

Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu plastového dílu

Daniel Mahdal

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Daniel Mahdal**
Osobní číslo: **T14110**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro díl z termoplastu**

Zásady pro vypracování:

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

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle zadání vedoucího BP.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Václav Janošík
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2017

Termín odevzdání bakalářské práce:

19. května 2017

Ve Zlíně dne 31. ledna 2017



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



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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 15.5.2017



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

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

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

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

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

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

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

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

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

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku 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 zadaný plastový díl.

V teoretické části bakalářské práce je probрана problematika technologie vstřikování, rozdělení polymerních materiálů a také základní informace z oblasti konstrukce vstřikovacích forem.

V praktické části bylo za úkol zkonstruovat návrh vstřikovací formy pro zvolený plastový díl. Model a forma byla vytvořena v 3D programu CATIA V5R19 a přídatného modulu HASCO DAKO.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací stroj, vstřikovací forma

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the construction of injection mold for the specified plastic part.

The theoretical part of the bachelor thesis discussed the issue of injection molding technology, polymer materials and basic information about design of injection molds.

In the practical part the assignment was to design a proposal for the selected injection mold plastic part. Model and form was created in 3D program CATIA V5R19 and auxiliary model HASCO DAKO.

Keywords: injection molding technology, injection machine, injection mold.

Rád bych poděkoval Ústavu výrobního inženýrství za umožněné vzdělání, které mi psaní této bakalářské práce hodně ulehčovalo. Především bych rád poděkoval panu Ing. Václavu Janošíkovi za cenné rady, odborné vedení, trpělivost a čas, který mi během zpracování této bakalářské práce věnoval.

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

Dále také prohlašuji, že na bakalářské práci jsem pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval a zmínil na konci této BP. Výkresová dokumentace a modely, které jsou předmětem této BP, byly vytvořeny v softwaru s platnou licencí.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 VSTŘÍKOVÁNÍ	11
1.1 MATERIÁLY PRO VSTŘÍKOVÁNÍ	11
1.1.1 Reaktoplasty	12
1.1.2 Termoplasty.....	13
1.1.3 Elastomery.....	14
1.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	14
1.3 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS V PVT DIAGRAMU.....	16
2 VSTŘIKOVACÍ STROJ	18
2.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA	19
2.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	20
2.3 OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ STROJE	20
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	21
3.1 KONSTRUKCE FORMY	22
3.1.1 Postup při konstrukci formy.....	22
3.1.2 Zaformování výstřiku.....	23
3.1.3 Dimenzování tvarové dutiny	23
3.1.4 Smrštění.....	24
3.1.5 Násobnost formy	24
3.2 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY	25
3.2.1 Kuželový vtok	28
3.2.2 Bodový vtok	28
3.2.3 Tunelový vtok	29
3.2.4 Boční vtok	29
3.2.5 Filmový vtok	30
3.3 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY	31
3.3.1 Vyhřívané trysky	32
3.3.2 Vyhřívané rozvodové bloky	32
3.4 TEMPERAČNÍ SYSTÉM	33
3.4.1 Aktivní prostředky	34
3.4.2 Pasivní prostředky	34
3.5 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM	35
3.6 VYHAZOVACÍ SYSTÉM	35
3.6.1 Mechanické vyhazování.....	35
3.6.2 Pneumatické vyhazování.....	38
3.6.3 Hydraulické vyhazování.....	38
4 VÝSTŘIKY SE ZÁVITEM	39
4.1 ZÁVITOVÉ TRNY	39
4.2 ČELIŠTOVÉ FORMY SE ZÁVITY	39
4.3 POHYBLIVÉ ELEMENTY VYTÁČECÍCH FOREM.....	40
5 MATERIÁLY FOREM	41

II PRAKTICKÁ ČÁST	42
6 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	43
7 POUŽITÉ PROGRAMY	44
7.1 CATIA V5R19	44
7.2 HASCO – DAKO MODUL	44
8 SPECIFIKACE ZADANÉHO VÝROBKU	45
8.1 MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU	46
8.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ	46
8.2.1 Výpočet potřebných parametrů stroje	46
8.3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	49
8.4 VOLBA DĚLÍCÍ ROVINY	49
8.5 TVAROVÉ VLOŽKY	50
8.5.1 Tvárnice	51
8.5.2 Rozpínací posuvné čelisti	51
8.5.3 Jádro	52
8.6 NÁSOBNOST FORMY	52
8.7 VSTŘIKOVACÍ FORMA	53
8.8 LEVÁ (POHYBLIVÁ) STRANA FORMY	53
8.9 PRAVÁ STRANA, VARIANTA A	54
8.10 PRAVÁ STRANA, VARIANTA B	55
8.11 VYHAZOVCÍ SYSTÉM	56
8.12 TEMPERACE TVAROVÝCH DESEK	58
8.13 NOSNÝ SYSTÉM	59
9 EKONOMICKÝ ROZBOR.....	60
9.1 VZOROVÉ VÝPOČTY	60
9.2 ANALÝZA VÝSLEDKŮ	61
ZÁVĚR	63
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	64
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	65
SEZNAM OBRÁZKŮ	67
SEZNAM TABULEK.....	69
SEZNAM PŘÍLOH.....	70

ÚVOD

V dnešní době jsou dominantní polymerní materiály. Polymerní materiály postupně nahrazují zaužívané materiály (dřevo, sklo, ocel atd.) z důvodu nižší ceny, možnostmi zpracování a především mechanickými a fyzikálními vlastnostmi. Nejrozšířenější využití plastů je v leteckém, automobilovém, elektrotechnickém průmyslu, ve zdravotnictví atd. Polymery se dají zpracovat mnoha technologiemi, například lisováním, vytlačováním, odléváním, tvarováním, válcováním, ale nejrozšířenější zpracovatelskou technologií je vstřikování.

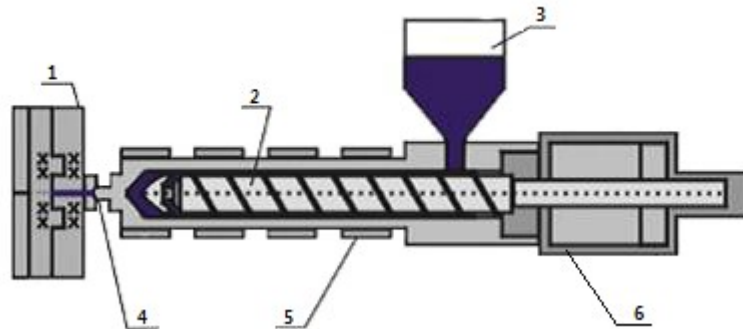
Celý proces vstřikování vykonává vstřikovací stroj, v němž je forma, (tvárník a tvárnice) do které se vstřikuje velkou rychlostí roztavený polymer a během chlazení polymer tuhne a získává tvar budoucího výrobku. Forma je velmi nákladná, a proto se využívá na velké série.

Pro konstruování vstřikovacích forem používáme celou řadu softwarových programů, (Catia, Inventor) které nám usnadňují jejich konstruování, protože je hodně modulů (Hasco) s normáliemi formy (desky, šrouby, vyhazovací zařízení, vodící čepy a další součástky formy), tak navrhování a konstruování formy nám může připadat jako skládačka. Využití těchto programů se zamezí k možným chybám při výrobě formy a lze předejít vadám na výstřicích. Výsledkem je zkvalitnění a zrychlení výroby a menší finanční zátěž.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VSTŘÍKOVÁNÍ

Jedná se o nejpoužívanější technologii pro zpracování polymerních materiálů. Je to složitý termodynamický proces tváření. Technologie vstřikování plastů svým principem připomíná tlakové lití, ale při jiných tokových vlastnostech tavenin termoplastů a jejich teplot při zpracování, kdy vyžadovaná dávka materiálu je nasypána do násypky, ze které pomocí šneku nebo pístu je odebírána a dopravuje hmotu do tavicí komory, kde účinkem tření a tepla vzniká tavenina. Následně je tavenina vstřikována do uzavřené dutiny. Následuje dotlaková fáze, která snižuje smrštění a rozměrové změny. Tavenina předává formě teplo a postupným ochlazením tuhne ve finální výrobek. V posledním kroku pomocí vyhadzovacího zařízení je výrobek vyhozen a celý cyklus se opakuje. [1]



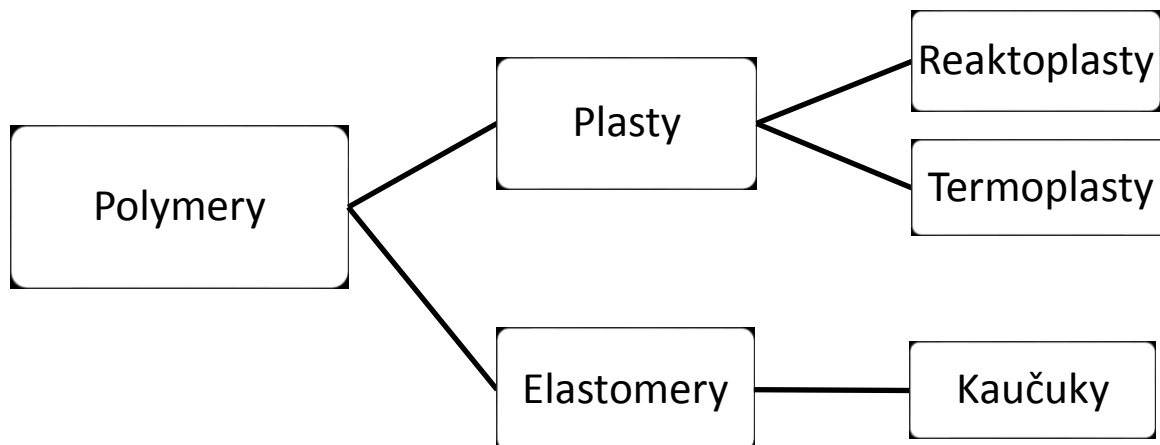
Obrázek 1. Schéma vstřikování [2]

1- forma, 2- šnek, 3- násypka, 4 - tryska, 5- ohřev válce, 6 - pohon šneku

-

1.1 Materiály pro vstřikování

Polymery jsou chemické látky neobvyklé šíře vlastností, obsahující ve svých obrovských molekulách většinou atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, často dusíku chloru i jiných prvků. Polymery jsou ve formě výrobku v tuhém stavu, ale v určitém stadiu zahřívání ve stavu kapalném, většinou za pomoci tlaku udělit budoucím výrobkům nejrůznější tvary podle použití. Rozdělení polymerů se nachází v obr. 1. [3]

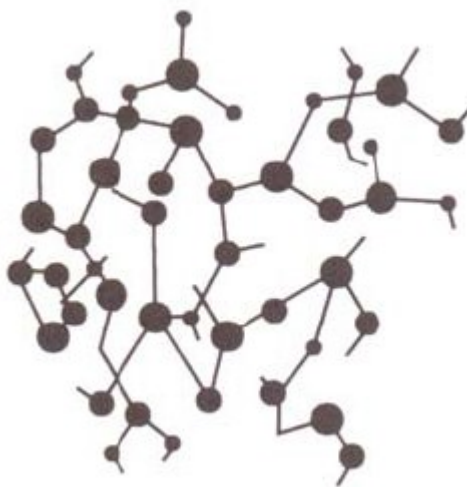


Obrázek 2. Rozdělení polymerních materiálů

1.1.1 Reaktoplasty

Reaktoplasty prochází při zpracovatelském procesu chemickou reakcí a účinkem tepla, nebo síťovacích činidel vytvářejí husté, prostorově sesíťované struktury, v nichž jsou původní molekuly vzájemně spojovány kovalentními vazbami. Tento proces se nazývá vytvrzování. Reaktoplast je ve vytvrzeném stavu netavitelný a nerozpustný. Recyklace reaktoplastů je proto těžší než u termoplastů a vyžaduje další jiné postupy. [4]

Mají propojené řetězce vytvořené síťováním. Řetězce nelze teplem rozpojit. [6]



Obrázek 3. Schéma struktury sítě vytvrzeného reaktoplastu [5]

1.1.2 Termoplasty

Jedná se o polymerní materiály, které při zvyšování teploty materiálu u zpracování přechází do plastického stavu (viskózní Nenevtonská kapalina). Při takovém stavu je lze snadno zpracovávat různými technologiemi. [5]

Podle vnitřních struktur se termoplasty dělí na amorfnní a semikrystalické.

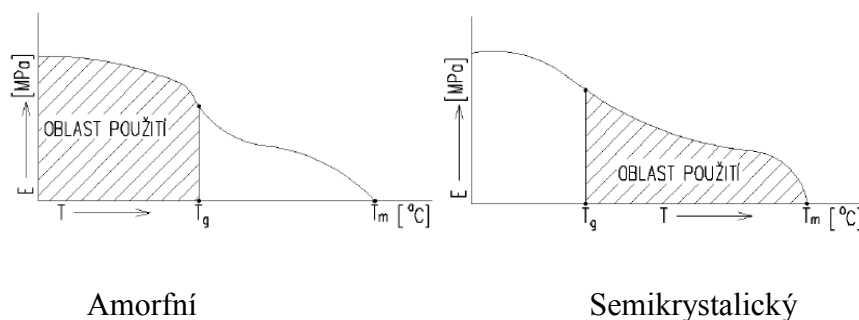


Obrázek 4. Struktura řetězců amorfnního a semikrystalického termoplastu [5]

a- Amorfnní termoplast, b- semikrystalický termoplast

Amorfnní polymer je ve stavu pevném pod teplotou skelného přechodu (T_g). Zvyšováním teploty nad T_g postupně slábnou kohézní síly mezi makromolekulami a polymer přechází do viskózního stavu, kdy se zpracovává. Objem polymeru se zvyšuje zvyšováním teploty.

U semikrystalických plastů jsou části makromolekul vázány pevněji v lamelách a ve sférolitech krystalické fáze. Zvyšováním teploty se nejprve uvolní část makromolekul z amorfnní oblasti a posléze i ostatní makromolekuly. Při tomto ději se zvyšuje taky objem. Tento druh plastu se používá nad teplotou T_g , protože mají výhodnou kombinaci houževnatosti a pevnosti nad teplotou T_g . Rozdíl mezi amorfnním a semikrystalickým polymerem je patrný na obr 4. [7]



Obrázek 5. Oblast využití amorfnního a semikrystalického plastu.

1.1.3 Elastomery

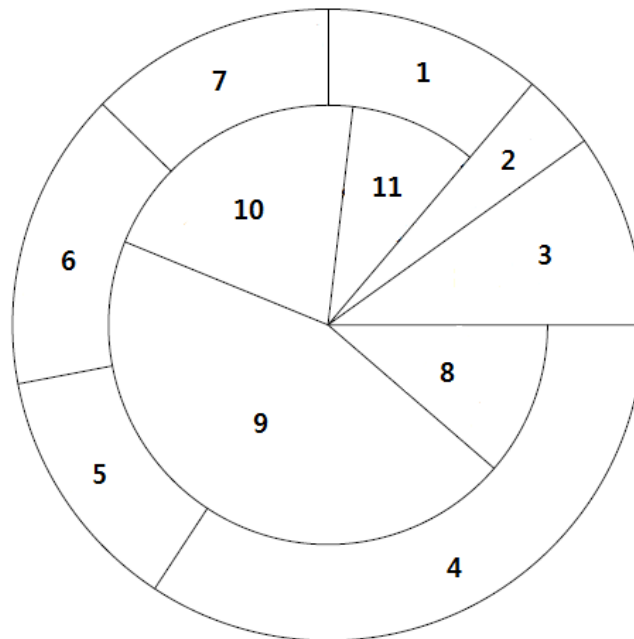
Elastomery, které taktéž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, ale jen určitý čas. Při dalším zvyšování teploty dochází k chemické reakci tzv. vulkanizaci (prostorové zesíťování struktury). Proces měknutí a následného tuhnutí lze opakovat teoreticky bez omezení, probíhá zde pouze fyzikální děj. [5]

1.2 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus se realizuje na vstřikovacím stroji. Průběh cyklu je znázorněn v obr. 6. Po uzavření formy se vstřikuje roztavený materiál do dutiny formy. Po následném vstřikování a dotlaku se plastikační jednotka vrátí zpět do výchozí polohy. U průběhu vstřikování je nutné znát tyto technologické parametry, aby nedošlo k vadám na výrobku nebo na formě.

- Velikost dávky je zvolena tak, aby byla vyplněná dutina formy, ale i vtokové rozvody.
- Je třeba zvolit vhodnou velikost teploty taveniny (správnou viskozitu), protože nízká teplota zhoršuje zatékavost a vysoká může vést k degradaci materiálu. Každý plast má doporučenou teplotu taveniny. Teplotu měříme při výstupu ze vstřikovací trysky stroje.
- Velikost a doba působení vstřikovacího tlaku. To má za následek spolehlivé naplnění dutiny formy taveninou.
- Aby nedošlo k předčasnému zchlazení taveniny, je nutné znát vstřikovací rychlost, která je ovlivněna vstřikovacím tlakem a časem.
- Po naplnění formy přichází dotlak, který zabraňuje k vytékání taveniny. Doba, po kterou působí dotlak se nazývá doba doplnění.
- Správné zvolení otáček nám ovlivňuje plastikační výkon a rychlost plastikace.
- Chlazení nám ovlivňuje celkovou dobu vstřikovacího cyklu. Chlazení závisí na materiálu, velikosti stěn výrobku, atd.

Tyto parametry volíme podle vstřikovaného plastu, který má své hodnoty předdefinované a podle tvaru budoucího výrobku. [7]



Obrázek 6. Vstřikovací cyklus [8]

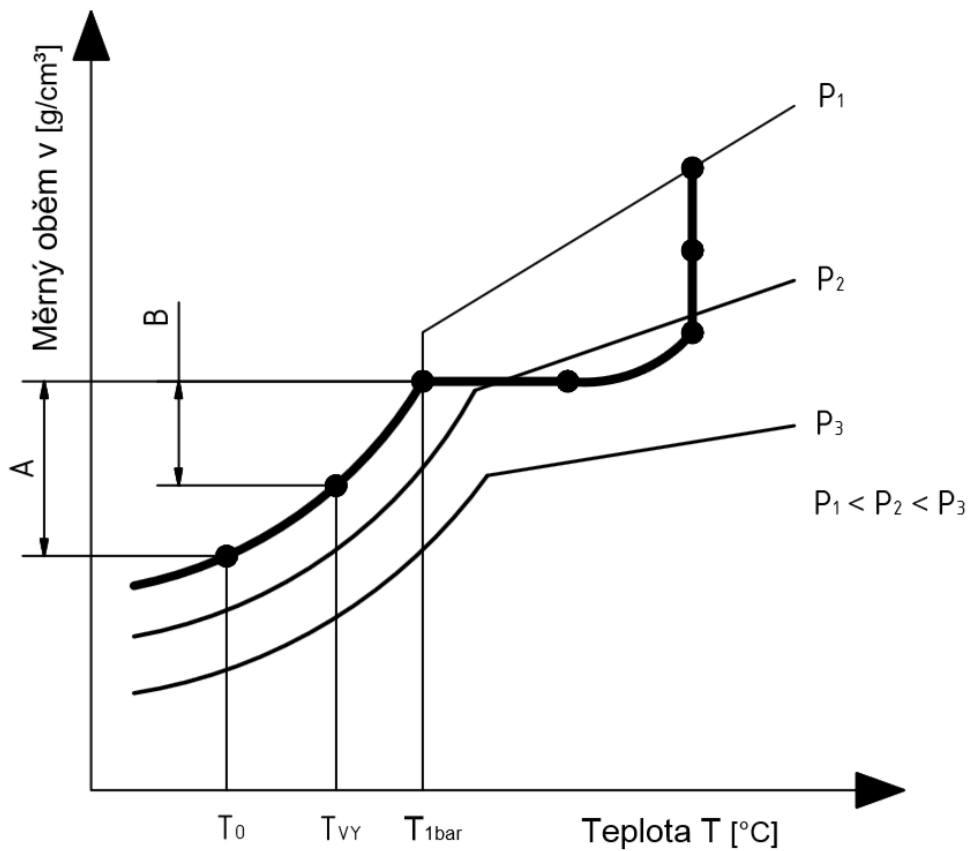
Vstřikovací forma:

- 1 – uzavření
- 2 – vstřik
- 3 – dotlak
- 4 – chlazení
- 5 – vyhození
- 6 – příprava
- 7 – otevření

Plastikační jednotka:

- 2 – vstřik
- 3 – dotlak
- 8 – odjezd PJ
- 9 – plastikace
- 10 – prodleva
- 11 – příjezd PJ

1.3 Vstřikovací cyklus v p v T diagramu



Obrázek 7. Diagram p v T vstřikovací cyklus [6]

Bod {0} - Šnek v plastikační komoře stlačí taveninu, to vyvolá vstřikovací tlak před čelem šneku v dávce taveniny takový, který dopraví taveninu přes odpory ve vtokovém systému až do ústí vtoku.

Bod {0-1} – Probíhá objemové naplnění tvarové dutiny formy taveninou, dutina je v bodě 1 plně naplněná.

Bod {1-2} – Tavenina v dutině formy je komprimována, v bodě 2 má vnitřní tlak své maximum.

Bod {2} – Změna vstřikovacího tlaku na dotlak.

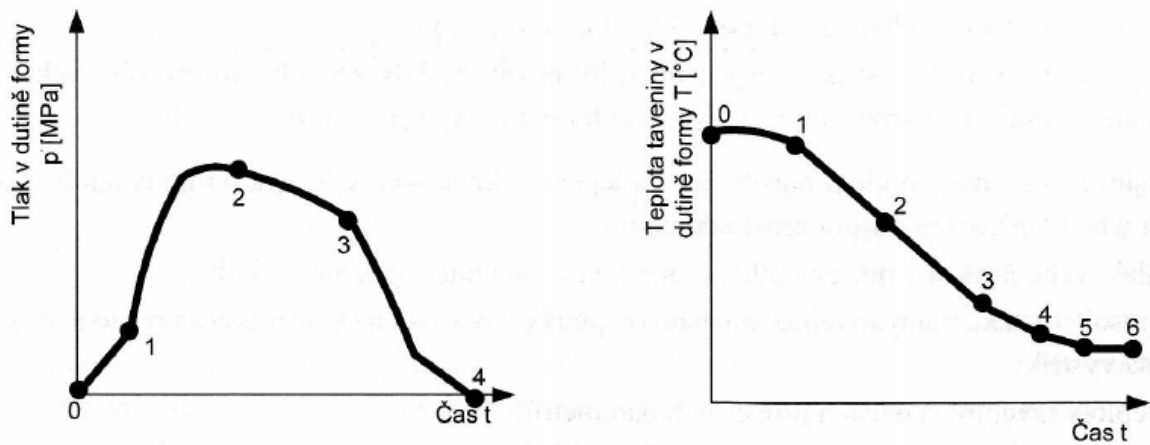
Bod {2-3} – Dotlaková fáze: chlazením taveniny a snížením tlaku nastává objemová kontrakce, přičemž dotlak doplňuje čerstvou taveninu a tím kompenzuje objemovou ztrátu.

Bod {3} – Vtokové ústí zamrzlo, další působení dotlaku je neúčinné, taveninu již není možné do tvarové dutiny dodávat.

Bod {3-4} – Tlakový pokles při konstantním objemu výstřiku v počáteční fázi, v bodě 4 tlak v dutině formy dosáhl 1 baru. Povrch výstřiku se v důsledku smrštění separuje od stěn formy.

Bod {4-5} - Probíhá chlazení výstřiku za konstantního tlaku, v bodě 5 je při vyhazovací teplotě výstřik vyhozen.

Bod {5-6} – Chlazení výstřiku mimo formu [6]



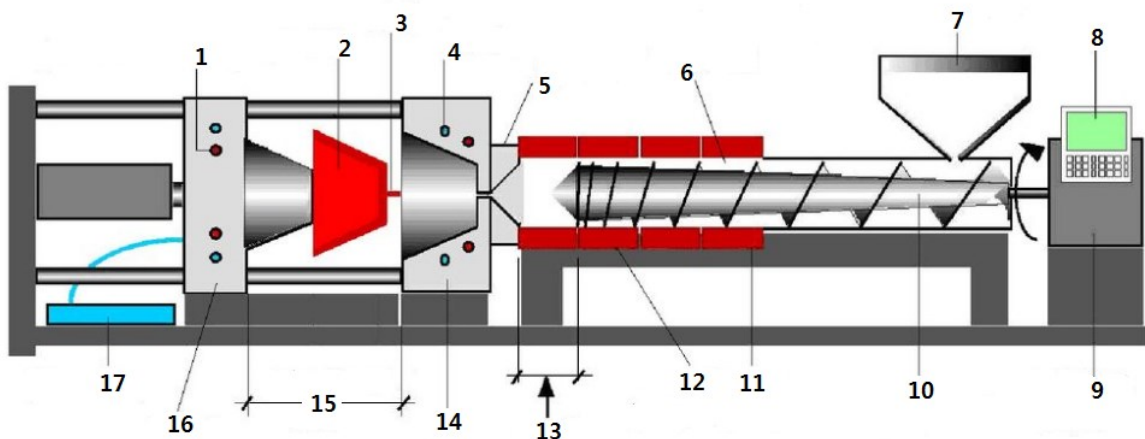
Obrázek 8. Diagram p v T vstřikovací cyklus [6]

2 VSTŘIKOVACÍ STROJ

V současnosti se vyrábí především hydraulické nebo hydromechanické stroje, většinou stavebnicového uspořádání. S různým stupněm elektronického řízení. Modulární řešení je uplatňováno buď v oblastech řízení hydrauliky, nebo u vstřikovacích a uzavíracích jednotek. Jejich vzájemnou kombinací se dosáhne optimální konfigurace vstřikovacího stroje s ohledem na požadavky zákazníka. To má přímý vliv na ekonomiku výroby. [7]

Pro přesné výstřiky požadujeme, aby stroj:

- Byl tuhý a pevný při vstřiku
- Měl konstantní tlak všechny parametry (tlak, rychlost, teplotu atd.)
- Měl přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů [7]



Obrázek 9. Schéma vstřikovacího stroje [5]

1 – vytápěcí prvky, 2 - vstřík, 3 – vtok, 4 - chladicí kanály, 5 – tryska, 6 - granulát, 7- ná-sypka, 8 - PC řídicí panel, 9 - pohonná jednotka, 10 - šnek (píst), 11,12 - plast. komora s top. tělesy, 13 – zdvih šneku, 14 - tvárnice, 15 - otevírací zdvih, 16 - tvárník, 17 - chladi-dlo

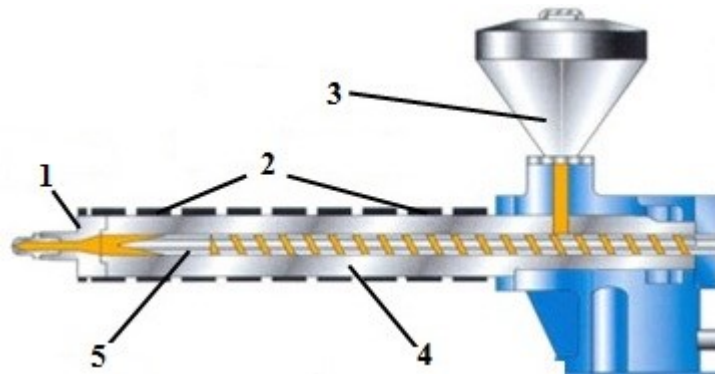
Vstřikovací stroj se skládá:

- Vstřikovací jednotka
- Uzavírací jednotka
- Ovládání a řízení stroje

2.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka plní dva hlavní úkoly: Materiál ve formě granulátu přeměňuje na taveninu o dané viskozitě, vstřikuje taveninu vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny formy. [5]

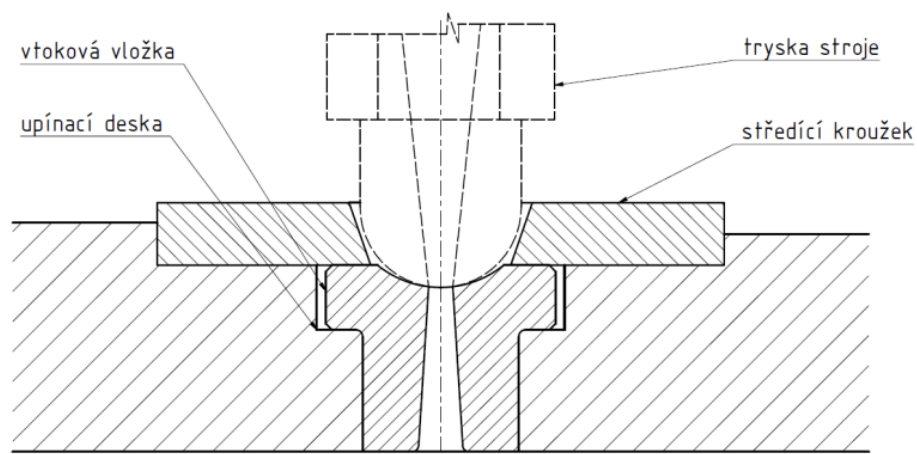
Nejvíce se používají pístové nebo šnekové vstřikovací jednotky.



Obrázek 10. Řez vstřikovací jednotkou [1]

1 - tryska, 2 - topné elementy, 3 - násypka, 4 - tavící komora, 5 - šnek

Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při malém vstřikovacím množství zase setrvá polymer ve vstřikovací jednotce delší dobu a tím může nastat jeho degradace. Tomu můžeme předejít rychlejšími cykly výroby. Maximální vstřikované množství nesmí přesáhnout 90 % kapacity jednotky, jelikož je ještě nutný prostor pro případné smrštění hmoty. Optimální množství je 80 %. [7]



Obrázek 11. Dosednutí trysky stroje na trysku formy [7]

2.2 Uzavírací jednotka

Hlavním úkolem této jednotky je otvírat a zavírat formu dle procesu vstřikování a zajistit uzavření formy takovou silou, aby se forma neotevřela. [5]

Hlavní části uzavírací jednotky jsou:

- Opěrná deska pevná
- Upínací deska
- Vodící sloupky
- Uzavírací mechanismus [7]

Vstřikovací stroje využívají různé uzavírací systémy. Mezi nejzákladnější uzavírací systémy patří hydraulické, mechanické, kombinace hydraulického a mechanického způsobu a v poslední době se používají i elektrické systémy. [5]

2.3 Ovládání a řízení stroje

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Ke každému novějšímu vstřikovacímu stroji patří výkonná procesorová technika. Místo obvyklé textové formy se využívá nejrůznější grafické formy řízení pracovního cyklu na displeji se selektivním přístupem k jednotlivým parametrům stroje. Tento způsob nám umožňuje snadnější kontrolování nebo opravitelnost pracovního cyklu.

Koncepčně je takové seřízení rozděleno na:

- Sestavení grafu vstřikovacího stroje
- Definice a nastavení parametrů
- Kontrola procesu

Na přesnosti a jakosti výstřiků má řízení stroje rozhodující vliv. Musí se tedy určovat a dodržovat přesnost:

- Nastavení výše i doby vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení
- Nastavení doby a výšky teploty taveniny

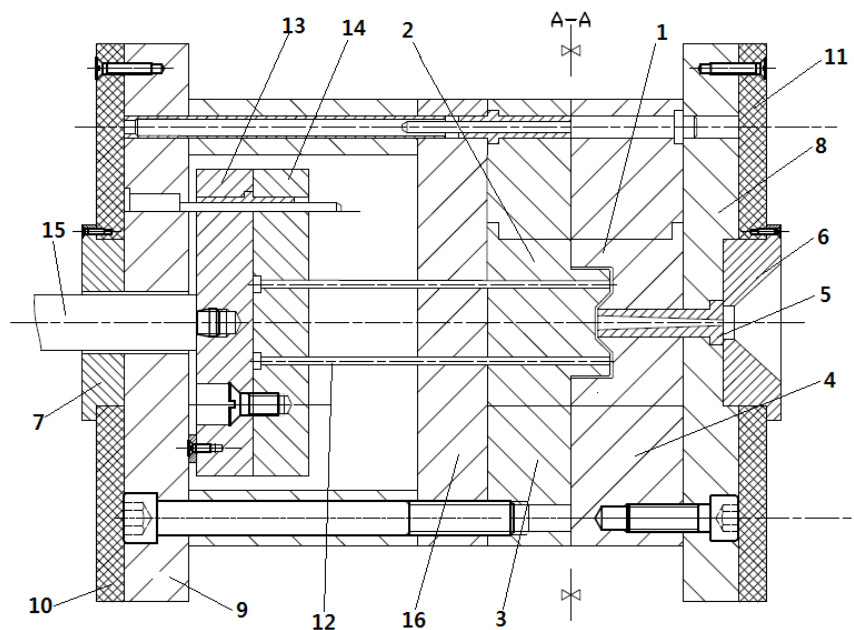
Pomocí tohoto ovládání všech parametrů se zajistí přesnost výstřiku. Vedle vstřikovacího stroje ovlivňuje tyto hodnoty i forma (teplota a doba chlazení). [7]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Forma dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku. Forma pro zpracování musí odolávat vysokým tlakům, musí poskytovat rozměrově přesné výrobky. Musí umožnit snadné vyjmutí výrobku. Materiál formy se volí podle druhu zpracovávaného polymeru, na použité technologii, na velikosti výrobku a jeho složitosti, na počet sérií, na tepelné odolnosti a odolnosti proti opotřebení korozi, na ceně atd. Důležitým faktorem životnosti formy je provedené tepelné zpracování na tvarových částech nástroje. Pro stanovení rozměrů a výrobních tolerancí tvarových částí je rozhodující smrštění.

Vstřikovací formy lze rozdělit do následujících skupin:

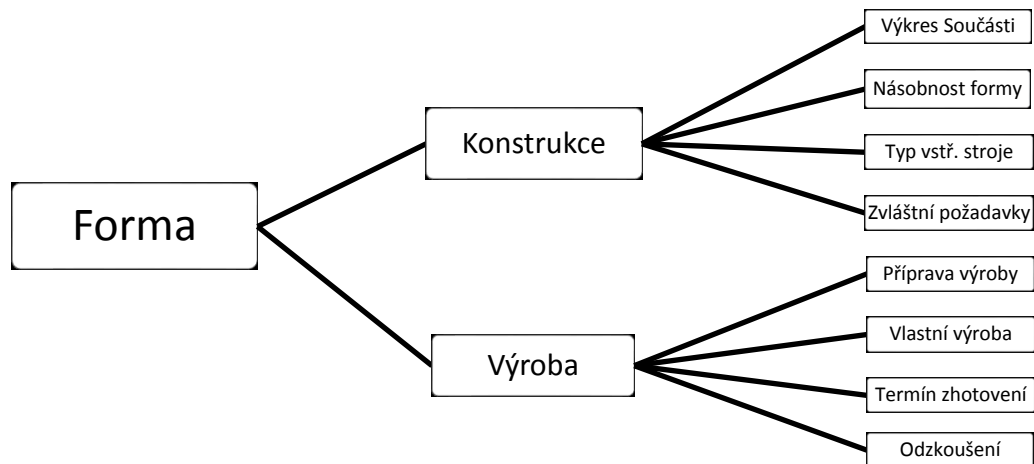
- Násobnost formy (jednonásobné, vícenásobné)
- Způsob zaformování a konstrukční řešení (dvoudeskové, třideskové, čelist'ové vytáčecí apod.)
- Podle konstrukce vstřikovacího stroje na formy se vstřikem kolmo na dělicí rovinu a na formy se vstřikem do dělicí roviny. [5]



Obrázek 12. Řez vstřikovací formou

1 – tvárnice, 2 – tvárník, 3 – tvarová deska tvárníku, 4 – tvarová deska tvárnice, 5 – vtoková vložka, 6,7 – středící kroužky, 8,9 – upínací desky, 10,11 – izolační desky, 12 – vyhazovač, 13 – vyhazovací deska opěrná, 14 – vyhazovací deska kotevní, 15 – táhlo vyhazovačů, 16 – opěrná deska

3.1 Konstrukce formy



Obrázek 13. Technické údaje potřebné pro konstrukci a výrobu forem [7]

Výroba plastových dílů vstřikováním probíhá ve formě na vstřikovacím stroji v krátkém čase, při působení nutných parametrů jako je tlak, teplota atd.

U formy se vyžaduje:

- Vysoká přesnost a požadovaná jakost dutiny formy a dalších dílů
- Maximální pevnost a tuhost částí formy i celků, pro zachycení potřebných tlaků
- Správné funkce formy (temperování, odvzdušnění, vyhazování, vhodný vtokový systém)
- Vhodný materiál, konstrukce a výroba zaručí optimální životnost formy [7]

3.1.1 Postup při konstrukci formy

Podklad pro konstruktéra forem slouží výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji. Postup konstrukce formy:

- Posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek.
- Stanovení nebo upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled.
- Správné uspořádání tvarových dutin ve formě. Zvolení vhodného vtokového systému, tvar a délka hlavního a rozváděcího kanálku i ústí vtoku a velikost průřezů.
- Správné zvolení vyhazovacího a temperačního systému i odvzdušnění dutin formy.

- Navržení rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperace formy.
- V rámci bezpečnosti se volí vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků.
- Kontrola všech parametrů formy (hmotnost výstřiku, jeho průmětnou plochu, vstříkovací a uzavírací tlak atd.).

Celý tento postup konstrukce musí směřovat k možné a snadné výrobní technologii podle stanovených požadavků. S objednavatelem je možné návrh formy konzultovat. Také je vhodné návrhy forem předložit zákazníkovi pro jejich schválení. [7]

3.1.2 Zaformování výstřiku

K rozhodujícím zásadám konstrukce formy patří správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí plochy. Možnost dodržet tvar a rozměry výstřiku i cenu výroby. Dělicí rovina je obvykle jako rovina rovnoběžná s upínáním formy, ale může být různě tvarovaná například zešíkma. To ale znamená, že forma bude obtížněji vyrobitelná, takže je vhodné se takovým tvarům vyhnout. Špatné nedovření formy během plnění může mít za následek nepřesnosti v dělicí rovině jako je vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. Dělicí plocha musí:

- Umožnit snadné vyjímání výrobku z formy.
- Být pravidelná jednoduchého tvaru a snadno vyrobitelná.
- Být umístěna tak, aby odpovídala požadavkům výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a sousost výstřiku, pokud je v obou polovinách formy.
- Nemít žádné stopy po dělicí rovině, které by neumožňovali správnou funkčnost výrobku. [7]

3.1.3 Dimenzování tvarové dutiny

Dimenzování tvarových dutin je důležitou částí konstrukčního řešení. Tvar a rozměr dutiny odpovídá funkčním dílům, které jsou převážně umístěny v různých částech formy. Nedořazení rozměrů výstřiku vede ke špatnému nadimenzování rozměrů. V případě, že se nejedná o rozměr s předepsanou tolerancí, lze chybu napravit, ale jen nákladnou korekcí rozměrů formy. To jakou mají přesnost tvarové dutiny a kvalitu její plochy (tvárník, tvárnice, jádra a tvorové vložky) se projeví na kvalitě povrchu a rozměrů výstřiku.

Přesnost dutin se pohybuje v rozmezí IT 8 až IT 10 a ovlivňují jí tři činitelé:

- Smrštění plastu
- Opotřebení dutiny formy
- Výrobní tolerance

Špatný odhad smrštění daného rozměru v průběhu tváření vede ke špatnému nadimenzování rozměrů. Správný odhad velikosti smrštění pro konkrétní rozměry dílů, je někdy obtížné určit, protože výpočetní smrštění u složitých výrobků se nemusí shodovat s hodnotou uváděnou v tabulkách. Způsob výroby formy, především dutiny určuje její přesnost i výrobní toleranci. Opotřebení dutin formy je přibližně od 10 % až 40 % z celkové tolerance výrobku. [7]

3.1.4 Smrštění

Při vstřikování kteréhokoliv plastu, se vyskytuje smrštění. Velikost smrštění je rozdíl mezi rozměrem dutiny formy a skutečným rozměrem výrobku. Udává se v %. Smrštění je objemová změna při tuhnutí polymerních tavenin, jejíž základní příčinou je stlačitelnost, tepelná rozpínavost a kontrakce plastů, u částečně krystalických plastů ještě přistupují krystalizační změny. Tvarová dutina formy tedy musí být o příslušné smrštění v daném místě větší. Stanovená velikost je jen orientační, proto je vhodné u přesných výstřiků dimenzovat rozměry dutin tak, aby bylo možné je případně snadno opravit. Důvodem je, že na výsledné smrštění působí velké množství faktorů například:

- Procesní parametry výroby – tlaky, teploty, časy.
- Typ a vlastnosti zpracovávaného termoplastu
- Konstrukce formy a výstřiku – zejména tloušťka stěn výstřiku, tvary ovlivňující smrštění apod. [6,7]

3.1.5 Násobnost formy

Optimální volba násobností formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří ji ovlivňují.

Posuzují se z hlediska:

- Charakter a přesnosti výstřiku
- Požadovaného množství výrobků
- Velikostí a kapacitě vstřikovacího stroje

- Požadovaného termínu dodávky
- Nákladů výroby

Složité a velké součásti se většinou vyrábí v jednonásobných formách. Z hlediska přesnosti a kvality výstřiku je žádoucí, aby násobnost byla co nejmenší. Výroba přesných součástí vedle nepřesností jednotlivých tvarových dutin, zavádí další faktor chyb. Nestejné vstřikovací tlaky, nerovnoměrná teplota formy i plastu při plnění jednotlivých dutin, rozdílné dráhy vtoků apod. způsobují další rozměrové nepřesnosti. Velikost vstřikovacího stroje se svým plastikačním výkonem, uzavírací silou i vstřikovacím tlakem musí dostatečně naplnit taveninou všechny dutiny i kanály. Požadovaná rezerva objemu taveniny i uzavírací síly je cca 20 %.

Násobnost formy se určuje z několika hledisek podle:

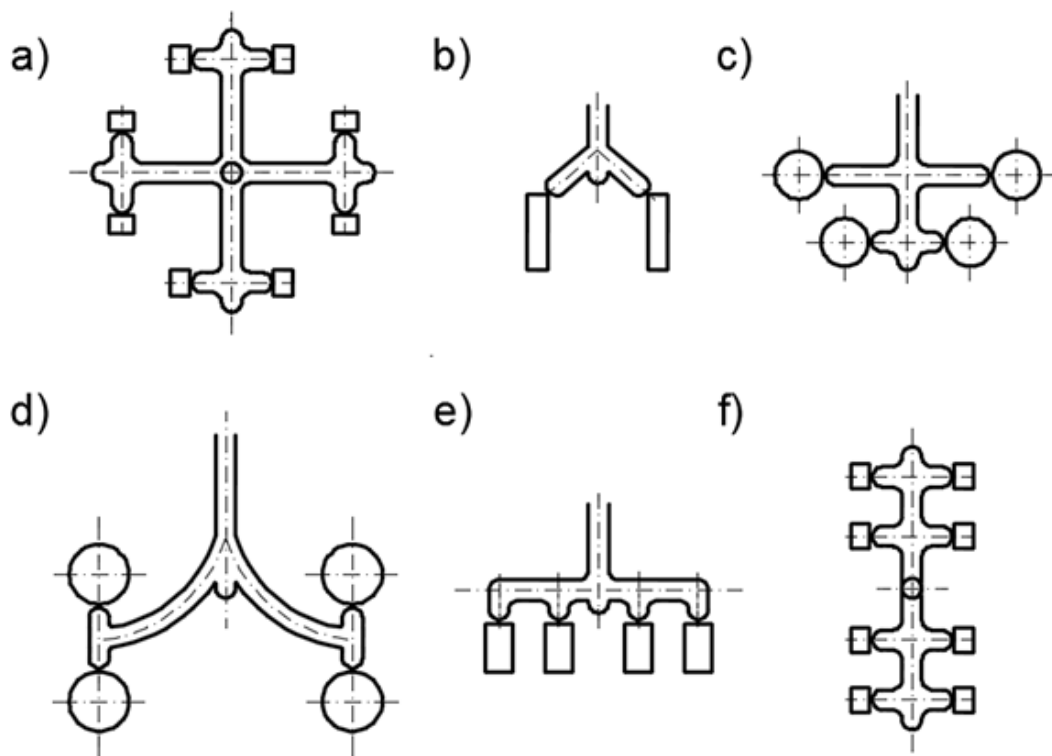
- Kapacity vstřikovacího stroje
- Plastikačního výkonu
- Velikosti uzavírací síly
- Termínu dodání [7]

3.2 Studené vtokové systémy

Vedení roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy nám zajišťuje vtokový systém. V nejkratším možném čase a s minimálními odpory se musí dutina formy naplnit taveninou. Průtok taveniny vtokovým systémem je provázen složitými tepelně-hydraulickými poměry. Umístění ústí, tvar a rozměry vtoku ovlivňují:

- Vzhled, rozměry i vlastnosti výstřiku
- Spotřebu materiálu plastu
- Náročnost opracování na začištění výstřiku
- Energetickou náročnost výroby [7]

Hlavní rozdíly v celkovém uspořádání vtokového systému jsou dány především násobností a konstrukcí formy. U vícenásobných forem má tavenina dorazit ke všem ústím vtoku za stejného tlaku a současně. Tavenina se vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy a z toho vychází volba určitého vtokového systému. Při průtoku studeným vtokovým systémem uprostřed je nižší, ale na povrchu prudce roste. Vysoká viskozita vyžaduje vysoké tlaky v systému (40 až 200 MPa). [7]



Obrázek 14. Příklady vyvážených vtokových systémů [7]

a, b, c, d, – vhodné řešení

e, f – nutná korekce vtokových ústí

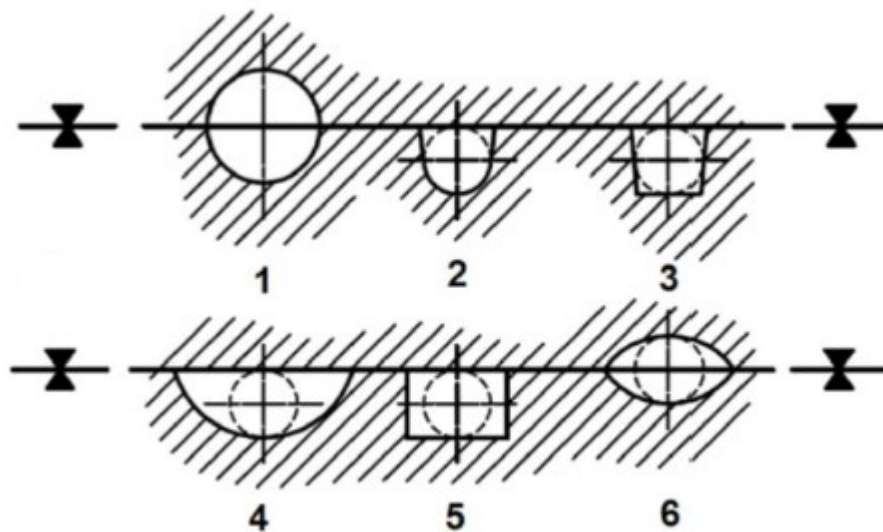
Tepelnou izolaci vnitřnímu proudu taveniny vytváří ztuhlá povrchová vrstva taveniny. Za tohoto stavu se zaplní celá dutina. Při zaplnění dutiny vzroste prudce odpor a poklesne průtok. Tavenina tuhne v dutině formy důsledkem odvodu tepla do stěn formy. Elastickým stlačením se může ještě doplnit tavenina. Ve vtokových ústích ještě v tomto okamžiku dochází k vývinu tepla vlivem tlaku a tím se oddálí ztuhnutí taveniny. Ale jestli stroj není schopen překonat tlakové ztráty, dochází k poklesu rychlosti vstřiku a celkovému ochlazení plastu v dutině formy i ve vtokovém systému.

K vývinu tepla při proudění taveniny vtokovým systémem dochází také vlivem tření, které se koncentruje do míst nejvyššího smykového napětí. Tam může dojít k výraznému zvýšení teploty až o 200°C. Jelikož je toto zvýšení krátkodobé, u citlivých plastů může dojít k jejich degradaci. Tepelná vodivost všech plastů je nízká, takže ohřátí formy v těchto místech není velké. [7]

Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit aby:

- Dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší.

- Dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá z důvodu rovnovážného plnění.
- Byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku. Proto se musí volit dostatečně velký průřez vtokových kanálů.
- U vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů, aby byla zachována stejná rychlost taveniny. [7]



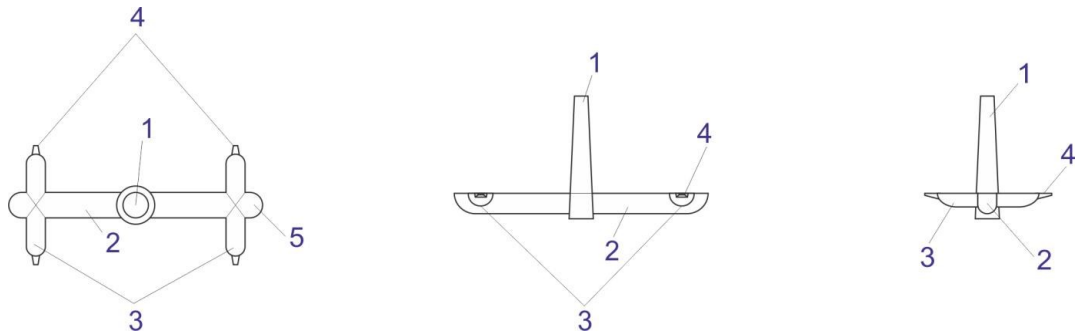
Obrázek 15. Průřez vtokových kanálů [7]

1, 6 – výrobně nevýhodné

2, 3, 4, 5 – výrobně výhodné

Pro splnění těchto zásad je nutné splnit:

- Zaoblit všechny ostré hrany vtokových kanálů min. $R = 1 \text{ mm}$.
- Pro jejich snadné odformování stanovit úkosovitost všech toku minimálně $1,5^\circ$.
- Ve směru vyjímání leštit povrch vtokového systému min. $0,2 \text{ Ra}$, pro snadnější vyhazování.
- Prodloužení rozváděcího kanálu tzv. jímky pro zachycení chladnějšího čela proudu taveniny do tvarové dutiny a tím snížení povrchových vad výstřiku.
- Ve vtokovém systému vyloučit místa s velkým nahromaděním materiálu.
- Pod ostrým úhlem neprovádět větvení vtokového systému, spíše naopak pod úhlem větším, než 90° . [7]

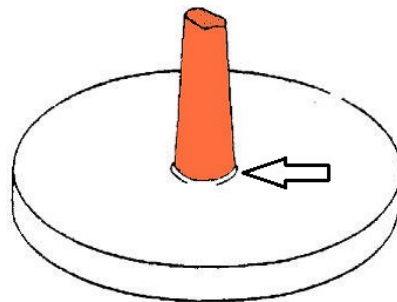


Obrázek 16. Studený vtok [10]

1 - Vtokový kužel, 2 - Hlavní kanál, 3 - Rozváděcí kanály, 4 - Ústí vtoku,
5 - Prodloužené čelo (jímka)

3.2.1 Kuželový vtok

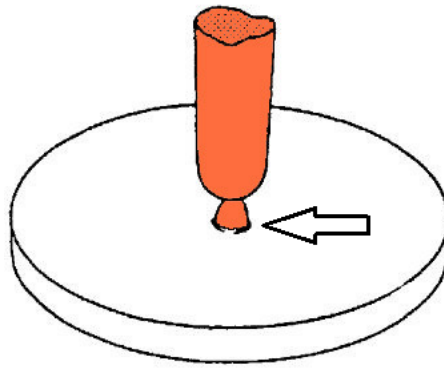
Přivádí taveninu do tvarové dutiny zúženého vtokového ústí. Převážně se používá u jednonásobných forem a pro tlustostěnné výstřiky. V tomto vtoku je velmi účinný do-tlak. Zanechává vždy stopu na výstřiku a jeho odstranění je velmi pracné. [7]



Obrázek 17. Plný kuželový vtok [11]

3.2.2 Bodový vtok

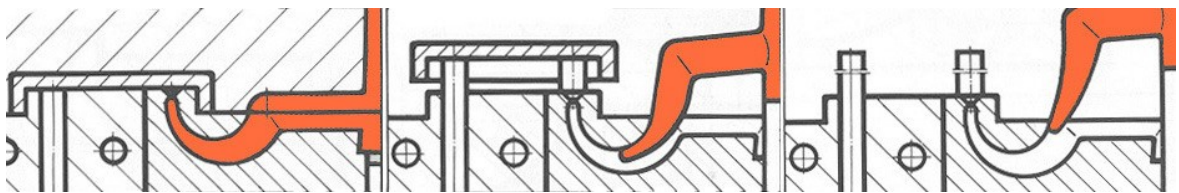
Je nejpoužívanější typ zúženého vtokového ústí většinou kruhového průřezu. Vyžaduje systém třídeskových forem. U bodového vtoku musí nejdříve dojít utržení vtokového ústí a teprve potom k otevření formy v dělicí rovině s tvarovou dutinou. K odtržení vtokového zbytku od výstřiku dochází v zúženém místě při odformování. [7]



Obrázek 18. Bodový vtok [11]

3.2.3 Tunelový vtok

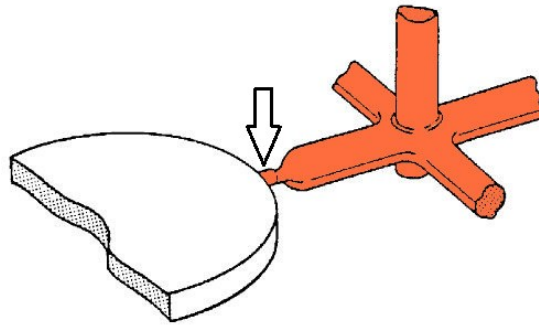
Je zvláštní případ bodového vtoku s tou výhodou, že vtokový zbytek leží ve stejné dělicí rovině jako výstřik. Umístění může být v pevné i v pohyblivé části formy. Nemusí se tedy konstruovat forma s více dělicími rovinami. Předpokladem dobré funkce je existence ostré hrany, která odděluje při odformování od výstřiku vtokový zbytek. Oddělování vtokového zbytku se provádí buď při otevírání formy, nebo při vyhazování výstřiku. Zvláštním typem je srpkovitý (banánový) vtok, který umožní umístit vtokové ústí do části výstřiku, kde nebude škodit. Používá se jen pro plasty s vysokou elasticitou. [7]



Obrázek 19 Srpkovitý (banánový) vtok [11]

3.2.4 Boční vtok

Typ se zúženým vtokovým ústím, které leží v dělicí rovině. Většinou je průřez obdélníkový, popřípadě může být lichoběžníkový nebo kruhový. Je to nejpoužívanější a nejrozšířenější vtokové ústí. Zpravidla výstřik zůstává při odformování od vtokového zbytku neoddělený. Vtokové ústí bývá napojeno na rozváděcí kanál zúžením průtokového průřezu. Součástí formy je odřezávací zařízení, které slouží pro oddělení vtokového zbytku od výstřiku při automatickém cyklu. [7]



Obrázek 20. Boční vtok [11]

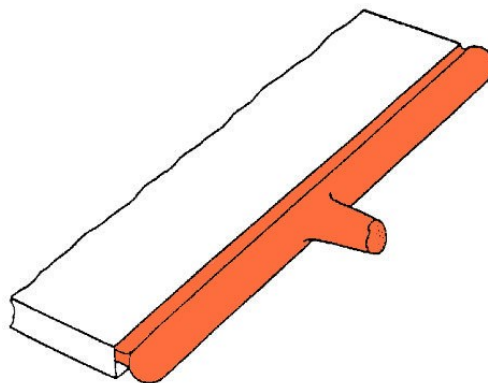
3.2.5 Filmový vtok

Nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí nejčastěji pro plnění trubicových a kruhových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. Řadí se k nim ještě vtoky deštníkové, prstencové, diskové atd.

Od filmového vtoku se vyžaduje:

- Zmenšení odporu vtokového systému
- Zmenšení rychlosti taveniny vstupující do dutiny formy
- Vyvážení tlaku, kterým proudící tavenina působí na jádra nebo zálisky
- Odstranění studených spojů
- Malé vnitřní pnutí
- Dodržení rovinnosti, přímosti tvaru výstřiku

Klesající tlak s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu. [7]



Obrázek 21. Filmový vtok. [11]

3.3 Vyhřívání vtokových systémů

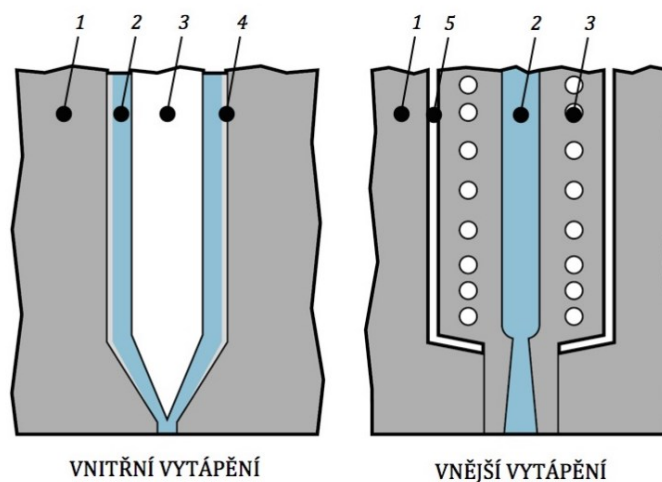
Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. V těchto soustavách jsou zabudované vyhřívání trysky, které jsou charakterizovány minimální úbytkem teploty i tlaku v systému s optimálním tokem taveniny. To umožnila výroba vysokovýkonných a minimálních topných těles a některých dalších dalších dílů. [7]

Výhody VVS proti SVS:

- Umožňují automatizaci výroby
- Daly předpoklad k hromadné výrobě vylisků (kelímky, uzávěry apod.)
- Daly předpoklady pro výrobu velkých dílů, tvarově a technicky náročných aplikací
- Zkrácený výrobní cyklus (chladicí čas)
- Vyloučily odpad vtokových soustav
- Snižují náklady na dokončovací práce, není třeba odstraňovat vtokové zbytky
- Odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování

Nevýhody:

- Nevhodné pro malé série a některé typy technických plastů
- Náročnost na technickou úroveň vstřikoven, vybavení a obslužný personál
- Vysoká pořizovací cena VVS [7,12]



Obrázek 22. Základní provedení vyhřívání horkého rozvodu [1]

- 1- Studený materiál, 2 kanál pro proudění taveniny, 3- topné těleso,
4- zamrzl vrstva plastu, 5 – izolační vzduchová mezera

3.3.1 Vyhřívání trysky

Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. V trysce je zabudován topný článek i s regulací, může být ohřívána i jiným zdrojem vtokové soustavy.

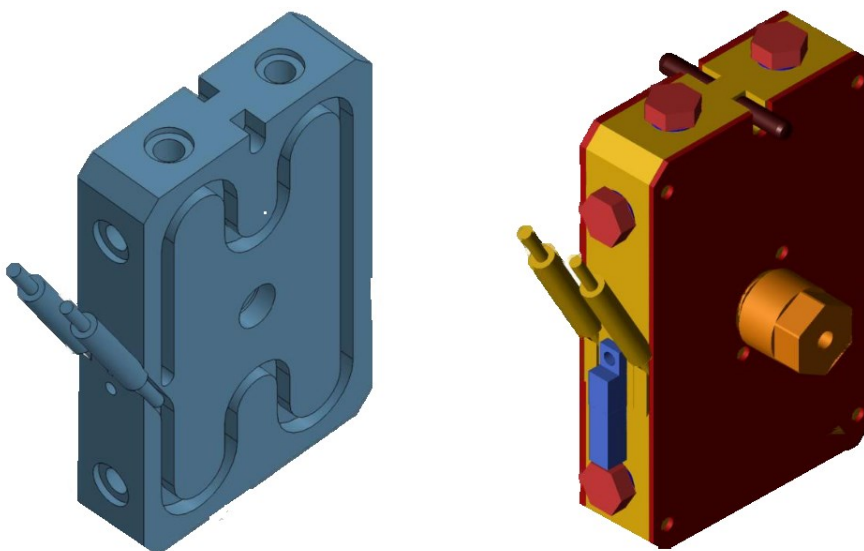


Obrázek 23. Ohřívání trysky [7]

-vlevo s vnějším, vpravo s vnitřním vytápěním.

3.3.2 Vyhřívání rozvodové bloky

Rozvodové bloky VVS slouží k rozvodu taveniny do dutiny u vícenásobných forem. Podle rozložení dutin, mají různá uspořádání a tvar. Systémy vedení taveniny a vyhřívání bloků jsou různé, dle výrobce nejpoužívanější systém je vyhřívání taveniny z vnějšku pomocí hadovitého topení, které je zalité mědí.



Obrázek 24. Vyhřívání blok [10]

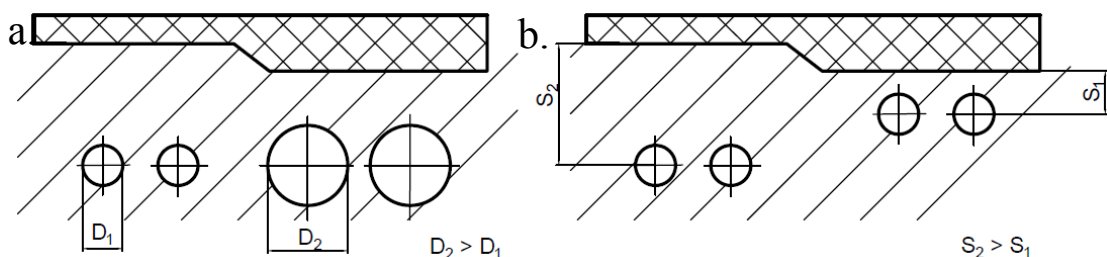
3.4 Temperační systém

Temperace slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Úkolem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Děje se tak ochlazováním, případně vyhříváním celé formy, nebo některé z jejích částí. Temperace tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Každý vstřík formu ohřívá, to znamená, že další výstřík je třeba vyrobit zase při stanovené teplotě. Proto musí temperační soustava toto teplo během pracovního cyklu odvést. Některé plasty se zpracovávají při vyšších teplotách formy. V tomto případě jsou tepelné ztráty formy větší, než její ohřátí taveninou a musí se naopak ohřívát. Při zahájení výroby je třeba vyhřát formu na pracovní teplotu nebo by nebyla zaručena dostatečná kvalita výstříků. [9]

Úkolem temperace je:

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

Teplota forem a zvláště jejich dutin není během vstřikování konstantní. Po vstřiku nejprve stoupá, potom klesá v důsledku odvodu tepla temperačním systémem. Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými proudí vhodná kapalina, která udržuje stabilní teplotu formy. [9]



Obrázek 25. Chlazení výstříku o různé tloušťce stěny [9]

a) chybně b) správně

3.4.1 Aktivní prostředky

Jsou to prostředky, které působí přímo na formě. Teplo do formy přivádí, nebo odvádí. Aktivními prostředky jsou:

- Kapaliny, které proudí nuceným oběhem temperačními kanály, vytvořenými uvnitř formy. Přitom dochází k přestupu tepla mezi kapalinou a formou. Účinnost je závislá na fyzikálních vlastnostech kapaliny, teplotního spádu, ploše a vlastnosti kanálu od dutiny či druhu proudění. Užívá se vody, oleje nebo glykolu.
- Vzduch se používá jako volné proudění nebo nucené proudění působení přetlaku či podtlaku. Používá se v případech, kdy použití kapaliny není pro nedostatek místa možné.
- Topné elektrické články se využívají především k temperaci forem s požadovanou výškou teploty v případě, kdy jsou ztráty do okolí větší, než teplo dodané vstříkovanou taveninou. Většinou se používají topné patrony nebo prstencová topná tělesa. [9]

3.4.2 Pasivní prostředky

Jsou takové, které svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy.

Rozdělení pasivních prostředků:

- Tepelně izolační materiály. Tyto materiály se využívají především pro omezení přestupu tepla do upínacích desek lisu pro případ, kdy požadujeme vysokou teplotu formy. K izolaci se používají tepelně odolné materiály na bázi vyztužených reaktoplastů. Boky forem se izolují azbestem, skleněnými rohoži atd.
- Tepelně vodivé materiály. Používají se k odvodu resp. přívodu tepla z míst jiným způsobem obtížně temperovatelných do míst, kde lze již odvod resp. přívod tepla zajistit obvyklým způsobem. Většinou se používá měď a její slitiny nebo hliník a jeho slitiny.
- Tepelné trubice. Jsou nejúčinnějším prostředkem k přenosu tepla. Využívají výparné teplo látky, kolující uvnitř trubice v důsledku teplotního gradientu. Tímto způsobem lze zvýšit odvod tepla až o řád, ve srovnání s čistou mědí. [9]

3.5 Odvzdušnění forem

Při plnění dutiny formy taveninou je nutno zajistit únik vzduchu, který je v ní obsažen. Čím větší je rychlost vstřikování taveniny, tím účinnější musí být odvzdušňování dutiny formy. Samotná doba plnění dutiny formy má značný vliv na optimální vlastnosti výstřiku a proto jí nelze přizpůsobovat potřebám neboli chybám v odvzdušňování. Rychlé plnění vyžadují zvláště výstřiky s malou tloušťkou stěny, kde není přípustné zamrznutí čela taveniny a tím způsobit buď nedostříknutí, nebo nutnost enormního zvýšení vstřikovacího tlaku. Slabostěnné výstřiky typu kelímků, vyráběné v cyklu 2-4 sekund, s rychlostí vstřiku několik desítek sekund. Takovéto výstřiky vyžadují kontinuální odvzdušnění po celém horním obvodu výstřiku. Zde se využívá vysoké vstřikovací rychlosti, která zabrání zamrznutí čela taveniny při tloušťkách stěn 0,4 - 0,5 mm. Ale například u vstřikování silikonových elastomerů je nutné dutinu formy před nástřikem odvakuumovat.

Vzduch, který nemůže z dutiny formy uniknout, má za následek jeho stlačení v příslušném místě tokové dráhy buď vznikne bublina ve výstřiku při větších tloušťkách stěny, nebo častěji k jeho spálení – tzv. Dieselův efekt. [12]

3.6 Vyhazovací systém

Vyhazovací zařízení slouží k tomu, aby z dutiny nebo tvárníku otevřené formy vysunulo nebo vytlačilo zhotovený výstřik. Svoji funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus.

Vyhazovací systém má dvě fáze:

- Dopředný pohyb, vlastní vyhazování
- Zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do původní polohy

3.6.1 Mechanické vyhazování

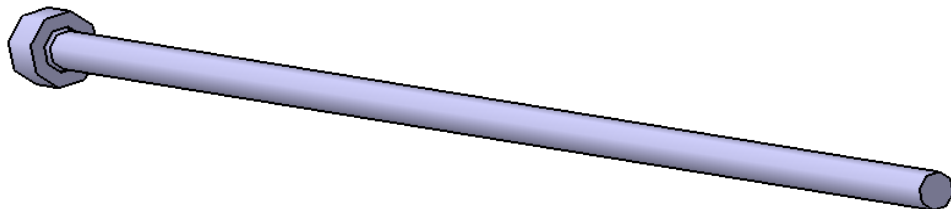
Nejrozšířenější vyhazovací systém, který se používá tam, kde je to jen možné. Jeho konstrukce má různá provedení, která představují:

- Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků
- Šikmé vyhazování
- Postupné vyhazování
- Vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů
- Speciální vyhazování

Zvláštní případ, kdy je výstřik mělký, se vyhazovačů nemusí použít. Postačí jen vyhození vtokového zbytku, se kterým je výstřik spojen. [9]

Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

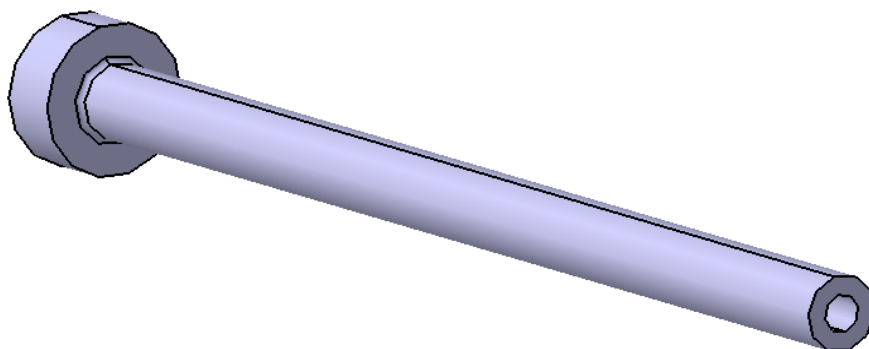
Vyhazovací kolíky lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Výroba kolíků je jednoduchá a funkčně zaručená. Tvar a umístění kolíků musí zaručovat, že vyhození výstřiku bude bez poškození. Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování poškozovat, to by mohlo vést k trvalé deformaci. Po vyhazovacích kolících zůstávají na výstřiku stopy. Proto není vhodné je umístit na vzhledových plochách. [9]



Obrázek 26. Chlazení výstřiku o různé tloušťce stěny

Trubkové vyhazovače

Funkce trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání tlakem. Pracuje jako vyhazovací kolík a má funkci stírací desky. Zatím co vlastní vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro. [9]



Obrázek 27. Trubkový vyhazovací kolík

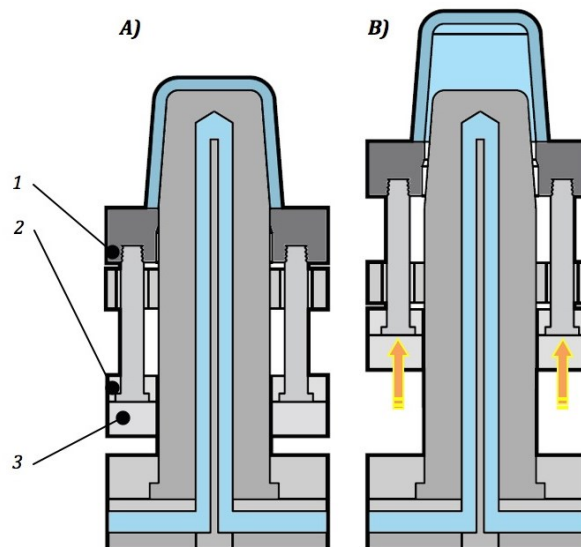
Šikmé vyhazovací kolíky

Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou uloženy pod různými úhly. Používají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Tím se odstraní náročné posuvné čelisti s klínovým mechanismem. [9]

Stírací deska

Stírací deska stahuje výstřik z tvárníků po celém jeho obvodu. Velká styčná plocha neza nechává na výstřiku žádné stopy po vyhazování. Stírací síla je velká a deformace jsou minimální. Nejvíce se používá u tenkostěnných výstřiků, kde by mohla nastat deformace. Stírací deska je vhodná jen tehdy, kdy na ni dosedá výstřik v rovině, nebo plocha výstřiku je mírně zakřivena.

Tento způsob se používá i pro vícenásobné formy, někdy se doplňuje systémem oddělování výstřiku od stírací desky. Z důvodu, že někdy dochází k lepení výstřiku k povrchu stírací desky. Lze použít i ofukování stlačeným vzduchem. Pohyb stírací desky může být buď tlakem vyhazovacího systému, nebo tahem ve speciálních případech. Stírací deska ovládaná tlakem vyhazovacího trnu působí přes vyhazovací desku spojenou táhly se stírací deskou. Pohyb může být vyvozen pružinami, pneumatickým nebo hydraulickým zařízením. [9]



Obrázek 28. Princip funkce stírací desky [1]

1- Stírací deska, 2- přidržovací stírací desky, 3- hlavní vyhazovací deska

A- Vyhazovací systém v zadní pozici, B- vyhazovací systém v pohybu do přední pozice

3.6.2 Pneumatické vyhazování

Používá se pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Není to tak častý způsob, ale pro výstřiky tvaru nádob (např. kbelík) velmi vhodný. Stlačený vzduch se zavádí mezi výstřik a líc formy, tím se umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou na výstřiku stopy po vyhazovačích.

Přes ventil talířový, jehlový nebo různé kolíky se přivádí do dutiny formy vzduch. Ventil se otvírá tlakem vzduchu a zavírá pružinou. Pro automatické formy je třeba volit vyhazovací systém tak, aby dva nezávislé systémy zabezpečovaly vyhození výstřiku z formy. Lze kombinovat všechny systémy (mechanické, pneumatické, hydraulické). [9]

3.6.3 Hydraulické vyhazování

Používá se k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. Většinou se používá k ovládní bočních posuvných čelistí. Hydraulické vyhazovače se vyrábějí většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která je zabudována ve formě. S její pomocí se přímo ovládají vyhazovací kolíky stírací desky apod. Hydraulické vyhazování se vyznačuje velkou vyhazovací silou, pomalejším a kratším zdvihem. [9]

4 VÝSTŘIKY SE ZÁVITEM

4.1 Závitové trny

Pomocí závitového trnu se vyformuje závitová část výstřiku. Výstřík se ze závitového trnu musí vyšroubovat. To prodlužuje pracovní cyklus. Pro zkrácení této operace se používají různé způsoby otáčení. Provádí se:

- Ručně i s pomocí přípravků mimo vstříkovací stroj
- S pomocným zařízením, většinou v otevřené formě (elektromotor nebo ozubený hřeben spojený s hydraulickým, nebo pneumatickým válcem)
- Vytáčení závitových trnů během normálního pracovního cyklu. Buď během otvírání formy, nebo pohybem vyhazovacího trnu

Výstřík a trn při vytáčení mohou mít řadu způsobů vzájemného pohybu. A to:

- Trn se otáčí a posouvá výstřík, který se neotáčí
- Trn se otáčí a posouvá se, výstřík stojí
- Výstřík se otáčí i vysouvá se stojícího závitového trnu [9]

4.2 Čelist'ové formy se závity

Výroba výstřiků s vnějším závitem v menších sériích, umožňují čelist'ové formy. Buď jsou jednodílné, nebo dvoudílné. Spíše se používají pro jednodušší a nenáročné výstřiky. U dvoudílných vložkách může dojít k nepřesnostem ve spojích (vznik otřepů). Předchází se k tomu tak, že se vytvoří výřez v místech spojů.

U jednodílných čelistí je závit s výstřikem uložen tak, aby nebránil otevření formy, proto je potřeba ho z čelisti vyšroubovat. Osa závitu je kolmá k dělicí rovině. Dvoudílné závité čelisti jsou upraveny tak, že mají osu závitu rovnoběžnou, nebo kolmou na dělicí rovinu. Při otvírání formy se čelisti od sebe oddálí a výstřík, na kterém je závit se z formy snadno vyjme. [9]

4.3 Pohyblivé elementy vytáček forem

Při sériové produkci výstřiků se závity je nasazení forem s vytáčekými trny nutné. Všechny součásti pohybového systému vytáček forem ať už jsou to vytáčekí trny ozubená kola, pohybový šroub apod. jsou značně namáhané. Proto se vyrábí z kvalitních nástrojových ocelí, s vhodnou tepelnou úpravou. Nejdůležitější pohybové systémy jsou buď ozubená tyč s ozubenými koly, které slouží k přeměně přímého pohybu v otáčivý, nebo pohybový šroub s velkým stoupání (několikachodým) a maticí, slouží také k přeměně přímého v otáčivý pohyb. [9]

5 MATERIÁLY FOREM

Forma a její pomocné díly jsou nákladnou záležitostí. Při vstřikování plastů se od formy 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:

- Vstřikovacím strojem
- Podmínkami vstřikování
- Přesností a jakostí výstřiku
- Druhem vstřikovaného plastu

Pro výrobu forem se používají tedy takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Nejvíce se dává přednost materiálům univerzálních typů s širokým rozsahem užitečných vlastností. Jedná se o:

- Oceli vhodných jakostí
- Neželezné slitiny kovů
- Ostatní materiály (tepelně vodivé, izolační apod.)

Oceli svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit. Konstrukce, vhodné vložkování, celková dimenze jednotlivých dílů, tepelné zpracování i způsob zacházení s formou. To všechno má vliv na kvalitu forem.

Ale i bez ostatních materiálů by se forma neobešla. Některé jejich fyzikální a ostatní vlastnosti (tepelně vodivé, izolační,...) je lepší použít na některé díly forem. Bylo by obtížné se bez nich obejít. [9]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny cíle:

- Vypracovat literární studii na dané téma
- Provést konstrukci 3D modelu zadaného plastového dílu
Předlohou pro modelování je reálný výrobek. Konstrukce modelu byla provedena v programu CATIA V5R19
- Návrh a konstrukce vstřikovací formy pro zadaný díl

Vstřikovací forma obsahuje všechny nezbytné prvky, pro výrobu zadaného plastového výrobku. Forma bude zhotovená čtyřnásobná. Cílem bude navrhnout vstřikovací formu se studeným vtokovým systémem, a vstřikovací formu s kombinací horkého bloku a studeného rozvodného systému. Dále budou obě varianty ekonomicky porovnány.

- Zhotovení 2D řezu vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku.

2D dokumentace byla zhotovena na optimální formát výkresu. Obsahuje veškeré potřebné pohledy, příslušné řezy, pozice, kusovník a popisové pole, vše v souladu se zásadami technického kreslení.

7 POUŽITÉ PROGRAMY

7.1 Catia V5R19

Catia (Computer – Graphics Aided Three Fimensional Interactive Aplication) je moderní 3D program, který je vydáván ve třech různých kvalitativních variantách – platformách, které jsou určeny pro uživatele s různou úrovní využívání CAD/CAM/ CAE technologií. Systém je schopen pokrýt kompletní životní cyklus výrobků tzn. od koncepčního návrhu designu, přes vlastní konstrukci, různé analýzy, simulace a optimalizace až po tvorbu dokumentace a NC programů pro vlastní výrobu. Široké spektrum modulů, které CATIA V5 obsahuje ji lze proto používat ve všech odvětví průmyslu, nejvíce však v automobilovém a leteckém. [13]

7.2 Hasco – Dako Modul

Jedná se o software od společnosti Hasco. Je to knihovna nomálií, v které najdeme veškeré díly na formu. Jednotlivé díly se dají z knihovny převést do různých programů jako je například CATIA V5 nebo Autodesk Inventor. Z knihovny se dovíme rozměry daného dílu, použití a funkci. [14]

8 SPECIFIKACE ZADANÉHO VÝROBKU

Zadaný výrobek má válcový tvar. Ze spodní části je vnější závit M15, uprostřed je šestihran a vrchní část výrobku tvoří kužel. Uvnitř výrobku je průchozí dutina skládající se ze dvou dír různé velikosti ležící na sobě. V menší díře je drážka.



Obrázek 29. Model vstříkovaného výrobku

8.1 Materiál vstřikovaného výrobku

Materiál zadaného výstřiku je polypropylen plněný z 30 % skelnými vlákny značený jako PP GF30. Jedná se o termoplastický polymer ze skupiny polyolefinů. Odolává teplotám až 160°C, avšak pokud je PP plněn skelným vláknem výrazně zlepšuje své mechanické vlastnosti a to zejména Youngův Modul pružnosti v tahu (tuhost materiálu). Typickou vlastností je nízké smrštění a vyšší anizotropie. [15]

Tabulka 1. Vlastnosti materiálu

Název	Polypropylen (PP)
Plnivo:	30% skelného lákna
Hustota:	1,12 [g/cm ³]
Napětí na mezi kluzu:	100 [MPa]
Mez pevnosti v ohybu:	135 [MPa]
Modul pružnosti v tahu:	7000 [MPa]
Teplota tavení:	165 [°C]
Tažnost:	3,4 [%]
Teplota taveniny:	240 – 300 [°C]
Teplota formy:	20 – 90 [°C]
Vstřikovací tlak:	70 – 130 [MPa]

8.2 Vstřikovací stroj

Volba vstřikovacího stroje záleží na tom, aby splňoval potřebné rozměrové a procesní parametry.

8.2.1 Výpočet potřebných parametrů stroje

Určení množství polymeru nutného pro jeden zdvih: [9]

$$M = 1,2 \cdot (G \cdot n + A) \cdot \frac{\alpha_x}{\alpha_p} \text{ [g]} \quad (8.1)$$

G..... hmotnost výstřiku [g]

A.....hmotnost vtoků a kanálů (tabulkové hodnoty) [g]

n.....násobnost formy

$\frac{\alpha_x}{\alpha_p}$...podíl poměrových hodnot určeného plastu k polystyrenu (tabulkové hodnoty)

$$M = 1,2 \cdot (7 \cdot 4 + 17) \cdot \frac{91}{100} = 49,14 [g] \quad (8.2)$$

Pozn. hodnoty $G = 7$ g a $A = 1,04$ g byly získány z analýzy 3D modelu programem CATIA V5 R19

Určení potřebné uzavírací síly: [9]

$$F = 1,2 \cdot S \cdot P_v \cdot k \leq F' \quad (8.3)$$

F uzavírací síla v dělicí rovině [N]

F' uzavírací síla vstřikovacího stroje [N]

S průmět plochy výstřiku do děl. roviny včetně rozváděcích kanálů [mm²]

P_v tlak plastu v dutině formy (tabulkové hodnoty) [MPa]

k koeficient plastu v dutině formy (tabulkové hodnoty)

$$F = 1,2 \cdot 32000 \cdot 50 \cdot 1 = 1920 [kN] \quad (8.4)$$

Podle vypočítaných parametrů a velikosti formy byl zvolen vstřikovací stroj ALLROUNDER 630 S od německé firmy ARBURG.



Obrázek 30. Vstřikovací stroj ALLROUNDER 630 S

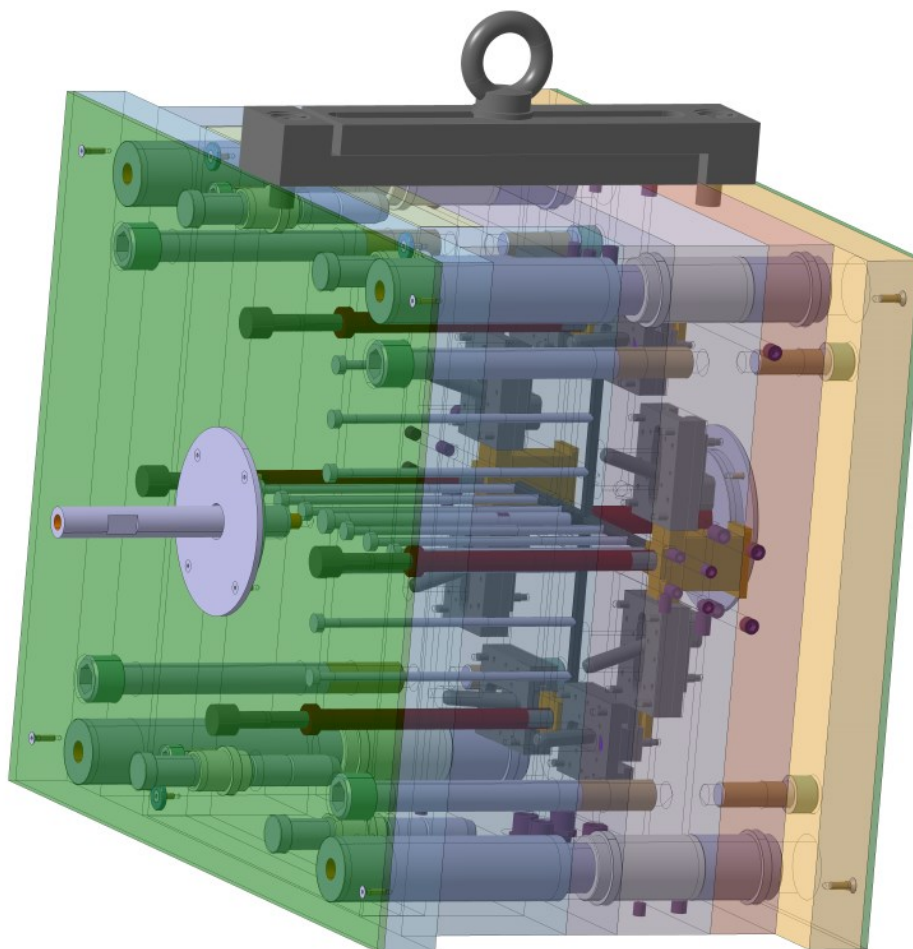
Základní technické parametry stroje:

Tabulka 2. Parametry uzavírací jednotky [16]

	Hodnota	Jednotka
Uzavírací síla	2500	max. <u>kN</u>
Otevírací síla	70 - 725	max. <u>kN</u>
Výška formy	300 - 700	mm
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	630 x 630	mm
Otevírací zdvih	900 - 1300	mm
Vyhazovací síla	86	max. <u>kN</u>
Vyhazovací zdvih	225	max. mm

8.3 Konstrukce vstřikovací formy

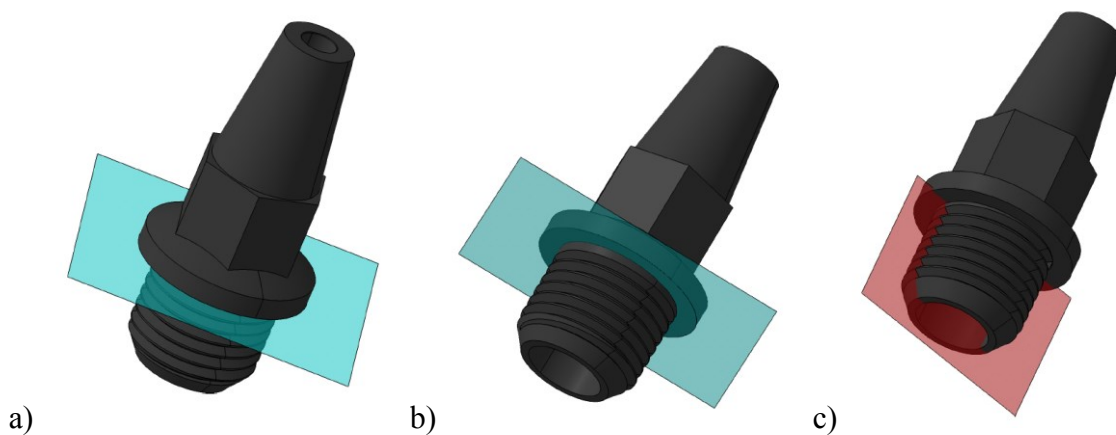
Zásadním krokem pro návrh vstřikovací formy bylo zhotovení modelu tvarových částí formy, které nám udávají konečný tvar výrobku. Tyto tvarové části byly vytvořeny v programu CATIA V5R19. Tvarovým částím byly přidány rozpínací čelisti a byla vytvořena sestava, podle které se volila velikost formy. Na ostatní části formy bylo použito co nejvíce dostupných normálií, pomocí nichž se zefektivňuje konstrukce formy. Normálie a speciální součásti byly přidány z přídatného modulu HASCO DAKO.



Obrázek 31. Vstřikovací forma

8.4 Volba dělicí roviny

Na obrázku vede hlavní dělicí rovina na obvodu válcové plochy nad závitem. Vedlejší dělicí rovina je kolmá k hlavní dělicí rovině a to z důvodu vnějšího závitu, u kterého bude zapotřebí použít šikmé čepy s rozpínacími čelistmi.

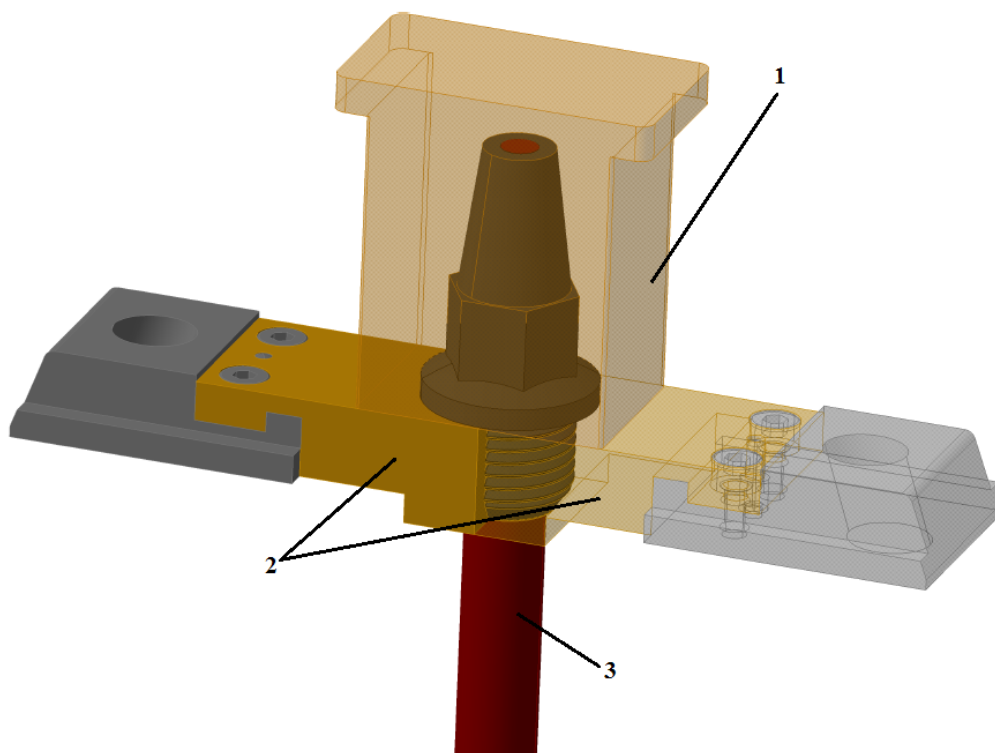


Obrázek 32. Volba dělicích rovin

a, b – hlavní dělicí rovina, c – vedlejší dělicí rovina

8.5 Tvarové vložky

Tvarové vložky udávají výsledný tvar a jakost hotového výrobku. Tvarová dutina je tvořena ze čtyř částí, které se nazývají tvárnice, jádro a dvě rozpínací čelisti. Jejich dosednutí na sebe vytváří dutinu, která je negativem výsledného výrobku, do které se vstříkuje tavenina.



Obrázek 33. Schéma tvarových vložek

1 – tvárnice, 2 – rozpínací čelisti, 3 – jádro.

8.5.1 Tvárnice

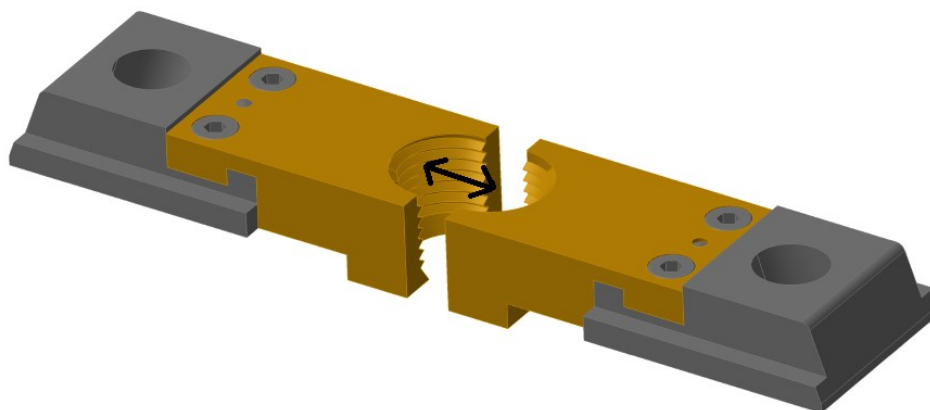
Tvárnice je umístěna v pravé nepohyblivé části vstřikovací formy. Tvárnice je uložena v pravé kotevní desce pomocí osazení a je dotlačena opěrnou deskou, která je s kotevní deskou sešroubována.



Obrázek 34. Tvárnice

8.5.2 Rozpínací posuvné čelisti

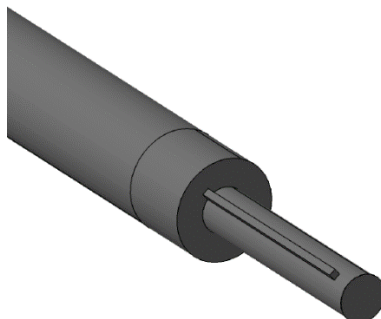
Dvě rozpínací čelisti slouží k zaformování vnějšího závitu. Čelisti musí na sebe navazovat z důvodu funkčnosti závitu na výrobku. Jako nejvhodnější a ekonomicky nejpříjemnější se jeví využití šikmých válcových čepů s posuvnými čelistmi. Byl zvolen set od společnosti HASCO. Kolík byl volen samostatně taktéž jako normalizovaná část. Čelisti jsou uloženy do unášeče, v němž jsou centrována tvarovým stykem a vedena ve vedení. Celý set je uložen v levé tvarové desce.



Obrázek 35. Posuvné čelisti se závitem

8.5.3 Jádno

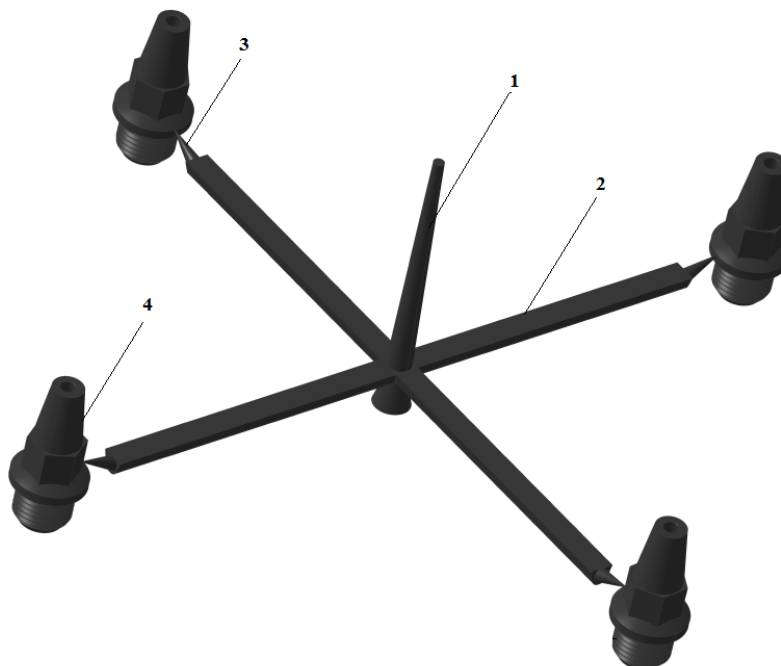
Nepohyblivé jádro, které má tvar dutiny výrobku a je upevněno v levé upínací desce.



Obrázek 36. Jádno

8.6 Násobnost formy

Násobnost formy je funkcí mnoha činitelů. Závisí na složitosti výrobku, rozměrech výrobku, počtu kusů, které potřebujeme vyrobit, kapacita a velikost vstřikovacího stroje a ekonomiky výroby. Z hlediska kvality je nejvhodnější volit co nejmenší násobnost, ale z hlediska ekonomie co nejvyšší, protože čím větší násobnost, tím kratší doba zhotovení dané zakázky. Byla zvolena čtyřnásobná vstřikovací forma.



Obrázek 37. Výstřik bez odděleného vtokového systému

1 – vtokový kužel, 2 – rozvodný kanál, 3 – vtokové ústí, 4 - výrobek

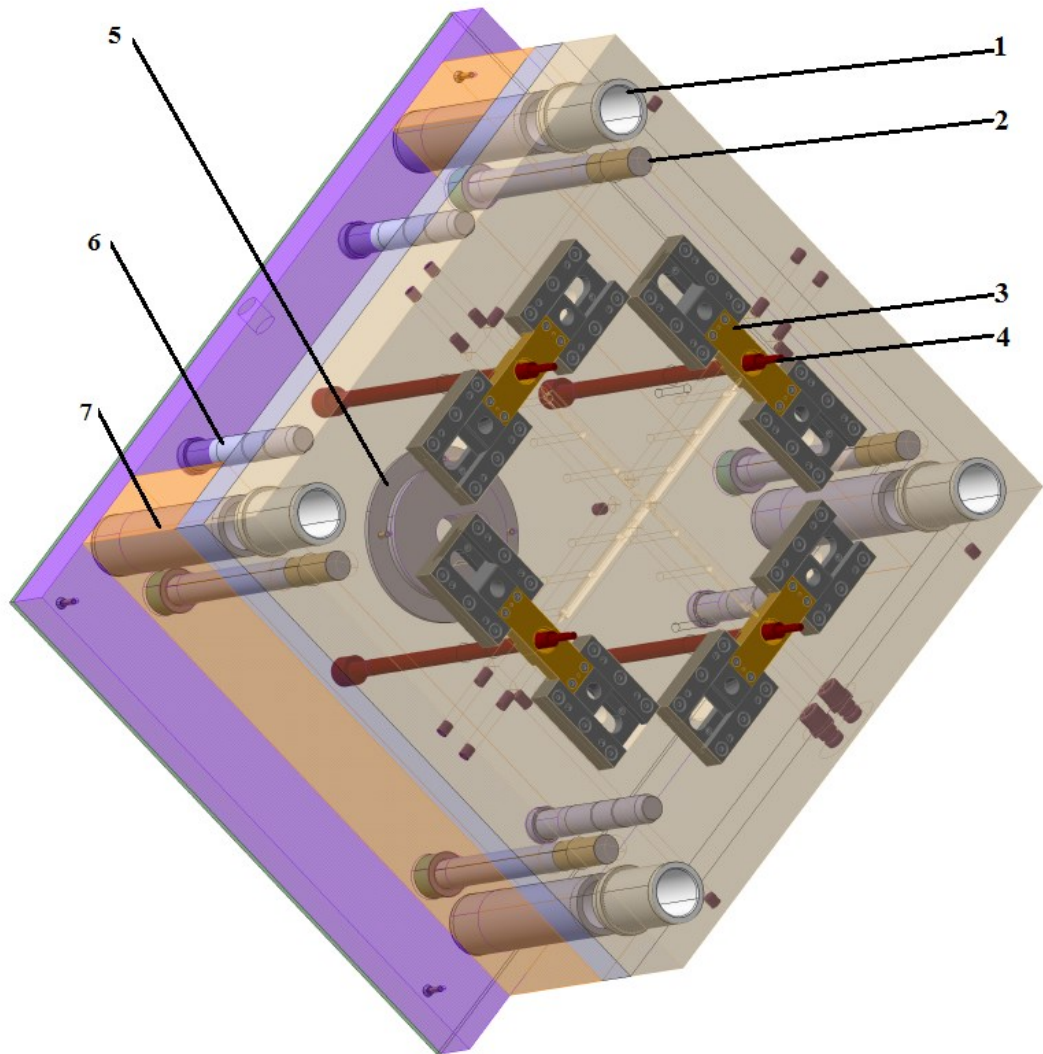
8.7 Vstřikovací forma

Vstřikovací formy se skládají ze tří částí a to z levé pohyblivé strany, z pravé pevné strany a vyhazovacího systému. Forma byla navržena pomocí normálií od společnosti Hasco. Normálie umožňují zrychlení konstruování forem. Rozměry desek byly voleny s ohledem na násobnost formy, velikost výstřiku a typ zaformování.

Byly navrženy dvě varianty řešení, varianta A, kde je studený vtokový systém a varianta B, kde byl nahrazen studený vtok za kombinaci teplého a studeného vtoku. Varianty se příliš neliší. Ve variantě B byla přidána kotevní deska, do které byl zabudován vyhřívaný blok, z toho důvodu se ubralo v levé části vyhazovačů vtoku, které by byly v tomto případě zbytečné.

8.8 Levá (pohyblivá) strana formy

Levá strana se skládá z izolační desky, upínací desky, dvou rozpěrných desek, opěrné desky, kotevní desky, z vodících, středících a upínacích prvků. Do kotevní desky jsou našroubované sety, v kterých jsou rozpínací čelisti, a také je v ní zabudován temperační systém. Dále jsou do ní nalisovány vodící pouzdra, které středí levou stranu formy vůči pravé. V opěrné desce jsou vyvrtané vodící díry pro jádra a vyhazovače. Levá strana je pohyblivá pomocí vodících čepů, které se pohybují ve vodících pouzdrech a středící trubce. V upínací desce jsou nalisovány vodící čepy, po kterých se bude pohybovat vyhazovací systém. Desky jsou k sobě sešroubovány vnitřním šestihranem.



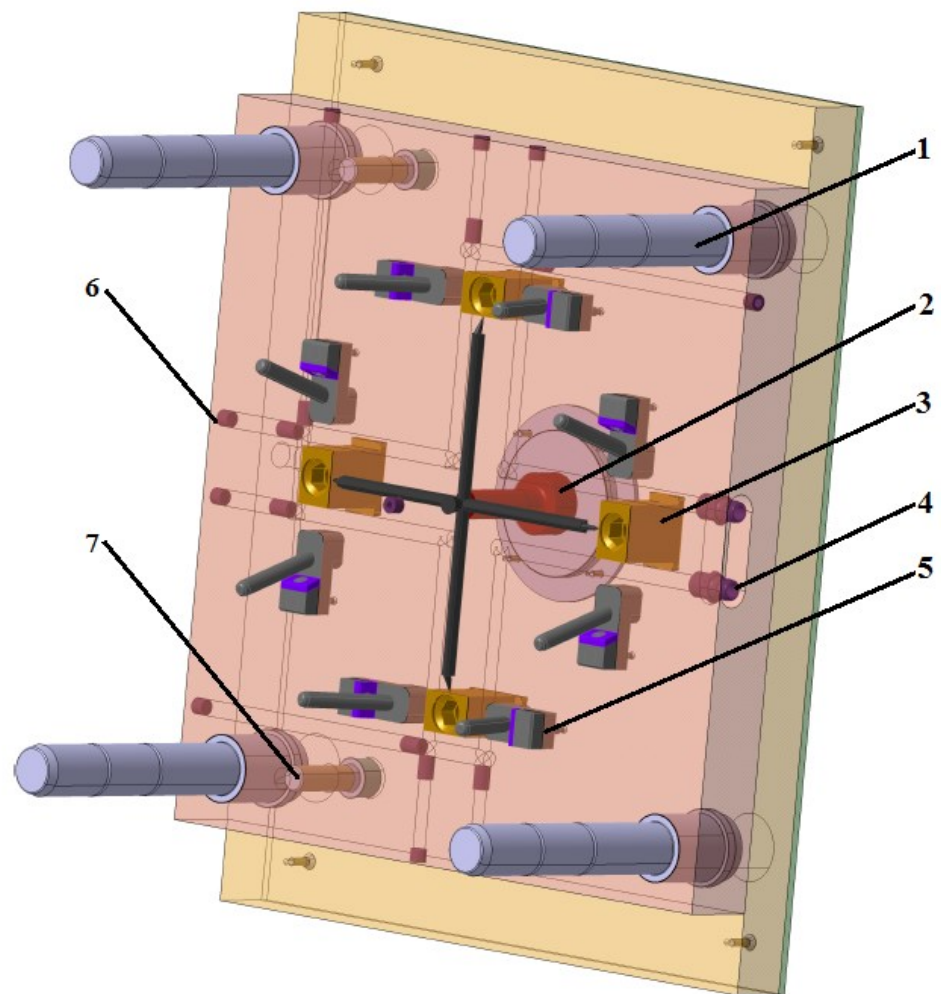
Obrázek 38. Levá strana formy

1 – Vodící pouzdro, 2 – spojovací šroub, 3 – rozpínací čelisti, 4 – jádro, 5 – středící kroužek, 6 – vodící čep vyhazovacího systému, 7 – středící trubka

8.9 Pravá strana, varianta A

Pravá strana se skládá z izolační desky, středících prvků, upínací desky, vtokové vložky, kotevní desky, v které jsou zalisovány tvárnice. V kotevní desce jsou našroubovány přídržovače šikmých kolíků a taktéž je v ní zabudován temperační systém.

Ve variantě A byl zvolen studený vtokový systém s rozvodnými kanálky zakončeny tunelovými vtoky. Při vyhazování dojde k odstřížení výstřiku od vtokového zbytku. Výhodou této varianty je, že je levnější, energeticky méně náročnou. Zato nevýhodou je větší spotřeba materiálu a dochází k zamrznutí vtokového systému.

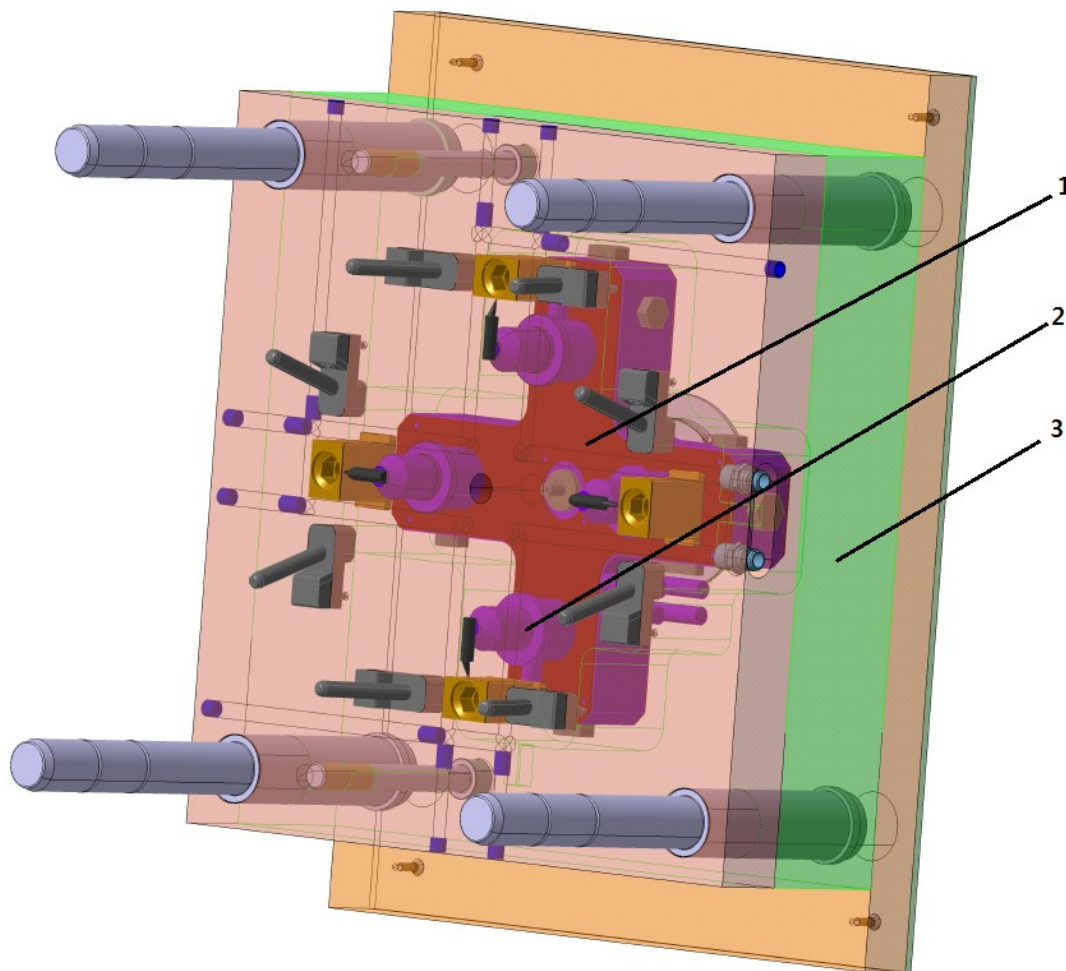


Obrázek 39. Pravá strana, varianta A

1 – vodící čep, 2 – vtoková vložka, 3 – tvárnice, 4 – nátrubek temperačního systému,
5 – přídržovač šikmého čepu, 6 – temperační ucpávka, 7 – spojovací šroub.

8.10 Pravá strana, varianta B

Tato vstřikovací forma se liší v tom, že do pravé části přibyla opěrná deska, v které je zabudován horký rozvodný blok. Takže rozdíl mezi variantou A a variantou B je nahrazením studeného vtokového systému, za kombinaci rozvodného horkého bloku a studeného vtokového systému. U této varianty se tudíž zvyšuje pořizovací cena a energetická náročnost, ale snižuje se hmotnost vtokového zbytku. Pro sériovou výrobu statisíce cyklů se zmenšuje množství odpadu, což je výhodnější z ekonomického hlediska.

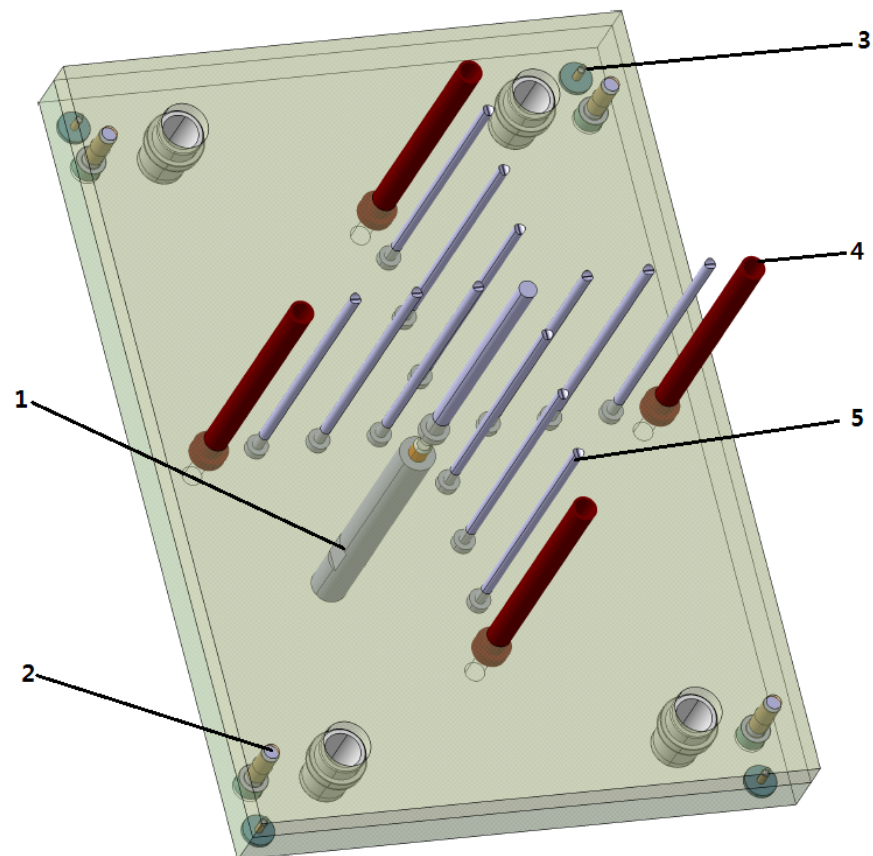


Obrázek 40. Pravá strana, varianta B

1 – horký rozvodný blok, 2 – horká tryska, 3 – opěrná deska

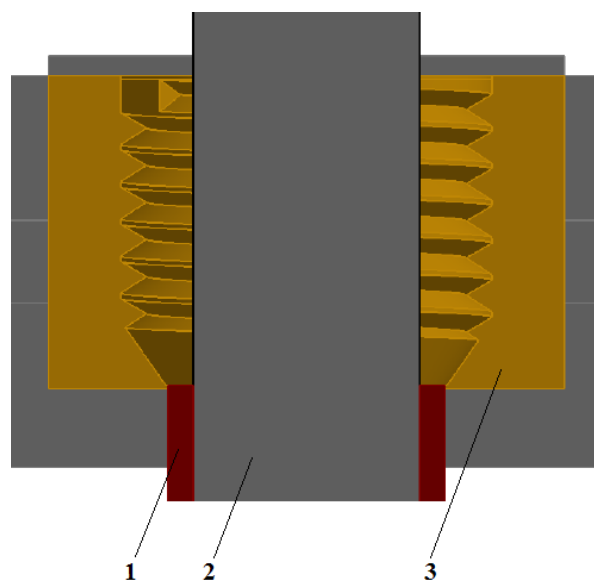
8.11 Vyhazovací systém

Než dojde k vyhození výrobku z dutiny formy, musí být výrobek zchlazen na vyhazovací teplotu. O vyhození výrobku z formy se realizuje pomocí vyhazovacího systému, který se skládá z upínací a kotevní desky, v níž jsou uloženy trubkové vyhazovače a válcové kolíky a zajištěné opěrnou deskou. Vedení vyhazovacího systému je zajištěno vodícími čepy. Ty jsou vedené ve vodících pouzdrech mezi kotevní a opěrnou deskou. Trubkové vyhazovače slouží k vyhození výrobku z formy a válcové vyhazovače slouží k vyhození vtokového zbytku. Trubkový vyhazovač je ukončen v rozpínacích čelistech z důvodu, aby nedošlo k přetoku taveniny.



Obrázek 41. Vyhazovací systém formy

1 – táhlo, 2 – spojovací šroub se zápusťnou hlavou, 3 – dosedka, 4 – trubkový vyhazovač, 5 – válcový vyhazovač.



Obrázek 42. Detail konce trubkového vyhazovače

1 – Trubkový vyhazovač, 2 – jádro, 3 – rozpínací čelisti

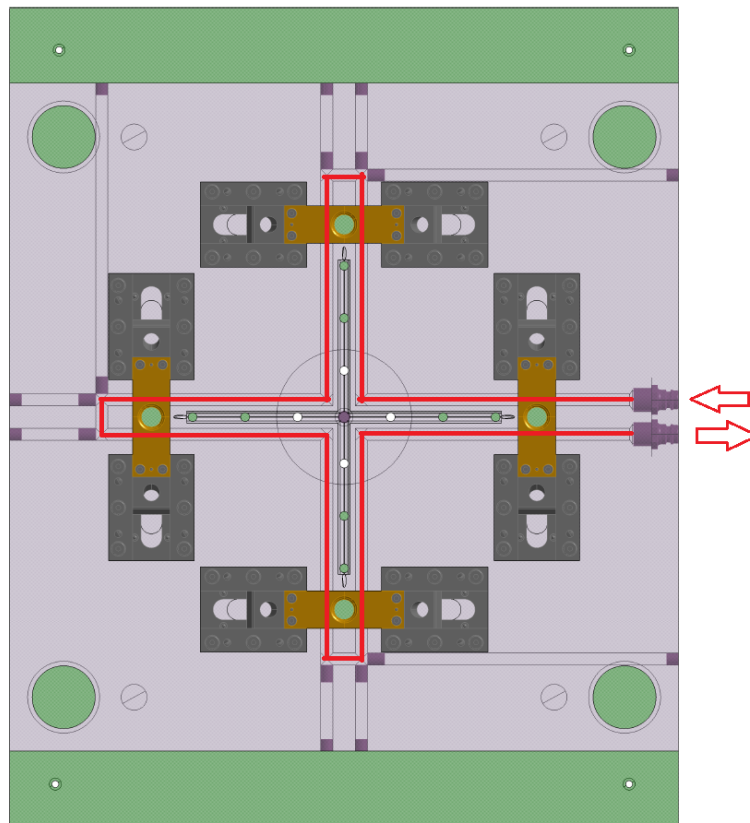
8.12 Temperace tvarových desek

Po vstříknutí taveniny do dutiny formy je mnohdy nezbytné odvést přebytečné teplo z tvarových částí a tím ochladit výstřik na vyhazovací teplotu a také pro dodržení optimální délky vstřikovacího cyklu. Temperace byla provedena v obou tvarových deskách.

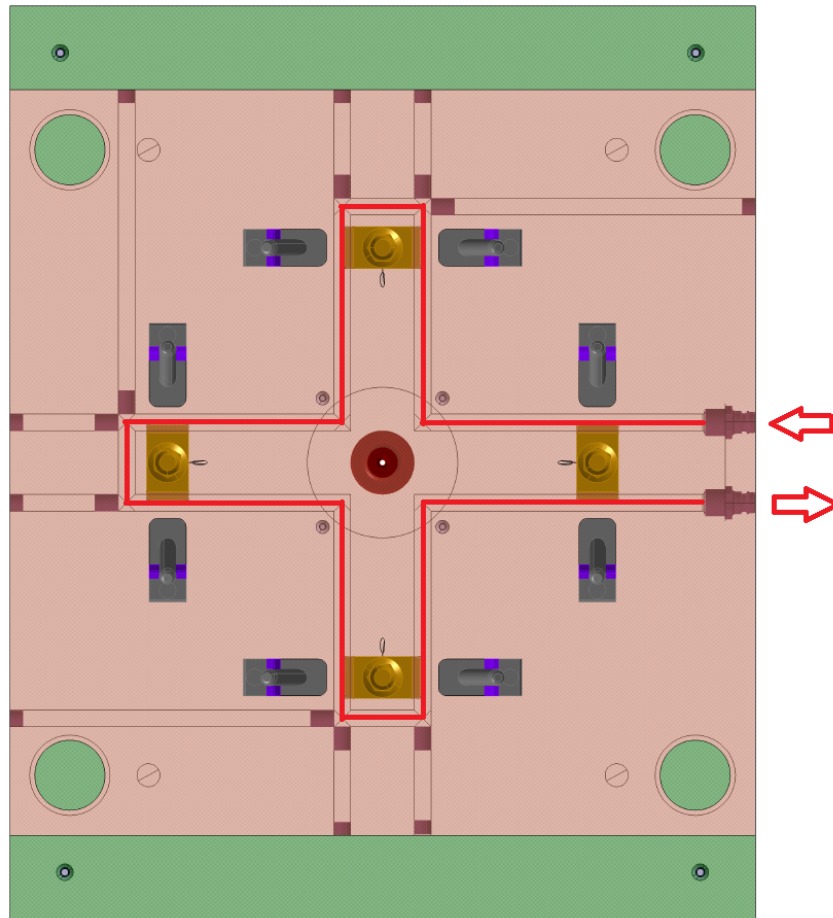
Levá strana je temperována jedním okruhem rovinného systému vrtaných kanálů průměru 8 mm. Rozpínací čelisti temperovány nebyly z důvodu jejich malé velikosti. Temperační kanálky jsou umístěny co nejblíže k rozpínacím čelistem, aby bylo dosaženo dobrého vedení tepla.

Pravá strana je taktéž temperována jedním okruhem rovinného systému vrtaných kanálů, ale průměru 10 mm. Temperační kanálky jsou umístěny co nejblíže k tvárnicím rovněž, aby došlo k dobrému vedení tepla.

K vymezení a utěsnění námi míněné dráhy toku média, uvnitř tvarových částí, bylo užito vnitřních a vnějších ucpávek firmy HASCO.



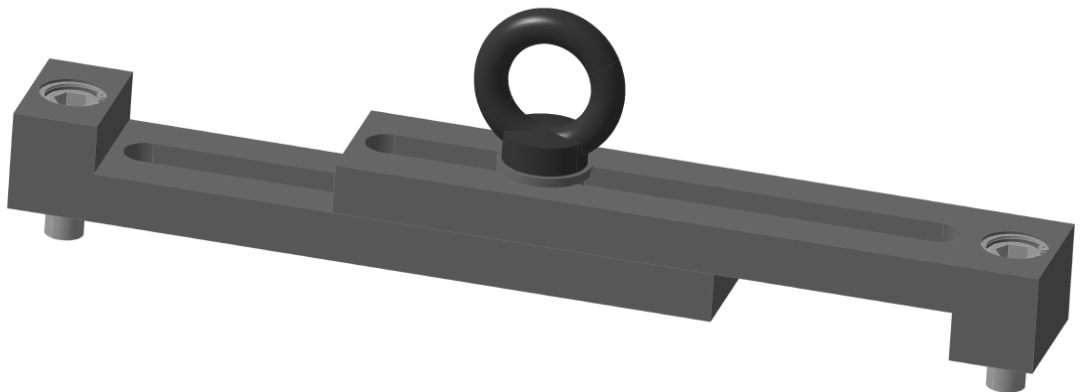
Obrázek 43. Temperace levé strany



Obrázek 44. Temperace pravé strany

8.13 Nosný systém

Manipulace se vstříkovací formou je řešena pomocí transportního můstku, jehož součástí je oko, které slouží k uchopení celé formy hákem. Nosný systém slouží k snadnější a rychlejší manipulaci formy a osazení do stroje.



Obrázek 45. Transportní můstek

9 EKONOMICKÝ ROZBOR

Vstupní parametry k ekonomickému rozboru:

Tabulka 3. Vstupní parametry

Varianta A, Studený vtokový systém			Varianta B, kombinace vyhřívání bloku a studeného vtokového systému		
Délka 1 cyklu	40	s	Délka 1 cyklu	35	s
Počet kusů za hod.	360	ks/h	Počet kusů za hodinu	411	ks
Celková hmotnost v.	45	g	Celková hmotnost v.	36	g
Čistá hmotnost v.	28	g	Čistá hmotnost v.	28	g
Hmotnost odpadu	17	g	Hmotnost odpadu	8	g
Požizovací cena vtokové vložky	1334	Kč	Celková pořizovací cena bloku se všemi komponenty	134567	Kč
			Spotřební energie	2,5	kW
Cena materiálu	100	Kč/kg			
Cena energie 1kWh	3,62	Kč			

9.1 Vzorové výpočty

Výpočet pro SVS

Pro výpočet předpokládáme nepřetržitý provoz.

Vzorové výpočty jsou vypočítány pro množství 1000 ks výstřiků, což je 250 cyklů.

1. Výpočet celkového počtu hodin SVS pro dané množství

Počet cyklů $P_c = 250$

Počet kusů za hodinu $P_k/h = 360$

$$T_c = \frac{P_c}{P_k/h} = \frac{250}{360} = 0,69h = 41,7min \quad (9.1)$$

2. Výpočet materiálu pro dané množství

Hmotnost výstřiků $m_c = 45$ g

Počet cyklů $P_c = 250$

$$m = m_c \cdot P_c$$

$$m = \frac{45 \cdot 250}{1000} = 11,25 \text{ Kg} \quad (9.2)$$

3. Výpočet hmotnosti odpadu

Hmotnost materiálu $m_c = 45 \text{ g}$

Počet cyklů $P_c = 250$

Čistá hmotnost $m_v = 28 \text{ kg}$

$$m_o = (m_c - m_v) \cdot P_c$$

$$m_o = \frac{(45 - 28) \cdot 250}{1000} = 4,25 \text{ Kg} \quad (9.3)$$

4. Výpočet nákladu na materiál pro výrobu

Cena materiálu $C = 100 \text{ Kč/kg}$

Spotřeba materiálu $m = 11,25 \text{ kg}$

$$N = m \cdot C$$

$$N = 11,25 \cdot 100 = 1125 \text{ Kč} \quad (9.4)$$

5. Pro výpočet VVS bylo použito stejných vzorců + energetická náročnost

Výpočet energetické náročnosti

Cena 1 kWh je v průměru pro firmy $E = 3,52 \text{ Kč}$

$W = 2,5 \text{ kW}$

$$N_E = t_c \cdot W \cdot E$$

$$N_E = 0,61 \cdot 2,5 \cdot 3,52 = 5,37 \text{ Kč} \quad (9.5)$$

9.2 Analýza výsledků

V ekonomickém rozboru byly porovnány obě varianty A i B a posuzovalo se, která varianta je vhodnější z hlediska malosériové nebo velkosériové výroby.

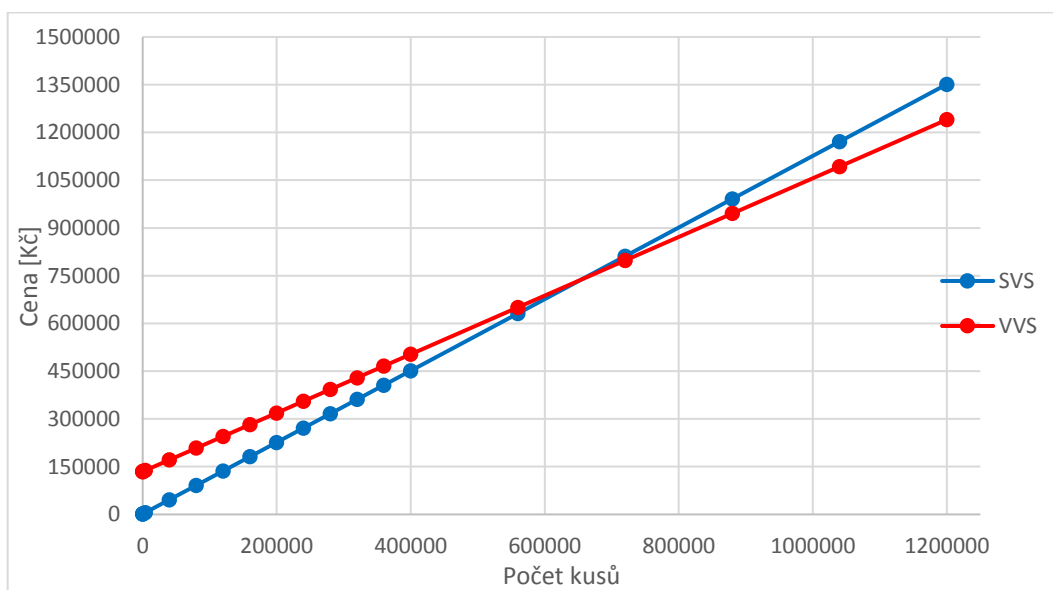
Pro malosériovou výrobu 1000 – 560 000 výrobků je vhodnější z ekonomického hlediska konstruovat vstříkovací formu variantu A se studeným vtokovým systémem. Pro tuto variantu jsou celkové náklady nižší, než kdybychom použili variantu B a to z důvodu velké pořizovací ceny vyhřívaného bloku a jeho komponentů.

Pro sérii, kde se vyrobí 720 000 výrobků, je už vhodnější volit variantu B, protože kombinace vyhřívaného bloku a studeného vtokového systému se značně snižuje množství odpa-

du. Tím dochází ke značným finančním úsporám na výrobu. Proto bych volil pro velkosériovou výrobu 720 000 výrobků a více jednoznačně variantu B.

Tabulka 4. Porovnání výsledků

Počet kusů (ks)	Počet cyklů	Celkové náklady SVS (Kč)	Celkové náklady VVS (Kč)	Výhodnost (Kč)
4	1	1338,5	134570,7	-133232
40	10	1379	134603,9	-133225
400	100	1784	134935,6	-133152
4000	1000	5834	138252,6	-132419
40000	10000	46334	171422,6	-125089
80000	20000	91334	208278,1	-116944
120000	30000	136334	245133,7	-108800
160000	40000	181334	281989,2	-100655
200000	50000	226334	318844,8	-92510,8
240000	60000	271334	355700,3	-84366,3
280000	70000	316334	392555,9	-76221,9
320000	80000	361334	429411,4	-68077,4
360000	90000	406334	466267	-59933
400000	100000	451334	503122,6	-51788,6
560000	140000	631334	650544,8	-19210,8
720000	180000	811334	797967	13367
880000	220000	991334	945389,2	45944,78
1040000	260000	1171334	1092811	78522,56
1200000	300000	1351334	1240234	111100,3



Graf 1. Porovnání výsledků VVS a SVS

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout vstřikovací formu pro zadaný díl. Celá konstrukční práce tzn. (3D model výstřiku, 3D model kompletní formy a 2D sestava formy) byla provedena v programu CATIA V5R19 a výběrem normálií z katalogu HASCO, které byly importovány.

Teoretická část bakalářské práce se v první kapitole zabývá materiály pro vstřikování, v druhé kapitole vstřikovacími stroji, třetí kapitola byla o vstřikovacích formách, následná čtvrtá kapitola se zabývala o výstřicích se závity a pátá kapitola byla o materiálech formy.

V praktické části byl nejprve řešen 3D model zadaného dílu a jeho materiál. Poté byly vypočítány parametry, podle kterých i s rozměry formy se zvolil vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 630 S. Následně pomocí 3D modelu se vymodelovaly tvarové vložky a podle sestav tvarových vložek (tvárnice, rozpínací čelisti a jádro) se zvolila velikost čtyřnásobné vstřikovací formy. Postupně byly do formy zabudovány spojovací části, vodící čepy, vodící pouzdra, izolační desky, šrouby, středící kroužky a vodící trubky. Pro konstrukci vstřikovací formy byly navrženy dvě varianty. Varianta A se studeným vtokovým systémem a varianta B s kombinací vyhřívaného bloku a studeného vtokového systému. U vyhazovacího systému byly použity válcové a trubkové vyhazovače. Temperace se provedla v obou kotevních deskách. V ekonomickém rozboru byly porovnány obě varianty z hlediska celkových nákladů rozepsané v analýze výsledků. Po zhotovení modelu formy byla vytvořena výkresová dokumentace.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Technologie vstřikování [online]. [cit. 2017-05-15].
Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/03.html>
- [2] Princip vstřikování plastů [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z:
<http://www.asyndar.com/vstrikovani-princip.html>
- [3] Ducháček V. Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití. 2. vyd. Vysoká škola chemisko-technologická v Praze, Praha 2006. Str. 280 ISBN 80-7080-617-6
- [4] Plasty [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupný z <<http://www.ateam.zcu.cz/plasty.pdf>>
- [5] Vstřikování Plastu [online]. [cit. 2017-01-05]. Dostupný z
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm>
- [6] Vstřikování plastů – Lubomír Zeman. Technická literatura, Praha 2009 1. Vydání 247s
- [7] BOBČÍK L. a kol. Formy pro zpracování plastů I. Díl – Vstřikování termoplastů. 2. vydání – Brno: Uniplast. 1999. 134 s.
- [8] Přednášky- Ing.Michal Staněk Ph.D
- [9] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů. 1. vyd. - Brno: UNIPLAST, 1999. 214 s.
- [10] Tváření plastů a výroba forem II[online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné také z: Tváření plastů a výroba forem II. | 14220.cz. 14220.cz [online]. Dostupné z: <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/>
- [11] ROSATO, D. V., ROSATO, D. V., ROSATO, M. G. *Injection Molding Handbook (3rd Edition)*. NYC, NY, USA: Springer - Verlag, 2000. 1485s. ISBN 978-0-7923-8619-3.
- [12] Zdeněk Řehulka Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů Akademické nakladatelství cerm, s.r.o Brno 2013 230s. ISBN 978-80-7204-833-5
- [13] Technodat [online]. [cit. 2011-04-15]. Dostupný z WWW <http://technodat.cz/>
- [14] HASCO [online]. Dostupné z WWW:
<https://www.hasco.de>
- [15] LPM s.r.o. [online]. [cit.2015-5-19]. Dostupný z www: <http://www.lpm.cz>
- [16] Internetové stránky firmy ARBURG: <http://www.arburg.com>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Dvojměrný
3D	Trojměrný
T _g	Teplota skelného přechodu [°C]
T _m	Teplotní tání [°C]
E	Modul pružnosti v tahu [Mpa]
Mpa	Megapascal
Max	Maximálně
R	Rádus
ABS	Akrylonitrilburadienstyren
PA	Poliamid
PC	Polykarbonát
PPMA	Polymethylmetakrylát
POM	Polyformaldehyd
PP	Polypropylen
PS	Styrenové polymery.
PVC	Polyvinylchlorid
mm	Milimetr
cm ³	Kubický centimetr
g	Gram
W	Watt
m	Metr
s	Sekunda
L	Délka
%	Procento

- CAE Počítačem podporovaná konstrukce
- CAD Počítačem podporované projektování
- CAM Počítačová podpora obrábění
- D Průměr

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1. Schéma vstřikování [2]</i>	11
<i>Obrázek 2. Rozdělení polymerních materiálů</i>	12
<i>Obrázek 3. Schéma struktury sítě vytvrzeného reaktoplastu [5]</i>	12
<i>Obrázek 4. Struktura řetězců amorfního a semikrystalického termoplastu [5]</i>	13
<i>Obrázek 5. Oblast využití amorfního a semikrystalického plastu.</i>	13
<i>Obrázek 6. Vstřikovací cyklus [8]</i>	15
<i>Obrázek 7. Diagram $p$$v$$T$ vstřikovací cyklus [6]</i>	16
<i>Obrázek 8. Diagram $p$$v$$T$ vstřikovací cyklus [6]</i>	17
<i>Obrázek 9. Schéma vstřikovacího stroje [5]</i>	18
<i>Obrázek 10. Řez vstřikovací jednotkou [1]</i>	19
<i>Obrázek 11. Dosednutí trysky stroje na trysku formy [7]</i>	19
<i>Obrázek 12. Řez vstřikovací formou</i>	21
<i>Obrázek 13. Technické údaje potřebné pro konstrukci a výrobu forem [7]</i>	22
<i>Obrázek 14. Příklady vyvážených vtokových systémů [7]</i>	26
<i>Obrázek 15. Průřez vtokových kanálů [7]</i>	27
<i>Obrázek 16. Studený vtok [10]</i>	28
<i>Obrázek 17. Plný kuželový vtok [11]</i>	28
<i>Obrázek 18. Bodový vtok [11]</i>	29
<i>Obrázek 19. Srpkovitý (banánový) vtok [11]</i>	29
<i>Obrázek 20. Boční vtok [11]</i>	30
<i>Obrázek 21. Filmový vtok. [11]</i>	30
<i>Obrázek 22. Základní provedení vyhřívání horkého rozvodu [1]</i>	31
<i>Obrázek 23. Ohřívání trysky [7]</i>	32
<i>Obrázek 24. Vyhřívání blok [10]</i>	32
<i>Obrázek 25. Chlazení výstřiku o různé tloušťce stěny [9]</i>	33
<i>Obrázek 26. Chlazení výstřiku o různé tloušťce stěny</i>	36
<i>Obrázek 27. Trubkový vyhazovací kolík</i>	36
<i>Obrázek 28. Princip funkce stírací desky [1]</i>	37
<i>Obrázek 29. Model vstřikovaného výrobku</i>	45
<i>Obrázek 30. Vstřikovací stroj ALLROUNDER 630 S</i>	47
<i>Obrázek 31. Vstřikovací forma</i>	49
<i>Obrázek 32. Volba dělicích rovin</i>	50

<i>Obrázek 33. Schéma tvarových vložek</i>	50
<i>Obrázek 34. Tvárnice</i>	51
<i>Obrázek 35. Posuvné čelisti se závitem</i>	51
<i>Obrázek 36. Jádro</i>	52
<i>Obrázek 37. Výstřik bez odděleného vtokového systému</i>	52
<i>Obrázek 38. Levá strana formy</i>	54
<i>Obrázek 39. Pravá strana, varianta A</i>	55
<i>Obrázek 40. Pravá strana, varianta B</i>	56
<i>Obrázek 41. Vyhazovací systém formy</i>	57
<i>Obrázek 42. Detail konce trubkového vyhazovače</i>	57
<i>Obrázek 43. Temperace levé strany</i>	58
<i>Obrázek 44. Temperace pravé strany</i>	59
<i>Obrázek 45. Transportní můstek</i>	59

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1. Vlastnosti materiálu</i>	46
<i>Tabulka 2. Parametry uzavírací jednotky [16]</i>	48
<i>Tabulka 3. Vstupní parametry</i>	60
<i>Tabulka 4. Porovnání výsledků</i>	62

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1. Porovnání výsledků VVS a SVS</i>	62
---	----

SEZNAM PŘÍLOH

P I Výkresová dokumentace:

- Řez vstříkovací formou
- Levá strana
- Pravá strana
- Kusovník

P II CD disk obsahující:

- Bakalářská práce
- Model formy
- Model výrobku
- Výkresovou dokumentaci