

Konstrukční návrh vstřikovací formy

Martin Jurásek

Bakalářská práce
2010

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin JURÁSEK**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Konstrukční návrh vstřikovací formy**

Zásady pro vypracování:

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

Rozsah 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:

19. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

2. června 2010

Ve Zlíně dne 19. ledna 2010

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
vedoucí katedry

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 7.6.2011

.....

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 vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením vstřikovací formy pro plastový výrobek. V teoretické části je popsána technologie vstřikování, rozdělení polymerních materiálů a hlavní části vstřikovacího stroje. Dále popisuje obecné zásady pro konstrukci vstřikovaných výrobků a vstřikovacích forem. V praktické části je vypracován konstrukční návrh pro zadaný plastový výrobek. Návrh je vytvořen pomocí 3D softwaru.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma

ABSTRACT

This bachelor assignment concerns structural design of injection mold for plastic product. Within the theoretical part I have described the technology of injection, sorting the polymeric materials as well as main part of the injection mold. Furthermore I have described general rules for construction of injected products and injection molds. Within the practical part I have elaborated structural project for given plastic product. The project is created by 3D software.

Keywords: injection, injection mold

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Štěpánu Šandovi za odborné vedení, poskytnuté rady, za čas a pozornost, kterou mi ochotně věnoval při vypracování této bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 VSTŘIKOVÁNÍ	13
1.1 VSTŘIKOVANÉ MATERIÁLY	13
1.2 ROZDĚLENÍ TERMOPLASTŮ.....	13
1.3 VOLBA TERMOPLASTŮ PŘI NÁVRHU SOUČÁSTI	15
1.4 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	15
1.5 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	16
1.5.1 Vstřikovací jednotka	17
1.5.2 Uzavírací jednotka	18
1.5.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje	18
2 VSTŘIKOVACÍ FORMY	20
2.1 KONSTRUKCE VÝROBKŮ Z PLASTU	20
2.1.1 Dělicí rovina.....	20
2.1.2 Tloušťka stěn.....	20
2.1.3 Zaoblení hran, rohů a koutů	21
2.1.4 Úkoso a podkoso	21
2.1.5 Žebra a výztuhy.....	22
2.2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	22
2.2.1 Postup při konstrukci formy.....	22
2.2.2 Zaformování výstřiků.....	23
2.2.3 Stanovení rozměrů dutin formy	23
2.2.4 Smrštění.....	24
2.2.5 Násobnost formy	24
2.3 VTOKOVÉ SYSTÉMY	25
2.3.1 Studený vtokový systém	25
2.3.2 Druh studených vtoků	27
2.3.3 Vyhřívané vtokové soustavy.....	28
2.4 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY.....	29
2.4.1 Vyhazovací kolíky	30
2.4.2 Stírací deska	31
2.4.3 Trubkový vyhazovač.....	31
2.4.4 Šikmé vyhazovače.....	32
2.4.5 Dvoustupňové vyhazování	32
2.4.6 Hydraulické vyhazování.....	32
2.4.7 Pneumatické vyhazování.....	33
2.5 TEMPEROVÁNÍ FOREM	33
2.5.1 Charakteristika temperačního systému	33
2.5.2 Temperační média	34

2.6	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	35
2.7	RÁMY VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	36
2.8	MATERIÁLY PRO VÝROBU FOREM.....	36
2.9	VOLBA OCELÍ PRO FORMY	37
3	ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI.....	39
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	40
4	CÍLE BAKALAŘSKÉ PRÁCE.....	41
5	VÝROBEK.....	42
5.1	MATERIÁL VÝROBKU	43
6	VSTŘIKOVACÍ STROJ	44
6.1	KONTROLNÍ VÝPOČTY	45
7	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY - UNIVERZÁLNÍ RÁM.....	46
7.1	NÁSOBNOST	46
7.2	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	46
7.3	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	47
7.4	POPIS UNIVERZÁLNÍHO RÁMU.....	48
7.5	NAVRHOVANÉ DÍLY.....	49
7.5.1	Tvarové desky	49
7.5.2	Vyhazovací systém.....	50
7.6	VTOKOVÝ SYSTÉM	51
7.7	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	51
7.8	MANIPULAČNÍ SYSTÉM.....	53
8	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	54
8.1	NÁSOBNOST	54
8.2	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	54
8.3	ODVZDUŠNĚNÍ.....	54
8.4	POPIS RÁMU.....	55
8.5	TVAROVÉ DÍLY	56
8.6	VTOKOVÝ SYSTÉM	57
8.7	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	58
8.8	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	59
8.9	MANIPULAČNÍ SYSTÉM.....	60
	DISKUZE VÝSLEDKŮ	61
	ZÁVĚR.....	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	64

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	66
SEZNAM OBRÁZKŮ	68
SEZNAM PŘÍLOH.....	69

ÚVOD

Využití plastů pro nejrůznější průmyslové aplikace se v posledních několika desítek let stále více rozšiřuje. Díky svým vlastnostem nachází plastové výrobky uplatnění ve spotřebním průmyslu, ve strojírenství, automobilovém i elektrotechnickém průmyslu, ale i v takovém průmyslovém odvětví jako je např. optika. [6]

Vstřikování patří mezi nejrozšířenější způsob zpracování polymerů. Jedná se o poměrně složitý tepelně-mechanický proces, který se provádí na vstřikovací stroji. Byla vyvinuta řada zpracovatelských postupů, umožňujících vyrábět velmi složité výrobky miniaturních rozměrů, ale i výrobky velkorozměrné, složené z několika homogenních i heterogenních materiálů. Toky taveniny ve složitých geometriích jsou komplikovanou záležitostí, která se neobejde bez pomoci výkonné výpočetní techniky. K dispozici je řada velmi výkonných simulačních softwarů usnadňujících řešit tyto problémy v předstihu, ještě před započítáním výroby vlastního nástroje, což může přinášet velké úspory a zkrácení cyklu od návrhu výrobku po jeho produkci. [8]

Nedílnou součástí vstřikování je vstřikovací forma, která určuje konečný tvar výrobku. Konstrukci vstřikovací formy se musí věnovat nemalá pozornost, jelikož se jedná o složitý nástroj, který se skládá z mnoha dílů a částí. Vyžaduje také širokou skupinu znalostí z oblasti chemie, reologie, materiálového inženýrství, strojírenské výroby, metrologie aj.

Při konstrukci vstřikovací formy se může využít stavebnicového systému s aplikací normálií. K známějším patří zejména HASCO, D-M-E a STRACK. Přínosem normalizace je zejména zkrácení výrobních časů při výrobě formy. V důsledku sériové výroby jsou mnohé normálie oproti kusové výrobě levnější, což je další výhoda. [2]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby požadovaných dílů z plastu. Označuje se jím takový způsob tváření polymerních materiálů, při kterém se zplastikovaný materiál plní (vstřikuje) vysokou rychlostí do uzavřené dutiny formy, která je temperovaná. Vstřikování plastů je poměrně složitý tepelně-mechanický proces tváření. [1,4]

1.1 Vstřikované materiály

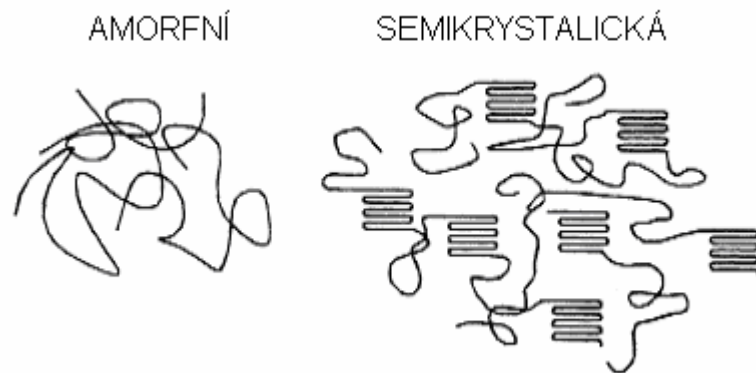
Plasty jako materiál jsou látky, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci (oproti kovům, které mají strukturu tvořenou krystalickými mřížkami). Jsou rozděleny na dva základní druhy [1,5]:

- termoplasty, které mají řetězce přímé (lineární polymery) nebo řetězce s bočními větvemi (rozvětvené polymery). Při ohřevu se uvolní soudržnost řetězců a hmota je viskózní. V tomto stavu se může tvářet. Po ochlazení se dostanou opět do původního pevného stavu. Termoplasty tvoří kolem 94% objemu používaných materiálů v plastikářském průmyslu. Mezi nejznámější patří PE, PP, PVC, PA, PC, PS, PET.
- 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 neuvolní. Při tváření vlivem teploty a tlaku nastává zesíťování (vytvrzování) plastu (někdy i působením katalyzátoru). Tento proces je nevratný.

1.2 Rozdělení termoplastů

Z jednotlivých skupin plastů jsou nejrozšířenější termoplasty. Tyto lineární či rozvětvené polymery, jejichž řetězce tvoří jen jeden druh základní chemické skupiny nazýváme homopolymery. Dále kopolymery, které jsou složeny z více druhů základních chemických skupin. Z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dělí na [1]:

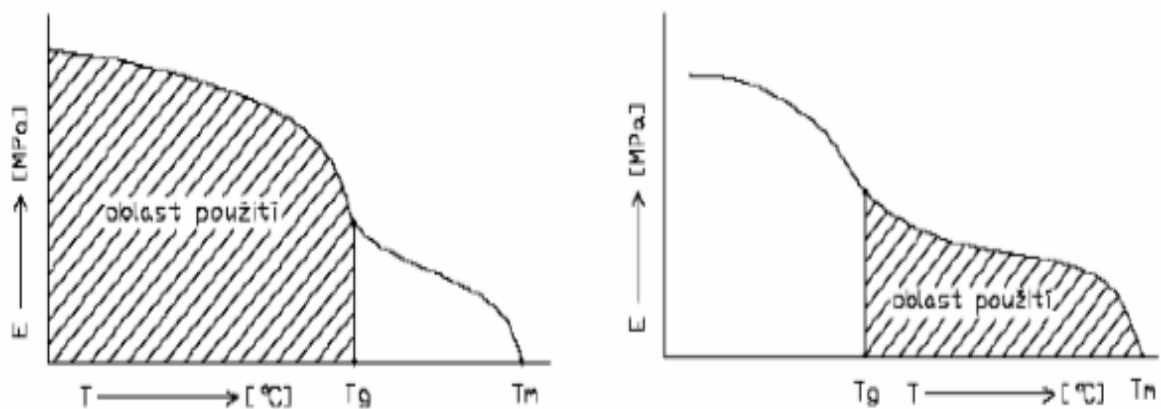
- amorfní, jejichž řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány;
- semikrystalické, kde je podstatná část řetězců pravidelně a těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary. Zbytek má amorfni uspořádání.



Obr. 1. Amorfnní a semikrystalická struktura [5]

Využitelnost výrobků z amorfnních plastů je v oblasti pod teplotou skelného přechodu (T_g). Polymer je v tomto stavu pevný. Zvyšováním teploty nad T_g postupně slábnou kohezní síly mezi makromolekulami a plast přechází k plastické oblasti, kdy se zpracovává. Se zvyšováním teploty současně narůstá i objem polymeru. [1]

U semikrystalických plastů jsou části makromolekul vázány pevněji v lamelách a ve sférolitech krystalické fáze. Zvyšováním teploty se nejprve uvolní část makromolekul z amorfnní oblasti, později i ostatní. To je doprovázeno značným objemovým nárůstem. Použití plastu tohoto typu je v oblasti nad teplotou T_g , protože mají výhodnou kombinaci pevnosti a houževnatosti nad touto teplotou. [1]



Obr. 2. Oblast využití amorfnních a semikrystalických plastů [1]

1.3 Volba termoplastů při návrhu součásti

Vstřikováním se může vyrobit kompletní součást, která již nevyžaduje žádné nebo jen nepatrné dodatečné opracování. Při volbě vhodného termoplastu pro konstruovanou součást je třeba uvážit konkrétní podmínky jejího provozního zatížení i celkového využití. Taková součást musí mít mimo požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností také výrobně vhodný tvar s dosažitelnými rozměry i jakostí povrchu. [1]

Optimální volba plastu se pak posuzuje z následujících hledisek [1]:

- funkce součásti musí splňovat definované požadavky;
- zvolená technologie výroby součásti musí být reálná a na určeném stroji poměrně snadno realizovatelná při dodržení požadovaných parametrů;
- ekonomická při výběru plastu, z hlediska technologie výroby součásti i formy pro ni.

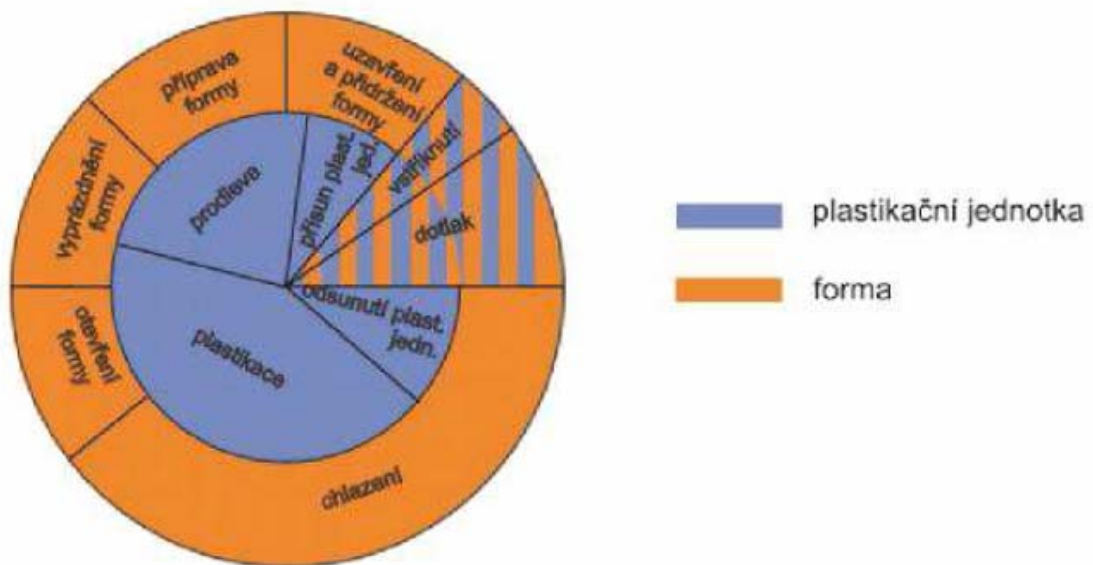
1.4 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus se realizuje na vstřikovacím stroji a zahrnuje dvě oblasti. Jedna se vztahuje k plastikační jednotce a druhá k formě. Forma se uzavře uzavírací jednotkou. K uzavřené formě se přisune plastikační jednotka, ze které se vstříkne zplastikovaný materiál do dutiny formy. Doba po kterou se plní dutina formy se nazývá doba plnění. Po zaplnění dutiny formy se na materiál dále působí tlakem, který označujeme jako dotlak. Dotlak má za účel částečně vyrovnat vliv smrštění, zabraňovat unikání materiálu z dutiny formy a lze jím také ovlivnit zbytková pnutí ve výstřiku. [4]

Po ukončení dotlaku se vstřikovací jednotka od formy oddálí a začne v ní plastikace další dávky hmoty. [1]

Současně s odjezdem vstřikovací jednotky začíná chlazení. Chlazení výstřiku probíhá z části ve formě a z části mimo ni; pro dosažení větší přesnosti na chladících přípravcích. Po dostatečném ochlazení výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí. [1,4]

Po očištění a přípravě formy pro další cyklus (prodleva) následuje další cyklus. [1]



Obr. 3. Vstřikovací cyklus [7]

1.5 Vstřikovací stroj

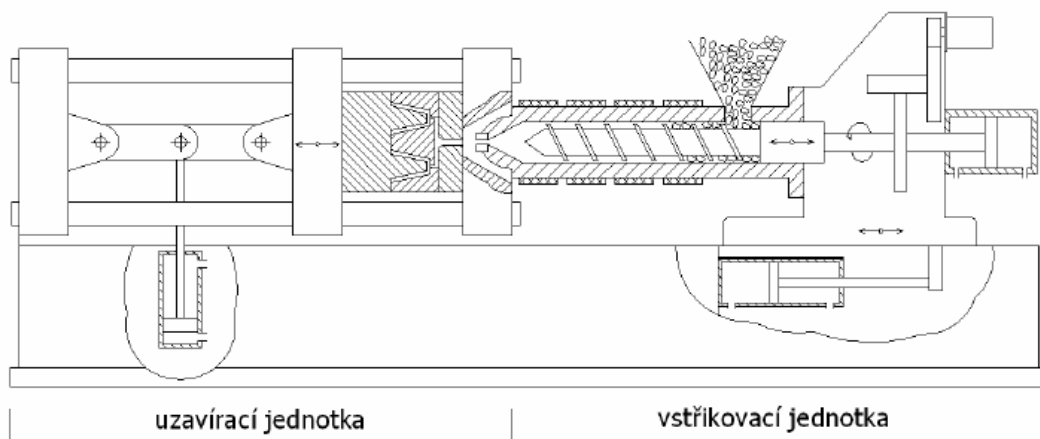
Vstřikovací stroj jako jeden z hlavních činitelů výroby má nejrůznější uspořádání. Vyžaduje se od něj, aby kvalitou svých parametrů a dokonalým řízením, byla zajištěna jakost výstřiků. V současné době existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, 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 staví především hydraulické nebo hydraulicko-mechanické stroje, většinou stavebnicového uspořádání s různým stupněm elektronického řízení. [1]

Vstřikovací stroj pro přesné výstřiky vyžaduje aby [1]:

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



Obr. 4. Vstřikovací stroj [8]

1.5.1 Vstřikovací jednotka

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

Vstřikovací 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 se šnek posouvá vzad do výchozí polohy. [1]

Topení tavné komory 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]

Tavná komora 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 a uzavíratelné. Otevřené se používají nejčastěji pro vstřikování taveniny s větší viskozitou. Uzavíratelné zamezují samovolnému vytékání materiálu při plastikaci. [1]

1.5.2 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, ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. Hlavní části uzavírací jednotky jsou [1]:

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

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

- 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 konstruován jako kloubový mechanismus ovládaný hydraulickým válcem.);
- elektro-mechanické (Hydraulické jednotky jsou velmi energeticky náročné. To vede ke snaze nahradit hydraulickou jednotku elektrickým pohonem, který ovládá klikový mechanismus. K výhodám elektromechanickým uzavíracích ústrojí patří jejich konstrukční jednoduchost, vysoká uzavírací rychlost a snadná automatizace celého pracovního cyklu.).

1.5.3 Ovládání a řízení vstřikovacího 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 vstřikovacích strojů se v současnosti neobejdou bez výkonné procesorové techniky. Místo obvyklé textové formy nastavování technologických parametrů se vyu-

žívá 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. Konceptně je takové seřízení rozděleno na [1]:

- sestavení grafu vstřikovacího stroje;
- definice a sestavení parametrů;
- kontrola procesu.

Nastavení stroje je řídicím systémem také kontrolováno (zpětná vazba). Úprava programu se pak může snadno uskutečnit za pomoci barevné obrazovky. Na přesnosti a jakosti výstřiků má řízení stroje rozhodující vliv. Tím, že určuje a dodržuje přesnost [1]:

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

2 VSŘIKOVACÍ FORMY

2.1 Konstrukce výrobků z plastu

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

Technickým podkladem pro zavedení nového druhu výrobků z plastu je zpravidla výkres součástí, který obvykle není řešen pro výrobní technologii. Výkres je proto nutné upravit tak, aby jeho tvar byl v souladu se zvoleným výrobním postupem a přitom vyhovoval požadované funkci i jakosti. [3]

2.1.1 Dělicí rovina

Dělicí rovina je plocha, ve které na sebe dosedají části formy při uzavření dutiny formy. Dělicí rovina se umísťuje vzhledem k výrobku tak, aby se usnadnilo jeho vyjímání z dutiny formy a aby stopa po dělicí rovině nepůsobila funkční nebo vzhledové závady výrobku. S ohledem na umístění dělicí roviny rozlišujeme hlavní a vedlejší dělicí rovinu. [3]

Za hlavní dělicí rovinu se zpravidla považuje rovina, která je kolmá ke směru uzavírání formy. Ostatní dělicí roviny (plochy) jsou pak vedlejší. Jsou nutné u výrobků s bočními otvory, nálitky, zápichy apod. Dělicí rovina se umísťuje zpravidla do hrany nebo vypouklé plochy výrobku. Okraj dělicí roviny však nesmí být zeslabený, aby se výrobek nemohl poškodit. [3]

2.1.2 Tloušťka stěn

Tloušťka stěn musí vyhovovat požadavkům [3]:

- funkčním (pevnost, elektrická nebo tepelná vodivost, tuhost, rozměrová stálost aj.);
- výrobním (vytvrzování, chlazení, vyjímání);
- ekonomickým.

Z hlediska výrobního ovlivňují tloušťku stěny [3]:

- vlastnosti zpracovávaného materiálu;
- způsob vyhazování výrobku z formy;
- požadovaná přesnost.

Ekonomické faktory vedou k co nejmenší tloušťce stěny, neboť zpravidla ve výrobních nákladech činí materiálová položka významný podíl. S tloušťkou stěny výrobku souvisí také doba tuhnutí, případně vytvrzování, což bezprostředně ovlivňuje délku výrobního cyklu, a tím i produktivitu práce. [3]

Minimální tloušťka stěny závisí na druhu materiálu a také na složitosti tvaru výrobku. Základním požadavkem je tedy dosáhnout co nejmenší tloušťky stěny. Dále se požaduje, aby tloušťka stěny byla rovnoměrná. Každé nahromadění materiálu způsobuje výrobní komplikace, jako borcení tvaru, propadliny apod. Pevnosti a tuhosti výrobku se nedosáhne vždy jen zvyšováním tloušťky stěny. Tuhosti lze nejlépe dosáhnout žebrováním. [3]

2.1.3 Zaoblení hran, rohů a koutů

Hrany a kouty je třeba zaoblit zvláště tam, kde protéká v dutině formy materiál. Zaoblení zlepšuje tok materiálu v dutině formy, usnadňuje vyjímání výrobků a snižuje zbytkové vnitřní pnutí. Zaoblením lze také dosáhnout příslušného estetického účinku. Ostré hrany se ve formě špatně vyrábějí a snadno se poškozují. Zaoblením se také může zvýšit tuhost výrobků. Při volbě zaoblení je třeba plně respektovat výrobní možnosti. Zaoblení se musí dát ve formě snadno vyrobit. [3]

2.1.4 Úkosy a podkosy

Úkosem nazýváme mírný sklon stěn v dutině formy, který usnadňuje vyjímání výrobku. Úkos musí být na všech plochách kolmých k dělicí rovině, a to jak na vnějších tak i na vnitřních plochách. Vzhledem k smršťení polymerních materiálů bývají úkosy na vnitřních plochách přibližně dvojnásobné než na plochách vnějších. [3]

Velikost úkosu souvisí také se způsobem vyhazování. Jestliže je vnější úkos nulový, výrobek zůstane v tvárnici a musí se vyhazovat kolíky nebo stíracími deskami, případně tlakovým vzduchem. U žeber se úkos volí obvykle větší. Úkos závisí také na výšce výrobku jakož i na jeho dalších rozměrech. Se vzrůstající výškou se úkos zpravidla zvětšuje. [3]

Podkoso jsou opakem úkosů a zabraňují vyjímání výrobků z formy. Někde se volí záměrně tak, aby výrobek zůstal na jedné části formy, kde je pak zajištěno vyhazování. Stejný účinek mají také výstupky, nálitky, zápichy apod. [3]

2.1.5 Žebra a výztuhy

Žebra a výztuhy dávají výrobku zpravidla příslušnou tuhost. Podle účelu rozdělujeme žebra na technická, technologická a ozdobná, kterých se používá hlavně ke zlepšení vzhledu. [3]

Technická žebra zabezpečují pevnost a tuhost výrobku, případně jeho technickou funkci. Rozměry technických žeber souvisí s vlastnostmi vstříkovaného materiálu. Výška žebra má být co největší. Žebro u kořene musí být zaobleno. Příliš tlustá žebra se dělí na několik menších žeber. [3]

Technologická žebra se na výrobku umísťují tak, aby se usnadnila jeho výroba. V podstatě mají umožnit lepší tok taveniny v dutině formy, bránit zborcení výrobku a zakrýt povrchové vady výrobku. [3]

2.2 Konstrukce vstříkovacích forem

Vstříkovací formy se řeší vždy s ohledem na technologický projekt příslušného výstřiku. Při řešení je třeba vzít v úvahu především druh vstříkovaného materiálu a velikost výrobní série. Dále je třeba přihlédnout k možnostem navrhovaného výrobního zařízení a k požadavkům na kvalitu výrobků i produktivitu práce. [3]

Různorodost požadavků způsobuje, že vstříkovací formy se používají v mnoha různých typech. Zpravidla však vždy můžeme nalézt provedení a kombinace jejich hlavních částí, které představují tvářecí části, vtokový systém, temperační nebo topný systém, vyhazovací systém a posléze vodící a upínací elementy. [3]

2.2.1 Postup při konstrukci formy

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji jsou podkladem pro konstruktéra forem. Vlastní konstrukce pak 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. Volba vhodného vtokového systému, velikost průřezů, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálku i ústí vtoku;
- navržení rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperace formy;
- 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 průmětovou plochu do dělicí roviny, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na doporučený stroj.

2.2.2 Zaformování výstřiků

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

Dělicí rovina (plocha) 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. [1]

2.2.3 Stanovení rozměrů dutin formy

Rozměry hotového výrobku jsou dány zpravidla příslušnými výkresy. Při zaformování se rozměry dutiny budou lišit od rozměrů hotových výrobků a to jak v jmenovitých mírách, tak v tolerancích. Na rozměry dutiny formy, případně jejích činných částí, má zejména vliv [1]:

- smrštění zpracovávaného materiálu;
- tolerance a mezní úchytky jednotlivých rozměrů tvářeného výrobku;
- opotřebení činných částí formy;

- přesnost výroby formy, zejména jejích činných částí.

2.2.4 Smrštění

Smrštění je trvalá změna rozměru výrobku po vyjmutí z dutiny formy. Závisí jak na druhu zpracovaného materiálu, tak také na technologických parametrech a čase. U amorfních termoplastů je smrštění i jeho rozptyl menší, než u krystalických termoplastů vzhledem ke změnám struktury. Plněné polymery mají analogicky smrštění menší než polymery neplněné, protože plniva se zpravidla smršťují méně než samotný polymer. [1]

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

Smrštění se rozděluje do dvou časových fází [1]:

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

2.2.5 Násobnost formy

Z hlediska kvality a přesnosti výstřiku je žádoucí, aby násobnost byla co nejmenší. Součásti tvarově náročné, které vedou ke složité formě, jako i velkorozměrové výstřiky se většinou vyrábí v jednonásobných formách. [1]

Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří ji ovlivňují. Posuzují se z hlediska [1]:

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

2.3 Vtokové systémy

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou by mělo proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. Uspořádání vtokového systému je dáno především konstrukcí formy a její násobností. U vícenásobných forem má tavenina dorazit ke všem ústím vtoku za stejného tlaku současně (vyvážené vtoky). [1]

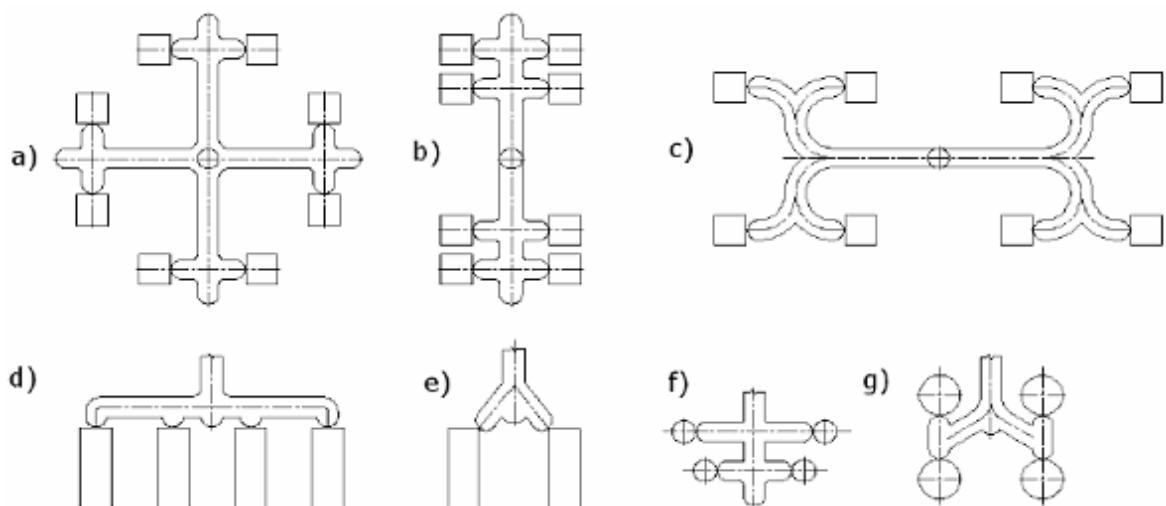
Vtokové systémy dělíme na [1]:

- studený vtokový systém (SVS);
- vyhřívané vtokové soustavy (VVS).

2.3.1 Studený vtokový systém

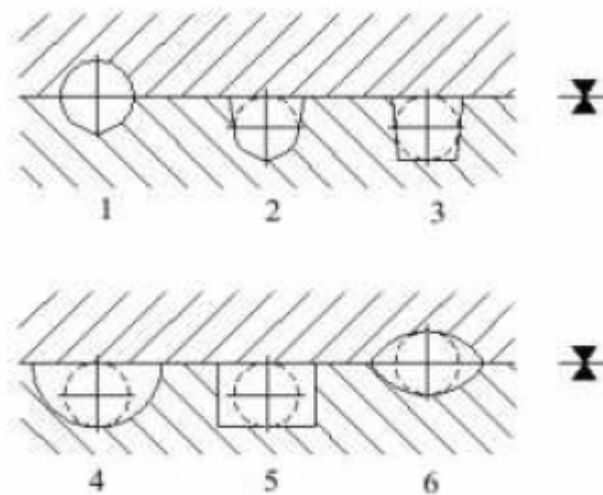
Při volbě vtokového systému se vychází z toho, že se tavenina vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnějším povrchu prudce roste, nejnižší je uprostřed. Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit aby [1]:

- dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnovážné plnění (obr.5 a,c,e,f,g) v případech (obr.5 b,g) je nutná korekce vtokových ústí;



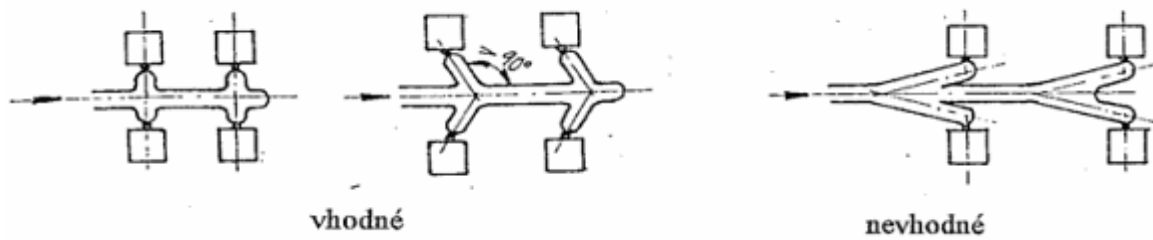
Obr. 5. Obecné zásady volby vtokového systému [1]

- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát;
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku. Vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez. Tím budou ztráty ochlazováním minimální. Této podmínce odpovídá kruhový průřez. Z výrobních důvodů se volí i jemu podobný tvar lichoběžníkový;



Obr. 6. Volby průřezů vtokových kanálů [1]

- u vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů, aby byla zachována stejná rychlost taveniny;
- bylo zajištěno zachycení čela proudící taveniny prodloužením rozváděcího kanálu. Zabrání se tím proniknutí chladnějšího čela proudu taveniny do tvarové dutiny a tím snížení povrchových vad výstřiku;
- se ve vtokovém systému neobjevovala místa s velkým nahromaděním materiálu;
- větvení vtokového systému nebylo prováděno pod ostrým úhlem, ale někdy právě naopak pod úhlem větším, než 90° .



Obr. 7. Větvení vtoků [1]

2.3.2 Druh studených vtoků

Plný kuželový vtok se používá převážně u jednonásobných forem se symetricky umístěnou dutinou. Je vhodný především pro tlustostěnné výstřiky. Z hlediska působení dotlaku je velmi účinný, protože vtok tuhne ve formě poslední. Jeho odstranění je pracné a zanechává vždy stopu na výstřiku. [1]

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 rozváděcích kanálů. Vyžaduje systém třideskových 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. [1]

Tunelový vtok je zvláštní případ bodového vtoku, který má výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výstřik. Umístění může být v pevné i v pohyblivé části formy. Není proto nutné konstruovat formu s více dělicími rovinami. Předpokladem dobré funkce tunelových vtoků je existence ostré hrany, která odděluje při odformování vtokový zbytek od výstřiku. [1]

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 výstřik od vtokového zbytku neoddělený. Při automatickém cyklu se řeší jeho oddělování zvláštním odřezávacím zařízením, které je součástí formy. [1]

Filmový vtok je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. K nim se řadí vtoky diskové, prstencové a deštníkové. 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). [1]

2.3.3 Vyhřívané vtokové soustavy

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhřívaných vtokových soustav (VVS). Dříve než se došlo k současným typům VVS, předcházela jim řada jednodušších systémů, které se postupně zdokonalovaly. Nejprve se zesílenými vtoky, izolovanými vtokovými soustavami, předkomůrkami apod. Dnešní vyhřívané vtokové soustavy mají vyhřívané trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. To umožnila především výroba vysokovýkonných topných těles a některých dalších dílů. [1]

Od forem s běžnými studenými soustavami se liší především tím, že dnešní typy VVS se nakupují od specializovaných výrobců. Jednotlivá konstrukční provedení i rozsah jejich použití jsou rozdílné. Proto je nutné při použití určitého systému vyžádat si od daného výrobce potřebné podklady, případně i technickou konzultaci. [1]

I přes tuto nevýhodu používání VVS stále narůstá, protože [1]:

- umožňuje automatizaci výroby;
- zkracuje výrobní cyklus;
- snižuje spotřebu plastu – vstřikuje se bez vtokových zbytků;
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků;
- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování (recyklaci).

Formy vybavené vyhřívanými vtokovými soustavami jsou určeny především pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Soustava rozvodu taveniny je značně tepelně i mechanicky namáhána. Proto vyžaduje větší tuhost forem a přesnost jejich výroby. Tím se zvýší jejich cena a proto nejsou ekonomicky vhodné pro krátkodobý nebo přerušovaný provoz a malosériovou výrobu. [1]

Má-li být produkce s vyhřívanou vtokovou soustavou efektivní, musí se práce řídit následujícími zásadami [1]:

- provozovat formu na bezzávadovém stroji a řízeným technologickým procesem a dobře nastavenými parametry;
- pečlivě seříditi regulaci teploty tak, aby rozváděcí blok i trysky byly ohřívány na optimální teplotu sníženým výkonem topných těles;
- zajistiti stejnoměrnou teplotu forem;
- voliti nepřetržitý provoz vstřikování;
- dbáti na dostatečné vyškolení obslužného personálu.

2.4 Vyhazovací systémy

Po ochlazení výstřiku ve formě následuje otevření formy a vyhození výstřiku z dutiny formy. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svou funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. [2,3]

Vyhazování má dvě fáze [2]:

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

Základní podmínkou správného vyhazování výstřiku je hladký povrch a úkosovitost stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší než 30°. Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Umístnění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. Může se jich využít k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. Mimo výstřiků se vyhazuje i vtokový zbytek. [2]

Podle způsobu vyvinutí pohybu vyhazování ho dělíme na:

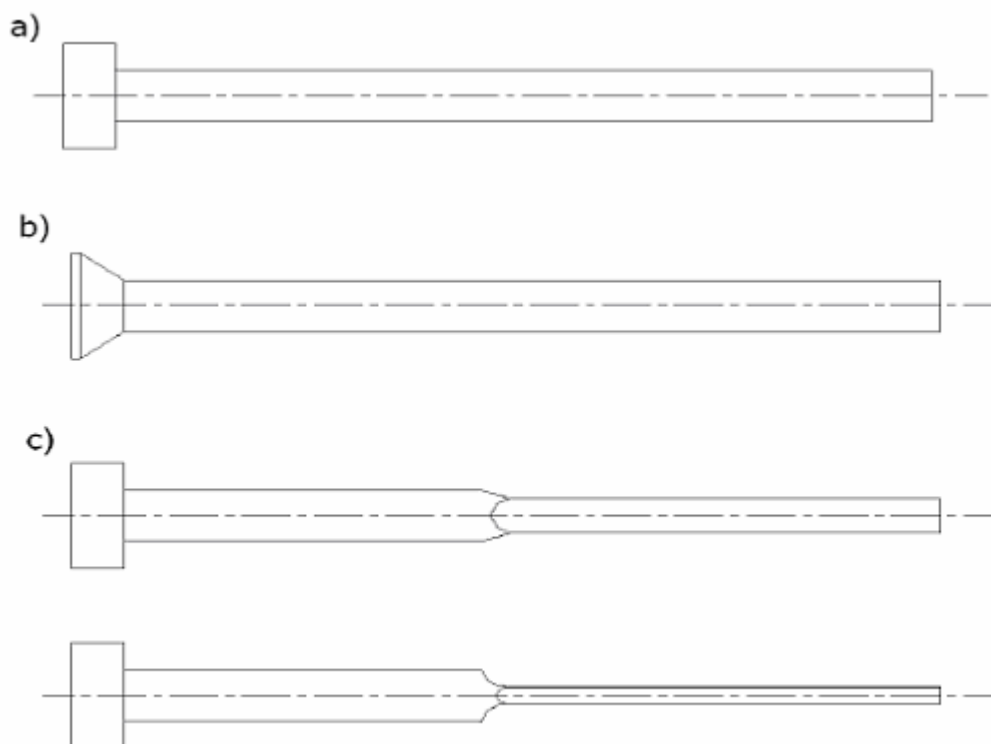
- mechanické (vyhazovací kolíky, stírací deska, šikmé vyhazování);
- hydraulické;
- pneumatické.

2.4.1 Vyhazovací kolíky

Lze je použít tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Tento způsob je nejčastějším a nejlevnějším. Je také výrobně jednoduchý a funkčně zaručený. [2]

Správná volba tvaru vyhazovacího kolíku i jeho vhodné umístění umožní snadné vyhození výstřiku bez poškození. 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 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. [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. 8. Vyhazovací kolíky [2]

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

2.4.2 Stírací deska

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Jeho deformace jsou pak minimální a stírací síla velká. Používá se především u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřik na stírací desku v rovině nebo plocha výstřiku je mírně zakřivená. [2]

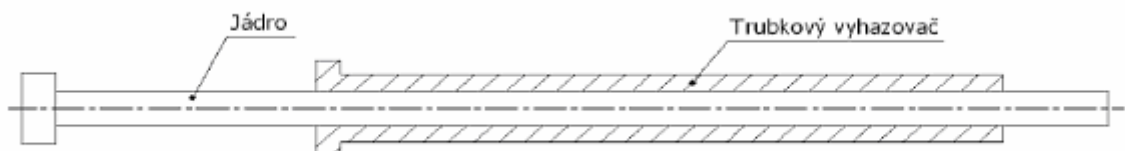
Pohyb stírací desky může být podle účelu a koncepce formy vyvozen [2]:

- tlakem vyhazovacího systému;
- ve speciálních případech tahem.

Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu. Působí přes vyhazovací desku spojenou táhly se stírací deskou. Síla může být vyvozena pružinami, hydraulickým nebo pneumatickým zařízením. Stírací deska může být ovládána i tahem pomocných mechanismů. Tyto 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]

2.4.3 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. 9. Trubkový vyhazovač [2]

2.4.4 Šikmé vyhazovače

Je speciální formou mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou k ní uloženy pod různými úhly. 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]

2.4.5 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 vyhazování tenkostěnných výstřiků v kombinaci – stírání s vyhazovacími kolíky, při šikmém vyhazování výstřiků se zápichem. [2]

Využívá se také při oddělování (ostříhování) vtokových zbytků od výstřiků spolu s jejich vyhazováním. Pracuje takovým způsobem, že jednou skupinou vyhazovačů se odstříhnou vtoky a druhou se zpožděným zdvihem se výstřiky vyhodí. [2]

2.4.6 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 soustava, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve formě. S její pomocí se přímo ovládají vyhazovací kolíky i stírací desky. Hydraulické vyhazování se vyznačuje velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [2]

2.4.7 Pneumatické vyhazování

Tento způsob není tak častý. Je vhodným systémem pro vyhazování tenkostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. [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]

2.5 Temperování forem

Temperace slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Teplota formy při vstřikování termoplastů bývá zpravidla mezi 30 až 120 °C. Ve zvláštních případech může být uvedený teplotní interval i širší. [2,3]

Při zahájení výroby je třeba nejprve vyhřát formu na pracovní teplotu. Jinak by nebyla zaručena dostatečná kvalita výstřiků. [2]

Proto je úkolem temperace [2]:

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

Lokální nerovnoměrné rozložení teplot formy má za následek zvětšení rozměrových a zejména tvarových úchylek výstřiku. Někdy se však záměrně temperují různé části formy odlišně, aby se eliminovaly tvarové deformace způsobené anizotropií smrštění plastu. [2]

2.5.1 Charakteristika temperačního systému

Teplo se z formy odvádí (přivádí) především temperačním systémem. Temperační systém formy je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými proudí vhodná kapalina, která udržuje teplotu temperovaných částí na požadované výši. Kanály temperačního systému se umísťují zpravidla tak, aby médium přicházelo do nejteplejšího místa na formě a aby se teplotní rozdíl ve směru toku zmenšoval. Kolem dutiny formy se kanály rozmísťují rovnoměrně a

všude ve stejné vzdálenosti. V oblasti tlustší stěny výstřiku, případně v jiném místě o vyšší teplotě, se kanály přibližují k dutině formy. Je vhodnější použít větší počet menších kanálů s malými roztečemi než naopak. Nejběžnější průřez temperačních kanálů je kruhový. Jejich průměr bývá nejčastěji v rozmezí 6 až 20 mm. Kanály s hranatým průřezem se nemají příliš lišit od průřezu kruhového. Zvětšování průměru kanálu nad uvedenou hranici je neúčinné, protože intenzita sdílení tepla se již nezvětšuje a navíc se musí silně zvětšit průtokové množství média, aby se zachovaly příslušné přestupní koeficienty. Kanály lze vyrobit vrtáním, frézováním nebo soustružením. V některých případech je vhodné použít měděných trubek uložených do drážek, případně zalitých kovem s nízkou teplotou tání [2,3]

2.5.2 Temperační média

Představují média, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách.

Rozdělují se na [2]:

- aktivní, které působí přímo na formě;
- pasivní, které svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy.

Jejich volba je ovlivněna především koncepcí formy a požadavky na technologii výroby výstřiků. [2]

Aktivní prostředky představují [2]:

- kapaliny, které proudí nuceným oběhem temperačními kanály, vytvořenými uvnitř formy. Dochází k přestupu tepla mezi formou a kapalinou. Nejčastěji se používá voda. Mezi její výhody patří vysoký přestup tepla, nízká viskozita, ekologická nezávadnost a nízká cena. Nevýhodami je usazování vodního kamene, vznik koroze (nutná úprava vody) a použitelnost jen do 90°C (v tlakových okruzích lze vodu použít i při vyšších teplotách). Dále se používá olej, kterým můžeme temperovat i nad teplotu 100°C. Jeho nevýhodou je snížený přestup tepla. Poslední používanou kapalinou jsou glykoly. Ty omezují vznik koroze a ucpávání temperačního systému. Jejich nevýhodou je rychlejší stárnutí a znečištění prostředí;
- vzduch, používá se buď volného proudění (při odvodu tepla z povrchu formy a při chlazení tvarových částí po čas otevření formy), nebo nuceného

proudění působením přetlaku či podtlaku. Chlazení vzduchem má malou účinnost, proto se využívá jen ve speciálních případech;

- 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.

Pasivní prostředky představují [2]:

- tepelně izolační materiály, které se využívají 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. K danému účelu se používá např. Sklotextit ARV, Sklotextit SI apod.;
- tepelně vodivé materiály se využívají k odvodu resp. přívodu tepla z míst jiným způsobem obtížně temperovatelných (tenké tvárníky, vtokové trysky) do míst, kde lze již odvod nebo přívod tepla zajistit obvyklým způsobem. Používá se Cu, Al a jejich slitiny. Nejúčinnějším prostředkem jsou tzv. tepelné trubice, které využívají výparného tepla látky cirkulujícího uvnitř trubice v důsledku teplotního spádu. Tímto způsobem lze zvýšit odvod tepla až o řád, ve srovnání s čistou mědí.

2.6 Odvzdušnění forem

Při plnění dutiny formy taveninou je třeba zajistit únik vzduchu, který je v ní obsažen na počátku vstříku, jakož i plynů uvolňujících se při ochlazení taveniny. Vzduch, který se uzavře v dutině formy při adiabatickém stlačení může dosáhnout vysokých teplot. Čím je větší rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny. [2,3]

Nejčastějším jevem při rychlém plnění je stlačení vzduchu, který se vlivem vysokého tlaku silně ohřívá a způsobuje tzv. Dieselův efekt (spálené místo na výstříku). To obvykle není ze vzhledových nebo pevnostních důvodů přípustné. [2]

Proto se v dělicí rovině vytvářejí jemné drážky 0,02 až 0,1 mm hluboké a 3 až 6 mm široké. K odvzdušnění lze také použít vyhazovacích kolíků, které se po části průřezu zploští přebroušením. Vzniklá vůle pak umožní unikání vzduchu, ale nikoliv taveniny. Odvzduš-

ňovací drážky se umísťují ve formě tak, aby se nemohly vytvořit uzavřené “kapsy“. Pokud taková místa nelze spojit s vnější atmosférou, vkládají se tam porézní vložky ze slinutých karbidů, které se případně dále propojují do chladících kanálků. K takovému účelu se využívá podtlaku v chladícím systému. [3]

2.7 Rámy vstřikovacích forem

Rám formy představuje skupinu vzájemně spojených desek 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.

Mimo uvedené činnosti 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 temperančního a vyhazovacího systému.

Velikost a uspořádání rámu se volí individuálně podle potřeby a nutné funkce formy, s ohledem na zaformování vyráběného výstřiku. Pro usnadnění konstrukce i výroby rámu se dnes využívá nejrůznější typizace a nabídky normálií jednotlivých dílů. [2]

2.8 Materiály pro výrobu forem

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

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

Pro výrobu forem se tedy používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Jejich široký výběr byl zredukován na úzký sortiment jakostí a rozměrů. Z toho se dále dává přednost materiálům univerzálních typů s širokým rozsahem užitných vlastností. [2]

Takové druhy představují [2]:

- oceli vhodných vlastností;
- 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]

2.9 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 a doporučená řada má odpovídat požadované funkci součásti, s ohledem na opotřebení a životnost. [2]

Od použitých materiálů se vyžaduje především [2]:

- dostatečná mechanická pevnost;
- dobrá obrobitelnost.

Z hlediska technologie výroby výtřiků má navíc materiál funkčních dílů zajišťovat speciální požadavky na kvalitu struktury, která je dána [2]:

- dobrou leštitelností a obrusitelností;
- zvýšenou odolností proti otěru;
- odolností proti korozi a chemickým vlivům plastu;
- vyhovující kalitelností a prokalitelností;
- stálostí rozměrů a minimálními deformacemi při kalení.

Při konstruování formy je důležité se při výběru ocelí co nejvíce přiblížit k těmto vlastnostem. [2]

Z širokého sortimentu jakosti ocelí se současně pro výrobu forem používají následující skupiny [2]:

- oceli konstrukční k použití v přírodním i zušlechtěném stavu;
- oceli k snadnému opracování a 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.

3 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část byla rozdělena na dvě kapitoly. První kapitola popisuje technologii vstřikování, druhy materiálů vhodných ke vstřikování a průběh vstřikovacího cyklu. Konec kapitoly je věnován popisu plastikační a uzavírací jednotky vstřikovacího stroje.

Druhá kapitola je věnována zásadám a pravidlům, kterými se musí konstruktér řídit při návrhu vstřikovaného dílu a vstřikovací formy. Jsou zde také popsány základní druhy vstřikovacích systémů, charakteristika temperačního systému a způsoby odzdušnění formy. Podrobněji jsou rozepsány jednotlivé druhy vyhazovacích systémů. V závěru druhé kapitoly jsou popsány vlastnosti materiálů vhodných ke konstrukci forem.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍLE BAKALAŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je vypracovat dva konstrukční návrhy vstříkovací formy pro plastový výrobek.

První návrh se zabývá navržením tvarových desek a vyhazovacího systému pro již vyrobený univerzální rám formy, druhý pak celkovým návrhem vstříkovací formy.

Oba konstrukční návrhy mají tyto společné podmínky:

- Typ vstříkovacího stroje a temperační jednotky
- Musí být doloženy výkresy sestav a kusovníky

5 VÝROBEK

Navrhovaným výrobkem je kapesní vizitkář, který bude sloužit k uložení vizitek o rozměrech 90x50 mm. Vizitkář se skládá ze dvou dílů. Spodní díl slouží k uložení cca 25 kusů vizitek a horní díl jako víko, které se po spodním díle posouvá. Aby se zabránilo úplnému vysunutí víka, jsou na spodním díle vytvořeny dva výstupky, které slouží jako dorazy. Zajištění v zavřené poloze je realizováno pomocí výstupku na horním díle a drážky ve spodním díle. Celková délka vizitkáře byla zvětšena, to umožnilo větší posun horního dílu a tím se zlepšilo vyjímání vizitek. Vnitřní prostor spodního dílu byl upraven pomocí žebra. Vnější plochy obou dílů musí splňovat požadavky pohledových ploch. Toto je nutné brát v úvahu při konstrukci a poté i při výrobě tvarových částí vstřikovací formy.



Obr. 10. Model výrobku

5.1 Materiál výrobku

Jako materiál byl zvolen polyoxymethylen (POM), který svými vlastnostmi vyhovuje pro námi zvolenou aplikaci.

Vyznačuje se rozměrovou stabilitou, vysokou pevností, tuhostí a rázovou hoževnatostí, nízkým koeficientem tření, vynikající kvalitou povrchu a zachováním mechanických parametrů i při velice nízkých teplotách, což ho předurčuje pro použití v mnoha průmyslových aplikacích. [10]

Jako konkrétní typ byl zvolen Ultraform S 2320 003 UNC Q600, dodávaný firmou BASF. Jeho základní charakteristiky jsou [14]:

- Hustota $1,4 \text{ [g/cm}^3 \text{]}$
- Index toku taveniny ITT = 11 [g/10 min.]
- Smrštění ve směru toku $2,1 \text{ [%]}$
- Smrštění kolmo na směr toku $2,1 \text{ [%]}$
- Modul pružnosti v tahu $E = 2700 \text{ [MPa]}$
- Teplota taveniny $190\text{-}230 \text{ [}^\circ\text{C]}$
- Teplota formy $60\text{-}120 \text{ [}^\circ\text{C]}$
- Vstřikovací tlak $35\text{-}70 \text{ [bar]}$

6 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Ke vstřikování byl určen vstřikovací stroj od německé firmy Arburg. Jedná se o model Allrounder 420 C (1000-350). Vstřikovací stroj patří mezi strojové vybavení Ústavu výrobního inženýrství Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.



Obr. 11. Vstřikovací stroj [12]

Parametry uzavírací jednotky [11]:

- Maximální uzavírací síla 1000 [kN]
- Maximální otevření 500 [mm]
- Minimální výška formy 250 [mm]
- Maximální světlost mezi upínacími deskami 750 [mm]
- Vzdálenost mezi vodícími sloupky 420x420 [mm]
- Velikost upínací desky 570x570 [mm]
- Maximální vyhazovací síla 40 [kN]
- Maximální zdvih vyhazovače 175 [mm]
- Celkový příkon stroje 33,9 [kW]

Parametry vstřikovací jednotky:

- Průměr šneku 40 [mm]
- Poměr šneku L/D 20
- Maximální objem dávky 182 [cm³]

- Maximální vstřikovací tlak 2120 [bar]
- Maximální kroutící moment šneku 550 [Nm]
- Maximální přítlačná síla trysky 60 [kN]

6.1 Kontrolní výpočty

Pro kontrolu, zda-li je určený vstřikovací stroj vhodný k výrobě tohoto výrobku, byly provedeny následující výpočty:

Určení množství potřebného plastu [2]:

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

$G = 44,5g$ - hmotnost výstřiku (určeno z 3D modelu), n – násobnost formy, A – hmotnost vtoků a kanálů [g] [2], $\frac{\alpha_x}{\alpha_p}$ - podíl poměrových hodnot určeného plastu k polystyrenu [2]

$$M = 1,2 \cdot (44,5 \cdot 1 + 10) \cdot \frac{136}{100} = 89 [g] \quad (2)$$

Plastikační doba jednoho cyklu vstřikovacího stroje [2]:

$$t_{pl} = \frac{3,6 \cdot M}{Q} [s] \quad (3)$$

M – množství potřebného plastu [g], Q – plastikační výkon stroje [kg/hod] [11]

$$t_{pl} = \frac{3,6 \cdot 89}{29} = 11,5 [s] \quad (4)$$

Uzavírací síla [2]:

$$F = 1,2 \cdot S \cdot p_v \cdot k [kN] \quad (5)$$

$S = 135 \text{ cm}^2$ - průmět plochy výstřiku do dělicí roviny včetně rozváděcích kanálů (určeno z 3D modelu), p_v - tlak v dutině formy [Mpa] [2], k – koeficient tekutosti [2]

$$F = 1,2 \cdot 135 \cdot 53 \cdot 1,55 = 133,1 [kN] \quad (6)$$

Po srovnání vypočtených hodnot a základních parametrů vstřikovacího stroje, bylo zjištěno, že vstřikovací stroj je pro výrobu vhodný.

7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY - UNIVERZÁLNÍ RÁM

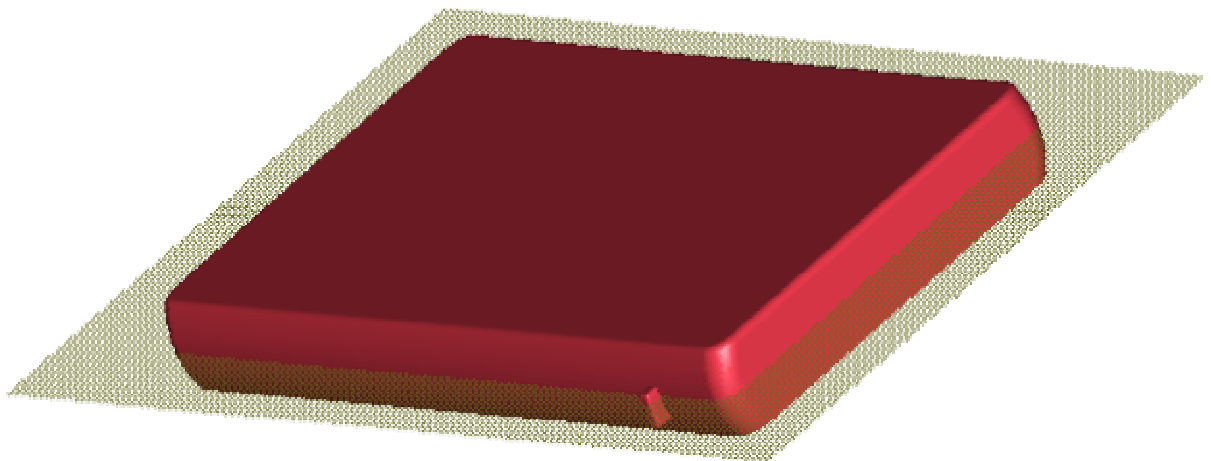
První návrh se zabývá návrhem tvarových desek a vyhazovacího systému. Tyto díly budou namontovány do existujícího rámu. Pro zvýšení hospodárnosti a zjednodušení výroby byly použity normálie od firmy HASCO.

7.1 Násobnost

Při určování násobnosti vstřikovací formy se musí zvážit určitá kritéria, jako jsou rozměry, kvalita a přesnost daného výrobku, celková produkce, volba vstřikovacího stroje a hospodárnost výroby. V našem případě se jedná o formu s dvěma dutinami, určenou pro univerzální rám. Proto po zvážení těchto kritérií byla zvolena jednonásobná forma.

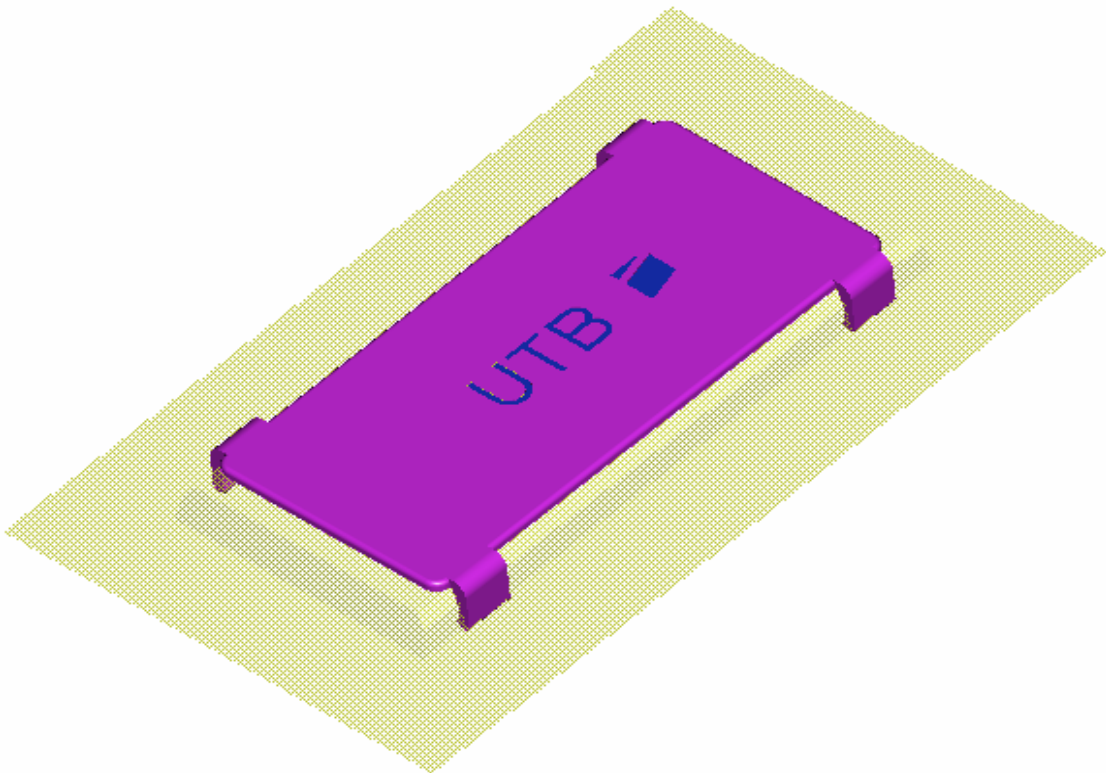
7.2 Zaformování výstřiku

Určení dělicí roviny patří mezi nejdůležitější část při samotné konstrukci vstřikovací formy. Vychází z konstrukčního řešení vyráběného dílu. Zaformování výstřiku bylo navrženo tak, aby po otevření formy zůstal výstřik na pohyblivé straně formy. Poté bude vyhozen vyhazovacím systémem. V našem případě byla u dutiny, která vytváří spodní díl zvolena dělicí rovina rovnoběžná se směrem upínání formy a rozděluje výstřik na dvě poloviny. Tím bylo zároveň vyřešeno odformování dorazových výstupků.



Obr. 12. Zaformování spodního dílu

U dutiny, která vytváří horní díl bylo určení dělicí roviny složitější. Byla také zvolena dělicí rovina rovnoběžná se směrem upínání, ale v oblasti vodících výstupků muselo dojít k jejímu zešíkmení, aby bylo dosaženo správného odformování dílu.



Obr. 13. Zaformování horního dílu

Aby nedocházelo k dosedání tvarových desek celou jejich plochou, byly tvarové desky mimo tvarové dutiny sníženy o 0,5 mm po celém obvodu. Následně byla dělicí rovina doplněna dosedacími deskami. Tyto desky pomáhají rovnoměrnému dosednutí tvarových desek a snižují opotřebení dělicí roviny. Dále byla dělicí rovina osazena podložkami pod vratné kolíky.

7.3 Odvzdušnění formy

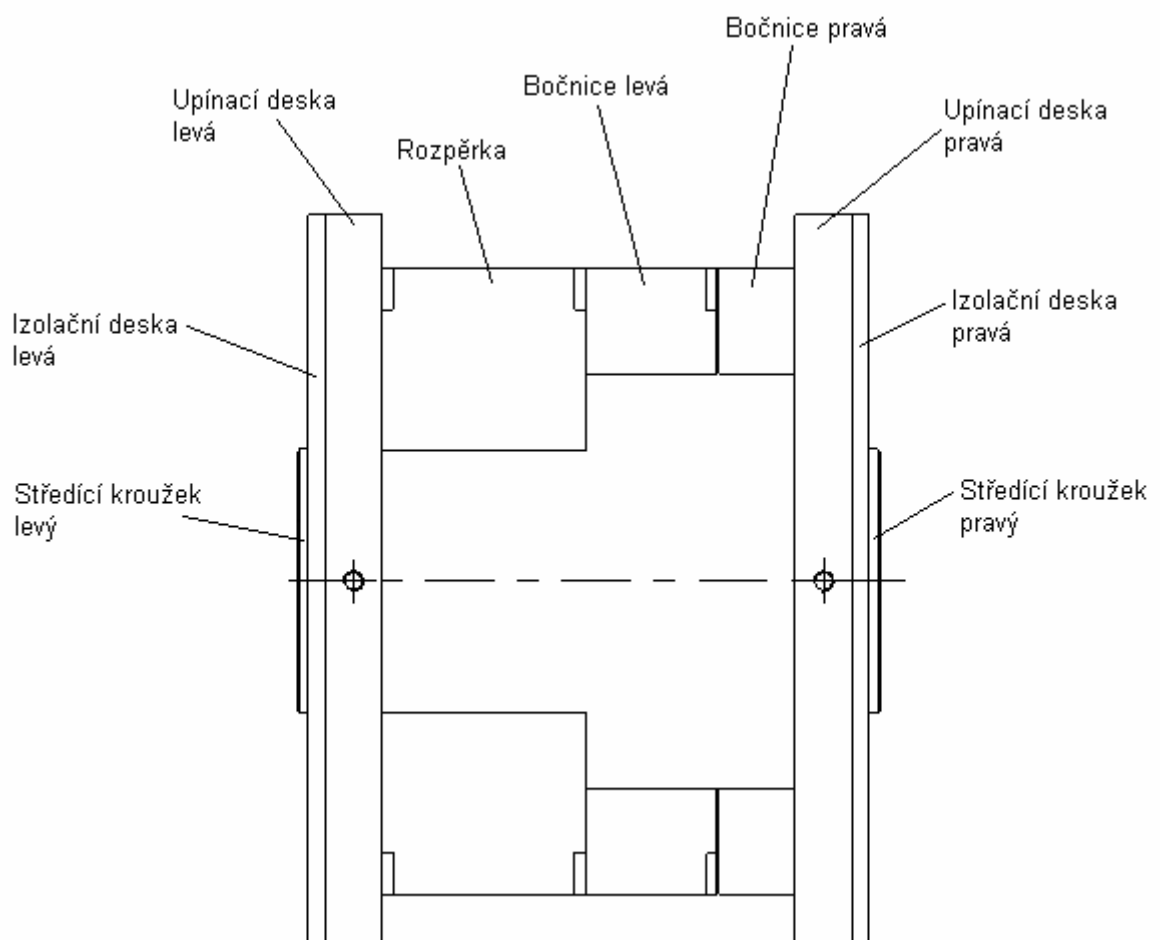
Při plnění dutiny formy taveninou dochází ke stlačování vzduchu čelem taveniny. Proto je nutné tento vzduch z dutiny odvést. Jinak by mohlo docházet k nežádoucím jevům jako jsou např. Dieselův efekt, propadliny, bubliny nebo k nedostříknutí výrobku. V tomto případě je odvzdušnění zajištěno dělicí rovinou a vůlí mezi vyhazovači. V případě nedostatečného úniku vzduchu, by musela být kritická místa doplněna odvzdušňovacími vložkami.

7.4 Popis univerzálního rámu

Univerzální rám se skládá z těchto dílů:

- středící kroužek pravý, levý
- izolační deska pravá, levá
- upínací deska pravá, levá
- bočnice pravá (2 ks)
- bočnice levá (2 ks)
- rozpěrka (2 ks)

Vodící kolíky a pouzdra byly použity od firmy DME.

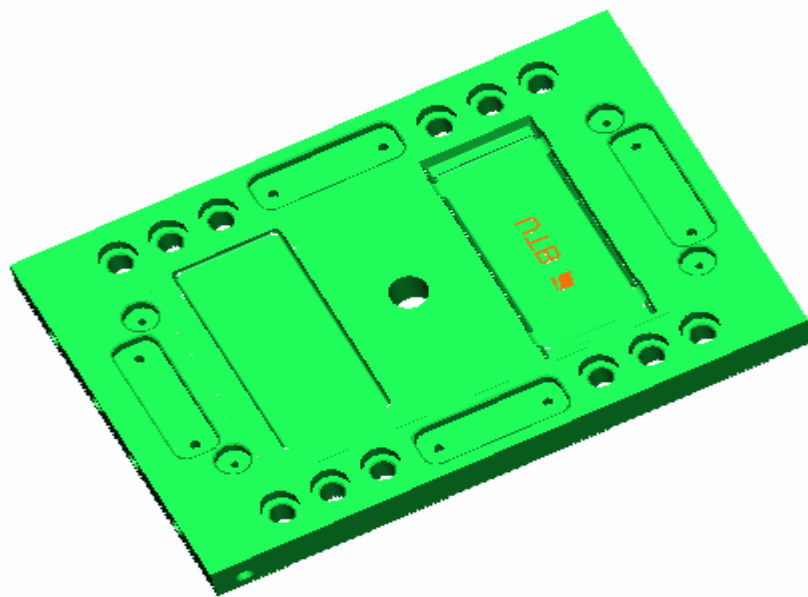


Obr. 14. Popis univerzálního rámu

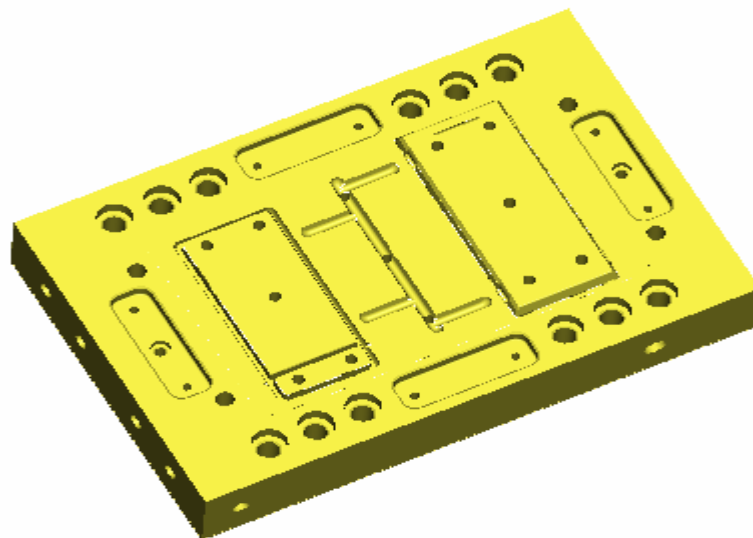
7.5 Navrhované díly

7.5.1 Tvarové desky

Tvarové desky jsou základní součásti tvarových dutin vstřikovací formy. Dutiny svým tvarem odpovídají vstřikovanému výrobku. Tvarová deska pravá udává vnější tvar výrobku a tvarová deska levá vnitřní. Rozměry obou dutin musely být zvětšeny o udávané smrštění použitého polymeru. Tvarové desky byly vyrobeny z nástrojové oceli DIN 1.2343 (ČSN 19 552) a zakaleny na 52 HRC.



Obr. 15. Tvarová deska pravá

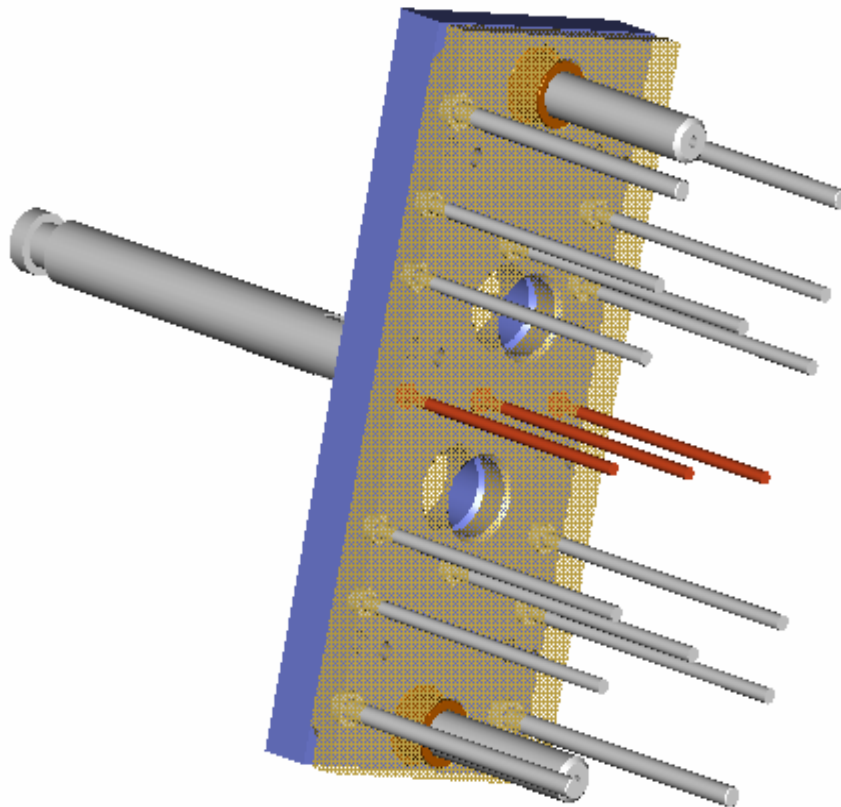


Obr. 16. Tvarová deska levá

7.5.2 Vyhazovací systém

Vyhození výstřiku je zajištěno pomocí válcových vyhazovačů. Aby došlo k jeho rovnoměrnému vyhození, bylo na každou dutinu použito pět vyhazovačů o průměru 6 mm. Vyhození vtokového zbytku je realizováno třemi válcovými vyhazovači o průměru 5 mm. Ukotvení vyhazovačů zajišťuje kotevní a opěrná deska. K správnému vedení vyhazovacího systému slouží dvojice vodících kolíků a pouzder. Dopředný pohyb zajišťuje táhlo, které je přišroubováno k opěrné desce. Zpětný pohyb zajišťují vratné kolíky o průměru 8 mm. Vyhazovací systém byl doplněn dvěma válcovými rozpěrkami, které zvýšily celkovou tuhost formy. Vyhazovače byly vybrány z normálí firmy HASCO a upraveny na požadovanou délku.

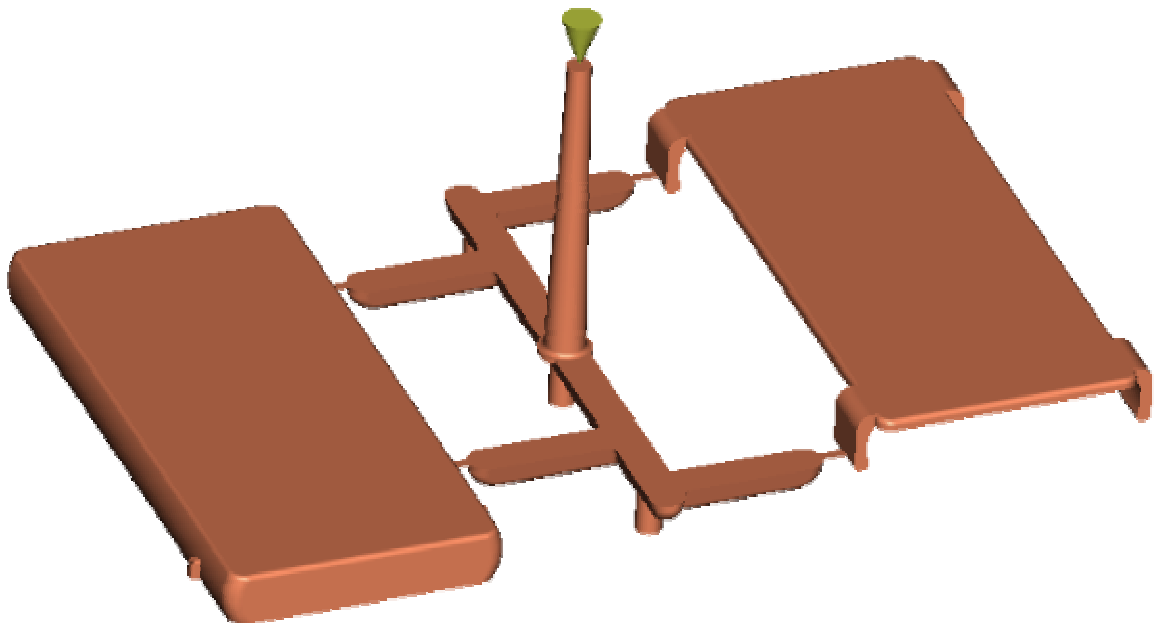
Zdvih vyhazovacího systému je 56 mm, což umožní bezpečné vyhození celého výstřiku.



Obr. 17. Vyhazovací systém

7.6 Vtokový systém

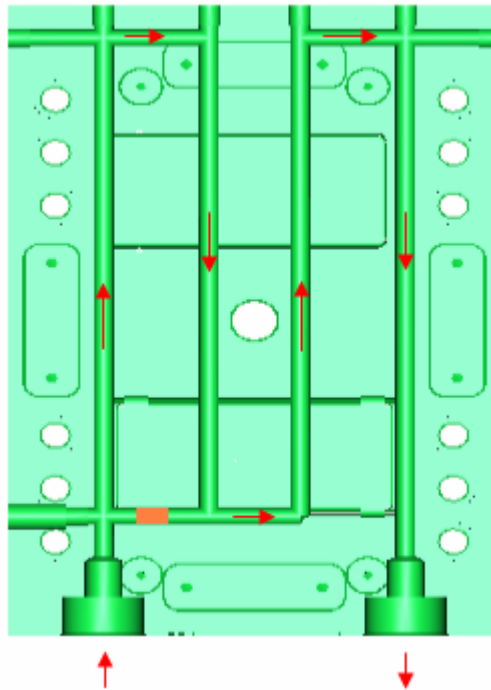
Vstříkací forma byla navržena se studeným vtokovým systémem, jelikož univerzální rám nedovoluje použití jiného systému. Pro daný výrobek je tento druh vtokového systému dostačující a jeho energetická náročnost je nízká. Nevýhodou studeného vtokového systému je odpad, který je tvořen zatuhlým vtokovým zbytkem. Tavenina je do formy přiváděna vtokovou vložkou a rozvodnými kanály až k filmovému ústí, ze kterého vstupuje do tvarové dutiny formy. Vtoková vložka byla vybrána z normálií firmy HASCO a upravena na požadovanou délku. Rozvodné kanály mají lichoběžníkový průřez a jsou vyrobeny ve tvarové desce na levé straně. Tento průřez je jednoduchý na výrobu, má vysokou hodnotu smáčivého průměru a malé hodnoty teplotních a tlakových ztrát. Oddělení vtokového systému od výrobku bude provedeno mechanicky.



Obr. 18. Vtoková soustava

7.7 Temperační systém

Temperační systém formy je vytvořen pomocí vrtaných kanálů o průměru 8 mm přímo do tvarových desek. Kanály jsou vzájemně propojeny a průtok temperačního média je zajištěn pomocí vnitřních a vnějších ucpávek od firmy HASCO. Temperační systém je pro obě tvarové desky stejný.



Obr. 19. Temperace tvarových desek

Temperace bude zajištěna temperačním zařízením od firmy Regloplas, typ 150 SMART a jako temperační médium byl zvolen olej.

Základní parametry temperačního zařízení [15]:

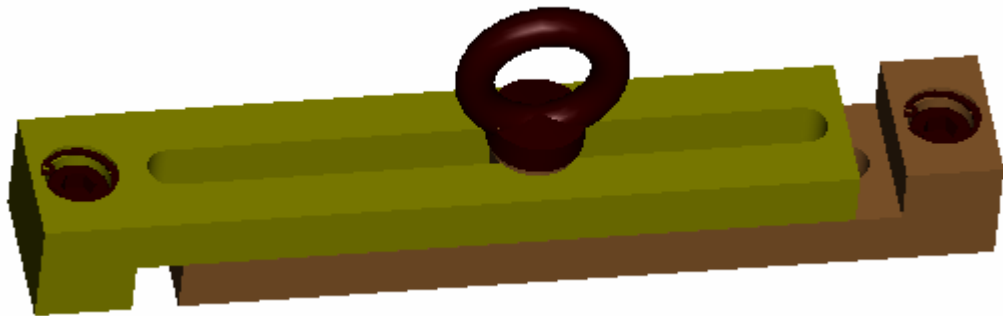
- Maximální vstupní teplota 150 [°C]
- Maximální průtok 60 [l/min]
- Maximální tlak 3,8 [bar]
- Příkon 0,5 [kW]
- Maximální teplota okolí 40 [°C]



Obr. 20. Temp. zařízení [16]

7.8 Manipulační systém

Součástí vstříkovací formy je transportní můstek od firmy HASCO, sloužící k zlepšení manipulace s formou a zabránění jejího otevření v dělicí rovině. Můstek se skládá ze dvou částí a každá je přišroubována k jedné části formy. Další částí je transportní oko, které umožňuje zavěšení formy na zvedací zařízení.



Obr. 21. Transportní můstek

8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Druhý návrh se zabývá celkovým návrhem vstřikovací formy včetně rámu, vodících a středících prvků. Pro zvýšení hospodárnosti a zjednodušení výroby byly použity normálie od firmy HASCO.

8.1 Násobnost

Při určování násobnosti vstřikovací formy se musí zvážit určitá kritéria, jako jsou rozměry, kvalita a přesnost daného výrobku, celková produkce, volba vstřikovacího stroje a hospodárnost výroby. V našem případě se jedná o formu s dvěma dutinami, proto po zvážení těchto kritérií byla zvolena jednonásobná forma.

8.2 Zaformování výstřiku

Určení dělicí roviny patří mezi nejdůležitější část při samotné konstrukci vstřikovací formy. Vychází z konstrukčního řešení vyráběného dílu. Zaformování výstřiku bylo navrženo tak, aby po otevření formy zůstal výstřik na pohyblivé straně formy. Poté bude vyhozen vyhazovacím systémem. V našem případě byla u dutiny, která vytváří spodní díl zvolena dělicí rovina rovnoběžná se směrem upínání formy a rozděluje výstřik na dvě poloviny. Tím bylo zároveň vyřešeno odformování dorazových výstupků viz. Obr.12.

U dutiny, která vytváří horní díl bylo určení dělicí roviny složitější. Byla také zvolena dělicí rovina rovnoběžná se směrem upínání, ale v oblasti vodících výstupků muselo dojít k jejímu zešikmení, aby bylo dosaženo správného odformování dílu viz Obr.13.

Aby nedocházelo k dosedání tvarových desek celou jejich plochou, byly tvarové desky mimo tvarové dutiny sníženy o 0,5 mm po celém obvodu. Následně byla dělicí rovina doplněna dosedacími deskami. Tyto desky pomáhají rovnoměrnému dosednutí tvarových desek a snižují opotřebení dělicí roviny. Dále byla dělicí rovina osazena podložkami pod vratné kolíky a také středícími prvky, které zvyšují přesnost dosednutí tvarových desek.

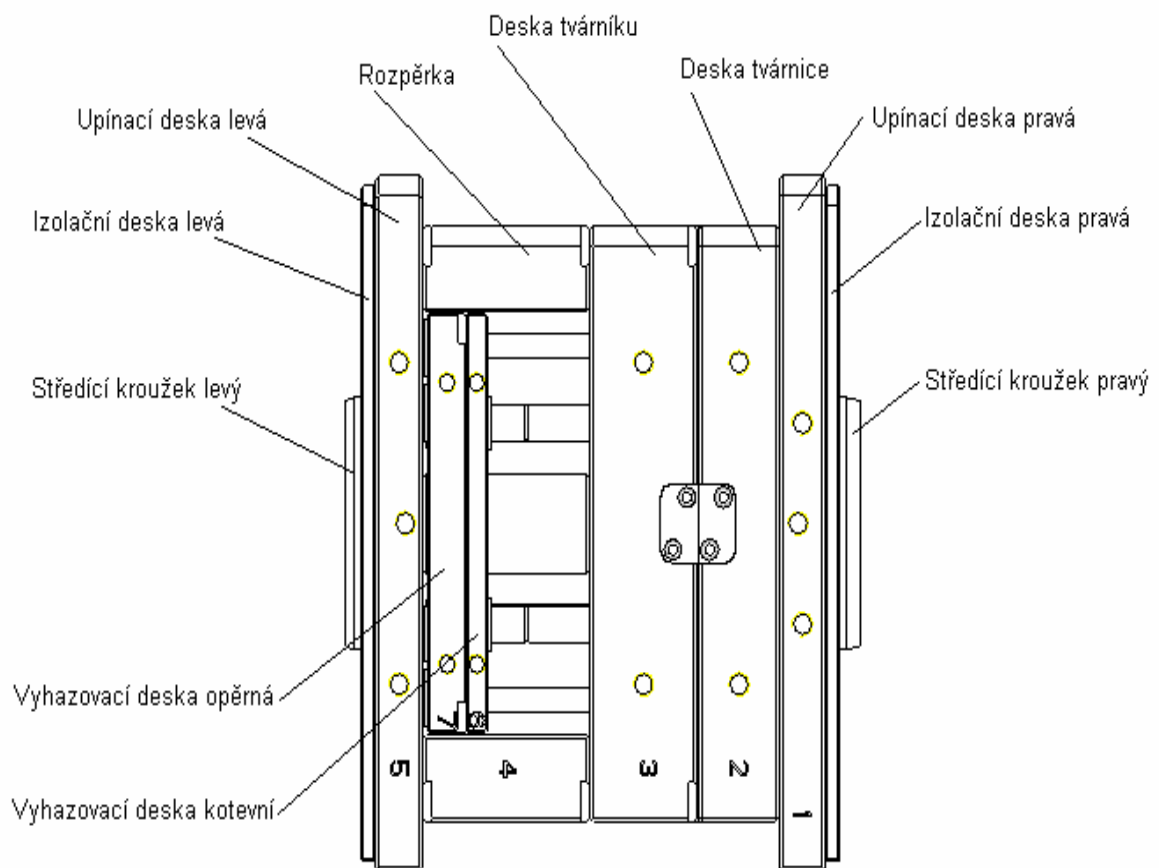
8.3 Odvzdušnění

Při plnění dutiny formy taveninou dochází ke stlačování vzduchu čelem taveniny. Proto je nutné tento vzduch z dutiny odvést. Jinak by mohlo docházet k nežádoucím jevům jako jsou např. Dieselův efekt, propadliny, bubliny nebo k nedostříknutí výrobku. V tomto při-

padě je odvodušnění zajištěno dělicí rovinou a vůlí mezi vyhazovači. V případě nedostačného úniku vzduchu, by musela být kritická místa doplněna odvodušňovacími vložkami.

8.4 Popis rámu

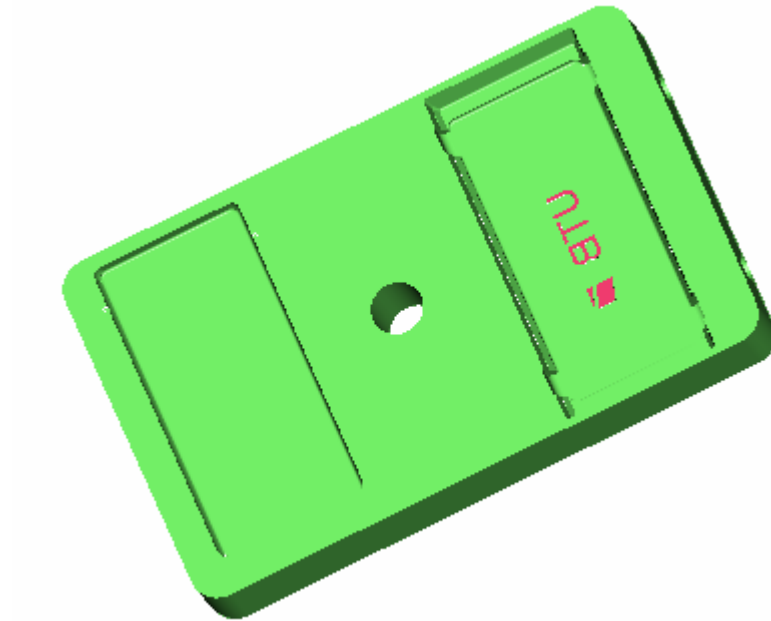
Desky rámu byly vybrány vybrány z katalogu normálií firmy HASCO. Vybrané desky je nutné konstrukčně upravit dle výkresů jednotlivých dílů. Desky jsou vyrobeny z materiálu DIN 1.2767 (ČSN 19 641). Pro zvýšení celkové tuhosti vstřikovací formy byla použita dvojice válcových rozpěrek. Izolační desky byly vyrobeny z polymeru plněného skelnými vlákny. Vodící a středící součásti slouží k vystředění jednotlivých desek rámu a k jejich správnému vedení při otvírání, zavírání a při pohybu vyhazovacího systému.



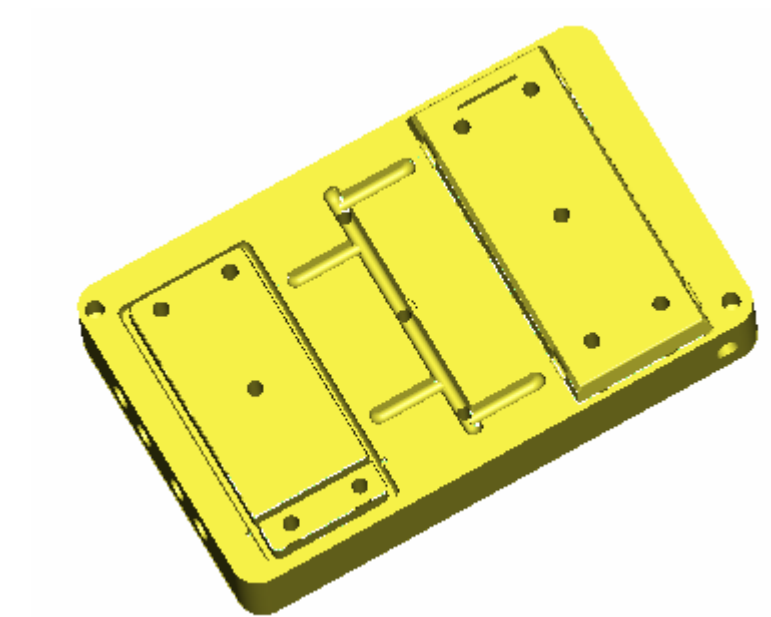
Obr. 22. Popis rámu

8.5 Tvarové díly

K tvarovým dílům patří tvárnice a tvárník. Tvárnice udává vnější tvar výrobku a tvárník vnitřní. Rozměry tvarových dutin musely být zvětšeny o udávané smrštění použitého polymeru. Tvárnice i tvárník byly vyrobeny z nástrojové oceli DIN 1.2343 (ČSN 19 552) a zakaleny na 52 HRC.



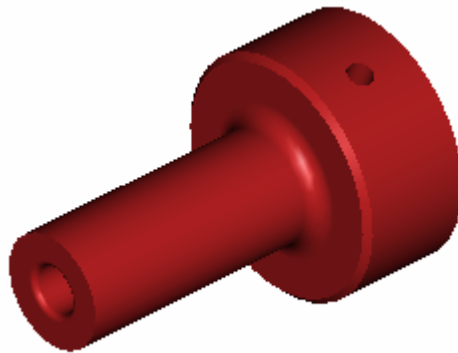
Obr. 23. Tvárnice



Obr. 24. Tvárník

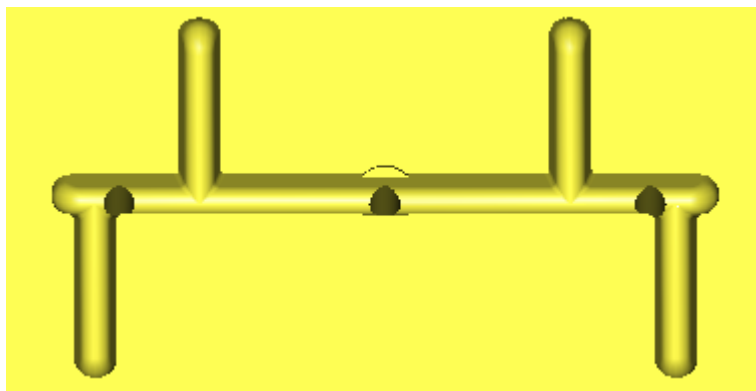
8.6 Vtokový systém

Vstřikovací forma byla navržena se studeným vtokovým systémem. Pro daný výrobek je tento druh vtokového systému dostačující a jeho energetická náročnost je nízká. Nevýhodou studeného vtokového systému je odpad, který je tvořen zatuhlým vtokovým zbytkem. Tavenina je do formy přiváděna vtokovou vložkou a rozvodnými kanály až k filmovému ústí, ze kterého vstupuje do tvarové dutiny formy. Vtoková vložka byla vybrána z normálíí firmy HASCO a upravena na požadovanou délku.



Obr. 25. Vtoková vložka

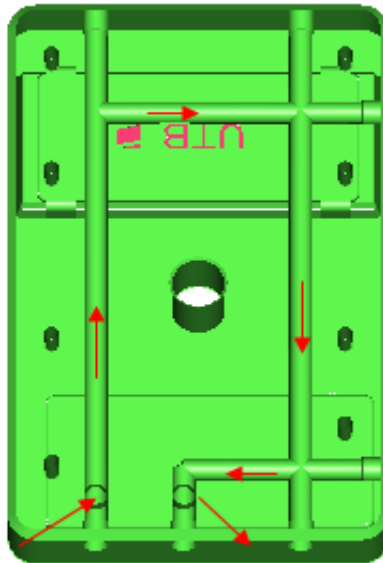
Rozvodné kanály mají lichoběžníkový průřez a jsou vyrobeny ve tvárníku na pohyblivé straně. Tento průřez je jednoduchý na výrobu, má vysokou hodnotu smáčivého průměru a malé hodnoty teplotních a tlakových ztrát. Oddělení vtokového systému od výrobku bude provedeno mechanicky.



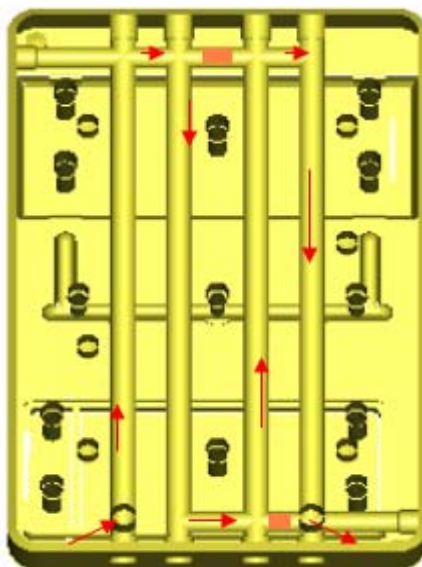
Obr. 26. Rozvodné kanály

8.7 Temperační systém

Temperační systém je vytvořen pomocí vrtaných kanálů o průměru 8 mm přímo do tvárnice a tvárníku. Kanály jsou vzájemně propojeny a průtok temperačního média je zajištěn pomocí vnitřních a vnějších ucpávek od firmy HASCO. Vstup a výstup je realizován přes desku tvárnice a tvárníku. Únik temperačního média mezi deskami a tvárnicí, tvárníkem zabezpečují O-kroužky.



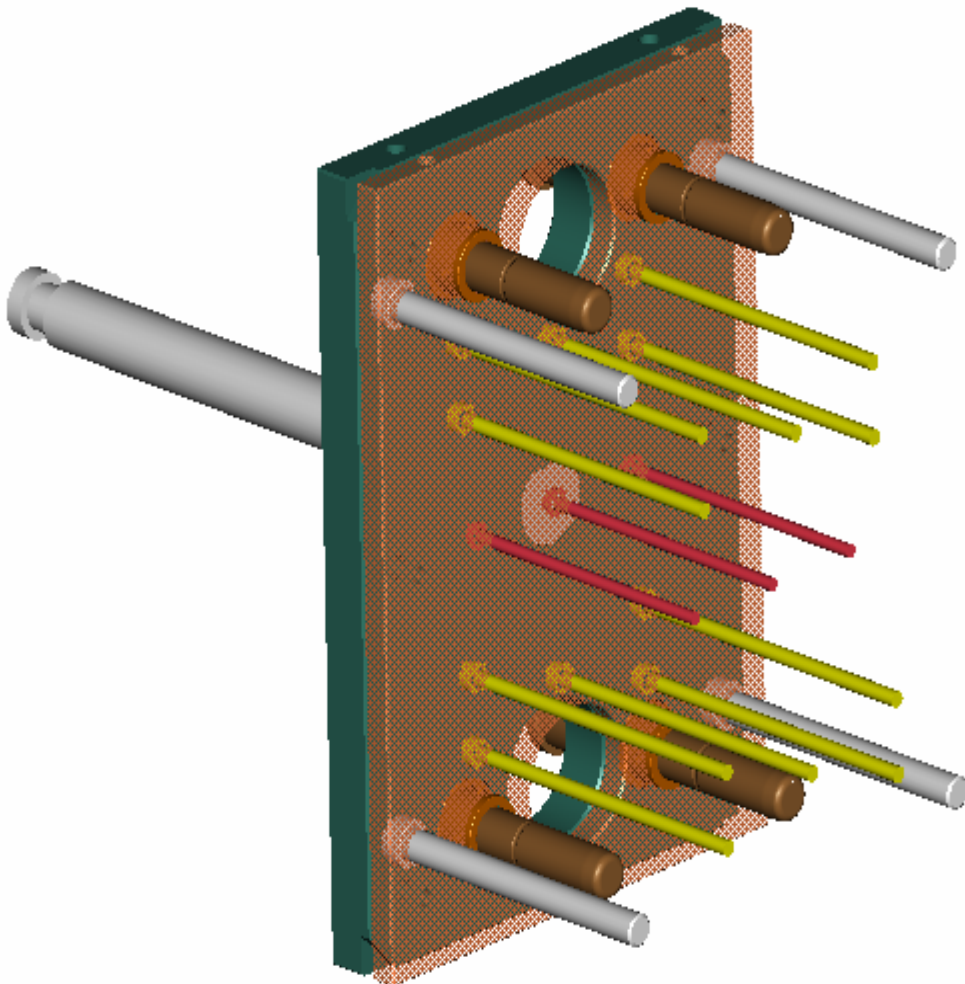
Obr. 27. Temperace tvárnice



Obr. 28. Temperace tvárníku

8.8 Vyhazovací systém

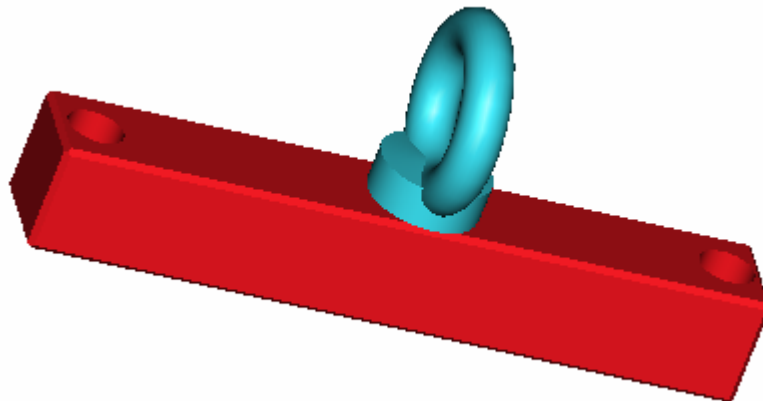
Vyhození výstřiku je zajištěno pomocí válcových vyhazovačů. Aby došlo k jeho rovnoměrnému vyhození, bylo na každou dutinu použito pět vyhazovačů o průměru 6 mm. Vyhození vtokového zbytku je realizováno třemi válcovými vyhazovači o průměru 5 mm. Ukotvení vyhazovačů zajišťuje kotevní a opěrná deska. K správnému vedení vyhazovacího systému slouží čtveřice vodících kolíků a pouzder. Dopředný pohyb zajišťuje táhlo, které je přišroubováno k opěrné desce. Zpětný pohyb zajišťují vratné kolíky o průměru 8 mm. Vyhazovače byly vybrány z normálií firmy HASCO a upraveny na požadovanou délku. Zdvih vyhazovacího systému je 56 mm, což umožní bezpečné vyhození celého výstřiku.



Obr. 29. Vyhazovací systém

8.9 Manipulační systém

Součástí vstřikovací formy je transportní můstek, ten byl vyroben z materiálu DIN 1.0060 (ČSN 11 600). Transportní můstek slouží k zlepšení manipulace s formou a zabránění jejího otevření v dělicí rovině. Další částí můstku je transportní oko, které umožňuje zavěšení formy na zvedací zařízení.



Obr. 30. Transportní můstek

DISKUZE VÝSLEDKŮ

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat dva konstrukční návrhy vstříkovací formy pro stejný výrobek, kterým je kapesní vizitkář. Tento výrobek by měl sloužit k reklamním účelům, proto byl kladen důraz na designové požadavky a konstrukční jednoduchost. Oba návrhy byly zpracovány pro zadaný vstříkovací stroj, jehož základní technické parametry byly při konstrukci limitními hodnotami.

U prvního návrhu se nejednalo o celkový návrh vstříkovací formy. Úkolem bylo navrhnout tvarové desky a vyhazovací systém. Rám formy byl již vyroben a proto se navrhované díly musely přizpůsobit jeho rozměrům a tvaru. Materiál pro tvarové desky byl vybrán s ohledem na jeho vysoké nároky a následně tepelně zpracován. Vtokový systém vstříkovací formy byl zvolen studený. Univerzální rám nedovoluje použití jiného vtokového systému. Avšak tento druh systému je dostačující. Temperační systém byl vytvořen vrtanými kanály přímo ve tvarových deskách a za temperační médium zvolen olej. Vyhození výrobku zajišťují válcové vyhazovače. Univerzální rám je osazen manipulačním systémem pro zlepšení manipulace s formou.

Druhý návrh se zabývá celkovým návrhem vstříkovací formy. U tohoto návrhu bylo snahou využít normalizovaných dílů, jelikož se tím snižují náklady a zkracuje čas potřebný k výrobě a montáži formy. Proto byla celá forma kromě tvárnice, tvárníku a transportního můstku sestavena z těchto dílů. Některé díly musely být podle tohoto návrhu dodatečně upraveny. Jako materiál tvárnice a tvárníku byla zvolena nástrojová ocel, která byla dále tepelně zpracována. I v tomto případě byl zvolen studený vtokový systém, který plně vyhovuje našim požadavkům. Temperační systém byl vytvořen vrtanými kanály přímo v tvárnici a tvárníku. U obou návrhů byl temperační systém zvolen tak, aby bylo zajištěno dostatečné ochlazení výrobku na vyhazovací teplotu. Vyhození výrobku opět zajišťují válcové vyhazovače. V konečné fázi byla vstříkovací forma osazena transportním můstkem, který zabraňuje otevření formy v dělicí rovině a zlepšuje manipulaci s formou.

První návrh byl limitován rozměry univerzálního rámu a neposkytoval dostatečnou volnost při samotné konstrukci. Na druhou stranu jsou náklady na výrobu vstříkovací formy nízké. U druhého návrhu se jednalo o celkový návrh, tudíž už záleží jen na konstruktérovi jakým způsobem bude při konstrukci postupovat. U tohoto návrhu byly limitujícím faktorem technické parametry vstříkovacího stroje.

Vzhledem k tomu, že u obou návrhů bylo použito stejných vtokových, temperančních a vyhazovacích systémů, je pro naše účely vhodnější forma s univerzálním rámem, jelikož jsou náklady na výrobu nižší.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit dva konstrukční návrhy pro zadaný plastový díl.

První návrh se zabývá navržením tvarových dílů a vyhazovacího systému pro vyrobený univerzální rám. Druhý pak celkovým návrhem vstřikovací formy.

Bakalářská práce se skládá z teoretické a praktické části. V teoretické části byla popsána technologie vstřikování, zásady a pravidla při konstrukci vstřikovaného výrobku a vstřikovací formy. V praktické části byl pomocí 3D softwaru vytvořen model výrobku a modely jednotlivých návrhů vstřikovacích forem. Každý z návrhů byl popsán v samostatné kapitole. Dále byly vytvořeny výkresy sestav jednotlivých forem a kusovníky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie:

- [1] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů : 1. Díl - Vstřikování termoplastů*. 2. upr. vydání. Brno : Uniplast, 1999. 134 s.
- [2] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů : 2. Díl - Vstřikování termoplastů*. 1. vydání. Brno : Uniplast, 1999. 214 s.
- [3] TOMIS, František; HELŠTÝN, Josef. *Formy a přípravky*. 2. vydání. Brno : VUT, 1985. 374 s.
- [4] TOMIS, František. *Základy gumárenské a plastikářské technologie*. 2. vydání. Brno : VUT, 1980. 278 s.
- [5] BEAUMONT, John P.; NAGEL, Robert; SHERMAN, Robert. *Successful injection molding: process, design, and simulation*. Munich : Hanser, 2002. 362 s. ISBN 3-446-19433-9.
- [6] MAŇAS, Miroslav; HELŠTÝN, Josef. *Výrobní stroje a zařízení : Gumárenské a plastikářské stroje II*. 1. vydání. Brno : VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X.
- [7] MENGES, Georg; MOHREN, Paul. *How to make injection molds*. New York : Hanser, 1986. 269 s. ISBN 3-446-13666-5.
- [8] LABAJ, Lukáš. *Konstrukce vstřikovací formy*. Zlín, 2008. 76 s. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická.
- [9] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 4. doplněné vydání. Úvaly : ALBRA, 2008. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.

Internetové odkazy:

- [10] *DuPont* [online]. c2010 [cit. 2010-05-15]. Dupont.com. Dostupné z WWW: <http://www2.dupont.com/Czech_Republic_Country_Site/cs_CZ/Products_and_Services/Products/derlin.html>.
- [11] *Arburg* [online]. c2001-2007 [cit. 2010-05-15]. Arburg.com. Dostupné z WWW: <http://www.arburg.com/com/COM/en/products/machines/standard/allrounder_golden_edition/index.jsp>.

- [12] *Arburg* [online]. c2001-2007 [cit. 2010-05-15]. Arburg.com. Dostupné z WWW: <http://www.arburg.com/com/COM/en/products/machines/standard/allrounder_c/index.jsp>.
- [13] *Hasco* [online]. c2010 [cit. 2010-05-15]. Hasco.com. Dostupné z WWW: <<http://www.hasco.com/>>.
- [14] *BASF* [online]. c2010 [cit. 2010-05-15]. Basf.com. Dostupné z WWW: <<http://iwww.plasticsportal.com/products/datasheet.html?type=iso¶m=Ultraform+S+2320+003+UNC+Q600>>.
- [15] *Regloplas* [online]. 2010 [cit. 2010-05-17]. Regloplas.com. Dostupné z WWW: <http://www.regloplas.com/gb/ProductDetails.aspx?prdtName=Product_150smart&path=Products_Root/Temperierg>.
- [16] *Regloplas* [online]. 2010 [cit. 2010-05-17]. Regloplas.com. Dostupné z WWW: <http://www.regloplas.com/gb/ProductDetails.aspx?prdtName=Product_150smart&path=Products_Root/Temperiergeraete/smart/Product_150smart>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

%	Procenta
°C	Stupeň Celsia
3D	Trojrozměrný prostor
aj.	A jiné
Al	Hliník
apod.	A podobně
Cu	Měď
ČSN	Česká státní norma
DIN	Německý ústav pro průmyslovou normalizaci
E	Modul pružnosti v tahu [MPa]
F	Uzavírací síla [kN]
g	Gram
HRC	Rockwelova tvrdost
ITT	Index toku taveniny [g/10min]
ks	Kus
M	Množství potřebného plastu [g]
mm	Milimetr
MPa	MegaPascal
např.	Například
PA	Polyamid
PC	Polycarbonát
PE	Polyethylen
PET	Polyethylentereftalát
POM	Polyoxymethylen

PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PVC	Polvinylchlorid
SVS	Studený vtokový systém
Tg.	Teplota skelného přechodu [°C]
t_{pl}	Plastikační doba jednoho cyklu [s]
tzv.	Takzvaně
VVS	Vyhřívaný vtokový systém

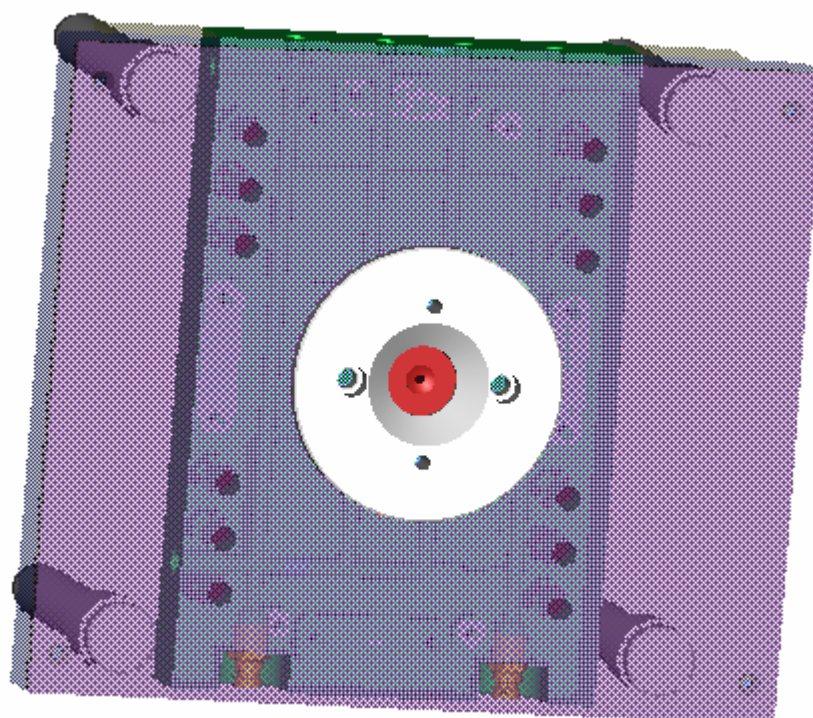
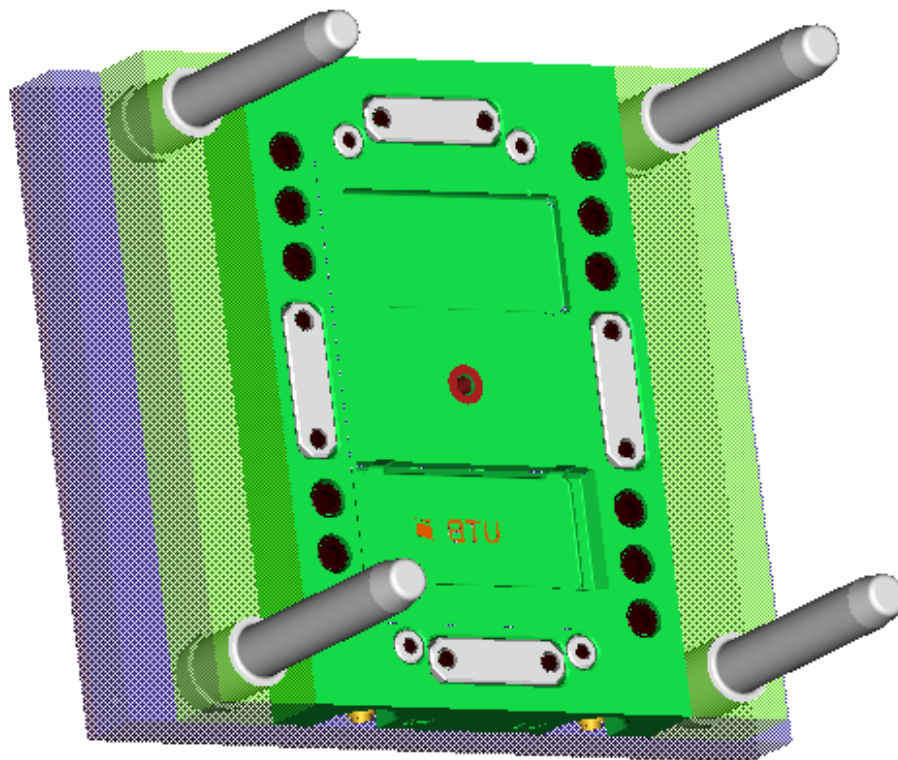
SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Amorfni a semikrystalická struktura [5].....	14
Obr. 2. Oblast využití amorfniích a semikrystalických plastů [1].....	14
Obr. 3. Vstřikovací cyklus [7]	16
Obr. 4. Vstřikovací stroj [8].....	17
Obr. 5. Obecné zásady volby vtokového systému [1]	25
Obr. 6. Volby průřezů vtokových kanálů [1].....	26
Obr. 7. Větvení vtoků [1].....	27
Obr. 8. Vyhazovací kolíky [2]	30
Obr. 9. Trubkový vyhazovač [2].....	31
Obr. 10. Model výrobku	42
Obr. 11. Vstřikovací stroj [12].....	44
Obr. 12. Zaformování spodního dílu	46
Obr. 13. Zaformování horního dílu.....	47
Obr. 14. Popis univerzálního rámu	48
Obr. 15. Tvarová deska pravá.....	49
Obr. 16. Tvarová deska levá	49
Obr. 17. Vyhazovací systém.....	50
Obr. 18. Vtoková soustava.....	51
Obr. 19. Temperace tvarových desek	52
Obr. 20. Temp. zařízení [16].....	52
Obr. 21. Transportní můstek	53
Obr. 22. Popis rámu	55
Obr. 23. Tvárnice	56
Obr. 24. Tvárník.....	56
Obr. 25. Vtoková vložka.....	57
Obr. 26. Rozvodné kanály	57
Obr. 27. Temperace tvárnice.....	58
Obr. 28. Temperace tvárníku	58
Obr. 29. Vyhazovací systém.....	59
Obr. 30. Transportní můstek.....	60

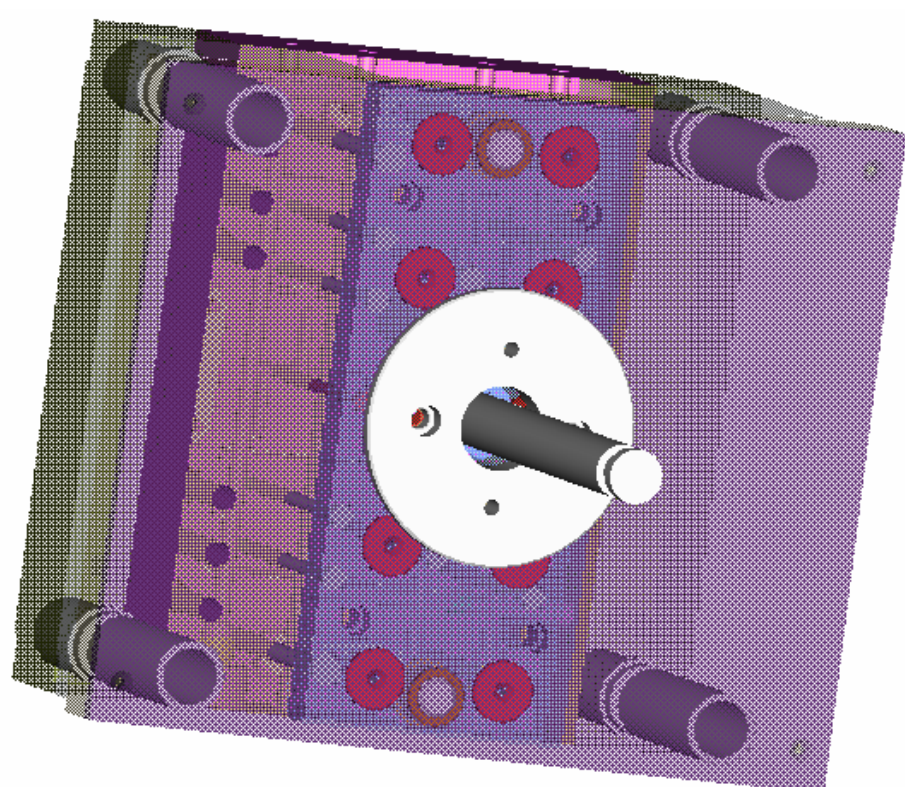
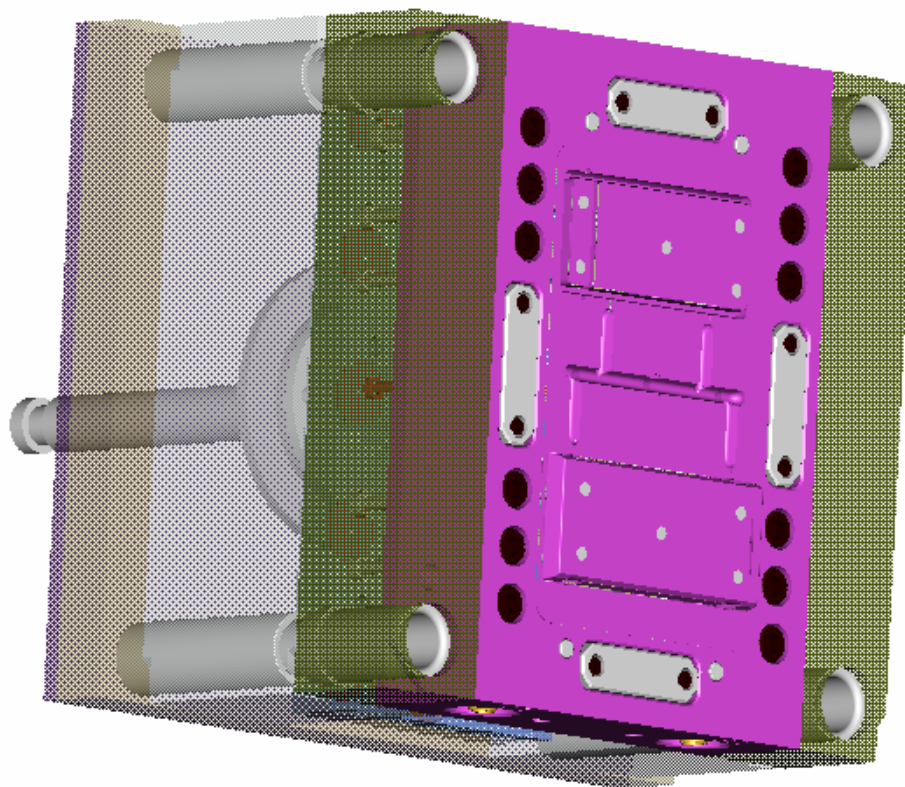
SEZNAM PŘÍLOH

- PI Prává strana vstříkovací formy – univerzální rám
- PII Levá strana vstříkovací formy – univerzální rám
- PIII Prává strana vstříkovací formy – celkový návrh
- PIV Levá strana vstříkovací formy – celkový návrh
- PV Výkres sestavy – univerzální rám
- PVI Výkres sestavy – celkový návrh
- PVII Kusovník – univerzální rám
- PVIII Kusovník – celkový návrh
- PIX CD disk

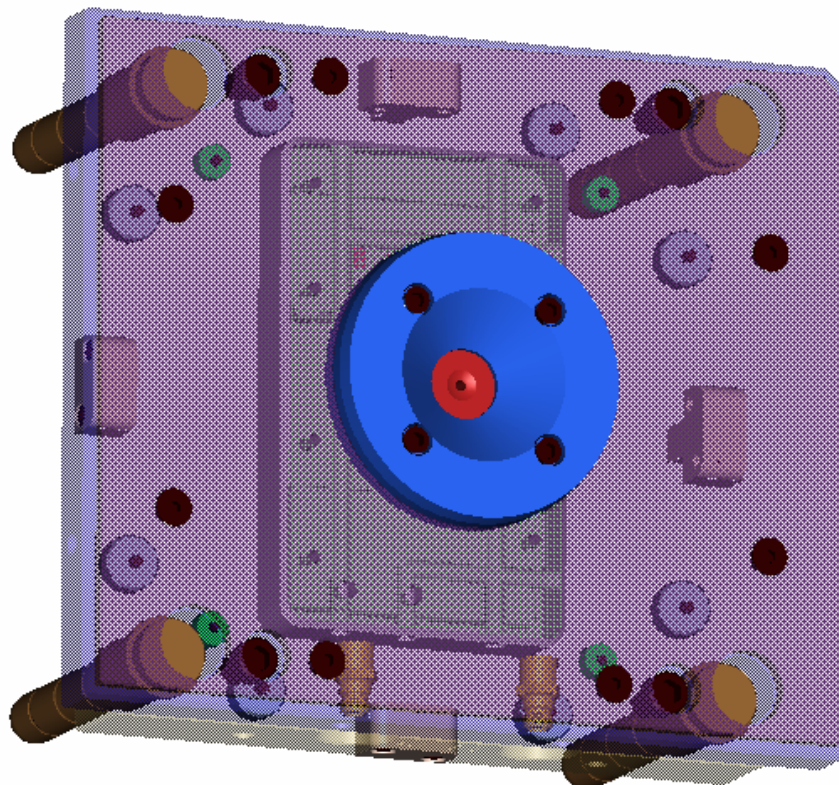
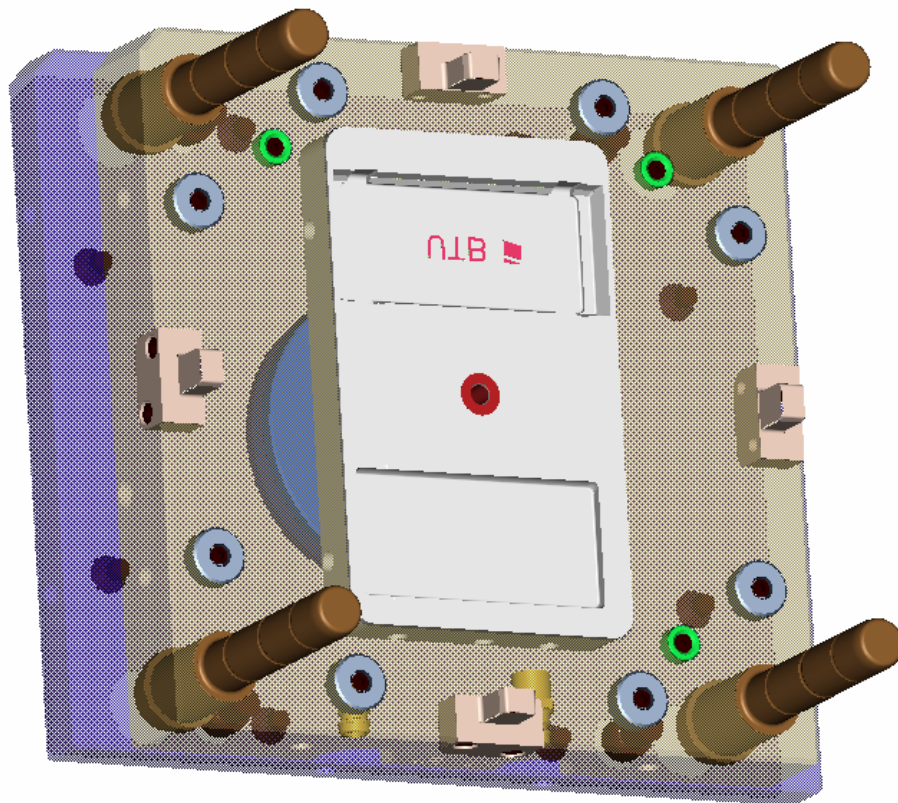
**PŘÍLOHA P I: PRAVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY –
UNIVERZÁLNÍ RÁM**



**PŘÍLOHA P II: LEVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY –
UNIVERZÁLNÍ RÁM**



**PŘÍLOHA P III: PRAVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY –
CELKOVÝ NÁVRH**



**PŘÍLOHA P IV: LEVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY –
CELKOVÝ NÁVRH**

