

Návrh konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl

Jan Štach

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jan Štach
Osobní číslo: T12162
Studijní program: B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor: Technologická zařízení
Forma studia: prezenční

Téma práce: Návrh konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl

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:

30. ledna 2015


Termín odevzdání bakalářské práce:

22. května 2015

Ve Zlíně dne 9. února 2015


doc. Ing. Román Čermák, Ph.D.
děkan




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

Příjmení a jméno: Jan Štach

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 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 19.5.2015

Štach

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 nevydávalečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro plastový díl. V teoretické části je popsán výběr materiálu pro vstřikování, problematika vstřikování a konstrukce vstřikovací formy. V praktické části je s pomocí programu Catia V5R19 vytvořen 3D model daného výrobku a výkresová dokumentace vstřikovací formy při použití normálí od firmy HASCO.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma

ABSTRACT

This Bachelor's thesis deals with the construction of injection mold for engaged plastic part. In the theoretical part there is described choice of material for injection molding, the issue of injection and construction of molds. In the practical part there is designed 3D model of engaged part by using Catia V5R19 and drawings for injection mold with standards of HASCO.

Keywords: injection molding, injection mold

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinovi Ovsíkovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a čas, který mi věnoval při vypracování této práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POLYMERY A JEJICH PŘÍPRAVA PŘED VSTŘIKOVÁNÍM	12
1.1 PLASTY	12
1.1.1 Termoplasty.....	12
1.1.2 Reaktoplasty.....	12
1.2 ELASTOMERY	13
1.3 PŘÍSADY POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ.....	13
1.4 PŘÍPRAVA MATERIÁLU PŘED VSTŘIKOVÁNÍM	13
1.4.1 Granulace	13
1.4.2 Sušení granulátu.....	14
1.5 RECYKLACE PLASTŮ.....	14
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	15
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	15
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	16
2.2.1 Vstřikovací jednotka	17
2.2.2 Uzavírací jednotka	18
2.2.3 Ovládací zařízení stroje.....	19
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	20
3.1 DRUHY VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	21
3.2 MATERIÁLY VSTŘIKOVACÍCH FOREM	21
4 SYSTÉMY VSTŘIKOVACÍCH FOREM	23
4.1 VTOKOVÉ SYSTÉMY	23
4.1.1 Studené vtokové systémy.....	23
4.1.2 Vyhřívané vtokové soustavy	28
4.2 VYHAZOVCÍ SYSTÉMY.....	30
4.2.1 Mechanické vyhazování.....	30
4.2.2 Pneumatické vyhazování.....	31
4.3 TEMPERACE FOREM.....	31
4.4 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	34
6 POUŽITÝ SOFTWARE	35
6.1 CATIA V5R19	35
6.2 HASCO – DAKO MODUL R3/2014	36
6.3 AUTODESK SIMULATION MOLDFLOW	36
7 VÝROBEK	37
7.1 CHARAKTERISTIKA VÝROBKU	37
7.2 MATERIÁL VÝROBKU	38
8 VSTŘIKOVACÍ STROJ	39
9 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY	40

9.1	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY	43
9.2	DĚLÍCI ROVINY	44
9.3	NÁSOBNOST FORMY	45
9.4	BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI	46
9.5	VTOKOVÝ SYSTÉM	46
9.6	TEMPERAČNÍ SYSTÉM	48
9.7	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	49
9.8	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	50
9.9	MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ	51
ZÁVĚR		52
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		53
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		54
SEZNAM OBRÁZKŮ		55
SEZNAM TABULEK		57
SEZNAM PŘÍLOH		58

ÚVOD

Lidé začali objevovat plasty již v první polovině minulého století. V průmyslu se začaly používat až v 50. letech 20. století kdy došlo k jejich vývoji a zavedení do výroby ve větším měřítku. Od té doby začínají plasty nahrazovat klasické materiály jako dřevo, ocel nebo sklo. Plasty mají nízkou hustotu, dobře se tvarují a mají výborné tepelné a izolační vlastnosti. Dnes už mají využití v různých odvětvích průmyslu např. strojírenském, elektrotechnickém, automobilovém nebo také ve zdravotnictví.

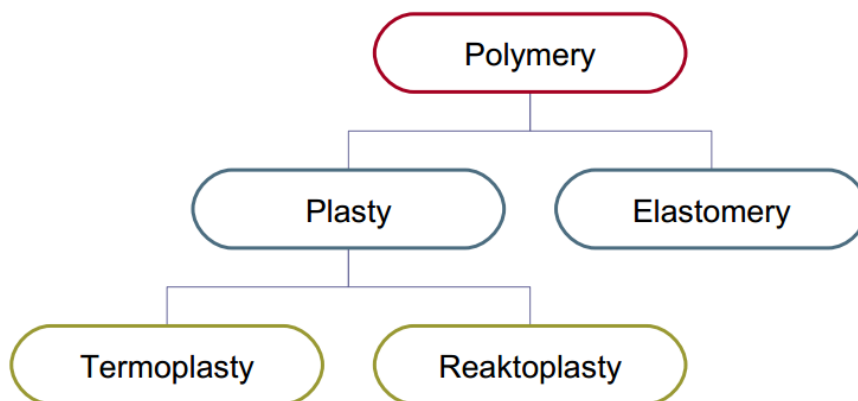
Plasty lze zpracovávat různými technologiemi. Mezi nejrozšířenější způsob zpracování plastů a výrobků z nich je vstřikování. Na procesu vstřikování se podílí vstřikovaný polymer, vstřikovací stroj a vstřikovací forma. Princip zpracování spočívá ve stříknutí roz-taveného polymeru do formy, jejíž dutina má negativní tvar budoucího výrobku. Výrobky mohou mít různou tvarovou složitost, které bychom jinými technologiemi dosahovali obtížně. Vstřikovací stroj a forma tvoří konstrukčně a ekonomicky náročný nástroj a proto se využívají hlavně při velkosériové výrobě. Při konstrukci lze využívat různých normalizovaných prvků, díky kterým můžeme snížit náklady na výrobu formy.

V dnešní době lze při návrhu formy využívat různé softwarové programy pro 3D konstruování (např. Catia, Autocad, Solid Work, atd), které umožní zrychlit a zkvalitnit návrh a výrobu formy. Programy také nabízejí simulace, ve kterých je možné zkontrolovat např. správný chod vstřikovací formy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY A JEJICH PŘÍPRAVA PŘED VSTŘIKOVÁNÍM

Polymery jsou chemické látky, které mají kvůli svým velkým molekulám různé vlastnosti. Polymery se dělí na dvě základní skupiny – plasty a elastomery viz. obr. 1. [1]



Obr. 1 Základní rozdělení polymerů

1.1 Plasty

Plasty jsou při běžných podmínkách tvrdé a křehké materiály. Při zpracování vyšší teplotou se stávají plastickými, je možno je lépe tvarovat nebo zpracovat vstřikováním. Plasty dále dělíme na dvě skupiny: termoplasty a reaktoplasty. [2]

1.1.1 Termoplasty

Ze skupiny plastů patří mezi nejrozšířenější. Mají přímé řetězce nebo řetězce s bočními větvemi. Zahříváním měknou až do stavu taveniny, kdy se můžou vstřikovat do formy. Po ochladnutí je lze opakovaně zahřívát a zpracovávat. Termoplasty se dále dělí podle vnitřní struktury na: [3]

- Amorfní – mají nepravidelně uspořádané řetězce makromolekul. Amorfní termoplasty jsou tvrdé, křehké a dají se rozpustit v organických rozpouštědlech.
- Semikrystalické – jejich řetězce mají dané uspořádání a tvoří krystalické útvary. V organických rozpouštědlech se rozpouští jen stěží a jsou houževnaté.

1.1.2 Reaktoplasty

Jejich řetězce jsou příčně spojeny chemickými vazbami. Díky těmto vazbám tvoří trojrozměrnou prostorovou síť. Reaktoplasty se při zahřátí chemicky mění a proto je není možno

opakovaně tavit a zpracovávat. Jsou tužší, tvrdší a lépe odolávají vyšším teplotám. V porovnání s termoplasty mají celkově lepší mechanické vlastnosti.

1.2 Elastomery

Elastomery jsou polymery s vysokou elasticitou. Při tepelném zpracování měknou a dají se tvářet. Tato oblast zahřívání je však časově omezena. Při dalším zahřívání dochází k tzv. vulkanizaci – chemické reakci kdy dojde k prostorovému zasíťování struktury. Po tomto procesu již není možné další tváření. Elastomery jsou po tomto procesu schopné snášet velké vratné deformace bez viditelného poškození. [11]

1.3 Přísady polymerních materiálů

Vlastnosti polymerů můžeme lehce změnit přidáním různých přísad. Touto operací můžeme dosáhnout zlepšení vlastností daného plastu pro zpracování.

- Změkčovadla – tzv. plastifikátory. Snižují tvrdost a tuhost materiálu a naopak zlepšují jeho houževnatost a ohebnost. Nejčastější použití pro PVC.
- Barviva – používají se k dosažení požadovaného barevného odstínu. Barviva můžeme přimíchat do materiálu už při výrobě vstřikovaného materiálu, nebo přímo ve vstřikovacím stroji.
- Stabilizátory – přísady zlepšující různé vlastnosti, jako např. odolnost proti UV záření a stárnutí, tepelnou odolnost atd.
- Vlákenná plniva – zvyšují modul pružnosti a pevnost materiálu. Mají vliv na fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiku. Nejčastěji používaná vlákenná plniva jsou sklo, papír, tkaniny a další. [2]

1.4 Příprava materiálu před vstřikováním

Materiál je nutno před vstřikováním upravit. Jednotlivé způsoby zpracování materiálu před vstřikováním se liší podle druhu výrobku. Mezi nejčastější úpravy patří granulace, sušení granulátu nebo míchání materiálu s drceným odpadem. [2]

1.4.1 Granulace

Pomocí granulace dostane materiál vhodné tvary ve formě malých granulí. Granule se dají dobře mísit s barvivy nebo dalšími materiály a také se dobře dávkují. [5]

1.4.2 Sušení granulátu

Termoplasty mají schopnost pohlcovat vlhkost ze vzduchu. Vlhkost v materiálu pak může snižovat kvalitu výrobku. Výrobky můžou mít povrchové vady a také může dojít ke špatnému odformování. Granulát se proto suší na povolený objem vody a sušení probíhá v teplovzdušných sušičkách nebo v komorové peci s cirkulujícím vzduchem.

Vysušený granulát se přepravuje ve vzduchotěsných obalech a skladuje v suchých skladech, aby nezvlhnul. [2]

1.5 Recyklace plastů

Během vstřikování se nám může hromadit nevyužitý materiál díky vtokům, odpadům nebo vznikem vadných výstřiků. Tento materiál můžeme opakovaně zpracovávat např. drcením v nožových mlýnech. Rozdrcený odpad se pak může smíchat s novým čistým granulátem a znovu vstřikovat. Zvýšený podíl recyklátu má vliv na vlastnosti výrobku. Ve výjimečných případech můžou být výrobky vstřikovány ze 100 % recyklátu. [2]

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

2.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus spočívá v souhře operací vstřikovací jednotky a vstřikovací formy.

První krok cyklu spočívá v uzavření formy, kdy se pohyblivá (levá) část formy přisune k pevné (pravé) části a uvnitř formy vznikne dutina pro taveninu. Uzavírací síla musí odolávat tlaku, který vyvine vstříknutá tavenina.

V okamžiku, kdy je forma v uzavřené poloze a plastikační jednotka přisunutá k formě, začne samotný proces vstřikování. Šnek, který v plastikační jednotce připravoval taveninu, nyní přímočarým pohybem vstříkne taveninu do dutiny formy. Ihned po vstříknutí následuje dotlak taveniny, který zmenší procento smrštění výrobku při chlazení.

Během chlazení výrobku ve formě, odjede plastikační jednotka od formy. Šnek začne nabírat novou dávku granulátu a vlivem rotačního pohybu a tepla se připravuje tavenina pro další cyklus.

Mezitím se v dutině formy ochladí výrobek na vyhazovací teplotu. Následně dojde k otevření formy a působením vyhazovacího systému k vyhození výrobku z dutiny. Poté se forma opět uzavře, přisune se plastikační jednotka s připravenou taveninou a proces vstřikování se opakuje. [3]



Obr. 2 Vstřikovací cyklus [3]

2.2 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroj zajišťuje plastikaci materiálu a jeho homogenizaci, vstřikování taveniny a bezpečné uzavírání formy. V dnešní době může celý proces vstřikování na vstřikovacích strojích probíhat plně automaticky. Díky tomu se dosahuje velké produktivity výroby. Technologie je však vhodná hlavně pro velké série výrobků a hromadnou výrobu, jelikož pořizovací cena celého zařízení je vysoká. [4]

Podle plastikační jednotky se vstřikovací stroje dělí na:

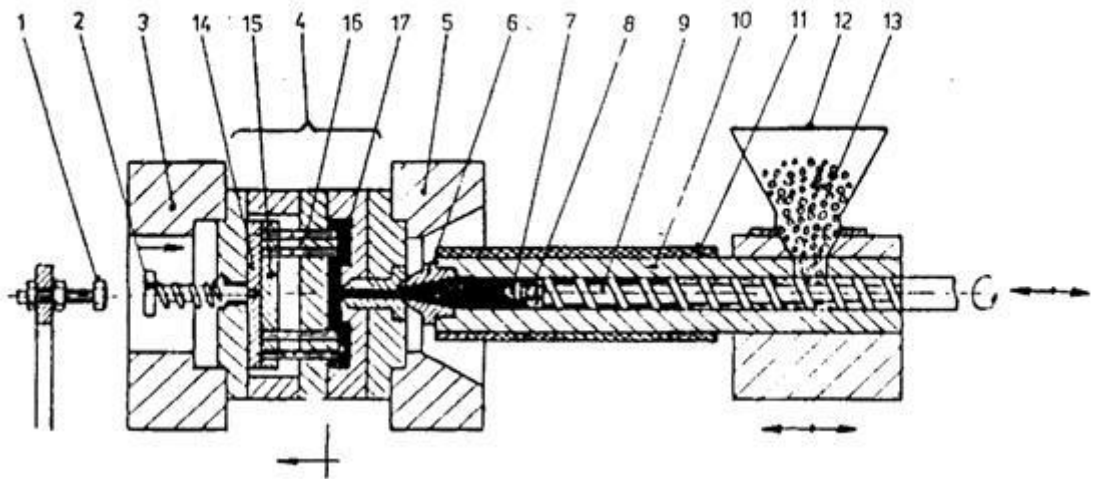
- pístové,
- šnekové,
- šnekopístové,
- dvoustupňové.

Podle pohonu:

- pneumatické,
- elektrické,
- hybridní. [6]

Vstřikovací stroj se skládá ze:

- vstřikovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- ovládacího zařízení stroje. [2]



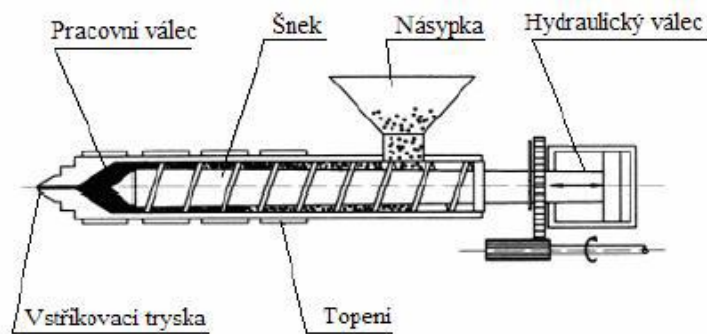
Obr. 3 Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací [6]

(1 – doraz, 2 – tyč vyhazovače, 3, 5 – upínací desky, 4 - forma, 6 – vstřikovací tryska, 7 – špice šneku, 8 – zpětný uzávěr, 9 - šnek, 10 – tavící komora, 11 – topná tělesa, 12 – násypka, 13 – granule plastu, 14 – deska vyhazovačů, 15 – kotevní deska, 16 - vyhazovače, 17 – výstřík)

2.2.1 Vstřikovací jednotka

Důležité části vstřikovací jednotky jsou tavící komora, topení, šnek a vstřikovací tryska. Vstřikovací jednotka připravuje taveninu určenou ke vstříknutí do formy. Polymer je z násypky dopravován skrze tavný válec pomocí šneku. Tělo tavného válce je rozděleno podle teploty na tři pásma – vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Každé pásmo má samostatnou regulaci vytápění. Množství připravovaného materiálu je předem přesně dané, ale objem připravovaného materiálu musí být menší, než je celková kapacita vstřikovací jednotky - optimální množství taveniny je tedy 80% kapacity vstřikovací jednotky. Šnek během plastikace koná rotační pohyb, zároveň pomalu odjíždí dozadu a před čelem šneku se hromadí tavenina.

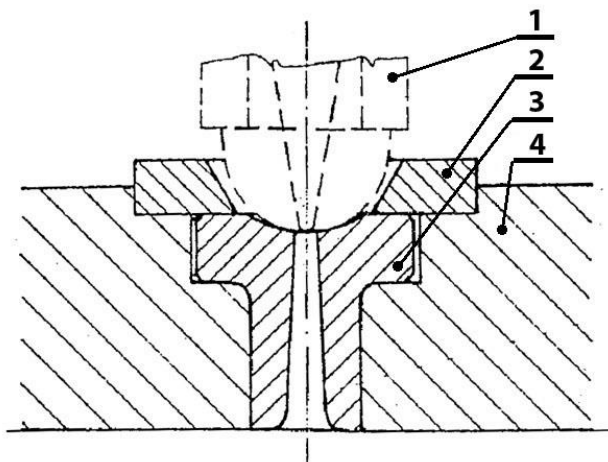
Dalším úkolem vstřikovací jednotky je dopravení taveniny do dutiny formy. Díky vyhřívané trysce, která je na konci tavné komory, dojde ke spojení celé vstřikovací jednotky s formou. Šnek následně posuvným pohybem vytlačí taveninu skrze trysku a vtokový systém až do dutiny formy. [2]



Obr. 4 Schéma vstřikovací jednotky [7]

Vstřikovací tryska musí zajistit těsný spoj i při velkých vstřikovacích tlacích. Trysky se dělí na otevřené a uzavíratelné.

- Otevřené – používají se pro materiály s větší viskozitou.
- Uzavíratelné – zabráňují vytékání polymeru při plastikaci a k jejich otevření dochází při dosednutí na vtokovou vložku formy. [6]



Obr. 5 Těsné spojení vstřikovací trysky a vtokové vložky [2]

(1 – vstřikovací tryska, 2 – středící kroužek, 3 – vtoková vložka, 4 – deska formy)

2.2.2 Uzavírací jednotka

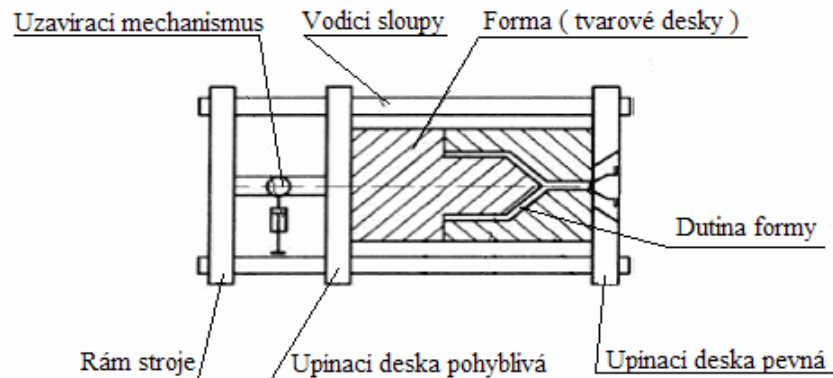
Uzavírací jednotka má za úkol zajistit uzavření, otevření nebo popřípadě odformování výrobku. Rychlost uzavírání formy není konstantní. Na začátku zavírání je rychlost větší a na konci je malá. Při otevírání se rychlost opět postupně zmenšuje. Uzavírací tlak je tak velký, aby odolal tlaku při vstřikování. Uzavírací tlak je nastavitelný a je dále závislý na promítnuté ploše dutiny a vtokového systému v dělicí rovině.

Mezi hlavní části uzavírací jednotky patří:

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

Základní způsoby uzavíracích jednotek:

- hydraulické,
- mechanické,
- hydraulicko-mechanické,
- elektrické. [2]



Obr. 6 Schéma uzavírací jednotky [8]

Vzájemná poloha vstříkovací a uzavírací jednotky ve vstříkovacím stroji je ve většině případů horizontální. Ke vstříkování tedy dochází kolmo na dělicí rovinu. Ve výjimečných případech však může být vzájemná poloha jiná. [6]

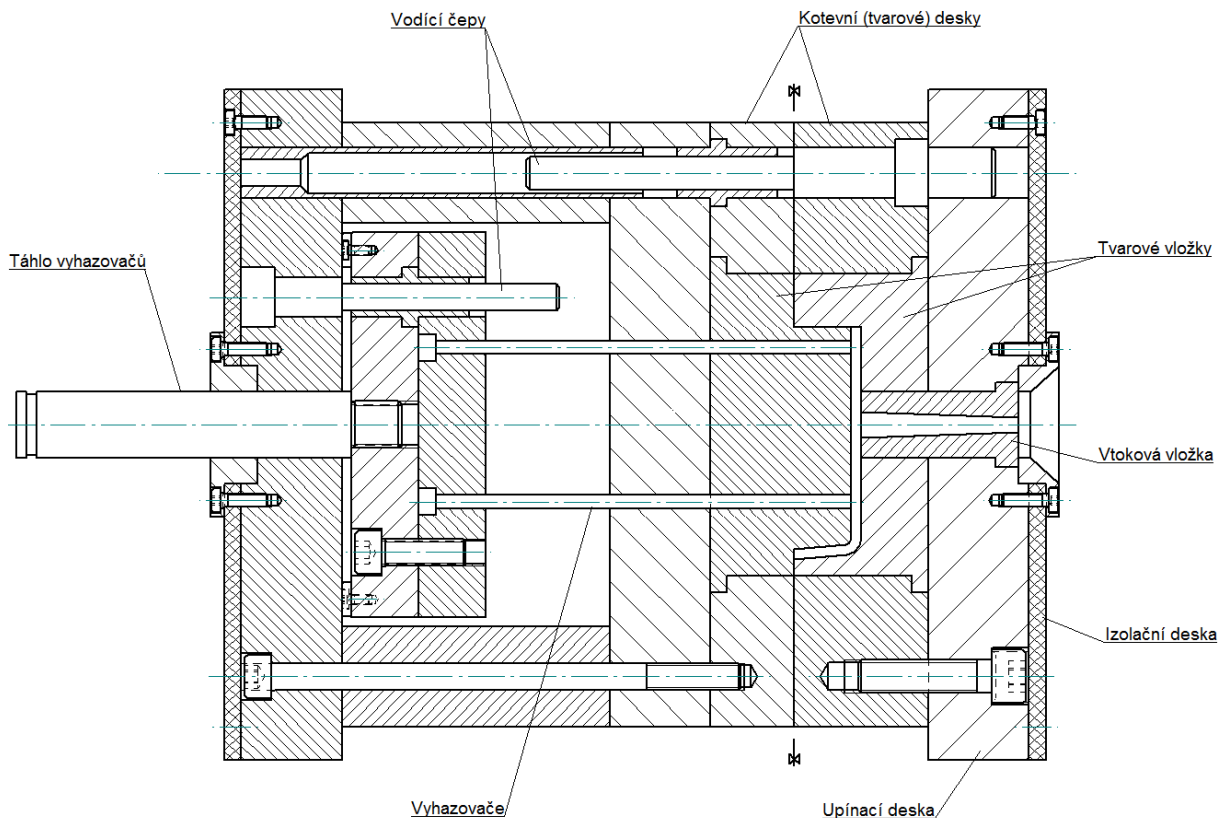
2.2.3 Ovládací zařízení stroje

Řízení stroje určuje a dodržuje nastavení velikosti vstříkovacího tlaku, dobu a rychlost vstříkování a také chlazení. Dále řídí nastavení teploty taveniny. Řízení se zajišťuje danými řídicími a regulačními prvky.

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací formy jsou v dnešní době poměrně komplikovaná a drahá zařízení. Musí odolávat vysokým tlakům a musí mít správně řešený vyhazovací systém, aby nedocházelo ke komplikacím při vyjímání výstřiku, a také musí pracovat automaticky.

Formu tvoří dvě hlavní části – pravá a levá strana formy. Pravá strana je obvykle pevně upnuta a zafixovaná na vstřikovacím stroji. Pravá strana obsahuje vtokový systém, který zajišťuje dopravu taveniny do dutiny formy. Levá (pohyblivá) část pak pomocí vyhazovacího systému zajišťuje odformování výrobku z dutiny formy.



Obr. 7 Řez vstřikovací formou

Vstřikovací cyklus probíhá ve formě ve velmi krátkém čase, proto jsou na funkčnost formu kladeny vysoké nároky, například: [2]

- vysoká přesnost a jakost ploch dutiny formy a také ostatních dílů,
- dobrá pevnost a tuhost jak jednotlivých dílů, tak celků pro zachycení tlaků,
- funkčnost jednotlivých systémů formy: vtokový systém, vyhazovací systém od-vzdušnění, temperace a další.

3.1 Druhy vstřikovacích forem

Formy se dělí podle různých hledisek:

1. Násobnost formy:
 - jednonásobné,
 - vícenásobné.
2. Poloha osy hlavního vtoku k hlavní dělicí rovině:
 - s osou hlavního vtoku k dělicí rovině,
 - s osou hlavního vtoku kolmo k dělicí rovině.
3. Zaformování výstřiku a konstrukce formy:
 - jednoduché dvoudílné,
 - třídílné,
 - etážové,
 - čelist'ové,
 - s bočními jádry ovládanými mechanicky, hydraulicky nebo pneumaticky,
 - se zařízením na závity (vyšroubovací zařízení),
 - speciální.
4. Princip vyhazovacího mechanismu:
 - mechanicky,
 - pneumaticky,
 - stírací deska,
 - kombinované.

3.2 Materiály vstřikovacích forem

Formy se skládají z funkčních a pomocných dílů, které dohromady tvoří velmi nákladné nástroje. Na výstřiky jsou kladeny vysoké nároky v podobě kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Materiály jednotlivých dílů formy jsou důležitými faktory pro dodržení těchto podmínek. Výběr materiálů pro díly formy je ovlivněn provozními podmínkami výroby, které jsou určené:

- druhem vstřikovaného polymeru,
- podmínkami vstřikování,
- přesností a jakostí výstřiku,
- vstřikovacím strojem.

Ocel je nepoužívanějším materiálem pro výrobu formy. Pevnost a mechanické vlastnosti ocelí se špatně nahrazují neželeznými materiály. V některých případech se díky určitým fyzikálním vlastnostem (tepelná vodivost, izolační schopnost) používají některé slitiny kovů. Jednotlivé díly formy nemají stejnou funkci nebo jsou různě namáhané, proto vyžadují jiné materiály. Při výběru materiálu je ovlivněn jeho funkcí, opotřebením a životností.

Používané druhy ocelí: [9]

- konstrukční oceli v přírodním i zušlechtěném stavu,
- oceli k snadnému opracování a tváření, pro cementování a zušlechtování,
- oceli uhlíkové k zušlechtování,
- oceli nástrojové legované se sníženou i velkou prokalitelností,
- oceli k nitridování,
- oceli antikorozi,
- oceli antikorozi používané při zpracování plastů,
- oceli martenzitické vytvrditelné deformací při tepelném zpracování. [9]

4 SYSTÉMY VSTŘIKOVACÍCH FOREM

4.1 Vtokové systémy

Vtokový systém se skládá z rozváděcích kanálků, které zajišťují rozvod roztaveného polymeru z vstřikovacího stroje do dutiny formy. [2]

Vtokové systémy dělíme na:

- studené vtokové systémy (SVS),
- vyhřívané vtokové soustavy (VVS).

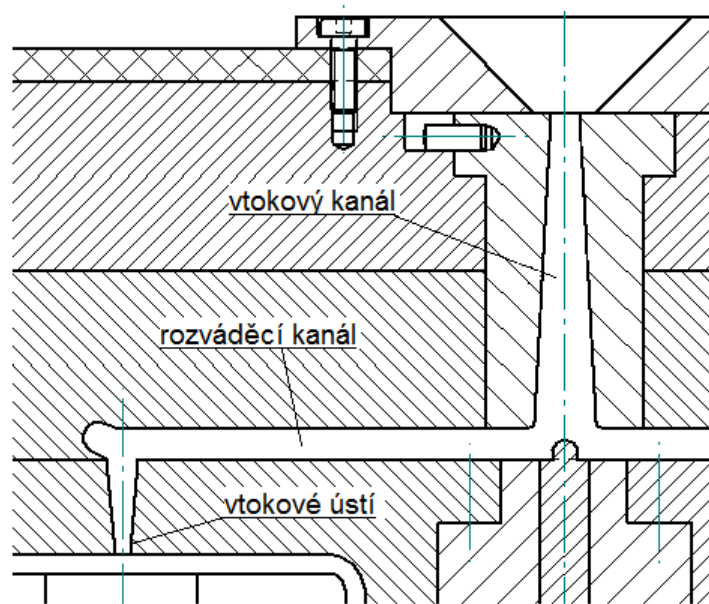
4.1.1 Studené vtokové systémy

Studené vtokové systémy musí být navrženy tak aby zabezpečovaly homogenitu taveniny. Čas toku musí být co nejkratší a odpor proti tečení musí být minimální. U vícenásobných forem je důležité, aby tavenina při vstřiku dorazila do všech dutin současně. Způsob a uspořádání kanálků je ovlivněno násobností a technickým provedením formy.

Tvar a rozměry vtoku s umístěním jejího ústí ovlivňují:

- vzhled, rozměry a vlastnosti výstřiku,
- spotřebu polymeru,
- náročnost opracování na začištění výstřiku,
- energetickou náročnost.

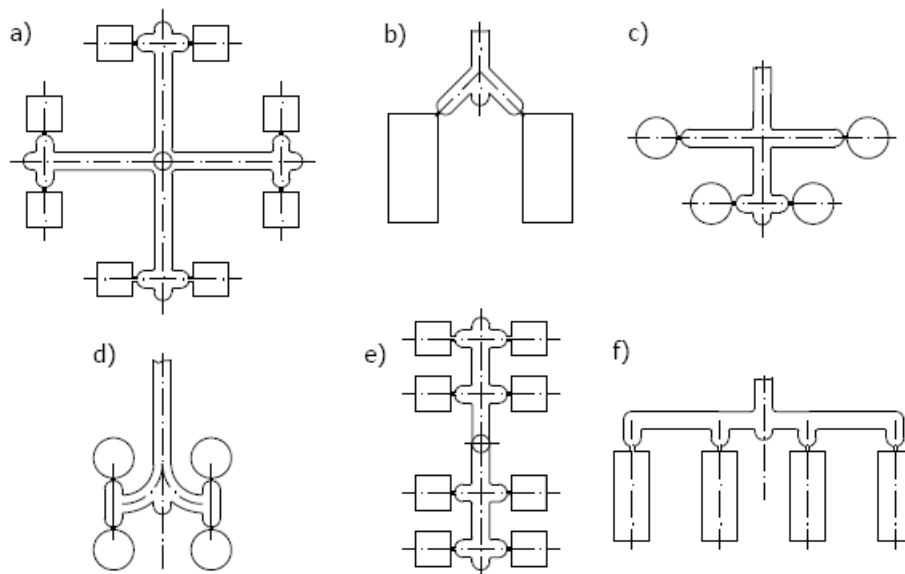
Tavenina se vstřikuje do relativně studené formy velkou rychlostí, takže během toku systémem se teplota taveniny na vnějším povrchu snižuje a roste viskozita taveniny. Kvůli vysoké viskozitě je potřeba využívat při vstřikování vysokých tlaků (40 až 200 Mpa). [2]



Obr. 8 Příklad studeného vtoku

Uspořádání vtokových kanálků

Dráha toku polymeru vtokovým systémem by měla být co nejkratší a měla by působit co nejmenší odpor tavenině. Je důležité, aby byla dráha toku ke všem dutinám stejně dlouhá z hlediska rovnoměrného plnění. [2]

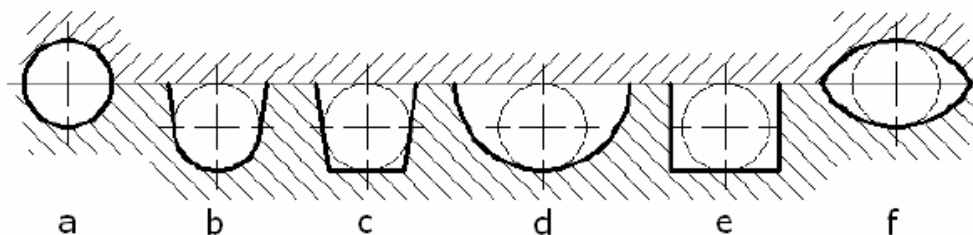


Obr. 9 Uspořádání vtokových kanálků [3]

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

Vtokové kanálky

Průřez kanálků musí být dostatečně velký, aby bylo jádro taveniny v plastickém stavu i po vyplnění dutiny formy pro správnou funkci dotlaku. Vtokový kanál má co největší průřez s ohledem na minimální plochu. Velikost plochy ovlivňuje chladnutí při toku. Nejvhodnější je kruhový průřez, avšak z výrobního hlediska se také používá průřez tvaru lichoběžníku. [2]



Obr. 10 Průřezy vtokových kanálků [3]

(a, f – výrobně nevýhodné, b, c, d, e – výrobně výhodné)

Zásady konstrukce vtoků: [2]

- všechny ostré hrany vtokových kanálků musí být zaobleny min. $R = 1 \text{ mm}$,
- nutná úkosovost (min. $1,5^\circ$) všech vtoků z důvodu snadného odformování, podkos se volí pouze u komůrky přidržovače vtoku,
- povrch vtokového systému musí být vyleštěný, drsnost by však měla být větší než $0,2 \text{ Ra}$ – usnadnění vyhazování,
- konstrukce kanálků musí zabránit vniknutí zchladlého čela taveniny do dutiny formy pomocí prodloužení rozváděcího kanálku – snížení povrchových vad výstřiku,
- vtokový systém nesmí obsahovat místa, kde se může hromadit větší množství materiálu,
- větvení kanálků musí být pod úhlem 90° a více.

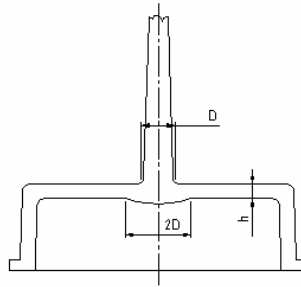
Vtokové ústí

Rozvodný kanál se těsně před vstupem do dutiny formy zúží a tím se dosáhne zvýšením teploty taveniny při vstupu do dutiny. Rozměry vtokového ústí se volí podle charakteru výstřiku, typu polymeru a technologii vstřikování. Vtok by měl být umístěn v místě s největší tloušťkou stěny výrobku a zároveň do geometrického středu dutiny. Díky tomu pak

tavenina vyplňuje dutinu rovnoměrně. Pokud má výstřik žebra, tak musí tavenina proudit ve směru jejich orientace. [2]

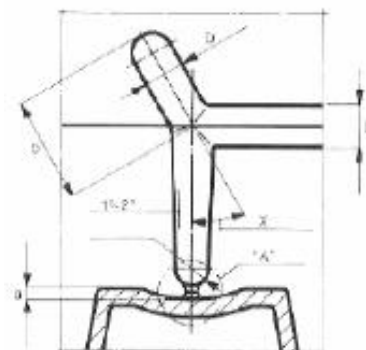
Druhy studených vtoků:

- Plný kuželový vtok – určen hlavně pro tlustostěnné výrobky a jednonásobné formy. Velmi účinný při dotlaku, protože vtok tuhne později než dutina formy. Nevýhodou je stopa po výstřiku při odstranění vtoků. [2]



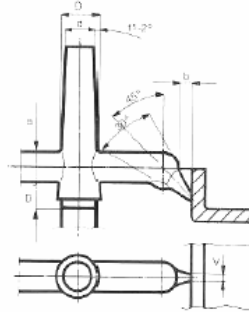
Obr. 11 Plný kuželový vtok

- Bodový vtok – k použití je nutná forma s třideskovým systémem. Při odformování se nejprve odhrne vtokové ústí a poté dojde k otevření tvarové dutiny. Vtok může vycházet z vtokového kanálku, předkomůrky nebo z rozváděcího kanálu a k odtržení od výstřiku probíhá v zúženém místě. [2]



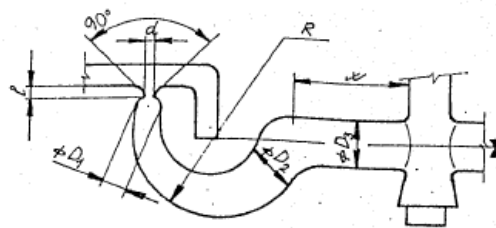
Obr. 12 Bodový vtok

- Tunelový vtok – je obdobný jako bodový vtok. Jeho výhodou je možnost konstrukce vtokového zbytku do stejné dělicí roviny, ve které leží výstřík. Pro odformování je důležitá ostrá hrana, která oddělí vtokový zbytek. Ústí má stejné rozměry jako bodový vtok. [2]



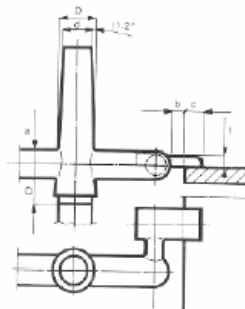
Obr. 13 Tunelový vtok

- Srpkovitý vtok – je speciálním případem tunelového vtoku. Srpkovitý vtok umožňuje umístit vtokové ústí do místa výstříku, kde nebude působit rušivě. Vtok je vhodné použít pro vysoko elastické materiály. [2]



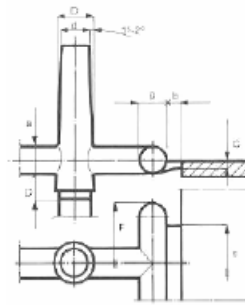
Obr. 14 Srpkovitý vtok

- Boční vtok – je nejpoužívanější vtokové ústí. Vtok má většinou obdélníkový průřez a je umístěn do dělicí roviny. Po odformování obvykle výstřík není oddělený od vtokového zbytku. [2]



Obr. 15 Boční vtok

- Filmový vtok – patří mezi skupinu bočních vtoků. Používá se převážně k plnění kruhových a trubicových dutin. Na filmový vtok jsou kladeny zvláštní nároky jako dodržení geometrických přesností a tvaru výrobku, odstranění studených spojů, zmenšení rychlosti taveniny při vstupu do dutiny nebo snížení odporu toku taveniny vtokovým systémem. [2]



Obr. 16 Filmový vtok

4.1.2 Vyhřívané vtokové soustavy

Princip VVS spočívá v tom, že po vstříknutí taveniny do dutiny formy zůstává materiál v celé oblasti vtoku plastický. Vtokové soustavy mají také vyhřívané trysky, díky kterým dochází k minimálnímu úbytku tlaku a tepla v systému s optimálním tokem taveniny. U VVS je nutné použít jen bodové vyústění s malým průřezem.

Výhody vyhřívaných vtoků jsou:

- snížení spotřeby vstříkovaného materiálu – nevzniká vtokový zbytek,
- zkrácení vstřikovacího cyklu,
- možnost automatizace výroby,
- snížení nákladů na dokončovací operace (vstřikování bez vtokového zbytku).

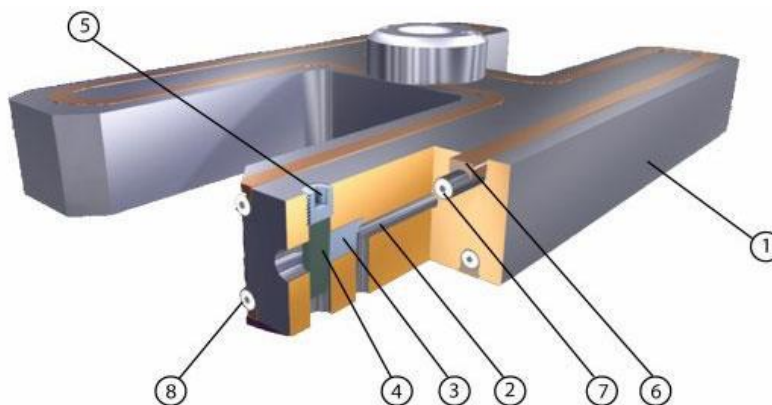
Nevýhody vyhřívaných vtoků jsou:

- nutnost použití regulátorů a snímačů teplot,
- konstrukční náročnost formy,
- ekonomická a energetická náročnost oproti studeným vtokovým systémům (SVS). [2]

Vytápěné rozvodné bloky

Používají se k dopravě materiálu do dutin u vícenásobných forem. Bloky se vkládají do pravé (pevné) části formy mezi upínací a tvarovou desku. Jejich tvary se konstruuje podle umístění trysky, tedy podle polohy rozváděcích kanálků. Nejčastěji používané bloky jsou ve tvaru I, H, X, Y, nebo ve tvaru hvězdice.

Bloky musí být izolovány od ostatních částí formy, nejčastěji vzduchovou mezerou. K jejich vytápění se nejčastěji používá elektrické odporové topení za pomoci topných hadů. [2]



Obr. 17 Rozvodný blok – řez [10]

(1 – tělo rozvaděče, 2 – kanál, 3 – koncovka, 4 – šikmý kolík, 5 – seřizovací šroub, 6 – kryt topení, 7 – topení, 8 – druhá sada topení)

Vyhřívání trysky

Trysky umožňují spojení vstřikovacího stroje s dutinou formy při dokonalé teplotní stabilizaci. Trysky mohou být vyhřívány buď vlastním topným článkem s regulací, nebo pomocí jiného zdroje vtokové soustavy.

Ústí trysky může být:

- otevřené,
- s uzavírací jehlou,
- se špičkou (používá se pro plasty, které táhnou vlas),
- speciálně upravené. [2]

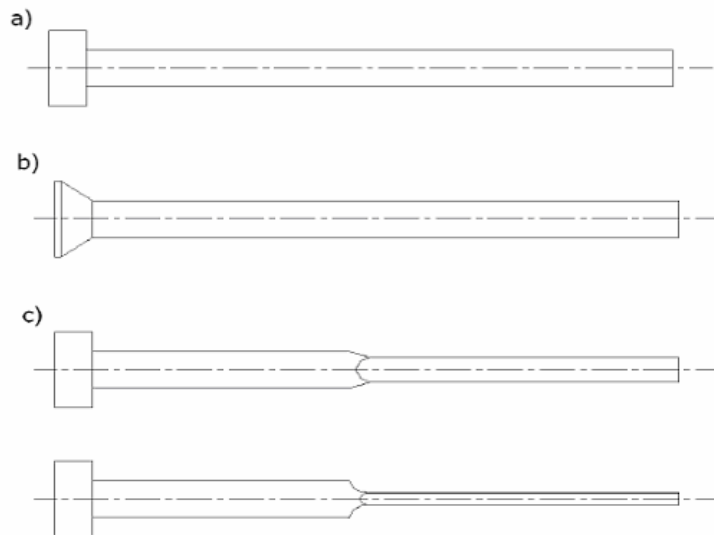
4.2 Vyhazovací systémy

Vyhazovací systémy slouží k vyjmutí výstřiku z dutiny formy. Aby odformování výstřiku proběhlo hladce a nedošlo k jeho deformaci, je nutné dodržet základní podmínky:

- hladký povrch výstřiku,
- úkosovitost stěn výstřiku ve směru vyhazování min $0,5^\circ$,
- působení síly vyhazovacího systému musí být rovnoměrné vůči výstřiku. [9]

4.2.1 Mechanické vyhazování

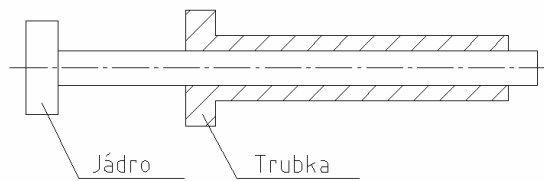
- Vyhazovací kolíky – se používají tam, kde je možné, aby kolík působil proti ploše výstřiku ve směru vyhazování. Opírat by se měl o žebro výstřiku nebo o nepohledovou stěnu. Tento způsob vyhazování patří mezi nejrozšířenější a výrobně nejjednodušší. [9]



Obr. 18 Vyhazovací kolíky [3]

(a) - s válcovou hlavou, b) – s kuželovou hlavou, c) – prizmatický vyhazovač)

- Stírací deska – se používá převážně u tenkostěnných výrobků větších rozměrů. Princip vyhazování spočívá ve stáhnutí výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu, díky tomu nezůstávají na výstřiku stopy po vyhazování. Výstřik musí na desku dosedat rovinně nebo může být plocha výstřiku minimálně zakřivena. [9]
- Trubkový vyhazovač – je speciálním případem stírací desky. Trubka působí jako stírací deska a jádro je pevně upevněno a nepohybuje se. [9]



Obr. 19 Trubkový vyhazovač

- Šikmé vyhazovače – jsou uloženy pod úhlem 15° až 25° k dělicí rovině. Jsou používány při vstřikování výrobků s mělkým vnitřním nebo vnějším zápichem, díky nim tak není zapotřebí používat posuvných čelistí [9]

4.2.2 Pneumatické vyhazování

Tento způsob je vhodný pro tenkostěnné výrobky větších rozměrů, jako jsou různé nádoby. Stlačený vzduch mezi tvárníkem a výstřikem rovnoměrně doformuje výrobek bez viditelných stop po vyhazovačích. Výhodou je také, že není potřeba velké zdvihu jako u mechanického vyhazování. [9]

4.3 Temperace forem

Temperační systém udržuje konstantní teplotu formy. Je to soustava kanálků a dutin, ve kterých proudí temperační medium (voda, olej, atd.). Při vstřiku se forma zahřívá. Přebytké teplo se tedy odvádí pomocí temperačního systému. Tím se dosahuje optimálně krátkého pracovního cyklu při zachování daných technologických požadavků. [9]

Zásady konstrukce temperačního systému:

- používá se větší množství menších kanálků,
- kanálky se rozmísťují rovnoměrně a ve stejných vzdálenostech,
- okolo místa, kde je tloušťka výrobku větší se kanálky přibližují k dutině,
- průřez kanálku je nejčastěji kruhový; určuje se podle velikosti výstřiku a použitého materiálu,
- rozmístění kanálků se určuje s ohledem na konstrukční řešení, tuhost a pevnost formy. [9]

4.4 Odvzdušnění forem

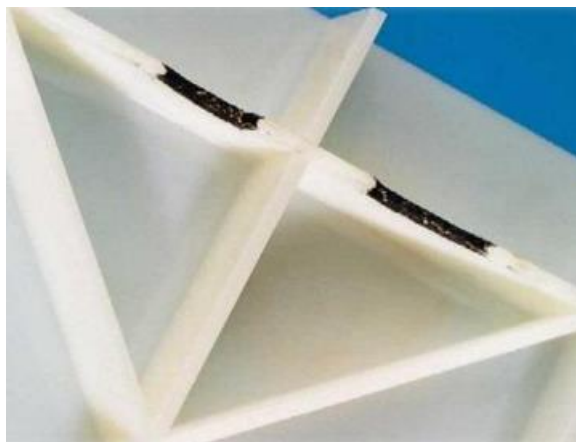
Vzduch, který vyplňuje dutinu před vstříknutím plastu, musí být během plnění z dutiny odváděn. Vzduch může odcházet v malém množství skrze dělicí rovinu, vůli mezi pohyblivými

vými částmi nebo kolem vyhazovačů. V ostatních případech se k odvodu vzduchu a případných zplodin využívá odvzdušňovacích kanálek.

Kanátky se umísťují do míst, kde vzniká pravděpodobnost zavzdušnění. Rozměry kanálek musí být vhodně zvoleny tak, aby účinně odváděly vzduch, ale zároveň nesmí dojít k jejich zatečení taveninou. Jejich rozměry jsou zpravidla od 0,2 do 0,05 mm.

Špatné odvzdušnění vede k mnoha technologickým problémům, jako například:

- Dieselův efekt – spálené místo na výstřiku,
- bubliny na stěnách výstřiku,
- možný výskyt studených spojů,
- nedostřiky – zamrznutí čela taveniny,
- nutnost použití vyššího vstřikovacího tlaku.



Obr. 20 Dieselův efekt

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hlavní cíle bakalářské práce byly:

- vypracovat literární studii na dané téma
- provést konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu
- navrhnout vstřikovací formu pro zadaný díl
- nakreslit 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku.

Součástí teoretické části neboli literární studie je popis a rozdělení materiálů pro vstřikování a jejich příprava. Dále je zde obsažen postup procesu vstřikování a popis různých konstrukčních řešení jednotlivých částí formy.

V praktické části bylo úkolem návrh a konstrukce vstřikovací formy pro konkrétní plastový díl. V daném případě jde o plastové táhlo využívané v automobilovém průmyslu. Pro 3D konstrukci a následně i k vytvoření výkresové dokumentace byl použit software Catia V5R19. Velká část normalizovaných prvků byla použita z katalogu od firmy HASCO.

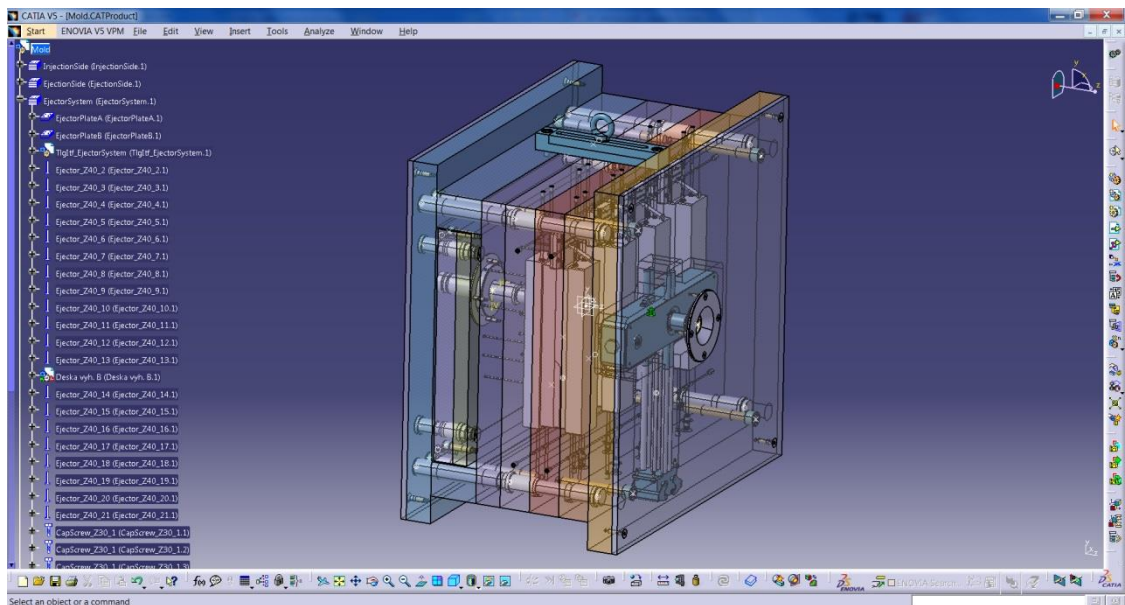
6 POUŽITÝ SOFTWARE

6.1 Catia V5R19

Pro 3D konstrukci formy a zpracování příslušné výkresové dokumentace byl použit program Catia V5R19. Jedná se o nejrozšířenější program pro 3D počítačovou konstrukci v oblasti automobilového nebo leteckého průmyslu.

System Catia umožňuje jak počáteční návrh a konstrukci výrobku, tak i provedení různých analýz, simulací a optimalizací. Dále pak tvorbu výkresové dokumentace nebo NC programů pro výrobu.

Díky tomu, že software Catia obsahuje velké množství modulů pro 3D tvorbu, může být uplatněna do zcela rozdílných oblastí strojírenství. Díky konkrétnímu modulu Mold Tooling Design, lze rychle a snadno navrhnout vstřikovací formu. Modul umožňuje zvolit potřebný stavebnicový systém, potřebné rozměry formy a jednoduché umístění jednotlivých dílů. Modul pro tvorbu vstřikovacích forem také nabízí využití normalizovaných částí Hasco, DME, Futaba, Rabourdin aj. .



Obr. 21 Uživatelské prostředí Catia V5R19 (Mold Tooling Design)

6.2 HASCO – DAKO modul R3/2014

DAKO modul od firmy Hasco je digitální katalog normalizovaných součástí vstřikovacích forem. Modul umožňuje přehledný výběr konkrétní součásti s požadovanými rozměry a následné převedení dílce do prostředí konstrukční systému. Převedení součásti lze provést do pracovních prostředí různých softwarů, mezi které patří např. Catia, Autodesk Inventor, Autodesk Autocad, SolidWorks, ProEngineer a mnoho dalších.

The screenshot displays the HASCO-DAKO software interface. At the top, it shows the title 'Z811 Uzavírací nátrubek, s uzavíracím ventilem' and 'Materiály : 2.0401'. On the left, there is a 3D model of the nozzle and a navigation menu with buttons for 'dále', 'Zpět', 'Přerušení', 'Hilfe', and 'Výrobní informace'. The main area contains technical drawings of the nozzle with dimensions d_7 , d_2 , d_4 , L , and I_1 , and a note '~DIN 3863'. Text in three languages describes the coating: 'Mit Dichtmittel beschichtet', 'Coated with sealing compound', and 'Recouvert avec ruban d'étanchéité'. A note specifies '* Nur für System 9, 13 und 19' and its equivalents. A list of part numbers is shown: Z80/..., Z802/..., Z807/..., Z80700/..., Z805/..., and Z82/...*. At the bottom, a selection bar shows 'Z811/5/5x0,5 -> 5,29 EURO (EUR)'. Below this is a table with columns for ID, Číslo, EURO [EUR], d4 [mm], d7, L [mm], I1 [mm], SW [Grad], d2_ [mm], and p [bar].

ID	Číslo	EURO [EUR]	d4 [mm]	d7	L [mm]	I1 [mm]	SW [Grad]	d2_ [mm]	p [bar]
1	Z811/5/5x0,5	5,29	5	M5x0,5	28	5	9	2,7	10
2	Z811/5/8x0,75	4,80	5	M8x0,75	30	7	9	2,7	10
3	Z811/9/R1/4	3,94	9	G1/4A	29	12	15	6	10
4	Z811/9/14x1,5	3,83	9	M14x1,5	29	12	15	6	10
5	Z811/13/16x1,5	4,10	13	M16x1,5	30	12	17	9	15
6	Z811/13/R3/8	4,21	13	G3/8A	30	12	17	9	15
7	Z811/19/24x1,5	11,00	19	M24x1,5	51	16	27	13	20
8	Z811/19/R3/4	11,76	19	G3/4A	51	16	27	13	20

Obr. 22 Uživatelské prostředí HASCO – DAKO modul

6.3 Autodesk Simulation Moldflow

Tento software nabízí simulační nástroje, které pomáhají při konstrukci plastových výrobků, vstřikovacích forem nebo při postupu vstřikování. Program umožňuje předpokládat chování výstřiku nebo formy ještě před samotným zahájením výroby.

Autodesk Simulation Moldflow byl v daném případě použit k analýze vhodného umístění vtoku.

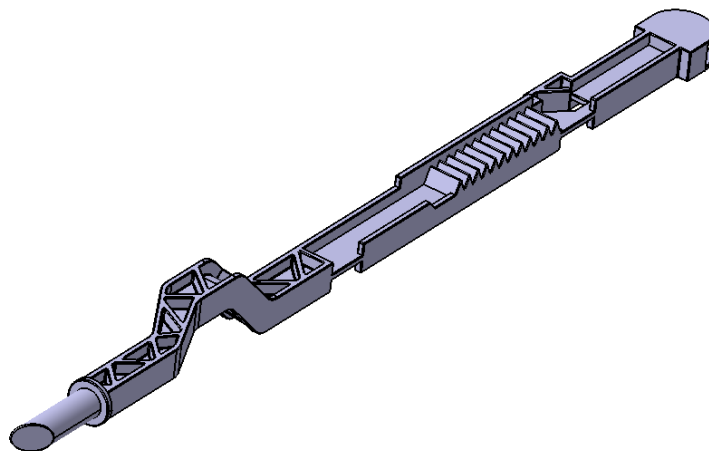
7 VÝROBEK

7.1 Charakteristika výrobku

Vstřikovaným výrobkem je plastové táhlo, které v praxi tvoří součást interiéru v automobilu. Výrobek má podél profilu různé funkční vybrání. Dále je celé táhlo vyztuženo žebrováním. Celková délka táhla je 240 mm a tloušťka žeber i stěn profilu 1,4 mm. 3D model výrobku byl vytvořen v softwaru Catia V5R19.



Obr. 23 Fotografie výrobku



Obr. 24 3D model výrobku

7.2 Materiál výrobku

Materiál použitý při výrobě táhla je polyamid 6, který je plněn 15% skelných vláken. Celkové označení materiálu je tedy PA6 GF15. Mezi výhody materiálu lze zařadit vysokou oteřuvzdornost, tvrdost a vysokou únosnost.

Název	Hodnota	Jednotka
Hustota	1,20	g/cm
Modul pružnosti v tahu	4,85	GPa
Modul v ohybu	4,40	GPa
Bod tání	220	°C
Teplota taveniny	250-270	°C
Teplota sušení	80	°C
Vlhkost	0,15	%
Vstřikovací tlak	70-120	MPa
Prodloužení při přetržení	5	%

Tab. 1 Základní vlastnosti PA6 GF15 [12]

8 VSTŘIKOVACÍ STROJ

S ohledem na rozměry vstřikovací formy a další procesní parametry byl zvolen vstřikovací stroj ALLROUNDER 820S od německé firmy ARBURG.

Uzavírací jednotka		
	Hodnota	Jednotka
Uzavírací síla	4000	kN
Otevírací síla	100/800	kN
Výška formy	350-850	mm
Vzdálenost mezi rozpěr-	820x820	mm
Síla vyhadzovacích kolíků	100	kN
Zdvih vyhadzovačů	250	mm
Vstřikovací jednotka		
Průměr šneku	60/70/80	mm
Poměr šneku	23/20/17,5	L/D
Objem vstřikované taveni-	792/1078/1407	max. cm ³
Vstřikovací tlak	2500/2000/1530	Bar
Vstřikovací rychlost	290/394/514	max.
Přítlačná síla trysky	110	max. kN

Tab. 2 Základní parametry vstřikovacího stroje [13]



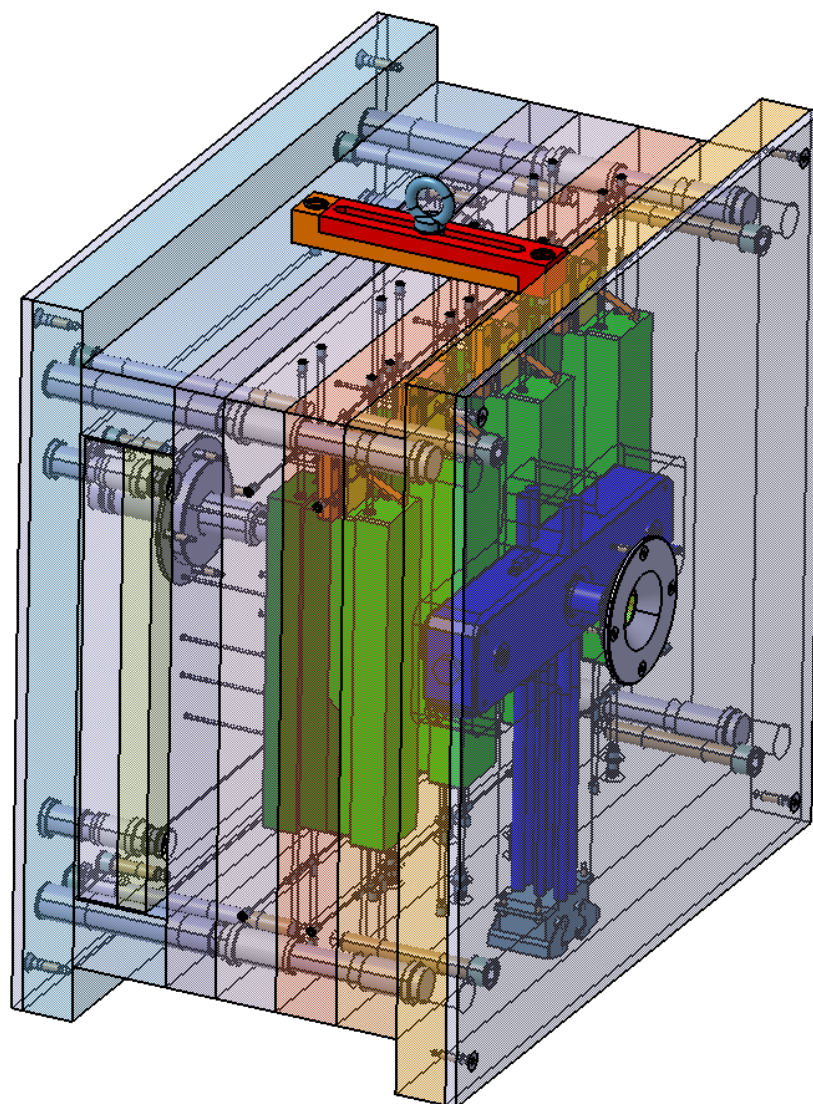
Obr. 25 Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 820S [13]

9 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací forma byla navržena co nejjednodušším způsobem s ohledem na přesnost výrobku. Pro snížení výrobní ceny formy bylo použito maximální množství normalizovaných dílů. Normalizované díly byly vkládány pomocí digitálního katalogu firmy Hasco. Samotná konstrukce formy byla provedena v programu Catia V5R19, kde byly využívány moduly Mold Tooling Design, Assembly Design, Part Design a také Shape Design.

Forma se skládá ze tří hlavních částí: pravá strana, levá strana a vyhazovací systém.

Hlavní rozměry formy jsou: 546 x 646 x 412 mm.

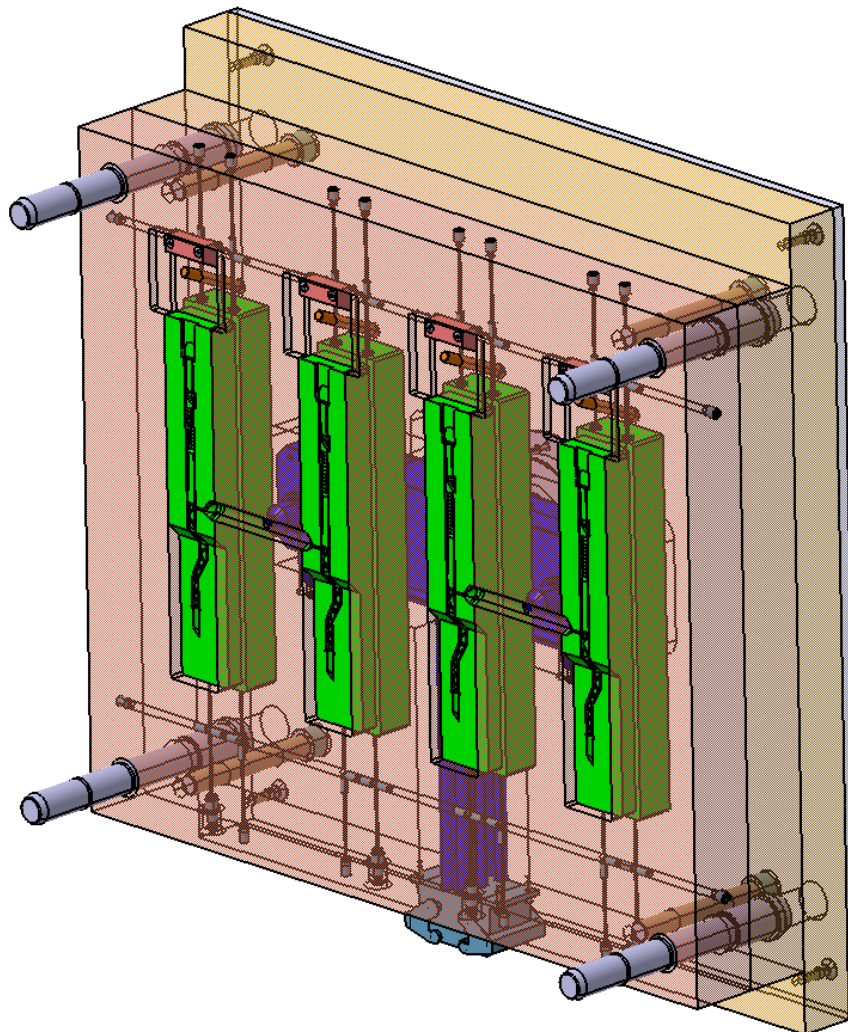


Obr. 26 Vstřikovací forma

Pravou (vstřikovací) stranu formy tvoří tři základní desky: kotevní, opěrná a upínací. Čtvrtá deska – izolační, je vyrobena z polyamidu 6 a svou nízkou tepelnou vodivostí odděluje formu od rozehřáté vstřikovací jednotky.

V kotevní desce jsou upevněny tvárnice a šikmé čepy pro posouvání čelistí, které jsou osazeny v levé části formy. Nad šikmými čepy jsou osazeny zámky, které zajišťují pevnou polohu posuvných čelistí při uzavření formy. Dále jsou v kotevní desce zašroubovány různé druhy zátek, tvořící temperační okruhy formy. Vytápěný rozvodný blok (umístěný v opěrné desce) navazuje na středící kroužek (umístěný v upínací desce).

Součástí pravé strany jsou také vodící čepy, zajišťující přesný chod levé strany formy při vyhazování výrobku. Desky jsou navzájem sešroubovány šrouby s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem.

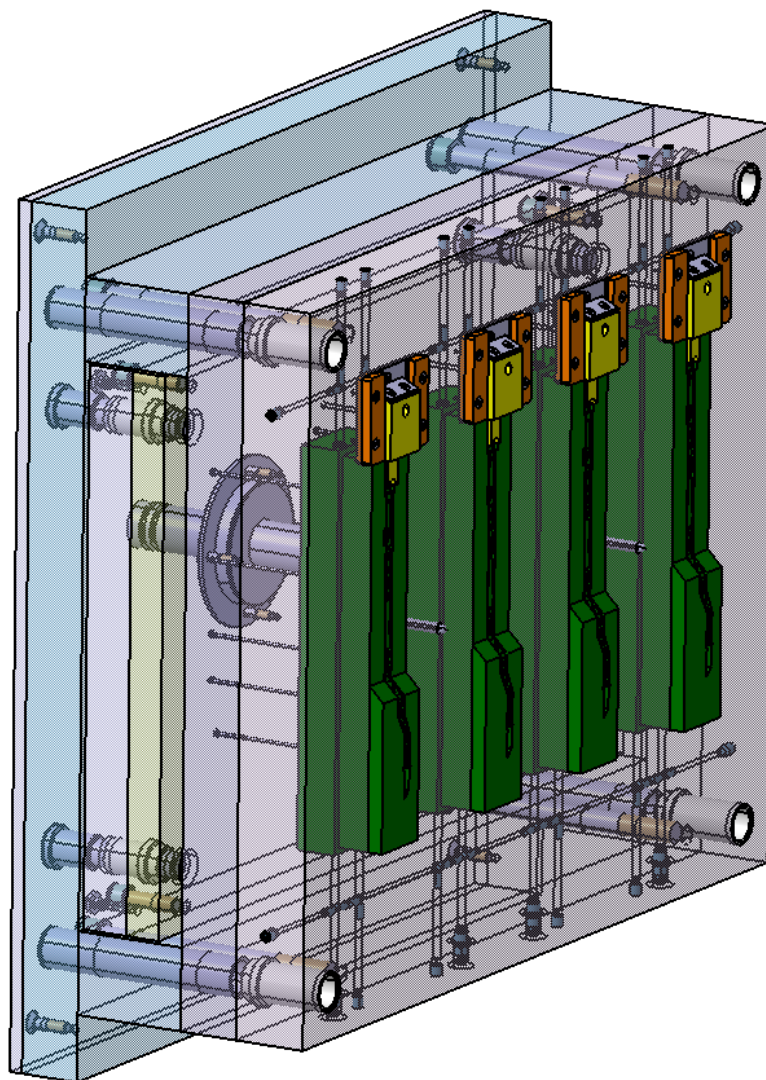


Obr. 27 Pravá strana vstřikovací formy

Levou (vyhazovací) stranu tvoří soustava desek: kotevní, opěrná, upínací a dvě rozpěrné. Vyhazovací systém tvoří spolu s vyhazovači další dvě (vyhazovací) desky.

V kotevní desce jsou umístěny tvárníky, systém bočních posuvných čelistí, vodící pouzdra a taky množství zátek které jsou součástí temperačních okruhů. Upínací deska nese menší vodící čepy, které zajišťují přesný chod vyhazovacího systému.

Desky jsou vůči sobě vystředěny středícími trubkami a sešroubovány šrouby s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem.

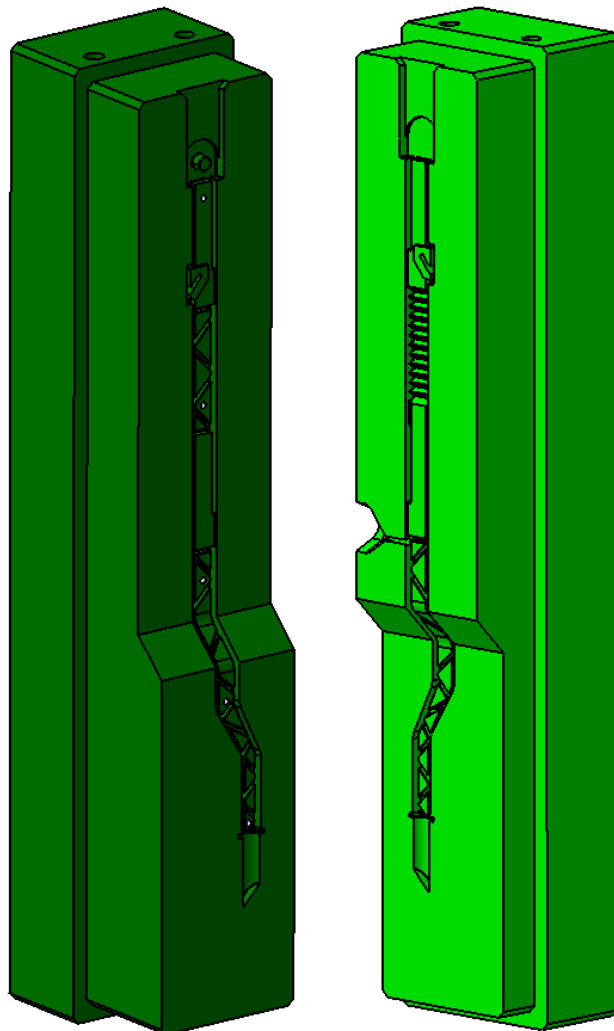


Obr. 28 Levá strana vstřikovací formy

9.1 Tvarové části formy

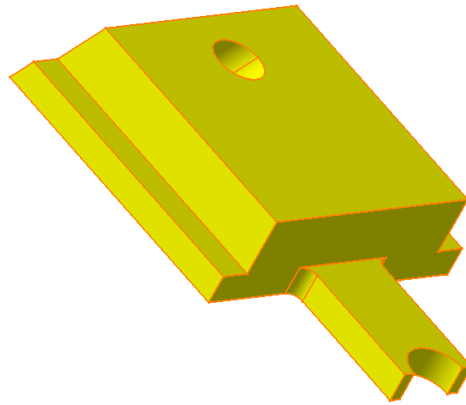
Tvarové části neboli tvárník a tvárnice jsou negativním tvarem výstřiku. Jejich dutiny byly zvětšeny o hodnotu smrštění polymeru. Tvárnice je umístěna v pravé části formy a tvárník je osazen v levé části formy. Konstrukční řešení zajišťuje, že při otevření formy zůstane výstřik v levé části formy. Pomocí vyhazovačů je výrobek následně odformován.

Tvarové části jsou vyrobeny z nástrojové oceli 19 552 a jsou tepelně zpracované cementováním a kalením. V tvárníku i tvárnici jsou vrtány temperační kanálky, které pak v sestavě tvoří celý temperační okruh.



Obr. 29 Tvárník a tvárnice

Dalším prvkem tvořící tvarové části formy jsou boční posuvné čelisti. Čelisti jsou osazeny v levé části formy a při otevírání formy dochází k jejich posunutí pomocí šikmých kolíků. Tvarová část posuvné čelisti zaformovává výřez v horní části výrobku.

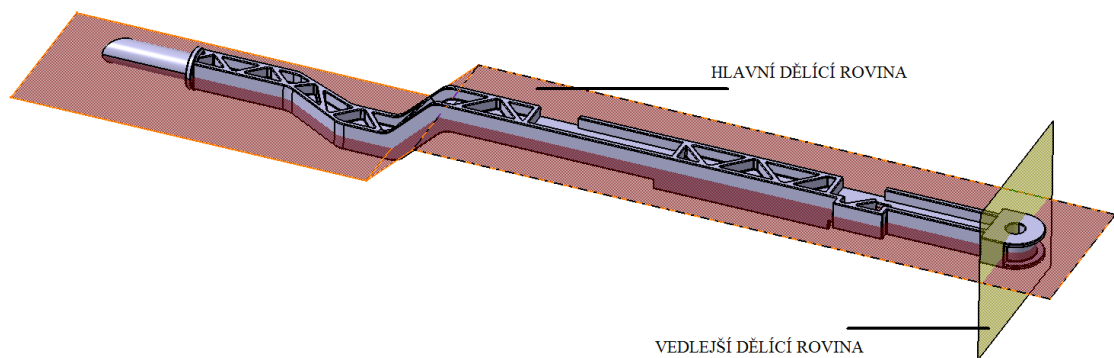


Obr. 30 Posuvná čelist

9.2 Dělicí roviny

K zaformování daného výrobku bylo nutné zvolit dvě dělicí roviny. Hlavní dělicí rovina je rovnoběžná s upínací deskou. Výstřik tak při otevření formy zůstane v levé části.

Díky vedlejší dělicí rovině, která je kolmá k hlavní dělicí rovině, dojde k odformování zářezu v horní části táhla.

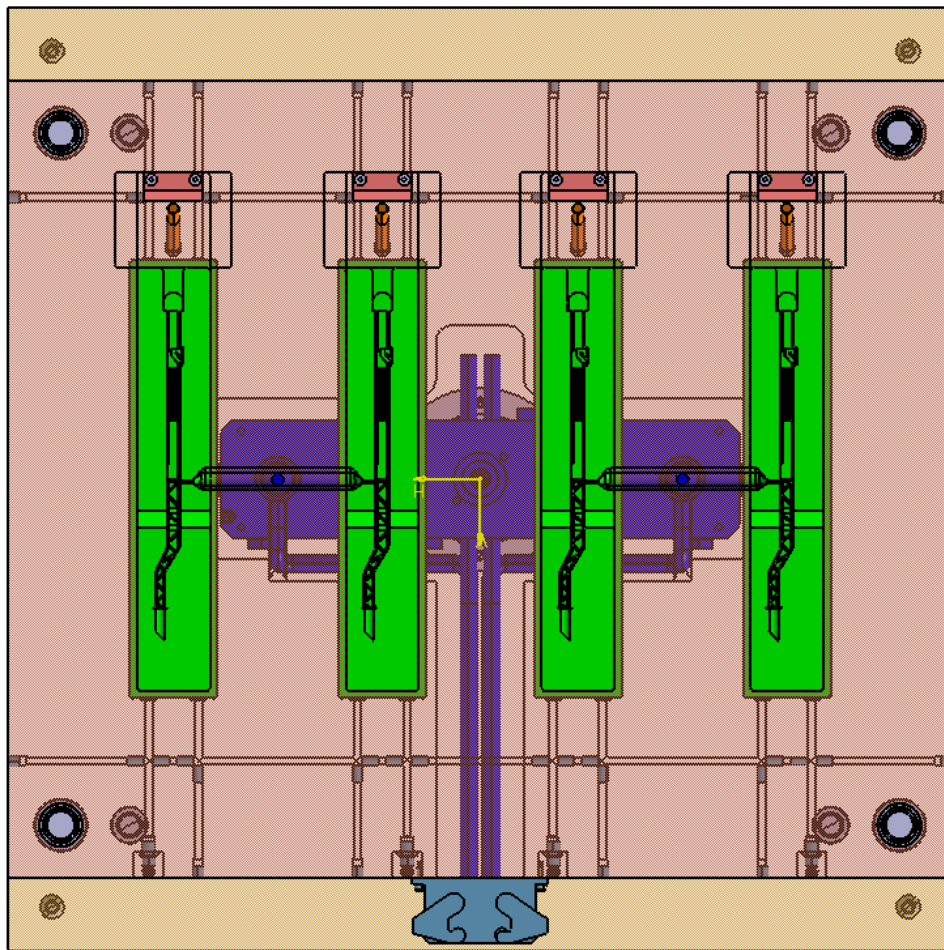


Obr. 31 Rozložení dělicích rovin

9.3 Násobnost formy

Při volbě násobnosti formy neboli počtu vyrobených kusů na jeden vstřikovací cyklus je nutné brát ohled na několik základních činitelů. Mezi základní patří požadované množství výrobků, velikost a přesnost výrobku nebo také kapacita vstřikovacího stroje.

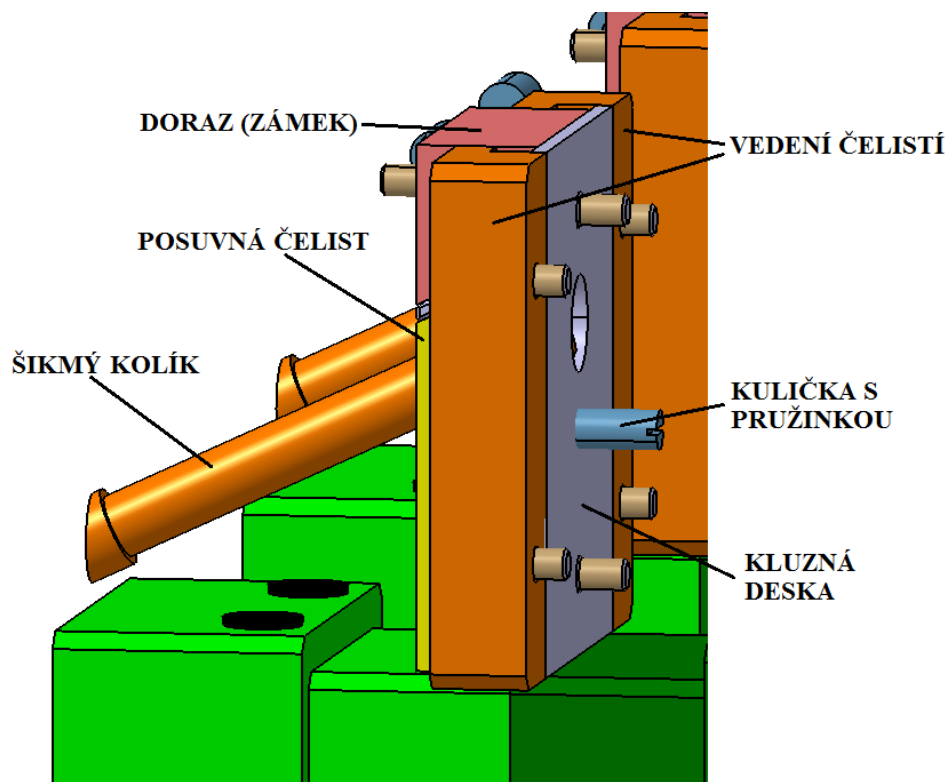
V případě plastového táhla byla zvolena čtyřnásobná forma. Díky své délce a naopak malé šířce táhla, bylo možné jednoduše a pravidelně uspořádat dutiny formy vedle sebe.



Obr. 32 Násobnost formy (pohled do pravé strany)

9.4 Boční posuvné čelisti

Posuvné čelisti s tvarovou částí musí být vytaženy dříve, než dojde k odformování výrobku. Čelisti konají pohyb pomocí šikmých kolíků, během otevírání a zavírání formy. Šikmé kolíky mají sklon 25°. Vlivem vysokých tlaků při vstřikování by mohlo dojít k posunutí čelistí, proto zavřenou polohu čelistí zajišťují dorazy (zámký) upevněné v pravé kotevní desce. Otevřenou polohu naopak zajišťuje kulička s pružinkou, která přesně zapadne do jamky v posuvné čelisti. Čelisti konají přímočarý pohyb ve svislém směru pomocí vedení.



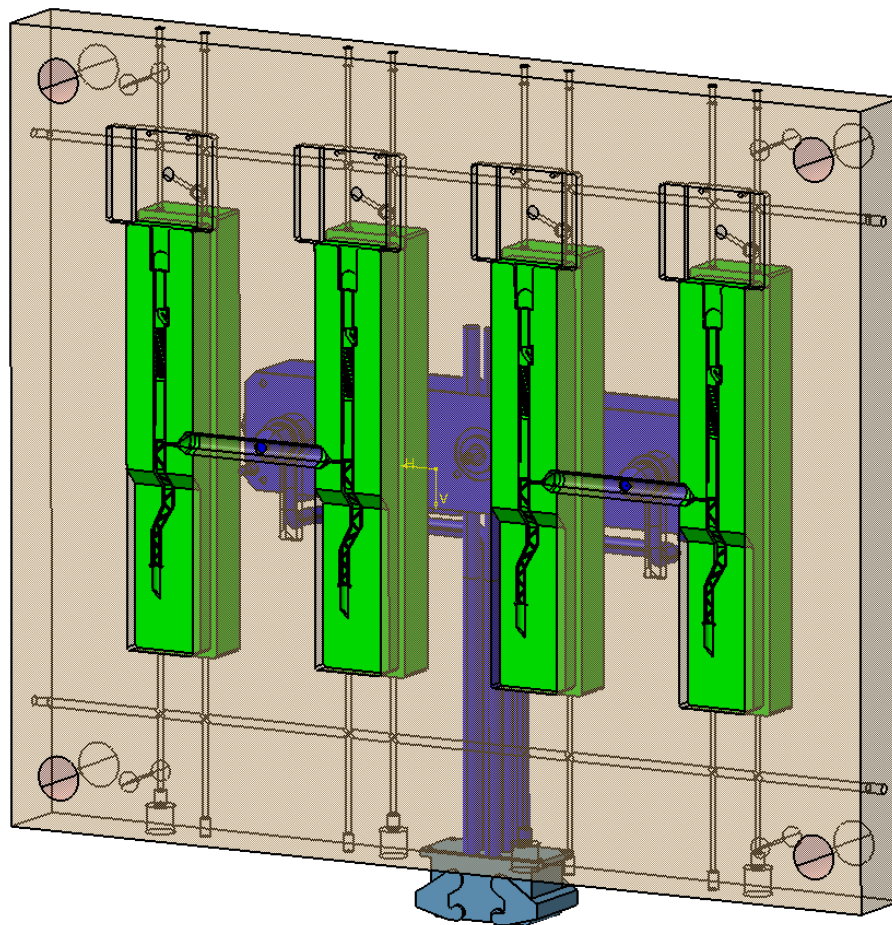
Obr. 33 Systém posuvných čelistí

9.5 Vtokový systém

Vtokový systém zajišťuje dopravu taveniny od vstřikovací trysky až do samotné dutiny formy přičemž tavenina musí být dopraveny do všech dutin formy ve stejném časovém intervalu. V tomto případě byla zvolena kombinace horkého a studeného vtokového systému a tím snížení spotřeby polymeru v podobě vtokových zbytků.

Vyhřívaný blok od firmy Hasco je uložen v opěrné desce. Při vstřikování je hrdlo bloku v přímém kontaktu se vstřikovací jednotkou. Horké trysky přímo navazují na studené rozvodné kanály. Kabley pro dodávání elektrické energie jsou vedeny dutinou v opěrné desce až do zásuvky, umístěné ve spodní části formy.

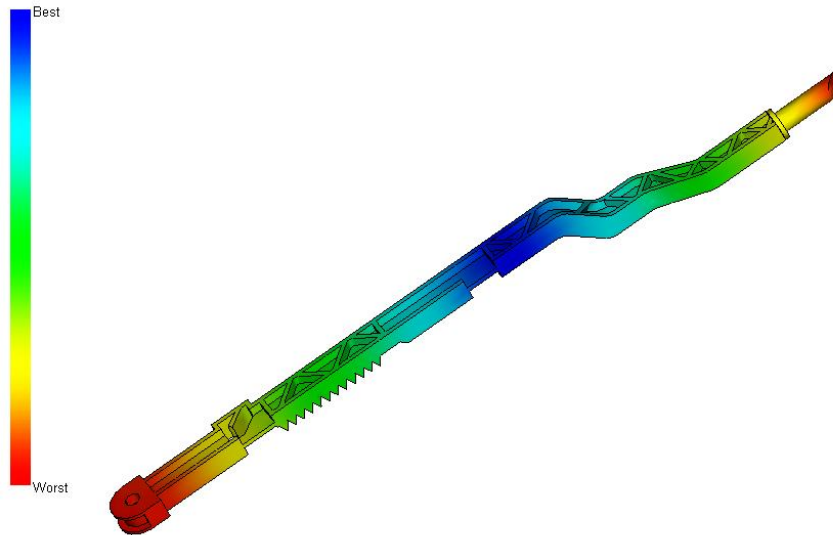
Studené rozvodné kanály jsou vyrobeny v kotevní desce a tvárnících. Kanály mají lichoběžníkový průřez, který se těsně před dutinou zužuje do kruhového průřezu. Součástí vtoku jsou také dva přídržovače, které drží výrobky se vtokovým zbytkem při otevření formy na levé straně.



Obr. 34 Rozložení vtokového systému

Při návrhu vtokového systému je také nutné dbát na vhodné umístění vtoku vůči dutině tvárníku a tvárnice. Při špatném umístění vtoku by tavenina mohla zatuhnout ještě před vyplněním celého objemu dutiny.

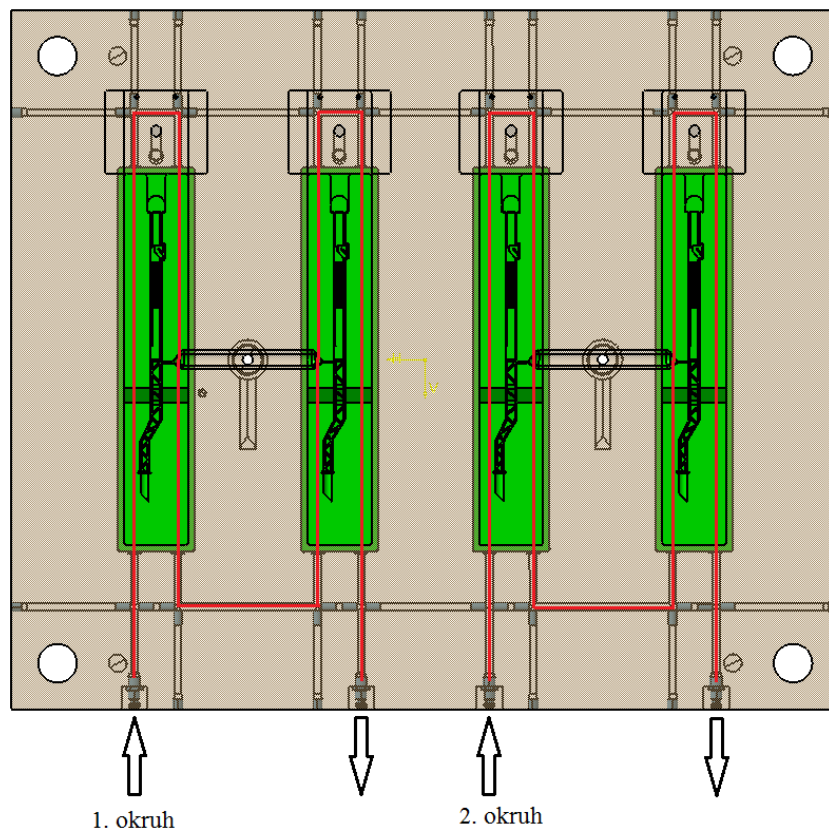
Pro určení nejvhodnějšího místa pro zadaný díl byl použit software Autodesk Simulation Moldflow, který ukázal nejvhodnější oblast umístění vtoku v prostřední části táhla (znázorněná modrá oblast).



Obr. 35 Analýza umístění vtoku

9.6 Temperační systém

Temperační systém je tvořen soustavou vrtaných kanálků a ucpávek. Kanálky mají průměr 6 mm. Vnitřní ucpávky vytváří svými polohami ve formě celkem 4 okruhy. Na každou polovinu formy tak připadají 2 okruhy. Vnější ucpávky pak chrání kanálky před usazováním nečistot. K utěsnění okruhu v přechodových oblastech mezi deskou a tvárnici nebo tvárníkem jsou umístěny gumové O-kroužky. Kapalina je pak do okruhů přiváděna pomocí rychlospojek, které umožňují rychle a snadné připojení hadic. Všechny druhy ucpávek a rychlospojky jsou použity z katalogu firmy Hasco.

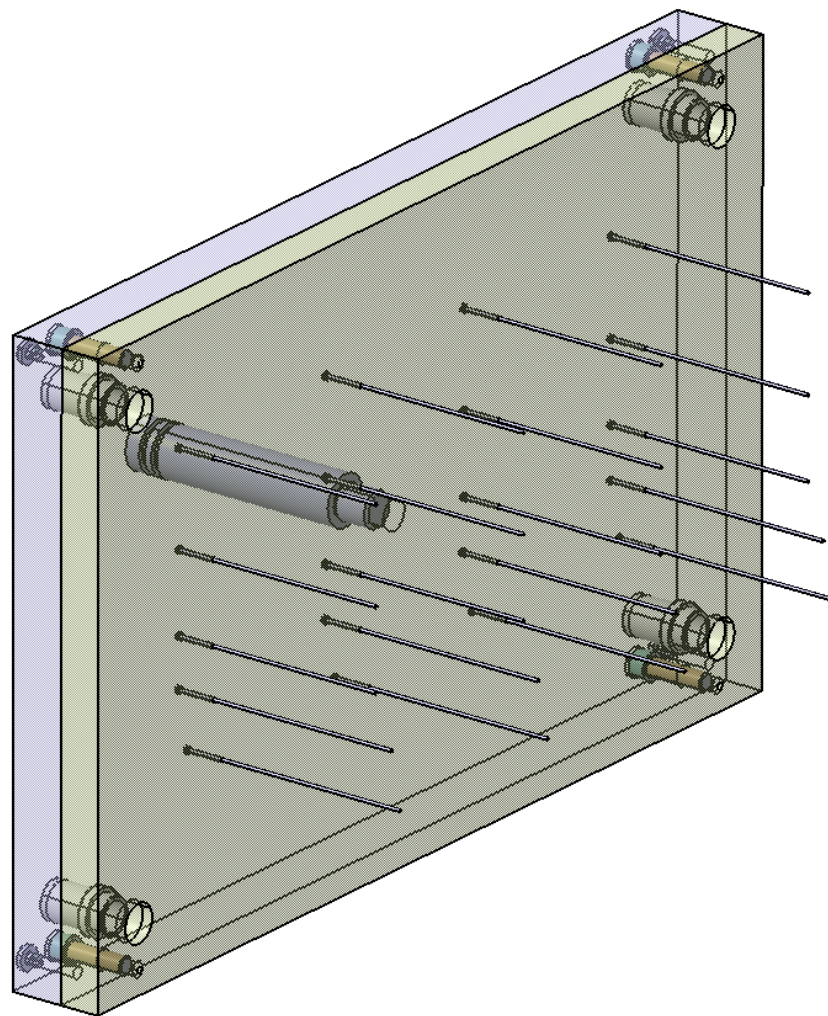


Obr. 36 Temperační okruhy – pravá strana formy

9.7 Vyhazovací systém

Při otevření formy zůstane výrobek v levé části. K odformování výrobku z tvárníku dojde pomocí soustavy vyhazovacích desek a vyhazovacích kolíků. Pro bezproblémové odformování bez poškození výrobku připadá na každou dutinu 5 válových vyhazovačů o průměru 2 mm. Vyhazovače, použité z katalogu firmy Hasco, musí mít individuálně upravenou délku podle toho, v jakém místě působí na výrobek.

Vyhazovače jsou ukotveny ve vyhazovacích deskách. Desky jsou pak ovládány pomocí táhla přes hydraulický systém stroje. Správné vedení vyhazovacích desek zajišťuje soustava vodících čepů a pouzder.



Obr. 37 Vyhazovací systém

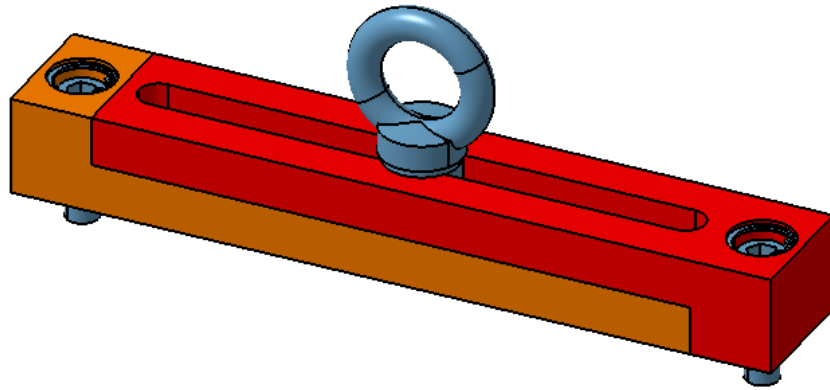
9.8 Odvzdušnění formy

Dutina formy je před vstřikováním vyplněna vzduchem, který se při vstřikování taveniny stlačuje. Odvzdušnění dutiny má zajistit bezproblémový odvod vzduchu, aby nedošlo k poškození výrobku.

V tomto případě je vzduch z dutiny odváděn vůlí mezi vyhazovači a tvárníkem, a také vůlí kolem posuvných čelistí. V případě nedostatečného odvzdušnění a poškození výstřiků by bylo nutné vyrobit odvzdušňovací systém.

9.9 Manipulační zařízení

Vzhledem k rozměrům a celkové hmotnosti formy je forma vybavena nosičem, upevněným na vrchní straně. Nosič je opět dodán z katalogu normalizovaných součástí firmy Hasco.



Obr. 38 Nosič formy

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl návrh a konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl. Vstřikovaným výrobkem bylo plastové táhlo, které v praxi funguje jako součást interiéru automobilu. Materiál výrobku je PA 6, který je plněný 15% skelných vláken.

V teoretické části této práce je popsáno základní rozdělení polymerů, jejich zpracování a úprava před vstřikováním. Dále teoretická část obsahuje popis samotného procesu vstřikování a ukázky různých konstrukčních řešení jednotlivých částí a systémů formy.

V praktické části probíhal návrh a konstrukce formy. K modelování a vytvoření výkresové dokumentace byl zvolen software Catia V5R19. Pro snadný výběr a umístování normalizovaných součástí byl používán digitální katalog firmy Hasco.

Čtyřnásobná vstřikovací forma se skládá ze tří hlavních částí: pravá strana, levá strana a vyhazovací systém. Byla použita kombinace horkého a studeného vtokového systému. Pro správné umístění vtoku, byla provedena analýza vtoku. K zaformování výstřiku je forma doplněna soustavou bočních posuvných čelistí, které jsou ovládány mechanicky pomocí šikmých válcových kolíků. Temperační systém formy tvoří 4 okruhy. Vyhazovací systém obsahuje celkem 20 válcových kolíků, které zprostředkovávají bezproblémové odformování výrobku. Forma je vybavena transportním zařízením na horní části formy.

Pomocí programu Catia byla také vytvořena výkresová dokumentace a potřebné řezy formou s příslušným kusovníkem.

Vzhledem k rozměrům formy byl zvolen vstřikovací stroj ALLROUNDER 820S od německého výrobce ARBURG.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [4] MÉZL, Milan. *Základy technologie vstřikování plastů* Mapro spol.s.r.o., Olomouc: 2012. 301 s. ISBN 978-80-970749-7-5
- [2] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů : vstřikování termoplastů. Díl 1.* 2. upr. vyd. Brno : Uniplast, 1999. 134 s.
- [3] Staněk Michal, přednášky T5KF
- [4] MANAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje II.* Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X.
- [5] LENFELD, Petr. *Technologie II. - Vstřikování plastů* [online]. Technická univerzita Liberec. [cit. 2013-12-28]. Dostupný z WWW: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [6] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [7] TOMIS, F., HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky.* 2. vyd. Praha: SNTL, 1985. 374 str. ISBN 414-33580.
- [8] TOMIS, F., HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky.* 2. vyd. Praha: SNTL, 1985. 374 str. ISBN 414-33580.
- [9] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů.* Díl 2. 1.vyd. Brno: Uniplast, 1999. 214 s.
- [10] <http://www.orycone.cz/rozvadece-orycon.html>
- [11] Vstřikování Plastu [online]. [cit. 2008-11-12]. Dostupný z WWW: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [12] Matweb [online]. [cit.2012-8-20]. Dostupný z www: <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=b92fc19016f6426c83992f443ea8de30>
- [13] ARBURG [online]. [cit. 2008-04-23]. Dostupný z WWW: <http://www.arburg.com>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PA6 GF15 Polyamid 6 plněný 15% skelných vláken.

SVS Studené vtokové systémy

VVS Vyhřívané vtokové soustavy

Catia Computer - Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application
(Počítačově - graficky podporovaná tří rozměrová interaktivní aplikace).

PVC Polyvinylchlorid.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1</i> Základní rozdělení polymerů	12
<i>Obr. 2</i> Vstřikovací cyklus [3]	15
<i>Obr. 3</i> Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací [6]	17
<i>Obr. 4</i> Schéma vstřikovací jednotky [7]	18
<i>Obr. 5</i> Těsné spojení vstřikovací trysky a vtokové vložky [2]	18
<i>Obr. 6</i> Schéma uzavírací jednotky [8]	19
<i>Obr. 7</i> Řez vstřikovací formou	20
<i>Obr. 8</i> Příklad studeného vtoku	24
<i>Obr. 9</i> Uspořádání vtokových kanálků [3]	24
<i>Obr. 10</i> Průřezy vtokových kanálků [3]	25
<i>Obr. 11</i> Plný kuželový vtok	26
<i>Obr. 12</i> Bodový vtok	26
<i>Obr. 13</i> Tunelový vtok	27
<i>Obr. 14</i> Srpkovitý vtok	27
<i>Obr. 15</i> Boční vtok	27
<i>Obr. 16</i> Filmový vtok	28
<i>Obr. 17</i> Rozvodný blok – řez [10]	29
<i>Obr. 18</i> Vyhazovací kolíky [3]	30
<i>Obr. 19</i> Trubkový vyhazovač	31
<i>Obr. 20</i> Dieselův efekt	32
<i>Obr. 21</i> Uživatelské prostředí Catia V5R19 (Mold Tooling Design)	35
<i>Obr. 22</i> Uživatelské prostředí HASCO – DAKO modul	36
<i>Obr. 23</i> Fotografie výrobku	37
<i>Obr. 24</i> 3D model výrobku	37
<i>Obr. 25</i> Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 820S [13]	39
<i>Obr. 26</i> Vstřikovací forma	40
<i>Obr. 27</i> Pravá strana vstřikovací formy	41
<i>Obr. 28</i> Levá strana vstřikovací formy	42
<i>Obr. 29</i> Tvárník a tvárnice	43
<i>Obr. 30</i> Posuvná čelist	44
<i>Obr. 31</i> Rozložení dělicích rovin	44
<i>Obr. 32</i> Násobnost formy (pohled do pravé strany)	45

<i>Obr. 33</i> Systém posuvných čelistí	46
<i>Obr. 34</i> Rozložení vtokového systému.....	47
<i>Obr. 35</i> Analýza umístění vtoku	48
<i>Obr. 36</i> Temperační okruhy – pravá strana formy	49
<i>Obr. 37</i> Vyhazovací systém	50
<i>Obr. 38</i> Nosič formy.....	51

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Základní vlastnosti PA6 GF15 [12].....</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 2 Základní parametry vstříkovacího stroje [13].....</i>	<i>39</i>

SEZNAM PŘÍLOH

P1: Výkresová dokumentace:

- výrobní výkres výrobku,
- sestava formy s 2D řezy,
- kusovník 1. část,
- kusovník 2. část.

P2: CD disk:

- bakalářská práce v PDF,
- 3D model vstříkovací formy v programu Catia V5R19,
- výkresová dokumentace.