

Využití software Catia při návrhu vstřikovací formy

Tomáš Skok

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš SKOK**
Osobní číslo: **T090025**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Využití softwaru Catia při návrhu vstříkovací formy**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na téma: **Vstříkovací formy**
2. Vytvořte trojrozměrné modely vybraných celků a jejich vizualizace využitím software **Catia**
3. Zpracujte výkresovou dokumentaci ve **2D**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Libuše Sýkorová, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

10. února 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

23. května 2014

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, 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

.....

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

V této bakalářské práci se budu zabývat tvorbou vstřikovací formy. Teoretická část bude rozdělena na několik částí: vstřikování, vstřikovací stroj, vstřikovaný výrobek a samostatnou vstřikovací formu.

V praktické části popíši vstřikovaný výrobek, pro který budu konstruovat formu, konstrukční řešení této formy a její následné zpracování ve 3D za pomoci software Catia a převedení celého celku na výkres sestavy.

Klíčová slova: Vstřikování, forma, konstrukce, Catia

ABSTRACT

In this thesis, I will discuss the formation of an injection mould. The theoretical part will be divided into several parts: injection , injection machine, injection product and a separate injection mould. In the practical part I will describe the molded article which I will construct a mould constructional solutions of this mould and its subsequent processing in 3D using Catia software and transferred all of the whole assembly drawing.

Keywords: Injection, Injection mould, Construction, Catia

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mi přispěli svou radou při psaní této bakalářské práce. Především bych rád poděkoval vedoucí své bakalářské práce doc. Ing. Libuši Sýkrové, Ph.D. za odborné vedení, poskytnuté rady, za čas a pozornost, kterou mi ochotně věnovala při vypracování této bakalářské práce.

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

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

Ve Zlíně

.....

podpis

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 VSTŘIKOVÁNÍ	12
1.1 PLASTY	12
1.2 TOK POLYMERU.....	13
1.3 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	14
2 VSTŘIKOVACÍ STROJ	15
2.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA.....	16
2.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	17
3 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK	18
3.1 ZÁSADY KONSTRUKCE VÝLISKŮ Z PLASTŮ	18
3.1.1 Zaformovatelnost.....	19
3.1.2 Tloušťky stěn, žeber, rádiusy	20
4 VSTŘIKOVACÍ FORMA	23
4.1 KONSTRUKČNÍ A TECHNOLOGICKÉ PRVKY VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	23
4.1.1 Názvosloví a popis forem	23
4.1.2 Druhy vstřikovacích forem	23
4.2 TECHNICKÉ ÚDAJE POTŘEBNÉ PRO KONSTRUKCI FOREM.....	25
4.2.1 Výkres součásti.....	25
4.2.2 Násobnost formy	26
4.2.3 Volba optimálního vstřikovacího stroje.....	27
4.2.4 Zvláštní požadavky na konstrukci formy.....	28
4.3 VTOKOVÉ SYSTÉMY FOREM	28
4.3.1 Studené vtokové systémy.....	29
4.3.2 Vyhřívané vtokové systémy.....	34
4.4 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY FOREM.....	39
4.4.1 Vyhazovací kolíky.....	40
4.4.2 Stírací deska	41
4.4.3 Trubkové vyhazovače	42
4.4.4 Šikmé vyhazovače	42
4.4.5 Dvoustupňové vyhazování.....	42
4.4.6 Vzduchové vyhazování.....	43
4.4.7 Hydraulické vyhazování	43
4.5 TEMPEROVÁNÍ FOREM	43
4.6 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM	45
4.7 MATERIÁLY VSTŘIKOVACÍCH FOREM	46
II PRAKTICKÁ ČÁST	48
5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	49
6 CATIA	50
7 VÝROBEK	51
8 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	53
9 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ FORMY	54

9.1	NÁSOBNOST.....	54
9.2	ZAFORMOVÁNÍ VÝROBKU.....	54
9.3	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY.....	55
9.4	VYHAZOVACÍ SYSTÉM FORMY.....	55
9.5	VTOKOVÝ SYSTÉM FORMY.....	57
9.6	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	58
9.7	POHYBLIVÉ ČELISTI A ŠIKMÉ ČEPY	58
9.8	TEMPERACE FORMY.....	59
10	REALIZACE POMOCÍ SOFTWARE CATIA	61
10.1	TROJROZMĚRNÝ MODEL VSTŘIKOVACÍ FORMY	61
	ZÁVĚR.....	64
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	65
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	68
	SEZNAM TABULEK	70
	SEZNAM PŘÍLOH.....	71

ÚVOD

Cílem mé bakalářské práce je návrh vstřikovací formy a její zpracování za pomoci software Catia. V dnešní době je vstřikování plastů neoddelitelnou součástí automobilového či leteckého průmyslu, potravinářství, lékařského průmyslu, za jeho pomoci se vyrábí různé obaly, např. na mobilní telefony, počítače, atd. Vstřikováním je možné vyrábět celou škálu výrobků různých velikostí (od miniaturních až po velkorozměrové) a složitostí (od jednoduchých válečků až po složitě profilované součásti).

Technologie vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby požadovaných dílů z plastů. Vyznačuje se poměrně složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a forma. V průběhu vstřikování je roztavený plast ve vstřikovacím stroji tlakem dopravován do dutiny formy a tam chlazen ve tvaru vyráběné součásti. [2]

Nedílnou součástí vstřikování plastů je nástroj (vstřikovací forma), která určuje konečný tvar výrobku. Proto musí být konstrukci vstřikovací formy věnována nemalá pozornost, jelikož jde o velmi složitý nástroj, který se skládá z mnoha částí a dílů. To všechno vyžaduje široké znalosti v oblasti konstrukce forem, strojírenské výroby, materiálového inženýrství, reologie polymerů a dalších příbuzných oborů. [11]

Technologie vstřikování v posledních přibližně 30 letech zaznamenala bouřlivý rozvoj. Mezi jeho hlavní výhody patří [11]:

- výroba rozměrově přesných součástí;
- široký sortiment polymerních materiálů s různými vlastnostmi;
- vysoce produktivní výroba;
- výroba technologicky i konstrukčně složitých součástí.

Polymerní výrobky stále více nahrazují klasické materiály jako je např. sklo, kov, dřevo, kůže, papír, atd. Velký význam má použití polymerů ve strojírenství, neboť nahrazuje některé kovy a jejich slitiny. Využívá se jejich odolnosti proti korozi a chemikáliím, malé hustoty, výborných kluzných a dobrých elektroizolačních vlastností. [11]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu, ve formě taveniny, vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny formy, kde ztuhne ve finální výrobek.

[2]

Výhodami u vstřikování je krátký čas výrobního cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrá povrchová úprava. Naopak nevýhodami jsou vysoké investiční náklady a dlouhé doby nutné pro výrobu forem. [2]

1.1 Plasty

Plasty jako materiál jsou látky, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci (oproti kovům, které mají strukturu tvořenou krystalickými mřížkami). Jsou rozděleny na dva základní druhy [3] :

- Termoplasty, které mají řetězce přímé (lineární polymery) nebo řetězce s bočními větvemi (rozvětvené polymery). Při ohřevu se uvolní soudružnost řetězců a hmota je viskózní. V tomto stavu se může tvářet. Po ochlazení se dostanou opět do původního stavu.
- Reaktoplasty, které mají v konečné fázi zpracování řetězce příčně propojeny chemickými vazbami a vytváří prostorovou trojrozměrnou síť. Při ohřevu tato síť zvětšuje svoji pohyblivost, ale řetězce se zcela neuvolní. Při tváření vlivem teploty a tlaku nastává zesíťování (vytvrzování) plastu (někdy i působením katalyzátoru). Jsou-li původní řetězce velmi ohebné a hustota sítě je přiměřená, je hmota za normální teploty poddajná a pružná. Takové plasty se nazývají elastomery a zesíťování u nich nastává při vulkanizaci, čímž se převedou na pryž. Jakmile je chemický proces ukončen, další tváření již není možné.

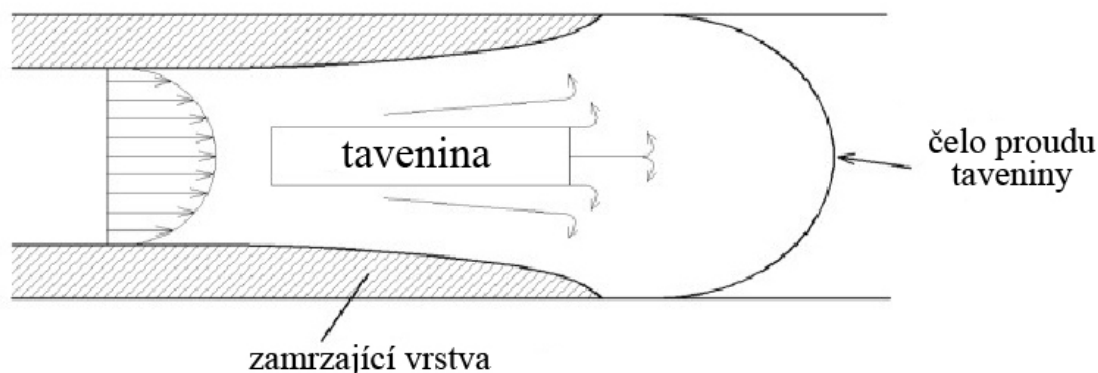
Při nadměrném ohřevu u obou druhů polymerů se přetrhají chemické vazby, hmota se rozruší a ztrácí pevnost. Tento proces již je nevratný a nazývá se degradace hmoty a další zpracování je bezpředmětné. [3]

POLYMERY			
REAKTOPLASTY	TERMOPLASTY	TERMOPLASTICKÉ ELASTOMERY	ELASTOMERY
Fenolické	Částečně krystalické	S vysokou tvrdostí	NR
Melaminové	Amorfni	S nízkou tvrdostí	SBR
Epoxidové			NBS
Polyesterové			EPDM
Další			Další

Tab. 1 Rozdělení polymerních materiálů [1]

1.2 Tok polymeru

Při zaplňování dutiny formy nedochází ke skluzu taveniny po stěně, ale dochází k valení a tím se vytváří ztuhlá vrstva taveniny přímo na stěně formy. Tavenina proudí ideálně tehdy, má – li tzv. fontánový tok. [6]

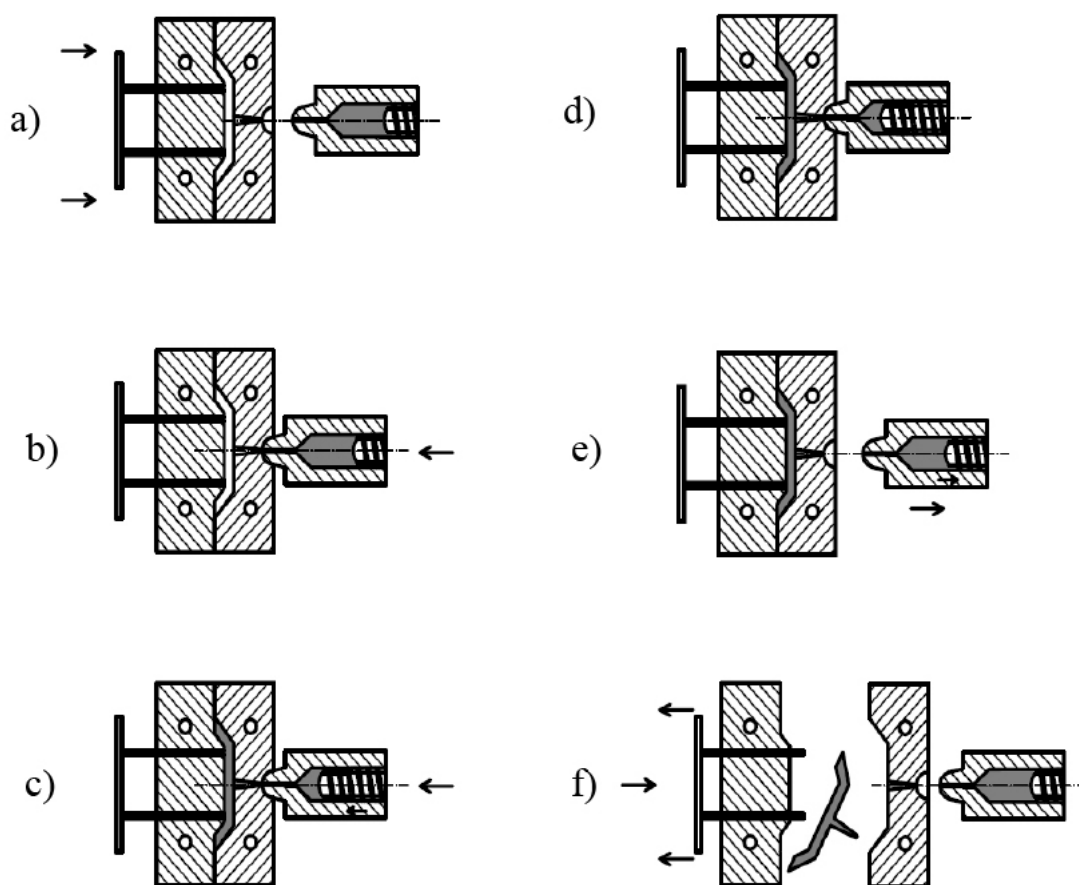


Obr. 1 Tok taveniny [6]

Problém, který může výrazně ovlivnit kvalitu výstřiku je styk dvou proudů taveniny. Např. v důsledku obtoku překážky ve dráze toku. V místě spojení dvou proudů taveniny vzniká tzv. studený spoj, který má za následek zhoršení mechanických vlastností. Problém se většinou řeší vhodným uspořádáním vtoků nebo jejich umístění tak, aby studený spoj vznikl v místě nejmenšího mechanického namáhání. [6]

1.3 Vstřikovací cyklus

Schematicky je vstřikovací cyklus zobrazen na obrázku (Obr. 2.). V první fázi (a) se vstřikovací forma uzavře. Vstřikovací jednotka je ve výchozí poloze. V druhé fázi (b) se přisune vstřikovací jednotka a dosedne na formu. V třetí fázi (c) probíhá vstřikování. Vstřikováním se rozumí rychlé přemísťování materiálu v plastickém stavu ze vstřikovací komory do dutiny uzavřené vstřikovací formy. Bezprostředně po naplnění formy následuje tuhnutí materiálu ve formě, zpočátku pod tlakem (až do zatuhnutí ústí vtoku). Ve čtvrté fázi (d) začíná postupné doplňování vstřikovací komory plastikovaným materiálem. Ve formě pokračuje tuhnutí, ale již bez tlaku. V páté fázi (e) se odsune vstřikovací jednotka do výchozí polohy. V poslední fázi (f) se vstřikovací forma otevře a vyprázdní. Vyhození výstřiku uzavírá průběh vstřikovacího cyklu. Forma i vstřikovací jednotka jsou ve výchozí poloze a celý cyklus se může znovu opakovat. [4]



Obr. 2 Znáornění vstřikovacího cyklu [5]

2 VSTŘIKOVACÍ STROJ

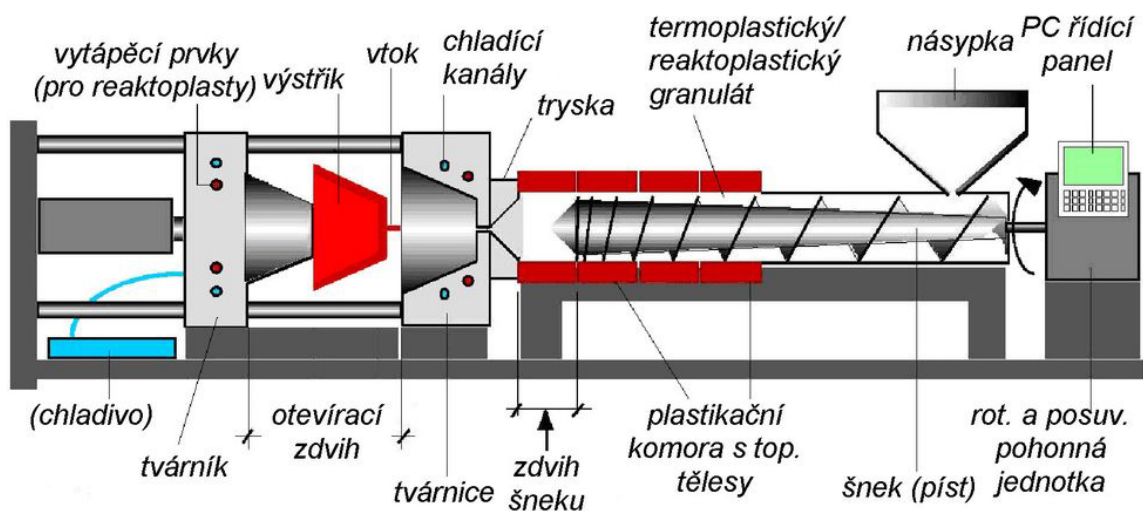
Lis jako jeden z hlavních činitelů výroby má nejrůznější uspořádání. Vyžaduje se od něho, aby kvalitou svých parametrů a dokonalým řízením, byla zajištěna výroba jakostních výstřiků. V současné době existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlostí výroby, snadnou obsluhou i cenou. Konstrukce stroje je charakterizována podle [2]:

- vstřikovací jednotky
- uzavírací jednotky
- ovládání a řízení stroje

V současnosti se staví hlavně hydraulické nebo hydraulicko-mechanické stroje, většinou stavebnicového uspořádání s různým stupněm elektrického řízení. Modulární je uplatňováno jak v oblastech řízení hydrauliky, tak i 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. [2]

Ovládací a řídicí prvky bývají umístěny na panelu vstřikovacího stroje, případně v elektro-rozvodné skříni vybavené zásuvkami a vypínači. To umožňuje připojení některých přídavných a pomocných zařízení (temperační, vytáčeční, atd.) K zvláštnímu vybavení stroje patří jeřáb pro manipulaci s formou na stroji, ejektor pro dopravu materiálu, vyhřívaná násypka, hydraulické vyhazování, zařízení pro ovládání tahačů jader apod. Jejich přehled i s ostatními daty jsou součástí nabídky výrobců vstřikovacích strojů. Koncepce nových generací umožňují nabízet a dodat zákazníkům sestavené stroje přesně podle jejich požadavků a potřeb. Vstřikovací stroj pro přesné výstřiky vyžaduje aby [2]:

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

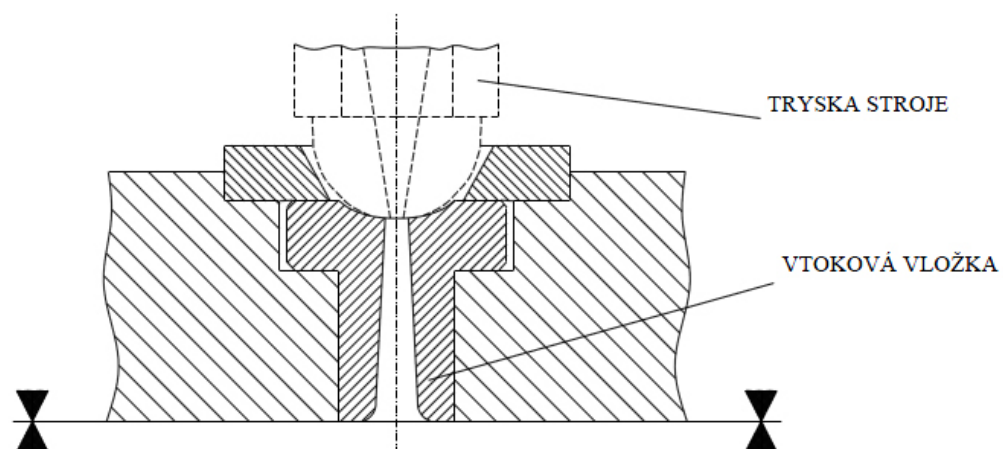


Obr. 3 Schéma vstříkovacího stroje [14]

2.1 Vstříkovací jednotka

Vstříkovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracovávaný plast z násypky pohybem šneku. Plast je posouván šnekem s možnou změnou otáček přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Postupně se plastikuje, homogenizuje a hromadí před šnekem. Současně ho odtlačuje do zadní polohy.[2]

Topení tavné komory je nejčastěji rozděleno do tří pásem (vstupní, střední a pásmo u trysky). Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstříkovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. [2]



Obr. 4 Dosednutí trysky stroje na vtokovou vložku formy [2]

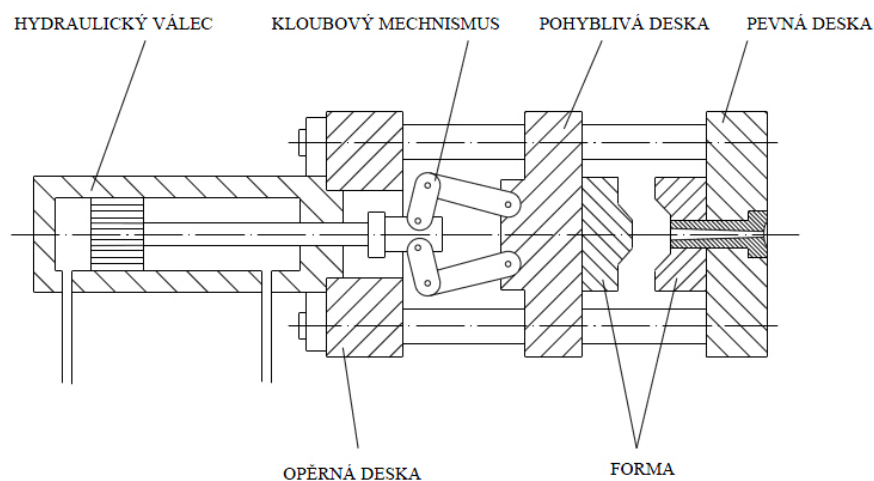
Vstřikovací trysky mohou být otevřené nebo uzavíratelné. Otevřené se používají nejčastěji pro vstřikování taveniny s větší viskozitou. Uzavíratelné zamezují samovolnému vytékání materiálu při plastikaci. K otevření trysky dochází otevřením jehlového uzávěru při dosednutí trysky do sedla vtokové vložky. [2]

2.2 Uzavírací jednotka

Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. [2]

Hlavní části uzavírací jednotky jsou: opěrná deska pevná, upínací deska, vodící sloupky, uzavírací mechanismus. [2]

Uzavírací mechanismus je ukazatelem kvality uzavírací jednotky. Má nejrůznější provedení. Hydraulické uzavírací jednotky umožňují pootevření nástroje hydraulickým tlakem a vyžadují zajištění závorou. Výhodou těchto jednotek je nastavení libovolné hloubky otevření nástroje. Hydro-mechanická jednotka je nejčastěji používána u strojů malých gramáží. Zaručuje vyšší rychlost uzavírání a potřebné zpomalení před uzavřením formy a dostatečnou tuhost. Je konstruována jako kloubový mechanismus ovládaný hydraulickým válcem. Formu proti pootevření při vstřikování zajistí hydraulický válec velkého průřezu, který je pevně spojen s upínací deskou. Některé konstrukce uzavíracích jednotek jsou bez vodících sloupků. [2]



Obr. 5 Schéma hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky[2]

3 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

3.1 Zásady konstrukce výlisků z plastů

Nejdůležitější etapou realizace plastového dílu je jeho správná konstrukce, a to jak z hlediska funkčního, tak z hlediska lisotechnického. [7]

Samotná, byť koncepčně dobře řešená forma a optimální technologie výroby, již prvotní nedostatky konstrukce dílu neodstraní. Konstrukce výlisku musí splňovat v zásadě dvě hlavní hlediska [7]:

1.
 - a) funkci plastového dílu v daném zařízení – u technické kooperace (příklad pouzdro světlometu. Odpovědnost – konstruktér dílu.
 - b) užité, estetické, ergonomické, bezpečnostní hlediska – u spotřebního zboží (příklad sáňkovací boty). Odpovědnost – designér, výtvarník.
2. Lisotechnické zásady – technologičnost. Zda padá povinnost na plastikáře, kteří dokumentaci kooperátora přebírají a posuzují.

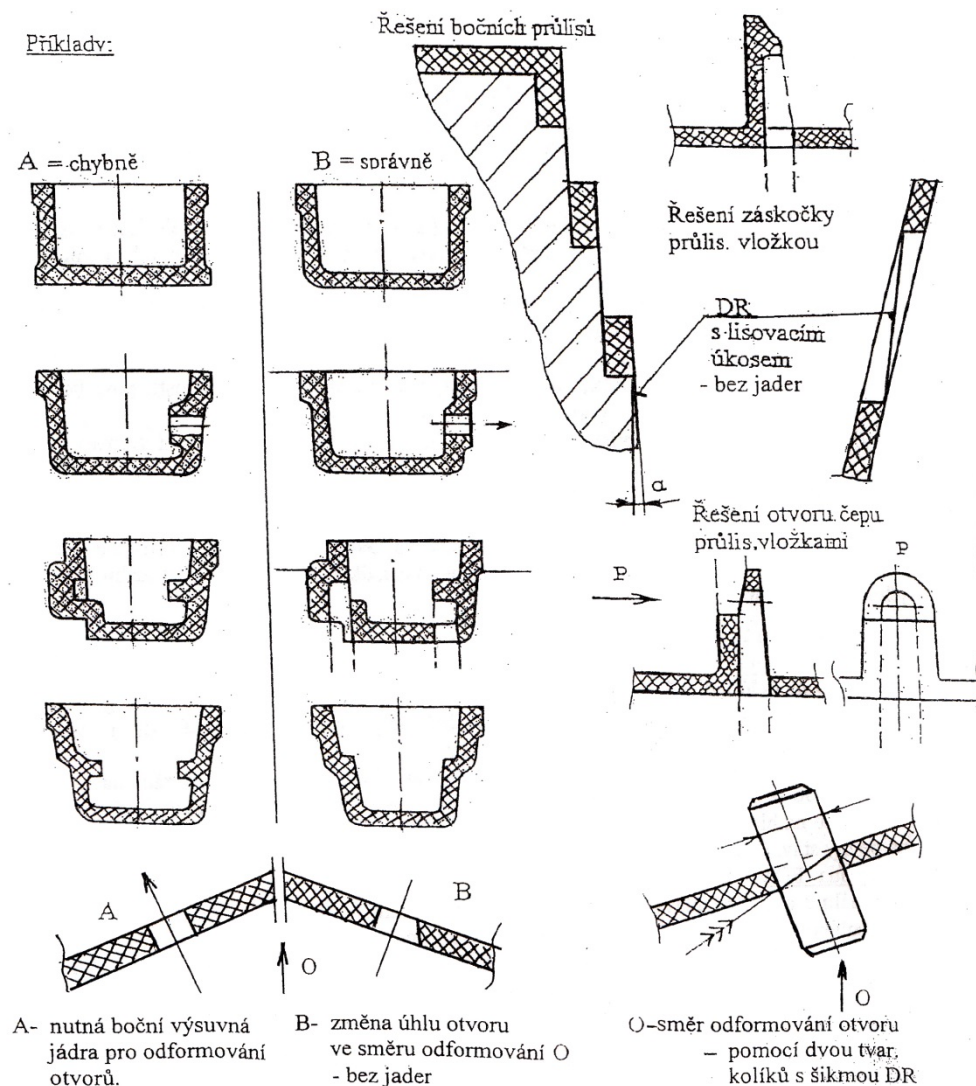
Jedná se o následující oblasti:

- a) zaformovatelnost
- b) tloušťky stěn, žeber, nálitky, radiusy
- c) lisovací úkosy
- d) tvary stěn dílů, z důvodů jejich možné deformace, velké rovné plochy (z pohledu užití amorfních či semikrystalických plastů a jejich plniv)
- e) tolerance výlisků z hlediska technologických možností použitých materiálů a zaformování (dle norem)
- f) volba vhodného druhu plastu – s ohledem na funkci výlisku se volí dle stanovených technických kritérií typ plastu, při zohlednění jeho technologických možností a jeho ceny (ekonomické hledisko)
- g) dále nutno zohlednit příslušné požadavky norem, které platí pro finální výrobek, ve kterém je díl z plastu nasazen (např. ochranné prostředky, vnitřní a vnější díly automobilů, či elektrická zařízení, apod.)

3.1.1 Zaformovatelnost

Zaformovatelností se rozumí způsob zaformování ve formě (volba dělicích rovin), aby výlisek, odformovatelný pomocí různých konstrukčních prvků (čelistí, šíbrů, vytáčecích prvků, apod.), mohl být ekonomicky vyráběn, nejlépe v automatickém chodu. S technickou zaformovatelností by měli být obeznámeni i konstruktéři dílů z plastů, jejichž řešení pak přejímají jako kooperátoři výrobci forem a výlisků. [7]

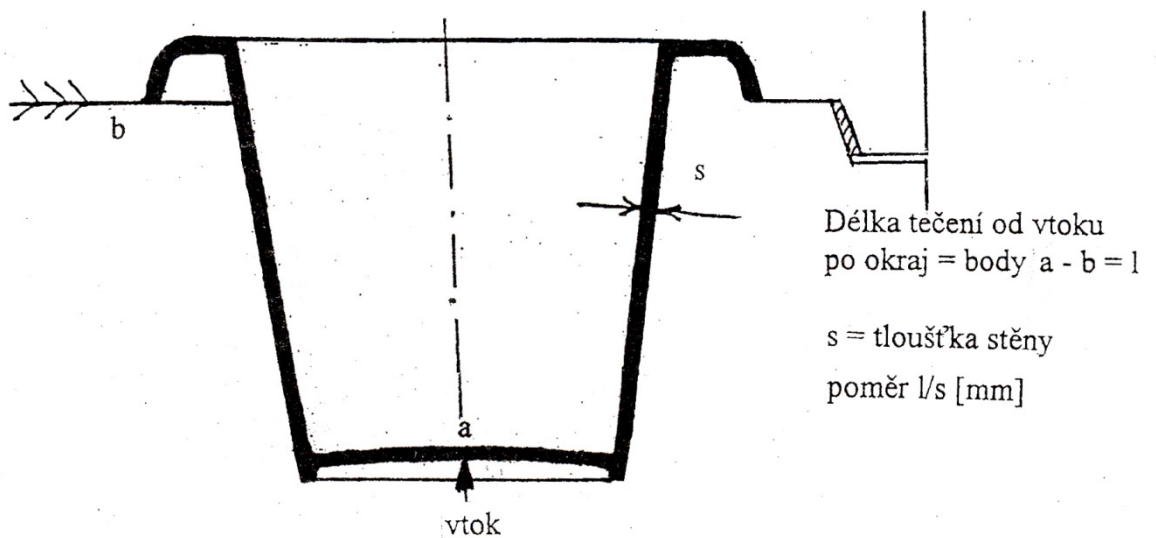
Zvláště v dnešní době, kdy z ekonomických důvodů dochází k integraci stále většího množství funkcí do jednoho dílu. Tím vznikají stále náročnější tvary z pohledu odformování a následně i složité formy. Norma „Směrnice pro konstrukci výlisků z plastových hmot“ ČSN 64 008 z roku 1968 je již zastaralá. Byla tvořena v období, kdy byla více rozšířena výroba dílů z reaktoplastů. [7]



Obr. 6 Příklady zaformování [7]

3.1.2 Tloušťky stěn, žeber, rádiusy

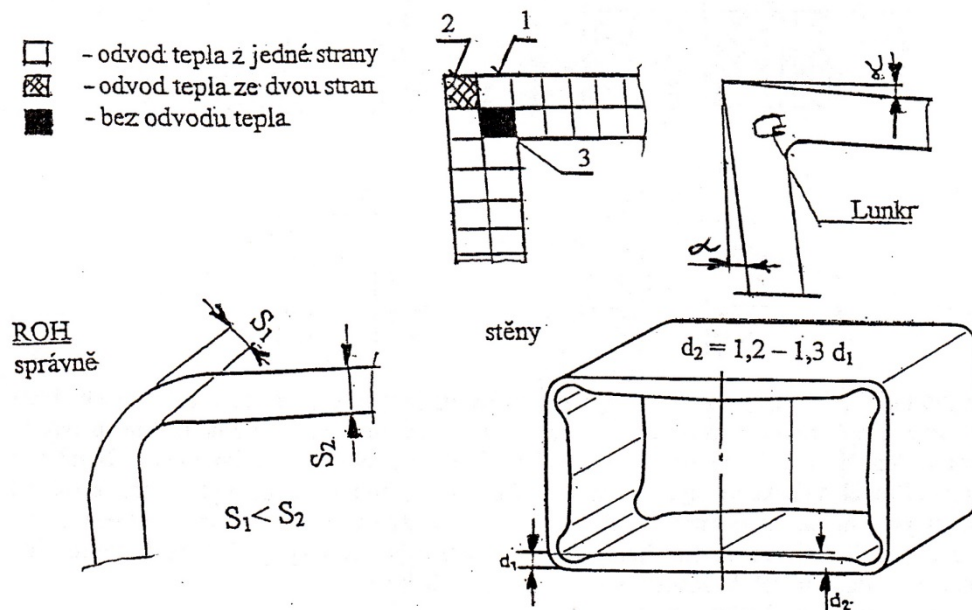
- Tloušťky stěny: musí splňovat požadavek funkční – tzv. pevnost, tuhost. Tuhost je spolu s pevností závislá na volbě materiálu – plastu, na tloušťce stěny, respektive tvaru namáhaného profilu. Musí splňovat požadavek lisotechnický z hlediska tečení plastu ve formě. Tato charakteristika je dána pro každý typ plastu poměrem: délka tečení / tloušťka stěny. Je udávána výrobcem materiálu. [7]



Obr. 7 volba tloušťky stěny [7]

U tvarově složitějších výlisků, kde nelze jen dle charakteristiky l/s posoudit zatékavost, je vhodné provést analýzu plnění pomocí počítačové simulace. Abychom mohli z ekonomických důvodů snížit tloušťku stěny (pokud vyhoví našemu požadavku tuhosti) dáme více vtoků. Tímto zmenšíme dobu tečení, respektive poměr l/s . [7]

- Řešení rohů a stěn: Ostré rohy vykazují úhlové deformace. Důvodem je různé chlazení v rozích výlisků. Jednotlivé prvky stěny rohu 1,2,3 (Obr. 8) vykazují různou intenzitu odvodu tepla. [7]

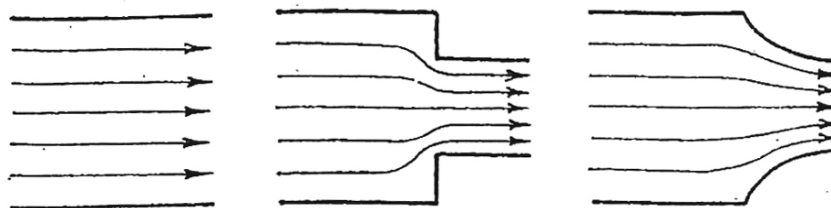


Obr. 8 Řešení rohů [7]

- Tloušťky žebek: Žebra se užívají ke zvýšení pevnosti a tuhosti výlisků. Z lisotechnického hlediska musí mít určitý poměr k hlavní tloušťce stěny, pokud u vzhledových výlisků chceme eliminovat vtaženiny, tj. objemovou kontrakci při chladnutí výlisku. [7]

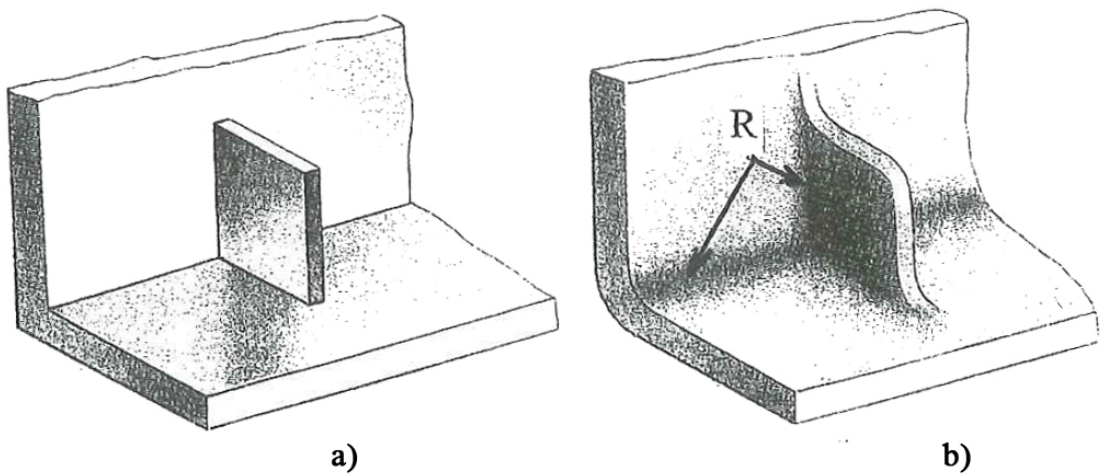
Vtaženiny po žebrech a nálitcích jsou na vzhledových výliscích, především u spotřebního zboží, velkým problémem. Proto je nutno tomuto problému věnovat zvýšenou pozornost. Vtaženiny jsou nejvíce patrné na lesklých povrchových plochách, zvláště u tmavých barev. Mnohdy se právě k eliminaci těchto vzhledových defektů používá dezénování. Dezén možno vytvořit dle vzorkovnic buď elektroerozivně, nebo fotochemicky, případně starší technikou – otryskáním. Vzorkovnice fotochemického dezénu poskytují širokou paletu vzorů, ze kterých si má možnost designér vybrat. [7]

- Ostré hrany na výlisku: Jakákoliv změna průřezů způsobí zvýšení napětí (tzv. špičku napětí).



Obr. 9 Směr proudění proudnic [7]

Tam kde dochází ke zhuštění proudnic, dochází ke zvýšení napětí, tedy k jeho koncentraci. Koncentrace je tím větší, čím větší je změna průřezu. Koncentrace napětí se vyskytuje i při změně směru tečení taveniny na vnitřních ostrých hranách. Zde je místo pro výlisek značně nebezpečné z hlediska prasknutí. Zvláště u amorfních materiálů, jejichž struktura špičky napětí nemůže dostatečně kompenzovat, se často praskání vlivem vnějších sil, vnitřních pnutí, tenzoaktivního prostředí, cyklického namáhání (únavy), vyskytuje. Eliminace – nutné odstranění ostrých přechodů a rohů na výliscích. [7]



Obr. 10 Řešení rohů [7]:

- a) špatné provedení
- b) šprávné provedení

4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

4.1 Konstrukční a technologické prvky vstřikovacích forem

4.1.1 Názvosloví a popis forem

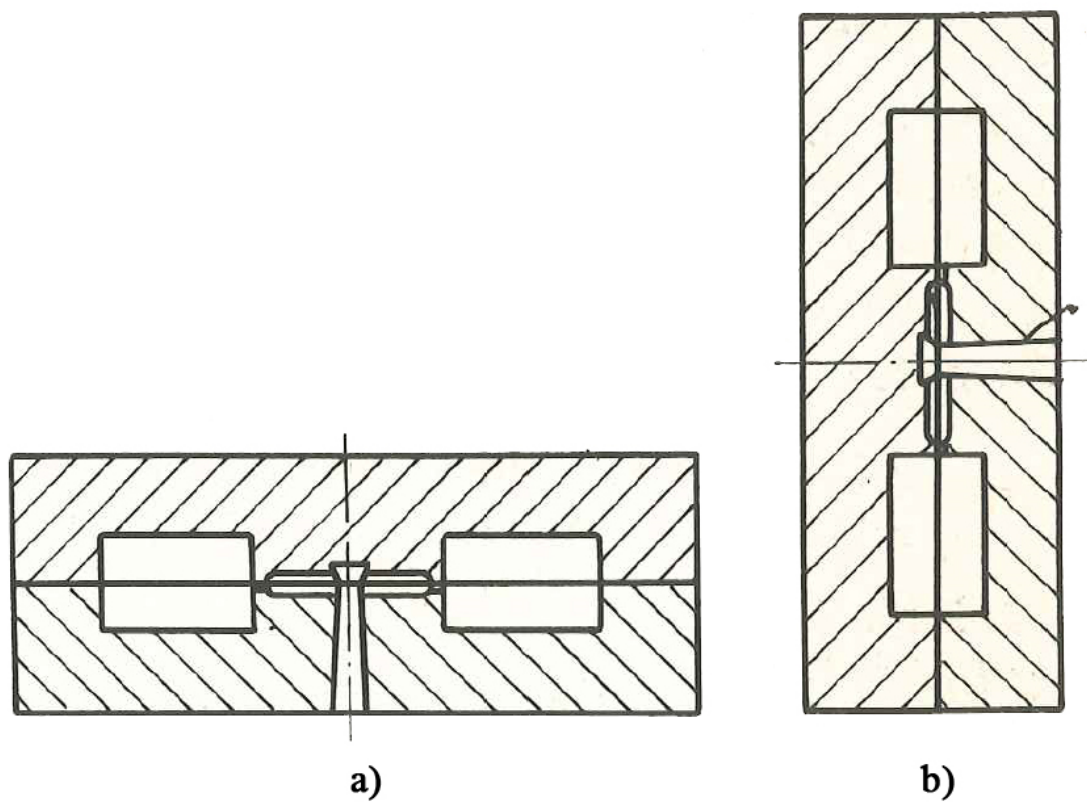
Veškeré součásti vstřikovacích forem dělíme zhruba takto [8]:

- Tvářecí části forem – k nim patří hlavní tvarové části, jako tvarové vložky pevné a vyjímatelné, tvarová jádra, tvárníky, kolíky, pevné a pohyblivé a technologicky opěrné kolíky.
- Součásti tvořící nosnou konstrukci forem – k nim patří vložkové desky, opěrné desky, základní upínací desky, nosné části mechanizačních, topných a temperačních elementů.
- Mechanizační součásti – k nim patří vyhazovací mechanismy forem, např. vyhazovací kolíky, desky, vložky, stahovací desky, výsuvné mechanismy tvarových jader, otáčecí mechanismy, pneumatické a hydraulické válce ovládací tvarová jádra, vyhazovací desky nebo vysouvání jednotlivých dílů formy. Dále pak zařízení na vkládání zálisků a čištění dělicích ploch formy.
- Technologické prvky na tvářecí ploše formy – k nim patří dutina formy, vtoková soustava (hlavní vtokový kanál, rozváděcí vtokové kanály, ústí vtoku), odvzdušňovací drážka, odvzdušňovací jímka, zaskřípávací drážka, přetokový kanál, přetokový prostor (vylehčená tvářecí plocha).

4.1.2 Druhy vstřikovacích forem

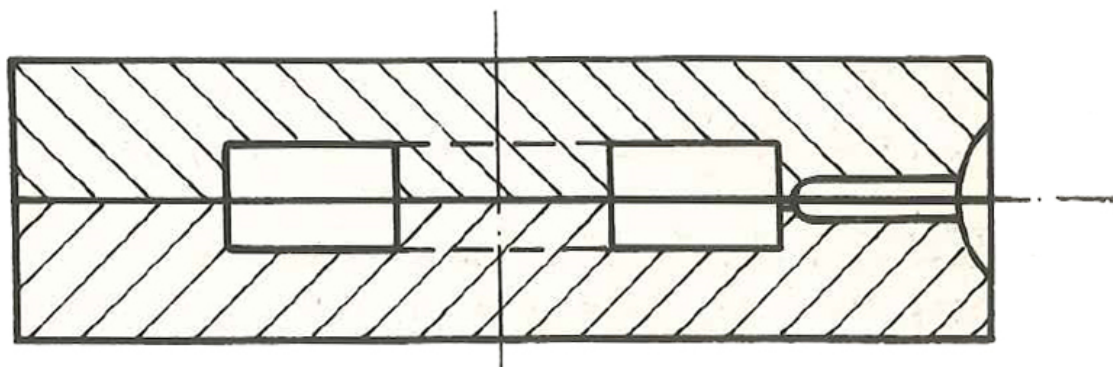
Vstřikovací formy rozdělujeme takto [8]:

- a) podle konstrukce vstřikovacích strojů:
 - s vtokem kolmo na dělicí roviny (Obr. 11)
 - s vtokem do dělicí roviny (Obr. 12)



Obr. 11 Uspořádání formy s vtokem kolmo na dělicí rovinu [8]:

- a) vertikální
- b) horizontální



Obr. 12 Uspořádání formy s vtokem do dělicí roviny [8]

- b) podle násobnosti:
 - jednonásobné
 - vícenásobné

- sdružené (dvojnásobná i vícenásobná forma, ve které se tváří různé druhy výrobků současně
- c) podle způsobu zaformování výstřiku a konstrukčního řešení:
 - jednoduché dvoudílné (dvoudeskové)
 - třídílné (třideskové)
 - dělené (vyjímatelný tvárník, pohyblivé díly)
 - etážové
- d) podle způsobu vyhazování výstřiku:
 - s mechanickým vyhazováním
 - s pneumatickým vyhazováním
 - se stírací deskou
 - s kombinovaných (vyhazovací kolík + pneumaticky)

4.2 Technické údaje potřebné pro konstrukci forem

Pro vyhotovení výkresové dokumentace formy nutné pro její výrobu, je třeba znát celou řadu technických údajů, aby její realizace byla úspěšná [2]:

1. Výkres součásti
2. Násobnost formy
3. Typ vstřikovacího stroje
4. Zvláštní požadavky

4.2.1 Výkres součásti

Charakter součásti z plastu má odpovídat jeho specifickým vlastnostem. Svým tvarem a rozměry má umožnit jeho jednoduchou výrobu i dodržení požadovaných fyzikálních i mechanických vlastností. Výkres má obsahovat [2]:

- materiál součásti (chemické případně obchodní označení)
- tvar
- rozměry a tolerance
- jakost povrchu a vzhledové požadavky (barva, dezén, stopy po vtoku, vyhazovačích, atd.)
- hmotnost
- technické přejímací podmínky
- zvláštní požadavky (např. temperace)

Z ekonomického hlediska výroba požaduje, aby výstřik byl [2]:

- tvarově snadno zaformovatelný
- rozměrově dosažitelný
- s minimálními nároky na další opracování

Při posuzování vyrobiteľnosti výstřiku je třeba zhodnotit, zda jeho tvar vyhovuje tvářecím podmínkám. To znamená, že jeho tvar, rozměry a tolerance se mají řídit zásadami pro konstrukci výstřiků dle ČSN 640006 a ČSN 640011. Dbát, aby byly malé rozdíly v tloušťkách stěn, zaoblené hrany, pozvolné přechody stěn, apod. Tím se vyhneme obtížím při výrobě, které mohou vyvolat nedodržení tvaru, rozměrů i vlastních výstřiků a způsobit i jeho vady (lunkry, studené spoje, apod.) [2]

Úspěšné a kvalitní navržení součásti předpokládá úzkou spolupráci konstruktéra součásti s konstruktérem forem a případně i technologem. Vyřeší se tím mnoho problémů, které by se později musely případně řešit s velkými obtížemi. Výroba pak může probíhat bez potíží s dodržáním všech požadavků. [2]

4.2.2 Násobnost formy

Optimální volba násobností formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří je ovlivňují. Posuzují se z hlediska [2]:

- charakteru a přesnosti výstřiku
- požadovaného množství výrobků
- velikosti a kapacity vstřikovacího stroje
- požadovaného termínu dodávky
- ekonomiky výroby

Součásti tvarově náročné, které vedou ke složité formě, jako i velkorozměrové výstřiky se většinou vyrábí v jednonásobných formách. Z hlediska kvality a přesnosti výstřiku je žádoucí, aby násobnost byla co nejmenší. Výroba rozměrově přesných součástí vedle nepřesností jednotlivých tvarových dutin, zavádí také do produkce další, nikoliv zanedbatelný faktor chyb. Nerovnoměrná teplota formy i plastu při plnění jednotlivých dutin, nestejně vstřikovací tlaky, rozdílné dráhy vtoků, apod. způsobují další rozměrové nepřesnosti. [2]

Velikost vstřikovacího stroje se svým plastikačním výkonem, vstřikovacím tlakem i uzavírací silou musí dostatečně a s rezervou naplnit bezpečně uzavřenou formu (dutiny i kanály). Požadovaná rezerva objemu taveniny i uzavírací síly je cca 20%. [2]

Násobnost formy se určuje z několika hledisek [2]:

- podle vstřikovací kapacity stroje
- podle plastikačního výkonu
- podle velikostí uzavírací síly
- termínem dodávky

Požadavek ekonomiky jak výroby formy, tak i výroby výstřiků je jednoznačný pro větší počet tvarových dutin. Zajistí se tím snadněji požadovaný počet kusů při nižších výrobních nákladech. [2]

4.2.3 Volba optimálního vstřikovacího stroje

Vstřikovací stroj je významnou složkou pro dosažení kvalitních výstřiků. Jeho volbu ovlivňují [2]:

- hmotnost a rozměry vyráběného dílu
- požadovaná přesnost a kvalita výstřiků
- velikost formy

Proto navržený stroj musí mít [2]:

- dostatečnou vstřikovací kapacitu
- dostatečný uzavírací tlak
- vhodnou koncepci stroje

Celková hmotnost výstřiku = hmotnost výstřiku x násobnost + hmotnost vtoků. Celkové množství hmoty musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Tato dávka je závislá na plastikačním čase, kterým je dán vstřikovací cyklus. Využití plastikačního výkonu se pohybuje od 10-90%. [2]

Maximální vstřikované množství nemá překročit 90%, protože ve stroji je nutná rezerva hmotnostního polštáře, pro případné doplnění hmoty při jejím úbytku smrštěním (dotlak). Tavenina je vstřikována do formy přes otevřenou (u plastů s menší tekutostí), nebo uzavíratelnou trysku. [2]

Jakost a rozměry výstřiku jsou ovlivněny kvalitou vstřikovacího stroje. Kvalita stroje je dána jeho konstrukcí, přesností řízení jednotlivých parametrů stroje, reprodukovatelností a stálostí parametrů. U všech výrobců tato kvalita není stejná, a proto je třeba volit vhodný stroj uvážlivě. [2]

4.2.4 Zvláštní požadavky na konstrukci formy

Konstrukce a celá koncepce formy je dána požadavkem dobré funkce v podmínkách stavení výroby. Záleží především na [2]:

- požadavcích na jakost výstřiku,
- ekonomice výroby,
- požadovaném termínu výroby.

Pokud pro zákazníka běžné požadavky nejsou vhodné, doplní je svými speciálními. Obvykle mají urychlit, zlepšit, případně zlevnit výrobu. [2]

Takovým zvláštním příslušenstvím bývá využití typizovaného rámu (dílu) forem, nasazení vyhřívané trysky, vyšší automatizace při vstřikování, robotizace pracoviště, apod. Všechny tyto požadavky mají obvykle vliv jak na konstrukci, tak i na výrobu formy a musí s ní být počítáno v oblasti, které se týká. [2]

4.3 Vtokové systémy forem

Úkolem vtokové soustavy je zajistit dopravu taveniny plastu z plastikační komory do dutiny formy. Vlastní vtok (ústí) by měl být dimenzován tak, aby umožnil maximální dobu působení dotlaku, k vyrovnání objemové kontrakce. Tzn. Eliminaci vtaženin případně lunek ve výlisku. Vtok by měl být pokud možno směřován do nejtlustšího místa (stěny) výlisku. Pro vstřikování s nadouvadlem do nejslabšího místa výlisku. [7]

Průtok taveniny vtokovým systémem je provázen složitými tepelně-hydraulickými poměry. Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují [2]:

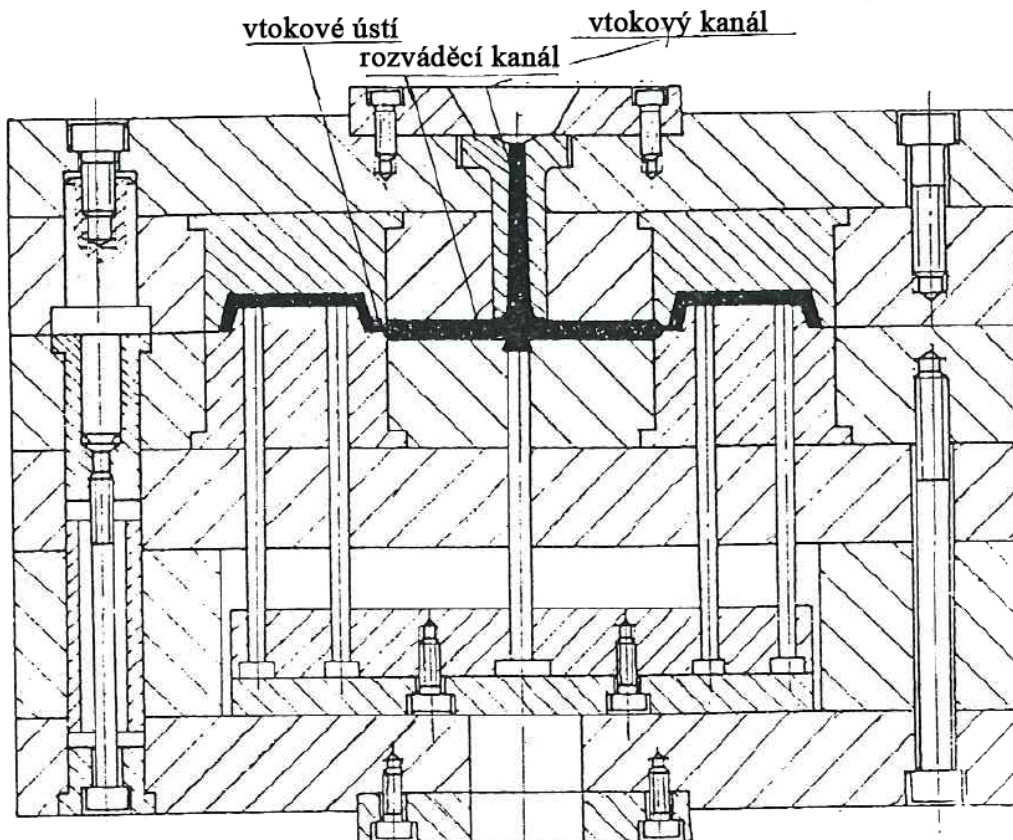
- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku
- spotřebu materiálu plastu
- náročnost opracování na začistění výstřiku
- energetickou náročnost výroby

Vtokové systémy rozdělujeme na dva typy:

- studené vtokové systémy
- vyhřívané vtokové systémy

4.3.1 Studené vtokové systémy

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. Popis jednotlivých částí vtokového systému je na Obr. 13. [2]

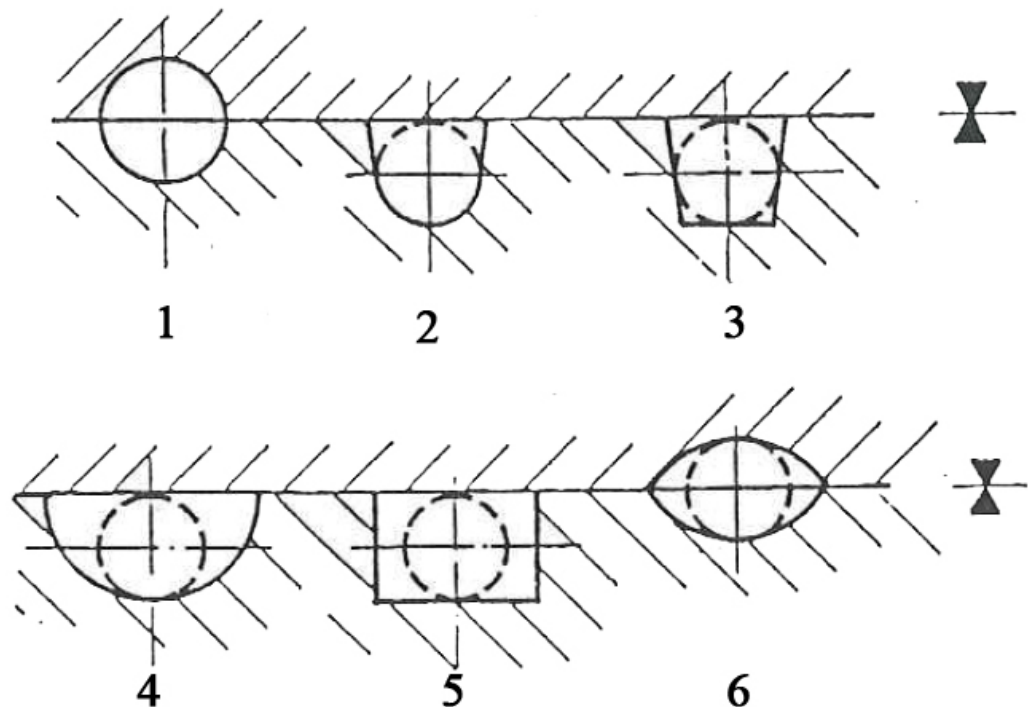


Obr. 13 Vtokový systém formy [2]

Požadavky na vtokové systémy [9]:

- Dráha toku od vstřikovací trysky k dutinám vstřikovací formy má být co nejkratší, aby mohla být tavenina vstřikována co největší rychlostí
- Dráha toku ke všem dutinám vstřikovací formy má být stejně dlouhá
- Průřez vtokových kanálů (světlost) musí být dostatečně velký, aby byla jistota, že po naplnění formy zůstane jádro vtokového kanálu dostatečně dlouho v plastickém stavu, a umožňovalo nahrazení úbytku objemu výstřiku při jeho smrštění (v dotlačovací fázi vstřikovacího cyklu). Nejvýhodnější je z tohoto hlediska kruhový průřez vtokových kanálů, jehož průměr se rovná maximální tloušťce stěny výstřiku.

Platí zásada, že průřez vtokových kanálů má být tím větší, čím větší je tloušťka stěny výstřiku a čím nižší je tuhost zpracovaného plastu.



Obr. 14 Průřezy vtokových kanálů [2]:

1, 6 - výrobně nevýhodné

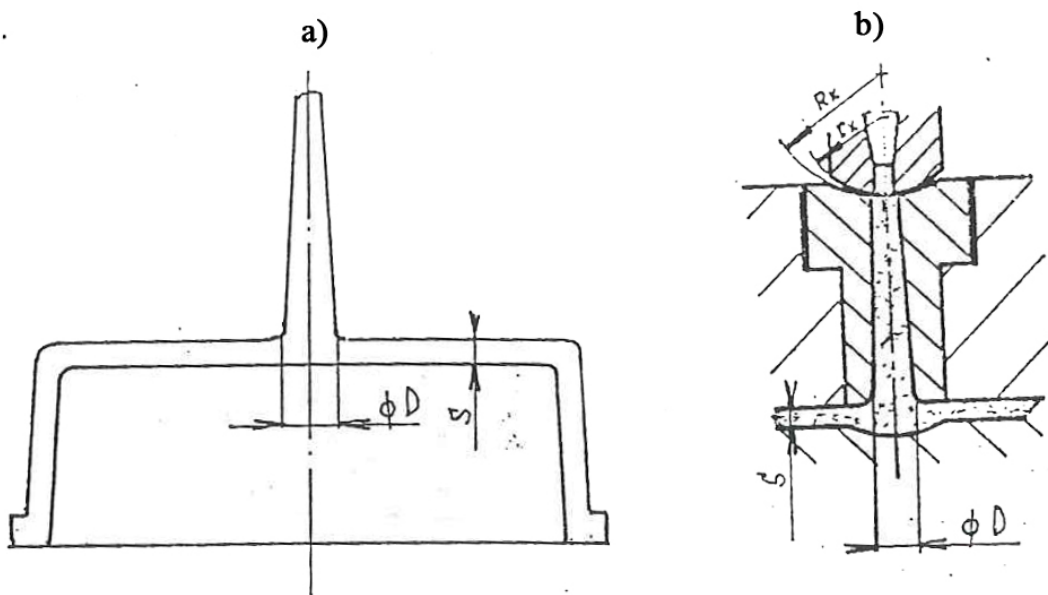
2, 3, 4, 5 - výrobně výhodné

- Ústí vtoku má být umístěno tak, aby tavenina vtékala do nejtlustšího průřezu výstřiku a tekla směrem k nejtenčímu místu (pravidlo klínu). Výjimkou je vstřikování plastů s nadouvadly, kdy volíme postup opačný.
- Pro přesné výstřiky jsou výhodnější plné vtoky, tj. rozváděcí kanály, které se v místě ústí vtoku nezužují. Běžně používané bodové vtoky, v nichž tavenina rychle „zamrzne“, a předčasně tak často znemožní působení dotlaku, jsou méně vhodné.
- Ústí vtoku, tj. přechod z rozváděcího kanálu k dutině formy, má být co nejkratší. Doporučuje se délka 0,5 – 1,2mm.
- Výstřiky tvaru dutého válce (pouzdra, ozubená kola apod.) mají být pokud možno vstřikovány prstencovým nebo deštníkovým ústím vtoku, aby nedošlo k deformaci tvaru (vzniku ovality). Prstencové ústí vtoku je vhodné pro dlouhé trubkovité výstřiky, protože umožňuje vystředění tvárníku (jádra, trnu) na obou koncích a tím zjišťuje lépe souosost vnějšího a vnitřního povrchu.

- Dosedací plochy trysky a vtokové vložky musí spolu lícovat; jsou-li kulovité, musí být poloměr koule na trysce o 0,4 – 0,6mm menší než na vtokové vložce, otvory v nich musí být souosé a průměr otvoru v trysce musí být alespoň o 0,5mm menší než průměr otvoru ve vtokové vložce. Nejsou-li dodrženy tyto zásady, může dojít k zatékání hmoty do dosedací plochy a k potížím při vyhazování výstřiku z formy, spojeným s jejich deformací.

Druhy studených vtoků [2]:

- **Plný kuželový vtok** – Přivádí taveninu do tvarové dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Používá se převážně u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Je vhodný především pro tlustostěnné výstřiky. Z hlediska působení dotlačku je velmi účinný, protože vtok tuhne ve formě poslední. Jeho odstranění je pracné a zanechává vždy stopu po výstřiku. Pro určení jeho průměru platí, že ústí vtoku má být až o 1 až 1,5mm větší, než je tloušťka stěny výstřiku. Pro menší tloušťky stěn výstřiku je vhodné vytvořit proti ústí čočkovité zhloubení.



Obr. 15 Plný kuželový vtok [2]:

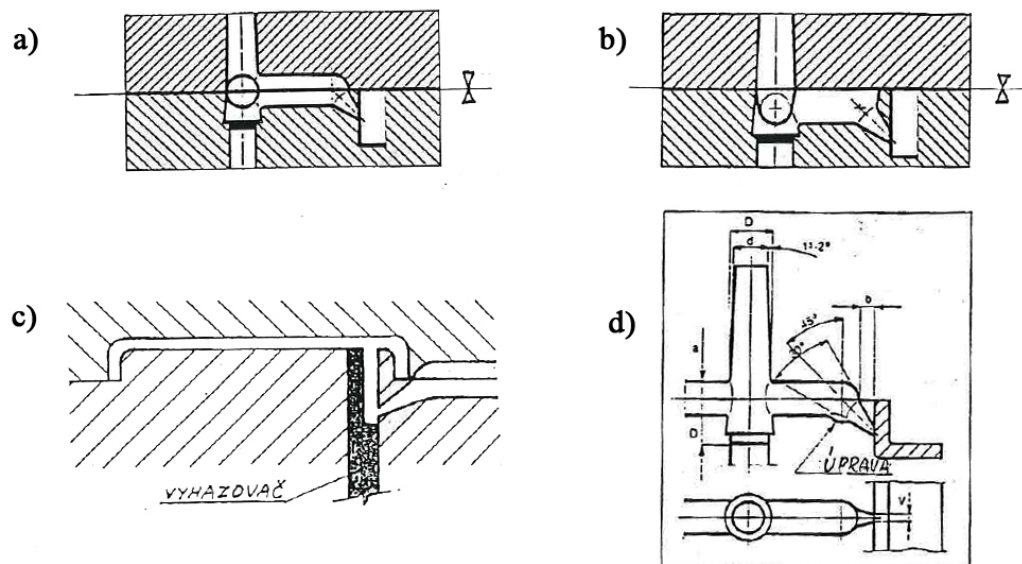
a) výstřik s plným kuželovým vtokem

b) čočkovité vybrání v dutině výstřiku

- **Bodový vtok** – Je nejznámější typ zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, který leží mimo nebo i v dělicí rovině. Může vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo z rozváděcích kanálů. Vyžaduje systém třídeskových

forem. U tohoto typu musí být zajištěno, aby nejprve došlo k odtržení vtokového ústí a teprve potom k otevření formy v dělicí rovině s tvarovou dutinou. V zúženém místě dochází při odformování k odtržení vtokového zbytku od výstřiku. Utrhne se podle způsobu provedení ústí. U tenkostěnných výstřiků se nejužší místo volí poněkud dále od výstřiku, než je tomu u výstřiků tlustostěnných, aby nedocházelo ke vzniku kráteru ve výstřiku.

- **Tunelový vtok** – Je zvláštní případ bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výstřik. Umístění může být v pevné i pohyblivé části formy. Není proto nutné konstruovat formu s více dělicími rovinami. Předpokladem dobré funkce tunelového vtoku je existence ostré hrany, která odděluje při odformování vtokový zbytek od výstřiku. To je třeba zvážit u vzhledově náročných výstřiků. Není-li zaústění do boku výstřiku možné, využívá se zaústění do vnitřního nálitku, žebra, apod. Oddělení vtokového zbytku se provádí buď při otvírání formy, nebo při vyhazování výstřiku. Umístění vtoku v pevné části je pro odformování obtížnější. Na začátku otvírání je k dispozici málo místa pro odtržení vtoku.

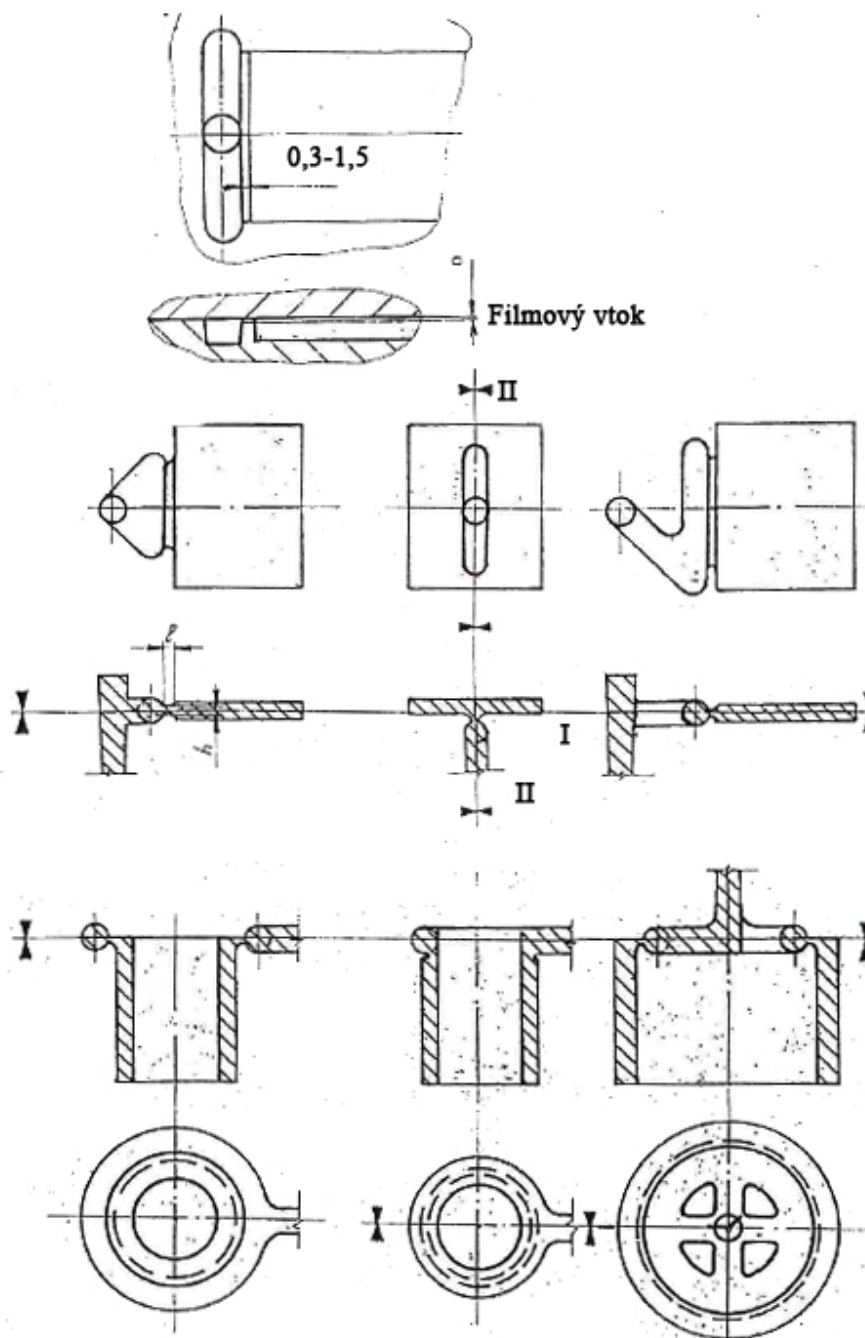


Obr. 16 Tunelový vtok [2]:

- rozváděcí kanál v obou polovinách formy
- rozváděcí kanál i dutina v jedné polovině formy
- zaústění do nálitku
- zlepšená úprava

- **Boční vtok** – Je také typem se zúženým vtokovým ústím, které leží v dělicí rovině. Průřez bývá obvykle obdélníkový, ale může být i jiný (kruhový, lichoběžníkový). Je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Při odformování zůstává zpravidla výstřík od vtokového zbytku neoddělený. Při automatickém cyklu se řeší jeho oddělování zvláštním odřezávacím zařízením, které je součástí formy. Vtokové ústí bývá napojeno na rozváděcí kanál zúžením průtokového průřezu. V tomto místě pak dochází ke zvýšení teploty taveniny. Pokud tomu tak není, dochází k horšímu plnění dutiny formy, případně vznikají na výstříku povrchové vady.
- **Filmový vtok** – Je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. K nim se ještě řadí vtoky diskové, prstencové, deštníkové a další. Od filmového vtoku se vyžaduje:
 - a) dodržení rovinnosti, přímosti, přesnosti tvaru výstříku
 - b) malé vnitřní pnutí
 - c) odstranění studených spojů
 - d) vyvážení tlaku, kterým proudící tavenina působí na jádra nebo zálisky
 - e) zmenšení rychlosti taveniny vstupující do dutiny formy
 - f) zmenšení odporu vtokového systému

Rozvedení taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu. To se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu (i jinými úpravami).



Obr. 17 Filmový vtok, nejrůznější uspořádání [2]

4.3.2 Vyhříváné vtokové systémy

Vyhříváné vtokové systémy zaujímají v průmyslu zpracování plastů, při konstrukci forem, stále větší uplatnění proti klasickým vtokovým soustavám. Je to dáno nespornými výhodami, jež jsou dány neustálým vývojem těchto systémů pro nové výrobní aplikace a používané hromadné a technické typy plastů, včetně plněných. [7]

Výhody proti studeným vtokovým soustavám s vtokovým zbytkem [7]:

- a) umožňují automatizaci výroby
- b) daly předpoklad k hromadné výrobě výlisků (kelímky, uzávěry, plastové přístroje, tenkostěnné obaloviny, apod.), vytvořily předpoklady pro výrobu velkých dílů, tvarově a technicky náročných aplikací (např. automobilový průmysl, z širokého sortimentu termoplastů
- c) podstatně zkrátily výrobní cykly (chladicí čas)
- d) vyloučily odpad vtokových soustav
- e) snižují náklady na dokončovací práce, není potřeba odstraňovat vtokové zbytky
- f) odpadá manipulace a regenerace vtokových zbytků, a problémy při zpracování regenerátu

Nevýhody [7]:

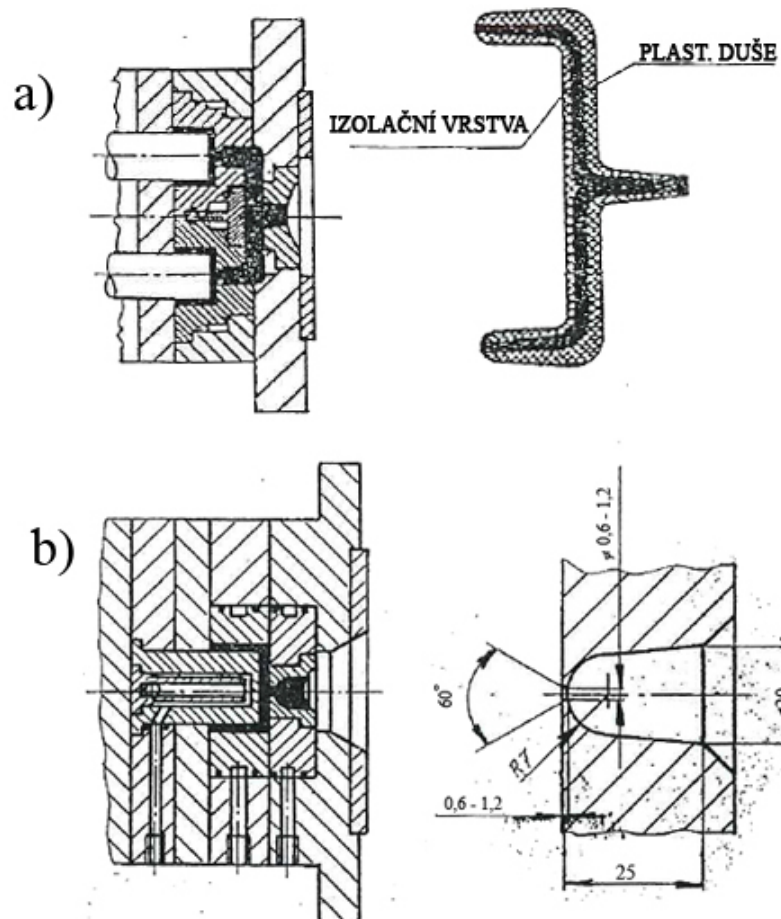
- u vhodně volených aplikací nevznikají
- všechny aplikace nelze realizovat s vyhřívaným vtokovým systémem, zvláště není efektivní při malých sériích a některých typech technických plastů
- náročnost na technickou úroveň vstřikoven, její vybavení a technickou úroveň lidí
- nákladné formy, neboť vyhřívané vtokové systémy jsou předmětem nákupy od specializovaných firem, včetně regulace.

Izolované vtokové soustavy

Pracují na principu vlastní termoplastické izolace v okrajových vrstvách vtokových kanálů, nebo předkomůrky. U tohoto systému tryska nemá vlastní vytápění. Její teplotu udržuje buď větší vrstva taveniny svou tepelně izolační vlastností, nebo je ohřívána nepřímo. Lze je rozdělit na dva systémy. Nejjednodušší a dnes již málo používané jsou takové, kde vtoková vložka s rozváděcími kanály mají až k ústí takový průřez, aby v celém systému nedošlo během zpracovatelského cyklu k úplnému zatuhnutí taveniny. Při prvním vstřiku se naplní zesílené kanály, nebo předkomůrka taveninou, která při dostatečně rychlém sledu pracovních cyklů zůstává uprostřed plastickou. Tím, že jen vnější vrstva zatuhne, tvoří tepelnou izolaci proudící tavenině. Vnitřním pásmem pak lze vstřikovat taveninu do dutiny formy. Použití je vhodné u plastů s nízkou teplotou tavení a širokým intervalem zpracování. [2]

U výstřiků s tlustší stěnou, kde vlivem delšího chlazení by mohlo nastat zatuhnutí proudu taveniny v celém průřezu, lze použít předkomůrkového vtoku. Vyznačuje se tím, že komůrka je zvětšena nebo do její dutiny zasahuje nástavec nebo prodloužená tryska z materi-

álu s dobrou tepelnou vodivostí. Tento materiál je nepřímo ohříván vedením od vytápěné trysky vstřikovacího stroje. Z vnější strany je pak předkomůrka vtoku ochlazována a vrstva ztuhlé taveniny na ní vytváří izolaci. Tavenina pak proudí kolem ohřívajícího nástavce bez poklesu teploty až do dutiny formy. [2]



Obr. 18 Izolovaná vtoková soustava [2]:

a) zesílené vtoky

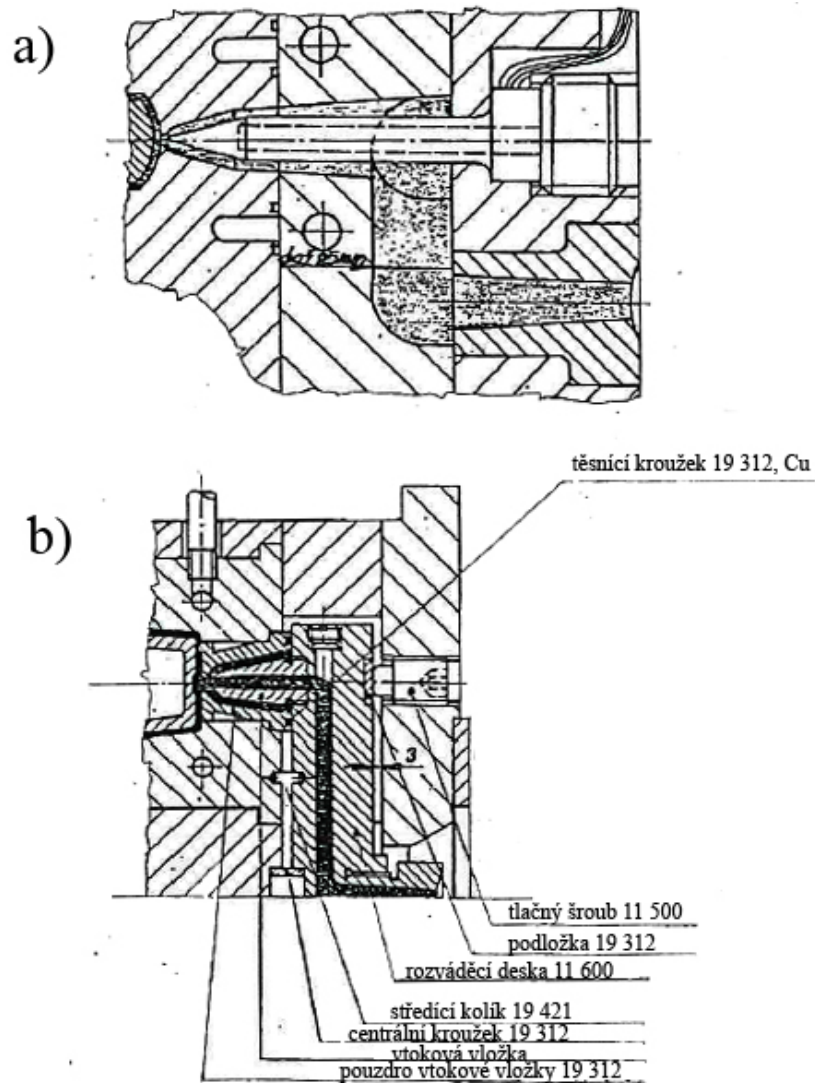
b) vtoková předkomůrka

Vyhřívání trysky

Její konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný člunek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky vstřikování. Takové vyhřívání vtokové soustavy si obvykle uživatel sám nevyrábí, ale nakupuje u specializovaných firem. Ti je vyrábí v širokém konstrukčním sortimentu. I v tuzemsku jsou činěny pokusy o jejich realizaci. Výsledky však nedosahují úrovně a šíře sortimentu zahra-

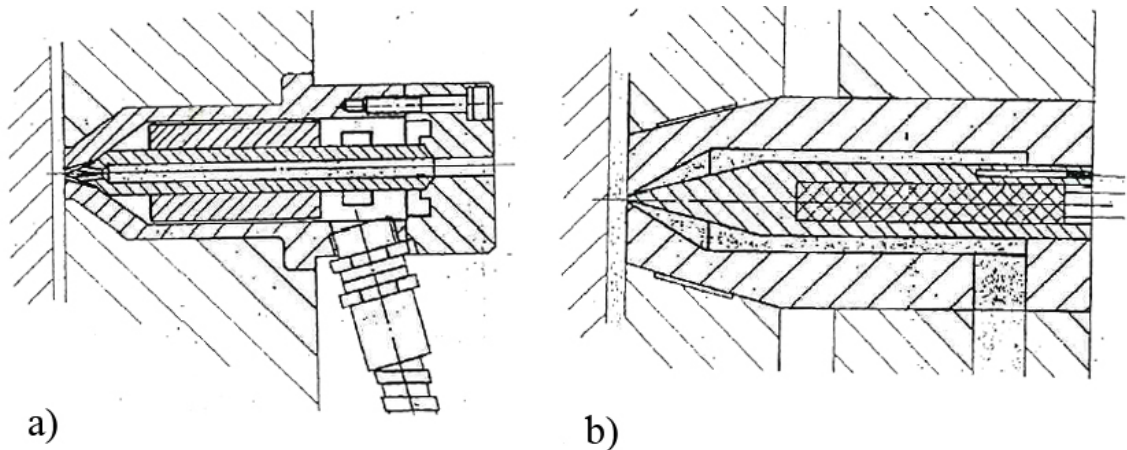
ničních firem. Konstrukční provedení přímo ohříváných trysek je charakterizováno dvěma základními principy [2]:

- trysky s vnitřním topením
- trysky s vnějším topením



Obr. 19 Nepřímo vyhřívané trysky [2]:

- a) dotápěná tryška vlastním zdrojem tepla
- b) dotápěná tryška rozvodným blokem



Obr. 20 Vyhřívaná tryska [2]:

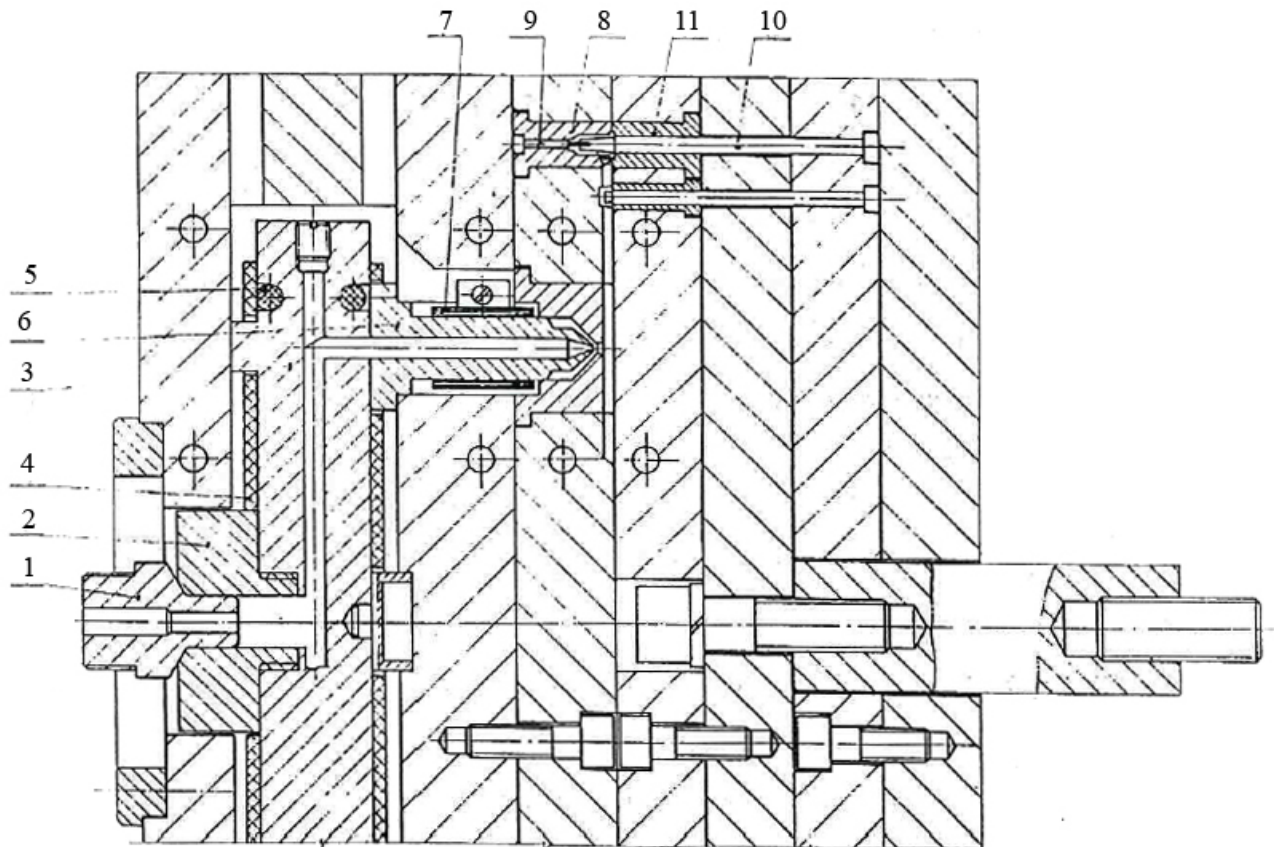
a) s vnějším vytápěním

b) s vnitřním vytápěním

Vyhřívané rozvodné bloky

Vstřikovací formy s rozvodným blokem se používají v kombinaci s vyhříványi nebo i izolovanými tryskami s předkomůrkami. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce je podmíněna rovnoměrným vytápěním. V opačném případě ovlivní tokové chování taveniny a její tlakové rozložení v jednotlivých tvarových dutinách. Rozváděcí blok je ocelový, ložen mezi upínací a tvarovou desku v pevné části formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i k uložení trysek. Vyrábí se ve tvaru I, H, X, Y, hvězdice, apod. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou. Instalovaný výkon ohřevu rozvodného bloku musí být takový, aby se dosáhlo [2]:

- rychlého ohřevu
- dostatečné teploty pro optimální tok taveniny v bloku i případně v trysce
- eliminace tepelných ztrát (vodivostí, prostupem, vyzařováním), to tím způsobem, že se minimalizuje plocha pro přestup tepla, izolace bloku a lesklé opracování



Obr. 21 Příklad formy s rozvodným blokem a vyhřívanou tryskou s vnějším vytápěním [2]

4.4 Vyhazovací systémy forem

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřík. K tomu složí vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. [3]

Má dvě fáze [3]

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

Základní podmínkou dobrého vyhazování výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší než 30°. Vyhazovací systém musí výstřík vysunout rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. Může se jich využít k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku, u hlubokých tvarů je třeba počítat s jejich zavzdušněním. [3]

Po vyhazovacích kolících zůstanou obvykle na výstřiku stopy. Jsou-li na závadu, výstřik se podle možnosti opraví, nebo se vyhazovače umístí na tu stranu, kde vzhledu nevadí. Může se změnit i způsob vyhazování. Tím se ale často změní i zaformování výstřiku a také celá koncepce formy. Mimo výstřiků se vyhazuje i vtokový zbytek. Při vhodném upořádání se může vtokový zbytek od výstřiku záměrně oddělit. Pohyb vyhazovacího systému se vyvine [3]:

- narážecím kolíkem o traverzu vstřikovacího stroje při otvírání formy, narážecí kolík je axiálně seřiditelný;
- hydraulickým, nebo pneumatickým zařízením, které bývá obvykle příslušenstvím vstřikovacího stroje, umožňuje měkké vyhazování;
- ručním vyhazováním nejrůznějšími mechanismy, je vhodné pro jednoduché a zkušební formy, obvykle bývá umístěna na formě.

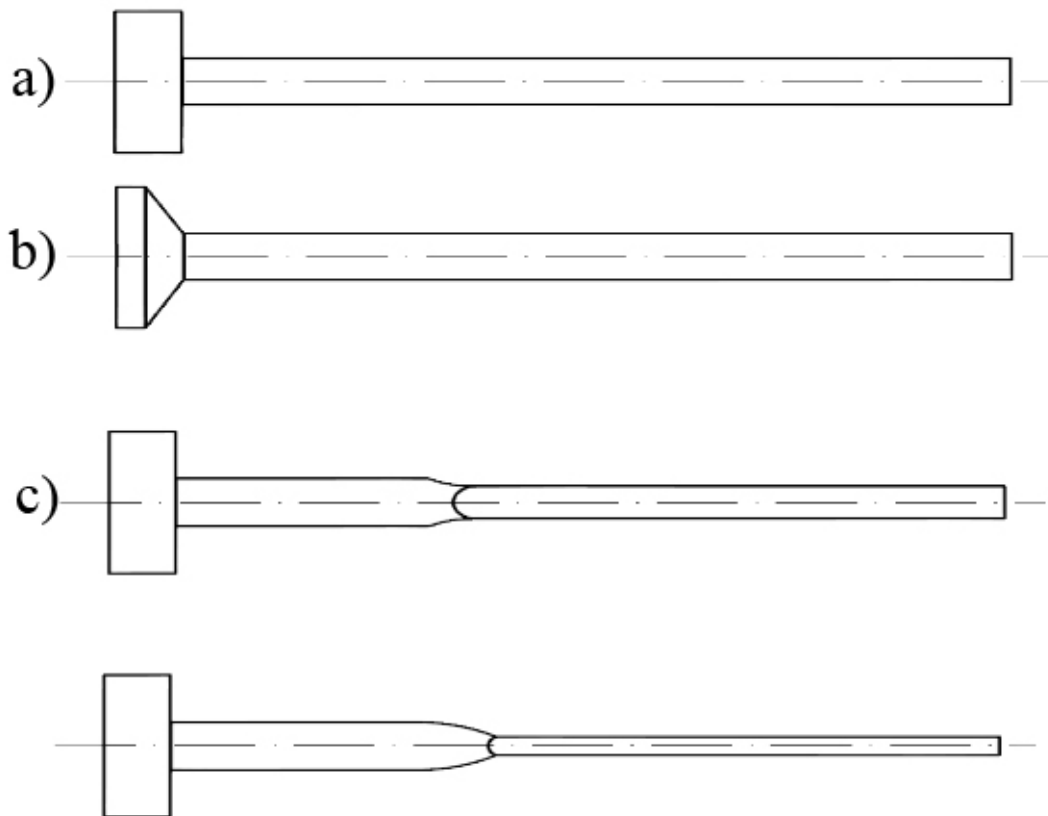
Zpětný pohyb je zajišťován [3]:

- vratnými kolíky;
- pružinami vždy v kombinaci s jiným systémem;
- speciálním mechanickým, vzduchovým nebo hydraulickým vyhazováním.

4.4.1 Vyhazovací kolíky

Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiků. Tento způsob vyhazování lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Je výrobně jednoduchý a funkčně zaručený. [3]

Kolíky se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit. Jinak by mohla nastat jeho trvalá deformace. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy. Proto není vhodné je umístit na vzhledových plochách. Pokud je vyhazování vybaveno větším množstvím vyhazovacích kolíků, obtížněji se u formy zhotovují temperační kanály. [3]



Obr. 22 Vyhazovací kolíky [3]:

- a) s válcovou hlavou
- b) s kuželovou hlavou
- c) prizmatické

4.4.2 Stírací deska

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Jeho deformace pak jsou minimální a stírací síla velká. Používá se především u tenkostěnných výrobků, kde je nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřík na stírací desku v rovině, nebo plocha výstřiku je mírně zakřivena. [3]

Tento způsob se používá i pro vícenásobné formy, někdy se doplňuje systémem oddělování výstřiku od stírací desky. To proto, že zde často dochází k „lepení“ výstřiku svým povrchovým napětím a elektrostatickou silou k povrchu stírací desky. Lze používat i ofukování stlačovaným vzduchem. [3]

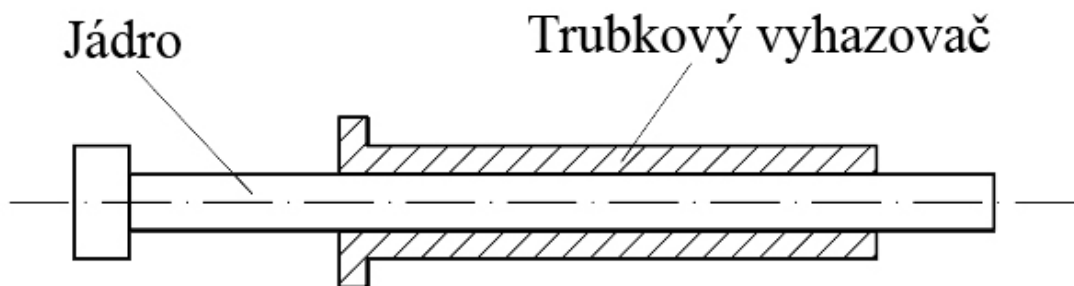
Pohyb stírací desky může být podle účelu a koncepce formy vyvozen [3]:

- tlakem vyhazovacího systému;
- tahem ve speciálních případech (obvykle při rozevírání formy jeho pevnou deskou).

Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu. Působí přes vyhazovací desku spojenou táhly se stírací deskou. Síla může být také vyvozena pružinami, hydraulickým nebo pneumatickým zařízením. [3]

4.4.3 Trubkové vyhazovače

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



Obr. 23 Trubkový vyhazovač [3]

4.4.4 Šikmé vyhazovače

Při vyhazování výstřiku se zápichem, vyhazovače svým šikmým pohybem uvolňují zvětšenou, případně zmenšenou část výstřiku při jeho současném vyhození. Zápich může být vytvořen přímo na vyhazovači, nebo s šikmo uloženými kolíky jsou pevně spojeny čelisti, se kterými plní obdobnou funkci. [3]

Uspořádání takového systému má nejrůznější podobu a je možné ho kombinovat s přímým vyhazováním. Je snahou, aby způsob funkčně dokonalý a výrobně jednoduchý. [3]

4.4.5 Dvoustupňové vyhazování

Patří do skupiny mechanického vyhazování. Vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se vzájemně ovlivňují. Způsob umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. Proto se s výhodou používá například k vyhazo-

vání slabostěnných výstřiků v kombinaci – stírání s vyhazovacími kolíky, při šikmém vyhazování výstřiků se zápichem, apod. [3]

Využívá se také při oddělování vtokových zbytků od výstřiků spolu s jejich vyhazováním. Pracuje takovým způsobem, že jednou skupinou zdvojených vyhazovačů se odstříhnou vtoky a druhou se zpožděným zdvihem se výstřiky vyhodí. [3]

4.4.6 Vzduchové vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Způsob není tak častý, ale pro výstřiky uvedeného tvaru (např. kbelík) velmi výhodný. Běžné mechanické vyhazování větších výstřiků vyžaduje značné zvětšení délky formy (velký zdvih vyhazovače), bez záruky dobré funkce. [3]

Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou na výstřiku stopy po vyhazovačích. Použití pneumatického vyhazování je omezeno jen na některé tvary výstřiků. [3]

4.4.7 Hydraulické vyhazování

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. S přímo zabudovanými hydraulickými jednotkami ve formě, které pracují jako vyhazovače, se setkáváme již méně. [3]

Používané hydraulické vyhazovače se vyrábějí většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve formě. S její pomocí se přímo ovládají vyhazovací kolíky stírací desky, apod. Hydraulické vyhazování, se vyznačuje velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [3]

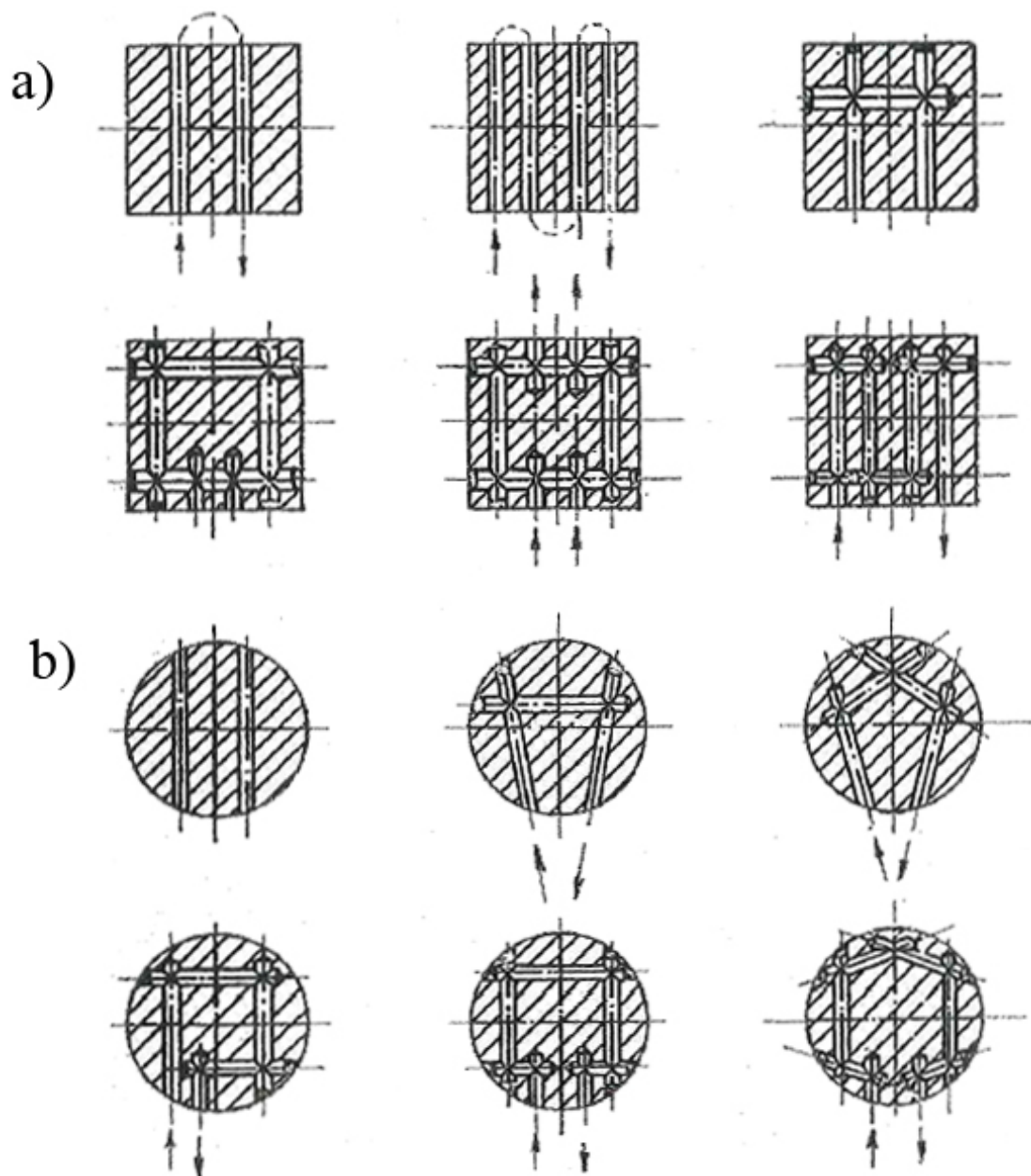
4.5 Temperování forem

Temperace slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků výroby. Děje se tak ochlazováním, případně vyhříváním celé formy, nebo její části. [3]

Během vstřikování se do formy přivádí roztavený polymer, který se v její dutině ochlazuje na teplotu vhodnou pro vyjmutí výstřiku. Teperace tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se forma ohřívá. Každý další výstřik je třeba vyrobit zase při stanovené teplotě. Proto je nutné toto přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést temperační soustavou formy. [3]

Některé plasty se zpracovávají při vyšších teplotách. V takovém případě jsou tepelné ztráty formy větší, než její ohřátí taveninou a musí se naopak ohřívát. Také při zahájení výroby je třeba nejprve vyhřát formu na pracovní teplotu. Jinak by nebyla zaručena dostatečná kvalita výstřiků. Proto je úkolem temperace [3]:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny (podle druhu zpracovaného plastu);
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku.



Obr. 24 Příklady temperačních systémů [3]:

a) hranaté desky

b) kruhové desky

4.6 Odvzdušnění forem

Odvzdušnění dutiny vstřikovací formy je konstrukčně technologické opatření, které má usnadnit a někdy vůbec umožnit vzduchu, který před sebou v dutině formy stlačuje vnikající taveninu, aby unikl z dutiny a nebránil tak jejímu úplnému vyplnění. Nemůže-li vzduch včas uniknout, dojde vlivem vysokého tlaku a teploty k jeho silnému zahřátí, což se na výstřiku projeví jako spálené místo; uniká-li vzduch pomalu, může vzniknout také nedoli-

tek. Navíc mohou vzniknout potíže při vyhazování výstřiku z formy. Odvzdušnění se provádí v místě tzv. studeného spoje, tj. v místě soutoku dvou nebo několika proudů taveniny. Vlastní odvzdušnění se vytváří jako ploché nebo kruhové štěrbin, které se dělají např. v dělicí rovině nebo kolem vyhazovačů, apod., a to často až dodatečně, podle toho, kde vzniknou na výstřiku studené spoje. Osvědčily se ploché štěrbin, hluboké 0,01 až 0,02mm a široké 3mm. Jsou-li kanály hlubší, vniká do nich při vstřikování tavenina, která potom zůstává jako tenký film ve štěrbině a blokuje ji. Jako odvzdušňovací kanály fungují i otvory pro vedení vyhazovačů případně štěrbin, vytvořené zploštěním vyhazovačů. Jsou účinné zvláště u kapsovitých dutin. Nejsou-li ve formě vyhazovače, je možno použít odvzdušňovacích kolíků nebo lamel. [9]

4.7 Materiály vstřikovacích forem

Formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiků se od nich vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých provozních nákladů. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené [3]:

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

Jednotlivé díly forem nemají stejnou funkci. Proto vyžadují i svoje specifické požadavky na volbu materiálu, z kterého budou vyrobeny. Jejich výběr a doporučená řada má odpovídat požadované funkci součásti, s ohledem na opotřebení a životnost. [3]

Úspěšný vývoj universálních typů ocelí s širokým rozsahem užitečných vlastností, může plnit v maximální míře funkční požadavky výroby na materiál. Takový trend stále pokračuje. Z širokého sortimentu jakosti ocelí se současně pro výrobu forem používají následující skupiny [3]:

- oceli konstrukční k použití v přírodním i zušlechtěném stavu;
- oceli k snadnému opracování i tváření, pro cementování a zušlechtování;
- oceli uhlíkové k zušlechtování;
- oceli nástrojové legované se sníženou i velkou prokalitelností a odolností proti otěru;

- oceli k nitridování
- oceli antikorozi, používané při zpracování plastů, které chemicky ovlivňují ocel;
- oceli martenziticky vytvrditelné s malou deformací při tepelném zpracování a velkou stálostí rozměrů.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- vypracovat literární rešerži na téma: Vstřikovací formy;
- vytvořit 3D modely jednotlivých celků a jejich vizualizace za pomoci software Catia;
- zpracovat dokumentaci ve 2D

V literární rešerži byly dány dohromady informace o problematice vstřikování, vstřikovacího procesu a vstřikovacích forem.

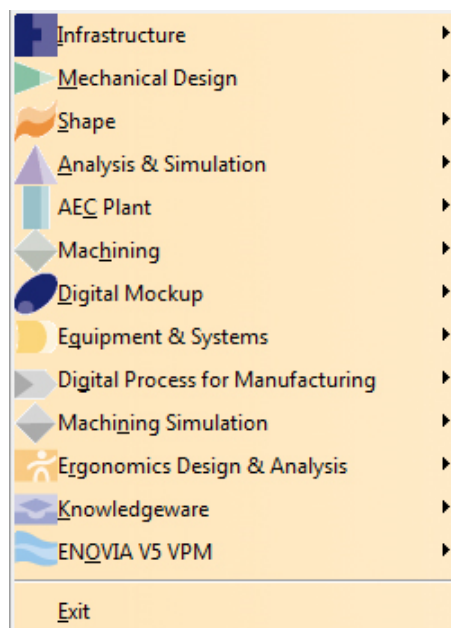
V praktické bakalářské části se bude při tvorbě vstřikovací formy vycházet ze zvoleného plastového dílu. Díl bude vymodelován ve 3D a podle něj se zkonstruuje vstřikovací forma, kterou jsme zvolili čtyřnásobnou.

Vstřikovací forma i vstřikovaný výrobek budou zpracovány jako 3D modely v software Catia. Následně bude sestava vstřikovací formy za využití téhož programu převedena do 2D a vytvoří se výkresová sestava, kde budou uvedeny všechny díly formy a doloženy kusovníkem.

6 CATIA

Software CATIA (Computer - Aided Three – Dimensional Interactive Application) od francouzské firmy Dassault Systèmes. Jedná se o integrovaný systém počítačového konstruování a výroby. Řadí se mezi jeden z nejlepších softwarů pro konstrukci, tvorbu výkresů, dílců, sestav, atd. V programu procházíme od pouhého náčrtu dílu, jeho 3D realizaci, tvorby sestavy, výkresovou dokumentaci, atd.

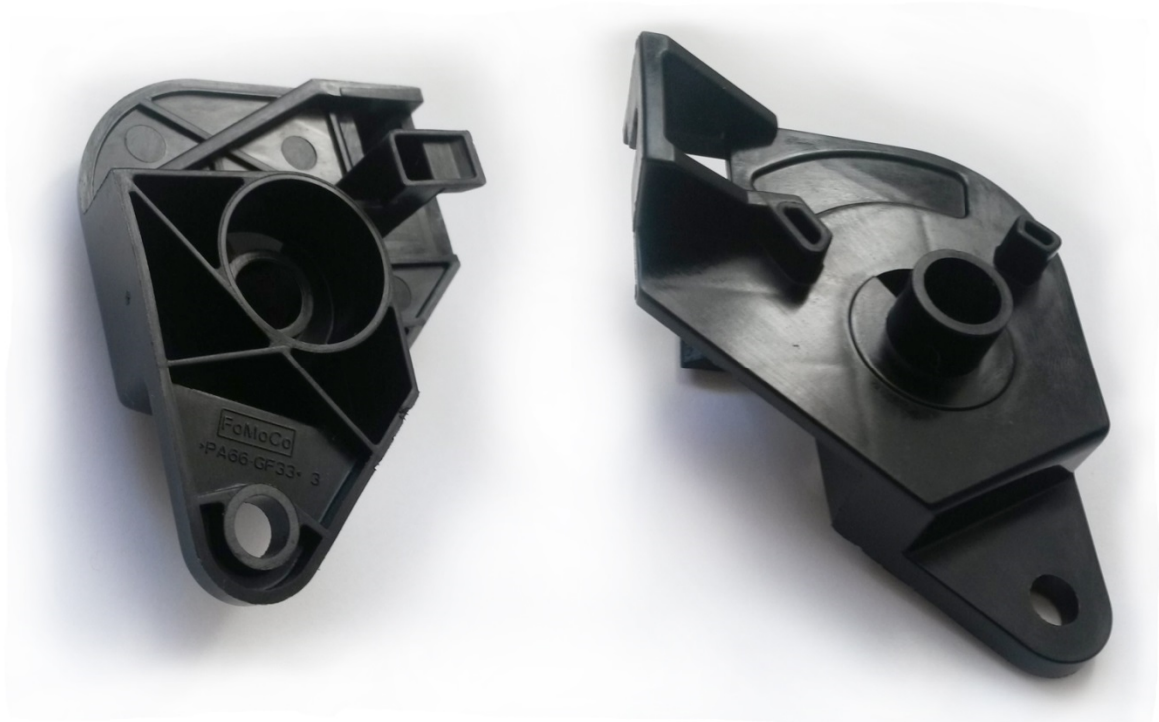
Svou práci realizuje ve verzi CATIA V5R18.



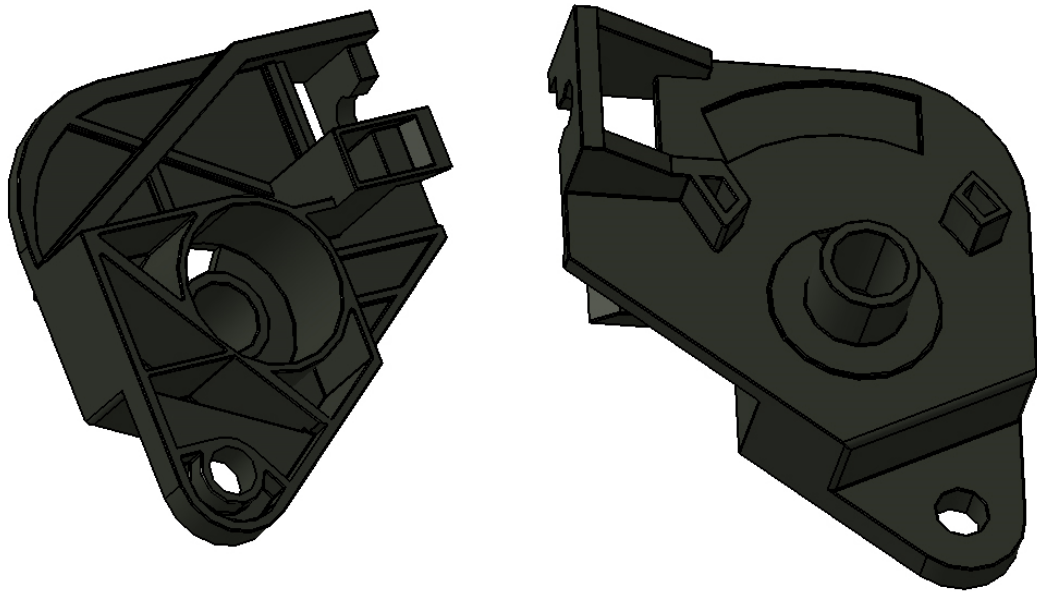
Obr. 25 Moduly programu CATIA

7 VÝROBEK

Pro návrh vstřikovací formy jsem si zvolil díl, který je součástí otvírání kufu auta (Obr. 28). Tuto součást jsem zvolil pro její zajímavost a složitost. Výlisek je různě profilovaný, není symetrický a je konstruován tak, že bude na formě třeba použít pohyblivé čelisti. Na výrobku jsou navíc žebra v místech, kde by mohlo docházet k bortění stěn.



Obr. 26 Fotografie výrobku



Obr. 27 Model výrobku

Jako materiál výrobku byl použit PA66 GF33, což je materiál dobré průmyslové kvality, vyznačující se skvělým poměrem vysokých mechanických parametrů a ceny. Umožňuje náhradu kovů a nižší hmotnost dílů. Navíc obsahuje 33% skla, což mu dodává potřebnou tvrdost.

8 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Pro vstřikování byl zvolen vstřikovací stroj značky Engel s označením VC 500/120 TECH. Tento stroj byl zvolen na základě rozměrů samotné formy tak, aby do něj šla forma správně upnout a dala se dostatečně rozevřít při vyhazování výrobku z dutiny. Jednou z dalších neméně důležitých informací při volbě stroje je např. vstřikovací tlak, aby byl materiál správně doveden a dostříknut, atd.



Obr. 28 Vstřikovací stroj

Základní parametry zvoleného vstřikovacího stroje:

- uzavírací síla	1.200 [kN]
- minimální výška vstřikovací formy	300 [mm]
- vzdálenost mezi vodícími sloupky	740 x 680 [mm]
- maximální zdvih při otevření	500 [mm]
- průměr šneku	40 [mm]
- poměr šneku L/D	20
- maximální objem dávky	251 [cm ³]
- vstřikovací tlak	2.020 [bar]

9 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ FORMY

Navržená vstřikovací forma bude určena pro vstřikování termoplastů (jak již bylo uvedeno výše). Při jejím návrhu se vycházelo z daných konstrukčních principů a byl zvolen dvou-deskový systém formy. Desky budou vyrobeny z nástrojové oceli 11 600 a izolační desky ze slinuté pryskyřice.

9.1 Násobnost

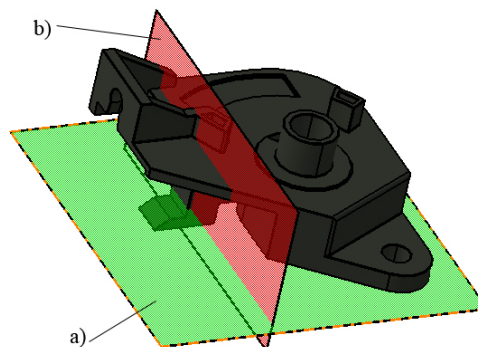
Při určení násobnosti formy je třeba brát zřetel na jednotlivé faktory, jež mohou ovlivnit vstřikovaný výrobek. Jedná se tedy o rozměry a přesnost daného výstřiku, jeho jakost, produkci a ekonomika výroby. Pro složitější výrobky se volí jednonásobné formy a naopak pro jednoduché výrobky (např. různé vršky) se volí formy s co největším počtem otisků.

Na základě všech těchto kritérií byla zvolena čtyřnásobná forma.

9.2 Zaformování výrobku

Jeden z hlavních kroků při konstrukčním řešení vstřikovací formy, je správné zvolení dělicí roviny. Forma musí být zhotovena tak, aby výrobek zůstal v pohyblivé půlce formy a odtud mohl být bez problémů vyhozen vyhazovacím systémem.

V tomto případě jsme zvolili dvě dělicí roviny. Hlavní dělicí rovina je rovnoběžná se směrem upínání formy a vedlejší dělicí rovina, která bude řešena pohyblivými čelistmi a šikmými kolký, bude na tento směr kolmá (Obr. 29).



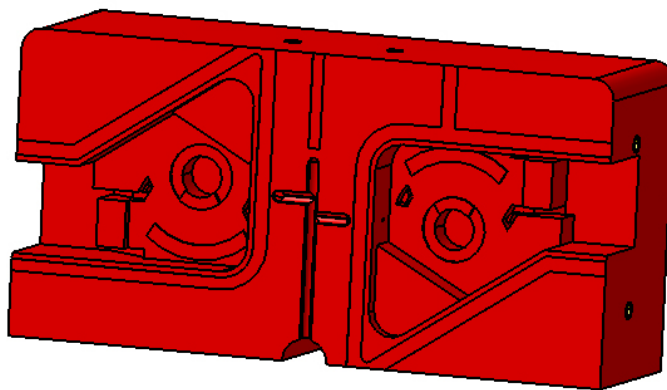
Obr. 29 Zaformování výrobku:

a) hlavní dělicí rovina

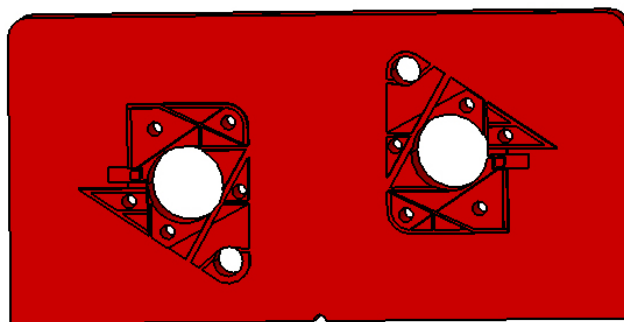
b) vedlejší dělicí rovina

9.3 Tvarové části formy

Pro tvarové části formy (tvárník a tvárnice) jsme použili nástrojovou ocel 19 512, ta bude dále zakalena na 52 – 54HRC. Dutina bude zvětšena o přídavek na smrštění materiálu. Na čele tvárnice bude rozvržena část vtokového systému, rozvodného kanálu. Tvárnice je umístěna v pevné polovině formy, tvárník v pohyblivé polovině formy.



Obr. 30 Tvárnice

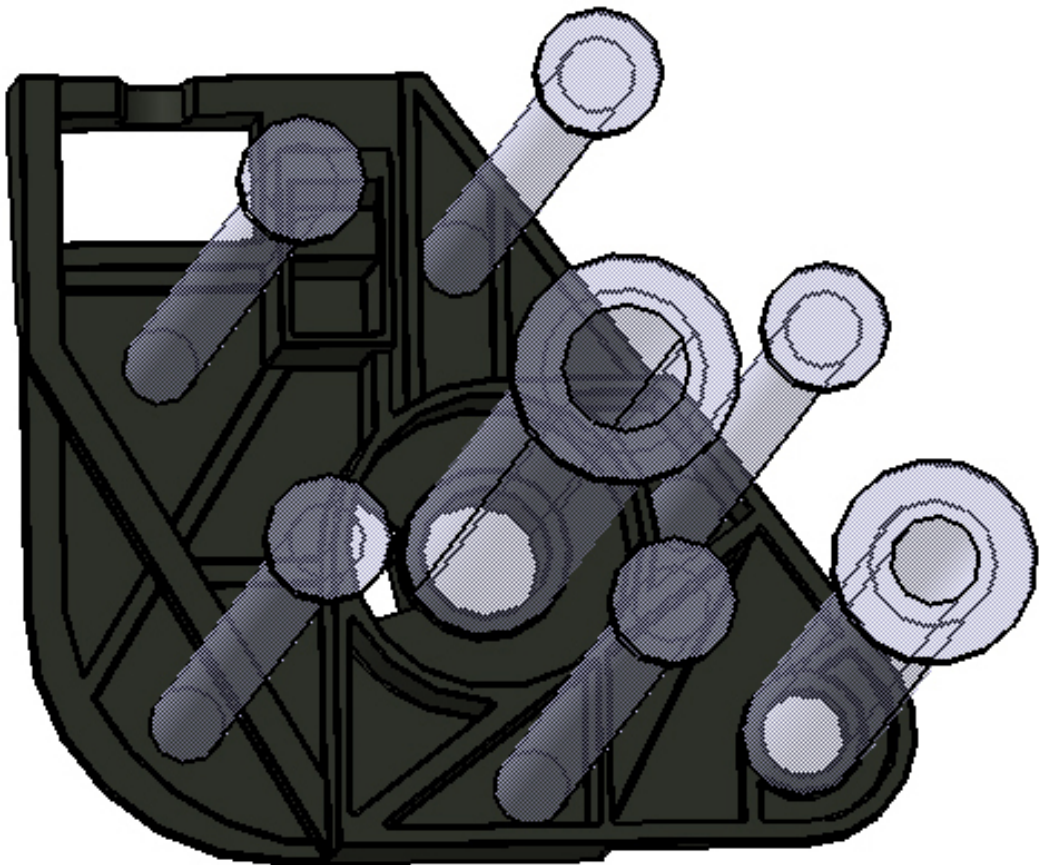


Obr. 31 Tvárník

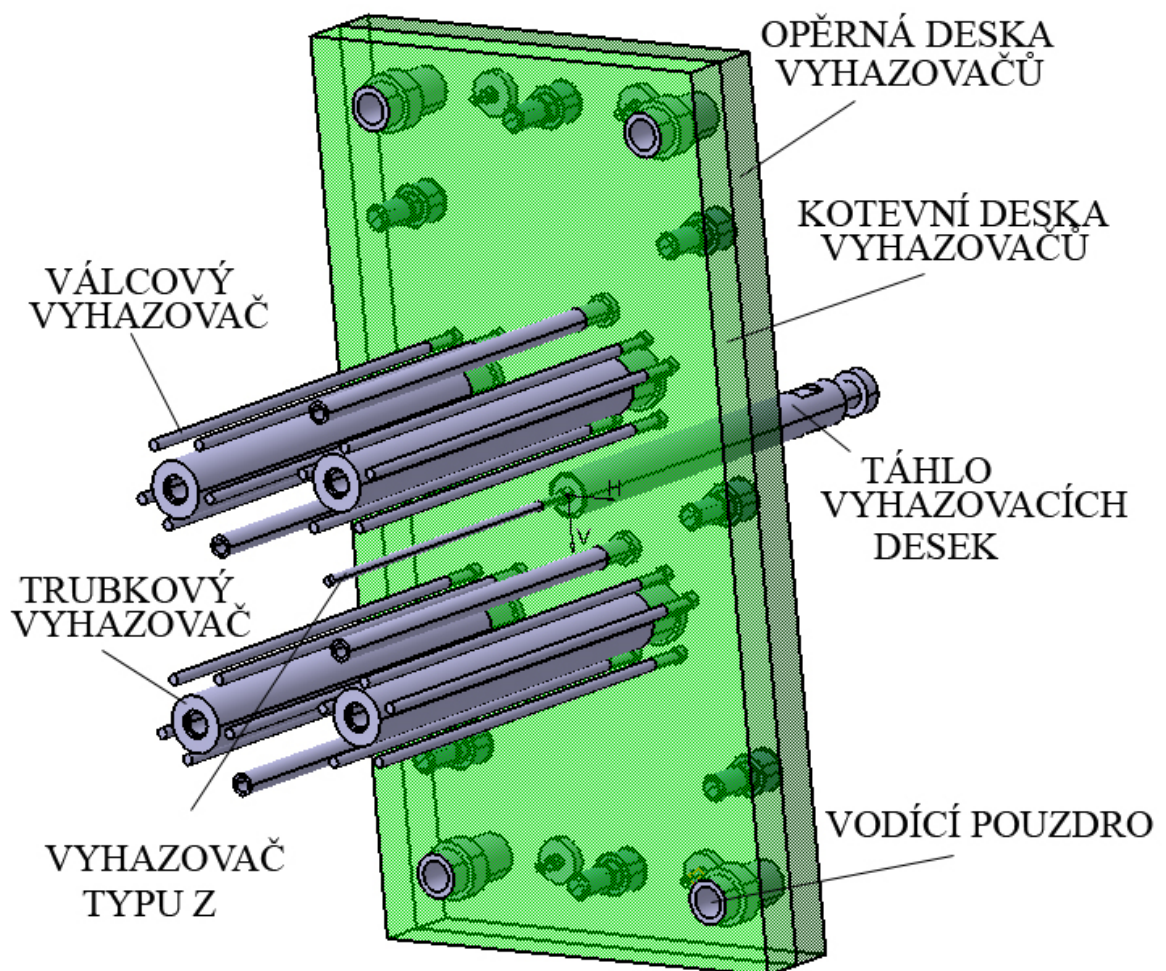
9.4 Vyhazovací systém formy

U vyhazovačů (stejně u tvárníku a tvárnice) zvolíme jako materiál nástrojovou ocel 19 512 zakalenou na 52 – 54HRC. Použijeme šest válcových vyhazovačů o průměru 6mm a dva trubkové vyhazovače, jeden větší o vnitřním průměru 10mm a vnějším průměru 13mm a jeden menší s vnitřním průměrem 7mm a vnějším průměrem 10mm. Všechny vyhazovače byly zkráceny na potřebnou délku. Dále byl použit vyhazovač na vyhození vtokového zbytku. Jde o speciální typ, který je na svém konci zřezán do písmene „Z“ a který plní

funkci přidržovače vtoku. Oddělení vtokového zbytku od výrobku bude mechanické. Ukotvení jednotlivých vyhazovačů bude v kotevní a opěrné desce vyhazovacího systému. Dále budou použity jádra trubkových vyhazovačů, které budou navíc z části plnit funkci tvárníků a budou umístěny v upínací desce na pohyblivé půlce formy. Rozmístění jednotlivých vyhazovačů bude rozloženo tak, aby byl výrobek z formy vyhozen rovnoměrně (Obr. 30). Pohyb vyhazovacího systému je zajištěn pomocí táhla, které bude zašroubováno v opěrné vyhazovací desce.



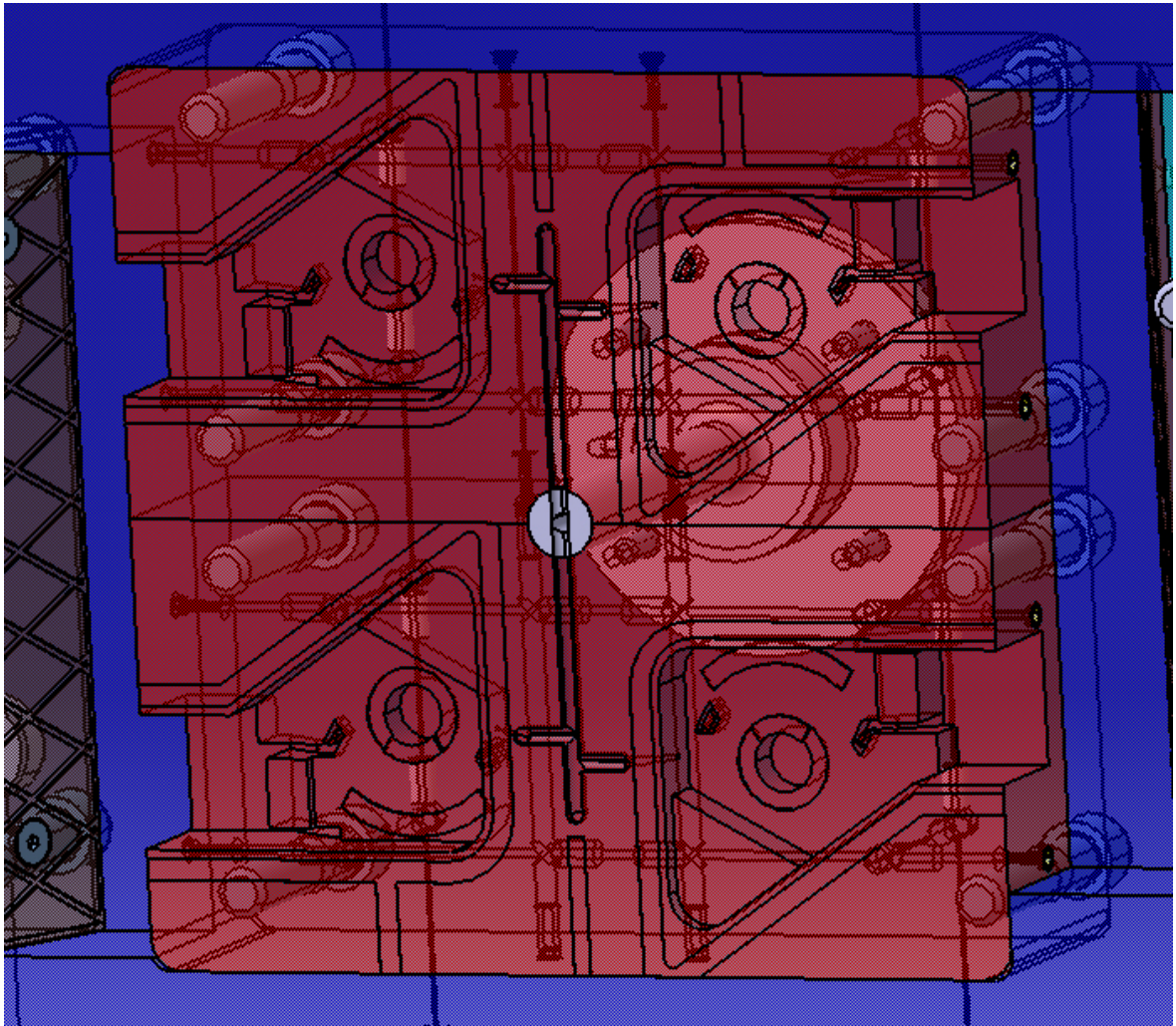
Obr. 32 Rozmístění vyhazovačů



Obr. 33 Vyhazovací systém

9.5 Vtokový systém formy

Pro konstrukci formy jsme zvolili studenou vtokovou soustavu, ta je energeticky nenáročná a pro zvolený výrobek je zcela dostačující. Dráha toku polymeru v tokovém systému byla zvolena tak, aby bez zbytečné časové prodlevy dorazila do dutiny formy v co nejkratším časovém úseku. Byly použity čoučkovité rozvodné kanály, které jsou umístěny v pevné části formy o průměru 4mm. Vtoková vložka byla zvolena z nástrojové oceli 19 512 a zakalena na 52 – 54HRC. Do jejího ústí byl zafrézován otvor pro kanál vtokového systému a vložka byla zajištěna proti pootočení kuličkem.



Obr. 34 Pohled do vtokového systému formy

9.6 Odvzdušnění formy

Při návrhu formy je třeba taky zakomponovat odvzdušnění, protože při zavírání formy v její dutině zůstává vzduch, ten se po vstříknutí plastu střetává s čelem taveniny a tím dochází k velkým tlakům a teplotám a na výrobku mohou být spálená místa. V tomto případě vyfrézujeme drážky kolem tvárnic a napojíme je na jednu, která bude vyvedená směrem ven z dělicí roviny, jednu drážku ještě uděláme rovnoběžně nad vtokovým zbytkem.

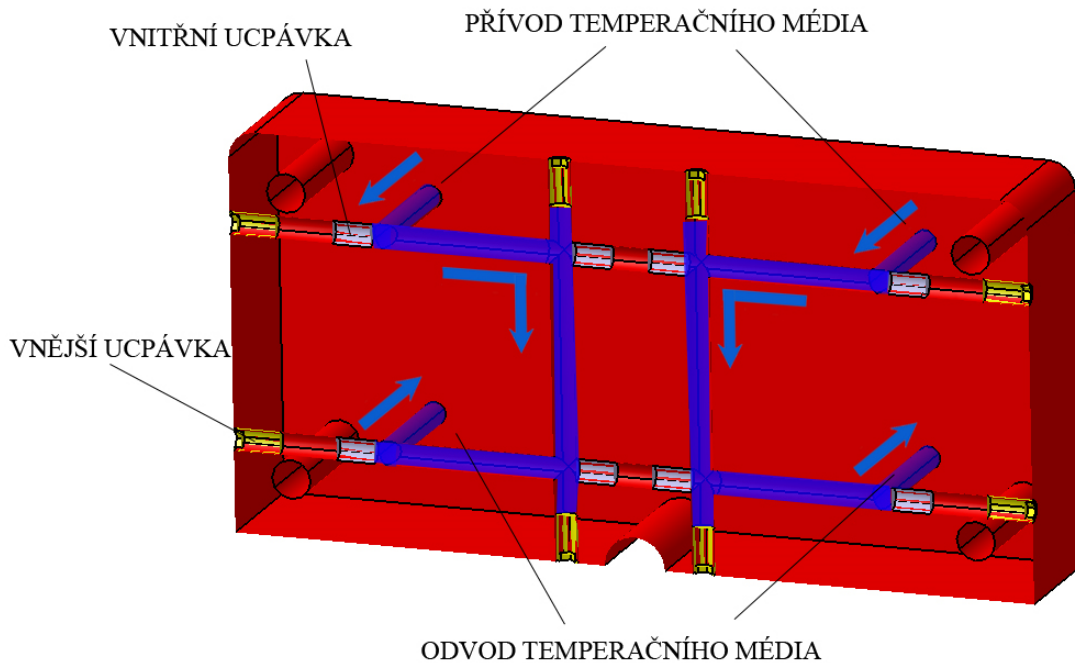
9.7 Pohyblivé čelisti a šikmé čepy

Pro složitost daného výrobku byla navíc zvolena vedlejší dělicí rovina, která bude zrealizována za pomoci pohyblivých čelistí (tzv. šíbrů) a šikmých kolků. Na čele negativu šíbrů bude vyfrézován tvar boční části výrobku. Forma bude čtyřnásobná, ale výlisky v ní budou umístěny tak, abychom vždy sloučili do jedné čelisti dva negativy. Poloha čelistí bude při

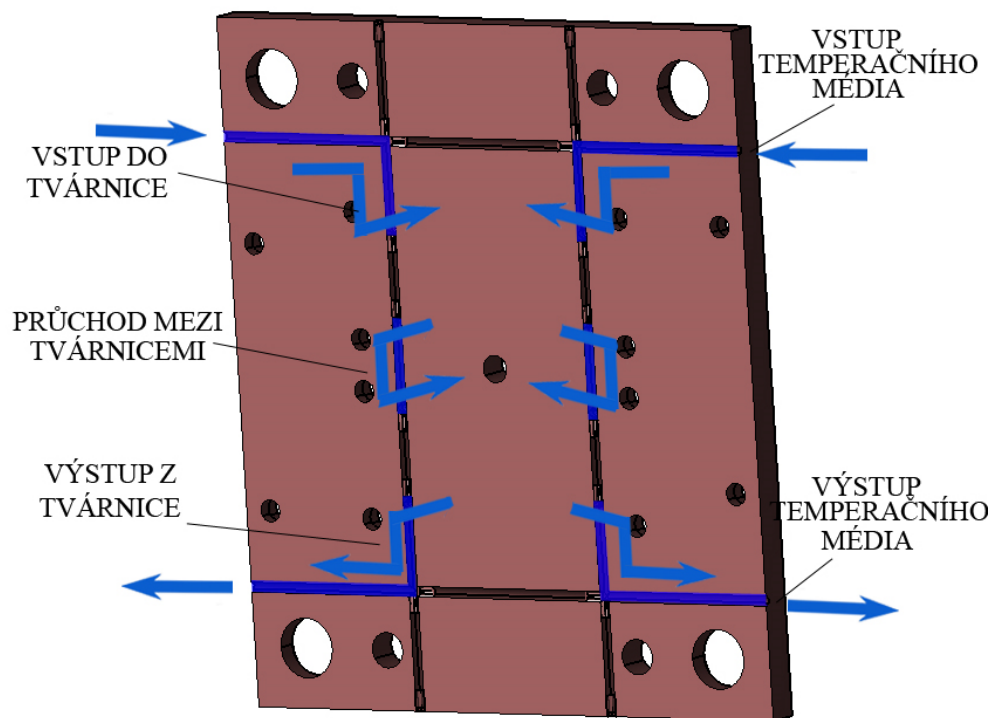
otevření formy zajištěna hlavičkami šroubů, které čelistem zabrání, aby se dostaly za vymezenou polohu. Při demontáži čelistí bude nutné nejprve tyto šrouby vyšroubovat.

9.8 Temperace formy

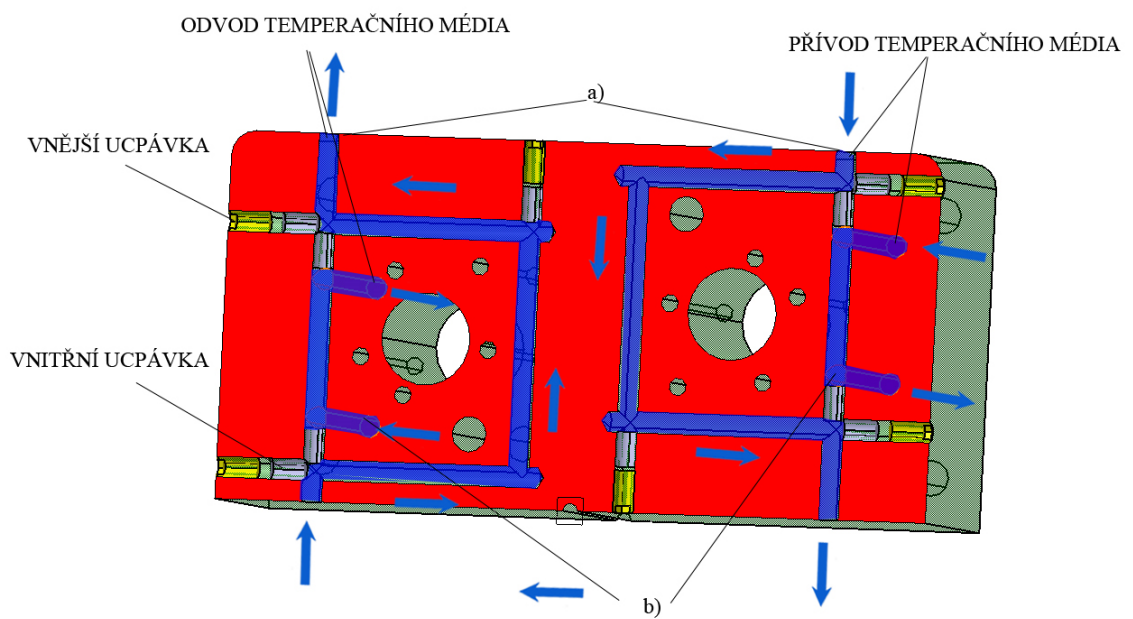
Úlohou temperace je, aby byla forma udržována v daném tepelném režimu. Úkolem je, aby čas vstřikování byl co nejkratší a přitom bylo dosaženo všech technologických předpisů výroby. Temperace v pevné i pohyblivé polovině bude vyvedena v tvarové desce odkud bude dále vedena do tvárníku či tvárnice. Obvod temperačních kanálů bude ucpán ucpávkami a tam, kde bude temperační médium proudit z desek do tvárníku či tvárnice, budou použity těsnící kroužky. Temperovat budeme vodou.



Obr. 35 Temperace tvárnice



Obr. 36 Systém temperace v pevné tvarové desce



Obr. 37 Temperace tvárníku

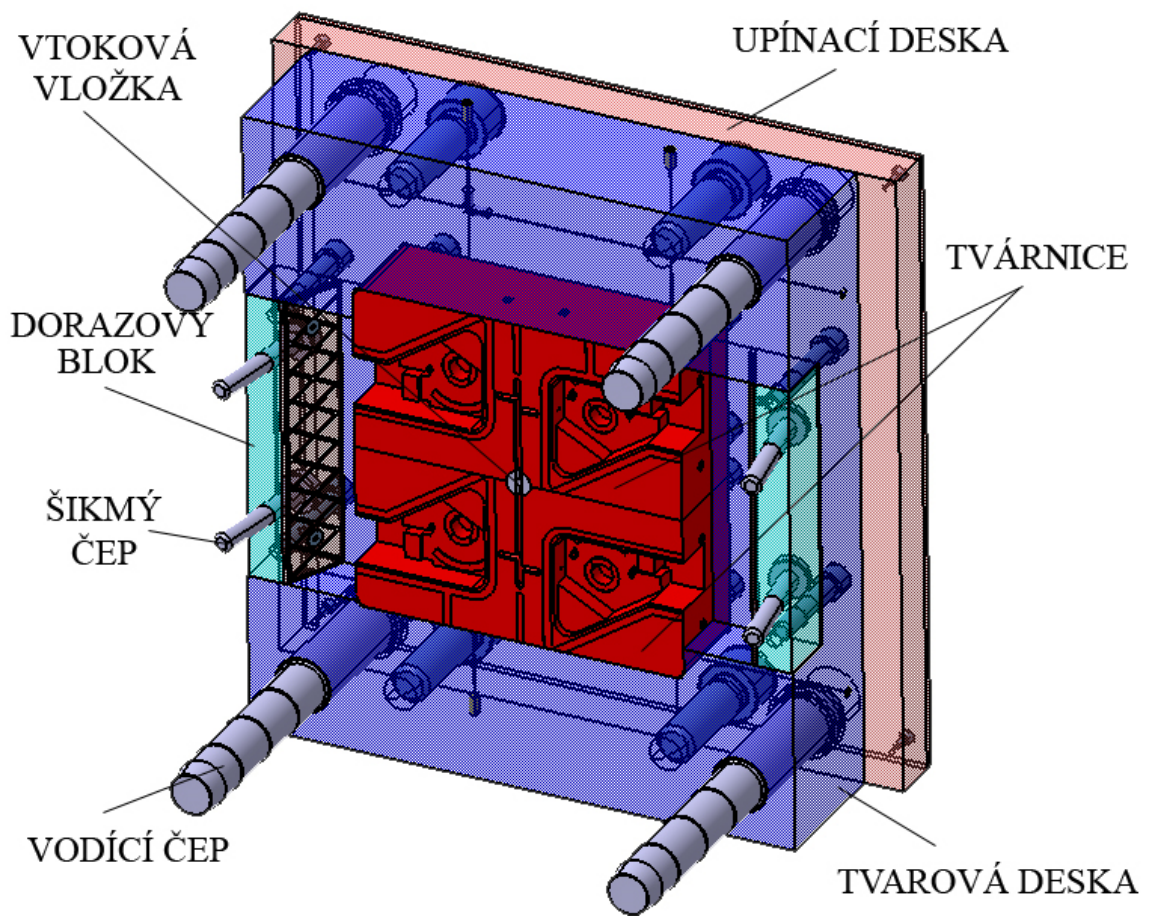
a) první okruh

b) druhý okruh

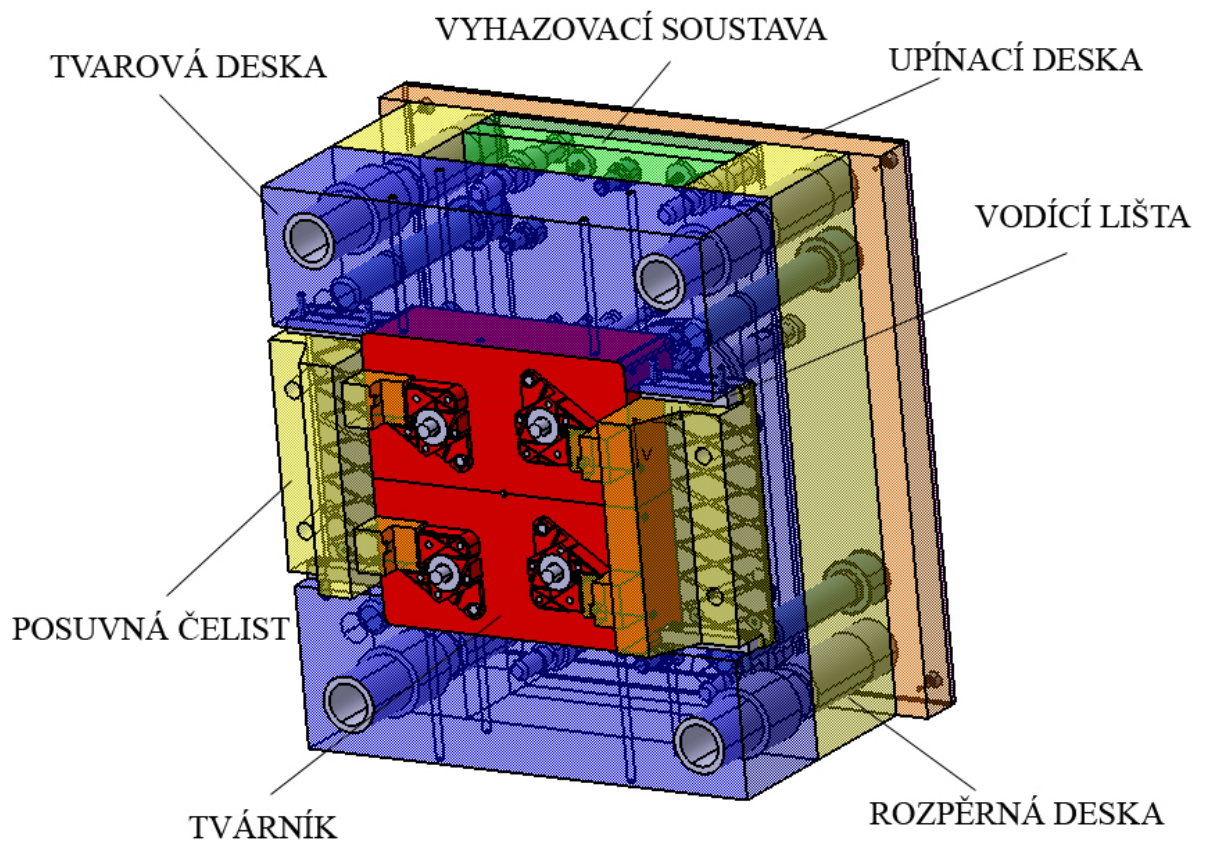
10 REALIZACE POMOCÍ SOFTWARE CATIA

10.1 Trojrozměrný model vstříkovací formy

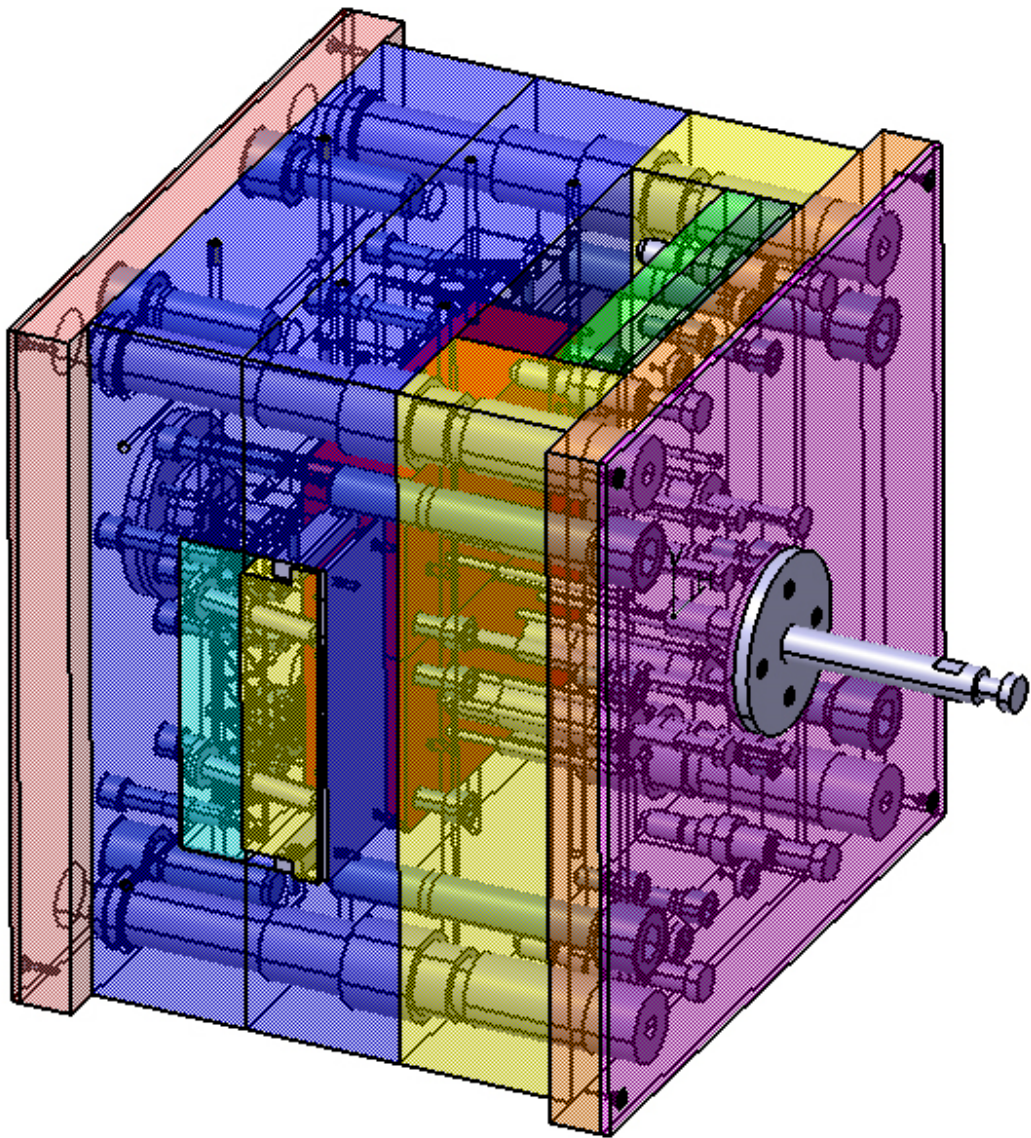
Vstříkovací forma je rozdělena na dvě části, pravou a levou, v praxi se spíše označují jako pohyblivá a pevná. Na Obr. 38 je sestava pevné (pravé) poloviny formy, Obr. 38 je sestava pohyblivé poloviny formy a Obr. 40 je sestava celé formy. Modelování jednotlivých částí bylo provedeno v režimu Part Design a sestava v režimu Assembly Design. Normalizované součásti (jako např. šrouby) byly vkládány z knihovny součástí (Catalog Browser).



Obr. 38 Pevná polovina formy



Obr. 39 Pohyblivá polovina formy



Obr. 40 Sestava formy

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl návrh vstřikovací formy pro zvolený plastový díl. Vybrali jsme plastový díl, který v sestavě slouží jako hlavní součást zavírání kufru u auta. Jako materiál pro daný výrobek byl zvolen Polyamid 66 s příměsí 66% skla. Vstřikovací stroj byl zvolen model VC 500/120 TECH od značky Engel.

Bakalářská práce byla rozdělena na dvě části a to teoretickou a praktickou. V teoretické části byla popsána technologie vstřikování, vstřikovací stroj, vstřikovací výrobek a vstřikovací forma. V praktické části byl zkonstruován 3D model plastového dílu a 3D model vstřikovací formy, následně pak 2D výkres sestavy vstřikovací formy. Modely i výkres byly realizovány v software Catia V5R18. Při návrhu formy jsme využívali katalog od firmy Hasco.

Rozměry formy byly voleny dle velikosti a náročnosti daného výrobku a na základě násobnosti celé formy. Vzhledem k potřebné produktivitě výroby a jakosti výstřiku byla forma zvolena jako čtyřnásobná. Výrobek byl zaformován tak, aby byl z formy bez problémů vyhozen a zůstal při otevření dělicí roviny na pohyblivé půlce formy. Vtokový systém formy byl zvolen jako studený vtokový systém. Odvzdušnění bylo zvoleno kolem tvarové části tak, aby přehřátý vzduch odcházel z dutiny formy a nedocházelo na výrobku ke spáleným místům. Temperaci formy jsme zajistili pomocí vrtání a správný tok temperačního média pomocí vnitřních a vnějších ucpávek.

Při konstrukci vstřikovací formy jsme vycházeli z informací v teoretické části bakalářské práce a z katalogu firmy Hasco. Před výrobou formy by měla být forma podrobena vtokovým analýzám. Před tím, než bude forma uvedena do výroby, by se měla odzkoušet její funkčnost za pomoci jednotlivých zkoušek (technologických, dílenských a funkčních).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie:

- [1] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů* 1. Vydání – Praha: BEN, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: I.díl – Vstřikování termoplastů* 2. Vydání – Brno: Uniplast, 1999.
- [3] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: II.díl – Vstřikování termoplastů* 1. Vydání – Brno: Uniplast, 1999.
- [4] TOMIS, F; Rulík F. *Gumárenské a plastikářské stroje II*, 1. Vydání – Brno: VUT, 1981. 216 s.
- [5] HEDRYCH, J a kol. *Zpracování polymerů*, 1. Vydání – Praha: SNTL, 1986. 272 s. ISBN není
- [6] MAŇAS, M; Vlček, J. *Aplikovaná reologie*. 1. Vydání – Zlín: UTB, 2001. ISBN 80-7318-039-01
- [7] ŘEHULKA, Z; Pospíšil, L. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů*. Brno: CERM, s.r.o., 2013. ISBN 978-80-7204-833-5
- [8] RŮŽIČKA, K. *Směrnice pro konstrukci vstřikovacích forem I*. 1. Vydání – Zlín, 1979. 202 s. ISBN není
- [9] BUMMEL, M. a kol. *Rozměrově přesné výrobky z plastů*. 1. Vydání – Praha: VÚNM, 1977. 278 s. ISBN není
- [10] TOMUS, F; Helštýn, J; Kaňovský, J. *Formy a přípravky*. 1. Vydání – Brno: VUT, 1979. 278 s. ISBN není
- [12] MATUŠÍK, J. *Konstrukce vstřikovací formy*. Zlín, 2013. 69s. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická
- [12] BAJER, O. *Návrh vstřikovací formy pro přehrávač*. Zlín, 2013. 57s. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická

Internetové zdroje:

- [13] Catia [online].c 2010 [cit. 2013-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.technodat.cz/catia-v5>>

- [14] LENFELD, P. *Technologie II – Vstřikování plastů*, Technická univerzita Liberec, Katedra strojírenské technologie. Dostupný z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

NR	Přírodní kaučuk
SBR	Butadien – styrenový kaučuk
NBS	N - bromo sukcinimid
EPDM	Etylén propylén dien kaučuk
PE	Polyetylén
PA	Polyamid
HRC	tvrdost podle Rockwella
3D	trojrozměrný prostor
2D	dvojměrný prostor
atd.	a tak dále
tzv.	tak zvaný
např.	například
Obr.	obrázek
Tab.	tabulka
mm	milimetr
N	Newton
g	gram
kg	kilogram
%	procento
°C	stupeň Celsia
s	sekunda

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Tok taveniny [6].....</i>	13
<i>Obr. 2 Znázornění vstřikovacího cyklu [5].....</i>	14
<i>Obr. 3 Schéma vstřikovacího stroje [14].....</i>	16
<i>Obr. 4 Dosednutí trysky stroje na vtokovou vložku formy [2].....</i>	16
<i>Obr. 5 Schéma hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky [2].....</i>	17
<i>Obr. 6 Příklady zaformování [7].....</i>	19
<i>Obr. 7 volba tloušťky stěny [7].....</i>	20
<i>Obr. 8 Řešení rohů [7].....</i>	21
<i>Obr. 9 Směr proudění proudnic [7].....</i>	21
<i>Obr. 10 Řešení rohů [7].....</i>	22
<i>Obr. 11 Uspořádání formy s vtokem kolmo na dělicí rovinu [8].....</i>	24
<i>Obr. 12 Upořádání formy s vtokem do dělicí roviny [8].....</i>	24
<i>Obr. 13 Vtokový systém formy [2].....</i>	29
<i>Obr. 14 Průřezy vtokových kanálů [2].....</i>	30
<i>Obr. 15 Plný kuželový vtok [2].....</i>	31
<i>Obr. 16 Tunelový vtok [2].....</i>	32
<i>Obr. 17 Filmový vtok, nejružnější uspořádání [2].....</i>	34
<i>Obr. 18 Izolovaná vtoková soustava [2].....</i>	36
<i>Obr. 19 Nepřímo vyhřívané trysky [2].....</i>	37
<i>Obr. 20 Vyhřívaná tryska [2].....</i>	38
<i>Obr. 21 Příklad formy s rozvodným blokem a vyhřívanou tryskou s vnějším vytápěním [2].....</i>	39
<i>Obr. 22 Vyhazovací kolíky [3].....</i>	41
<i>Obr. 23 Trubkový vyhazovač [3].....</i>	42

<i>Obr. 24 Příklady temperačních systémů [3].....</i>	45
<i>Obr. 25 Moduly programu CATIA.....</i>	50
<i>Obr. 26 Fotografie výrobku.....</i>	51
<i>Obr. 27 Model výrobku.....</i>	52
<i>Obr. 28 Vstřikovací stroj.....</i>	53
<i>Obr. 29 Zaformování výrobku:.....</i>	54
<i>Obr. 30 Tvárnice.....</i>	55
<i>Obr. 31 Tvárník.....</i>	55
<i>Obr. 32 Rozmístění vyhazovačů.....</i>	56
<i>Obr. 33 Vyhazovací systém.....</i>	57
<i>Obr. 34 Pohled do vtokového systému formy.....</i>	58
<i>Obr. 35 Temperace tvárnice.....</i>	59
<i>Obr. 36 Systém temperace v pevné tvarové desce.....</i>	60
<i>Obr. 37 Temperace tvárníku.....</i>	60
<i>Obr. 38 Pevná polovina formy.....</i>	61
<i>Obr. 39 Pohyblivá polovina formy.....</i>	62
<i>Obr. 40 Sestava formy.....</i>	63

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Rozdělení polymerních materiálů [1]</i>	13
---	----

SEZNAM PŘÍLOH

- P 1. Výkresová dokumentace
- P 2. Kusovník
- P 3. CD disk obsahující:
- Výkresovou dokumentaci
 - Kusovník
 - Sestavu formy a její jednotlivé části ve 3D
 - Bakalářskou práci v elektronické podobě

