

Návrh konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl

Lukáš Gargulák

Bakalářská práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš Gargulák**
Osobní číslo: **T13148**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Návrh nástroje pro výrobu plastového dílu.**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracovat literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu.
3. Navrhněte vstřikovací formu pro zadaný díl.
4. Nakreslete 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku.

Rozsah bakalářské práce:
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:
Dle doporučení vedoucího BP.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Ovsík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce: **8. ledna 2016**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2016**

Ve Zlíně dne 3. února 2016



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



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

Příjmení a jméno: Gargulák Lukáš

Obor: Technologická zařízení

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 užit 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 16. 5. 2016

.....


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 nevdělečně 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, apisy 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, užíje-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). 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 užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim 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 přihlíádne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro zadaný plastový díl.

V teoretické části je stručně popsáno obecné rozdělení plastů, technologie vstřikování, zásady při konstruování vstřikovaných výrobků a vstřikovacích forem.

V praktické části bylo za úkol zkonstruovat návrh vstřikovací formy pro zvolený plastový díl. Model a forma byla vytvořena v 3D programu Inventor 2016 a přídatného modulu HASCO DAKO.

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

ABSTRACT

This thesis discusses design injection mold for a given plastic part.

The theoretical part briefly describes the general division of plastic injection technology, design principles injection molded products and injection molds.

In the practical part the assignment was to design a proposal for the selected injection mold plastic part. Model and form was created in 3D inventor 2016 and auxiliary model HASCO DAKO.

Keywords: injection mold, injection molded, construction, 3D model

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Martinu Ovsíkovi, Ph.D., za odborné vedení, poskytnuté rady a čas, který mě věnoval při vypracování bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POLYMERNÍ MATERIÁLY	12
1.1 TERMOPLASTY	12
1.1.1 Zpracovatelské podmínky plastů.....	13
1.1.2 Využitelnost termoplastů.....	13
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	14
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	14
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ	14
2.2.1 Ovládání a řízení stroje	15
2.2.2 Uzavírací jednotka.....	16
2.2.3 Vstřikovací jednotka	17
3 VSTŘIKOVACÍ VÝROBKY	18
3.1 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI VÝROBKU	18
3.1.1 Dělicí rovina.....	18
3.1.2 Úkosity a podkosity	19
3.1.3 Zaoblení hran a rohů	19
3.1.4 Žebrování	19
3.2 TOK POLYMERU PŘI VSTŘIKOVÁNÍ.....	20
3.3 KVALITA VSTŘIKOVACÍCH VÝROBKŮ.....	20
3.3.1 Vlivy na kvalitu vstřikovaných výrobků	21
3.4 VADY VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ	21
4 VSTŘIKOVACÍ FORMY	23
4.1 POSTUP PŘI KONSTRUKCI VSTŘIKOVACÍCH FOREM	23
4.1.1 Zaformování	24
4.1.2 Stanovení rozměrů dutin formy.....	24
4.1.3 Násobnost formy	25
4.1.4 Smrštění.....	25
4.2 VTOKOVÉ SYSTÉMY	26
4.2.1 Studený vtokový systém.....	26
4.2.2 Vyhřívaný vtokový systém	28
4.3 VYHAZOVCÍ SYSTÉMY	29
4.3.1 Vyhazování pomocí válcových kolíků	29
4.3.2 Vyhazování pomocí prizmatických kolíků.....	30
4.3.3 Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů	30
4.3.4 Trubkový vyhazovač	30
4.3.5 Vyhazování pomocí stíracích desek	31
4.3.6 Pneumatické vyhazování.....	31
4.3.7 Hydraulické vyhazování.....	31

4.4	TEMPEROVÁNÍ FOREM	31
4.5	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM	33
4.6	RÁM FORMY	33
4.7	MATERIÁLY VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	33
II	PRAKTICKÁ ČÁST	35
5	CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	36
6	SPECIFIKACE VÝROBKU	37
6.1	ANALÝZY VSTŘIKOVÁNÍ.....	38
6.2	VSTŘIKOVACÍ STROJ	40
7	NÁVRH A KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	42
7.1	NÁSOBNOST FORMY	42
7.2	ZAFORMOVÁNÍ	42
7.3	VTKOVÝ SYSTÉM.....	44
7.4	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	45
7.5	TEMPERACE FORMY	46
7.6	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	48
7.7	MANIPULACE.....	49
7.8	POHYBLIVÁ STRANA FORMY	49
7.9	PEVNÁ STRANA FORMY.....	50
	ZÁVĚR	52
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	54
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	55
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM TABULEK.....	59
	SEZNAM PŘÍLOH.....	60

ÚVOD

Plasty ve všech oblastech stále více nahrazují konvenční materiály jako jsou např. dřevo, sklo nebo ocel. První plasty se začaly objevovat již v první polovině 20. století, ale většího rozvoje a zahájení výroby ve větším měřítku dosáhly až v druhé polovině 20. století s nástupem nových technologií pro zpracovávání plastů.

Jednou s možných technologií zpracovávání plastů je takzvané vstřikování. Při vstřikování dochází k roztavení plastu, který je následně vstříknut do dutiny formy. Jedná se o technologii, která se velmi rozšířila, jelikož umožňuje plnou automatizaci výroby. Jsou zde ale kladeny velké nároky na nástroj. Nástroj musí být navržen tak, aby odolával vysokým tlakům a umožnil snadné vyjmutí dílu s formy, a který bude mít zaručenou jakost.

Pro konstruování vstřikovacích forem existuje celá řada softwarových programů, které samotné konstruování výrazně zjednodušují a urychlují. Jelikož každý výrobek si vyžaduje specifickou konstrukci nástroje, je možné doplnit normáliemi, které zkracují výrobní čas formy a náklady s tím spojené.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERNÍ MATERIÁLY

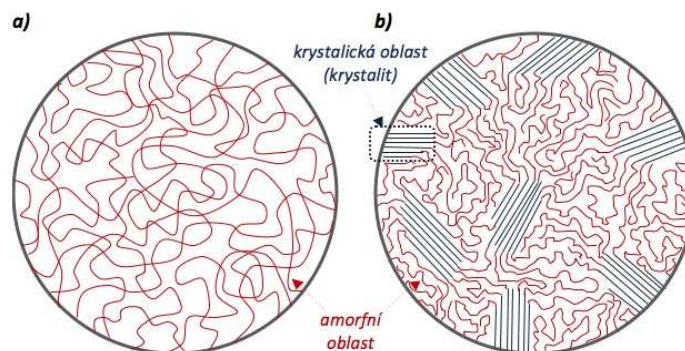
Plasty jako materiál jsou látky, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci (oproti kovům, které mají strukturu tvořenou krystalickými mřížkami). Jsou rozděleny na dva základní druhy: [1]

- Termoplasty lze opakovaně ohřevem převést do stavu taveniny nebo viskózního toku a ochlazením nechat ztuhnout při teplotách, které jsou charakteristické pro daný typ termoplastu.
- Reaktoplasty procházejí při zpracovatelském procesu chemickou reakcí a účinkem tepla, záření nebo síťovacích činidel vytvářejí husté, prostorově zesíťované struktury, v nichž jsou původní molekuly vzájemně pospojovány kovalentními vazbami. Tento proces se nazývá vytvrzování.

1.1 Termoplasty

Nejrozšířenějším polymerem pro vstřikování je termoplast. Jeho řetězce tvoří pouze jeden druh chemické skupiny nazývaný homopolymer. Dále existují kopolymery, které obsahují více druhů chemických složek. Termoplasty se dělí podle struktury na:

- Amorfní: makromolekuly zaujímají zcela nahodilou pozici
- Semikrystalické: vykazují určitý stupeň uspořádanosti. Ten se označuje jako stupeň krystalinity (pohybuje se od 40 % do 90 %) a vyjadřuje relativní podíl uspořádaných oblastí, uložených mezi oblastmi amorfními.



Obr. 1. Struktury termoplastů (červená barva značí oblast amorfni a modrá barva značí oblast krystalickou)

1.1.1 Zpracovatelské podmínky plastů

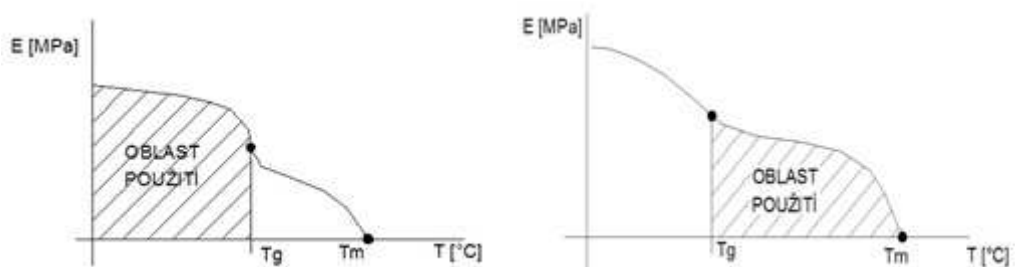
Na vlastnosti výrobku mají velký vliv zpracovatelské podmínky. Určující parametry pro některé rozměry a mechanicky fyzikální vlastnosti jsou teplota, tlak a čas. Ve tvarových dutinách při vstřikování plastů dochází k orientaci makromolekul ve směru proudění plastu. Výsledkem je plast, který má anizotropní vlastnosti, dále pak vnitřní pnutí a nepravidelné smrštění.

Vlastnosti plastu, uvedené v materiálovém listě jsou pouze orientační, jelikož se jedná o průměrnou hodnotu získanou při optimálních zpracovatelských podmínkách.

1.1.2 Využitelnost termoplastů

Využitelnost výrobků z amorfních plastů je v oblasti pod teplotou skelného přechodu (T_g). Polymer je v tomto stavu pevný. Zvyšováním teploty nad T_g postupně slábnou kohézní síly mezi makromolekulami a plast přechází z plastické oblasti až do viskózního stavu, kdy se zpracovává. Se zvýšením teploty současně narůstá i objem polymeru.

U semikrystalických plastů jsou části makromolekul vázány pevněji v lamelách a ve sferolitech krystalické fáze. Zvyšováním teploty se nejprve uvolní část makromolekul z amorfní oblasti, potom i ostatní. To je doprovázeno značným objemovým nárůstem. Použití plastu tohoto typu je v oblasti nad T_g , protože mají výhodnou kombinaci pevnosti a houževnatosti nad touto teplotou. [1]

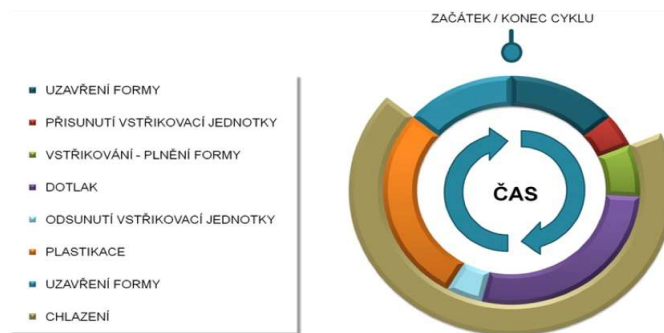


Obr. 2. Oblasti využití u amorfních a semikrystalických plastů [1] - vlevo amorfní plast; - vpravo semikrystalický plast

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

2.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus se realizuje na vstřikovacím stroji. Skládá se ze dvou oblastí, z nichž jedna je vzhledem k plastikační jednotce a druhá k formě. Uzavírací jednotka uzavře formu, k ní se následně přisune plastikační jednotka a vstříkne se roztavený materiál do dutiny formy. Před vstupem do taveniny formy se forma musí připravit, příprava spočívá v teplotě, vložení záložek, závitových jader, apod. Jakmile se forma naplní, začíná tzv. dotlak. Dotlak částečně vyrovnává vliv smrštění, ovlivňuje zbytkové pnutí ve výstřiku a zabraňuje unikání materiálu z dutiny formy. Poté se vstřikovací jednotka oddálí a začne v ní plastifikace nové dávky materiálu. Mezitím se výstřik ochlazuje. Po dostatečném ochlazení je vyhozen. Následuje očištění a příprava formy pro další cyklus (prodleva). [1]



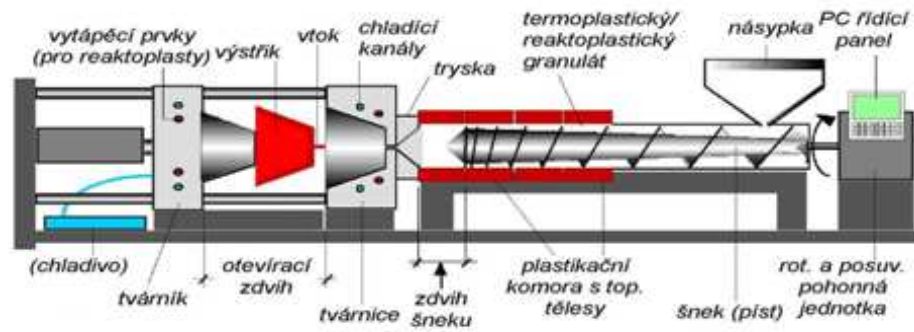
Obr. 3. Vstřikovací cyklus

2.2 Vstřikovací stroj

V současné době existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlostí výroby, snadnou obsluhou i cenou. Vyžaduje se od něho, aby kvalitou svých parametrů a dokonalým řízením, byla zajištěna výroba jakostních výstřiků. [1]

Konstrukce stroje je charakterizována podle: [1]

- ovládání a řízení stroje
- uzavírací jednotky
- vstřikovací jednotky



Obr. 4. Schéma vstřikovacího stroje

2.2.1 Ovládání a řízení stroje

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Stálá re-produkovatelnost technologických parametrů je význačným a nutným faktorem. Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na přesnosti a kvalitě výroby výstřiku. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky. [1]

Novější koncepce vstřikovacích strojů se v současnosti neobejdou bez výkonné procesorové techniky. Místo obvyklé textové formy nastavování technologických parametrů se využívá nejrůznější grafické formy řízení pracovního cyklu na displeji se selektivním přístupem k jednotlivým parametrům stroje. Pracovní cyklus sestavený do potřebných programových sekvencí je pak snadno kontrolovatelný a případně upravitelný. [1]

Konceptně je takové seřízení rozděleno na: [1]

- definice a nastavení parametrů,
- kontrola procesu,
- sestavení grafu vstřikovacího stroje.

Nastavení stroje je řídicím systémem také kontrolováno (zpětná vazba). Alternativní volba a úprava programu se pak může snadno uskutečnit za pomoci barevné obrazovky. Na přesnosti a jakosti výstřiků má řízení stroje rozhodující vliv. Tím, že určuje a dodržuje přesnost: [1]

- nastavení výše i doby vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiku.

- nastavením doby a výšky teploty taveniny, její homogenizací jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiků.



Obr. 5. Ovládací panel

CC300 Engel

2.2.2 Uzavírací jednotka

Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. [1]

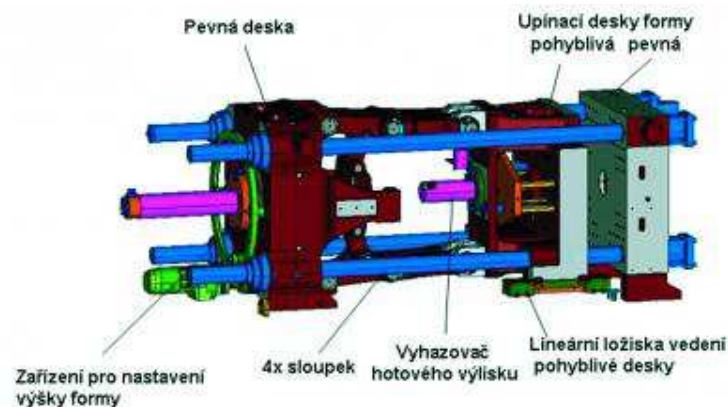
Hlavní části uzavírací jednotky jsou: [1]

- opěrná deska pevná,
- upínací deska,
- uzavírací mechanismus,
- vodící sloupky.

Ukazatelem kvality uzavírací jednotky je uzavírací mechanismus, který má nejrůznější provedení:

- Elektro-mechanické (Jednotka s elektrickým pohonem, která je ovládaná pomocí klikového mechanismu. K výhodám elektromechanickým uzavíracím jednotkám patří jejich konstrukční jednoduchost, vysoká uzavírací rychlost a snadná automatizace celého pracovního cyklu).

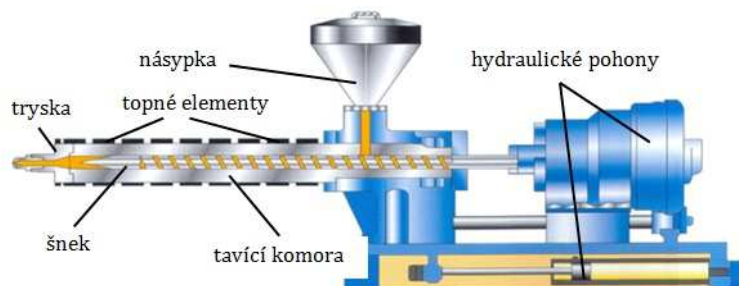
- Hydraulické (Hydraulické jednotky jsou velmi energeticky náročné. Pootevření nástroje umožňuje pomocí hydraulického tlaku, který vyžaduje zajištění závorou. Výhodou těchto jednotek je libovolné nastavení otevření nástroje).
- Hydraulicko-mechanické (Nejčastější využití u strojů s malou gramáží. Zaručuje vyšší rychlost uzavírání, dostatečnou tuhost a potřebné zpomalení před uzavřením nástroje. Je konstruován jako kloubový mechanismus ovládaný hydraulickým válcem).



Obr. 6. Lis se sloupkovým uzávěrem

2.2.3 Vstřikovací jednotka

Připraví a dopraví požadované množství roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry do formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při malém vstřikovacím množství zase setrvává plast ve vstřikovací jednotce delší dobu a tím může nastat jeho degradace. To se dá ovlivnit rychlejšími cykly výroby. Max. vstřikované množství nemá překročit 90 % kapacity jednotky, protože je ještě nutná rezerva pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení (smrštění). Optimální množství je 80 %. [1]



Obr. 7. Vstřikovací jednotka

3 VSTŘIKOVACÍ VÝROBKY

Tvar a vlastnosti výrobku musí odpovídat použitému typu materiálu a námi zvolenou technologií. Při navrhování vstřikovacích součástí je vhodné se vyvarovat náhlých přechodů tloušťek stěn, ostrých hran, apod. Proto je velmi vhodné při konstrukci výrobku zaoblit hrany pro lepší tok taveniny a snížení napětí. Při konstrukci vstřikovaného výrobku je nutné dodržet funkční hlediska:

- mechanickou pevnost (krátkodobou, dlouhodobou),
- chemickou odolnost,
- optické vlastnosti (barva, lesk, průhlednost),
- elektrické vlastnosti (vodivost).

Dále také zpracovatelská hlediska:

- smrštění (určuje výrobní přesnost výrobku),
- tekutost (ovlivňuje tloušťky stěn),
- koncepci zaformování,
- velikost vtoku,
- citlivost na precesní podmínky.

3.1 Požadavky na konstrukci výrobku

K základním podkladům pro konstrukci formy slouží výkres nebo model vyráběné součásti. Součást z plastu má splňovat pravidla a směrnice pro její zaformování. Celková konstrukce součásti musí především splňovat vhodnou polohu dělicí roviny (dělicích rovin) a tím je určen i způsob jejího zaformování. K tomu se váže i koncepce vyhazování, vtokového systému, odvzdušnění, směr úkosů, přesnost i vzhled apod. [1]

3.1.1 Dělicí rovina

Dělicí rovina je plocha, ve které na sebe dosedají části formy při uzavření dutiny formy. Dělicí rovina se umísťuje vzhledem k výrobku tak, aby se usnadnilo jeho vyjímání z dutiny formy a aby stopa po dělicí rovině nepůsobila funkční nebo vzhledové závady výrobku.

Případně vzniklý přetok se musí dát lehce odstranit. S ohledem na umístění dělicí roviny rozlišujeme hlavní a vedlejší dělicí rovinu.

3.1.2 Úkosy a podkosy

Na všech vnějších i vnitřních plochách kolmých k dělicí rovině musí být úkos. Úkos je sklon stěn v dutině formy, který umožňuje jednodušeji vyjímat výrobky z formy. Kvůli smrštění polymerních materiálů jsou úkosy na vnitřních plochách přibližně dvakrát větší než na vnějších. Úkosy blízce souvisí se způsobem vyhazování. Volba úkosu ovlivňuje elasticitu a smrštění polymeru.

Podkosy jsou opakem úkosů a zabraňují nám snazší vyjímání výrobku z formy. Existují případy, kdy záměrně navolíme podkosy tak, aby výrobek zůstal na jedné části formy, kde poté je zajištěn vyhazovací systém.

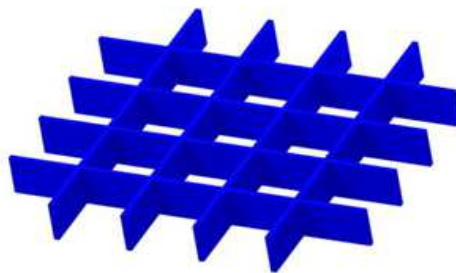
3.1.3 Zaoblení hran a rohů

Zaoblení hran a rohů nám usnadní tok taveniny polymeru v dutině formy. V těchto místech se snižuje koncentrace napětí a tím se zmenšuje opotřebení formy. Ostré přechody (hrany, rohy) vyžadují vyšší vstřikovací tlaky.

3.1.4 Žebrování

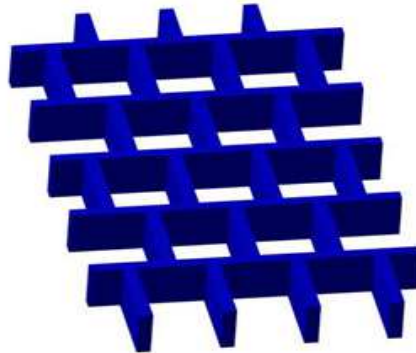
Žebrování představuje možnost, jak docílit vyšší pevnosti a tuhosti plastového výrobku bez nutnosti celkového zvýšení tloušťky stěn. Rozdělují se podle účelu na technologická a technická.

- Technologická žebra usnadňují výrobu a jejich hlavním účelem je zlepšit tok taveniny, zakrývat povrchové vady a bránit zborcení výrobku.



Obr. 8. Technologická žebra

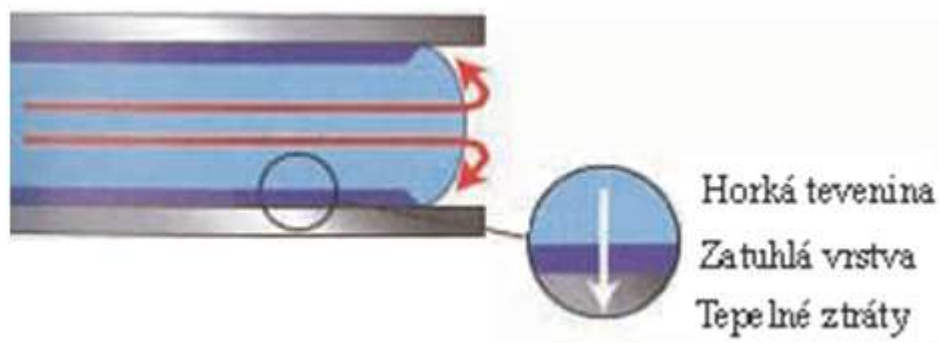
- Technická žebra zvyšují pevnost a tuhost výrobku a jejich rozměry blízce souvisí s vlastnostmi vstřikovacího polymeru.



Obr. 9. Technická žebra

3.2 Tok polymeru při vstřikování

Při plnění dutiny formy taveninou nedochází ke skluzu po stěně, ale vytváří se na nich ztuhlá vrstva taveniny. Ideální případ plnění dutiny formy je tzv. fontánovým tokem.



Obr. 10. Fontánový tok

3.3 Kvalita vstřikovacích výrobků

Plastové výrobky vyráběné procesem vstřikování nedosahují takových přesností, jako například kovové výrobky. Jakost povrchu výrobku je obrazem kvality dutiny formy. Nejčastěji přesnost výstřiku je IT 12 až IT 15. U přesnější výroby můžeme dosáhnout přesnosti výstřiku IT 9 až IT 10, která se ale projeví na větších nákladech na výrobu. Netolerované rozměry se považují za doporučené. Úkosity se započítávají do rozměrů, nikoliv do tolerancí. Povrch výrobku může být:

- Lesklý povrch je výrobně nejnáročnější, nejdražší a nejsložitější. Odhalují se všechny nedostatky dutiny formy a technologií výroby.
- Matný povrch je výrobně nejjednodušší a tedy nejlevnější. Jeho další výhodou je, že zakrývá některé vzhledové nedostatky, jako jsou například stopy po vtoku, studené spoje apod.

Realizace dezénu je ovlivněna pouze pozicí zaformování. Jednotlivé druhy dezénu se volí ze vzorkovníku. Výhodou dezénu je, že zakrývají některé nedostatky výrobku jako je například matný povrch.

3.3.1 Vlivy na kvalitu vstříkovaných výrobků

- Materiál - smrštění, dodatečné smrštění, tečení, teplotní roztažnost, navlhavost
- Technologie - nástroj, konstrukce výrobku, výrobní cyklus
- Provozní podmínky - konkrétní umístění a užití výrobku v praxi
- Metrologie - podmínky při měření a tuhost měřeného výrobku

3.4 Vady vstříkovaných výrobků

- Bubliny - je vzduch nebo plynný produkt uvězněný v plastu. Můžou se objevovat také blízko stěn.
- Zvýšená křehkost - křehkost je stav kdy výrobek praská nebo se na něm objevují trhliny, při nižší úrovni tlaku než je běžně očekáváno na základě vlastností materiálu.
- Rozvrstvování (štěpení) - rozvrstvování čili delaminace se projevuje nedostatečnou soudržností jednotlivých vrstev materiálu a jejich oddělováním, zvláště při namáhání výlisku ohybovým napětím.
- Přetoky, otřepy - vznikají tak, že tavenina se dostane i mimo vlastní tvarovou dutinu do mezery mezi jednotlivými částmi formy, kde ztuhne v podobě tenké blány. Nejčastějším místem tvorby přetoků je dělící rovina formy.

- Tokové čáry - vytvářejí na povrchu výstřiku soustavu čar, které se oproti okolí liší jiným barevným odstínem, přestože se jedná o jeden druh plastu. Sledují směr a charakter toku taveniny do dutiny formy. Obvykle se vyskytují v okolí ústí vtoku.
- Deformace - zborcení tvaru a deformací výstřiku se rozumí změna tvaru a rozměrů výrobku proti výkresu. Mohou být způsobeny nevhodným režimem chladnutí hmoty ve formě nebo nesprávnou mechanickou operací, např. při vyhození výstřiku z formy.
- Studený spoj - vzniká v místě styku a následného spojení dvou nebo více proudů taveniny v dutině formy. Vypadá jako sotva postřehnutelný svar. Může mít podobu rýhy se zaoblenými okraji nebo se projeví vznikem praskliny. Může se tedy jednat o vadu povrchovou, nebo procházející celou stěnou výstřiku. Je potenciálním zdrojem pro vznik a šíření trhlin, protože může představovat oblast s vysokou koncentrací vnitřních pnutí.

4 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Formy pro zpracování musí odolávat vysokým tlakům, musí poskytovat výrobky o přesných rozměrech, musí umožnit snadné vyjmutí výrobku a musí pracovat automaticky po celou dobu své životnosti. Jejich konstrukce a výroba je náročná na odborné znalosti, ale i na finanční náklady. Volba materiálu formy závisí na druhu zpracovávaného plastu, na použité technologii, na velikosti výrobku a jeho složitosti, na velikosti série, na tepelné odolnosti proti opotřebení a korozi, na ceně, apod. Důležitým faktorem životnosti formy je provedené tepelné zpracování na tvarových částech nástroje. Dalším důležitým úkolem při konstrukci forem je stanovení rozměrů a výrobních tolerancí tvarových částí. Pro určení a výpočet těchto rozměrů jsou rozhodující smrštění, tolerance jednotlivých rozměrů výstřiku a opotřebení činných částí nástroje. Nejdůležitější je však smrštění zpracovávaného materiálu. [2]

Vstřikovací formy jsou konstrukčně velmi rozmanité a lze je rozdělit do následujících skupin: [2]

- podle násobnosti na jednonásobné a vícenásobné,
- podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení na dvoudeskové, třideskové, etážové, čelist'ové, vytáček, apod.,
- podle konstrukce vstřikovacího stroje na formy se vstřikem kolmo na dělicí rovinu a na formy se vstřikem do dělicí roviny.

4.1 Postup při konstrukci vstřikovacích forem

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji, jsou podkladem pro konstruktéra forem. [1]

Vlastní konstrukce pak má následující postup: [1]

- Posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek. Je třeba znovu zkontrolovat rozměry, jejich tolerance, rozdíly v tloušťce stěn s ohledem na propadliny apod.
- Určení, případně upřesnění dělicí roviny součástí a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Respektovat také směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění ústí vtoků a vyhazování z dutiny formy.

- Dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě.
- Stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvzdušnění dutin formy.
- Navržení rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperace formy.
- Vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků.
- Zkontrolování funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, jeho průměrnou plochu, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na doporučený stroj.

4.1.1 Zaformování

Správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí plochy náleží k rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Vychází z konstrukčního řešení vyráběného dílu. [1]

Dělicí plocha (rovina) bývá zpravidla jako rovina rovnoběžná s upínáním formy. Může však být i šikmá, nebo různě tvarovaná, případně vytváří u výstřiků s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí plochy. Taková koncepce způsobuje obtížnější výrobu formy. Proto je snaha se takovým tvarům vyhnout. [1]

4.1.2 Stanovení rozměrů dutin formy

Tvar a rozměry funkčních dílů, které jsou převážně umístěny v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu. Jejich dimenzování je důležitou etapou konstrukčního řešení.

Chybně dimenzované rozměry se projeví v nedodržení rozměrů výstřiku. V případě, že se nejedná o rozměr s předepsanou tolerancí, lze tuto chybu někdy napravit úpravou technologických parametrů, někdy však jen nákladnou korekcí rozměrů formy.

Povrch i rozměry výstřiku jsou tedy dány přesností tvarové dutiny a kvalitou její plochy, která je obvykle složena z tvárnice, tvárníku, jader a tvarových vložek. Přesnost duti se pohybuje v rozmezí IT 8 až IT 10 a ovlivňují ji činitelé: [1]

- smrštění plastu (provozní),

- výrobní tolerance,
- opotřebení dutiny formy.

4.1.3 Násobnost formy

Z hlediska kvality a přesnosti výstřiku je žádoucí, aby násobnost byla co nejmenší. Součásti tvarově náročné, které vedou ke složité formě, jako i velkorozměrové výstřiky se většinou vyrábí v jednonásobných formách. [1]

Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří ji ovlivňují. Posuzují se z hlediska: [1]

- požadovaného množství výrobků,
- charakteru a přesnosti výstřiku,
- velikosti a kapacity vstřikovacího stroje,
- požadovaného termínu dodávky,
- ekonomiky výroby.

4.1.4 Smrštění

Smrštění je trvalá změna rozměru výrobku pro vyjmutí z dutiny formy. Závisí jak na druhu zpracovávaného materiálu, tak také na technologických parametrech a čase. U amorfních termoplastů je smrštění i jeho rozptyl menší, než u krystalických termoplastů vzhledem ke změnám struktury. Plněné polymery mají analogicky smrštění menší než polymery neplněné, protože plniva se zpravidla smršťují méně samotný polymer. [1]

Velikost smrštění je rozdíl mezi rozměrem dutiny formy a skutečným rozměrem výrobku. Udává se v procentech. [1]

Smrštění se rozděluje do dvou časových fází: [1]

- Výrobní (jeho velikost se stanoví 24 hodin po výrobě součásti a představuje 90% z celkové hodnoty);
- Dodatečné (probíhá poměrně dlouho v závislosti na typu polymeru, tvoří zbytek celkové hmoty).

4.2 Vtokové systémy

Zajišťují při vstřikování vedení proudu plastu s požadovanou teplotou od vstřikovací jednotky do dutiny formy. Při konstruování vtokového systému musíme dbát na to, že požadované množství materiálu musí v co nejkratším čase naplnit dutinu formy a také mít minimální odpor taveniny. Vtokové systémy dělíme na:

- Studený vtokový systém (SVS);
- Vyhřívaný vtokový systém (VVS).

4.2.1 Studený vtokový systém

Při volbě určitého vtokového systému se vychází z toho, že tavenina se vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnějším povrchu prudce roste, nejnižší je uprostřed. Ztuhlá povrchová vrstva taveniny vytváří tepelnou izolaci vnitřnímu proudu taveniny. Za tohoto stavu se zaplní celá dutina. [1]

Z hlediska funkčního řešení vtokového systému musíme zabezpečit aby: [1]

- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát,
- dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnoměrného plnění,
- průřez vtokového kanálu by byl dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku,
- vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez. Tím budou ztráty ochlazováním minimální.

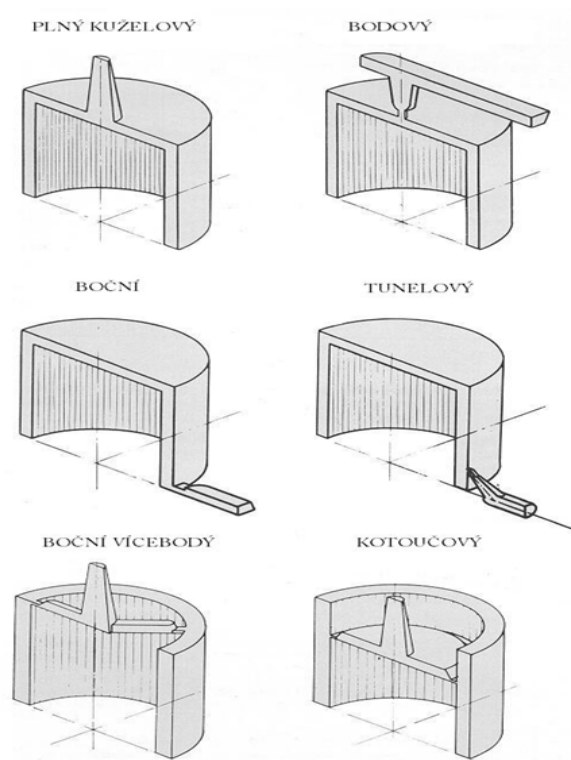
Aby bylo možné uvedené zásady splnit je potřebné: [1]

- zaoblení všech ostrých hran vtokových kanálů min. $R = 1 \text{ mm}$,
- stanovit úkosovitost všech vtoků, pro jejich snadné odformování. Minimální úkosy jsou $1,5^\circ$,

- leštit povrch vtokového systému orientovaného ve směru vyjímání. Drsnost nemá klesnout pod 0,2 Ra. Tím se usnadní vyhazování,
- řešit zachycení čela proudící taveniny prodloužením rozváděcího kanálu. Zabrání se tím proniknutí chladnějšího čela proudu taveniny do tvarové dutiny a tím snížení povrchových vad výstřiku,
- ve vtokovém systému vyloučit místa s velkým nahromaděním materiálu.

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny. Omezí se strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím i vytváření povrchových defektů.

Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, plastu i technologii vstřikování. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. Neméně důležité je vhodné umístění vtokového ústí na výstřiku. Má rozhodující vliv na jeho vzhled a požadovanou kvalitu. [1]



Obr. 11. Typy ústí vtoku

4.2.2 Vyhřívaný vtokový systém

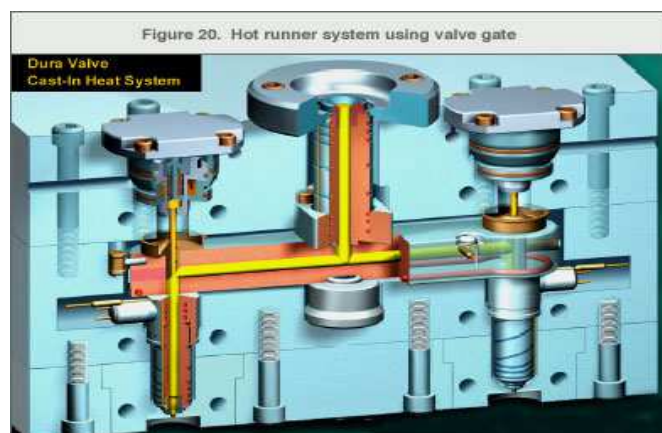
Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhřívaných vtokových soustav (VVS). Vyhřívané vtokové soustavy mají vyhřívané trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. Od forem s běžnými studenými soustavami se liší především tím, že dnešní typy VVS se nakupují od specializovaných výrobců. Jednotlivá konstrukční provedení i rozsah jejich použití jsou rozdílné. [1]

Výhody [1]

- umožňuje automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus,
- snižuje spotřebu plastu - vstřikuje se bez vtokových zbytků,
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků,
- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování.

Nevýhody

- vysoká pořizovací cena na VVS,
- nutné dodržení předepsaných podkladů od výrobce,
- VVS jsou náročné na údržbu,
- zanechává stopu na výstřiku.



Obr. 12. Mold-Master, vyhřívaný vtokový systém s použitím uzavíracích šoupátek

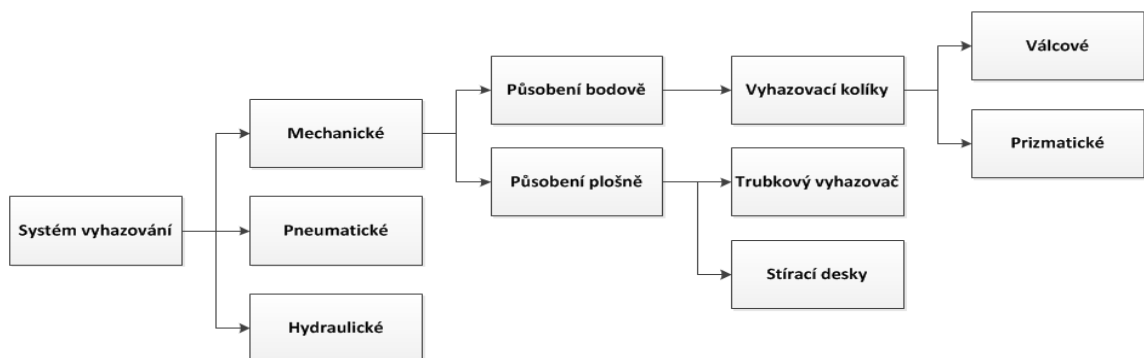
4.3 Vyhazovací systémy

- Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřik. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. [3]

Vyhazování má dvě části: [3]

- dopředný pohyb, vlastní vyhazování;
- zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do výchozí polohy.

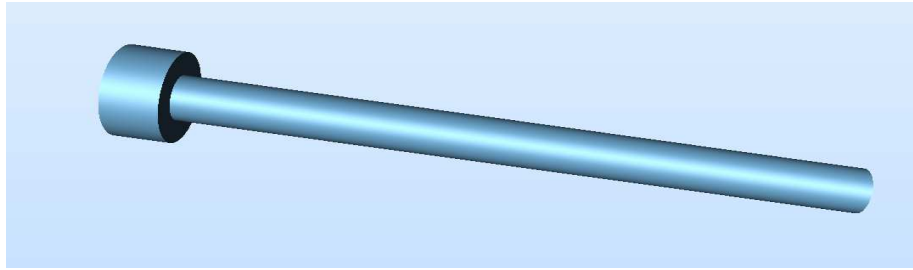
Základní podmínkou dobrého vyhazování výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší než 30 % stupňů. Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. Může se jich využít k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. Mimo výstřiku se vyhazuje i vtokový zbytek. [3]



Obr. 13. Schéma rozdělení vyhazovacích systémů

4.3.1 Vyhazování pomocí válcových kolíků

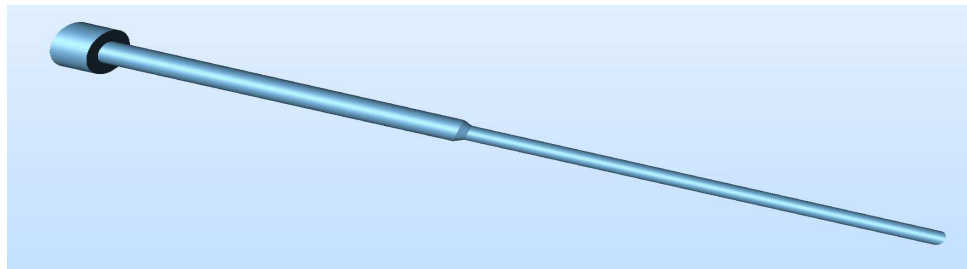
Je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiku. Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí se při vyhazování bortit. Jinak by mohla nastat jeho trvalá deformace. Po styčných plochách vyhazovacích kolíku zůstávají na výstřiku stopy. Proto není vhodné je umístit na vzhledových plochách. [3]



Obr. 14. Válcový vyhadzovací kolík (HASCO Z40/3x40)

4.3.2 Vyhazování pomocí prizmatických kolíků

Tento speciální vyhadzovač používáme v případech, kdy vyhadzovač malého průměru nevyhoví pevnostním podmínkám. Jeho průřezy jsou odstupňovány tak aby splnil požadavky pevnostní tak i požadavky geometrické.



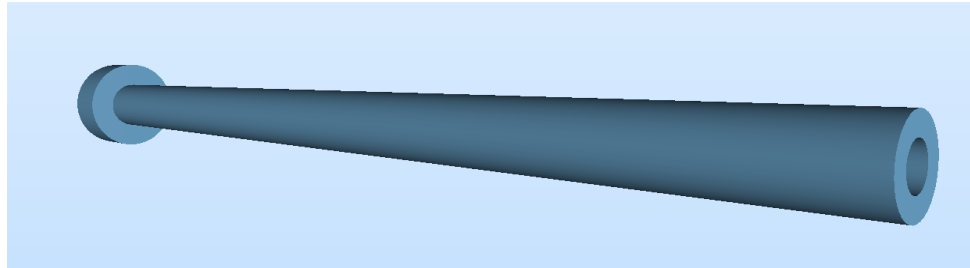
Obr. 15. Prizmatický vyhadzovací kolík (HASCO Z441/2x80)

4.3.3 Vyhazování pomocí šikmých vyhadzovačů

Je speciální formou mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou uloženy k ní pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním nebo vnějším zápichem. [3]

4.3.4 Trubkový vyhadzovač

Funkce trubkového vyhadzovače je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač s otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhadzovací kolík. Zatím co vlastní vyhadzovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro. [3]



Obr. 16. Trubkový vyhazovací kolík (HASCO Z451/3x1,5x50)

4.3.5 Vyhazování pomocí stíracích desek

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Jeho deformace pak jsou minimální a stírací síla velká. Používá se především u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. [3]

4.3.6 Pneumatické vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedoformovaly. Běžné mechanické vyhazování větších výstřiků vyžaduje značné zvětšení délky formy (velký zdvih vyhazovače), bez záruky dobré funkce. Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou na výstřiku stopy po vyhazovačích. [3]

4.3.7 Hydraulické vyhazování

Používané hydraulické vyhazovače se vyrábějí většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve formě. S její pomocí se přímo ovládají vyhazovací kolíky, stírací desky apod. Hydraulické vyhazování se vyznačuje velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [3]

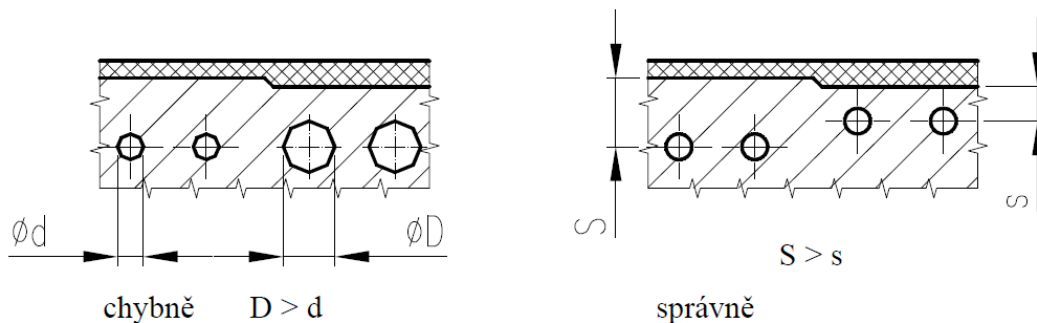
4.4 Temperování forem

Temperace slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Děje se tak ochlazováním, případně vyhříváním celé formy, nebo její části. Během vstřikování se do formy přivádí roztavený polymer, který se v její dutině

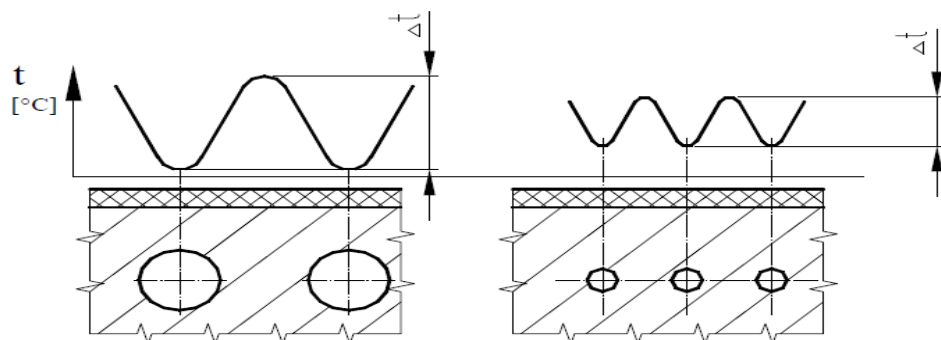
ochlazuje na teplotu vhodnou pro vyjmutí výstřiku. Teperace tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se forma ohřívá. Každý další výstřik je třeba vyrobit zase při stanovené teplotě. Proto je nutné toto přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést temperanční soustavou formy. Pokud má forma dostatečnou hmotnost a dobře řešený temperanční systém, zvýší se její tepelná a tím i rozměrová stabilita a sníží nebezpečí deformace, při vysokých vstřikovacích tlacích. Temperační systém formy je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými proudí vhodná kapalina, která udržuje teplotu temperovaných částí na požadované výši. [3]

Obecné zásady volby temperančních kanálů: [3]

- vzdálenost kanálů od funkční dutiny má být optimální. Je třeba dbát na dostatečnou pevnost a tuhost stěny funkční dutiny;
- je vhodnější použít větší počet menších kanálů s malými roztečemi, než naopak;
- průřez kanálu se volí podle velikosti výstřiku, druhu plastu a rámu formy. Nejběžnější průřez je kruhový.



Obr. 17. Chlazení výstřiku o různé tloušťce stěny [3]



Obr. 18. Vliv rozmístění kanálků na průběh teploty povrchu tvárnice [3]

4.5 Odvzdušnění forem

Odvzdušnění tvarových dutin forem zdánlivě nepatří k dominantním problémům při jejich navrhování forem. Jeho důležitost obvykle vyplyne až při zkoušení hotového nástroje, kdy odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku, nebo jeho nízkých mechanických vlastností. Odvzdušnění lze někdy zhotovit snadno, jindy je však vyřešení obtížné. Dutina formy je před vstřikováním naplněna vzduchem. Při jejím plnění taveninou je třeba zajistit únik vzduchu a případných zplodin. [3]

Tab. 1 Doporučené hloubky odvzdušňovacích mezer [3]

Plast	Mezera [mm]
PS, ABS	do 0,05
PE, PP	do 0,04
PA	0,02 až 0,03
PPO	do 0,04
PBT	do 0,03
PC	do 0,05
POM	do 0,05
sklem plněné	0,05 až 0,08
strukturní pěny	do 0,1

4.6 Rám formy

Rám formy představuje skupinu vzájemně spojených desek s vodícím, středícím a spojovacím příslušenstvím. Spojený celek tvoří funkční nosič tvarových dutin a vtoků, vypracovaných přímo v deskách, nebo ve zvláštních vložkách. Velikost a uspořádání se volí individuálně podle potřeby a nutné funkce formy, s ohledem na zaformování vyráběného výstřiku. Pro usnadnění konstrukce i výroby rámu se dnes využívají nejrůznější typizace a nabídky normálií jednotlivých dílů.

4.7 Materiály vstřikovacích forem

Formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiků se od nich vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené: [3]

- druhem vstřikovacího plastu,
- přesnosti a jakosti výstřiku,
- podmínkami vstřikování,
- vstřikovacím strojem.

Pro výrobu forem se tedy používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. [3]

Používají se: [3]

- oceli vhodných jakostí,
- neželezné slitiny kovů (Cu, Al ...),
- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé...).

Oceli jsou jednoznačně nejvýznačnějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Svou pevností a dalšími mechanickými vlastnosti se dají obtížně nahradit. Jednotlivé díly forem nemají stejnou funkci. Proto vyžadují i svoje specifické požadavky na volbu materiálu, z kterého budou vyrobeny. Jejich výběr a doporučená řada má odpovídat požadované funkci součásti, s ohledem na opotřebení a životnost. [3]

Od použitých materiálů na formy se vyžaduje především: [3]

- dostatečná mechanická pevnost,
- dobrá obrobitelnost,
- dobrou leštitelností a obrusitelností,
- zvýšenou odolností proti otěru,
- odolností proti korozi a chemickým vlivům plastu,
- vyhovující kalitelností a prokalitelností,
- stálostí rozměrů a minimálními deformací při kalení.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- Vypracovat literární studii na dané téma.
- Provést konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu.
- Navrhnout formu pro zadaný díl.
- Nakreslit 2D řez vstřikovací formy včetně příslušných pohledů a kusovníků.

Literární studii má za úkol přiblížit problematiku konstruování vstřikovacích forem. Obsahuje také stručné popsání jednotlivých částí forem.

Pro vypracování 3D modelu byl použit program Autodesk Inventor Professional 2016.

Návrh formy pro zadaný díl byl vypracován v programech Autodesk Inventor Professional 2016, HASCO DAKO Modul. Po vypracování 3D sestavy se provedou 2D řezy, na kterých budou opozicovány jednotlivé díly vstřikovací formy, které jsou doloženy kusovníkem.

6 SPECIFIKACE VÝROBKU

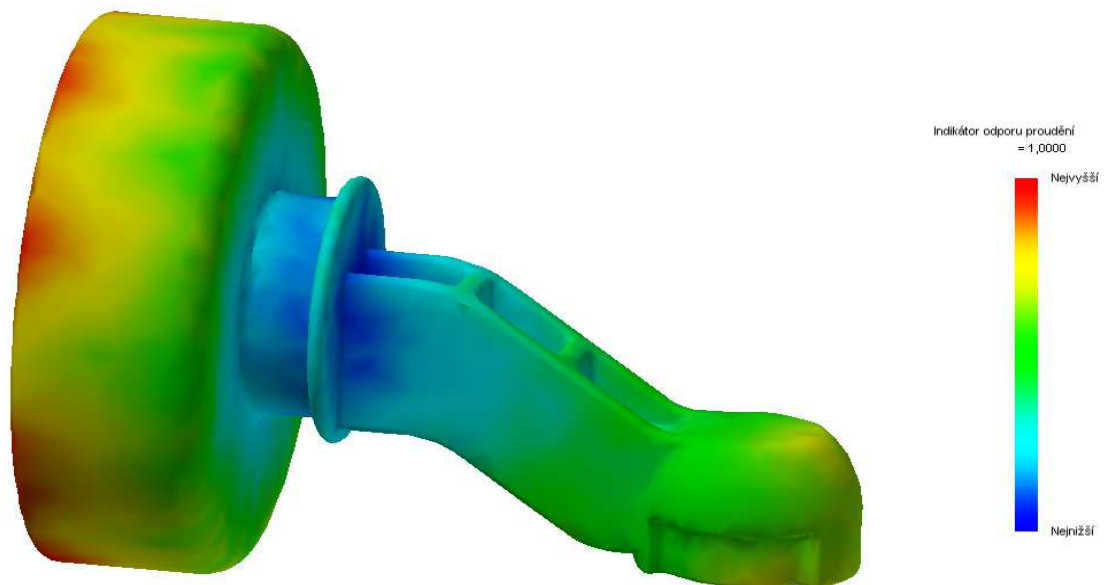
Vstříkovaný výrobek je jedna ze součástí akčního členu, který řídí otevírání a zavírání klapky sání motoru. Zvoleným materiálem je PA6 plněný 33 % skelných vláken. Obchodní název je Zytel 70G33GRA BK350. Výrobce materiálu je Dupont Europe. Tento materiál je tepelně stabilizovaný a dobře se hodí pro nízké opotřebení.



Obr. 19. Model vstříkovaného výrobku

6.1 Analýzy vstřikování

Výrobek byl podroben analýze nejvhodnějšího umístění vtokového systému. Analýza byla provedena v programu Autodesk Inventor Professional 2016 pomocí aplikace Mold Design. Jelikož navržené umístění vtoku nelze realizovat, protože navržené místo vtokové ústí se nacházelo uprostřed dílu, bylo proto potřeba navrhnout jiné místo umístění VS.

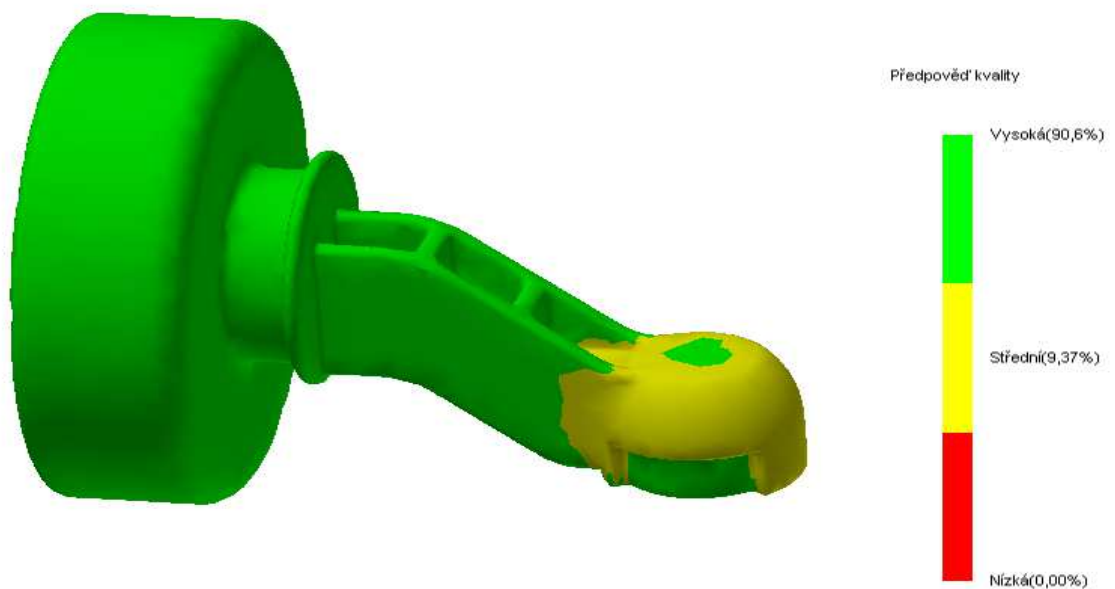


Obr. 20. Analýza pro zjištění nejvhodnějšího umístění vtokového systému

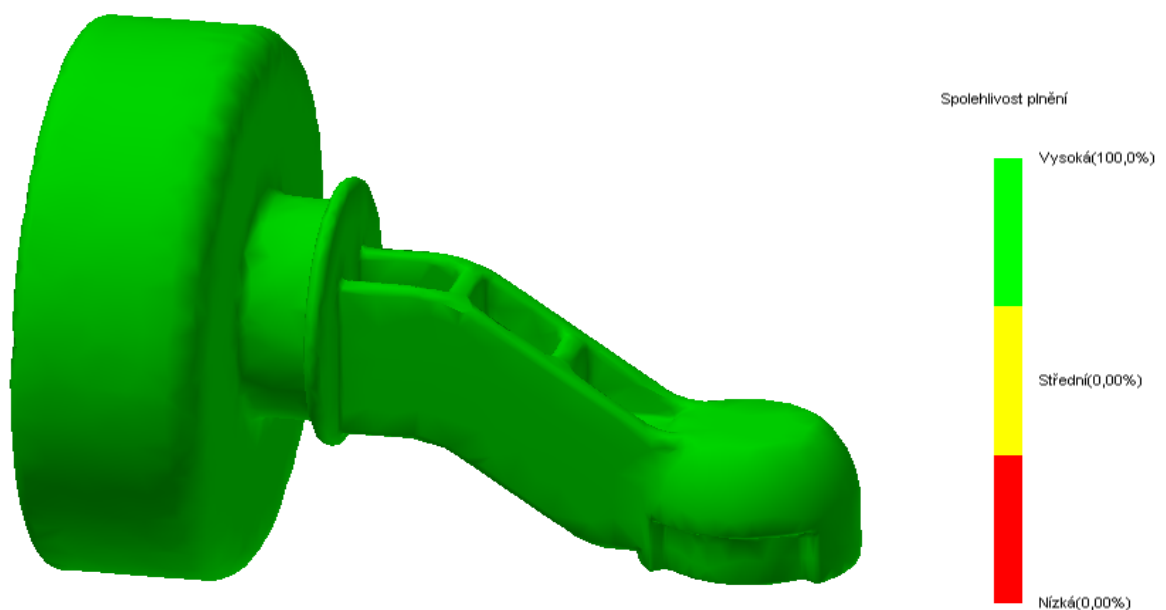


Obr. 21. Navrhnuté nové umístění vtokového systému

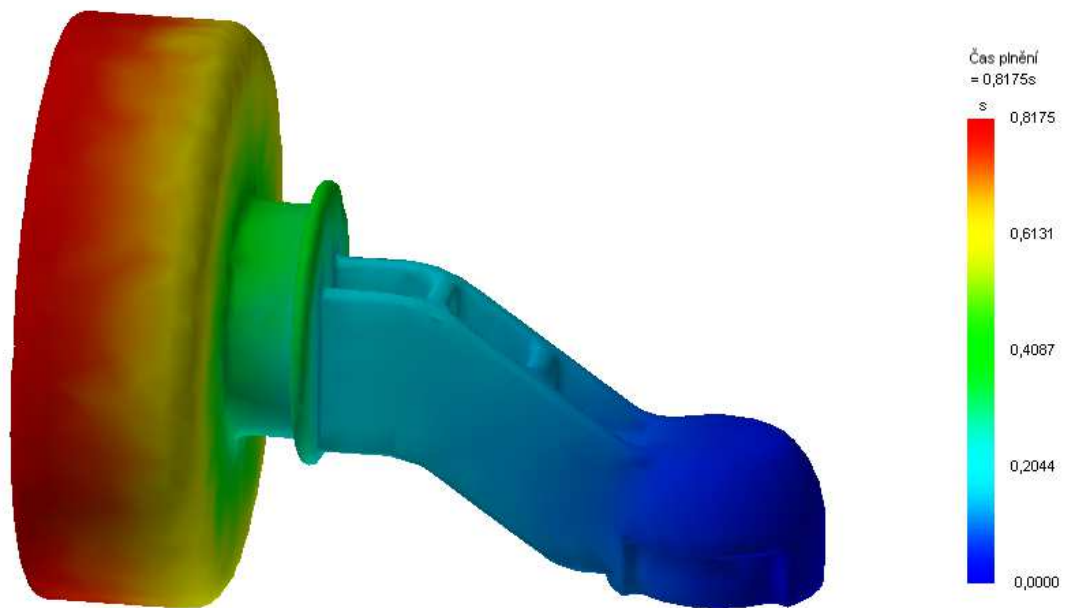
Po navržení nového místa pro vtokový systém byly provedeny analýzy, jako předpověď kvality, spolehlivost plnění a čas plnění. Po těchto analýzách bylo zjištěno, že dané umístění vtokového systému je možné realizovat a nově zvolené místo umístění vtokového systému pravděpodobně nebude mít vliv na kvalitu vstříkovaného dílu.



Obr. 22. Předpověď kvality vstříkovaného dílu po nově zvoleném umístění VS.



Obr. 23. Spolehlivost plnění vstříkovaného dílu po nově zvoleném umístění VS.



Obr. 24. Čas plnění vstříkovaného dílu po nově zvoleném umístění VS.

6.2 Vstříkovací stroj

Na základě požadavků a technických parametrů zajišťující kvalitu výrobku byl zvolen vstříkovací stroj ARBURG ALLROUNDER 420 C.

Hlavní parametry vstříkovacího stroje:

- Uzavírací síla: 1000 [kN]
- Maximální objem výstřiku: 182 [cm³]
- Minimální zdvih stroje: 250 [mm]
- Vzdálenost mezi vodícími sloupky: 420x420 [mm]
- Maximální otevření: 500 [mm]
- Velikost upínací desky: 570x570 [mm]
- Maximální vyhazovací síla: 40 [kN]
- Maximální zdvih vyhazovače: 175 [mm]
- Celkový příkon stroje: 33,9 [kW].
- Maximální vstříkovací tlak: 2120 [bar]
- Maximální krouticí moment šneku: 550 [Nm]

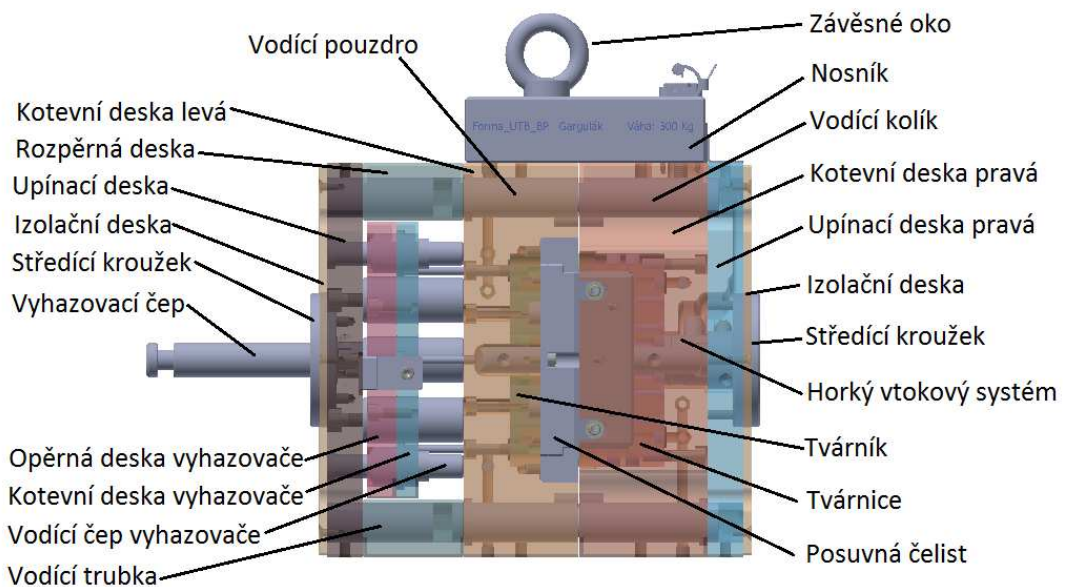
- Maximální přítlačná síla trysky: 60 [kN]



Obr. 25. Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 420 C

7 NÁVRH A KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Při konstruování formy byl jeden z nejdůležitějších kroků vytvoření tvarových částí formy, které nám udávají konečný tvar výrobku. Tyto tvarové části byly vytvořeny v Autodesk Inventor Professional 2016 pomocí aplikace Mold Design. Pro ostatní části formy bylo použito co nejvíce dostupných normálií, která zefektivňují konstrukci formy. Normálie a speciální součásti byly přidány z přídatného modulu HASCO DAKO.



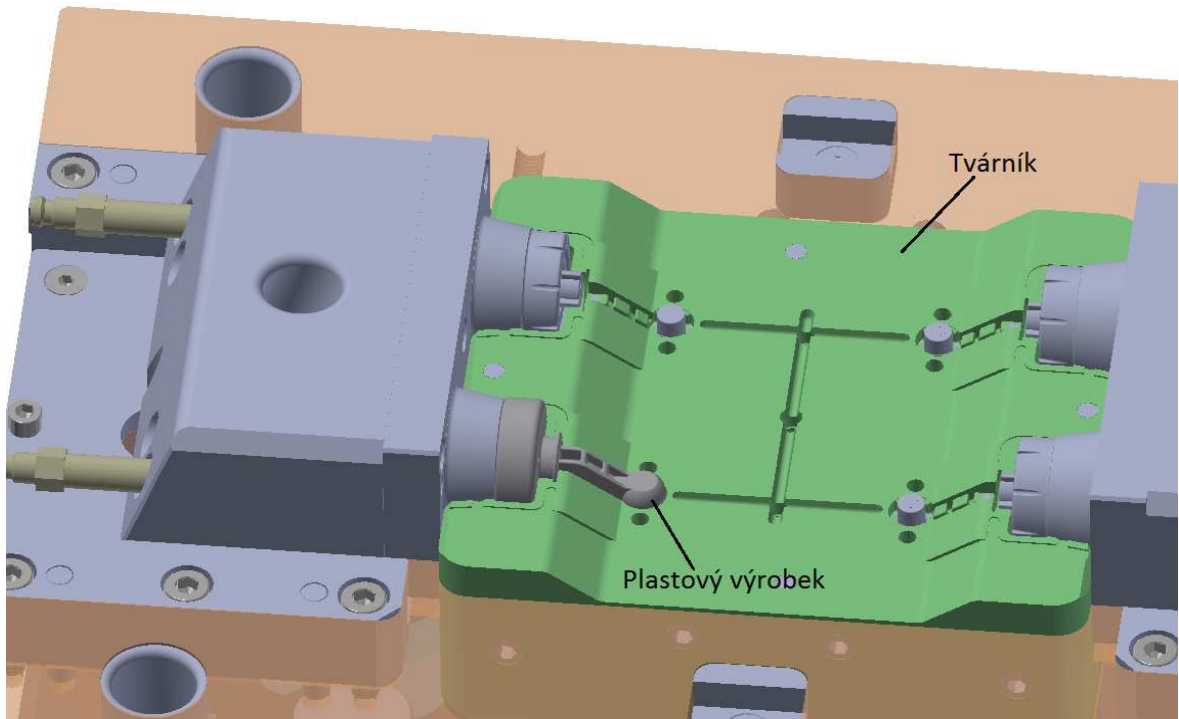
Obr. 26. Konstrukce vstřikovací formy

7.1 Násobnost formy

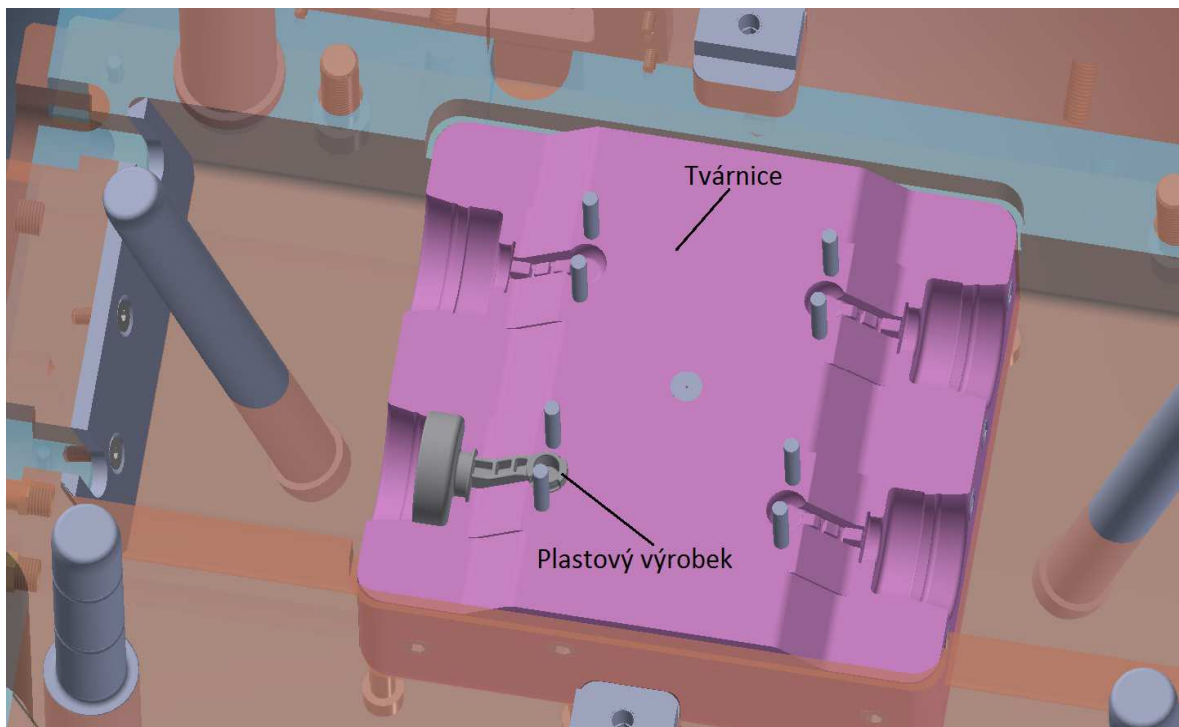
Násobnost byla zadána vedoucím bakalářské práce. Jedná se o čtyřnásobnou formu.

7.2 Zaformování

Z důvodu složitosti konstrukce vstřikovaného dílce, bylo nutné vytvoření více než jedné dělicí roviny.



Obr. 27. Zaformování vstříkovaného výrobku na pohyblivé části formy

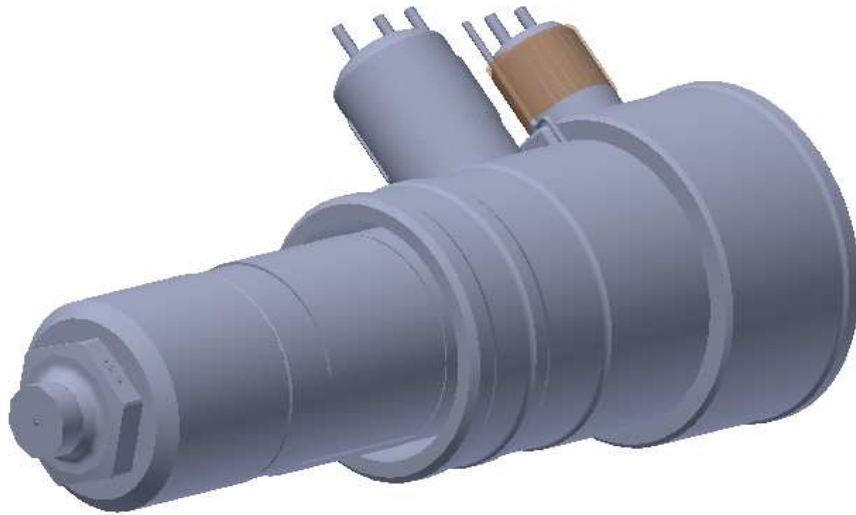


Obr. 28. Zaformování vstříkovaného výrobku na pevné části formy

7.3 Vtokový systém

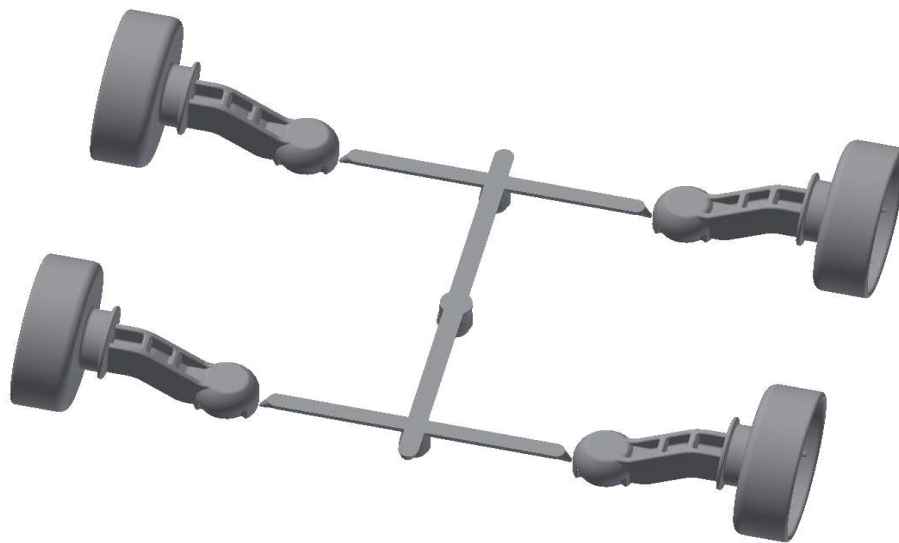
Navrhnutý vtokový systém byl navržen kombinací horkého a studeného vtokového systému. Horký vtokový systém musel být navržen kvůli použitému materiálu při vstřikování.

Horký vtokový systém byl vybrán od firmy Mold-Masters Europa GmbH.



Obr. 29. Vstřikovací tryska

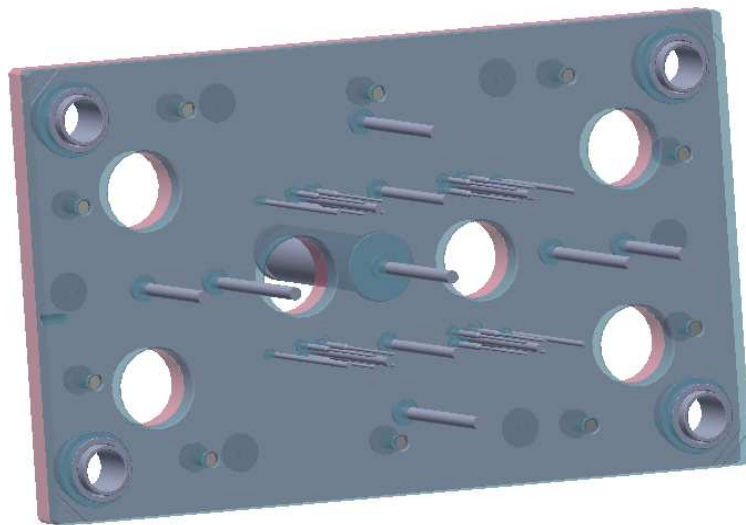
Studený vtokový systém byl navržen z důvodu rovnoměrného zaplnění všech kavit za stejný čas.



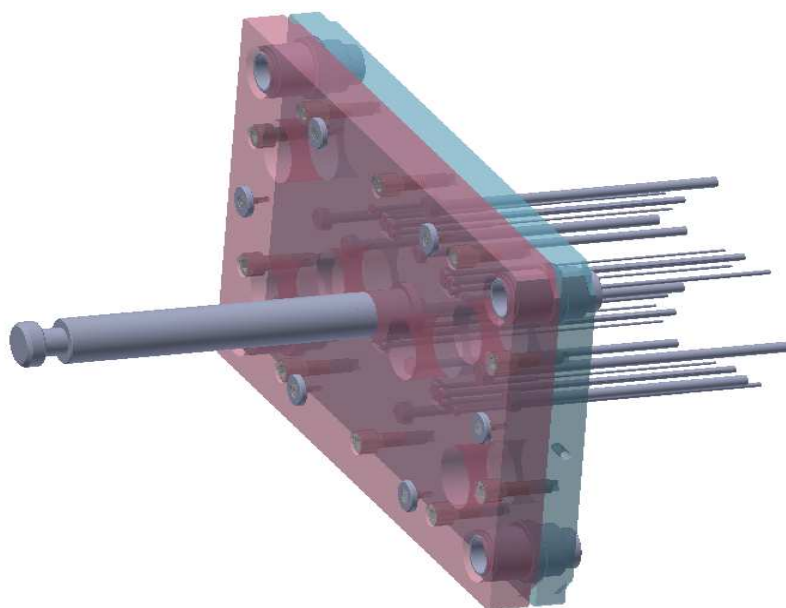
Obr. 30. Vtoková soustava

7.4 Vyhazovací systém

Po ochlazení vstřikovaného výrobku na vyhazovací teplotu se forma otevře a vyhození výrobku z formy se realizuje pomocí vyhazovacího systému, který se skládá z upínací a kotevní desky, ve které jsou uloženy prizmatické a válcové kolíky. Desky vůči sobě jsou spojeny pomocí šroubů. Úplné dosednutí vyhazovacího systému na upínací desku je zabezpečeno pomocí podložek a šroubů. Pohyb vyhazovacího systému je umožněn pomocí táhel vodících pouzder.



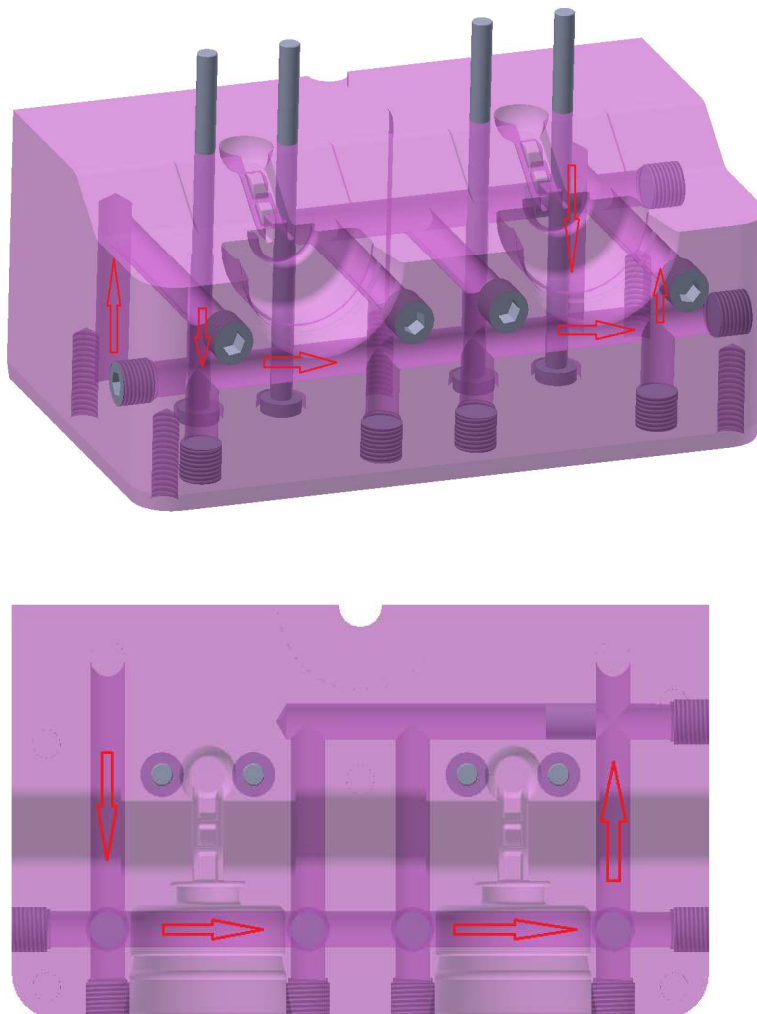
Obr. 31. Vyhazovací systém ze strany od kotevní desky



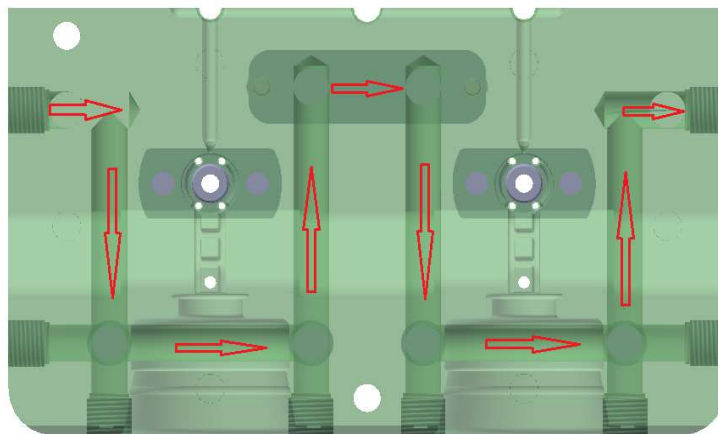
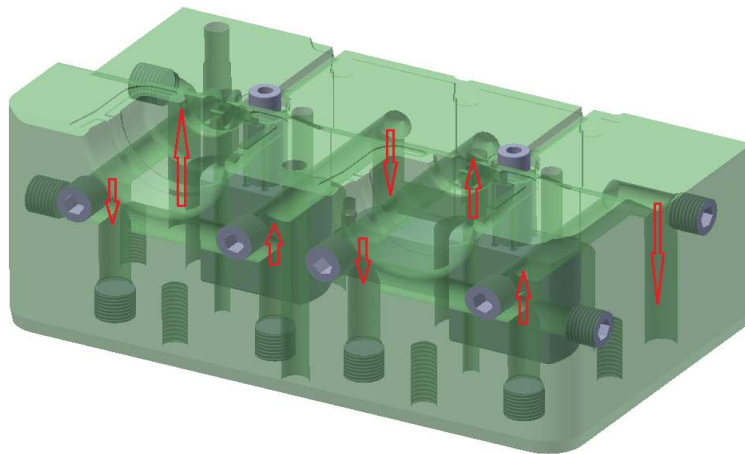
Obr. 32. Vyhazovací systém ze strany od upínací desky

7.5 Temperace formy

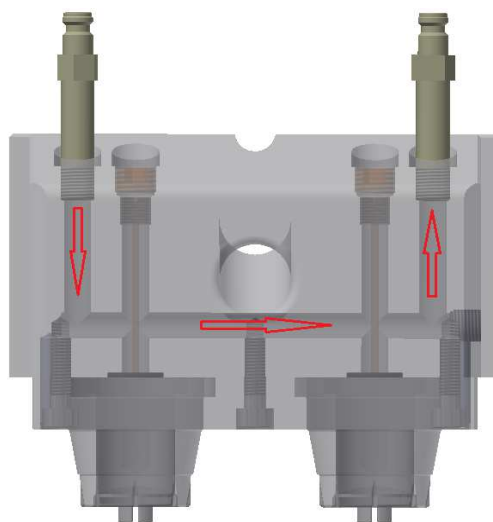
Temperace formy je zajištěna pomocí vrtaných kanálků o průměru 8mm v kotevních deskách a tvarových částech formy, kterými prochází temperační médium. Jako temperační médium byla zvolena chemicky upravená voda o teplotě 55°C. Připojení temperačních přístrojů k formě je řešeno pomocí hadic s rychlospojky. Správný směr toku temperačního média nám zajišťují vnější a vnitřní ucpávky. Dále pro temperaci vložky na tahači byly použity přepážky s dobrou tepelnou vodivostí. Všechny komponenty použité pro temperaci formy jsou normalizované a byly vybrány z katalogu firmy HASCO.



Obr. 33. Zobrazení toku chladicího média tvárnici



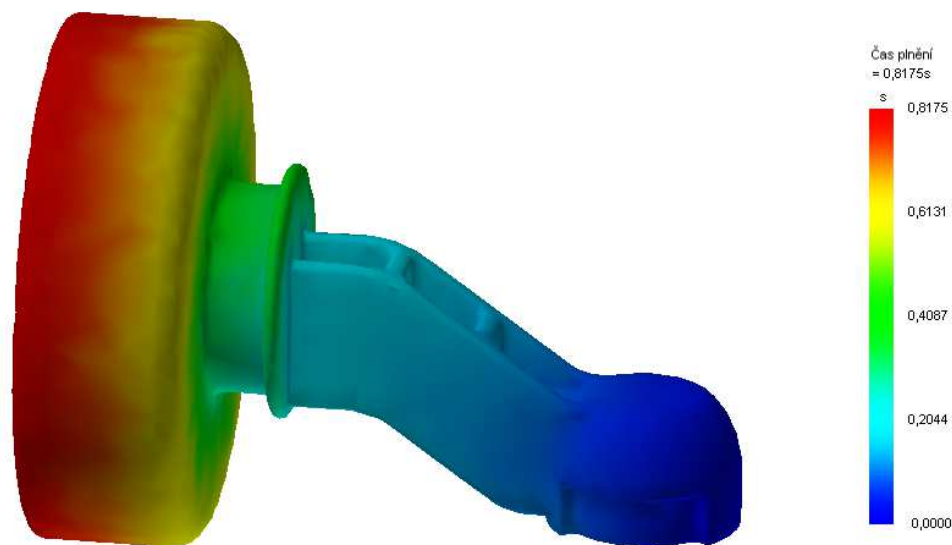
Obr. 34. Zobrazení toku chladícího média tvárníkem



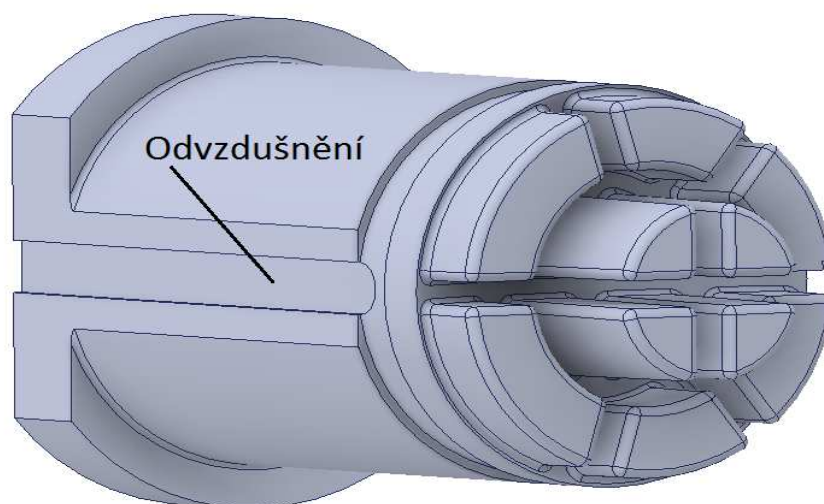
Obr. 35. Zobrazení toku chladícího média pohyblivými čelistmi s tvarovými vložkami

7.6 Odvzdušnění formy

Při vstřikování je vzduch uvnitř formy stlačován a zároveň roste jeho teplota. Tento jev může způsobit optické vady na povrchu výstřiku a také může mít za následek častější znečištění formy. Proto je potřeba konstrukční řešení úniku vzduchu. Z tohoto důvodu bylo zvoleno odvzdušnění na vložce tahače, kde je materiál zatečen nejpozději.



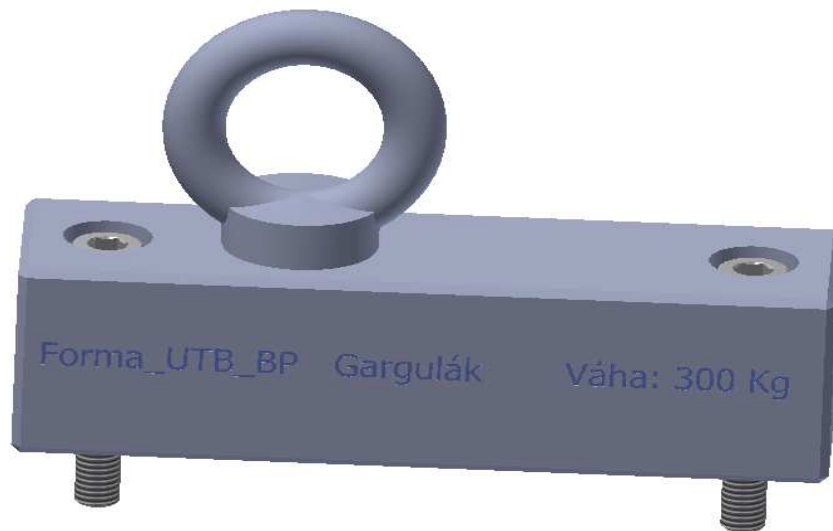
Obr. 36. analýza vstřikování plastového dílce



Obr. 37. Tvarová vložka tahače s odvzdušněním

7.7 Manipulace

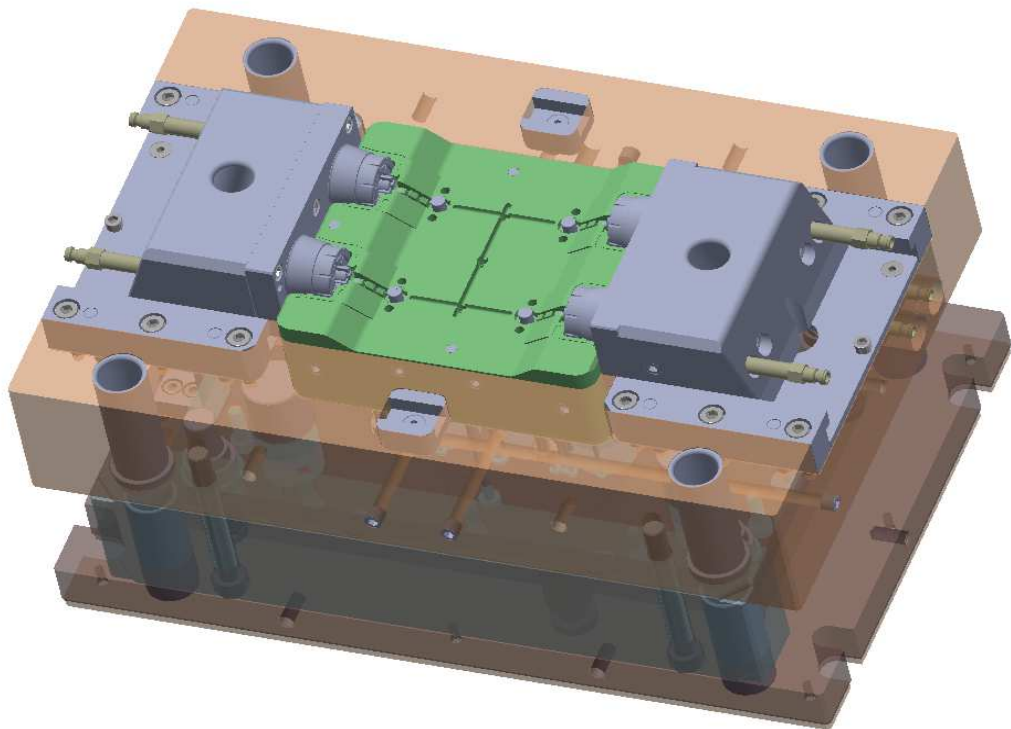
Forma obsahuje nosník se závěsným okem, díky jemuž je možné jednodušeji manipulovat s formou. Nosník je připevněn pomocí šroubů ke kotevním deskám. Na nosníku je vyražen název formy a hmotnost celkové formy.



Obr. 38. Nosník se šrouby a závěsným okem

7.8 Pohyblivá strana formy

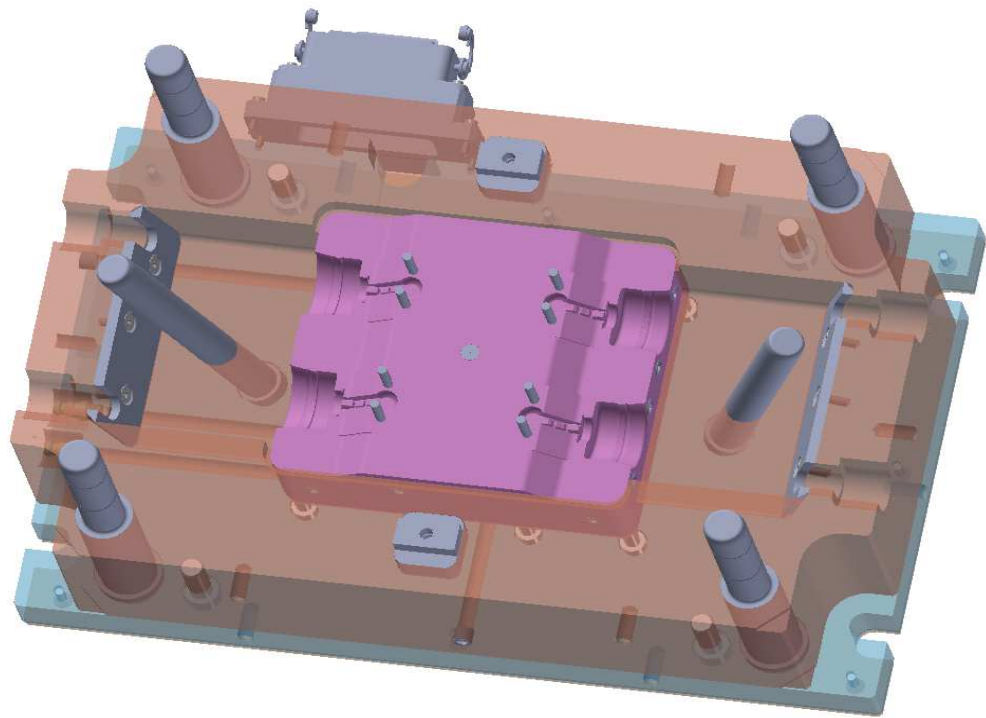
Tato polovina formy se skládá s tvarových vložek (tvárníku), kotevní tvarové desky, upínací desky, izolační desky a rozpěrných desek pro možnost pohybu vyhazovacího systému. Dále zde nalezneme příslušenství pro temperaci (nátrubky, prodloužené nátrubky, ucpávky), spojovací šrouby, středící kroužek pro čep vyhazovače a vodící kolíky pro vyhazovací systém. Také zde nalezneme vodící kolíky, které umožňují správné zavření formy. Dále jsou na pohyblivé části formy tahače, ve kterých jsou uloženy tvarové vložky.



Obr. 39. Pohyblivá strana formy

7.9 Pevná strana formy

Pevná strana formy se skládá s tvarových vložek (tvárnic), kotevní tvarové desky, ve které je uložen horký vtokový systém, upínací a izolační desky. Dále zde nalezneme středící kroužek pro přesné dosednutí trysky vstřikovacího stroje k nástroji. Také jsou zde komponenty pro temperaci, spojovací šrouby, vodící pouzdra, šikmé vodící kolíky a také konektor s kabeláží k horkému vtokovému systému.



Obr. 40. Pevná část formy

ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout a realizovat konstrukční řešení vstřikovací formy pro zadaný plastový dílec včetně 2D řezu sestavy a příslušného kusovníku. Zadaný plastový výrobek byl jeden ze součástí akčního členu, který ovládá klapky sání motoru.

V teoretické části byla obecně popsána problematika vstřikování a konstrukce vstřikovací formy.

V praktické části bakalářské práce byl nejprve řešen 3D model plastového výrobku, který byl vytvořen v programu Autodesk Inventor 2016. Poté byla provedena analýza umístění vtoku přes aplikaci Mold design. Jelikož se umístění vtoku nacházelo v místě, kde nebylo možné umístění vtoku aplikovat, bylo nutné navrhnout nové umístění vtoku. Po nově zvoleném umístění vtoku byly provedeny analýzy, jako jsou předpověď kvality, spolehlivost plnění a čas plnění. Po těchto analýzách bylo zjištěno, že nově zvolené umístění vtoku nebude mít vliv na kvalitu vstřikovaného dílu. Poté byly popsány vlastnosti zvoleného vstřikovacího stroje ARBURG ALLROUDER 420 C. Dále byly pomocí 3D modelu vymodelovány tvarové vložky vstřikovací formy. Byl také navržen vhodný rám formy, do kterého byly vloženy tvarové vložky. Jednotlivé komponenty rámu byly upraveny v programu Autodesk Inventor 2016. Postupně byly do rámu zabudovány spojovací části, vodící kolíky, vodící pouzdra, izolační desky, šrouby, středící kroužky a vodící trubky. Navržený vtokový systém je kombinací horkého vtokového systému a studeného vtokového systému. Horký vtokový systém byl vybrán z katalogu od firmy Mold-Masters Europa GmbH. Bylo nutné vyřešit přívod kabelů k horké vstřikovací trysce z napájecího zdroje. Z důvodu násobnosti byl navržen studený vtokový systém, který umožňoval zastříknutí všech dutin formy za stejný čas. Jako další bylo potřeba zkonstruovat vyhazovací systém, který by umožňoval stejnoměrné vyhození výrobku z formy. Po vymodelování vyhazovacího systému byl navržen temperační systém, kterým bylo možné temperovat tvarové části formy na požadovanou teplotu. Poté bylo vytvořeno odvzdušnění formy. Správné místo pro odvzdušnění formy bylo zvoleno na základě analýzy plnění dutiny formy. Pro jednodušší manipulaci byl konstrukčně navržen nosník se závěsným okem.

Výkresová dokumentace byla vytvořena na normalizovaném výkresovém formátu A1 a připojena k bakalářské práci. Výkresová dokumentace obsahuje pohled na formu od vstřikovací strany. Tento pohled obsahuje tři řezy celou formou. Jednotlivé řezy jsou označeny

příslušnými názvy (ŘEZ A-A, ŘEZ B-B, ŘEZ C-C). Všechny komponenty, ze kterých se forma skládá, jsou patřičně opozicovány a zaznamenány v kusovníku, který je vytvořen na formátu A4.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: I. Díl - Vstřikování termoplastů. 2. Upr. Vydání. Brno: Uniplast,1999.134s.*
- [2] *Technická univerzita Liberec: Katedra strojírenské technologie* [online]. 2005[cit. 2008-11-20]. Dostupný z WWW:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [3] Kulhánek Jan a kol. *Formy pro tváření plastických hmot. 1. Vyd. Praha: SNTL, 1996.244 s. ISBN 04-237-66*
- [4] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: II. Díl - Vstřikování termoplastů. 2. Upr. Vydání. Brno: Uniplast,1999.212s.*
- [5] Zeman, L. *Vstřikování plastů 1. vyd. Praha 2009*
- [6] ARBURG [online]. [cit. 2009-05-12]. Dostupný z WWW: <http://www.arburg.com>
- [7] HASCO [online]. [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <http://www.hasco.com>
- [8] MATOUŠEK, J., *Vstřikovací formy na upomínkové předměty. Zlín (bakalářská práce). Zlín : UTB ve Zlíně 2008, 51s.*
- [9] MENGES, Georg; MOHREN, Paul. *How to make injection molds. New York : Hanser, 1986. 269s. ISBN 3-446-13666-5.*
- [10] LABAJ, Lukáš. *Konstrukce vstřikovací formy. Zlín, 2008. 76s. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická.*
- [11] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky. 4. Doplněné vydání. Úvaly: ALBRA. 2008. 914s. ISBN 978-80-7361-051-7.*
- [12] REES, H. *Mold engineering. Munich: Hansen Publisher, 1995 ISBN 3-446-17729-9.*

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

%	Procenta
°C	Stupeň celsia
2D	Dvojměrný rozměr
3D	Trojměrný rozměr
ČSN	Česká státní norma
T _g	Teplota skelného přechodu
T _m	Teplota tání
E	Modul pružnosti v tahu
T	Teplota [°C]
SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
PS	Polystyren
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PA	Polyamid
PPO	Polyfenyloxid
PBT	Polybutylentereftalát
PC	Polykarbonát
POM	Polyoxymetylen
PA6	Polyamid 6
VS	Vtokový systém
Cu	Měď
Al	Hliník

°	Stupeň
Bar	Jednotka tlaku
cm ³	Kubický centimetr
Bar	Jednotka tlaku
Nm	Newtonmetr
kW	Kilowatt
Ks	Kus
MPa	Megapascal
HRC	Tvrđost podle Rockwella
mm	milimetr
g	gram

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Struktury termoplastů (červená barva značí oblast amorfni a modrá barva značí oblast krystalickou)</i>	12
<i>Obr. 2. Oblasti využití u amorfniích a semikrystalických plastů [1] - vlevo amorfnií plast; - vpravo semikrystalický plast</i>	13
<i>Obr. 3. Vstřikovací cyklus</i>	14
<i>Obr. 4. Schéma vstřikovacího stroje</i>	15
<i>Obr. 5. Ovládací panel</i>	16
<i>Obr. 6. Lis se sloupkovým uzávěrem</i>	17
<i>Obr. 7. Vstřikovací jednotka</i>	17
<i>Obr. 8. Technologická žebra</i>	19
<i>Obr. 9. Technická žebra</i>	20
<i>Obr. 10. Fontánový tok</i>	20
<i>Obr. 11. Typy ústí vtoku</i>	27
<i>Obr. 12. Mold-Master, vyhříváný vtokový systém s použitím uzavíracích šoupátek</i>	28
<i>Obr. 13. Schéma rozdělení vyhadzovacích systémů</i>	29
<i>Obr. 14. Válcový vyhadzovací kolík (HASCO Z40/3x40)</i>	30
<i>Obr. 15. Prizmatický vyhadzovací kolík (HASCO Z441/2x80)</i>	30
<i>Obr. 16. Trubkový vyhadzovací kolík (HASCO Z451/3x1,5x50)</i>	31
<i>Obr. 17. Chlazení výstřiku o různé tloušťce stěny [3]</i>	32
<i>Obr. 18. Vliv rozmístění kanálků na průběh teploty povrchu tvárnice [3]</i>	32
<i>Obr. 19. Model vstřikovaného výrobku</i>	37
<i>Obr. 20. Analýza pro zjištění nejvhodnějšího umístění vtokového systému</i>	38
<i>Obr. 21. Navrhnuté nové umístění vtokového systému</i>	38
<i>Obr. 22. Předpověď kvality vstřikovaného dílu po nově zvoleném umístění VS</i>	39
<i>Obr. 23. Spolehlivost plnění vstřikovaného dílu po nově zvoleném umístění VS</i>	39
<i>Obr. 24. Čas plnění vstřikovaného dílu po nově zvoleném umístění VS</i>	40
<i>Obr. 25. Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 420 C</i>	41
<i>Obr. 26. Konstrukce vstřikovací formy</i>	42
<i>Obr. 27. Zaformování vstřikovaného výrobku na pohyblivé části formy</i>	43
<i>Obr. 28. Zaformování vstřikovaného výrobku na pevné části formy</i>	43
<i>Obr. 29. Vstřikovací tryska</i>	44

<i>Obr. 30. Vtoková soustava</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 31. Vyhazovací systém ze strany od kotevní desky</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 32. Vyhazovací systém ze strany od upínací desky.....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 33. Zobrazení toku chladícího média tvárnici.....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 34. Zobrazení toku chladícího média tvárníkem</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 35. Zobrazení toku chladícího média pohyblivými čelistmi s tvarovými vložkami.....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 36. analýza vstřikování plastového dílce.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 37. Tvarová vložka tahače s od vzdušněním.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 38. Nosník se šrouby a závěsným okem</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 39. Pohyblivá strana formy</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 40. Pevná část formy</i>	<i>51</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Doporučené hloubky odvzdušňovacích mezer [3]</i>	<i>33</i>
--	-----------

SEZNAM PŘÍLOH

PI Výkres sestavy

PII Kusovník

PIII CD