Volba stroje je důležitá pro dosažení přesných rozměrů výrobku, kdyby stroj nebyl schopný vyvinout dostatečný tlak či neměl dostatečnou kapacitu, nemusela by být dostatečně naplněna forma nebo by kvůli nedostatečnému dotlaku mohlo dojít k propadlinám či jiným deformacím výrobku. Jedná se o velmi drahé stroje, proto se pořizují pouze pro hromadnou a velkosériovou výrobu. Z příčiny plné automatizace těchto strojů je možno dosahovat vysoké produktivity. [5] [6]

Vstřikovací stroj se skládá z:

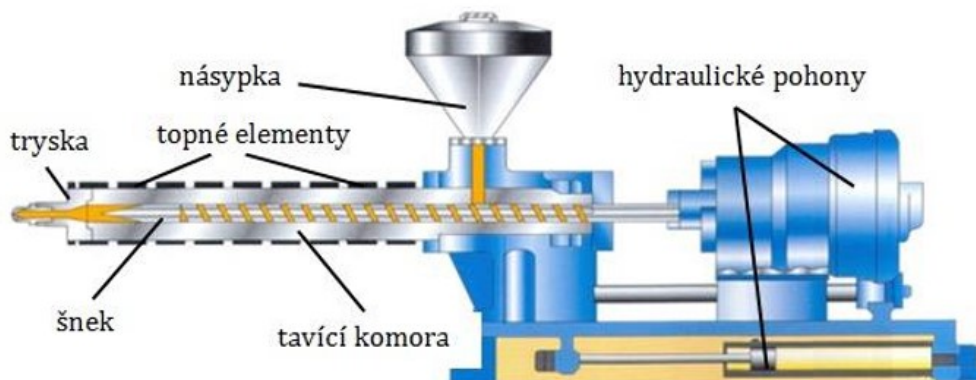
- Vstřikovací jednotky
- Uzavírací jednotky
- Ovládacího zařízení



obr. 3 Vstříkovací stroj KraussMaffei PX [14]

Vstříkovací jednotka

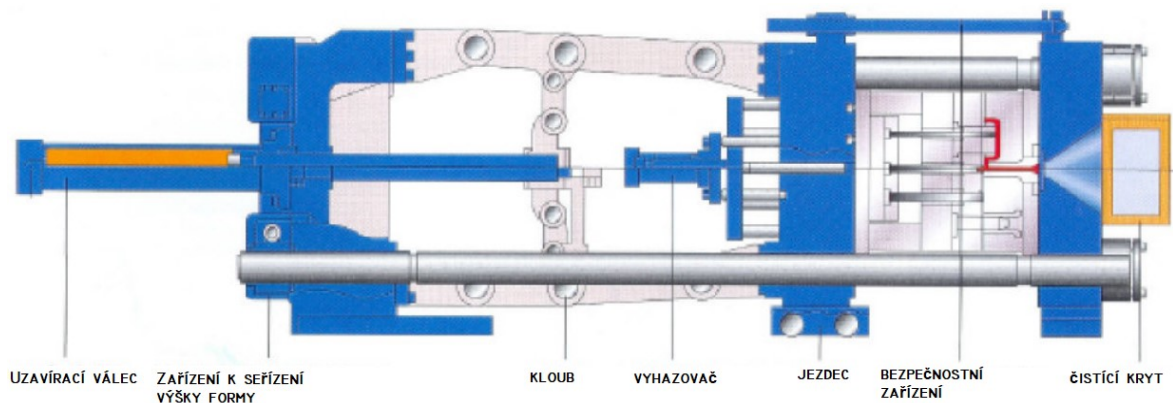
Vstříkovací jednotka je část vstříkovacího stroje sloužící k přípravě a dopravě materiálu do formy. Nejprve se do násypky nasype granulát polymeru, který se v tavné komoře posouvá pomocí šneku a taví se. Postupně prochází přes tři pracovní pásma šneku, a to přes vstupní, přechodové a výstupní. K tavení dochází pomocí ohřevu, ale i díky tření mezi materiálem a povrchem šneku a komory. Proces přeměny granulátu na taveninu se nazývá plastifikace a materiál při něm získává homogenní strukturu. Během tohoto procesu se šnek otáčí, odsouvá dozadu a dochází k hromadění taveniny před šnekem. Spojení formy se vstříkovací jednotkou je zajištěno pomocí trysky umístěné na konci tavné komory. Přesného dosednutí do vtokové vložky je dosaženo pomocí kulové plochy na konci vstříkovací trysky. [5]



obr. 4 Schéma vstříkovací jednotky [12]

Uzavírací jednotka

Pomocí uzavírací jednotky se zajišťuje uzavírání a otevírání formy a případně může sloužit i k odformování výrobku. Uzavření ani otevírání neprobíhá konstantní rychlostí. V obou případech rychlost postupně klesá. Velikost uzavírací síly je dána tak, aby odolala tlaku vzniklému při vstříknutí polymeru, aby nedošlo k pootevření formy.



obr. 5 schéma uzavírací jednotky [5]

Uzavírání je možno řešit několika způsoby:

- Hydraulické – využití hydraulického tlaku, nutnost zajištění závorou
- Hydraulicko-mechanické – jedná se o kloubový mechanismus ovládaný hydraulickým válcem.

Ovládací zařízení stroje

Ovládací zařízení slouží k regulaci či nastavení průběhu cyklu. K nastavení doby a rychlosti vstřikování, chlazení, k nastavení velikosti vstřikovacího tlaku a k nastavení teploty taveniny, aby nedošlo k nedostatečnému roztavení granulátu či spálení taveniny. [5]

2 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací forma slouží k výrobě vstřikovaných dílů, dává vstříknuté tavenině požadovaný tvar a rozměry. Je důležité, aby forma plnila požadavky jak technické, tedy aby byla schopna vyrobit požadovaný počet výrobků při zachování požadované kvality a přesnosti. Dále ekonomické, tedy aby za nízkou pořizovací cenu byla schopna efektivní produkce s nízkým množstvím odpadu. Posledním požadavkem je, aby se s formou dalo pracovat jednoduše a bezpečně. [1]

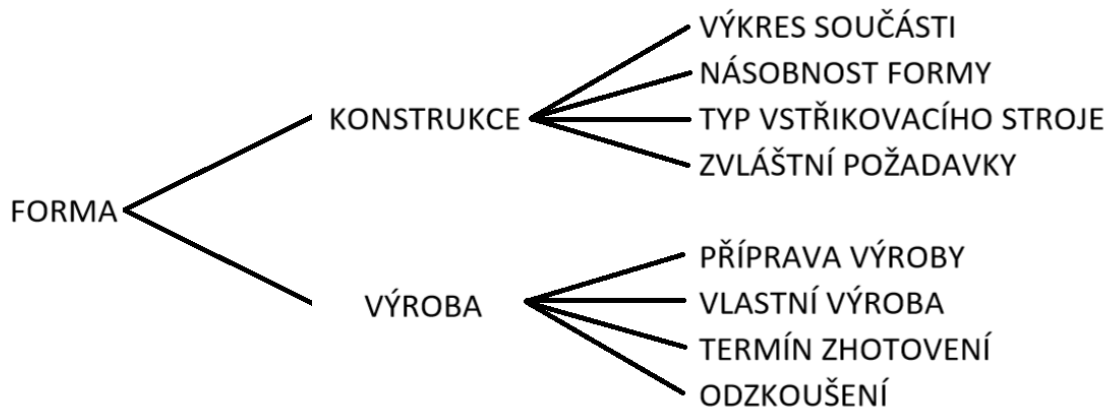
Při konstruování forem je vyžadováno:

- Přesné tvarové dutiny s vysokou jakostí povrchu
- Správnost funkce formy, vhodná volba vtokového systému, odvzdušnění, temperování, vyhazování
- Dostatečná tuhost částí formy, aby odolala vstřikovacím tlakům
- Dlouhá životnost, které se zaručuje konstrukcí, výrobou a materiálem

[10]

2.1 Návrh vstřikovací formy

Pro vytvoření výkresové dokumentace pro následnou výrobu vstřikovací formy je potřeba zvolit či vypočítat několik technických údajů. [1]



obr. 6 Rozdělení operací konstrukce formy

2.1.1 Násobnost formy

Násobnost vstřikovací formy ovlivňuje několik činitelů, kterými jsou:

- Požadavky na přesnost výrobku
- Velikost výrobku
- Požadované množství výrobků
- Kapacita a velikost vstřikovacího stroje
- Ekonomičnost výroby
- Požadovaná rychlost výroby, podle termínu dodání

Pro větší výrobky a tvarově složitě se volí zejména jednonásobné formy. Nižší násobnost formy zaručuje kvalitnější a přesnější výrobky. Rozdílné dráhy vtoků, nestejně vstřikovací tlaky a nerovnoměrná teplota formy a plastu může vést k nepřesnosti výsledného výrobku. Při vícenásobných formách, ale také u jednonásobných je důležité, aby vstřikovací stroj byl schopen vyvinout dostatečný vstřikovací tlak, uzavírací sílu a plastifikační výkon. [1]

2.1.2 Výkres součásti

Charakter výrobku musí splňovat požadavky jak tvarové, rozměrové tak i na mechanické a fyzikální vlastnosti.

Výkres výrobku musí obsahovat:

- Materiál výrobku, který se bude vstřikovat
- Tvar, rozměry a tolerance
- Požadavky na vzhled a jakost výrobku
- Hmotnost
- Technické přejímací podmínky
- Zvláštní požadavky

U výrobku je nutno posoudit jeho vyrobiteľnosť, tedy jestli vyhovuje tvářecím podmínkám. Je potřeba řídit se zásadami pro konstrukci výstřiků dle ČSN 640006 A ČSN 640011. Pro dosažení správného rozprostření vstříknutého materiálu je nutno navrhnout výrobek s malým rozdílem tloušťky stěn, pozvolných přechodů, zaoblení ostrých hran. [1]

2.1.3 Volba vstřikovacího stroje

Zvolit správný vstřikovací stroj je důležité pro dosažení požadovaného tvaru výrobku. Nedostatečný výkon nebo třeba malý tlak by mohl způsobit nerovnoměrné rozmístění polymeru ve formě a výrobek by mohl být deformovaný.

Volbu vstřikovacího stroje určuje

- Hmotnost a rozměry výrobku
- Požadavek na přesnost
- Velikost formy
- Násobnost formy

[1]

Navržený stroj tedy musí mít vhodnou koncepci a musí být schopen dostatečné vstřikovací kapacity a být schopen vyvinout dostatečný vstřikovací tlak. Celková hmotnost výstřiku se uvažuje jako hmotnost výrobku x násobnost + hmotnost vtoků. [1]

2.1.4 Zvláštní požadavky na konstrukci formy

Zvláštní požadavky obvykle určuje zákazník, obvykle jde o urychlení či zlepšení efektivity výroby či její zlevnění. Dále může vyžadovat například využití typizovaného rámu formy, vyhřívané trysky, více automatizované vstřikování nebo uzpůsobení pro robotizované pracoviště. [1]

2.2 Konstrukce vstřikovací formy

Konstrukci formy ovlivňuje především požadovaný výrobek. Podle tvaru výrobku se volí vhodný vyhazovací systém, podle materiálu vhodný vtokový systém. Výstřik je nutno do formy správně zaformovat a určit jeho dělicí roviny, dále umístění vtoku a vyhazovačů, aby byl výrobek z formy vyjmut bez poškození. Doplňujícími faktory pro návrh formy jsou její temperace, vratná a vodící funkce a násobnost. [1]

2.2.1 Zaformování výstřiku

Správné zaformování výstřiku a volba dělicí roviny je důležitá pro dosažení požadovaného tvaru výrobku. Ideální dělicí rovina by měla být rovnoběžná s upínacími deskami, u složitějších výrobků to však není možné. Je tedy možno navrhnout i šikmé či různě

tvárovane dělicí roviny, u výrobků s bočními otvory dokonce více dělicích ploch, tedy hlavní a vedlejší. Je vyžadována přesnost dělicí roviny, aby bylo dosaženo úplného dovření formy, neboť při neúplném dovření by mohly vznikat na výrobku nežádoucí kazy, změna rozměrů či přesahy.

Dělicí rovina by měla:

- Umožňovat snadné vyjmutí výstřiku
- Být pravidelná a co nejjednodušší
- Probíhat v hranách výrobku
- Být umístěna tak, aby byl výrobek souosý a přesný
- Být navržena tak, aby stopa po ní nebyla důvodem vzniku vad funkčních či vzhledových

[1]

2.2.2 Dimenzování tvarové dutiny

Dimenzování tvarové dutiny je dalším faktorem důležitým pro dosažení požadovaného výrobku. Při špatném dimenzování může dojít k nedodržení tolerancí či nepřesnosti tvaru. Při dimenzování je potřeba brát ohled i na povrch dutiny, neboť povrch dutiny formy je obrazem výsledného výstřiku. Přesnost dutiny je v rozmezí IT8 až IT10 a je ovlivněna smrštěním plasty, výrobní tolerancí a opotřebením dutiny. [1]

2.2.3 Studený vtokový systém

Vtokový systém slouží k vedení vstříknutého plasty od vstřikovacího stroje k dutině formy. Volba vhodného vtokového systému je důležitá pro správný tlak a vyplnění tvarové dutiny. Při jejím řešení je nutno:

- Dosažení rovnoměrného plnění dutin
- Zvolení vhodného ústí pro snadné vyjmutí výrobku a odstranění vtoku, aby nedocházelo k uzavírání vzduchu
- Brát ohled na použitý polymer, vstřikovací tlak a profil vtokových kanálů

[1]

Při vstříknutí taveniny plasty do studeného vtokového systému začíná tavenina okamžitě na jeho stěnách tuhnut. Vytvoří se tak izolační vrstva ztuhlého plasty a tavenina proudí

horkým jádrem. Z tohoto důvodu je důležité odstupňování velikosti rozváděcích kanálů při jejich větší délce u mnohonásobných forem. Tím se zajistí rovnoměrné zaplnění všech dutin. Tavenina vstupuje do dutiny přes vtokové ústí, které může být řešeno několika způsoby dle konstrukce formy a vstřikovaného dílu. Po zaplnění dutin nastává dotlak. Při dotlaku je pomocí udržování taveniny pod definovaným tlakem do dutiny doplňována tavenina, nahrazující ztrátu objemu způsobenou smrštěním chladnoucího plastu. Tím je omezeno objemové smrštění výlisku, omezeny propady, viditelnost propadů apod. [3]

Studený vtokový systém se skládá z:

- Vtokové vložky
- Rozváděcích kanálů
- Vtokového ústí
- Přidržovače a vyhazovače vtoku

Výhody studeného vtokového systému:

- Jednoduchost a cena oproti horkým vtokovým systémům
- Standardizované díly
- Bez nutnosti dodatečného energetického připojení
- Jednoduše řešitelné vícenásobné formy

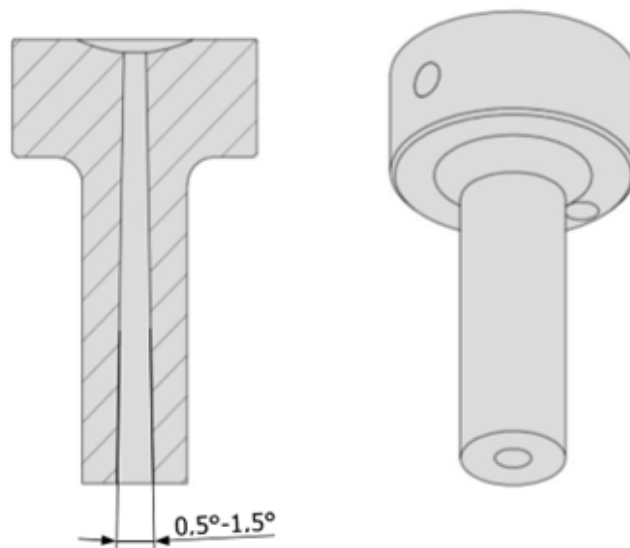
Nevýhody studeného vtokového systému

- Nutnost využití více materiálu kvůli zbytkům ve vtoku
- Je potřeba dodatečně oddělovat zbytky vtokového systému
- Nutnost přidržovače vtoku a vyhazování vtokového zbytku

[3]

Vtoková vložka

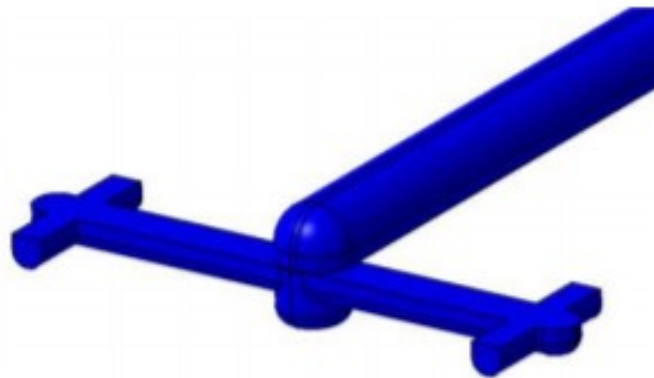
Vtoková vložka je na začátku vtokového systému. Jedná se o normalizovaný díl, do kterého je vstříknut roztavený polymer přímo ze vstřikovacího stroje. Pro vycentrování trysky stroje s vtokovou vložkou se používá středící kroužek. Vtoková vložka navazuje na hlavní vtokový kanál, který může ústít buď přímo do dutiny formy nebo do rozváděcího kanálu. Průměr na konci hlavního vtokového kanálu je závislý na velikosti vstřikovaného dílu nebo na průměru rozváděcích kanálů. [3]



obr. 7 Vtoková vložka [8]

Rozvaděcí kanály

Účelem rozvaděcích kanálů je rozvedení taveniny k ústí do dutiny formy. Jejich velikost se volí podle násobnosti formy a podle velikosti vstřikovaného dílu. Hlavní zásadou při jejich navrhování je zvolit co nejkratší a nejsnadnější variantu a u vícenásobných forem je důležité, aby tavenina zatekla do všech dutin ve stejnou chvíli. Kanály by měly být navrženy symetricky, aby do dutiny proudila tavenina nejen stejně rychle, ale i se stejnou teplotou a pod stejným tlakem. Do kanálů je vhodné umístit brzdící přepážky, které se následně odbrušují z hlediska optimalizace podle zatékavosti materiálu. V průřezu kanálu není po celé ploše stejná teplota taveniny, u stěn je tavenina teplejší což je způsobeno smykovou rychlostí. Tomuto problému je možno zabránit zavíráním taveniny v zachycovači čela taveniny, vertikálním rozvětvením či u složitějších forem je možno využít mísičů taveniny. [3]



obr. 8 Vertikální dělení rozvaděcího kanálu [8]

Vtokové ústí

Vtokové ústí je část studeného vtokového systému sloužící k přívodu taveniny z rozvaděcích kanálů do dutiny formy. Mělo by být navrženo co nejmenší, aby na díle nezanechávalo výrazné stopy.

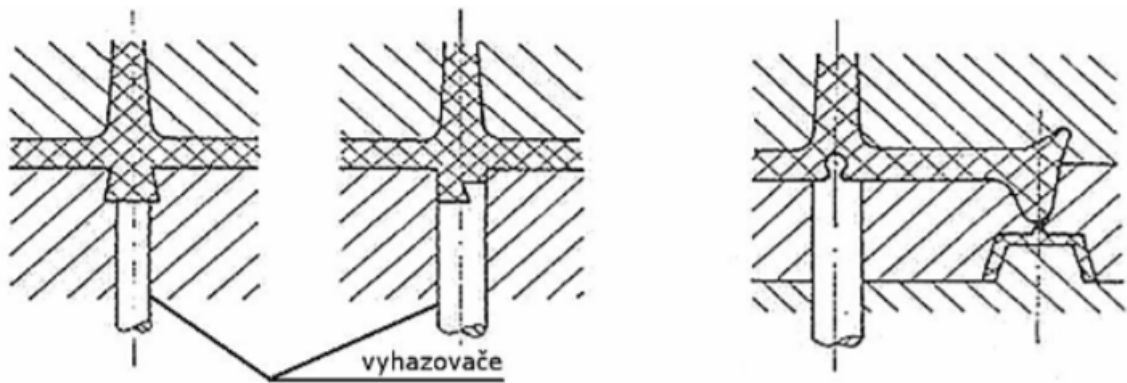
Typ vtokového ústí se volí podle tvaru výrobku, materiálu, který vstříkujeme nebo podle toho, zda chceme, aby byl vtok oddělen přímo při vyhazování výrobku.

Varianty vtokového ústí:

- Plný kuželový vtok – vhodný pro jednoduché symetrické výrobky s tlustějšími stěnami. Pracné oddělení vtokových zbytků.
- Bodový vtok – Vhodný pro tenkostěnné výrobky. Nevýhodou je větší stopa po vtoku a nutnost využití třideskového systému.
- Deštníkový, talířová a prstencový vtok – Využití u rotačních dílů. Nevýhodou je vyšší spotřeba materiálů způsobené objemnějším vtokem do dutiny formy.
- Filmový vtok – pro plněné plasty a semikrystalické plasty, umísťuje se na kratší hrany. Nevýhodou je oddělení vtokového systému až po vyhození,
- Tunelový vtok – Jeho předností je automatické oddělení vtokového systému od výrobku. Nevýhodou je náročný způsob výroby a nevhodnost použití pro plasty vyztužené vláknitým plnivem.
- Banánový vtok – podobný princip jako tunelový vtok, avšak pro případy, kdy není možno zaústění vtoku do boku výrobku. Nevýhodou je opět náročnost a také nutnost využití vložení dalšího komponentu.

Přidržovač a vyhazovač vtoku

Přidržovač vtoku slouží k udržení ztuhlého zbytku polymeru na té části formy, na které jej bude moci vyhazovač vyhodit. Jedná se o záměrně vyrobený podkos nebo o speciálně upravený vyhazovač umístěném proti hlavnímu vtokovému kanálu. [3]



obr. 9 Přidržovače vtoku [15]

2.2.4 Vyhříváný vtokový systém

Jedná se o způsob dopravy taveniny do dutiny formy, který nemá vtokový zbytek. Tento systém je schopen dopravit taveninu bez úbytku tlaku a teploty, což je výhodné především z hlediska šetření materiálu. Díky tomu, že je systém vyhříváný, je polymer po celou dobu toku až do dutiny taveninou a nezanechává zatuhlé zbytky, je možno navrhovat malé průřezy bodového vyústění. Hlavními částmi VVS jsou tryska a rozvodný blok. Od SVS se liší i tím, že se obvykle nakupují jako hotové díly od výrobců.

Výhody VVS:

- Kratší výrobní cyklus a automatizace výroby
- Bezodpadová technologie, není potřeba dodatečných operací pro odstranění zbytků
- Snížení tlakových ztrát a snížení tlaku potřebného pro dopravení taveniny do dutiny formy
- Snadná montáž i výměna poškozených částí
- Možnost regulace teploty

Nevýhody VVS:

- Náročnější návrh a konstrukce formy
- Větší pořizovací a provozní náklady

- Nutnost snímačů a regulátorů teploty

[2]

Vyhřívané trysky

Slouží ke spojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, přičemž je opatřena vlastním topným článkem nebo jiným způsobem ohřevu, díky čemuž je tepelně stabilní. Dělí se na přímo vyhřívané a nepřímo vyhřívané.

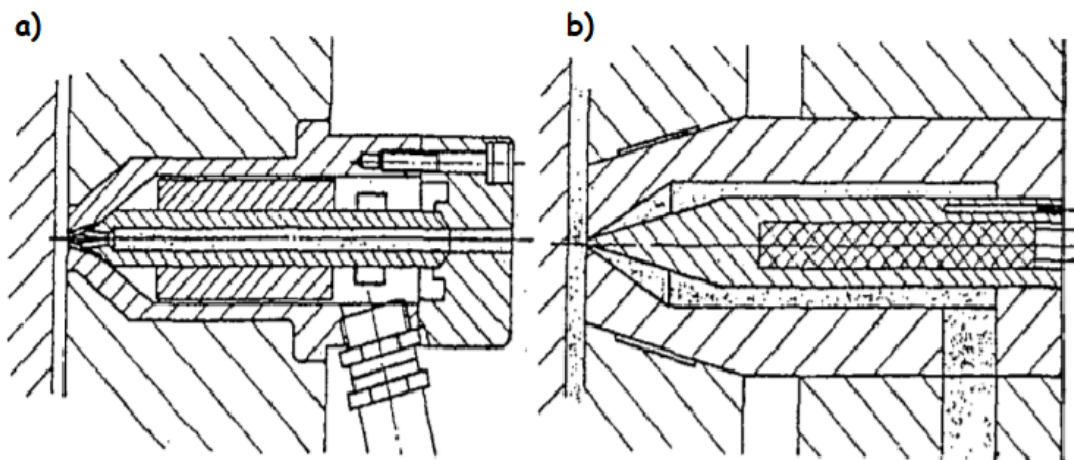
Nepřímo vyhřívané trysky

Jsou charakteristické přenosem tepla z rozvodného bloku.

Přímo vyhřívané trysky

Tyhle trysky mohou mít vnější či vnitřní topení

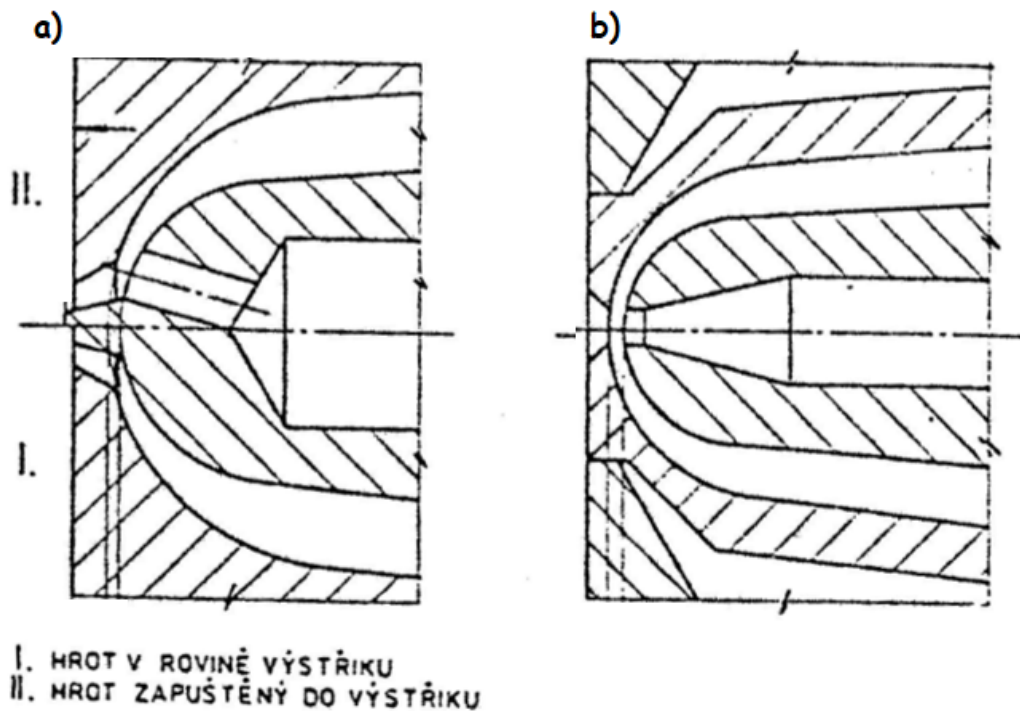
- Vnější topení – tavenina proudí tryskou, přičemž tryska je z tepelně vodivého materiálu a kolem ní je umístěno topení
- Vnitřní topení – tavenina obtéká vyhřívanou vložku



obr. 10 Vyhřívané trysky [1]

a) s vnějším vytápěním, b) s vnitřním vytápěním

Ústí trysky se volí podle použitého polymerního materiálu, především podle toho, zda táhne vlas. U takových polymerů se volí ústí se špičkou, u opačného případu je možno využít otevřené ústí. Dalšími variantami ústí jsou s uzavírací jehlou či speciálně tvarované. [1]



obr. 11 Ústí trysky do dutiny [1]

a) S hrotem, b) bez hrotu

Vytápěné rozvodné bloky

Rozvodný blok je rovnoměrně vytápěný díl, sloužící k rozvádění taveniny polymeru do dutiny formy. Využívá se u vícenásobných forem a kombinuje se s izolovanými a vyhřívanými tryskami. Je důležité, aby byl tepelně izolován od ostatních částí formy. [2]

2.2.5 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém slouží k vyjmutí výrobku z formy poté, co je dostatečně pevný, aby při vyhození nebyl poškozen. Variabilita umístění vyhazovačů je velká, je však důležité brát ohled na to, aby tlak na výrobek působil rovnoměrně a nepoškodil ho. Některé typy vyhazování jako válcové kolíky zanechávají na výrobku stopu, proto je důležité počítat s umístěním vyhazovačů už při zaformování výrobku, v ideálním případě, aby vyhazovače působil na nepohledovou stranu výrobku. [9]

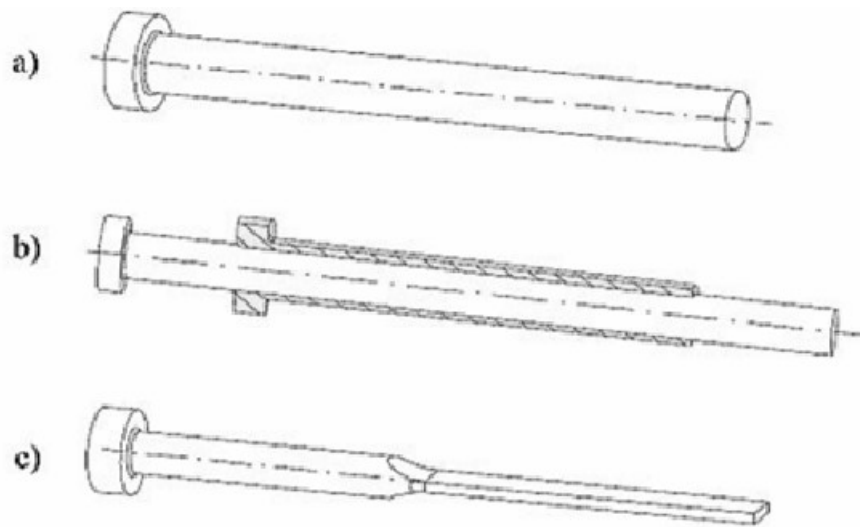
Vyhazování může být poháněno:

- Mechanicky
- Hydraulicky

- Pneumaticky

Vyhazovací kolíky

Nejčastější, jednoduchá, a hlavně nejlevnější varianta vyhazování. Umisťují se kolmo na dělicí rovinu proti ploše výrobku ve směru vyhození. Nevýhodou tohoto systému je, že může zanechat na výrobku stopu, tomu lze však předejít zaformováním výrobku tak, aby se kolíky opřely o nepohledovou stranu, kde stopa nebude vadit. Vyšší počet kolíků zajišťuje hladší vyhození výrobku, stěžují však návrh a zhotovení temperačních kanálů. Tvar je nejčastěji válcový, mohou však být i prismatické, trubkové či jakéhokoliv jiného tvaru. [9]



obr. 12 Vyhazovací kolíky [15]

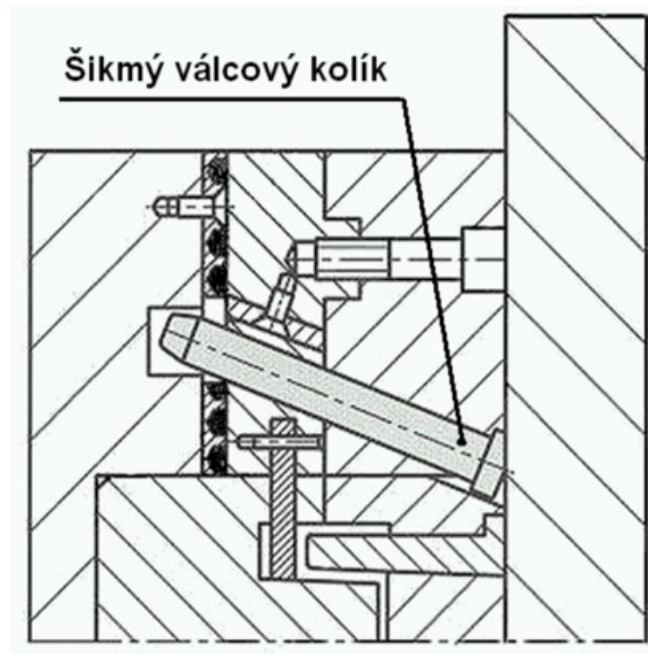
a) Válcový vyhazovač, b) Trubkový vyhazovač, c) Prizmatický vyhazovač

Vyhazování stírací deskou

Tato varianta na rozdíl od kolíků působí po celém obvodu výrobku, nezanechává tedy žádnou stopu. Volí se především u tenkostěnných výrobků, kde by vlivem lokálního působení kolíků mohlo dojít ke zhroucení. V některých případech může dojít k přilepení výrobku k stírací desce, v takovém případě je potřeba výrobek oddělit, k čemuž je možno využít odpružený vyhazovač či stlačený vzduch. [9]

Vyhazování šikmými kolíky

Šikmé kolíky slouží pro vyhazování výrobků s mělkým zápichem vnějším či vnitřním. Jsou uloženy pod různými úhly k dělicí rovině. [9]



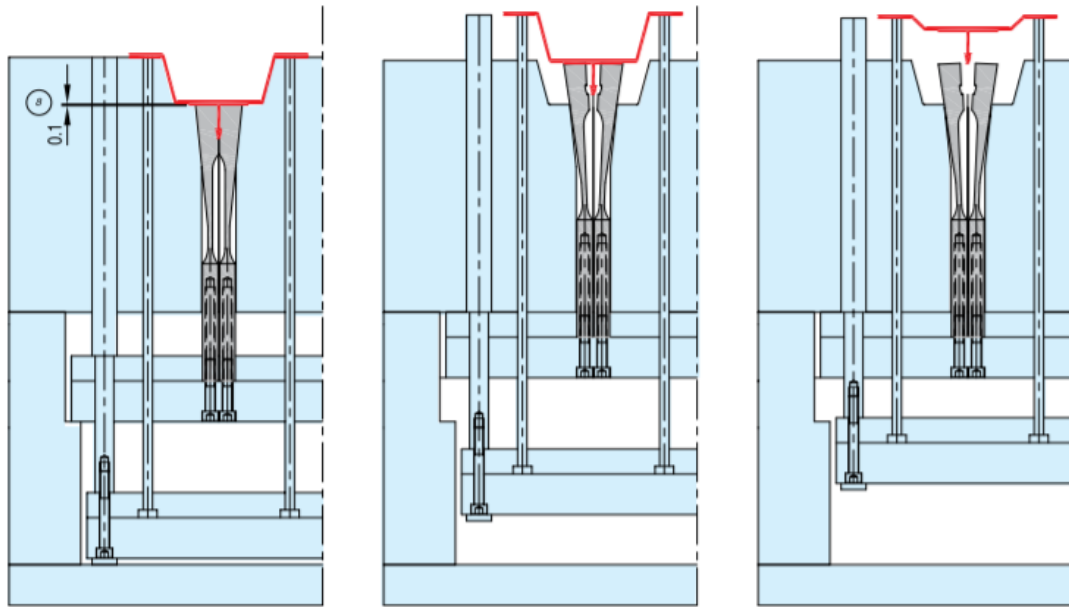
obr. 13 řez formou s šikmým válcovým kolíkem [2]

Boční posuvné čelisti

Slouží pro vytvoření otvorů, výstupků či zahloubení kolmých k ose formy. Jejich pohyb je řízen šikmými kolíky. Pohybují se při otevírání formy, nebo se využívá pneumatický či hydraulický tahač. V sevřené poloze je třeba, aby čelisti byly uzamklé, čehož se dosáhne jejich opřením o opěrnou lištu pevné části formy. [9]

Dvoustupňové vyhazování

Jedná se o kombinaci dvou ovlivňujících se vyhazovacích systémů. Využití například u výše zmíněné stírací desky pro oddělení přilepeného výrobku. Slouží také pro oddělení vtokových zbytků. V takovém případě jedny vyhazovače odstraní vtok a druhé vyhodí výrobek. Dále je možné jej využít při vyhazování s pružnými vyhazovači s dvojitou deskou. [9]



obr. 14 Dvoustupňové vyhazování s pružným vyhazovačem [13]

Vzduchové vyhazování

Principem pneumatického vyhazování je zavedení stlačeného vzduchu mezi výrobek a líc formy. Oddělení výrobku je rovnoměrné a zamezí se vzniku stop po vyhazování. Tento způsob je vhodný u větších tenkostěnných výrobků. Nevýhodou je, že je možné jej použít jen pro některé tvary výrobků. [9]

Hydraulické vyhazování

Spíše, než o samotný vyhazovač se jedná o ovládání vyhazovače. Takto ovládané vyhazovače se vyznačují větší pružností a flexibilitou. Nejčastější využití je u bočních čelistí formy. [9]

2.2.6 Temperace forem

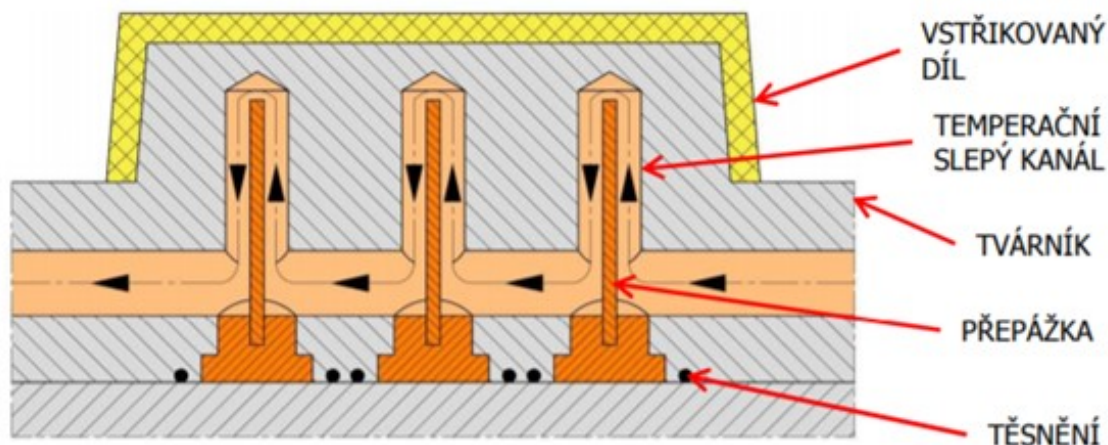
Účelem temperace je udržení požadované teploty formy, které se pohybuje někde mezi teplotou pokojovou a vstřikovací. U většiny termoplastů se tedy pohybuje v rozmezí 30 až 120° C. Temperace formy je důležité pro správné plnění dutiny formy a ovlivňuje také délku vstřikovacího cyklu. Udržení požadované teploty pomáhá snížit smrštění a ovlivňuje jakost povrchu výrobku. [8]

Odvod tepla z formy je ovlivněn materiálem částí formy, temperačním systémem a teplonostným médiem, které tímto systémem proudí.

Jako médium se využívá:

- Voda – Levná varianta, které zabezpečuje velký přestup tepla a je ekologicky nezávadná. Její nevýhodou však je možnost využití pouze do 90 °C a také způsobuje korozi
- Glykoly – nezpůsobují korozi a neucpávají systém, nemají však dlouhou životnost a znečišťují prostředí
- Olej – možno využít i nad 100 °C a nezpůsobuje korozi, jsou však dražší a těžko ekologicky zpracovatelné. Oproti vodě mají horší přestup tepla
- Vzduch/plyn

Při temperaci je podstatné, aby výrobek byl ochlazován rovnoměrně, aby nedošlo k jeho nerovnoměrnému smrštění. Aby temperace dosáhla ke všem místům využívají se tzv. přepážky, fontánky, nebo spirálová jádra. [8]



obr. 15 Temperace formy - přepážky [8]

2.2.7 Odvzdušnění formy

Než je forma naplněna roztaveným polymerem, nachází se v ní vzduch. Při jejím plnění je nutno zajistit, aby vzduch unikal, neboť kdyby neunikl byl by adiabaticky stlačován a mohl by dosáhnout vysokých teplot a spálit povrch výrobku. Vzduch může unikat mezi dělicími rovinami či vůlemi u pohyblivých částí. Pokud tímhle způsobem však není odvod vzduchu dostatečný, je nutno vytvořit odvzdušňovací kanály. Jejich velikost je závislá na polymeru.

[9]

2.2.8 Materiály forem

Forma se skládá s mnoha částí, přičemž některé jsou normalizované a dodávají je výrobci, některé je třeba vyrobit. Při výrobě formy je požadována kvalita, životnost a pokud možno nízké pořizovací náklady.

Materiály formy se volí podle těchto aspektů:

- Druhu vstříkovaného plastu
- Požadované přesnosti a jakosti
- Vstříkovacích podmínek a stroje

Nejčastější materiály na výrobu forem:

- Oceli – dostatečně pevné, avšak dobře obrobitelné. Oceli se používají kalené, cementované, nitridované, popouštěné
- Neželezné slitiny kovů (hliník, měď..)
- Ostatní materiály (izolační, pryskyřice...)

[9]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hlavní cíle této bakalářské práce byly;

- vypracovat literární studii pro dané téma
- provést 3D konstrukci modelu vstřikované součásti
- navrhnout 3D konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl
- nakreslit 2D řez vstřikovací formou spolu s výkresy a kusovníkem

Teoretická část byla zaměřena na seznámení s problematikou konstruování vstřikovacích forem. Byly zde popsány základní druhy polymerů a možné přísady ovlivňující jejich vlastnosti a zpracování, následně byl popsán proces vstřikování a v poslední části samotná konstrukce a stavba vstřikovací formy. Praktická část se zabývá návrhem výrobku a konstrukcí vstřikovací formy pro navržený díl. Jako díl byl zvolen vlastní prototyp ovládacího panelu oken a zrcátek. Celá 3D konstrukce a i výkresová dokumentace byly zpracovány v programu Catia V5R19 s pomocí HASKO DAKO modulu pro vložení normalizovaných dílů.

4 VYUŽITÉ PROGRAMY

4.1 Catia V5R19

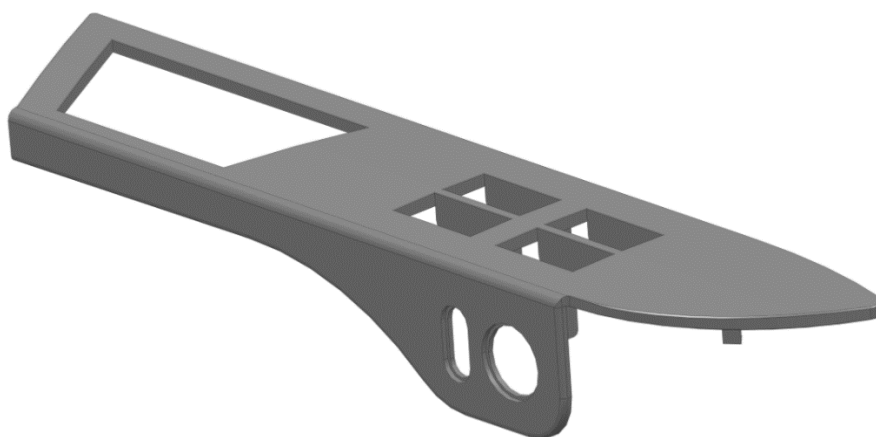
Pro návrh konstrukce výrobku, sestavení modelu formy a tvorbu výkresové dokumentace byl využit program Catia V5R19. Jedná se o software francouzské společnosti Dassault systems a jedná se o jeden z nejpoužívanějších programů pro počítačové 3D modelování a konstruování. Krom modelování je zde možno provádět i simulace, analýzy, optimalizace. Software není určen pouze pro 3D, je zde možno vytvářet i výkresovou dokumentaci. Program je možno využít v širokém spektru oblastí strojírenství, nejčastěji se však využívá v automobilovém a leteckém průmyslu. Možnosti jsou však takřka neomezené, využití najde u spotřebního zboží i u návrhu samotných strojů pro výrobu a zpracování. Pro zpracování vstřikovací formy byl tento program zvolen především díky modulu zvaném Mold Tooling Design a možností využití normálií HASCO, díky čemuž je návrh značně usnadněn.

5 NÁVRH VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU

Vstříkovaným výrobkem je ovládací panel oken a zrcátek umístěný na dveřích automobilu.

5.1 Konstrukce výrobku

Díl má rozměry 320 x 63 x 44 mm, přičemž tloušťka stěn je 3 mm. Na vrchní straně jsou 4 otvory pro spínače ovládání oken a otvor pro madlo dveří. Na boční straně jsou dva otvory, kulatý pro joystick, který ovládá pohyb zrcátka a druhý pro přepínač mezi zrcátkem řidiče a spolujezdce. Díl je opatřen žebry pro lepší pevnost a úhlovými prvky pro jeho upevnění k podkladu.



obr. 16 Model navrženého výrobku

5.2 Materiál výrobku

Jako materiál pro výrobu byl zvolen ABS+PC, který je hojně využívaným materiálem v automobilovém průmyslu. Vyznačuje se vysokou tuhostí, odolností, malou hodnotou smrštění, ale především je jej možné lakovat a barvit, což je u dílu do interiéru důležitou vlastností, neboť je tím zvýšena variabilita možností vzhledu interiéru automobilu.

tab. 1 Vlastnosti materiálu ABS/PC 1

Název	ABS/PC
Hustota	1,1 – 1,2 g/cm ³
ITT	11 – 27 g/10min
Smrštění	0,48 – 0,60 %
Modul pružnosti	2000 – 2810 MPa
Teplota zpracování	248 – 288 °C
Teplota formy	58,9 – 87,8°C

6 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Volba vstřikovacího stroje je důležitá pro správný průběh výroby dílu. Musí mít dostatečnou uzavírací sílu, výkon a také dostatečný objem vstřikované dávky, aby byla zaplněna dutina formy. Na základě parametrů formy byl zvolen vstřikovací stroj od firmy ARBURG konkrétně ALLROUNDER 520S.

tab. 2 Specifikace vstřikovacího stroje [13]

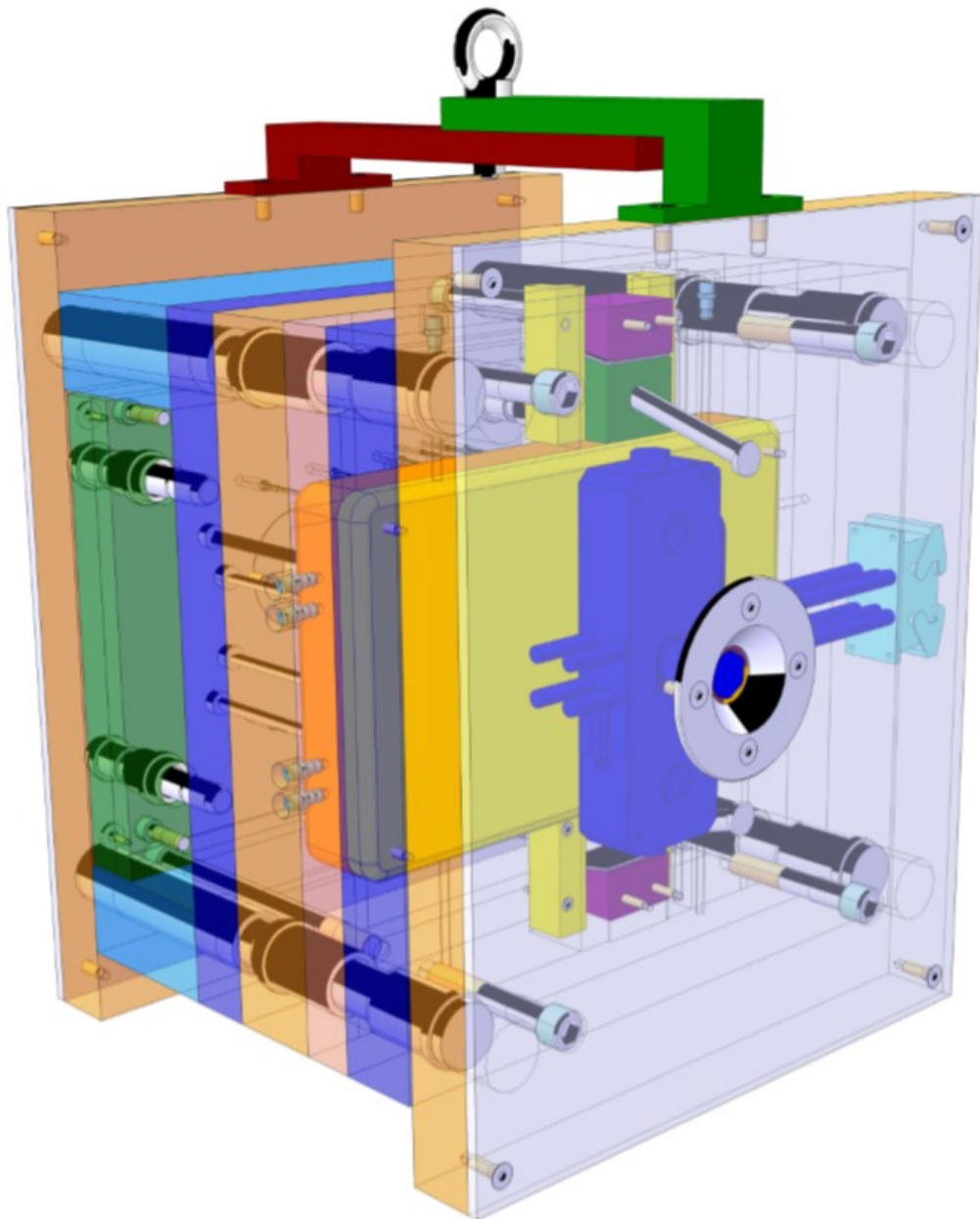
Parametr	Stroj	Jednotka
Maximální uzavírací síla	1600	kN
Maximální délka otevření	575	mm
Maximální výška formy	250	mm
Velikost upínací desky	688x688	mm
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	520x520	mm
maximální vyhazovací síla	50	kN
Maximální zdvih vyhazovacího systému	175	mm
Výkon stroje	40	kW
Průměr šneku	45	mm
Poměr šneku	20	-
Maximální objem vstřikované dávky	254	cm ³
Maximální vstřikovací tlak	158	Mpa
Maximální kroutící moment šneku	610	N.m



obr. 17 Vstřikovací stroj ALLROUNDER 520S

7 KONSTRUKCE FORMY

Vstřikovací forma se skládá z mnoha komponentů, které společně tvoří funkční celek. Návrh a konstrukce formy by měly být jednoduché a pokud možno ekonomické, proto je vhodné při návrhu využívat normalizovaných dílů. Ty byly z velké části převzaty z knihovny HASCO. Díly, které v HASCO katalogu nebyly, byly vymodelovány pomocí Part Design modulu.

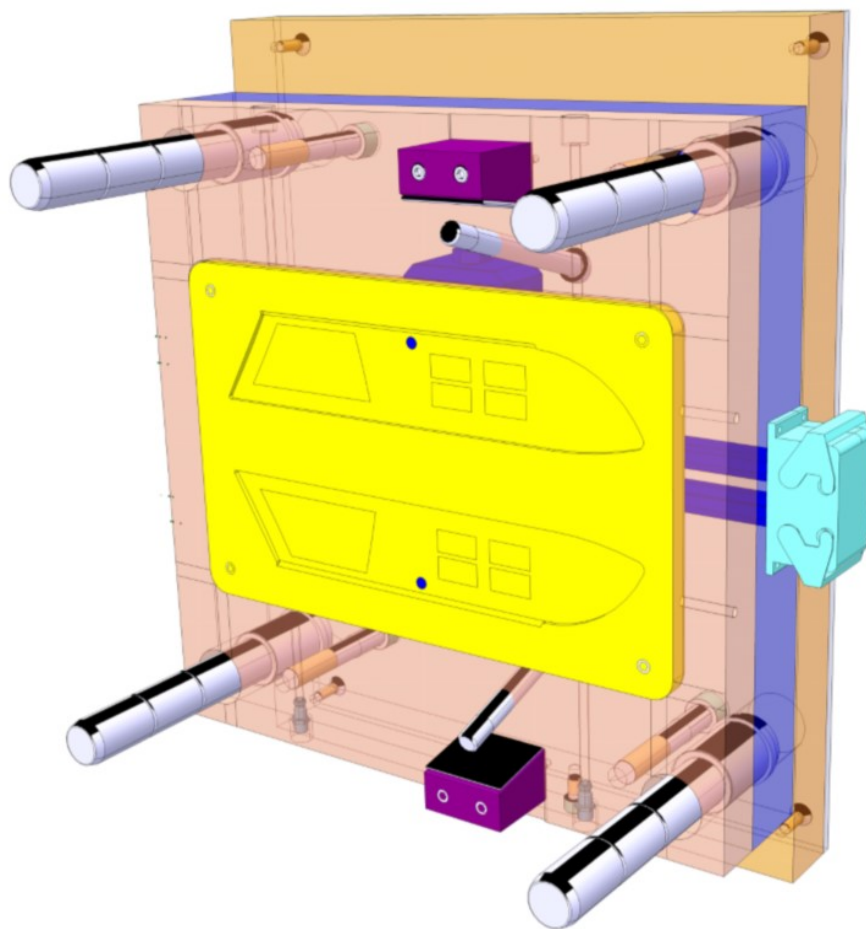


obr. 18 Pohled na kompletní sestavu vstřikovací formy

Formu tvoří 3 funkční celky. Pravá strana a levá strana s vyhazovacím systémem. Velikost formy je 446 x 546 x 430,7 mm. Tyto rozměry byly voleny s ohledem na násobnost formy a velikost vstříkovaného výrobku. Na horní části formy je umístěno úchytné zařízení pro manipulaci s formou

7.1.1 Pravá část formy

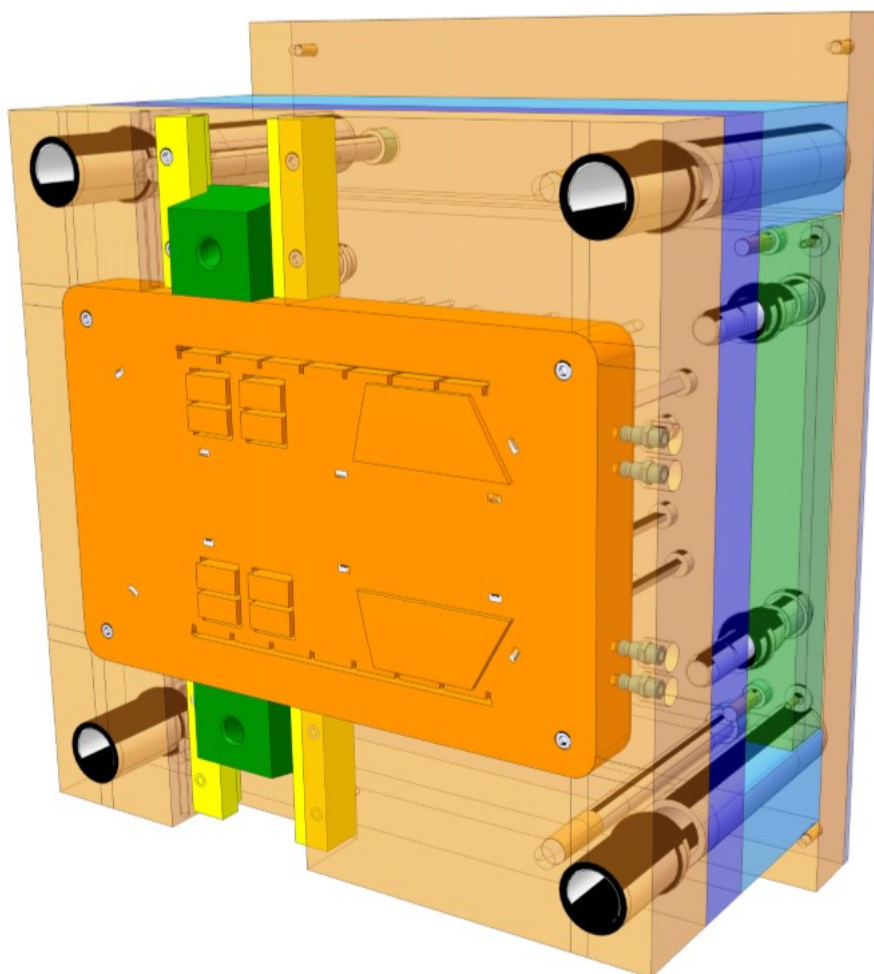
Pravá strana tvoří pevnou část formy, které je pevně spojena s rámem stroje a přijíždí k ní plastifikační jednotka. K tomuto spojení a vycentrování formy slouží středící kroužek. Pravá strana se skládá z izolační, upínací, pomocné a kotevní desky. Tyto desky jsou spojeny pomocí šroubů a vycentrovány pomocí vodících čepů. Nachází se zde vstříkovací systém, tvárnice a šikmé vodící čepy, sloužící k vysunutí čelistí, které se nachází na levé části formy. Uzavřená poloha formy je zajištěna pomocí zámků nad šikmými čepy.



obr. 19 Pohled na pravou stranu vstříkovací formy

7.1.2 Levá část formy

Levá strana formy je pohyblivá, při otevírání formy se odsouvá. Tuto stranu tvoří izolační, upínací, opěrná, pomocná, kotevní deska, dvě rozpěrné desky a je zde umístěn i vyhazovací systém. Jsou zde umístěny posuvné čelisti, které tvoří boční otvory na výrobku a tvárník. Desky této části formy jsou opět sešroubovány a jsou zde umístěny pozdrav vodících čepů, středící kroužek a čepy pro vyhazovací systém.

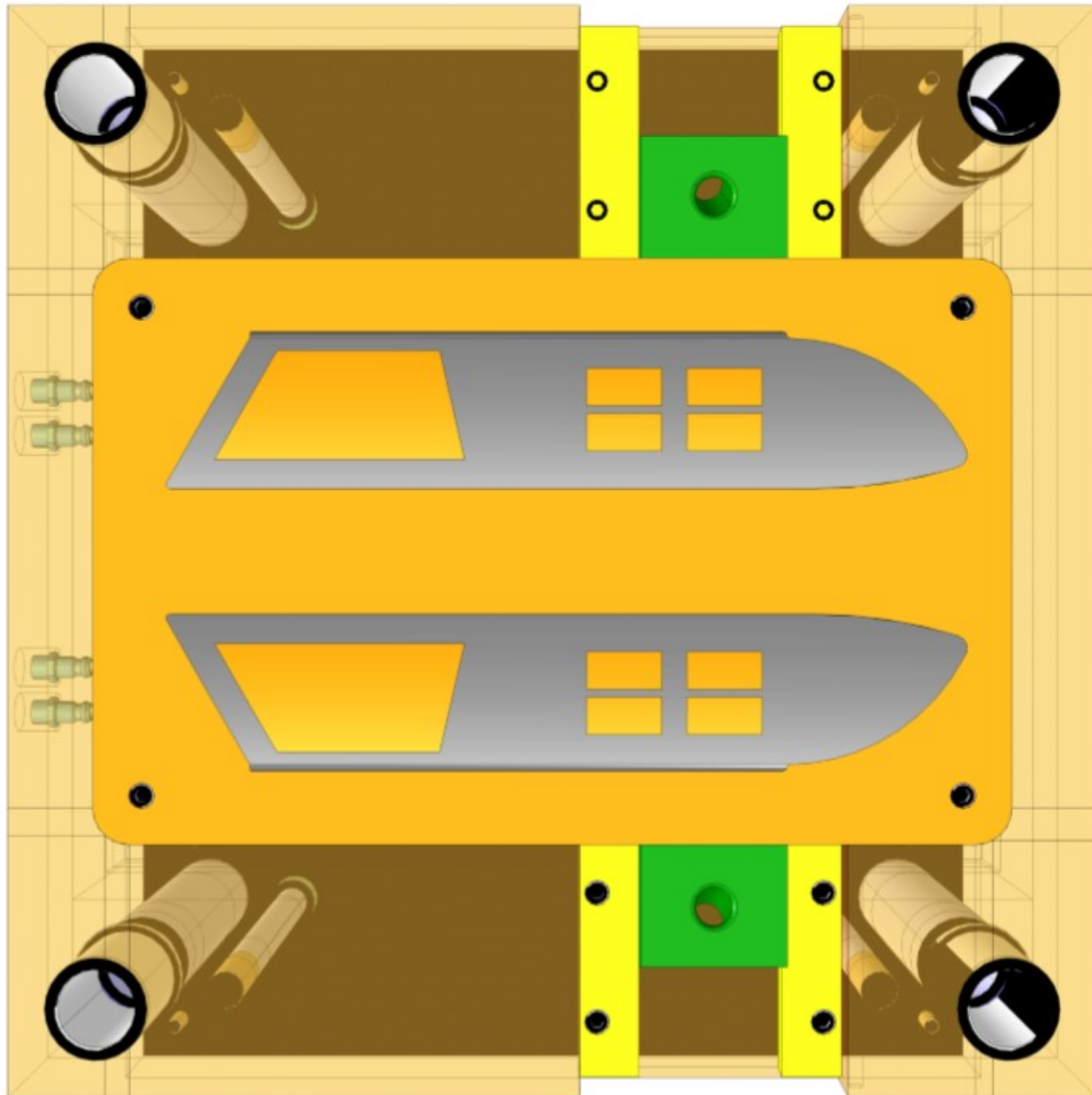


obr. 20 Pohled na levou stranu vstříkovací formy

7.2 Násobnost formy

Při návrhu násobnosti formy, tedy kolik kusů je ve formě možno vyrobit za jeden vstříkovací cyklus je třeba brát ohled na spoustu okolností. Je třeba ji volit tak, aby výroba byla ekonomická, ale zároveň efektivní, dále je třeba brát ohled na možnosti vstříkovacího stroje, ale také na velikost a tvar výrobku. Z hlediska kvality výrobku je vhodnější volit méně

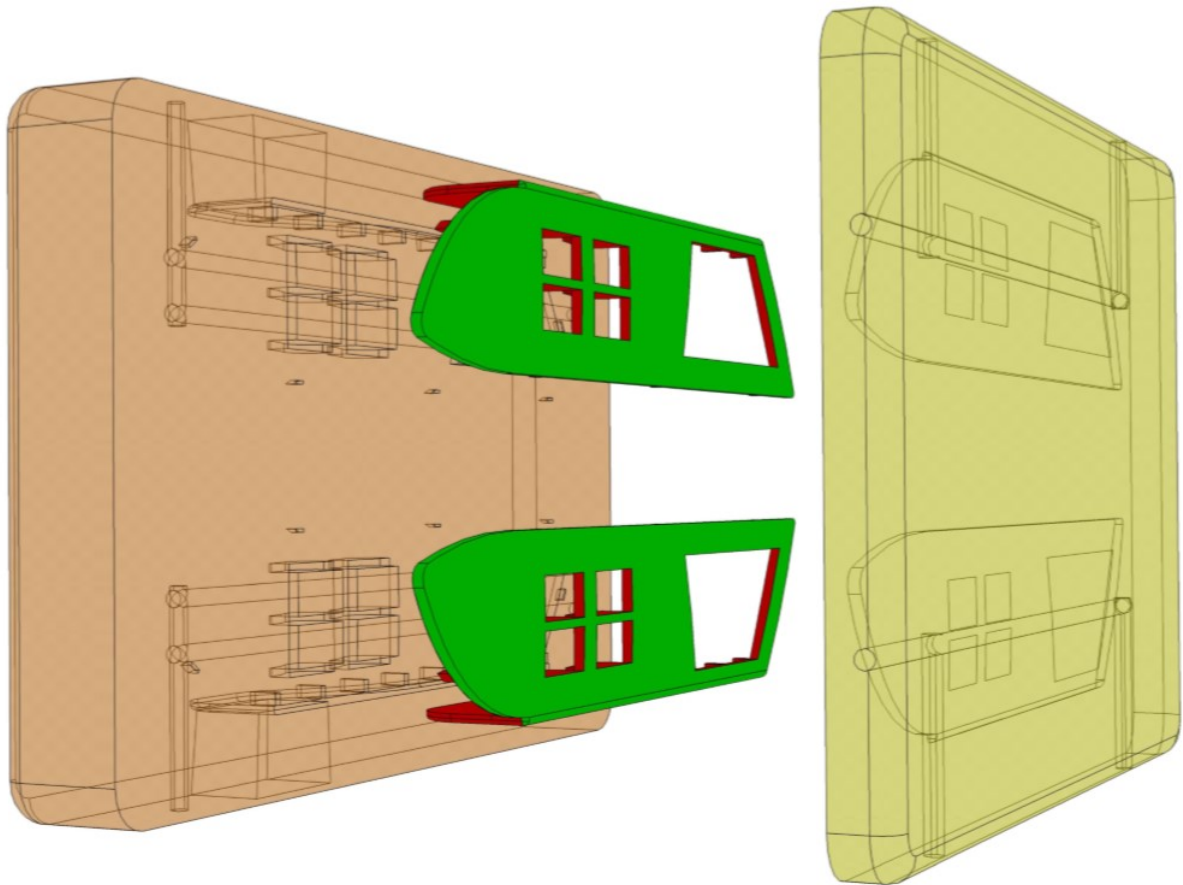
násobnou formu, není však efektivní. Formu pro tento výrobek byla zvolena dvojnásobná, a to především kvůli velikosti a tvaru výrobku, kde bylo nutno využít posuvných čelistí.



obr. 21 Rozložení výrobků ve formě

7.3 Zaformování výrobku

Zaformování výrobku je důležité pro jeho výsledný tvar, ale i jakost povrchu. Při návrhu tvarové dutiny je důležité brát ohled na smrštění polymeru při chladnutí, proto je potřeba dutinu o tuto hodnotu zvětšit oproti velikosti požadovaného výrobku. U tohoto výrobku bylo potřeba dvou dělících rovin, hlavní je rovnoběžná s vrchní plochou výrobku a druhé na ni kolmá. Tvar výrobku je dán pomocí tří dílů a to tvárnice, tvárníku a posuvné čelisti, díky

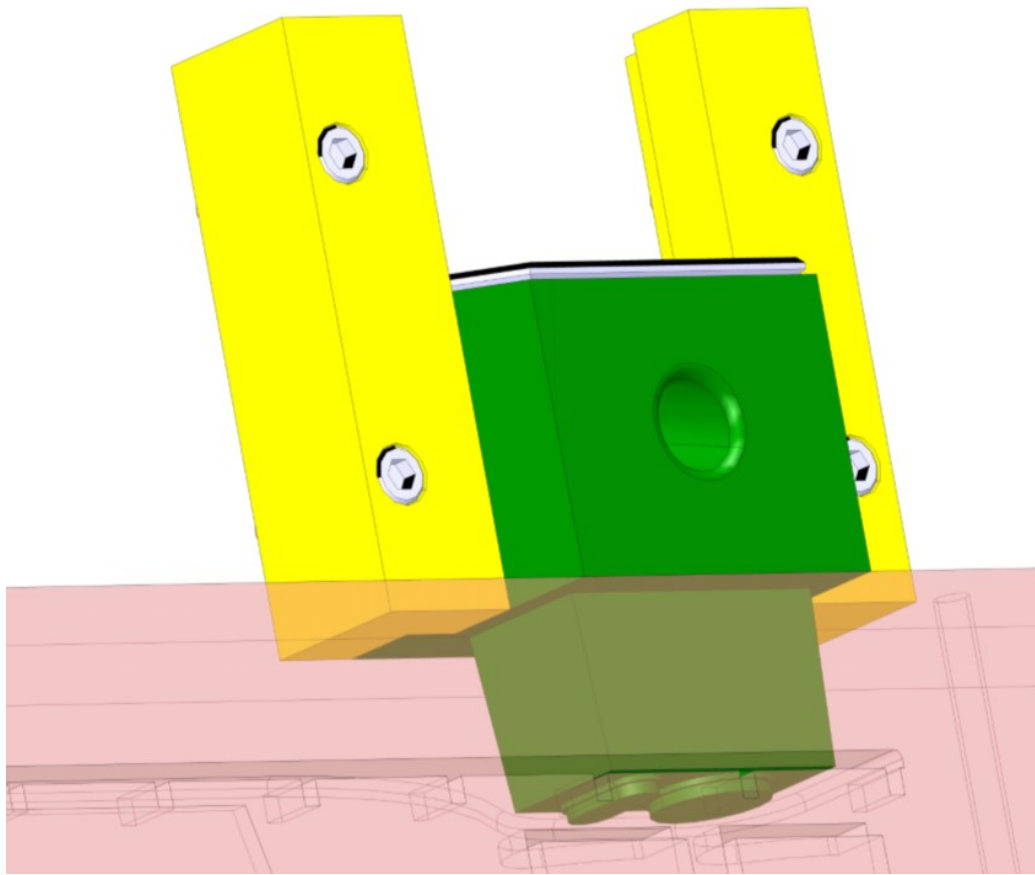


obr. 22 Zaformování výrobku

kteřé jsou vytvořeny boční otvory. Tvarovka je řešena jako jeden kus, který obsahuje dvě dutiny pro dva výrobky, stejně tak i tvárník. Oba díly jsou ke kotevním deskám přichyceny pomocí šroubů.

7.4 Boční posuvné čelisti

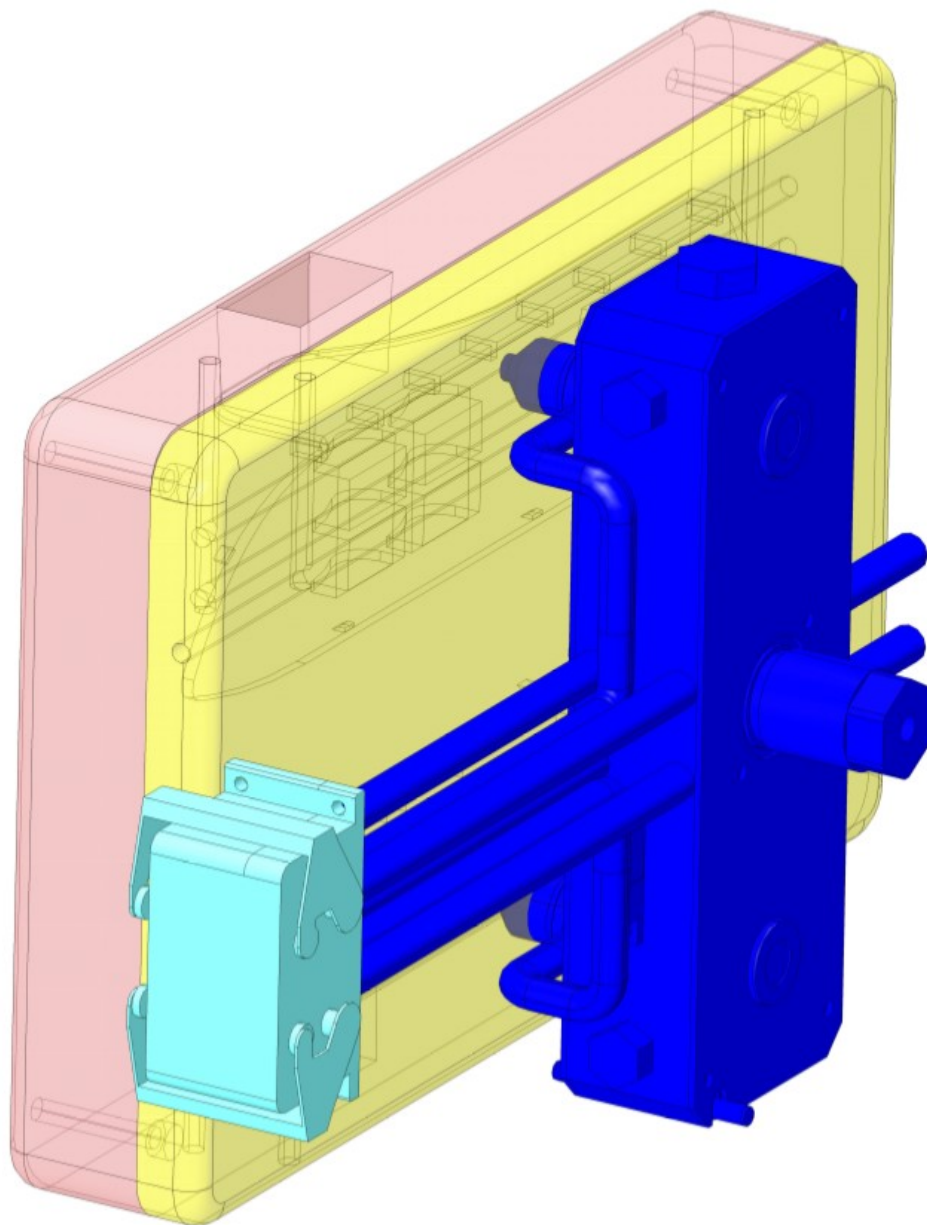
Jak bylo řečeno v předchozí části, boční čelisti slouží k vytvoření bočních otvorů ve formě. Obě dutiny na jednom výrobku byly tvořeny jednou čelistí. Čelisti jsou při otevření vedeny pomocí pouzder, které je třeba mazat pro snížení tření, aby se usnadnilo vysunutí čelisti. Jejich vysunutí je zajištěno pomocí šikmého válcového kolíku. Čelisti spolu s vedením jsou na levé části formy, vodící čep je na pravé, pevné části formy



obr. 23 Posuvná čelist

7.5 Vtokový systém

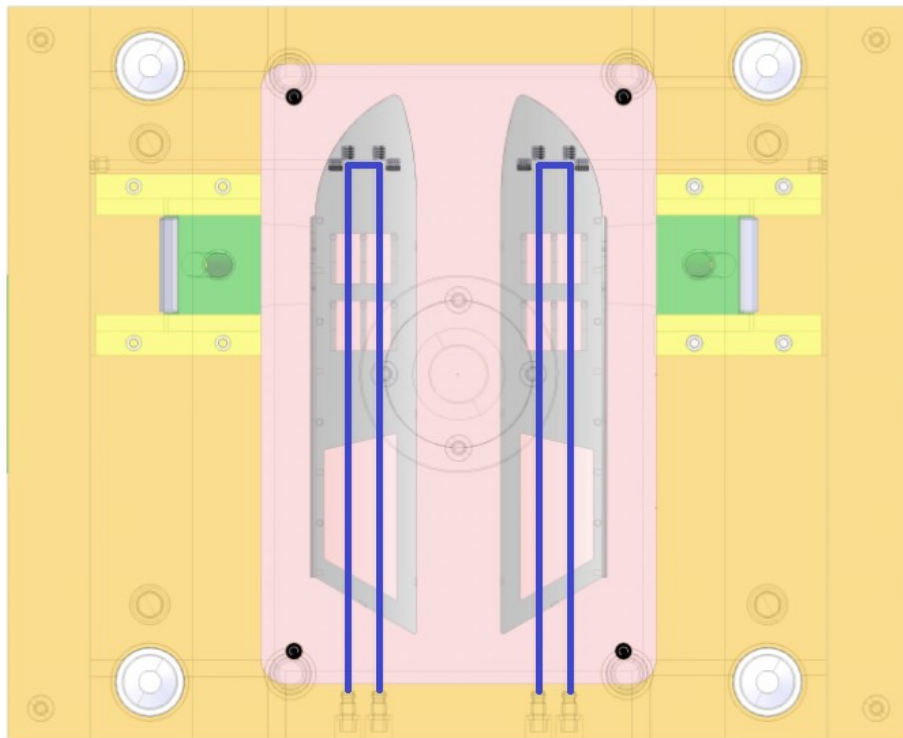
Vtokový systém slouží pro dopravu taveniny od vstřikovacího stroje do tvarových dutin formy. Pro mou formu jsem zvolil vyhřívaný vtokový systém. Jedná o dražší variantu se složitějším návrhem oproti studenému vtokovému systému, vstřikovací cyklus je však kratší a spotřeba polymeru je menší, jelikož nezůstává ve vodících kanálech, a tudíž při větší výrobě je tahle varianty vhodnější. Rozvodný blok je opatřen vtokovou vložkou vystředěnou na osu vstřikovacího stroje a dvěma tryskami sloužícími pro vstříknutí taveniny do dutin formy. Tryska byla zvolena s hrotem, aby se zredukovala stopa po vstřiku. Rozvodný blok je napájen elektrickou energií, aby se zajistilo jeho vytápění. Kabeláž napájení je vedena do zásuvky na boční části formy



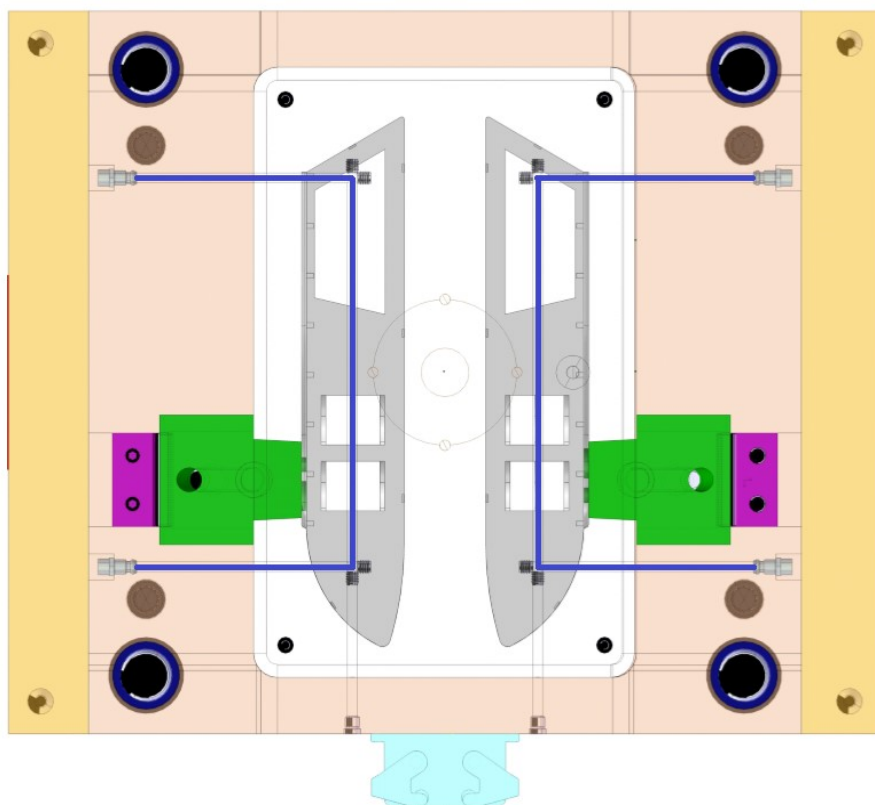
obr. 24 Pohled na vtokový systém

7.6 Temperační systém

Temperace slouží pro upravení doby chladnutí polymeru, čímž je možno ovlivnit i jeho smršnění. Jako temperační médium slouží kapalina, které proudí kanálem a upravuje teplotu formy. Důležité je navržení dostatečného počtu, vhodného umístění a průměru temperačních kanálů. Ve navržené formě se nacházejí celkem čtyři temperační okruhy umístěné v tvarových vložkách. Všechny o průměru 6 mm. Začátek obou okruhů je opatřen nátrubky pro vstup kapaliny a konec nátrubky pro výstup.



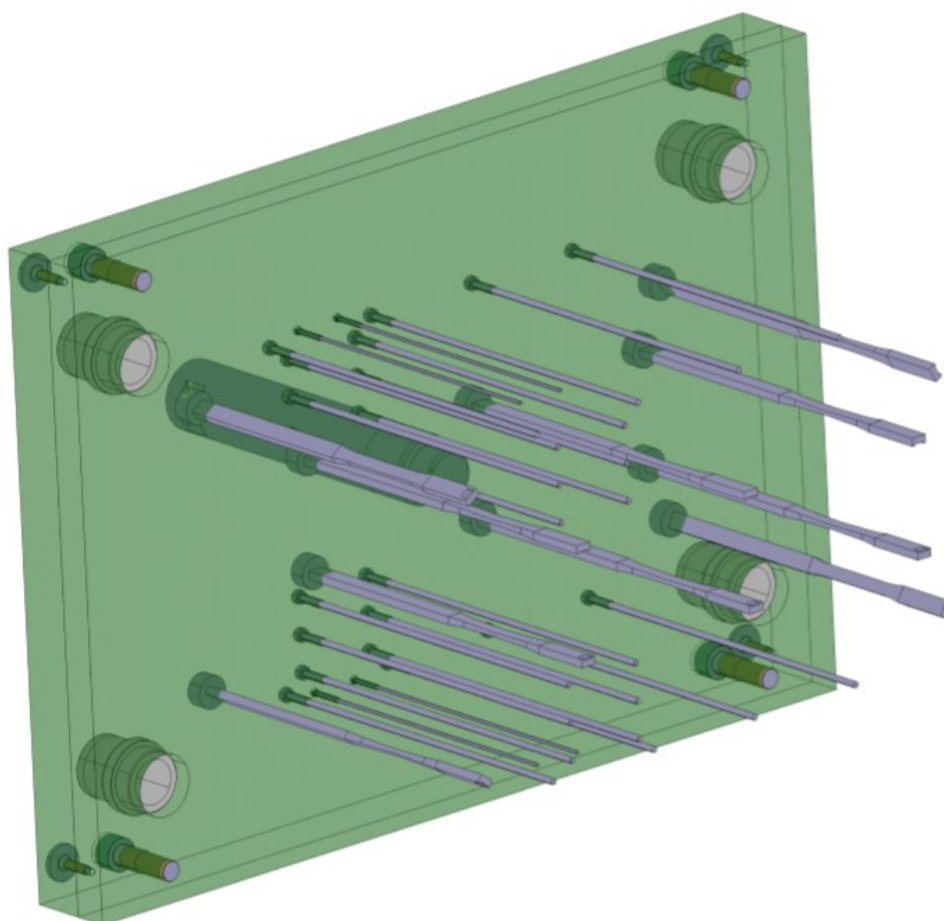
obr. 25 Temperace levé části formy



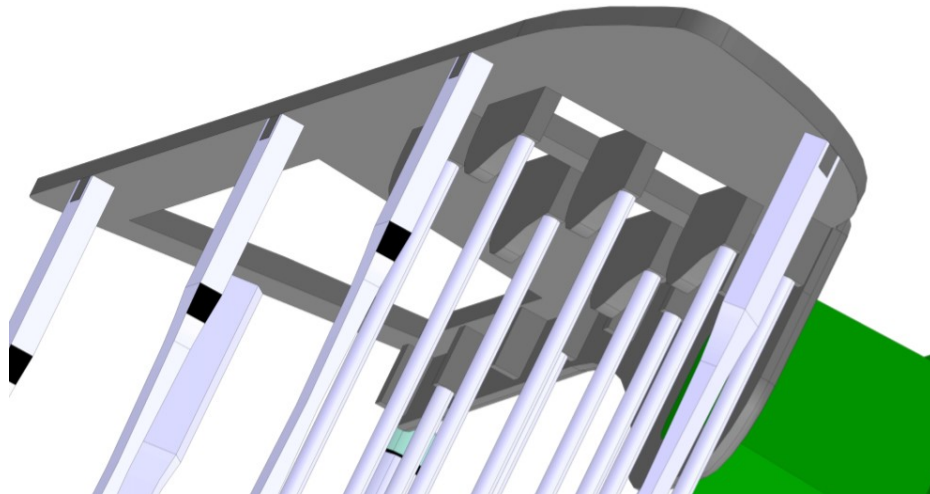
obr. 26 Temperace pravé části formy

7.7 Vyhazování

Úkolem vyhazovacího systému je vyjmutí dostatečně vychladlého výrobku z formy. Pro tento účel byla zvolena kombinace válcových vyhazovacích kolíků a pružných vyhazovačů. Válcové kolíky mají dva průměry. Největší počet kolíků je průměru 3 mm a jsou převážně umístěny na žebra výrobku a v malém množství na spodní plochu výrobku, aby nebyla viditelná stopa po vyhození. Kolíky průměru 1,4 mm působí na boční část výrobku. Pružné vyhazovače bylo nutno využít z důvodu části výrobku, které slouží pro jeho následné uchycení ve dveřích. Bez použití pružných vyhazovačů, které se při vyhození odpruží do boku, a tím uvolní zobáček na výrobku, by nebylo možné výrobek z formy vyjmout. Vyhazovače jsou umístěny v levé části formy a zapuštěny ve vyhazovací desce. Samotné vyhazovací desky se pohybují na čepech, jsou sešroubovány a zajištěny dorazy, aby nedoléhaly na stěnu formy.



obr. 27 Vyhazovací systém



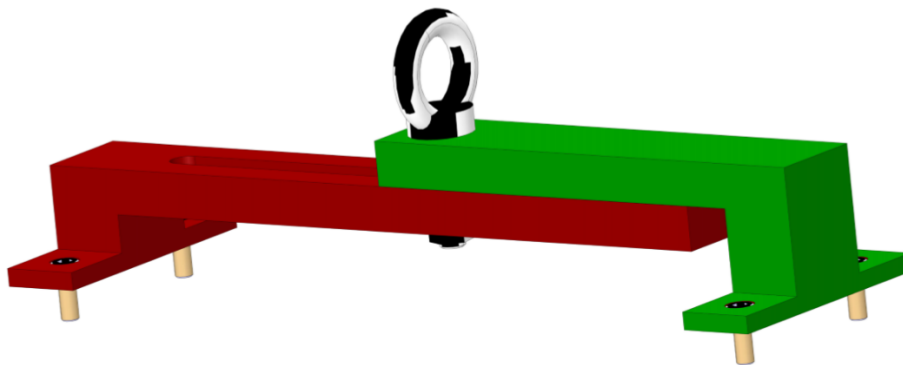
obr. 28 Umístění vyhazovačů na výrobku

7.8 Odvzdušnění

Před započítím vstříkovaní se v dutině formy nachází vzduch. Dutinu formy však při vstříknutí zaplní taveniny, a proto je nutno vzduch odvést, aby nedošlo k jeho adiabatickému stlačování, což by vedlo k nárůstu jeho teploty a mohlo by to negativně ovlivnit výrobek spáleninami. V navrhované formy je odvzdušnění řešeno pouze vůlemi mezi tvárnici a tvárníkem, čelistmi a vyhazovači. Zda je toto odvzdušnění dostatečné je možno otestovat v praxi. V případě nedostatečného odvodu vzduchu by bylo nutné přidat odvzdušňovací kanály.

7.9 Manipulace

Z důvodu vysoké hmotnosti formy se na ni montuje transportní zařízení. To je připevněno na horní ploše čtyřmi šrouby a je opatřeno okem, které slouží pro uchycení k jeřábu.



obr. 29 Transportní zařízení

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout konstrukční řešení vstřikovací formy pro plastový díl dveří.

Materiálem výrobku jsem zvolil kombinaci ABS/PC, která se vyznačuje nízkou hodnotou smrštění, dostatečnou pevností a je vhodná pro lakování.

Pro 3D návrh konstrukce byl zvolen software Catia V5R19, ve kterém byla také provedena výkresová dokumentace. Program byl zvolen z důvodu možnosti využití normalizované knihovny HASCO, které byla využita pro značnou část dílů formy.

Pro vstřikování byl zvolen vstřikovací stroj firmy ARGBURG model ALLROUNDER 520S. V navrhované formě bylo nutno využít posuvných čelistí pro odformování bočních otvorů výrobku. Čelisti jsou vysunovány pomocí pouzder a vodících čepů a vysouvají se spolu s otevíráním formy. Z hlediska tvaru a velikosti výrobku byla zvolena dvojnásobná forma. Vtokový systém byl zvolen vyhřívaný. Kabeláž k VVS je vedením otvorem na stranu boční stranu formy. Umístění vtoku bylo navrženo na hřbetu výrobku, neboť výrobek bude následně lakován, tudíž stopa po vtoku nebude při finálním vzhledu viditelná. Vyhození výrobků je navrženo pomocí válcových kolíků a pružných vyhazovačů sloužících k odformování úhlových částí na výrobku sloužících k jeho uchycení. Ve formě byla navržena temperace sloužící k udržení konstantního teplotního pole pro optimální chladnutí výrobku. Jako temperační médium proudící v temperačním okruhu byla zvolena voda. Odvzdušnění nebylo dodatečně řešeno, postačí vůle mezi díly formy. Pro snadnou manipulaci s formou je forma opatřena transportním zařízením.

Části formy jsou detailněji popsány v příslušných kapitolách. V samostatné příloze k bakalářské práci je přiložena výkresová dokumentace.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů I.díl - Vstřikování termoplastů. 2.upr. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 133 s.
- [2] Ing. Michal Staněk, Ph.D., přednášky T5KF
- [3] Rozdělení a charakteristika polymerů[online].[cit. 25-1-2019]. Dostupný z WWW: <https://publi.cz/books/180/04.html>
- [4] ZEMAN, L. Vstřikování plastů: Úvod do vstřikování plastů. 1.vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2009. 247s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [5] LENFELD, Petr. Technologie II. -Vstřikování plastů, Dostupný z WWW: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [6] NEUHAUSL, Emil, Vstřikování plastických hmot 1. vydání, vyd.: Praha, SNTL, 1973
- [7] TOMIS, František, HELŠTÝN, Josef. Formy a přípravky. SNTL – Nakladatelství technické, Praha, 1985
- [8] Katedra konstruování strojů[online].[cit. 25-1-2019]. Dostupný z WWW: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ve-fin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Temperace_vstrikovacich_forem.pdf
- [9] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů: II. Díl – Vstřikování termoplastů. 1.vydání – Brno: Uniplast, 1999, 214s.
- [10] BOBEK, J. Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů, Publi.cz, 2016, ISBN 978-80-88058-65-6.
- [11] Vyhazování ve formách [online].[cit. 29-1-2019]. Dostupný z WWW: <http://www.dmeeu.com/files/catalogues/cz/40.pdf?fbclid=IwAR1xhUvIbO-Ji6wSoO43XPOOTeYXl3Vj-i77UPqj1mWUinmxz3u4aP8JCP4>
- [12] BĚHÁLEK, Luboš. Polymery [online]. Pardubice: CodeCreator, 2016 [cit. 11. 05. 2018]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Cover.html>

-
- [13] ARBURG GmbH [online]. [cit. 2019-29-4]. Dostupné z: https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische_Daten/ARBURG_ALLROUNDER_520S_TD_529082_en_GB.pdf
- [14] KUBOUŠEK Technologies and Instruments [online]. [cit. 2019-94-4]. Dostupné z: <http://www.kubousek.cz/cz/divize-kraussmaffei/vstrikovaci-stroje/rada-px.html>
- [15] ŠENKEŘÍK, Vojtěch. Vstříkovací formy. Zlín, 2008. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PVC	Polyvinylchlorid
PF	Formaldehydová pryskyřice
UP	Polyesterová pryskyřice
EP	Epoxidová pryskyřice
ABS/PC	Akrylonitril-butadién-styrén/ Polykarbonát
TPE	Termoplastické elastomery
UV	Ultrafialové záření
SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
mm	Milimetr
N	Newton
g	Gram
cm ³	Centimetr krychlový
W	Watt
Pa	Pascal
min	minuta

°C Stupeň Celsia

SEZNAM OBRÁZKŮ

obr. 1 Rozdělení plastů	11
obr. 2 Vstřikovací cyklus	16
obr. 3 Vstřikovací stroj KraussMaffei PX [14].....	17
obr. 4 Schéma vstřikovací jednotky [12]	17
obr. 5 schéma uzavírací jednotky [5].....	18
obr. 6 Rozdělení operací konstrukce formy	19
obr. 7 Vtoková vložka [8]	24
obr. 9 Přidržovače vtoku [15]	26
obr. 10 Vyhřívané trysky [1].....	27
obr. 11 Ústí trysky do dutiny [1].....	28
obr. 12 Vyhazovací kolíky [15]	29
obr. 13 řez formou s šikmým válcovým kolíkem [2]	30
obr. 14 Dvoustupňové vyhazování s pružným vyhazovačem [11].....	31
obr. 15 Temperace formy - přepážky [8].....	32
obr. 16 Model navrženého výrobku	37
obr. 17 Vstřikovací stroj ALLROUNDER 520S	38
obr. 18 Pohled na kompletní sestavu vstřikovací formy.....	39
obr. 19 Pohled na pravou stranu vstřikovací formy.....	40
obr. 20 Pohled na levou stranu vstřikovací formy	41
obr. 21 Rozložení výrobků ve formě	42
obr. 22 Zaformování výrobku.....	43
obr. 23 Posuvná čelist	44

obr. 24 Pohled na vtokový systém	45
obr. 25 Temperace levé části formy.....	46
obr. 26 Temperace pravé části formy	46
obr. 27 Vyhazovací systém	47
obr. 28 Umístění vyhazovačů na výrobku	48
obr. 29 Transportní zařízení.....	48

SEZNAM TABULEK

tab. 1 Vlastnosti materiálu ABS/PC	37
tab. 2 Specifikace vstřikovacího stroje [13]	38

SEZNAM PŘÍLOH

PI Výkresová dokumentace

PII Kusovník

PIII CD obsahující:

- výkresovou dokumentaci
- 3D model formy a výrobku
- Bakalářskou práci v elektronické podobě

