

Konstrukční návrh vstřikovací formy pro plastový díl

Dalibor Fridrich

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Dalibor FRIDRICH

Osobní číslo: T09797

Studijní program: B 3909 Procesní inženýrství

Studijní obor: Technologická zařízení

Téma práce: Konstrukční návrh vstřikovací formy pro plastový díl

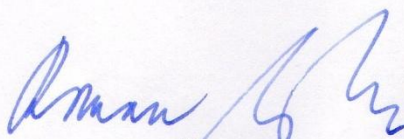
Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární rešerši na dané téma**
- 2. Provedte návrh vstřikovací formy**
- 3. Návrh vstřikovací formy doložte výkresem sestavy s kusovníkem**
- 4. Provedte zhodnocení návrhu a rozbor řešení**

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

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Štěpán Šanda**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce: **13. února 2012**
Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2012**

Ve Zlíně dne 10. února 2012



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



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

Příjmení a jméno: FRIDRICH DALIBOR

Obor: TZ

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 15.5.2012

Fridrich

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

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

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

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

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

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

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

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). 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 jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá konstrukcí plastového výrobku a nástroje pro jeho výrobu. V současné době kovový výrobek, pouzdro tankovací pistole LPG, byl konstrukčně upraven do podoby plastového výrobku. Pro výrobu takto upraveného dílu byla navržena vstřikovací forma. Samotnou bakalářskou práci tvoří dvě části: teoretická a praktická část. Teoretická část obecně v několika kapitolách popisuje řešenou problematiku. Praktická část popisuje konstrukční úpravu pouzdra a návrh vstřikovací formy.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, polymer

ABSTRACT

This thesis deals with the plastic product design and tool design for its production. Nowadays metal product, housing of LPG gun, was modified into a plastic product. The injection mould was designed for production of this way modified part. The bachelor thesis contains two parts: theoretical and practical part. The theoretical part generally describes solving problems in several chapters. The practical part describe design modification of LPG housing and design of injection mould.

Keywords: injection molding, injection mold, polymer

Děkuji mému vedoucímu práce, panu Ing. Štěpánovi Šandovi, za odborné vedení, cenné rady, čas a především trpělivost, díky kterým jsem dokončil tuto bakalářskou práci.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	12
1.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	12
1.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	13
1.2.1 Vstřikovací jednotka	14
1.2.2 Uzavírací jednotka	15
1.2.3 Ovládání a řízení stroje	15
2 PLASTY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM	17
2.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ	17
2.2 ROZDĚLENÍ TERMOPLASTŮ A VLIVY NA JEJICH VLASTNOSTI.....	17
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	19
3.1 VSTŘIKOVACÍ FORMA NA PLASTY	19
3.2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	20
3.2.1 Výkres součásti	21
3.2.2 Násobnost formy	21
3.2.3 Typ vstřikovacího stroje.....	22
3.2.4 Zvláštní požadavky na konstrukci formy	22
3.3 VTOKOVÉ SYSTÉMY	22
3.3.1 Studené vtokové soustavy	22
3.3.2 Vtoková ústí studených vtokových systémů	24
3.3.3 Vyhřívané vtokové soustavy	25
3.4 RÁMY VSTŘIKOVACÍCH FOREM	26
3.5 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY.....	26
3.5.1 Velikost vyhazovací síly	27
3.5.2 Mechanické vyhazování	27
3.6 TEMPERACE VSTŘIKOVACÍCH FOREM	29
3.6.1 Zásady volby temperačních kanálů	30
3.6.2 Temperační prostředky.....	30
3.6.3 Utěšňování temperačních kanálů	31
3.6.4 Propojení temperačních kanálů	31
3.7 ODVZDUŠNĚNÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY	31
3.7.1 Vliv technologických parametrů vstřikování na odvzdušnění	31
3.7.2 Určení místa pro odvzdušnění	31
3.7.3 Dimenzování odvzdušňovacích kanálů.....	32
3.8 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	32
4 VÝSTŘIK A JEHO KONSTRUKCE	33
4.1 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI VÝSTŘIKU	33
4.1.1 Zaoblení hran, rohů a koutů	33
4.1.2 Úkoslí a podkoslí	34
4.1.3 Žebra	34
4.1.4 Přesnost polymerních výrobků.....	34
4.1.5 Jakost povrchu polymerních výrobků	34

4.1.6	Závity	35
4.1.7	Nápisy a značky	35
4.1.8	Dodatečné vlastnosti výrobku	35
4.1.9	Vady vstřikovaných výrobků	36
5	ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI.....	38
II	PRAKTICKÁ ČÁST	39
6	CÍLE BAKALŘSKÉ PRÁCE	40
7	VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....	41
7.1	KOVOVÝ VÝROBEK	42
7.2	PLASTOVÝ VÝROBEK.....	42
7.3	MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU	43
8	VSTŘIKOVACÍ STROJ	44
8.1	VÝPOČTY	44
9	VSTŘIKOVACÍ FORMA	45
9.1	RÁM VSTŘIKOVACÍ FORMY	45
9.2	DUTINA FORMY	46
9.2.1	Zaformování tvárníku.....	47
9.2.2	Zaformování tvárnice	47
9.2.3	Zaformování bočních otvorů.....	48
9.3	VTKOVÝ SYSTÉM	49
9.4	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	50
9.5	VYHAZOvacÍ SYSTÉM.....	52
9.6	ODVZDUŠNĚNÍ.....	53
	DISKUZE VÝSLEDKŮ	54
	ZÁVĚR	55
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	56
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ	59
	SEZNAM TABULEK.....	61
	SEZNAM PŘÍLOH.....	62

ÚVOD

Stále diskutovanějším tématem v problematice výrobních materiálů je změna konvenčních materiálů za materiály modernější. Toto téma je probíráno i v oblasti průmyslové výroby. V dnešní době se v oblasti průmyslové výroby ve stále větší míře využívají polymerní materiály (zejména plasty), které nahrazují konvekční materiály, jako jsou dřevo či ocel. [1, 6]

Odvětví plastů zaznamenalo velký rozvoj v 50. letech minulého století, kdy se výroba z plastových materiálů začala rozmáhat a spolu s ní i výrobní sortiment a nároky na technologie. Základem kvalitní výroby jsou i kvalitní materiály, jejichž kvalita je v dnešní době dostatečná a nadále se zvyšuje. [1, 6]

Ve 21. století jsou technologie v rámci zpracování plastů na velmi dobré úrovni. Jednou z revolučních moderních metod je technologie vstřikování, o které pojednává tato práce. [1, 6]

Technologie vstřikování termoplastů je založena na velmi vysokých nárocích v oblasti konstrukce a provedení nástroje (vstřikovací formy). Vstřikování umožňuje vyrábět výrobky komplikovaných tvarů, které jsou obtížně zhotovitelné pomocí jiných výrobních metod. Vstřikování se provádí na vstřikovacích strojích za pomoci nástroje, který se nazývá vstřikovací forma. Výsledný výrobek se nazývá výstřik. [1, 6]

Vstřikovací forma udává výrobku tvar, vzhled a má vliv na jeho kvalitu. Z těchto důvodů je důležité, aby byla vstřikovací forma kvalitně konstrukčně navržena. V současné době jsou vstřikované výrobky i vstřikovací formy navrhovány ve virtuálním prostředí počítačů pomocí CAD a CAE aplikací. Výrobou vstřikovacích forem se zabývají specializované firmy – nástrojárny. Další společnosti se specializují na konkrétní části vstřikovacích forem, např. horké vtokové soustavy, temperační systémy apod. Jiné společnosti se zabývají návrhem typizovaných částí vstřikovacích forem, které usnadňují a urychlují návrh těchto nástrojů. [1, 6]

I. TEORETICKÁ ČÁST

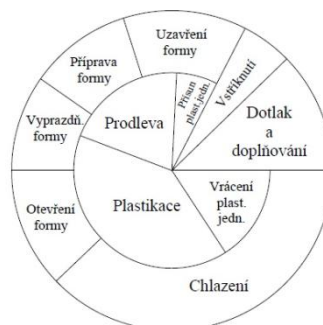
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování patří mezi nejrozšířenější způsoby výroby dílců z plastů. Vstřikování se vyznačuje složitým fyzikálním procesem, na kterém se v první řadě podílí polymer, vstřikovací stroj a forma. V průběhu vstřikování se roztavený plast ve vstřikovacím stroji dopravuje tlakem do dutiny formy a zde je následně ochlazován na požadovaný tvar výrobné součásti. Volba správného typu polymerního materiálu i jeho kvalita, má velký vliv na konečný výrobní proces. Technologický postup je proto třeba dokonale znát a striktně ho během výroby dodržovat. [1, 6, 5]

Předmětem výroby jsou zejména výrobky konečné spotřeby a dále pak polotovary, které slouží ke zhotovení jiného výrobku. Výrobky vyrobené technologií vstřikování se vyznačují velmi dobrou tvarovou i rozměrovou přesností a vysokou redukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je proces cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy polymerních materiálů. [12]

1.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus se odehrává na vstřikovacím stroji, kdy je plast ve formě granulí nasypan do násypky, ze které je pomocí pracovní části vstřikovacího stroje odebírán šnekem či pístem. Násypka poté tento granulát dopravuje do tavicí komory, kde se granule plastu pomocí účinku teploty a disipace mění v taveninu. Tavenina je následně vstříknuta do dutiny formy, kterou zaplní a zaujme požadovaný tvar. Následuje dotlak a doplnění pro snížení rozměrových změn a smrštění. Poté je výstřík ochlazován ve vstřikovací formě. Výstřík odevzdává teplo vstřikovací formě, která je odváděna temperací. Když je výstřík ztuhlý, následuje část vyhazování. V závěru cyklu se forma pootevře a výstřík je vyhozen pomocí vyhazovacího systému, který je součástí vstřikovací formy. Následuje uzavření formy a celý cyklus se opakuje. [12, 6]



Obr. 1 Vstřikovací cyklus [6]

1.2 Vstřikovací stroj

Vstřikovací proces probíhá na moderních vstřikovacích strojích, které jsou většinou plně automatické, a to za účelem dosažení vysoké produktivity práce. Pořizovací ceny vstřikovacích strojů a vstřikovacích forem jsou velmi vysoké, proto se technologie vstřikování používá zejména pro velkosériovou a hromadnou výrobu. [12]



Obr. 2 Vstřikovací stroj[11]

Ke vstřikovacím strojům patří pomocné i manipulační prvky. Jedná se o jeřáb, ejektor na dopravu materiálu, vyhřívanou násypku, zařízení pro ovládání tahačů a jader, hydraulické vyhazování apod. [1].

Vstřikovací stroj pro přesné výstřiky vyžaduje, aby [1]:

- byl tuhý a pevný při vstřiku;
- měl konstantní tlak, rychlost, teplotu, ostatní parametry a jejich časování;
- měl přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů.

Vstřikovací stroj je složen ze tří částí [1]:

- vstřikovací jednotky;
- uzavírací jednotky;
- ovládání a řízení stroje.

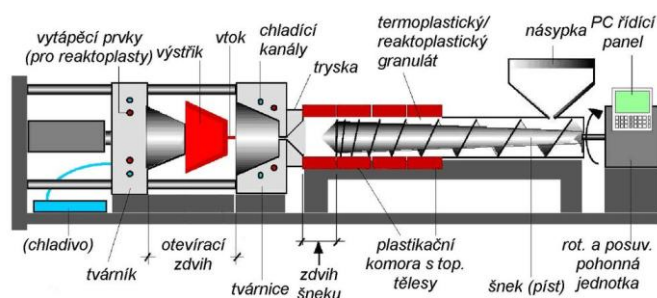


Schéma vstřikovacího stroje

Obr. 3 Schéma vstřikovacího stroje [12]

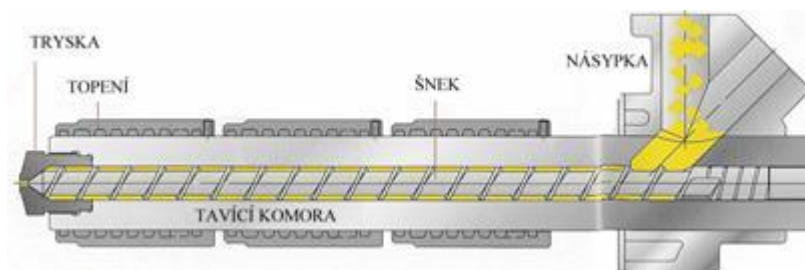
1.2.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka připravuje a dopravuje požadované množství polymeru v podobě taveniny do vstřikovací formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky na jeden zdvih. Při malém množství vstřikovaného polymeru, tzn. při malé dávce, může dojít k degradaci polymerní taveniny z důvodů jejího dlouhého setrvání v plastikační jednotce. Z těchto důvodů by kapacita plastikační jednotky měla být v rozmezí (10 – 90) %. S tím souvisí nutná rezerva, tzv. bezpečnostní polštář, pro případné doplnění taveniny do dutiny formy. Optimální vytíženost plastikační jednotky je přibližně 80 % kapacity. [1, 7, 4]

Práce vstřikovací jednotky je taková, že do tavného válce je dopravován zpracovaný plast ve formě granulí z násypky pomocí šneku. Granulát je posouván šnekem s možnou změnou otáček přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo, kdy se postupně granulát plastikuje, homogenizuje a hromadí před čelem šneku, který je současně odtlačován do zadní polohy. [1, 7, 4]

Topení tavné komory je nejčastěji rozděleno do tří topných pásem (vstupní, střední a pásmo u trysky). Tryska má samostatné topení. Část teplené energie vznikne disipací v materiálu. [1, 7, 4]

Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy zajišťuje kulové zakončení trysky. Jejich sousost zajišťuje středící vložka, která je přišroubována na vstřikovací formě. Otvor vtokové vložky musí být větší než otvor trysky. [1, 7, 4]



Obr. 4 Schéma vstřikovací jednotky [12]

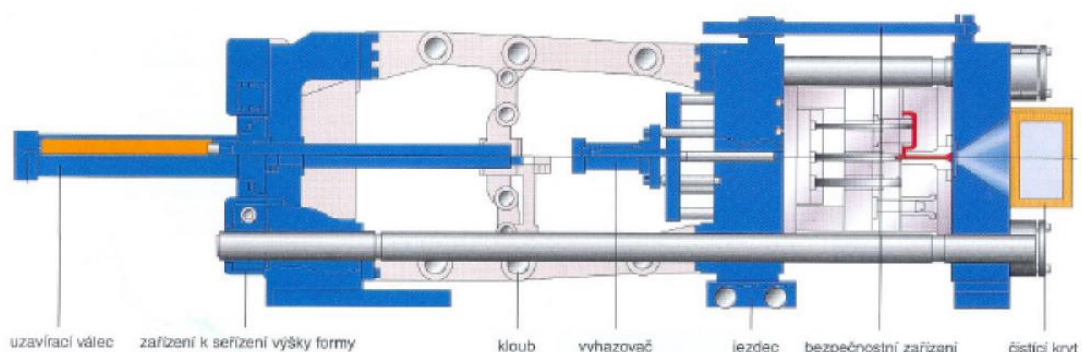
1.2.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka ovládá vstřikovací formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavírací síly je nastavitelná a musí být větší než velikost vstřikovacího tlaku, z důvodu zabránění vytečení polymeru do dělicí roviny. [1, 4]

Hlavní části uzavírací jednotky jsou [1]:

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

Uzavírací mechanismus nám poukazuje na kvalitu uzavírací jednotky. Má mnoho typů provedení. Hydraulické uzavírání jednotky umožní pootevření vstřikovací formy hydraulickým tlakem, při kterém se vyžaduje zajištění závorou. Výhodou je možnost nastavit si libovolnou hloubku otevření vstřikovací formy. U strojů s nízkou hmotností se nejčastěji používá hydraulicko-mechanická jednotka, která nám zaručuje vyšší rychlost uzavírání, potřebné zpomalení před uzavřením vstřikovací formy a dostatečnou tuhost. Uzavírací mechanismus je konstruován jako kloubový mechanismus ovládaný hydraulickým válcem. Vstřikovací formu proti pootevření při vstřikování zajišťuje hydraulický válec velkého průřezu, který je pevně spojen s upínací deskou. Existují i konstrukce uzavíracích jednotek bez vodících sloupů. [1, 7, 4]



Obr. 5 Schéma uzavírací jednotky [12]

1.2.3 Ovládání a řízení stroje

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem kvality. Význačným a nutným faktorem je stálá reprodukovatelnost technologií parametrů. Jestliže se parametry

od sebe nějak liší, mohou se tyto odchylky projevit na přesnosti a požadované kvalitě výroby výstřiku. Řízení stroje musí být zajištěno vhodnými řídicími a regulačními prvky. [1]

Nastavení stroje je kontrolováno řídicím systémem, jedná se o zpětnou vazbu. Alternativní volby a úpravy programu se pak dají snadno změnit nebo upravit pomocí monitoru, který je upevněn na stroji. Rozhodující vliv na jakost a přesnost výstřiku má řízení stroje tím, že určuje a dodržuje následující [1]:

- nastavení výše i doby vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení (tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiku);
- nastavení doby a výšky teploty taveniny, její homogenizaci (zde jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiku).

Mimo vstřikovacího stroje a použitého polymeru ovlivňuje tyto hodnoty i vstřikovací forma svým konstrukčním řešením. [1]

2 PLASTY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM

Vstřikování plastů je složitý tepelně-mechanický proces tváření, který ovlivňují [1]:

- výchozí materiál;
- vstřikovací stroj;
- vstřikovací forma.

Plasty jsou v pevném stavu látky, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci. [1]

2.1 Základní rozdělení polymerů

Polymery se dělí na dvě základní skupiny. Tyto skupiny se nazývají Plasty a Elastomery. Plasty se dále dělí na termoplasty a reaktoplasty. [1, 6]

Termoplasty

Termoplasty se vyznačují přímými řetězci (lineární polymery) nebo řetězci s bočními větvemi (rozvětvené polymery). Při ohřevu se uvolňuje soudržnost řetězců, kdy je hmota viskózní a v tomto stavu se může tvářet. Po ochlazení se dostanou opět do původního pevného stavu. [1, 6]

Reaktoplasty

Reaktoplasty jsou zesíťované polymery, které jsou příčně propojeny chemickými vazbami a vytváří prostorovou trojrozměrnou síť. Při zahřívání se zvětšuje pohyblivost této sítě, ale ne všechny řetězce se zcela uvolní. Tváříme-li vlivem teploty a tlakem nastává zesíťování plastu. [1, 6]

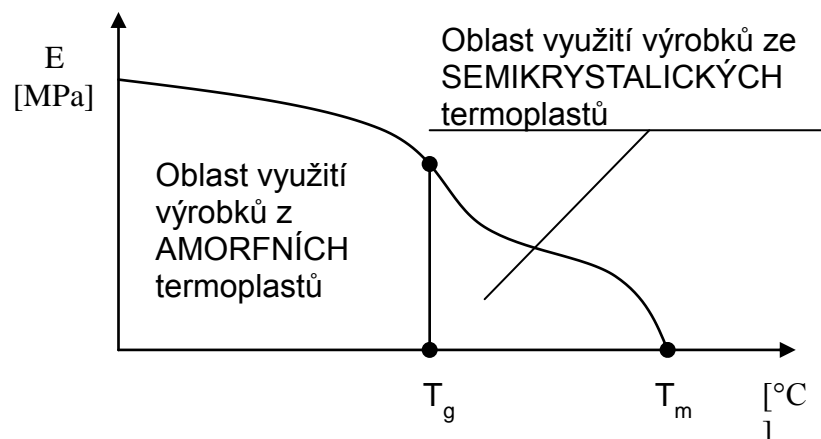
2.2 Rozdělení termoplastů a vlivy na jejich vlastnosti

Termoplasty patří mezi nejrozšířenější skupinu plastů, které jsou lineární nebo rozvětvené. Řetězec termoplastů může tvořit buďto jeden základní druh chemické skupiny, tzv. homopolymery, nebo ho tvoří více druhů základních chemických skupin, tzv. kopolymery. Z hlediska vnitřní skladby se termoplasty dělí na [1]:

- amorfni (zde jsou řetězce nepravidelně prostorově uspořádány);
- semikrystalické (podstatná část řetězců je pravidelně a těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary, zbylá část řetězců má amorfni uspořádání).

Využitelnost výrobků z amorfních plastů je pod teplotou skelného přechodu (T_g). V této oblasti je polymer pevný. Zvyšujeme-li teplotu nad oblast T_g , dochází k postupnému slábnutí kohézní síly mezi makromolekulami a plast přechází do plastické oblasti až do viskózního stavu, kdy se zpracovává. Se zvyšující se teplotou se současně zvyšuje i objem polymeru. [1]

U semikrystalických plastů jsou části makromolekul vázány pevněji v lamelách a ve sférolitech krystalické fáze. Při zvyšování teploty dochází nejprve k uvolnění částic makromolekul z amorfní oblasti a později z krystalických oblastí. To je doprovázeno značným objemovým nárůstem. Použití plastů tohoto typu je v oblasti nad teplotou T_g , jelikož mají výhodnou kombinaci pevnosti a houževnatosti nad touto teplotou. [1]



Obr. 6 Oblasti využití u amorfních a semikrystalických plastů [1]

V dnešní době je možné měnit základní vlastnosti polymerů za pomoci nejrůznějších přísad a činidel. Díky tomu je možné splnit nejrůznější požadavky na konečný výrobek. [1]

Přísady, kterými lze změnit vlastnosti polymerů, se dají rozdělit do mnoha skupin. Jedná se například o tyto [1]:

- plniva prášková nebo vláknitá;
- změkčovadla, nadouvadla;
- barviva, stabilizátory;
- antidegradanty;
- a další.

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma je nástroj, který je v průběhu vstřikovacího procesu naplňován roztaveným plastem, jenž je dopravován vstřikovacím strojem. Vstřikovací forma se upíná na vstřikovací stroj pomocí upínek. Forma je složena z několika částí, kdy každá část plní požadovanou funkci. [2, 3, 7]

Použitý plast, konstrukční řešení vstřikovací formy i vstřikovací stroj značně ovlivňují výrobní technologii. K rozhodujícím funkčním systémům vstřikovacích forem se řadí vyhazování výstřiku, temperance formy a odvzdušnění. O něco méně důležitý je typ rámu formy. V ojedinělých případech formu doplňují posuvné boční čelisti, vytáčetní mechanismy, ostříhování vtokových zbytků apod. [2, 3, 7]

Vstřikovací formy je možno dělit podle různých hledisek na [2, 3]:

- formy pro zpracování reaktoplastů;
- formy pro zpracování termoplastů;
- formy pro zpracování kaučukových směsí.

Konstrukční řešení formy musí být v souladu s technologickým postupem v návaznosti na vlastnosti zpracovaného materiálu a na vlastnosti výrobku. [2,4]

Vstřikovací formy se dále dělí podle [4]:

- počtu dutin (jednonásobné, vícenásobné);
- způsobu upnutí (snímací, upínací).

3.1 Vstřikovací forma na plasty

Vstřikovací forma dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměr výrobku při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. [1, 4]

Vstřikovací forma plní požadavky [1]:

- technické – zaručují správnou funkci formy, která musí vyrobít požadovaný počet součástí v náležité kvalitě a přesnosti. Má také splňovat podmínku snadné manipulace i obsluhy při výrobě součástí;
- ekonomické – vyznačují se nízkou pořizovací cenou, snadnou a rychlou výrobou dílů při vysoké produktivitě práce a vysokém využití plastu;

- společenskoestetické – umožňují vytvářet vhodné prostředí při bezpečné práci. Vyžadují dodržení všech bezpečnostních zásad při konstrukci, výrobě i provozu formy.

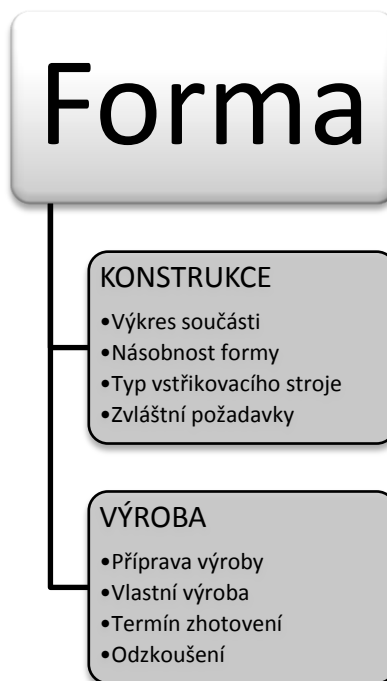
3.2 Konstrukce vstřikovací formy

Konstrukce a výroba vstřikovací formy je náročná, speciální činnost, kterou si vstřikovna obvykle sama nezajišťuje. Na výrobu vstřikovacích forem existují specializované podniky, nebo útvary v podnicích, které se touto činností zabývají. Nazývají se „nástrojárny“. [1]

Od vstřikovacích forem je požadována [1]:

- vysoká přesnost;
- maximální tuhost;
- správná funkce;
- optimální životnost zaručená konstrukcí.

Ke konstrukci a výrobě vstřikovací formy je potřeba znát nezbytné množství informací, nejdůležitější přehled podkladů je uveden na obrázku.



Obr. 7 Technické údaje potřebné pro konstrukci a výrobu forem [1]

3.2.1 Výkres součásti

Výkres součásti musí odpovídat specifickým vlastnostem součásti z plastových materiálů. Svým tvarem a rozměry má umožnit jeho jednoduchou výrobu i dodržení požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. [1]

Výkres součásti musí obsahovat [1]:

- materiál součásti;
- tvar, rozměry a tolerance;
- jakost povrchu a vzhledové požadavky (barva, dezén, apod.);
- hmotnost;
- technické přejímací podmínky.

Z ekonomického hlediska výroba vyžaduje, aby byl výstřik [1]:

- tvarově snadno zaformovatelný;
- rozměrově dosažitelný;
- s minimálními nároky na opracování.

Úspěšné a kvalitní navržení součásti předpokládá úzkou spolupráci konstruktéra součásti s konstruktérem formy, případně i s technologem. V nejlepším případě je samotný konstruktér součásti i konstruktérem formy, díky tomu se vyřeší mnoho problémů, které by se později musely řešit a to s velkými obtížemi. [1]

3.2.2 Násobnost formy

Násobnost formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří ji ovlivňují.

Tito činitelé se posuzují z hlediska [1, 3]:

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

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

3.2.3 Typ vstřikovacího stroje

Typy vstřikovacích strojů se mohou rozlišovat podle základních technických parametrů. Dále je možné vstřikovací stroje dělit podle druhu vstřikovaného materiálu nebo dle uzavírací a vstřikovací jednotky. Další rozdělení je podle způsobu práce a to na řízení ruční, poloautomatické a automatické. [4]

Nejzákladnější rozdělení je dle zpracovávaného materiálu na [4]:

- vstřikovací stroj na termoplasty;
- vstřikovací stroj na reaktoplasty;
- vstřikovací stroj na kaučuky.

3.2.4 Zvláštní požadavky na konstrukci formy

Konstrukce a celá koncepce formy je dána požadavkem dobré funkce v podmínkách stanovených výrobou. [1]

Záleží především na [1]:

- požadavcích jakosti výstřiku;
- ekonomice výroby;
- požadovaném termínu výroby.

Pokud pro zákazníka nejsou vhodné běžné požadavky, doplní je svými speciálními. Obvykle se jedná o podmínky typu jak urychlit, zlepšit, případně zlevnit výrobu. [1]

3.3 Vtokové systémy

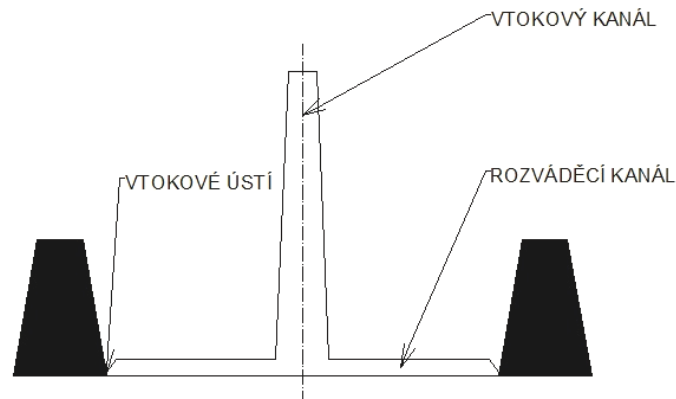
Vtokové systémy zajišťují při vstřiknutí roztaveného plastu vedení od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. [3, 6]

Vtokové systémy dělíme na [1]:

- studené vtokové systémy;
- vyhřívané vtokové systémy.

3.3.1 Studené vtokové soustavy

Studené vtokové systémy mají za úkol naplnění dutiny formy v nejkratším čase a s nejmenšími odpory vůči toku taveniny. [1, 3]



Obr. 8 Vtokový systém [10]

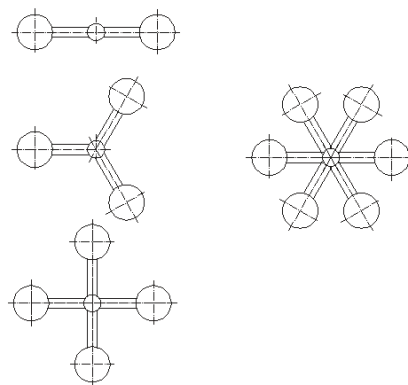
Tvar a rozměr vtoku spolu s umístěním vtokového ústí ovlivňují [1, 3]:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výrobku;
- spotřebu materiálu plastu;
- náročnost opracování na začištění výstřiku;
- energetickou náročnost výroby.

Velký vliv na celkové uspořádání vtokového systému je dán zejména konstrukcí formy a její násobností. U vícenásobných forem má tavenina dorazit ke všem ústím vtoku ve stejnou dobu a za totožného tlaku. [1, 3]

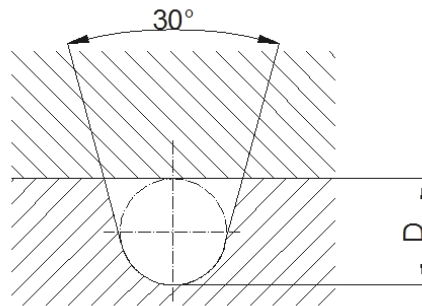
Studený vtokový systém musí zabezpečit, aby [1, 3]:

- dráha vtoku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových a časových ztrát;
- dráha toku byla ke všem dutinám stejně dlouhá, aby se zajistilo rovnovážné plnění;



Obr. 9 Symetrické uspořádání dráhy toku [10]

- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký z důvodu možnosti působit dotlakem a vtokový kanál nezatuhl před ukončením plnění dutiny formy taveninou;



Obr. 10 Průřez vtokového kanálu [10]

- byl u více násobných forem odstupňován průřez kanálů, jelikož je třeba mít stejnou rychlost taveniny.

3.3.2 Vtoková ústí studených vtokových systémů

Plný kuželový vtok

Plný kuželový vtok přivádí taveninu do tvarové dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Kuželový vtok se používá především u jednonásobných forem. Vhodný je zejména pro tlustostěnné výstřiky. Při dotlaku není vtok zcela zatuhlý, a proto je velmi účinný. Mezi nevýhody patří jeho odstranění, které je pracné a zanechává na výstřiku často stopy. Z těchto důvodů se u kuželového vtoku využívá čokkovité zahloubení. [1, 3]

Bodový vtok

Bodový vtok je nejznámější typ zúženého vtokového ústí kruhového průřezu, který leží mimo nebo i v dělicí rovině. Bodový vtok se vyžaduje zejména u třídeskových systémů forem. [1, 3]

Tunelový vtok

Tunelový vtok je zvláštní případ bodového vtoku. Jeho výhodou je, že vtokový zbytek může ležet ve stejné dělicí rovině jako výstřik. Tunelový vtok může být umístěn jak v pevné, tak i v pohyblivé části formy. Zvláštností tohoto vtoku je existence ostré hrany, která odděluje vtokový zbytek od výstřiku. [1, 3]

Boční vtok

Boční vtok je typem zúženého vtokového ústí, které leží v dělicí rovině. Průřez bývá zpravidla obdélníkový. Boční vtok je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. [1, 3]

Filmový vtok

Filmový vtok patří mezi nejpoužívanější skupinu bočních vtokových ústí, používá se k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. [1, 3]

Od filmového vtoku se vyžaduje [1, 3]:

- dodržení rovinnosti, přímosti, přesnosti tvaru výstřiku;
- malé vnitřní pnutí;
- odstranění studených spojů;
- vyvážení tlaku, kterým proudící tavenina působí na jádra nebo zástříky;
- zmenšení rychlosti taveniny vstupující do dutiny formy;
- zmenšení odporu vtokového systému.

3.3.3 Vyhřívané vtokové soustavy

Vyhřívané vtokové systémy jsou metodou vstřikování bez vtokového zbytku. Vývoj těchto vtokových soustav se postupně zdokonaloval. Nejprve to byly zesílené vtoky, poté izolované vtokové soustavy s předkomůrkami. V dnešní době byly tyto způsoby plnění nahrazeny vyhřívanými tryskami, které mají minimální úbytek tlaku i teploty. Vyhřívané vtokové systémy se nakupují od specializovaných výrobců, proto je nutné si vyžádat od výrobce potřebné podklady, případně i technickou konzultaci. [1, 3, 9]

Výhody vyhřívaných vtokových systémů [1, 3]:

- umožňují automatizaci výroby;
- zkracují výrobní cyklus;
- snižují potřebu plastu;
- odpadá manipulace a regenerace vtokových zbytků.

Nevýhody vyhřívaných vtokových systémů [1,3]:

- složitější a výrobně nákladnější formy;
- zajištění regulátorů a snímačů;

- ekonomicky nákladnější než studený vtokový systém.

Technologie vstřikování s použitím vyhřívaných vtokových soustav spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu.

[1, 3]

3.4 Rámy vstřikovacích forem

Rám vstřikovací formy představuje stavebnici vzájemně spojených desek s vodícím, středícím a spojovacím příslušenstvím. Spojená stavebnice tvoří funkční nosič tvarových dutin a vtoků, vypracovaných přímo v deskách nebo ve zvláštních vložkách. Rám doplněný o další funkční celky pak tvoří kompletní vstřikovací formu s požadovanou funkcí. [2]

Mimo uvedené činnosti musí rám umožnit [2]:

- správné ustavení na vstřikovacím stroji;
- dokonalé a bezpečné upnutí na stroji;
- přesné vedení pohyblivých dílů formy;
- snadné upevnění tvarových vložek a ostatních funkčních dílů;
- vhodné umístění temperačního a vyhazovacího systému.

3.5 Vyhazovací systémy

Vyhazovací systém vstřikovací formy nám slouží k vyhození zhotoveného výstřiku z otevřené formy. Vyhazovací systém je důležitou součástí formy, která umožňuje automatický výrobní cyklus. [2, 3, 4, 8]

Vyhazovací systém má dvě fáze [2]:

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

Podmínkami správného vyhození výstřiku z dutiny vstřikovací formy jsou hladký povrch a úkosovitost stěn výstřiku (minimálně 1°) ve směru vyhazování. Vyhazování výstřiku musí být rovnoměrné, aby nedošlo k zapříčení a tak ke vzniku trvalých deformací nebo k jinému poškození. Vyhazovací systém se skládá z vyhazovačů, jejich tvar a umístění může být velmi rozmanitý. Vyhazovače mohou tvořit část dutiny formy. U hlubokých tvarů je třeba počítat s jejich zavzdušňováním. [2,8]

3.5.1 Velikost vyhazovací síly

Vyhazovací síla je síla, která je potřebná pro vyhození výstřiku z formy. Potřebná velikost vyhazovací síly závisí na [2]:

- velikosti smrštění výstřiku ve formě;
- členitosti výstřiku a jakosti povrchu funkčních ploch tvárníku formy;
- technologických podmínkách vstřikování;
- pružných deformacích formy.

Velikost vyhazovací síly se stanoví ze smrštění, kdy smrštění vyvolá tlak mezi výstřikem a formou. Tím vznikne tření, k jehož překonání je nutná vyhazovací síla. [2]

3.5.2 Mechanické vyhazování

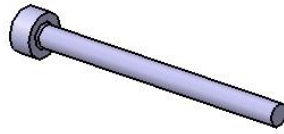
Mechanické vyhazování patří mezi nejrozšířenější vyhazovací systémy. Konstrukce mechanického vyhazování má různá provedení, která představují [2]:

- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků;
- vyhazování pomocí stírací desky;
- vyhazování pomocí trubkových vyhazovačů;
- šikmé vyhazování;
- postupné vyhazování;
- speciální vyhazování.

Mohou nastat i případy, kdy je výstřik mělký. V takové situaci není nutné vyhazovače použít. Postačí jen vyhození za vtokový zbytek, se kterým je výstřik spojen. [2]

Válcové vyhazovací kolíky

Vyhazování pomocí válcových kolíků patří mezi nejpoužívanější a nejlevnější způsoby vyhazování výstřiku. Tento systém vyhazování můžeme použít tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Válcový kolík je výrobně jednoduchý a funkčně zaručený. Správná volba tvaru vyhazovacího kolíku i jeho vhodné umístění umožní snadné vyhození výstřiku bez poškození. Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit, to by mohlo mít za následek trvalou deformaci. Kolíky by měli být na nepohledové části z důvodu stopy na výstřiku od styčných ploch vyhazovacích kolíků. U většího počtu vyhazovacích kolíků může nastat problém v podobě obtížnějšího vyrobení temperančního systému. [2, 3, 4]



Obr. 11 Válcový vyhazovací kolík [1]

Stírací deska

Vyhazování stírací deskou představuje stahování (setření) výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Díky tomu se na výstřiku nezanechávají stopy po vyhazování. Deformace výstřiku jsou proto minimální a stírací síla velká. Toto vyhazování se používá především u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich deformace nebo u rozměrných výstřiků, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Vyhazování stírací deskou se používá i pro vícenásobné formy. [2]

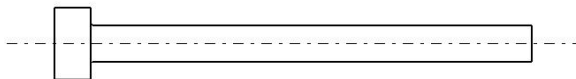
Pohyb stírací desky může být podle účelů a koncepce formy vyvozen [2]:

- tlakem vyhazovacího systému;
- tahem ve speciálních případech.

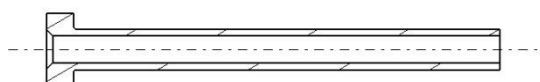
Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu, který působí přes vyhazovací desku spojenou táhly se stírací deskou. [2, 3]

Trubkové vyhazovače

Funkce trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač s otvorem pro vyhazovací kolík má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, která se nepohybuje a tvoří jádro. [2, 3]



Obr. 12 Jádro trubkového vyhazovače [1]



Obr. 13 Vyhazovač s otvorem [1]

Šikmé vyhazovače

Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů je speciální formou mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou uloženy pod různými úhly. Toto vyhazování slouží pro vyhození malých a středně velkých výstřiků. [2, 3]

Dvoustupňové vyhazování

Dvoustupňové vyhazování vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se navzájem ovlivňují. Tento způsob vyhazování nám umožňuje vyhazovat výstřiky v rozdílných časových intervalech. Využívá se k vyhazování slabostěnných výstřiků v kombinaci se stíráním nebo s vyhazovacími kolíky. Využívá se i při odstraňování vtokových zbytků od výstřiku. [2, 3]

Pneumatické vyhazování

Pneumatické vyhazování je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Způsob pneumatického vyhazování není tak častý, ale je výhodný pro výstřiky tvaru nádob. Stlačený vzduch se zavádí mezi výstřik a líc formy, tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku. [2, 3]

Hydraulické vyhazování

Hydraulické vyhazování se používá především k ovládní mechanických vyhazovačů. S hydraulickým vyhazováním se setkáváme jen zřídka. Hydraulické vyhazovače se vyrábějí většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve vstřikovací formě. [2, 3]

3.6 Temperace vstřikovacích forem

Ohřívání nebo ochlazování vstřikovací formy se nazývá temperace. U temperace záleží na energetické bilanci formy a okolního prostředí. Teplota dutiny vstřikovací formy není konstantní. Nejprve po vstříknutí polymeru teplota stoupá a poté klesá právě díky temperačnímu systému. Kolísání teplot má být co nejmenší, proto je nutné optimalizovat temperační proces. To znamená volit správně velikost a rozmístění kanálů i rychlost a teplotu temperačního média. [2, 3, 8, 9]

Temperační systém bývá součástí pevné i pohyblivé části vstřikovací formy. [2, 3]

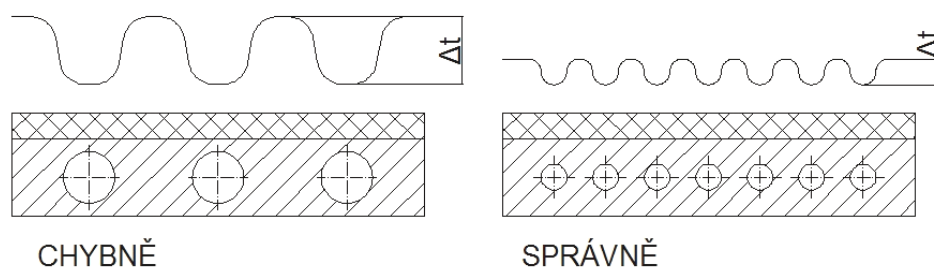
3.6.1 Zásady volby temperačních kanálů

Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými se předává nebo odvádí teplo. Rozměry a rozmístění temperačních kanálů a dutin se volí s ohledem na celkové řešení formy. Je třeba dbát na dostatečnou pevnost a tuhost stěny funkční dutiny. Je lepší využít větší počet menších kanálů. Průřez kanálů se volí podle velikosti výstřiku, druhu plastu a rámu formy. V největší míře se využívá průřez kruhový, ale sám o sobě není tvar temperačního kanálu ničím omezen. [2, 3, 8, 9]

Při volbě temperačního systému je nutno dodržovat tyto pravidla [2]:

- kanály umístit v optimální vzdálenosti od tvarové dutiny formy;
- kanály umístit a dimenzovat tak, aby bylo intenzivně odváděno teplo;
- průtok kapaliny regulovat tak, aby proudila od nejteplejšího k chladnějšímu místu formy;
- průřez kanálů volit z výrobních důvodů kruhový;
- rozmístění kanálů volit s ohledem na tvar výstřiku;
- kanály mají procházet celistvým materiálem formy;
- při průchodu média nesmí vznikat mrtvé kouty;
- kanály se neumísťují v blízkosti hran výstřiku;
- průměr kanálů nemá být menší jak 6 mm, z důvodu zacpání nečistotami.

Volba správného temperačního systému je znázorněna na obrázku níže.



Obr. 14 Volba správného temperačního systému [2]

3.6.2 Temperační prostředky

Temperační prostředky představují média, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách. Temperační prostředky se rozdělují na aktivní (kapaliny aj.) a pasivní (vzduch aj.). [2, 9]

3.6.3 Utěšňování temperačních kanálů

Utěšňování nám složí k zamezení úniku temperačního média do prostoru formy, kde je výskyt temperační kapaliny nežádoucí. K utěšňování se používají nejčastěji O-kroužky, které jsou zhotoveny z pryže. [2]

3.6.4 Propojení temperačních kanálů

Propojení temperačních kanálů se provádí mimo formu za pomoci přírodních hadic, které jsou napojeny a utěsněny na koncovech nejružnější koncepce. Propojení musí být dokonalé a bezpečné. Hadice musí odolávat temperačnímu médiu, dosahované teplotě a požadovanému tlaku. [2]

3.7 Odvzdušnění vstřikovací formy

Odvzdušnění vstřikovacích forem zdánlivě nepatří k významným problémům při navrhování forem. Důležitost odvzdušnění se nejčastěji projeví až při zkoušení hotového výstřiku. Důsledkem špatného odvzdušnění může být nedokonalý, nekvalitní vzhled či nízké mechanické vlastnosti. Odvzdušnění lze v některých případech zhotovit snadno, většinou je však tato problematika obtížná. [2, 3]

3.7.1 Vliv technologických parametrů vstřikování na odvzdušnění

Před vstřikováním je dutina formy naplněna vzduchem. V průběhu vstřikování je potřeba zajistit únik vzduchu a případných zplodin. Čím větší je rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny. [2]

Nejčastějším jevem při rychlém plnění je stlačení vzduchu, to má za následek ohřátí a vznik Dieselova efektu. Tento efekt je nepřijatelný z pevnostních a vzhledových důvodů. U větších tloušťek stěn výstřiku může vzduch, který nemá možnost z formy uniknout, vniknout do taveniny. Po zchlazení ve stěně zůstanou bubliny. [2]

3.7.2 Určení místa pro odvzdušnění

Volba místa pro odvzdušnění ve formě je někdy zřejmá z tvaru výstřiku, jindy je jen obtížně zjistitelná. Je třeba se zamyslet nad způsobem a směry plnění dutiny formy. Toto závisí i na umístění vtoku a tloušťce stěn. [2]

3.7.3 Dimenzování odvodušňovacích kanálů

Vzduch z dutiny formy stačí často uniknout dělicí rovinou nebo vůlí mezi pohyblivými částmi. V ostatních případech je třeba formu opatřit odvodušňovacími kanálky obdélníkového průřezu. Potíže s odvodušňováním mají především nové formy s dobře těsnícími dělicími rovinami a vyhazovači. [2]

3.8 Materiály používané při výrobě vstřikovacích forem

Vstřikovací formy jsou nákladné nástroje, které jsou sestaveny z funkčních a pomocných dílů, tudíž od nich očekáváme požadovanou kvalitu, životnost a nízkou pořizovací cenu. [2]

Materiál forem je ovlivněn těmito podmínkami [2]:

- druhem vstřikovaného plastu;
- přesností a jakostí výstřiku;
- podmínkami vstřikování;
- vstřikovacím strojem.

Pro výrobu forem se používají takové materiály, které splňují provozní podmínky navrhované vstřikovací formy. Používají se zejména tyto druhy materiálů [2]:

- ocel vhodných jakostí;
- neželezné slitiny kovů;
- ostatní materiály (izolační, ...).

Nejvíce se využívá ocel, která je díky svým dobrým vlastnostem obtížně nahraditelná. [2]

4 VÝSTŘÍK A JEHO KONSTRUKCE

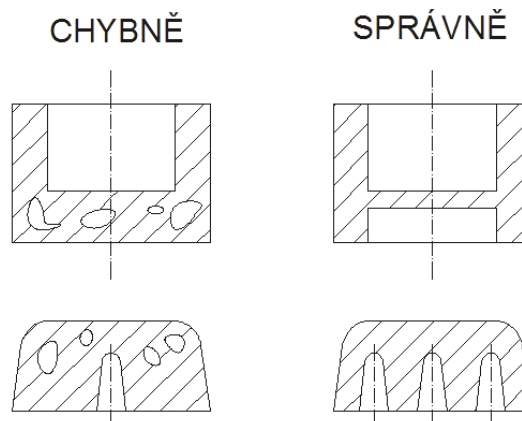
Konstrukční návrh součástí z plastových materiálů se řídí úplně jinými zásadami, než je tomu u součástí kovových. Při tvorbě výstřiku musí konstruktér zvažovat, co všechno se při vstřikování dílu z plastu bude dít. [1]

4.1 Požadavky na konstrukci výstřiku

K základním podkladům pro konstrukci formy je znalost samotného výrobku. Konstruktér řeší tvar nejen z funkčního, ale i z ekonomického hlediska. Dále musí konstruktér přihlídnout i na způsob jeho výroby. [1]

V dutině formy se tavenina rychle ochlazuje a tuhne, pouze silnější stěny výrobku vyžadují delší dobu chlazení. Proto je nutné se vyvarovat rozdílu tloušťek stěn, jelikož to má za následek nerovnoměrné ochlazování výrobku. To má za následek vznik vnitřních pnutí a povrchových vad, propadlin a lunkrů. Zásady správné konstrukce vstřikovaných výrobků vyžadují jednotnou tloušťku stěn. V případech, kde se nelze vyhnout silnějším stěnám se provede vhodné odlehčení. Tloušťka bočních stěn nebo žeber se zaoblenou přechodovou hranou nemá překročit 0,8 tloušťky hlavní stěny. [1]

Na obrázku jsou znázorněny chyby a možné způsoby odlehčení.



Obr. 15 Odlehčení výstřiku [1]

4.1.1 Zaoblení hran, rohů a koutů

Díky zaoblení hran, rohů a koutů se usnadní tok taveniny, zabrání se koncentraci napětí v těchto místech a sníží se i opotřebenění formy, protože přechody s ostrými hranami vyžadují vyšší vstřikovací tlaky. [1]

4.1.2 Úkosy a podkosy

Úkosy a podkosy jsou sklony stěn výstřiku kolmo k dělicí rovině, kterými se buďto umožňuje nebo u podkosů zabraňuje vyhození výstřiku z dutiny formy. Typy úkosů a podkosů se dělí na vnější a vnitřní. Volbu jejich velikosti ovlivňuje především smrštění, elasticita plastu, povrch stěn formy a automatizace výroby. S ohledem na tyto skutečnosti se pak volí jejich velikost. [1]

4.1.3 Žebra

Žebra se dělí podle účinku, které plní na součásti, případně v dutině formy. Základní rozdělení žeber je následující [1]:

- žebra technická (zabezpečují pevnost a tuhost součástí);
- žebra technologická (umožňují optimální plnění dutiny formy, brání zborcení stěn, případně odstraňují vznik povrchových vad).

4.1.4 Přesnost polymerních výrobků

Přesnost polymerních výrobků se dělí na dvě skupiny a to na běžnou a na zvýšenou. Běžná přesnost se pohybuje mezi IT12 až IT15, zvýšená přesnost je mezi IT 9 a IT10. [1]

4.1.5 Jakost povrchu polymerních výrobků

Jakost povrchu polymerních výrobků je odrazem kvality dutiny formy. Čím je horší jakost povrchu, tím je horší odformování výstřiku z dutiny formy. [1]

Povrchy polymerních výrobků se dělí na [1]:

Matné

Matný povrch je výrobně nejjednodušší a nejekonomičtější, zakrývá vzhledové nedostatky.

Lesklé

Lesklé povrchy jsou výrobně nejsložitější a nejnáročnější, jsou zde vidět vzhledové nedostatky. U některých výrobků nelze docílit lesklého povrchu.

Dezénové

Dezénové povrchy jsou limitovány umístěním ve formě, druh dezénu se vyrábí pomocí vzorkovníku. Zakrývá nedostatky, jsou potřeba větší úkosy.

Barevnost povrchu

Barevný povrch je limitován druhem polymerního materiálu a jeho vzorkovníkem barev. Pokud barevnost nevyhovuje, tak se přistoupí k nátěru povrchu.

Rýhování

Rýhování se využívá u držáků a ovládacích prvků, je nutné dávat pozor na zaformování, které by nemělo být složité.

4.1.6 Závity

Závity z polymerních materiálů mají menší pevnost než je tomu u závitů z oceli. U malých rozměrů závitů a menších stoupání je vhodné je vyřezat. Závity nesmí začínat na okraji výrobku. Mezi výhodné závity patří přerušované, které mají nižší náklady. [1]

4.1.7 Nápis a značky

Nápis a značky se dělí na [1]:

Vystouplý reliéf nebo značky

Vystouplý reliéf je výrobně nejjednodušší a nejlevnější, ale není účelově vhodný.

Zapuštěný reliéf nebo značky

Zapuštěný reliéf je výrobně složitý a nákladný, tudíž není příliš vhodný.

Kompromis

Kompromis je účelově nevhodnější.

4.1.8 Dodatečné vlastnosti výrobku

Dodatečné vlastnosti výrobku se dělí na [1]:

Temperace

Temperace je tepelné zpracování výrobku pro zlepšení jeho vlastností nebo stabilizaci rozměrů.

Kondicionání

Kondicionání je speciálním případem temperance, kdy je při zvýšení teploty výrobek sycen vlhkostí.

Obrábění

Obrábění nám slouží k začištění stop po vrtání, stříhání atd.

Natírání a lakování

Natírání a lakování se využívá z dekorativních a funkčních důvodů, zakrývá defekty a brání degradaci.

4.1.9 Vady vstřikovaných výrobků

Negativem vstřikovaného výrobku jsou vady, které mohou vzniknout u vstřikování, kdy jsou nevhodně zvoleny podmínky nebo u materiálu, který je hodně nebo málo vysušen. [1]

Mezi nejčastější vady patří viditelný paprsek taveniny, deformace dílce, křehkost dílce, propadliny, plastické švy, spálená místa, bubliny a černé skvrny.

Tyto vady jsou způsobovány zejména z těchto důvodů [1]:

Viditelný paprsek taveniny

Příliš nízká teplota materiálu při zpracování, nízká teplota formy, příliš vysoká vstřikovací rychlost, ústí vtoku příliš malé, příliš dlouhý vtok nebo špatné umístění vtokového ústí.

Deformace dílce

Nedostatečná doba chlazení, špatně zvolený vyhazovací systém, příliš vysoká teplota formy, příliš velký podkos.

Křehkost dílce

Degradace materiálu, špatně vysušený materiál.

Propadliny

Příliš nízký vstřikovací tlak, nedostatečné odvětrání, příliš velká délka toku taveniny, malý vtok, příliš vysoká teplota při zpracování.

Plastické švy

Příliš nízká teplota materiálu při zpracování, nízká vstřikovací rychlost, nízká teplota formy.

Propadliny

Příliš nízký vstřikovací tlak, nedostatečné odvětrání, příliš velká délka toku, malý vtok, příliš vysoká teplota při zpracování.

Spálená místa

Příliš vysoká teplota taveniny, přehřátí vlivem tření, nedostatečné odvzdušnění.

Bubliny

Příliš nízký vstříkovací tlak, těžké složky a plyny v dílci, špatné odvzdušnění, nízká teplota formy, náhlý přechod ze slabé do silné stěny, nesprávná konstrukce výrobku.

Černé skvrny

Příliš dlouhý prostoje stroje, vtlačené nečistoty, degradace cizích materiálů.

5 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část bakalářské práce pojednává o problematice technologie vstřikování a s ní souvisejících oblastech. V jednotlivých kapitolách jsou zevrubně představena tato témata:

- technologie vstřikování a vstřikovací cyklus;
- vstřikovací stroj včetně jeho dílčích částí;
- rozdělení polymerních materiálů;
- konstrukce vstřikovacích forem;
- konstrukce vstřikovaných výrobků.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍLE BAKALŔSKÉ PRÁCE

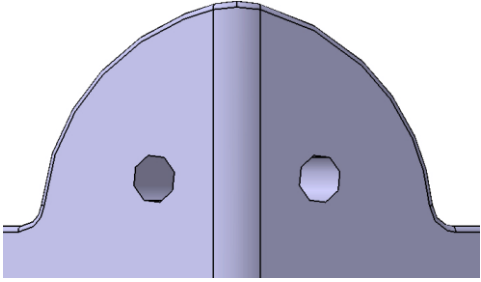
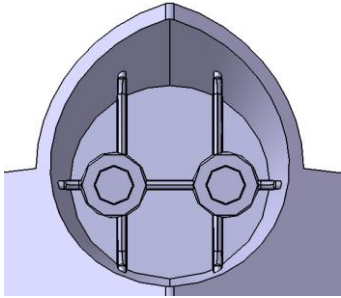
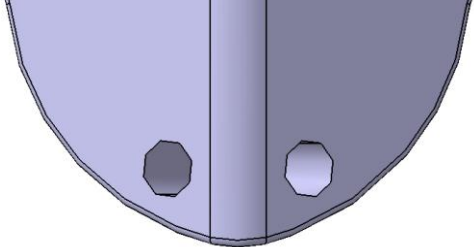
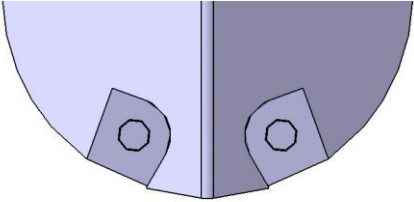
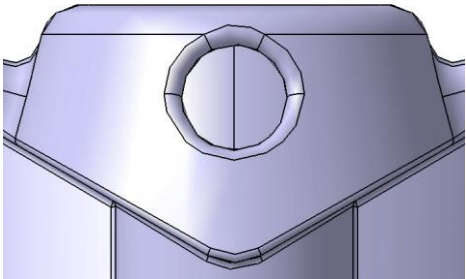
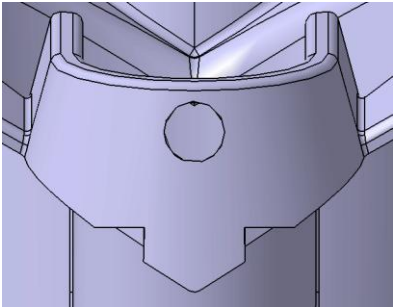
Cílem bakalářské práce je provést konstrukční úpravu zadaného výrobku – držák tankovací pistole LPG. Na konstrukčně upravený díl navrhnout vstřikovací formu a podložit ji základní výkresovou dokumentací.

Postup práce:

- zhodnocení současného stavu výrobku;
- provedení konstrukčních úprav dle zásad konstrukce vstřikovaných výrobků;
- návrh vstřikovací formy na konstrukčně upravený výrobek;
- zhotovení základní výkresové dokumentace.

7 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstříkovaný výrobek je napodobeninou kovového výrobku, který se využívá jako držák tankovací pistole LPG. Mezi kovovým a plastovým dílem existují určité odlišnosti a problémová místa, která jsou uvedena dále v detailní porovnání těchto kusů.

Kovový výrobek	Plastový výrobek
 <p data-bbox="432 898 778 936"><i>Obr. 16 Kovový výrobek_1</i></p>	 <p data-bbox="1023 898 1385 936"><i>Obr. 17 Plastový výrobek_1</i></p>
 <p data-bbox="432 1256 778 1294"><i>Obr. 18 Kovový výrobek_2</i></p>	 <p data-bbox="1023 1240 1385 1279"><i>Obr. 19 Plastový výrobek_2</i></p>
 <p data-bbox="432 1688 778 1727"><i>Obr. 20 Kovový výrobek_3</i></p>	<p data-bbox="919 1323 1374 1361">O nutno plastový výrobek odlehčit.</p>  <p data-bbox="1023 1715 1385 1753"><i>Obr. 21 Plastový výrobek_3</i></p>

Tab. 1 Odlišnosti výrobků

U první dvojice obrázků je zobrazeno řešení děr. Z důvodu velké masy materiálu na kovovém výrobku bylo nutno plastový výrobek odlehčit.

Druhá dvojice obrázků znázorňuje taktéž problematiku děr. V tomto případě je navíc u plastového výrobku zhotoveno zahloubení pro hlavu šroubu.

Třetí dvojice obrázků uvádí konstrukční řešení boční díry. U dílu plastového je boční díra pod odlišným úhlem, než je tomu u dílu kovového.

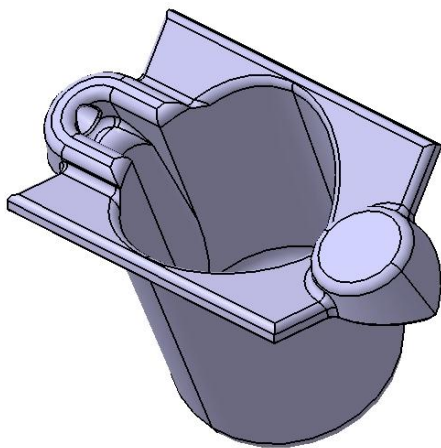
7.1 Kovový výrobek

Kovový výrobek, vyráběný firmou FIMES, nalezneme na čerpacích stanicích LPG . Společnost FIMES je zainteresována v rámci své působnosti ve slévárenském průmyslu.

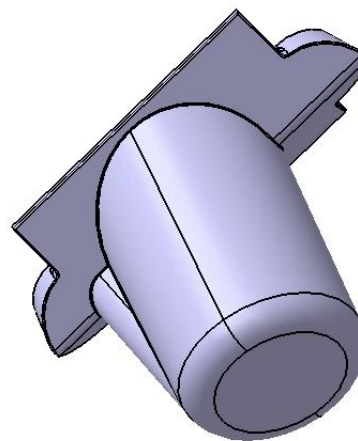
Hlavní myšlenkou této bakalářské práce byla náhrada kovového výrobku za plastový výrobek, který by se vyráběl vstřikováním. Z tohoto důvodu bylo nutné pozměnit vlastnosti kovového výrobku tak, aby byly povahově kompatibilní s výrobkem plastovým, jelikož vlastnosti charakteristické pro kovový výrobek jsou odlišné od vlastností dílu plastového.

Snahou bylo docílení stejných tloušťek výrobku. Nutné byly úpravy děr na výrobku, jelikož díry nebyly kolmo na dělicí rovinu, ale pod úhlem a to mělo za následek zkomplikování vstřikovací formy. Druhým zásadním problémem bylo vytvoření boční díry, která slouží pro usazení do stojanu. Z daného důvodu bylo užito posuvového mechanismu a šikmého čepu, který tuto problematiku řeší.

Dále je představen obrázek Kovového výrobku.



Obr. 22 Kovový výrobek 1



Obr. 23 Kovový výrobek 2

7.2 Plastový výrobek

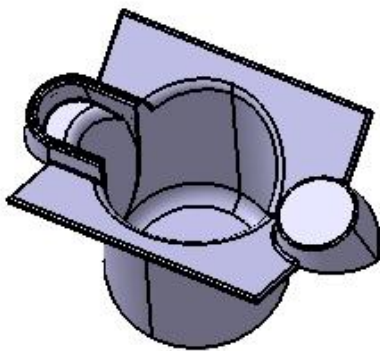
Plastový výrobek je vymodelován dle zákonitostí pro výrobu vstřikovacích výrobků, které jsou následující:

- dodržení tloušťek stěn;
- přechod tloušťek nesmí být masivní;

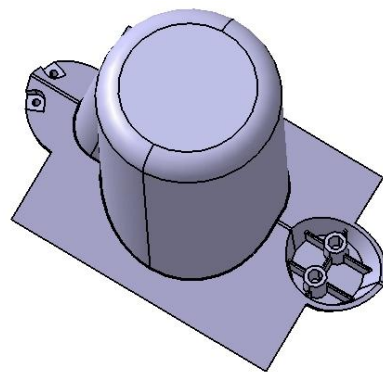
- díry na výrobku by měly být kolmo, aby nedocházelo ke zkomplikování formy, které by se projeвило na celkové ceně vstřikovací formy.

Plastový výrobek je upraven na tloušťku stěn vstřikovaného výrobku 2 mm. Dále bylo nutné změnit polohu a orientaci děr, které nebyly kolmo k hlavní dělicí rovině. Na jedné straně byl vyhotoven prostor pro hlavu šroubu a následovalo vyvrtání děr na straně druhé, kde byla odebrána velká masa materiálu, která byla nahrazena děrami a následným žebrováním pro zpevnění.

Úprava kovového výrobku na plastový je vidět na obrázku:



Obr. 24 Plastový výrobek 1



Obr. 25 Plastový výrobek 2

7.3 Materiál vstřikovaného výrobku

Materiál vstřikovaného výrobku byl zvolen Ultramid A3WG6 od firmy BASF.

Tento materiál byl vyvinut pro aplikace v chladicích okruzích automobilů. Své využití však má i v mnoha jiných oblastech, kupříkladu jako konektor či uzávěr radiátorů.

Kvalita materiálu je tak vysoká, že dokáže projít přísnějšími zkouškami hydrolýzy, které výrobci vyžadují. Tento materiál se vyznačuje velkou odolností proti horkému vzduchu, obsahuje 30% skleněných vláken a nachází se v černé barvě. [13]

Základní vlastnosti materiálu Ultramid A3WG6 [14]:

- hustota – 1360 [kg/m³]
- smrštění ve směru toku taveniny – 0,2543 [%]
- smrštění kolmo na směr toku taveniny – 1,394 [%]
- modul pružnosti v tahu – 8000 [MPa]
- index toku taveniny – 40 [cm³/10min]

8 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Pro určení vstřikovacího stroje je důležité znát jeho parametry, které musí odpovídat výpočtům. Jedná se například o výpočet potřebného množství plastu nebo o výpočet potřebné uzavírací síly stroje. Dalším důležitým parametrem je vzdálenost mezi vodícími sloupky či maximální vyhazovací síla.



Obr. 26 Vstřikovací stroj 2 [11]

Dle výpočtů jsem určil typ vstřikovacího stroje. Jedná se o typ vstřikovacího stroje od firmy Arburg z řady ALLROUNDER

8.1 Výpočty

Mezi nejdůležitější výpočty patří množství potřebného plastu. Špatným určením můžeme způsobit přebytek plastu nebo v horším případě i chybějící plast v dutině formy. Dále můžeme určit plastikační dobu jednoho cyklu a uzavírací sílu vstřikovacího stroje. Výpočty jsou uvedeny v příloze PIII Výpočty.

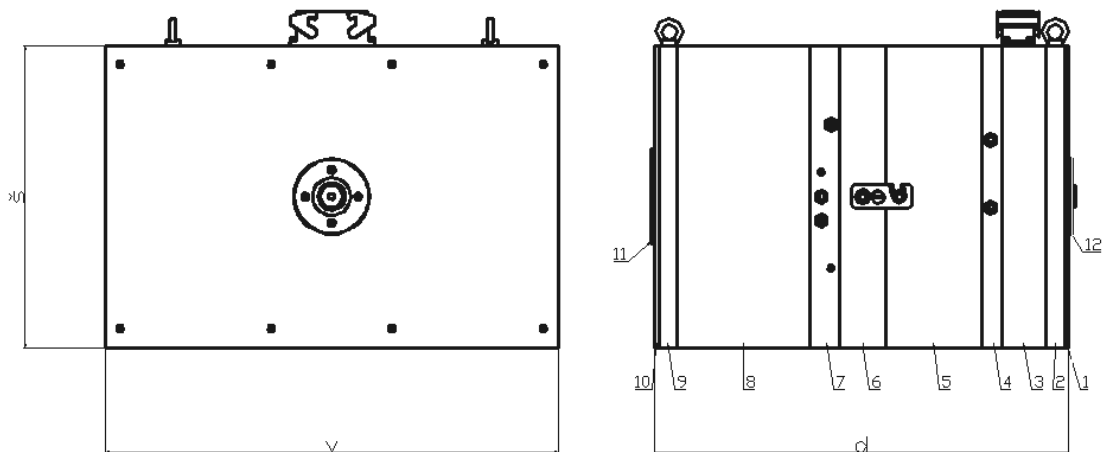
9 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Návrh vstříkovací formy se odvíjí od velikosti a tvaru zadaného výrobku. Při návrhu vstříkovací formy byly využity normálie od firmy HASCO, díky kterým se zvýšila rychlost návrhu vstříkovací formy.

9.1 Rám vstříkovací formy

Rám vstříkovací formy je tvořen pomocí desek, které jsou k sobě přišroubovány. Jedna část desek se nachází na levé straně vstříkovací formy a druhá je na pravé straně vstříkovací formy. Obě tyto strany dělí hlavní dělicí rovina, od které se určuje pravá a levá strana vstříkovací formy.

Rozměry navrhnutého vstříkovacího rámu formy jsou 550mm x 400mm x 547mm (v x š x d).

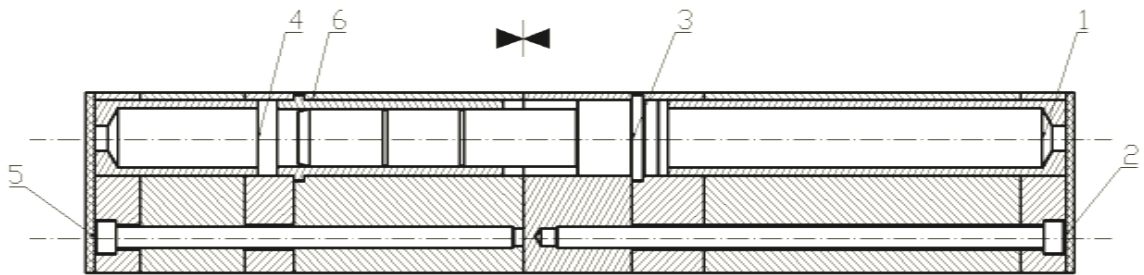


Obr. 27 Rám vstříkovací formy

1 – izolační deska pravá, 2 – upínací deska pravá, 3 – mezideska1, 4 – mezideska2, 5 – kotevní deska pravá, 6 – kotevní deska levá, 7 – opěrná deska levá, 8 – rozpěrná deska, 9 – upínací deska levá, 10 – izolační deska levá, 11 – středící kroužek levý, 12 – středící kroužek pravý

Vodící a spojovací části rámu:

Vodící a spojovací části rámu byly vybrány z katalogu HASCO. Díky tomu došlo k urychlení konstrukce vstříkovací formy.



Obr. 28 Vodící a spojovací části rámu

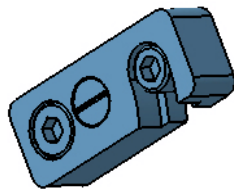
1 – středící trubka, 2 – šroub, 3 – vodící čep, 4 – středící trubka, 5 – šroub, 6 – vodící pouzdro

Středící trubky zaručují vystředění pravé a levé části vstřikovací formy. Vodící čepy umožňují vystředění celé vstřikovací formy. Spojovací části rámu jsou šrouby, které zajišťují pevné spojení desek.

Manipulační systém vstřikovací formy:

Pro manipulaci vstřikovací formy slouží čtyři očka, která jsou přišroubována do upínacích desek. Formu je taktéž nutno zajistit dvěma zámky, které zabraňují otevření vstřikovací formy v průběhu manipulace.

Na manipulační systém formy bylo znovu využito normálí firmy Hasco.



Obr. 29 Zámek



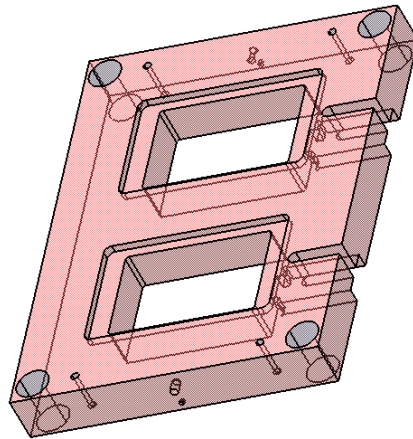
Obr. 30 Očko

9.2 Dutina formy

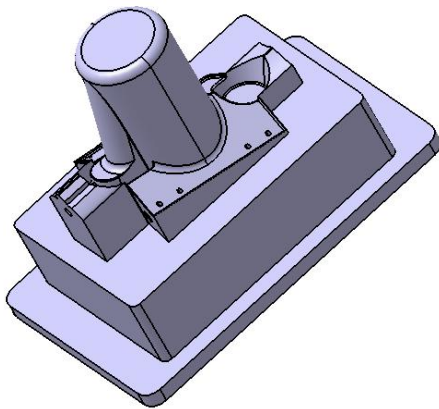
Dutinu formy tvoří dva kusy, které se nazývají tvárník a tvárnice. Tyto kusy jsou zapuštěny do kotevních desek. Jejich přesné dosednutí je zaručeno pomocí vybrání. Násobnost vstřikovací formy je dvounásobná. To znamená, že na jeden vstřikovací cyklus budou vyrobeny dva výrobky.

9.2.1 Zaformování tvárníku

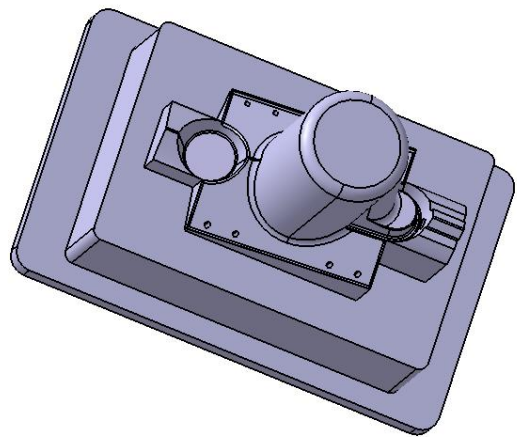
Tvárník se nachází na pohyblivé části formy, která je vlevo od dělicí roviny a tvoří dutinu formy. Tvárník je zasunut do levé kotevní desky, kde dosedne do vybrání a zespod jej dorazí opěrná deska levá, která zaručí pevné sevření pomocí šroubu. Tento šroub je zašroubován přes celou levou stranu kromě izolační desky levé.



Obr. 31 Kotevní deska levá



Obr. 32 Tvárník_1



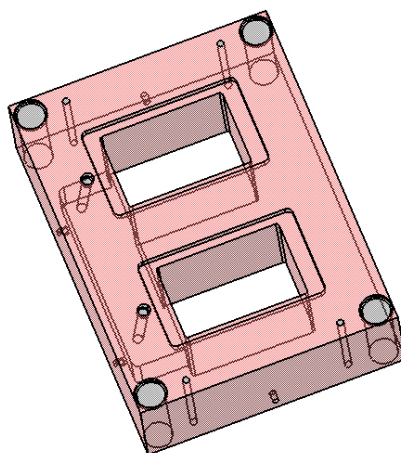
Obr. 33 Tvárník_2

Tvárník je opatřen osazením, které dosedne do vybrání v levé kotevní desce.

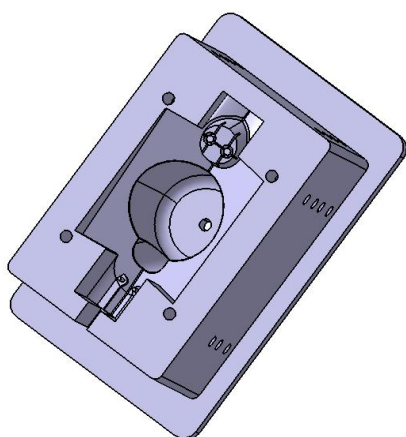
9.2.2 Zaformování tvárnice

Tvárnice se nachází na pevné části vstřikovaci formy, která je vpravo od dělicí roviny a tvoří dutinu formy. Tvárnice je upnuta stejným způsobem jako tvárník, tj. zasunutí do pravé kotevní desky, zespod je opěrná deska pravá, která zaručí pevné sevření pomocí šroubu, který je zašroubován přes celou pravou stranu kromě izolační desky pravé.

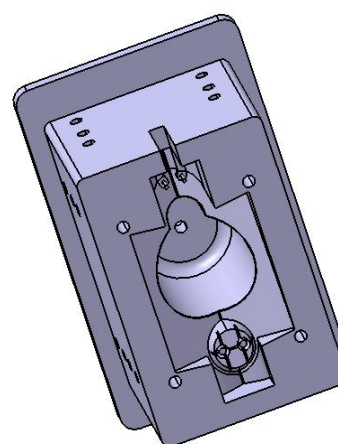
Na obrázku jsou znázorněny tvárnice spolu s pravou kotevní deskou.



Obr. 34 Kotevní deska pravá



Obr. 35 Tvárnice_1



Obr. 36 Tvárnice_2

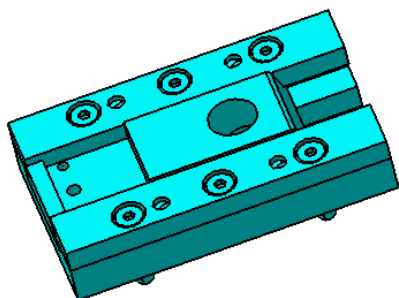
Tvárnice je taktéž opatřena osazením, které dosedne do vybrání v pravé kotevní desce.

9.2.3 Zaformování bočních otvorů

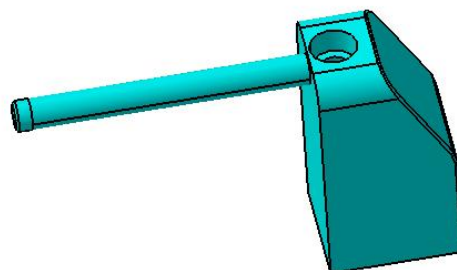
Odformování vstřikovací formy je zajištěno posunem levé části, kdy se při posunutí budou posouvat boční pohyblivé čelisti. Tyto čelisti se pohybují díky šikmým čepům, které jsou ukotveny v kotevní desce pravé. Princip bočních pohybových čelistí a šikmých čepů je následující. Po ochlazení výrobku na vyhazovací teplotu se dá do pohybu levá část vstřikovací formy a díky tomu se posouvají boční pohyblivé čelisti. Jejich dráha je omezena pomocí šikmých čepů. Po vyjetí šikmého čepu se zároveň ustaví boční pohyblivé čelisti pomocí kuliček a pružinek. Kulička zapadne do předem zhotovené díry, tím se zajistí proti posunutí a boční pohyblivé čelisti zůstanou na stejném místě až po doby, kdy se pomocí

vyhazovačů vyhodí výstřik. Po té se levá část přisouvá k pravé, tím šikmé čepy dají do pohybu boční pohyblivé čelisti a ty se opět zasunou do tvárnice. Tuto polohu zajišťuje zámeček, který je součástí pravé strany formy. Boční pohyblivé čelisti a zámeček jsou normálí firmy Hasco.

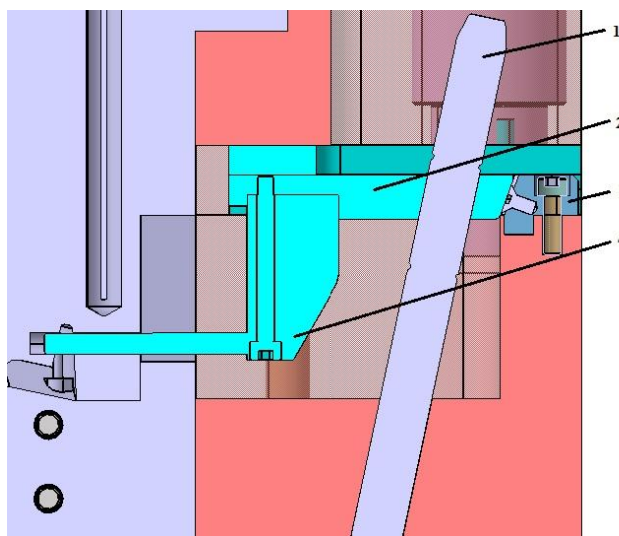
Mechanismus bočních pohyblivých čelistí a šikmých vyhazovačů je znázorněn na obrázku.



Obr. 37 Boční pohyblivá čelist



Obr. 38 Tvarová zajižďka



Obr. 39 Detail zaformování bočních otvorů

1 – šikmý čep, 2 – posuvová kostka, 3 – zámeček, 4 – tvarová zajižďka

9.3 Vtokový systém

Vstřikovací forma byla navržena pro vyhřívaný vtokový systém. Díky tomu odpadá práce a recyklace se zbytkovým odpadem, který v daném vtokovém systému bude minimální. Bylo nutné zajistit k vyhřívanému vtokovému systému a k horké trysce kabeláž, která je připojena do zásuvky. Vtokový systém se skládá ze tří částí:

Centrální vtoková vložka

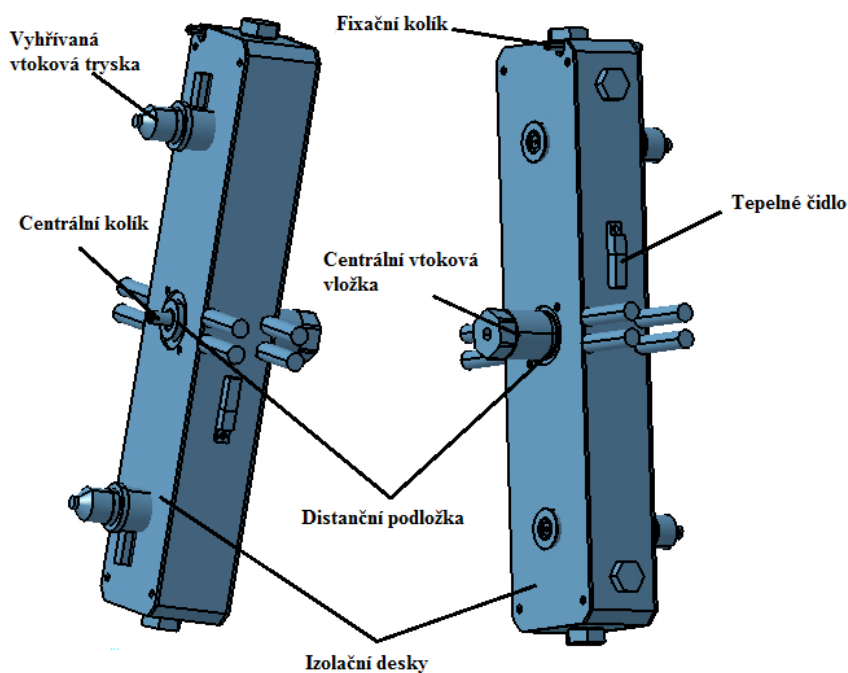
Centrální vtoková vložka byla vybrána z normálií HASCO.

Horký rozvodný blok

Horký rozvodný blok nám slouží pro rozvod taveniny k vyhřívaným tryskám. Horký rozvodný blok je vybrán z normálií HASCO.

Vyhřívaná vtoková tryska

Vyhřívaná vtoková tryska slouží k naplnění dutiny formy pomocí taveniny. Vyhřívaná vtoková tryska je umístěna na střed dutiny formy, aby docházelo k rovnoměrnému zaplnění.



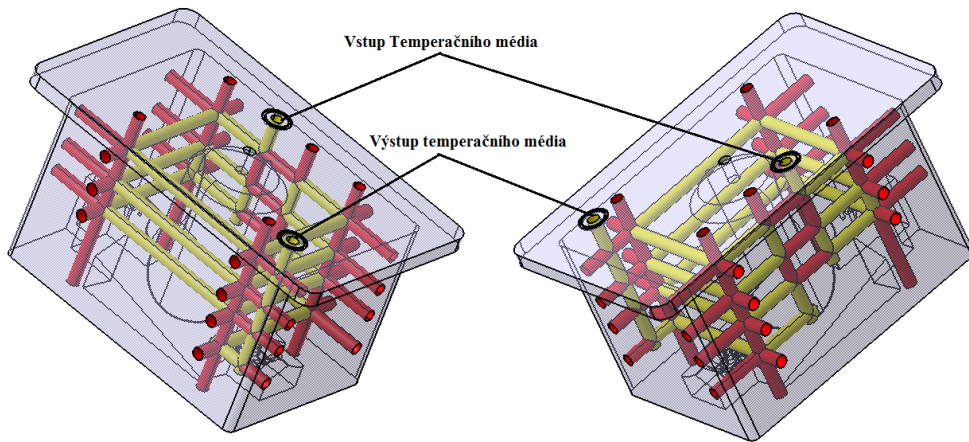
Obr. 40 Vyhřívaný vtokový systém

9.4 Temperační systém

Temperace tvárnice

Temperační systém na pravé části vstřikovací formy byl navržen tak, aby rozdíl teplot byl minimální. Temperace byla zhotovena do spirálovitého tvaru. Pro vymezení cesty byly použity vnější a vnitřní ucpávky. Průměr temperačních kanálů je 8 mm. Na vstupu i výstu-

pu byly použity připojovací nátrubky, které jsou zašroubovány do desek. Do tvárnice jsou udělány dvě kruhové drážky pro těsnění, které eliminují únik temperačního média.

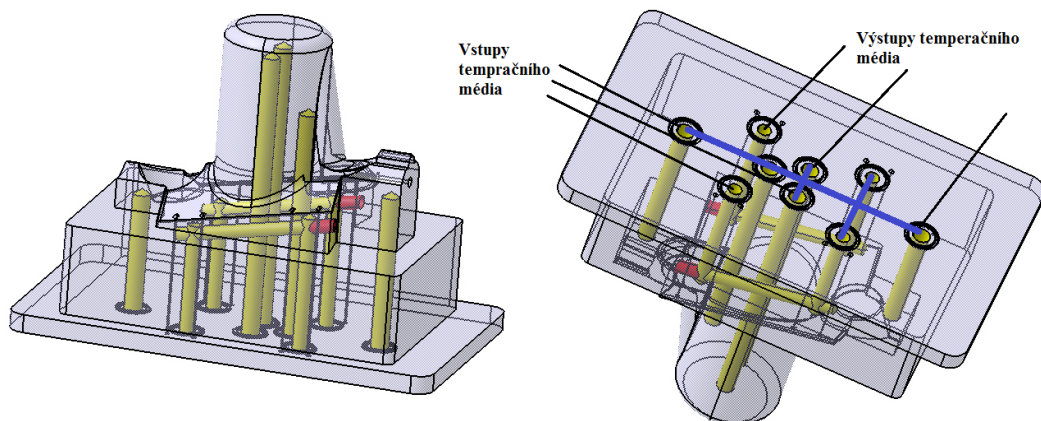


Obr. 41 Řešení temperance tvárnice

Žlutou barvou je naznačen směr toku temperačního média. Červená barva na obrázku znázorňuje zaslepené části temperačních kanálů.

Temperace tvárníku

Temperační systém levé části vstřikovací formy byl navržen obdobně jako temperační systém strany pravé. Rozdíl teplot byl i zde minimální. Kvůli složitosti výrobku se skládá temperační systém z pěti obtokových můstků. Pro určení toku temperačního média byly použity vnější a vnitřní ucpávky. Průměr temperačního kanálu je 8 mm. Na vstupu i výstupu byly použity připojovací nátrubky, které jsou zašroubovány do desek. V tvárníku je provedeno devět kruhovitých drážek pro těsnění. Tyto drážky nám eliminují únik temperačního média.



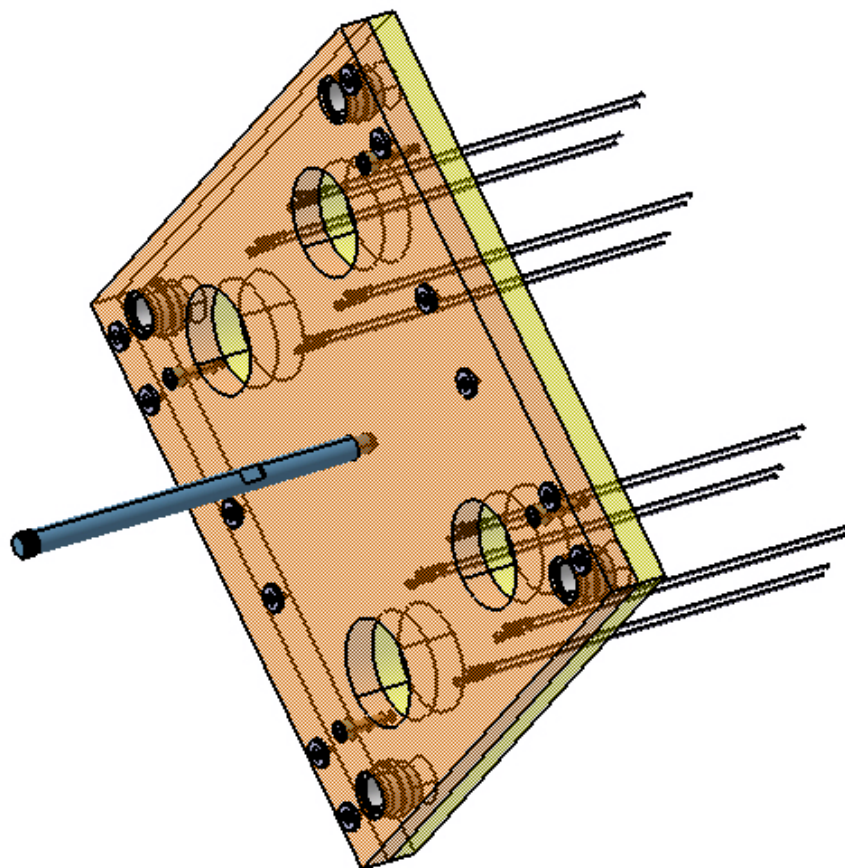
Obr. 42 Řešení temperance tvárníku

Žlutou barvou je naznačen směr toku temperačního média. Červená barva na obrázku znázorňuje zaslepené části temperačních kanálů. Temperační systém tvárníku má celkem tři vstupy temperačního média a tři výstupy. Modré čáry na obrázku znázorňují pohyb temperačního média.

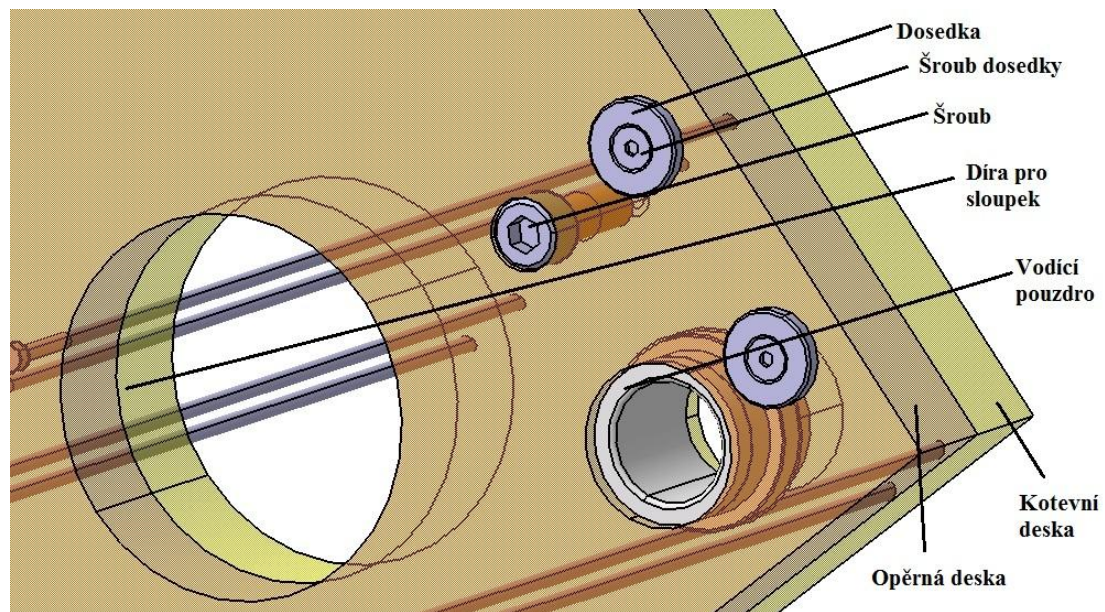
Prvky temperačního systému, tj. vnitřní a vnější ucpávky, připojovací nátrubky, těsnění a obtokové můstky byly vzaty z katalogu normálií od firmy Hasco.

9.5 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém slouží k vyhození výrobku, který je ochlazen na vyhazovací teplotu. Vyhazovací systém se pohybuje díky táhlu, které je zašroubováno do opěrné vyhazovací desky. Vyhazovací systém se skládá ze dvou desek a šestnácti válcových vyhazovačů. Válcové vyhazovače byly použity od firmy HASCO. S ohledem na konstrukční provedení formy bylo nutné vyhazovače upravit na potřebný tvar.



Obr. 43 Vyhazovací systém



Obr. 44 Detail komponent vyhadzovacího systému

Vyhazovací systém tvoří tyto komponenty:

Dosedka – Dosedka slouží pro dosednutí vyhadzovacího systému na upínací desku. Hlavní úkol dosedky je tlumit rázy při dosednutí.

Šroub dosedky – Šroub dosedky je zašroubován do opěrné desky. Hlavním úkolem šroubu dosedky je zaručit pevný spoj s dosedkou a opěrnou deskou.

Šroub – Šroub slouží pro pevné spojení opěrné a kotevní vyhadzovací desky.

Díra pro sloupek – Díra pro sloupek je vytvořena s vůlí. Sloupek slouží pro zmenšení průhybu levé opěrné desky. Tento průhyb nastává při vstříknutí plastu do dutiny formy.

Vodící pouzdro – Vodící pouzdro umožňuje pohyb vyhadzovacímu systému. Vodící pouzdro je nasunuto na vodící čepy, které zabraňují pohybu do stran.

9.6 Odvzdušnění

K odvzdušnění v navrhované vstříkovací formě dojde tím, že hlavní část vzduchu unikne při uzavírání hlavní dělicí rovinou a zbytek vzduchu unikne vůlemi mezi jednotlivými vyhadzovači. Odvzdušnění je důležité, aby na výrobku nenastaly spálené místa nebo nedotčení polymeru.

DISKUZE VÝSLEDKŮ

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout vstříkovací formu pro předem určený výrobek. Zvolený výrobek slouží jako držák pistole pro LPG. Hlavní myšlenkou bylo převést tento výrobek do plastové podoby, kde bylo nutné udělat hned několik změn. Mezi hlavní změny patří změna tloušťek materiálu, změna náhlých přechodů v materiálu a dále pak zpevnění kritických míst pomocí žebrování.

Návrh vstříkovací formy se odvíjel od rozměrů tvárníku a tvárnice. Bylo potřeba určit vtokový systém a vyhadzovací systém. Vtokový systém byl zvolen vyhřívaný, jelikož právě ten se jevil jako nejvhodnější. Vyhadzovací systém je dán mechanickým vyhadzováním za pomoci válcových vyhadzovačů, které tvoří součást dutiny formy. Dalším důležitým faktorem bylo vytvoření bočního průměru díry. Tato problematika byla vyřešena pomocí šikmých čepů, bočních posuvných kostek a zámku, který uzavírá tento mechanismus.

Hlavní výhodou, oproti kovovému výrobku, je značná časová úspora. U kovového výrobku se nejprve musí udělat voskový model, který se poté obalí pěti vrstvami molochitu nebo lupku. Obalený model se poté nechá vysušit. Následuje umístění modelu do pece a zahřání na teplotu, při které vosk vyteče. Poté se nalije hliník do dutiny modelu a nechá se vychladnout. Po zchladnutí se výrobek dále upravuje. Nejprve je nutné odstranit obal a poté přebytečný vtok. Dalším krokem je opískování a vyvrtání děr se závity. Z uvedeného popisu vyplývá, že tento proces je velmi zdlouhavý. Plastová varianta výrobku by oproti tomu měla být hotova ve výrazně kratším časovém intervalu.

ZÁVĚR

V teoretické části práce se zabývám principem vstřikování, plasty a jejich zpracováním vstřikováním, vstřikovací formou a v neposlední řadě výstřikem a jeho konstrukcí.

Praktická část bakalářské práce byla zaměřena na konstrukci vstřikované formy pro plastový díl, kterým byl držák tankovací pistole LPG. Při tvorbě této bakalářské práce byl využit program Catia V5, který sloužil k vymodelování vstřikovací formy a vstřikovaného výrobku. Pro zjednodušení a urychlení práce bylo využito normálí od firmy Hasco. Všechna vypracovaná data jsou doložena v přílohách bakalářské práce výrobním výkresem výstřiku, dále pak pohledy do stran formy a v neposlední řadě i řezy a kusovníkem vstřikovací formy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L a kolektiv. *Formy pro zpracování plastů : 1. Díl - Vstřikování termoplastů*. 2. vydání. Brno : Uniplast, 1999. 133 s.
- [2] BOBČÍK, L a kolektiv. *Formy pro zpracování plastů II díl : Vstřikování termoplastů*. 1. vydání. Brno : Uniplast, 1999. 214 s.
- [3] TOMIS, F.; HELŠTÝN, J.; KAŇOVSKÝ, J. *Formy a přípravky*. 1. vydání. Brno : VUT Brno, 1979. 278 s.
- [4] TOMIS, F.; RULÍK, F. *Gumárenské a plastikářské stroje II*. 1. vydání. Brno : VUT Brno, 1981. 216 s.
- [5] KULHÁNEK, J. a kolektiv. *Formy pro tváření plastických hmot*. 1. vydání. Praha : SNTL, 1966. 220 s.
- [6] TOMIS, F. *Základy gumárenské a plastikářské technologie*. 1. vydání. Brno : VUT Brno, 1975. 278 s.

ONLINE LITERATURA

- [7] ROSATO, D. V.; ROSATO, D. V.; ROSATO, M. G. *Injection molding handbook* [online]. 3. vydání. Nizozemsko : Kluwer academic publisher, 2000 [cit. 2011-12-09]. Dostupné z WWW: <http://books.google.cz/books?id=l5jqDRauK NYC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>
- [8] REES, H. *Understanding injection mold design* [online]. 1. vydání. Mnichov : Carl Hanser Verlag, 2001 [cit. 2011-12-09]. Dostupné z WWW: <http://books.google.cz/books?id=2nAQ8rzAjXQC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>.
- [9] MENGES, G.; MICHAELI, W.; MOHREN, P. *How to make injection molds* [online]. 3. vydání. Mnichov : Carl Hanser Verlag, 2001 [cit. 2011-12-09]. Dostupné z WWW: <http://books.google.cz/books?id=yTFTlm2PP40C&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>

- [10] LENFELD, P. *Vstřikovací formy* [online]. Technická univerzita Liberec : Katedra strojírenské technologie, [cit. 2011-12-09]. Dostupné z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c8/VS.pdf>.
- [11] ARBURG, [online]. online [cit. 2011-12-09]. Dostupné z WWW: <http://www.arburg.com/com/COM/en/products/machines/standard/allrounder_s/index.jsp>.
- [12] LENFELD, P. *Technologie II.-Vstřikování plastů* [online]. Technická univerzita Liberec : Katedra strojírenské technologie, [cit. 2011-12-09]. Dostupné z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm>.
- [13] BASF. I ve vařící vodě: Nové polyamidy firmy BASF pro chladicí okruhy. [online]. s. 1 [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: http://www.basf.cz/ecp2/CzechRepublic/en/function/conversions:/publish/upload/05_News_Infocenter/07_Odborne_clanky/Plasty/PaK2008_03-04_Nove_polyamidy_firmy_BASF_pro_chladici_okruhy.pdf
- [14] Ultramid. [online]. s. 2 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: http://www.plasticsportal.net/wa/EU/Catalog/ePlastics/doc4/BASF/PRD/30045126/.pdf?title=&asset_type=pds/pdf&language=EN&urn=urn:documentum:eCommerce_sol_EU:09007bb280075567.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

T_g	Teplota skelného přechodu [$^{\circ}\text{C}$]
M	Množství potřebného plastu [g]
t_{pl}	Plastikační doba jednoho cyklu vstřikovacího stroje [s]
n	Násobnost fotky [-]
F	Síla [N]

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Vstřikovací cyklus [6]</i>	12
<i>Obr. 2 Vstřikovací stroj[11]</i>	13
<i>Obr. 3 Schéma vstřikovacího stroje [12]</i>	13
<i>Obr. 4 Schéma vstřikovací jednotky [12]</i>	14
<i>Obr. 5 Schéma uzavírací jednotky [12]</i>	15
<i>Obr. 6 Oblasti využití u amorfních a semikrystalických plastů [1]</i>	18
<i>Obr. 7 Technické údaje potřebné pro konstrukci a výrobu forem [1]</i>	20
<i>Obr. 8 Vtokový systém [10]</i>	23
<i>Obr. 9 Symetrické uspořádání dráhy toku [10]</i>	23
<i>Obr. 10 Průřez vtokového kanálu [10]</i>	24
<i>Obr. 11 Válcový vyhazovací kolík [1]</i>	28
<i>Obr. 12 Jádro trubkového vyhazovače [1]</i>	28
<i>Obr. 13 Vyhazovač s otvorem [1]</i>	28
<i>Obr. 14 Volba správného temperančního systému [2]</i>	30
<i>Obr. 15 Odlehčení výstřiku [1]</i>	33
<i>Obr. 16 Kovový výrobek_1</i>	41
<i>Obr. 17 Plastový výrobek_1</i>	41
<i>Obr. 18 Kovový výrobek_2</i>	41
<i>Obr. 19 Plastový výrobek_2</i>	41
<i>Obr. 20 Kovový výrobek_3</i>	41
<i>Obr. 21Plastový výrobek_3</i>	41
<i>Obr. 22 Kovový výrobek 1</i>	42
<i>Obr. 23 Kovový výrobek 2</i>	42
<i>Obr. 24 Plastový výrobek 1</i>	43
<i>Obr. 25 Plastový výrobek 2</i>	43
<i>Obr. 26 Vstřikovací stroj 2 [11]</i>	44
<i>Obr. 27 Rám vstřikovací formy</i>	45
<i>Obr. 28 Vodící a spojovací části rámu</i>	46
<i>Obr. 29 Zámek</i>	46
<i>Obr. 30 Očko</i>	46
<i>Obr. 31 Kotevní deska levá</i>	47
<i>Obr. 32 Tvárník_1</i>	47

<i>Obr. 33 Tvárník_2</i>	47
<i>Obr. 34 Kotevní deska pravá</i>	48
<i>Obr. 35 Tvárnice_1</i>	48
<i>Obr. 36 Tvárnice_2</i>	48
<i>Obr. 37 Boční pohyblivá čelist</i>	49
<i>Obr. 38 Tvarová zajiždka</i>	49
<i>Obr. 39 Detail zaformování bočních otvorů</i>	49
<i>Obr. 40 Vyhříváný vtokový systém</i>	50
<i>Obr. 41 Řešení temperance tvárnice</i>	51
<i>Obr. 42 Řešení temperance tvárníku</i>	51
<i>Obr. 43 Vyhazovací systém</i>	52
<i>Obr. 44 Detail komponent vyhazovacího systému</i>	53

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Odlišnosti výrobků</i>	41
--	----

SEZNAM PŘÍLOH

PI Pravá strana vstříkovací formy

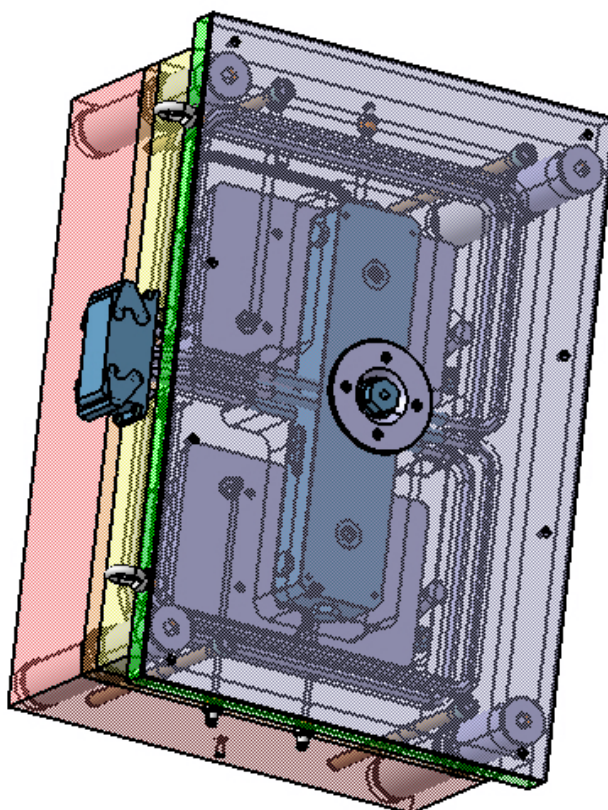
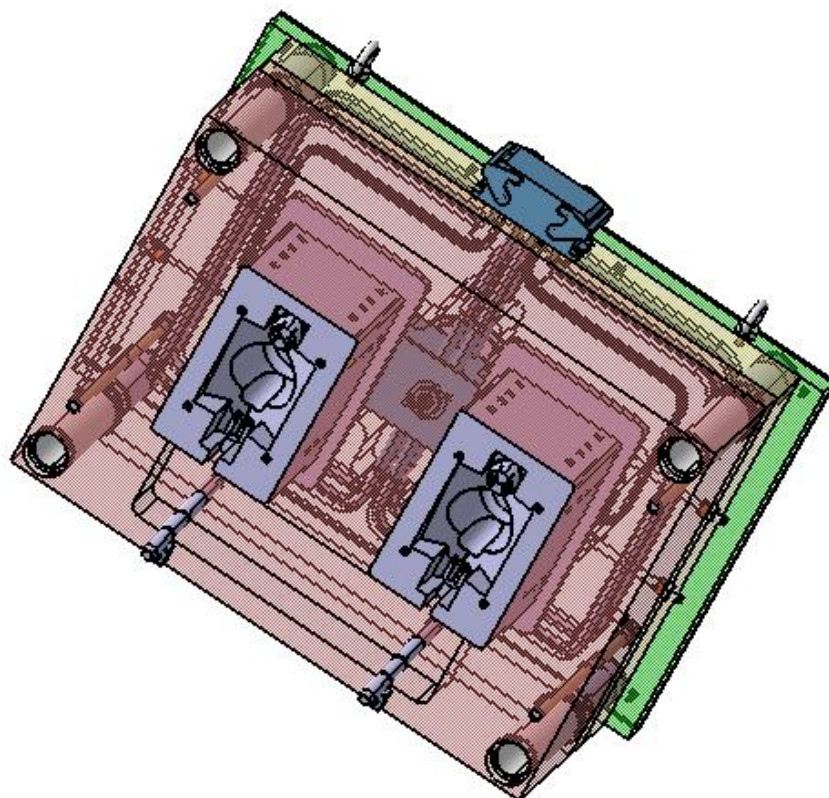
PII Levá strana vstříkovací formy

PIII Výpočty

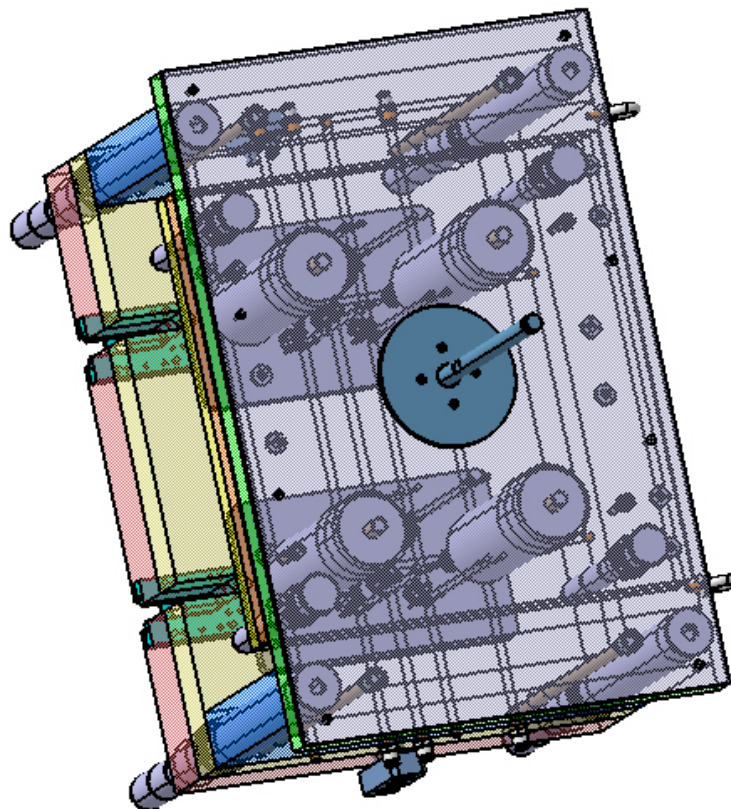
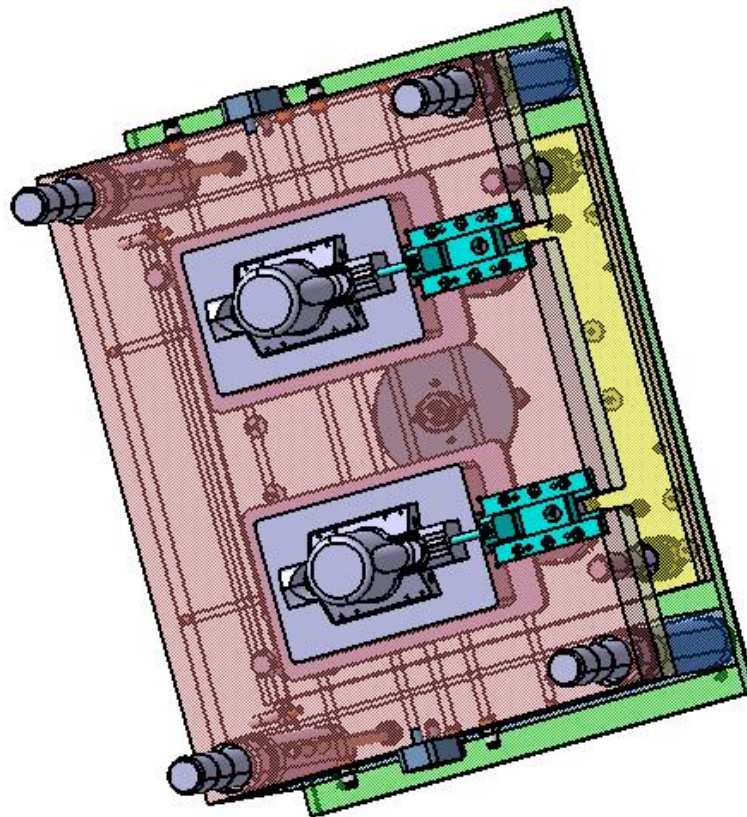
PIIV Technická dokumentace

PIV CD - disk

PŘÍLOHA P I: PRAVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY



PŘÍLOHA P II: LEVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY



PŘÍLOHA P III: VÝPOČTY

Určení množství potřebného plastu

Pro tento výpočet nám poslouží tento vzorec [2]:

$$M = 1,2(G \cdot n + A) \cdot \frac{a_x}{a_p} [g]$$

$$M = 1,2(79,737.2 + 5) \cdot \frac{110}{100} = 1,2.164,474.1,1$$

$$M = 217,106 [g]$$

M – množství potřebného plastu [g], G – hmotnost výstřiku [g], n – násobnost formy, A – hmotnost vtoku a kanálku, $\frac{a_x}{a_p}$ - podíl poměrových hodnot určeného plastu k polystyrenu

Plastikační doba jednoho cyklu vstřikovacího stroje

Plastikační dobu vypočítáme pomocí následujícího vzorce [2]:

$$t_{pl} = \frac{3,6 \cdot M}{Q} [s]$$

$$t_{pl} = \frac{3,6 \cdot 217,106}{30} = \frac{781,5816}{30}$$

$$t_{pl} = 26,053 [s]$$

t_{pl} – plastikační doba jednoho cyklu [s], M – množství potřebného plastu [g], Q – plastikační výkon stroje [kg/hod]

Uzavírací síla vstřikovacího stroje

Uzavírací sílu vypočítáme pomocí tohoto vzorce [2]:

$$F = 1,2 \cdot S \cdot p_v \cdot k [kN]$$

$$F = 1,2 \cdot 180 \cdot 110 \cdot 1,5 = 365,4 [kN]$$

F – uzavírací síla vstřikovacího stroje [kN], S – průmět plochy výstřiku do dělicí roviny [cm³], p_v – tlak plastu v dutině formy [MPa], k – koeficient tekutosti pro jednotlivé druhy plastů [-]