

Návrh vstřikovací formy pro pojistkovou skříň do automobilu

Michael Gavala

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: **Michael Gavala**

Osobní číslo: **T16063**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh vstřikovací formy pro pojistkovou skříň do automobilu**

Zásady pro vypracování:

- 1) Vypracujte literární studii na dané téma.
- 2) Nakreslete model daného dílu ve 3D.
- 3) Proveďte konstrukci vstřikovací formy pro zadaný dílu.
- 4) Nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy

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

Seznam odborné literatury:

1. ZEMAN, L. 2009. Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů. Praha: BEN.
2. DUCHÁČEK, V. Polymery-výroba, vlastnosti, zpracování, použití. Praha: VŠCHT v Praze, 2006
3. BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů: I.díl - Vstřikování termoplastů. Brno: Uniplast, 1999.
4. KERKSTRA, Randy a Steve BRAMMER. Injection molding advanced troubleshooting guide. Munich: Hanser Publishers, 2018

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vojtěch Šenkeřík, PhD.**
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

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 nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z 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

Cílem této bakalářské práce byl návrh a konstrukce vstříkovací formy pro pojistkovou skříň do automobilu. Celá bakalářská práce je rozdělena do dvou částí.

První část je teoretická část, ve které je popsána technologie vstříkování, základní rozdělení polymerů a základy konstrukce vstříkovacích forem.

Druhou částí je praktická část, ta se zabývá samotnou konstrukcí vstříkovací formy a tvorbou výkresové dokumentace v softwaru CATIA V5R19 za použití katalogu Hasco.

Klíčová slova: Vstříkování, vstříkovací forma, konstrukce, CATIA

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis was design and construction of injection mold for fuse box in car. The whole bachelor thesis is divided into two parts.

The first part is the theoretical part, which describes the technology of injection molding, the basic distribution of polymers and the fundamentals of construction of injection molds.

The second part is the practical part, which deals with the construction of the injection mold itself and the creation of drawing documentation in the software CATIA V5R19 using the Hasco catalog.

Keywords: injection, injection mold, construction, CATIA

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Vojtěchu Šenkeříkovi, Ph.D. za odborné rady, pomoc a čas, který mi věnoval při vypracovávání této práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům, kteří při mně stáli a poskytli mi psychickou podporu.

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

Dále prohlašuji, že jsem na bakalářské práci (dále jen BP) pracoval samostatně a veškerou použitou literaturu jsem citoval na konci této BP. Všechny výkresy a modely, které jsou předmětem této BP, byly vytvořeny v softwaru s platnou licencí.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POLYMERY	12
1.1 TERMOPLASTY	12
1.2 REAKTOPLASTY.....	13
1.3 ELASTOMERY	13
1.4 ÚPRAVA PŘED ZPRACOVÁNÍM	13
1.5 RECYKLACE	14
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	15
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	15
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJE.....	16
3 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK	18
3.1 JAKOST VÝROBKU	18
3.2 KONSTRUKCE VÝROBKU.....	19
3.3 SMRŠTĚNÍ VÝROBKU	20
3.4 VADY NA VÝROBKU	21
4 VSTŘIKOVACÍ FORMA	22
4.1 KONSTRUKCE FORMY	23
4.2 VÝKRES SOUČÁSTI	23
4.3 NÁSOBNOST FORMY	24
4.4 TEMPERACE FORMY	24
4.5 ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	25
4.6 VYHAZOVCÍ SYSTÉM.....	26
4.6.1 Mechanické vyhazování.....	28
4.6.2 Pneumatické vyhazování.....	29
4.6.3 Hydraulické vyhazování.....	29
4.6.4 Vyhazování vtokového zbytku.....	29
4.7 VTOKOVÝ SYSTÉM	29
4.7.1 Studené vtokové systémy	29
4.7.2 Vyhřívané vtokové systémy.....	31
4.8 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PRO VÝROBU FOREM.....	32
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
5 STANOVENÍ CÍLŮ PRAKTICKÉ ČÁSTI	34
6 VSTŘIKOVANÝ DÍL	35
6.1 MATERIÁL DÍLU	36
7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	37

7.1	ZAFORMOVÁNÍ.....	37
7.2	NÁSOBNOST	38
7.3	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	39
7.4	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	39
7.5	TVAROVÉ ČÁSTI	42
7.6	VTKOVÝ SYSTÉM	44
7.7	ODVZDUŠNĚNÍ.....	45
7.9	TRANSPORTNÍ ZAŘÍZENÍ	45
7.10	SESTAVA	46
8	VSTŘIKOVACÍ STROJ	49
9	POUŽITÝ SOFTWARE	50
9.1	CATIA V5R19	50
9.2	HASCO KATALOG	50
	ZÁVĚR	51
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	52
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ	54
	SEZNAM TABULEK.....	55
	SEZNAM PŘÍLOH.....	56

ÚVOD

V 2. polovině 20. století nastal velký rozmach výroby polymerních materiálů. Tyto materiály pomalu nahrazují do té doby běžné materiály jako je dřevo, železo, keramika, atd. Dnes se s těmito materiály setkáváme dennodenně. Nachází se ve všech průmyslových odvětvích, ať už zdravotnický, letecký, automobilový, či potravinářský. Rozmach těchto materiálů nastal zejména díky jejich dostupnosti, zpracovatelnosti, díky jejich vlastnostem a hlavně díky jejich ceně.

Se zvyšujícím se uplatněním polymerních materiálů, rostou i požadavky na jejich výrobu. Ať už na kvalitu tak i na kvantitu. Právě tyto požadavky splňují tvářecí technologie zpracování plastů.

Nejrozšířenější tvářecí technologií je právě technologie vstřikování. Tato technologie probíhá na vstřikovacích strojích, při použití vstřikovací formy. Vstřikovací forma má dutinu, která dává výrobku finální tvar a přesnost. Největší nevýhodou této technologie je právě forma, protože formu je možné použít pouze na jeden druh výrobků a výroba nové formy je cenově nákladná.

Forma se skládá z mnoha dílů a její konstrukce je poměrně složitá. Ke zkvalitnění a zjednodušení konstrukce formy se používají různé softwary, ať už softwary s normalizovanými součástkami (Hasco), tak i softwary, které zjednodušují celkovou konstrukci (CATIA).

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

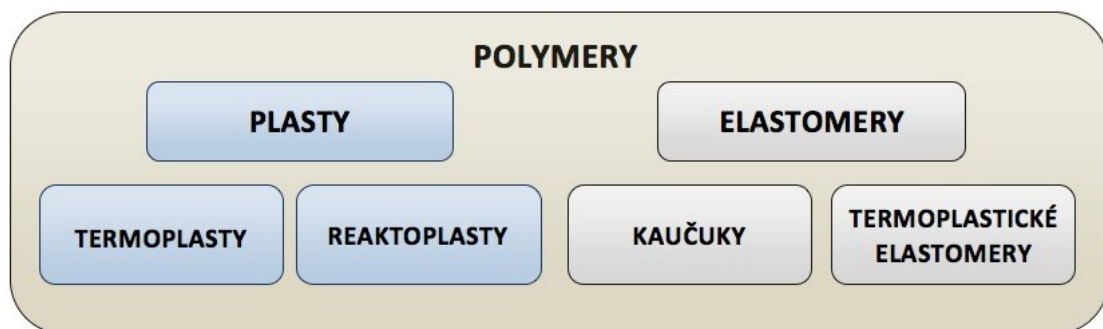
Jedná se o přírodní nebo syntetické látky, které ve svých makromolekulách obsahují převážně atomy uhlíku, vodíku, kyslíku, ale mohou obsahovat i atomy dusíku, chlóru a jiných prvků.

Molekulová hmotnost polymerů je mnohonásobně větší než u jiných tzv. nízkomolekulárních látek, jejich molární hmotnost se pohybuje od desítek tisíc do miliónů.

Uměle vytvořené polymery nazýváme syntetické polymery, ty mohou vzniknout třemi chemickými reakcemi, a to polykondenzací, polyadící a polymerací. [1]

Polymery v čistém stavu nemají nejlepší vlastnosti, proto se často míchají s jinými materiály, ať už v tekutém nebo pevném skupenství. Tyto směsi se dodávají nejčastěji ve formě granulátů, prášků, past nebo kapalin. Směsi obsahují různé druhy plniv, přísad, jiné polymery nebo výstužné materiály, ty zlepšují vlastnosti výsledného materiálu. [2]

Polymery jsou převážně za běžných podmínek tvrdé, houževnaté nebo křehké. Jejich zahřátím dochází k jejich tavení. Jestliže je změna z pevného stavu do plastického znovu opakovatelná jedná se o termoplasty, změna z plastického stavu zpět nastane ochlazením. Je-li přeměna trvalá, jedná se o reaktoplasty, popřípadě elastomery, ty tvrdnout obvykle za působení tepla a tlaku. [1]



Obr. 1 Rozdělení polymerů [12]

1.1 Termoplasty

Při ohřevu polymeru dochází k narušení soudržných mezimolekulárních sil. Je-li narušení částečné, polymer změkne, řetězce mohou měnit svůj tvar a polymer získá vlastnosti podobné kaučuku. Při dalším zahřívání se mezimolekulární síly naruší do takové míry, že dojde k odpoutání jednotlivých řetězců a polymer se stává viskózně tekutým. Následným

ochlazením dochází ke změně do pevného skupenství. Při nadměrném ohřevu polymer ztrácí pevnost, tento jev se nazývá degradace a je nevratný. Termoplasty se dělí podle struktury na amorfnní a semikrystalické. U amorfnních termoplastů jsou řetězce nepravidelně uspořádány, naopak u semikrystalických je podstatná část řetězců uspořádána pravidelně. [5]

1.2 Reaktoplasty

Jedná se o zesíťované polymery, jejichž řetězce jsou příčně propojeny chemickými vazbami. Při ohřívání nedojde k oddělení řetězců, z důvodu pevnosti chemických vazeb, proto polymer není možno tavit. Vlivem tepla, tlaku a katalyzátoru dochází k zesíťování polymeru, následné tváření už není možné, tento proces se nazývá vytvrzování. [5]

1.3 Elastomery

Jedná se o polymery, vyznačující se vysokou elasticitou. Mezi jejich nejdůležitější vlastnost patří schopnost značné deformace, i při malých zátěžových silách. K největší podmnožině elastomerů patří kaučuky. Zesíťování u nich dochází tzv. vulkanizací. [1]

1.4 Úprava před zpracováním

Čistý polymer nelze obvykle zpracovávat z toho důvodu, že nemá odpovídající vlastnosti. Aby polymer docílil požadovaných vlastností, je nutné jej upravit vhodnými přísadami a plnivy (aditivy). Nejčastěji se do polymerních materiálů přidávají aditiva pro zvýšení stability taveniny po dobu její prodlevy v plastikačním válci, pro zlepšení tokových vlastností taveniny a pro dosažení rovnoměrné a jemné krystalické struktury u částečně krystalické struktury.

Dále se do polymerních materiálů přidávají:

- Stabilizátory: a) termooxidační – zvyšují odolnost k termooxidačnímu stárnutí
 - b) UV stabilizátory – zvyšují odolnost k atmosférickému stárnutí
- Plastifikátory (změkčovadla): slouží ke snížení tuhosti a tvrdosti
- Polymerní modifikátory: výrazně modifikují vlastnosti základních polymerů
- Koncentráty lubrikantů: snižují viskozitu taveniny a zlepšují odformování
- Retardéry hoření: používají se ke snížení nebo zmenšení hořlavosti termoplastů
- Barviva a pigmenty: dávají výslednému polymernímu materiálu barevný odstín

- Plniva: Zlepšují vlastnosti polymerního materiálu např. viskozitu, tvrdost, tuhost, tepelnou odolnost, tvarovou stálost, atd. Polymerní materiály s plnivou se nazývají kompozitní. Plniva se používají částicová, vyztužující, nanoplňiva. [2]

1.5 Recyklace

Největším problémem, vznikajícím při využívání polymerů, je jejich negativní vliv na prostředí a enormně zvětšující objem odpadu. Odpad může vznikat již při výrobě (vadný výrobek, přetoky, odřezky, atd.), jedná se o tzv. odpad vratný, tento odpad lze znovu použít, například nadrcením a použitím při nových výrobcích. Větší problém představuje odpad vznikající až po upotřebení výrobky, tzv. odpad sběrný.

Polovina odpadu se likviduje vývozem na skládku. Tento způsob likvidace je nejjednodušší a nejméně nákladný. Ovšem největším problémem vznikajícím při tomto způsobu likvidace je ten, že plasty, stejně jako sklo a porcelán, nepodléhají významným chemickým změnám tak rychle jako jiné materiály a tím narušují proces přirozené homogenizace nového skládkového terénu.

Nejpokročilejším způsobem likvidace polymerních odpadů je tepelná degradace. Tento způsob likvidace nám poskytuje použitelné produkty, jako jsou paliva a rozpouštědla.

Další způsob likvidace polymerů, díky kterému můžeme získat cenné produkty, je hydrolytická degradace odpadních polymerních hmot za přítomnosti kyselých nebo zásadických katalyzátorů. Tímto způsobem lze například získat z polyamidů znovu polymerovatelný monomer.

Mezi další snadno proveditelné a celkem běžné způsoby likvidace patří spalování. Jedná se o ekonomický způsob likvidace, zejména pokud se odpadové teplo používá na výrobu páry nebo elektrické energie. Ovšem i přesto tento způsob likvidace polymerních odpadů nebyl přijat jako nejvýhodnější, a to převážně proto, že část exhalací může být agresivní, a proto musejí být poměrně za velké náklady odstraňovány. [3]

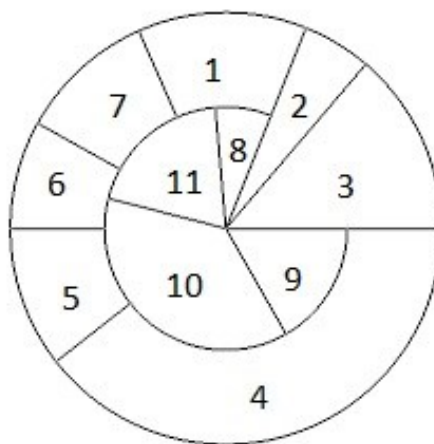
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikováním se zpracovávají jak plasty, tak i kaučuky. Tato forma zpracování nám dovoluje vyrábět výrobky složitých tvarů. Pomocí vstřikování se vyrábějí výrobky pro aplikaci v automobilovém, leteckém a kosmickém průmyslu, ale i v elektrotechnice, optice, ve zdravotnictví a výrobky pro použití v domácnosti. [2]

Pojmem vstřikování označujeme proces, při kterém je roztavený polymer pod tlakem vstříknut do formy. Jedná se o velmi produktivní způsob výroby, který lze do určité míry automatizovat. [6]

2.1 Vstřikovací cyklus

Jedná se o cyklický proces realizovaný na vstřikovacím stroji. Ve většině případů se polymer dodává ve formě granulí, prášku nebo vloček. K tomu aby se polymer mohl použít na vstřikování, se musí převést do formy taveniny, tato změna dochází v pracovním válci šnekové plastikační jednotky. Šnek se pohybuje rotačním a zároveň pohybem přímočarým vratným a to z toho důvodu, aby zabezpečil jak plastikaci tak vstříknutí taveniny do uzavřené dutiny formy. [2]

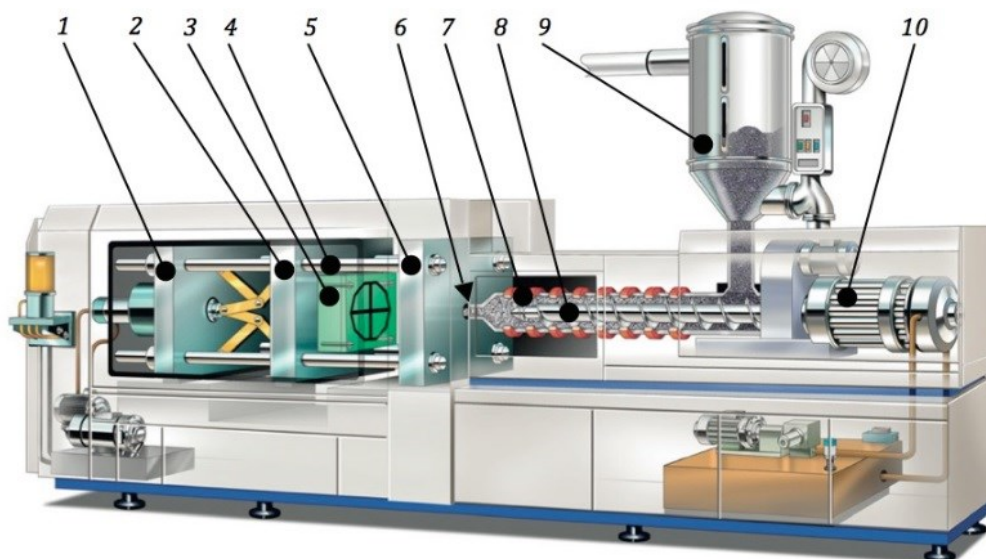


Obr. 2 Vstřikovací cyklus

- 1- Uzavření vstřikovací formy, 2- Vstřikování, 3- Dotlak a doplňování,
- 4- Chlazení, 5-Otevření formy, 6- Vyprázdnění formy, 7- Příprava formy,
- 8- Přísun plastikační jednotky, 9- Vrácení plastikační jednotky, 10- Plastikace,
- 11- Prodleva [8]

2.2 Vstřikovací stroje

Vstřikovací stroje mají uzavírací jednotku, která ovládá formu, zajišťuje její otevření, zavření a vyhození výstříku. Uzavírací jednotka musí splňovat požadovanou uzavírací sílu, ta je závislá na velikosti stroje a na velikosti vstřikovacího tlaku. Uzavírací jednotky se dělí dle pohonu na hydraulické, hydraulickomechanické a elektromechanické. V případě hydraulických uzavíracích jednotek je rychlost uzavírání řízena pomocí hydraulického obvodu. U hydraulickomechanických uzavíracích jednotek je uzavírací síla vyvozena malým hydraulickým válcem přes vhodný systém pákových převodů, tím se odbourává potřeba velkých hydraulických válců. U elektromechanických uzavíracích jednotek je hydraulický pohon nahrazen elektrickým, tím se docílí nižší energetické náročnosti. [7]



Obr. 3 Schéma vstřikovacího stroje

- 1- Uzavírací jednotka, 2- Pohyblivá upínací, 3- Pohyblivá část vstřikovací formy,
4- Vodicí sloupky, 5- Pevná upínací deska, 6- Čelo špičky vstřikovací trysky,
7- Tavicí komora, 8- Šnek, 9- Násypka pro plastový polotovar,
10- Pohonná jednotka šneku [9]

Dále mají vstřikovací jednotku, ta zajišťuje přípravu taveniny a její vstříknutí do formy. Musí zajistit dokonalou plastikaci a homogenizaci taveniny a zároveň dostatečný vstřikovací tlak. Vstřikovací jednotky se dělí na vstřikovací jednotky bez předplastikace a s předplastikací. U vstřikovacích jednotek bez předplastikace dochází k plastikaci v pracovním válci šneku, naopak u vstřikovacích jednotek s předplastikací se materiál plastikuje v oddělené plastikační jednotce.

Vstřikovací stroje mají dále nosnou konstrukci, ta je obvykle sloupová. Nosná konstrukce může být buď dvousloupová (menší stroje) nebo čtyřsloupová (větší stroje). Nosné sloupy slouží ke spojení jednotlivých částí stroje a zároveň vedou pohyblivé části stroje.

Další důležitou částí vstřikovacích strojů je vstřikovací tryska. Ta zajišťuje dočasné spojení vstřikovací jednotky s formou. Základním požadavkem na trysky je, že dočasné spojení musí být dokonale těsné. Základním parametrem ovlivňujícím konstrukční provedení trysky je druh zpracovávaného materiálu. Vstřikovací trysky mohou být buď volně průtočné, nebo uzavíratelné. Volně průtočné trysky se používají při krátkých vstřikovacích cyklech a pro materiály s vyšší viskozitou. Uzavíratelné trysky se naopak používají u nízkoviskozních materiálů. [7]

3 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Při konstruování součástí z plastů se musíme řídit jinými zásadami, než u součástí vyrobených z kovů. Zpravidla platí, že čím jednodušší je součástka, tím lepší je její výroba, a to z toho důvodu, že se lépe dodržují rozměry, forma je levnější a výstřik se vyrábí snáz. [4]

3.1 Jakost výrobku

Plastové součástky mají zpravidla horší jakost než součástky kovové. A to zejména kvůli množství různých činitelů, které na ně působí a ovlivňují je. Mezi tyto činitele patří například materiál ať už součástky tak i formy, výrobní technologie, kvalita formy.

Další činitelé, kteří ovlivňují jakost součástky, jsou již spjaty s druhem materiálu, ze kterého je součástka vyrobená. Mezi tyto činitele patří například smrštění při zpracování a dodatečné smrštění, teplotní roztažnost, tečení, navlhnutí.

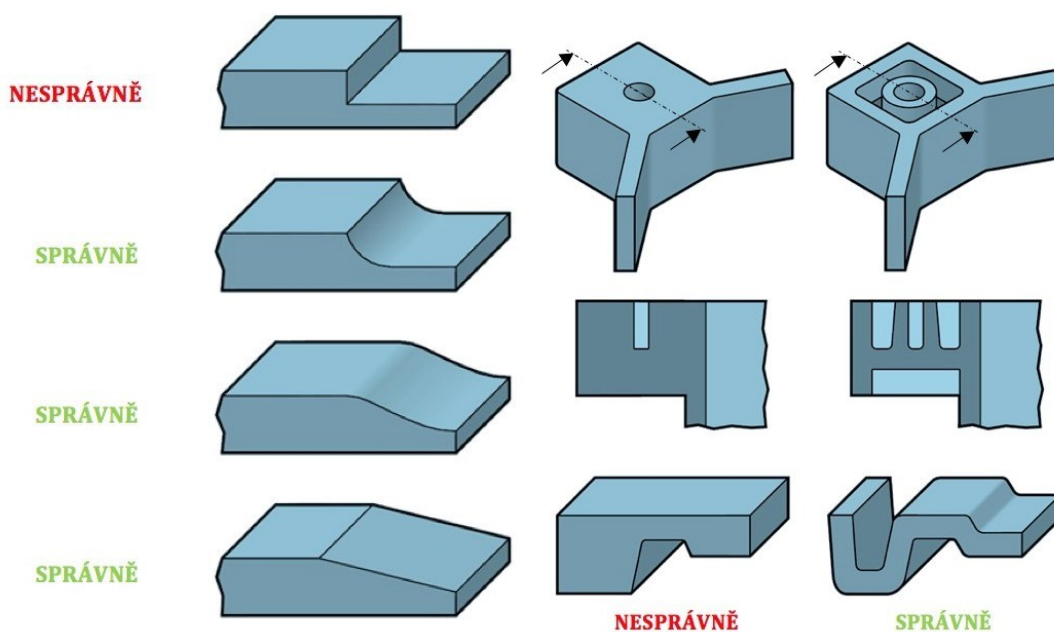
Jedním z hlavních ukazatelé jakosti jsou rozměry součásti. Ty jsou stanoveny podle potřebné funkce a s ohledem na vlastnosti použitého plastu. Rozměry by se neměli zbytečně upřesňovat, protože z pravidla platí, že s rostoucí přesností rostou i náklady na dodržení těchto požadavků.

Dalším ukazatelem jakosti je jakost povrchu. Ta se dá zlepšit vhodnou úpravou, například dezénem, nebo barevností. Jakost povrchu je z pravidla obrazem dutiny formy. Plochy u plastových dílců mohou být matné, jedná se o výrobně nejjednodušší a ekonomicky nejvýhodnější plochy. Jejich další výhodou je, že mohou zakrývat některé vzhledové nedostatky, například studené spoje, stopy po toku, apod. Dále se můžeme setkat s plochami lesklými, ty jsou naopak nejnákladnější a nejnáročnější, a také zvýrazňují všechny nedostatky formy i výstřiku. Součástky mohou mít také plochu dezénovou a to ať už z části nebo celý povrch. Stejně jako u matných povrchů, tak i u dezénových ploch dochází k zakrytí některých nedostatků. Dezén může být zhotoven na libovolné ploše součásti, tak aby výrobek šel odformovat, a může mít i libovolný tvar, je pouze omezen možností jeho zhotovení ve formě. Mezi poslední způsoby úprav povrchů patří jejich barvení. [4]

3.2 Konstrukce výrobku

Mezi základní podklady sloužící k výrobě formy, slouží výkres vyráběné součásti. Tvar součásti musí být řešen tak, aby odpovídala jak z hlediska funkčního, tak i z hlediska ekonomického, a navíc se musí přihlížet i ke způsobu její výroby.

Konstrukce součásti musí splňovat několik kritérií, a to především vhodnou polohu dělicí roviny, tím je určen i její způsob zaformování. Na poloze dělicí roviny závisí i způsob vyhazování, vtokový systém, odvzdušnění, přesnost i vzhled. Dále součástka musí vyhovovat tloušťkou stěny. Kdyby byla stěna příliš úzká, tavenina by rychle tuhla, v opačném případě by docházelo k pomalému tuhnutí. V případě že jsou stěny různě tlusté, dochází k nerovnoměrnému tuhnutí, vzniká vnitřní pnutí a různé povrchové vady. Tloušťka stěny výrobku by měla být jednotná, v případě přechodů by se mělo vyvarovat ostrých hran, a v případě že se nelze vyhnout tlustší stěně, se provede vhodné odlehčení, nejlépe na opačné straně. Boční stěny, nebo žebra by svou tloušťkou neměli překročit 0,8 tloušťky stěny hlavní. K usnadnění toku taveniny a ke snížení opotřebení formy se používá zaoblení hran a rohů, přechody s ostrými hranami vyžadují vyšší vstřikovací tlak. Dále by měl každý výrobek zpravidla obsahovat úkosy, jedná se o zkosení stěny ve směru dělicí roviny. Tyto úkosy slouží k usnadnění odformování. Naopak by se mělo vyvarovat podkosům, ty totiž na rozdíl od úkosů zhoršují odformování. [4]



Obr. 4 Správná a nesprávná konstrukce výrobku [9]

Při konstruování výrobků s otvory, nebo drážkami, se musí tyto otvory a drážky volit tak, aby při výrobě tvořily co nejmenší problém. Jestliže jsou otvory kolmé k dělicí rovině, zhotovují se pomocí čelistí, popřípadě výsuvných jader. V případě otvorů, které mají stejný směr jako dělicí rovina, se tyto otvory vyrábějí pomocí pevných kolíků a trnů, jejichž průměr by neměl být menší než 1 mm. Drážky a otvory by dále neměly být příliš blízko okrajů, jinak hrozí popraskání stěn. [4]

3.3 Smrštění výrobku

U všech plastů se vyskytuje jev, při kterém dochází ke změně rozměrů výstřiku po nějaké době od jeho vyhození z formy, čili po nějaké době skladování. Tento jev se nazývá smrštění. Rozměrové změny jsou způsobeny právě smrštěním nebo deformací.

Smrštění – jedná se o objemovou změnu taveniny, způsobenou zejména stlačitelností, tepelnou rozpínavostí a kontrakcí plastu, krystalizační změnou (pouze u částečně krystalických plastů).

Deformace – pouze změna tvaru, objem zůstává konstantní.

Jelikož jsou základními požadavky u všech výrobků určité rozměry, definované jmenovitou hodnotou a tolerancí, musíme se smrštěním pracovat. Čili tvarová dutina formy musí být o příslušné rozměry větší. V praxi je ovšem tento požadavek těžší realizovat, z toho důvodu že na rozměry působí velké množství paramentů ovlivňující jejich přesnost.

Mezi základní patří:

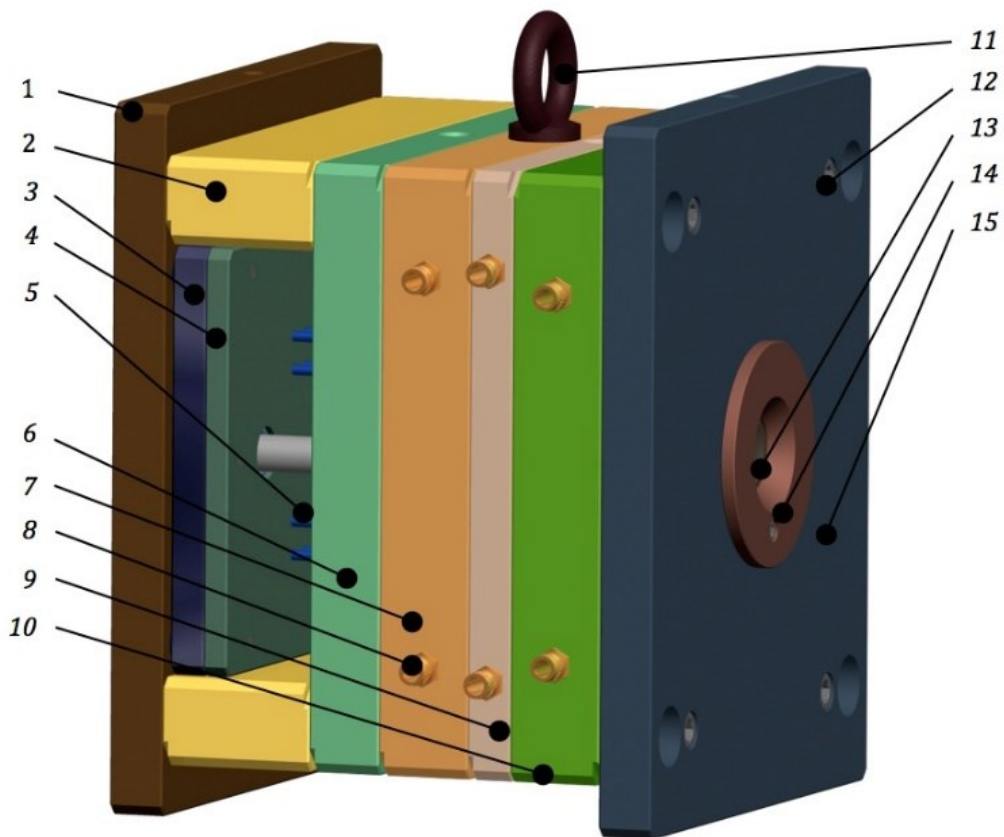
- Procesní parametry výroby – tlak, teplota, časy
- Typ a vlastnosti termoplastu – amorfní, částečně krystalický materiál, jejich pvT chování, plniva
- Konstrukce výstřiku (formy) – tloušťka stěn, tvary ovlivňující smrštění [2]

3.4 Vady na výrobku

Na vstřikovaných výrobcích se může vyskytnout řada vad, které jsou způsobeny ať už špatnou konstrukcí, špatnou volbou vstřikovacích parametrů, nebo špatnou volbou materiálu. Mezi základní a nejčastější vady patří deformace dílce, ta může být způsobena nedostatečnou dobou chlazení, špatnou konstrukcí vyhazovacího systému, špatným výběrem materiálu nebo vysokou teplotou formy. Další typickou vadou je křehký výrobek, křehkost může být způsobena málo vysušeným materiálem, popřípadě zdegradovaným materiálem. Dále se můžeme u výstřiku setkat s bublinami, ty jsou zapříčiněny malým vstřikovacím tlakem, špatným odvzdušněním formy, nízkou teplotou formy nebo náhlým přechodem ze slabé do silné stěny. Při špatné konstrukci výrobku může dojít k propadlinám, ty mohou vznikat i z důvodu vysoké teploty formy, špatným odvzdušněním formy, nízkým vstřikovacím tlakem, nebo velkou délkou toku taveniny. Mezi typickou vadu při vstřikování také patří stříbrné pruhy na výstřiku, ty jsou způsobovány vysokou teplotou taveniny nebo špatně vysušeným materiálem. V případě, že uzavírací síla je menší než vstřikovací, dochází k pootevření vstřikovací formy a k přetoku, přetok může být způsoben i znečištěnou dělicí rovinou. [4]

4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma je systém, který musí splňovat několik kritérií. Základní funkcí vstřikovací formy je doprava roztaveného polymeru do dutiny a její naplnění. Dutina vstřikovací formy odpovídá tvaru budoucího výrobku. Forma musí zajišťovat bezpečný, rychlý a periodicky opakující přívod taveniny, odvod tepla a odformování. Dále musí odolávat značným silám, které vznikají v průběhu vstřikování. Tyto síly by mohli vést k pootevření formy, popřípadě k její deformaci. Zároveň musí odolávat teplotám vznikajícím během vstřikování. [9]



Obr. 5 Schéma vstřikovací formy

- 1- upínací deska levá, 2- rozpěrná deska, 3- vyhazovací deska opěrná,
 4- vyhazovací deska kotevní, 5- vyhazovače, 6- opěrná deska, 7- „B“ deska,
 8- přípojka chlazení, 9- „C“ deska, 10- „A“ deska, 11- manipulační oko,
 12- montážní šroub, 13- vtoková vložka, 14- středící kroužek pravý,
 15- upínací deska pravá [9]

4.1 Konstrukce formy

Konstrukce formy je složitý proces, při kterém se musí dbát na řadu požadavků. Mezi základní požadavky patří přesnost výroby, odvod tepla, odformování, vedení taveniny, rozměry formy, její složitost a ekonomie výroby. [9]

Základními podmínkami pro konstrukci jsou:

- Výkres výrobku – obsahuje tvar, rozměry, tolerance, materiál, atd.
- Násobnost formy
- Typ vstřikovacího stroje
- Podmínky konstrukce [8]

Základem konstrukce vstřikovací formy je návrh vstřikovacího dílu. Podle požadovaného dílu se navrhne vstřikovací forma, tak aby splňovala všechny požadavky. Při navrhování formy musí konstruktér zvolit vhodný typ vstřikovací formy, materiál jednotlivých dílů formy, jader, desek, atd. Dále musí konstruktér navrhnout vhodnou polohu dělicí roviny, vhodné odformování, teplotu a počet dutin. [9]

4.2 Výkres součásti

Jedná se o dokumentaci obsahující všechny potřebné informace vyráběné součásti.

Výkres musí obsahovat:

- Informace o materiálu, ze kterého je součást vyrobená
- Tvar, rozměry a tolerance součásti
- Požadavky na jakost a vzhled (např. barva, dezén, atd.)
- Hmotnost
- Technické přejímací požadavky
- Zvláštní požadavky [4]

4.3 Násobnost formy

Násobnost formy značí, kolik výrobků forma vyrobí na jeden cyklus. Násobnost volíme zejména podle požadovaného množství výrobků, složitosti a velikosti výrobku a také podle velikosti stroje. Zpravidla platí, že pro malé série volíme formy jednonásobné a jednoduché, s co nejmenšími náklady na výrobu. U velkosériové výroby je nutno vypracovat technický a ekonomický rozbor pro volbu násobnosti formy.

Mezi nejdůležitější aspekty ovlivňující volbu násobnosti formy patří:

- Celková spotřeba materiálu, včetně spotřeby materiálu ve vtocích. U vícenásobných forem roste spotřeba materiálu ve vtocích, z důvodu prodloužení rozváděcích kanálů.
- Výrobní náklady, které s vyšší násobností lineárně neklesají. Formy s vyšší násobností potřebují větší stroje, ty jsou dražší a vyžadují větší pracovní prostor.
- Náklady na výrobu formy. Vícenásobné formy jsou zpravidla dražší. Proto se vícenásobné formy používají pro velkosériové výroby, kde je tento podíl v ceně výrobku malý.
- Volba vstřikovacího stroje. U vícenásobných forem vznikají větší vstřikovací tlaky, z toho plyne, že stroj musí zajišťovat větší uzavírací sílu. Zároveň stroj musí mít dostatečně velkou plastikační jednotku. [6]

4.4 Temperace formy

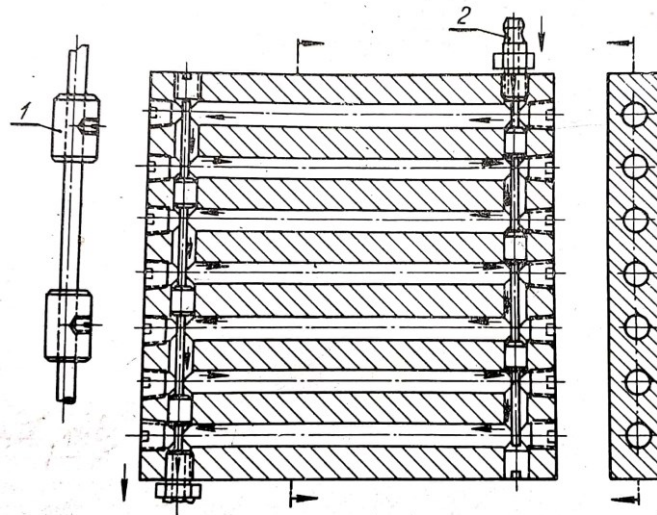
Temperační systém vstřikovací formy slouží k odvádění tepla vznikajícího během cyklu vstřikování. Stejněměrná a správná teplota formy má velký vliv na kvalitu výstřiku a na hospodárnost výroby. Teplota ovlivňuje jak rozměrovou přesnost výstřiku, tak i jeho vzhled.

Temperační systém musí být navrhnout tak, aby při vstříknutí taveniny do formy, bylo odvedeno co nejrychleji velké množství tepla, a zároveň musí zajišťovat nejintenzivnější chlazení v místech největšího proudění taveniny. [6]

Temperační systém se dělí na aktivní a pasivní. U aktivního systému dochází k proudění temperačního média temperačními kanály, ty mohou být buď vrtány, nebo frézovány. Jako temperační médium můžeme použít buď vodu, nebo olej. Temperování olejem je méně účinnější, ale lze ho použít v širších rozsazích teplot. Ideální proudění temperačního média je proudění turbulentní. V případě pasivního systému nedochází k odvádění tepla pomocí temperačního média, ale používají se izolační a vodivé materiály. Vodivé materiály se

používají k odvádění vznikajícího tepla ve formě. Izolační materiály naopak slouží k tomu, aby nedocházelo k přestupu tepla vznikajícího v plastikační jednotce na formu. [8]

Při navrhování temperačního systému volíme zpravidla větší počet menších kanálů, než malý počet velkých kanálů. Průměr temperačního kanálu se volí v rozmezí od 6 mm do 12 mm. Další důležitou zásadou při navrhování aktivního temperačního systému je vyhnout se tvorbě mrtvých bodů, kde by temperační médium nemělo kam odtéct a docházelo by k znečištění temperačních kanálů a zároveň vyhnout se umístění kanálů blízko hran. Při navrhování temperačního systému se musí brát v potaz to, že temperační kanály snižují celkovou tuhost formy. Temperační médium by mělo téct od nejteplejšího místa k nejstudenějšímu. [8]



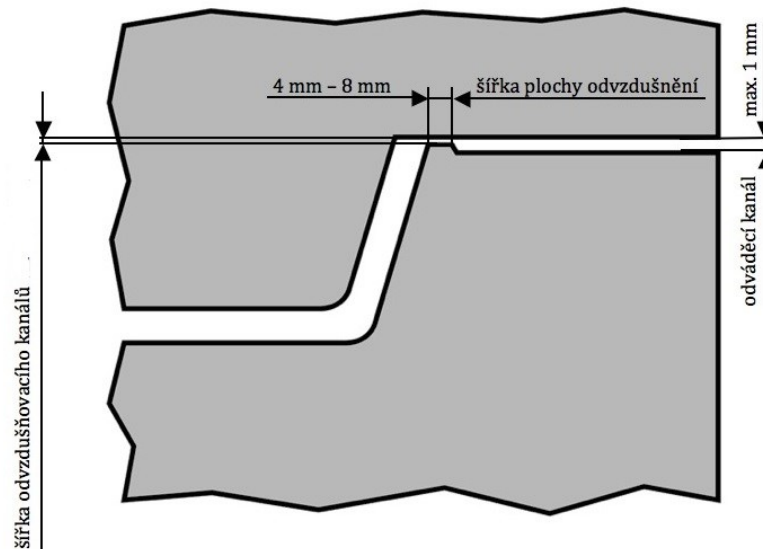
Obr. 6 Vrtané temperační kanály

1- rozdělovací přepážka, 2- náustek [6]

4.5 Odvzdušnění formy

Při vstupu taveniny do dutiny formy, dochází k vytlačování vzduchu, který v dutině zůstal po uzavření formy. Přestože značná část vzduchu unikne přes dělicí rovinu nebo vodícími plochami, je zapotřebí vstřikovací formu opatřit prvky, které umožní únik vzduchu. V případě, že by nedošlo k úniku vzduchu z formy, mohlo by dojít k poškození výstřiku (propadliny, spálená místa, atd.). Požadovaná intenzita odvzdušnění roste s objemem vstřikovaného materiálu a rychlostí vstřikování. Odvzdušnění formy může být zajištěno dvěma způsoby, buď přes dělicí rovinu, nebo pomocí odvzdušňovacích kanálů.

Nejjednodušší způsob odvodu vzduchu z formy je přes dělicí rovinu. V tomto případě se do dělicí roviny přidávají odvodu vzdušovací plochy. Rozměry odvodu vzdušovacího kanálu se liší v závislosti na vstříkovaných materiálech. Z pravidla platí, že pro materiál s větší tekutostí je zapotřebí menších rozměrů. [9]



Obr. 7 Odvodu vzdušnění formy přes dělicí rovinu [9]

Dalším způsobem odvodu vzdušnění formy je pomocí odvodu vzdušovacích kanálů. Ty by měly být umístěny podél rozváděcích kanálů taveniny. Odvodu vzdušovací kanály musí být umístěny zejména v místě, které je v dutině plněno jako poslední. Jedná se převážně o místo, které je nejvzdálenější od ústí vtoku. Není-li toto místo dostatečně odvodu vzdušněno může dojít k uzavření vzduchu v dutině a k poškození výstřiku. [9]

4.6 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém slouží k odformování výstřiku z dutiny formy, potom co se forma otevře. Spolehlivého odformování výstřiku z formy docílíme konstrukčním řešením formy. Při ochlazování výstřiku uvnitř formy dochází k jeho smrštění, tím vzniká napětí mezi výstřikem a tvárníkem. Základní podmínkou pro spolehlivé vyhození výstřiku z formy jsou úkosy stěn ve směru vyhození. Dalším vlivem ovlivňujícím odformování je drsnost povrchu. [5]

Vyhazovací systém by měl splňovat řadu kritérií, mezi nejdůležitější kritéria správného odformování patří:

- Odformování výstřiku by mělo být co nejjednodušší
- Výstřik by během odformování neměl být deformován
- Vstřikovaný díl musí při otevření formy zůstat na straně formy s vyhazovacím systémem

Kromě odformování výstřiku musí dojít i k odformování vtokového systému (pomocí přidržovačů vtoku)

Aby vyhazovací systém byl funkční, musí se během jeho konstrukce dbát zejména na směr pohybů vyhazovacího systému, rozložení vyhazovačů a na vyhazovací sílu. Při špatné konstrukci může dojít k deformaci výstřiku, popřípadě nedostatečnému vyhození (výstřik zůstane v dutině formy).

Vysunutí vyhazovacího systému probíhá po otevření vstřikovací formy. Následné zasunutí vyhazovacího systému může být zajištěno buď vstřikovacím strojem, nebo vraccím kolíkem, ten zároveň může plnit bezpečnostní funkci, kdy brání kolizi vyhazovacího systému.

V případě výstřiků opatřených otvory, jejichž osa je kolmá k ose hlavního vyhazovacího systému, by docházelo k problematickému odformování. V tomto případě se používají pohyblivá jádra, která zajišťují jak tvar výstřiku, tak i jeho odformování. Pohyb jader může být zajištěn několika způsoby. Mezi nejzákladnější způsob zajištění pohybu jader patří šikmý kolík, ten slouží k vychýlení pohybu pohyblivého jádra od výstřiku, tak aby došlo k jeho odsunutí. Mezi další způsoby zajištění pohybu patří pneumatické a hydraulické válce, v obou případech je pohyb ovládán řídicím systémem vstřikovacího stroje. [9]

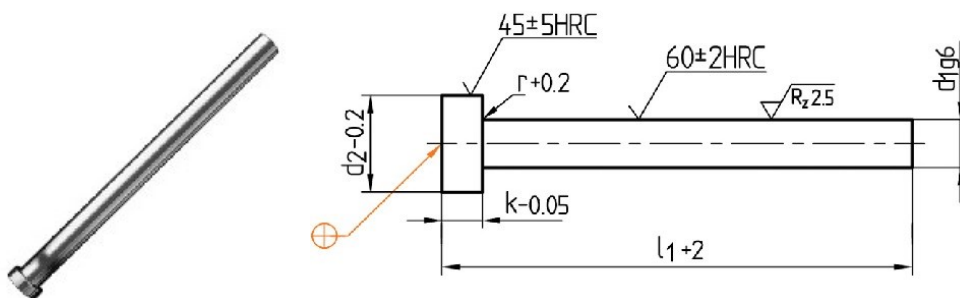
4.6.1 Mechanické vyhazování

Jedná se o nejčastější způsob provedení vyhazovacího systému.

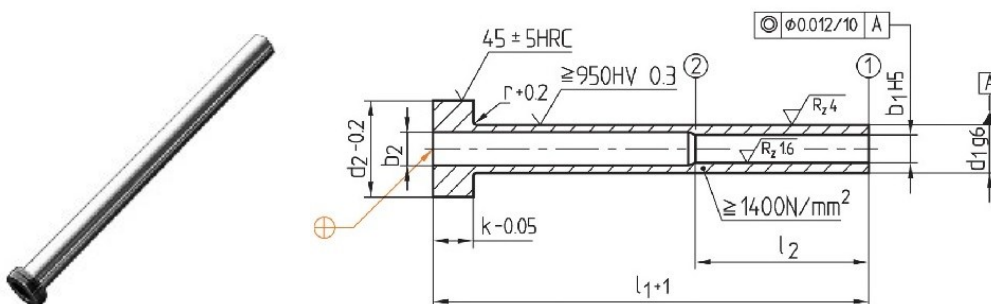
Podle provedení se dělí na vyhazování pomocí:

- Válcových kolíků
- Stíracích desek a kroužků
- Trubkových vyhazovačů
- Šikmých vyhazovačů

Válcové vyhazovače jsou nejjednodušší a nejpoužívanější ze všech vyhazovacích systémů. Tyto vyhazovače se musejí opírat o stěny, popřípadě o žebra výstřiku. Jejich nevýhodou je bodové působení, z toho vyplývá, že na výstřiku zanechávají stopy. Na rozdíl od válcových vyhazovačů stírací desky a kroužky nepůsobí na výstřik bodově, ale celou plochou, proto nedochází k poškození výstřiku. Ovšem mohou být použity pouze tam, kde dosedá výstřik na stírací desku v rovině. Speciálním druhem stírací desky je trubkový vyhazovač. Ten je vhodný pro výstřiky s vnitřním otvorem. Je-li výstřik tvarově náročný, a běžné vyhazovací prvky by byly nedostačující, používají se šikmé vyhazovače. Ty zároveň mohou sloužit k odstranění posuvných čelistí. [8]



Obr. 8 Válcový vyhazovač [10]



Obr. 9 Trubkový vyhazovač [10]

4.6.2 Pneumatické vyhazování

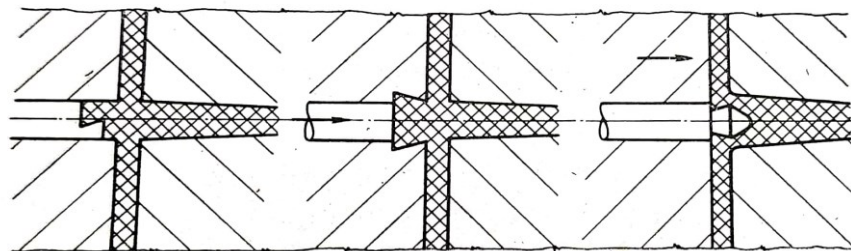
K vyhození výstřiku se využívá stlačený vzduch. Tento způsob odformování není příliš častý, ale velmi vhodný pro výstřiky s velkou plochou. Největší výhodou pneumatického vyhazování je minimální deformace výstřiku. [9]

4.6.3 Hydraulické vyhazování

Hydraulické vyhazování, se používá k ovládání mechanických vyhazovačů a posuvných jader. Výhodou hydraulického vyhazování je možnost vyvinout velké vyhazovací síly. [9]

4.6.4 Vyhazování vtokového zbytku

Při odformování vtokového zbytku, je zapotřebí vtokový zbytek přidržet na požadované straně, dokud není vytažen vtokový kužel, k tomu slouží přidržovače vtoku. Na pohyblivé straně vstřikovací formy je proveden různými způsoby podkos, jehož úkolem je přidržet vtokový zbytek. [11]



Obr. 10 Přidržovače vtoku [6]

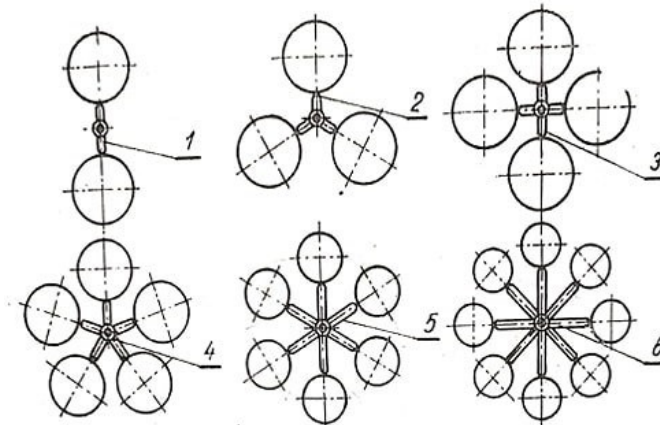
4.7 Vtokový systém

Úkolem vtokového systému vstřikovací formy je rozvod taveniny do dutin formy a jejich naplnění. Jedná se o systém složený z kanálků a vtokového ústí. Podle provedení se vtokový systém dělí na studený vtokový systém a vyhřívaný vtokový systém. [4]

4.7.1 Studené vtokové systémy

Při použití studených vtokových systémů se tavenina vstříkuje vysokou rychlostí. Prouděním taveniny studeným vtokovým systémem dochází k růstu viskozity na jejím povrchu, z toho důvodu jsou zapotřebí vysoké tlaky v systémech. Po naplnění dutiny dochází k tuhnutí taveniny odvodem tepla do stěn formy.

Dráha toku u studených vtokových systémů by měla být co nejkratší, aby nedocházelo k zatuhnutí taveniny a zároveň, aby se snížil odpad vznikající z vtokových zbytků. Zároveň musí být dráha toku ke všem dutinám stejně dlouhá, aby se docílilo rovnovážného plnění všech dutin vstříkovací formy. Průměr vtoku by měl mít dostatečně velký průměr, aby nedošlo k jeho zatuhnutí před dotlakem. Ovšem je zapotřebí dbát na spotřebu materiálu, proto musí mít vtok co nejmenší plochu při co největším průřezu. [4]



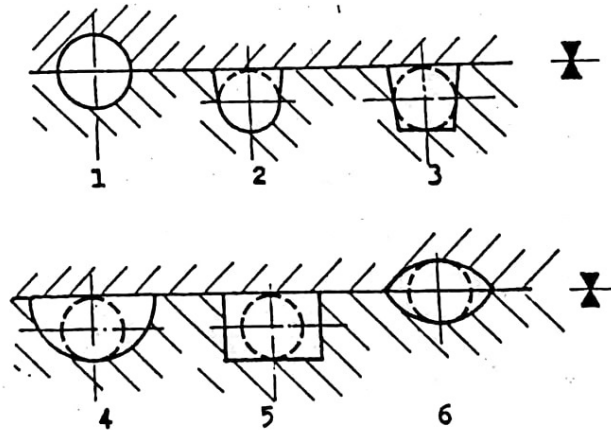
Obr. 11 Vhodné rozmístění dutin [6]

Vtokové ústí by mělo být umístěno:

- V nejtlustším místě výstříku, tak aby tavenina tekla z místa většího průřezu do místa menšího průřezu
- V geometrickém středu výstříku, aby tavenina zatékala do všech míst výstříku zároveň
- Tak aby tavenina proudila ve směru žeber
- Mimo místa s velkým namáháním a pohledové plochy
- Tak aby byl zajištěn únik vzduchu z dutiny formy

Mezi základní typy vtokových ústí patří plný kuželový vtok. Tento vtok neobsahuje zúžené vtokové ústí a je vhodný pro jednonásobné formy a tlustostěnné výrobky. Jeho největší nevýhodou je pracné odstranění a zanechávání stopy na výstříku. Z hlediska dotlaku se jedná o nejnvýhodnější vtok. Nejnámější vtok se zúženým vtokovým ústím je bodový vtok. Může být umístěn jak v dělicí rovině tak i mimo ní. Při použití toho vtoku je zapotřebí systém třídeskové formy a před otevřením formy je zapotřebí zajistit odtržení vtokového ústí. Speciálním typem bodového vtoku je tunelový vtok. Na rozdíl od bodového vtoku není potřeba použít systém třídeskové formy, ovšem jeho výroba je náročnější. Dalším typem

vtoku se zúženým vtokovým ústím je boční vtok. Jeho průřez bývá obdélníkový a ústí v dělicí rovině. Při použití tohoto vtoku nedochází k odstranění vtokového zbytku od výstřiku. Mezi nejpoužívanější boční vtokové ústí patří filmový vtok. Ten slouží zejména k plnění kruhových a trubicových dutin s požadavkem na vysokou kvalitu. [4]



Obr. 12 Průřez vtokových kanálů

1, 6 – výrobně nevýhodné

2, 3, 4, 5 – výrobně výhodné [4]

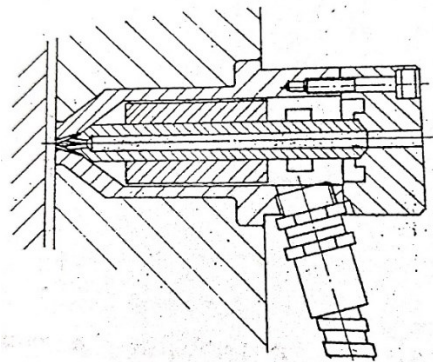
4.7.2 Vyhřívání vtokových systémů

Z důvodu snahy o šetření materiálu i práce, začali vznikat metody vstřikování bez vtokového zbytku. Zprvu se jednalo o jednodušší systémy, které využívali například zesílené vtoky, izolované vtokové soustavy s předkomůrkami atd. Dnes se používají vyhřívání vtokové soustavy obsahující vyhřívání trysky. Jejich největší nevýhodou oproti SVS je konstrukční složitost a potřeba nákupu od speciálních výrobců. I přes tuto nevýhodu jsou ve velké míře používány a to zejména díky tomu, že umožňují automatizaci výroby, šetří materiál, zkracují výrobní cykly, snižují náklady na dokončovací operace, atd. Vyhřívání vtokové systémy spočívají v tom, že tavenina po naplnění dutiny formy zůstává v celé oblasti vtoku v plastickém stavu.

Nejjednodušší a v dnešní době málo používané systémy vyhřívání vtoků jsou izolované vtokové soustavy. Ty pracují na principu vlastní termoplastické izolaci v okrajových vrstvách. Trysky nemají vlastní vytápění, proto musí být vyhřívání nepřímé, nebo je teplo udržováno vrstvou taveniny. V dnešní době používanější VVS jsou s vyhříváními tryskami. Ty můžeme rozdělit na nepřímé a přímé vyhřívání. Nepřímé vyhřívání trysky mohou být buď s vlastním zdrojem tepla, ty jsou dotápěné topným tělesem zabudovaným v ocelovém

obalu, nebo s rozvodným blokem, u kterého dochází k přenosu tepla z bloku na trysku. Přímou vyhřívání trysky se dělí podle konstrukce na vnitřní a vnější. V případě vnitřních trysek tavenina obtéká vyhřívanou trysku. U vnějších trysek tavenina protéká vnitřním otvorem trysky.

Vyhřívání trysky můžeme dále rozdělit podle konstrukční úpravy ústí. Pro materiály, které netáhnou vlas, se používají trysky otevřené. Naopak pro materiály s tendencí táhnout vlas se používají trysky se špičkou. Dále existují trysky s uzavírací jehlou a trysky speciálně tvarované. [4]



Obr. 13 Vnější vyhřívání tryska [4]

4.8 Materiály používané pro výrobu forem

Formy jsou nákladné nástroje, u kterých se požaduje kvalita, životnost a co nejmenší náklady. Základním parametrem, který ovlivňuje tyto požadavky je materiál formy. Ten je ovlivněn druhem vstřikovaného plastu, přesností a jakostí materiálu, podmínkami vstřikování a vstřikovacím strojem. Nejpoužívanějšími materiály při výrobě formy jsou oceli vhodných jakostí, neželezné slitiny kovů (Cu, Al,...) a ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé,...). Nejdůležitějším materiálem pro výrobu forem jsou oceli, ty musí splňovat řadu kritérií jako je dostatečná mechanická pevnost, dobrá obrobiteľnosť, zvýšenou odolnosť proti otěru, odolnosť proti korozi a chemickým vlivům plastů, vyhovující kalitelnost a tepelná vodivost. Je nereálné, aby jedna ocel splňovala všechny podmínky, proto se používají různé druhy ocelí. Výběr oceli závisí na použití, například tvárníky a tvárnice jsou zapotřebí vyrobit z kvalitnější a odolnější oceli než pomocné díly jako je rám formy, na ten postačí jednodušší konstrukční ocel. [11]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ PRAKTICKÉ ČÁSTI

V bakalářské práci byly stanoveny následující cíle:

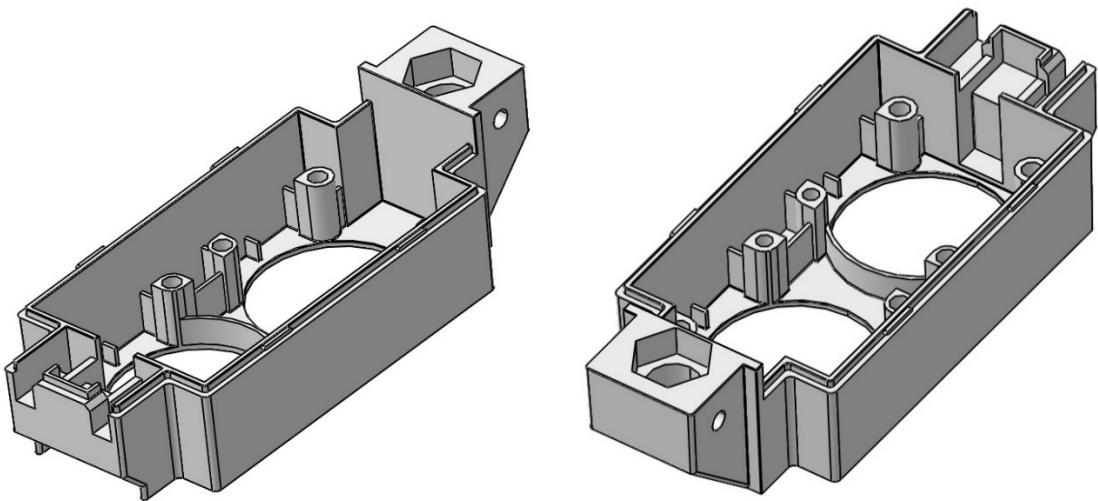
- Vypracovat literární studii na dané téma
- Nakreslit model daného dílu ve 3D
- Provést konstrukci vstříkovací formy pro zadaný díl
- Nakreslit 2D sestavu vstříkovací formy

V teoretické části bakalářské práce byly zpracovány informace zabývající se problematikou vstříkování. K vypracování této části byly použity poznatky, jak o teorii vstříkování, o konstrukci vstříkovací formy, tak i o základním rozdělení polymerů.

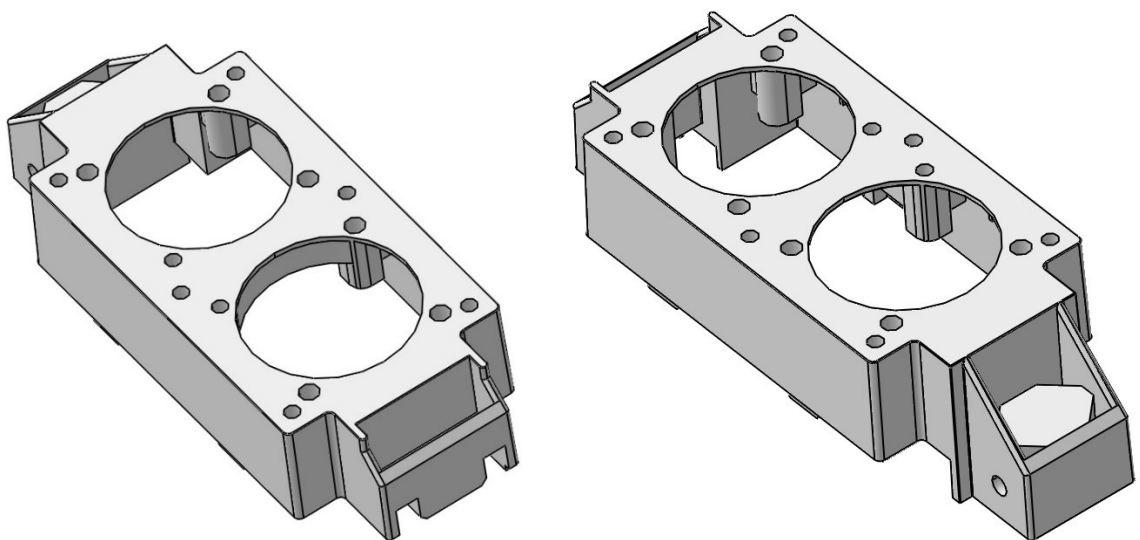
V praktické části bakalářské práce bylo cílem nakreslit model dílu ve 3D a následně provést konstrukci vstříkovací formy. Z 3D sestavy vstříkovací formy se následně zhotovila výkresová dokumentace. Zhotovení 3D modelů a výkresové dokumentace bylo provedeno pomocí programu CATIA V5R19 a katalogu Hasco. Dále byl pro vstříkovací formu zvolen vhodný vstříkovací stroj.

6 VSTŘIKOVANÝ DÍL

Vstříkovaný díl je součástka do automobilu, používaná jako skříň na pojistky. Slouží k uložení a ochraně pojistek. Díl obsahuje 16 průchozích děr, z toho 2 o průměru 42 mm, 8 o průměru 5 mm a 6 o průměru 4 mm. Na dílci jsou 4 boční výstupky, sloužící k uchycení vrchní části pojistkové skříňe. Dílec dále obsahuje žebra, zabraňující zborcení bočních stran. Největší rozměry dílce jsou (150 x 60) mm a výška 39 mm.



Obr. 14 3D model výrobku – vrchní strana



Obr. 15 3D model výrobku – spodní strana

6.1 Materiál dílu

Jako materiál použitý k výrobě tohoto dílce byl zvolen PBT (polybutylentereftalát). PBT je semikrystalický termoplast, vyznačující se dobrou zpracovatelností, odolností proti otěru a malou absorpcí vody.

Vybrané vlastnosti:

- Hustota - $1,35 \text{ g/cm}^3$
- Teplota tání - $230 \text{ }^\circ\text{C}$
- Modul pružnosti - 2300 MPa
- Mez pevnosti - 60 MPa
- Rozsah teplot použití – $(-30 \text{ až } 165) \text{ }^\circ\text{C}$

7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Konstrukce vstřikovací formy byla provedena v softwaru CATIA V5R19. Při konstrukci se použilo co nejvíce normálií z katalogu Hasco, tím se celkový proces konstrukce značně usnadnil.

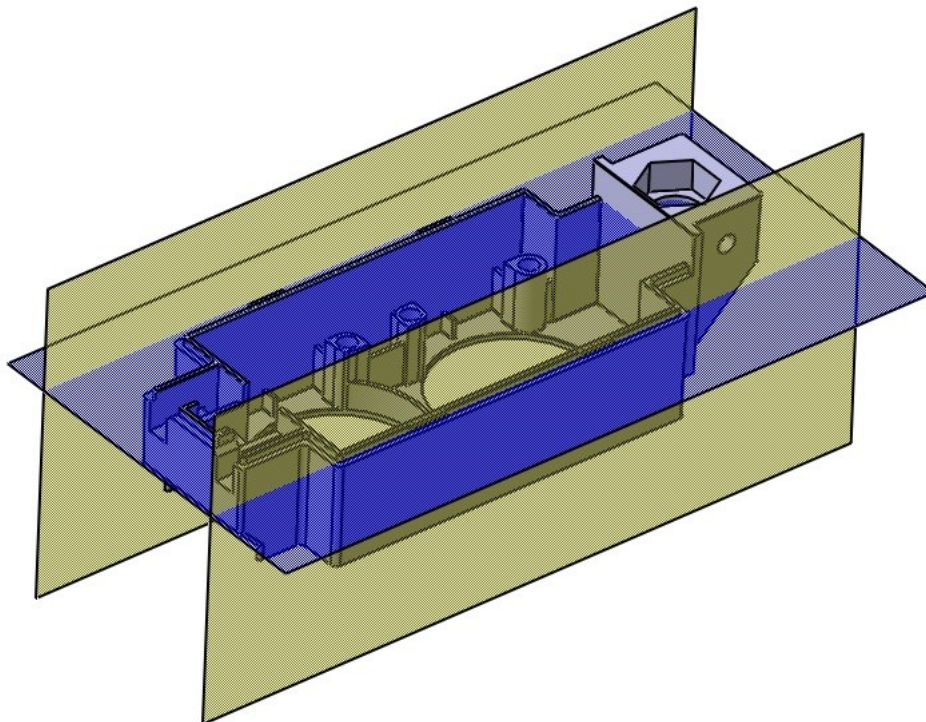
Forma je rozdělena do tří základních částí, uzavírací (pohyblivá), vstřikovací (pevná) a vyhazovací část.

7.1 Zaformování

Jedním z hlavních kroků při konstrukci vstřikovací formy, je volba vhodné dělicí roviny. V tomto případě byla hlavní dělicí rovina zvolena tak, že část výrobku je zapuštěna do tvárníku.

Z důvodu potřeby odformování bočních otvorů a výstupků pomocí posuvných čelistí, musely být přidány další dvě dělicí roviny. Díky kterým dojde k odformování bez poškození výrobku.

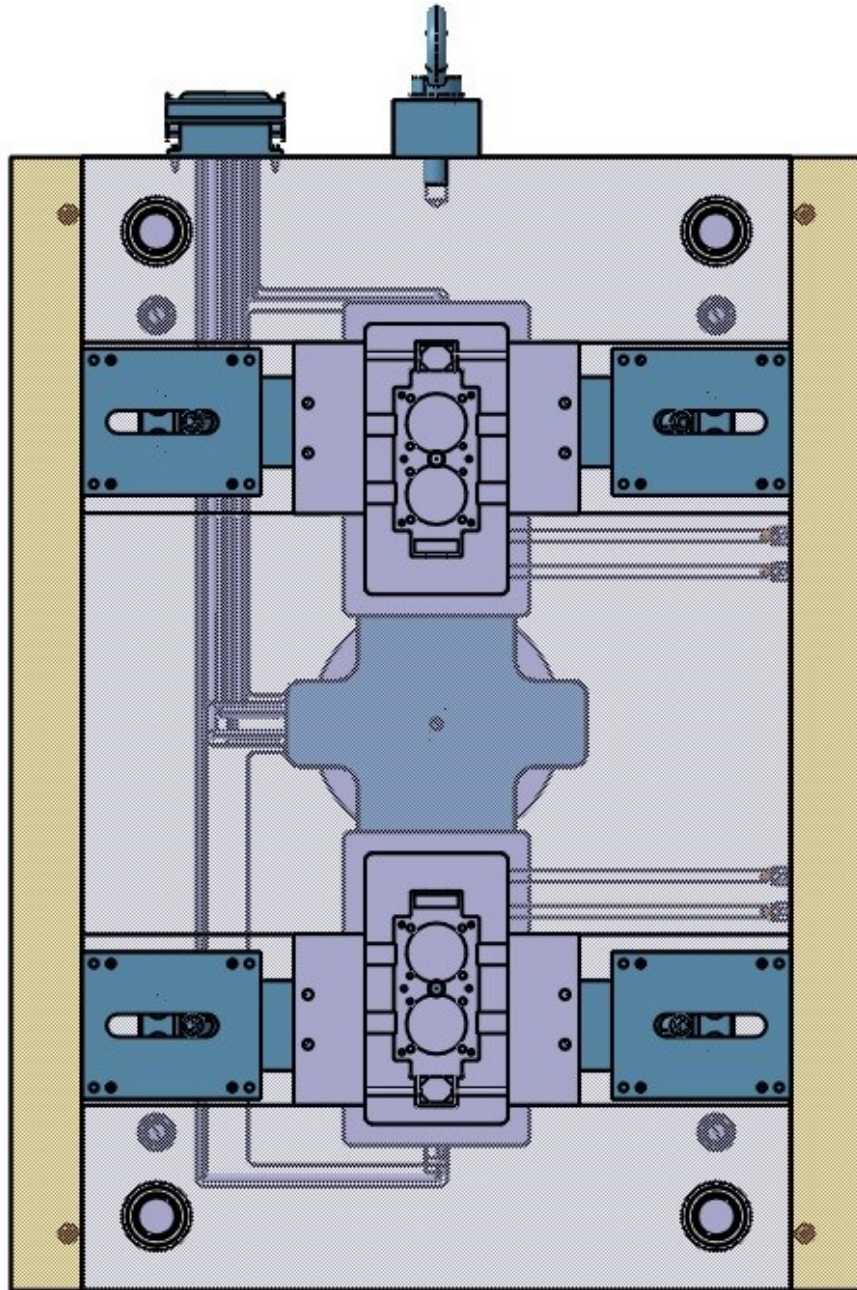
Rozmístění dělicích rovin lze vidět na obr. 16, kde modře je znázorněna dělicí rovina hlavní a zeleně dvě dělicí roviny vedlejší.



Obr. 16 Rozmístění dělicích rovin

7.2 Násobnost

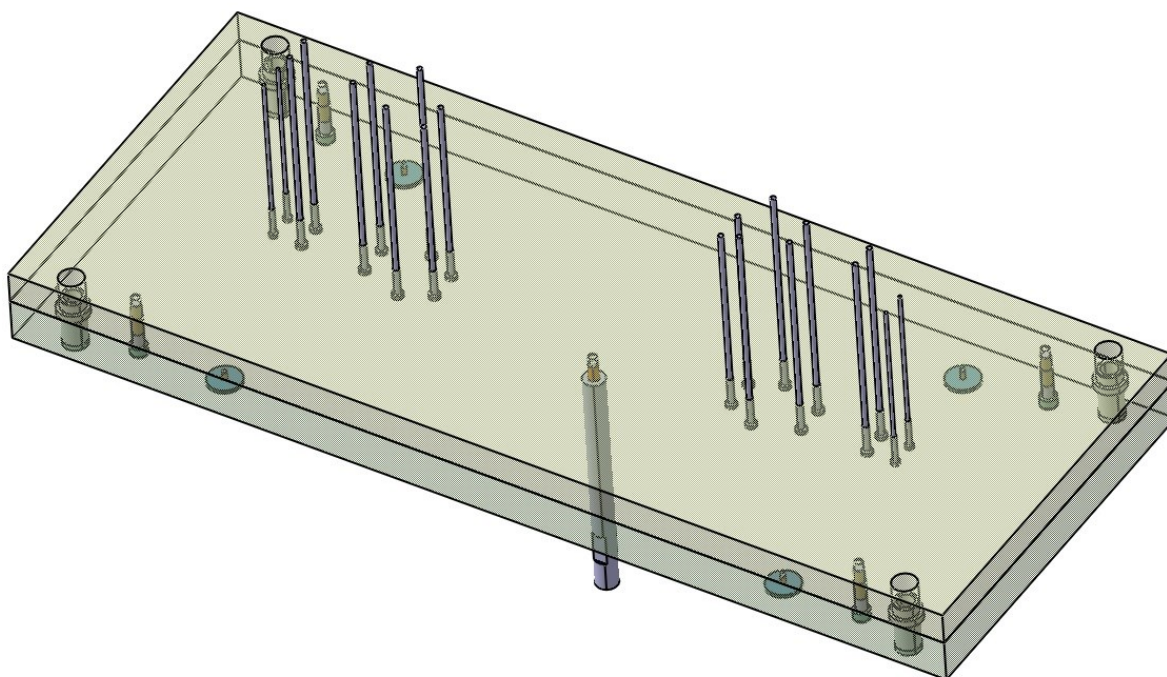
Z důvodu potřeby umístění posuvných kostek zrcadlově proti sobě a z důvodu zlehčení konstrukce, byla zvolena dvounásobná forma. U více násobných forem by nastal problém s odformováním bočních otvorů a výstupků.



Obr. 17 Násobnost formy

7.3 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém, sloužící k odformování dutiny vstřikovací formy, byl zhotoven z 20 válcových vyhazovačů, 10 pro každou dutinu. Byly použity vyhazovače o průměru 2,5 mm a 4 mm. V místech, ve kterých se vyhazovače dotýkají výrobku, vznikají stopy po vyhazovačích. V tomto případě to ovšem nevadí, protože vyhazovače se dotýkají nepohledových stěn. Dále byl zvolen dostatečný zdvih vyhazovacího systému, tak aby došlo ke správnému vyhození. Pohyb vyhazovacího systému je zajištěn pomocí táhla.

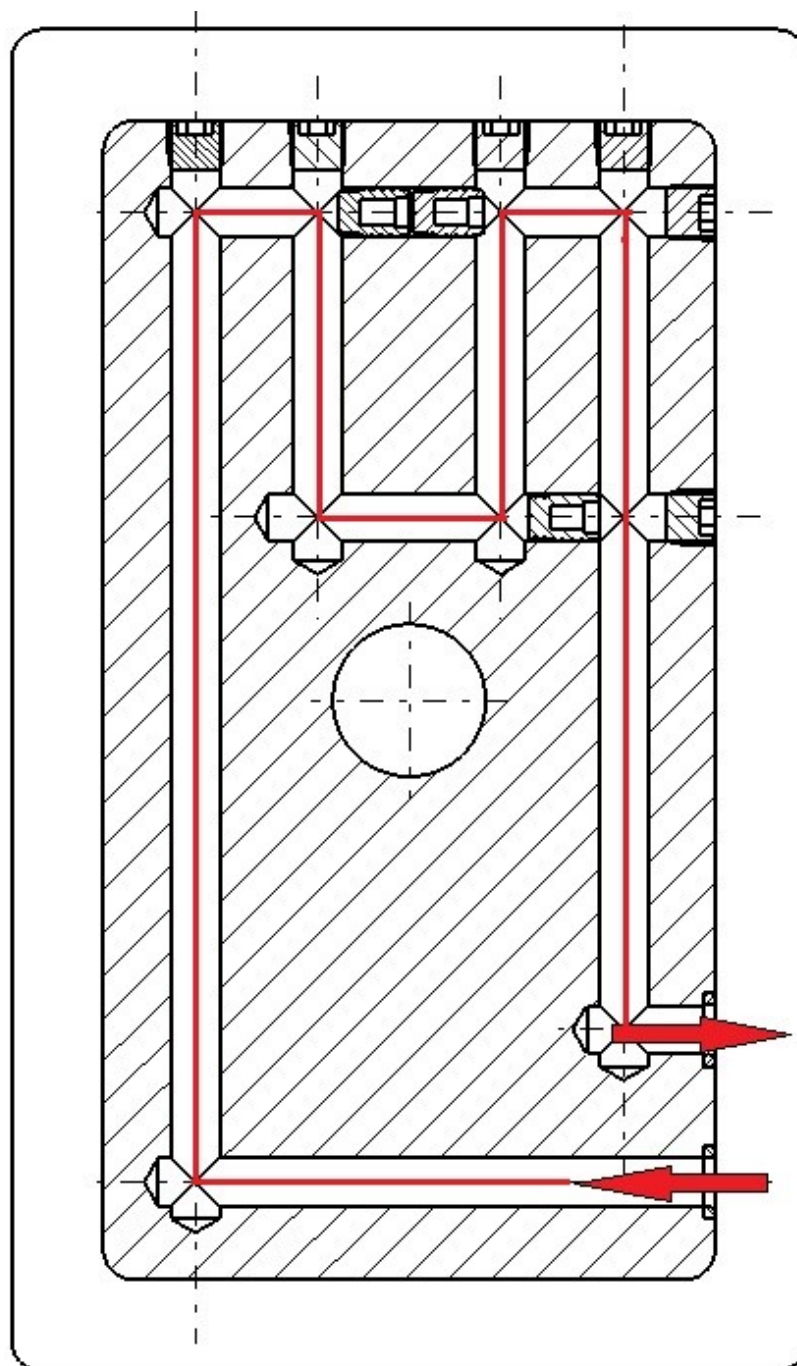


Obr. 18 Vyhazovací systém

7.4 Temperační systém

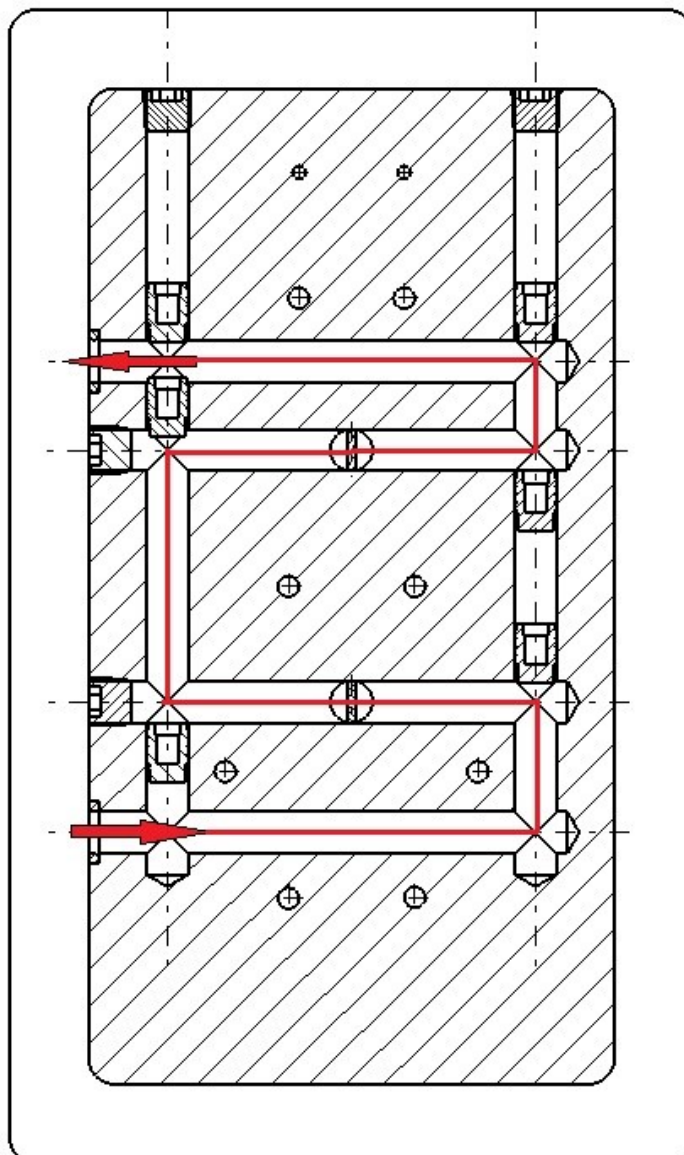
Úkolem temperačního systému je udržování konstantní teploty v průběhu cyklu vstřikování. Umístění temperačního systému by mělo být takové, aby docházelo k rychlému a konstantnímu chlazení.

Při konstrukci vstřikovací formy se navrhly čtyři oddělené temperační okruhy. Pro každou tvárnici a tvárník zvlášť. Průměr temperačních kanálků je 8 mm.

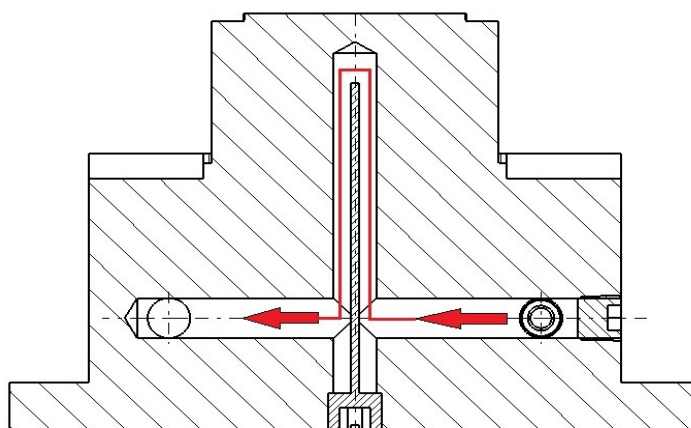


Obr. 19 Temperační systém tvárnice

Z důvodu zvýšení účinnosti temperačního systému byly použity obtokové můstky. Ty slouží k rozvodu temperačního média uvnitř tvárnice.



Obr. 20 Temperační systém tvárníku



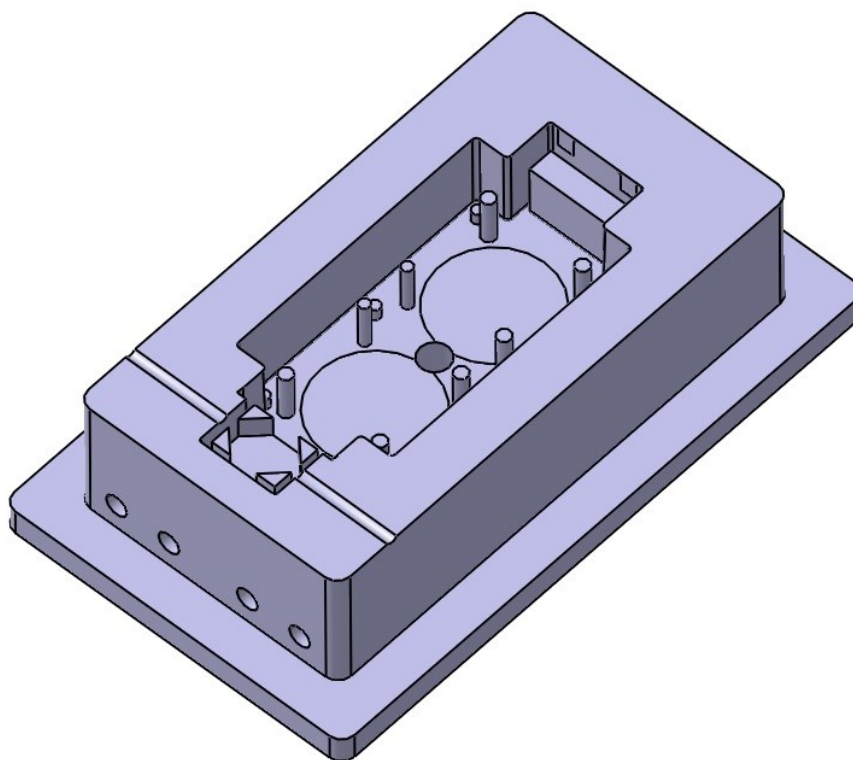
Obr. 21 Obtokový můstek v tvárníku

7.5 Tvarové části

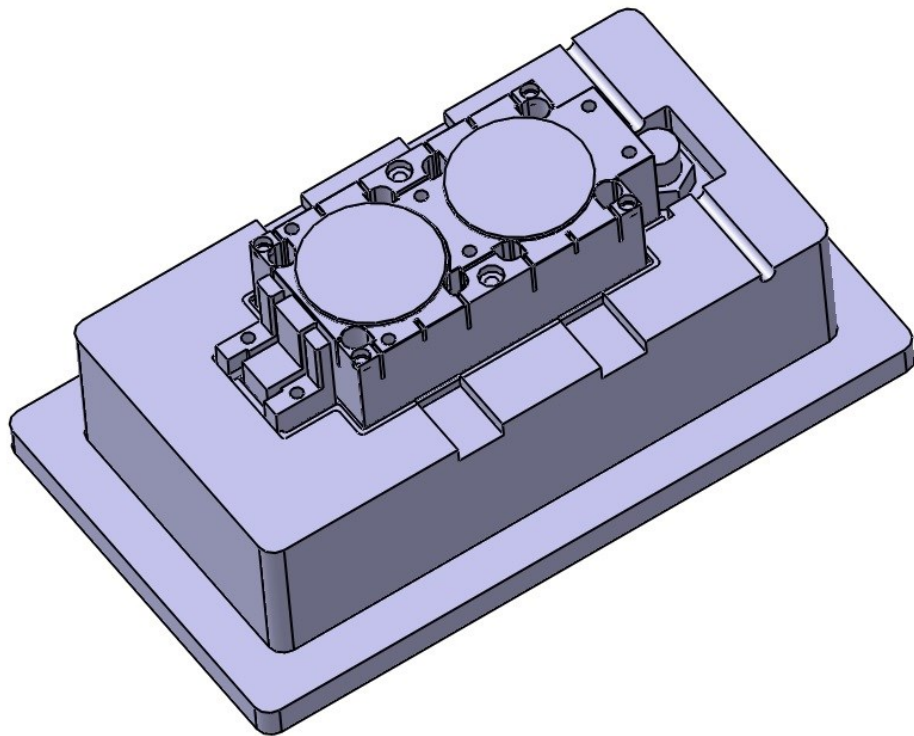
Mezi hlavní část vstřikovací formy patří tvárník a tvárnice. Ty při dosednutí vytvářejí dutinu, která udává finální tvar výrobku. Při konstrukci se zvolila výroba tvarových vložek, na místo výroby celé tvarové desky, takto vyrobený tvárník a tvárnice budou značně levnější a jejich oprava a výměna bude snazší. Takto vyrobené tvarové vložky se vkládají do desky obsahující dutinu na tvarové vložky.

Materiál tvarových částí je ocel 1.2343 (ČSN 19 552). Tento druh oceli je při výrobě tvarových součástí nejpoužívanější, a to zejména kvůli dobré prokalitelnosti, houževnatosti a pevnosti.

Tvárnice je upevněna v právě (pevné) části vstřikovací formy a tvárník v levé (pohyblivé) části. Jak tvárník tak i tvárnice jsou opatřeny osazením sloužícím k upevnění do desek, tím se odstraní potřeba opevňování pomocí šroubů.

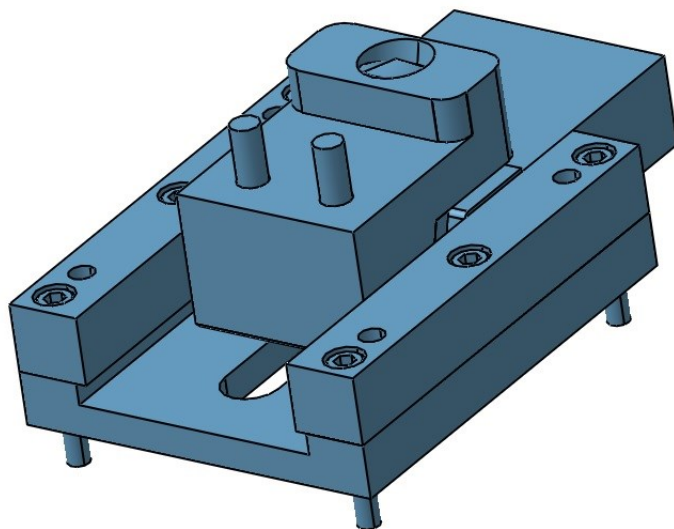


Obr. 22 Tvárnice

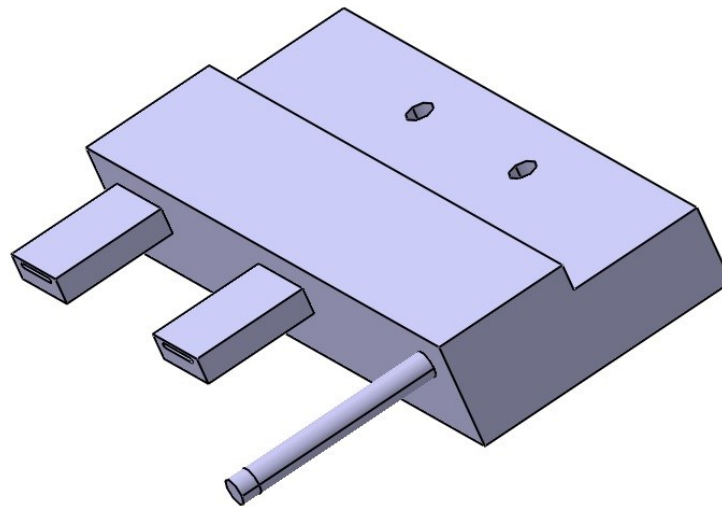


Obr. 23 Tvárník

Forma je dále opatřena pohyblivými čelistmi, ty slouží k bočnímu odformování. Čelisti se pohybují pomocí šikmých čepů během otvírání a zavírání formy. Z důvodu malých rozměrů bočních otvorů, které je zapotřebí odformovat, bylo zvoleno odformování pomocí jedné kostky.



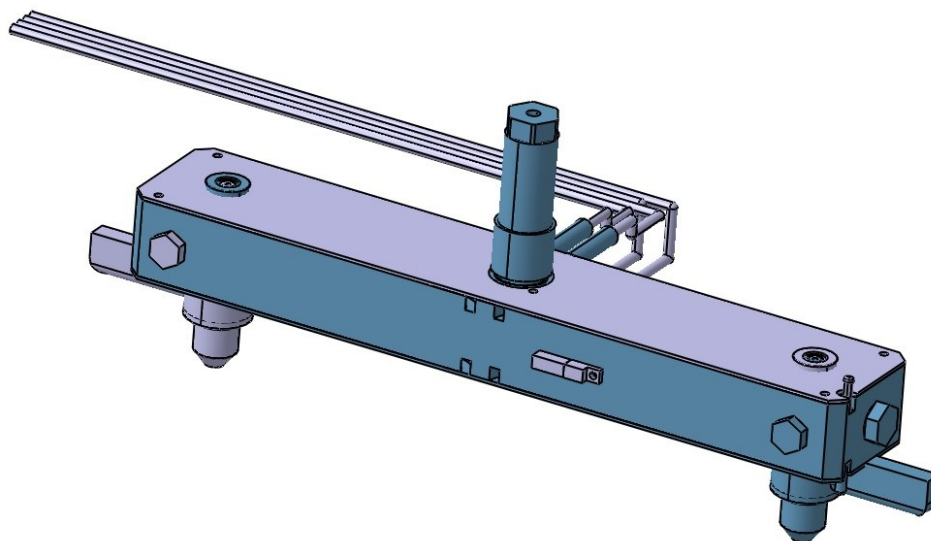
Obr. 24 Systém bočního odformování



Obr. 25 Posuvná kostka

7.6 Vtokový systém

Byl zvolen vyhřívaný vtokový systém. Výhodou tohoto systému je minimalizování odpadu. Blok je umístěn v samostatné desce nacházející se mezi deskou opěrnou a deskou upínací pravou. Do bloku je potřeba přivádět elektrickou energii sloužící k jeho ohřevu. Přívod elektrické energie je zajištěn izolovanou kabeláží, která je připojena k zásuvce nacházející se na vrchní části formy. Z důvodu rozměrové náročnosti vyhřívaného bloku, byla zvolena větší forma. Vyhřívaný vtokový systém se skládá z vyhřívaného bloku a dvou trysek.



Obr. 26 Vyhřívaný blok

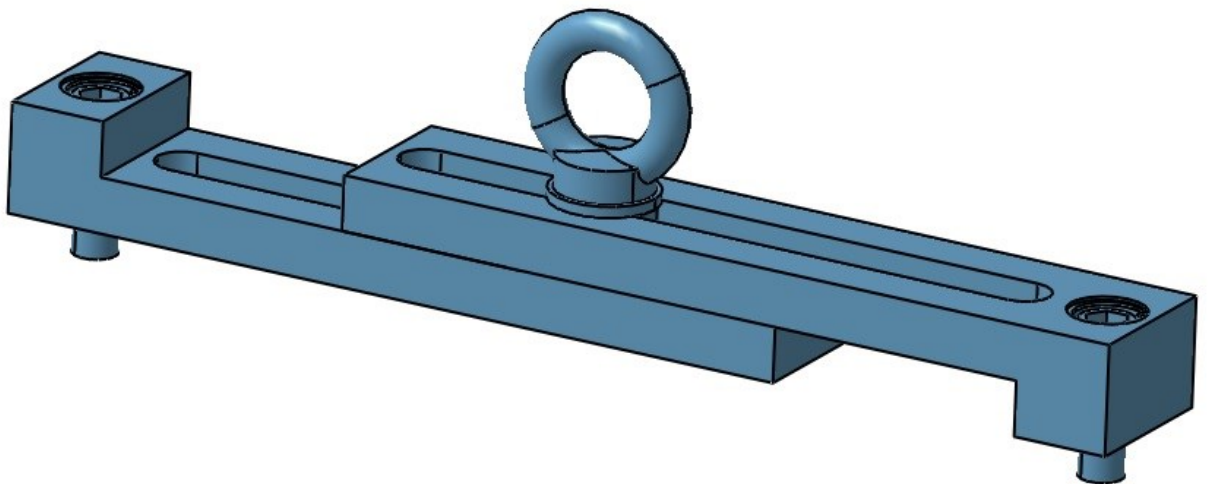
7.7 Odvzdušnění

Při uzavření formy dochází zároveň k uzavření nežádoucího vzduchu uvnitř dutiny formy. Tento vzduch může způsobovat propadliny, bubliny uvnitř výrobku popřípadě při zahřátí způsobovat spálená místa na výrobku. Proto je nezbytné tento přebytečný vzduch z formy odstranit.

V případě této formy by měly postačit k odstranění vzduchu vůle mezi tvárníkem a tvárnicí, vůle v okolí tvarových kostek a v okolí vyhazovačů.

7.9 Transportní zařízení

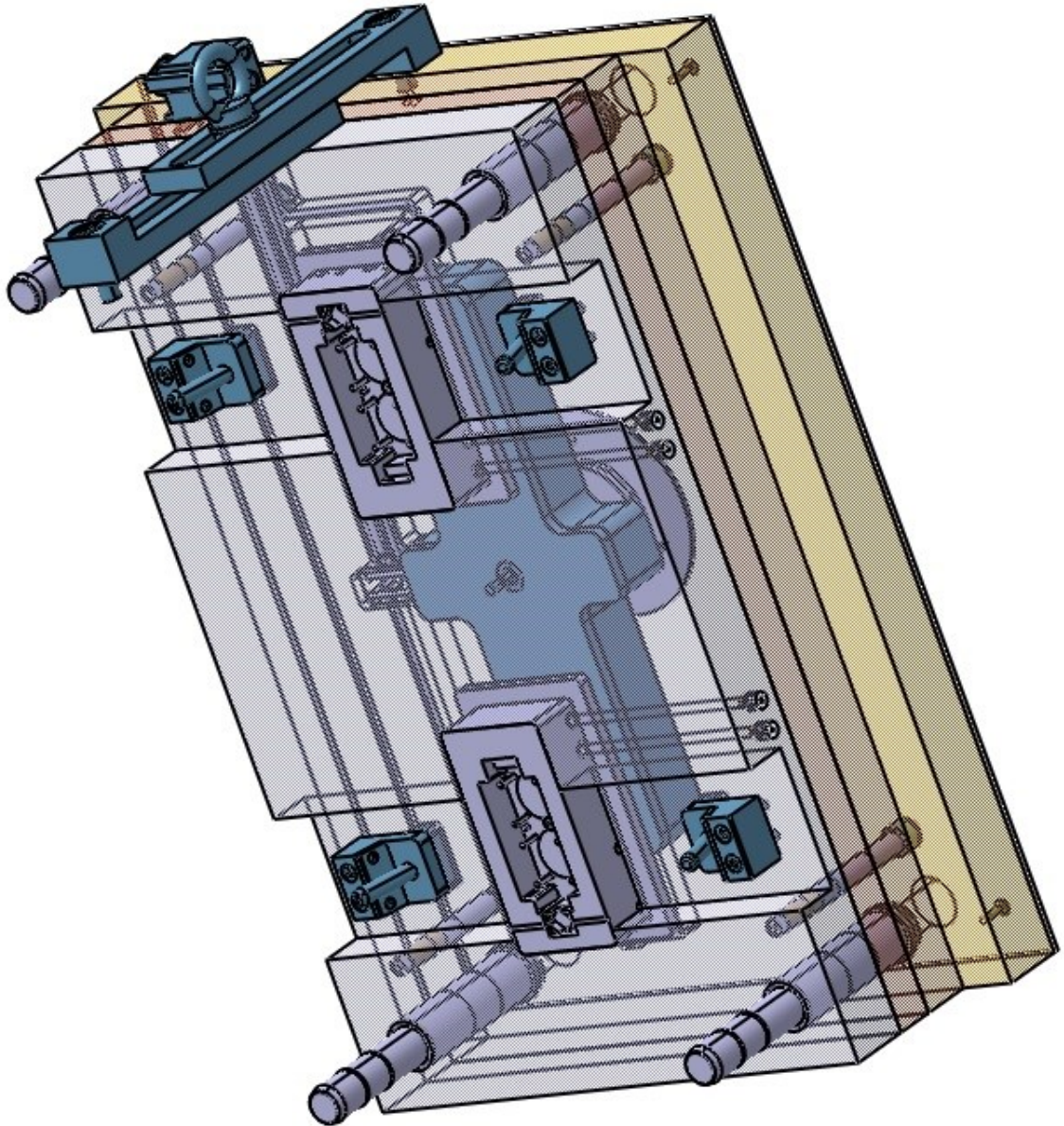
Vstřikovací forma je na vrchní části opatřena transportním zařízením, sloužícím k snadné manipulaci s formou. Upevnění zařízení k formě je zajištěno dvěma šrouby. Šrouby jsou umístěny na obou koncích zařízení, tím se také docílí toho, aby se forma během manipulace neotevřela. Zařízení je dále vybaveno okem, to slouží k upevnění háku.



Obr. 27 Transportní zařízení

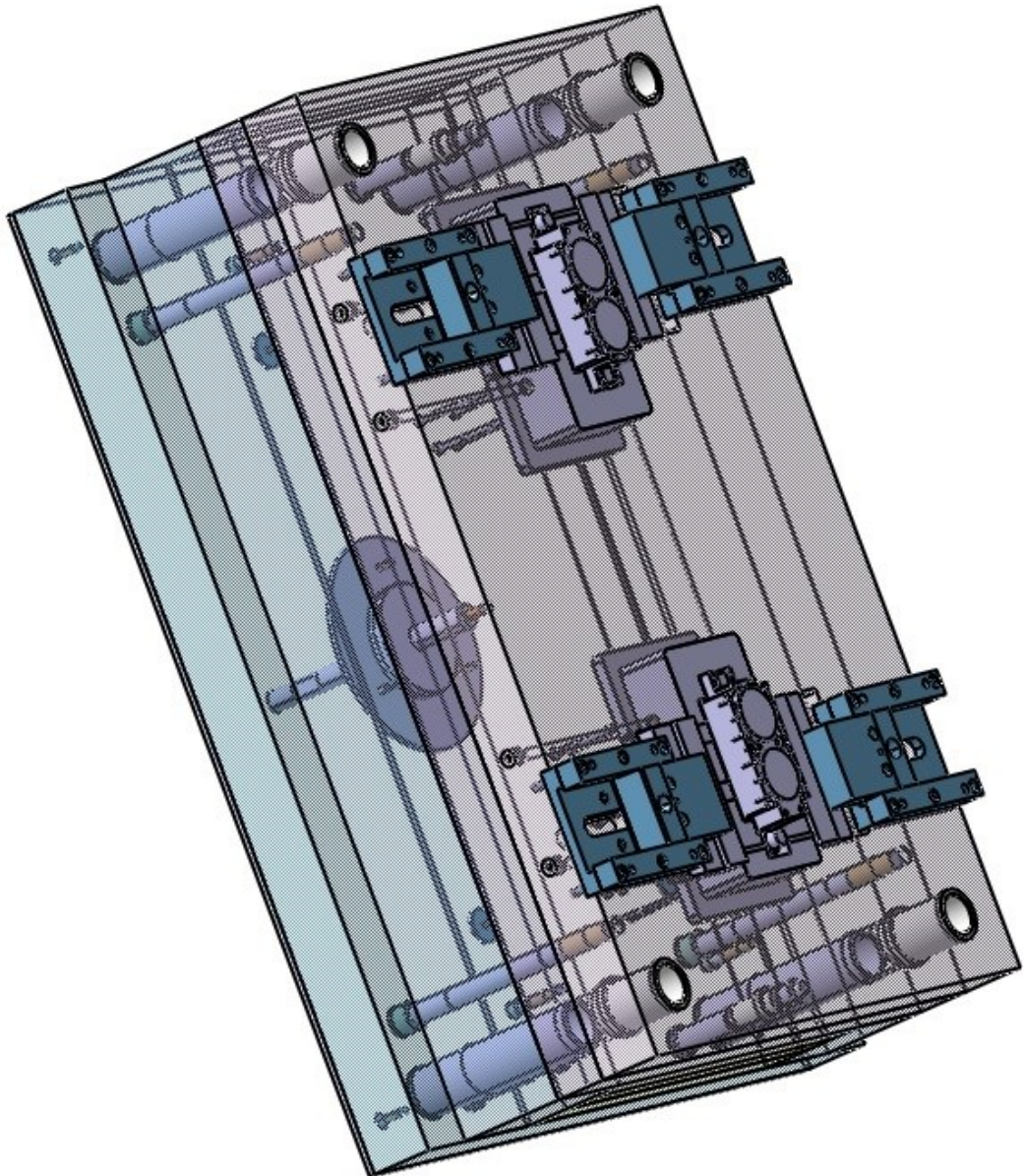
7.10 Sestava

Vstřikovací forma je rozdělena na dvě části. Jednou z nich je pravá (pevná) strana. Na této straně se nachází tvárnice, vtokový systém, izolační deska, upínací deska pravá a kotevní deska pro tvarovou vložku. Dále se na této straně nachází vodící prvky, jako jsou vodící čepy a středící prvky. Na této straně se nacházejí šikmé čepy sloužící k pohybu tvarových kostek. Jednotlivé desky jsou spojeny spojovacími prvky.

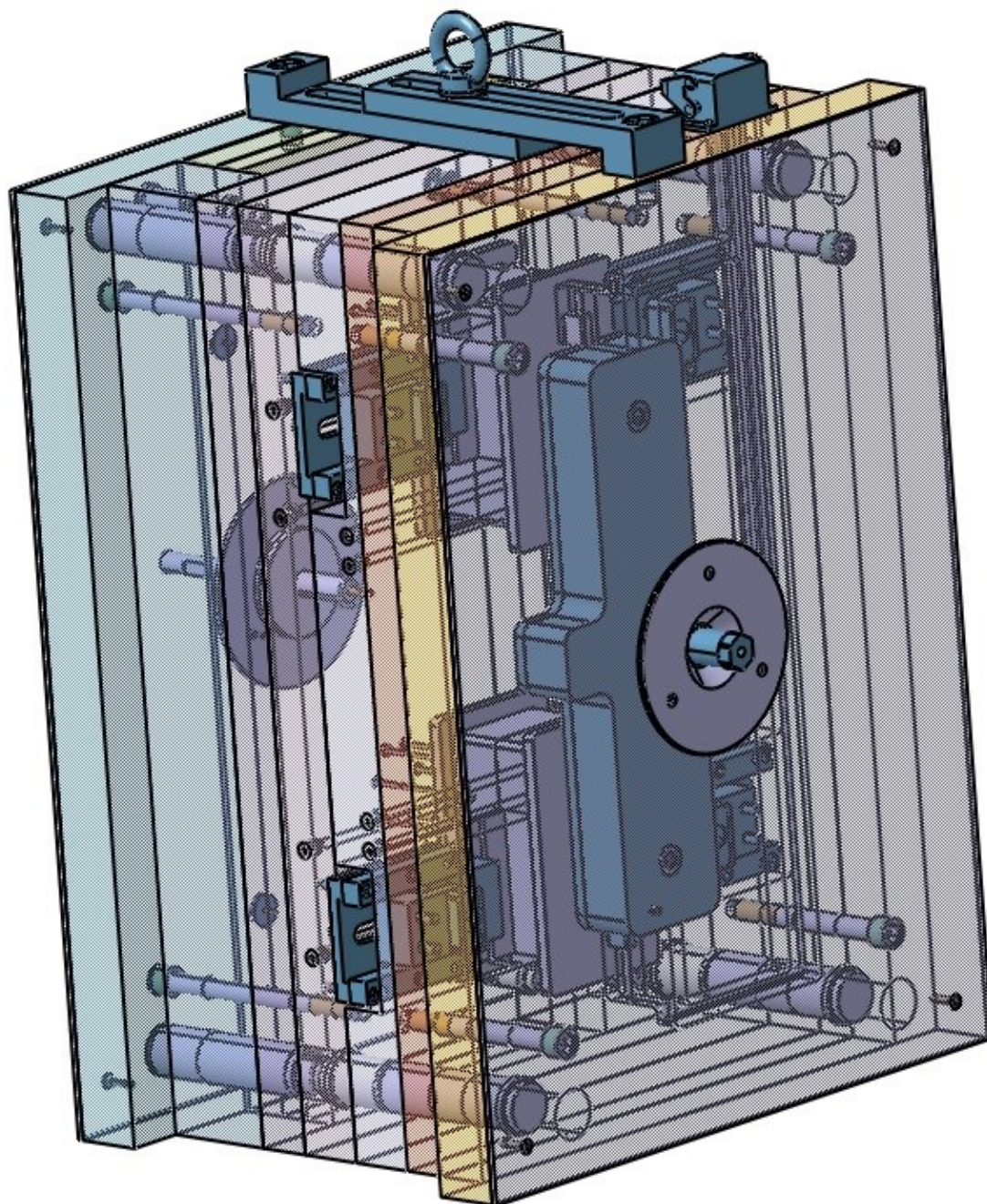


Obr. 28 Pravá (pevná) strana formy

Druhou částí je strana levá (pohyblivá). Ta obsahuje tvárník, izolační desku, upínací desku levou, rozpěrné desky, opěrnou desku a kotevní desku pro tvárník. V této části formy se nachází i vyhazovací systém. Na této straně se nacházejí i tvarové kostky sloužící k bočnímu odformování. Dále jsou zde vodící a středící prvky. Jednotlivé desky jsou opět spojeny spojovacími prvky.



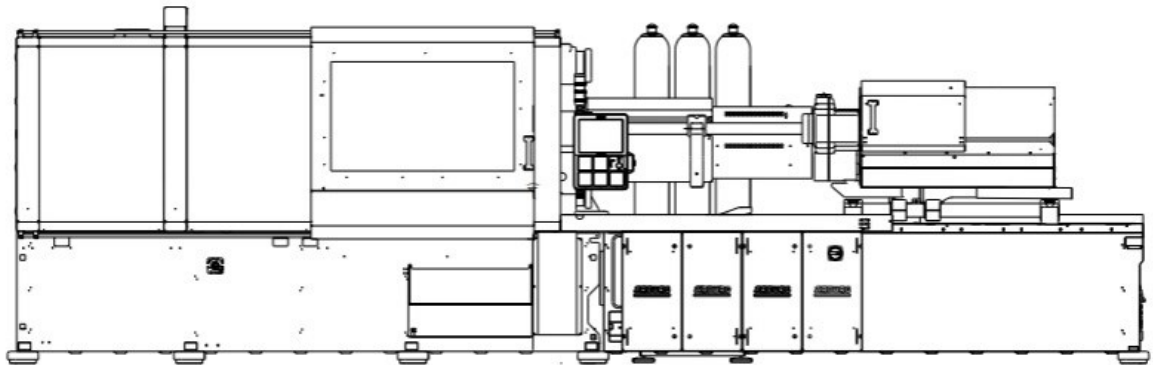
Obr. 29 Levá (pohyblivá) strana formy



Obr. 30 Sestava formy

8 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Pro vstřikování byl zvolen vstřikovací stroj Allrounder 720 S od německé firmy Arburg. Stroj byl zvolen podle rozměrů vstřikovací formy.



Obr. 31 Vstřikovací stroj Allrounder 720 S

Uzavírací jednotka		
	Hodnota	Jednotky
Uzavírací síla	3200	kN
Otevírací síla	700 - 800	kN
Výška formy	300 - 600	mm
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	720 x 720	mm
Vyhazovací síla	100-250	kN
Vstřikovací jednotka		
Vstřikovací tlak	238	MPa
Objem vstřikované dávky	268	cm ³
Průměr šneku	55	mm

Tab. 1 Základní parametry vstřikovacího stroje

9 POUŽITÝ SOFTWARE

9.1 CATIA V5R19

Jak celá konstrukce a 3D model, tak i výkresová dokumentace byla zhotovena v softwaru CATIA V5R19. CATIA disponuje řadou modulů. V této bakalářské práci byly použity moduly Part design, Mold tooling design, Assembly design, Core and cavity design, Generative shape design a Drafting.

9.2 Hasco katalog

Jedná se o katalog normalizovaných součástek. Slouží k ulehčení a zrychlení celkové konstrukce. Normály byly importovány z katalogu přímo do programu CATIA.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zhotovit vstřikovací formu pro pojistkovou skříň do automobilu. Celá konstrukce jak dílce, tak i vstřikovací formy byla zhotovena v softwaru CATIA V5R19.

Úkolem teoretické části bakalářské práce bylo zpracování a shrnutí základních informací o konstrukci vstřikovací formy, o vstřikovacím cyklu a o polymerních látkách.

Praktická část se dále zabývá samotnou konstrukcí a návrhem vstřikovací formy. Zprvu byl vymodelován samotný dílec, od kterého se celá vstřikovací forma odvíjela. Důležitými parametry, které vstřikovací formu ovlivňovali, byly rozměry výrobku a násobnost formy. Dále se muselo vyřešit zaformování výrobku, tak aby mohlo dojít k úplnému odformování bez poškození výrobku. Z toho důvodu musely být do formy přidány boční posuvné čelisti, sloužící k odformování bočních otvorů. Jako další se zvolil typ vtoku, v tomto případě byl zvolen vyhřívaný vtokový systém, jehož výhodou je snížení odpadu po vstřikování. Dalším úkolem při konstrukci byl návrh vyhazovacího systému, ten se musel navrhnout tak, aby došlo k úplnému odformování dutiny formy a zároveň, aby se minimalizovalo poškození výrobku. Důležitou částí konstrukce bylo navržení temperačního systému, tak aby došlo k rychlému a konstantnímu chlazení. Na závěr byl zvolen vstřikovací stroj. Ten byl zvolen podle rozměrů vstřikovací formy.

Jako poslední úkol bylo zhotovení 2D výkresové dokumentace z modelu vstřikovací formy. To bylo opět provedeno v softwaru CATIA V5R19.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MAŇAS, M. a VLČEK, J. Aplikovaná reologie. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2001. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-7318-039-1
- [2] ZEMAN, L. Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů. Praha: BEN - technická literatura. ISBN 978-80-7300-250-3
- [3] DUCHÁČEK, V. Polymery-výroba, vlastnosti, zpracování, použití. 2. vyd. Praha: VŠCHT v Praze, 2006, 280 s. ISBN 80-7080-617-6
- [4] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů: I.díl – Vstřikování termoplastů. 2. vydání – Brno: Uniplast, 1999.
- [5] KOLOUCH, J. Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním. 1. vydání – Praha: SNTL, 1986.
- [6] KULHÁNEK, J. Formy pro tváření plastických hmot. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966, 220 s. ISBN (váz.).
- [7] MAŇAS, M a HELFŠTÝN, J. Výrobní stroje a zařízení. Gumárenské a plastikářské stroje. Díl 2. VUT Brno, 1987, 199s.
- [8] STANĚK, M. přednášky z předmětu T5KF
- [9] BOBEK, J. VSTŘIKOVACÍ FORMY PRO ZPRACOVÁNÍ TERMOPLASTŮ[online].
Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Cover.html>
- [10] HASCO, Hasco Dako katalog 2015, Dostupné z <https://www.hasco.com>
- [11] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů: II.díl – Vstřikování termoplastů. 1. vydání – Brno: Uniplast, 1999.
- [12] BĚHÁLEK, L. Polymery[online]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Cover.html>
- [13] KERKSTRA, R. a BRAMMER, S. Injection molding advanced troubleshooting guide. Munich: Hanser Publisher, 2018
- [14] KAZMER, D. Injection mold design engineering. Munich: Hanser Publisher 2007
- [15] ZEMAN, L. Vstřikování plastů: teorie a praxe. Praha: Grada publishing 2018
- [16] MENGES, G. a WALTER, M. a MOHREN, P. How to make injection molds. Munich: Hanser Publisher 2001

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Dvojrozměrný
3D	Trojrozměrný
mm	Milimetr
g	Gram
cm ³	Kubický centimetr
°C	Stupeň celsia
MPa	Megapascal
kN	Kilonewton
PBT	Polybutylentereftalát

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Rozdělení polymerů [12]	12
Obr. 2 Vstřikovací cyklus	15
Obr. 3 Schéma vstřikovacího stroje	16
Obr. 4 Správná a nesprávná konstrukce výrobku [9].....	19
Obr. 5 Schéma vstřikovací formy	22
Obr. 6 Vrtané temperační kanály	25
Obr. 7 Odvzdušnění formy přes dělicí rovinu [9].....	26
Obr. 8 Válcový vyhazovač [10].....	28
Obr. 9 Trubkový vyhazovač [10].....	28
Obr. 10 Přidržovače vtoku [6]	29
Obr. 11 Vhodné rozmístění dutin [6].....	30
Obr. 12 Průřez vtokových kanálů	31
Obr. 13 Vnější vyhřívaná tryska [4]	32
Obr. 14 3D model výrobku - vrchní strana	35
Obr. 15 3D model výrobku – spodní strana	35
Obr. 16 Rozmístění dělicích rovin	37
Obr. 17 Násobnost formy.....	38
Obr. 18 Vyhazovací systém	39
Obr. 19 Temperační systém tvárnice	40
Obr. 20 Temperační systém tvárníku.....	41
Obr. 21 Obtokový můstek v tvárníku	41
Obr. 22 Tvárnice	42
Obr. 23 Tvárník.....	43
Obr. 24 Systém bočního odformování	43
Obr. 25 Posuvná kostka	44
Obr. 26 Vyhřívaný blok	44
Obr. 27 Transportní zařízení	45
Obr. 28 Pravá (pevná) strana formy.....	46
Obr. 29 Levá (pohyblivá) strana formy	47
Obr. 30 Sestava formy	48
Obr. 31 Vstřikovací stroj Allrounder 720 S.....	49

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Základní parametry vstřikovacího stroje	49
--	----

SEZNAM PŘÍLOH

P I – Výkres sestavy formy

P II – Kusovník (2 listy)

P III – CD obsahující: - Textovou část bakalářské práce

- Model formy, včetně výkresové dokumentace a kusovníku