

Konstrukční návrh nástroje

Jiří Hladký

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jiří HLADKÝ
Osobní číslo: T08595
Studijní program: B 3909 Procesní inženýrství
Studijní obor: Technologická zařízení

Téma práce: Konstrukční návrh nástroje

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Připravte 3D model plastového dílu.
3. Proveďte konstrukci nástroje pro vstřikování zadaného dílu.
4. Nakreslete 2D sestavu formy.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

dle doporučení vedoucího BP

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Michal Staněk, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

14. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

3. června 2011

Ve Zlíně dne 11. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Hladký Jiří

Obor: Technologická zařízení

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 29.5.2011


.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Úkolem téhle bakalářské práce bylo vypracovat konstrukci vstřikovací formy pro víčko od kanystru. Základní informace z oblasti konstrukce vstřikovacích forem jsou uvedeny v teoretické části. V praktické části bylo za úkol zkonstruovat 3D model zadaného výstřiku a pro něj 3D model sestavy a 2D řez dvaceti-čtyř násobné vstřikovací formy s vyhřívaným vtokovým systémem a uzavíratelnými tryskami v programu Catia se snahou využít co nejvíce normalíí od fy. Hasco.

Klíčová slova:

Vstřikovací forma, konstrukce, polymer

ABSTRACT

The task of this bachelor work was to develop design of injection molds for the cap from the canister. Basic information on the design of injection molds are shown in the theoretical part. The practical part was tasked to construct a 3D model of the moldings and given him a 3D model assembly and 2D section cut assembly twenty four-multiple the injection mold with a hot runner system and a lockable jet in the Catia program to take advantage of as much normalcy from the firm. Hasco.

Keywords:

Injection mold, design, polymer

Touto cestou bych rád poděkoval svému vedoucímu Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D., za odborné vedení, poskytnuté rady a čas, který mě věnoval při vypracování bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	12
1.1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....	12
1.1.1 Vstřikovací stroj	12
1.1.2 Princip vstřikování	13
1.1.3 Vstřikovací jednotka	14
1.1.4 Uzavírací jednotka	15
1.1.5 Ovládání a řízení stroje	16
1.2 POLYMERY	16
1.2.1 Reologie polymerních tavenin, disipační ohřev, fontánový tok	17
1.2.2 Úprava polymerů pro zpracování a použití	18
1.2.3 Příspěvy formulující zpracovatelnost tavenin	18
1.2.4 Plniva – kompozitní materiály	18
1.2.5 Příprava plastu před vstřikováním	19
1.2.6 Sušení termoplastů	19
1.3 NÁVRH A KONSTRUKCE VÝSTŘIKU	19
1.3.1 Výstřiky z termoplastů	19
1.3.2 Rozměry součástí z plastů	22
2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉ FORMY	23
2.1 RÁMY FOREM	24
2.1.1 Dvoudeskový systém studených vtoků	26
2.1.2 Tří deskový systém studených vtoků	27
2.2 VTKOVÝ SYSTÉM	28
2.2.1 Studené vtokové soustavy	28
2.2.2 Vtokové ústí	30
2.2.3 Vyhřívané vtokové soustavy (VVS)	32
2.2.4 Vytápěné rozvodné bloky	35
2.3 VYHOZENÍ VÝROBKŮ	36
2.3.1 Mechanické vyhazování:.....	37
2.3.2 Pneumatické vyhazování.....	39
2.3.3 Hydraulické vyhazování.....	39
2.4 ODFORMOVÁNÍ VÝROBKŮ SE ZÁVITY	40
2.4.1 Vytáčení závitových trnů	40
2.5 TEMPEROVÁNÍ FOREM	41
2.6 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM	42
2.7 MATERIÁLY VSTŘIKOVACÍCH FOREM	42
II PRAKTICKÁ ČÁST	44
3 POUŽITÉ PROGRAMY	45
3.1 CATIA V5 R18	45
3.2 HASCO DAKO MODUL R1/2011	45
4 SPECIFIKACE VÝROVKU	46

4.1	MATERIÁL VÝSTŘIKU	46
4.1.1	Charakteristika polymeru	46
4.2	GEOMETRICKÝ TVAR VÝSTŘIKU	46
5	KONSTRUKCE FORMY	47
5.1	VOLBA NÁSOBNOSTI.....	47
5.2	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	47
5.3	ODFORMOVÁNÍ ZÁVITU	47
5.3.1	Pohybový šroub.....	48
5.3.2	Matice.....	48
5.3.3	Centrální ozubené kolo	48
5.3.4	Vytáčecí trn	49
5.3.5	Protimatice	49
5.4	DÍLY URČUJÍCÍ TVAR VÝSTŘIKU	49
5.4.1	Tvárnice.....	50
5.4.2	Tvárník pro drážkování	50
5.4.3	Stírací kroužek	50
5.5	VTOKOVÝ SYSTÉM	50
5.6	TEMPERACE.....	52
5.7	RÁM FORMY	53
5.8	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	54
5.9	ODVZDUŠNĚNÍ.....	56
5.10	NOSIČ FORMY	56
6	VSTŘIKOVACÍ STROJ	57
	ZÁVĚR	59
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	60
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM PŘÍLOH.....	64

ÚVOD

Průmyslové začátky plastů sahají do období po první světové válce a od poloviny 20. století nastává prudký rozvoj, který přináší využití plastických hmot do všech oborů lidské činnosti.

Mezi největší výhody plastů patří

- nízká hustota při relativně dostatečných mechanických vlastnostech,
- vysoká chemická odolnost,
- izolují tepelně i elektricky,
- snadná zpracovatelnost.

Plasty se v dnešní době zpracovávají celou řadou technologií, mezi které nezastupitelně patří vstřikování. Je to velmi progresivní metoda, která se velmi rozšířila, protože umožňuje plnou automatizaci výroby a tím zrychlení výrobního cyklu. Z tohoto důvodu jsou kladeny velké nároky na nástroj (vstřikovací formy), aby odolávaly vysokým tlakům, umožnily snadné vyjmutí jakostních a přesných výstřiků.

Každý výrobek si vyžaduje specifickou konstrukci nástroje, který může být vhodně doplněn normáliemi, které zkracují výrobní čas formy a náklady s tím spojené.

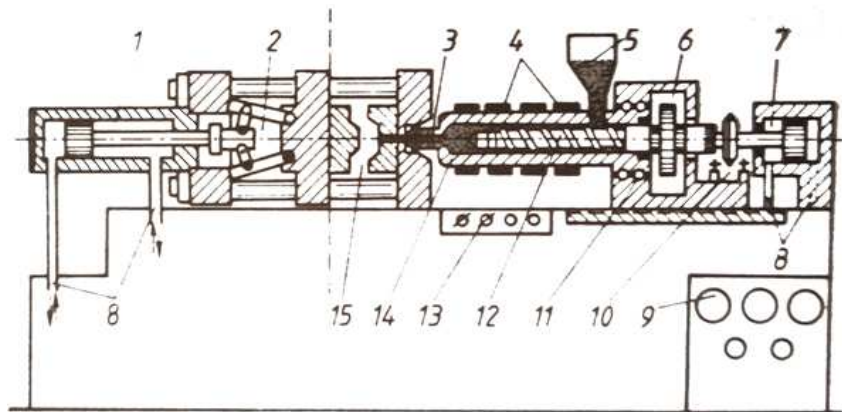
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

1.1 Technologie vstřikování

Je nejrozšířenější způsobem výroby požadovaných dílů z plastu. 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. [5]

Vstřikovací stroje bývají vybaveny hydraulickým nebo hydraulicko-mechanickým pohonem a jsou většinou plně automatické. Konstrukce vstřikovacích strojů je velmi rozmanitá a existuje řada speciálních strojů např. s více materiálovými válci, pro kombinace barev výrobku či druhu plastu. [3]



Obr. 1 Schéma vstřikovacího stroje se šnekovým podáváním [3]

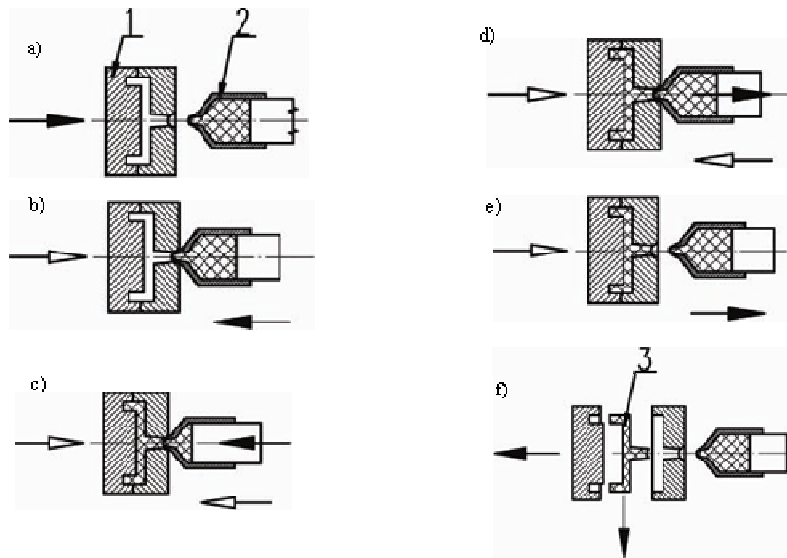
1-uzavírací válec, 2-uzavírací mechanismus, 3-tryska, 4-vyhřívání, 5-násypka, 6-šnek, 7-válec pro axiální pohyb šneku, 8-přívod tlakové kapaliny, 9-regulační jednotka, 10-koncové spínače, 11-chladicí kanály, 12-plastikační šnek, 13-ovládací panel, 14-tavící komora, 15-forma

1.1.1 Vstřikovací stroj

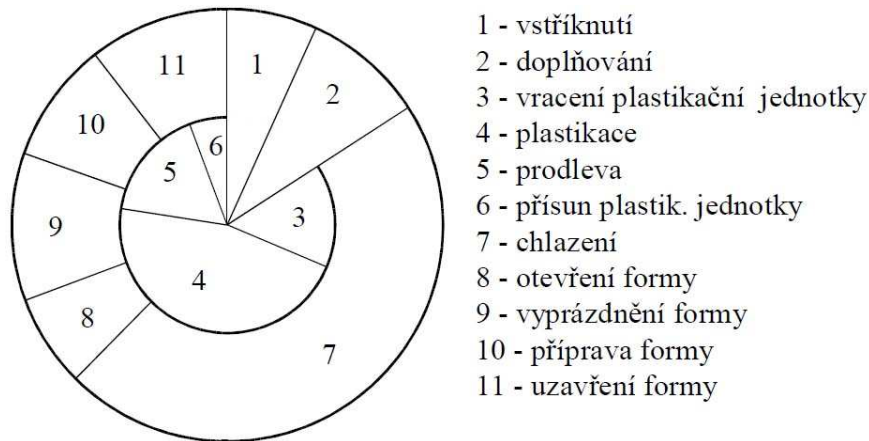
Vyžaduje se od něho, aby kvalitou svých parametrů a dokonalým řízením, byla zajištěna výroba jakostních výstřiků. [5]

1.1.2 Princip vstřikování

Tavenina se připraví v tavící komoře vstřikovací jednotky a je vstříknuta do formy, kde zatuhne (ev. zesílňuje). Nejdříve dojde k uzavření vstřikovací formy, vstřikovací forma je ve výchozí poloze. Vstřikovací jednotka se poté přisune a dosedne na uzavřenou formu. Po dosednutí nastává vstřikování taveniny. Po naplnění dutiny formy taveninou nastává její tuhnutí, po čase pak postupné doplňování formy. Ve formě pokračuje tuhnutí bez tlaku. Následuje odsun vstřikovací jednotky do výchozí polohy. Po ztuhnutí nastává otevření formy a vyhození výstřiku. Ve vstřikovací jednotce mezitím probíhá příprava taveniny. Forma i vstřikovací jednotka jsou ve výchozí poloze. [7]



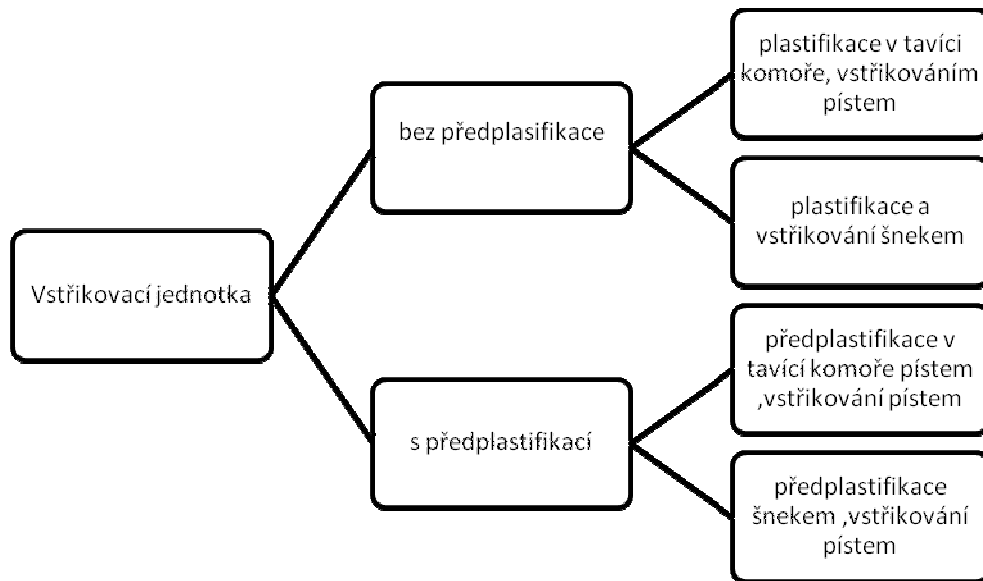
Obr. 2 Vstřikovací cyklus [7]



Obr. 3 Vstřikovací cyklus [5]

1.1.3 Vstřikovací jednotka

Musí zajistit dokonalou plastifikaci a homogenizaci taveniny a dostatečně vysoký vstřikovací tlak. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při malém vstřikovacím množství zase setrvává plast ve stokovací jednotce delší dobu a tím může nastat jeho degradace. Maximální vstřikované množství nemá překročit 90% kapacity jednotky, protože je ještě nutná rezerva pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení (smrštění). Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracovaný plast z násypky pohybem šneku. Plast je posouván šnekem s možnou změnou otáček přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Postupně se plastikuje, homogenizuje a hromadí před šnekem. Topení tavné komory je nejčastěji rozděleno do tří pásem (vstupní, střední a pásmo u trysky). Část tepelné energie vznikne disipací materiálu. Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. Jejich sousost, menší průměr otvoru a menší poloměr trysky než je u sedla vtokové vložky jsou podmínkou správné funkce. [5]

Dělení vstřikovacích jednotek

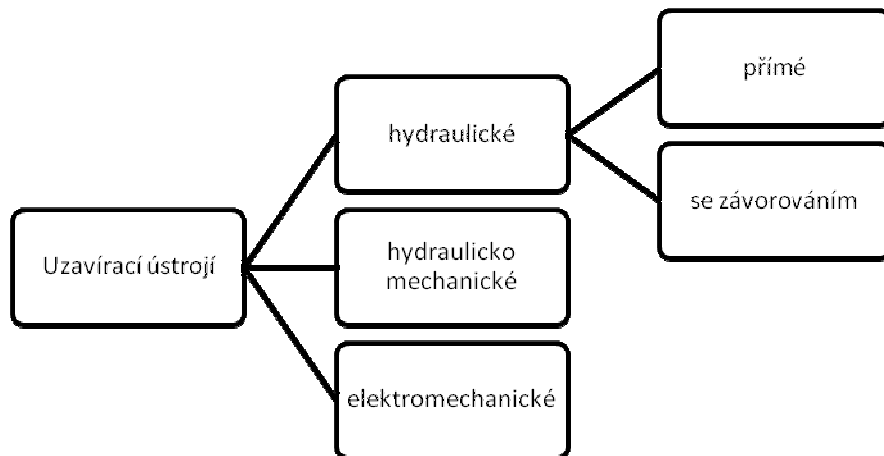
Obr. 4 Rozdělení vstřikovacích jednotek [7]

1.1.4 Uzavírací jednotka

Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavírací síly je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a ploše dutiny a vtoku v dělicí rovině. [5]

Hlavní části uzavírací jednotky

- opěrná deska pevná,
- upínací desky,
- vodící sloupy,
- uzavírací mechanismus. [5]

Rozdělení uzavírací jednotky dle pohonu

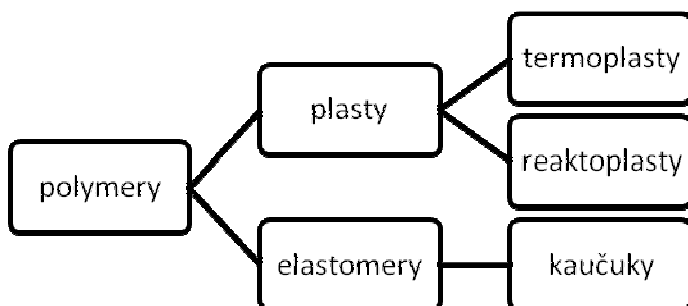
Obr. 5 Rozdělení Uzavíracích jednotek [7]

1.1.5 Ovládání a řízení 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. 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. [5]

1.2 Polymery

Plasty jsou jednou z nejmladších, ale dnes již z největších a nejrozmanitějších skupin konstrukčních materiálů. Jejich průmyslové začátky sahají do období po první světové válce a od poloviny 20. Století nastává prudký rozvoj, který neustále zintenzivňuje. Jsou to nové konstrukční materiály se specifickými vlastnostmi. Jsou velmi lehké, vodou nekoroďují, izolují tepelně i elektricky a dají se snadno a levně zpracovat tvářením. Plasty jsou makromolekulární organické sloučeniny, skládají se z obřích molekul, tzv. makromolekul, které obsahují tisíce atomů, především uhlík a vodík, knimž přistupují atomy dalších prvků, např. chlóru, fluóru, kyslíku a dusíku aj. [8]

Rozdělení

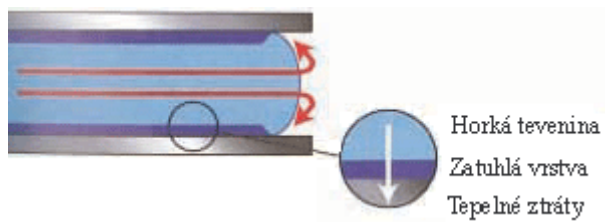
Obr. 6 Rozdělení polymerů

1.2.1 Reologie polymerních tavenin, disipační ohřev, fontánový tok

Mechanismus toku polymerních tavenin je značně odlišný od toku nízkomolekulárních kapalin, jejichž chování je tzv. newtonské. Tok polymerních tavenin je nenewtonský, pseudoplastický. K jeho popisu se nejvíce používá empirický vztah, tzv. mocninový zákon.

Experimentálně se tokové vlastnosti konkrétního polymeru vyjadřují ve zpracovatelském rozsahu smykových napětí pomocí tokových křivek, konstruovaných jako závislosti experimentálně naměřených smykových napětí na rychlosti smykové deformace v měřeném místě.

Při nevratné deformaci hmoty, kdy dochází účinkem vnější síly k přeskokům jejich částic do nových poloh, se práce spojená s tímto přeskokem obecně mění v teplo. Mluvíme o disipaci mechanické energie na energii tepelnou. K tomuto jevu dochází při toku taveniny spontánně a je jen otázkou kvantitativních poměrů, kdy se projeví dodatečným zvýšením teploty v daném místě. Disipační výkon při toku je v daném místě úměrný součinu smykového napětí a smykové rychlosti. K reálnému ohřevu polymerní taveniny při jejím toku bude docházet v místech jejího nejrychlejšího proudění, tedy v místech s největším zúžením tokové dráhy. Ohřev může způsobit až dosažení teploty T_c a tepelnou degradaci materiálu. Při vstřikování je teplota stěny tokového kanálu nižší než teplota T_m , resp. T_f . Proto při toku polymerních tavenin dochází k časově neustálenému toku, kdy na „studené“ stěně tokového kanálu tavenina tuhne v rostoucí vrstvě. Pod tuhnoucí vrstvou směrem ke středu kanálu tavenina nadále teče, ale tak, že na povrchu chladnoucí vrstvy není nulová rychlost toku taveniny. Takový tok se nazývá tokem fontánovým a je to nejvhodnější způsob toku při plnění tvarových dutin forem. [1]



Obr. 7 Fontánový tok [9]

1.2.2 Úprava polymerů pro zpracování a použití

Základním polymerem, vyrobený jednou z polyreakcí, při níž přecházejí chemickou cestou monomerní jednotky na makromolekulární látky – polymery, nelze obvykle zpracovávat a aplikovat na výstřiky. Pro získání požadovaných vlastností je nutné polymer upravit vhodnými přísadami – aditivy. [1]

1.2.3 Přísady formulující zpracovatelnost tavenin

Pro bezproblémové zpracování polymerních materiálů se nejčastěji do polymerů přidávají aditiva

- pro zvýšení stability taveniny po dobu její prodlevy v plastikačním válci, resp. v horkém rozvodu formy – tepelné nebo termooxidační stabilizátory,
- pro zlepšení tokových vlastností taveniny, zaručující její dobrou stékavost, bezporuchovou plastikaci ve šnekové plastikační komoře, nelepivost taveniny a snadné vyjímání výstřiků z formy – vnitřní maziva aplikovaná do materiálu již při jeho výrobě,
- pro dosažení rovnoměrné a jemné krystalické struktury u částečně krystalických materiálů- nukleační činidla. [1]

1.2.4 Plniva – kompozitní materiály

Polymerní materiály s plnivem se nazývají kompozitními. Kompozitní materiály jsou definovány jako materiálové struktury, které vzniknou ze dvou nebo více materiálů zcela odlišných vlastností s výsledným synergickým účinkem. Základním uspořádáním kompozitního materiálu podle uvedené definice je matrice – pojivo, tj. polymer s aditivem, a plnivo, výztuž. [1]

Dělení plniv

- plniva částicová - řada minerálních plniv o různé velikosti a tvaru částic (př. skleněné mikrokuličky (balotina), mikromletý křemen, saze aj.),
- plniva vyztužující - zvyšuje v kompozitu jeho pevnost, tuhost, tvarovou stálost (př. skleněná vlákna, uhlíková vlákna),
- nanoplniva – zlepšují mechanické vlastnosti polymerní matrice, (více povrchu ve styku s polymerní matricí (př. vrstevnaté jíly). [1]

1.2.5 Příprava plastu před vstřikováním

Před zpracováním plastu vstřikováním se materiál upravuje v souladu s technologickým postupem, určeným na konkrétní výrobek. Obvykle to bývá sušení granulátu, mísení s přísádkem rozdrčeného odpadu, barvení granulátu, míchání s nadouvadlem apod. [5]

1.2.6 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 povrchové vady a nesnadno se vyjímají z formy. Proto je nutné materiály předsoušet. [5]

1.3 Návrh a konstrukce výstřiku

1.3.1 Výstřiky z termoplastů

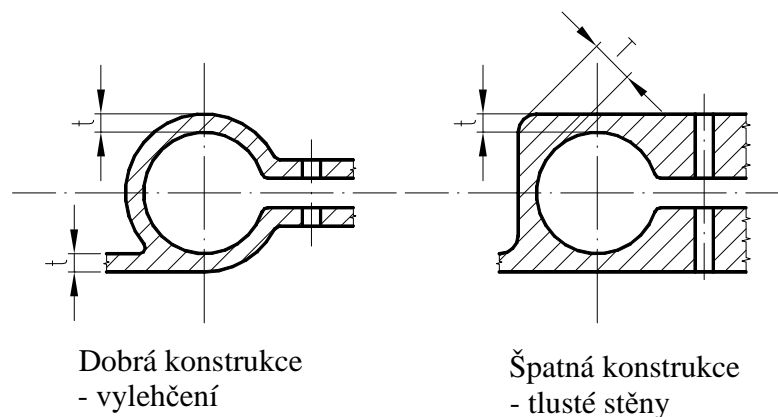
Jejich navrhování je podstatně náročnější než navrhování kovových výrobků, jak je patrné z následující charakteristiky. Po vyjmutí z formy mají poměrně velké lineární smrštění – asi 0,5 až 3 %. Horní mez tohoto smrštění dosahují částečně krystalické neboli semikrystalické termoplasty, např. PA,POM,PE,PP, neboť u je smršťování zvětšováno krystalizací. Smrštění závisí také na velikosti a tvaru výrobku, a na technologických podmínkách při vstřikování. Převážná část smrštění (80-90%) nastane do 24h po vstříknutí, zbytek tzv. dodatečné smrštění, asi do 1 měsíce.

Mají vždy dosti značné vnitřní pnutí způsobené rychlým vstřikem pod vysokým tlakem a rychlým ochlazením. Nastává orientace markromolekulových řetězců, tj. jejich srovná-

vání ve směru proudění a následujícím ztuhnutím v tomto nestabilním stavu napjatosti. Po čase dochází k samovolnému uvolňování vnitřního pnutí zvláště při zvýšené teplotě, což se může projevit jistou deformací výrobku, u křehkých materiálů (např. PS) i praskáním. Teplotní roztažnost termoplastů je až 10krát větší než u kovů. Přesnost výstřiku z termoplastů nikdy nedosáhne přesnosti kovových obráběných součástí. Běžně se může dosáhnout výrobních tolerancí s přesností IT 11 až 16, výjimečně při pečlivém zpracování i IT 9 až 10. [4]

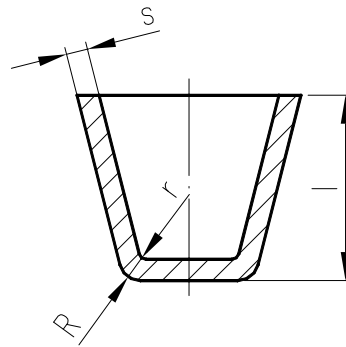
Požadavky na konstrukci součástí

- celková konstrukce součásti musí především splňovat vhodnou polohu dělicí roviny (dělicích rovin) a tím je určen i způsob jejího zaformování. K ní se váže i koncepce vyhazování, vtokového systému, odvodu vzdušnosti, směr úkosů, přesnost i vzhled apod.,
- zásady správné konstrukce tloušťky stěn vyžadují jednotnou tloušťku, náhle přechody mají být bez ostrých hran a v případě, kde se nelze vyhnout tlustším stěnám (místům, se provede vhodné vylehčení. V úzké dutině se tavenina rychle ochlazuje a tuhne, tlusté stěny zase vyžadují dlouhou dobu chlazení. Různé tlusté stěny s hromaděním materiálem nestejně tuhnou, vzniká vnitřní pnutí a různé povrchové vady, propadliny a lunkry,



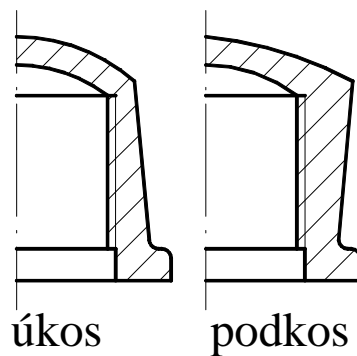
Obr. 8 Vylehčení [5]

- zaoblení hran, rohů a koutů se usnadní tok taveniny, zabrání se koncentraci napětí v těchto místech a sníží se opotřebení formy, protože přechody s ostrými hranami vyžadují vyšší vstřikovací tlaky,



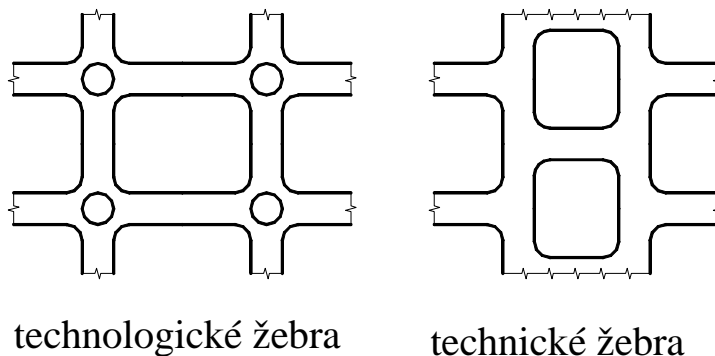
Obr. 9 Zaoblení hran [5]

- úkosy a podkosy jsou sklony stěn výstřiku kolmo k dělicí rovině, kterými se umožňuje nebo u podkosů zabraňuje vyjímání výstřiku z dutiny formy. Svým uspořádáním jsou buď vnější, nebo vnitřní. Podkosy s výjimkou technologických, komplikují konstrukci i funkci formy a proto je snaha se jim vyhnout,



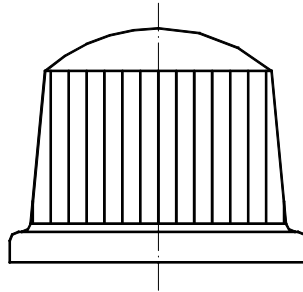
Obr. 10 Úkos a podkos [5]

- Žebra se dělí podle účinku, který plní na součásti, případně v dutině formy. Technická žebra zabezpečují pevnost a tuhost součásti. Technologická zase umožňují optimální plnění dutiny formy, nebo brání zborcení stěn, případně odstraňují předpokládaný vznik povrchových vad,



Obr. 11 Technologická a technická žebra [5]

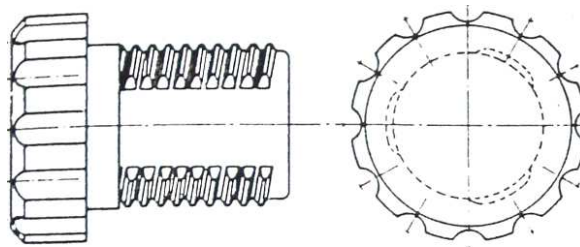
- Otvory a drážky na výstřiku se doporučují volit tak, aby při výrobě činily co nejmenší potíže. Záleží hlavně na jejich poloze vzhledem k zaformování. Otvory a drážky kolmo na směr dělicí roviny se zhotoví pomocí čelistí, nebo výsuvných jader.



Obr. 12 Vhodné rýhování [5]

Výstřiky se závity

Vyráběné profily plastových závitů nemají být jemné a ostré. Z pevnostních důvodů mají mít dostatečně velký nosný profil, bez ostrých hran, aby se zamezilo vrubovému účinku dílu. Proto se doporučuje vyrábět závity většího průměru, s větším stoupáním jako jsou závity oblé, trapézové a jim podobné. Vhodné jsou závity přerušované, které jsou snadněji odformovatelné. [6]



Obr. 13 Přerušovaný závit u výstřiku [5]

1.3.2 Rozměry součástí z plastů

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. Přesnost rozměrů se stanoví s ohledem na:

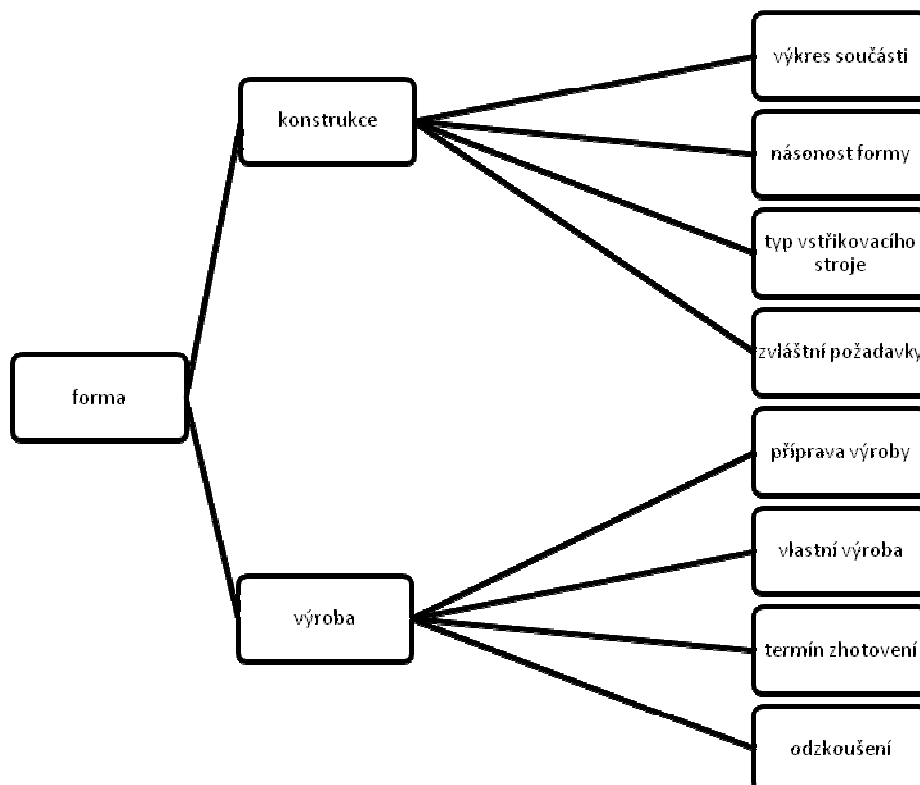
- tolerované rozměry, norma ČSN 014265 (1982)
- netolerované rozměry, norma ČSN 640006 (Na výkres součásti je vždy nutno uvést poznámku netolerované rozměry dle ČSN 640006. Pokud tak není uvedeno, platí, že netolerované rozměry se považují za doporučené.)
- úkosy se do tolerance nezapočítávají [5]

2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉ FORMY

Forma dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Její dobrá kvalita plní požadavky:

- technické, které zaručují správnou funkci formy, která musí vyrobit požadovaný počet součástí v náležité kvalitě a přesnosti. Má také splňovat podmínku snadné manipulace i obsluhy při výrobě,
- ekonomické, které se vyznačují nízkou pořizovací cenou, snadnou a rychlou výrobou dílů při vysoké produktivitě práce. Také vysokým využitím plastu,
- společenskoestetické, které umožňují vytvářet vhodné prostředí při běžné práci. Vyžadují dodržení všech bezpečnostních zásad při konstrukci, výrobě i provozu formy. [5]

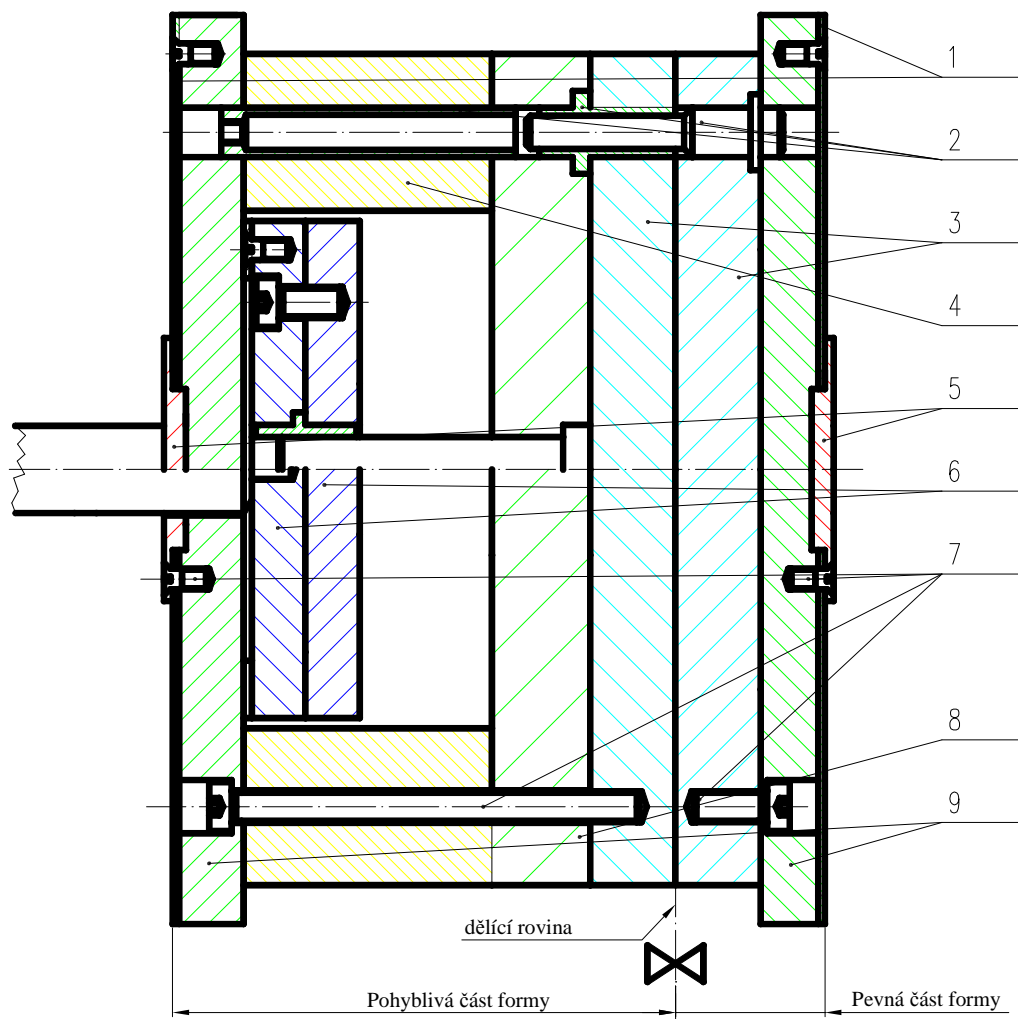
Technické údaje potřebné pro konstrukci forem na vstřikování plastu



Obr. 14 Technické údaje potřebné pro konstrukci a výrobu formy [5]

2.1 Rámy forem

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. [6]



Obr. 15 Popis rámu formy

1- Izolační desky, 2- Vodící elementy, 3- Kotevní desky, 4- Rozpěrky, 5- Středící kroužky,
6- Vyhazovací desky, 7- Spojovací elementy, 8- Opěrná deska, 9- Upínací desky

Vodící a spojovací součásti

Rám formy je sestaven jednotlivých desek a dalších dílů v pevnou a pohyblivou část. Tyto celky jsou vzájemně vedeny, ustředěny a někdy i spojeny pomoci vodících pouzder, kolíků a dalších součástí. [6]

Rozpěrky

Doplňují rám formy v jeho pohyblivé a někdy i v pevné části. Jsou nutné z tohoto důvodu

- zvětšují stavební výšku, aby se dosáhlo jejího minimálního rozměru pro daný stroj,
- vytváří ve formě prostor pro umístění vyhazovacích desek a potřebný zdvih s vyhazovači,
- zmenšují stykovou plochu mezi funkčními a upínacími částmi formy, aby tepelné ztráty vedením při temperaci formy byli minimální,
- u forem s vyhřívanými tryskami vytváří prostor pro vytápěné rozvodné bloky. [6]

Vyhazovací desky

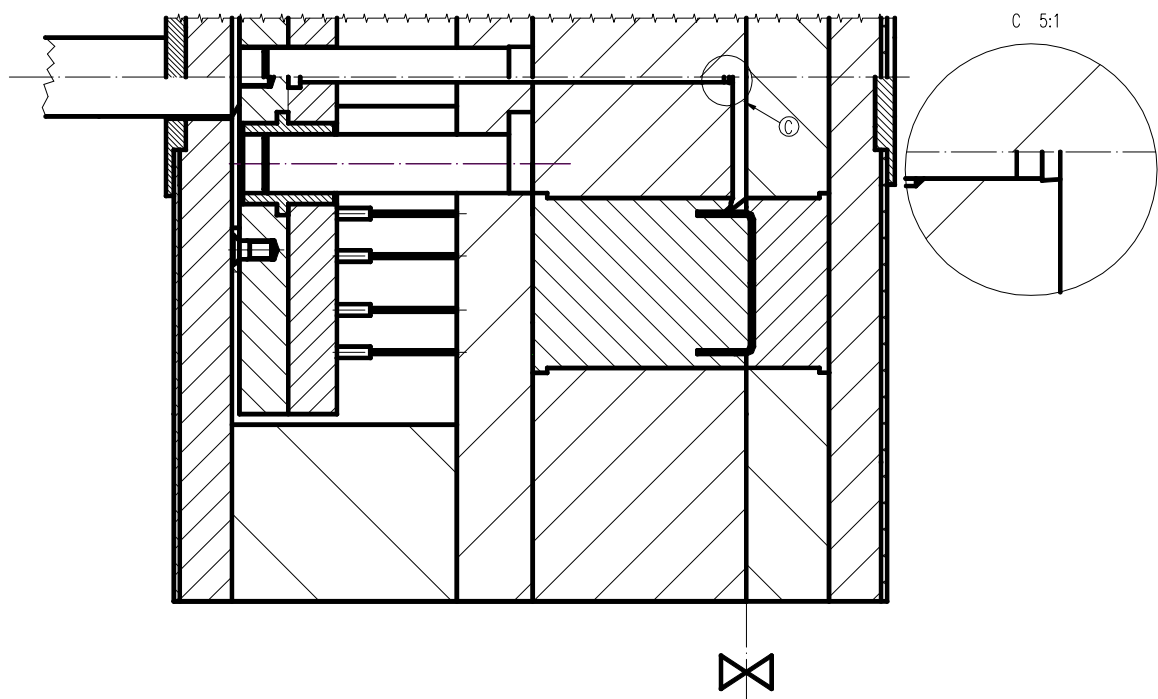
Slouží k ukotvení, vedení, ovládání a zajištění vyhazovačů v jejich pracovním i zpětném pohybu. Používají se obvykle v uspořádání jako deska kotevní a opěrná. [6.]

Středící kroužky

Slouží k ustředění formy na stroj, ale také k jejímu zajištění proti případnému sklouznutí z upínací desky stroje při manipulaci. Z těchto důvodů mají být u obou polovin formy středící kroužky. Velikosti jmenovitého průměru jsou přiřazeny k jednotlivým typům vstřikovacích strojů. [6]

2.1.1 Dvoudeskový systém studených vtoků

Systém má pouze jednu dělicí rovinu, v které leží jak tvarová dutina, tak i vtoková soustava. Využívá se pro téměř všechny vtokové ústí, kromě bodového vtoku (vyžaduje systém třídeskových forem). Pro zaručenou správnou funkci dvoudeskového systému je nutné použití přídržovače vtoku na pohyblivou část formy, aby došlo k odtržení vtokového kužele z vtokové vložky (u plného kuželového vtoku tahle zásada neplatí).

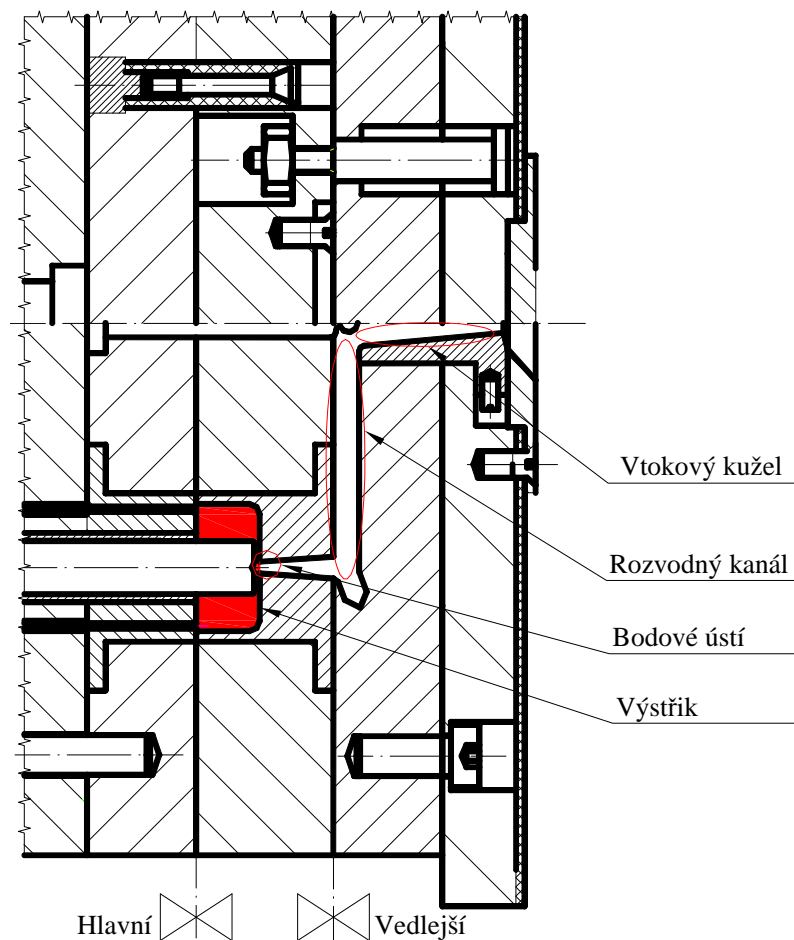


Obr. 16 Dvoudeskový systém studených vtoků s bodovým tunelovým ústím a přídržovačem vtoku

2.1.2 Tří deskový systém studených vtoků

Hlavní výhodou tří deskového studeného vtokového systému oproti dvou deskového studeného vtokového systému je, že již není omezen vtok jen na obvod dutiny. Ve srovnání s horkým vtokovým systémem je tří deskový systém levnější, poměrně snadno ovladatelný, má rychlý rozjezd a nevyžadují zkušenou obsluhu. Tří deskový systém má dvě dělicí roviny. Mezi rozvodnou deskou a kotevní deskou pravou, vtoková vložka zajišťuje tok taveniny do rozvodné desky. Rozvodný vtokový kanál ústí do vtokového bodového ústí v tvárnici. Tří deskový systém se používá pro více násobné formy vyrábějící díly jako pohár, kde vtokové ústí je ve středu dutiny. [2]

Zajišťuje, aby nejprve došlo k odtržení vtokového ústí a teprve potom k otevření formy v dělicí rovině s tvarovou dutinou. [5]



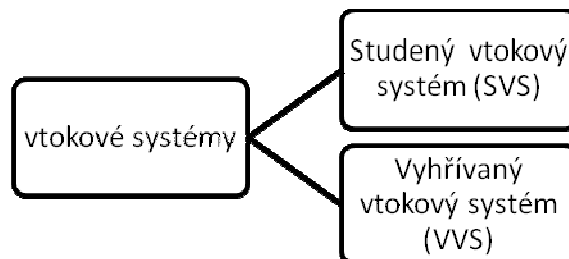
Obr. 17 Tří deskový systém studených vtoků

2.2 Vtokový systém

Zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku,
- spotřebu materiálu plastu,
- náročnost opracování na začištění výstřiku,
- energetickou náročnost výroby. [5]

Rozdělení vtokových systémů



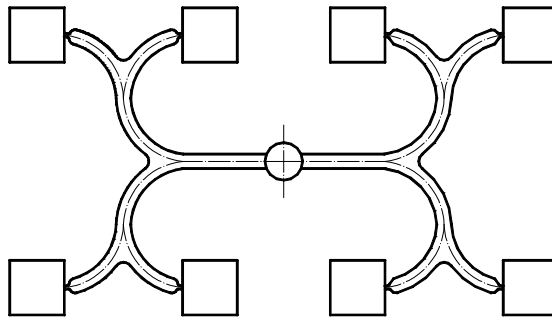
Obr. 18 Rozdělení vtokových systémů

2.2.1 Studené vtokové soustavy

Při volbě určitého vtokového systému se vychází z toho, že tavenina se vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnějším povrchu roste, nejnižší je uprostřed. Ztuhlá povrchová vrstva taveniny vytváří tepelnou izolaci vnitřnímu proudu taveniny. [5]

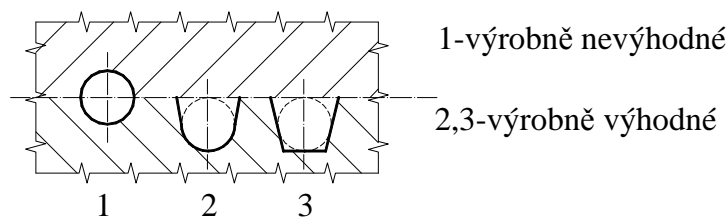
Obecné zásady

- Dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát,
- Dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnovážné plnění,



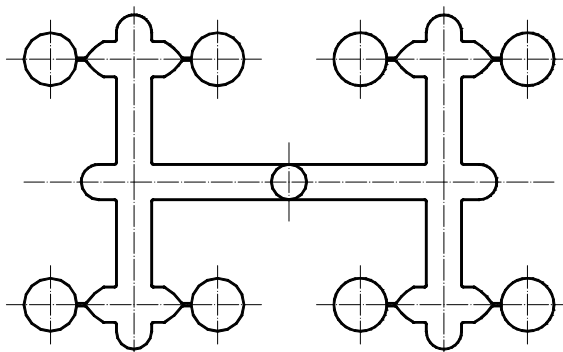
Obr. 19 Stejně dlouhá délka vtokových kanálů ke všem dutinám formy [5]

- Průřez vtokových kanálů by měl být dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožnilo působení dotlaku. Vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez. Tím budou ztráty ochlazováním minimální. Této podmínce odpovídá kruhový průřez. Z výrobních důvodů se volí i jemu podobný tvar lichoběžníkový,



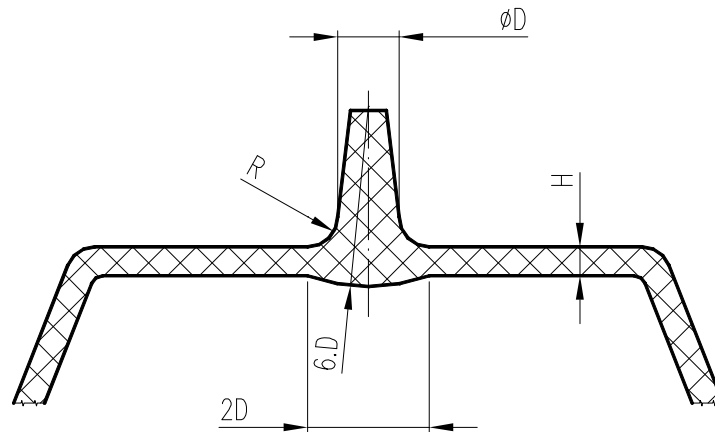
Obr. 20 Průřezy vtokových kanálů [5]

- U více násobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů, aby byla zachována stejná rychlost taveniny,



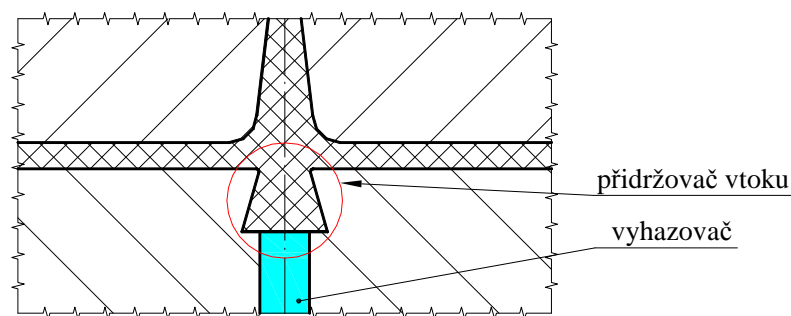
Obr. 21 Odstupňování průřezů kanálů [5]

- Pokud ústí vtokový kanál do dutiny výstřiku, je vhodné vytvořit proti ústí vtoku čočkovité zahloubení,



Obr. 22 Čočkovité zhloubení [5]

- Zaoblení všech ostrých hran vtokových kanálů min. $R=1\text{mm}$,
- Stanovit úkosovitost všech vtoků, pro jejich snadné odformování. Minimální úkosy jsou $1,5^\circ$. Podkoso se volí jen u komůrky přidržovače vtoku. [5]



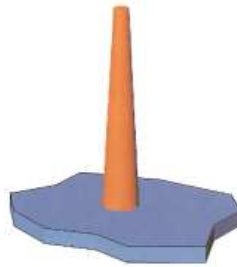
Obr. 23 Přidrřovač vtoku

2.2.2 Vtokové ústí

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jen ve výjimečných případech může být použit plný nezúžený vtok. Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny. Omezí se strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím i vytváření povrchových defektů. Velikost zúženého průřezu však musí spolehlivě naplnit dutinu formy a také ještě umožnit působení dotlaku. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. Jeho spodní hranice je však omezena pevností materiálu formy. [5]

Plný kuželový vtok

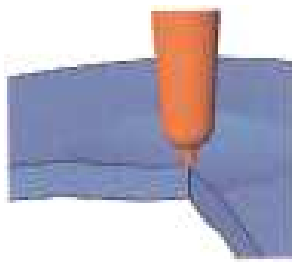
Přivádí taveninu do tvarové dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Používá se především u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Je vhodný především pro tlustostěnné výrobky. [5]



Obr. 24 Plný kuželový vtok [2]

Bodový vtok

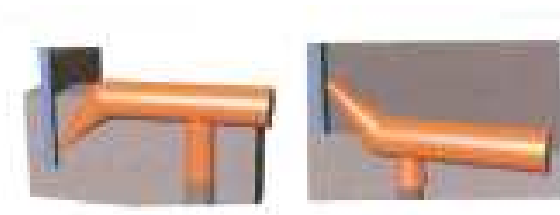
Je nejznámější typ zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, který leží mimo nebo i v dělicí rovině. Vyžaduje systém třídeskových forem. [5]



Obr. 25 Bodový vtok [2]

Bodový tunelový vtok

Je zvláštním případem bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výstřik. Není nutné konstruovat formu s více dělicími rovinami. [5]



Obr. 26 Bodový tunelový tok [2]

Bodový banánový (srpkovitý) vtok

Je zvláštním typem tunelového vtoku. Umožňuje umístit vtokové ústí do části výstřiku, ve kterém nepůsobí rušivě. [5]



Obr. 27 Bodový banánový vtok [2]

Boční vtok

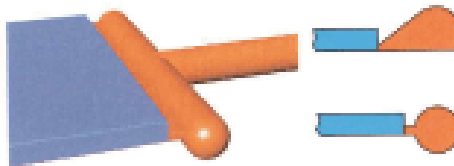
Leží v dělicí rovině. Průřez bývá obvykle obdélníkový, ale může být i jiný (kruhový, lichoběžníkový) Při odformování zůstává zpravidla výstřik od tvarového zbytku neoddělený. [5]



Obr. 28 Boční vtok [2]

Boční filmový vtok

Je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí hlavně k plnění kruhových a trubičkových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. [5]

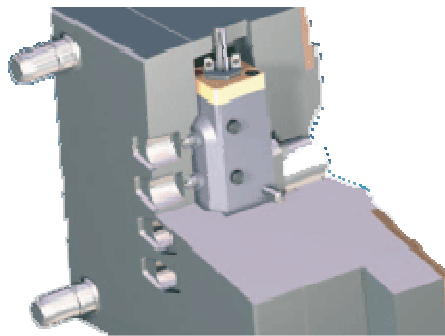


Obr. 29 Boční filmový vtok [2]

2.2.3 Vyhřívané vtokové soustavy (VVS)

Během několika posledních desetiletí, se zvýšilo použití horkých vtoků přibližně na 30% všech nových forem. Nejvíce horkých vtoků je nakupováno od specializovaných fi-

rem, které se specializují na jejich návrh a výrobu. Horké vtoky se pak sestavují do formy. Horké vtoky musí vydržet potenciál velkého vnitřního tlaku taveniny. Vysoký tlak může vytvořit prosakování nejmenšími otvory, nebo otvory vytvořit. Návrh konstrukce musí tomuto namáhání zcela odolat. Horké vtoky jsou obvykle zcela uzavřené v pouzdře, které izoluje systém, před tepelným namáháním a proti prasknutí vlivem vysokého tlaku. [2]



Obr. 30 Hasco H7000 Vyhřívané trysky [10]

Výhody

- rychlejší čas cyklu (např. žádný vtokový zbytek a doba chlazení vtokového zbytku, žádný vstřikovací čas na vyplnění vtokového zbytku, menší rozevření formy) tvrzení o rychlejší době vstřikovacího cyklu je obecně založeno na očekávání, že cyklus SVS musí chladit kuželový vtok a vtokový kanál, dále ušetří čas pro plastifikaci taveniny potřebné k vyplnění vtokového zbytku. Vstřikování trvá u VVS jen zlomek vteřiny. Odstranění přídavného chlazení vtokového zbytku je největší výhodou. Tenhle nedostatek může vyřešit vyhřívaná vtoková vložka. VVS mohou mít výhodu při rychlejším uzavírání a otevírání formy. To platí zejména, porovnávat-li 3deskový studený vtokový systém, který se musí otevřít ve dvou dělicích rovinách, minimálně do vzdálenosti potřebné k otevření obou dělicích rovin a kuželového vtoku,
- snižování spotřeby energie (plastifikace, plnicí tlak, granulátory) i když vzhledem k přidané energii na vytápění VVS se obvykle očekává, že VVS spotřebují více energie, dojde ke snížení celkové spotřeby energie. Rozdíl však může být minimální. VVS nevyžadují tolik plastifikovaného materiálu. VVS se musí vytápět a dodatečně chladit temperací a izolovat, aby neunikalo teplo do upínacích desek lisu,
- horké vtoky téměř vždy snižují požadovanou upínací sílu, protože nepůsobí žádná odporová síla působící na upínací systém,

- snížený vstříkovací tlak. Platí pro případ s externě vyhřívanými tryskami, jejichž průřez kanály může být často větší, než u studených vtoků. Neplatí, pokud jsou použity vnitřně vytápěné trysky. [2]

Nevýhody

- požadují, aby provozovatel dodržoval pracovní postup předepsaný technologem a údržbu s vyšší úrovní vzdělání,
- problémy spojené se zamrznutím trysky, samovolné vytékání polymeru co táhne vlas, vyvážený tok taveniny ke každé trysce přes rozvodný blok, teplotní kontrolu a nečistoty v systému v důsledku stagnující nebo pomalého průtoku systémem,
- obtížné dosažení těsnosti mezi rozvodným blokem a tryskou, než u SVS,
- vysoké pořizovací náklady na VVS, včetně elektrických regulátorů a hydraulické nebo pneumatické ovládací prvky potřebné pro uzavíratelné vtokové trysky,
- neplánované přerušení cyklu způsobené zamrznutím ústí vtokové trysky, Poškození elektrických součástí a úniku,
- náklady spojené s údržbou kontrolního systému VVS,
- malá flexibilita při změně vstříkovaného plastu,
- některé teplotně citlivé materiály jsou těžce nebo vůbec nezpracovatelné VVS. [2]

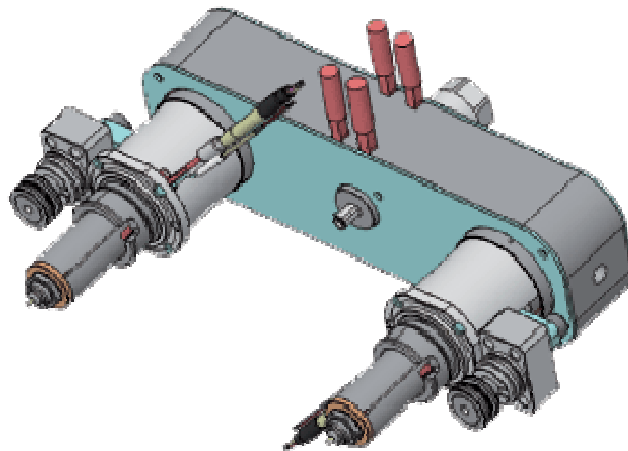
Mechanicky ovládané trysky

Mechanické ovládání ústí zajišťují pružiny, torzní tyče, hydraulicky nebo pneumaticky ovládané čepy. [2] Firma Hasco nabízí i magnetické uzavírání ve svém produktu Z1081.

Před vstříknutím je ventil v otevřené poloze. Otevřená tryska umožňuje vstřík taveniny do dutiny formy. Než tavenina zcela zatuhne v ústí toku, čep uzavře trysku. Pružinou ovládané uzavírání nezajišťuje řízené načasování nebo přesný pohyb ventilu. Proto většina systémů uzavírání ústí vtoku jsou, buď pneumaticky nebo hydraulicky ovládané. Pneumaticky řízený systém využívá centrální rozvod stlačeného vzduchu. Hydraulicky ovládaný systém obvykle využívá stejný olej jako vstříkovací stroj, který může poskytnout vyšší tlak. Negativní dopad je spojen se zvýšenou péčí a údržbou.

Ve vysokorychlostním vstřikování může aplikace uzavíratelného ústí vtoku potenciálně zkrátit doby cyklu, díky uzavřené trysce a rychlejší plastifikaci při otevřené formě.

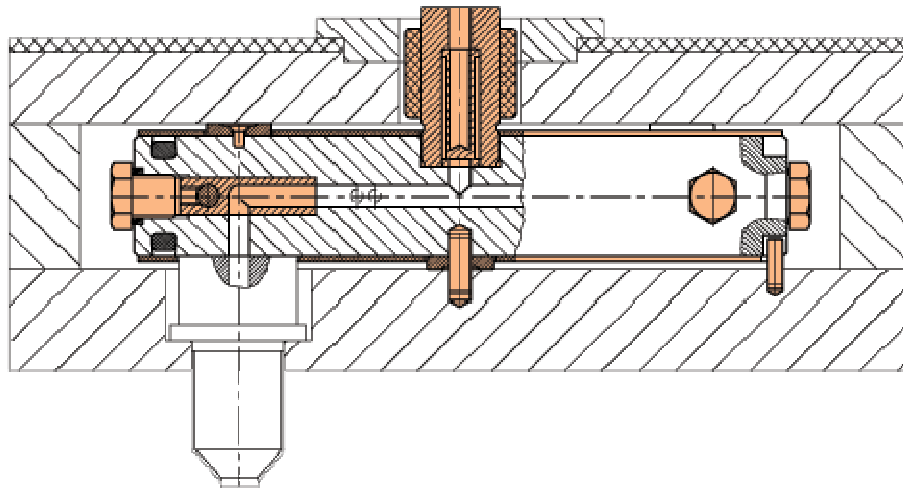
Jeden z hlavních důvodů proč se používají mechanicky uzavíratelné trysky je vytvořit dokonalé ústí vtoku bez tažení vlasu. Tyto typy ústí vtoku zanechávají jen malé stopy po vtoku, než standardní vtokové ústí. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena, jsou drahé na údržbu a zvyšují sofistikovanost formy. Tento typ uzavírání je citlivý na opotřebení. Jediným omezením může tedy být použití plastu s obsahem abrazivního plniva. [2]



Obr. 31 Hasco Z10710 vyhřívané hydraulicky uzavíratelné trysky v sestavě s vytápěným rozvodným blokem [10]

2.2.4 Vytápěné rozvodné bloky

Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce je podmíněna rovnoměrným vytápěním. Rozváděcí blok je ocelový, uložen mezi upínací a tvarovou (kotevní pravou) deskou 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 zvenku elektrickým odporovým topením pomocí topných hadů zalitých mědí nebo topnými patronami s vytápěním zevnitř. [5]



Obr. 32 Hasco Z1052 Vytápěný rozvodný blok [10]

2.3 Vyhození výrobků

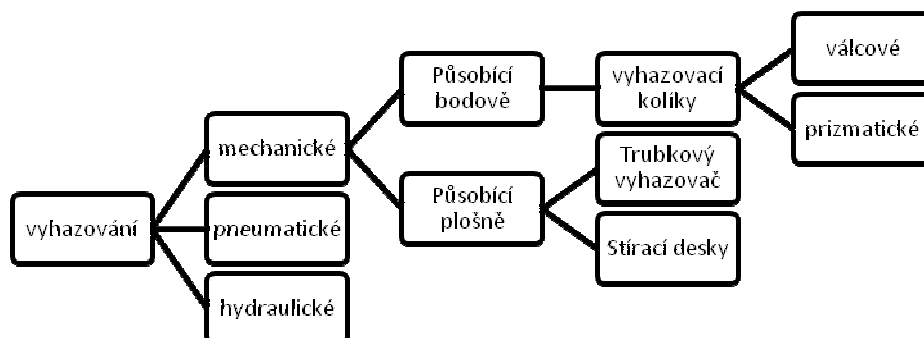
Vyhazování výstřiku z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřik. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svou funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus.

Má dvě fáze

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

Základní podmínkou dobrého vyhazování je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší, než 30°. Vyhazovací systém musí výstřik vysunout rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. [6]

Rozdělení vyhazování

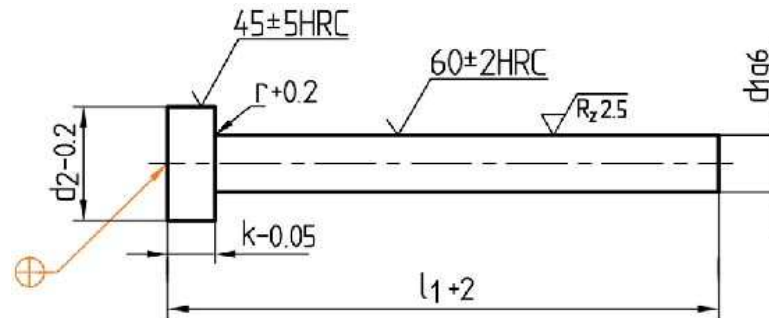


Obr. 33 Rozdělení vyhazovacího systému

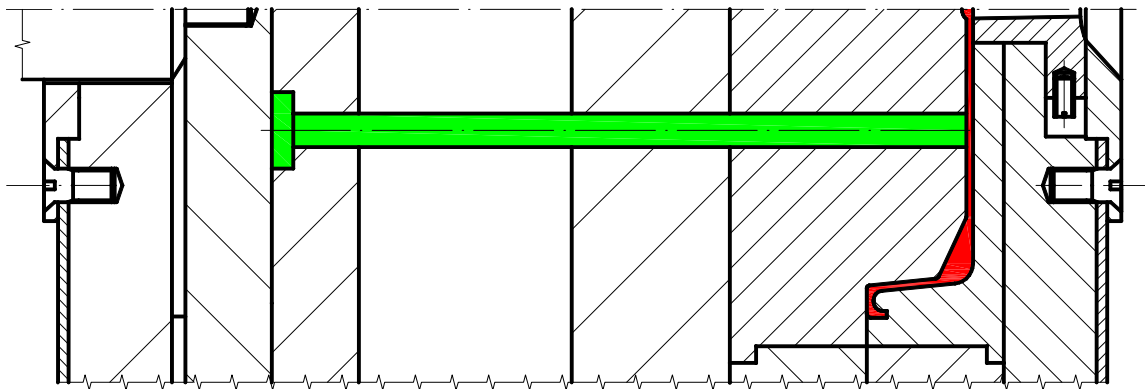
2.3.1 Mechanické vyhazování:

Vyhazování pomocí válcových kolíků

Je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiku. Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí se ho při vyhazování bortit. Jinak by mohla nastat jeho trvalá deformace. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy. Proto není vhodné jej umístit na vzhledových plochách. [6]



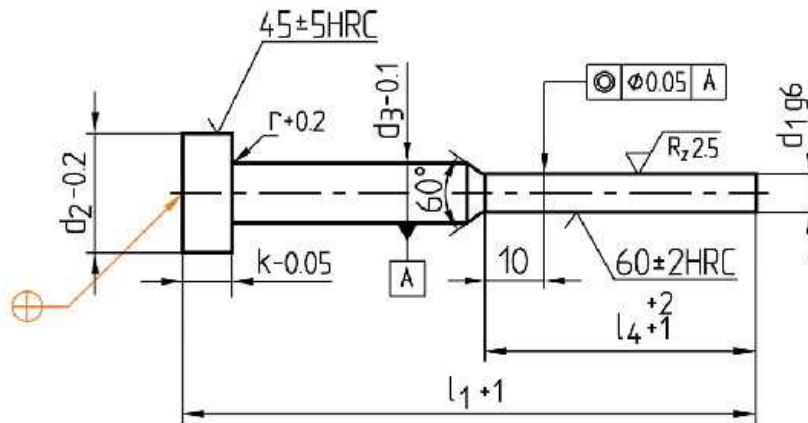
Obr. 34 Hasco Z40 Vyhazovač s válcovou hlavou [10]



Obr. 35 Příklad užití válcového vyhazovače
Zeleně- válcový vyhazovač, Červeně- výstřík

Vyhazování pomocí prizmatický kolíků

Používá se v případech, kdy obyčejný válcový vyhazovač malého průměru nevyhovuje pevnostní podmínce namáhání na vzpěr. Konstruktivním řešením odstupňovaného průřezu splní požadavky jak pevnostní, tak i požadované geometrické.



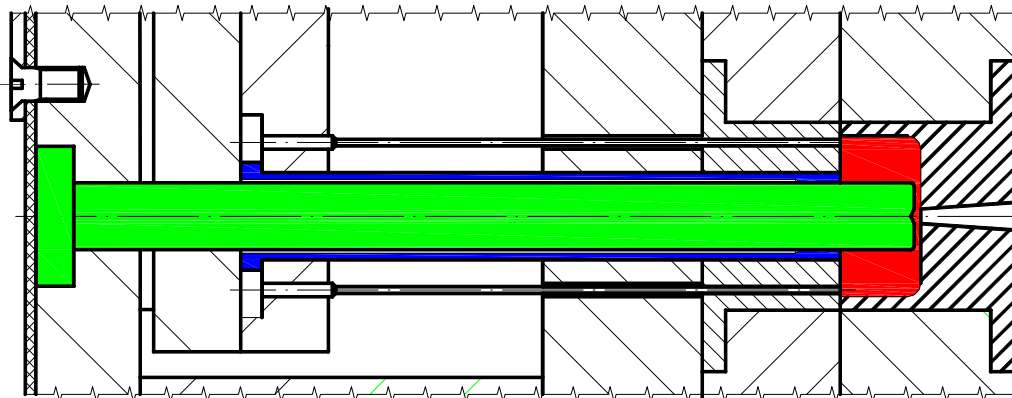
Obr. 36 Hasco Z442 Ejector pin [10]

Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů

Je speciálním formou mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou uloženy pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstříků s mělkým vnitřním nebo vnějším zápichem. [6]

Trubkový vyhazovač

Funkce trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač s otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Zatím co vlastní vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro. [6]

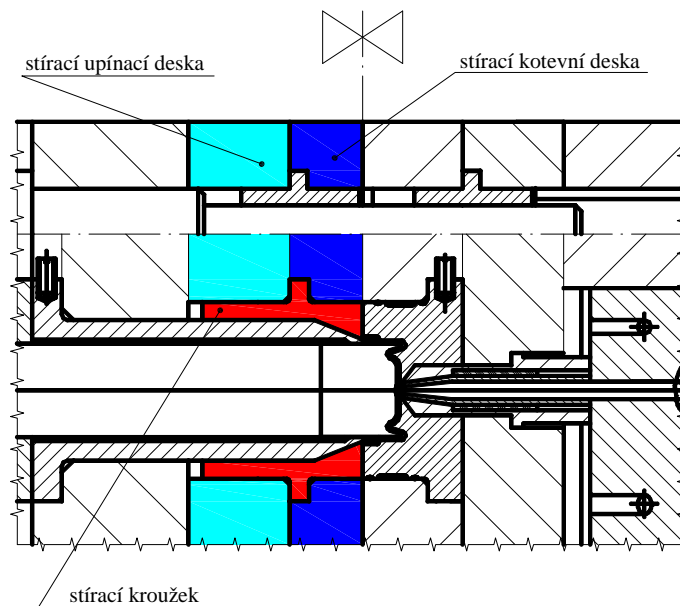


Obr. 37 Užití trubkového vyhazovače

Zeleně-válcový vyhazovač, Modře-trubka, Červeně- výstřík

Vyhazování pomocí stíracích desek

Představuje stahování výstřiku z tvárničku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazovačích. Jeho deformace pak jsou minimální a stírací síla velká. Používají se především u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. [6]



Obr. 38 Dvojice stíracích desek s vyměnitelným stíracím kroužkem

2.3.2 Pneumatické vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Běžné mechanické vyhazování větších výstřiků vyžaduje značné zvětšení délky formy (velký zdvih vyhazovače), bez záruky dobré funkce. Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárničky, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou na výstřiku stopy po vyhazovačích. [6]

2.3.3 Hydraulické vyhazování

Používané hydraulické vyhazovače se vyrábějí 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. [6]

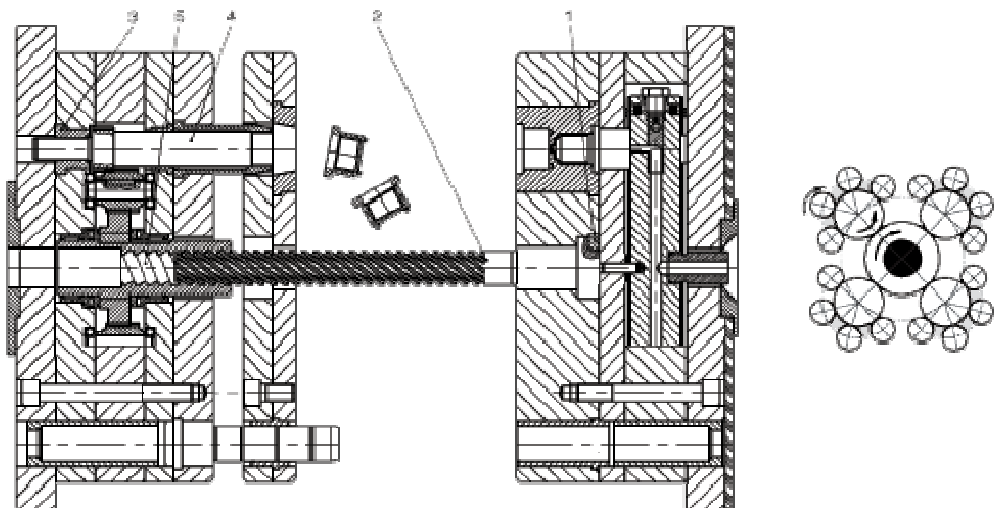
2.4 Odformování výrobků se závity

2.4.1 Vytáčení závitových trnů

Závitová část výstřiku se vyformuje pomocí závitového trnu. I když je plast pružný, nelze výstřik běžně ze závitu setřít (až na výjimky) a musí se z výstřiku vyšroubovat. [6]

Provádí se

- ručně i s pomocí přípravků mimo vstřikovací stroj,
- s pomocným zařízením, většinou v otevřené formě. Pohon vytáčecích elementů se realizuje pomocí elektromotoru, nebo ozubeným hřebenem spojeným s hydraulickým, nebo pneumatickým válcem,
- vytáčení závitových trnů během normálního pracovního cyklu. Buď během otvírání formy, nebo pohybem vyhazovacího trnu. Při otvírání formy se pohybový šroub otáčí spolu s ozubeným kolem a pohání další ozubené kolo, upevněné na vytáčecím trnu. Otáčivým pohybem se vytáčí trn z výstřiku a zašroubovává se do protimatice. Když je z výstřiku vytočen, pomocí táhla je posunuta stírací deska, která výstřik vyhodí. Pohybový šroub během pracovního cyklu nesmí opustit centrální matici. [6]



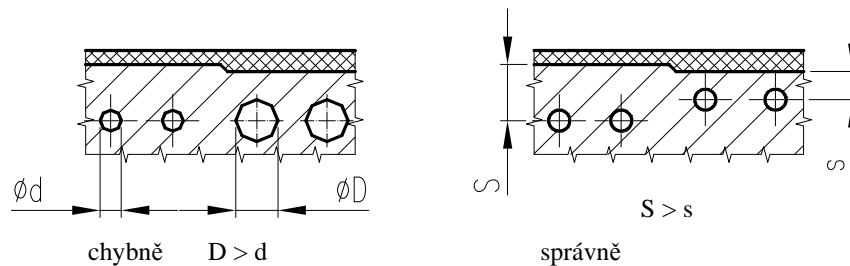
Obr. 39 Hasco Z1500 [10]

2.5 Temperování forem

Temperace 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. Během vstřikování se do formy přivádí roztavený polymer, který se v její dutině ochlazuje na teplotu vhodnou pro vyjmutí výstřiku. Temperace 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. Pokud má forma dostatečnou hmotnost a dobře řešený temperanční systém, zvýší se její tepelná a tím i rozměrová stabilita a sníží nebezpečí deformace, při vysokých vstřikovacích tlacích. Temperační systém formy je tvořen soustavou kanálů a dutí, kterými proudí vhodná kapalina, která udržuje teplotu temperovaných částí na požadované výši. [6]

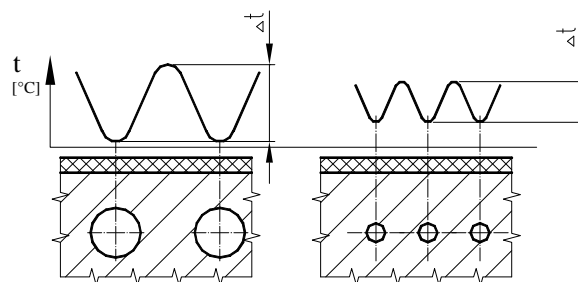
Obecné zásady volby temperančních kanálů

- vzdálenost kanálů od funkční dutiny má být optimální, ale je třeba dbát na dostatečnou pevnost a tuhost stěn funkční dutiny,



Obr. 40 Vzdálenost kanálů od funkční dutiny [6]

- je vhodnější použít větší počet menších kanálů s malými roztečemi, než naopak,



Obr. 41 Teplotní pole [6]

- průřez kanálu se volí podle velikosti výstřiku, druhu plastu a rámu formy. Nejběžnější průřez je kruhový. [6]

2.6 Odvzdušnění forem

Jedním ze zdánlivě méně důležitých problémů je odvzdušnění vstřikovacích forem a s tím spojené vady výstřiků. Neodvedený vzduch uzavřený v tvarových dutinách vstřikovacích forem může mimo jiné vyvolat následující vady, resp. technologické problémy:

- nedostřiky - zamrznutí postupu čela taveniny,
- spálená místa na výstřicích vyvolaná tzv. Dieslovým efektem,
- uzavření vzduchu (tvorba bublin) ve stěnách výstřiků s větší tloušťkou stěn,
- zvýšení nebezpečí výskytu studených spojů a sním spojených vad povrchu a lokální snížení pevnosti. [1]

2.7 Materiály vstřikovacích forem

Formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Materiály forem jsou ovlivněny provozními podmínkami výroby, určené

- druhem vstřikovaného plastu,
- přesnosti a jakosti výstřiku,
- podmínkami vstřikování,
- vstřikovacím strojem. [6]

Pro výrobu forem se tedy používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře.

Používají se

- oceli vhodných jakostí,
- neželezné slitiny kovů (Cu, Al),
- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé). [6]

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

Jednotlivé díly forem nemají stejnou funkci. Proto vyžadují i svoje specifické požadavky na volbu materiálu, z kterého budou vyrobeny. Jejich výběr a doporučená řada má odpovídat požadované funkci součásti, s ohledem na opotřebení a životnost. [6]

Od použitých materiálů se vyžaduje především

- dostatečná mechanická pevnost,
- dobrá obrobiteľnosť,
- dobrou leštiteľnosť a obrusiteľnosť,
- zvýšená odolnosť proti otěru,
- odolnosť proti korozi a chemickým vlivům plasty,
- vyhovující kalitelnost a prokalitelnost,
- stálost rozměrů a minimální deformaci při kalení. [6]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 POUŽITÉ PROGRAMY

3.1 Catia V5 r18

Catia (Computer-Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application) je softwarový produkt pro 3D návrh výrobku od francouzské firmy Dassault Systèmes. Vyznačuje se značnou úrovní průmyslové univerzálnosti, tzn. že může být nasazen do zcela rozdílných oblastí strojírenství. Široké spektrum modulů, kterými CATIA V5 disponuje, umožňuje vytvářet softwarové řešení sladěné s konkrétními podmínkami a požadavky uživatelů. Může to být např. automobilový či letecký průmysl, výroba spotřebního zboží a stejně tak i výroba obráběcích strojů nebo investičních celků těžkého strojírenství. [11]

3.2 Hasco Dako modul R1/2011

Softwarový balík programů obsahující Dako modul (3D katalog spolu s podprogramem pro převod do různých CAD systémů), nákupní interaktivní formulář a prohlížeč 3D normálií.



Obr. 42 Použité programy

4 SPECIFIKACE VÝROVKU

Vstříkovaný plastový výrobek slouží jako uzávěr menšího kanystru.

4.1 Materiál výstříku

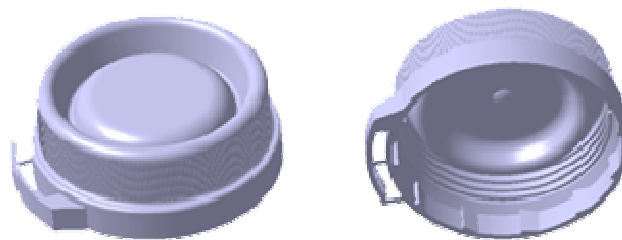
Materiál pro výrobu daného víčka je PP Mosten MA 230 vyráběný společností Unipetrol. Polypropylen Mosten MA 230 je vysokotekoucí termoplastický homopolymer s antistatickou aditivací. Vyznačuje se dobrou zpracovatelností a výrobky vysokým leskem. Typ je vhodný pro vstříkování do násobných forem a pro výrobu tenkostěnných výrobků. Typickou aplikací je výroba obalů pro potravinářský průmysl, obaly VHS kazet, DVD disků. [12]

4.1.1 Charakteristika polymeru

- Index toku taveniny: 30 g/10min,
- Hustota 900 Kg/m³
- Napětí na mezi kluzu: 35 MPa,
- Teplota měknutí dle Vicata: 156 °C.

[12]

4.2 Geometrický tvar výstříku



Obr. 43 Víčko

Výstřík je tenkostěnná rotační skořepina, která má na vnější straně obvodu jemné drážkování pro snadnější utažení popř. uvolnění uzávěru. Na vnitřním obvodě má trapézový závit se stoupáním 1,5 mm. Na spodní straně ještě obsahuje výstupky, které zabraňují pootočení výstříku při jeho odformování.

5 KONSTRUKCE FORMY

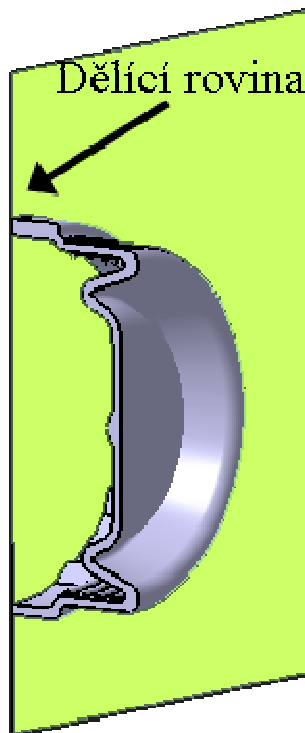
Při konstrukčním návrhu bylo snahou využít co nejvíce normálii z důvodu ekonomičnosti výroby a efektivnosti konstrukce.

5.1 Volba násobnosti

Násobnost byla zadána vedoucím BP. a to dvacetičtyř násobná.

5.2 Zaformování výstřiku

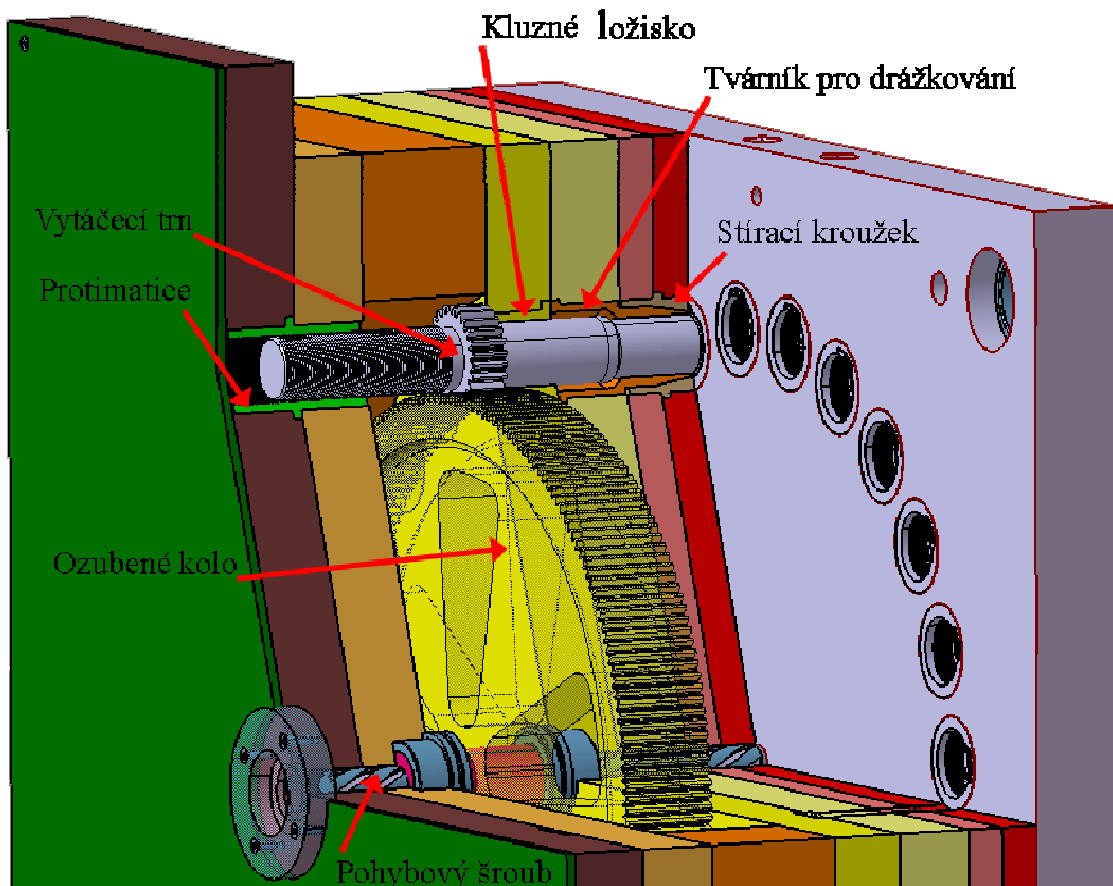
Díky tvaru výstřiku stačí použít pouze jednu dělicí rovinu a to rovnoběžnou z upínacími deskami formy (na obr. č.44 vyobrazena žlutě).



Obr. 44 Dělicí rovina

5.3 Odformování závitu

Tvar výstřiku s vnitřním závitem předurčuje použití vyšroubovacího systému. Vyšroubovací systém spočívá v použití ozubených kol poháněných pohybovým šroubem spoluprobírajícím s maticí a tím roztáčejícím ozubení, které zašroubuje závitový trn do protimatice.



Obr. 45 Odformování závitu

5.3.1 Pohybový šroub

Pohybový šroub má pětichodý levý závit se stoupáním 100mm a je uložen v pravé části formy mezi pravou tvarovou deskou a třetí pravou mezideskou, kde je zajištěn proti pootočení perem.

5.3.2 Matice

Matice má stejný závit jako pohybový šroub, na kterém je zašroubována a uložena v axiálně radiálních ložiscích Hasco Z1566. Matice je vyrobena ze slitiny bronzu.

5.3.3 Centrální ozubené kolo

Je nalisováno na matici a zajištěno proti pootočení perem. Má 201 zubů s modulem 2mm. Při otevření formy se roztáčí. O uložení se starají stejná ložiska jako u matice. Při jeho konstrukci jsem využil již vytvořený model ozubení dostupný z <http://gtrebaol.free.fr/>, kde jsem upravil jeho parametry na mnou požadované.

5.3.4 Vytáček trn

Vytáček trn je hřídel, která má jednotlivé funkční části:

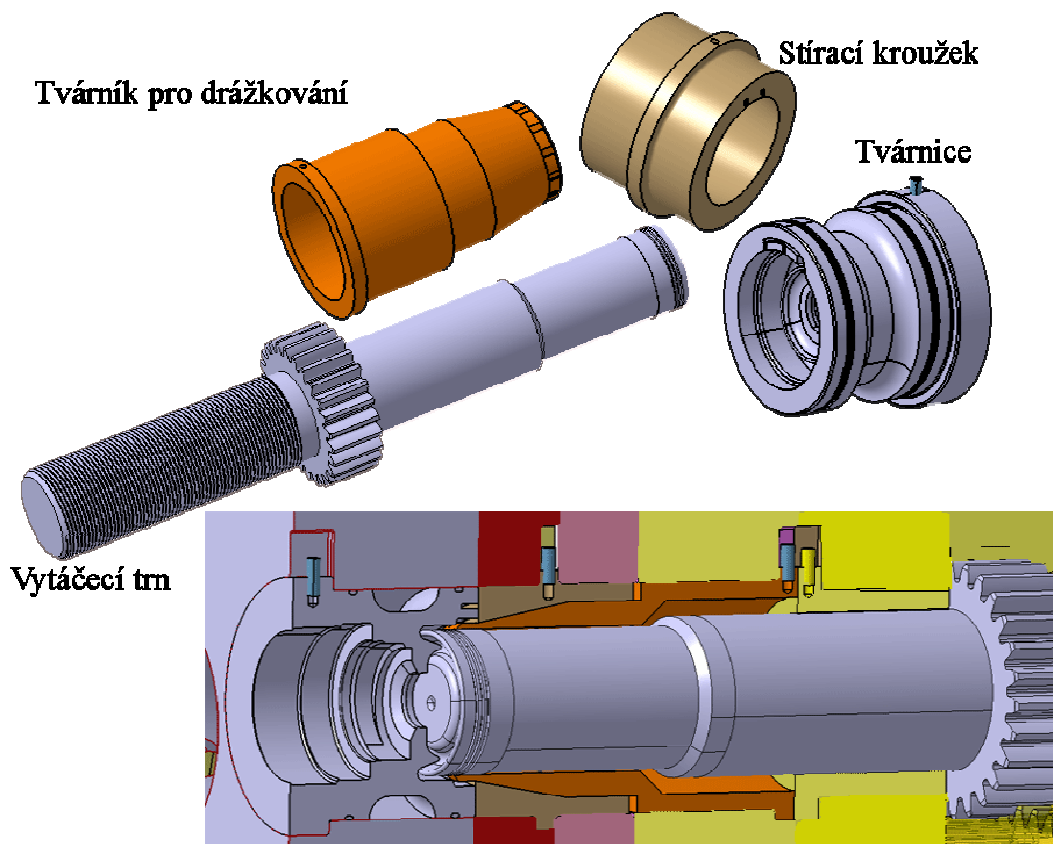
- na levé straně závit se stejným stoupáním jako závit výstřiku,
- uprostřed je pastorek s kluzným ložiskem (pastorek byl vygenerován stejně jako ozubené kolo, jen s jinými vstupními parametry),
- na pravé straně je závit, který je negativem závitu výstřiku.

5.3.5 Protimatice

Protimatice se nachází v levé části formy mezi levou upínací deskou a první levou mezideskou. Zajištění proti pootočení zajišťuje stavěcí šroub.

5.4 Díly určující tvar výstřiku

K dílům udávající tvar výstřiku patří především vytáček trn, tvárnice, tvárník pro drážkování a stírací kroužek.



Obr. 46 Tvarové dílce

5.4.1 Tvárnice

Nepohyblivá vyměnitelná tvárnice je uložena v pravé části formy ve tvarové desce zapřena třetí pravou mezideskou. Tvárnice je zajištěna proti pootočení stavěcím šroubem. Její dutina je negativem tvaru výstřiku.

5.4.2 Tvárník pro drážkování

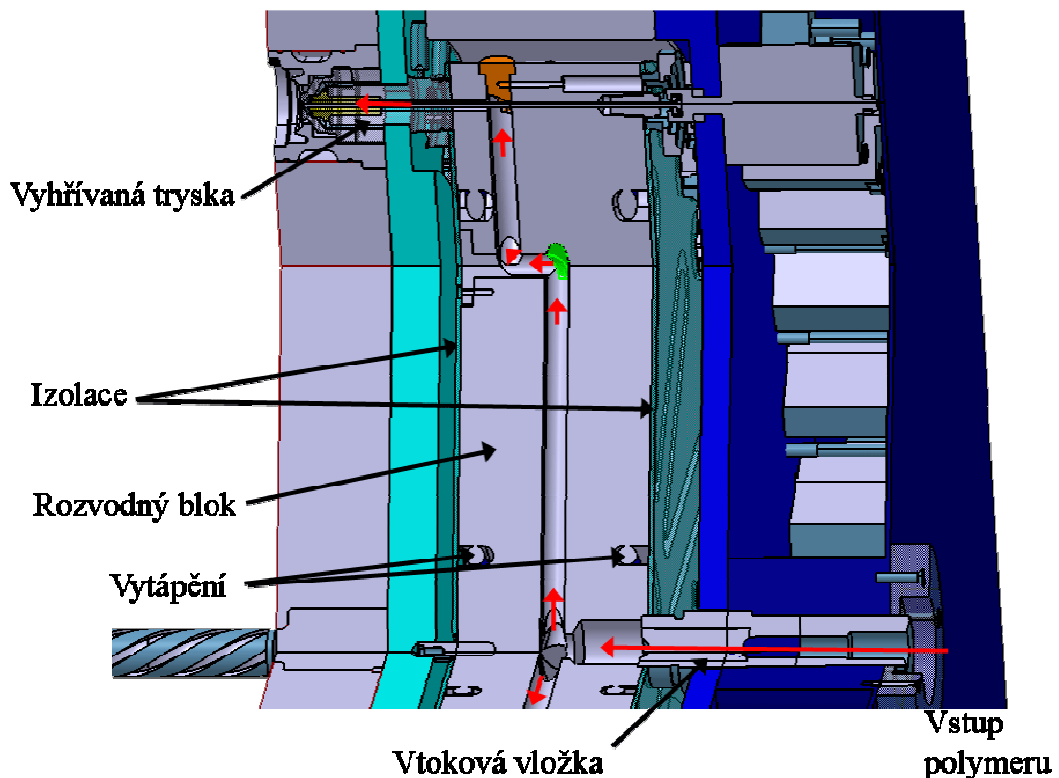
Tvárník pro drážkování se nachází v pohyblivé části formy kde je zajištěn proti pootočení stavěcím šroubem. Jeho vystředěnou polohu v uzavřené formě zajišťuje kuželovitá část stíracího kroužku. Jeho funkce je zabránit pootočení výstřiku při vyšroubování závitového trnu poté co opustí tvárnici.

5.4.3 Stírací kroužek

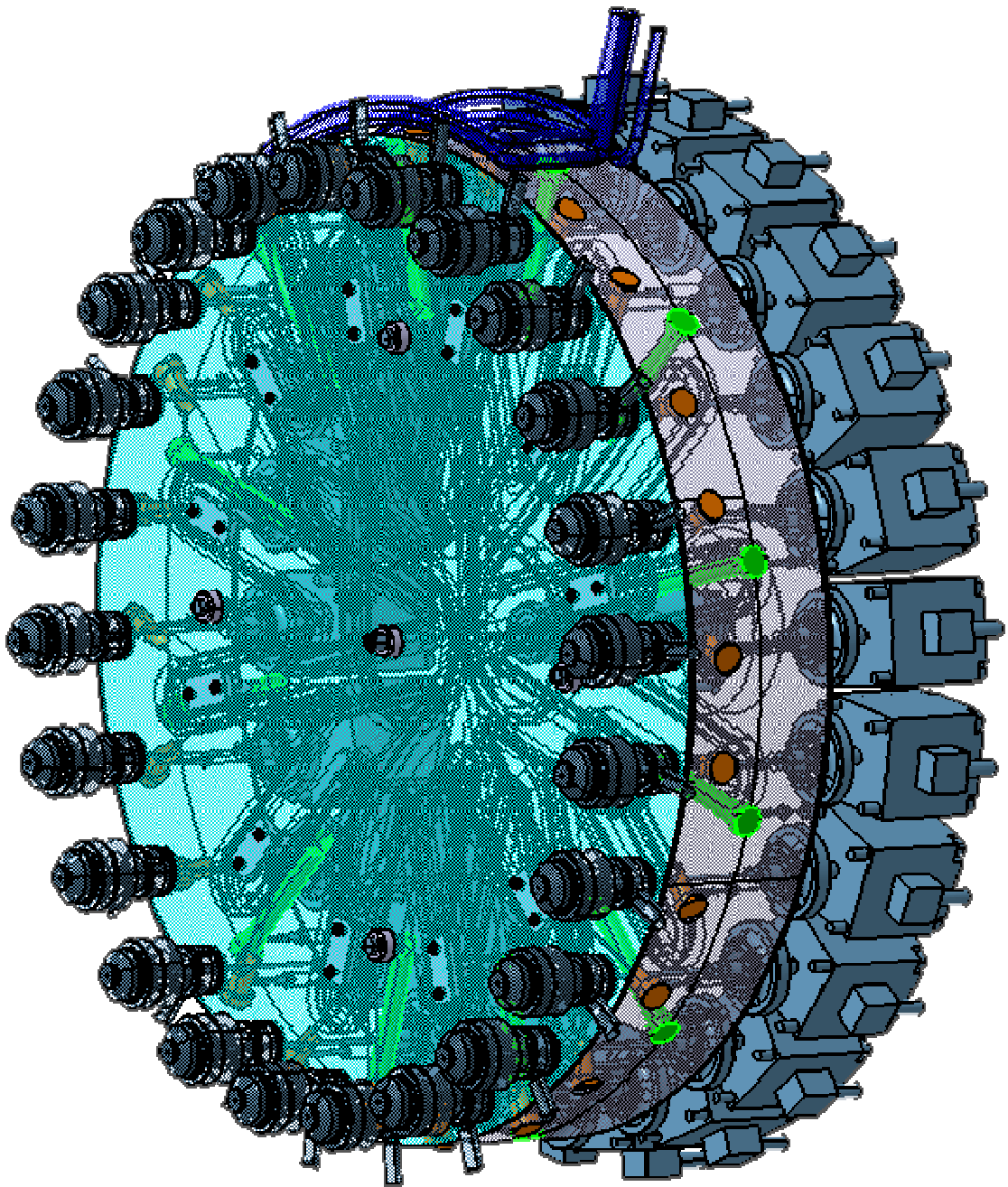
Stírací kroužek slouží k setření výstřiku z vytáčejičího se trnu. Stírací kroužek je uložen mezi dvěma stíracími deskami a zajištěn stavěcím šroubem.

5.5 Vtokový systém

Při konstrukčním řešení byla zvolena vyhřívaná vtoková soustava. Ta se skládá z vytápěného bloku a vyhřívaných trysek.



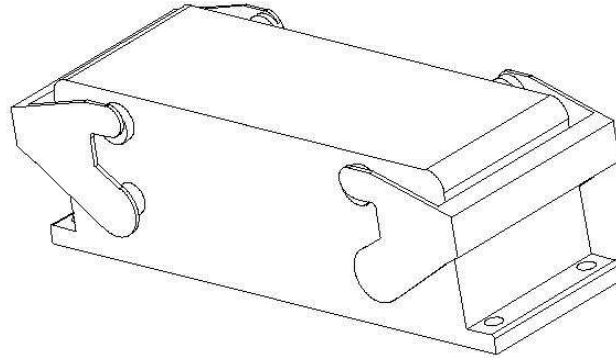
Obr. 47 Tok polymeru



Obr. 48 Vyhřívaný vtokový blok

Rozvodný blok byl zvolen nenormalizovaný, protože žádný typizovaný neodpovídal zadané násobnosti. Blok je uchycen na centrálním čepu a zajištěn proti pootočení kolíky. Vyhřívaný blok je od ostatních desek oddělen leštěným plechem, který částečně odráží teplo zpět do vyhřívaného bloku a vzduchovou mezerou jako izolaci. Vytápění vyhřívaného bloku je dosaženo topnými hady a elektrické vedení je připojeno k zásuvce vně formy.

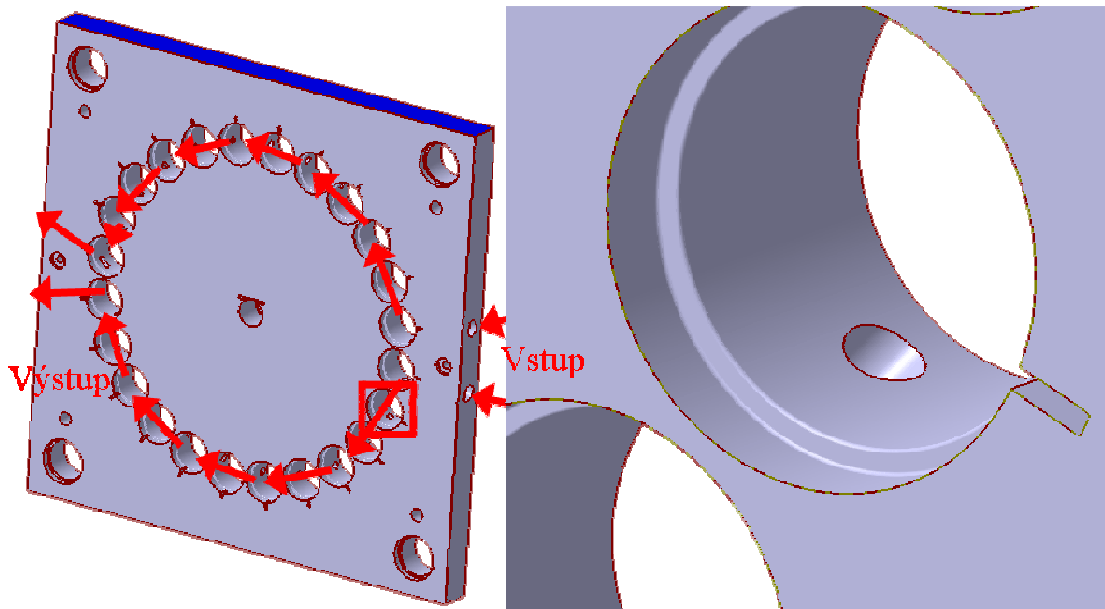
Vyhřívané trysky Hasco Z3345 byly zvoleny z důvodů doporučení produktového listu z katalogu hasco k magnetickému uzavírání Hasco Z1081 trysek. Elektrický rozvod vede jak u trysek, tak i u mag. uzavíračů k zásuvkám Hasco Z1228 vně formy.



Obr. 49 Hasco Z1228

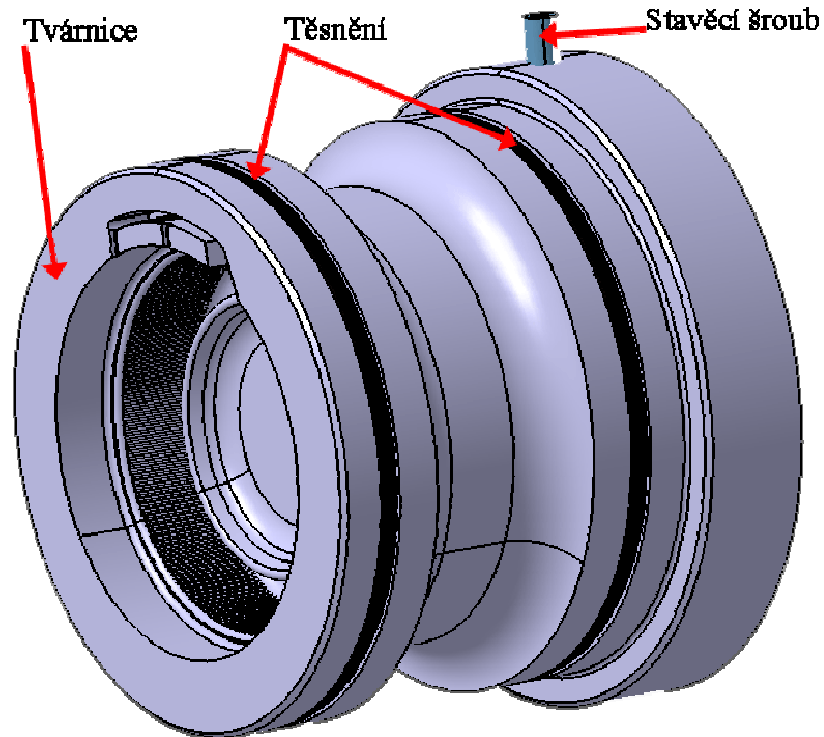
5.6 Temperace

Chlazení tvárnic a následně i výstříků je provedeno vrtáním $\varnothing 10\text{mm}$ děr do tvarové desky vždy susedních děr pod 40° tak aby to bylo možné vyrobít otvory konvenčními nástroji.



Obr. 50 Temperace

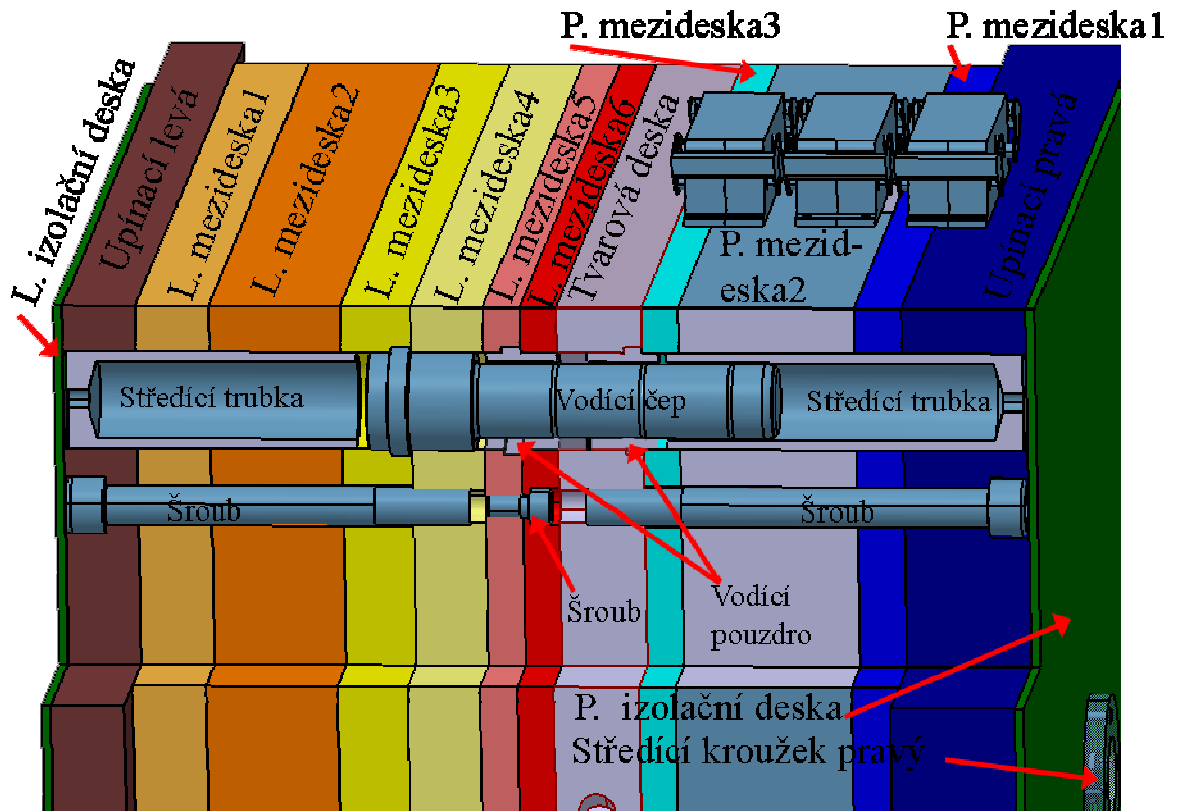
Tvárnice jsou opatřeny vysoustruženými drážkami, kterými cirkuluje chladicí médium a zápichy pro pryžové těsnění, které zamezuje úniku vody o teplotě 8°C z chlazeného prostoru.



Obr. 51 Temperace tvárnice

5.7 Rám formy

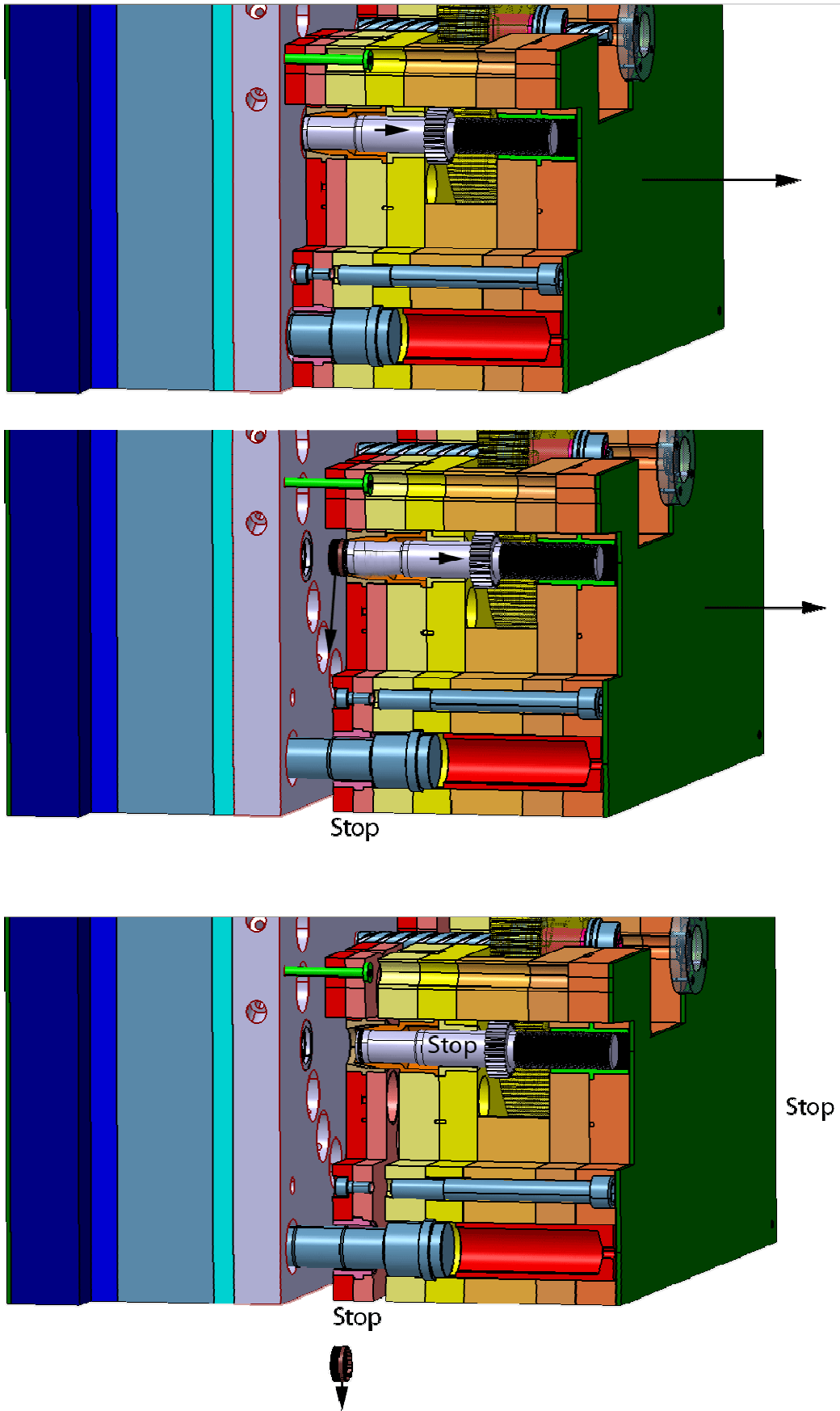
Desky mezi sebou jsou vystředěny středícími trubkami a vodícími pouzdry. Jednotlivé strany formy jsou mezi sebou vystředěny vodícími čepy, které jsou umístěny v pohyblivé části formy. Forma bude upnuta na stroji pomocí upínek a vystředěna na upínacích deskách vstřikovacího lisu pomocí středících kroužků. Izolační desky na obou stranách formy minimalizují únik tepla z formy do rámu vstřikovacího stroje.



Obr. 52 Popis rámu formy

5.8 Vyhazovací systém

Po ochlazení výstřiku na vyhazovací teplotu zůstává výstřik nasmrštěn na tvárniku pro drážkování a vytáčecím trnu, poté dochází k setření výstřiku z tvárniku pomoci zaseknutí stíracích desek (dvojice červených desek na obr.53), než k setření výstřiku dojde, musí být závitový trn vyšroubován ze závitu výstřiku a výstřik musí opustit tvárnici. Tahle prodeva je řešena mechanismem dvou táhel (na obr. 53 zobrazeny světle zeleně), které jsou umístěny na nepohyblivé části formy. Délka táhel je zvolena tak aby se závitový trn stačil vyšroubovat z výstřiku.



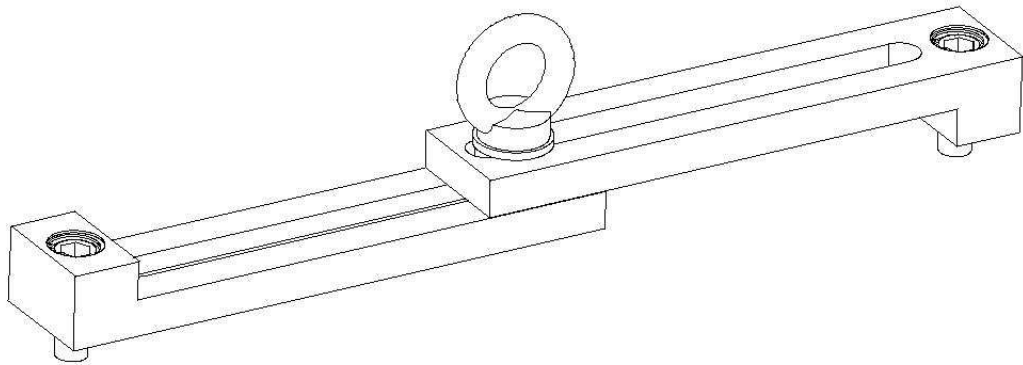
Obr. 53 Stírací desky

5.9 Odvzdušnění

V uzavřené dutině může zůstat vzduch, který pak může mít vliv na jakost výstřiku (spálená místa způsobená zvýšenou teplotou neuniklého, tím pádem stlačeného a zahřátého vzduchu). Odvzdušnění je navrženo tak, aby vzduch mohl unikat jednak dělicí rovinou, ale i pohyblivými částmi levé strany formy (tvárník pro drážkování, stírací kroužek a vytáček trn).

5.10 Nosič formy

Pro snadnější manipulaci je forma opatřena dvojicí nosičů formy Z70 od výrobce Hasco.



Obr. 54 Hasco Z70

6 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vzhledem k větší násobnosti zkonstruované formy volím vstřikovací stroj od německého výrobce Arburg ALLROUNDER 720S GOLDEN EDITION.



Obr. 55 Arburg 720S GOLDEN EDITION

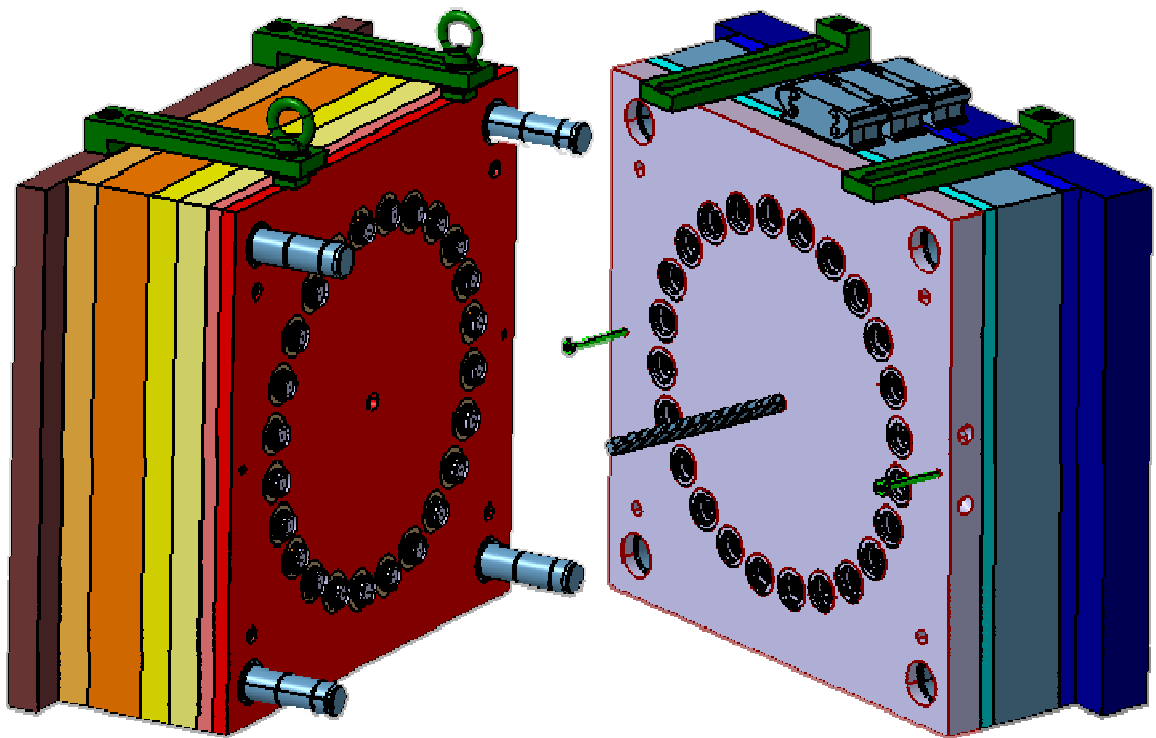
Parametry stoje

- Uzavírací síla: 3200 kN,
- Vzdálenost mezi vodícími sloupy: 720 x 720 mm,
- Velikost stolu: 1040 x 1040 mm,
- Max. zdvih: 700 mm,
- Min. zdvih: 300 mm,
- Kapacita vstřikovací jednotky 904 cm³
- Vstřikovací síla: 100 kN.

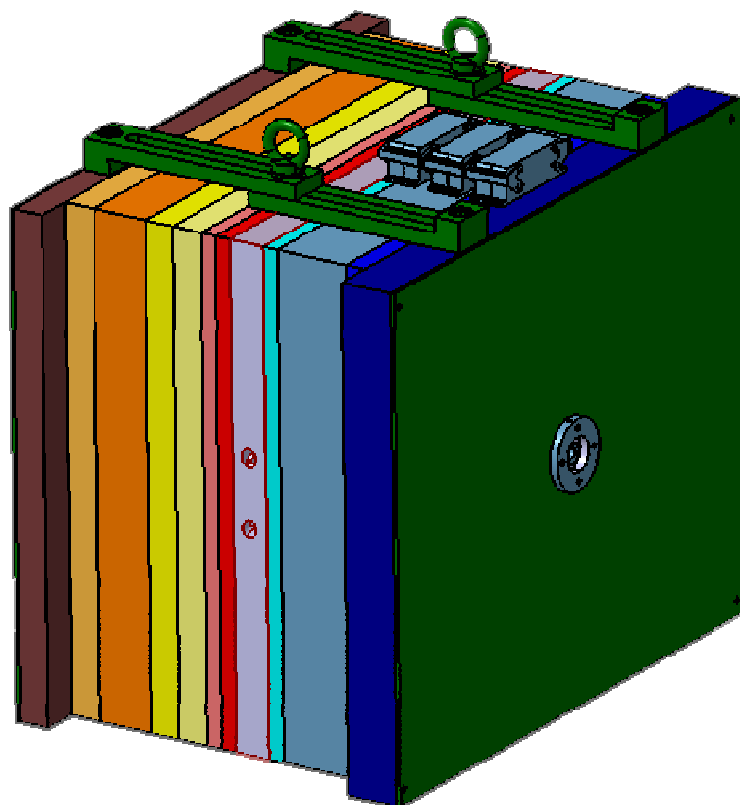
[13]

Parametry formy

- Rozměry formy 746 mm x 646 mm x 536,766 mm (šířka x výška x délka)
- Objem výstřiku 3,062 cm³
- Celkový vstřikovaný objem 73,488 cm³



Obr. 56 Levá a pravá strana formy



Obr. 57 Celá forma

ZÁVĚR

Úkolem téhle bakalářské práce bylo zkonstruovat 3D model zadaného výstřiku a pro něj 3D model dvaceti-čtyř násobné vstřikovací formy s vyhřívaným vtokovým systémem a uzavíratelnými tryskami spolu s řezem formy v programu Catia.

Nejprve bylo nutné vymodelovat výstřík, podle kterého se domodelovaly všechny tvarové součásti. Spojením všech tvarových součástí nám vznikne dutina, která má negativní tvar výstřiku. Vzniklá dutina byla zaformována do dělicí roviny.

Vyhřívaný vtokový systém byl zvolen normalizovaný až na vyhřívaný blok, protože žádná normálie nevyhovovala dané násobnosti a proto bylo nutné zkonstruovat atypické řešení. Materiál použitý pro konstrukci výstřiku byl PP, který je náchylný na tzv. „tážení vlasu“ a proto bylo nutné použít magnetické uzavíratelné trysky.

Odformování výstřiku jsem zvolil vyšroubovacím systémem s jedním centrálním vytáčecím pohybovým šroubem, který rozpohybovává přes soukolí vytáčecí trn, který se zasroubovává do protimatice a dvojice stíracích desek se stíracími kroužky ovládané dvěma táhly setře a vyhodí výstřík z formy.

Ovzdušnění je realizováno vřelymi v dělicí rovině a vodících prvků.

Temperována je pouze pravá strana formy, která je rozdělena na dva chladící okruhy.

Pro zabránění úniku tepla do rámu stroje je forma vybavena dvojicí izolačních desek.

Pro snadnou manipulaci je forma opatřena dvěma nosiči formy.

Při konstrukčním návrhu nástroje byly využity co v největší možné míře normálie od fy. Hasco s ohledem na efektivní a ekonomickou realizaci formy.

Při sestrojování 2D řezu formou pro výkresovou dokumentaci jsem nebyl schopen udělat společný řez pravé a levé strany dohromady z důvodu pádů Catie, protože sestava obsahuje až příliš mnoho dílů a došlo k zasycení operační paměti, proto jsou řezy pravé a levé strany zvašť.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Zeman, L. *Vstřikování plastů* 1. vyd. Praha 2009
- [2] Beaumont, J.P. *Runner and Gating Design Handbook - Tools for Successful Injection Molding*. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, ISBN 3-446-40765-7
- [3] Řasa, J., Haněk, V., Kafka, J. *Strojírenská technologie 4 - návrhy nástrojů, přípravku a měřidel Zásady montáže* 1. vyd. Praha 2003
- [4] Hluchý, M., Kolouch, J., Paňák, R. *Strojírenská technologie 2 – Polotovary a jejich technologičnost. 1. Díl* 2. vyd. Praha 2001. 315s.
- [5] Bobčík, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů*. 2. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. 134 s.
- [6] Bobčík, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. 214 s.
- [7] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení – Gumárenské a plastikářské stroje II*. 1. vyd. VUT Brno 1990. 199 s.
- [8] Hluchý, M., Kolouch, J. *Strojírenská technologie 1 – Nauka o materiálu* 1. Díl 3. vyd. Praha 2002
- [9] Shoemaker, J. *Moldflow Design Guide - A Resorce for Plastics Engineers*. 1st ed. Munich: Hanser Gardener Publications, ISBN-10:3-446-40640-9
- [10] Hasco [online]. [cit. 2011-12-1]. Dostupný z WWW: <http://www.hasco.com>
- [11] Catia [online]. [cit. 2011-22-5]. Dostupný z WWW: <http://www.technodat.cz/catia-v5>
- [12] Unipetrol mat. list Mosten MA 230 [online]. [cit. 2011-22-5]. Dostupný z WWW: <http://www.unipetrol.cz>
- [13] Arburg Machines [online]. [cit. 2011-22-5]. Dostupný z WWW: <http://www.arburg.com>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

T_c	Kritická teplota taveniny.
T_m	Teplota tání.
T_f	Teplota toku
PA	Polyamid
POM	Polyoxometylen
PE	Polyetylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
IT	Stupeň přesnosti
SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
Cu	Měď
Al	Hliník

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Schéma vstřikovacího stroje se šnekovým podáváním [3].....	12
Obr. 2 Vstřikovací cyklus [7]	13
Obr. 3 Vstřikovací cyklus [5]	14
Obr. 4 Rozdělení vstřikovacích jednotek [7]	15
Obr. 5 Rozdělení Uzavíracích jednotek [7]	16
Obr. 6 Rozdělení polymerů.....	17
Obr. 7 Fontánový tok [9]	18
Obr. 8 Vylehčení [5]	20
Obr. 9 Zaoblení hran [5]	21
Obr. 10 Úkos a podkos [5].....	21
Obr. 11 Technologická a technická žebra [5]	21
Obr. 12 Vhodné rýhování [5].....	22
Obr. 13 Přerušovaný závit u výstřiku [5].....	22
Obr. 14 Technické údaje potřebné pro konstrukci a výrobu formy [5]	23
Obr. 15 Popis rámu formy	24
Obr. 16 Dvoudeskový systém studených vtoků s bodovým tunelovým ústím a přidržovačem vtoku	26
Obr. 17 Tří deskový systém studených vtoků.....	27
Obr. 18 Rozdělení vtokových systémů	28
Obr. 19 Stejně dlouhá délka vtokových kanálů ke všem dutinám formy [5]	29
Obr. 20 Průřezy vtokových kanálů [5].....	29
Obr. 21 Odstupňování průřezů kanálů [5]	29
Obr. 22 Čočkovité zahloubení [5].....	30
Obr. 23 Přidržovač vtoku.....	30
Obr. 24 Plný kuželový vtok [2]	31
Obr. 25 Bodový vtok [2].....	31
Obr. 26 Bodový tunelový tok [2].....	31
Obr. 27 Bodový banánový vtok [2]	32
Obr. 28 Boční vtok [2].....	32
Obr. 29 Boční filmový vtok [2]	32
Obr. 30 Hasco H7000 Vyhřívané trysky [10].....	33

Obr. 31 Hasco Z10710 vyhřívané hydraulicky uzavíratelné trysky v sestavě s vytápěným rozvodným blokem [10]	35
Obr. 32 Hasco Z1052 Vytápěný rozvodný blok [10]	36
Obr. 33 Rozdělení vyhazovacího systému.....	36
Obr. 34 Hasco Z40 Vyhazovač s válcovou hlavou [10]	37
Obr. 35 Příklad užití válcového vyhazovače	37
Obr. 36 Hasco Z442 Ejector pin [10]	38
Obr. 37 Užití trubkového vyhazovače	38
Obr. 38 Dvojce stíracích desek s vyměnitelným stíracím kroužkem	39
Obr. 39 Hasco Z1500 [10]	40
Obr. 40 Vzdálenost kanálů od funkční dutiny [6]	41
Obr. 41 Teplotní pole [6]	41
Obr. 42 Použité programy	45
Obr. 43 Víčko	46
Obr. 44 Dělicí rovina	47
Obr. 45 Odformování závitu	48
Obr. 46 Tvarové dílce	49
Obr. 47 Tok polymeru	50
Obr. 48 Vyhřívání vtokový blok	51
Obr. 49 Hasco Z1228	52
Obr. 50 Temperace	52
Obr. 51 Temperace tvárnice.....	53
Obr. 52 Popis rámu formy	54
Obr. 53 Stírací desky	55
Obr. 54 Hasco Z70	56
Obr. 55 Arburg 720S GOLDEN EDITION	57
Obr. 56 Levá a pravá strana formy	58
Obr. 57 Celá forma	58

SEZNAM PŘÍLOH

PI- Sestava formy

PII- Pohled do dělicí roviny pravé strany formy a řez s kusovníkem

PIII- Pohled do dělicí roviny levé strany formy a řez s kusovníkem

PIV- CD disk obsahující:

-Model formy a výkresovou dokumentaci v programu Catia

-Textovou část bakalářské práce