Konstrukce formy

Martin Remeš

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:	**Martin REMEŠ**
Osobní číslo:	**T08646**
Studijní program:	**B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor:	**Technologická zařízení**
Téma práce:	**Konstrukce formy**

Zásady pro vypracování:

1. **Vypracujte literární studii na dané téma**
2. **Proveďte 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 zadání vedoucího BP

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Staněk, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **13. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2012**

Ve Zlíně dne 13. února 2012

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

Příjmení a jméno: Remeš Martin 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, dne 24.8.2012

Martin Remeš

[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 nevýdělečně 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

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 části praktické je pomocí programu CATIA V5R18 vytvořen 3D model daného výrobku a výkresová dokumentace vstřikovací formy, pro které byly použity normálie firmy HASCO.

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

ABSTRACT

This Bacherol'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 V5R18 and drawings for injection mold with standarts of HASCO.

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

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odborné vedení, za poskytnuté rady a čas, který mi věnoval při vypracování této práce. Dále bych chtěl také poděkovat Ing. Karlu Mlčkovi z firmy ZÁLESÍ a.s. Luhačovice za poskytnuté rady a čas, který mi věnoval.

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

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

OBSAH

ÚVOD **11**

I TEORETICKÁ ČÁST **12**

1 PLASTY PRO ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM **13**

1.1 ROZDĚLENÍ POLYMERŮ 13

1.1.1 Dělení termoplastů 13

1.1.2 Přísady polymerů 15

1.2 CHARAKTERISTIKA JEDNOTLIVÝCH TYPŮ PLASTŮ 15

1.3 VOLBA TERMOPLASTŮ PŘI NÁVRHU SOUČÁSTI 16

2 VÝROBEK A JEHO KONSTRUKCE **18**

2.1 VLIVY NA JAKOST PLASTOVÝCH DÍLŮ 18

2.2 VADY VÝSTŘIKU VZNIKLÉ PŘI VÝROBĚ 19

2.3 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI SOUČÁSTI 19

3 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ **22**

3.1 PRŮBĚH VSTŘIKOVACÍHO CYKLU 22

3.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ 23

3.2.1 Vstřikovací jednotka 23

3.2.2 Uzavírací jednotka 24

4 VSTŘIKOVACÍ FORMY **25**

4.1 TECHNICKÉ ÚDAJE POTŘEBNÉ PRO KONSTRUKCI FORMY 25

4.1.1 Výkres součásti 26

4.1.2 Násobnost formy 26

4.2 POSTUP PŘI KONSTRUKCI FORMY 26

4.2.1 Zaformování výstřiku 27

4.2.2 Tvarová dutina 27

4.3 VTOKOVÉ SYSTÉMY 27

4.3.1 Studené vtokové systémy 28

4.3.2 Vtokové ústí 29

4.3.3 Vyhřívané vtokové systémy (VVS) 30

4.4 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY 31

4.4.1 Mechanické vyhazování 31

4.4.2 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků 31

4.4.3 Vyhazování stírací deskou 32

4.4.4 Vyhazování šikmými vyhazovači 33

4.4.5 Pneumatické vyhazování 33

4.4.6 Hydraulické vyhazování 33

4.5 TEMPERACE FOREM 33
4.6 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM 34
4.7 RÁMY FOREM 34
4.8 MATERIÁLY PRO VÝROBU FOREM 35
4.8.1 Používané druhy ocelí 36
II PRAKTICKÁ ČÁST 38
5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE 39
6 VSTŘIKOVANÝ DÍL 40
6.1 POUŽITÝ SOFTWARE 41
6.1.1 CATIA V5 R18 41
6.1.2 HASCO – DAKO modul R3 – 2011 42
6.2 MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO DÍLU 42
6.3 VÝBĚR VSTŘIKOVACÍHO STROJE 43
7 KONSTRUKCE FORMY 45
7.1 DĚLÍCÍ ROVINY 45
7.2 NÁSOBNOST FORMY 46
7.3 TVAROVÉ ČÁSTI FORMY 46
7.3.1 Tvárník a tvárnice 46
7.3.2 Výsuvná jádra 48
7.4 VTOKOVÝ SYSTÉM 50
7.4.1 Rozvodný kanál a vtokové ústí 50
7.4.2 Horká tryska 50
7.5 TEMPERAČNÍ SYSTÉM 50
7.6 VYHAZOVACÍ SYSTÉM 52
7.7 ODVZDUŠNĚNÍ FORMY 53
7.8 MANIPULACE S FORMOU 54
ZÁVĚR 55
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 56
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 58
SEZNAM OBRÁZKŮ 59
SEZNAM TABULEK 60
SEZNAM PŘÍLOH 61

ÚVOD

První plasty se začaly objevovat v první polovině minulého století. K většímu rozmachu a výroby ve velkém měřítku dochází až v 50. letech 20. století. V této době začínají polymery postupně nahrazovat klasické materiály jako jsou ocel, dřevo nebo sklo.

Díky nízké hustotě, pevnosti, tvarovatelnosti a dobrým elektricky a tepelně izolačním vlastnostem jsou využívány ve velkém množství oborů, jako například v potravinářství, stavebnictví, automobilovém průmyslu a lékařství.

Mezi nejčastější způsoby zpracování plastů patří vstřikování. Vstřikování je složitý fyzikální proces, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a vstřikovací forma.

Výrobek by měl po vyhození z dutiny formy vyhovovat tvarovým požadavkům zákazníka, aby ho dále nebylo nutné nákladně upravovat. Proto je kladen velký důraz na kvalitu a přesnost vstřikovací formy, z tohoto důvodu se jedná o konstrukčně a ekonomicky velmi náročný nástroj.

V posledních letech se pro návrh vstřikovacích forem začaly využívat různé softwarové aplikace, které pomáhají zrychlit a zkvalitnit výrobu těchto nástrojů. Ke zefektivnění výroby slouží také využívání normalizovaných částí forem. Mezi nejznámější výrobce patří HASCO, STRACK nebo MEUSBURGER.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PLASTY PRO ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM

Vstřikování plastů je poměrně složitý tepelně-mechanický proces tváření, na kterém se podílí

- výchozí materiál, ze kterého je součást vyrobena,
- výrobní cyklus, vstřikovací stroj a jeho plastikační jednotka,
- forma jako nástroj pro tváření polymerní taveniny.

Všechny uvedené faktory ovlivňují užitné vlastnosti a kvalitu výstřiku.

Vlastní výroba vstřikováním pak probíhá nadávkováním a plastikací polymeru ve vstřikovacím stroji, jeho dopravě za teploty a tlaku do dutiny formy. Po ochlazení se z formy vyjme hotový výrobek. [1]

1.1 Rozdělení polymerů

Polymery se dělí na tři základní druhy:

- termoplasty - mají přímé řetězce nebo řetězce s bočními větvemi. Při zahřátí se uvolní soudržnost řetězců a hmota se může tvářet. Po ochlazení se opět dostanou do pevného stavu. Jsou opakovaně zpracovatelné,
- reaktoplasty - mají řetězce příčně propojeny chemickými vazbami, vytváří prostorovou trojrozměrnou síť. Při tváření dochází vlivem teploty k zesíťování (vytvrzování) plastu (někdy pomocí katalyzátoru),
- elastomery - za běžných teplot jsou pružné a poddajné. Působením tepla se vytvrzují.

Při nadměrném ohřevu u prvních dvou druhů plastů se přetrhají chemické vazby, hmota se rozruší a ztrácí pevnost. Tento proces je již nevratný a nazývá se degradace hmoty. To znamená, že polymer nelze dále zpracovávat. [1]

1.1.1 Dělení termoplastů

Termoplasty jsou nejrozšířenější z několika druhů plastů. Tyto lineární nebo rozvětvené polymery, jejichž řetězec tvoří jen jeden druh základní chemické skupiny, které se na-

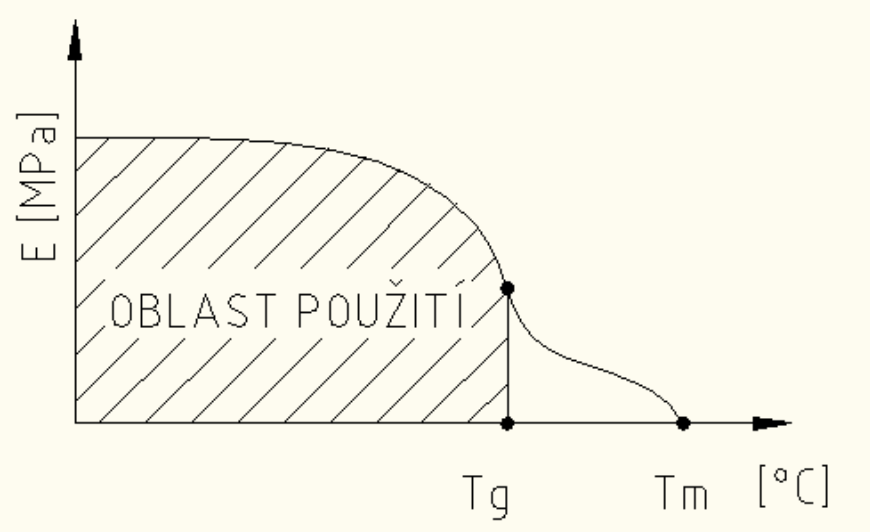
zývají homopolymery. Dále kopolymery, které jsou složeny z více druhů základních skupin.

Z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dělí na

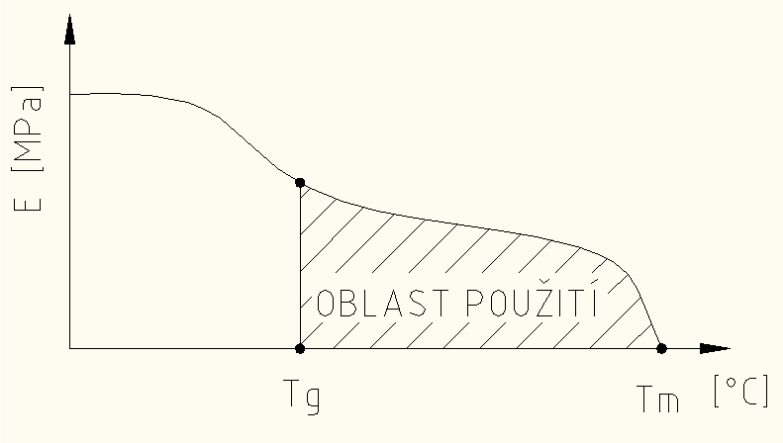
- amorfní – mají nepravidelně uspořádány řetězce,
- semikrystalické – podstatná část řetězců je pravidelně a těsně uspořádána a tvoři krystalické útvary, zbytek je amorfní.

Využitelnost výrobků z amorfních plastů je v oblasti pod teplotou skelného přechodu (Tg). Polymer je v tomto stavu pevný. Se zvyšováním teploty současně roste i objem polymeru.

U semikrystalických plastů jsou části makromolekul vázány pevněji v lamelách a ve sférolitech krystalické fáze. Zvyšováním teploty se nejprve uvolní část makromolekul z amorfní oblasti, potom i ostatní. Použitelnost těchto plastů je v oblasti nad teplotou Tg, z důvodu výhodné kombinace houževnatosti a pevnosti. [1]



Obr. 1. Oblast využití amorfních plastů



Obr. 2. Oblast využití semikrystalických plastů

1.1.2 Přísady polymerů

Základní vlastnosti polymerů see mohou měnit vlivem nejrůznějších přísad a tím splnit požadavek volby vhodného plastu. Jako přísady se používají:

- vláknitá plniva – mění fyzikální a mechanické vlastnosti plastu, vyztužují ho, zvětšují jeho pevnost a zvyšují modul pružnosti. K nejpoužívanějším vláknitým plnivům patří sklo, tkaniny nebo papír,
- prášková plniva – tyto fyzikální a mechanické vlastnosti spíše snižují. Mezi nejčastější prášková plniva patří grafit nebo křemen,
- změkčovadla – přidávají se pro získání měkkosti a ohebnosti,
- barviva - slouží k dosažení požadovaného barevného odstínu,
- stabilizátory – zlepšují vlastnosti, jako tepelná odolnost, odolnost proti UV záření, stárnutí apod.,
- nadouvadla – uvolňují při zpracování plyny a tím vytváří lehčenou strukturu plastu se svými specifickými vlastnostmi. [1] [3]

1.2 Charakteristika jednotlivých typů plastů

Jednotlivé typy plastů mají své charakteristické funkční i zpracovatelské vlastnosti. Mohou se částečně měnit nebo upravovat pomocí přísad.

Z funkčního hlediska se hodnotí:

- mechanická pevnost při dlouhodobém i krátkodobém statickém a dynamickém zatížení,
- elektrické vlastnosti jako je dielektrická pevnost a vodivost,
- chemická odolnost proti různým chemickým činidlům, pro potravinářské účely,
- optické vlastnosti, lesk, barva, průhlednost.

Ze zpracovatelského hlediska jsou důležité:

- tekutost, která ovlivňuje tloušťku stěny výrobku, koncepci zaformování i velikost vtoků. Tím je také ovlivněna temperance formy,
- velikost smrštění, ta určuje výrobní přesnost výrobku,
- citlivost na technologické parametry výrobního zařízení. [1]

1.3 Volba termoplastů při návrhu součásti

Vstřikováním se může vyrobit kompletní součást, která dále nevyžaduje žádné nebo jen nepatrné dodatečné opracování. Při návrhu vhodného termoplastu pro konstruovanou součást je třeba uvážit konkrétní podmínky jejího provozního zatížení a celkového využití. Taková součást musí mít mimo požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností také vhodný tvar k výrobě s dosažitelnými rozměry a jakostí povrchu.

Optimální volba plastu se posuzuje z následujících hledisek:

- funkce součásti musí splňovat definované požadavky,
- zvolená technologie výroby součásti musí být reálná a na určeném stroji snadno proveditelná, při dodržení daných parametrů,
- ekonomická při výběru plastu, z hlediska technologie výroby součásti i formy.

Zhodnocením uvažovaných hledisek může konstruktér stanovit vhodný plast nebo i více podobných materiálů. Mezi těmito vybranými typy poté rozhodují méně významné vlastnosti, jako jeho dostupnost nebo jeho estetické vlastnosti.

Obecně proto platí, že tvar výrobku a jeho vlastnosti musí odpovídat použitému materiálu a zvolené technologii.

Optimální návrh na plastový výrobek a materiál vyžaduje široké znalosti. Proto je vhodná spolupráce příslušných odborníků v daném oboru. [1]

2 VÝROBEK A JEHO KONSTRUKCE

Konstrukční návrh součásti z plastu se řídí úplně jinými zásadami, než u součástí kovových. Při její tvorbě musí konstruktér zvažovat, co všechno se při vstřikování v dílu z plastu bude dít. To vyžaduje znát technologii jejich zpracování. [1] [15]

2.1 Vlivy na jakost plastových dílů

Součásti z plastů nelze vyrobit v takových jakostech jako kovové. Z důvodu působení velkého množství činitelů, které je ovlivňují. Jsou to materiál, výrobní technologie s optimalizací svých parametrů, forma a její kvalita. Jejich vlivem se pak vyrobí výstřik jen určité kvality, do které se počítá přesnost výstřiku, jakost jeho povrchu a užitné vlastnosti.

Hlavní činitelé ovlivňující jakost jsou:

- výrobní smrštění – je rozdíl mezi rozměrem tvarové dutiny formy a odpovídajícím rozměrem výrobku. Záleží na druhu plastu, konstrukci součásti i na technologii vstřikování. Smrštěním je ovlivněna zejména přesnost výstřiku,
- dodatečná smrštění – bývá několikanásobně menší, než smrštění výrobní, probíhá delší dobu. Příčinou je pozvolné uvolňování vnitřních pnutí, vzniklých při vstřikování,
- tečení – vzniká při větším a dlouhodobějším silovém zatížení součásti. Projeví se plastickou deformací, která je u semikrystalických plastů větší než u amorfních,
- teplotní roztažnost – je přibližně o řád větší než u kovů, je však změnou vratnou,
- navlhnutí – absorpcí vody z okolního prostředí se mění rozměry, po vysušení se opět zmenší.

Velikost vlivů jednotlivých činitelů je velmi obtížné určit. Mění se podle použitého druhu plastu, tvaru výrobku a rozdílnosti zpracovatelských podmínek. [1] [4]

2.2 Vady výstřiku vzniklé při výrobě

Výroba výstřiku vstřikováním je složitý proces, na kterém se podílí řada činitelů, ne vždy v optimální míře. Proto může docházet k závadám, které se projevují nejrůznějším způsobem. Mezi nejčastější patří:

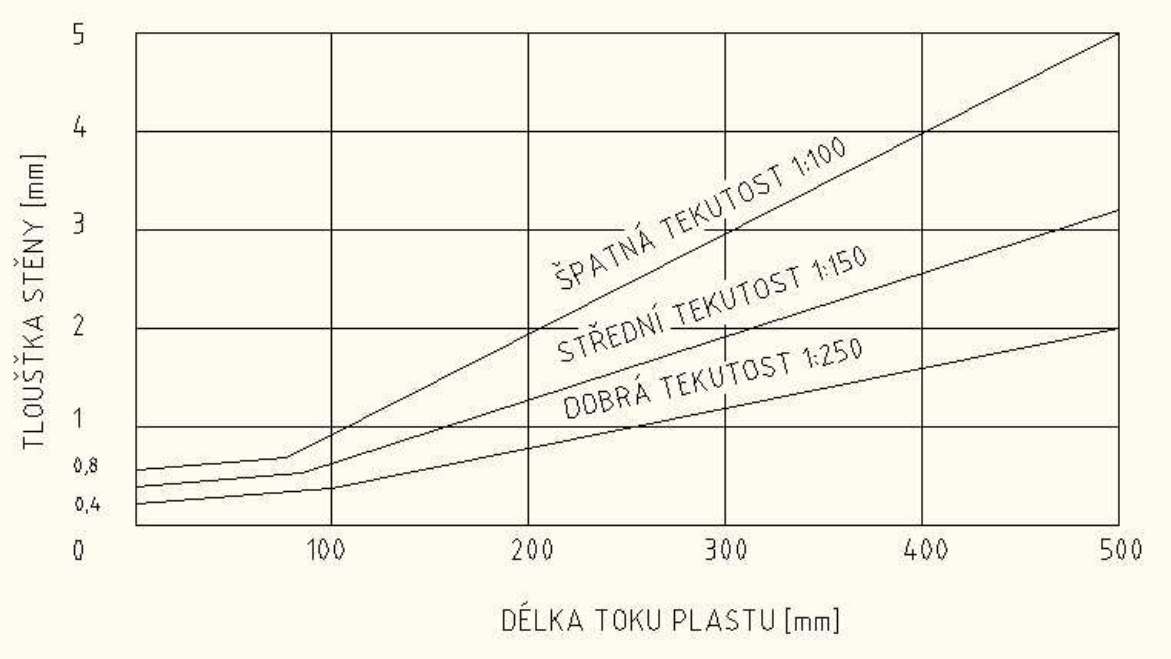
- deformace dílce – nedostatečná doba chlazení, špatné vyhazovací kolíky, špatný výběr materiálu, vysoká teplota formy,
- křehkost dílce – degradace materiálu, nesnášenlivý separátor, špatné vysušení materiálu,
- delaminace, štípání – nesnášenlivé polymery (znečištěný stroj), nízká teplota formy, nízká rychlost vstřikování,
- černé skvrny – dlouhý prostoj stroje, vtlačené nečistoty, degradace cizím materiálem,
- plastické švy – nízká teplota materiálu při zpracování, nízká rychlost vstřikování, nízká teplota formy, dlouhý tok,
- vpadliny – nízký tlak vstřikování, vysoká teplota formy, nedostatečné odvzdušnění, malý a dlouhý vtok,
- stříbrné pruhy – vysoká teplota taveniny, nedostatečně vysušený materiál,
- bubliny – nízký tlak vstřikování, nedostatečné odvzdušnění, nízká teplota formy, nesprávná konstrukce, přehřátá forma,
- spálená místa – nedostatečné odvzdušnění, vysoká teplota taveniny, poškozené vstřikovací zařízení,
- přetok – vysoká teplota materiálu při zpracování, nízká uzavírací síla, vysoký tlak vstřikování, znečištěná dělící rovina. [1]

2.3 Požadavky na konstrukci součásti

K základním podkladům pro konstrukci vstřikovací formy slouží výkres vyráběné součásti. Její tvar má být řešen nejen z funkčního a ekonomického hlediska, ale musí se přihlédnout i ke způsobu její výroby.

Celková konstrukce součásti musí především splňovat vhodnou polohu dělící roviny (dělících rovin) a tím je určen i způsob zaformování. K tomuto se váže i koncepce vyhazování, vtokového systému, odvzdušnění, směr úkosů, přesnost a vzhled.

Tloušťka stěn musí plnit svoji přísnou závislost s dráhou toku taveniny (Obr.3.). V úzké dutině se tavenina rychle ochlazuje a tuhne, tlusté stěny zase vyžadují dlouhou dobu chlazení. Různě tlusté stěny s hromaděním materiálu nestejně tuhnou, vzniká vnitřní pnutí a různé povrchové vady, propadliny a lunkry.



Obr. 3. Závislost tloušťky stěny na délce toku

Zaoblením hran, rohů a koutů se usnadní tok taveniny a zabrání se koncentraci napětí v těchto místech. Dojde také ke snížení opotřebení formy a zvýší se rázová houževnatost součásti až o 50%.

Úkosy a podkosy jsou sklon stěny výstřiku kolmo k dělící rovině, kterými je umožněno nebo podkosy je zabráněno vyjímání výstřiku z formy. Jejich velikost se řídí požadovanou funkcí. Volbu jejich velikostí ovlivňují především smrštění, elasticita polymeru, povrch stěn formy a automatizace výroby. Podkosy, s výjimkou technologických, komplikují konstrukci i funkci formy a proto je snaha se jim vyhnout.

Úkos pro	Velikost úkosu
Vnější plochy	30´-2°(1°)
Vnitřní plochy	30´-3°(2°)
Otvory do hloubky 2D	30´-2°(45´)
Hluboké otvory	1°-10°
Žebra a nálitky	1°-10°(3°)
Výstupky	2°-10°

Tab. 1 Doporučené velikosti úkosů

Žebra se dělí podle účinku, který plní na součásti, případně v dutině formy. Technická žebra zabezpečují pevnost a tuhost výrobku. Žebra technologická umožňují optimální plnění dutiny formy nebo zabraňují borcení stěn, případně odstraňují předpokládaný vznik povrchových vad.

Otvory a drážky na výstřiku se doporučují volit tak, aby při výrobě činily co nejmenší potíže. Záleží zejména na jejich poloze vzhledem k zaformování. Otvory nebo drážky kolmé k dělící rovině se zhotoví pomocí čelistí nebo výsuvných jader. Výroba otvorů a drážek ve směru zaformování je poměrně jednoduchá, vytváří se pomocí pevných kolíků a trnů, jejichž průměr by neměl klesnout pod 1mm.

Závity na plastových dílech s vyznačují menší pevností a u jemnějších tvarů i složitostí zaformování. S výhodou se používají přerušované závity a to zejména z ekonomického hlediska. Vnější závity se vyrábějí pomocí čelistí, vnitřní potom pomocí závitových trnů. [1]

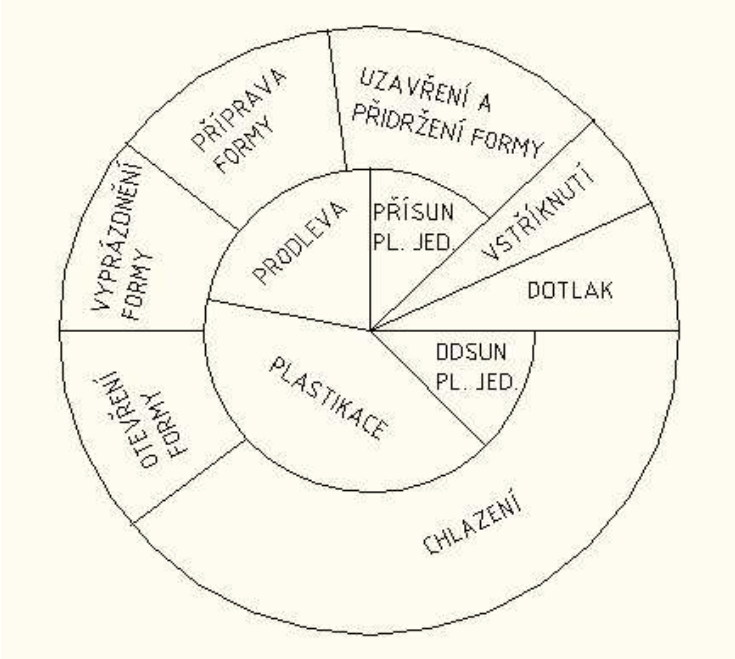
3 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Je nejrozšířenější způsob výroby požadovaných dílů z plastů. Vyznačuje se poměrně složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a vstřikovací forma. V průběhu vstřikování je roztavený plast ve vstřikovacím stroji tlakem dopraven do dutiny formy a tam ochlazen ve tvaru vyráběné součásti. [1]

3.1 Průběh vstřikovacího cyklu

Vstřikovací cyklus se realizuje na vstřikovacím stroji. Vyráběné množství výstřiku ovlivňuje především násobnost formy. Pomocí technologie vstřikování se může zvýšit produkce. To se projeví optimální délkou pracovního cyklu. Jeho délka je výsledkem všech časových průběhů technologických parametrů stroje i chladícího účinku formy. Konstrukce formy může délku pracovního cyklu ovlivnit zejména tloušťkou stěn výstřiku.

Po uzavření formy ve stroji je plastikovaná hmota požadované teploty vstříknuta do formy nastaveným tlakem a danou rychlostí. Tavenina zůstává pod tlakem v uzavřené dutině formy, dokud se nezačne ochlazovat. Poté nastoupí dotlak, který končí částečným ochlazením plastu ve formě. Po skončení dotlaku se vstřikovací jednotka oddálí od formy a začne plastikace další dávky hmoty. Po dostatečném ochlazení výstřiku se forma otevře a výstřik vyhodí. Po očištění a přípravě formy (prodleva) následuje další cyklus. [1]

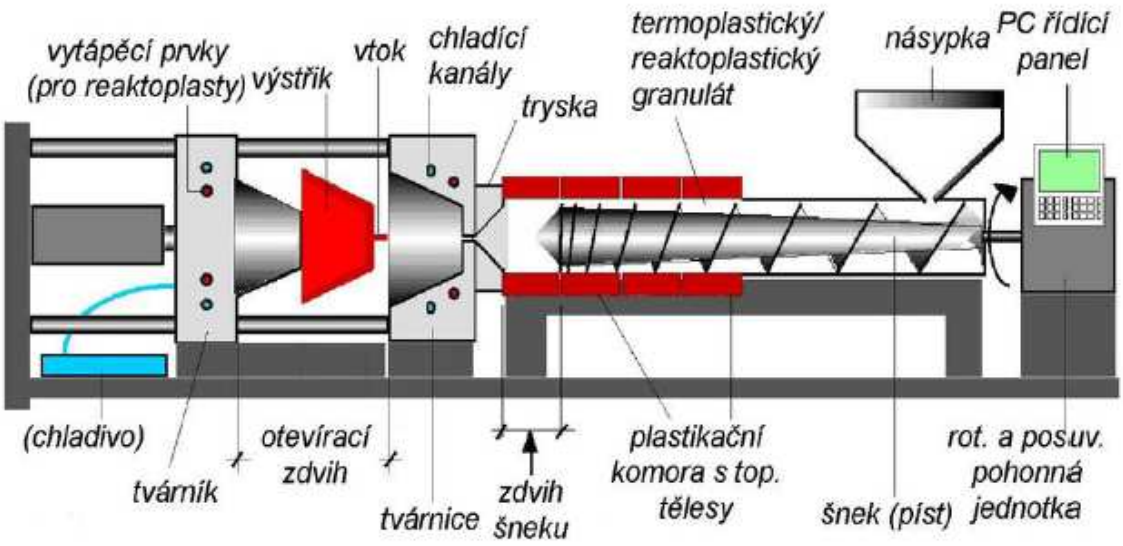


Obr. 4. Průběh vstřikovacího cyklu

3.2 Vstřikovací stroj

Vstřikovací proces probíhá na moderních strojích většinou plně automaticky, takže se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena strojního zařízení i vstřikovací formy je však značně vysoká. Technologie je proto vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu.

Vstřikovací stroj se skládá ze vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky a z řídící a regulační jednotky. Každý výrobce vstřikovacích strojů je schopen vybavit vstřikovací stroj tak, aby plnil funkci částečně nebo plně automatizovaného pracoviště, tj. dovybavit stroj manipulátory, roboty, temperačním zařízením, dávkovacím a mísícím zařízením, sušárnami, dopravníky pro výrobky a vtoky, mlýny, atd. [5]



Obr. 5. Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací [5]

3.2.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka plní dva hlavní úkoly: přeměňuje granulát plastu na homogenní taveninu o dané viskozitě, vstřikuje taveninu vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny formy.

Při plastikaci se šnek otáčí a v hrdle násypky nabírá granulovaný plast, který stlačuje a dopravuje jej do vytápěných částí tavicí komory, kde materiál taje a jako tavenina se hromadí před čelem šneku a šnek během otáčení ustupuje dozadu. Po zplastikování potřebného množství plastu se otáčivý pohyb šneku zastaví a šnek se bez otáčení pohybuje do-

předu jako píst a vstřikuje taveninu do dutiny formy. Jelikož plastikace nové dávky plastu může probíhat ještě ve fázi chlazení výstřiku ve formě, je výrobní cyklus kratší oproti pístovým strojům. K dalším přednostem patří jednoduché dávkování, možnost hmotu dodatečně barvit a plnit plnivy nebo přidávat další přísady až při zpracování. [5]

3.2.2 Uzavírací jednotka

Skládá se z těchto hlavních částí: opěrné desky pevně spojené s ložem stroje, pohyblivé desky, na kterou je upnuta pohyblivá část formy, upínací desky s otvorem pro trysku stroje, na kterou se připevní nepohyblivá část vstřikovací formy, vedení pro pohyblivou desku, z uzavíracího a přidržovacího mechanismu. Vstřikovací stroje používají v současné době různé uzavírací systémy, které např. mohou být konstruovány jako hydraulické, mechanické, kombinace hydraulického a mechanické způsobu (závorování) a v poslední době se používají i elektrické systémy.

Vstřikovací a uzavírací jednotky mají vůči sobě určité umístění, polohu. Nejčastější uspořádání u vstřikovacích strojů je horizontální poloha vstřikovací i uzavírací jednotky, tedy vstřikování kolmo na dělící rovinu formy. V některých případech (reologické chování taveniny, zakládání zástřiků, dvoukomponentní vstřikování, speciální způsoby vstřikování, apod.) však může dojít k jiné vzájemné poloze. [5]

4 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací formy se používají při zpracování termoplastů, reaktoplastů a kaučuků. Řešení vstřikovací formy vychází z technologického projektu příslušného výstřiku. Musí se uvažovat jak vlastnosti zpracovávaných materiálů, tak také možnosti výrobních zařízení i požadavky na kvalitu výrobků a produktivitu práce. Důležitým požadavkem bývá, aby výstřiky nevyžadovaly náročné dokončovací operace.

Mnohoznačnost požadavků vede k různým řešením forem. Používané typy mívají tyto hlavní části:

- tvarové díly vymezující dutinu formy,
- vtokový systém,
- temperanční systém,
- vyhazovací systém,
- upínací a vodící elementy. [4]

4.1 Technické údaje potřebné pro konstrukci formy

Pro vyhotovení výkresové dokumentace formy nutné pro její výrobu, je třeba znát celou řadu technických údajů. Přehled nejdůležitějších podkladů je v následujícím obrázku.

Obr. 6. Technické údaje potřebné pro konstrukci forem

4.1.1 Výkres součásti

Charakter součásti z plastu má odpovídat jeho specifickým vlastnostem. Svým tvarem a rozměry má umožnit jeho jednoduchou výrobu a dodržení fyzikálních i mechanických vlastností.

Výkres součásti musí definovat:

- její tvar, rozměry, stupeň přesnosti, jakost povrchu a materiál součásti včetně barevného odstínu,
- násobnost formy s ohledem na požadovaný počet výstřiků za rok a celkovou životnost formy,
- typ vstřikovacího stroje, jeho technické parametry a upínací rozměry,
- zvláštní požadavky na konstrukční provedení formy. [1]

4.1.2 Násobnost formy

Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří ji ovlivňují. Patří sem:

- charakter a přesnost výstřiku,
- požadované množství výrobku,
- velikost a kapacita stroje,
- termín dodávek,
- ekonomika výroby.

Součásti tvarově náročné, na které je nutné vyrobit složitou formu, se většinou vyrábí v jednonásobných formách. Z hlediska jakosti a přesnosti výstřiku je žádoucí, aby byla násobnost co nejmenší. [1]

4.2 Postup při konstrukci formy

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji jsou podkladem pro konstruktéra formy, vlastní konstrukce má následující postup:

- posouzení výkresu z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek,

- určení dělící roviny a zaformování výrobku,
- dimenzování tvarových dutin, volba vhodného vtokového systému,
- stanovení koncepce vyhazovacího, odvzdušňovacího a temperančního systému,
- navržení rámu formy, vhodného středění a upínání formy na stroj,
- zkontrolování funkčních parametrů formy, hmotnosti výstřiku, vstřikovací a uzavírací tlak.

Celá koncepce konstrukce vstřikovací formy musí směřovat k možné a jednoduché výrobní technologii dle zadaných požadavků. [1]

4.2.1 Zaformování výstřiku

Správné zaformování a vhodná volba dělící roviny náleží k rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby.

Dělící rovina bývá zpravidla rovnoběžná s rovinou upínání formy. U výstřiků s bočními otvory vytváří hlavní a vedlejší dělící roviny. Nepřesnost v dělící rovině může způsobit nedovření formy, to má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výrobku. [1]

4.2.2 Tvarová dutina

Tvar a rozměry funkčních dílů, které jsou převážně umístěny v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu. Její dimenzování je důležitým krokem při konstrukci formy. [1]

Mezi důležité úkony patří zejména odhadnutí velikosti smrštění, při čemž je konstruktér odkázán zejména na své zkušenosti, protože přesný výpočet smrštění je téměř nemožný. Dalším důležitým faktorem je také kvalita povrchu tvarové dutiny, která je obvykle složena z tvárnice, tvárníku, jader a tvarových vložek. Přesnost se pohybuje v rozmezí IT 8 až IT10.

4.3 Vtokové systémy

Vtokové systémy zajišťují vedení roztaveného polymeru od stroje do tvarové dutiny formy. Vtokové systémy dělíme na studené a vyhřívané.

4.3.1 Studené vtokové systémy

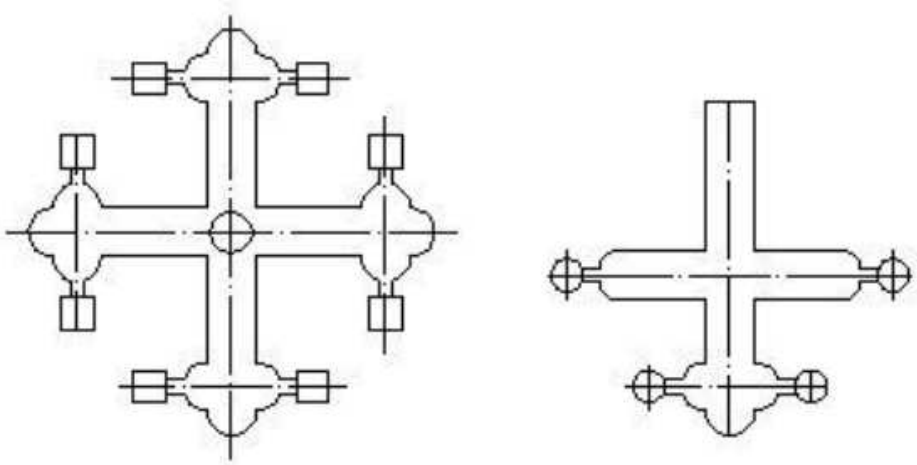
Naplnění dutiny taveninou by mělo proběhnout v co nejkratším čase a s minimálními odpory. Vtokový systém se skládá z vtokového kanálu, rozváděcího kanálu a vtokového ústí.

Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit aby :

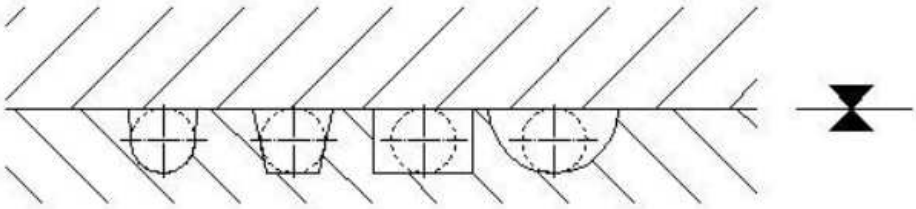
- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší,
- dráha toku ke všem tvarovým dutinám byla stejně dlouhá,
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký, aby bylo jádro taveniny po vyplnění tvarové dutiny v plastickém stavu a tím byl umožněn dotlak,
- byly průřezy kanálů u vícenásobných forem odstupňovány a tím byla zachována stejná rychlost taveniny.

Aby bylo možné uvedené zásady splnit je potřebné:

- zaoblení ostrých hran vtokových kanálů min. R=1 mm,
- stanovit úkosovitost všech vtoků, pro jejich snadné doformování, volí se min. 1,5°,
- leštit povrch vtokového systému ve směru vyjímání, drsnost by neměla klesnout pod 0,2 Ra,
- řešit zachycení studeného čela pomocí rozváděcích kanálů, tím se zabrání vzniku vad výrobku,
- vyloučit místa s možností nahromadění materiálu,
- neprovádět větvení vtokového systému pod ostrým úhlem. [1]



Obr. 7. Uspořádání vtokových kanálů [1]



Obr. 8. Průřez vtokových kanálů [1]

4.3.2 Vtokové ústí

Vytváří se zúžením rozváděcího kanálu. Ve výjimečných případech se používá plný, nezúžený vtok (potlačení vad výstřiku). Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do dutiny formy. Omezí se strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím vytváření povrchových defektů.

Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu s ohledem na charakter výrobku, plastu a technologii vstřikování. Velikost zúženého průřezu však musí zaručit spolehlivé zaplnění tvarové dutiny a umožnit působení dotlaku.

Neméně důležité je také umístění vtokového ústí na výstřiku. Má rozhodující vliv na jeho vzhled a požadovanou kvalitu. [1]

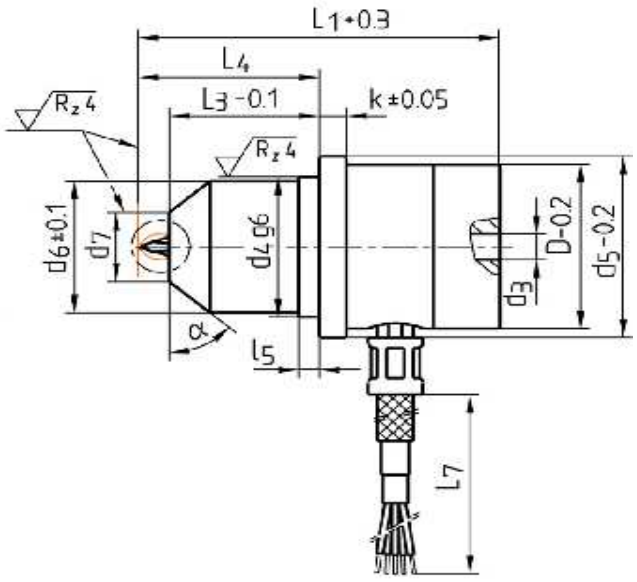
4.3.3 Vyhřívané vtokové systémy (VVS)

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhřívaných vtokových soustav. Dnešní vyhřívané vtokové soustavy mají vyhřívané trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním vtokem taveniny.

Mezi hlavní výhody VVS patří:

- umožňuje automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus,
- snižuje spotřebu plastu,
- snižuje náklady na dokončovací operace (odstranění vtokového zbytku),
- odpadá manipulace regenerace vtokových zbytků a problémy jejich zpracování.

Technologie vstřikování s využitím VVS spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti toku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. Součástí systému bývá regulace teploty VVS i formy. [1]



Obr. 9. Vyhřívaná tryska [8]

4.4 Vyhazovací systémy

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny formy nebo tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřik. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí zajišťuje automatický výrobní cyklus, který má dvě fáze:

- dopředný pohyb – vlastní vyhození výstřiku,
- zpětný pohyb – návrat vyhazovacího systému do původní polohy.

Základní podmínkou dobrého vyhazování je hladký povrch a úkosovitost stěn ve směru vyhazování. Vyhazovací systém by měl výstřik vyhazovat rovnoměrně, aby nedocházelo k jeho příčení. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. [2]

4.4.1 Mechanické vyhazování

Je to nejrozšířenější způsob vyhazování. Používá se všude tam, kde je to možné. Mechanickým vyhazováním rozumíme:

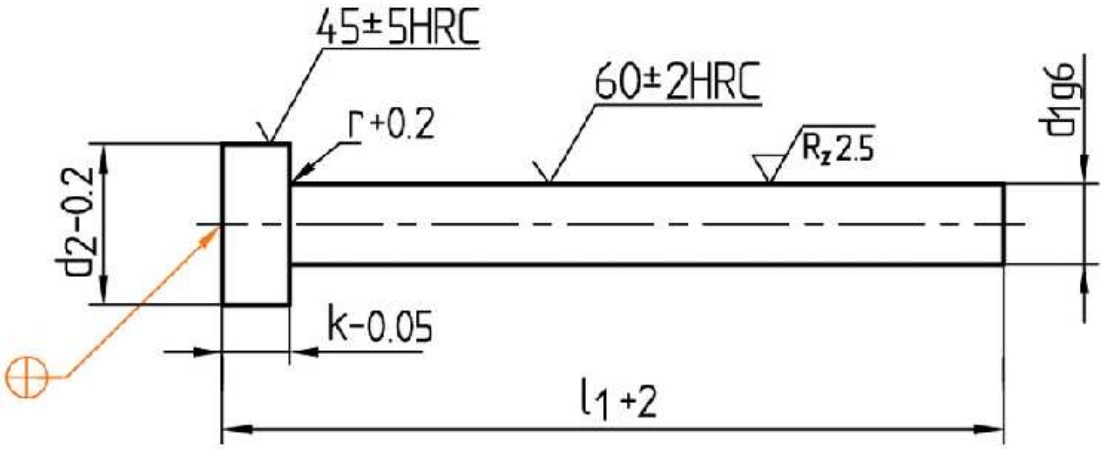
- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků,
- vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů,
- šikmé vyhazování,
- postupné vyhazování,
- speciální vyhazování. [2]

4.4.2 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

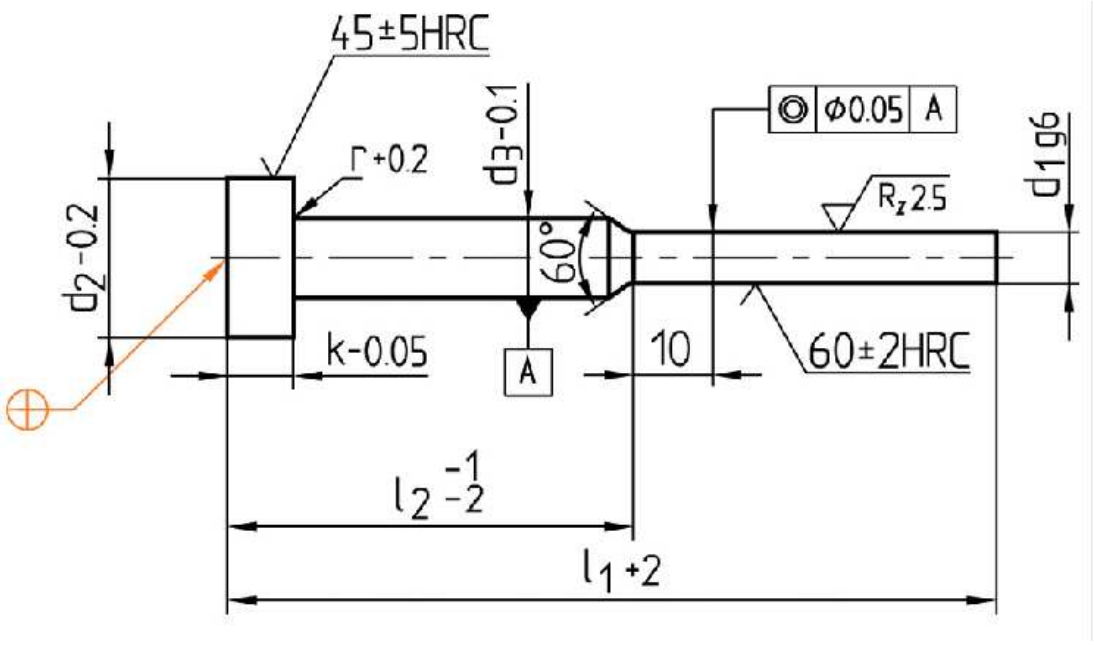
Je to výrobně nejjednodušší a nejlevnější způsob vyhazování. Používá se všude tam, kde je možné umístit vyhazovače kolmo proti ploše výstřiku ve směru vyhození.

Kolík by se měl opírat o stěnu nebo žebro výrobku a při vyhazování by nemělo dojít k jejich zborcení. Po vyhazování zůstávají na výrobku stopy, proto není vhodné je umísťovat na pohledové plochy.

Vyhazovače mohou mít jakýkoliv tvar, obvykle však bývá válcový. [2]



Obr. 10. Válcový vyhazovač [8]



Obr. 11. Prizmatický vyhazovač [8]

4.4.3 Vyhazování stírací deskou

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu, díky tomu nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Používá se zejména u tenkostěnných výrobků, kde je nebezpečí jejich deformace nebo rozměrově velkých výstřiků z důvodu požadavku velké vyhazovací síly. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřik na stírací desku v rovině ne-

bo je plocha výrobku jen mírně zakřivená. Pro zvýšení životnosti bývá stírací deska vyložena tepelně zpracovanou vložkou, která je uložena v desce. [2]

4.4.4 Vyhazování šikmými vyhazovači

Je to speciální způsob mechanického vyhazování, kdy vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělící rovině, ale jsou uloženy pod úhlem. Používají se pro malé a středně velké výrobky s vnitřním nebo vnějším zápichem. Díky šikmým vyhazovačům s nemusí používat náročné posuvné čelisti s klínovým mechanismem. [2]

4.4.5 Pneumatické vyhazování

Využívá s zejména u vyhazování tenkostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob. Ty požadují po vyhození zavzdušnit, aby nedošlo k jejich deformaci. Vzduchové vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku a zamezí s vzniku stop po vyhazovačích. Použití pneumatického vyhazování je omezeno pouze na některé tvary výstřiků. [2]

4.4.6 Hydraulické vyhazování

Bývá součástí vstřikovacího stroje. Používá se k ovládání mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. Hydraulické jednotky se také používají k ovládání bočních posuvných čelistí.

Hydraulické vyhazování se vyznačuje velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [2]

4.5 Temperace forem

Temperace složí k udržování konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnou co nejkratšího výrobního cyklu při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Děje se tak ochlazováním nebo naopak ohříváním formy.

Během vstřikování se do formy přivádí roztavený polymer, který se v její dutině ochlazuje na teplotu vhodnou pro vyjmutí výstřiku. Temperace tedy zajišťuje optimální plnění dutiny a tuhnutí plastu v ní. Při každém výstřiku se forma otepluje, proto je toto přebytečné teplo nutné odvést temperanční soustavou.

Úkolem temperace je:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny,
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku.

Pokud má forma dostatečnou hmotnost a dobře řešený temprerační systém, zvýší se její tepelná a tím i rozměrová stabilita a sníží nebezpečí deformace při vysokých vstřikovacích teplotách a tlacích. [2] [4]

4.6 Odvzdušnění forem

Odvzdušnění dutiny formy je důležité zvlášť u výstřiků s členitým povrchem. Důležitost odvzdušnění většinou vyplyne až při zkoušení hotového nástroje, kdy špatné odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku nebo jeho nízkých mechanických vlastností.

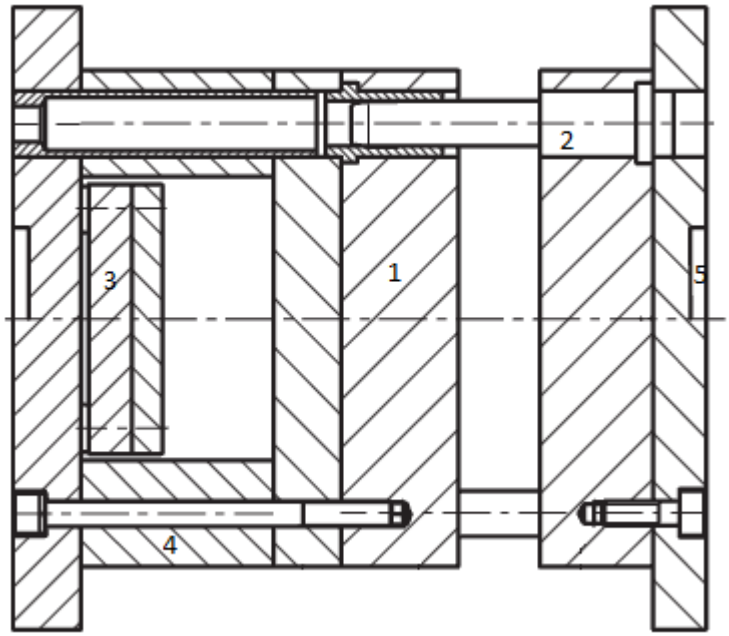
Vzduch z dutiny formy většinou stačí uniknout dělící rovinou nebo vůlí v pohyblivých částech formy. V ostatních případech je nutné formu odvzdušnit odvzdušňovacími kanály. Jejich velikost je závislá na viskozitě taveniny a volí se podle tabulek. Odvzdušňovací kanály se nejčastěji umisťují naproti vtokového ústí. [2] [4]

4.7 Rámy forem

Rám formy představuje skupinu vzájemně spojených desek s vodícím, středícím a spojovacím příslušenstvím. Spojený celek tvoří funkční nosič tvarových dutin a vtoků, které jsou přímo v deskách nebo zvláštních vložkách. Rám doplněný o další funkční prvky pak tvoří kompletní formu. Rám musí umožnit:

- 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 temperančního a vyhazovacího systému. [2]



Obr. 12. Nejdůležitější díly rámu formy [8]

1 - rám, 2 - vodící a spojovací části, 3 – vyhazovací desky, 4 – rozpěrné desky, 5 - středící kroužek

4.8 Materiály pro výrobu forem

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

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

Pro výrobu forem se tedy používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Dává se přednost materiálům univerzálních typů s širokým rozsahem užitných vlastností. Patří sem:

- oceli vhodných vlastností,

- slitiny neželezných kovů (Cu, Al),
- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé).

Oceli jsou nejpoužívanějším druhem materiálů na výrobu forem. Svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit.

Jednotlivé díly forem nemají stejnou funkci. Proto také vyžadují i svoje specifické požadavky na volbu materiálu, z kterého budou vyrobeny. Jejich výběr a doporučená řada má odpovídat požadované funkci součásti s ohledem na opotřebení a životnost.

Od materiálů použitých na výrobu formy se především požaduje:

- dostatečná mechanická pevnost,
- dobrá obrobitelnost.

Z hlediska technologie výroby výstřiku má materiál funkčních součástí zajišťovat speciální požadavky na kvalitu struktury, která je dána:

- dobrou leštitelností a brousitelností,
- zvýšenou odolností proti oděru,
- odolností proti korozi a chemickým vlivům plastu,
- vyhovující kalitelností,
- stálostí rozměru a minimálními deformacemi při kalení,
- vhodnými fyzikálními vlastnostmi. [2]

4.8.1 Používané druhy ocelí

Úspěšný vývoj univerzálních typů ocelí s širokým rozsahem užitných vlastností může plnit v maximální míře funkční požadavky výroby na materiál. Z širokého sortimentu jakosti ocelí se v současné době pro výrobu forem využívají následující skupiny:

- konstrukční oceli k použití v přírodním i ušlechtilém stavu,
- oceli pro snadné opracování a tváření, k cementování a zušlechťování,
- oceli uhlíkové k zušlechťování,
- oceli nástrojové a legované,

- oceli k nitridování,
- oceli antikorozní,
- oceli martenziticky vytvrditelné s malou deformací při tepelném zpracování a velkou stálostí rozměrů. [2]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V první části bakalářské práce je zpracována literární studie, která se zabývá vhodnými materiály ke vstřikování, popisem postupu konstrukce výstřiku a samotnou konstrukcí vstřikovací formy.

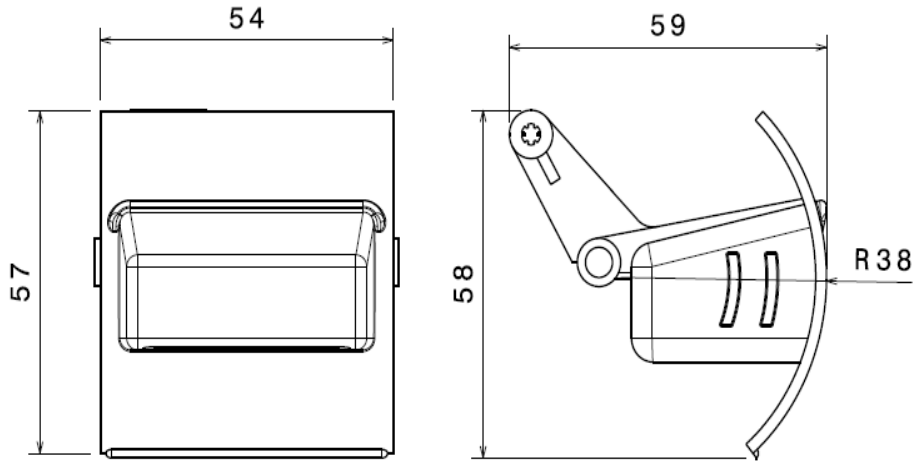
V praktické části bakalářské práce bude pomocí softwaru CATIA V5 R18 a digitálního katalogu normalizovaných součástí od společnosti HASCO provedena konstrukce vstřikovaného dílu a navržena vstřikovací forma. Z takto zhotovených 3D modelů bude vytvořena 2D výkresová dokumentace a kusovník.

Zadání bakalářské práce:

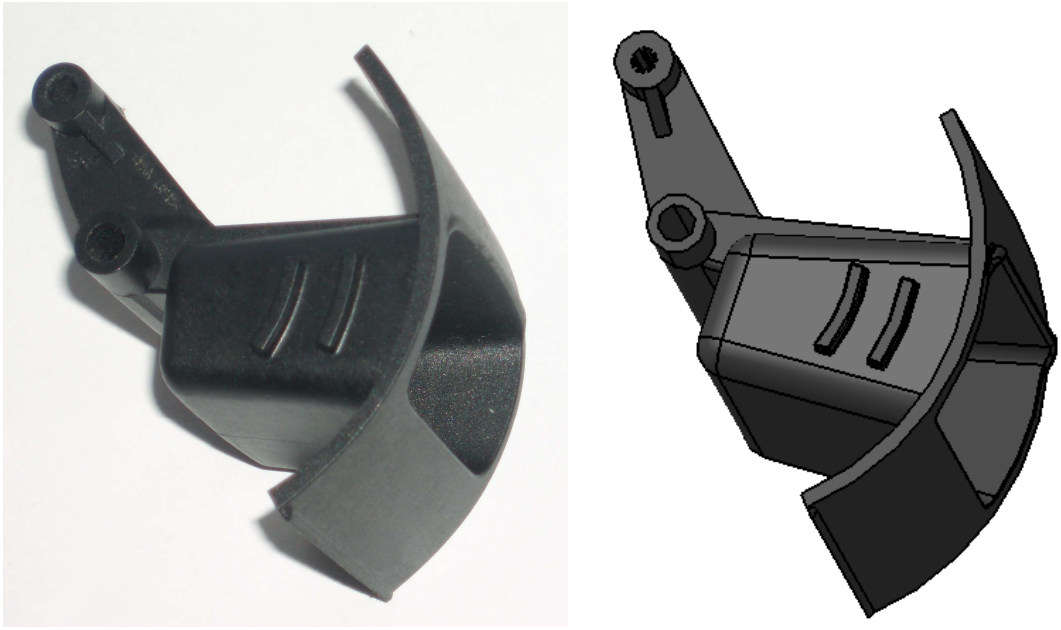
- vypracujte literární studii na dané téma
- proveďte konstrukci 3D modelu výstřiku
- navrhněte vstřikovací formu
- vypracujte 2D výkresovou dokumentaci včetně kusovníku

6 VSTŘIKOVANÝ DÍL

Zadaný díl je plastové madlo, které nachází využití v automobilovém průmyslu. Základní rozměry výstřiku můžeme vidět na Obr.13.



Obr. 13. Základní rozměry výstřiku



Obr. 14. Reálný výrobek (vlevo) a vymodelovaný díl

6.1 Použitý software

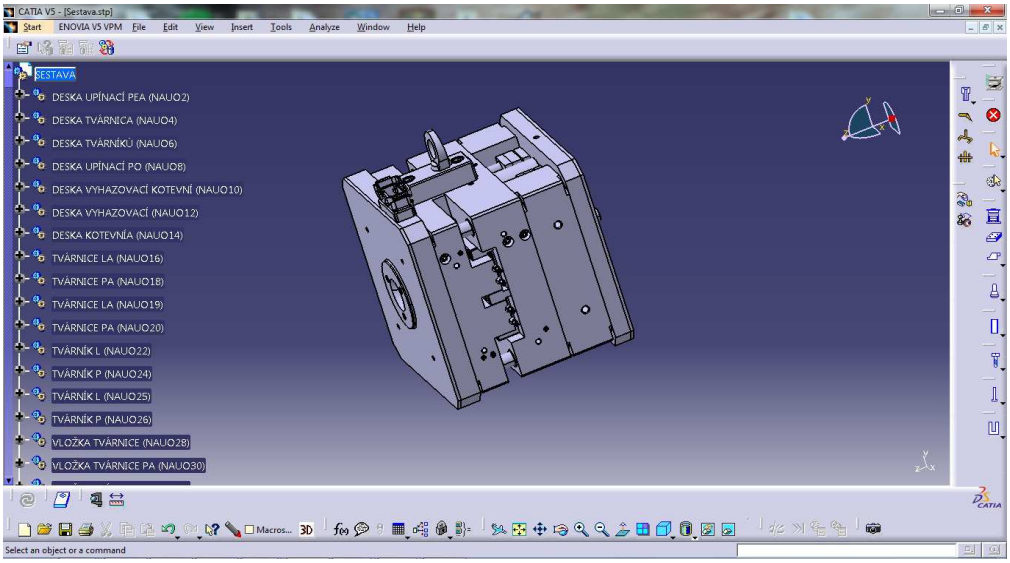
6.1.1 CATIA V5 R18

CATIA V5 je software pro 3D počítačové konstruování v oblastech CAD/CAM/CAE a nejrozšířenější CAx systém v automobilovém a leteckém průmyslu na světě.

Tento systém je schopen pokrýt kompletní životní cyklus výrobku, tzn. od koncepčního návrhu designu, přes vlastní konstrukci, různé analýzy, simulace a optimalizace až po tvorbu dokumentace a NC programů pro vlastní výrobu.

Systém CATIA V5 se vyznačuje značnou úrovní průmyslové univerzálnosti, tzn. že může být nasazen do zcela rozdílných oblastí strojírenství. Široké spektrum modulů, kterými CATIA V5 disponuje, umožňuje vytvářet softwarové řešení sladěné s konkrétními podmínkami a požadavky uživatelů. Může to být např. automobilový či letecký průmysl, výroba spotřebního zboží a stejně tak i výroba obráběcích strojů nebo investičních celků těžkého strojírenství. [12]

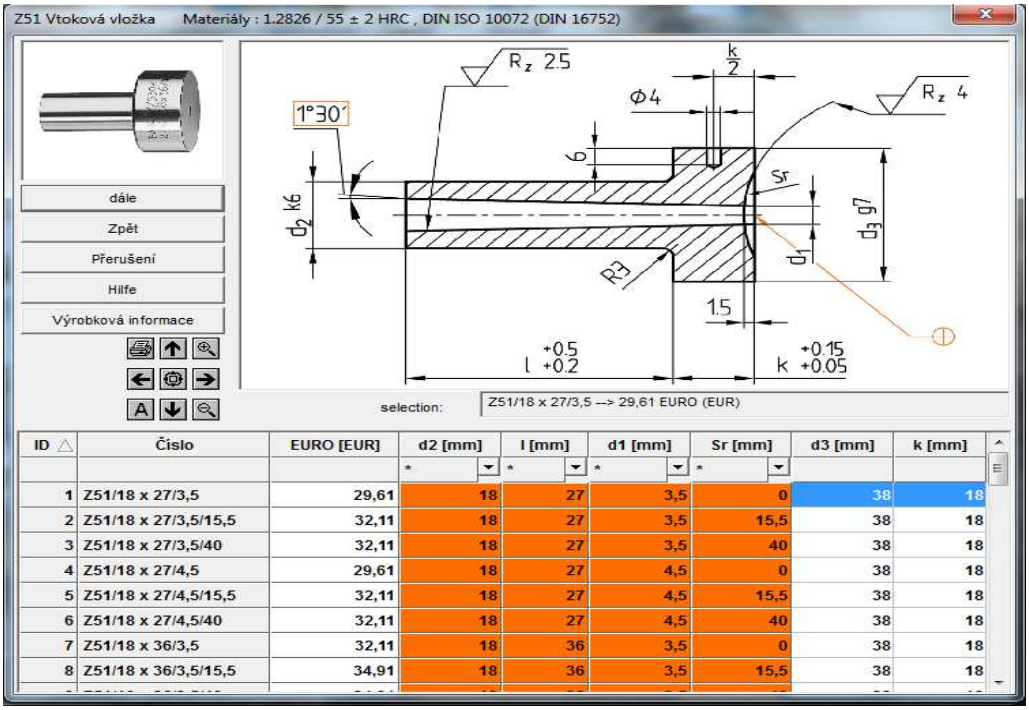
CATIA V5 obsahuje modul Mold Tooling design, který je určen pro návrh vstřikovacích forem. Využití tohoto modulu urychlí a hlavně usnadní konstrukci vstřikovací formy. Aplikace obsahuje řešení všech úloh, které je nutno pro návrh komplexní stavby formy vyřešit. Umožňuje nám zvolit vybraný stavebnicový systém a správný rozměr formy, který vizuálně kontrolujeme v interaktivním 3D náhledu. K dispozici jsou normalizované součásti Hasco, Rabourdin, DME, EOC a Strack.



Obr. 15. Uživatelské prostředí CATIA V5, Mold tooling design

6.1.2 HASCO – DAKO modul R3 – 2011

Je to digitální katalog normalizovaných součástí forem od společnosti Hasco. Tento katalog podporuje výběr potřebné komponenty a následný export zvolené součásti do prostředí konstrukčního systému. Mezi podporované programy patří například Autodesk Inventor, Autodesk Autocad, Catia apod..



ID	Číslo	EURO [EUR]	d2 [mm]	l [mm]	d1 [mm]	Sr [mm]	d3 [mm]	k [mm]
1	Z51/18 x 27/3,5	29,61	18	27	3,5	0	38	18
2	Z51/18 x 27/3,5/15,5	32,11	18	27	3,5	15,5	38	18
3	Z51/18 x 27/3,5/40	32,11	18	27	3,5	40	38	18
4	Z51/18 x 27/4,5	29,61	18	27	4,5	0	38	18
5	Z51/18 x 27/4,5/15,5	32,11	18	27	4,5	15,5	38	18
6	Z51/18 x 27/4,5/40	32,11	18	27	4,5	40	38	18
7	Z51/18 x 36/3,5	32,11	18	36	3,5	0	38	18
8	Z51/18 x 36/3,5/15,5	34,91	18	36	3,5	15,5	38	18

Obr. 16. Uživatelské prostředí HASCO – DAKO modul R3 – 2011

6.2 Materiál vstřikovaného dílu

Materiálem výstřiku byl zvolen polyamid PA6 GF15. Jedná se o materiál, který je plněn 15% skleněných vláken. Vyznačuje se především vysokou otěruvzdorností, tvrdostí a vysokou únosností. Využití nachází ve spotřebním, elektrotechnickém a automobilovém průmyslu.

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. 2 Vybrané vlastnosti PA6 GF15 [14]

6.3 Výběr vstřikovacího stroje

Ke vstřikování byl zvolen vstřikovací stroj Allrounder 420 C od německého výrobce Arburg, který splňuje všechny potřebné rozměrové i procesní parametry.

Obr. 17. Vstřikovací stroj Arburg Allrounder 420 C

Uzavírací jednotka		
Uzavírací síla	1000	kN
Vzdálenost mezi sloupky	420x420	mm
Velikost upínací desky	570x570	mm
Vyhazovací síla	40	kN
Zdvih vyhazovače	175	mm
Vstřikovací jednotka		
Průměr šneku	40	mm
Poměr šneku	20	L/D
Objem dávky	182	cm3
Vstřikovací tlak	2120	bar
Přítlačná síla trysky	70	kN
Objem násypky	50	l

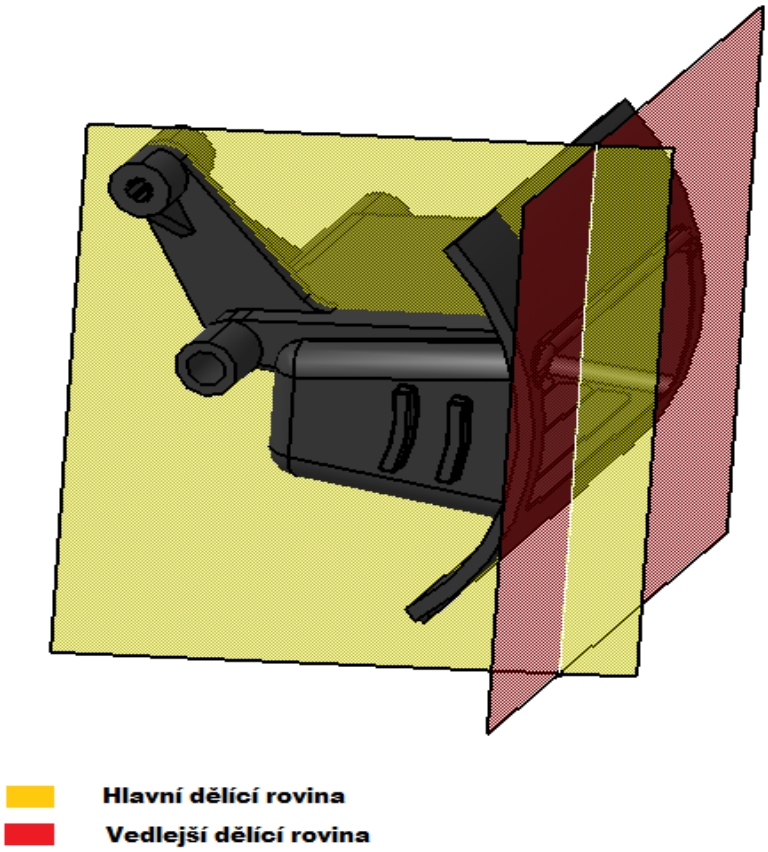
Tab. 3 Parametry vstřikovacího stroje [13]

7 KONSTRUKCE FORMY

Při konstrukci byl kladen důraz na co největší využití normalizovaných součástí. Toto celou konstrukci nejen zjednoduší a zrychlí, ale také dojde k velké ekonomické úspoře. Konstrukce vstřikovací formy byla provedena pomocí programu Catia V5 R18, kde byly využívány především moduly Mold tooling design, Assembly design a Part design. Normalizované části byly vkládány z digitálního katalogu Hasco – DAKO modul R3 – 2011.

7.1 Dělící roviny

Vzhledem k tvaru výrobku musel být výstřik zaformován pomocí dvou dělících rovin. Hlavní dělící rovina, která je rovnoběžná s upínací deskou, byla zvolena tak, aby díl po vstřikování zůstal v levé části formy, odkud je potom vyhozen pomocí vyhazovacího systému. Vedlejší dělící rovina je kolmá na hlavní dělící rovinu a je potřebná pro odformování dutiny vstřikovaného dílu.



Obr. 18. Hlavní a vedlejší dělící rovina

7.2 Násobnost formy

Násobnost formy byla určena podle několika základních pravidel. Musela se posoudit zejména velikost vyráběné série, kapacita vstřikovacího stroje, velikost a přesnost výstřiku.

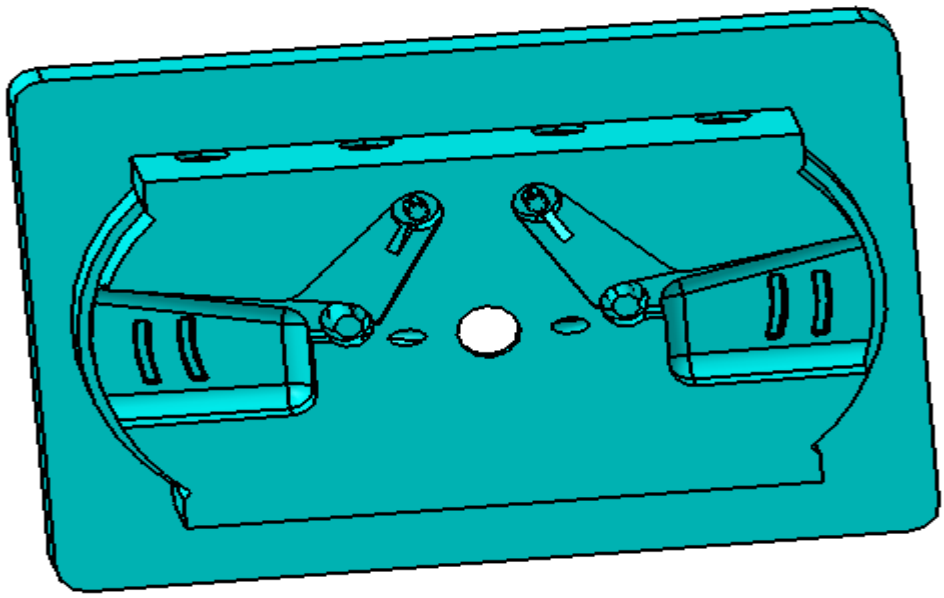
Jelikož vyráběné plastové madlo se bude vyrábět jako levý a pravý díl, byla zvolena dvojnásobná vstřikovací forma, kde bude vyrobeno levé i pravé madlo najednou. Výhodou méněnásobné formy je větší přesnost výstřiku, na druhou stranu u vícenásobných forem dochází k úspoře výrobního času.

7.3 Tvarové části formy

Tvarovou dutinu formy, která výstřiku udává výsledný tvar, tvoří tvárník, tvárnice a skupina výsuvných jader. Dutina formy je negativem výstřiku zvětšená o hodnoty smrštění v podélném i příčném směru.

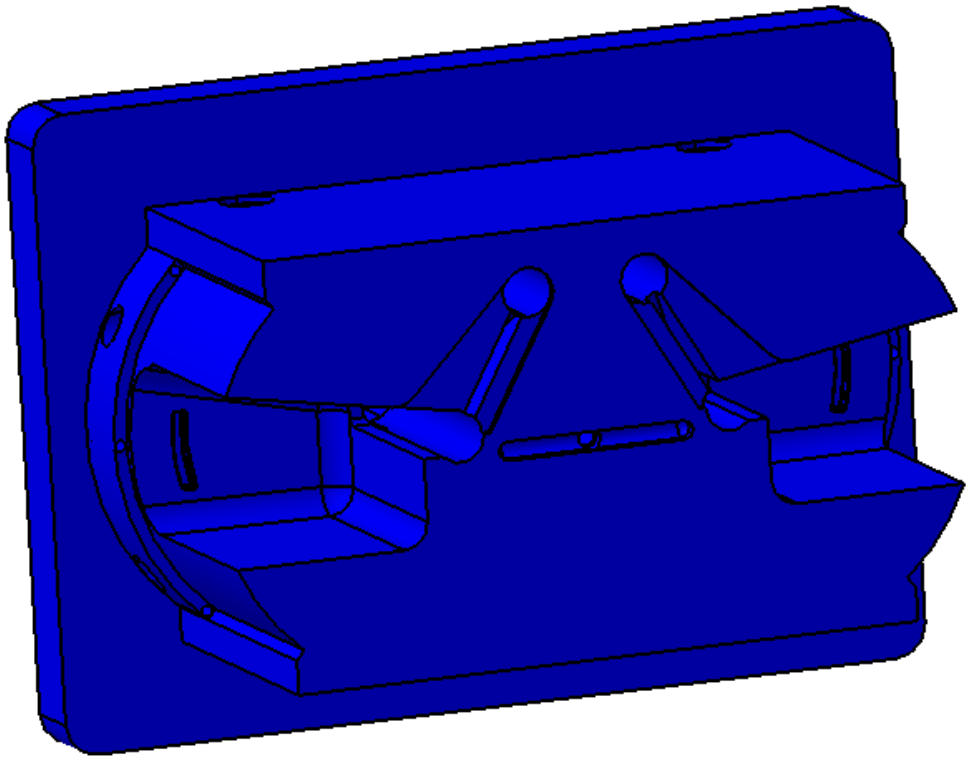
7.3.1 Tvárník a tvárnice

Tvárník je umístěn v pravé, pevné části vstřikovací formy, pomocí osazení je zajištěn v pravé tvarové desce. Tato součást je vyrobena z nástrojové oceli 19 552, která je kvůli malému množství uhlíku cementována a poté kalena, z důvodu delší životnosti.



Obr. 19. Tvárník

Tvárnice je umístěna v levé části formy a do levé tvarové desky je osazena stejným způsobem jako tvárník. Také tvárnice je vyrobena z nástrojové oceli 19 552, je cementována a kalena.



Obr. 20. Tvárnice

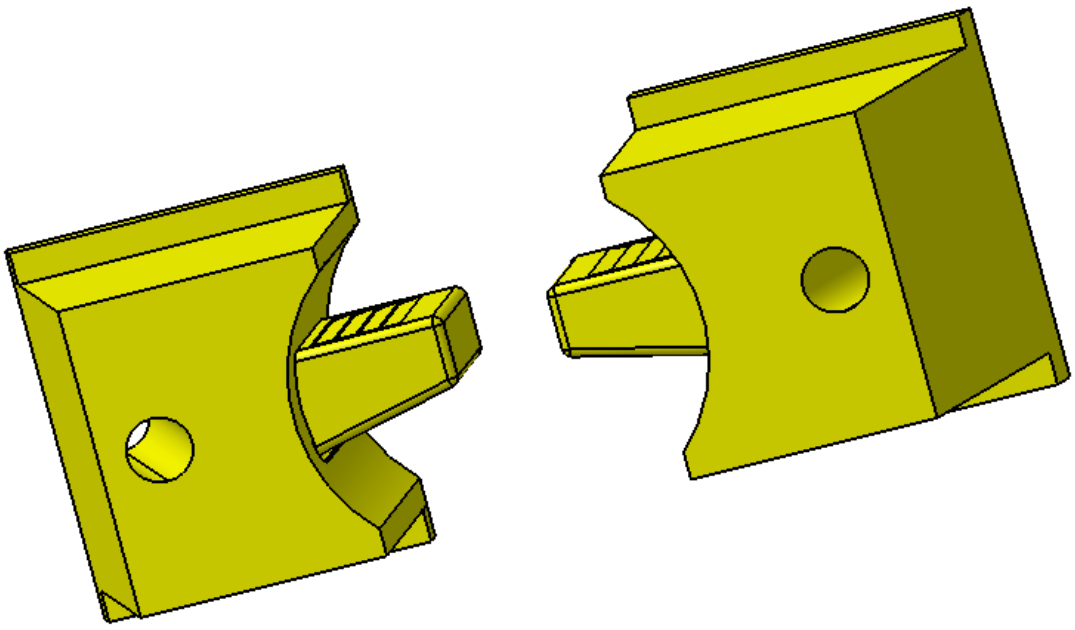
V obou součástech jsou vrtány temperační kanály. Tyto tvarové části byly navrženy tak, aby po otevření formy zůstal výstřik na levé časti vstřikovací formy, odkud je potom vyhozen pomocí vyhazovacího systému.

7.3.2 Výsuvná jádra

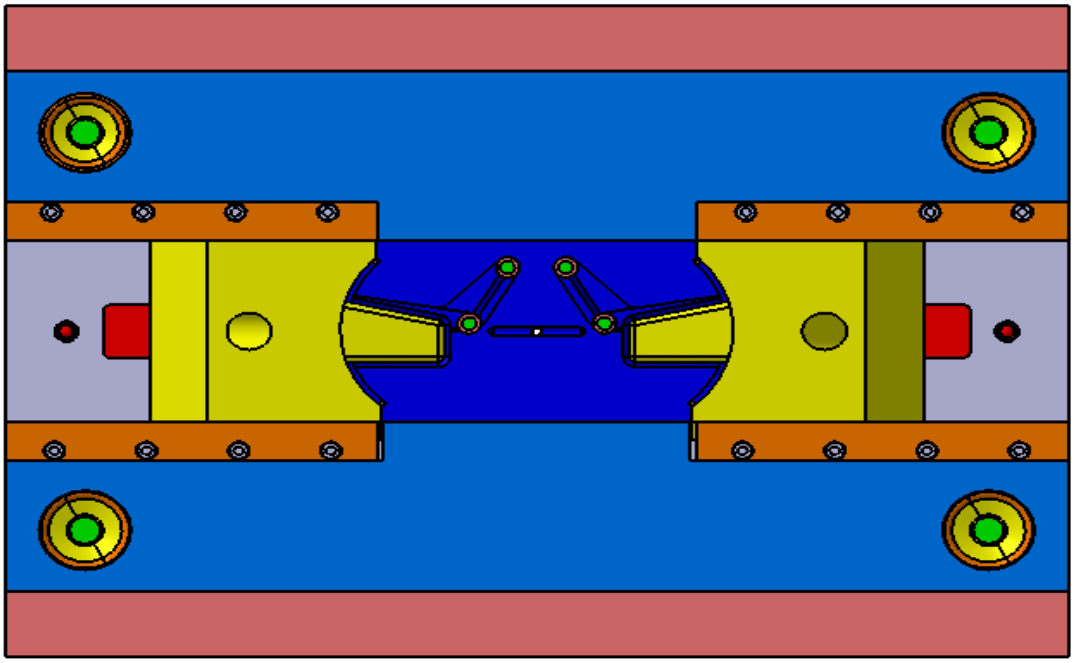
Výsuvná jádra slouží k odformování čelní dutiny plastového madla. Při konstrukci vstřikovací formy bylo uvažováno nad hydraulickým ovládáním těchto jader, ale z důvodu velké ekonomické náročnosti bylo přistoupeno k levnější variantě odformování pomocí šikmých válcových čepů s posuvnými čelistmi.

Pohyblivá jádra byla navržena z nástrojové oceli 19 552, jsou cementována a kalena. Posuvné čelisti jsou uloženy ve vedení, které je součástí levé tvarové desky. Pohyb jader je zajištěn pomocí šikmých čepů. Šikmé kolíky o průměru 10 mm a délce 155 mm mají sklon 15°. Jelikož by po otevření formy mohlo dojít k samovolnému návratu jader, je otevřená poloha formy zajištěna pomocí pojistných kuliček.

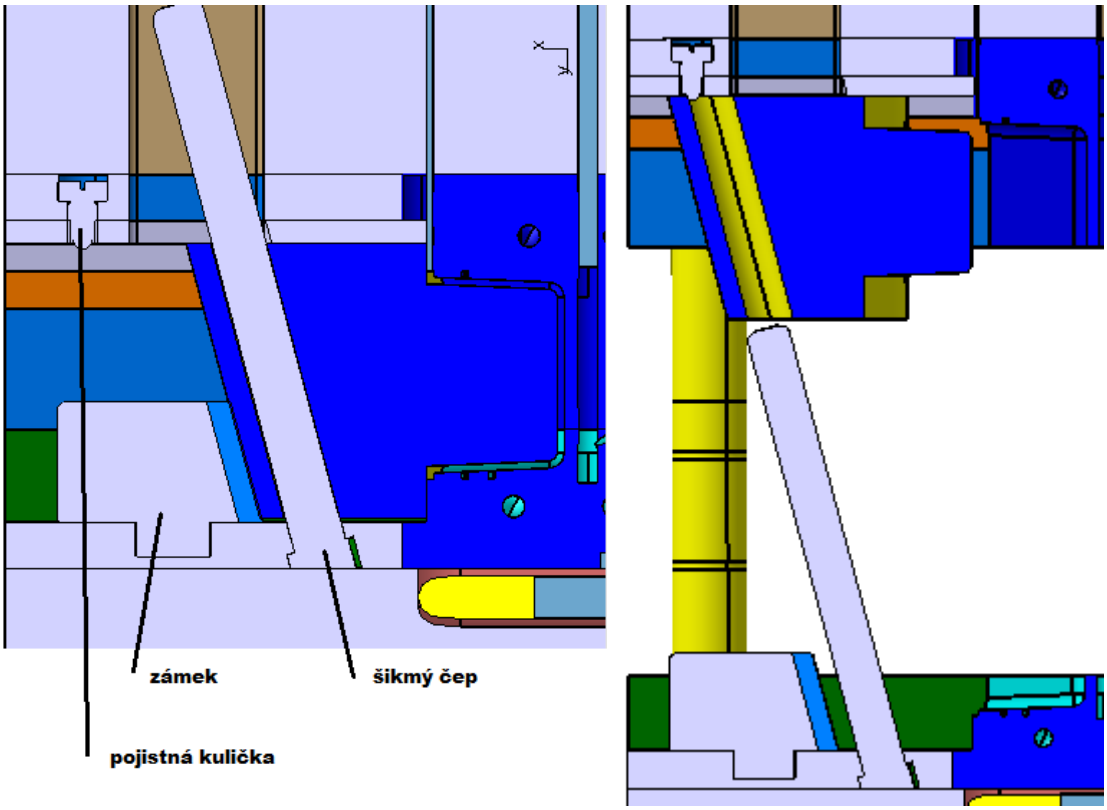
V průběhu vstřikovacího procesu vznikají uvnitř formy velmi velké tlaky, které by mohly způsobit otevření uzavřené formy a tím způsobit přetok taveniny mimo dutinu formy. Z tohoto důvodu jsou v pravé části vstřikovací formy navrženy zámky, které zajistí uzavřený stav.



Obr. 21. Výsuvná tvarová jádra



Obr. 22. Pohled do levé, pohyblivé části formy



Obr. 23. Uzamčený stav čelisti (vlevo), otevřený stav čelisti (vpravo)

7.4 Vtokový systém

Vtokový systém zajišťuje plnění vstřikovací formy taveninou od vstřikovací trysky až po jednotlivé dutiny. Plnění by mělo probíhat co nejrychleji a s minimálním odporem.

V tomto případě byla zvolena kombinace horkého a studeného vtokového systému.

7.4.1 Rozvodný kanál a vtokové ústí

Rozvodný kanál byl vyroben v tvárnici, která se nachází v levé části vstřikovací formy. Kanál má lichoběžníkový průřez a jeho součástí je také přidržovač vtoku.

Byl zvolen tunelový vtok. Toto řešení zajišťuje oddělení vtokového zbytku od výstřiku, které proběhne během otevírání vstřikovací formy.

7.4.2 Horká tryska

Horká tryska se nachází v pravé, pevné části vstřikovací formy. Tryska Z101/32 byla vybrána z katalogu normalizovaných součástí Hasco. Čelo trysky ústí do rozvodného kanálu, který zajišťuje dopravu taveniny do jednotlivých dutin formy. Elektrická energie potřebná pro napájení horké trysky je dodávána pře zásuvku Hasco Z1227. Napájecí kabely jsou vedeny v opěrné desce.

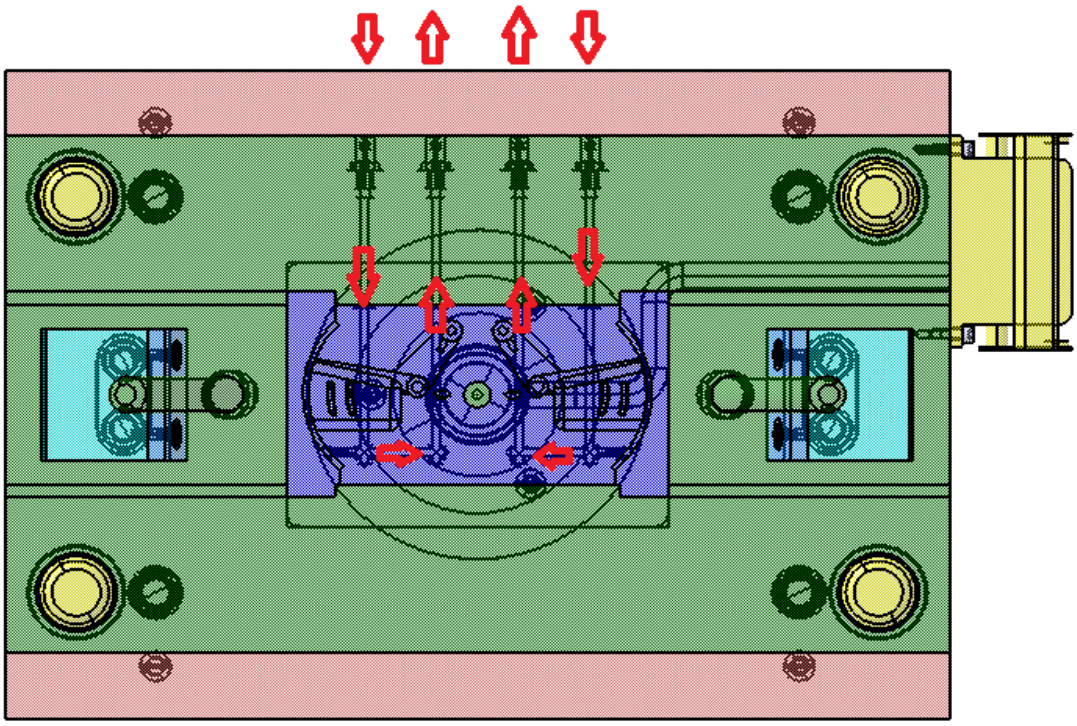
Obr. 24. Horká tryska Z101/32

7.5 Temperační systém

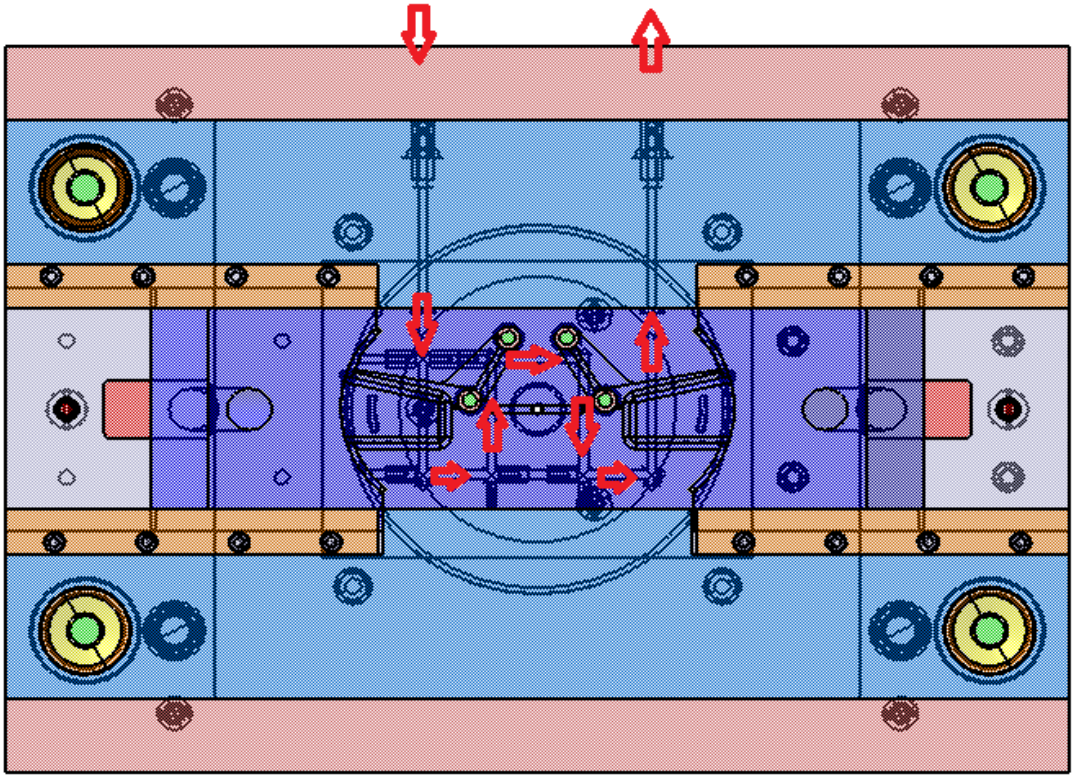
Temperační systém formy zajišťuje stálou teplotu tvarových částí během celého procesu vstřikování. Temperace tvárnice je řešena dvěma okruhy vrtaných kanálů o průměru 6

mm. U tvárníku bylo přistoupeno pouze k jednookruhovému systému, který tvoří taktéž vrtané kanály průměru 6 mm. K utěsnění temperačního systému v přechodových oblastech mezi deskami byly navrženy O – kroužky, Hasco Z98. K upřesnění dráhy temperačního média bylo nutné některé kanály utěsnit, to bylo provedeno pomocí ucpávek, které jsou vyráběny jako normalizované díly Hasco Z942. K rychlému a snadnému připojení hadic, kterými je vedena temperační kapalina slouží rychlospojky, které mají označení Hasco Z81.

Obr. 25. Rychlospojka Hasco Z81



Obr. 26. Dráhy temperačního média v tvárníku



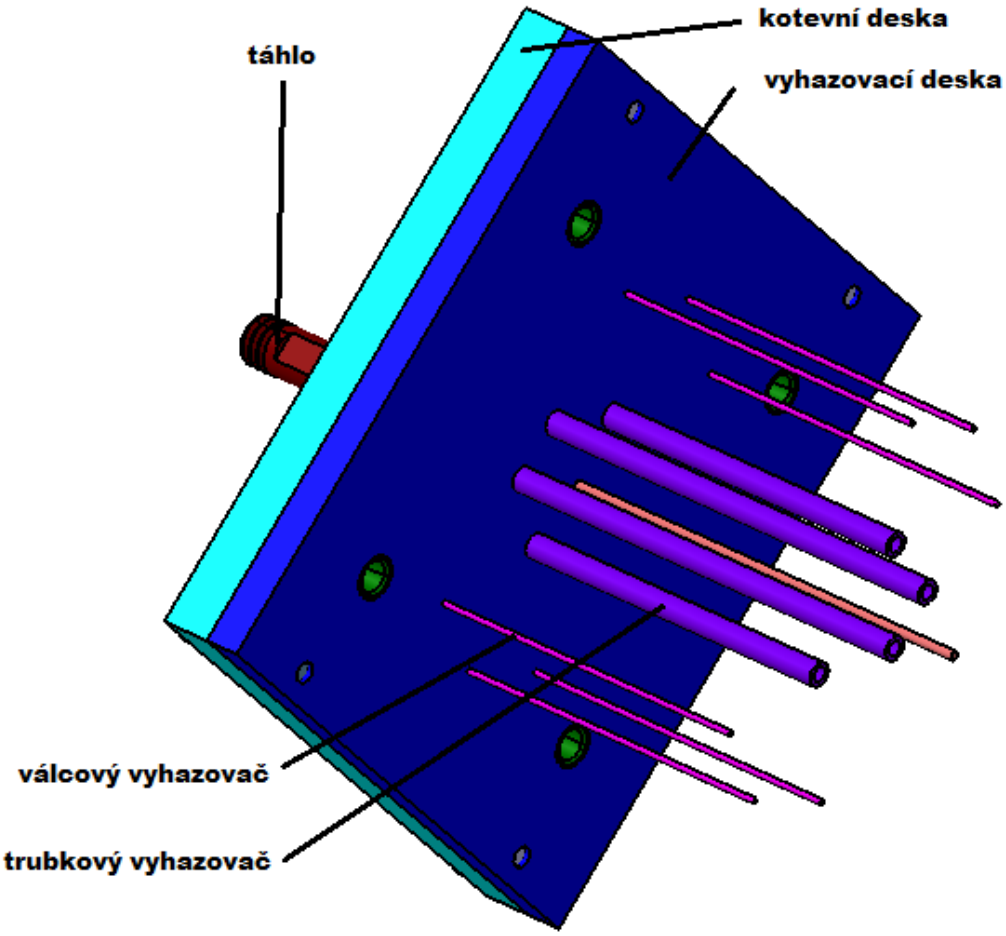
Obr. 27. Dráhy temperačního média v tvárnici

7.6 Vyhazovací systém

Tvarová dutina vstřikovací formy je navržena tak, aby po otevření formy zůstal výstřik na levé, pohyblivé straně formy. Vyhození výrobku z formy je zajištěno pomocí válcových vyhazovacích kolíků a trubkových vyhazovačů. Vyhazovače jsou ukotveny mezi vyhazovacími deskami. Pohyb vyhazovacího systému je zajištěn hydraulickým systémem vstřikovacího stroje.

Válcové vyhazovací kolíky jsou normalizované části, které jsou upravovány na potřebnou délku. Vyhazovací systém obsahuje šestici vyhazovačů o průměrem 1,8 mm. Odformování přidržovače vtoku probíhá pomocí válcového vyhazovače o průměru 3mm.

Další částí vyhazovacího systému jsou čtyři trubkové vyhazovače, které jsou rovněž dodávány jako normálie Hasco Z45.



Obr. 28. Vyhazovací systém

7.7 Odvzdušnění formy

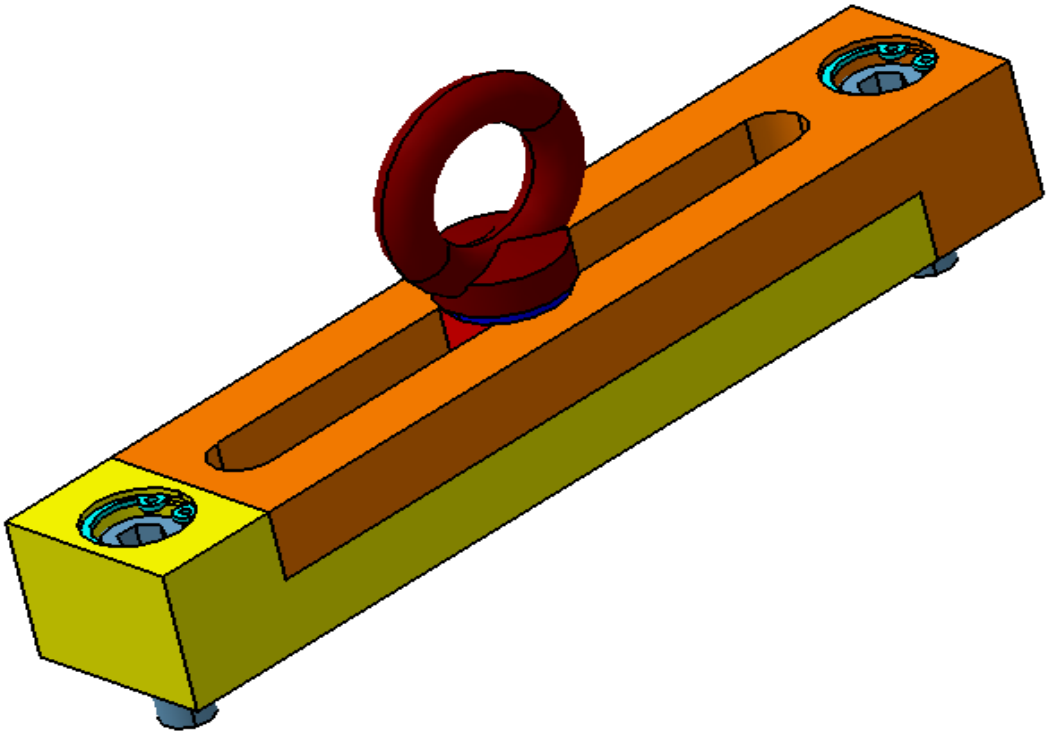
Odvzdušnění formy je velmi důležitá část vstřikovací formy. Při plnění dutiny taveninou je vzduch uvnitř formy stlačován, jeho teplota roste a pokud vzduch nemá kudy uniknout, může dojít k poškození výstřiku.

U této vstřikovací formy se předokládá, že vzduch z dutiny formy unikne vůlí mezi vyhazovači a tvárnicí. Dalším místem, ve kterém lze předpokládat odvzdušnění je vůle okolo posuvných jader.

Pokud by v budoucnu docházelo k nedostatečnému odvzdušnění dutiny formy, musel by být dodatečně vyroben odvzdušňovací systém.

7.8 Manipulace s formou

Pro lepší manipulaci se vstřikovací formou je na ni nainstalován univerzální nosič formy, který je dodáván jako normalizovaná součást od společnosti Hasco s označením Z70.



Obr. 29. Nosič formy Hasco Z70

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout vstřikovací formu dle zadané plastového dílu. Konstrukce formy byla prováděna pomocí softwaru CATIA V5 R18. Dalším užitečným programem byl digitální katalog normalizovaných součástí Hasco, který celou konstrukci usnadnil a zrychlil.

Výrobek, pro který byla forma konstruována, je plastové madlo. Materiálem byl zvolen PA 6 plněný 15% skelných vláken. Vstřikovací stroj byl zvolen Arburg Allrounder 420 C, který splňuje všechny potřebné parametry.

Vzhledem k tomu, že daný plastový díl se bude vyrábět jako levý a pravý kus, byla zvolena dvojnásobná forma, která umožňuje výrobu obou výstřiků najednou. Po zaformování výstřiku byly zvoleny dvě dělící roviny. Odformování vedlejší dělící roviny je zajištěno pomocí šikmých válcových čepů a výsuvných jader. Temperance tvarových částí formy je provedena vrtanými kanály o průměru 6 mm.

O správné vyhození výstřiku z dutiny formy se stará vyhazovací systém, který se skládá ze sedmi válcových vyhazovacích kolíků a čtyř trubkových vyhazovačů. Vtokový systém zajišťuje kombinace horké trysky a rozvodného kanálu s tunelovým vtokem. K oddělení vtokového zbytku dojde během otevírání vstřikovací formy. Pro lepší manipulaci s formou bylo nainstalováno transportní zařízení – nosič formy.

Součástí této práce je také 2D výkresová dokumentace, která obsahuje pohledy do levé a pravé strany vstřikovací formy, opozicovaný řez vstřikovací formou a kusovník.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů : vstřikování termoplastů. Díl 1*. 2. upr. vyd. Brno : Uniplast, 1999. 134 s.

[2] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů : vstřikování termoplastů. Díl 2*. 1. vyd. Brno : Uniplast, 1999. 214 s.

[3] LUKOVICS, Imrich. *Konstrukční materiály a technologie.* Brno : VUT, 1992. 273 s. ISBN 80 – 214 – 0399 - 3

[4] BLUMMEL, Michal. *Rozměrově přesné výrobky z plastů.* Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1977. 272 s.

[5] Technická univerzita Liberec : Katedra strojírenské technologie [online]. 2005 [cit. 2010-12-20]. Dostupný z www:

<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm#044>

[6] TOMIS, František, HELŠTÝN, Josef, KAŇOVSKÝ, Jiří. *Formy a přípravky*. Brno : VUT, 1979. 278 s.

[7] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 1.vyd. ALBRA, 2003. 865s. ISBN 80 – 86490 – 74 – 2.

[8] HASCO [online]. [cit. 2010-12-20]. Dostupný z www: <http://www.hasco.com>

[9] REES, H. Mold engineering. Munich: Hanser Publishers, 1995. 612s.

[10] BEAUMONT, J.P. Runner and gating design handbook. 1st ed. Munich: Hanser Publishers , 2004. 286s. ISBN 3 – 446 – 22672 – 9.

[11] TRES, P.A. Designing plastic parts for assembly. 5th ed. Munich: Hanser Publishers , 2003. 280s. ISBN 3 – 446 – 22456 – 4.

[12] Technodat [online]. [cit.2012-8-20]. Dostupný z www:

< http://www.technodat.cz/catia-v5>

[13] Arburg [online]. [cit.2012-8-20]. Dostupný z www: <http://www.arburg.de>

[14] Matweb [online]. [cit.2012-8-20]. Dostupný z www: <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=b92fc19016f6426c83992f443ea8de30>

[15] KOLOUCH, Jan. Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním. 1.vyd. Praha: Státní vydavatelství technické literatury, 1986. 229s

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Tg…….. ……. teplota skelného přechodu

Tm……. ……. teplota tání

E…… ……. modul pružnosti

Cu…….. ……. měď

Al……... ……. hliník

CAD…….. ……. Computer Aided Design

CAM……. ……. Computer Aided Manufacturing

CAE……... ……. Computer Aided Engeneering

PA 6 GF15 ……. polyamid 6 plněný 15% skelných vláken

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Oblast využití amorfních plastů 14
Obr. 2. Oblast využití semikrystalických plastů 15
Obr. 3. Závislost tloušťky stěny na délce toku 20
Obr. 4. Průběh vstřikovacího cyklu 22
Obr. 5. Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací [5] 23
Obr. 6. Technické údaje potřebné pro konstrukci forem 25
Obr. 7. Uspořádání vtokových kanálů [1] 29
Obr. 8. Průřez vtokových kanálů [1] 29
Obr. 9. Vyhřívaná tryska [8] 30
Obr. 10. Válcový vyhazovač [8] 32
Obr. 11. Prizmatický vyhazovač [8] 32
Obr. 12. Nejdůležitější díly rámu formy [8] 35
Obr. 13. Základní rozměry výstřiku 40
Obr. 14. Reálný výrobek (vlevo) a vymodelovaný díl 40
Obr. 15. Uživatelské prostředí CATIA V5, Mold tooling design 41
Obr. 16. Uživatelské prostředí HASCO – DAKO modul R3 – 2011 42
Obr. 17. Vstřikovací stroj Arburg Allrounder 420 C 43
Obr. 18. Hlavní a vedlejší dělící rovina 45
Obr. 19. Tvárník 46
Obr. 20. Tvárnice 47
Obr. 21. Výsuvná tvarová jádra 48
Obr. 22. Pohled do levé, pohyblivé části formy 49
Obr. 23. Uzamčený stav čelisti (vlevo), otevřený stav čelisti (vpravo) 49
Obr. 24. Horká tryska Z101/32 50
Obr. 25. Rychlospojka Hasco Z81 51
Obr. 26. Dráhy temperačního média v tvárníku 51
Obr. 27. Dráhy temperačního média v tvárnici 52
Obr. 28. Vyhazovací systém 53
Obr. 29. Nosič formy Hasco Z70 54

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Doporučené velikosti úkosů 21
Tab. 2 Vybrané vlastnosti PA6 GF15 [14] 43
Tab. 3 Parametry vstřikovacího stroje [13] 44

SEZNAM PŘÍLOH

P1: Výkresová dokumentace:

- sestava formy s 2D řezy,
- pohled do levé a pravé strany formy,
- kusovník.

P2: Přiložené CD:

- textová část bakalářské práce
- výkresová dokumentace
- 3D model vstřikovací formy, vytvořený v programu CATIA V5 R18
- materiálový list PA 6 GF 15