

Konstrukční řešení vstřikovací formy pro plastový díl

Tomáš Petrák

Bakalářská práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Petrák**
Osobní číslo: **T12649**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukční řešení vstřikovací formy pro plastový díl**

Zásady pro vypracování:

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

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího BP

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Ovsík, Ph.D.
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. ledna 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

20. května 2016

Ve Zlině dne 4. února 2016



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



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

Příjmení a jméno: Tomáš Petrák

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 obhajoby¹⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně5.5.2016



.....

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

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

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlášení veřejnosti v místě určeném uniliterárním 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.

²¹⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

²²⁾ 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 a užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

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

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělků jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přiměřeně k výši výdělků dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukcí vstřikovací formy pro polymerní díl. V teoretické části je popsán výběr materiálu, problematika konstrukce, vstřikovacího procesu i jednotlivých systému vstřikovacích forem. V druhé, praktické části, je pomocí programu Catia V5R19 vytvořen 3D model zadaného výrobku, vstřikovací formy a výkresová dokumentace.

Klíčová slova: Vstřikování, vstřikovací forma

ABSTRACT

This Bachelor's thesis deals with the design and construction of injection mold for polymer part. In the theoretical part of thesis is described choice of material, the issue of construction of mold, the injection process and separate systems of injection molds. In the second; practical part there is designed 3D model and drawings of engaged part and injection mold by using software Catia V5R19.

Keywords: injection molding, injection mold

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

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POLYMERY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM	12
1.1 DĚLENÍ POLYMERŮ.....	12
1.1.1 Plasty.....	12
1.1.2 Elastomery.....	13
1.2 CHARAKTERISTICKÉ VLASTNOSTI.....	13
1.3 VOLBA TERMOPLASTU PŘI NAVRHOVÁNÍ SOUČÁSTI.....	14
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	15
2.1 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	15
2.1.1 Vstřikovací jednotka.....	16
2.1.2 Uzavírací jednotka.....	16
2.1.3 Řízení stroje.....	17
2.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	18
2.3 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY VÝROBKU.....	19
2.3.1 Dělicí rovina.....	19
2.3.2 Tloušťka stěny.....	19
2.3.3 Zaoblení hran a rohů.....	20
2.3.4 Úkosy a podkosy.....	20
2.3.5 Žebra.....	20
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	21
3.1 POSTUP PŘI KONSTRUKCI FORMY.....	22
3.1.1 Obecný postup.....	22
3.1.2 Zaformování výstřiku.....	22
3.1.3 Návrh tvarové dutiny.....	23
3.2 VTOKOVÉ SYSTÉMY.....	23
3.2.1 Studený vtokový systém.....	24
3.2.2 Vyhřívaný vtokový systém.....	26
3.3 VYHAZOVCÍ SYSTÉM.....	28
3.3.1 Mechanické vyhazovače.....	29
3.3.2 Pneumatické vyhazování.....	31
3.3.3 Hydraulické vyhazování.....	31
3.4 TEMPERACE FORMY.....	31
3.4.1 Temperační prostředky.....	32
3.5 ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	32
3.6 MATERIÁLY FOREM.....	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	35
4 STANOVENÍ CÍLŮ	36
5 POUŽITÝ SOFTWARE	37

5.1	CATIA V5R19	37
5.2	HASCO – DAKO MODUL	37
5.3	AUTODESK SIMULATION MOLDFLOW	38
6	VÝROBEK.....	39
6.1	POPIS VÝROBKU	39
6.2	MATERIÁL VÝROBKU	40
7	VOLBA STŘIKOVACÍHO STROJE	41
8	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	42
8.1	DĚLÍCÍ ROVINY	45
8.2	NÁSOBNOST FORMY	45
8.3	TVAROVÉ ČÁSTI	45
8.4	BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI	46
8.5	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	47
8.6	VTOKOVÝ SYSTÉM	48
8.7	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	50
8.8	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	51
8.9	MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ.....	51
	ZÁVĚR	52
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	53
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	54
	SEZNAM TABULEK.....	55
	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
	SEZNAM PŘÍLOH.....	57

ÚVOD

V dnešní době je stále více konvenčních materiálů, jako ocel, dřevo nebo sklo, nahrazováno polymerními materiály, a to v mnoha aplikacích různých oborů. Důvodem může být cenová dostupnost, velké možnosti zpracování, velmi dobré mechanické, chemické i fyzikální vlastnosti nebo možnost výroby komplikovaných dílů, které bychom běžnými způsoby jen těžce vyráběli.

S rozrůstajícím se použitím polymerů, rostou i nároky na technologii a zpracování výrobku. Jako v každém jiném oboru, i zde se hledají technologie, které budou mít co nejvyšší efektivitu a budou ekonomicky výhodné. Mezi takové se řadí technologie vstřikováním. Při této metodě je tavenina vstřikována do kovové dutiny formy, které má negativní tvar budoucího dílu. Výrobní cyklus bývá většinou plně automatizován. Protože finanční náklady na vstřikovací formu, popřípadě i stroj jsou vysoké, je potřeba ve formě vyrobit velké množství výrobků – forma je nástroj až na desetitisíce kusů.

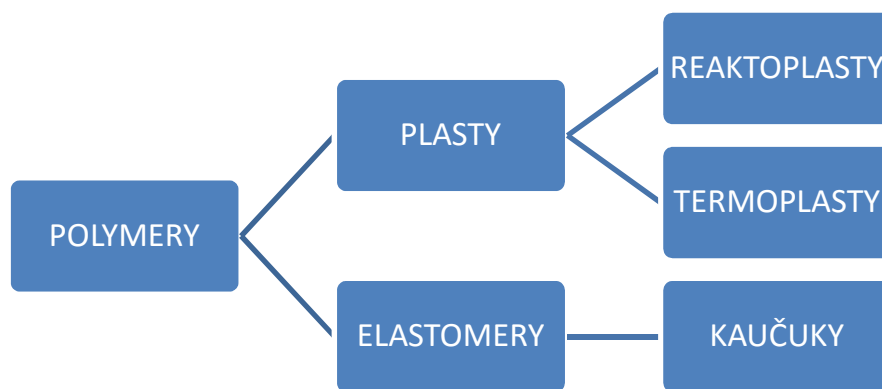
Pro rychlejší, jednodušší a ekonomičtější návrh formy se využívá množství specializovaných softwarů. Velké firmy, jako např. HASCO nebo STRACK poskytují knihovny normalíí, které lze převádět a vkládat do 3D programů, jako je CATIA nebo Autodesk Inventor. Tyto „stavebnicovým“ způsobem navržené formy jsou mnohem levnější

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM

Jako polymer můžeme označit látky s velkými molekulami, často obsahují atomy C, H, O, dále i N, Cl a jiné prvky. V určitém stádiu zpracování se polymery nachází v kapalném stavu a právě v tomto stavu udělujeme výrobku jeho budoucí tvar, za zvýšeného tlaku a teploty. Samotný výrobek je pak užíván v tuhém stavu.[1]

1.1 Dělení polymerů



Obr. 1 – Rozdělení polymerů

1.1.1 Plasty

Plasty jsou za běžných podmínek tvrdé, často mohou být i křehké. Při vyšších teplotách se stávají plastickými a tvarovatelnými. Jejich struktura je tvořena makromolekulárními řetězci – oproti kovům, které mají strukturu tvořenou krystalickou mřížkou. Dělíme je na dva základní druhy.[1] [2]

- Termoplasty

Tyto plasty, které mají řetězce přímé nebo řetězce s bočními větvemi – lineární nebo rozvětvené polymery. Při ohřívání těchto polymerů se uvolní soudržnost řetězců a hmota je viskózní, v tomto stavu ji můžeme tvářet. Po ochlazení se vrátí zpět do tuhého stavu. Z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dělí na:

- amorfní – řetězce jsou nepravidelně uspořádány. Využitelnost výrobků z amorfních plastů se nachází v oblasti pod teplotou skelného přechodu (T_g). V tomto stavu je plast pevný a se zvyšováním teploty nad T_g přechází do plas-

tické oblasti. V tomto stavu se zpracovává. Patří sem např. PS, ABS, PMMA, PC.

- semikrystalické – podstatná část řetězců je těsně a uspořádána a tvoří krystalické útvary, zbytek má amorfni strukturu. Při zvyšující se teplotě se nejprve uvolní část makromolekul amorfni fáze a až poté ostatní. Použití semikrystalických termoplastů je v oblasti nad T_g , protože mají výhodnou kombinaci houževnatosti a pevnosti. Mezi tyto termoplasty patří např. PE, PP, EVA, PA6. [2]

- Reaktoplasty

Jedna se o polymery, které rovněž v první fázi ohřevu měknou a lze je tvářet. Tvářet však můžeme jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování – vytvrzování. Výrobek můžeme považovat za jednu velkou makromolekulu. Tento děj je nevratný a tyto plasty nelze roztavit ani rozpustit, dalším ohřevem dojde k degradaci – rozkladu hmoty. [3]

1.1.2 Elastomery

Jedná se o polymery, jenž lze za běžných podmínek relativně malou silou značně deformovat bez porušení, přičemž deformace je většinou vratná.

- Kaučuky – jsou to elastomery, které po smíchání se síťovacími činidly a dalšími přísadami stávají gumou. Guma má schopnost být vulkanizací převedena na pryž. Vulkanizace je proces, při kterém se z termoplastické gumy stává netermoplastická pryž. Tento proces je nevratný a další tváření již není možné. [1]

1.2 Charakteristické vlastnosti

Jednotlivé plasty mají své charakteristické vlastnosti, jak z zpracovatelského tak i funkčního hlediska. Tyto vlastnosti lze částečně upravovat pomocí přísad. Z funkčního hlediska se hodnotí především tyto vlastnosti:

- mechanická pevnost při dlouhodobém nebo krátkodobém statickém nebo dynamickém zatížení
- elektrické vlastnosti jako je elektrická vodivost, dielektrická pevnost apod.
- chemická odolnost oproti různým chemickým činidlům
- optické vlastnosti – zda je plat průhledný, jakou má barvu či lesk

Ze zpracovatelského hlediska, které je neméně důležité, hodnotíme zejména tyto významné vlastnosti:

- tekutost – tato vlastnost ovlivňuje tloušťku stěny výrobku, koncepci zaformování i rozměry vtokové soustavy. Dále je touto vlastností ovlivněna temperace formy
- velikost smrštění – určuje výrobní přesnost výrobku
- citlivost na technologické parametry výrobního zařízení [2]

1.3 Volba termoplastu při navrhování součásti

Pomocí technologie vstřikováním můžeme vyrobit součást, která už nevyžaduje žádné, nebo jen malé dodatečné opracování nebo úpravy. Při volbě vhodného termoplastu pro konstruovanou součást, je třeba uvážit konkrétní podmínky jejího zatížení a celkového použití. Takto navržená součást musí mít mimo vhodných mechanických i fyzikálních vlastností také vhodný tvar s dosažitelnými rozměry i jakostí povrchu. [2]

Optimální volbu termoplastu potom posuzujeme z několika hledisek:

- funkce výrobku musí splňovat předdefinované požadavky
- zvolená technologie výroby musí být reálná a pokud možno snadno realizovatelná
- ekonomicky výhodné – z hlediska volby plastu, technologie výroby i formy pro ni

Konstruktér na základě uvažovaných hledisek stanoví vhodný plast, popřípadě více plastů. Mezi těmi už poté rozhodují méně významné vlivy, jako např. dostupnost, estetické vlastnosti apod. [2]

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Technologií vstřikováním se vyrábějí ty výrobky, které mají podobu konečného výrobku, anebo jsou to polotovary či díly pro další zkompletování nějakého celku. Tyto výrobky se vyznačují dobrou tvarovou i rozměrovou přesností a vysokou reprodukovatelností fyzikálních i mechanických vlastností. Technologie vstřikováním je nejrozšířenější technologie na zpracování plastů a jedná se o proces cyklický, tzv. diskontinuální. Vstřikováním lze zpracovat téměř každý druh termoplastů. V menší míře se vstřikují i některé druhy reaktoplastů a kaučuků. Vstřikování je způsob tváření, při kterém se dávka zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstřikuje velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy, která má tvar negativu budoucího výrobku. Tlaková komora je součástí vstřikovacího stroje a vstřikovaný materiál se v ní stále doplňuje během cyklu. Výhody technologie vstřikování jsou např. krátký čas cyklu, nebo schopnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou, ale i konstrukční flexibilita, která umožňuje odstranění konečných úprav povrchu a montážních operací. Hlavní nevýhodou v porovnání s ostatními metodami zpracování plastů jsou vysoké investiční náklady a dlouhé doby nutné pro výrobu forem. [3]

2.1 Vstřikovací stroj

Proces vstřikování probíhá na většinou plně automatizovaných strojích, takže dosahujeme vysoké pracovní produktivity. Pořizovací cena takového strojního zařízení i formy je značně vysoká a proto je tato technologie vhodná pro hromadnou a velkosériovou výrobu. Vstřikovací stroj je výrobní zařízení, umožňující roztavení plastické hmoty, její následnou homogenizaci, vstříknutí vysokým tlakem do uzavřené dutiny formy a následné ochlazení a vyhození ze stroje. Nevhodný výběr stroje může mít za následek výrobu nepřesných vstřiků s vadami mnoha druhů nebo ekonomicky nevýhodný provoz. [3][4]



Obr. 2 – Vstřikovací stroj ARBURG

Vstřikovací stroj je dělen do tří částí:

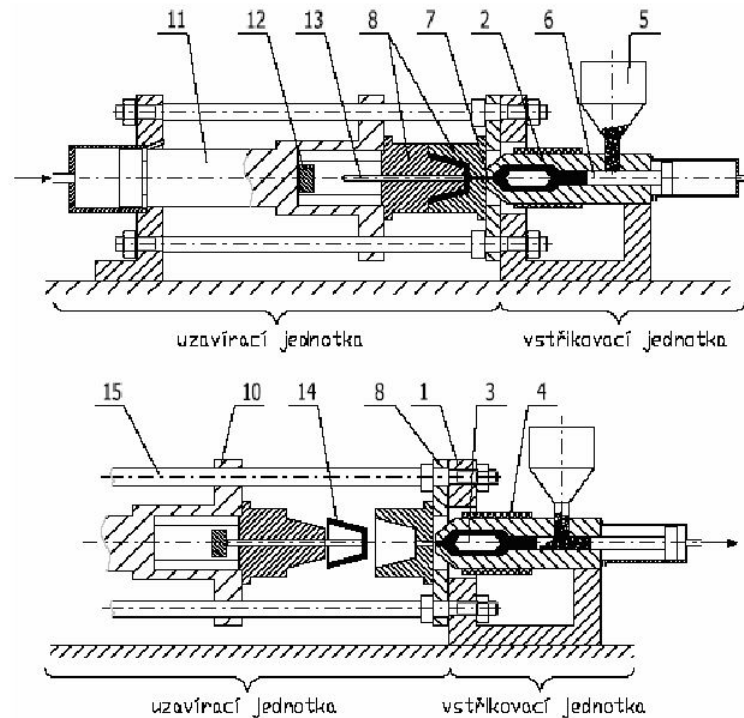
- vstřikovací jednotka
- uzavírací jednotka
- řízení stroje

2.1.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka má za úkol připravit a dopravit požadované množství roztaveného plastu do dutiny formy. Do tavného válce je dopravován plast z násypky pomocí pohybu šneku. Plast je posouván šnekem přes pásmo vstupní, přechodové a výstupní. Postupně dochází k ohřevu a tím i plastikaci, homogenizaci a hromadění materiálu před šnekem. Během plastikace je rotující ocelový šnek odtlačován do zadní polohy. Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Tryska je zakončena kulovou plochou, jenž umožní přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. [2]

2.1.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka slouží k uzavření a otevření formy podle probíhajícího procesu. Uzavření formy musí být zajištěno dostatečnou silou, aby se zabránilo jejímu otevření tlakem vyvozeným vstřikovanou taveninou. [1]



Obr. 3 – Vstřikovací a uzavírací jednotka

Uzavírací jednotku lze rozdělit na tyto části:

- Opěrnou desku, která je pevně spojena se strojem
- Pohyblivou desku s upnutou pohyblivou částí formy
- Upínací desku, kde se připevňuje statická část formy
- Vedení pro pohyblivé desky
- Uzavírací a přidržovací mechanismy

2.1.3 Řízení stroje

Charakteristickým znakem kvality stroje je stupeň řízení a jeho snadná obsluha stroje. Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je velmi důležitým faktorem. Pokud tyto parametry více kolísají, projevuje se tato nerovnoměrnost na kvalitě výroby. Řízení stroje se musí zařídit vhodnými regulačními prvky.

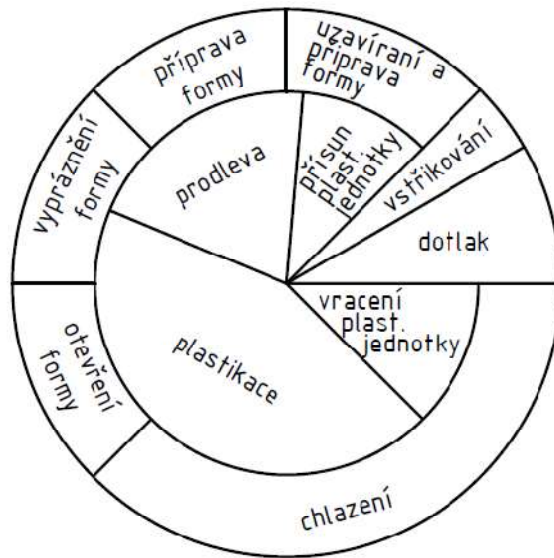
Nejnovější řídicí jednotky vstřikovacích strojů se v této době neobejdou bez výkonné procesorové techniky. Místo formy zadávání technologických parametrů pouze textovou formou se využívají nejrůznější grafické formy řízení pracovních cyklů na displeji se individuálním přístupem k jednotlivým parametrům stroje. [2]



Obr. 4 – Řídicí jednotka stroje

2.2 Vstřikovací cyklus

Plast se v podobě granulátu nasype do násypky, odkud se odebírá pracovní částí vstřikovacího stroje, která hmotu dopraví do tavicí komory. Plast se za současného účinku tření a tepla taví a vzniká homogenní tavenina. Tavenina je následně vstříknuta do uzavřené dutiny formy, kterou zaplní a zaujme její tvar. Následuje fáze tlaková, pro snížení rozměrových změn a smrštění. Do formy je plastem předáváno teplo a plast postupně tuhne ve finální výrobek. Potom je forma otevřena, vyhazovací mechanismus vyhazuje ochlazený výrobek ven z formy a celý cyklus se opakuje. Během ochlazování výrobku ve formě dochází ve šneku k přípravě další taveniny. Celý proces bývá většinou plně automatizován. [6]



Obr. 5 – Vstřikovací cyklus [1]

2.3 Konstrukční zásady výrobu

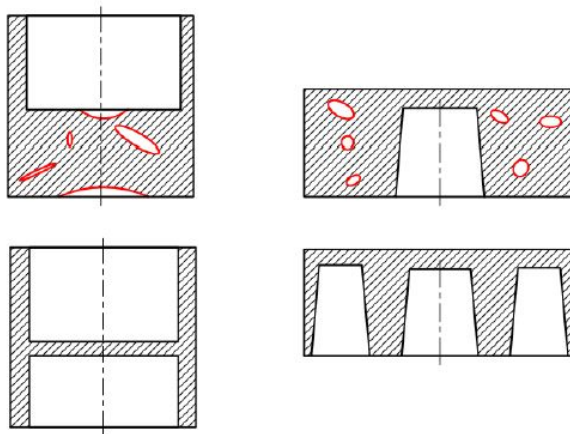
Základním podkladem pro konstrukci výrobku je 2D výkres, popř. 3D model vyráběné součásti. Konstrukce se poté odvíjí od vlastního zaformování. Správné zaformování zohledňuje umístění dělicí roviny, umístění vtokového i vyhazovacího systému, odvzdušnění, úkosů atd. [2]

2.3.1 Dělicí rovina

Dělicí rovina je plocha, kterou tvoří tvárník a tvárnice dosedající na sebe při zavření formy. Vzhledem k výrobku se umísťuje tak, aby při odformování výrobku bylo vyjmutí co nej-jednodušší. Dále aby stopa po dělicí rovině nepůsobila vzhledové či funkční závady. [2]

2.3.2 Tloušťka stěny

Zásady pro správnou konstrukci tloušťky stěn vyžadují jednotnou tloušťku, náhlé přechody by měli být bez ostrých hran. V případě, že se nemůžeme vyhnout tlustším stěnám, provádíme vhodná odlehčení. Tloušťka bočních stěn, nebo žeber se zaoblenou přechodovou hranou by neměla překročit 0,8 tloušťky hlavní stěny. [2]



Obr. 6 – Vady tenkostěnných výrobků

2.3.3 Zaoblení hran a rohů

Zaoblením hran, rohů a koutů usnadňujeme tečení taveniny, zabraňujeme koncentraci napětí v těchto místech a sníží se tím i opotřebení formy, protože přechody s ostrými hranami vyžadují vyšší vstrikovací tlaky. Rázová houževnatost výrobku se tímto zvýší až o 50%. [2]

2.3.4 Úkosy a podkosy

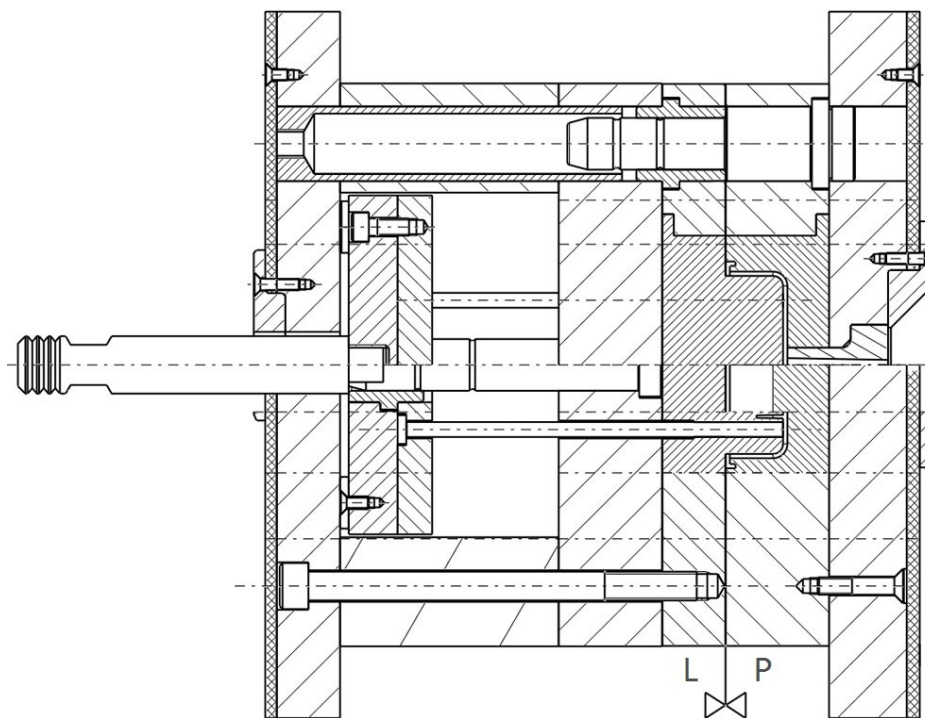
Úkos i podkos je sklon stěny výrobku, která je kolmo k dělicí rovině. Tím se umožňuje, popř. zabraňuje vyjímání výrobku z dutiny formy. Můžeme mít buď vnitřní úkos, kde se volí větší úhel, nebo vnější úkos, kde se volí menší úhel sklonu. Volbu velikosti sklonu ovlivňuje především smrštění, elasticita plastu, povrch stěn formy nebo automatizace výroby. Podkosy komplikují konstrukci i funkci formy a proto se snažíme jim vyhnout. [2]

2.3.5 Žebra

Žebra se dělí podle účinku na technologická nebo technická. Technická zabezpečují tuhost a pevnost součástí. Technologická zase umožní optimální plnění dutiny formy, brání zborcení stěn a mohou odstraňovat potenciální vznik povrchových vad. Někdy se mohou volit žebra i z důvodů zlepšení vzhledu výrobku.

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma je nástroj, který je používán na vstřikovacím stroji. V dutině formy pak vzniká požadovaný výrobek z polymerního materiálu. V dnešní době jsou na tyto nástroje kladeny velmi vysoké nároky z hlediska kvality, produktivity, spolehlivosti nebo automatizace. Výroba takovýchto forem je náročná z hlediska konstrukčního i výrobního. Finanční pořizovací náklady i náklady na údržbu jsou také velmi vysoké, proto jsou formy využívány převážně v hromadné a velkosériové výrobě. [2]



Obr. 7 – Schéma formy [7]

Vstřikovací formy jsou konstrukčně velmi složité a můžeme je rozdělit do několika následujících skupin

- Podle násobnosti na jednonásobné nebo vícenásobné
- Podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení na dvoudeskové, třídeskové, etážové, čelist'ové, vytáčecí apod.
- Podle konstrukce vstřikovacího stroje na formy se vstřikem kolmo na dělicí rovinu a na formy se vstřikem do dělicí roviny [3]

3.1 Postup při konstrukci formy

3.1.1 Obecný postup

Výkres vyráběného dílu, konstrukční návrh a další doplňující údaje, to jsou podklady pro konstruktéra formy. Celý návrh konstrukce formy na vstřikování musí směřovat k jednoduché a možné výrobní technologii dle požadavků. [2]

Vlastní konstrukce má následující postup:

1. Posouzení výkresu dílce z hlediska rozměru, tvářecích podmínek a tvaru
2. Určení dělicí roviny a způsobu zaformování. Vše musí být s ohledem na funkci a vzhled výrobku.
3. Nadimenzování tvarových dutin a navržení jejich topologie. Dále volba vhodného vtokového systému, velikosti průřezu, délky a tvaru hlavního a rozváděcího kanálu i vtokového ústí.
4. Stanovení vyhazovacích a temperančních systémů a odvzdušnění dutin.
5. Navržení nejvhodnějšího rámu formy s ohledem na typizaci, rozmístění i počet dutin, systémy na vyhazování a temperaci formy.
6. Výběr nejvhodnějšího upínání a středění formy s ohledem na využití dostupných prostředků a možností.
7. Kontrola funkčních parametrů formy, hmotnosti výrobku, průměrné plochy, vstřikovacího a uzavíracího tlaku a dalších faktorů. [2]

3.1.2 Zaformování výstřiku

Dělicí rovina je zpravidla rovnoběžná s upínáním formy. Může však být i šikmá nebo tvarovaná dle potřeby. Nepřesnosti v dělicí rovině mohou způsobit nedovření formy během plnění, což má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů dílce ve směru uzavírání formy, proto je potřeba, aby dělicí rovina:

- umožňovala snadné vyjímání výstřiku z dutin,
- byla jednoduchého geometrického tvaru, dobře slícovatelná a snadno vyrobitelná,
- probíhala v hranách výrobku

- byla umístěna tak, aby splňovala požadavky výroby na přesné rozměry, technologické úkosity a souosost výstřiku (v případě, že je dutina v obou polovinách formy),
- stopa v dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad,
- v případě použití více dělicích rovin volit možnost s nejmenším počtem [2]

3.1.3 Návrh tvarové dutiny

Rozměry a tvar funkčních částí, které jsou umístěny převážně v různých částech formy, tvoří po uzavření formy tvarovou dutinu. Dimenzování těchto dílů je velmi důležitá část konstrukčního řešení. Povrch a rozměry vystřikovaného dílu jsou tedy dány kvalitou plochy a přesností tvarové dutiny, která obvykle bývá složena z tvárnice, tvárníku, popř. jader a tvarových vložek. Přesnost dutiny se pohybuje v rozmezí IT8 – IT10 a je ovlivněna třemi činiteli:[1,2]

- smršťování plastu (výrobní)
- výrobní tolerance
- opotřebenání dutiny formy

3.2 Vtokové systémy

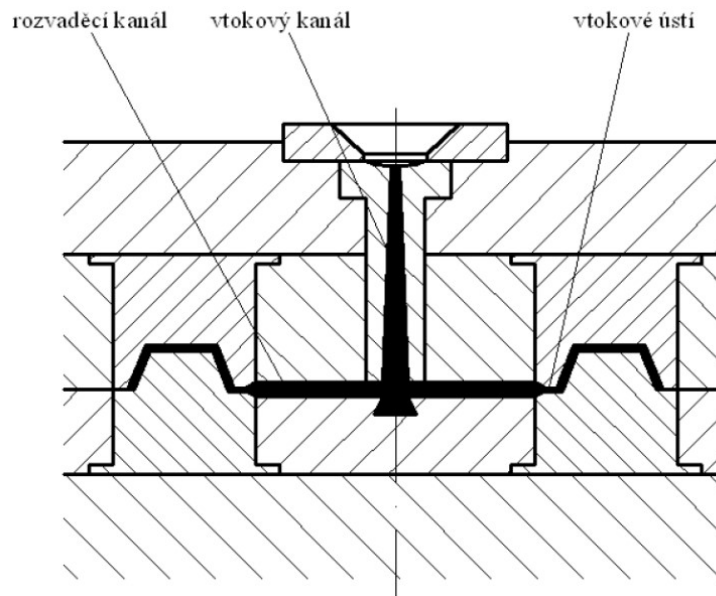
Konstrukční řešení vtokové soustavy určuje zároveň s technologickými parametry poměry toku při zaplňování formy a je tak velmi důležitým článkem z hlediska kvality samotného vystřikovaného výrobku.

Vtokový systém rozváděcích kanálů a ústí vtoku, spojující otvor uvnitř trysky vstřikovacího stroje s dutinou formy musí zajistit správné rovnoměrné zaplnění dutiny formy, co nejněsnější odtržení, popř. oddělení od výstřiku, snadné vyhození vtokového zbytku a také objem celé vtokové soustavy omezit na minimum. Zde je třeba skloubit konstrukční požadavky a zároveň dbát na ekonomičnost výroby.

Vtoková soustava je navržena dle počtu tvarových dutin, konstrukčního provedení výstřiku, rozmístění tvarových dutin, materiálu plastu a taky podle toho, zda-li bude konstruována jako horký, nebo studený vtokový systém. [3]

3.2.1 Studený vtokový systém

Tento vtokový systém u vstřikovací formy zajišťuje při vstřikování vedení proudu taveniny z vstřikovacího stroje do dutiny formy. Naplnění dutiny musí proběhnout v co možná nejkratším čase a s minimálním odporem. [1]



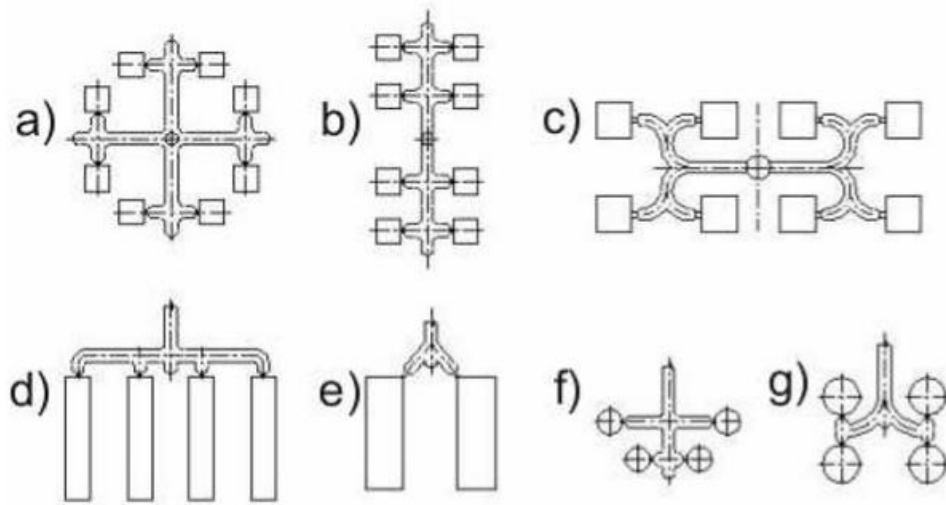
Obr. 8 – Vtokový systém formy [2]

Při volbě rozměrů, tvarů a umístění vtokového systému se snažíme dodržet následující parametry:

- vzhled, rozměry i vlastnosti výsledného výstřiku,
- spotřeba materiálu – u SVS bývá velká část objemu taveniny na odpad,
- náročnost začištění a opracování výrobku,
- náročnost energetickou z hlediska výroby,

Základní rozdíly studených vtokových systémů jsou v celkovém uspořádání, které záleží na násobnosti a konstrukci vstřikovacích forem. Nejdůležitější zásadou u vícenásobných forem je, že tavenina musí dorazit ke všem místům dutiny formy ve stejnou chvíli a mít přitom stejný tlak. Tzv., musí splňovat podmínku pro vyvážený vtokový systém. Tavenina je vstřikována velkou rychlostí, do relativně studené dutiny formy. Během průtoku SVS vzrůstá viskozita taveniny a zároveň roste tlak. Ztuhlá povrchová vrstva taveniny tvoří

tepelnou izolaci pro vnitřní proud taveniny. V okamžiku zaplnění prudce vzroste tlak a poklesne průtok, dochází k postupnému ztuhnutí taveniny. [1,7]



Obr. 9 – Volba délky vtokového systému [2]

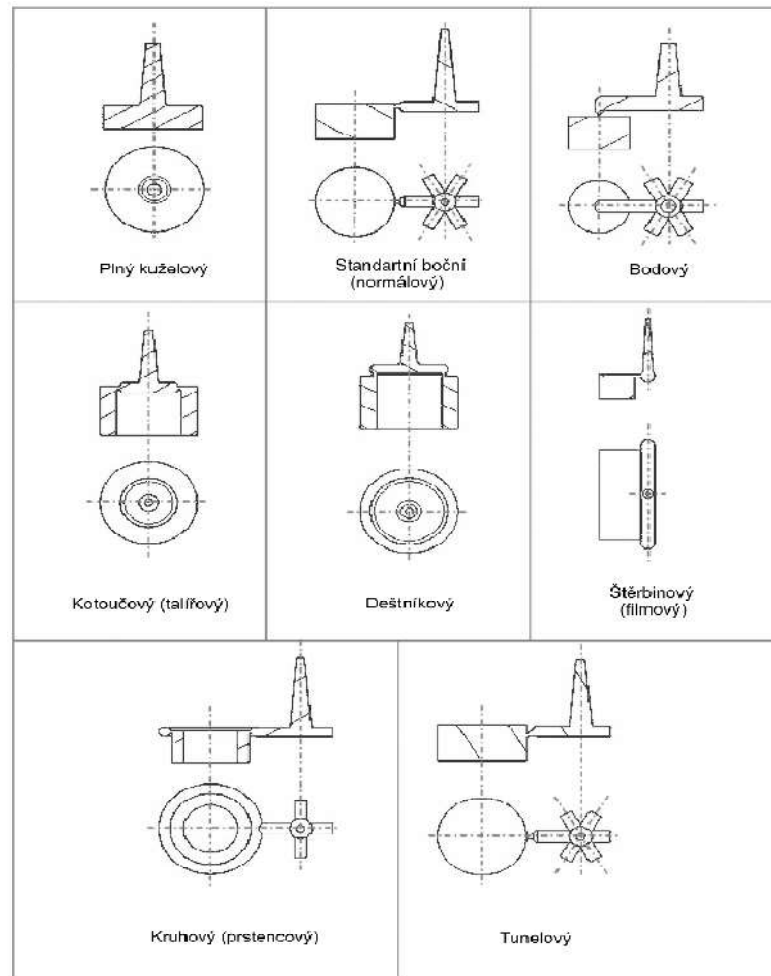
a, c, e, f, g – vhodné řešení

b, d – nevhodné, nutná korekce ústí

Při návrhu vtokových kanálů se musí zajistit dostatečně veliký průřez, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku. Zároveň je však třeba brát v potaz spotřebu plastu. Za ideálních podmínek má mít vtokový kanál minimální povrch při maximálním průřezu. Čímž docílíme toho, že ztráty ochlazováním budou minimální. Tomuto požadavku odpovídá nejlépe kruhový průřez, avšak z výrobního hlediska se volí podobný; průřez lichoběžníkový. [2]

Vtokové ústí

Vtokové ústí se tvoří zúžením rozváděcího kanálu. Jen výjimečně se používá nezúžený vtok. Tímto zúžením se zvyšuje klesající teplota taveniny před vstupem do dutiny. Také se omezí strhávání chladnějších vrstev po obvodu vtoku a tím také vytváření povrchových defektů. Ústí vtoku volíme co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru plastu a výstřiku. Velikost průřezu musí spolehlivě naplnit tvarovou dutinu a umožnit působení dotlaku. Délka tohoto zúženého ústí se volí co nejkratší, spodní hranice je ovšem omezena pevností materiálu formy. [2]



Obr. 10 – Typy vtokových ústí

3.2.2 Vyhřívání vtokový systém

Horké, popř. vyhřívání vtokové soustavy (VVS) se začaly využívat z ekonomických i technologických důvodů. Dnešní VVS jsou velmi složitou a sofistikovanou kapitolou při konstrukčním řešení vstříkovacích forem, kterou se zbývají úzce specializovaní výrobci. Dnešním VVS předcházely řady jednodušších systémů, jako například, izolované vtokové soustavy, zesílené vtoky apod.) [1,3]

Technologie vstříkování za použití VSS spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku, až do ústí dutiny v plastickém stavu. Díky tomu je umožněno použití pouze bodového vyústění malého průřezu, jenž je vhodné pro širokou řadu vyráběných výstřiků.

Součástí systému je i regulace teploty formy i VVS. Celá soustava umožňuje relativně snadnou demontáž, vyčištění, i montáž zpět do formy. Soustava však vyžaduje podstatně složitější a dražší formy, obslužný personál (technolog, konstruktér, pracovník ve vstří-

kovně) i strojní zařízení musí být na příslušné technické úrovni. Ekonomickou výhodnost forem s VVS je třeba posuzovat v rámci celého výrobního procesu. [2,8]

Výhody VVS:

- umožňují automatizaci výroby,
- zkracují výrobní cyklus,
- snižují spotřebu materiálu (bez vtokových zbytků),
- snížení nákladů na dokončovací operace (odstraňování vtokových zbytků),

Nevýhody VSS:

- konstrukční řešení vstřikovacích forem je náročnější
- energeticky nákladnější než studený vtokový systém

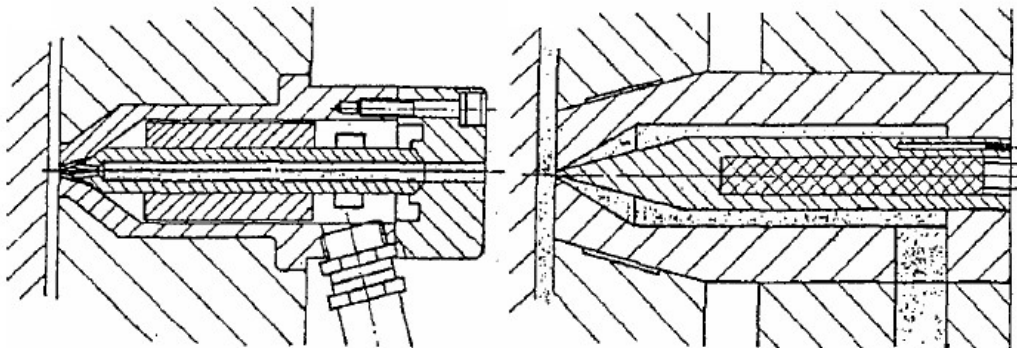
Vyhřívané trysky

Jejich konstrukce umožní spojení vstřikovacího stroje s tvarovou dutinou formy, při dokonalé tepelné stabilizaci. Tryska má vlastní topný člunek s regulací, nebo může být ohřívána jinými zdroji vtokové soustavy. Nepřímo ohřívané trysky jsou jednodušší na provedení a bývají obvykle v dvou provedeních;

- dotápěné vyústěním izolovaného rozvodu vtoku
- vyhřívaného pomocí přeneseného tepla z rozvodů vtoků na trysku.

Přímo ohřívané trysky lze také rozdělit do dvou konstrukčních řešení;

- s vnějším vytápěním, tavenina proudí vnitřním otvorem
- s vnitřním vytápěním, tavenina obtéká vnitřním vyhřívanou vložku



Obr. 11 Přímo ohřívané trysky [2]

- vlevo s vnějším vytápěním, vpravo s vnitřním vytápěním

Vytápěné rozvodné bloky

Vstřikovací formy s rozvodnými bloky se využívají v kombinaci s vyhřívanými tryskami. Slouží k rozvádění taveniny do tvarových dutin u vícenásobných forem. Rozváděcí blok je z ocele, uložen mezi tvarovou a upínací deskou v pevné části formy. Musí však být tepelně izolován od ostatních částí formy, obvykle je toho docíleno vzduchovou mezerou. Vytápění je většinou použito zvenku, elektrickým odporovým topením, nebo topnými patronami zevnitř. Výkon ohřevu bloku by měl být takový, aby nedosáhlo rychlého ohřevu, dostatečné teploty pro ideální tok taveniny v bloku i trysce a co nejmenších tepelných ztrát. [1,2]



Obr. 12 – Vyhřívaný rozvodný blok tvaru X [12]

3.3 Vyhazovací systém

Vyhazování dílu z formy je činnost, při které se z dutiny vytlačí nebo vysune výrobek. K vyhazování slouží různé vyhazovací systémy, které mohou fungovat automaticky nebo částečně automaticky. Při vyhazování se odstraňuje výrobek včetně vtokového zbytku. Vyhazovací cyklus se dělí na dvě fáze:

- dopředný pohyb (samotné vyhození),
- zpětný pohyb (vrácení systému do původní polohy) [6]

Základní podmínky pro dobré vyhazování dílu jsou:

- hladký povrch a úkosovitost stěn ve směru vyhazování
- systém vyhazování musí vyhazovat výstřik rovnoměrně
- stopy po mechanickém vyhazování by měli být minimální a umisťují se na straně, kde to nevádí – zpravidla nepohledové straně [6]

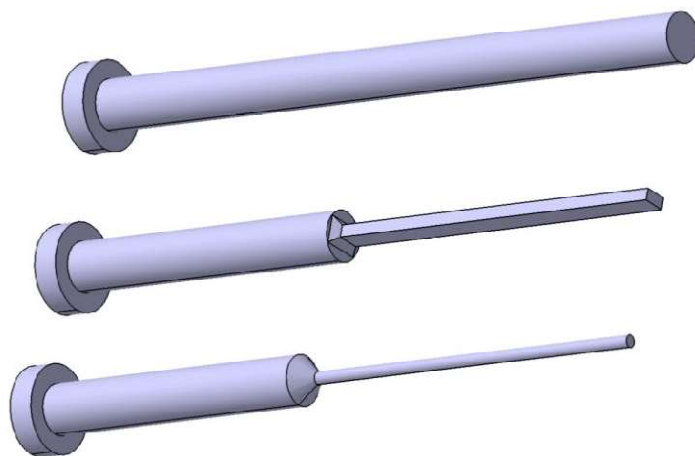
3.3.1 Mechanické vyhazovače

Je nejpoužívanější vyhazovací systém. Konstrukce mechanických vyhazovacích systémů může mít různá provedení, přičemž každé je vhodné pro jiný typ výstřiku.

- Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků,
- Vyhazování pomocí trubkových vyhazovačů nebo stírací desky,
- Šikmé vyhazování,
- Postupné vyhazování, [6]

Vyhazovací kolíky

Je neekonomičtější a nejčastějším způsobem vyhazování. Kolík se opírá o stěnu, popř. žebro dílce. Po plochách dotyku zůstávají po vyhození na výstřiku stopy. Proto se většinou umisťují tam, kde nezáleží na vzhledu plochy. Při použití malého počtu vyhazovacích kolíků může dojít k deformaci výstřiku při výhozu, při použití velkého počtu se komplikuje tvorba temperačních kanálů. Vůle v uložení zároveň slouží jako odvodušnění [6,8]

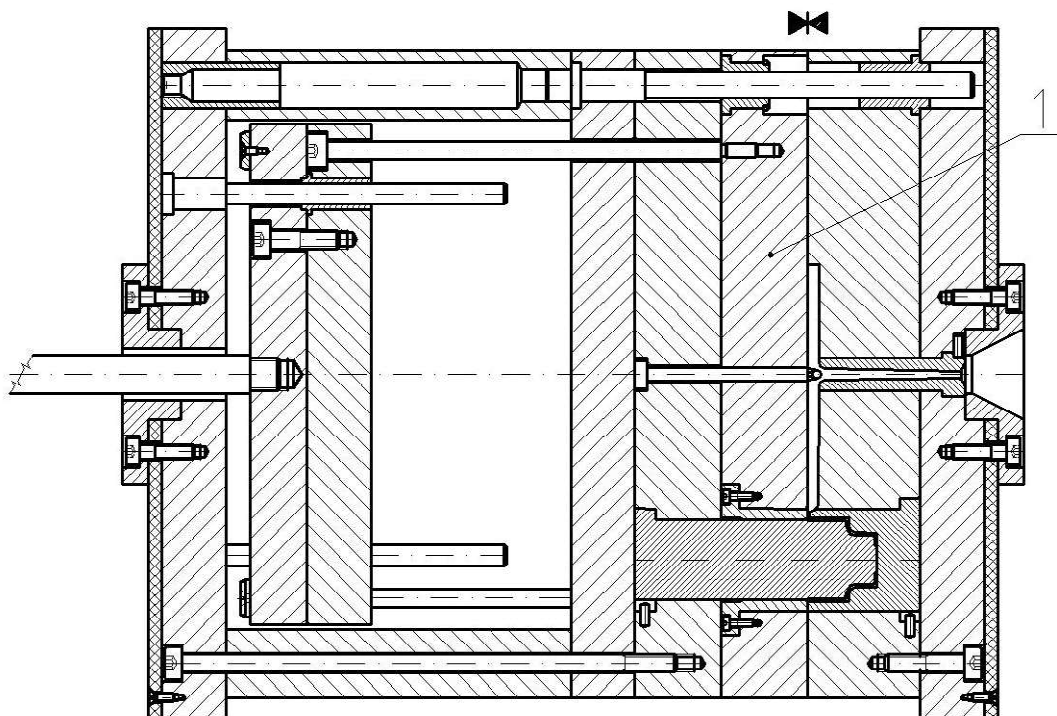


Obr. 13 – Druhy vyhazovacích kolíků [12]

*Shora dolů – válcový vyhazovač, prizmatický vyhazovač obdélníkového průřezu,
prizmatický vyhazovač kruhového průřezu*

Trubkový vyhazovač a stírací deska

Vyhazování stírací deskou představuje stahování výrobku z tvárníku po celém obvodu. Díky velké styčné ploše tak nezanechává stopy po vyhazování. Jeho deformace jsou minimální a disponuje velkou stírací silou. Tento způsob je vhodné použít zejména u tenkostěnných výrobků, kde by mohla nastat deformace, anebo u rozměrných výstřiků, u kterých je nutné použít velkou vyhazovací sílu. Toto použití je však vhodné v případě, že výstřík dosedá na stírací desku v rovině. Trubkový vyhazovač je zvláštním typem stírání tlakem. Vyhazovač s otvorem má funkci jako stírací deska a pracuje jako vyhazovací kolík, zatímco vlastní vyhazovací kolík je upevněn v desce, nepohybuje se a tvoří jádro. [3]



Obr. 14 – Forma se stírací deskou [7]

Šikmé vyhazování

Jedná se o speciální typ mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou ve formě uloženy pod různými úhly. Využití takovýchto systémů je při vyhazování malých a středních výrobků s vnitřním či vnějším zápichem. Díky tomu není nutno použít složitých posuvných bočních čelistí. Šikmé vyhazování existuje v několika variantách a je možné jej kombinovat s přímým vyhazovacím systémem. [6]

Postupné vyhazování

Tento způsob vyhazování vyžaduje dva systémy, které jsou navzájem ovlivněny. Díky tomu je možno vyhazovat výrobky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i velikosti. Systém se využívá např. při oddělování vtokového zbytku od výstřiku nebo k vyhazování tenkostěnných výrobků. [6]

3.3.2 Pneumatické vyhazování

Tento typ vyhazování je vhodný zejména pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů. Např. výrobky tvaru nádob, které je nutné při vyhazování zavzdušnit, aby nedocházelo k deformacím. Při pneumatickém vyhazování se zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím se umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od dutiny formy a na výstřiku nevznikají žádné stopy po vyhazování. [6]

3.3.3 Hydraulické vyhazování

Bývá zpravidla součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů nebo k ovládní bočních posuvných čelistí. Méně často se můžeme setkat se zabudovanými hydraulickými jednotkami přímo ve formě, které pracují jako vyhazovací systém. [6]

3.4 Temperace formy

Temperační systém formy slouží k udržení konstantního teplotního pole ve formě. Cílem je dosažení optimálního pracovního cyklu z hlediska délky, při zachování všech technologických požadavků. Probíhá to pomocí ochlazování, popř. ohřevu celé formy či některých částí. Temperační systém tedy ovlivňuje plnění dutiny a zajišťuje optimální chladnutí a tuhnutí výstřiku. Během procesu plnění je tavenina přiváděna do dutiny formy, kde se následně chladí na vyhazovací teplotu, tzn. teplotu, při které už nedochází k deformaci výstřiku při vyhazování. Při každém cyklu tedy forma přijímá a akumuluje teplo z roztaveného polymeru. Toto přebytečné teplo je nutné odvést pomocí temperačního systému pro zajištění stejných technologických podmínek pro všechny výstřiky.[3]

Samotný temperační systém je tvořen soustavou dutin a kanálů, kterými se předává teplo z formy příslušnou kapalinou nebo jiným zdrojem tepla. Při návrhu dutin a kanálů je třeba dbát na celkovou koncepci vstřikovací formy, především z hlediska její tuhosti a pevnosti. Je vhodnější použít větší počet menších kanálů s malými roztečemi, než naopak. [3]

3.4.1 Temperační prostředky

Představují média, která svým působením umožňují pracovat v ideálních tepelných podmínkách. Dělí se na:

- aktivní – působí přímo na formě. Teplo z formy odvádí nebo naopak přivádí. Jsou to kapaliny, vzduch či topné elektrické články
- pasivní – působí tepelný režim formy pomocí svých fyzikálních vlastností. Jsou to zejména tepelně izolační materiály, které se využívají k zabránění přestupu tepla nebo tepelně vodivé materiály, které se využívají k odvodu, resp. přívodu tepla do obtížně temperovatelných částí.

TYP	Výhody	Nevýhody	Poznámka
Voda	vysoký přesun tepla nízká viskozita nízká cena ekologická nezávadnost	použitelné do 90°C *) vznik koroze **) usazování kamene	*) v tlakových okruzích je možné vodu použít i při vyšších teplotách **) lze potlačit upravením vody
Oleje	možnost temperace i nad 100°C omezení koroze	zhoršený přestup tepla vyšší cena, ekologie	
Glykoly	omezení koroze a ucpávání systému	stárnutí, znečišťování prostředí	

Tab. 1 – Aktivní temperační prostředky [3]

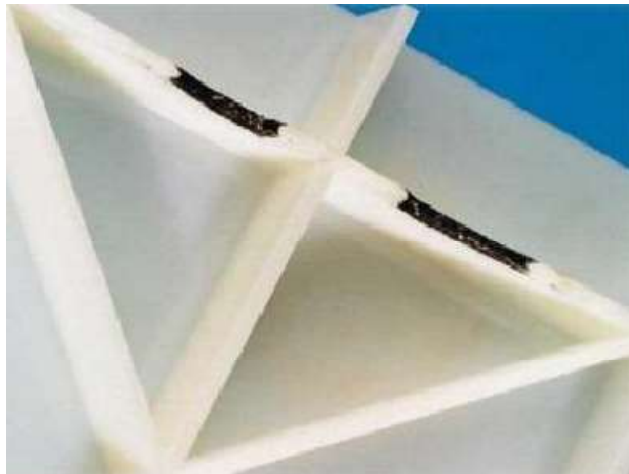
3.5 Odvzdušnění formy

Dutina formy je před samotným vstřikováním naplněna vzduchem. Při plnění taveninou je nutné zajistit únik vzduchu a případných zplodin. Platí, že čím větší je rychlost plnění taveninou, tím efektivnější musí odvzdušnění dutiny být. Nejčastějším problémem spojeným se špatným nebo nedostatečným odvzdušněním je tzv. Dieselův efekt. V podstatě se jedná o vznícení nahromaděného stlačeného vzduchu v dutině formy. [5]

Odvzdušnění tvarové dutiny tak zdánlivě nepatří mezi hlavní problémy při návrhu formy. Problémy s odvzdušněním formy tak mohou nastat až při zkoušení nové formy, kdy špatné řešení odvzdušňovacího systému může být příčinou nekvalitního vzhledu či negativně

ovlivněných mechanických vlastností. Odvzdušnění lze někdy snadno vyřešit, jindy je tento problém obtížnější. [5]

Vzduch z dutiny formy v části případů stačí uniknout dělicí rovinou, vůlí mezi pohyblivými částmi, např. vyhazovači. Problémy s odvzdušněním tak bývají především u nových forem, kde jsou tyto plochy stále dobře utěsněny. V průběhu provozu však vlivem opotřebení vzniknou větší vůle, které vzduchu poskytují dostatek možností k úniku. V ostatních případech je nutné formu opatřit odvzdušňovacím systémem pomocí odvzdušňovacích kanálků. Jejich velikost závisí zejména na viskozitě polymeru a volí se podle tabulek. Odvzdušňovací kanály volíme obvykle naproti vtokovému ústí. [5,6]



Obr. 15 – *Dieselův efekt*

3.6 Materiály forem

Vstřikovací forma je nákladný nástroj, který je sestaven z funkčních a pomocných částí. Při výrobě se vyžaduje vždy vyrobení požadované kvality, životnost a nízkých pořizovacích nákladů. Jedním z významných činitelů pro splnění těchto podmínek je materiál formy, který je ovlivněn podmínkami výroby, ty jsou určeny:

- druhem vstřikovaného materiálu,
- přesností a jakostí výstřiku,
- podmínkami pro vstřikování,
- vstřikovacím strojem, [6]

Pro výrobu formy se používají takové materiály, které splňují požadavky pro provoz v optimální míře a jsou pokud možno univerzální v rozsahu použití. To jsou např.:

- oceli, vhodné jakosti,
- neželezné slitiny kovů (Cu, Al, ...)
- ostatní materiály (tepelně vodivé, izolační) [6]

Ocel je nejvýznačnější druh používaného materiálu při výrobě forem. Jednotlivé části formy nemají stejnou funkci, každý díl vyžaduje své specifické požadavky na zvolení materiálu. Jejich výběr má odpovídat funkci součásti, s ohledem na opotřebení a požadovanou životnost.

Od materiálů na výrobu forem se očekává:

- dobrá obrobitelnost,
- dostatečná mechanická pevnost,
- dobrá tepelná zpracovatelnost, [6]

PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ

Hlavní cíle této bakalářské práce byly;

- vypracovat literární studii pro zadané téma,
- provést 3D konstrukci modelu výstřiku,
- provést návrh a 3D konstrukci vstříkovací formy pro zadaný díl,
- nakreslit 2D řez vstříkovací formou,

V teoretické části byla přiblížena problematika konstrukce vstříkovacích forem, počínaje rozdělením materiálů, přes postup procesu vstříkování až po popisy jednotlivých systému vstříkovací formy.

V praktické části pak bylo úkolem navrhnout a zkonstruovat vstříkovací formu pro zadaný plastový dílec. V tomto případě jde o Víko.... Pro 3D konstrukci dílu i formy, stejně tak i pro vytvoření příslušné výkresové dokumentace byl použit software Catia V5R19, s využitím modulu HASCO DAKO pro vkládání normálií.

5 POUŽITÝ SOFTWARE

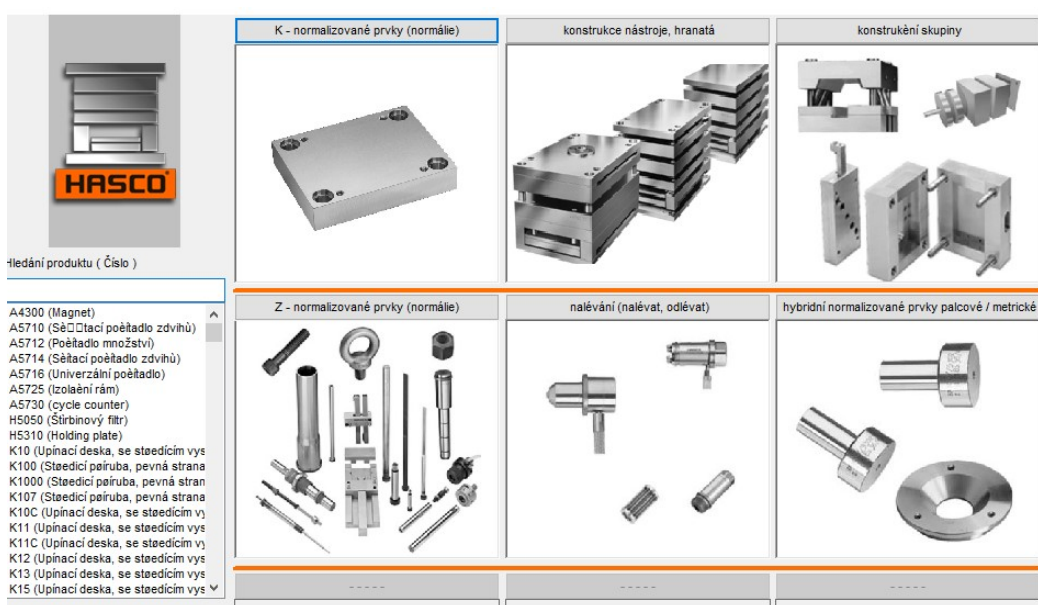
5.1 Catia V5R19

Pro 3D konstrukci dílu i formy a následnou výkresovou dokumentaci byl použit program Catia V5R19. Jedná se o program francouzské firmy Dassault Systemes a jde o jeden z nejpoužívanějších programů v oblasti leteckého a automobilového průmyslu, pozadu však nezůstává ani v jiných odvětvích, např. ve strojírenství.

Catia disponuje značným množstvím modulů pro různorodou 3D tvorbu (plošné i objemové prvky), simulace, analýzy a optimalizace, dále i tvorbu 2D výkresových dokumentací a NC programů pro obrábění. Program také umožňuje pracovat s velkými sestavami, ať už v modulu Assembly desing nebo v modulu Mold tooling design. Tento modul, díky své stavebnicové podstatě, značně zjednodušuje konstrukci vstřikovacích forem.

5.2 HASCO – DAKO modul

Jedná se digitální katalog normalizovaných součástí, používaných pro vstřikovací formy. Modul umožňuje přehledně a jednoduše vybrat potřebnou součást s požadovanými rozměry a vložení vybrané součásti do konstrukčního prostředí.



Obr. 16 – Katalog Hasco normálií [12]

5.3 Autodesk Simulation Moldflow

Jedná se o produkt společnosti Autodesk, který je určen k prototypingu, tzn., jde o nástroj pro řešení simulací vstřikovacího procesu v digitální podobě. To umožňuje řešit, vyhodnocovat i optimalizovat vstřikované dílce i formy. Pro návrh a konstrukci vstřikovacích forem je tento program velmi hojně využíván v mnoha odvětvích průmyslu, důvodem je efektivní a ekonomická výroba.

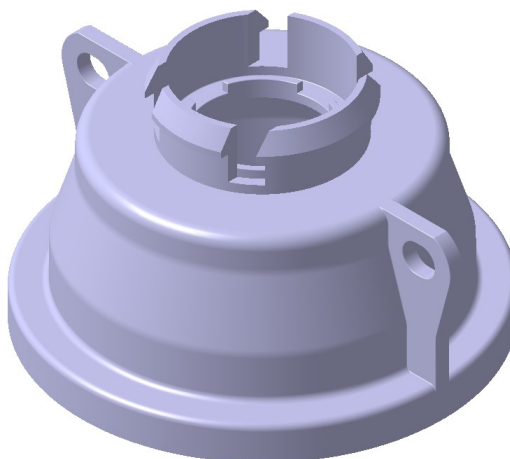
6 VÝROBEK

6.1 Popis výrobku

Vstřikovaným dílem je plastové víko. Jedná se o rotační součástku, která má dvě vnější žebra. Díl má tenkostěnný profil s několika funkčními vybráními a otvory. Při zaformování je tedy nutné použít více dělicích rovin. 3D model výrobku byl vytvořen v programu Catia V5R19.



Obr. 17 - Fotografie výrobku



Obr. 18 - 3D model výrobku

6.2 Materiál výrobku

Při výrobě víka byl použit materiál polypropylen, plněný z 40% skelnými vlákny. Označení materiálu je tedy PP-GF40. Polypropylen se díky svému širokému teplotnímu použití a malé nasákavosti používá v mnoha odvětvích a jedná se jeden z nejběžněji používaných plastů. Pokud je PP plněn skelnými vlákny, výrazně se zlepšují mechanické vlastnosti - tuhost materiálu.

		Jednotka
Název materiálu	Polypropylen (PP)	
Plnivo	40 % Skelného vlákna	
Rozsah teplot formy	40 - 70	°C
Rozsah teplot taveniny	210 - 260	°C
Teplota vyhození	100	°C
Max smykové napětí	0,25	MPa
Modul pružnosti v tahu	6722,85	MPa
Poissonovo číslo	0,45	

Tab. 2 – Vlastnosti materiálu (Moldflow Plastics Labs)

7 VOLBA STŘIKOVACÍHO STROJE

Na základě technických parametrů formy byl vybrán vstřikovací stroj ALLROUNDER 520S od německé firmy ARBURG.

Parametr	Hodnota	Jednotka
Maximální uzavírací síla	1600	kN
Maximální délka otevření	575	mm
Maximální světlost mezi upínacími deskami	825	mm
Minimální výška formy	250	mm
Velikost upínací desky	688x688	mm
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	520x520	mm
Maximální vyhazovací síla	50	kN
Maximální zdvih vyhazovacího systému	175	mm
Celkový výkon stroje	40	kW
Průměr šneku	45	mm
Poměr šneku	20	-
Maximální objem vstřikované dávky	254	cm ³
maximální vstřikovací tlak	158	MPa
Maximální krouticí moment šneku	610	N.m

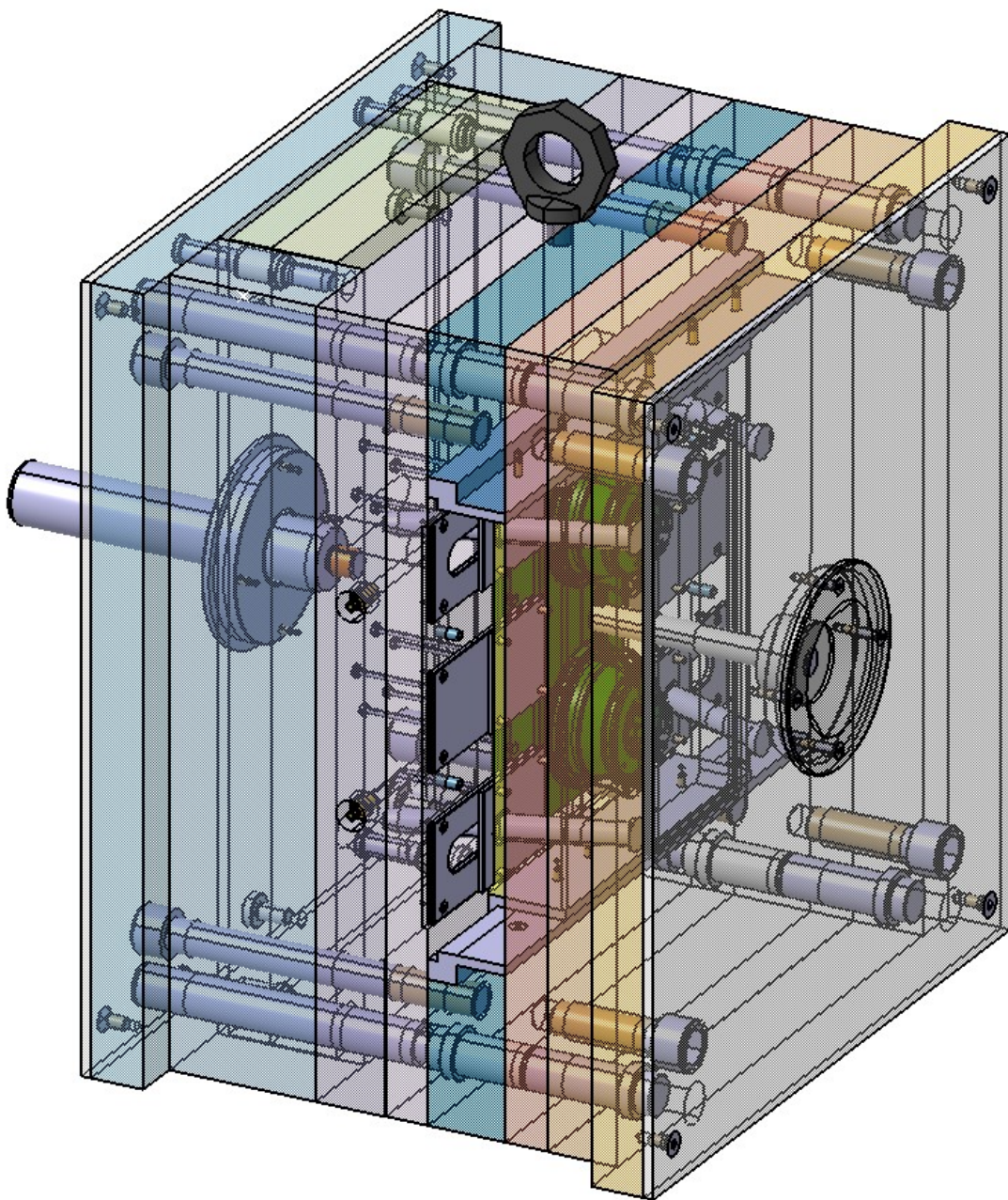
Tab. 3 - Vybrané parametry stroje [13]



Obr. 19 – Vstřikovací stroj Arburg ALLROUNDER 520S

8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací forma obsahuje velké množství komponent, které dohromady tvoří jeden funkční celek. Tyto komponenty musí být určité úrovně jakosti, čímž zákonitě rostou i finanční náklady. Ekonomická stránka tvoří jeden z důvodů, že je při návrhu formy v maximální míře využit normalizovaný katalog dílů HASCO, mezi další důvody patří např. značné zjednodušení procesu návrhu a konstrukce formy. Pro tvorbu nenormalizovaných dílů formy byl využit Part Desing modul. Samotná konstrukce byla provedena v modulu Mold Tooling Desing a Assembly Desing.

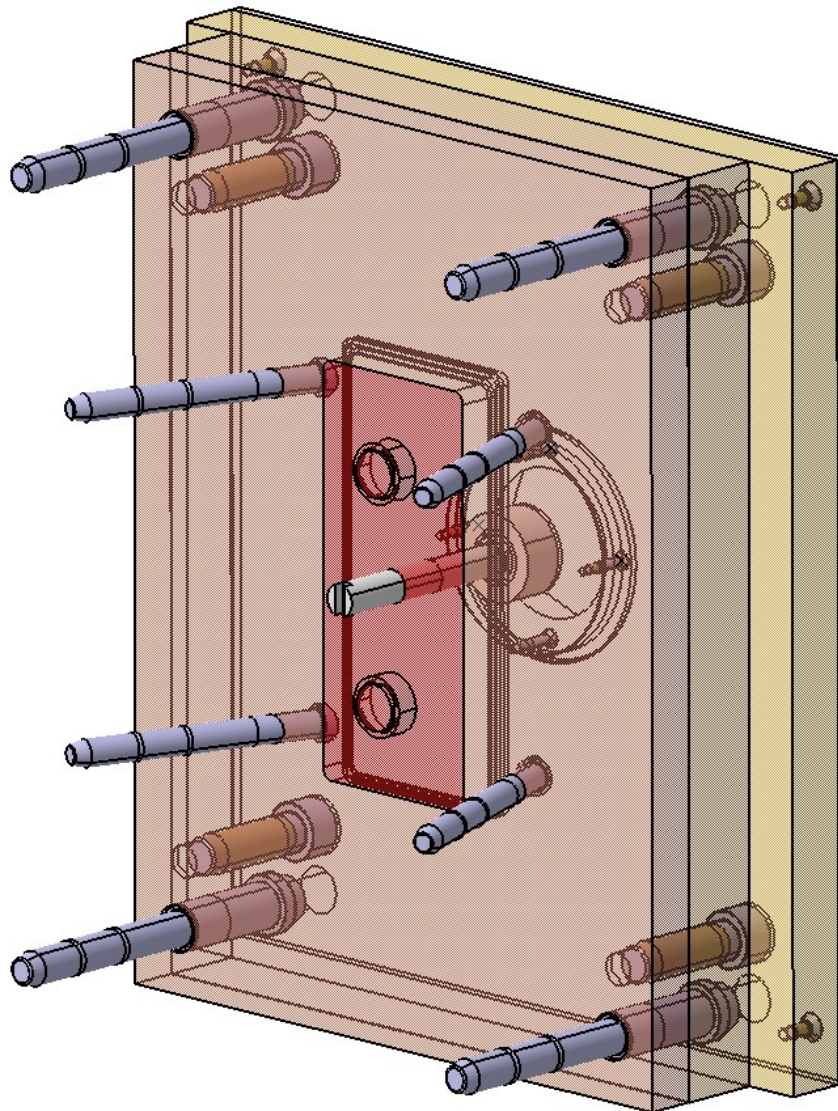


Obr. 20 – Celá vstřikovací forma

Celkové rozměry formy jsou 396 x 346 x 296 mm.

Forma se skládá ze tří hlavních částí; pravá strana, levá strana a vyhazovací systém. Rám formy byl navržen s ohledem na rozměry součásti a dostatečnou celkovou tuhost formy. Všechny desky jsou středěny pomocí vodících čepů a spojeny do funkčních celků pomocí šroubů. Na horní straně formy je instalováno úchytné zařízení, umožňující transport formy.

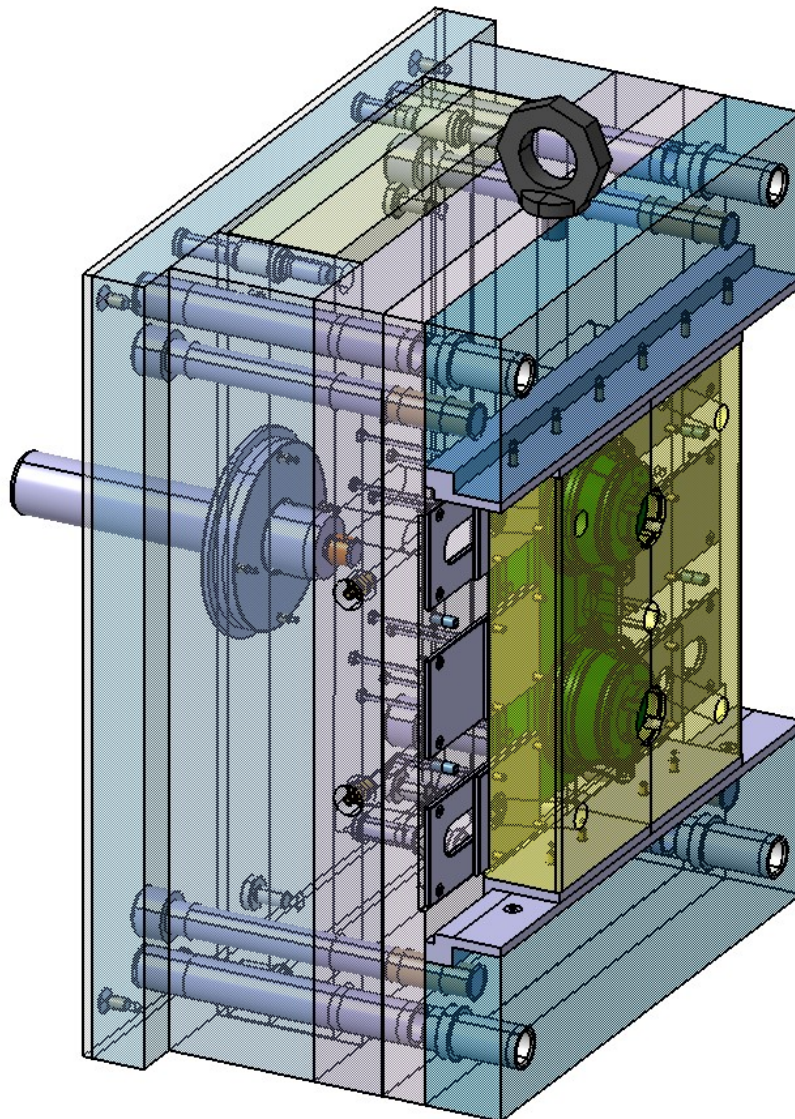
Pravá část, neboli vstřikovací, se skládá ze čtyř desek: kotevní, opěrná, upínací a izolační. Izolační deska má nízkou tepelnou vodivost a odděluje formu od vstřikovací jednotky. V kotevní desce je usazena tvárnice a ukotvené šikmé čepy pro otevírání bočních čelistí. Dalšími součástkami pravé strany jsou vodící čepy, které zajišťují přesný chod levé strany formy při otevírání a vyhazování výrobku.



Obr. 21 – Pravá strana formy

Levou, neboli vyhazovací část tvoří sestava desek: upínací, dvě rozpěrné desky, opěrná, a kotevní deska a dvě kotevní rozpěrné desky. Vyhazovací systém tvoří další dvě desky.

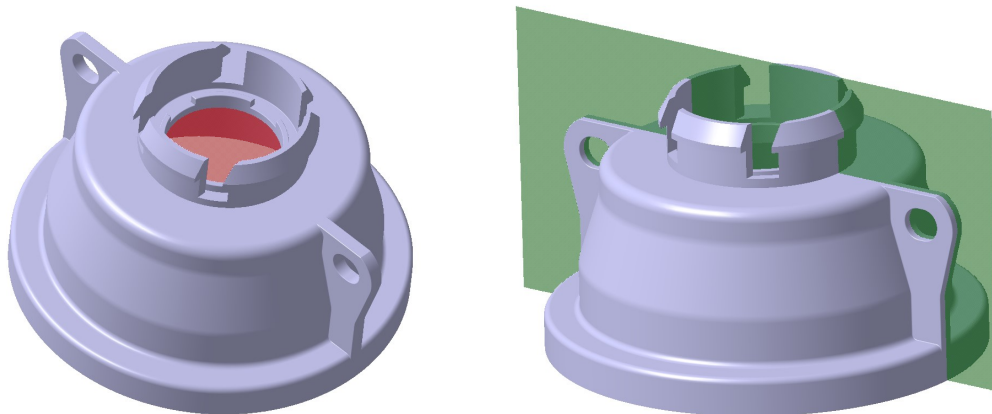
Mezi kotevními rozpěrnými deskami je umístěn systém bočních posuvných čelistí, včetně tvarových dutin formy, vodících desek a dorazových prvků. V kotevní desce je umístěn tvárník. V opěrné desce a kotevní je vrtána soustava kanálů se zátkami, které slouží pro temperaci formy. V upínací desce se nachází menší vodící čepy, které zajišťují chod vyhazovacího systému. Pravá strana je vůči sobě středěna pomocí středících trubek.



Obr. 22 – Levá strana formy

8.1 Dělicí roviny

Vzhledem k tvaru výrobku bylo nutno použít více dělicích rovin. Z důvodu využití více dělicích rovin klesá celková přesnost výrobku a roste náročnost a náklady na výrobu formy. Hlavní dělicí rovina je rovnoběžná s upínací deskou. Výstřik při otevření formy zůstává na levé části formy. Vedlejší dělicí rovina je kolmá na upínací desku a díky této rovině může dojít k odformování funkčních vybrání po obvodu dílu a také otvorech na žebrech dílu po stranách.



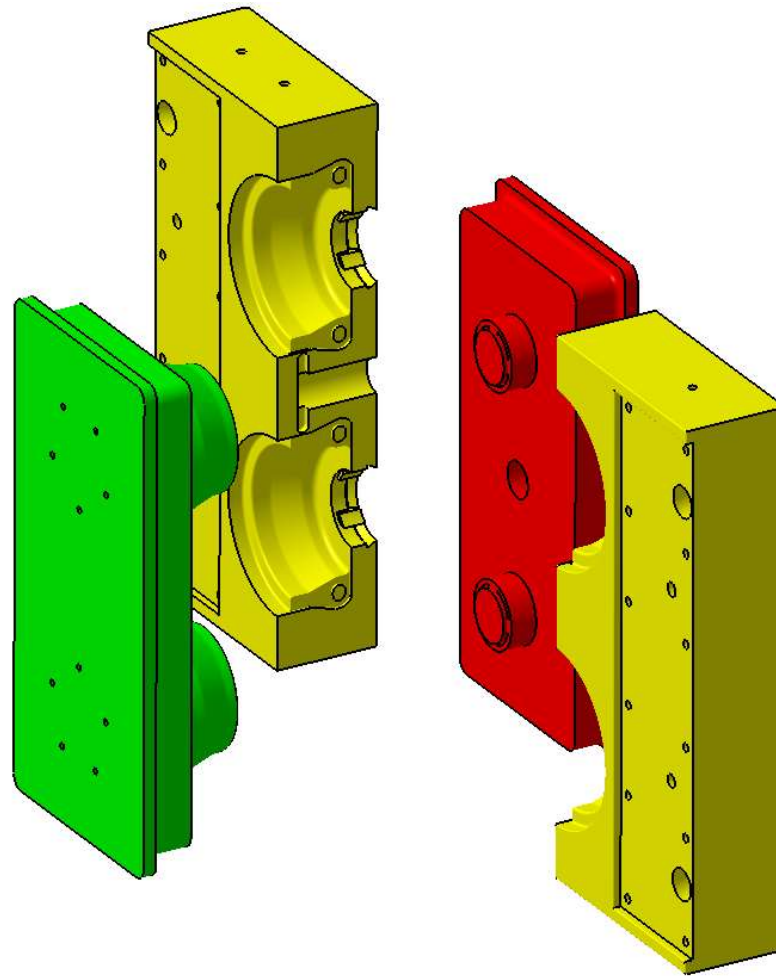
Obr. 23 – Hlavní a vedlejší dělicí rovina

8.2 Násobnost formy

Při volbě násobnosti, tzn. počtu kusů za jeden vstřikovací cyklus, je třeba brát na zřetel mnoho okolností. Ekonomičnost a efektivitu, parametry vstřikovacího stroje, velikost a složitost tvarové dutiny. V tomto případě je zvolena dvojnásobná forma, z důvodu složitějšího odformování pomocí větších bočních posuvných čelistí.

8.3 Tvarové části

Tvarové části jsou v tomto případě čtyři. Tvárník, tvárnice a dvě boční posuvné čelisti. Jedná se o negativní tvar výstřiku, který je zvětšený o hodnotu smrštění polymeru. Tvárník se nachází v levé části formy a tvárnice v pravé části. Konstrukce formy i výrobku zajišťuje, že výrobek zůstane na levé části formy, kde poté může být odformován. Boční čelisti jsou usazeny na levé straně formy a při otevření dojde k jejich posunutí vedené šikmými kolíky. Tvarová část čelistí zaformován celý vnější plášť výrobku.

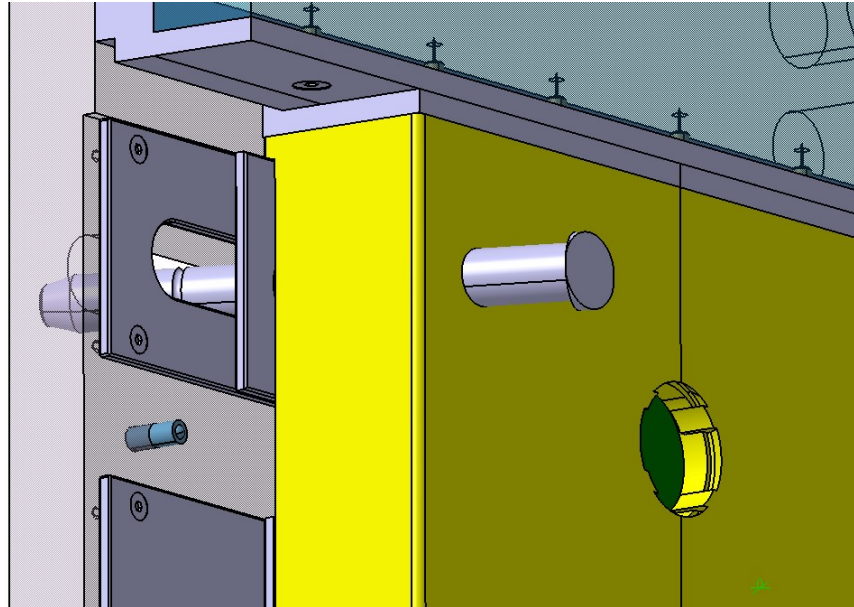


Obr. 24 – Tvarové části

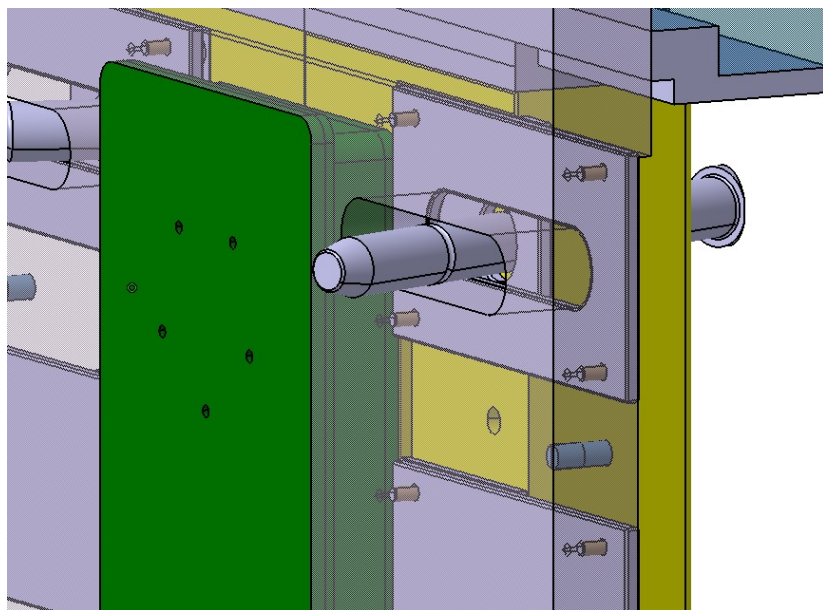
Zelená – tvárník, červená – tvárnice, žluté – boční posuvné čelisti

8.4 Boční posuvné čelisti

Boční posuvné čelisti slouží k odformování takových částí výrobku, které by šli jen stěží nebo vůbec odformovat běžným způsobem. Čelisti s tvarovou částí se otevírají zároveň s celou formou a odformovávají boční otvory a funkční vybrání. Čelisti konají pohyb vedený šikmými kolíky. Tyto šikmé kolíky, ukotvené v pravé části formy, mají sklon 20° . Otevřenou polohu čelistí zajišťuje kulička s pružinkou, která přesně zapadá do jamky v posuvné čelisti. Aby se minimalizovalo opotřebení drahých tvarových částí, jsou plochy, které se po sobě vzájemně pohybují, opatřeny třecími deskami, které lze v případě opotřebení jednoduše demontovat a vyměnit.



Obr. 25 – Boční čelisti

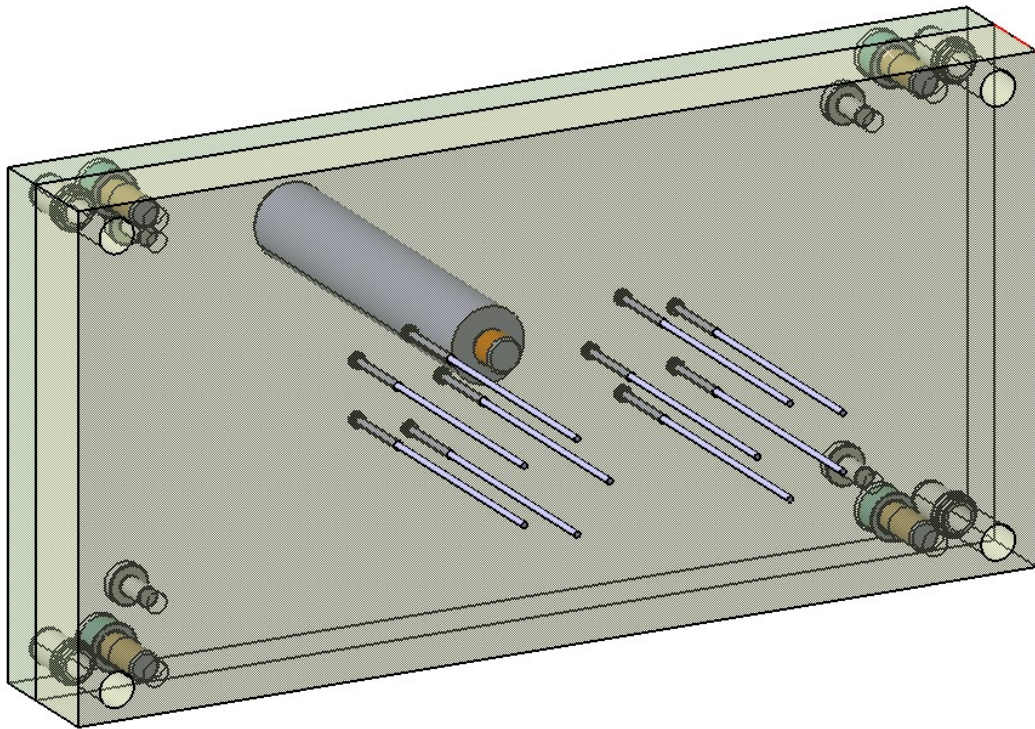


Obr. 26 – Boční čelisti

8.5 Vyhazovací systém

Po odformování hlavní i vedlejší dělicí roviny nastává vyhození výstřiku, které je realizováno sadou válcových vyhazovacích kolíků o průměru 2,5mm v počtu 10 kolíků, tzn. pro každý díl 5 vyhazovačů. Jedná se o normalizované díly firmy HASCO, přičemž bylo nutné provést dodatečné úpravy. Délka po zkrácení vyhazovacího kolíku činí 135,5mm. Ukotve-

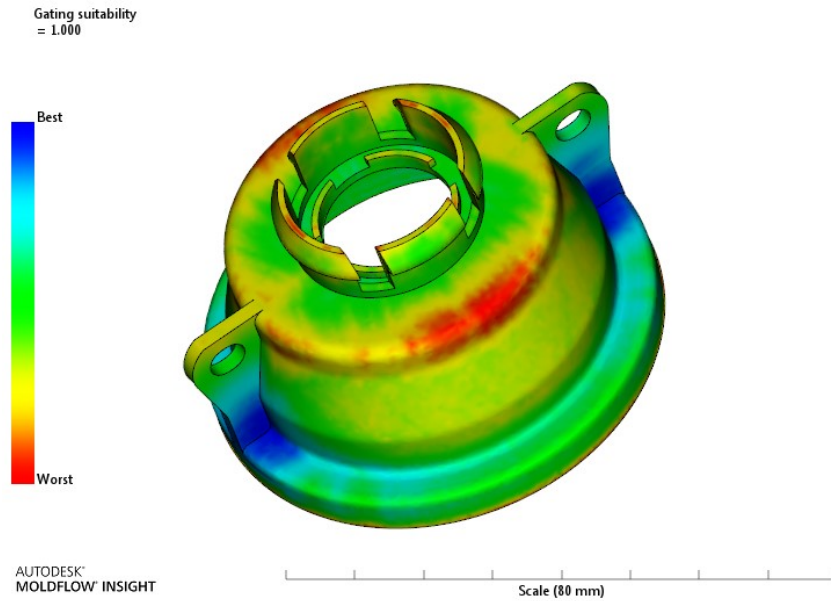
ní vyhazovacích kolíků je provedeno ve vyhazovací desce kotevní, která je spojena s vyhazovací deskou opěrnou pomocí šroubových spojení. Vedení obou desek je realizováno vodícími čepy a vodícími pouzdry v deskách. Čepy jsou ukotveny v levé upínací desce. Táhlo vyhazovačů vede do stroje, kde je připojeno k vyhazovacímu ústrojí.



Obr. 27 – Vyhazovací systém

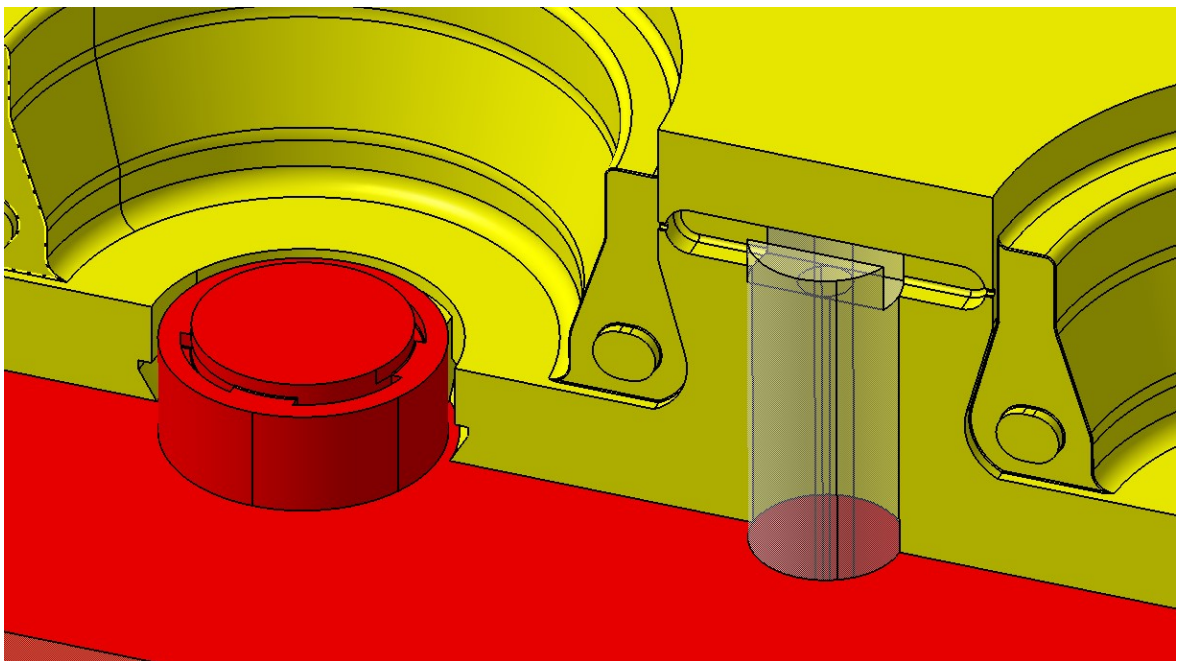
8.6 Vtokový systém

Úkolem vtokového systému je dopravit taveninu od vstřikovací trysky až po dutinu formy. Zásadní pro návrh vtokového systému je, aby tavenina byla dopravena do všech dutin formy současně. V případě této formy byl zvolen studený vtokový systém, čímž se mírně zvýší náklady na spotřebu materiálu, ovšem sníží se pořizovací náklady na formu.



Obr. 28 – Analýza tečení polymeru

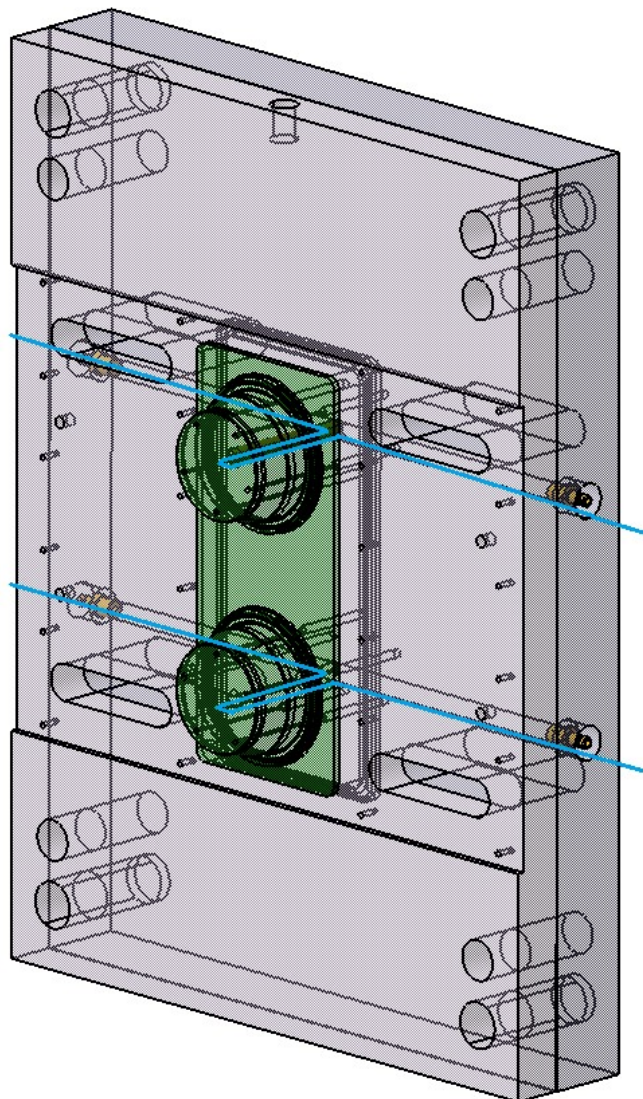
Vtoková vložka je uložena a vedena středem formy a tavenina je dopravována vnitřním kanálem, jenž má kuželovitý tvar, aby mohlo dojít k správnému odformování. Kanály vyrobené v tvarové dutině mají obdélníkový průřez a těsně před dutinou se zužují do kruhového průřezu. Pro zvolení nejvhodnějšího prostoru pro vtokové ústí byl použit software Autodesk Simulation Moldflow, který ukázal nejvhodnější místo jako volní části vnějších žeber.



Obr. 29 – Detail vtokového systému

8.7 Temperační systém

Temperační systém tvoří soustava vrtaných kanálů, ucpávek a trnů. Celkově se ve formě nacházejí dva okruhy; pro každý výrobek jeden okruh. Vrtané kanály mají průměr 8 mm. Vložený trn tvoří v podstatě přepážku, díky které kapalina putuje jedním vrtaným kanálem tam i zpět. Kapalina se do okruhů přivádí pomocí spojek, které umožňují snadné připojení hadic. Spojky jsou částečně zapuštěny do formy, aby se předešlo jejich uražení při manipulaci s formou.



Obr. 30 – Temperační systém

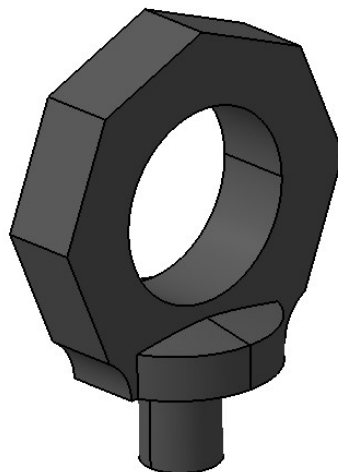
8.8 Odvzdušnění formy

Dutina formy je před samotným vstřikováním vyplněná vzduchem. Vzduch se po uzavření formy a při vstřikování stlačuje, je tedy třeba zajistit odvzdušnění, aby nedocházelo k poškození výrobku nebo formy.

V případě této formy je vzduch odváděn z dutiny formy pomocí vůlí, a to kolem posuvných čelistí, tak i mezi vyhazovači a tvárníkem. V případě, že by docházelo k poškození výrobku; tzn., docházelo k nedostatečnému odvzdušnění, bylo by nutné vytvořit odvzdušňovací systém.

8.9 Manipulační zařízení

Vzhledem k celkové hmotnosti a rozměrům formy je forma opatřena nosným prvkem, připevněným na horní straně formy. Nosič je dodán z katalogu normálií Hasco.



Obr. 31 – Manipulační zařízení

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce byl návrh a následná konstrukce vstřikovací formy pro zadaný plastový díl. Vstřikovaným výrobkem bylo plastové víko, které bylo vyrobeno z polypropylenu, plněného z 40% skelným vláknem.

V teoretické části práce, je popsáno rozdělení polymerů, základní zpracování a úpravy před vstřikováním. Dále teoretická část popisuje samotný proces vstřikování, typy různých konstrukčních řešení formy a v poslední řadě také jednotlivé systémy vstřikovací formy.

V praktické části potom probíhal návrh a konstrukce formy. K modelaci a tvorbě výkresové dokumentace byl použit program Catia V5R19. Pro analýzu tečení a volbu vtokového ústí byl zvolen program Autodesk Moldflow Simulation. Pro výrazné zjednodušení výběru dílů a jejich vkládání do formy byl použit katalog normalizovaných dílů firmy HASCO.

Vytvořená forma je dvounásobná a skládá se, standardně, ze tří hlavních částí. Pravá strana, levá strana a vyhazovací systém. Byl vybrán a použit studený vtokový systém a umístění vtokového ústí bylo zvoleno s ohledem na výsledky analýzy tečení. K zaformování výrobku bylo třeba použít soustavu bočních posuvných čelistí, které celkově v podstatě tvoří další celou desku, náležící levé straně. Jejich ovládání je zajištěno mechanicky pomocí šikmých kolíků. Vyhazovací systém obsahuje 10 válcových vyhazovacích kolíků, které odformovávají výrobek. Temperační systém formy tvoří dva okruhy, pro každý díl jeden okruh. K formě náleží také transportní zařízení v horní části formy.

Vzhledem k rozměrům formy a dalším procesním parametrům byl zvolen vstřikovací stroj ALLROUNDER 520S od firmy ARBURG.

V poslední fázi byla pomocí softwaru Catia vytvořena kompletní výkresová dokumentace s kusovníkem.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Ing. Michal Staněk, Ph.D., přednášky T5KO
- [2] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 1.* 2.upr. vyd. Brno: Uniplast, 1999, 134 s.
- [3] LENFELD, Petr. *Technologie II. -Vstřikování plastů*
Technická univerzita Liberec, Dostupné z WWW:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [4] NEUHAUSL, Emil, *Vstřikování plastických hmot*
1. vydání, vyd.: Praha, SNTL, 1973
- [5] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje II.* Brno: VUT, 1990. 199 s.
- [6] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: II.díl - Vstřikování termoplastů.*
1.vydání – Brno: Uniplast, 1999. 214s.
- [7] Vlastní poznámky ze seminářů předmětu T5KO
- [8] TOMIS, František, HELŠTÝN, Josef, KAŇOVSKÝ, Jiří. *Formy a přípravky*
2. upr. vyd. Praha: SNTL, 1985, 273 s.
- [9] KOLOUCH, J. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*
vyd. Praha: SNTL, 1986
- [10] KULHÁNEK, J., *Formy pro tváření plastických hmot, SNTL*
Nakladatelství technické literatury, Praha, 1966. 221s
- [11] ŠTACH, Jan. *Návrh konstrukce Vstřikovací formy pro plastový díl.*
Zlín: 2015, 58 s. Bakalářská práce, Univerzita Tomáše Bati, FT.
- [12] Hasco [online]. [cit.2015-01-15]. Dostupný z WWW: <http://hasco.com>
- [13] ARBURG [online]. [cit. 2008-04-23]. Dostupný z WWW: <http://www.arburg.com>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PP	Polypropylen
PP GF40	Polypropylen plněný z 40% skelným vláknem
SVS	Význam třetí zkratky
HVS	Horký vtokový systém
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
CATIA	Computer Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 – Aktivní temperační prostředky [3]</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 2 – Vlastnosti materiálu (Moldflow Plastics Labs)</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 3 - Vybrané parametry stroje [13]</i>	<i>41</i>

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 – Rozdělení polymerů</i>	12
<i>Obr. 2 – Vstřikovací stroj ARBURG</i>	16
<i>Obr. 3 – Vstřikovací a uzavírací jednotka</i>	17
<i>Obr. 4 – Řídící jednotka stroje.....</i>	18
<i>Obr. 5 – Vstřikovací cyklus [1].....</i>	19
<i>Obr. 6 – Vady tenkostěnných výrobků</i>	20
<i>Obr. 7 – Schéma formy [7]</i>	21
<i>Obr. 8 – Vtokový systém formy [2]</i>	24
<i>Obr. 9 – Volba délky vtokového systému [2]</i>	25
<i>Obr. 10 – Typy vtokových ústí.....</i>	26
<i>Obr. 11 Přímohřívání trysky [2]</i>	27
<i>Obr. 12 – Vyhřívání rozvodného bloku tvaru X [12]</i>	28
<i>Obr. 13 – Druhy vyhazovacích kolíků [12]</i>	29
<i>Obr. 14 – Forma se stírací deskou [7]</i>	30
<i>Obr. 15 – Dieselův efekt.....</i>	33
<i>Obr. 16 – Katalog Hasco normálů [12]</i>	37
<i>Obr. 17 - Fotografie výrobku.....</i>	39
<i>Obr. 18 - 3D model výrobku</i>	39
<i>Obr. 19 – Vstřikovací stroj Arburg ALLROUNDER 520S</i>	41
<i>Obr. 20 – Celá vstřikovací forma</i>	42
<i>Obr. 21 – Pravá strana formy.....</i>	43
<i>Obr. 22 – Levá strana formy.....</i>	44
<i>Obr. 23 – Hlavní a vedlejší dělicí rovina.....</i>	45
<i>Obr. 24 – Tvarové části</i>	46
<i>Obr. 25 – Boční čelisti</i>	47
<i>Obr. 26 – Boční čelisti</i>	47
<i>Obr. 27 – Vyhazovací systém</i>	48
<i>Obr. 28 – Analýza tečení polymeru</i>	49
<i>Obr. 29 – Detail vtokového systému</i>	49
<i>Obr. 30 – Temperační systém</i>	50
<i>Obr. 31 – Manipulační zařízení</i>	51

SEZNAM PŘÍLOH

P1 – Výkresová dokumentace

- Výrobní výkres výrobku,
- Sestava formy s 2D řezy,
- Kusovník 1. Část,
- Kusovník 2. Část.

P2 – CD disk

- Bakalářská práce v PDF,
- 3D model vstřikovací formy v softwaru Catia V5R19,
- Výkresová dokumentace