

Konstrukce vstřikovací formy

Lukáš Labaj

Bakalářská práce
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš LABAJ**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy**

Zásady pro vypracování:

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

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů I.díl -- Vstřikování termoplastů, 2. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. 134 s.

[2] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů II.díl -- Vstřikování termoplastů, 2. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. 212 s.

[3] TOMIS, F., HELŠTÝN, J. Formy a přípravky. 2. vyd. Praha : SNTL, 1985. 374 s. ISBN 414-33580.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Štěpán Šanda**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **19. února 2008**

Termín odevzdání bakalářské práce: **6. června 2008**

Ve Zlíně dne 1. února 2008



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro plastový výrobek, kterým je kryt senzoru rozbití skla. Vstřikovací forma je nástroj využívaný k výrobě plastových výrobků v technologii vstřikování. Teoretická část je zaměřena na popis technologie vstřikování a je rozdělena do tří částí, kde jsou popsány: materiály vhodné ke vstřikování, zásady konstrukce vstřikovaných výrobků, konstrukce vstřikovací formy a typy vstřikovacích strojů. V praktické části bakalářské práce byl vytvořen model i výkres zadaného výrobku a byl zvolen vhodný materiál ke vstřikování. Pro výrobek byla navržena vstřikovací forma, na níž byl vytvořen 3D model, výkres sestavy s kusovníkem a výkresy pohledů do pravé a levé části formy. Nakonec byla provedena volba vstřikovacího stroje.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma

ABSTRACT

This bachelor work deals with construction of an injection mould for plastic product, which is a cover of glass break detector. The injection mould is a tool used for processing of plastic components in an injection technology. The theoretic part is specialized on description of an injection technology and is dividend into three parts, where are described: materials suitable for injection, principles of construction of injected products, the design of injection mould and types of injection machines. In the practical part of the bachelor work the model and drawing of scheduled komponent were made and a material suitable for injection was chosen. For the injection mould designed for the komponent the 3D model, the drawing of a configuration with a piece list and drawings of views to both right and left parts of the mould were made. In the final part the choice of the injection mould was done.

Keywords: injection, injection mould

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Štěpánu Šandovi za odborné vedení, cenné rady a čas, který mi věnoval při vypracování této bakalářské práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně 6. 6. 2008

.....

Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 VSTŘIKOVÁNÍ	10
1.1 VSTŘIKOVANÉ MATERIÁLY	10
1.2 VSTUPNÍ KONTROLA PLASTŮ	11
1.3 PŘÍPRAVA PLASTŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM	11
1.3.1 Sušení termoplastů	12
1.3.2 Barvení granulovaných plastů	12
1.3.3 Recyklace plastů.....	13
1.4 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	13
1.4.1 Tok taveniny.....	14
1.5 VSTŘIKOVACÍ STROJ	15
1.5.1 Vstřikovací jednotka	15
1.5.2 Uzavírací jednotka.....	17
1.5.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje.....	19
2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ	20
2.1 DĚLÍCÍ ROVINA	20
2.2 TLOUŠŤKA STĚN	20
2.3 VÝZTUŽNÁ ŽEBRA	21
2.4 ZAOBLNĚNÍ HRAN, ROHŮ A KOUTŮ	21
2.5 ÚKOSY A PODKOSY	22
2.6 ROZMĚRY SOUČÁSTÍ Z PLASTŮ	22
2.7 JAKOST POVRCHU SOUČÁSTÍ.....	23
2.8 SMRŠTĚNÍ.....	24
3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM	25
3.1 POSTUP PŘI KONSTRUKCI FORMY	25
3.2 ZPŮSOB ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU.....	26
3.3 NÁSOBNOST FOREM.....	26
3.4 ROZMĚRY TVAROVÉ DUTINY TVÁŘECÍ FORMY	27
3.5 VTKOVÁ SOUSTAVA	28
3.5.1 Studené vtokové systémy	28
3.5.2 Vyhřívané vtokové soustavy (VVS).....	31
3.6 TEMPEROVÁNÍ FOREM	34
3.6.1 Obecné zásady volby temperačních kanálů.....	35
3.6.2 Temperační prostředky.....	36

3.7	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM	37
3.8	VYHAZOVACÍ SYSTÉMY	38
3.8.1	Vyhazovací síla	38
3.8.2	Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků.....	39
3.8.3	Vyhazování stírací deskou.....	40
3.8.4	Vyhazování pomocí trubkových vyhazovačů.....	40
3.8.5	Pneumatické vyhazování.....	41
3.8.6	Hydraulické vyhazování.....	41
3.9	ÚDRŽBA FOREM.....	41
3.10	RÁMY VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	42
3.11	MATERIÁLY VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	43
3.12	VÝROBA A ZKOUŠENÍ VSTŘIKOVACÍCH FOREM	44
3.13	OPRAVY VSTŘIKOVACÍCH FOREM	45
3.14	MANIPULACE A SKLADOVÁNÍ VSTŘIKOVACÍCH FOREM	46
3.15	ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI	47
II	PRAKTICKÁ ČÁST	48
4	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	49
5	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	50
5.1	POUŽITÉ APLIKACE	50
5.2	VSTŘIKOVANÝ DÍL.....	50
5.2.1	Materiál výstřiku	51
5.3	VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE.....	52
5.4	VSTŘIKOVACÍ FORMA	53
5.4.1	Násobnost formy	54
5.4.2	Zaformování výstřiku	54
5.4.3	Tvarové části formy.....	55
5.4.4	Vtokový systém.....	56
5.4.5	Odvzdušnění formy	57
5.4.6	Temparační systém.....	58
5.4.7	Vyhazovací systém.....	59
5.4.8	Odformování bočních děr.....	61
5.4.9	Zařízení sloužící k manipulaci	62
	ZÁVĚR	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	65
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ	69
	SEZNAM TABULEK.....	71
	SEZNAM PŘÍLOH.....	72

ÚVOD

Polymerní materiály zaujímají dnes nezastupitelnou pozici v materiálové základně průmyslové výroby především díky svým vlastnostem, dostupností a poměrně snadnému zpracování. A právě při jejich zpracování na finální výrobky mají své místo vstřikovací formy. [4]

Vstřikování patří mezi technologie zpracování polymerů, které zaznamenaly v poslední době bouřlivý rozvoj. 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 velmi komplikovanou záležitostí, která se neobejde bez pomoci výkonné výpočetní techniky. K dispozici je řada velmi výkonných simulačních SW 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. [5]

Výroba přesných výstřiků předpokládá vedle praktických zkušeností i osvojení určitého fondu teoretických vědomostí. Rozsah tohoto fondu se vzhledem k dynamice celého oboru neustále zvětšuje a zahrnuje údaje o reologických, chemických a fyzikálně mechanických vlastnostech plastů, regulační technice zpracovatelských strojů, měřicí technice, metrologii. [3]

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]

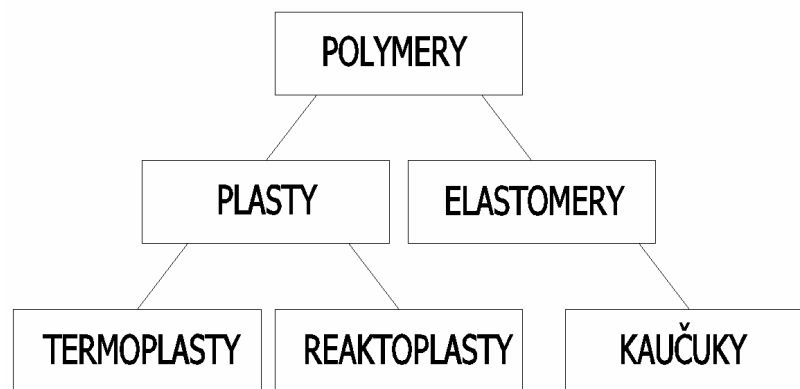
Vstřikováním se zpracovávají plasty i kaučukové směsi. Technologie vstřikování umožňuje vyrábět výrobky velmi složitých tvarů pro aplikace v automobilovém, leteckém a kosmickém průmyslu, v elektrotechnice a optice, ve zdravotnictví, v přístrojích pro domácnost, sport a volný čas. [4]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby požadovaných dílů z plastů. Vyznačuje se poměrně složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a forma. V průběhu vstřikování je roztavený plast ve vstřikovacím stroji tlakem dopravován do dutiny formy a tam ochlazen ve tvaru vyráběné součásti. [1]

1.1 Vstřikované materiály



Obr. 1. Rozdělení polymerů [5]

Vstřikováním lze zpracovat jak termoplasty, tak i reaktoplasty a kaučukové směsi. Zatím co v prvním případě je interval pro tváření teoreticky neomezený, v dalších dvou případech je tento interval omezen v důsledku probíhajícího síťování. Čím je teplota tváření vyšší, tím je tvářecí interval kratší. Vstřikovací termoplasty mají zpravidla lepší tokové vlastnosti než např. vytlačovací typy. Složení směsi je obdobné jako pro jiné způsoby zpracování, barvení se může provádět za sucha. Vstřikovat se můžou plněné i lehčené materiály. [7]

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

- termoplasty, které mají řetězce přímé (lineární polymery) nebo řetězce s bočními větviemi (rozvětvené polymery). Při ohřevu se uvolní soudržnost řetězců a hmota je viskozní. V tomto stavu se může tvářet. Po ochlazení se dostane opět do původního pevného stavu. Termoplasty jsou nejpoužívanější materiály pro vstřikování. Nejznámější zástupci této skupiny jsou: PS, PMMA, PC, PP, PE, PA, PBT, PET, PVC.

- reaktoplasty, které mají v konečné fázi zpracování řetězce příčně propojeny chemickými vazbami a vytvářejí prostorovou trojrozměrnou síť. Při ohřevu tato síť zvětšuje svoji pohyblivost, ale řetězce se zcela neuvolní. Při tváření vlivem teploty a tlaku nastává zesíťování plastu (někdy i působením katalyzátoru) tzv. vytvrzování. Tento proces je nevratný. Nejznámější zástupci této skupiny plastů jsou fenoplasty, animoplasty a nenasyčené polyestery.

Eleastomery jsou vysoce elastické polymery, které lze za běžných podmínek, i při zatěžování malou silou, značně deformovat bez porušení. Tyto deformace mají převážně vratný charakter. Nejpočetnější podmnožinu eleastomerů tvoří kaučuky. [6]

Vstřikování kaučukových směsí umožňuje výrobu tlustostěnných výrobků při zkrácené vulkanizační době a zvýšené kvalitě vulkanizátoru. Vyžaduje však náročnější výrobní zařízení a je méně vhodné pro kusovou výrobu. [5]

1.2 Vstupní kontrola plastů

Plasty pro vstřikování se dodávají granulované v pytlích, nebo i jinak chráněné proti navlhnutí. Pro omezení zpracovatelských i aplikačních potíží, je vhodné provádět jejich vstupní kontrolu, kterou dělíme na [1]:

- vstupní hodnocení nových typů plastů
- kontrolní přejímku běžně nakupovaných plastů uskutečňovanou na základě smluvně stanovených norem (technické dodací podmínky, materiálové listy).

Vstupní kontrola stanoví [1]:

- chemicko-analytické složení (obsahy nízkomolekulárních podílů, mol. hmotnost apod.)
- mechanické vlastnosti (pevnost, tažnost ...)
- fyzikální vlastnosti (viskozita, tepelné, elektrické, optické vlastnosti, ...)
- ostatní hodnocení (vizuální, vliv na prostředí...)

1.3 Příprava plastů před vstřikováním

Před zpracováním plastů vstřikováním se materiál upravuje v souladu s technologickým postupem, určeným na konkrétní výrobek. Obvykle to bývá sušení granulátu, mísení s pří-

davkem rozdrčeného odpadu, barvení granulátu, míchání s nadouvadlem apod. Všechny uvedené úkony upravují termoplast do takového stavu, aby jeho zpracování bylo bez potíží a výsledná aplikace vyhověla požadavkům na výrobek. [1]

1.3.1 Sušení termoplastů

Většina termoplastických materiálů absorbuje vlhkost ze vzduchu. To i při běžných zpracovatelských teplotách může vyvolat degradaci polymeru a tím i snížení kvality některých parametrů a také zhoršení kvality povrchu. Výstřiky jsou pak bez povrchového lesku, v místě vtoku mají povrchové vady a nesnadno se vyjímají z formy. Proto je nutné materiály předsoušet. [1]

Granulované pasty se dodávají buď vysušené ve vzduchotěsných obalech, nebo nevysušené v papírových nebo plastových pytlích. Vysušené se obvykle zpracovávají hned a nevysušené je třeba vysušit. Některé plasty se nemusí předsoušet. [1]

Aby granulát nezvlhl, skladuje se před zpracováním v suchých skladech. V zimním období při převážení ze skladu do dílny se ponechá materiál aklimatizovat asi 24 hodin při teplotě dílny. [1]

K sušení se používají komorové pece s přirozeně cirkulujícím vzduchem, kde vrstva granulátu je na paletách. Výška vrstvy nemá přesáhnout 40 mm, u PC jen 25 mm. Vysokokapacitní sušárny s nucenou cirkulací ohřátého vzduchu jsou vhodné pro nepřetržitý provoz. [1]

1.3.2 Barvení granulovaných plastů

Některé vyráběné díly požadují jakostní povrch a také vhodný barevný odstín. Barva silně ovlivňuje dojem, který si jejím vnímáním o daném výrobku vytvoříme. [1]

Plasty dodávané výrobcem disponují jen určitou řadou barevných odstínů. Při požadavku na jiný barevný odstín, je třeba jednat s výrobcem, popřípadě si granulát obarvit. Rozsah možných barevných odstínů je omezen barvou základního nebo barveného granulátu. [1]

Pro barvení plastů se používají barvy od nejrůznějších výrobců. Dodávají se v papírových, nebo PE pytlích, v plechových sudech apod. Skladují se v suchých skladech. [1]

Vlastní barvení se provádí buď dávkovacím zařízením přímo na vstřikovací stroji, nebo se granulát vybarvuje před vstřikováním. To probíhá tak, že se barvivo ve vytlačovacím stroji smíchá s granulátem, kde se zapracuje do plastu. [1]

1.3.3 Recyklace plastů

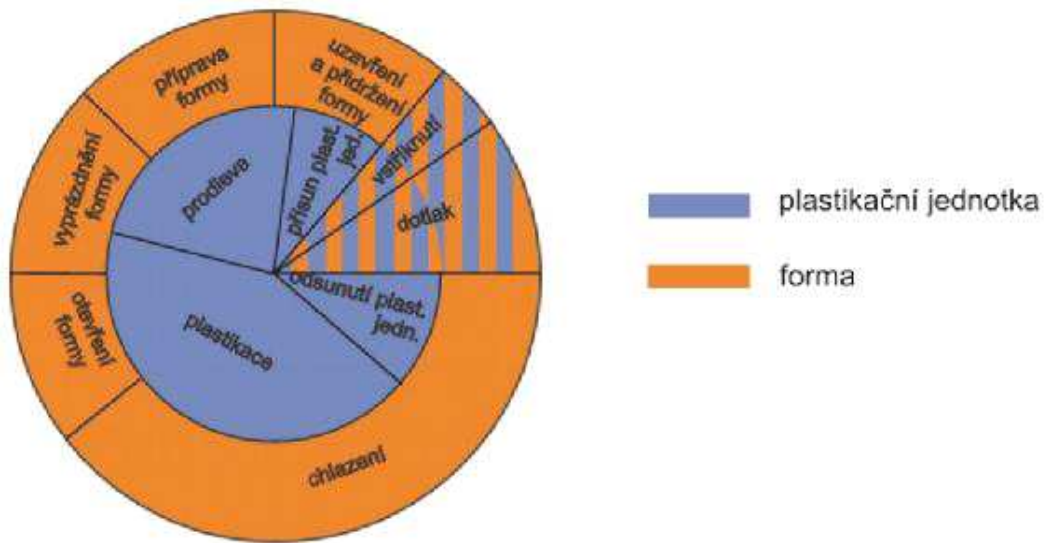
Vadné výstřiky, odpady a vtoky vzniklé při vstřikování se mohou několikrát zpracovávat. Tato vlastnost se velmi často využívá, protože podíl odpadu, hlavně při výrobě malých výstřiků, je značný. Proto neznečištěný plastový odpad se drtí obvykle v nožových mlýnech. Takto upravený se smíchá s čistým granulátem a znovu se zpracuje. Přitom obvykle dochází k snížení fyzikálně-mechanických vlastností i povrchového vzhledu. Míra snížení závisí na velikosti podílu drceného odpadu v původním granulátu. Transparentní a silně namáhané plasty se míchat s recyklátem nemohou. Nesplnily by požadované vlastnosti. [1]

1.4 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus zahrnuje dvě oblasti, jedna se vztahuje k plastikační jednotce druhá k formě. 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. Doba po kterou působí dotlak, se nazývá doba doplňování. Dotlak má za účel částečně vyrovnat vliv smrštění a zabraňovat unikání materiálu z dutiny formy. [7]

Po skončení dotlaku se vstřikovací jednotka od formy oddálí a začne v ní plastikace další dávky. Po dostatečném ochlazení výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí. Po očištění a přípravě formy pro další cyklus následuje další cyklus. [1]

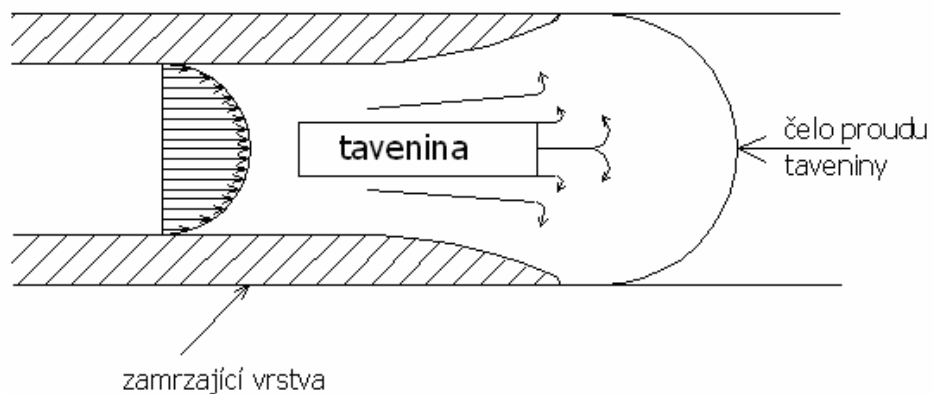
Chlazení výstřiku probíhá zčásti ve formě, zčásti mimo ni; pro dosažení větší přesnosti na chladících přípravcích. [7]



Obr. 2. Vstřikovací cyklus [7]

1.4.1 Tok taveniny

Při zaplňování dutiny formy nedochází ke skluzu taveniny po stěně, ale dochází k tzv. valení taveniny. Tento laminární tok je taky označován jako „fontánový tok“. Vtokový systém, zvláště u forem s několika dutinami (tzv. vícenásobné formy) musí být řešen tak, aby bylo zabezpečeno současné vyplňování všech dutin. Vtokový systém musí být vyvážen. Dalším problémem, který může výrazně ovlivnit kvalitu výstřiku je styk dvou proudů taveniny, např. v důsledku obtoku překážky ve dráze toku. V místě spojení dvou proudů taveniny vzniká tzv. studený spoj, který má za následek zhoršení mechanických vlastností. Problém se obvykle řeší vhodným uspořádáním vtoků nebo jejich umístěním tak, aby studený spoj vznikl v místě ovlivňující funkci budoucího výrobku co nejméně. [6]



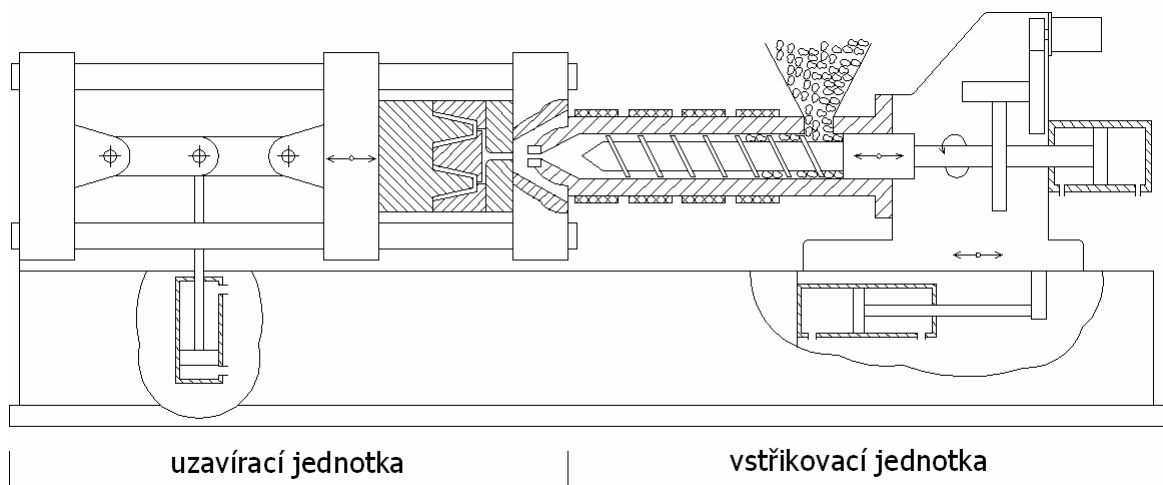
Obr. 3. Zaplňování dutiny formy taveninou [6]

1.5 Vstřikovací stroj

Na vstřikovacích strojích se dají zpracovávat plasty i kaučukové směsi. Lze na nich vyrábět i výrobky velmi složitých tvarů v úzkých výrobních tolerancích a v obrovských sériích. [5]

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 jakostních výstřiků. V současné době existuje velký počet různých konstrukcí vstřikovacích 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



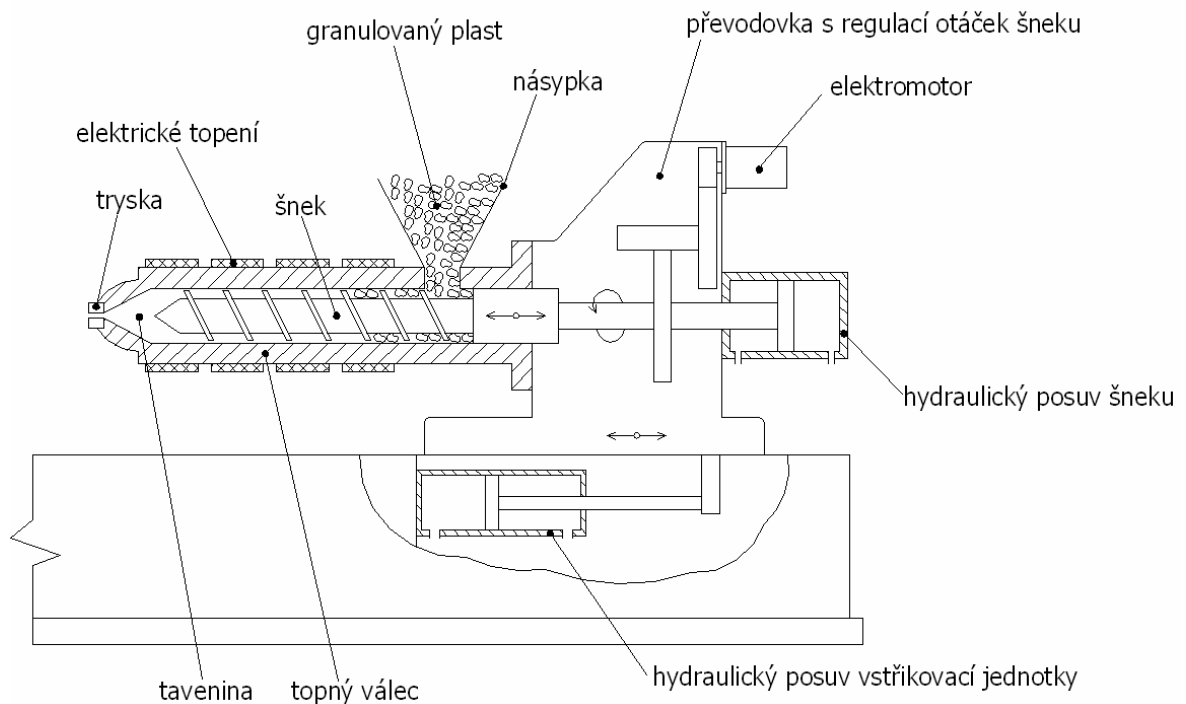
Obr. 4. Vstřikovací stroj [9]

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. Maximální vstřikované množství nemá překročit 90% kapacity

vstřikovací jednotky, protože je nutná rezerva pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení (z důvodu smrštění). Optimální množství je 80% kapacity vstřikovací jednotky. [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 čelem šneku. Šnek se posouvá vzad, do výchozí polohy pro vstřikování. [1]



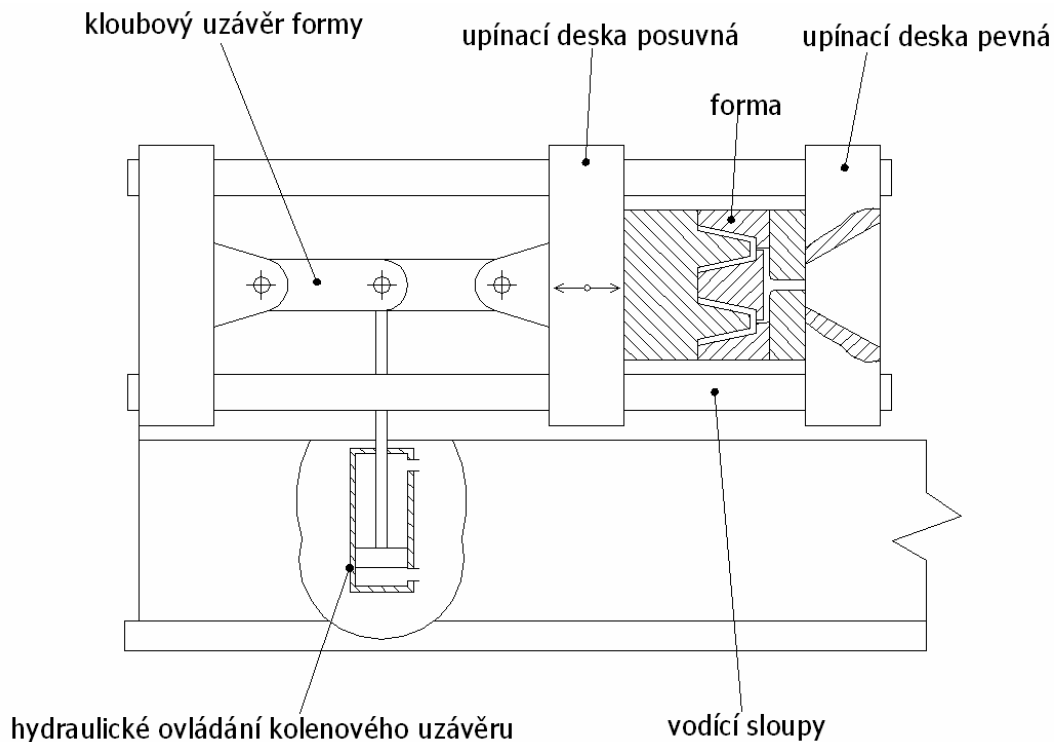
Obr. 5. Vstřikovací jednotka [9]

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

Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kuželové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. Jejich souosost, menší průměr otvoru a menší poloměr trysky než je u sedla vtokové vložky jsou podmínkou správné funkce. [1]

1.5.2 Uzavírací jednotka

Ovládá pohyb vstřikovací formy a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je nastavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. [1]



Obr. 6. Uzavírací jednotka [9]

Uzavírací mechanismus je ukazatelem kvality uzavírací jednotky a má nejrůznější provedení. [1]

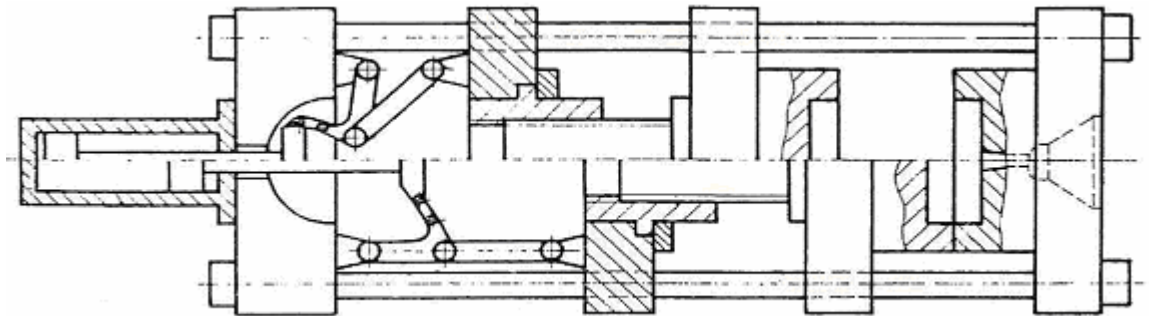
Hydraulické uzavírací jednotky

Hydraulické uzavírací jednotky umožňují uzavření nástroje hydraulickým tlakem a vyžadují zajištění závorou. Výhodou těchto jednotek je nastavení libovolné hloubky otevření nástroje. [1]

K dosažení velkých uzavíracích sil je však zapotřebí velkých rozměrů hydraulických válců a k zajištění dostatečně vysokých uzavíracích rychlostí značné množství hydraulické kapaliny. Problémy jsou i s utěsněním pístů velkých průměrů. Nevýhodou tohoto uspořádání odstraňuje uzavírací ústrojí s pomocnými hydraulickými válci. Pomocné hydraulické válce mají malý průměr, ale vysoký zdvih. K zajištění vysoké rychlosti při chodu naprázdno postačuje relativně malé množství hydraulické kapaliny o nízkém tlaku. [5]

Hydraulicko-mechanická uzavírací jednotka

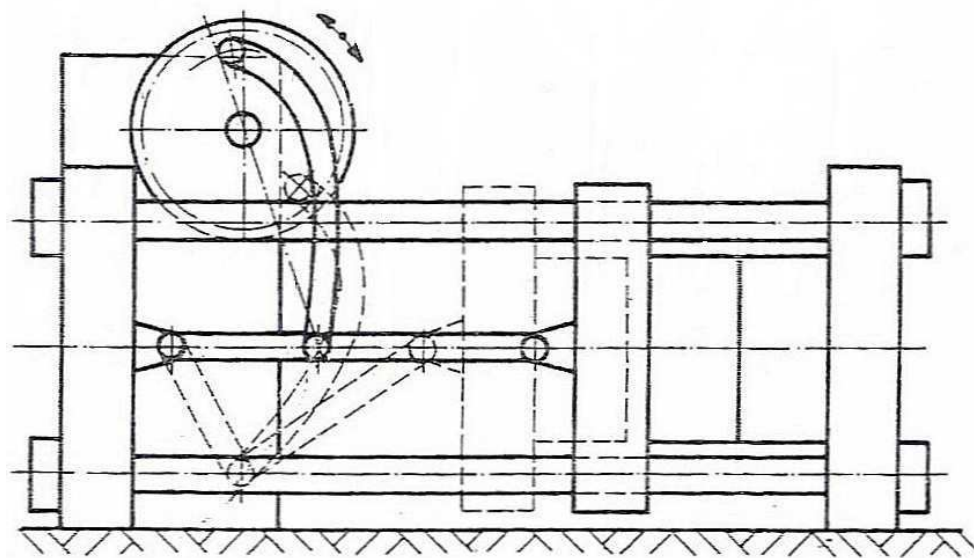
Hydraulicko mechanická jednotka je nejčastěji používaná u strojů malých gramáží. Zaručuje vyšší rychlost uzavírání, potřebné zpomalení před uzavřením formy a dostatečnou tuhost. Je konstruována jako kloubový mechanismus ovládaný hydraulickým válcem. [1]



Obr. 7. Hydraulicko-mechanická uzavírací jednotka [5]

Elektromechanická uzavírací jednotka

Hydraulické jednotky jsou velmi energeticky náročné. To vede ke snaze nahradit hydraulickou jednotku elektrickým pohonem, který ovládá klikový mechanismus. Účinnost elektromotoru je dána jeho konstrukcí a způsobem provozu. Účinnost se pohybuje v rozmezí 0,85-0,95. K výhodám elektromechanických uzavíracích ústrojí patří jejich konstrukční jednoduchost, vysoká uzavírací rychlost a snadná automatizace celého pracovního cyklu. Další výhodou je nižší energetická náročnost. [5]



Obr. 8. Elektromechanická uzavírací jednotka [5]

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 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. [1]

Koncepčně je takové seřízení rozděleno na [1]:

- sestavení grafu vstřikovacího stroje
- definice a nastavení parametrů
- kontrola procesu

Nastavení stroje je kontrolováno řídicí jednotkou se zpětnou vazbou. Alternativní volba a úprava programu se pak může snadno uskutečnit za pomoci dotykového displeje. Na přesnosti a jakosti výstřiků má řízení stroje rozhodující vliv. Tím že určuje a dodržuje přesnost [1]:

- nastavení velikosti a délky vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiků.
- nastavením teploty taveniny. Správnou homogenitou taveniny jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiků.

Mimo vstřikovací stroj a zpracovávaný materiál ovlivňuje tyto hodnoty také vstřikovací forma. [1]

2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ

Konstrukční návrh součástí z plastu se řídí zcela jinými zásadami než u součástí kovových. Při návrhu musí konstruktér zvažovat, co všechno se při vstřikování plastového dílu bude dít. To vyžaduje znát technologii vstřikování a zásady konstrukce plastových dílů. [1]

Pro realizaci plastových součástí jsou dány určité meze konstrukčních tvarů a jejich vlastností, které by se neměly překročit, jinak vzniknou při výrobě problémy. Všeobecně platí: Čím jednodušší je součást, tím výhodnější jsou její pevnostní podmínky, snadnější dodržení rozměrů, lacinější výroba formy a jednodušší výroba výstřiků. Ve skutečnosti je však třeba hledat kompromis mezi jednotlivými požadavky. [1]

2.1 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. Případně vzniklý přetok se musí dát lehce odstranit. S ohledem na umístění dělicí roviny rozlišujeme hlavní a vedlejší dělicí rovinu. [4]

Za hlavní dělicí rovinu se zpravidla považuje dělicí 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. [4]

Dělicí rovina se umísťuje zpravidla do hrany nebo vypouklé plochy výrobku. Okraj dělicí roviny však nesmí být zeslabený, aby se výrobek nemohl poškodit. [4]

2.2 Tloušťka stěn

Při určování tloušťky stěny výstřiků se musí vedle funkčního hlediska přihlížet i k zatékavosti plastu a k délce dráhy toku. Čím větší je dráha toku, tím větší má být tloušťka stěny. [3]

Tloušťka stěn musí vyhovovat požadavkům [4]:

- funkčním (pevnost, elektrická nebo tepelná vodivost, tuhost, rozměrová stálost aj.)
- výrobním

- ekonomickým

Z hlediska výrobního ovlivňují tloušťku stěny [4]:

- vlastnosti zpracovaného 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 chlazení, což bezprostředně ovlivňuje délku výrobního cyklu, tedy i produktivitu práce. [4]

Minimální tloušťka stěny závisí na druhu materiálu. Tloušťka stěny závisí také na složitosti tvaru výrobku. Základním požadavkem je tedy dosáhnout co nejmenší tloušťky stěny. Dále se požaduje, aby tloušťka stěny byla rovnoměrná. [4]

2.3 Výztužná žebra

Výztužná žebra mají probíhat ve směru toku taveniny a jejich rozměry, tj. šířka u kořene, délka a výška by měly být stanoveny předem tak, aby žebra plnila jak funkci výztuže, tak funkci technologickou. Šířka žebor u kořene by neměla překročit čtyři až šest desetin tloušťky stěny, vstupní zaoblení by mělo mít $R = 0,25-0,40$ [mm] a jednostranný úkos by se měl pohybovat od $0,5^\circ$ do $1,5^\circ$. Příliš tlustá žebra způsobují propadání materiálu na protilehlém povrchu, případně i deformace vlivem vnitřního pnutí a rozdílů ve smrštění. Technologická žebra se používají zejména u tenkostěnných výstřiků s dlouhou drahou toku, kde se může stát, že tavenina ztuhne dříve, než vyplní dutinu formy. Usnadňují tečení taveniny, avšak jejich průběh nesmí vytvářet předpoklady pro uzavření vzduchu v dutině formy a tím vznik nedostříknutých výrobků, případně jiné vady (např. spálená místa na povrchu výstřiku). [3]

2.4 Zaoblení hran, rohů a koutů

V místech, kde se stýká několik ploch nebo kde dochází ke změně toku taveniny, je nutno hrany a kouty maximálně zaoblit. Tím se podstatně sníží odpory proti tečení hmoty v dutině formy a zvýší se působení vstřikovacího tlaku. V praxi to znamená, že se zaoble-

ním nepřímo ovlivňuje smršťení. Současně se také usnadňuje vyhazování výstřiků z formy, takže se sníží nebezpečí deformací při vyhazování. [3]

2.5 Úkosy a podkosy

Jde hlavně o úkosy stěn ve směru vyjímání výstřiků z formy nebo vysouvání jader, vyšroubování závitových trnů apod. Je třeba mít na paměti, že se technologické úkosy dělají nejen u hlavních ploch, ale i u nálitků, žeber, v otvorech atd. [3]

Míra zkosení, tj. rozdíl mezi rozměrem v místě, kde úkos začíná, a rozměrem v místě, kde úkos končí, je ve skutečnosti součástí tolerance daného rozměru a s tím je nutno vždy počítat. [3]

Tab. 1. Doporučená velikost úkosu [1]

Úkos pro	Velikost úkosu
Vnější plochy	0,5°-2°(1°)
Vnitřní plochy	0,5°-3°(2°)
Otvory do hloubky 2.D	0,5°÷1°(45°)
Hluboké otvory	1°-10°
Žebra, nálitky	1°÷10°(3°)
Výstupky	2°÷10°

2.6 Rozměry součástí z plastů

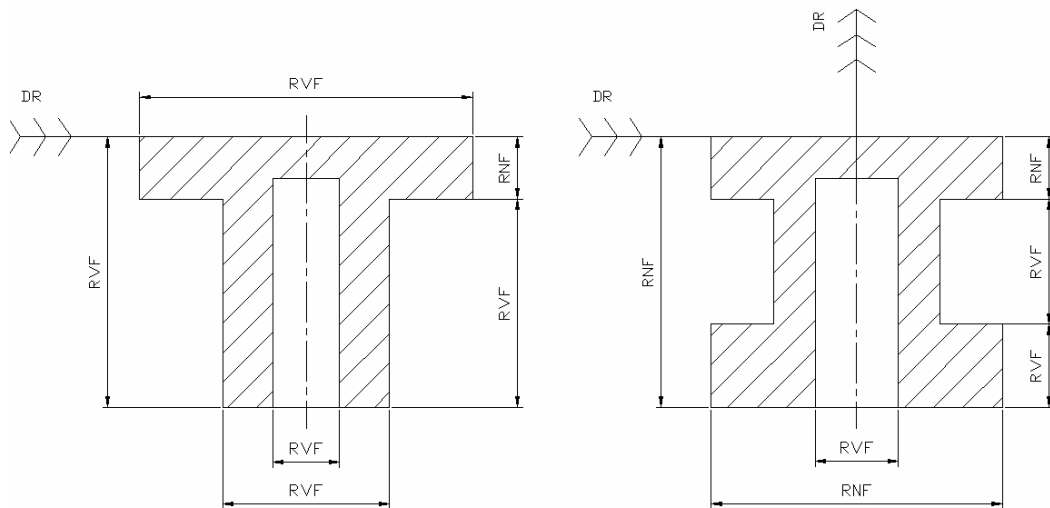
Jsou jedním z hlavních ukazatelů jakosti. Stanoví se podle potřebné funkce a s ohledem na specifické vlastnosti plastu. Zbytečně se nemají upřesňovat, protože s rostoucí přesností rostou i náklady na dodržení požadovaného rozměru. [1]

Rozměr vázaný formou

Je rozměr výrobku vytvořený jednou celistvou částí tvářecí formy (většinou tvárníkem nebo tvárnicí). Tato část formy může být sestavena z několika součástí, které však spolu musí tvořit pevný celek. [3]

Rozměr nevázaný formou

Je rozměr výrobku vytvořený dvěma nebo více částmi tvářecí formy, které se vzájemně pohybují proti sobě (na výrobku je to např. tloušťka stěn, tloušťka dna apod.) nebo které se vkládají do formy (na výrobku jsou to např. rozteče zástříků nebo otvorů), případně rozměry vytvořené dělením formy ve směru osy čelistmi apod. [3]



Obr. 9. Rozměry vázané a nevázané formou [1]

2.7 Jakost povrchu součástí

Vedle požadovaných rozměrů je význačným znakem součásti z plastu jakost jejich povrchů. Vhodnou úpravou např. dezénem, barevností apod. se zvýší nejen estetický vzhled, ale i jejich účelové využití. Vyráběné součásti pak mají vhodný barevný odstín, nebo jsou transparentní, případně se u nich dosahuje různých drsností a lesku povrchu apod.. Jakost povrchu je obrazem povrchu dutiny formy.

Plochy mohou být [1]:

- matné, ty jsou výrobně nejjednodušší a proto ekonomicky nejvhodnější. Jsou také výhodné v tom, že zakryjí některé vzhledové nedostatky při vstřikování (studené spoje).
- lesklé jsou nejnákladnější a nejnáročnější operace opracování dutiny formy a tím i pro docílení jakosti povrchu výstřiku. Stupeň lesku se předepisuje (vysoký, ...). Na lesklém povrchu jsou zvýrazněny veškeré nedostatky výroby formy i výroby výstřiků. U většiny plněných plastů však nelze docílit lesklého povrchu součásti.

- dezénové plochy jsou také častou úpravou části, nebo celého povrchu součásti. Dosáhne se tím zvýraznění některé její oblasti, snadnější manipulace, snížení průhlednosti apod. Tak jako u matných ploch zakryjí některé nedostatky a nepříznivé vzhledové vlastnosti plastů. Tvar dezénu může být jakýkoliv a zhotoven na libovolném místě součásti, je jen omezen možností jeho zhotovení ve formě.

2.8 Smrštění

Smrštění plastu proti formě je objemová změna, vyvolaná fyzikálními nebo chemickými ději, které probíhají při procesu tváření. Projevuje se hlavně v průběhu tuhnutí taveniny polymeru a v čase bezprostředně následujícím po vyjmutí tvářeného výrobku z formy. [3]

Výrobní smrštění

Výrobní smrštění (smrštění) je rozdíl mezi rozměrem tvarové dutiny formy a odpovídajícím rozměrem výrobku, vyjádřený v procentech z rozměru formy. [3]

Dodatečné smrštění

Dodatečné smrštění (dosmrštění) je změna rozměru tvářeného výrobku z plastu po jeho vystavení zvýšené teplotě. Někdy se pod pojmem dodatečné smrštění rozumí také rozměrová změna, která proběhla ve výrobku při normální teplotě, avšak po delším časovém odstupu od jeho vyrobění. [3]

3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM

Vstřikovací formy se řeší vždy s ohledem na technologický projekt příslušného výrobku. Při řešení třeba vzít v úvahu především druh vstřikovaného materiálu a velikost výrobní série. Dále je třeba přihlídnout k možnostem navrhovaného výrobního zařízení a k požadavkům na kvalitu výrobků i produktivity práce. [4]

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, temperování,
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou.

3.1 Postup při konstrukci formy

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

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek. Je třeba znovu zkontrolovat rozměry, jejich tolerance, rozdíly v tloušťce stěn s ohledem na propadliny a lunkry. Nesmí se zanedbat ani úpravy ostrých hran a rohů, které vyvolávají velké pnutí a obtížné plnění dutiny.
- určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Je třeba respektovat také směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění ústí vtoků a vyhazování z dutiny formy.
- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Volba vhodného typu vtokového systému, velikost průřezů, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálku i ústí vtoků.
- stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvzdušnění dutin formy.
- návrh rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperance 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 průmětnou plochu, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na doporučený vstřikovací stroj.

3.2 Způsob 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 s konstrukčního řešení vyráběného dílu. [1]

Dělicí 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. Nepřesnost v dělicí rovině může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznik přetoků nebo zvětšení rozměru výstřiku ve směru uzavírání formy. Proto je třeba aby dělicí rovina [1]:

- umožnila snadné vyjímání výstřiků z formy
- byla pravidelná, jednoduchého geometrického tvaru, snadno vyrobitelná a dobře slicovatelná
- probíhala v hranách výrobku
- byla umístěna tak, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a sousost výstřiku, pokud je v obou polovinách formy
- stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad
- u více dělicích ploch volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet

3.3 Násobnost forem

Optimální násobnost vstřikovacích forem je, se stále se zvyšující výrobou výstřiků, jednou z nejdiskutovanějších otázek, protože přímo souvisí s ekonomikou výroby. Doposud neexistuje exaktní a jednoduchá metoda ke stanovení správné násobnosti. [3]

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

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

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 se rozdíly v teplotách a tlacích mezi jednotlivými dutinami formy. Dále se lépe navzájem vystředí tvárník a tvárnice a slícují jednotlivé pohyblivé části formy. Je-li forma více než jednonásobná, pak má být násobnost volena tak, aby dráha toku taveniny ve vtokové soustavě a v dutinách formy byla u všech výstřiků stejně dlouhá. [2], [3]

3.4 Rozměry tvarové dutiny tvářecí formy

Důležitým úkolem konstruktéra vstřikovací formy je stanovit správné rozměry a tolerance tvářecích částí, tj. zejména tvárníku, tvárnice, jader, tvarových vložek apod., a to především rozměry jejich obrysů, které dávají výrobku tvar a které tvoří po uzavření formy její tvarovou dutinu. [3]

Pro výpočet rozměrů a pro stanovení jejich tolerancí jsou rozhodující tyto faktory [3]:

- výrobní smrštění plastu a jeho rozptyl
- tolerance a mezní úchyly jednotlivých rozměrů tvářeného výrobku
- opotřebení činných částí formy
- dosažitelná přesnost výroby činných částí tvářecí formy (tolerance rozměrů formy)

Přesnost, s kterou se vyrábějí tvarové dutiny tvářecích forem, se pohybuje v rozmezí IT 8 – IT10. Opotřebení formy se odhaduje na (0,03-0,06)mm, podle druhu tvářeného plastu i materiálu formy. Ve vztahu k toleranci výrobku je nutno mít na paměti, že opotřebení formy nestejně ovlivňuje vnější a vnitřní rozměry. [3]

Sečtením obou hodnot (přesnost výroby a opotřebení formy) dostaneme zhruba IT 9- IT 11, jako podíl formy na celkové toleranci výrobku. Tento podíl odhadují různí autoři na cca (10-40)% z celkové tolerance výrobku, přičemž u výrobku malých rozměrů je tento podíl větší než u výrobků velkých rozměrů. [3]

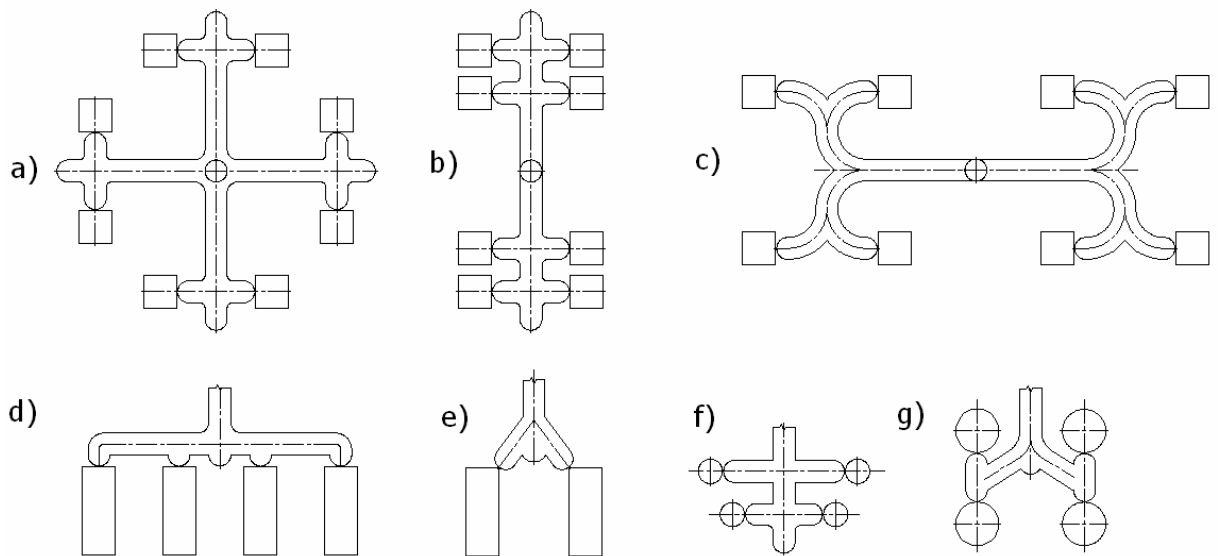
3.5 Vtoková soustava

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). [3]

3.5.1 Studené vtokové systémy

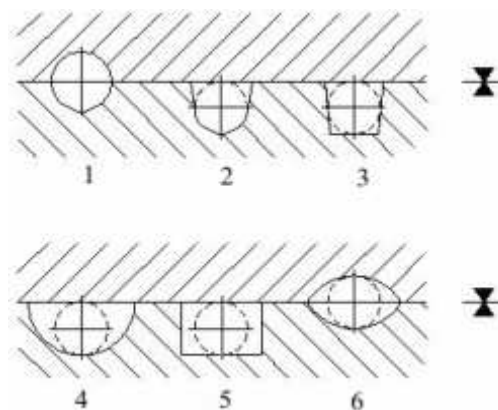
Při volbě určitého vtokového systému se vychází z toho, že se termoplast ohřátý v tavicí komoře na poměrně vysokou teplotu vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy, přičemž stoupá viskozita na vnějším povrchu proudu taveniny. Nejmenší viskozita zůstává uprostřed (v jádru) průřezu tokových cest. Z toho vyplývá řada požadavků důležitých pro všechny druhy vtokových systémů. Jsou to zejména tyto požadavky [3]:

- 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.10. a, c, e, f, g), u případů (obr. 10. b, d) je nutná korekce vtokových ústí
- ústí vtoku má být umístěno tak, aby tavenina vtékala do nejtlustšího průřezu výstřiku a tekla směrem k nejtenčímu místu (pravidlo klínu). Výjimkou je vstřikování plastů s nadouvadly, kde volíme postup opačný.



Obr. 10. Obecné zásady volby vtokového systému [1]

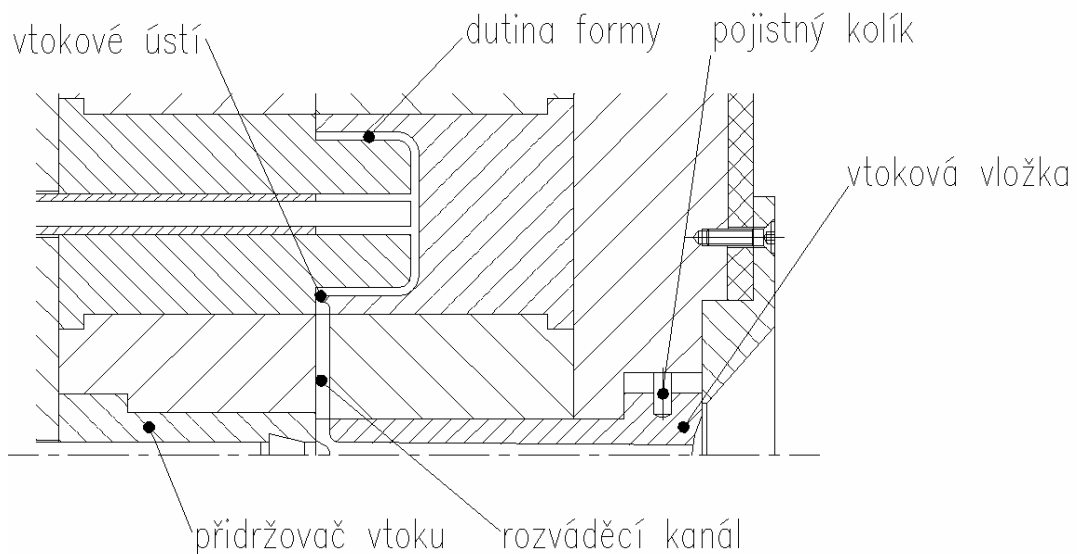
- průřez vtokových kanálů (světlost) musí být dostatečně velký, aby byla jistota, že po naplnění formy zůstane jádro vtokového kanálu dostatečně dlouho v plastickém stavu, a umožňovalo nahrazení úbytku objemu výstřiku při jeho smršťování (v dotlakové fázi vstřikovacího cyklu). Káňal má mít při minimálním povrchu co největší průřez. Této podmínce odpovídá kruhový průřez. Z výrobních důvodů se volí i jemu podobný lichoběžníkový průřez. Existuje několik základních typů průřezů (obr. 11).



Obr. 11. Průřezy vtokových kanálů [1]

- pro přesné výstřiky jsou výhodnější plné vtoky, tj. rozváděcí kanály, které se v místě ústí vtoku nezužují. Běžně používané bodové vtoky, v nichž tavenina rychle zatuhne, a předčasně tak často znemožní působení dotlaku, jsou méně vhodné. Doporučuje se délka (0,5-1,2)mm.

- výstřiky tvaru dutého válce (pouzdra, ozubená kola apod.) mají být pokud možno vstříkovány prstencovým nebo deštníkovým ústím vtoku, aby nedošlo k deformaci tvaru (vzniku ovality).
- 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 0,5mm menší než průměr otvoru ve vtokové vložce



Obr. 12. Studený vtokový systém [1]

Základní typy vtokových ústí

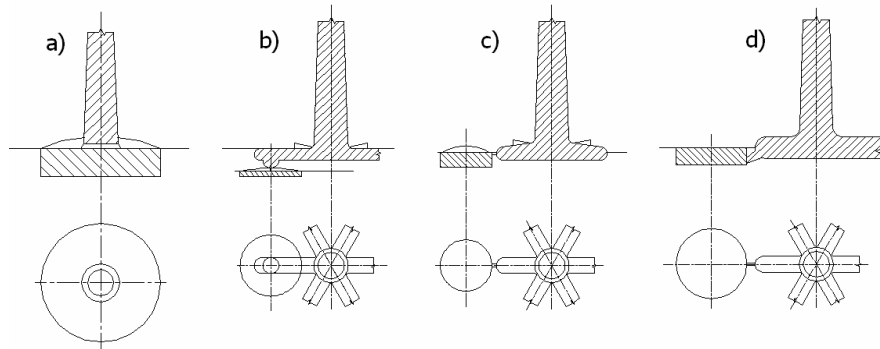
Plný kuželový vtok (obr. 14a) přivádí taveninu do tvarové dutiny bez zúženého vtokového ústí. Používá se převážně u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Je vhodný především pro tlustostěnné výstřiky. Z hlediska působení dotlaku je velmi účinný, protože vtok tuhne ve formě jako poslední. Jeho odstranění je pracné a zanechává vždy stopu na výstřiku. Pro menší tloušťky stěn výstřiku je vhodné vytvořit proti ústí čočkovité zahloubení. [1]

Bodový vtok (obr.14b) je nejznámější typ zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, který leží v dělicí rovině nebo i mimo ni. Může vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo z rozváděcích kanálů. Vyžaduje systém třídeskových forem.

U tohoto typu musí být zajištěno, aby nejprve došlo k odtržení vtokového ústí a teprve potom k otevření formy v dělicí rovině s tvarovou dutinou. [1]

Boční vtok (obr. 14c) je také typem ze zúženým vtokovým ústím, které leží v dělicí rovině. Průřez bývá obvykle obdélníkový, ale může být i jiný (lichoběžníkový, kruhový). Je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Při otevření formy zůstává zpravidla výstřík od vtokového zbytku neoddělený. Při automatickém cyklu se řeší jeho oddělování zvláštním odřezávacím zařízením, které je součástí formy. [1]

Tunelový vtok (obr. 14d) je zvláštní případ bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výstřík. Umístění může být v pevné i pohyblivé části formy. Není proto nutné konstruovat formu s více dělicími rovinami. Předpokladem dobré funkce tunelových vtoků je existence ostré hrany, která odděluje při otevření formy vtokový zbytek od výstříku. [1]



Obr. 13. Základní typy vtokových ústí [1]

3.5.2 Vyhřívané vtokové soustavy (VVS)

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhřívaných vtokových soustav. Dříve než se došlo k současným typům VVS, předcházela jim řada jednodušších systémů, které se postupně zdokonalovaly. Nejprve se zesílenými vtoky, izolovanými vtokovými soustavami s 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 a minimálních topných těles a některých dalších jejich dílů.

Od forem s běžnými studenými soustavami se liší především tím, že dnešní typy VVS se nakupují od specializovaných výrobců. [1], [4]

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

- umožňují automatizaci výroby
- zkracují výrobní cyklus
- snižují potřebu plastu – vstřikování bez vtokových zbytků
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraněním vtokových zbytků
- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování

Vyhřívání trysky

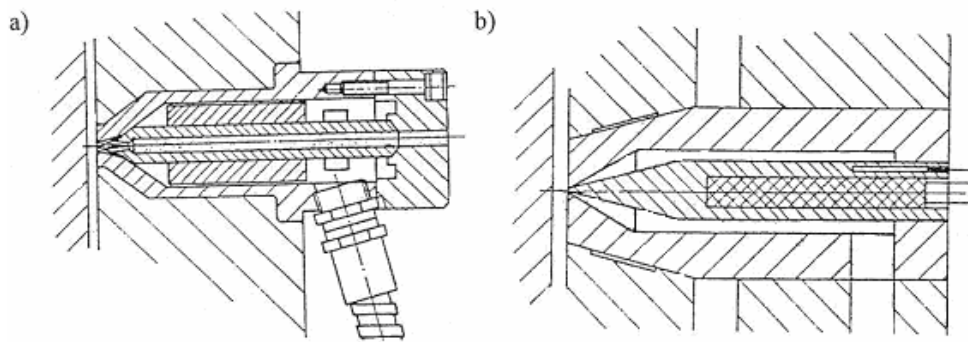
Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé tepelné stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky vstřikování. Takové vyhřívání vtokové soustavy si obvykle uživatel sám nevyrobí, ale nakupuje u specializovaných firem. Ty je vyrábí v širokém konstrukčním sortimentu. [1], [4]

Nepřímo ohřívání trysky, jejichž jednodušší provedení si zpracovatel může sám vyrobit se vyznačují dvěma provedeními [1]:

- a) 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.
- b) druhý způsob se vyznačuje přenosem tepla z vyhřívání rozvodu vtoků na trysku. Je dokonalejší oproti dříve popisovaným systémům. Používá se pro vícenásobné formy.

Konstrukční provedení přímo ohřívání trysek je charakterizováno dvěma základními principy [1]:

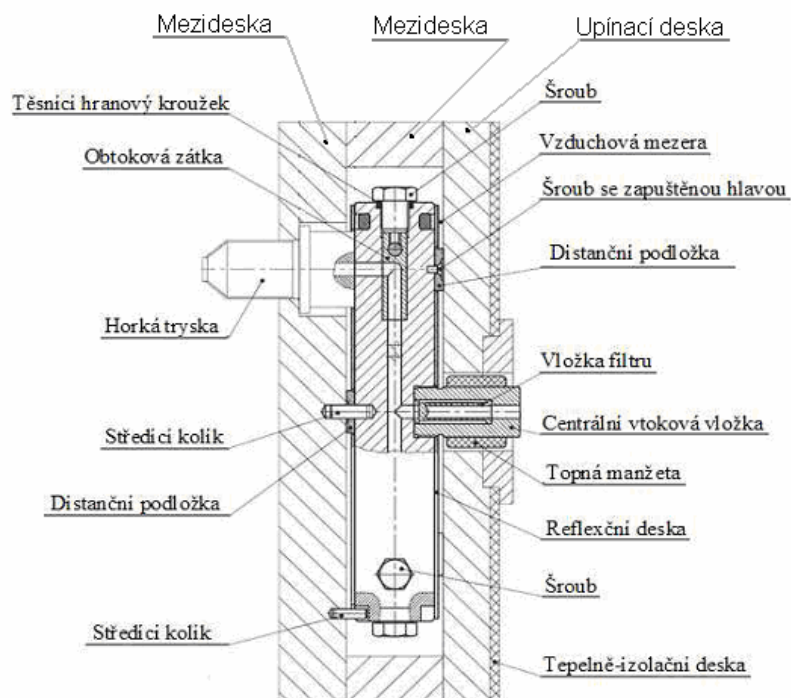
- trysky s vnějším topením (obr. 15a), kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je z tepelně vodivého materiálu. Při vstřikování abrazivních plastů je ocelový materiál legován molybdenem. Z vnějšku je kolem tělesa trysky umístěno topení.
- trysky s vnitřním topením (obr. 15b). U tohoto systému tavenina obtéká vnitřní vyhřívací vložku (torpedo), zhotovenou z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí.



Obr. 14. Vyhřívaná tryska [1]

Vytápěné rozvodové bloky

Rozváděcí blok je ocelový, uložen mezi upínací a tvarovou desku v pevné části formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i k uložení trysek. Vyrábí se ve tvaru I, H, X, Y, hvězdice apod. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou. Je vytápěn nejčastěji zvenčí elektrickým odporovým vedením pomocí topných hadů zalitých mědí nebo topnými patronami s vytápěním zevnitř. [1]



Obr. 15. Vytápěný rozvodný blok [10]

Provozní podmínky vyhřívání vtokových systémů

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

Před zahájením vstřikování je nutné zahřát vtokovou soustavu i celou formu na požadovanou provozní teplotu. Běžná doba ohřátí je (20 až 30) minut. Je závislá na hmotnosti VVS a instalovaného příkonu. Neproudí-li tavenina volně vtokovým systémem do dutiny formy, může dojít vlivem nutného vysokého vstřikovacího tlaku k velkému dynamickému namáhání všech částí rozvodu a tím možného přerušení těsnosti a úniku taveniny z VVS. Proto je lépe rozvod mírně přehřát a během provozu teplotu pomalu snižovat. [1]

3.6 Temperování forem

Temperance slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Děje se tak ochlazováním, případně vyhříváním celé formy, nebo její části. [2]

Během vstřikování se do formy přivádí roztavený polymer, který se v její dutině ochlazuje na teplotu vhodnou pro vyjmutí výstřiku. Temperance tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se forma ohřívá. Každý další výstřik je třeba vyrobit zase při stanovené teplotě. Proto je nutné toto přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést temperanční soustavou formy. [1], [4]

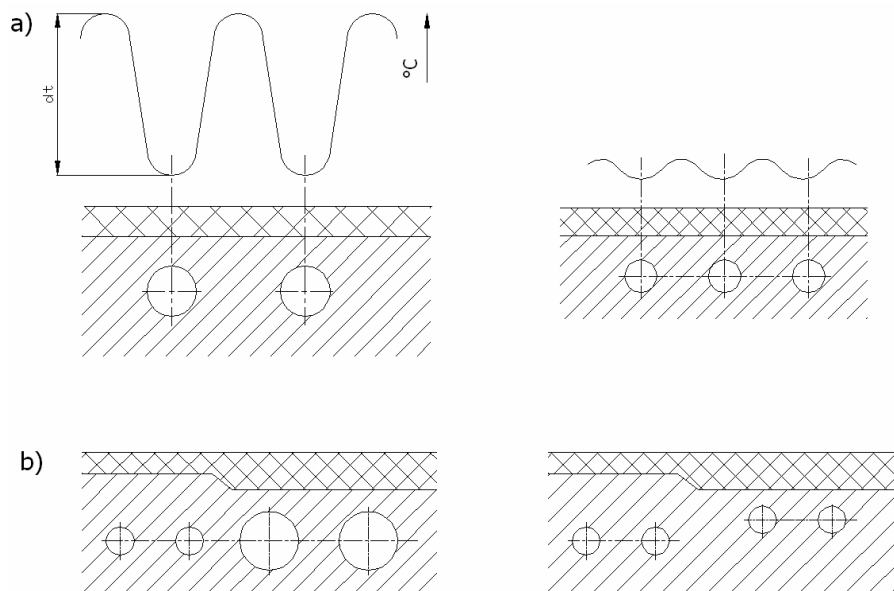
Temperance forem má bezprostřední vliv na smrštění a tvarové změny, jakost povrchu a mechanické vlastnosti výstřiku, jakož i na zaplňování dutiny formy a tedy též na délku vstřikovacího cyklu. Podstatným kritériem je rovnoměrné rozdělení teploty po líci dutiny formy. [4]

Na řešení temperačního systému má vliv více faktorů, z nichž je nutno uvést zejména [4]:

- druh vstřikovaného materiálu
- velikost a tvar výstřiku, příp. dráhu toku a tloušťku stěn výstřiku
- požadavky na přesnost výstřiku
- materiál formy

3.6.1 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. Vzdálenost kanálů od funkční dutiny má být optimální. Je třeba dbát na dostatečnou pevnost a tuhost stěny funkční dutiny. Povrch temperačních kanálů slouží jako přestupová plocha pro teplo přestupující z formy do temperačního media, nebo opačně. Je vhodnější použít větší počet menších kanálů s malými roztečemi, než naopak (obr. 16a). Kolem dutiny formy se kanály rozmisťují rovnoměrně a všude ve stejné vzdálenosti. V oblasti tlustší stěny výstřiku, případně v jiném místě o vyšší teplotě, se kanály přibližují k dutině formy (obr. 16b). [2]



Obr. 16. Vliv rozmístění temperačních kanálů [2]

3.6.2 Temperační prostředky

Představují media, které svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách. Rozdělují se na [2]:

- aktivní, které působí přímo na formě. Teplo do formy přivádí nebo naopak odvádí.
- pasivní jsou takové, které svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy.

Jejich volba je ovlivněna především koncepcí formy a požadavky na technologii výroby výstřiků. Používají se obvykle ve vzájemné vazbě. [2]

Aktivní prostředky představují [2]:

- kapaliny, které proudí nuceným oběhem temperačními kanály, vytvořenými uvnitř formy. Dochází k přestupu tepla mezi formou a kapalinou. [2]

Tab. 2. Používané temperační kapaliny [2]

Typ	Výhody	Nevýhody	Poznámka
voda	vysoký přestup tepla, nízká viskozita, nízká cena, ekologická nezávadnost	používaná do 90°C, vznik koroze, usazování kamene	V tlakových okruzích lze vodu použít i při vyšších teplotách, lze potlačit upravením vody
oleje	možnost temperance i nad 100°C	zhoršený přestup tepla	
glykoly	omezení koroze a ucpávání systému	stárnutí, znečištění prostředí	

Pasivní prostředky představují [2]:

- tepelně izolační materiály, které se využívají především pro omezení přestupu tepla do upínacích desek vstřikovacího stroje a to v případech, kdy požadujeme vysokou teplotu formy. Volí se různé pevnostně a tepelně odolné materiály na bázi vyztužených reaktoplastů, nekovových anorganických látek. Boky forem lze tepelně izolovat běžnými tepelně izolačními materiály.

- tepelně vodivé materiály se využívají k odvodu respektive přívodu tepla z míst jiným způsobem obtížně temperovatelných (tenké tvárníky, vtokové trysky) do míst, kde lze již odvod (přívod) tepla zajistit obvyklým způsobem. Používá se měď a některé její slitiny nebo hliník a jeho slitiny.
- tepelné trubice jsou zařízením, umožňujícím intenzivní přenos tepla z oblasti vyšší teploty do oblasti o nižší teplotě i při malém rozdílu mezi nimi. Trubice je uzavřena zátkami na obou stranách a je částečně naplněná vhodnou teplonosnou látkou. Při ohřevu jedné části trubice teplem ze zdroje se teplonosné medium vypařuje a přitom odebírá značné množství tepla z tepelného zdroje. Vzniklé páry proudí vnitřním prostorem do opačné chlazené části, kde kondenzují. Při kondenzaci předává výparné teplo chladicímu prostředí.

Pro uzavřený pracovní cyklus se musí zajistit nepřetržitý vratný tok zkondenzovaného teplonosného media z chlazené do ohřívající části trubice. Podle toho se dělí tepelné trubice na [2]:

- gravitační, ve kterých se přemísťuje náplň trubice působením zemské tíže.
- rotační, kde se využívá odstředivých sil.
- kapilární, kde se při funkci využívá vztlakovosti.

3.7 Odvzdušnění forem

Dutina formy je před vstříkáním naplněná vzduchem. Při jejím plnění taveninou je třeba zajistit únik vzduchu a případných zplodin. Čím je větší rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny. [2]

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

Kromě toho místní vysoké tlaky a teploty zbytečně přetěžují formu. Aby tyto jevy nenastaly, musí se dutina formy odvzdušnit. Dosahuje se toho tak, že v dělicí rovině se vytvářejí drážky. K odvzdušnění lze také použít vyhazovacích kolíků, které se po části průřezu zploští přebroušením. Vzniklá vůle pak umožní unikání vzduchu, ale nikoliv taveniny. Odvzdušňovací drážky se umísťují ve formě tak, aby se nemohly vytvořit uzavřené vzdu-

chové kapsy. Pokud taková místa nelze spojit s vnější atmosférou, vkládají se tam porézní vložky ze slinutých kovů, které se případně dále propojují do odvodušňovacích kanálků. K takovému účelu se využívá podtlaku v chladícím systému. [2], [4]

3.8 Vyhazovací systémy

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

Má dvě fáze [2]:

- dopředný pohyb, vlastní vyhazování;
- zpětný pohyb, návrat vyhazovacího zařízení do zpětné polohy.

Základní podmínkou dobrého vyhazování výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkoso-
st nemají být menší jako $0,5^\circ$. Vyhazovací systém musí výstřík vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být rozmanité. Může se jich využít k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. U hlubokých tvarů je třeba počítat s jejich odvodušňováním. [2], [4]

3.8.1 Vyhazovací síla

Vhodný vyhazovací systém, který je třeba použít, musí vyvodit potřebnou vyhazovací sílu pro vyhození výstřiku z formy. Po otevření formy zůstává výstřík vlivem smrštění plastu obvykle na tvárníku. Může ale zůstat i v tvárnici. Proto je snahou (někdy i vynucenou), aby výstřík zůstal v té části formy, kde jsou vyhazovače.

Potřebná velikost vyhazovací síly závisí na [2]:

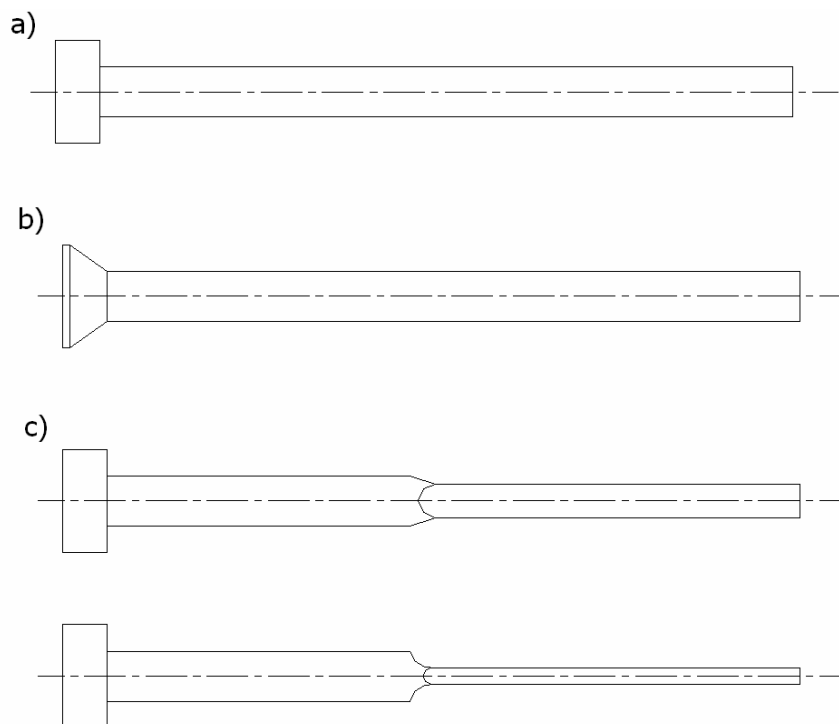
- velikosti smrštění výstřiku ve formě;
- členitosti výstřiků a jakosti povrchu funkčních ploch tvárníku (dutiny) formy;
- technologických podmínkách vstřikování (tlaku, teplotě plastu a formy, době chlazení);
- pružných deformací formy

3.8.2 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiků. Uvedený systém lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Je to systém výrobně jednoduchý a funkčně zaručený. [2]

Správná volba vyhazovacího kolíku i jeho umístění, umožní snadné vyhození výstřiku bez poškození. Kolík se má opírat o žebro nebo stěnu výstřiku a nesmí ho při vyhazování břit. Jinak by mohla nastat jeho trvalá deformace. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy. Proto není vhodné jej umístit na vzhledových plochách. Pokud je vyhazování vybaveno větším množstvím vyhazovacích kolíků, obtížněji se u formy zhotovují temperanční kanály. [2]

Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem mechanického vyhazování. Mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Jsou obvykle válcové. Mohou mít však jakýkoliv jiný tvar. Ve formě jsou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6 podle požadované funkce tekutosti plastu. Vůle v uložení působí i jako odvdzušnění. Tvar i způsob ukotvení má nejrůznější podobu. [2]



Obr. 17. Typy vyhazovacích kolíků [1]

3.8.3 Vyhazování stírací deskou

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 výrobků. Kde je nebezpečná 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]

Tento způsob se používá i pro vícenásobné formy, někdy se doplňuje systémem oddělování výstřiku od stírací desky (např. odpruženým vyhazovačem). To proto, že zde často dochází k „lepení“ výstřiku svým povrchovým napětím a elektrostatickou silou k povrchu stírací desky. Lze použít i ofukování stlačeným vzduchem. [2]

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

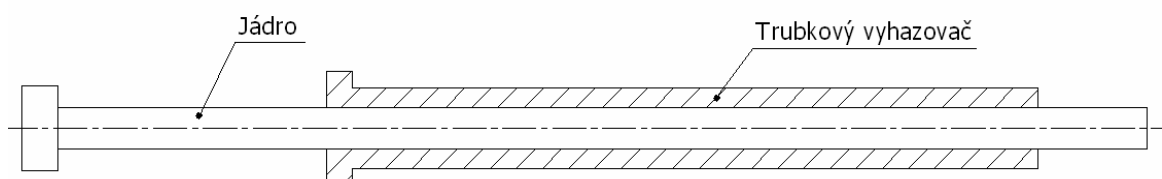
- tlakem vyhazovacího systému;
- tahem ve speciálních případech (obvykle při rozevírání formy jako pevnou deskou).

Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu. Působí přes vyhazovací desku spojenou táhly se stírací deskou. Síla může být vyvozena pružinami, hydraulickým nebo pneumatickým zařízením. [2]

Pro zvýšení životnosti je stírací deska obvykle vyložena tepelně zpracovanou tvarovou vložkou, upevněnou v desce. [2]

3.8.4 Vyhazování pomocí trubkových vyhazovačů

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. 18. Trubkový vyhazovač [2]

3.8.5 Pneumatické vyhazování

Při pneumatickém vyhazování se mezi výstřik a líc formy zavádí stlačený vzduch. Tím se umožní rovnoměrné oddělení výstřiku, vyloučí se místní přetížení a odstraní stopy po vyhazovačích výstřiku. Nevýhodou je omezené použití pneumatického vyhazování jen na některé tvary výstřiků. [4]

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Způsob není tak častý, ale pro výstřiky uvedeného tvaru (např. kbelík) velmi výhodný. [2]

3.8.6 Hydraulické vyhazování

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a větší 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, kratším a pomalejším zdvihem. [2]

3.9 Údržba forem

Pro udržení dobré provozuschopnosti i dostatečné životnosti forem je třeba provádět včasnou a soustavnou údržbu. To představuje snahu udržet funkci vstřikovací formy v optimálních podmínkách. Toho se dosáhne [2]:

- čištěním formy od zbytků plastu a jiných chemických produktů při vstřikování;
- dobrým mazáním všech pohyblivých dílů;
- dokonalou konzervací při odstavené formě;
- při zvětšeném opotřebení nad dovolenou mez, nebo jiném poškození kteréhokoliv funkčního dílu, zajistit jejich úpravu nebo náhradu.

Požadavek dobré údržby není žádoucí jen při provozu formy, ale také při jejím skladování. To však již představuje organizační záležitost a vztah pracovníků k svěřené formě. [2]

Vlastní údržba se dělí do dvou fází. Jde o stálou údržbu během provozu a o údržbu periodickou. Obě činnosti jsou stejně důležité a při jejich pečlivosti se dosáhne žádaného výsledku. [2]

V současnosti je na trhu řada prostředků pro údržbu forem od nejrůznějších výrobců. Jejich vhodná volba má splňovat mimo ekonomických i technické požadavky. [2]

V první řadě jsou to prostředky pro čištění forem, od kterých se očekává snadné odstranění konzervačních prostředků a dokonalé odmaštění povrchu. Dále je to snadné odstraňování zdegenerovaných polymerních a jiných chemických usazenin i v průběhu produkce. [2]

Další ze zástupců jsou mazací prostředky, které by měly mít dlouhodobou mazací schopnost, vysokou tepelnou odolnost (pokud je to nutné) a dobrou přilnavost. [2]

Posledními ze zástupců zde uvedených jsou konzervační prostředky, které by měly být spolehlivé u krátkodobé i dlouhodobé konzervace, vzlínavé do tenkých spár a nestékavé (svislé plochy). Některé konzervační přípravky se nemusí z dutin forem odstraňovat. Chovají se jako separátory, které se po několika zdvizech z dutiny odstraní. Vizuální kontrolu usnadňují probarvené konzervační produkty. [2]

Všechny uvedené přípravky bývají vyráběny ve formě sprejů, nebo kapalin. U maziv i jako plasty. Nejvhodnější jsou prostředky ve spreji, které dokonale pokryjí udržované plochy. Mazací film nemusí být tlustý. Platí pravidlo: čím tenčí mazací film, tím kvalitnější funkce maziva. Musí ale pokrývat celý povrch. [2]

3.10 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.

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 dalších 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]

3.11 Materiály vstřikovacích forem

Formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiků se od nich vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby určené [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. Jejich široký výběr byl zredukován na úzký sortiment jakostí i rozměrů. Z toho se dále dává přednost materiálům univerzálních typů s širokým rozsahem užitečných vlastností. Takové druhy představují [2]:

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

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

3.12 Výroba a zkoušení vstřikovacích forem

Forma jako nástroj je složená z rámu, tvarových dílů a dalšího příslušenství. Ustálený sled činností při realizaci jeho výroby vyjádřený časovou náročností jednotlivých etap představuje [2]:

- obchodně technické jednání se zákazníkem a konstrukční projekt (5 – 10)%;
- konstrukce formy (10 – 20)%;
- technická příprava výroby (technologický postup, normování) (5 – 15)%;
- výroba formy (40 – 70)%;
- zkoušení, úprava a předání formy (5 – 15)%.

Vlastní výrobě forem předchází technická příprava (TPV). To představuje kompletní zhotovení všech potřebných výrobních podkladů včetně zajištění materiálu a veškerého příslušenství, pro výrobu a kompletaci formy. Jsou to především [2]:

- kompletní výkresy formy, včetně rozpisky;
- technologické postupy jednotlivých dílů, celků a montáže;
- časové normy výrobních operací (pracovní lístky);
- výdejky materiálu (dle upravené rozpisky).

Zkoušení je důležitou součástí výroby formy. Způsob a kvalita zkoušení se projeví v následující sériové výrobě. Počet reklamací u forem předaných do výroby, odráží kvalitu provedených zkoušek. [2]

Nezkouší se jen formy nové, ale také formy po úpravách, rekonstrukcích, případně zkušební formy pro zjištění různých technologických parametrů apod. Způsob a organizace zkou-

šek není jednotná. Vychází ze zkušeností a podmínek jednotlivých výrobních organizací. Nejčastější průběh je systém tří etap [2]:

- dílenská kontrola je obvykle součástí organizace výroby nástrojů v nástrojárnách. Forma se dodá ke kontrole kompletně smontovaná, včetně dokumentace. Kontroluje se úplnost formy (její srovnání s výkresovou dokumentací), těsnost temperančního systému vodou, rozměry tvarové dutiny a její povrchová jakost, řádný popis formy a závěsy pro bezpečnou manipulaci.
- funkční zkoušky probíhají již na zkušebně a provádí je pracovníci k tomu určení. S nimi úzce spolupracuje konstruktér formy, nástrojař technolog a další, kteří zařizují případné drobné úpravy přímo na zkušebně. Základními body zkoušek jsou vizuální kontrola formy a srovnání s výkresem, kontrola upínacích rozměrů formy v konfrontaci se strojem, na kterém má být provozována, upnutí formy na vstřikovací stroj (seřízení zdvihu, přítlaku, vyhazovačů, trysky atd.), zkoušení funkce jednotlivých systémů formy naprázdno, ověření funkce přípravku (např. zástříků).
- technologické zkoušky navazují bezprostředně na úspěšné funkční zkoušky a představují odkonzervování dutin formy, nastavení předepsaných parametrů stroje, vstříknutí do studené formy a dle výsledku úpravy technologických parametrů stroje (vstřikovací tlak, teplota, rychlost...), zapojení temperančního systému (temperování formy na požadovanou teplotu), vstřikování v poloautomatickém, později automatickém režimu.

3.13 Opravy vstřikovacích forem

Vstřikování plastů způsobuje u forem opotřebení především abrazí a chemickým působením plastu. Stupeň opotřebení závisí na [2]:

- materiálu formy, jakosti obrábění a tepelném zpracování;
- druhu plastu;
- parametrech vstřikování;
- náročnosti a členitosti funkčního tvaru;
- provedení a koncepci formy;
- kvalitě údržby.

Poškozené díly se většinou opravují dvěma způsoby [2]:

- nanášením kovu na místa chybějícího tvaru (nejčastěji navařováním) a jejich úprava
- vložkováním poškozených částí nebo jejich kompletní výměna.

Každá oprava formy nese s sebou kromě časové ztráty kapacity i značné finanční náklady. Tyto náklady bývají vyšší, než náklady vynaložené na její pečlivou údržbu při vstřikování. [2]

3.14 Manipulace a skladování vstřikovacích forem

Uvedené činnosti již přímo nesouvisí s technickými otázkami, ale ovlivňují organizaci a určují vybavenost jednotlivých pracovišť i celých zpracovatelských provozů. Proces údržby, manipulace a skladování má výrazné ekonomické hledisko tím, že nároky na jakost forem se projeví i v jejich způsobu obsluhy a manipulaci. Určitá robustnost forem vyžadovaná tuhostí, často svádí k méně citlivému zacházení. To bývá často příčinou poškození nástrojů. Proto se vybavují závěsnými šrouby a jiným speciálním zařízením, vhodným k bezpečné manipulaci. [2], [4]

Manipulací se rozumí veškeré přemísťování forem nebo jejich dílů během výroby, při upínání na vstřikovací stroj, při uskladňování. Při manipulaci se používá různých zdvihacích zařízení, která zajišťují bezpečnou a rychlou místa uložení formy. Využívají se pojízdné vysokozdvizné vozíky, vybavené různým speciálním zařízením (výkyvná ramena), jeřábové dráhy, pojízdné portálové jeřáby i různé ručně pojízdné stoly (pro formy malých hmotností). [2]

Mezi jednotlivými výrobními produkcemi je forma umístěna ve skladu. Jsou na ni vystaveny příslušné doklady, které charakterizují její stav. Tato evidence představuje řadu základních údajů o jejím využití ve výrobě, o počtu vyrobených kusů, opravách, pohybech mezi jednotlivými středisky, náhradních dílech apod. Eviduje se také její umístění v určitém regálu, nebo na jiných místech. Menší formy cca do 500 kg je výhodné skladovat v přihrádkách speciálních vysokých regálů (6 až 7)m se zakladači, s pojízdným vysokozdvizným zařízením. Těžké formy se skladují v dosahu vhodného manipulačního prostředku (jeřábová dráha...). Obvykle na volném prostranství skladu na jednoduchých paletách. Samostatný sklad forem bývá jen u velkých firem. Jinak je obvykle součástí skladu výrobního a ostatního nářadí. [2]

3.15 Závěr teoretické části

Praktická část bakalářské práce byla rozdělena na tři samostatné kapitoly. První kapitola podrobněji popisuje technologii vstřikování. Dále je věnována materiálům vhodným ke vstřikování a popisu vstřikovacího cyklu. Nakonec této kapitoly jsou popsány druhy vstřikovacích strojů. Další kapitola se zabývá konstrukcí vstřikovaných výrobků. Jedná se především o popis zásad, kterými se konstruktér musí řídit při návrhu vstřikovaného výrobku. Poslední kapitola je zaměřena na samotnou konstrukci vstřikovací formy. Jsou zde rozebírány zásady konstrukce vstřikovacích forem. Podrobně jsou zde popsány kritéria pro volbu násobnosti vstřikovacích forem, volby vtokového, temperačního a vyhazovacího systému. Dále je popsána také problematika odvzdušnění vstřikovacích forem. Konec kapitoly je věnován materiálům vstřikovacích forem a všemu co se týká údržby, manipulace, oprav a výroby vstřikovacích forem.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny následující cíle:

- vypracovat literární rešerši na dané téma
- provést návrh vstřikovací formy
- návrh vstřikovací formy doložit výkresem sestavy s kusovníkem
- provést zhodnocení návrhu a rozbor řešení

Teoretická část bakalářské práce byla rozdělena na tři tématické okruhy, ve kterých je detailně popsána problematika vstřikování. Úvodní kapitola je zaměřena na samotný proces vstřikování, rozdělení materiálů vhodných k tomuto zpracování a vstřikovací stroje. Následující kapitola se zabývá konstrukcí vstřikovaných výrobků a zásadami jejich správné volby. Poslední kapitola teoretické části je zaměřena na samotnou konstrukci vstřikovací formy.

Cílem praktické části je návrh vstřikovací formy pro zadaný výrobek, kterým je v tomto případě kryt hlásiče rozbití skla. V úvodu praktické části byl blíže popsán vstřikovaný výrobek a ukázány jeho problematická místa, navržen materiál výstřiku a popsány jeho základní vlastnosti. Následuje vhodná volba vstřikovacího stroje na základě jeho technických parametrů (velikost plastikační jednotky, velikost uzavírací síly a velikost upínacího prostoru pro vstřikovací formu). Dále je už praktická část zaměřena na samotný návrh vstřikovací formy. Byla navržena násobnost formy a dělicí roviny, zvolen odpovídající vtokový, temperační a vyhazovací systém a navržena celková koncepce formy. Při návrhu a konstrukci vstřikovací formy bylo využito programu AUTODESK INVENTOR 10 a normálí firmy HASCO.

Na závěr praktické části bakalářské práce bylo provedeno celkové zhodnocení návrhu vstřikovací formy a rozbor řešení.

5 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

5.1 Použité aplikace

AUTODESK INVENTOR 10

Software Autodesk Inventor nabízí kompletní sadu nástrojů pro produkci, validaci a dokumentaci kompletních digitálních prototypů. Model aplikace Inventor je 3D digitální prototyp, který uživatelům pomáhá vizualizovat, simulovat a analyzovat, jak bude návrh fungovat v reálných podmínkách, dříve než bude produkt nebo jeho součást vůbec vyrobena. [13]

HASCO 3D UNIVERSAL MODULE

Knihovna normálí ve formátu 3D, obsahující komponenty a jejich rozměry potřebné ke konstrukci forem.

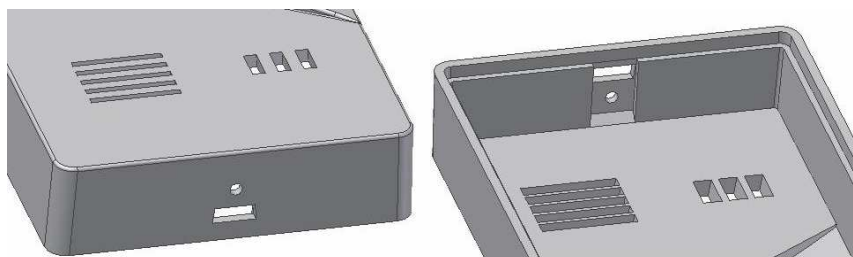
5.2 Vstříkovaný díl

Tento výrobek bude použit jako kryt senzoru rozbití skla, který se používá k elektronickému zabezpečení budov. Jeho umístění v budovách vyžaduje, aby se na pohledových částech výrobku nevyskytovaly žádné pohledové vady. To je nutné brát v úvahu při samotné konstrukci vstříkovací formy.



Obr. 19. Vstříkovaný díl

Nejproblematictějšími místem byly otvory na boční straně výrobku, které zvýšily složitost celé vstříkovací formy. Bylo nutné vyřešit jejich správné zaformování.



Obr. 20. Boční díry

5.2.1 Materiál výstřiku

Jako vhodný materiál byl zvolen ABS (Akrylonitril-butadien-styren) a byl zvolen hlavně na základě jeho vzhledových vlastností. ABS se vyrábí mnoho typů lišících se tuhostí a tepelnou odolností. Jako konkrétní typ tohoto materiálu byl navržen ABS-Forsan 449.

ABS je tuhý, pevný a přitom houževný, a to i při snížené teplotě. Speciální typy lze použít až do -40°C . Dobře tlumí rázy a vibrace. Odolnost proti povětrnosti je omezená, je zdravotně nezávadný, hořlavý, odolává kyselinám, zásadám, olejům a je mírně navlhavý. [14]

Tab. 3. Vlastnosti ABS-Forsan 449 [14]

ABS-Forsan 449		
Index toku taveniny	g/10min	31
Výrobní smrštění	%	0,4-0,7
Rázová houževnatost Charpy	J/m ²	130.10 ³
Vrubová houževnatost Charpy	J/m ²	16.10 ³
Modul pružnosti v tahu	MPa	2500
Mez kluzu	MPa	40
Napětí v tahu při přetržení	MPa	32
Prodloužení při přetržení	%	12
Modul pružnosti v ohybu	MPa	2600
Pevnost v ohybu	MPa	62
Tvrdość měřená vtiskem kuličky	N/mm ²	99

5.3 Volba vstřikovacího stroje

Pro vstřikování byl zvolen vstřikovací stroj Arburg Allrounder 520 C. Vstřikovací stroj byl zvolen na základě jeho technických parametrů. Jedním z nich je velikost upínacího prostoru pro vstřikovací formu. U vstřikovací formy byly zvoleny upínací desky o rozměru 470x470mm a výška formy je 270,5mm. Vstřikovací stroj má vzdálenost mezi rozpěrkami 520x520mm a minimální výška formy, která jde to stroje upnout je 250mm, proto splňuje požadavky pro upnutí formy. Objem plastikační jednotky, vstřikovací tlak a uzavírací síla jsou také dostatečně velké a zajišťují dokonalé vyplnění dutiny formy. Akční dosah a síla vyhazovacích kolíků zajišťuje bezproblémové vyhození výstřiku z formy. Navržený vstřikovací stroj splňuje požadavky vstřikovací formy, která je předmětem této bakalářské práce.



Obr. 21. Vstřikovací stroj Arburg Allrounder C [11]

Tab. 4. Parametry uzavírací jednotky [11]

Uzavírací jednotka		
Uzavírací síla	max. N	$2 \cdot 10^6$
Otevírací síla	max. N	$5 \cdot 10^4 / 5,2 \cdot 10^5$
Výška formy	min. mm	250
Vzdálenost mezi rozpěrkami	mm	520x520
Síla vyhadzovacích kolíků	max. N	$66 \cdot 10^3$
Akční dosah vyhadzovacích kolíků	max. mm	225

Tab. 5. Parametry vstřikovací jednotky [11]

Vstřikovací jednotka		
Průměr šneku	mm	50
Účinná délka šneku	L/D	20
Tah šneku	max. mm	200
Objem vstřikované taveniny	max. m ³	$3,92 \cdot 10^{-4}$
Vstřikovací tlak	max. MPa	200
Rychlost toku taveniny	max. m ³ /s	$2,6 \cdot 10^{-4}$
Kroutící moment šneku	max. Nm	880

5.4 Vstřikovací forma

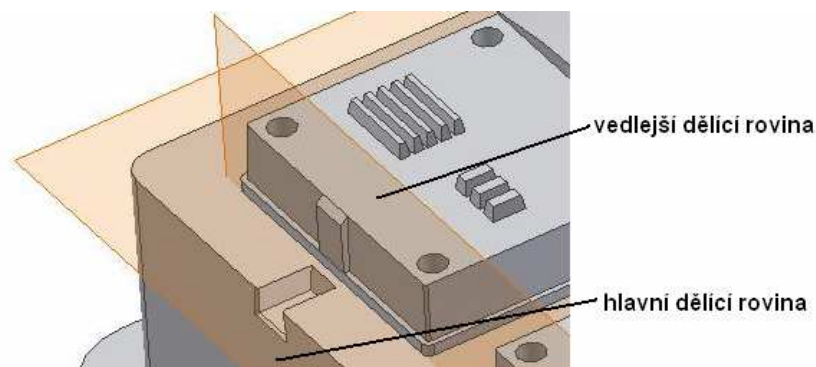
Navržená vstřikovací forma je určena ke zpracování termoplastických materiálů a je tvořena devíti deskami, tvárním ,tvárnici a také vodícími a upínacími elementy např. vodícími čepy, pouzdry, středícími kroužky a pojistnými kolíky. Konstrukce formy musí splňovat požadavky na rozměrovou přesnost výstřiků, vzhledové vlastnosti a také mechanické vlastnosti, proto musíme dbát na vysokou přesnost funkčních ploch zhotovené dutiny formy a ostatních funkčních dílů. Vstřikovací forma, její pevná část a její pohyblivá část jsou zobrazeny v přílohách P I a P II.

5.4.1 Násobnost formy

Při návrhu násobnosti vstřikovací formy musíme zvažovat několik důležitých kritérií. Posuzuje se z hlediska přesnosti výstřiku, požadovaného množství a také ekonomiky výroby. Z hlediska přesnosti výstřiku by měla být násobnost co nejmenší. Avšak při malé násobnosti se prodlužuje doba nutná k vyrobení požadovaného množství kusů. Po zvážení těchto kritérií byla jako optimální volba shledána šestinásobná forma. Při větší násobnosti by se už značně zvětšily rozměry formy a při menší násobnosti by trvala výroba delší dobu, což by nebylo ideální z ekonomického hlediska. Také přesnost výstřiků by si nijak výrazně nezměnila.

5.4.2 Zaformování výstřiku

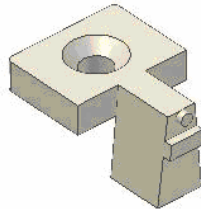
Správné zaformování výstřiku je rozhodující při konstrukčním návrhu vstřikovací formy. Vychází z konstrukčního řešení vyráběného dílu. Pro zadaný výrobek byly zvoleny dvě dělicí roviny. Hlavní dělicí rovina je kolmá na směr otevírání formy a dosedají zde na sebe kotevní desky a tvárník s tvárnicí při uzavření dutiny formy. Vedlejší dělicí rovina je rovnoběžná se směrem otevírání formy a dosedají na sebe tvárník a pomocný tvárník. Tato dělicí rovina je nutná ke zhotovení bočních otvorů. Zaformování výstřiku bylo provedeno tak, že po otevření formy zůstává výstřik v levé (pohyblivé) části formy, zároveň dochází k odformování bočních děr pomocí bočních posuvných čelistí, na kterých jsou přišroubovány pomocné tvárníky. Tyto čelisti se pohybují pomocí válcových šikmých čepů. Výstřik může být následně vyhozen pomocí vyhazovačů.



Obr. 22. Dělicí roviny

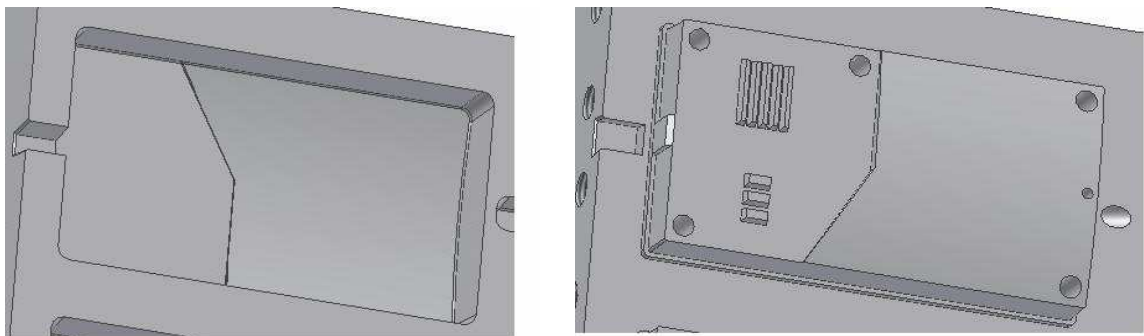
5.4.3 Tvarové části formy

Základ tvarové dutiny formy tvoří tvárník a tvárnice, kde tvárnice udává tvar vnější části výstříku a tvárník vnitřní. Díry na boční straně výstříku jsou vytvořeny pomocným tvárníkem, který je přišroubovaný na boční posuvné čelisti ovládané pomocí šikmých čepů.



Obr. 23. Pomocný tvárník

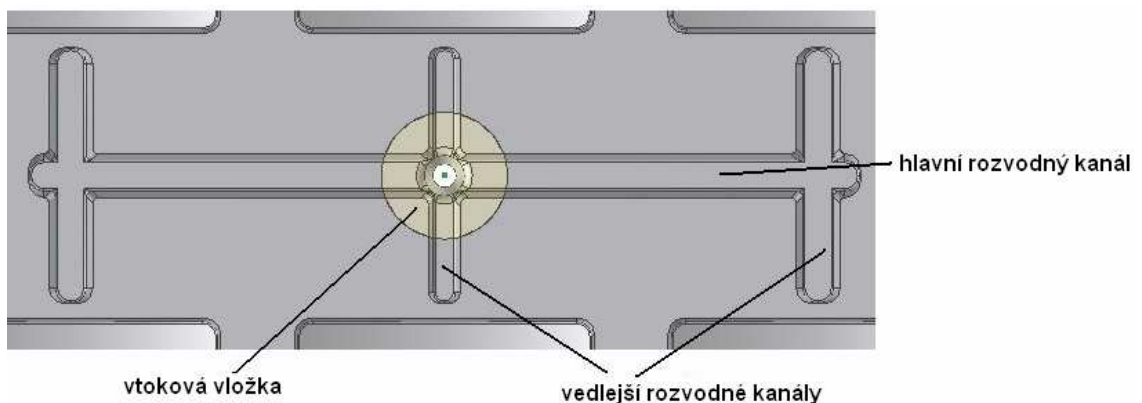
Pro lichoběžníkovou část pomocného tvárníku musely být zhotoveny ve tvárníku i tvárnici drážky, do kterých se při uzavírání formy zasunuje. Na začátku jsou tyto drážky zkoseny z důvodu lepšího navedení pomocného tvárníku do drážky. Na konci lichoběžníkové části jsou vyrobeny kruhový a lichoběžníkový výstupek, které tvarují boční díry. Jsou vyrobeny přesně na rozměr tloušťky stěny. Toto řešení bylo zvoleno na základě zvýšení tuhosti a pevnosti, protože v případě výroby delších výstupků hrozilo zlomení a to především u výstupku kruhového průřezu. Tyto výstupky jsou mechanicky namáhány a to především při otevírání formy, kdy už je vstříknutý polymer zatuhlý. Rozměry všech tvarových částí musely být přepočítány na základě smrštění použitého materiálu a následně zvětšeny o tuto vypočtenou hodnotu smrštění. Tvárník a tvárnice jsou zobrazeny v příloze P III.



Obr. 24. Detail tvárnice a tvárníku

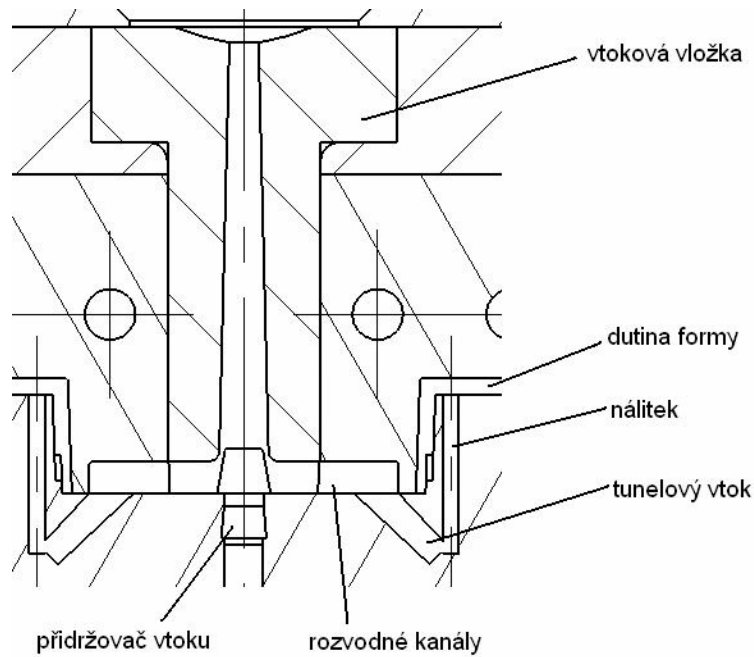
5.4.4 Vtokový systém

Pro vstřikování zadaného dílu byl zvolen studený vtokový systém, protože při volbě horkého vtokového systému by se rozměry formy značně zvětšily a tím by vzrostla i cena vstřikovací formy. Také stopa, kterou by zanechala horká tryska na pohledové části výstřiku by byla nežádoucí. Navíc odpadají náklady na energii potřebnou pro vyhřívání horkého vtokového systému. Asi jedinou nevýhodou studeného vtokového systému je relativně velký odpad, který je tvořen zatuhlým vtokovým systémem. Materiál ve formě taveniny je přiváděn vtokovou vložkou, která materiál dále odvádí do rozvodných kanálů lichoběžníkového průřezu umístěných ve tvárnici. Tyto rozvodné kanály přivedou materiál k tunelovému ústí vtoku do dutiny formy. Vtoková vložka je zajištěna proti pootočení kolíkem. Z důvodu nestejně délký dráhy toku materiálu k dutinám formy musí být provedena korekce vtokového systému.

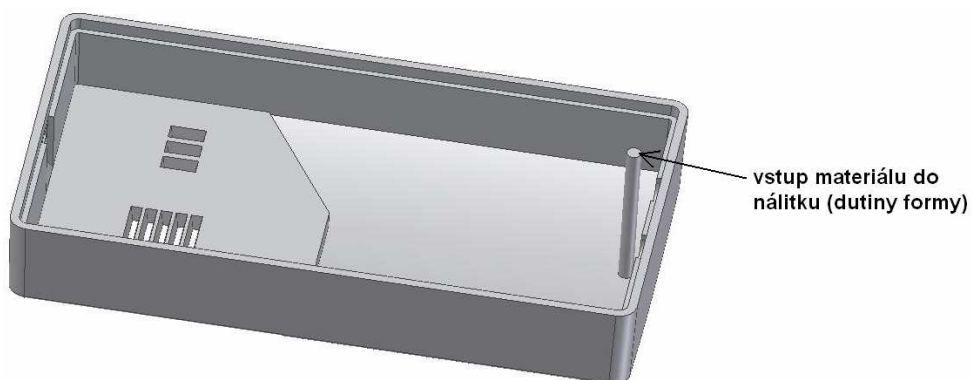


Obr. 25. Rozvodné kanály

Dalším problémem bylo umístění vtoku na výrobku. Vzhledem k tomu, že použití výrobku v praxi neumožňovalo umístění vtoku na pohledovou část výrobku, bylo možno použít banánový nebo tunelový vtok. Byl zvolen konstrukčně jednodušší tunelový vtok ze zaústěním do nálitku. Nevýhodou při použití zaústění vtoku do nálitku je, že po vyhození výstřiku z formy zůstane nálitok na výstřiku a musí být následně mechanicky odstraněn.



Obr. 26. Vtokový systém



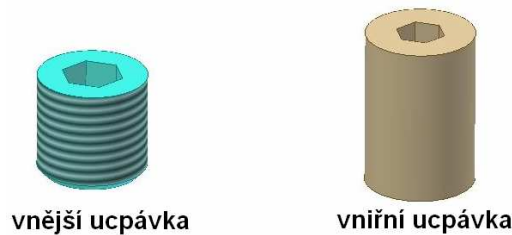
Obr. 27. Umístění nálitky

5.4.5 Odvzdušnění formy

Při plnění dutiny formy plastem dochází ke stlačování vzduchu čelem taveniny, zvyšuje se tlak a tím teplota. Důsledkem je vznik tzv. Dieselova efektu. Dalšími nežádoucími jevy způsobenými nedostatečným odvzdušněním jsou nedostříknutý výrobek, bubliny a propadliny. U navržené formy má vzduch možnost uniknout dělicími rovinami a vůlemi mezi vyhazovači. V některých problematictějších místech výrobku by však nemuselo dojít k dokonalému odvzdušnění. V takovém případě by musely být vytvořeny odvzdušňovací drážky, které by umožnily únik vzduchu.

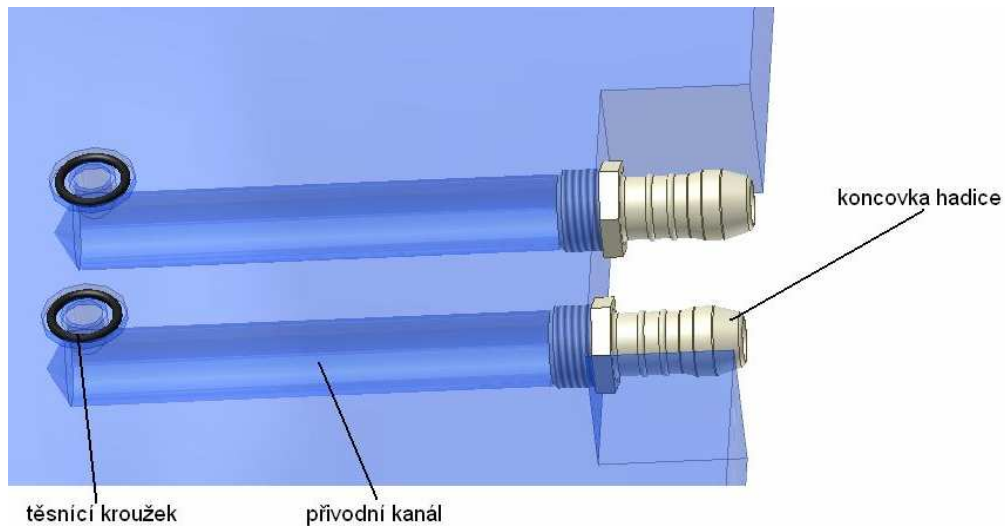
5.4.6 Temperační systém

Hlavním cílem temperačního systému je zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši na celém povrchu její dutiny. Temperační systém formy je realizován pomocí vzájemně propojených vrtaných kanálů ve tvárnici a tvárníku. Průměr kanálů byl zvolen 8mm, při volbě menšího rozměru by už mohlo docházet k zanášení kanálů nečistotami nebo vodním kamenem. Průtok kapaliny je zajištěn pomocí vnitřních a vnějších ucpávek.



Obr. 27. Ucpávky

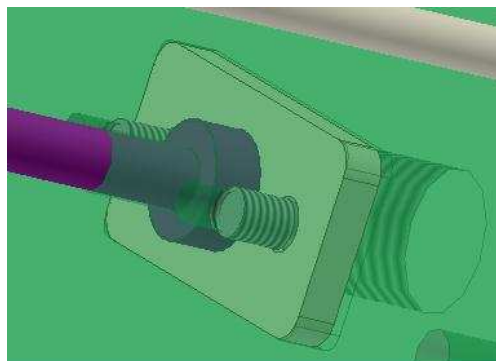
Tvárnice je chlazena pomocí paralelního uspořádání temperačních větví. Tento způsob temperance byl zvolen, protože při návrhu rozmístění kanálů bylo nutné vyřešit problém přítomnosti otvoru pro vtokovou vložku, který znemožnil použití pouze jednoho chladicího okruhu. Temperační médium je do okruhu přiváděno upínací deskou vrtaným kanálem o průměru 16mm. Z tohoto kanálu vstupuje temperační médium do dvou vrtaných větví o průměru 8mm, které odvádí teplo z tvárnice. Z obou temperačních větví je médium odváděno opět vrtaným kanálem o průměru 16mm. Tvárník je chlazen také pomocí paralelního uspořádání temperačních kanálů. Zde je chladicí médium přiváděno a odváděno opěrnou deskou. Návrh v této části znesnadňovala přítomnost otvorů pro vyhazovače, kdy bylo nutné navrhnout temperační kanály v dostatečné vzdálenosti od těchto děr. Oba temperační okruhy, na levé i pravé straně vstříkovací formy, jsou zakončeny koncovkami pro nasazení hadic od temperační jednotky. Tyto koncovky mají na konci závit a jsou zašroubovány do desek. V deskách je vytvořeno vybrání, aby koncovky nepřesahovaly mimo formu, protože při manipulaci s formou by mohlo dojít k jejich poškození. Těsnost mezi deskami v místech, kde se napojují jednotlivé části temperačních kanálů na sebe, je zabezpečena pomocí těsnících kroužků, protože by mohlo dojít k úniku temperačního média mezi desky. V krajním případě by se temperační médium mohlo dostat až do dutiny formy a znehodnotit výstřik. Chladicí okruhy v tvárníku a tvárnici jsou zobrazeny v příloze P IV.



Obr. 28. Přívod chladící kapaliny

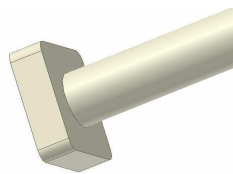
5.4.7 Vyhazovací systém

Při návrhu vyhazovacího systému je důležitým prvkem jeho umístění. Vyhazovací systém musí být navržen tak, aby při vyhazování nebyly vytvářeny stopy po vyhazovačích na pohledových částech výrobku, proto byl umístěn do levé části formy. Po otevření formy musí výstřiky zůstat v té části formy, kde je umístěn vyhazovací systém. To je zajištěno pomocí tří přidržovačů vtoku, které byly vytvořeny přímo do tvárníku. Tyto přidržovače musí být následně vyhozeny pomocí válcových vyhazovačů. Zde byl řešen problém, kdy vyhazovač přidržovače vtoku umístěný uprostřed musel být trochu více zapuštěn do kotevní vyhazovací desky a zajištěn pomocí přišroubované destičky. V tomto místě je v opěrné vyhazovací desce vytvořen otvor pro upevnění táhla a vyhazovač by se zde nemohl opřít. Tento vyhazovač je kratší než ostatní dva, protože je více zapuštěn. Průměr vyhazovačů přidržovače vtoku byl zvolen 6mm.

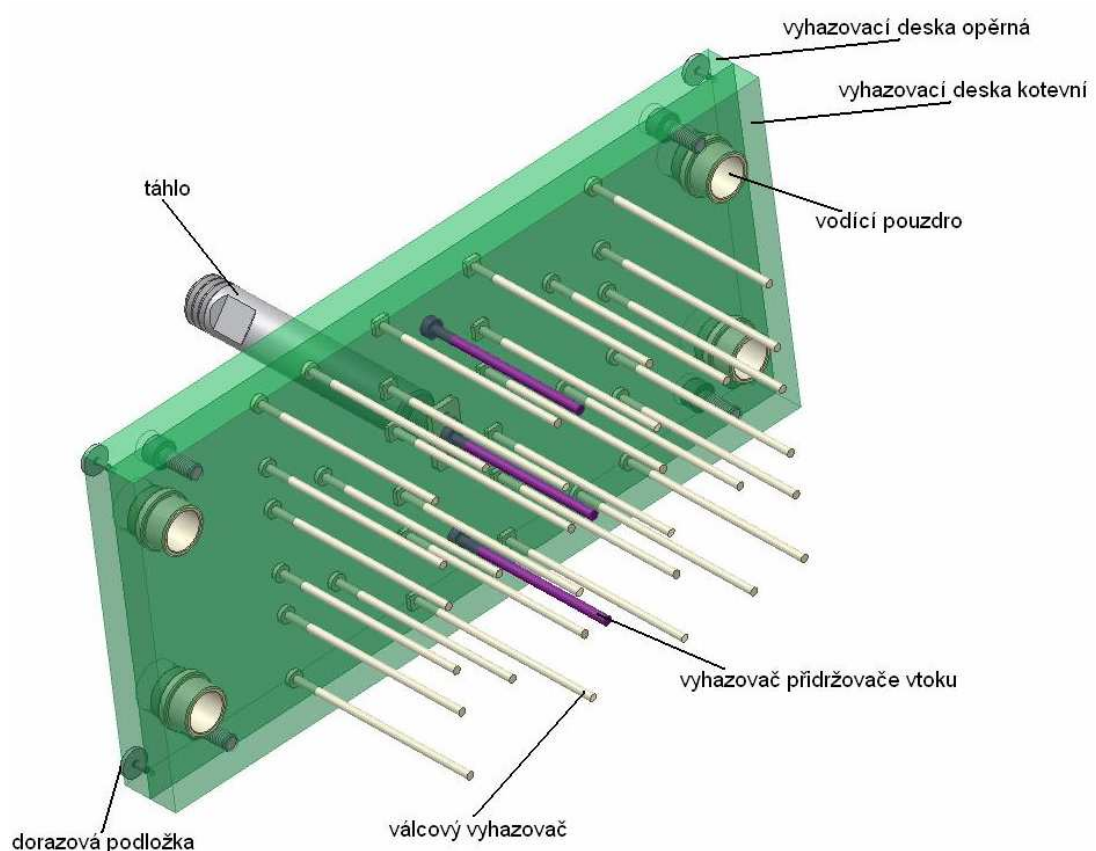


Obr. 29. Zajištění vyhazovače

Výstřiky jsou vyhazovány z formy pomocí válcových vyhazovačů průměru 5mm. Část vyhazovačů, umístěných ve složitější části výrobku má upravená čela. Tyto vyhazovače musely být zajištěny proti pootočení. Tento problém byl vyřešen pomocí čtvercového osazení. Vyhazovače jsou ukotveny ve vyhazovacích deskách. Pro vyhození jednoho výstřiku bylo zvoleno pět vyhazovačů. Celý vyhazovací systém je tedy tvořen třiceti válcovými vyhazovači pro vyhození výrobků a třemi válcovými vyhazovači přidržovače vtoku. Správnou polohu vyhazovacího systému při plnění formy zajišťují dorazové podložky, které jsou přišroubovány v rozích vyhazovací opěrné desky. Pohyb vyhazovacího systému zajišťuje táhlo, které je upnuto v uzavírací jednotce vstřikovacího stroje. Správné vedení vyhazovacího systému zajišťují vodící prvky (vodící pouzdra, vodící čepy).



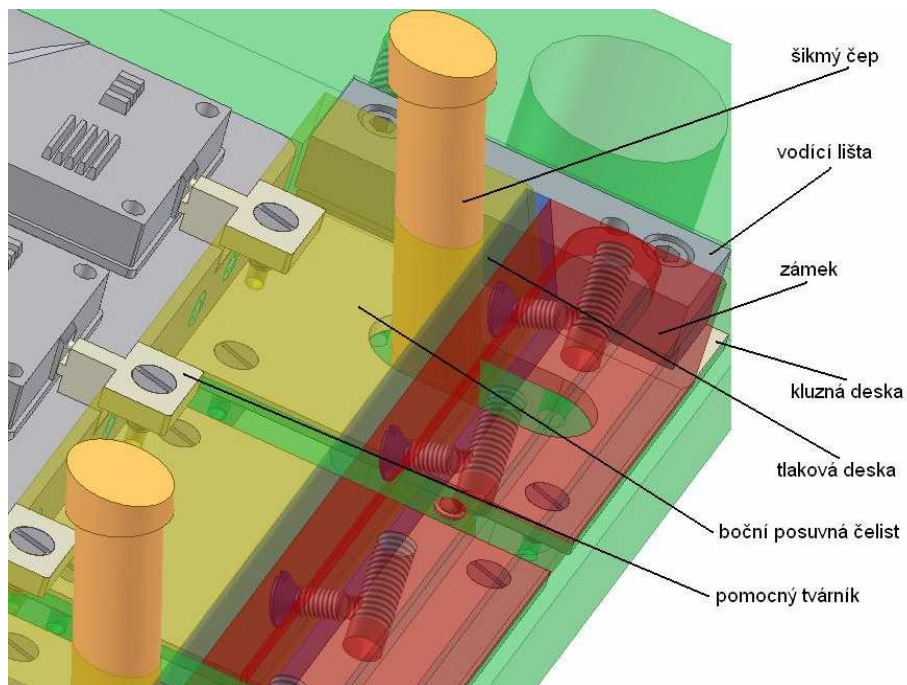
Obr. 30. Čtvercové osazení vyhazovače



Obr. 31. Vyhazovací systém

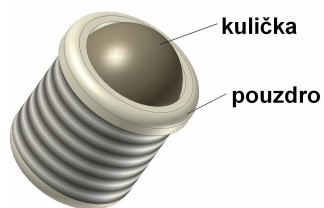
5.4.8 Odformování bočních děr

Při otevírání formy dochází k posuvu bočních posuvných čelistí pomocí šikmých čepů, umístěných v pravé kotevní desce. Na každé čelisti jsou přišroubovány tři pomocné tvárníky vyrobené z nástrojové oceli, které tvarují boční díry. Posuvné čelisti jsou vyrobeny z běžné konstrukční oceli, protože výroba čelistí z nástrojové oceli by nebyla ekonomicky výhodná. Dráha posunu bočních čelistí závisí na délce šikmých čepů. V tomto případě je maximální posuv 24mm, což vyhovuje bezpečnému odformování. Čelisti jsou vedeny pomocí vodících lišt a pohybují se po kluzných deskách, které jsou přišroubovány ke kotevní desce a zabraňují zadrhávání čelistí.

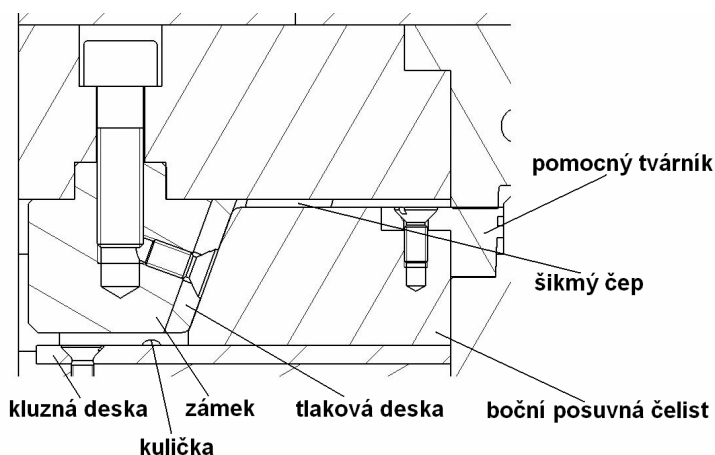


Obr. 32. Odformování bočních děr

Zajištění čelistí v otevřené poloze je realizováno pomocí pouzdra, ve kterém je umístěna pružina a kulička. Pouzdra jsou našroubována do levé kotevní desky. Po dosažení maximálního posuvu čelistí kulička zapadne do drážky vytvořené v čelisti. Každá posuvná čelist je zajištěna dvěma pouzdry. K zajištění čelistí v uzavřené poloze byly použity zámky, na kterých jsou přišroubované tlakové desky. Po uzavření formy a v průběhu vstřikování dokonale zajišťují čelisti proti pohybu.



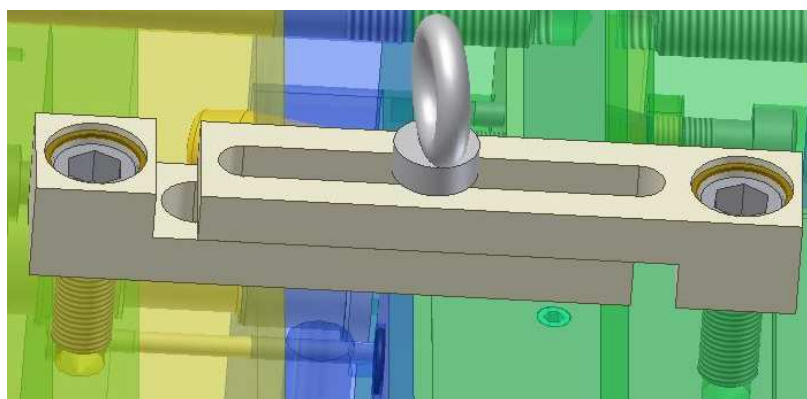
Obr. 33. Zajišťovací pouzdro s kuličkou



Obr. 34. Řez zaformováním bočních děr

5.4.9 Zařízení sloužící k manipulaci

Jako zařízení pro manipulaci s formou byl v tomto případě zvolen tzv. transportní můstek. Skládá se ze dvou částí, každá je přišroubována k jedné části formy, aby bylo zamezeno možnému rozdělení formy v dělicí rovině při manipulaci. V tomto případě je jedna polovina přišroubována k pravé kotevní desce a druhá k rozpěrce. Další částí je nosné poutko, které slouží k upevnění manipulačního zařízení. Šrouby jsou zajištěny pomocí pojistných kroužků.



Obr. 35. Transportní můstek

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce byl návrh vstřikovací formy k výrobě krytu senzoru rozbití skla, která se používá k elektronickému zabezpečení budov. Materiál výrobku byl zvolen ABS-Forsan 449.

Bakalářská práce se skládá ze dvou základních částí, kterými jsou teoretická a praktická část. V teoretické části byla podrobně popsána problematika vstřikování. V praktické části byl vyhotoven 3D model vstřikovaného dílu a vstřikovací formy. Dále sestava formy ve 2D s kusovníkem, pohledy do pevné a pohyblivé části formy a výrobní výkres vstřikovaného dílu.

Hlavní náplní praktické části byla konstrukce vstřikovací formy ve 3D. Při návrhu formy bylo využíváno katalogu normálií od firmy HASCO. Byla zvolena optimální koncepce formy. Násobnost byla řešena jako kompromis mezi požadavky na přesnost a ekonomikou výroby. Pro zadaný výrobek byla zvolena šestinásobná forma. Byl vyřešen problém s umístěním vtoku pomocí nálitku umístěného na vnitřní straně výrobku. Důvodem byla skutečnost, že celý vnější povrch výrobku je pohledovou částí. Ve formě byl zvolen studený vtokový systém s tunelovým vtokem zaústěným do nálitku. Byla provedena orientační korekce vtokové soustavy s ohledem na násobnost vstřikovací formy. Při návrhu formy byl vyřešen problém se zaformováním bočních děr, který zvyšoval konstrukční složitost celé formy. Byla navržena forma, kdy k tvarování těchto děr dochází pomocí bočních posuvných čelistí, na kterých jsou přišroubovány pomocné tvárníky. Pohyb čelistí je zajištěn pomocí šikmých čepů. Dále byly navrženy tvarové části formy. Odvzdušnění bylo vyřešeno tak, že vzduch z formy unikne dělicí rovinou nebo vřely mezi vyhazovači. Temperance formy se skládá ze tří paralelně uspořádaných okruhů. Byly zvoleny soustavy vrtaných kanálů o optimálním průměru a velikosti, aby zajistily dostatečné chlazení. Pro vyprázdnění dutiny formy byl navržen vyhazovací systém s válcovými vyhazovači. Byly vyřešeny problémy s ukotvením vyhazovačů, které měly upravené čelo z důvodu tvaru výrobku, a pomocí destičky byl zajištěn jeden z vyhazovačů přídržovače vtoku.

Byl zvolen optimální vstřikovací stroj od firmy Arburg s označením Allrounder 520C, který splňuje požadavky navržené vstřikovací formy. Byl zvolen také vhodný typ nosného zařízení sloužícího k manipulaci s formou. V tomto případě se jedná o tzv. transportní můstek.

Vstřikovací forma navržená v této bakalářské práci může být dále podrobena tokovým analýzám. Na základě výsledků analýz by bylo například možné provést korekci vtokového systému, aby docházelo k rovnoměrnému plnění všech dutiny formy. Dále pak by mohl být navržen optimální vstřikovací cyklus tak, aby byly eliminovány možné vady na výrobku. Navržená forma by mohla být také podrobena mechanickým analýzám, které by potvrdily nebo vyvrátily správnost nadimenzování jednotlivých částí formy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie:

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I.díl – Vstřikování termoplastů*. 2. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. 134 s.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II.díl – Vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. 212 s.
- [3] BRUMMEL, Michal. *Rozměrově přesné výrobky z plastu*. 1. vyd. Praha: VÚNM, 1977. 278 s.
- [4] KUBÍČEK, D., *Bakalářská práce: Konstrukce formy pro vstřikování plastového dílu*. 1. vyd., Zlín: 2005, 56 s.
- [5] MANAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje II*. Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X.
- [6] MANAS, M., VLCEK, J. *Aplikovaná reologie*. Zlín: UTB, 2001. 144 s. ISBN 80 7318-039-1.
- [7] MENGES, Georg, MICHAELI, Walter, MOHREN, Paul. *How to make injections molds*. Cincinnati (Ohio): Hanser/Gardner, 2001. 3. ISBN 1-56990-282-8. Venting of molds, s. 259-269.
- [8] TOMIS, F., HELFŠTÝN, J. *Formy a přípravky*. Brno: VUT, 1985. 278 s.
- [9] TOMIS, F. *Základy gumárenské a plastikářské technologie*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1975. 278 s. ISBN 414-33543
- [10] ZÁMORSKÝ, Z.: *Nauka o polymerech*, VUT v Brně 1980

Internetové odkazy:

- [11] *Autodesk–Autodesk Inventor* [online].c2008 [cit. 2008-05-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.autodesk.cz>>.
- [12] *Arburg-Spritzgiessmaschinen, injection moulding machines, Spri* [online]. c2008 [cit. 2008-05-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.arburg.cz>>.

- [13] *Hasco*. *www.hasco.com: hasco* [online]. c2000 [cit. 2008-05-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.hasco.com>>
- [14] *Unipetrol* [online]. c2003 [cit.2008-05-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.unipetrol.cz>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
aj.	A jiné
Al	Hliník
Cu	Měď
D	Průměr [m]
DR	Dělicí rovina
g	Gram
IT	Stupeň přesnosti
kg	Kilogram
L	Délka [m]
m	Metr
max.	Maximálně
min.	Minimálně
mm	Milimetr
mol. hmotnost	Molární hmotnost
MPa	Megapascal
N	Newton
např.	Například
Nm	Newtonmetr
Obr.	Obrázek
PA	Polyamid
PBT	Polybutyltereftalát
PC	Polykarbonát
PE	Polyetylén

PET	Polyetyléntereftalát
PMMA	Polymethylmetakrylát
PVC	Polyvinylchlorid
R	Rádus
RNF	Rozměr nevázaný formou
RVF	Rozměr vázaný formou
s	Sekunda
SW	Software
Tab.	Tabulka
tj.	To jest
TPV	Technická příprava výroby
VVS	Vyhřívaná vtoková soustava
°C	Stupeň Celsia
%	Procento
2D	Dvojměrný prostor
3D	Trojměrný prostor

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Rozdělení polymerů [5]</i>	10
<i>Obr. 2. Vstřikovací cyklus [7]</i>	14
<i>Obr. 3. Zaplňování dutiny formy taveninou [6]</i>	14
<i>Obr. 4. Vstřikovací stroj [9]</i>	15
<i>Obr. 5. Vstřikovací jednotka [9]</i>	16
<i>Obr. 6. Uzavírací jednotka [9]</i>	17
<i>Obr. 7. Hydraulicko-mechanická uzavírací jednotka [5]</i>	18
<i>Obr. 8. Elektromechanická uzavírací jednotka [5]</i>	18
<i>Obr. 9. Rozměry vázané a nevázané formou [1]</i>	23
<i>Obr. 10. Obecné zásady volby vtokového systému [1]</i>	29
<i>Obr. 11. Průřezy vtokových kanálů [1]</i>	29
<i>Obr. 12. Studený vtokový systém [1]</i>	30
<i>Obr. 13. Základní typy vtokových ústí [1]</i>	31
<i>Obr. 14. Vyhřívaná tryska [1]</i>	33
<i>Obr. 15. Vytápěný rozvodný blok [10]</i>	33
<i>Obr. 16. Vliv rozmístění temperančních kanálů [2]</i>	35
<i>Obr. 17. Typy vyhazovacích kolíků [1]</i>	39
<i>Obr. 18. Trubkový vyhazovač [2]</i>	40
<i>Obr. 19. Vstřikovaný díl</i>	50
<i>Obr. 20. Boční díry</i>	51
<i>Obr. 21. Vstřikovací stroj Arburg Allrounder C [11]</i>	52
<i>Obr. 22. Dělicí roviny</i>	54
<i>Obr. 23. Pomocný tvárník</i>	55
<i>Obr. 24. Detail tvárnice a tvárníku</i>	55
<i>Obr. 25. Rozvodné kanály</i>	56
<i>Obr. 26. Vtokový systém</i>	57
<i>Obr. 27. Umístění nálitku</i>	57
<i>Obr. 27. Ucpávky</i>	58
<i>Obr. 28. Přívod chladící kapaliny</i>	59
<i>Obr. 29. Zajištění vyhazovače</i>	59
<i>Obr. 30. Čtvercové osazení vyhazovače</i>	60

<i>Obr. 31. Vyhazovací systém.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 32. Odformování bočních děr.....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 33. Zajišťovací pouzdro s kuličkou.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 34. Řez zaformováním bočních děr</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 35. Transportní můstek.....</i>	<i>62</i>

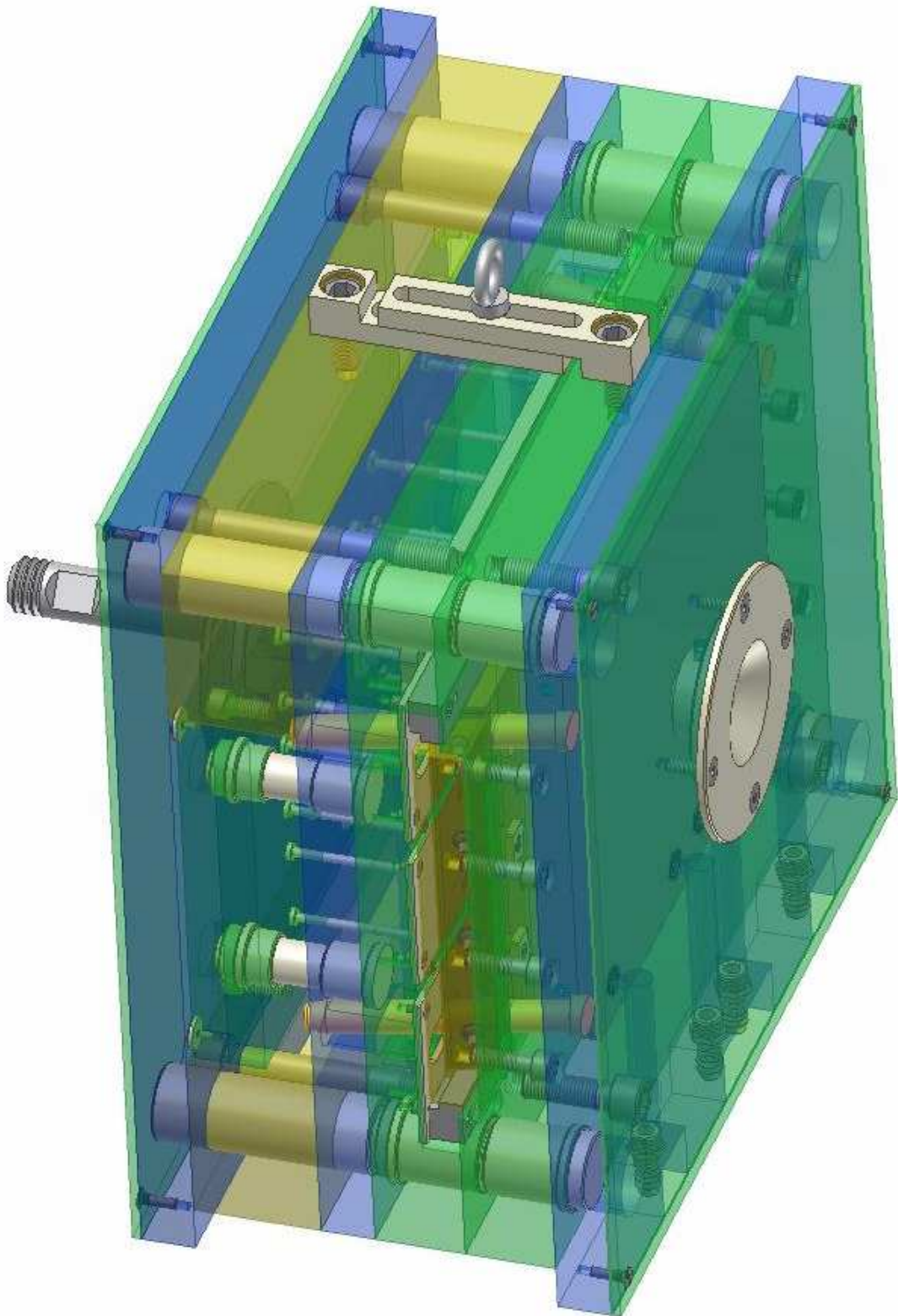
SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Doporučená velikost úkosu [1]</i>	<i>22</i>
<i>Tab. 2. Používané temperanční kapaliny [2].....</i>	<i>36</i>
<i>Tab. 3. Vlastnosti ABS-Forsan 449 [14]</i>	<i>51</i>
<i>Tab. 4. Parametry uzavírací jednotky [11]</i>	<i>53</i>
<i>Tab. 5. Parametry vstříkovací jednotky [11].....</i>	<i>53</i>

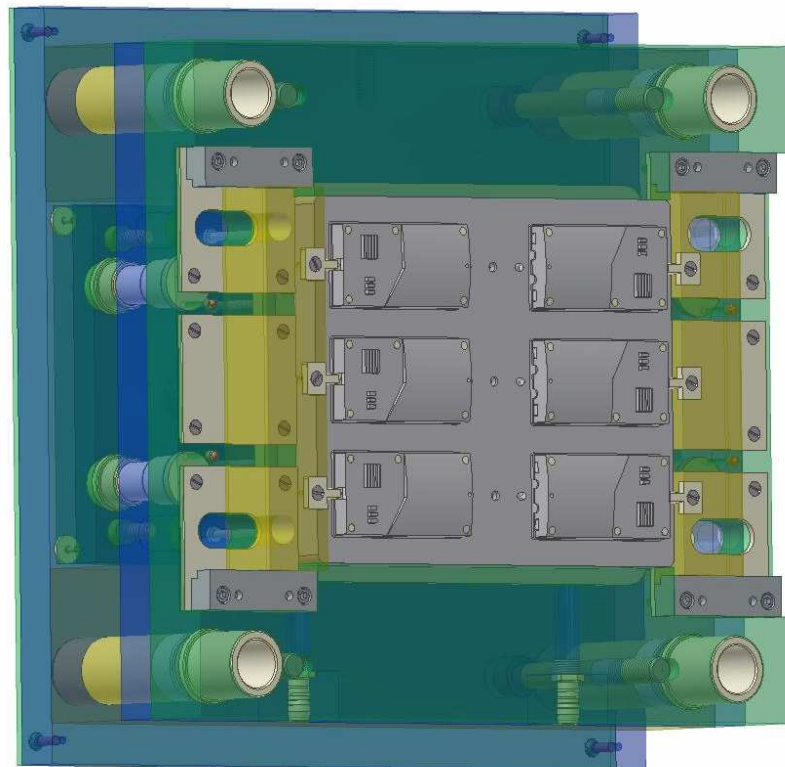
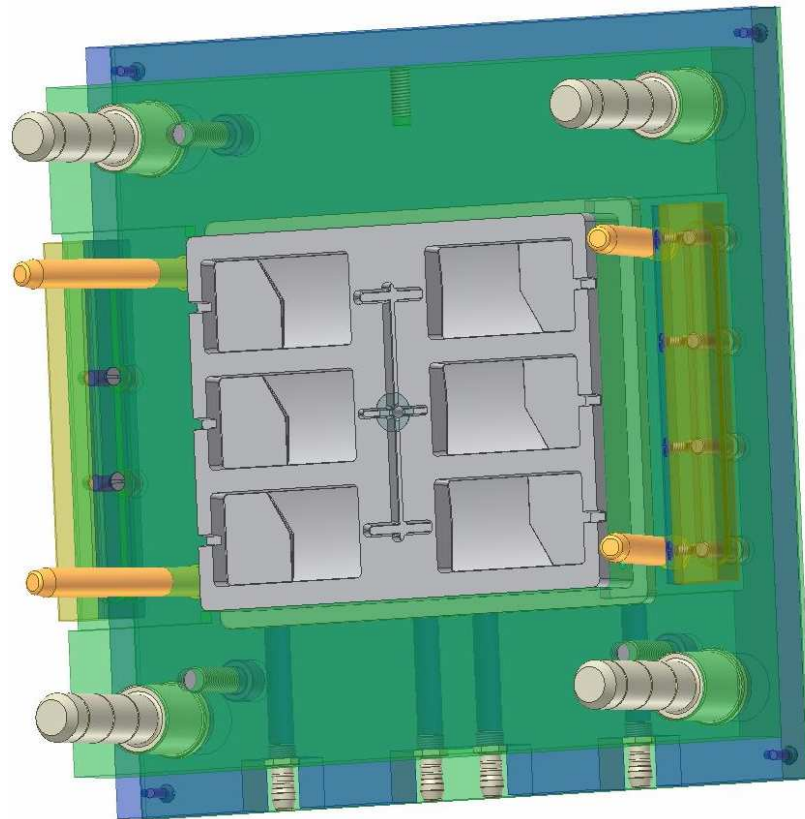
SEZNAM PŘÍLOH

- P I. Vstřikovací forma
- P II. Pevná a pohyblivá část formy
- P III. Tvárník a tvárnice
- P IV. Chlazení tvarových částí
- P V. Výkres sestavení formy
- P VI. Kusovník
- P VII. Pohledy do pravé a levé části formy
- P VIII. Výrobní výkres výrobku
- P IX. CD disk obsahující:
 - Výkresovou dokumentaci
 - Sestavu formy a její jednotlivé součásti ve 3D
 - Bakalářskou práci v elektronické podobě

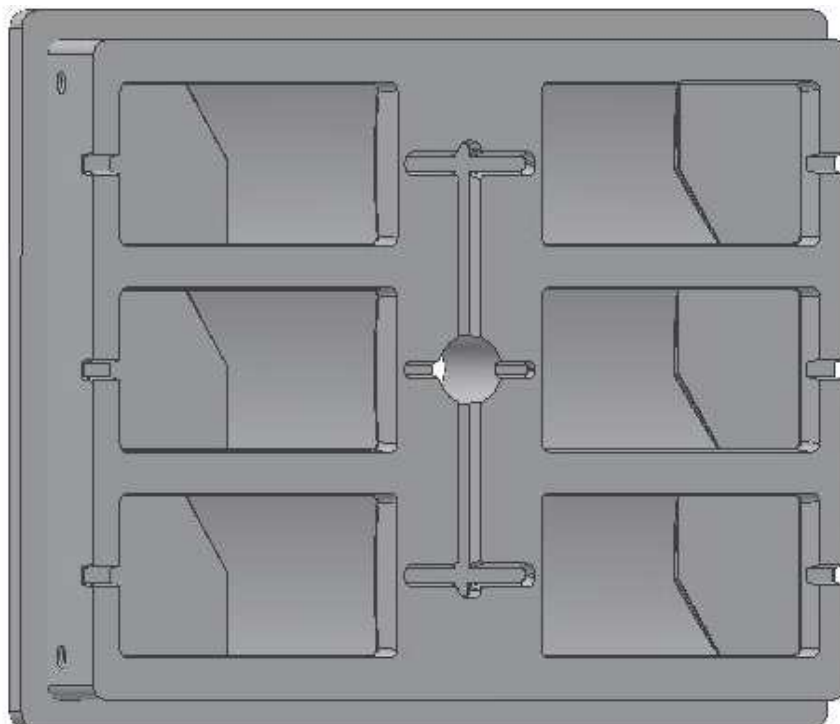
PŘÍLOHA PI: VSTŘIKOVACÍ FORMA



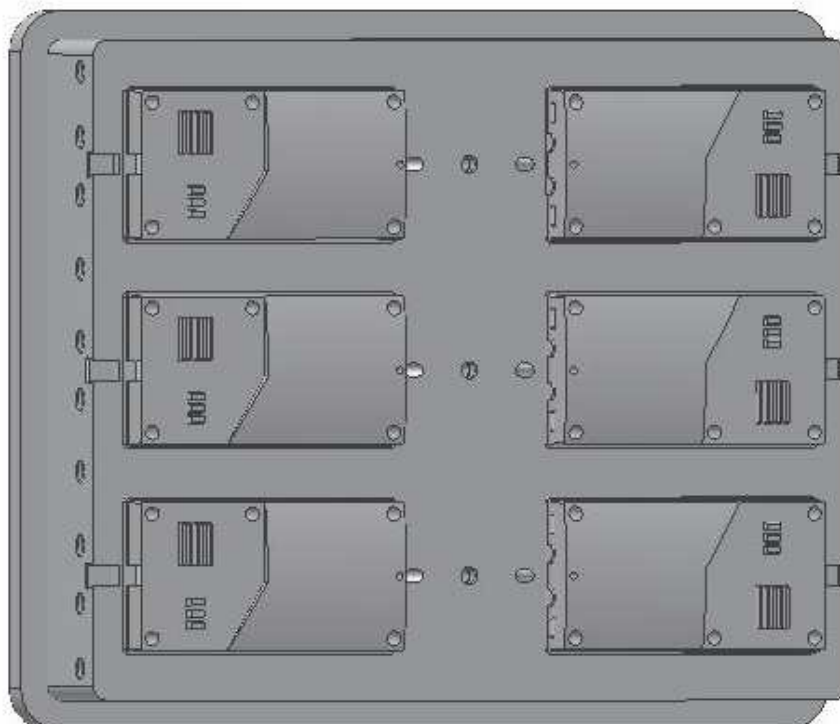
PŘÍLOHA P II: PEVNÁ A POHYBLIVÁ ČÁST FORMY



PŘÍLOHA P III: TVÁRNÍK A TVÁRNICE

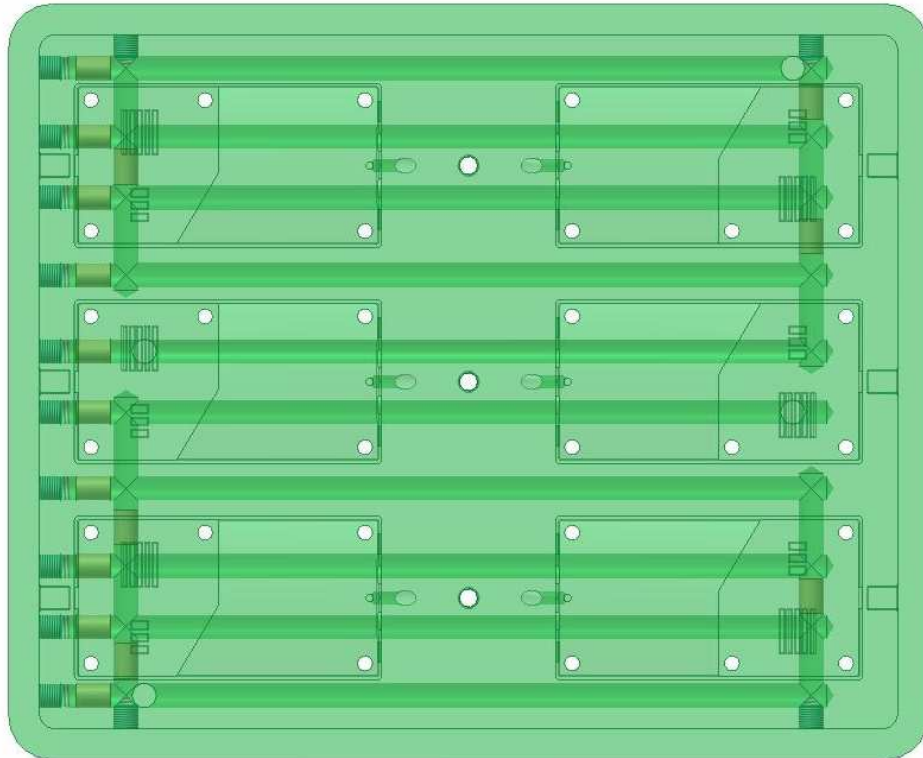


tvárnice

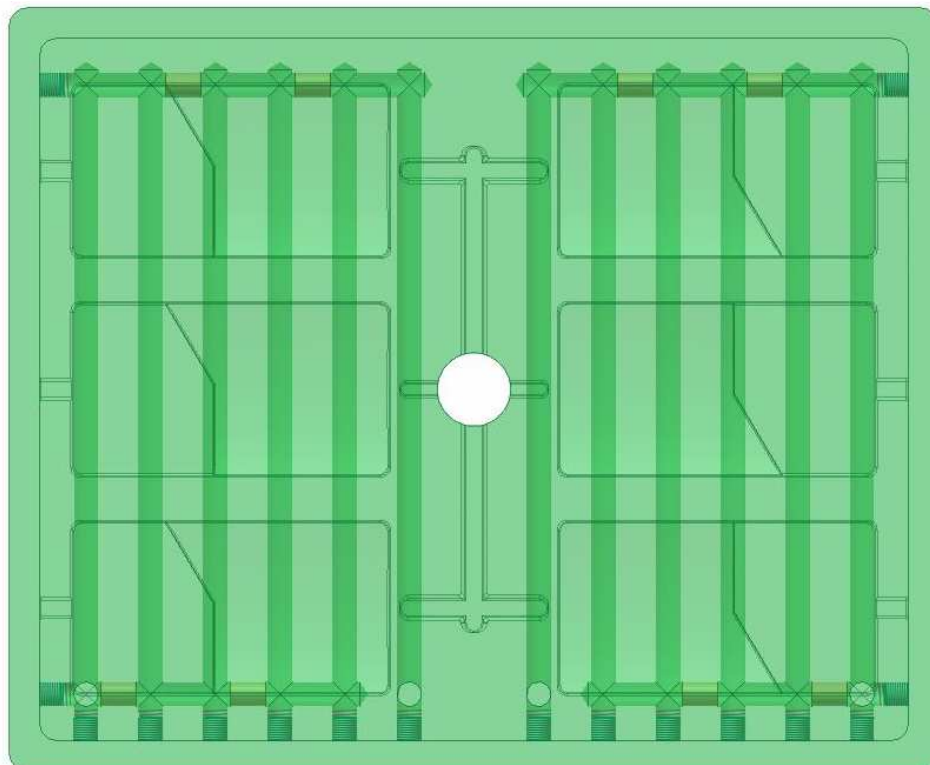


tvárník

PŘÍLOHA P IV: CHLAZENÍ TVAROVÝCH ČÁSTÍ



tvárník



tvárnice