

Konstrukce vstřikovací formy

Jiří Matušík

Bakalářská práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří MATUŠÍK**
Osobní číslo: **T09445**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy**

Zásady pro vypracování:

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

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Štěpán Šanda

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. února 2013

Termín odevzdání bakalářské práce:

17. května 2013

Ve Zlíně dne 11. února 2013


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

Ve Zlíně 10.5.2013

.....

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

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

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

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

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

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

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

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odporuje-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 výdělků 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 výdělků dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy na vybraný plastový díl. Jedná se o plastovou sponu k zapínání batohů. Teoretická část popisuje technologii vstřikování ve dvou kapitolách. První kapitola pojednává o materiálech vhodných ke vstřikování, o vstřikovacím cyklu a popisuje vstřikovací stroj. Druhá kapitola pojednává o samotné konstrukci vstřikovací formy.

V praktické části bakalářské práce byl vymodelován 3D model výrobku a navržen 3D model vstřikovací formy. Pro výrobu dílu byl určen odpovídající stroj a vhodný materiál. Výsledky jsou podloženy textovou a výkresovou dokumentací.

Klíčová slova: Vstřikování, Forma, Konstrukce, Polymer

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with construction of injection mold for selected plastic part. The plastic part represents clasp to fasten bags. In theoretical part is described injection technology in two chapters. The first chapter deals with materials suitable for injection molding and the second one deals with basic construction of injection mold.

In practical part the 3D model of product and 3D model of injection mold was designed. The suitable construction machine and material was selected for production. The results are supported by calculation report and technical drawings.

Keywords: Injection molding, Injection mold, Construction, Polymer

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Štěpánu Šandovi za odborné vedení, poskytnuté rady, trpělivost, čas a pozornost, kterou mi ochotně věnoval při vypracování této bakalářské práce.

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené literatury a elektronických zdrojů.

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 VSTŘIKOVANÉ MATERIÁLY	12
1.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	13
1.3 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	14
1.3.1 Vstřikovací jednotka	15
1.3.2 Uzavírací jednotka	15
1.3.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje.....	16
2 VSTŘIKOVACÍ FORMA	18
2.1 KONSTRUKCE FOREM	18
2.1.1 Postup při konstrukci formy.....	19
2.1.2 Druhy vstřikovacích forem	19
2.1.3 Zaformování výstřiku.....	20
2.1.4 Stanovení rozměrů dutiny formy	20
2.1.5 Smrštění.....	21
2.1.6 Násobnost formy	21
2.2 VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	21
2.2.1 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků	22
2.2.2 Stírací deska	23
2.2.3 Trubkový vyhazovač.....	24
2.2.4 Šikmé vyhazovače.....	24
2.2.5 Dvoustupňové vyhazování.....	25
2.2.6 Pneumatické vyhazování.....	25
2.2.7 Hydraulické vyhazování.....	25
2.3 VTOKOVÝ SYSTÉM	25
2.3.1 Studené vtokové systémy	26
2.3.2 Vyhřívané vtokové soustavy	29
2.4 TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	33
2.4.1 Obecné zásady volby temperačních kanálů	33
2.4.2 Temperační prostředky.....	34
2.5 ODVZDUŠŇOVACÍ SYSTÉM.....	35
2.6 MATERIÁLY PRO VÝROBU FOREM.....	36
2.6.1 Volba ocelí pro formy	36
2.7 RÁMY VSTŘIKOVACÍCH FOREM	37
3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ	38
3.1 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY	38
3.2 DODATEČNÁ ÚPRAVA SOUČÁSTÍ	39
4 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI	41
II PRAKTICKÁ ČÁST	42
5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	43
6 PRŮZKUM TRHU	44

7	VÝROBEK.....	45
7.1	MATERIÁL VÝROBKU	46
8	VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	47
9	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	48
9.1	POUŽITÉ APLIKACE.....	48
9.2	VSTŘIKOVACÍ FORMA.....	48
9.2.1	Násobnost.....	50
9.2.2	Zaformování výstřiku.....	50
9.2.3	Vtokový systém.....	50
9.2.4	Tvarové části formy	51
9.2.5	Odvzdušnění.....	52
9.2.6	Temparační systém.....	52
9.2.7	Odformování dutin	53
9.2.8	Vyhazovací systém.....	55
9.2.9	Manipulační systém	56
10	ZÁVĚR.....	57
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	58
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	59
	SEZNAM OBRÁZKŮ	60
	SEZNAM TABULEK.....	61
	SEZNAM PŘÍLOH.....	62

ÚVOD

Tato bakalářská práce je zaměřena na konstrukční návrh vstřikovací formy. V dnešní době polymerních výrobků je vstřikování neodmyslitelnou technologií v automobilovém, leteckém a potravinářském nebo obalovém průmyslu. Technologie vstřikování umožňuje vyrábět výrobky od miniaturních rozměrů, až po velkorozměrové výrobky.

Vstřikování patří mezi nejrozšířenější způsob zpracování polymerů. Jedná se o poměrně složitý tepelně-mechanický proces, který se provádí na vstřikovacím stroji. Nedílnou součástí vstřikování 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 z oblasti konstrukce forem, strojírenské výroby, materiálového inženýrství, reologie polymerů a dalších příbuzných oborů. [1]

Technologie vstřikování v posledních přibližně 30 letech zaznamenala bouřlivý rozvoj. Mezi jeho hlavní výhody patří [1] :

- 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 například kov, dřevo, kůže, papír, sklo a další. 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. [7]

V hromadné výrobě vstřikovaných výrobků se klade důraz zejména na vysokou technickou úroveň nástroje a jeho životnost. Všechny požadavky na vstřikovaný výrobek proto musí zohlednit konstruktér při konstrukci formy a technolog při jeho výrobě. [1]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby plastových dílů. V průběhu vstřikování je roztavený plast ve vstřikovací stroji tlakem dopravován do dutiny formy a zde po ochlazení dostává tvar vyráběné součásti. Lze tak vyrábět výrobky velmi složitých tvarů. Cílem je dosažení optimální a reprodukovatelné kvality výstřiků (výstřik - výrobek zhotovený vstřikováním) při ekonomicky nejvýhodnějších cyklech. [1,3]

1.1 Vstřikované materiály

Ke vstřikování se nejčastěji používají plasty, i když v poslední době také elastomery. Plasty se dělí na dva základní druhy [4] :

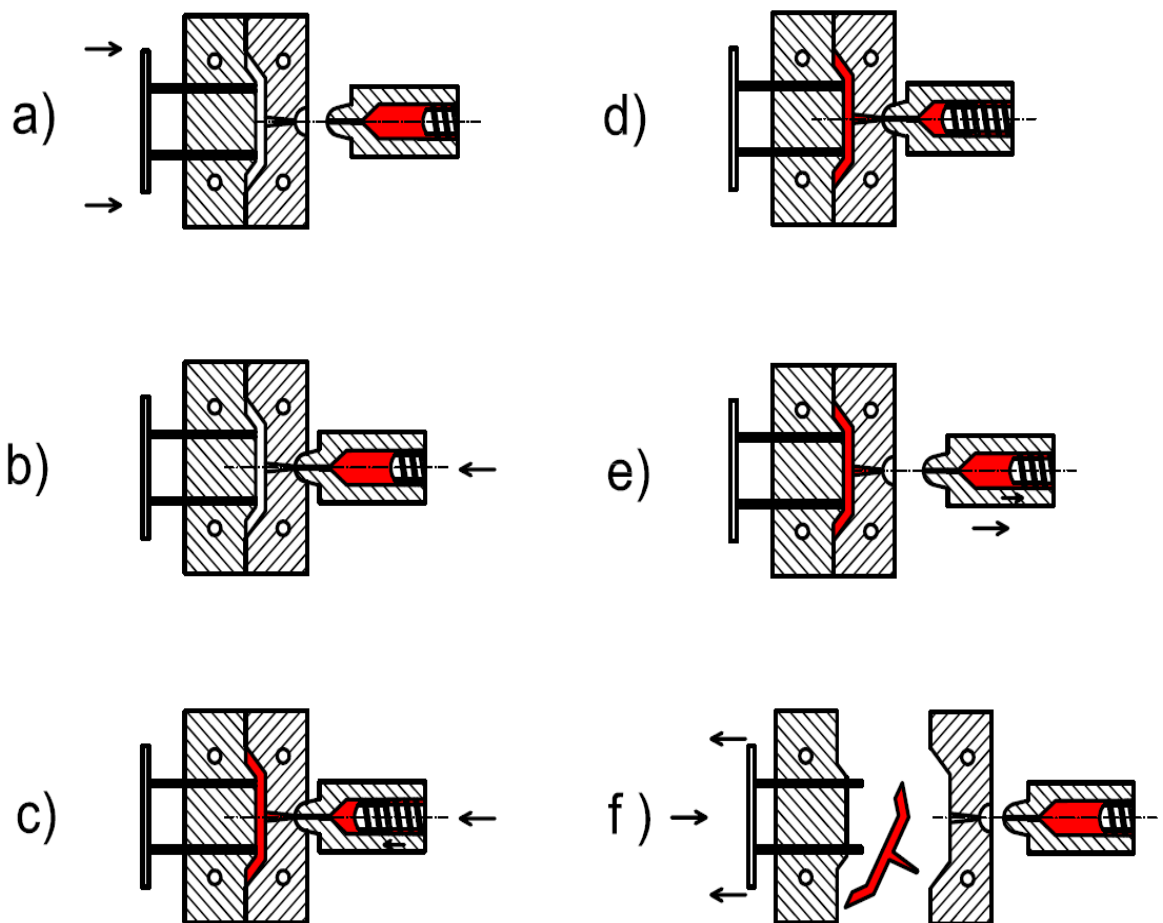
- **termoplasty** - umožňují velmi produktivní a levné zpracování a současně nabízejí širokou paletu vlastností a barev. Jejich sortiment sahá od levných plastů širokého použití až k drahým, tzv. konstrukčním plastům, charakterizovaným větší pevností za zvýšených teplot a chemickou odolností. Termoplasty jsou buď homogenní tj. bez přísad a plniv, nebo s přísadami pro zlepšení jejich fyzikálních vlastností, nebo s plnivem pro zlepšení některých mechanických vlastností. Tímto způsobem je možné přizpůsobit vlastnosti materiálu téměř „na míru“ pro určitý druh výrobku, aniž by se jeho cena podstatně změnila. Je také možné zvýšit houževnatost za mrazu, zlepšit odolnost proti stárnutí vlivem povětrnosti, odolnost proti hoření, zvýšit tvarovou stálost za tepla aj. Nespornou výhodou termoplastů je, že jsou opakovaně tavitelné. Mezi nejznámější patří: PE, PP, PVC, PA, PC, PS, PET.
- **reaktoplasty** - makromolekulární látky, u nichž při zpracování nastává zesíťování makromolekul, tzv. vytvrzení. Vytvrzený reaktoplast je již netavitelný, tudíž je opakovaně nezpracovatelný. V konečné fázi zpracování jsou řetězce příčně propojeny chemickými vazbami a vytváří prostorovou síť. Proti termoplastům vynikají vysokou tuhostí a tvrdostí, nerozpustností, teplotní odolností a tvarovou stálostí za tepla, odolností proti korozi za napětí a proti povětrnostním vlivům. Nevýhodou je nepatrná tažnost.

Elastomery – vysoce elastický polymer, který lze za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení. Tato deformace je převážně vratná. Dominantní skupinou elastomerů jsou kaučuky, z nichž se pomocí vulkanizace vyrábí pryže. [14]

1.2 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus se realizuje na vstřikovacím stroji a tvoří sled přesně specifikovaných úkonů.

Vstřikovací cyklus zahrnuje dvě oblasti. První oblast se vztahuje k plastikační jednotce a druhá k formě. Průběh vstřikovacího cyklu je znázorněn na obrázku (obr.1.). Celý cyklus začíná uzavřením formy (a). Po uzavření se přesouvá plastikační jednotka směrem k formě a tryska dosedá na ústí vtokového kanálu (b). Následuje vstřikování a dotlak (c). Dotlak dopravuje další materiál do dutiny formy až do chvíle než zcela zatuhne vtokové ústí. Dále se materiál chladí ve formě bez působení vnějších tlaků (d). Plastikační jednotka se přesouvá na výchozí pozici (e) a dochází k plastikaci nové dávky v plastikační jednotce. Forma se otvírá a výstřik je odformován a vyhozen mechanicky nebo ručně (f). Forma i plastikační jednotka jsou ve startovních pozicích a celý cyklus se může opakovat.



Obr. 1 Znázornění vstřikovacího cyklu [8]

1.3 Vstřikovací stroj

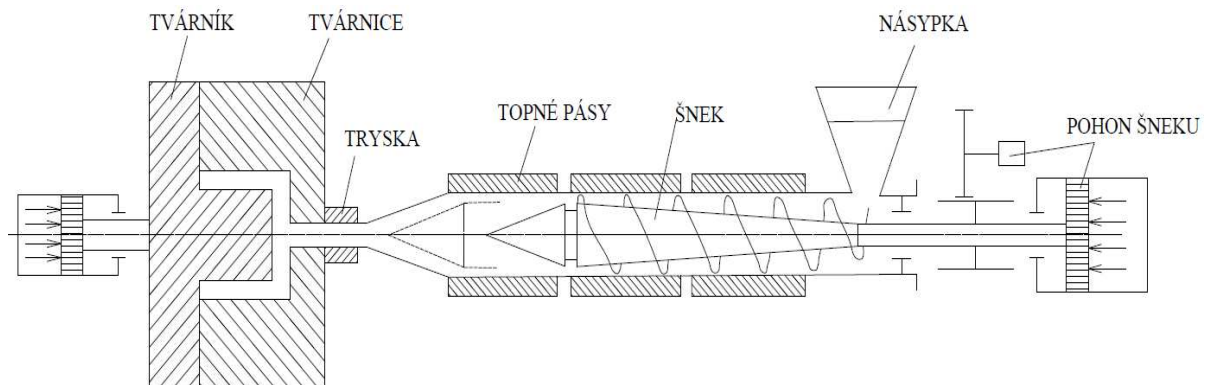
Vstřikovací stroj jako jeden z hlavních činitelů výroby má nejrůznější uspořádání. Vyžaduje se od něj, aby kvalitou svých parametrů a dokonalým řízením byla zajištěna výroba kvalitních výstřiků. V současné době existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlostí výroby, snadnou obsluhou i cenou. Konstrukce stroje je charakterizována podle [1]:

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

V současnosti se vyrábějí vstřikovací stroje různých provedení: hydraulické, elektrické, hybridní. Většina strojů má stavebnicové uspořádání. Ovládací a řídicí prvky bývají umístěny na panelu vstřikovacího stroje, případně v elektrorozvodné skříni vybavené zásuvkami a vypínači. To umožňuje připojení některých přídatných a pomocných zařízení (teparační jednotky, sušárny, roboty, aj.). K zvláštnímu vybavení stroje patří jeřáb pro manipulaci s formou na stroji, vyhřívaná násypka apod. [1]

Vstřikovací stroj pro přesné výstřiky vyžaduje aby [1]:

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



Obr. 2 Schéma vstřikovacího stroje [7]

1.3.1 Vstřikovací jednotka

Připraví a dopraví požadované množství roztaveného materiálu s předepsanými technologickými parametry do formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při malém vstřikovaném množství zase setrvává plast ve vstřikovací jednotce delší dobu a tím může nastat jeho degradace. To se dá ovlivnit rychlejšími cykly výroby. Všeobecně se doporučuje rychlost vstřikování co největší. [1,10]

Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do plastikační jednotky 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 čelem šneku. Šnek se přesouvá do zadní polohy. [1]

Topení plastikační jednotky je nejčastěji rozděleno do tří pásem (vstupní, střední a pásmo u trysky). Tryska má zvláštní samostatné topení. Část tepelné energie vzniká disipací v materiálu. [1]

Plastikační jednotka je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. Vstřikovací trysky mohou být otevřené nebo uzavíratelné. Otevřené se používají nejčastěji pro vstřikování taveniny s větší viskozitou. Uzavíratelné zamezují samovolnému vytékání materiálu při plastikaci. [1]

1.3.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Požaduje se, aby forma byla dokonale těsná během celého vstřikovacího cyklu. Velikost uzavíracího tlaku je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. Hlavní části uzavírací jednotky jsou [1,10]:

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

Uzavírací mechanismus je ukazatelem kvality uzavírací jednotky a má nejrůznější provedení [1,6,10]:

- **Hydraulické** - Umožňují pootevření nástroje hydraulickým tlakem a vyžadují zajištění závorou. Výhodou těchto jednotek je nastavení libovolné hloubky otevření nástroje.
- **Hydraulicko-mechanické** - Nejčastěji se používá u strojů malých gramáží. Zaručuje vyšší rychlost uzavírání, potřebné zpomalení před uzavřením formy a dostatečnou tuhost. Je konstruováno jako kloubový mechanismus ovládaný hydraulickým válcem.
- **Elektro-mechanické** - Výhodou těchto uzavíracích ústrojí patří konstrukční jednoduchost, nižší energetická náročnost, vysoká uzavírací rychlost a snadná automatizace celého pracovního cyklu. Rozdíl je pouze v tom, že potřebnou energii dodává elektromotor a nikoliv hydromotor.

1.3.3 Ovládání a řízení vstříkovacího stroje

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je význačným a nutným faktorem. Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na přesnosti a kvalitě výroby výstřiků. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky. [1]

Novější koncepce vstříkovaných strojů se v současnosti neobejdou bez výkonné procesorové techniky. Místo obvyklé textové formy nastavování technologických parametrů se využívá nejrůznější grafické formy řízení pracovního cyklu na displeji se selektivním přístupem k jednotlivým parametrům stroje. Pracovní cyklus sestavený do potřebných programových sekvencí je pak snadno kontrolovatelný a případně i upravitelný. Koncepčně je takové seřízení rozděleno na [1]:

- sestavení grafu vstříkovacího stroje;
- definice a nastavení parametrů;
- kontrola procesu.

Nastavení stroje je řídicím systémem také kontrolováno (zpětná vazba). Na přesnosti a jakosti výstřiku má řízení stroje rozhodující vliv. Tím, že určuje a dodržuje přesnost [1]:

- nastavení výše i doby vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiku.
- nastavení doby a výšky teploty taveniny, její homogenizací jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiků.

Vedle stroje a materiálu ovlivňuje tyto hodnoty i vstřikovací forma, její teplota a doba chlazení. [1]

2 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma zde sehrává jednu z nejdůležitějších funkcí, která je rozhodující nejen pro určení tvaru hotového výstřiku, jeho rozměrových tolerancí, ale hlavně pro následné operace (např. odstranění vtoku, potisk apod.) a ekonomiku výroby. Forma musí splňovat požadavky [1,3]:

- **Technické** - zaručují správnou funkci formy, která musí vyrobit požadovaný počet součástí v náležité kvalitě a přesnosti. Má také splňovat podmínky snadné manipulace i obsluhy při výrobě součástí.
- **Ekonomické** - vyznačují se nízkou pořizovací cenou, snadnou a rychlou výrobou dílů při vysoké produktivitě práce. Také vysokým využitím plastu.
- **Společensko-estetické** - umožňují vytvářet vhodné prostředí při bezpečné práci. Vyžadují dodržení všech bezpečnostních zásad při konstrukci, výrobě i provozu formy.

2.1 Konstrukce forem

Konstrukce a výroba formy je zdlouhavá a náročná činnost. Vstřikování probíhá na vstřikovacím stroji a ve formě v krátkém čase, za působení dostatečného tlaku, teploty a dalších nutných parametrů. Z toho vyplívají základní požadavky na stroj a formu, které spolu úzce souvisí. U formy se vyžaduje [1]:

- vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch zhotovené dutiny formy a ostatních funkčních dílů;
- maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí formy i celků, pro zachycení potřebných tlaků;
- správná funkce formy, vhodný vtokový systém, vyhazování, odvzdušnění, teploty apod.;
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou.

Vyšší nároky na přesnost a jakost forem se projeví ve zvýšené pracnosti při jejich konstrukci i výrobě. Větší robustnost forem, kterou vyžadují použité látky při vstřikování, často vede k méně citlivému zacházení. To bývá někdy příčinou jejich nedokonalé funkce, snížení přesnosti i životnosti. Proto je nutné dbát na zvýšenou opatrnost při výrobě i obsluze. [1]

2.1.1 Postup při konstrukci formy

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji jsou podkladem pro konstruktéra forem. Vlastní konstrukce má následující postup [1]:

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek;
- určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled;
- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě;
- stanovení koncepce vtokového a temperačního systému, vyhazovacího systému a odvzdušnění;
- volba rámu formy s ohledem na danou typizaci;
- vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků, to všechno v rámci bezpečnosti práce;
- zkontrolování funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, jeho průmětnou plochu, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na doporučený stroj.

2.1.2 Druhy vstřikovacích forem

Existuje mnoho druhů vstřikovacích forem, které je možné rozdělit podle umístění vtoku do následujících skupin [5]:

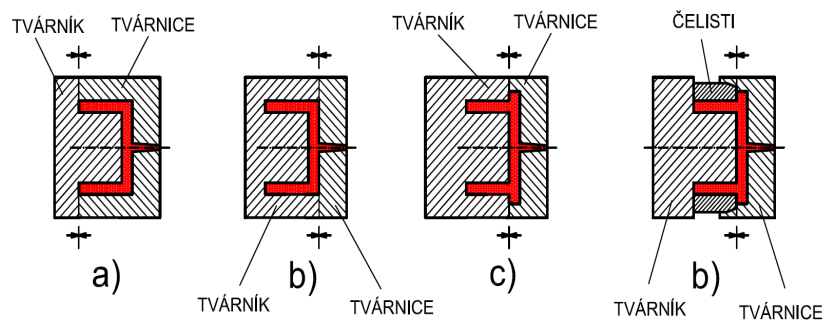
- podle konstrukce vstřikovacích strojů: s vtokem kolmo na dělicí rovinu, s vtokem do dělicí roviny;
- podle násobnosti: jednonásobné, vícenásobné;
- podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení: dvoudeskové, tříděskové, etážové, čelist'ové, vytáčekci;

- podle způsobu vyhazování výstřiků: s mechanickým vyhazováním, s pneumatickým vyhazováním, se stírací deskou, s kolíkovými vyhazovači, s kombinovaným vyhazováním.

2.1.3 Zaformování výstřiku

Správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí plochy náleží k rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Vychází z konstrukčního řešení vyráběného dílu. [1]

Dělicí plocha (rovina) bývá zpravidla jako rovina rovnoběžná s upínáním formy. Může však být i šikmá, nebo různě tvarovaná, případně vytváří u výstřiků s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí plochy. Taková koncepce způsobuje obtížnější výrobu formy. Je snaha se takovým tvarům vyhnout. Existují přitom obecně platné zásady, které je třeba respektovat. Obrázek (obr. 3) znázorňuje nejobvyklejší způsoby zaformování výstřiku. [1,8]



Obr. 3 Nejobvyklejší způsoby zaformování výstřiku [8]

a - tvárnice vytváří vnější a tvárník vnitřní tvar výstřiku

b, c - tvárník vytváří vnitřní i vnější tvar, tvárnice jen část vnějšího tvaru výstřiku

d - tvárník formuje vnitřní, tvárnice a čelisti vnější tvar výstřiku

2.1.4 Stanovení rozměrů dutiny formy

Rozměry výrobků, jsou většinou určeny jejich funkcí a konstrukcí. Při zaformování se rozměry dutiny budou lišit od hotového výrobku, protože na rozměr dutiny formy mají vliv [9]:

- smrštění zpracovávaného materiálu;
- tolerance a mezní úchytky jednotlivých rozměrů tvářeného výrobku;

- opotřebení činných částí formy;
- přesnost výroby formy a jejich činných částí.

Nejvýznamnějším faktorem je zpravidla smrštění.

2.1.5 Smrštění

Smrštění je trvalá změna rozměru výrobku po jeho vyjmutí z dutiny formy. Závisí na druhu zpracovávaného materiálu, ale i na technologických parametrech v čase. [9]

Velikost smrštění je rozdíl mezi rozměrem dutiny formy a skutečným rozměrem výrobku. Udává se v procentech a lze jej urychlit teperací. [1]

Smrštění se rozděluje do dvou časových fází [1]:

- **výrobní** - stanoví se 24 hodin po výrobě součásti a představuje až 90 % z jeho celkové hodnoty.
- **dodatečné** - probíhá poměrně dlouho v závislosti na typu polymeru, tvoří zbytek celkové hodnoty.

2.1.6 Násobnost formy

Z hlediska kvality a přesnosti výstřiků je žádoucí, aby byla násobnost vstřikovací formy co nejmenší, protože se tím zjednoduší konstrukce formy, eliminují rozdíly v rozměrech jednotlivých tvarových dutin a vyloučí rozdíly v teplotách a tlacích mezi jednotlivými dutinami formy. Faktory, které ovlivňují rozhodování o optimální násobnosti jsou [11]:

- rozměry a hmotnost výstřiků;
- kvalita a přesnost výstřiků;
- typ vstřikovacího stroje;
- rozsah výroby;
- dodací lhůty;
- cenový limit.

2.2 Vyhazovací systém

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřik nebo vtokový zbytek. K tomu slouží vyhazovací

zařízení, které doplňuje formu a svou funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. [2,10]

Vyhazování má dvě fáze [2]:

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

Základní podmínkou dobrého vyhazování výstřiku je hladký povrch a úkosovitost stěn ve směru vyhazování. Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo ke vzniku deformací nebo jiným poškozením. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. Může se jich využít k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. Spolu s výstřiky se vyhazuje i vtokový zbytek. [2]

Vyhazování výstřiku z dutiny formy mohou zajišťovat vyhazovací kolíky, stírací desky, stlačený vzduch, hydraulika, nebo kombinace uvedených prvků. [6]

Vyhazování dělíme na [2]:

- mechanické;
- hydraulické;
- pneumatické.

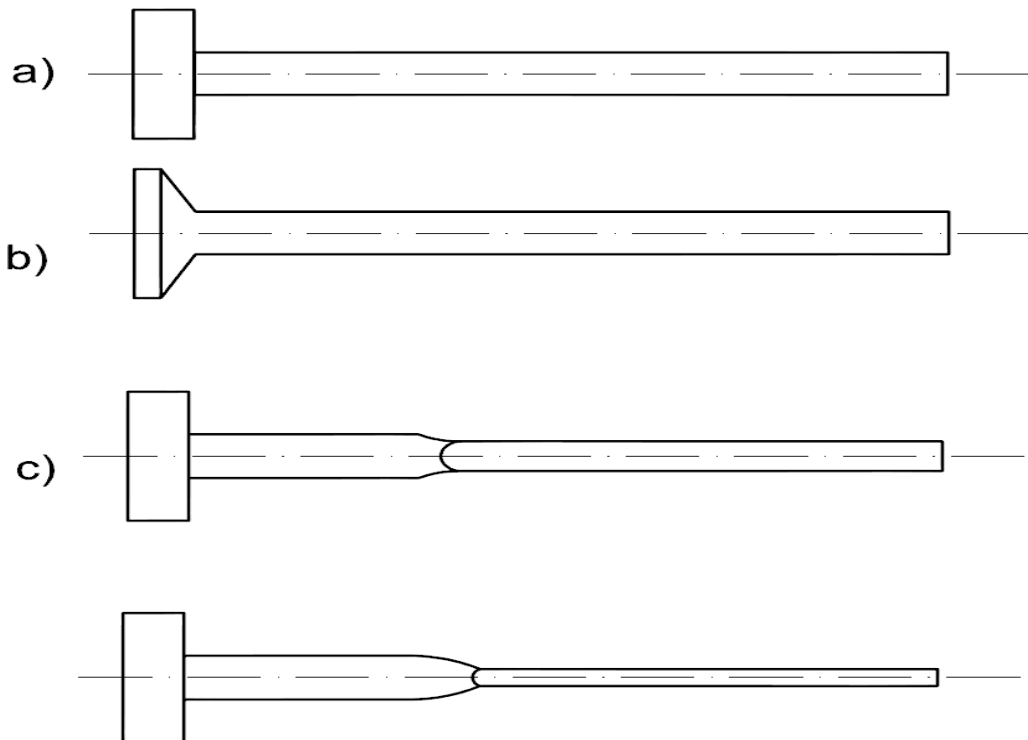
2.2.1 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiků, které je jednoduché a funkčně zaručené. [2]

Správnou volbou typu vyhazovacího kolíku i jeho umístění se umožní snadné vyhození bez poškození výrobku. Kolík 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 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. [2]

Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem mechanického vyhazování. Mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Jsou obvykle válcové. Mohou však mít jakýkoliv jiný tvar. Ve

formě jsou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6 podle požadované funkce a tekutosti plastu. Vůle v uložení působí i jako odvzdušnění. [2]



Obr. 4 Vyhazovací kolíky [2]

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

2.2.2 Stírací deska

Představuje stahování výstříků z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše nezanechává na výstříku žádné stopy po vyhazování. Jeho deformace pak jsou minimální a stírací síla velká. Používá se především u tenkostěnných výstříků, 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 je plocha výstříku mírně zakřivena. Tento způsob se používá i pro vícenásobné formy, někdy se doplňuje systémem oddělování výstříku od stírací desky např. odpruženým vyhazovačem. [2]

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

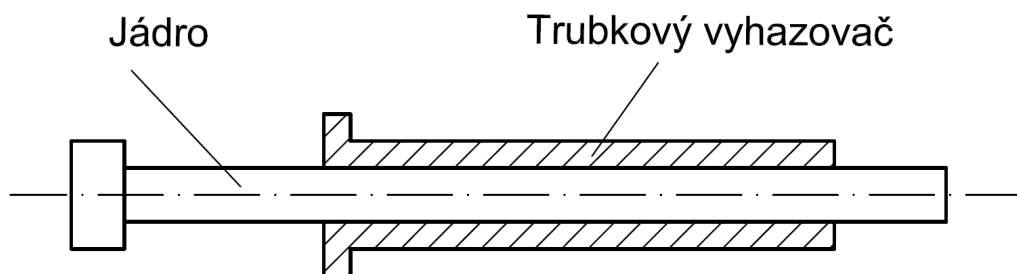
- tlakem vyhazovacího systému;
- tahem ve speciálních případech (obvykle při rozevírání formy jeho pevnou deskou).

Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu. Působí přes vyhazovací desku spojenou táhly se stírací deskou. Síla může být vyvozena pružinami, hydraulickým, nebo pneu-

matickým zařízením. Stírací deska může být ovládána i tahem pomocných mechanismů. Ty jsou upevněny v různých částech formy a vzájemně na sebe působí. Způsob je složitější než ovládání desky tlakem. Používá se hlavně u třídeskových forem, kdy výstřik a vtoky jsou v rozdílných dělicích rovinách a zaformování nedovoluje použít jinou koncepci stírání, či vyhazování. [2]

2.2.3 Trubkový vyhazovač

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. [2]



Obr. 5 Trubkový vyhazovač [2]

2.2.4 Šikmé vyhazovače

Speciální forma mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou k ní uloženy pod různými úhly (od 15° do 25°). Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Tím se odstraní náročné posuvné čelisti s klínovým mechanismem. [2]

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. [2]

Uspořádání takového systému má nejrůznější podobu a je možné ho kombinovat s přímým vyhazováním. Je snahou, aby způsob byl funkčně dokonalý a výrobně jednoduchý. [2]

2.2.5 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 velikostí. Proto se s výhodou používá například k vyhazování slabostěnných výstřiků v kombinaci - stírání s vyhazovacími kolíky, při šikmém vyhazování výstřiků se zápichem. [2]

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 výstřik vyhodí. [2]

2.2.6 Pneumatické vyhazování

Je vhodný pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Pneumatické vyhazování není tak časté, ale pro výstřiky uvedeného tvaru (např. kbelík) je velmi výhodné. [2]

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. [2]

2.2.7 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. Více se používají k ovládní bočních posuvných čelistí. 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, ale na úkor kratšího a pomalejšího zdvihu. [2]

2.3 Vtokový systém

Plast roztavený v plastikační jednotce proudí tryskou do vtokové soustavy vstřikovací formy, kterou tvoří systém vtokových kanálů různého tvaru. Tyto kanály vedou k jedné nebo

více dutinám formy, které mají být naplněny taveninou. Rozdíly v uspořádání vtokové soustavy jsou dány v první řadě konstrukcí formy (její násobností). [11]

Tvar, umístění a rozměry vtokového systému ovlivňují [1]:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výrobku;
- spotřebu materiálu (studené vtokové systémy = odpad);
- náročnost opracování a začištění výrobku;
- energetickou náročnost výroby.

Existují dva druhy vtokových systémů [6]:

- studené vtokové systémy (SVS);
- vyhřívané vtokové soustavy (VVS).

2.3.1 Studené vtokové systémy

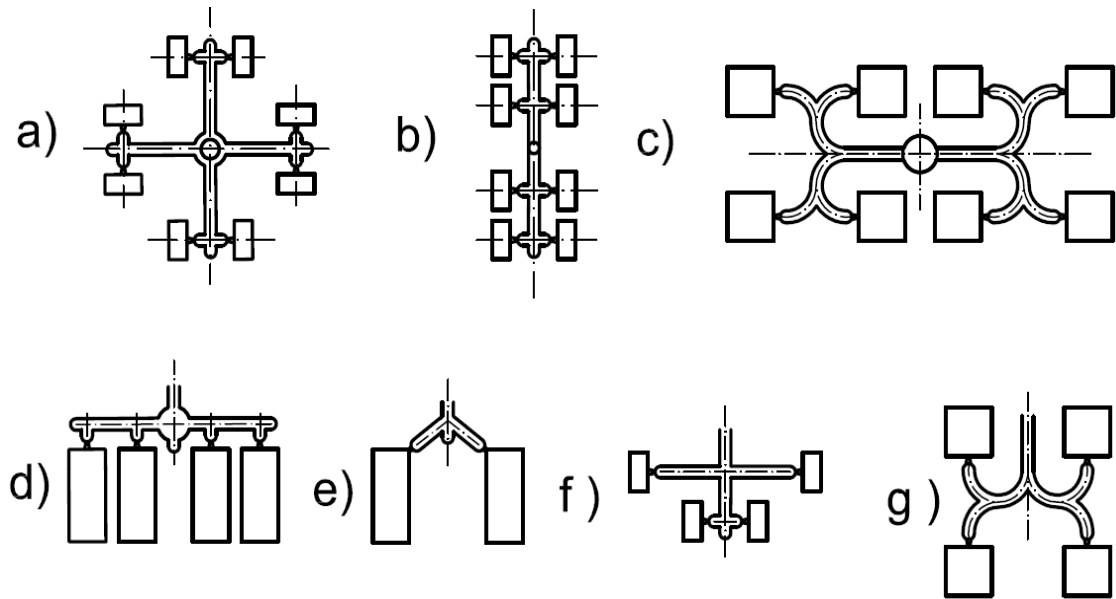
Při volbě určitého vtokového systému se vychází z toho, že se termoplast ohřátý v tavicí komoře na poměrně vysokou teplotu vstříkuje velkou rychlostí do relativně studené formy, přičemž stoupá viskozita na vnějším povrchu proudu taveniny. Nejmenší viskozita zůstává uprostřed (v jádru) průřezu tokových cest. Z toho vyplívá řada požadavků důležitých pro všechny druhy vtokových systémů. [11]

Při proudění taveniny vtokovým systémem dochází také vlivem tření k vývinu tepla, které se koncentruje do míst nejvyššího smykového napětí. Tam může dojít k výraznému zvýšení teploty až o 200°C. To může směřovat u citlivých plastů k degradaci. [1]

Obecné zásady řešení studených vtokových systémů

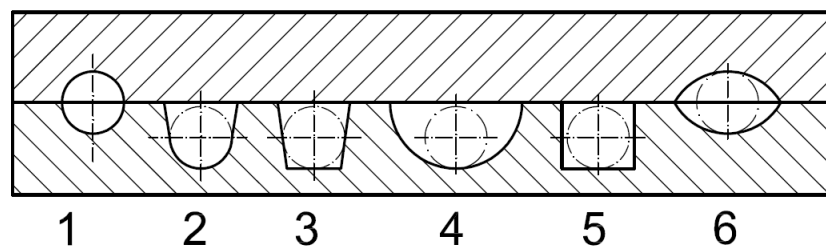
Požadavky na vtokové systémy [11]:

- 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 (Obr. 6);



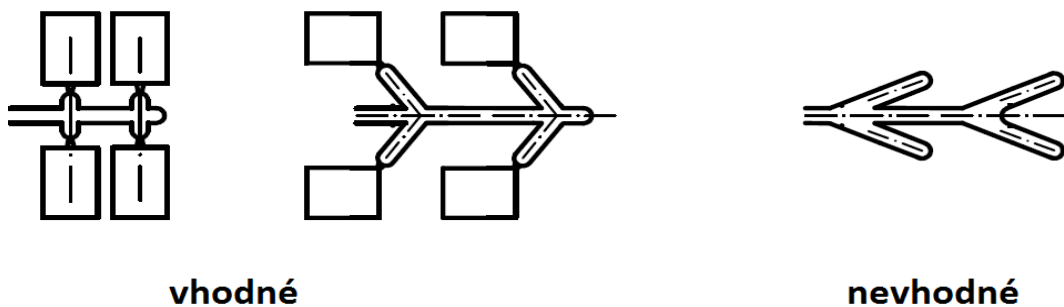
Obr. 6 Obecné zásady volby vtokového systému [1]
a, c, e, f, g – vhodná řešení ; b, d – nutná korekce vtokových ústí

- 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 smršťování (v do-tlakové 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 tekutost zpracovávaného plastu. Existuje několik základních druhů průřezů (obr.7);



Obr. 7 Průřezy vtokových kanálů [1]
 2, 3, 4, 5 - výrobně vhodné
 1 a 6 jsou výrobně nevhodné

- ústí vtoku má být umístěno tak, aby tavenina vtékala do nejtlustšího průřezu výstříku a tekla směrem k nejtenčímu místu. Výjimkou je vstřikování plastů s nadouvacími, kdy volíme postup opačný;
- pro přesné výstříky 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;
- ústí vtoku, tj. přechod z rozváděcího kanálu k dutině formy, má být co nejkratší. Doporučuje se délka 0,5 - 1,2 mm;
- dosedací plochy trysky a vtokové vložky musí spolu lícovat; jsou-li kulovité, musí být poloměr koule na trysce o 0,4 - 0,6 mm menší než na vtokové vložce, otvory v nich musí být souosé a průměr otvoru v trysce musí být alespoň o 0,5 mm 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 výstříku z formy, spojeným s jejich deformací;
- větvení vtokového systému se neprovádí pod ostrým úhlem, ale někdy právě naopak pod úhlem větším, než 90° (obr. 8).



Obr. 8 Větvení vtoků [1]

Druhy studených vtoků

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 výstříky. Z hlediska působení dotlaku je velmi účinný, protože vtok tuhne ve formě poslední. Jeho odstranění je pracné a zanechává vždy stopu po výstříku. [1]

Bodový vtok - Nejznámější typ zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, který leží mimo nebo i v dělicí rovině. Vyžaduje systém třideskových forem. Výhoda tohoto provedení je tom, že při rozevření formy dochází k automatickému oddělení vtokových zbytků od výstřiku. [1,3]

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. Jeho funkce je zřejmá. Používá se tam, kde plnění tvarové dutiny nemůže být provedeno v dělicí rovině formy a to z důvodů funkčních a vzhledových. Rovněž pro automatické oddělení vtokových zbytků od výstřiku. Předpokladem dobré funkce tunelových vtoků je existence ostré hrany, která odděluje při odformování vtokový zbytek do výstřiku. Oddělování vtokového zbytku se provádí při otvírání formy, nebo při vyhazování výstřiku. [1,3]

Boční vtok – Je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Při odformování zůstává zpravidla výstřik 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. [1]

Filmový vtok – Nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí. Používá se k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. Rozvedení taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu. To se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo tloušťkou rozváděcího kanálu. [1]

2.3.2 Vyhřívané vtokové soustavy

Používají se hlavně z ekonomických důvodů, protože vstřikování u vyhřívaných vtokových soustav probíhá bez vtokového zbytku. Tato technologie vstřikování spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. [1]

Výhody forem s vyhřívanou vtokovou soustavou [1]:

- umožňuje automatizaci výroby;

- snižuje spotřebu materiálu (tzv. bezvtokové vstřikování);
- zkracuje výrobní cyklus;
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků.

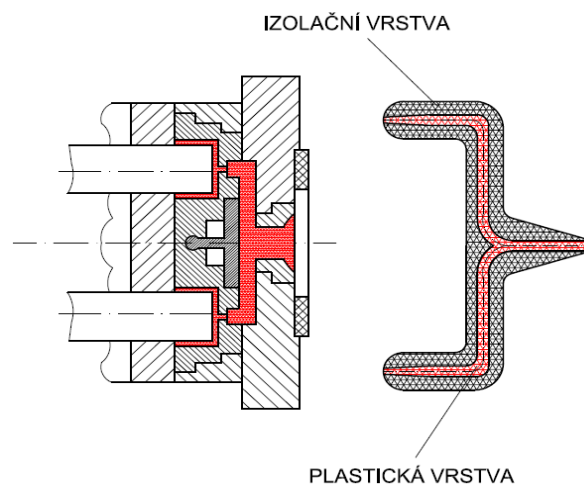
Forma s vyhřívanou vtokovou soustavou je však výrobně, finančně a energeticky náročnější nežli forma se studeným vtokovým systémem. Dále jsou zde vyšší nároky na strojní zařízení i personál. [1]

Ekonomickou výhodnost forem pro bezodpadové vstřikování je třeba posuzovat z hlediska celého výrobního procesu. Určujícími faktory jsou nepřetržitý provoz a dokonalé zpracovatelské vlastnosti plastů. [1]

Isolované vtokové soustavy

Nejjednodušší a dnes již málo používané vtokové soustavy. Pracují na principu vlastní termoplastické izolace. U tohoto systému tryska nemá vlastní vytápění. Vtoková vložka a rozváděcí kanály mají až k ústí zvětšený průřez, aby v celém systému nedošlo během zpracovatelského cyklu k úplnému zatuhnutí taveniny. Při prvním vstřiku se naplní zesílené kanály taveninou, která při dostatečně rychlém sledu pracovních cyklů zůstává uprostřed plastickou. Tím, že vnější vrstva zatuhne, tvoří tepelnou izolaci proudící tavenině. Vnitřním pásmem pak můžeme vstřikovat taveninu do dutiny formy. Použití je vhodné u plastů s nízkou teplotou tavení a širokým intervalem zpracování. [1]

U většiny těchto systémů nelze vyloučit občasné strhávání ztuhlé taveniny z okrajových vrstev od výstřiku. Proto se používají hlavně u vzhledově i pevnostně nenáročných výstřiků. [1]



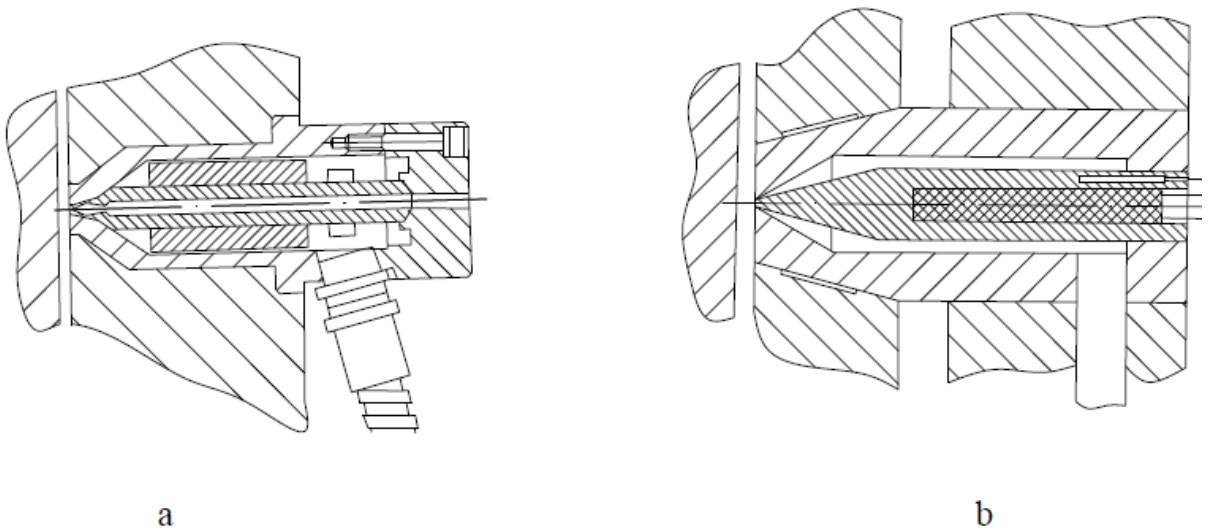
Obr. 9 Isolovaná vtoková soustava [1]

Vyhřívané trysky

Konstrukce jim umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Tryska umožňuje výrazné zlepšení technologických podmínek vstřikování.

Nepřímo ohřívané trysky mají dvě základní provedení [1]:

- dotápěné vyústění izolovaného rozvodu vtoku. Je charakterizováno miniaturním topným tělesem, které je zabudováno do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do vyústění vtoku. U tohoto způsobu je nutné dodržovat poměrně rychlý pracovní cyklus.
- dotápěná tryska rozvodovým blokem se vyznačuje přenosem tepla z vyhřívaného rozvodu vtoků na trysku. Je dokonalejší oproti předešlému systému a používá se pro vícenásobné formy.



Obr. 10 Vyhřívaná tryska [7]

a – s vnějším vytápěním

b – s vnitřním vytápěním

Vlastní vyústění vtoku do dutiny formy může být provedeno [1]:

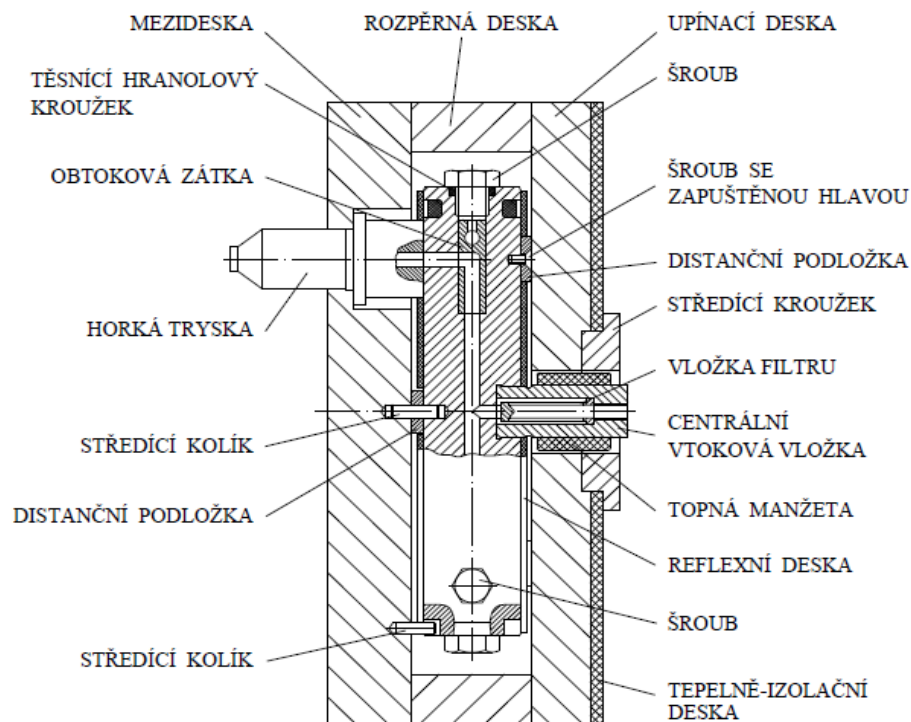
- **jedním otvorem** - přímo proti vtokovému kanálu. U tohoto uspořádání však při rychlejším pracovním cyklu někdy tavenina nestačí zatuhnout a na výstřiku zůstane stopa ve tvaru výstupku.

- **více otvory** - zde je odstraněna nevýhoda popisovaná u předešlé trysky. Obvykle se vyrábí dva nebo tři otvory o průřezu 1 až 3 mm podle hmotnosti výstřiku. Otvory bývají skloněny k ose vtokové vložky pod úhlem 15° až 30°.

Vytápěné rozvodové bloky

Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce je podmíněna rovnoměrným vytápěním. Rozváděcí blok je ocelový, uložen mezi upínací a tvarovou deskou v pevné části formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i k uložení trysek. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou. [1]

Je vytápěn nejčastěji zvenku elektrickým odporovým topením, nebo topnými patronami s vytápěním zevnitř. Otvory kanálů pro proudící taveninu musí být pečlivě provedeny, protože nikde nesmí vzniknout ostré hrany a přechody s mrtvými kouty taveniny. Pro zvýšení tuhosti formy je rozvodný blok ve formě upevněn pomocí přítlačných kroužků a zajištěn proti pootočení vzhledem k tvárnici. [1]



Obr. 11 Horký vtokový systém [7]

2.4 Temperační systém

Temperace slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy, ovlivňuje plnění tvarové dutiny formy, zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí polymeru. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Před zahájením výroby se musí forma vyhřát na požadovanou teplotu. V průběhu vstřikování se do formy přivádí polymer, který se v její dutině ochlazuje na teplotu vhodnou pro vyjmutí výstřiku. [2]

Úkolem temperance je [11]:

- zajistit co nejrovnoměrnější teplotu na celém funkčním povrchu dutiny formy;
- odvádět teplo z dutiny formy naplněné taveninou plastu.

Pokud má forma dostatečnou hmotnost a dobře řešený temperační systém, zvýší se její tepelná a tím i rozměrová stabilita a sníží nebezpečí deformace při vysokých vstřikovacích tlacích. Lokální nerovnoměrné rozložení teplot má za následek zvětšení rozměrových a zejména tvarových úchylek výstřiku. [2]

2.4.1 Obecné zásady volby temperačních kanálů

Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými se předává, nebo odvádí teplo z formy vhodnou kapalinou, nebo jiným zdrojem tepla. Rozměry a rozmístění temperačních kanálů a dutin se volí s ohledem na celkové řešení formy. [2]

Při volbě temperačních systémů je třeba dodržovat následující pravidla [2]:

- kanály umístit v optimální vzdálenosti od tvarové dutiny formy, při zachování je dostatečné tuhosti;
- kanály umístit a dimenzovat tak, aby teplo bylo intenzivně odváděno z míst, kde je forma ve styku s proudem vstřikované taveniny (u vtoku);
- průtok chladicí kapaliny regulovat tak, aby při chlazení proudila od nejteplejšího k nejchladnějšímu místu formy, u ohřevu naopak;
- průřez kanálů volit z výrobních důvodů kruhový;
- rozmístění kanálů se volí s ohledem na tvar výstřiku;
- kanály mají procházet celistvým materiálem formy. Pokud to není možné, je třeba stykové spoje utěsnit;

- průměr kanálů nemá být menší než 6 mm, jinak hrozí nebezpečí ucpání nečistotami, vodním kamenem apod.

Výkon temperačního okruhu lze zvýšit [2]:

- zvětšením rozdílu teploty formy a temperačního média;
- vytvořením podmínek pro zvětšení součinitele prostupu a přestupu tepla, vzdálenosti temperačních kanálů od líce formy, vznikem turbulentního proudění, použitím materiálu s větší tepelnou vodivostí;
- zapojením zvláštní větve chlazení.

2.4.2 Temperační prostředky

Představují media, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách. Dělíme je na [2]:

- **aktivní** – působí přímo na formě. Teplo do formy přivádí nebo naopak odvádí;
- **pasivní** – svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy.

Volba temperačních prostředků je ovlivněna především koncepcí formy a požadavky na technologii výroby výstřiku. [2]

Aktivní prostředky [2]:

- **kapaliny**, které proudí nuceným oběhem temperačními kanály vytvořenými uvnitř formy. Dochází k přestupu tepla mezi formou a kapalinou. Nejčastěji je používána voda. Mezi hlavní výhody vody patří cena, vysoký přestup tepla, nízká viskozita a ekologická nezávadnost. Nevýhodou vody je usazování vodního kamene a způsobování koroze. Proto je nutné vodu před vstupem do temperačního systému upravovat. Při temperování na vyšší teploty (100 °C a více) se používá olej. Mezi jeho hlavní nevýhody patří nižší přestup tepla. Poslední používanou kapalinou jsou glykoly. Omezují vznik koroze a ucpávání temperačního systému. Jejich nevýhodou je rychlejší stárnutí a znečišťování prostředí.
- **vzduch**, používá se buď volného proudění (při odvodu tepla z povrchu formy a při chlazení tvarových částí po čase otevření formy), nebo nuceného proudění působením přetlaku či podtlaku. Vzhledem k malé účinnosti se chlazení vzduchem používá jen tam, kde použití kapalin není pro nedostatek místa možno použít.

- **elektrické topné články**, využívají se především k temperaci forem s požadovanou vyšší teplotou v případě, kdy ztráty do okolí jsou větší, než teplo dodané vstříkovaným plastem. Většinou se používají topné patrony a prstencová topná tělesa. Při jejich instalaci je třeba dbát na to, aby aktivní povrch topného tělesa byl vždy v těsném kontaktu s povrchem formy.

Pasivní prostředky [2]:

- **tepelně izolační materiály**, používají se především pro omezení přestupu tepla do upínacích desek stroje a to v případech, kdy požadujeme vysokou teplotu formy. Volí se různé pevnostně a tepelně odolné materiály na bázi vyztužených reaktoplastů, či nekovových anorganických látek. Boky forem lze tepelně izolovat běžnými tepelně izolačními materiály. Pro omezení ztrát tepla vyzařováním se doporučuje povrch leštit, chromovat, niklovat nebo pokrýt hliníkovou fólií.
- **Tepelně vodivé materiály**, využívají se k odvodu resp. přívodu tepla z míst jiným způsobem obtížně temperovatelných (tenké tvárníky, vtokové trysky) do míst, kde lze již odvod resp. přívod tepla zajistit obvyklým způsobem. Používá se zde slitin mědi a slitin hliníku. Nejúčinnějším prostředkem jsou tzv. tepelné trubice, které využívají výparného tepla látky. Tímto způsobem lze zvýšit odvod tepla až o řád ve srovnání s čistou mědí.

2.5 Odvzdušňovací systém

Odvzdušnění dutiny vstříkovací formy je konstrukčně technologické opatření, které má usnadnit a někdy vůbec umožnit vzduchu, který před sebou v dutině formy stlačuje proudící tavenina, aby unikl z dutiny a nebránil tak jejímu úplnému naplnění. [11]

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 nedostříknutý výrobek. [11]

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 (hluboké 0,01 až 0,02 mm a široké 3 mm), které se dělají v dělicí rovině a to často až dodatečně. Jako odvzdušňovací kanály fungují i otvory pro vedení vyhazovačů, případně štěrbin vytvořené zploštěním vyhazovačů. Nejsou-li ve formě vyhazovače, je možno použít odvzdušňovacích kolíků nebo lamel. [11]

2.6 Materiály pro výrobu forem

Formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiků se od nich vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určenými [2]:

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

Pro výrobu forem se tedy používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Patří sem [2]:

- oceli vhodných jakostí
- neželezné slitiny kovů (Cu, Al, ...);
- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé ...).

Oceli jsou daleko nejvýznačnějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit. [2]

2.6.1 Volba ocelí pro formy

Jednotlivé díly forem nemají stejnou funkci. Proto vyžadují i svoje specifické požadavky na volbu materiálu, z kterého budou vyrobeny. Jejich výběr má odpovídat požadované funkci součásti s ohledem na opotřebení a životnost. Od materiálů se především vyžaduje dostatečná mechanická pevnost a dobrá obrobiteľnosť. [2]

Požaduje se, aby ocel byla vysoce homogenní a měla přiměřenou tvrdost. S ohledem na možnost leštění tvářecích částí by jejich tvrdost neměla klesnout pod 30 HRc a v případě požadavku zrcadlového lesku dokonce pod 54 HRc. Formy, ve kterých se mají tvářet lepiivé materiály, vyžadují právě vysoký lesk. Pro zpracování materiálů s abrazivními účinky třeba volit oceli otěruvzdorné, jejichž tvrdost bývá 62 - 64 HRc. Zpracovávané materiály s agresivními účinky (PVC) vyžadují korozivzdorné materiály forem, případně povrchové úpravy běžných materiálů. [6]

2.7 Rámy vstřikovacích forem

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

Dále musí rám umožnit [2]:

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

Velikost a uspořádání rámu se volí individuálně podle potřeby a nutné funkce formy, s ohledem na zaformování vyráběného výstřiku. Pro snadnou konstrukci i výrobu rámu se dnes využívají nejrůznější typizace a nabídky normálíí jednotlivých dílů. [2]

3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ

Vstřikované výrobky z plastů se konstrukčně řeší z hlediska funkčního (rozměrová přesnost, pevnost, tuhost, tepelná a elektrická vodivost), technologického (snadná zpracovatelnost, vyrobiteľnost), estetického (vzhled výrobku, barva, lesk) a ekonomického (výrobní náklady, prodejnost). [4]

Pro realizaci plastových součástí jsou dány určité meze konstrukčních tvarů a jejich vlastností, které by se neměly překročit, jinak vzniknou při výrobě problémy. Bez potřebných znalostí lze se jim jen obtížně vyhnout a docílit, aby vzniklá součást, vyhovovala podmínkám výroby. Čím jednodušší je součást, tím výhodnější jsou její pevnostní podmínky, snadnější dodržení rozměrů, lacinější výroba formy a jednodušší výroba výstřiků. Vždy je však třeba hledat kompromis mezi vznesenými požadavky. [1]

3.1 Konstrukční zásady

Tloušťky stěn:

Zásady správné konstrukce tloušťky stěn vyžadují jednotnou tloušťku, náhlé přechody mají být bez ostrých hran a v případě, kde se nelze vyhnout tlustším stěnám (místům), se provede vhodné odlehčení, nejlépe na opačné straně. Tloušťka bočních stěn, nebo žeber se zaoblenou přechodovou hranou nemá překročit 0,8 tloušťky hlavní stěny. [1]

Zaoblení hran, rohů a koutů:

Oblé tvary jsou výhodné z hlediska snazšího proudění taveniny. Čím větší je rádius zaoblení, tím menší jsou hydraulické odpory proti průtoku materiálu a tím menší koncentrace napětí v místě ohybu. Vnější rádius zaoblení stěny bývá o tloušťku stěny větší než vnitřní rádius, takže stěna je v celém průběhu zakřivení stejně tlustá. [4]

Úkosy a podkosy:

Sklon stěn výstřiku kolmo k dělicí rovině, kterými se umožňuje nebo u podkosů zabraňuje vyjímání výstřiku z dutiny formy. Jejich velikost se řídí požadovanou funkcí. U vnitřních stěn větší a u vnějších menší úkos. Podkosy s výjimkou technologických, komplikují konstrukci i funkci formy a proto je snaha se jim vyhnout. [1]

Žebra:

Používají se velmi často k vyztužení výstřiků a umožňují tak použít tenké stěny. Profil žebra musí mít určitý vztah k tloušťce stěny, aby nenastaly nežádoucí deformace. [4]

Otvory a drážky:

Volí se tak, aby při výrobě činily co nejmenší potíže. Záleží hlavně na jejich poloze vzhledem k zaformování. Otvory a drážky kolmé na směr dělicí roviny se zhotoví pomocí čelisťů, nebo výsuvných jader. Otvory a drážky ve směru zaformování se vytváří pomocí pevných kolíků a trnů. [1]

Závity

Závity u plastů mají mít velký profil, aby byla zajištěna dostatečná axiální únosnost. Nejvýhodnější je oblý nebo lichoběžníkový závit se zaoblenými vnitřními hranami profilu. Metrický závit se použije, jen není-li jiné volby a jen pro pevné a tuhé plasty. Závitům s jemným stoupáním se zásadně vyhýbáme, protože mají malou únosnost. [4]

Písmo a tovární značky

Provádí se jako vystouplé, polovystouplé nebo zahloubené. Vystouplé písmo je výrobně nejjednodušší, snadněji se však odírá. Polovystouplé písmo používáme, nesmí-li písmo vystupovat nad povrch výrobku. Zahloubené písmo se používá v případě, když se bude nápis na výrobku dodatečně vyplňovat barvou. [4]

3.2 Dodatečná úprava součástí

Vyrobený výstřik je dán svými materiálovými vlastnostmi, tvarem, rozměry a jakostí ploch. Ne vždy se všechny tyto činitele podaří realizovat hned při vstřikování. Potom je třeba je opravit nebo dokončit. [1]

Temperování

Tepelné zpracování zhotovených výstřiků pro zlepšení jejich vlastností, nebo stabilizaci rozměrů. Provádí se za zvýšené teploty na vzduchu, nebo v kapalinách. Jejich maximální teplota by měla být 30°C až 40°C pod bodem měknutí plastu. Temperační proces na vzduchu je velmi pozvolný a trvá proto velmi dlouho. [1]

Kondicionování

Tepelné zpracování silně navlhávajících plastů (polyamidů) ve vodě. Tímto procesem se u nich dosáhne rychlého zvýšení houževnatosti i ustálení rozměrů, které vznikly při vstřikování. Výstřiky z polyamidů jsou po vystříknutí a předchozím sušení téměř bez obsahu vody, kterou pro svoje dobré vlastnosti potřebují. Je třeba jim ztracenou vlhkost dodat. [1]

Obrábění

Dodatečné obrábění výstřiků spočívá většinou v začišťování a zahlazení stop po vtcích a přetocích. Také některé tvary dílce, pokud příliš komplikují výrobu formy, se obrábí dodatečně na požadovaný tvar. Pasty obrábíme například řezáním, stříháním, soustružením, frézováním, vrtáním, broušením nebo leštěním. Plasty se obvykle obrábí za sucha. Při nadměrném zahřívání nástroje se chladí vodou nebo řeznou kapalinou. [1]

Nátěry součástí z plastů

Nátěry se na výrobky z plastů aplikují nejen z důvodů dekorativních, ale i funkčních. Mohou zakrýt některé povrchové defekty a zvýšit odolnost proti degradaci a korozi za napětí. Rozbory ukazují, že nátěry mohou být v některých případech ekonomičtější, než barvení plastů ve hmotě. [1]

Speciální úpravy povrchu výstřiku

Všechny požadované vzhledové úpravy povrchu výstřiku se vždy realizují ihned při vstřikování ve formě. Z technických nebo ekonomických důvodů se některé operace provedou až na hotovém výstřiku. Nejvíce se používá potisk sítotiskem a potisk tempoprintem. [1]

4 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část bakalářské práce byla rozdělena na dvě hlavní kapitoly. První kapitola popisuje vstřikování, vstřikované materiály a vstřikovací cyklus od uzavření formy až po vyhození výrobku. Další část byla věnována vstřikovacímu stroji. Zde je podrobně popsána funkce vstřikovací a uzavírací jednotky a také jeho ovládání a řízení.

Druhá kapitola se zabývá konstrukcí vstřikovací formy. Popisuje postup při konstrukci vstřikovací formy, druhy vstřikovacích forem, způsoby zaformování, smrštění, správné zvolení násobnosti formy s ohledem na náročnost výstřiku. Dále zde bylo popsáno vyhazování výstřiků spolu s výhodami a nevýhodami jednotlivých vyhazovacích systémů. Oba druhy vtokových systémů, jak studené vtokové systémy, tak i vyhřívané vtokové soustavy a obecné zásady jejich správného řešení. Také zde byla zmíněna temperace forem, jejíž správné použití má zásadní vliv na rychlost a ekonomiku výroby. Dále bylo popsáno odvzdušnění forem, její jednotlivé způsoby použití a vady na výstřiku způsobené nedostatečným odvzdušněním. Konec teoretické části bakalářské práce popisuje rámy vstřikovacích forem a materiály vhodné na výrobu vstřikovacích forem.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma;
- vymodelovat pět návrhů spínací spony na batoh;
- průzkum trhu a výběr výherního návrhu;
- vymodelovat 3D sestavu vstříkovací formy pro výherní návrh;
- nakreslit 2D sestavu vstříkovací formy.

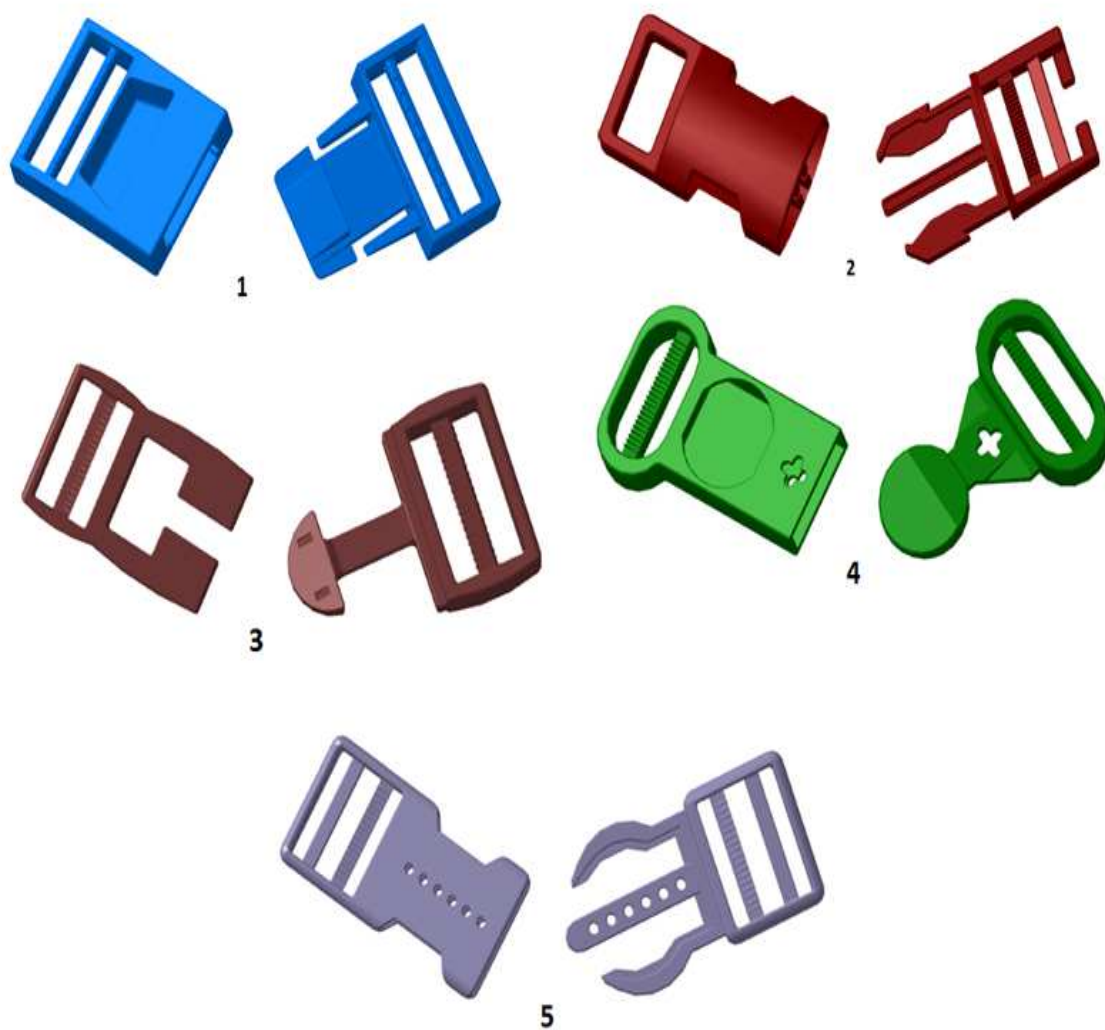
Teoretická část byla tématicky rozdělena na tři samostatné kapitoly, které obsahují poznatky nutné pro správné vyhotovení praktické části. Úvodní kapitola je zaměřena na samotný proces vstříkování, vstříkovaný materiál a na vstříkovací stroj. Druhá kapitola zevrubně pojednává o vstříkovací formě a o obecných zásadách při její konstrukci. Závěrečná kapitola se věnuje konstrukci vstříkovaných výrobků a dodatečným úpravám.

Praktická část je zaměřena na konstrukci vstříkovací formy pro zadaný výrobek. Při návrhu a konstrukci vstříkovací formy bylo využito programu CATIA V5R18 a normálí firmy HASCO. Konstrukce vstříkovací formy musí splňovat tyto požadavky:

- násobnost formy osm;
- kombinovaný vtokový systém;
- spolehlivou funkci;
- nízké náklady na výrobu.

6 PRŮZKUM TRHU

Cílem průzkumu bylo oslovit třicet osob a zjistit který z pěti návrhů spínací spony se jim líbí nejvíce. Cílová skupina lidí nebyla určena a tak průzkum probíhal jak na akademické půdě tak i na veřejných prostranstvích.

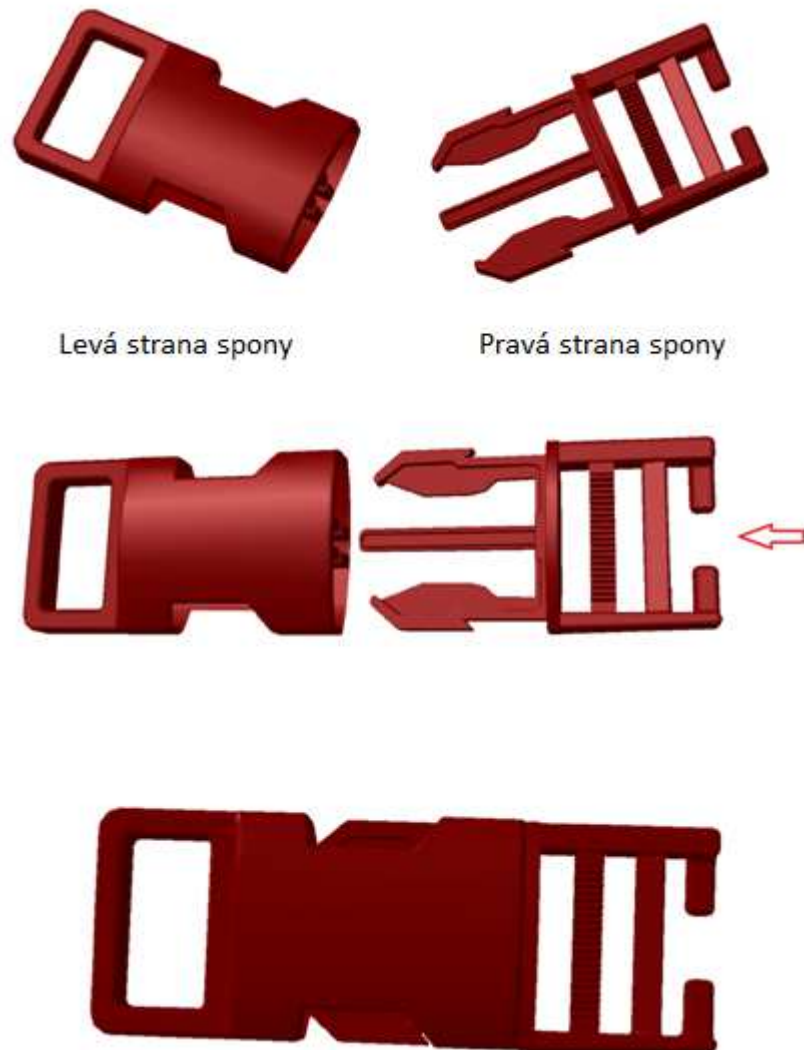


Obr. 12 Návrhy výrobku

Nejvíce hlasů v průzkumu trhu získal návrh číslo dva a to čtrnáct ze třiceti . Nascanovanou tabulku průzkumu trhu a ostatní návrhy jsou k dispozici v příloze (P II, P III).

7 VÝROBEK

Zadaný výrobek je vítězný návrh plastové spínací spony, která se využívá například u zapínání batohu.



Obr. 13 Návrh výrobku č.2

Levá strana je pevně připevněna na otvírací části batohu či kapsy. Pravá strana spony je opatřena mechanismem žeber s protichůdnými výstupky v upínací části. Tento mechanismus slouží k regulaci volnosti upnutí.

7.1 Materiál výrobku

Jako materiál byl zvolen polypropylen (PP). Polypropylen se vyznačuje tvrdostí, pevností a odolností vůči oděru. Má velmi dobré mechanické vlastnosti a mimořádnou odolnost proti stárnutí. Je použitelný v širokém rozsahu teplot a má velmi malou nasákavost. Vzhledem k lepším mechanickým vlastnostem se více využívá na součásti strojů a přístrojů, například v automobilovém a spotřebním průmyslu. Také odolnost vůči sterilizačním teplotám umožňuje jeho použití na dílce injekčních stříkaček. [12]

Tab. 1. Obecné vlastnosti polypropylenu [12]

Hustota [kg m⁻³]	900 až 910
Pevnost v tahu [MPa]	22 až 32
Tažnost [%]	120 až 700
Houževnatost [kJ m⁻²]	10 až 15
Navlhavost [%]	0,1

8 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Ke vstřikování byl zvolen vstřikovací stroj Allrounder 420 C (1000 - 350) který vyrábí firma Arburg. Volba vstřikovacího stroje je závislá především na velikosti vstřikovací formy z důvodu upnutí formy do vstřikovacího stroje. Dalším nezanedbatelným faktorem při výběru vstřikovacího stroje je také zajištění dostatečného vstřikovacího tlaku, aby materiál dopravil do dutiny formy. Při výběru vstřikovacího stroje však musíme zvážit mnoho dalších parametrů.



Obr. 14 Vstřikovací stroj

Základní parametry stroje Allrounder 420 C [16]:

- uzavírací síla 1000 [kN]
- minimální výška vstřikovací formy 250 [mm]
- vzdálenost mezi vodícími sloupky 420x420 [mm]
- maximální zdvih při otevření 500 [mm]
- průměr šneku 40 [mm]
- poměr šneku L/D 20
- maximální kroutící moment šneku 550 [Nm]
- maximální objem dávky 182 [cm³]
- vstřikovací tlak 2120 [bar]

9 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

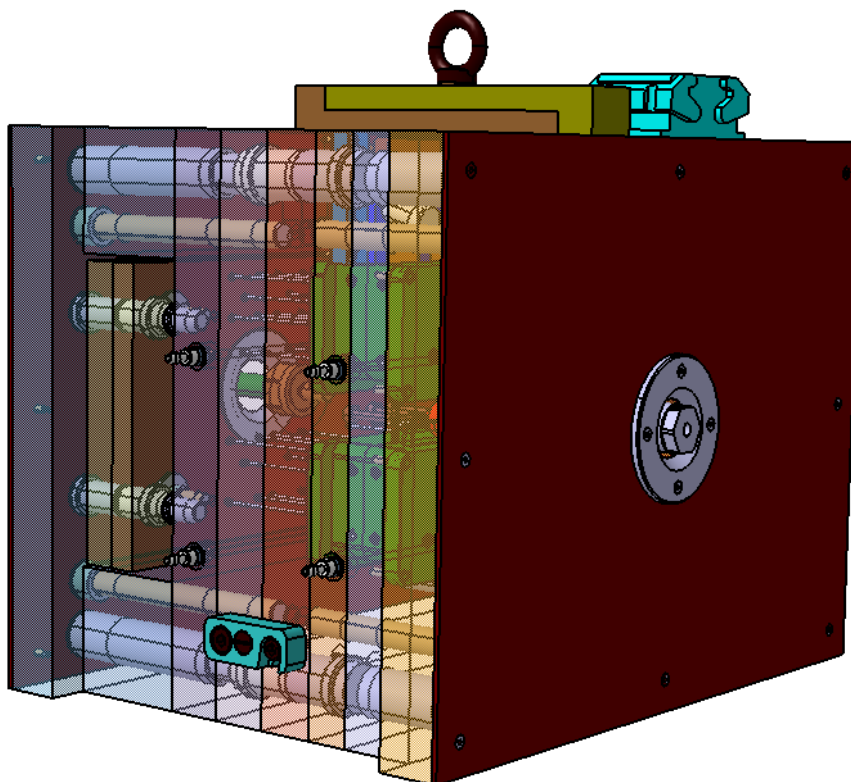
9.1 Použité aplikace

CATIA V5R18

CATIA patří mezi produkty, které podporují návrh, výpočty, výrobu a správu všech dokumentů nového výrobku (CAD/CAE/CAM/PDM). Jde o modulární systém, kde si uživatel může vybírat z množství dodávaných modulů, v závislosti na své specializaci a požadavcích. CATIA V5 je software používaný hlavně v leteckém, automobilovém a spotřebním průmyslu. [13]

9.2 Vstřikovací forma

Navržená vstřikovací forma je určena ke zpracování termoplastických materiálů a skládá se z osmi desek, tvárníku, tvárnice a také z vodících a upínacích elementů. Při konstrukci se využívalo normálií, tedy dílů vybraných z katalogu Hasco, které zlevňují a zrychlují výrobu. Správná konstrukce formy musí splňovat požadavky na rozměrovou přesnost výstřiku a na mechanické a vzhledové vlastnosti.



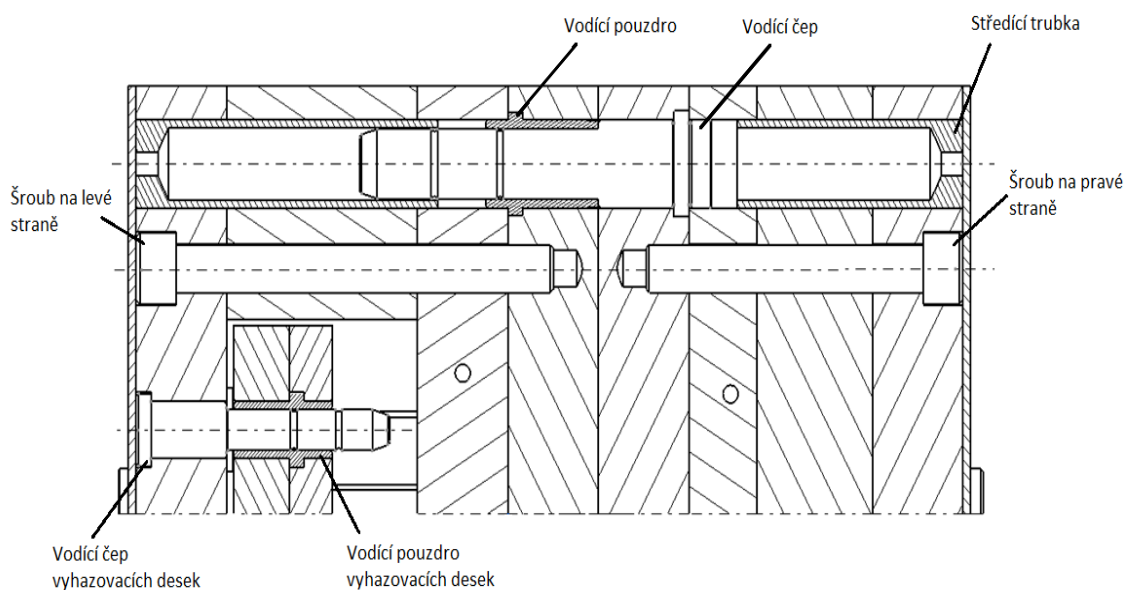
Obr. 15 Vstřikovací forma

Vstřikovací forma se skládá ze tří základních částí. Jedná se o pravou stranu formy, levou stranu formy a vyhazovací systém. Na pravé straně formy je uložen horký vtokový systém tvaru "I" který zajišťuje dopravu taveniny od vstřikovacího stroje do rozvodných kanálů za pomoci dvou vytápěných trysek. V pravé tvarové desce je uložena tvárnice, která je chlazena pomocí temperačního systému. Temperační médium se do tvárnice přivádí skrze opěrnou desku. Protéká tvárnici a poté se opěrnou deskou vrací zpět do temperační jednotky. K dokonalému utěsnění mezi tvárnicí a opěrnou deskou použijeme těsnící O-kroužky. Dále jsou v pravé tvarové desce uloženy šikmé kolíky a zámky, které slouží k odformování vnitřních dutých částí výstřiku. Obrázek pravé strany formy zobrazuje příloha (P I).

Levá strana formy má tvárník uložen v levé tvarové desce. Temperace je zajištěna přes opěrnou desku stejně jako na pravé straně formy. Na levé straně formy je umístěn mechanismus sloužící k odformování vnitřních dutých částí výstřiku. Mechanismus se skládá z jader připevněných na posuvové kostce, která je uložena na kluzných deskách a je zajištěna vodícími lištami. K zajištění posuvové kostky v horních pozicích při otevřeném stavu je použit pružící přitlačný kus. V levé straně formy je uložen vodící čep, který slouží k vedení vyhazovacího systému. Obrázek levé strany formy zobrazuje příloha (P I).

Vodící součásti vstřikovací formy:

Tyto součásti slouží k vystředění jednotlivých desek formy, k jejich správnému vedení při otevírání a zavírání formy a při pohybu vyhazovacím systémem.



Obr. 16 Vodící části formy

9.2.1 Násobnost

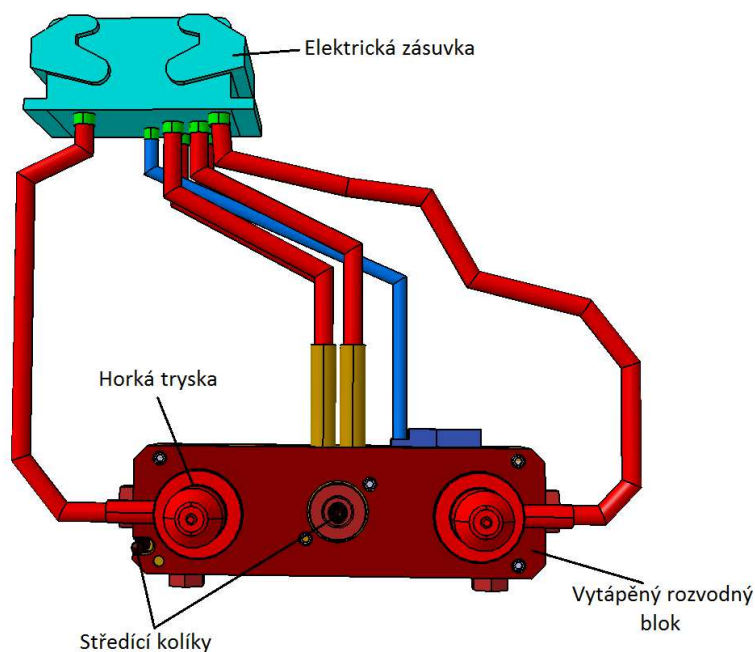
Při určování násobnosti vstřikovací formy se musí brát ohled na určitá kritéria jako jsou rozměry, přesnost daného výrobku, jakost výrobku, celková produkce a hospodárnost výroby. S ohledem na produktivitu výroby, s požadovanou jakostí výstřiku, byla zvolena osminásobná forma. S ohledem na kompletizaci produktu se jedná o čtyři kusy levé strany spony a o čtyři kusy pravé strany spony.

9.2.2 Zaformování výstřiku

Správné zaformování výstřiku se volí podle konstrukční složitosti vyráběného dílu. V tomto případě byla dělicí rovina zvolena rovnoběžná se směrem upínání formy a rozděluje výstřik na dvě poloviny. Zaformování výstřiku bylo provedeno tak, aby po otevření formy zůstal výstřik v levé (pohyblivé) části formy. Zároveň dochází k odformování vnitřních dutin na pravé straně spony pomocí šikmých čepů.

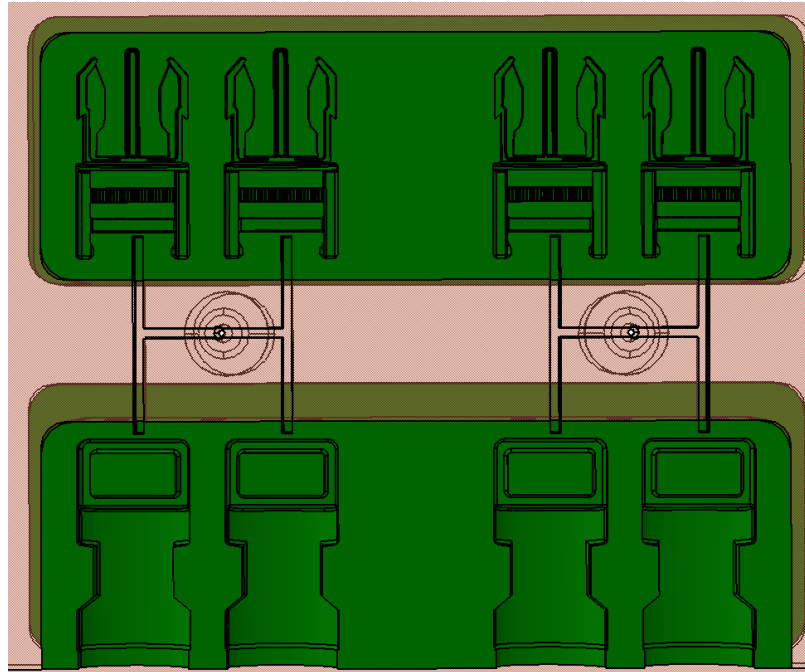
9.2.3 Vtokový systém

Pro vstřikování zadaného dílu byl zvolen kombinovaný vtokový systém. Kombinovaný vtokový systém do jisté míry zbaví zbytků, které jsou u studeného vtokového systému, ale za cenu vyšších nákladů na výrobu a spotřebu energie na vytápění. Horký vtokový systém je realizován horkým vyhřívaným vtokovým blokem tvaru "I". Ten zajišťuje dopravu taveniny od vstřikovacího stroje do rozvodných kanálů za pomoci dvou vytápěných trysek.



Obr. 17 Horký vtokový systém

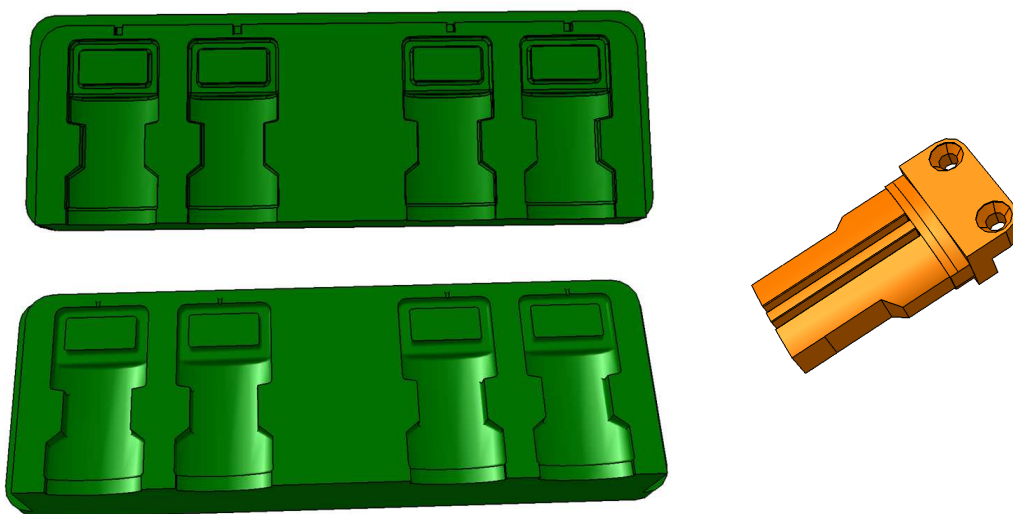
Po vstříknutí taveniny do rozvodných kanálů se mění horký vtokový systém na studený vtokový systém. Tavenina proudí od konce trysky kuželovým otvorem do rozvodných kanálů na pravé tvarové desce a poté přes vtokové ústí vtéká do jednotlivých dutin formy.



Obr. 18 Studený vtokový systém

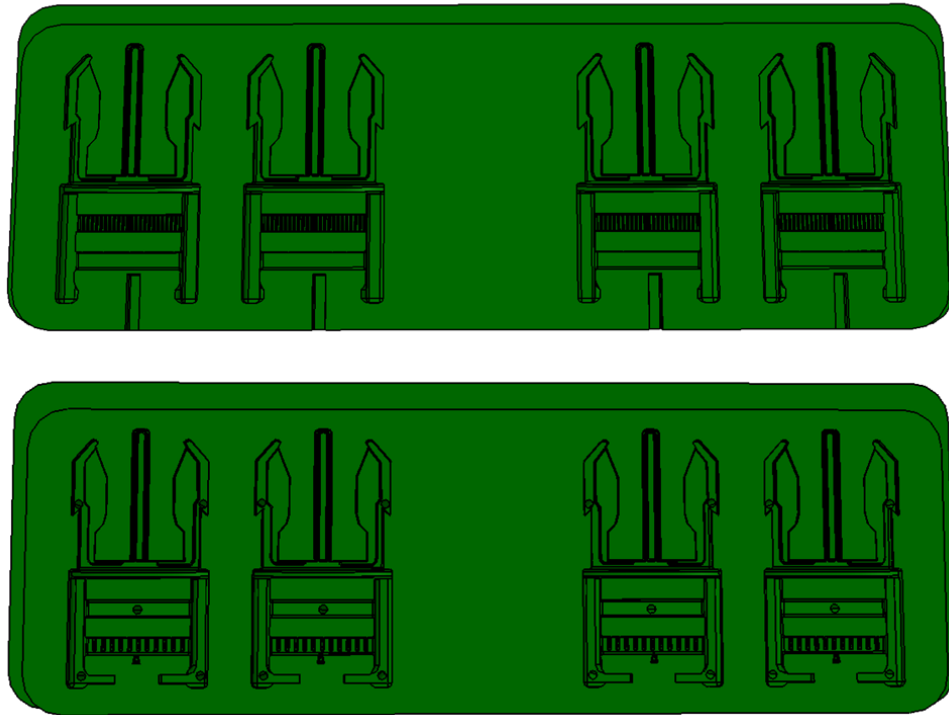
9.2.4 Tvarové části formy

Základ tvarové dutiny formy tvoří tvárník a tvárnice, ty spolu udávají budoucí tvar výstřiku. Tvárník a tvárnici levé strany spony ještě doplňuje jádro připevněné na posuvové kostce.



Obr. 19 Tvárník, tvárnice a jádro levé strany spony

Jádro používáme k výrobě vnitřních dutých částí na levé straně spony. Je uloženo v posuvové kostce a zajištěno dvěma šrouby. Tvárník i tvárnice disponují osazením na němž jsou uloženy v tvarové desce a zajištěny opěrnou deskou. U tohoto druhu uložení nemusíme používat šrouby.



Obr. 20 Tvárník, tvárnice pravé strany spony

9.2.5 Odvzdušnění

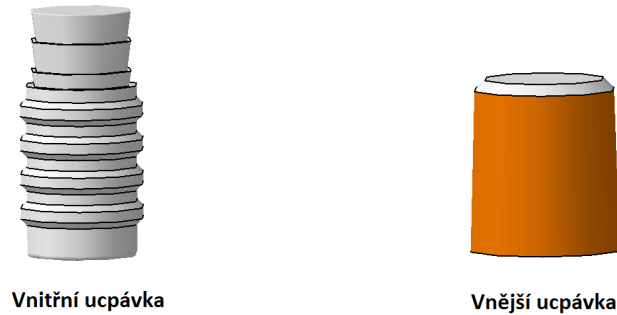
Dutina formy je před vstřikováním zaplněna vzduchem. Při vstřikování dochází k stlačování vzduchu čelem taveniny a může dojít k tzv. Dieselovu efektu. Problematika odvzdušnění je popsána v teoretické části této práce. V navrhované formě je uvažován únik vzduchu vůlemi v dělicích rovinách a vyhazovacím mechanismem. V případě nedostatečného odvzdušnění odhaleného při zkouškách musí být forma dodatečně opatřena odvzdušňovacími kanály.

9.2.6 Temperační systém

Cílem temperace forem je zajistit rovnoměrné teplotní pole po celém povrchu tvarové dutiny vstřikovací formy v závislosti na druhu zpracovávaného polymeru.

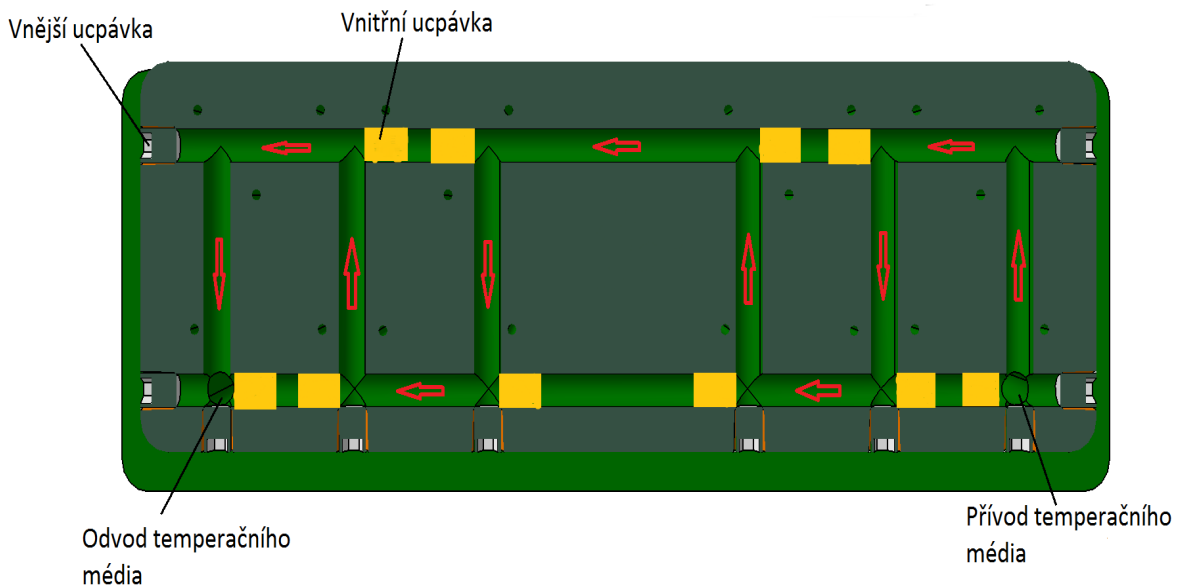
Temperační systém formy je tvořen pomocí vrtaných kanálů o průměru 6 mm přímo do tvárníku či tvárnice. Temperační médium je do tvárníku či tvárnice přiváděno přes opěrné

desky. Spoj mezi opěrnou deskou a tvárníkem či tvárnicí je opatřen O-kroužkem, který zaručuje dokonalou těsnost spoje. Tok kapaliny požadovaným směrem zajišťují ucpávky, které také zabraňují jejímu úniku z formy.



Obr. 21 Ucpávky

Dráha temperačního média je pro všechny desky stejná. Temperační médium proudí kanály, které byly uspořádány za sebou (tzv. do série) v podobě hadu, aby docházelo k rovnoměrnému ochlazování výstřiku.

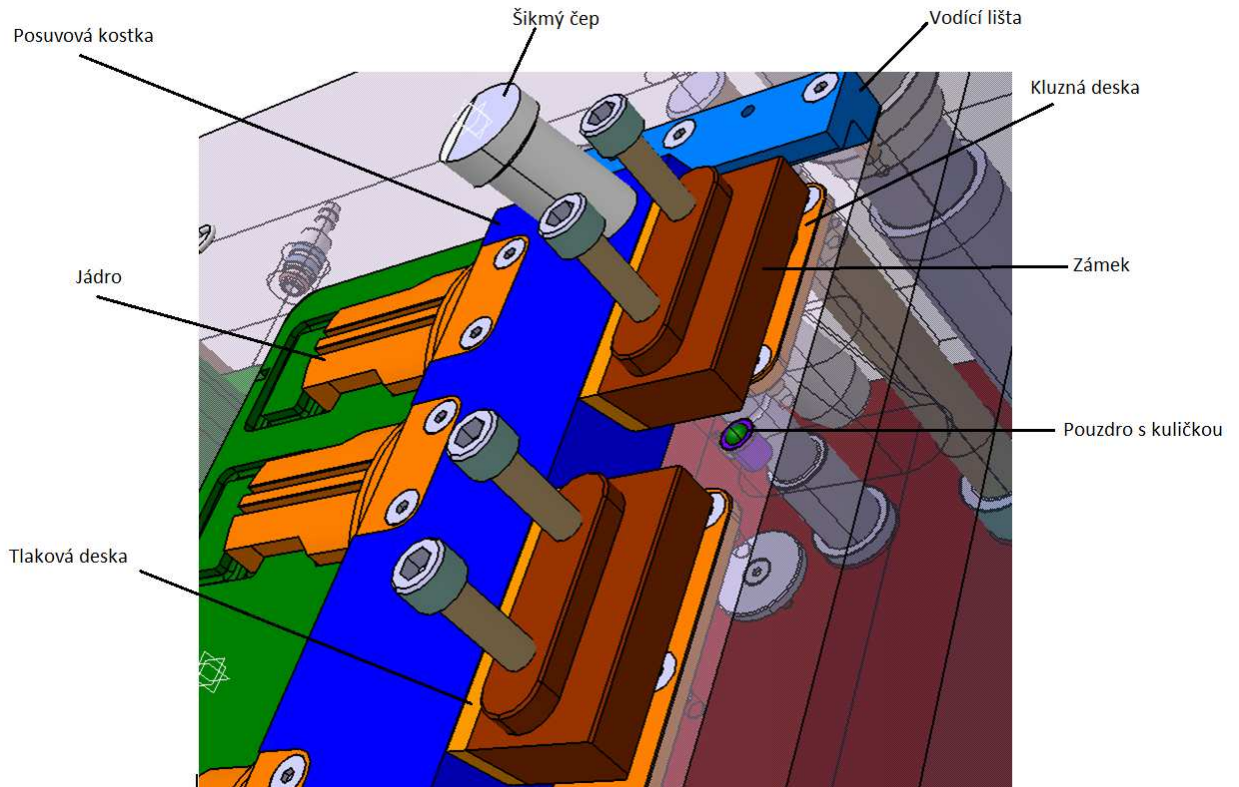


Obr. 22 Temperační systém

9.2.7 Odformování dutin

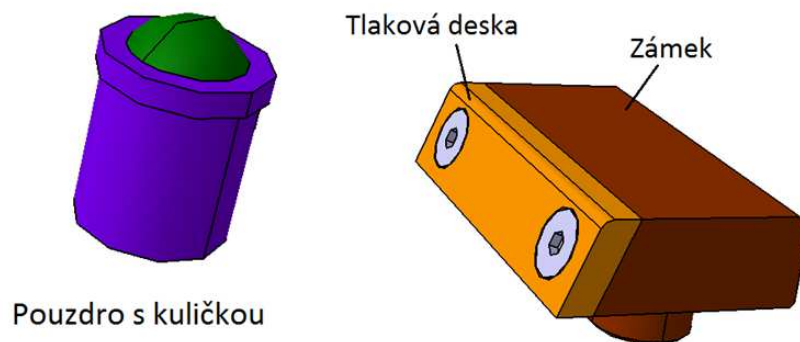
Při otvírání formy dochází k posuvu pohybových kostek vlivem šikmých čepů, umístěných v pravé tvarové desce. Na posuvové kostce jsou přišroubována čtyři jádra, která tvoří vnitřní dutiny na levé straně spony. Posuvová kostka se pohybuje po kluzných deskách a je

vedena pomocí vodících lišt. Kluzné desky jsou přišroubovány k tvarové desce a zamezují zadrhávání u posuvové kostky. Vodící lišty jsou vystředěny kolíky a přišroubovány k tvarové desce. Posuvová kostka musí lícovat s vodící lištou nejméně ve dvou místech, aby nedocházelo k nežádoucímu pohybu posuvové kostky.



Obr. 23 Odformování dutin

Zajištění posuvové kostky v otevřené poloze zabezpečuje pouzdro opatřené pružinou a kuličkou. Pouzdra jsou umístěna v levé tvarové desce. Po dosažení maximálního posuvu posuvové kostky zapadnou kuličky do drážek v posuvové kostce a zajistí ji v otevřeném stavu. Posuvová kostka je v našem případě jištěna dvěma pouzdry s kuličkou.

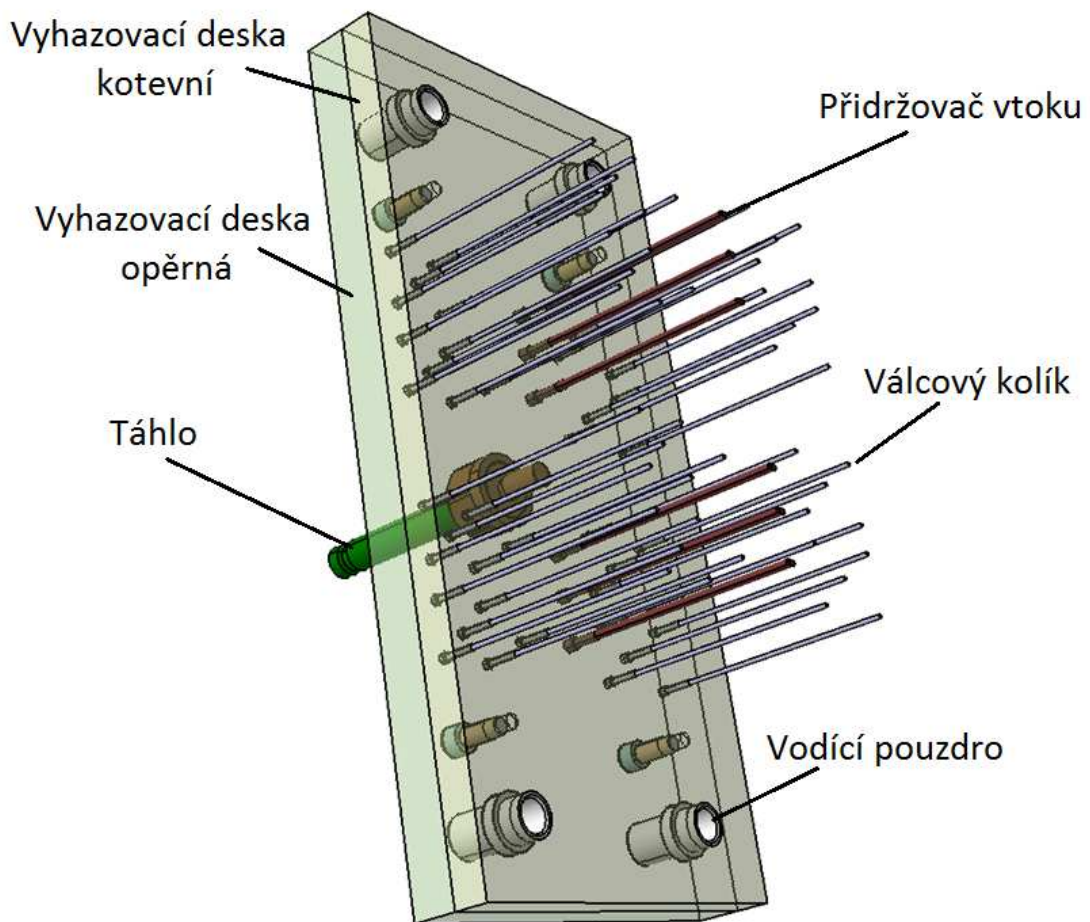


Obr. 24 Jistící komponenty

K zajištění posuvové kostky v uzavřeném stavu formy slouží tlakové desky na zámcích. Po uzavření formy a v průběhu vstřikování dokonale zajišťují posuvovou kostku proti pohybu.

9.2.8 Vyhazovací systém

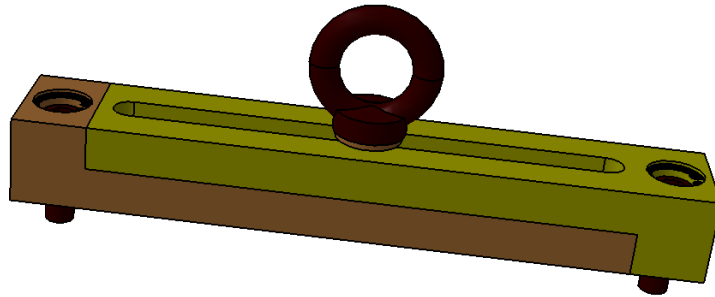
Vyhození ochlazeného výstřiku je realizováno pomocí válcových vyhazovačů. Při umísťování vyhazovačů musíme dodržovat základní pravidla popsána v teoretické části, abychom předešli zmetkům např. deformace, stopy po vyhazovačích. Vyhození výstřiku zajišťuje na levé straně spony šest a na pravé straně spony pět válcových vyhazovačů v každé tvarové dutině. Po otevření formy přidržuje výstřik na levé straně formy šest přidržovačů vtoku. Ty jsou v následně odformovány pomocí válcových vyhazovačů. Vyhazovací mechanismus se skládá z kotevní a opěrné desky. Správné vedení vyhazovacího systému zajišťují dvě dvojice vodících kolíků a pouzder. Pohyb obstarává táhlo připevněné k opěrné desce.



Obr. 25 Vyhazovací systém

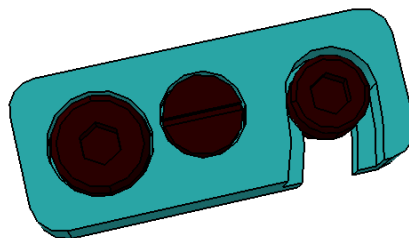
9.2.9 Manipulační systém

K manipulaci s formou byl zvolen tzv. transportní můstek. Transportní můstek se skládá ze dvou částí a transportního oka. První část je přišroubována k pravé opěrné desce a druhá část v rozpěrné desce. Transportní oko zajišťuje jednoduché uchycení formy na zvedací zařízení.



Obr. 26 transportní můstek

Dále je forma vybavena dvěma zajišťovacími zařízeními, která zabraňují otevření dělicí roviny formy při její manipulaci.



Obr. 27 Zajištění

10 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl návrh pěti různých modelů zapínacích spon používaných u batohů. Průzkum trhu u třiceti osob a návrh vstřikovací formy na vítězný model. Materiál výrobku byl zvolen polypropylen dodávaný firmou ALBIS. Optimální vstřikovací stroj pak Allrounder 420 C (1000 - 350) od firmy Arburg.

Bakalářská práce se skládá z teoretické a praktické části. V teoretické části byla popsána technologie vstřikování a vstřikovací forma. V praktické části byly zkonstruovány 3D modely vstřikovaných dílů a 3D model vstřikovací formy. Modely byly realizovány v programu CATIA V5R18. Při návrhu formy bylo využíváno katalogu od firmy HASCO.

Parametry formy byly zvoleny dle rozměrové náročnosti výrobku a násobnosti formy. Forma byla zvolena osminásobná vzhledem k požadované produktivitě a jakosti výrobku. Výrobek byl zaformován tak, aby bylo možné bez větších nákladů korigovat kritické rozměry. Pro zrychlení výroby a částečného odstranění vtokových zbytků byl zvolen kombinovaný vtokový systém. Odvzdušnění je u navržené formy zajištěno dělicí rovinou a vůlí mezi vyhazovači. Temperace formy byla zhotovena vrtáním. Tok temperačního média byl korigován pomocí vnitřních a vnějších ucpávek.

K manipulaci s formou a jejího snadného usazení do vstřikovacího stroje byl zvolen transportní můstek. Proti otevření formy během manipulace forma disponuje zajištěním na každé straně.

Při konstrukci bylo využito poznatků z teoretické části a také normálí z katalogu HASCO. Před vyrobením formy by mělo dojít k ověření nadimenzování desek vstřikovací formy a tím určit zda je schopna odolávat pracovnímu zatížení. V ideálním případě by měl být návrh vstřikovací formy podroben tokovým analýzám. Před použitím vstřikovací formy ve výrobě by měla být odzkoušena její funkčnost pomocí dílenských, funkčních a technologických zkoušek.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie :

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů* : 1. Díl - Vstřikování termoplastů 2.upr. vydání. Brno : Uniplast, 199. 134s.
- [2] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů* : 2. Díl - Vstřikování termoplastů 1. vydání. Brno : Uniplast, 1999. 214s.
- [3] RŮŽIČKA, K. *Směrnice pro konstrukci vstřikovacích forem I*, 1. vyd. Zlín, 1979. 202 stran.
- [4] KOLOUCH, J. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*, 1. vyd. Praha, 1986. 229 stran.
- [5] KULHÁNEK, J. a kol. *Formy pro tváření plastických hmot*, 1. vyd. Praha:SNL, 1996. 224 stran ISBN není
- [6] TOMIS, F ; HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky*, 2. vyd. Brno : VUT, 1985. 278 s. ISBN není
- [7] KNOT, Jiří. *Konstrukce vstřikovací formy*. Zlín, 2008. 54 s. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická
- [8] HEDRYCH, J. a kol. *Zpracování polymerů*, 1. vyd. Praha : SNL, 1986. 272 s. ISBN není
- [9] DVOŘÁK, Z. *Základy výrobních procesů - Konstrukce gumárenských výrobků a forem pro jejich výrobu*. Zlín, 2007. 62s. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická
- [10] TOMIS, F ; Rulík, F. *Gumárenské a plastikářské stroje II*, 1. vyd. Brno : VUT, 1981. 216s.
- [11] BRUMMEL, Michal. *Rozměrově přesné výrobky z plastu*. 1. vyd. Praha: VÚNM, 1977. 278 s.
- [12] DUCHÁČEK, V. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití* . 2. vyd. Prha: VŠCHT, 2006. 280s. ISBN 80-7080-617-6

Internetové zdroje:

- [13] Catia [online].c 2010 [cit. 2013-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.technodat.cz/catia-v5>>
- [14] Plasty [online] [2002] [cit. 2013-02-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.ateam.zcu.cz/plasty.pdf>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PTFE	Polytetrafluorethylen
PE	Polyetylén
PP	Polypropylen
PVC	Polyvinylchlorid
PA	Polyamid
PC	Polykarbonát
PS	Polystyren
PET	Polyethyltereftalát
3D	Trojrozměrný prostor
Obr.	Obrázek
Tab.	Tabulka
N	Newton
kg	Kilogram
%	Procento
°C	Stupeň Celsia
mm	Milimetr
g	Gram
IT	Stupeň přesnosti

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Znázornění vstřikovacího cyklu [8].....	13
Obr. 2 Schéma vstřikovacího stroje [7]	14
Obr. 3 Nejobvyklejší způsoby zaformování výstřiku [8]	20
Obr. 4 Vyhazovací kolíky [2]	23
Obr. 5 Trubkový vyhazovač [2].....	24
Obr. 6 Obecné zásady volby vtokového systému [1]	27
Obr. 7 Průřezy vtokových kanálů [1].....	27
Obr. 8 Větvení vtoků [1].....	28
Obr. 9 Isolovaná vtoková soustava [1]	30
Obr. 10 Vyhřívaná tryska [7].....	31
Obr. 11 Horký vtokový systém [7]	32
Obr. 12 Návrhy výrobku	44
Obr. 13 Návrh výrobku č.2	45
Obr. 14 Vstřikovací stroj	47
Obr. 15 Vstřikovací forma	48
Obr. 16 Vodící části formy	49
Obr. 17 Horký vtokový systém.....	50
Obr. 18 Studený vtokový systém.....	51
Obr. 19 Tvárník, tvárnice a jádro levé strany spony.....	51
Obr. 20 Tvárník, tvárnice pravé strany spony	52
Obr. 21 Ucpávky.....	53
Obr. 22 Temperační systém	53
Obr. 23 Odformování dutin	54
Obr. 24 Jistící komponenty	54
Obr. 25 Vyhazovací systém	55
Obr. 26 transportní můstek	56
Obr. 27 Zajištění	56

SEZNAM TABULEK

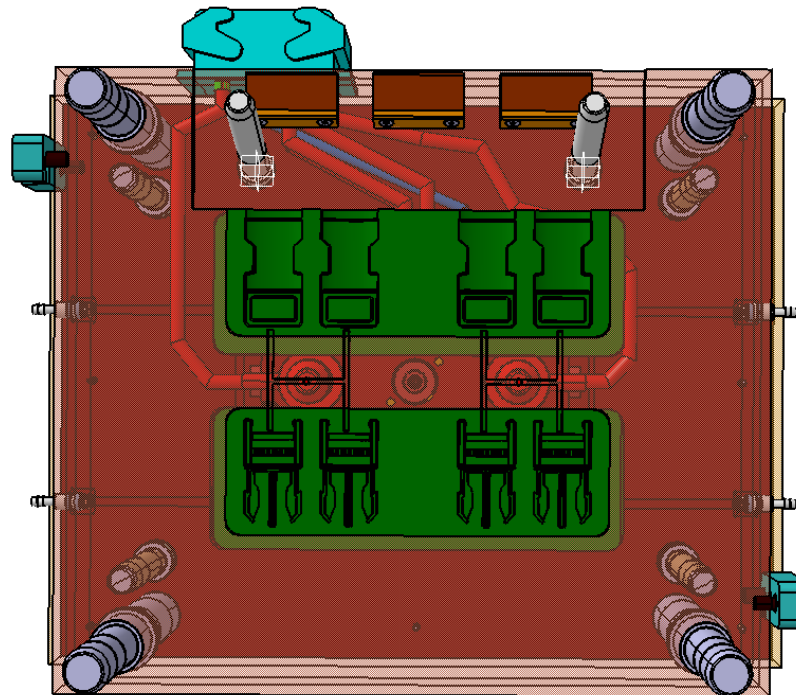
Tab. 1. Obecné vlastnosti polypropylenu [15]	46
--	----

SEZNAM PŘÍLOH

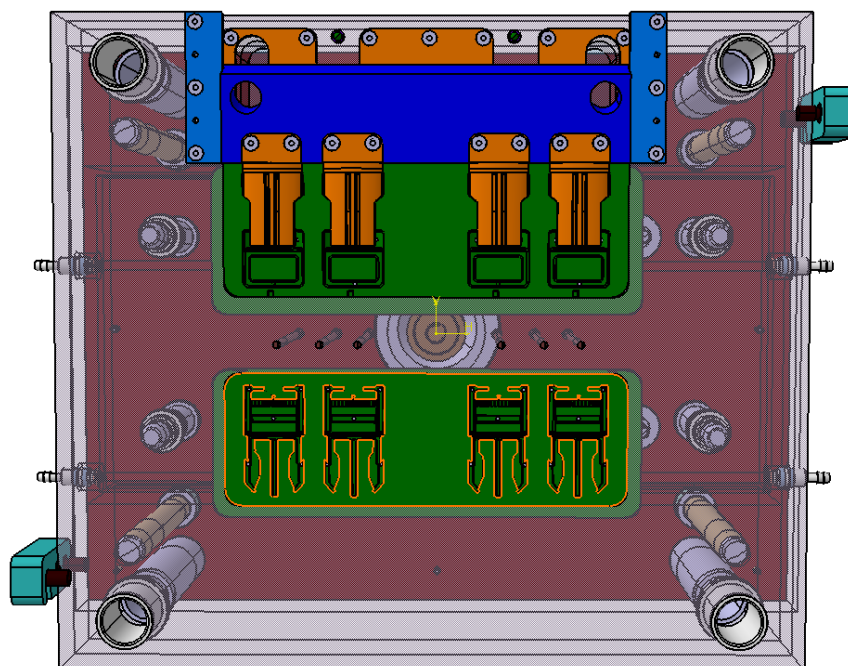
- P I. Levá a pravá strana formy
- P II. Návrh spony č.1
- P III. Návrh spony č.2
- P IV. Návrh spony č.3
- P V. Návrh spony č.4
- P VI. Návrh spony č.5
- P VII. Průzkum trhu
- P VIII. Výkresová dokumentace
- P IX. Kusovník
- P X. CD disk obsahující : - Výkresovou dokumentaci
- Sestavu formy a její jednotlivé části ve 3D
- Bakalářskou práci v elektronické podobě

PŘÍLOHA PI: PRAVÁ A LEVÁ STRANA FORMY

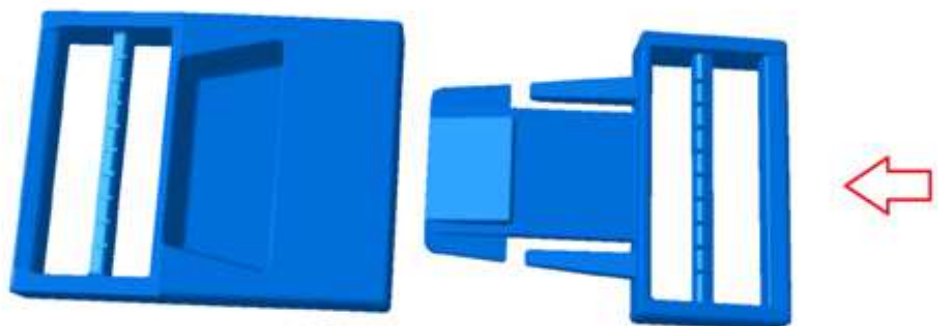
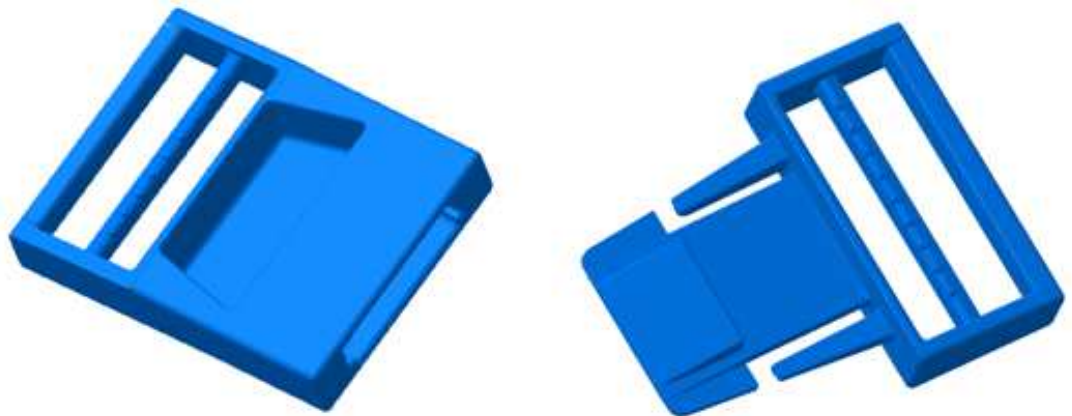
Pravá strana formy



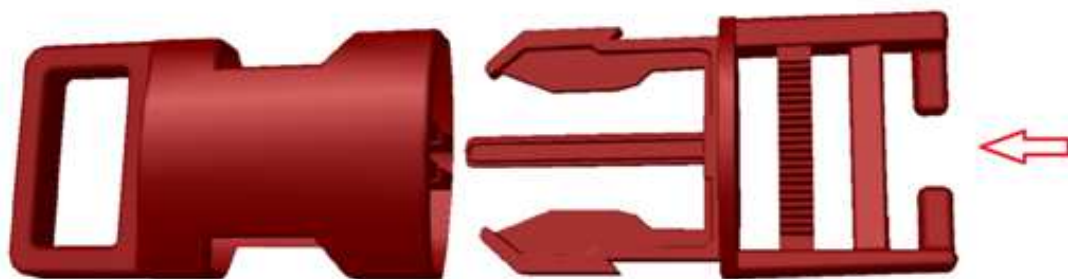
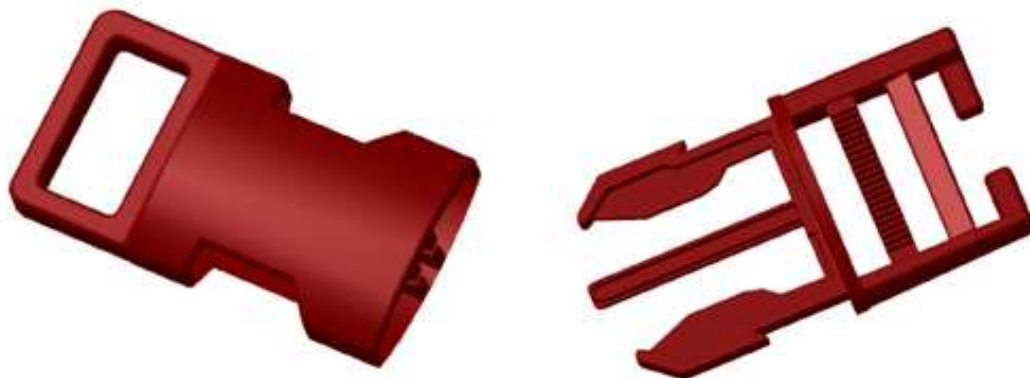
Levá strana formy



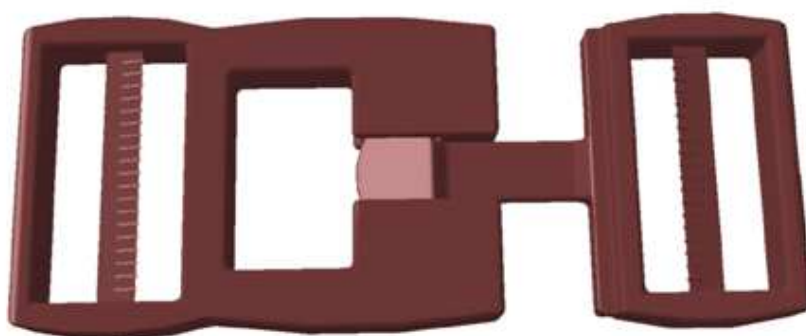
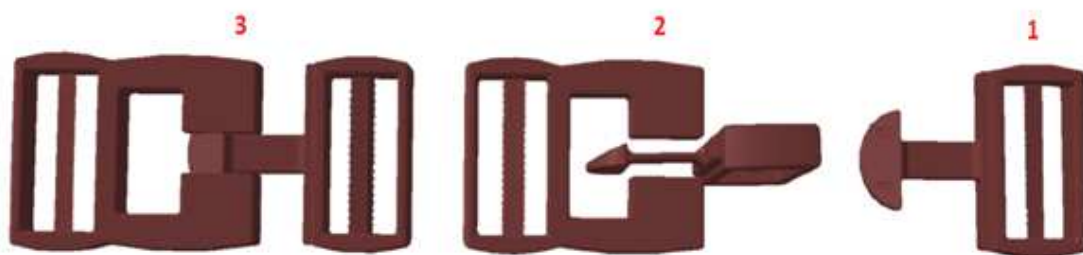
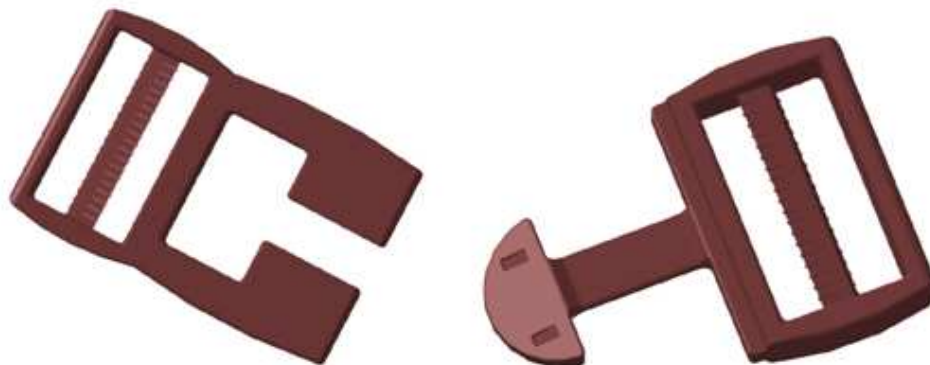
PŘÍLOHA P II: NÁVRH SPONY Č.1



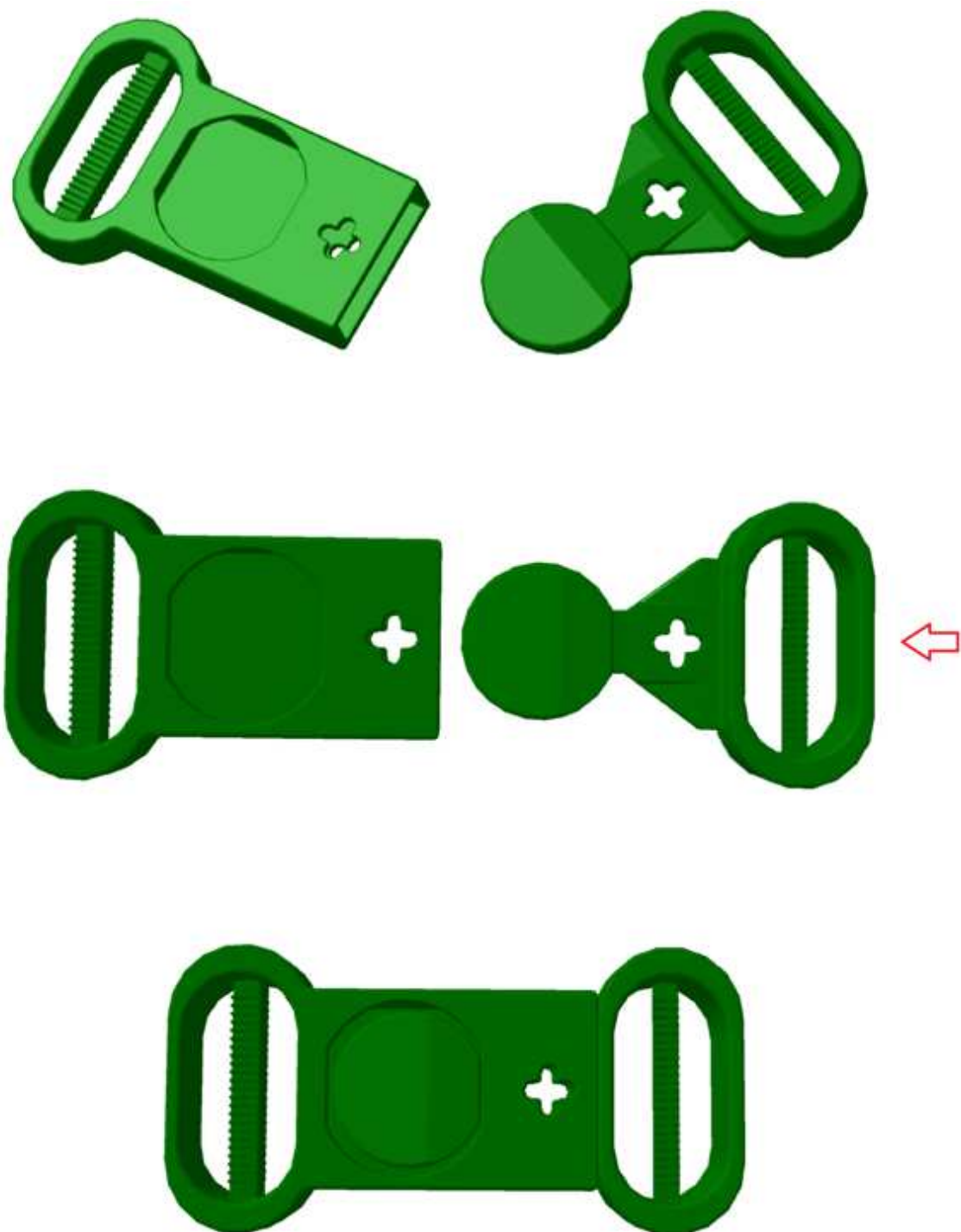
PŘÍLOHA P III: NÁVRH SPONY Č.2



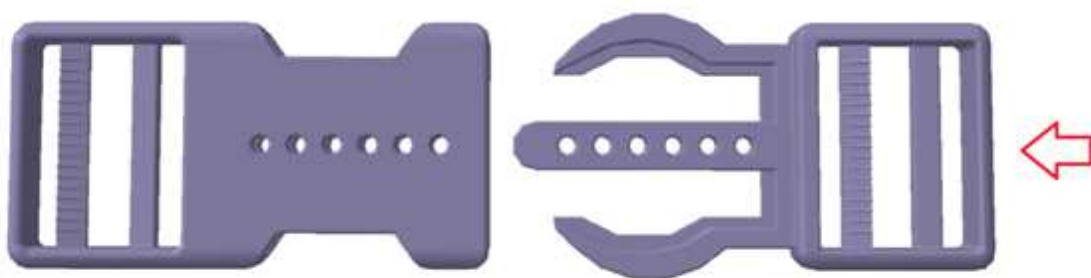
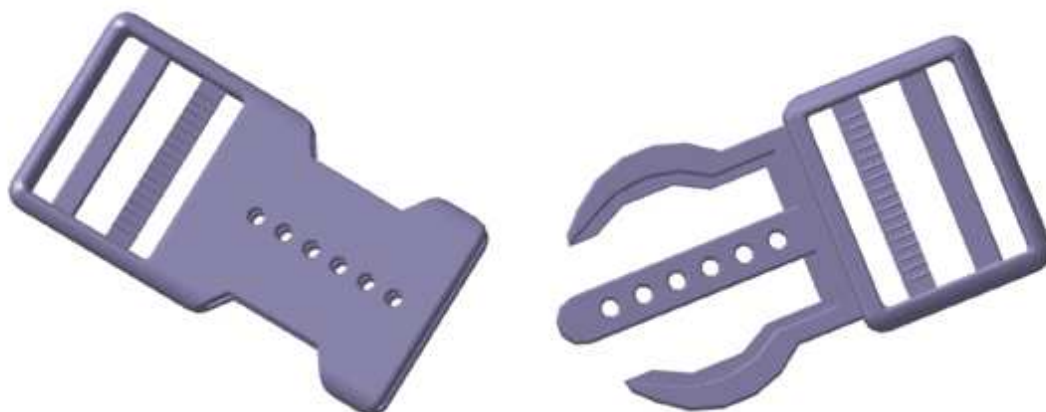
PŘÍLOHA P IV: NÁVRH SPONY Č.3



PŘÍLOHA P V: NÁVRH SPONY Č.4



PŘÍLOHA P VI: NÁVRH SPONY Č.5



PŘÍLOHA P VII: PRŮZKUM TRHU

Průzkum trhu

	Datum	Jméno a příjmení	Návrh číslo	Podpis
1	21.1.	Stěpán Losák	5	
2	21.2.	Jaroslav Rudolf	5	
3	21.2.	ŠTUPŇÁNKOVÁ HANA	5	
4	21.2.	SOČKA MAJEL	2	
5	21.2.	ŠVEHLÍK JAN	1	
6	21.2.	LECIAŘ VACLAV	2	
7	21.2.	ŠENKÉŘEK MARTIN	2	
8	21.2.	KNOT TOMAŠ	2	
9	21.2.	TRÁVÁS DAVID	5	
10	21.2.	JAROSLAV NOVOTNÝ	4	
11	21.2.	ŠENKÉŘEK VOSTEČEK	4	
12	21.2.	NAVOD JAKUB	1	
13	21.2.	KOLLÁR FILIP	3	
14	25.2.	ŠTUPŇÁNKOVÁ	4	
15	25.2.	CHUDÝ MARTIN	1	
16	25.2.	JAKUBČEK JOSEF	1	
17	25.2.	ŠIMČÍK MIROSLAV	5	
18	25.2.	TOMAŠ KUČERA	5	
19	25.2.	Halašková Martin	2	
20	25.2.	PÁČ JIŘÍ	2	
21	25.2.	FEDRICH DALIBOR	2	
22	26.2.	HODULÍKOVÁ MICHAELA	2	
23	27.2.	PROCHAZKA JAROSLAV	2	
24	28.2.	MATUŠÍK JAKUB	5	
25	28.2.	MATUŠÍK MARTIN	2	MATUŠÍK :-)
26	28.2.	KLABAČKOVÁ Z.	2	Klabáčková
27	28.2.	MATUŠÍKOVÁ ZDANKA	2	
28	28.2.	KIBUSE LAŠÁKOVÁ	2	
29	28.2.	MATUŠEK JIŘÍ	5	
30	10.3.	KRAJČKOVÁ ERIKA	2	