

Konstrukce vstřikovací formy

Ondřej Suchánek

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: **Ondřej SUCHÁNEK**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy**

Zásady pro vypracování:

- 1) Vypracujte literární studii na dané téma
- 2) Nakreslete model plastového dílu ve 3D
- 3) Nakreslete sestavu vstřikovací formy v programu CATIA V5 pro zadaný plastový díl
- 4) Nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

dle zadání vedoucího BP

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Michal Staněk, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

19. února 2008

Termín odevzdání bakalářské práce:

6. června 2008

Ve Zlíně dne 31. ledna 2008



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením vstřikovací formy pro zadaný plastový díl. Celé práce je rozdělena do dvou částí. První část je teoretická a obsahuje základní informace z oblasti konstrukce forem. V praktické části byl nakreslen 3D model součásti a provedena konstrukce 3D a 2D sestavy v programu CATIA V5. Pro konstrukci formy bylo použito normálií z katalogu HASCO.

Klíčová slova: vstřikovací forma, 3D model, sestava

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with constructional solution of injection mold for engaged plastic part. All work is divided into two part. The first part is theoretic and contain basic information of construction molds domain. In practice part has drawn 3D model of component and it has designed in 3D and 2D assembly in programme CATIA V5. To construction mold was used normals from HASCO catalogue.

Keywords: injection mold, 3D part, assembly

Touto cestou bych rad poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce, kterým byl
Ing. Michal Staněk, Ph.D., za poskytnuté rady a čas stráveny při odborném vedení 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 2.6.2008

.....

Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 PLASTY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM	10
1.1 VSTŘIKOVÁNÍ.....	10
1.1.1 Zpracování plastů vstřikováním.....	10
1.1.2 Druhy polymerů	10
1.1.3 Termoplasty a jejich vlastnosti	10
1.1.4 Charakteristika jednotlivých plastů.....	11
1.1.5 Zpracovatelské podmínky plastů.....	12
1.1.6 Volba termoplastů při návrhu součásti.....	12
1.2 VÝSTŘIK A JEHO KONSTRUKCE.....	13
1.2.1 Vlivy na jakost plastových součástí	13
1.2.2 Závady výstřiku vzniklé při jejich výrobě	14
1.2.3 Požadavky na konstrukci součásti.....	14
1.3 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....	15
1.3.1 Průběh vstřikovacího cyklu.....	15
1.3.2 Vstřikovací stroj – Charakteristika	17
1.3.3 Vstřikovací jednotka	17
1.3.4 Uzavírací jednotka	18
1.3.5 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje	19
2 VSTŘIKOVACÍ FORMA	20
2.1 KONSTRUKCE FOREM	20
2.1.1 Postup při konstrukci formy.....	21
2.1.2 Zaformování výstřiku.....	22
2.1.3 Dimenzování tvarové dutiny	22
2.2 VTOKOVÉ SYSTÉMY	23
2.2.1 Studené vtokové systémy	23
2.2.2 Vyhřívané vtokové systémy.....	24
2.3 VYHAZOVACÍ ZAŘÍZENÍ.....	27
2.3.1 Vyhazování vyhazovacími kolíky.....	27
2.3.2 Vyhazování pomocí stírací desky	28
2.3.3 Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů.....	30
2.3.4 Pneumatické vyhazování.....	30
2.4 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	31
2.5 TEMPERACE FOREM.....	32
2.6 BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI (ŠÍBRY).....	32
2.7 MATERIÁLY PRO VÝROBU FOREM.....	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
3 KONSTRUKCE FORMY	35

3.1	POUŽITÉ APLIKACE.....	35
3.1.1	CATIA V5R16	35
3.1.2	HASCO R1-2007	35
3.2	SOUČÁST	36
3.2.1	Specifikace výrobku.....	36
3.2.2	Materiál	37
3.3	VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	37
4	KONSTRUKCE FORMY	39
4.1	NÁSOBNOST FORMY	39
4.2	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	40
4.3	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	41
4.4	DUTINA FORMY	41
4.5	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	43
4.6	VTKOVÝ SYSTÉM	44
4.7	TEMPERACE FORMY	45
4.8	POSUVNÉ ČELISTI, ŠIKMÉ ČEPY.....	46
4.9	SESTAVA FORMY	47
4.10	POUŽITÉ MATERIÁLY.....	49
	ZÁVĚR.....	50
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	51
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	52
	SEZNAM OBRÁZKŮ	53
	SEZNAM TABULEK.....	54
	SEZNAM PŘÍLOH.....	55

ÚVOD

V dnešní době jsou klasické materiály, jako je kov, dřevo, sklo, atd., nahrazovány polymerními materiály. Tím vzrůstá výroba plastových součástí. Mezi nejpoužívanější způsoby zpracování polymerů patří vstřikování.

Vstřikovaný výrobek by měl po vyjmutí z formy vyhovovat tvarovým požadavkům zákazníka a aby se již dále nemusel nákladně upravovat. Kvůli tomu je kladen velký důraz na kvalitu a přesnost formy a tím je také zvýšena náročnost konstrukce vstřikovacích forem.

V dnešní době se pro zkvalitnění a zrychlení návrhů forem používají různé konstrukční aplikace. Ty umožňují již ve fázi konstrukce simulovat jak chování formy tak i vstřikovaného materiálu a tím navrhnout optimální řešení pro daný případ.

Pro každý vstřikovaný výrobek je konstrukce formy jiná, proto je výroba formy finančně náročná a vyplatí se pouze do sériové výroby. Pro snížení konečné ceny formy se používají normalizované díly od specializované firmy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PLASTY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM

1.1 Vstřikování

1.1.1 Zpracování plastů vstřikováním

Vstřikování plastů je tepelně-mechanický proces tváření, na kterém se podílí:

- výchozí materiál, ze kterého se vyrábí požadovaná součást
- výrobní cyklus především se vstřikovacím strojem a ostatním zařízením, umožňující přípravu taveniny a její dopravu za určitých podmínek do formy
- forma jako nástroj pro vlastní tváření taveniny na součást.

Všechny uvedené faktory ovlivňují užité vlastnosti a kvalitu výstřiku (vyrobené součásti).

Vlastní výroba vstřikováním pak probíhá nadávkováním a plastikací polymeru ve vstřikovacím stroji, jeho dopravě za teploty a tlaku do dutiny formy. Po ochlazení se již z formy vyjme hotový výrobek. [1]

1.1.2 Druhy polymerů

V současné době dělíme plasty na:

- termoplasty: při ohřevu se uvolní soudržnost řetězců a hmota je viskózní. V tomto stavu se může tvářet. Po ochlazení se dostanou opět do původního pevného stavu,
- reaktoplasty: při tváření vlivem teploty a tlaku nastává zesíťování (vytvrzování) plastu (někdy i působením katalyzátoru),
- elastomery: jejich hmota za normální teploty poddajná a pružná. Síťování u nich nastává při vulkanizaci, čímž se převedou na pryže. [1]

1.1.3 Termoplasty a jejich vlastnosti

Z jednotlivých skupin plastů jsou nejrozšířenější termoplasty. Z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dělí na:

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

Základní vlastnosti polymerů se mohou měnit i vlivem nejrůznějších přísad a tím splnit požadavek volby vhodného plastu:

- plniva prášková nebo vláknitá: mění především fyzikální i mechanické vlastnosti plastů.
- změkčovadla: pro získání měkkosti a ohebnosti,
- barviva: k dosažení žádaného barevného odstínu,
- stabilizátory: zlepšují některé vlastnosti (odolnost proti UV, stárnutí ..atd.),
- nadouvadla: při zpracovávání uvolňují plyn a tak vytváří lehčenou strukturu plastu se svými vlastnostmi. [1]

1.1.4 Charakteristika jednotlivých plastů

Plasty se hodnotí především z funkčního hlediska.

- mechanická pevnost při dlouhodobém nebo krátkodobém statickém i dynamickém zatížení,
- elektrické vlastnosti jako je dielektrická pevnost, vodivost a pod.,
- chemická odolnost oproti běžným chemickým činidlům, pro potravinářské účely,
- optické vlastnosti jako je průhlednost, barva, lesk a pod.

Z zpracovatelského hlediska jsou také důležité tyto vlastnosti:

- tekutost, která ovlivňuje tloušťku stěny výrobku, koncepci zaformování i velikost vtoků. Tím je také ovlivněna temperace formy (dosažení optimální teploty nástroje ve vztahu ke zpracovávanému plastu, konstrukčním a technologickým parametrům),
- velikost smrštění určuje výrobní přesnost výrobku,
- citlivost na technologické parametry výrobního zařízení apod. [1]

1.1.5 Zpracovatelské podmínky plastů

Na výsledné vlastnosti hotového výrobku mají technologické podmínky velký vliv. Zpracovatelské parametry (teplo, tlak, časové prodlevy) jsou určující pro některé rozměry a také pro mechanické a fyzikální vlastnosti, izotropii apod..

Při vstřikování termoplastů také dochází ve vtokových kanálech a tvarových dutinách forem k orientaci makromolekul a jejich řetězce se srovnávají ve směru proudění taveniny. Po ztuhnutí jsou orientované molekuly příčinou anizotropie hmoty. Vedou také ke vzniku vnitřního pnutí a nepravidelnému smrštění.

U semikrystalických termoplastů se podmínkami při zpracování dá ovlivnit obsah krystalinity a jejich velikost. To znamená větší krystalinitu, vyšší pevnost, zvýšený modul pružnosti i ostatních činitelů.

Z toho vyplývá, že veškeré vlastnosti plastu obsažené v tabulkách a grafech jsou jen středními a průměrnými hodnotami získané při optimálních zpracovatelských podmínkách a jsou proto jen orientační. [1]

1.1.6 Volba termoplastů při návrhu součásti

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

Optimální volba plastu se pak posuzuje z následujících hledisek:

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

Zhodnocením uvažovaných hledisek může konstruktér stanovit vhodný plast nebo i více podobných materiálů. Mezi zvolenými jednotlivými typy potom rozhodují již jen méně významné vlivy, jako je dostupnost plastu, jeho estetické vlastnosti apod.

Obecně proto platí, že tvar výrobku a jeho vlastnosti musí odpovídat použitelnému plasty a zvolené technologii.

Optimální návrh na plastový výrobek a materiál vyžaduje široké znalosti. Proto je vhodná spolupráce příslušných odborníků v daném oboru. [1]

1.2 Výstřik a jeho konstrukce

Konstrukce plastových součástí se řídí úplně jinými zásadami, než u součástí kovových. Při jejich tvorbě se musí zvažovat co vše se bude dít při vstřikování.

1.2.1 Vlivy na jakost plastových součástí

Plastové součásti nelze vyrobit s takovou jakostí jako kovové součásti, protože o jeho mechanických a fyzikálních vlastnostech, a o jeho kvalitě rozhoduje druh plasty, technologické parametry, konstrukce formy a volba stroje. Jednotlivé parametry nepůsobí samostatně, ale vždy se ovlivňují navzájem. Z hlediska volby druhu plasty má na vlastnosti výstřiku vliv:

- rychlost plastikace polymeru, která by měla být co nejkratší,
- tekutost (reologické vlastnosti) plasty, která má být dostatečná a nesmí se měnit s teplotou příliš rychle a která je ovlivňována technologickými parametry,
- dostatečná tepelná stabilita plasty v rozsahu zpracovatelských teplot, která by měla být co nejširší,
- uvolňování těkavých látek,
- velikost vnitřního pnutí, které má být co nejnižší,
- smrštění plasty (změna rozměrů výrobku oproti rozměrům tvarové dutiny formy) v jednotlivých směrech na výrobku, které je ovlivněno technologickými podmínkami.

Velikost vlivů jednotlivých činitelů je velmi obtížné stanovit. Zavisí na druh plasty, tvaru součásti a zpracovatelských podmínkách. [1] [3]

1.2.2 Závady výstřiku vzniklé při jejich výrobě

Výroba výstřiku je složitý proces, na kterém se podílí řada činitelů, ne vždy v optimální míře. Proto na nich někdy dochází k závadám, které se projevují nejrozličnějším způsobem.

Některé vznikající závady a jejich příčiny:

- deformace dílce (nedostatečná doba chlazení, příliš velký podkos, orientace plniv, špatné vyhazovací kolíky, špatný výběr materiálu, příliš vysoká teplota formy),
- křehkost dílce (degradace materiálu, nesnášenlivý separátor, špatné sušení materiálu),
- delaminace, štípání (příliš nízká teplota formy, nevhodná rychlost při vstřikování),
- černé skvrny (vtlačené nečistoty, degradace cizím materiálem, nahromadění degradovaného materiálu ze stěny válce),
- plastické švy (teplota materiálu při zpracování příliš nízká, rychlost při vstřikování příliš nízká, příliš nízká teplota formy, poměrně značná délka toku),
- vpadliny (vtok příliš malý, délka vtoku příliš velká, nedostatečné odvzdušnění, nízký tlak při vstřikování, vysoká teplota formy),
- bubliny (nesprávná konstrukce, přehřátá hmota, náhlý přechod ze slabé do silné stěny, nízká teplota formy, nízký tlak při vstřikování, nedostatečné odvzdušnění formy),
- spálená místa (vysoká teplota taveniny, přehřátí při tření, nedostatečné odvzdušnění, poškozené vstřikovací zařízení),
- přetok (nízká uzavírací síla, vysoký vstřikovací tlak, znečištěný povrch v dělicí rovině). [1]

1.2.3 Požadavky na konstrukci součástí

K základním podkladům pro konstrukci formy slouží výkres vyráběné součásti. Její tvar má být řešen nejen z funkčního a ekonomického hlediska, ale musí se přihlídnout i k způsobu její výroby.

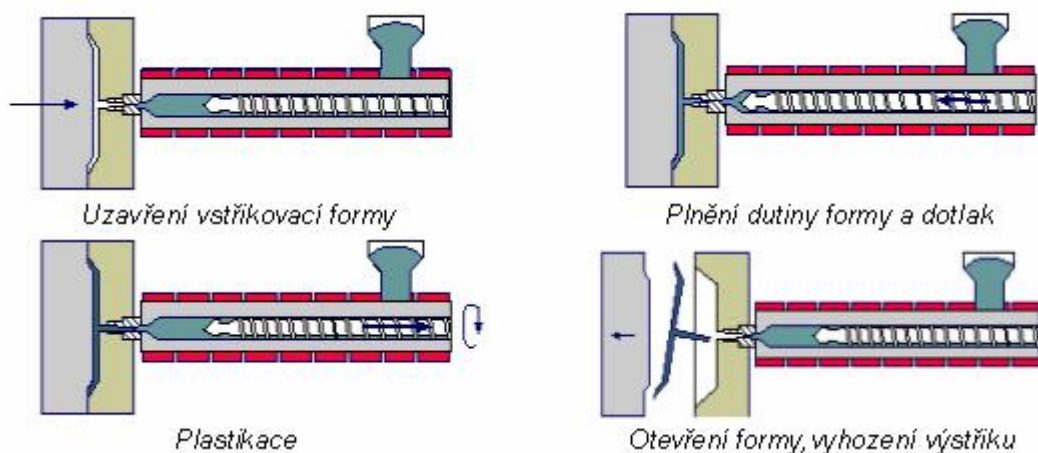
Celková konstrukce součásti musí především splňovat vhodnou polohu dělicí roviny (dělicích rovin) a tím je určen i způsob jejího zaformování. K ní se váže i koncepce vyhazování, vtokového systému, odvodu úkosů, přesnost i vzhled a pod.

V úzké dutině se tavenina rychle ochlazuje a tuhne, tlusté stěny zase vyžadují dlouhou dobu chlazení. Různě tlusté stěny s hromaděním materiálu nestejně tuhnu, vzniká vnitřní pnutí a různé povrchové vady, propadliny a lunkry. [1]

1.3 Technologie vstřikování

1.3.1 Průběh vstřikovacího cyklu

Vstřikovací cyklus tvoří sled přesně specifikovaných úkonů. Jedná se o proces neizotermický, během něhož plast prochází teplotním cyklem. Při popisu vstřikovacího cyklu je nutno jednoznačně definovat jeho počátek. Za počátek cyklu lze považovat okamžik odpovídající impulsu k uzavření formy.



Obr. 1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus však můžeme posuzovat i z hlediska zpracovávaného plastu a s výhodou jej vyjádřit jako závislost tlaku v dutině formy na čase. Tento tlak se nazývá vnitřní tlak a značí se p_i . Kromě vnitřního tlaku existuje i vnější tlak, označovaný p , kterým se myslí tlak vztažený na jednotku plochy průřezu šneku.

Na počátku vstřikovacího cyklu je dutina formy prázdná a forma je otevřená. V nulovém čase dostane stroj impuls k zahájení vstřikovacího cyklu, pohyblivá část formy se přisune k pevné, forma se zavře a uzamkne – strojní časy. Tyto činnosti je nutné odlišit, protože na přisouvání formy se musí vynaložit jen malá přisouvací síla F_p , zatímco na uzamknutí je nutno vynaložit značně vyšší uzavírací sílu F_u (až třikrát vyšší), neboť musí být zaručeno, že se forma vlivem tlaku taveniny při vstřikování neotevře. Následuje pohyb šneku v tavicí komoře a začíná vlastní vstřikování roztavené hmoty do dutiny vstřikovací formy. V této fázi šnek vykonává pouze axiální pohyb, neotáčí se a vlastně plní funkci pístu. Po naplnění formy je tavenina v dutině ještě stlačena a tlak dosáhne maximální hodnoty.

Jakmile tavenina vstoupí do dutiny formy, ihned začne předávat teplo vstřikovací formě a chladne. Chlazení trvá až do otevření formy a vyjmutí výstřiku. V praxi se dělí na dobu chlazení při plném vstřikovacím tlaku a na dobu chlazení při klesajícím tlaku. Doba chlazení je závislá na teplotě formy T_f a tloušťce stěny výrobku. Během chlazení se hmota smršťuje a zmenšuje svůj objem, a aby se na výstřiku netvořily propadliny a staženiny, je nutno zmenšování objemu kompenzovat dodatečným dotlačením taveniny do dutiny formy – dotlak. Dotlak může být po celou dobu stejně vysoký jako maximální tlak nebo se může po několika sekundách snížit a další chlazení probíhá při sníženém tlaku. Dotlak se proto rozděluje na izobarický a izochorický. Abychom mohli dotlačovat, musí před čelem šneku zůstat určitý objem plastu - polštář, na který bude šnek působit svým čelem. Tento objem nesmí být moc velký (obvykle kolem 10 až 15 %, méně než jednonásobek průměru šneku D), aby nedocházelo k tepelné degradaci hmoty.

Po dotlaku začíná plastikace nové dávky plastu. Šnek se začne otáčet, pod násypkou nabírá granulovanou hmotu, plastikuje ji a vtlačuje do prostoru před čelem šneku. Současně ustupuje dozadu, přičemž musí překonávat tzv. protitlak neboli zpětný tlak. Výška protitlaku ovlivňuje dobu plastikace a tím i kvalitu prohnětení roztaveného plastu. Příliš vysoký protitlak by však mohl způsobit až degradaci plastu. Ohřev plastu během plastikace se děje jednak převodem tepla ze stěn válce, jednak frikčním teplem, které vzniká třením plastu o stěny komory a o povrch šneku a dále přeměnou hnětací práce šneku v teplo. Jestliže je tavicí komora opatřena samouzavíratelnou tryskou, může plastikace probíhat i při otevřené formě. Dále může a nebo nemusí následovat odsunutí tavicí komory od formy. Během pokračujícího chlazení tlak ve formě dále klesá až na hodnotu zbytkového tlaku p_y ,

což je tlak, pod nímž se hmota nachází ve formě těsně před jejím otevřením. Příliš vysoký zbytkový tlak je příčinou vysokých vnitřních pnutí ve výstřicích, které u křehkých hmot mohou způsobovat až samovolné praskání výstřiku. Zbytkový tlak lze snížit buď zkrácením doby dotlaku anebo programovaným průběhem tlaku během dotlaku. Po dokonalém zchladnutí výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí z formy. [2]

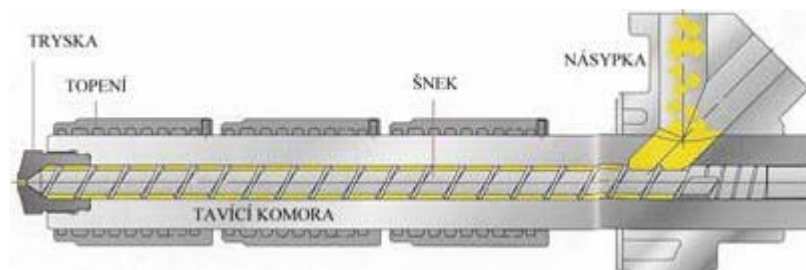
1.3.2 Vstřikovací stroj – Charakteristika

Konstrukce stroje je charakterizována podle:

- vstřikovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- ovládání a řízení stroje,

1.3.3 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka plní dva hlavní úkoly: přeměňuje granulát plastu na homogenní taveninu o dané viskozitě, vstřikuje taveninu vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny formy. [2]



Obr. 2 Řez vstřikovací jednotkou

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. Max. vstřikované množství nemá překročit 90 % kapacity jednotky, protože je ještě nutná rezerva pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení (smrštění). Optimální množství je 80 %.

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

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.

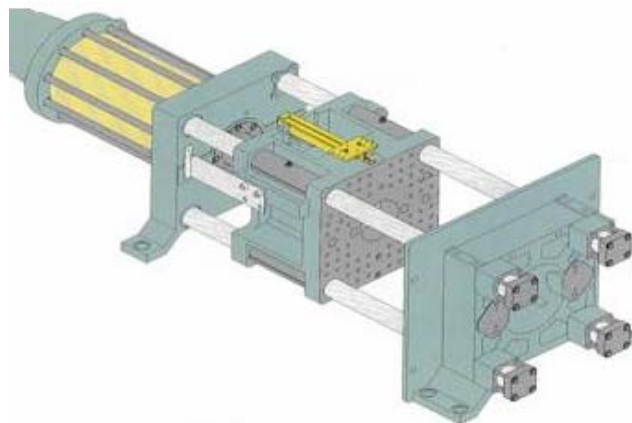
Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. Jejich souosost, menší průměr otvoru a menší poloměr trysky než je u sedla vtokové vložky jsou podmínkou správné funkce. [1]

1.3.4 Uzavírací jednotka

Úkolem uzavírací jednotky je zavírat a otevírat formu dle procesu vstřikování a zajistit uzavření formy takovou silou, aby se při vstříknutí tlakem taveniny forma neotevřela.

Hlavní Části uzavírací jednotky jsou:

- opěrná deska pevná,
- upínací deska,
- vodící sloupky.



Obr. 3 Schéma uzavírací jednotky

1.3.5 Ovládání a řízení vstříkovacího stroje

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

Novější koncepce vstříkovacích 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.[11]

Konceptně je takové seřízení rozděleno na:

- sestavení grafu vstříkovacího stroje,
- definice a nastavení parametrů.

2 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Formy pro zpracování musí odolávat vysokým tlakům, musí poskytovat výrobky o přesných rozměrech, musí umožnit snadné vyjmutí výrobku a musí pracovat automaticky po celou dobu své životnosti. Jejich konstrukce a výroba je náročná na odborné znalosti, ale i na finanční náklady. Volba materiálu formy závisí na druhu zpracovávaného plastu, na použité technologii, na velikosti výrobku a jeho složitosti, na velikosti série, na tepelné odolnosti a odolnosti proti opotřebení a korozi, na ceně, apod. Důležitým faktorem životnosti formy je provedené tepelné zpracování na tvarových částech nástroje. Dalším důležitým úkolem při konstrukci forem je stanovení rozměrů a výrobních tolerancí tvarových částí. Pro určení a výpočet těchto rozměrů jsou rozhodující smrštění, tolerance jednotlivých rozměrů vylisku a opotřebení činných částí nástroje. Nejdůležitější je však smrštění zpracovávaného.

Vstřikovací formy jsou konstrukčně velmi rozmanité a lze je rozdělit do následujících skupin:

- podle násobnosti na jednonásobné a vícenásobné,
- podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení na dvoudeskové, třideskové, etážové, čelist'ové, vytáčeční, a pod.,
- podle konstrukce vstřikovacího stroje na formy se vstřikem kolmo na dělicí rovinu a na formy se vstřikem do dělicí roviny. [2]

2.1 Konstrukce forem

Výroba dílů vstřikováním probíhá na vstřikovacím stroji a ve formě v krátkém čase, za působení dostatečného tlaku a teploty a dalších nutných parametrů. Z toho vyplývají základní požadavky na stroj a formu, které spolu úzce souvisí.

U formy se vyžaduje:

- 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 a pod.
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou.

Vyšší nároky na přesnost a jakost forem se projeví na zvýšené pracnosti při jejich konstrukci i výrobě. Větší robustnost forem, kterou vyžadují použité tlaky při vstřikování, často svádí k méně citlivému zacházení. To bývá někdy příčinou jejich nedokonalé funkce, snížené přesnosti i životnosti. Proto je nutné respektovat zásady a směrnice při jejich konstrukci, výrobě i obsluze. [1]

2.1.1 Postup při konstrukci formy

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

- 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. Nezanedbat 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. 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 vtoku.
- Stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvzdušnění dutin formy.
- Navržení rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperace formy.
- Vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroji s ohledem na využití dostupných prostředků. To všechno v rámci bezpečnosti práce.

- Zkontrolování funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, jeho průmětnou plochu, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na doporučený stroj.

Celá koncepce konstrukce vstřikovací formy musí směřovat k možné a snadné výrobní technologii dle stanovených požadavků. Je vhodné s objednavatelem návrh formy konzultovat. [1]

2.1.2 Zaformování výstřiku

Správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí plochy umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Vychází z konstrukčního řešení vyráběného dílu.

Dělicí rovina bývá zpravidla 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 ploše může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. Proto je třeba, aby dělicí plocha:

- umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy
byla pravidelná, jednoduchá geometrie tvaru, snadno vyrobitelná a snadno 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.

Pozitivní úlohu hraje dělicí plocha při odvzdušnění dutiny formy. [1]

2.1.3 Dimenzování tvarové dutiny

Tvar a rozměr funkčních dílů, které jsou převážně umístěny v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu.

Chybně dimenzované rozměry se projeví v nedodržení rozměrů výstřiku. V případě, že se nejedná o rozměr s předepsanou tolerancí, lze tuto chybu někdy napravit úpravou technologických parametrů, někdy však je nákladnou korekcí rozměrů formy.

Povrch i rozměry výstřiku jsou tedy dány přesností tvarové dutiny a kvalitou její plochy, která je obvykle složena z tvárnice, tvárníku a tvarových vložek. Přesnost dutin se pohybuje v rozmezí IT 8 až IT 10 a ovlivňují ji tři činitelé:

- smrštění plastu (provozní),
- výrobní tolerance,
- opotřebení dutiny formy.

Nejčastější příčinou chybného dimenzování rozměru je především nepřesný odhad smrštění daného rozměru v průběhu tváření plastu. Správný odhad velikosti (tzv. provozního) smrštění pro konkrétní rozměry dílů, je někdy obtížné určit, neboť výpočetní smrštění se u složitějších výstřiků jen zřídka kryje s hodnotou uváděnou v tabulkách výrobců plastů. Konstruktor je většinou odkázán na vlastní zkušenosti.

Velikost smrštění ovlivňuje:

- tvar výstřiku (rozměry, tloušťka stěn, ...),
- konstrukce formy (vtokový systém, poloha ústí vtoku, velikost jeho průřezu, teplota formy, ...),
- technologie vstřikování (tlak, teplota taveniny, ...). [1]

2.2 Vtokové systémy

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. [1]

Vtokové systémy dělíme na studené a horké.

2.2.1 Studené vtokové systémy

Studený vtokový systém se skládá z vtokové vložky a vtokových kanálků.

Tavenina se vstříkuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnějším povrchu prudce roste, nejnížší je uprostřed. Vysoká viskozita vyžaduje vysoké tlaky systému (40 až 200 MPa).

Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiků,
- spotřebu materiálu plastu,
- náročnost opracování na začištění výstřiků,
- energetickou náročnost výroby.

Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit aby:

- dráha vtoku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát,
- dráha byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnovážného plnění,
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu, a tím se umožnilo působení dotlaku.

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny. Omezí se strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím vytváření povrchových defektů. [1] [4]

2.2.2 Vyhřívané vtokové systémy

Metoda vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhřívaných vtokových soustav. 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 VVS se nakupují od specializovaných výrobců. Jednotlivá konstrukční provedení i rozsah

jejich použití jsou rozdílné. Proto je nutné při použití určitého systému vyžádat si od daného výrobce potřebné podklady.

Výhody vyhřívaných vtokových soustav:

- umožňují automatizaci výroby,
- zkracují výrobní cyklus,
- snižuje spotřebu plastu (vstřikuje se bez vtokových zbytků),
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraňováním vtokového zbytku.

Technologie vstřikování s použitím VVS spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. I přes malý průřez vtoku je možné částečně pracovat s dotlakem. U všech způsobů bezvtokového vstřikování je vhodné v místě jeho vyústění provést na výstřiku zahloubení, aby případný nepatrný vtokový zbytek nevystupoval přes jeho úroveň. Součástí systému je regulace teploty VVS i formy. Celá soustava umožňuje snadnou montáž, demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu.

Izolované vtokové soustavy

Pracují na principu vlastní termoplastické izolace v okrajových vrstvách vtokových kanálů, nebo předkomůrky. U tohoto systému tryska nemá vlastní vytápění. Její teplotu udržuje buď větší vrstva taveniny svou tepelně izolační vlastností nebo je ohřívána nepřímou.

Vyhřívané trysky

Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy.

- nepřímou ohřívané trysky, jejichž jednodušší provedení si zpracovatel může sám vyrobit, se vyznačují dvěma provedeními,
- 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.

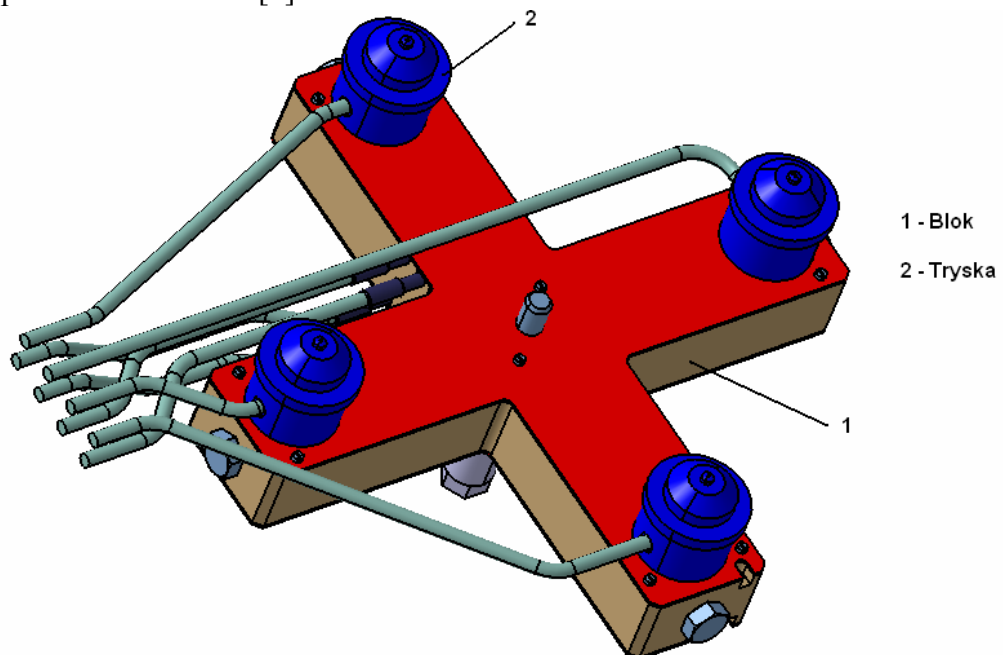
Druhý způsob se vyznačuje přenosem tepla z vyhřívaného rozvodu vtoků na trysku. Je dokonalejší oproti dříve popisovaným systémům. Používá se pro vícenásobné formy.

Konstrukční provedení přímo ohříváných trysek je charakterizováno dvěma základními principy:

- trysky s vnějším topením, 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
- trysky s vnitřním topením. U tohoto systému tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku (torpédo), zhotovenou také z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí.

Oba typy trysek jsou konstrukčně upraveny tak, že ústí je:

- otevřené pro plast, který netáhne vlas,
- se špičkou (s hrotem), pro plast náchylný k tažení vlasu, s uzavírací jehlou,
- speciálně tvarované. [1]



Obr. 4 Vyhřívaný vtokový systém

2.3 Vyhazovací zařízení válcový vyhazovač

Slouží k vyhazování výstřiku z dutiny nebo tvárníku otevřené formy, vysunutím nebo vytlačení. Svoji funkcí mají zajišťovat automatický výrobní cyklus.

Cyklus má dvě fáze :

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

Podmínkou dobrého vyhazovacího výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkopy nemají být menší než 30°. Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. Může se jich využít k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. U hlubokých tvarů je třeba počítat s jejich zavzdušněním.

Po vyhazovacích kolících zůstanou obvykle na výstřiku stopy. Jsou-li na závadu, musí se vyhazovače umístit na tu stranu, kde vzhledu nevadí. Mimo výstřiků se vyhazuje i vtokový zbytek. Pohyb vyhazovacího systému se vyvine:

- narážecím kolíkem o traverzu vstřikovacího stroje při otevírání formy,
- hydraulickým, nebo pneumatickým zařízením (bývá příslušenstvím vstřikovacího stroje), umožňuje měkké vyhazování,
- ruční vyhazování nejrůznějšími mechanismy. Je vhodné pro jednoduché a zkušební formy. Obvykle bývá umístěno na formě.

Zpětný pohyb je zajišťován:

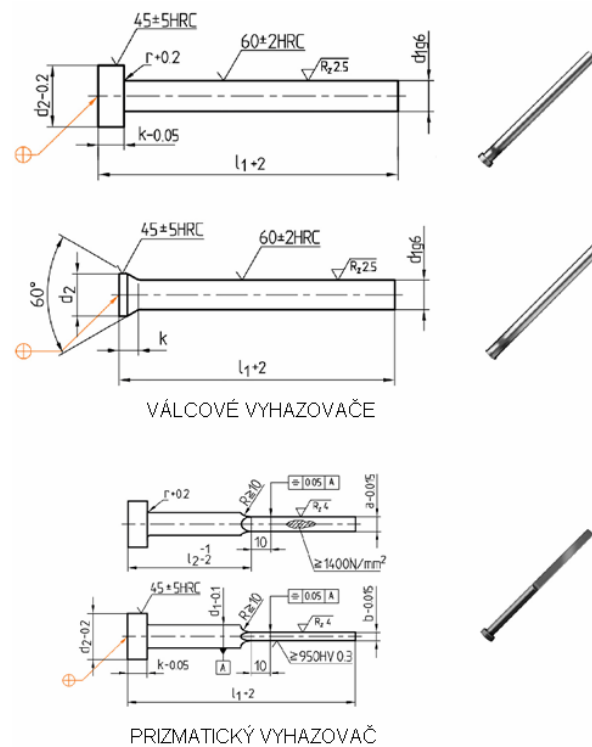
- vratnými kolíky,
- pružinami vždy s kombinací s jiným systémem,
- speciálním mechanickým, vzduchovým nebo hydraulickým zařízením. [4]

2.3.1 Vyhazování vyhazovacími kolíky

Je nejčastější a nejlevnější způsobem vyhazování výstřiku. Jeho výhodou je jednoduchost. Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit, aby nenastaly trvale deformace.

Kolíky mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Ve formě sou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6 podle požadované funkce a tekutosti plastu. Vůle v uložení působí jako odzdušnění.

Pohyb vyhazovače je většinou zajištěn hydraulickým (pneumatickým) válcem nebo se odvozuje od pohybu části formy, výjimečně od pružin. Vyhazovací kolíky jsou ukotveny ve dvojici pohyblivých desek. Ty, podle jejich funkce, nesou označení kotevní a vyhazovací deska. [3] [4]

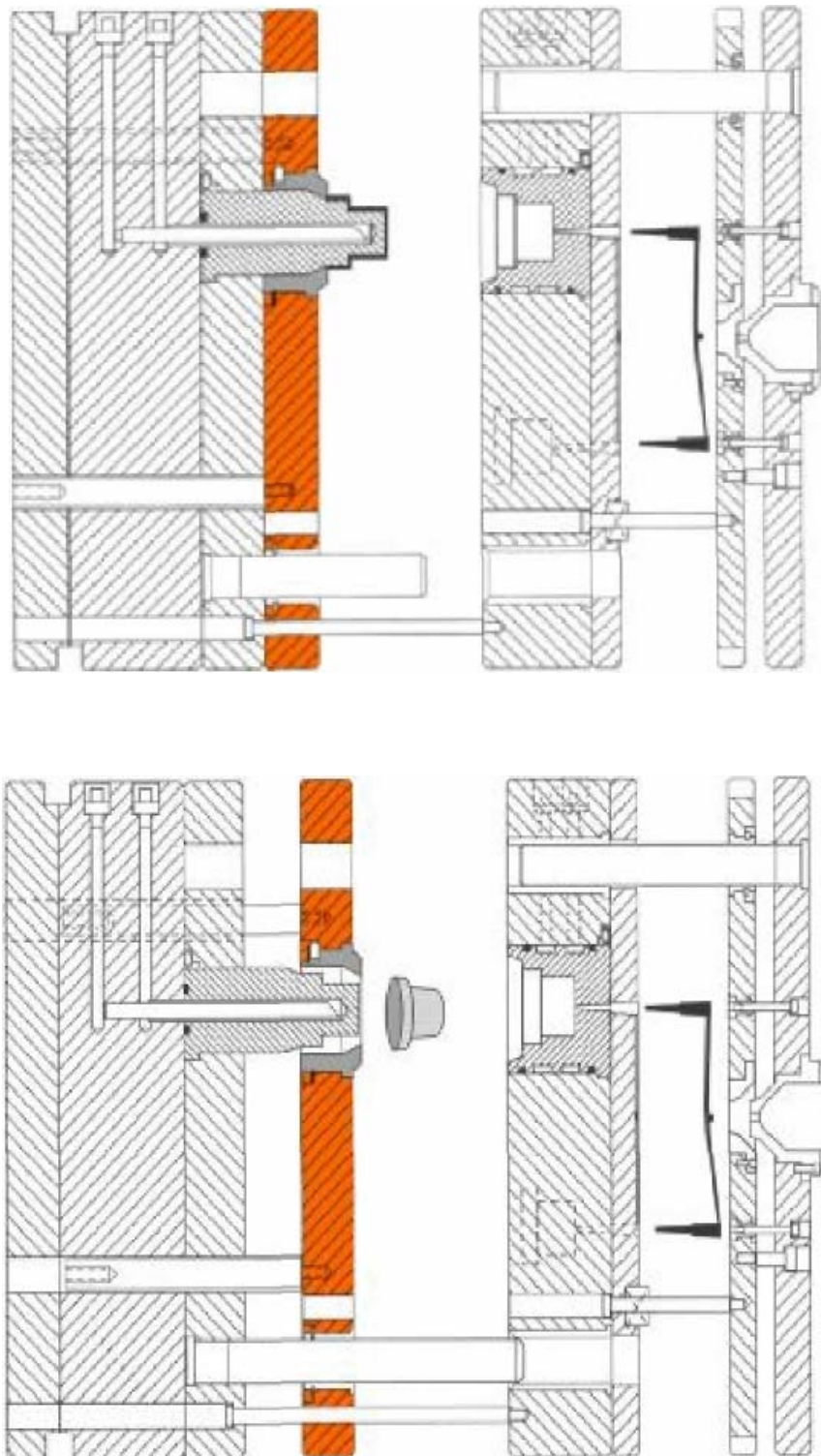


Obr. 5 Vyhazovací kolíky

2.3.2 Vyhazování pomocí stírací desky

Dochází ke stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Deformace výstřiku jsou minimální a stírací síla velká. Používá se především u tenkostěnných výstřiků, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřík na stírací desku v rovině nebo je plocha výstřiku je mírně zakřivena. Lze použít i u vícenásobných forem.

Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu. Působí přes vyhazovací desku spojenou táhly s e stírací deskou. Síla může být také vyvozena pružinami, hydraulickým nebo pneumatickým zařízením.[4]



Obr. 6 Vyhazování pomocí stírací desky

2.4 Odvzdušnění forem

Odvzdušnění tvarových dutin forem zdánlivě nepatří k hlavním problémům při navrhování forem. Jeho důležitost obvykle vyplyne až při zkoušení hotového nástroje, kdy odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku, nebo jeho nízkých mechanických vlastností. Odvzdušnění lze někdy zhotovit snadno, jindy je však jeho vyřešení obtížné.

Dutina formy je před vstřikováním naplněna 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.

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 vzhledových nebo pevnostních důvodů přípustné. Proto odvzdušnění musí být účinné.

V průběhu plnění tvářecí dutiny je tavenina dopravována do dutiny formy vstřikovacím tlakem, který na konci zdvihu dosahuje maxima. Přitom je tavenina podrobena protitlaku stlačeného vzduchu. Jeho velikost je závislá na odvzdušnění. Je-li nutné zvyšovat vstřikovací tlak vlivem nedokonalého odvzdušnění, vnáší se tím zbytečně do výstřiku vnitřní pnutí. I jeho hmotnost roste.

Při nižších teplotách taveniny a nedostatečném tlaku a rychlosti plnění u výstřiku s tenčími stěnami, se soustřeďuje vzduch na protilehlou stranu od vtoku. Nemůže-li vzduch uniknout, vznikne nedotečený výstřik. Při určitém stavu technologických parametrů a větších tloušťkách stěn výstřiku, může vzduch, který nemá možnost být z formy vytlačen, vniknout do taveniny a po zchladnutí v ní zůstává jako bubliny.

Různé způsoby odvzdušnění:

- vůlí mezi pohyblivými částmi (kolem vyhazovačů ...),
- dělicí rovinou,
- odvzdušňovací kanálky (hlavně u nových forem). [1]

2.5 Temperace 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 se forma ohřívá. Každý další výstřik je třeba vyrobit zase při stanovené teplotě. Proto je nutné toto přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést temperační soustavou formy.

Některé plasty se zpracovávají při vyšších teplotách formy. V takovém případě jsou tepelné ztráty formy větší, než její ohřátí taveninou a musí se naopak ohřívát. Také při zahájení výroby je třeba nejprve vyhřát formu na pracovní teplotu, jinak by nebyla zaručena dostatečná kvalita výstřiku.

Úkolem temperace je:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny,
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou.

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

Temperační systém formy je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými proudí kapalina, která udržuje teplotu temperovaných částí na požadované výši. U forem při zpracování plastů o vyšší teplotě, se používá pro ohřev většinou elektrického vytápění. [1] [3]

2.6 Boční posuvné čelisti

Výstřiky s bočními otvory, výstupky nebo různými zahlobenými, které leží kolmo k ose formy, se řeší s pohyblivými čelistmi. K ovládání těchto částí formy, které tvoří někdy další dělicí roviny, se používá mechanických, pneumatických nebo hydraulických prvků.

Čelisti jsou zpravidla ukotveny na pohyblivé části formy. Pohyb je ovládán pomocí šikmých nebo lomených kolíků, případně pneumatickými nebo hydraulickými tahači. Mechanické šikmé, válcové nebo lomené kolíky využívají při své funkci otevíracího a uzavíracího pohybu vstřikovacího stroje s formou.

Počtem pohyblivých čelistí se zvětšuje i počet dělicích rovin a tím roste i počet rozměrů nevázaných formou. Tuto skutečnost je třeba brát v úvahu při tolerování a lícování výstřiku i formy. Vzrůstá také složitost a tím i náklady na formu. [4]

2.7 Materiály pro výrobu forem

Při výrobě výstřiku se od forem 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:

- 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 a rozměrů. Z toho se dále dává přesnost materiálům univerzálních typů a širokým rozsahem užitných vlastností. Takové druhy představují:

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

Oceli jsou nejvýznačnějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit. Účelné konstrukce, vhodné vložkování, celková dimenze jednotlivých dílů, tepelné zpracování i způsob zacházení s formou, to všechno má vliv na kvalitu forem. [4]

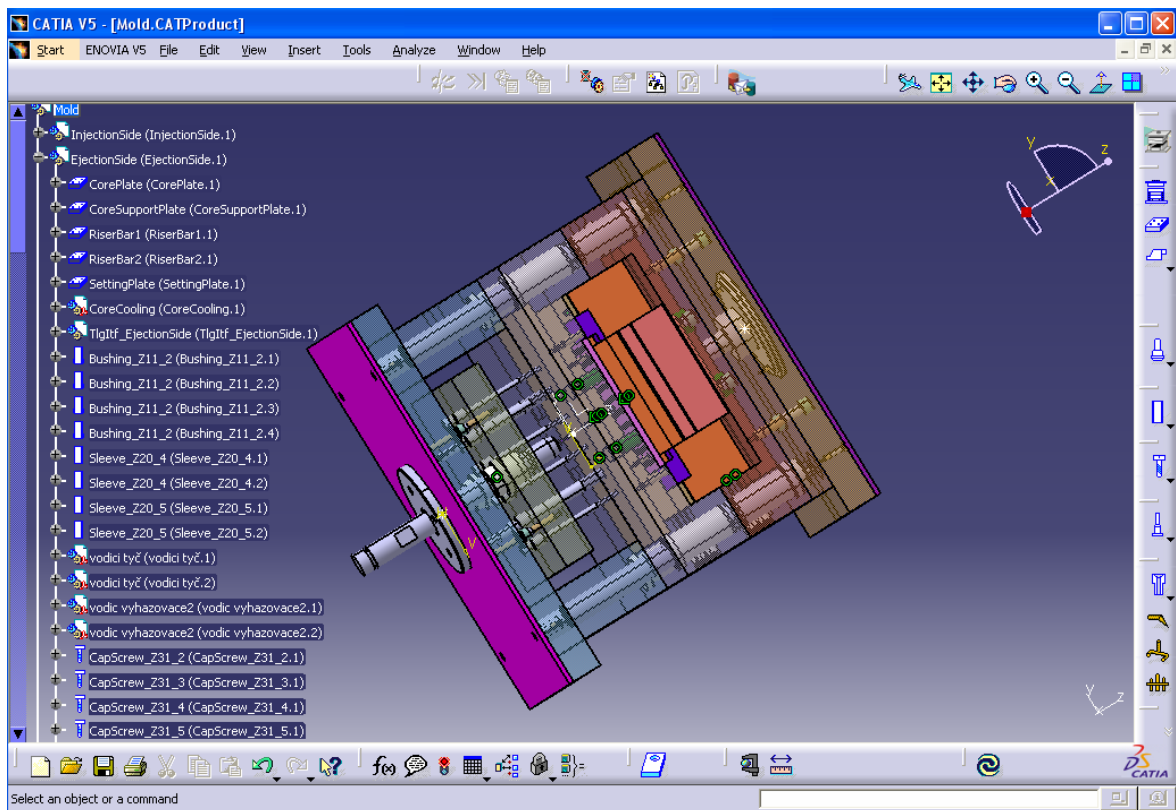
II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 KONSTRUKCE FORMY

3.1 Použité aplikace

3.1.1 CATIA V5R16

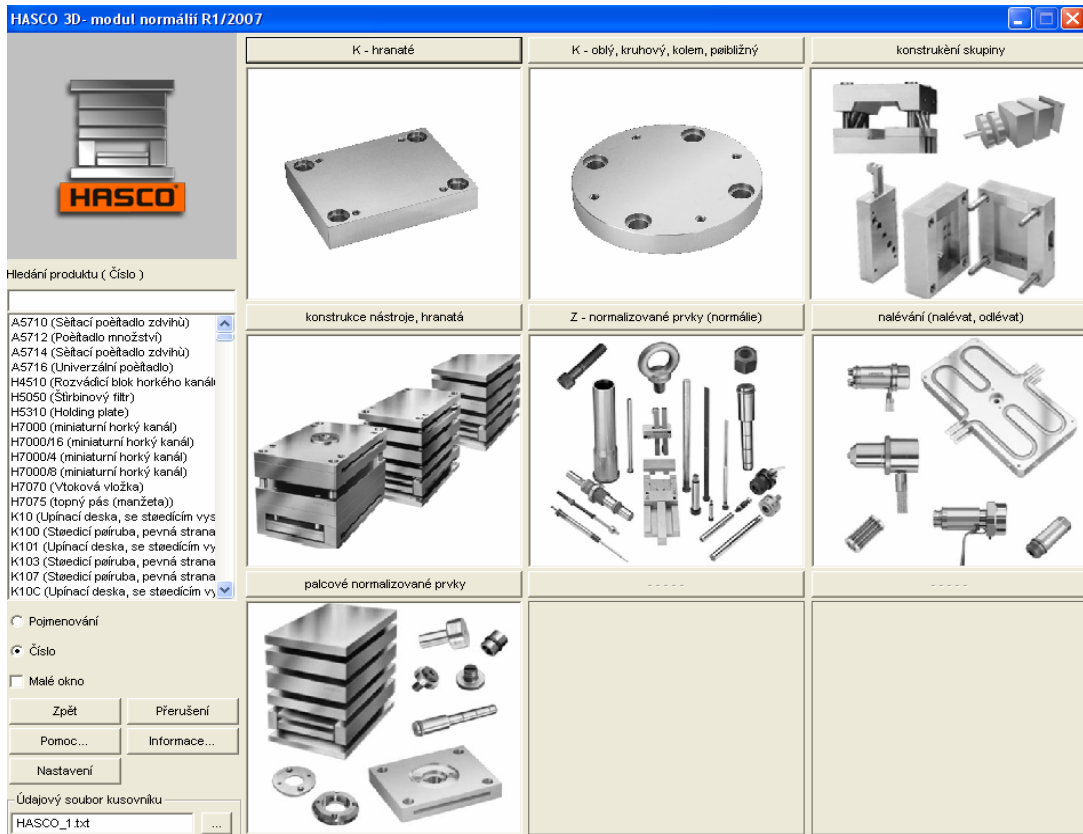
Při návrhu a konstrukci vstřikovací formy byl použit program CATIA firmy Dessault Systèmes. Jedná se o program kterým lze pokrýt značnou část návrhu formy, a to od 3D modelu přes výkresovou dokumentaci až po simulace obrábění jednotlivých dílců. Tento program sice nemůže konkurovat specializovaným programům, ale svoji všestranností je to velice užitečný nástroj pro konstrukci.



Obr. 8 Prostředí softwaru CATIA V5R16

3.1.2 HASCO R1-2007

Jedná se o digitální katalog firmy HACO. Jeho výhodou není jen přehlednost, rychlost hledání a grafický náhled na součást, ale také možnost případného vložení do některých CAD aplikací.

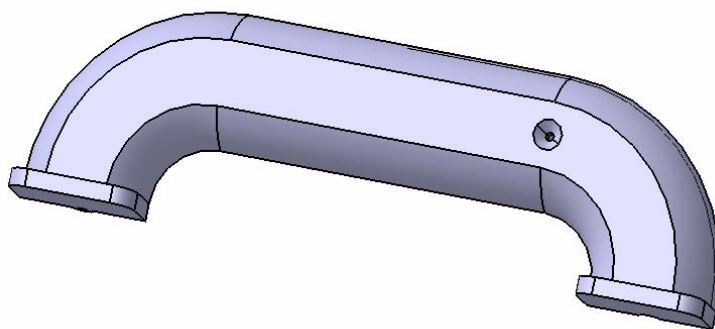


Obr. 9 Náhled databáze HASCO R1-2007

3.2 Součást

3.2.1 Specifikace výrobku

Výrobek bude sloužit jako madlo pro otevírání dveří a skládá ze dvou částí. Obě poloviny budou vstřikovány naráz.



Obr. 10 Výrobek

3.2.2 Materiál

Materiál výrobku je polypropylen. Polypropylen je velmi dobře svařitelný. Výrobky vyrobené z polypropylenu odolávají vodě, anorganickým kyselinám, zásadám a solím. Má velmi malou nasákovost. Za normální teploty se nerozpouští v organických rozpouštědlech. Lze jej použít i při vyšších teplotách, často i při teplotě 100°C. Při použití UV stabilizátorů (což je pro venkovní aplikace nezbytné) má velmi dobrou odolnost vůči UV záření. Tyto vlastnosti jej předurčují k širokému použití ve všech oblastech průmyslu.

Pro výrobu byl vybrán materiál PP Mosten GA 506 firmy Chemopetrol. Mosten GA 506 je víceúčelový blokový kopolymer s obsahem antistatického činidla, vhodný pro vstřikování technických dílů a součástí. Typ lze rovněž použít pro výrobu koextrudovaných fólií určených pro následné tvarování. [10]

Tab. 1. Typické vlastnosti materiálu PP Mosten GA 506 [10]

VLASTNOST	JEDNOTKA	TYPICKÁ HODNOTA	ZKUŠEBNÍ METODA
INDEX TOKU TAVENINY (230/2,16)	g/10 min	6	ISO 1133
NAPĚTÍ NA MEZI KLUZU	MPa	30	ISO 527
CELKOVÁ TAŽNOST	%	60	ISO 527
OHYBOVÝ MODUL	MPa	1600	ISO 178
VRUBOVÁ HOUŽEVNATOST CHARPY 23°C	kJ/m ²	10	ISO 179
VRUBOVÁ HOUŽEVNATOST CHARPY -20°C	kJ/m ²	4,5	ISO 179
TEPLOTA MĚKNUTÍ DLE VICATA	°C	155	ISO 306
HDT (1,8 MPa)	°C	58	ISO 75

3.3 Vstřikovací stroj

K výrobě byl vybrán vstřikovací stroj ALLROUNDER 370A od firmy ARBURG.

Tento stroj byl vybrán vzhledem k objemu vstřiku, podle kterého se vybírala vstřikovací jednotka stroje, a podle vzdáleností vodičích tyčí.

Údaje pro výběr vstřikovacího stroje:

- vstřikovaný objem 59,6cm³
- rozměry formy.... 296x346x300 mm
- otevření formy při vyhazování ...45mm

Hlavní parametry vybraného vstřikovacího stroje:

- objem vstřikovací jednotky85cm³

- vzdálenost vodících sloupků...370x370 mm
- maximální otevírací zdvih...250 mm



Obr. 11 Vstřikovací stroj ALLROUNDER 370A

4 KONSTRUKCE FORMY

Při návrhu formy bylo použito co nejvíce normálií (HACSO, Dme, Misumi, atd..) s cílem snížení konečných nákladů na formu.

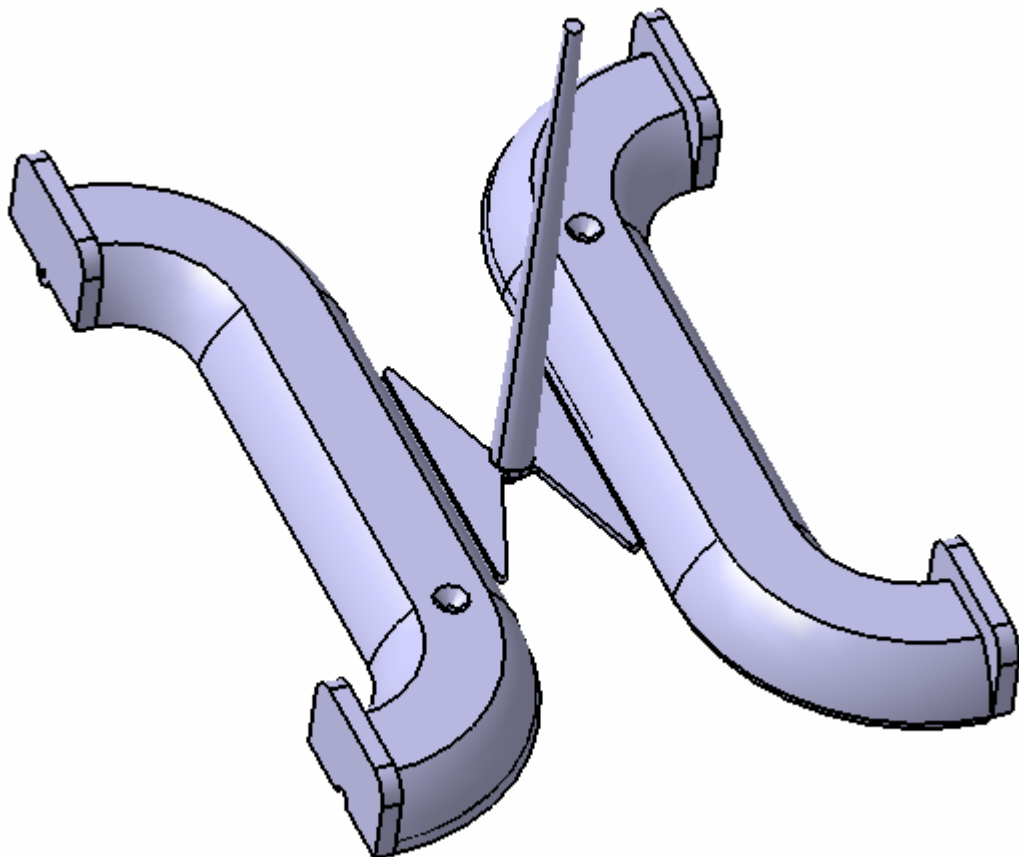
4.1 Násobnost formy

Násobnost formy se volí z několika hledisek:

- složitost a přesnost výrobku,
- náročnost tvaru,
- velikost výrobku,

Z hlediska kvality a přesnosti výstřiku je žádoucí, aby násobnost formy byla co nejmenší, naopak z ekonomického pohledu je lepší vyšší násobnost.

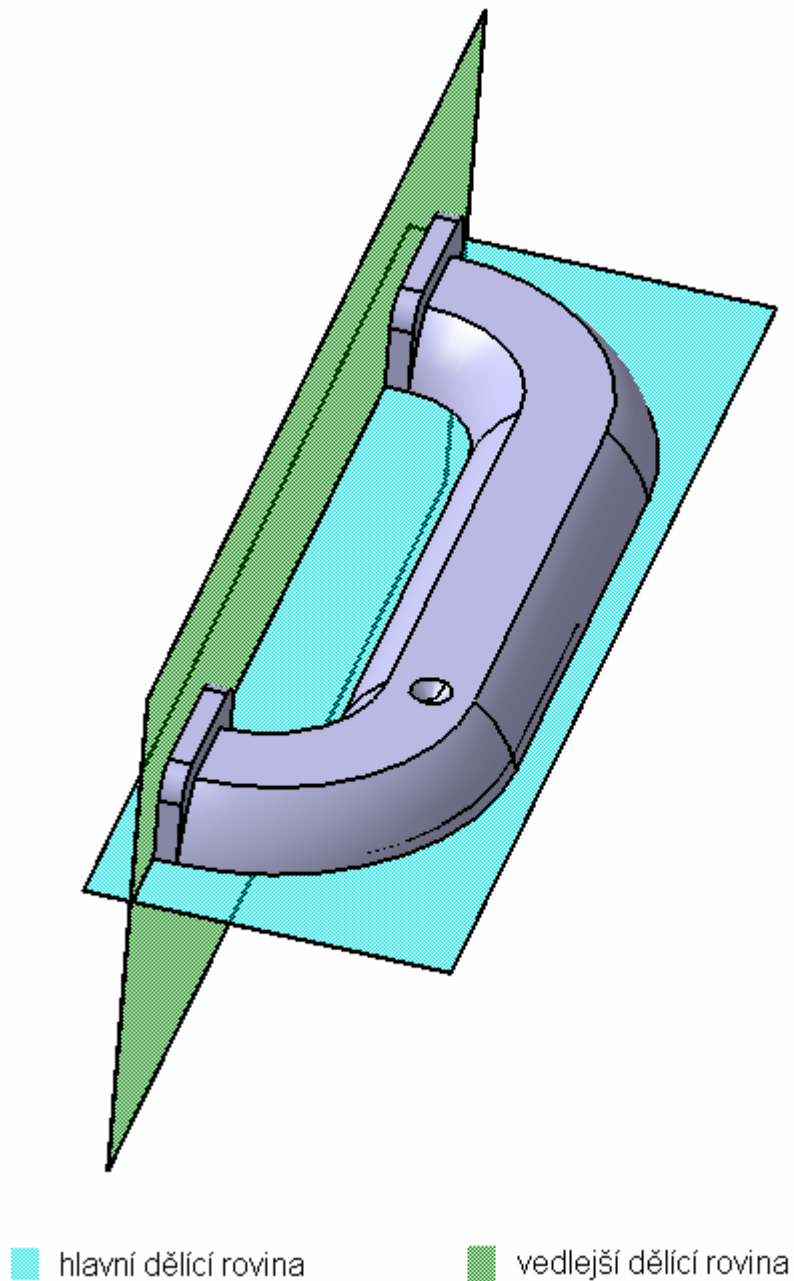
Ve svém návrhu sem se rozhodl pro dvounásobnou formu.



Obr. 12 Výstřik

4.2 Zaformování výstřiku

Určení dělicí roviny (rovin) je jedna z hlavních částí při navrhování vstřikovací formy. V tomto případě byli zvoleny dvě dělicí roviny, hlavní a vedlejší. Hlavní dělicí rovina je volena rovnoběžně s upínáním formy a probíhá po hranách výstřiku, kdežto druhá dělicí rovina je kolmá k upínání formy a jde po čele posuvných čelistí.



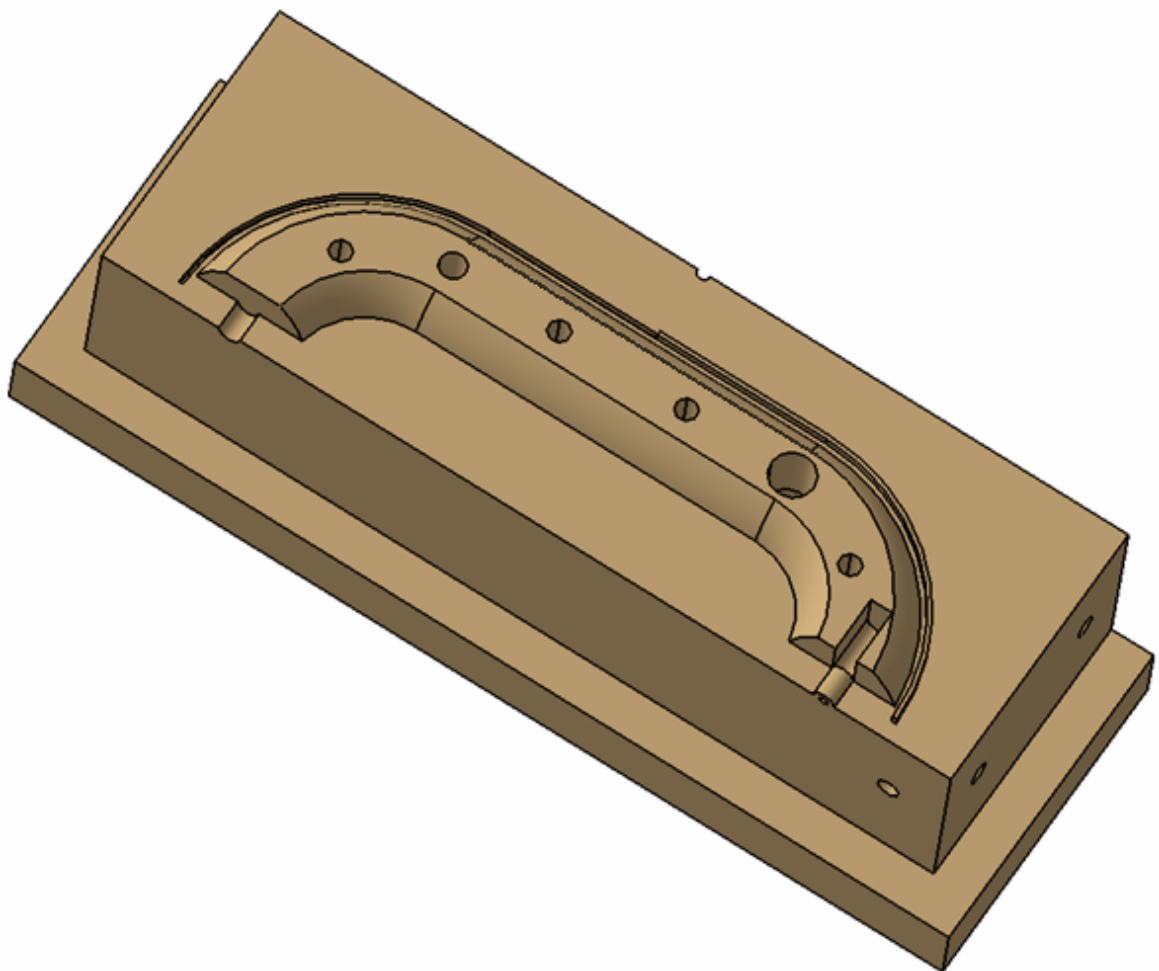
Obr. 13 Dělicí roviny

4.3 Odvzdušnění formy

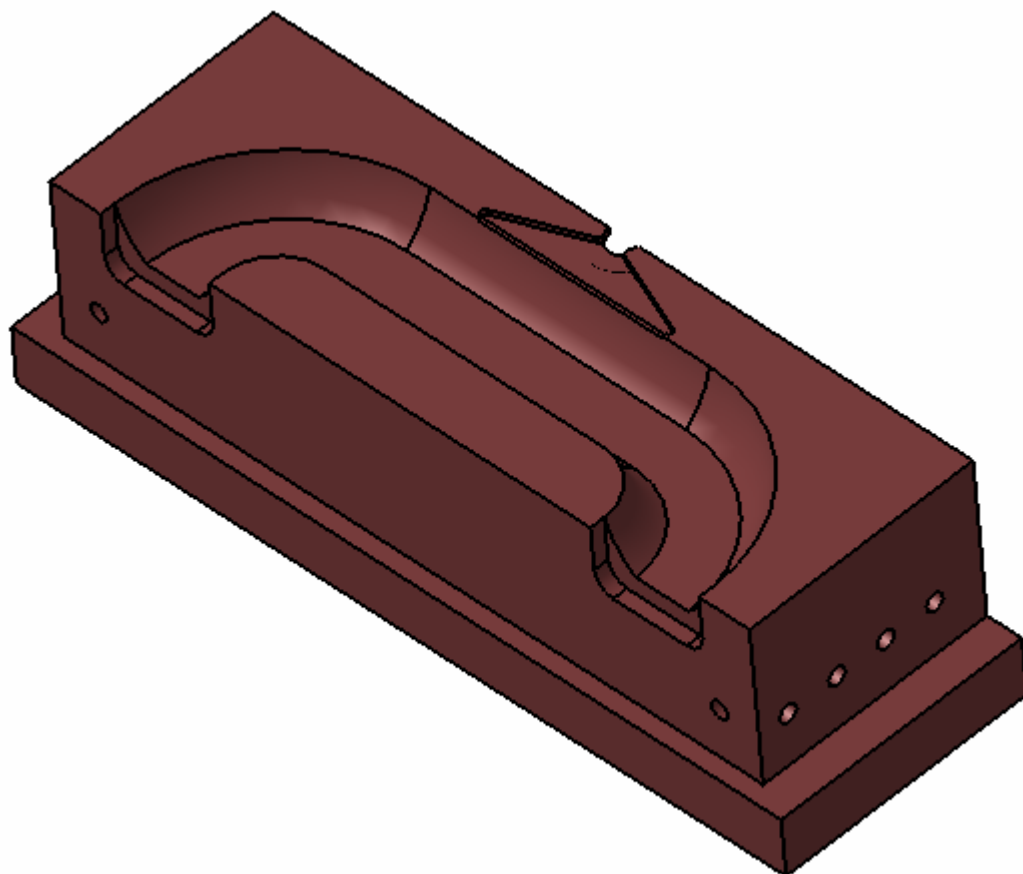
Při vstřikování plastu do dutiny formy dochází ke stlačování vzduchu a jeho zahřívání. Tento jev byl popsán v kapitole 2.4. V některých případech se ve formě dělají odvzdušňovací kanálky, ale v tomto případě stačí vzduch unikat přes dělicí rovinu a vůli mezi vyhazovacími kolíky a tvárnici.

4.4 Dutina formy

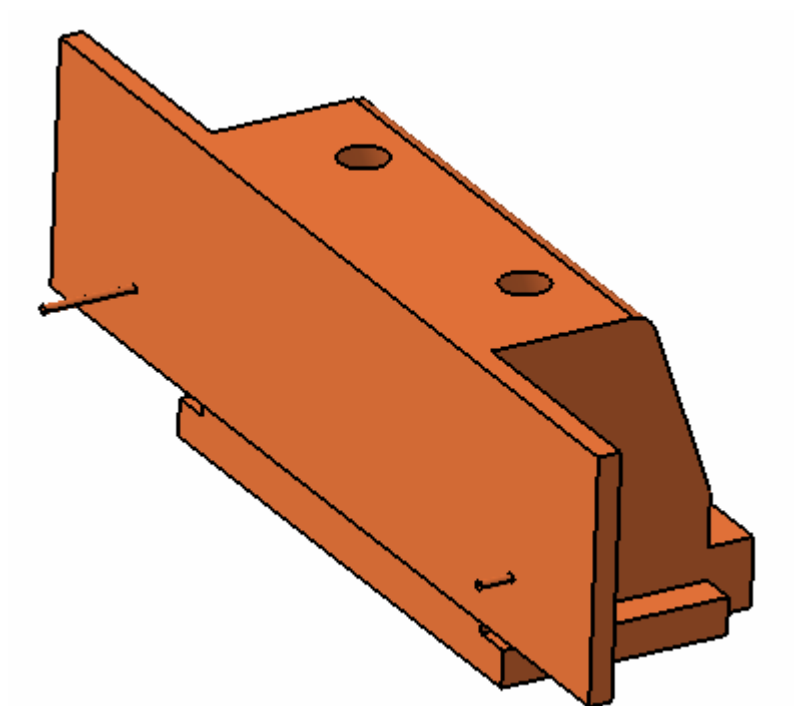
Tvarová dutina vstřikovací formy je tvořena tvárníkem (Obr. 15), tvárnicí (Obr. 16) a posuvnou čelistí (Obr. 17).



Obr. 14 Tvárník



Obr. 15 Tvárnice

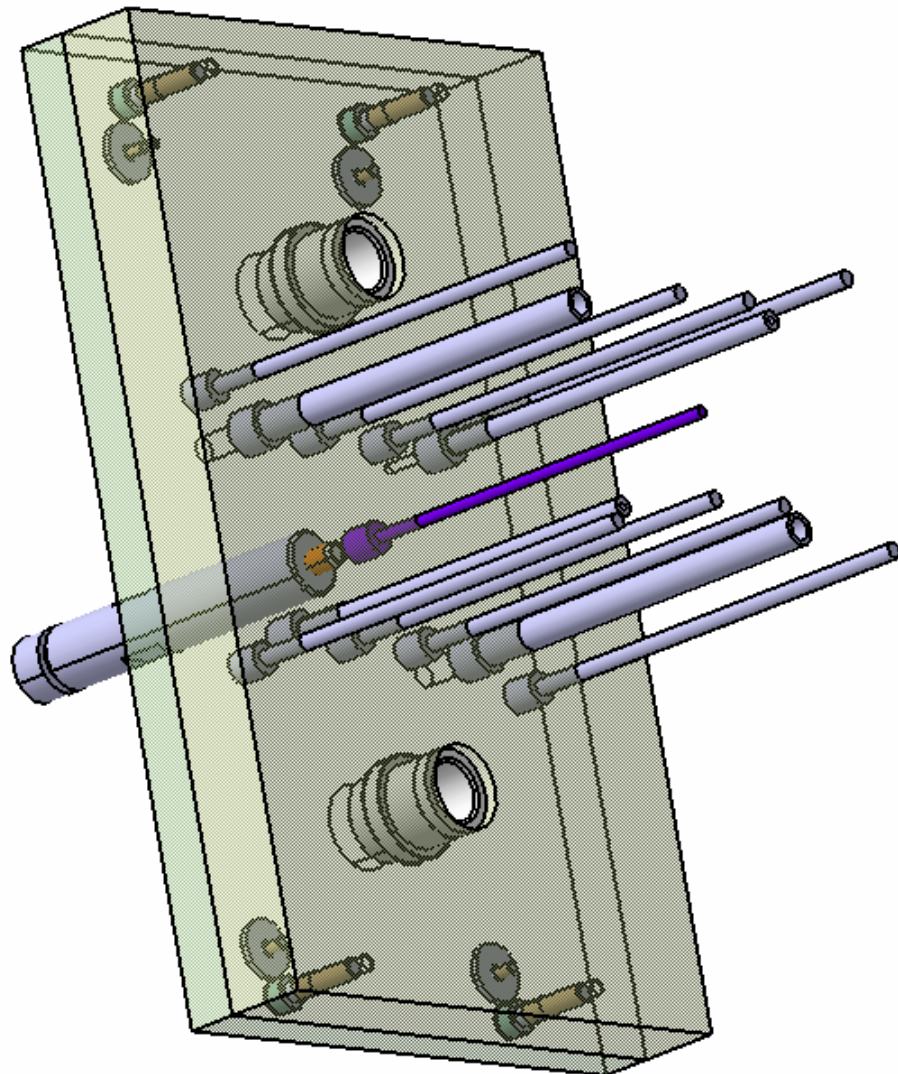


Obr. 16 Posuvná čelist

4.5 Vyhazovací systém

K vyhození výrobku byla požita kombinace čtyř válcových a dvou trubkových vyhazovačů pro každou dutinu. Ukotvení těchto vyhazovačů zajišťuje opěrná a kotevní deska. Na výstřiku zůstanou stopy po těchto vyhazovačích, ale u tohoto případu to nevádí, protože se nacházejí na nepohledové straně výstřiku. Dále se zde nachází ještě vyhazovač vtoku.

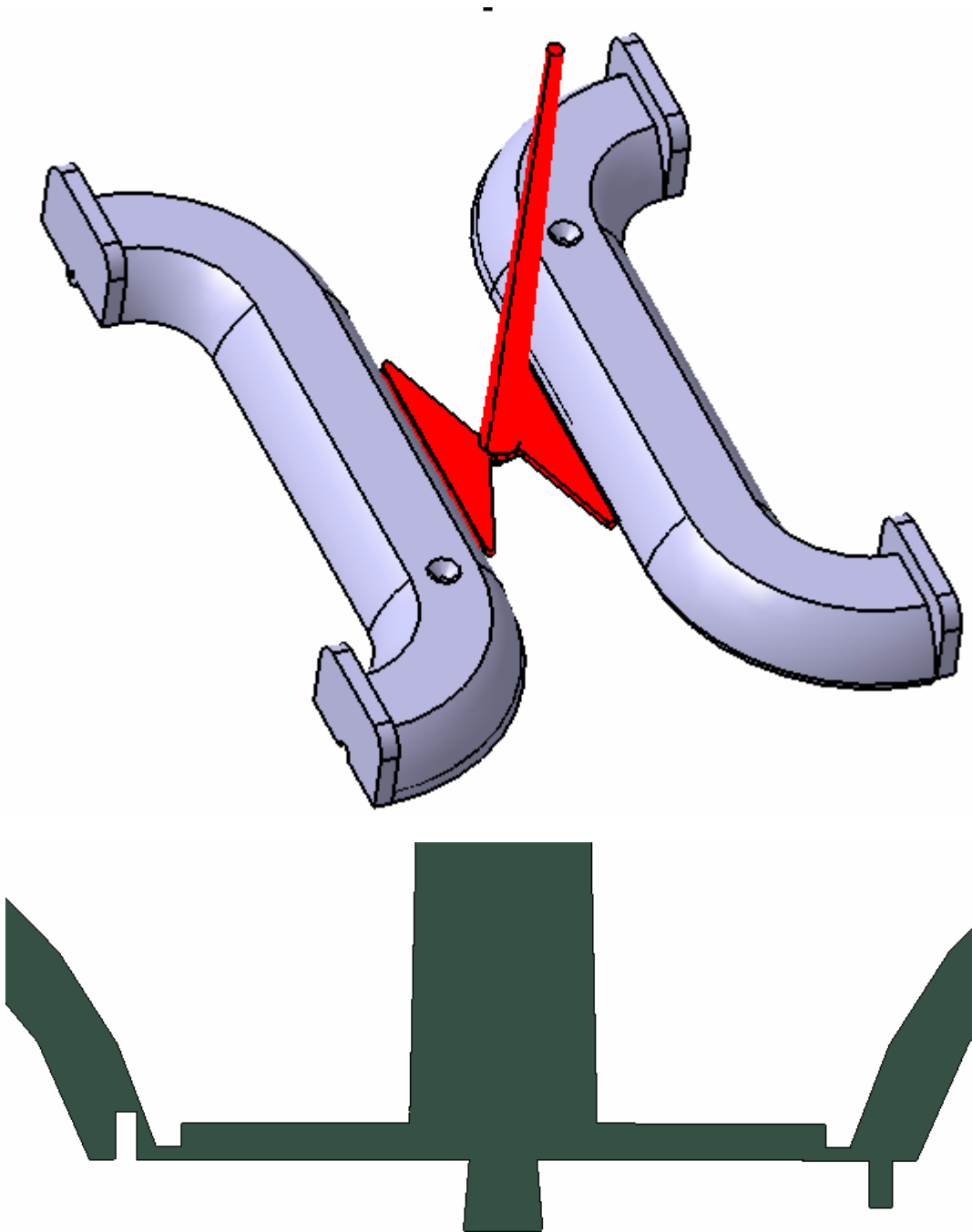
Zdvih vyhazovačů musí být dostatečný, aby bylo zajištěno vyhození celého výstřiku z tvárníku. Minimální zdvih pro tento výrobek postačí 21 mm. Pohyb celého vyhazovacího systému zajišťuje hydraulický systém vstřikovacího stroje.



Obr. 17 Vyhazovací systém

4.6 Vtokový systém

V tomto případě byl použit studený vtokový systém s požitím filmového ústí vtoku, pro lepší plnění dutiny formy.

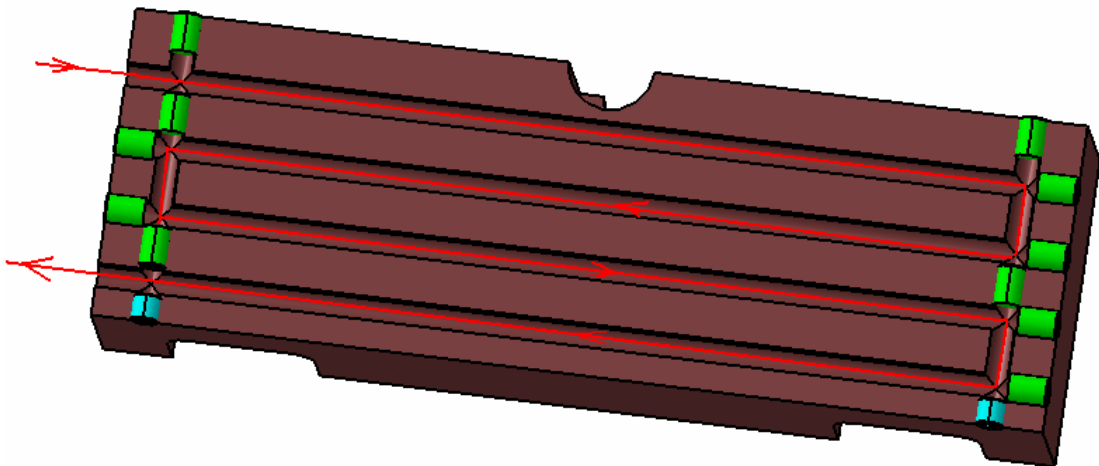


Obr. 18 Filmový vtok

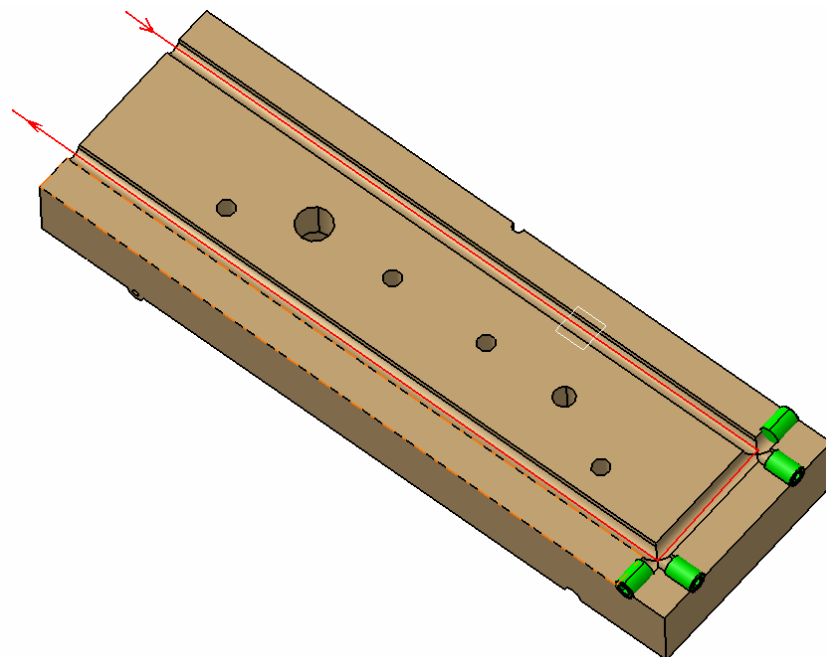
4.7 Temperace formy

Temperace slouží k udržování konstantního tepelného režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstříkovaní při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Detailněji je tento problém popsán v kapitole 2.5

Temperační kanálky v našem případě prochází tvárnici a tvárníkem jak je vydět na obrázcích (Obr. 20 a Obr. 21). Oběhový systém je uzavřen pomocí ucpávek.



Obr. 19 Temperace tvárnice

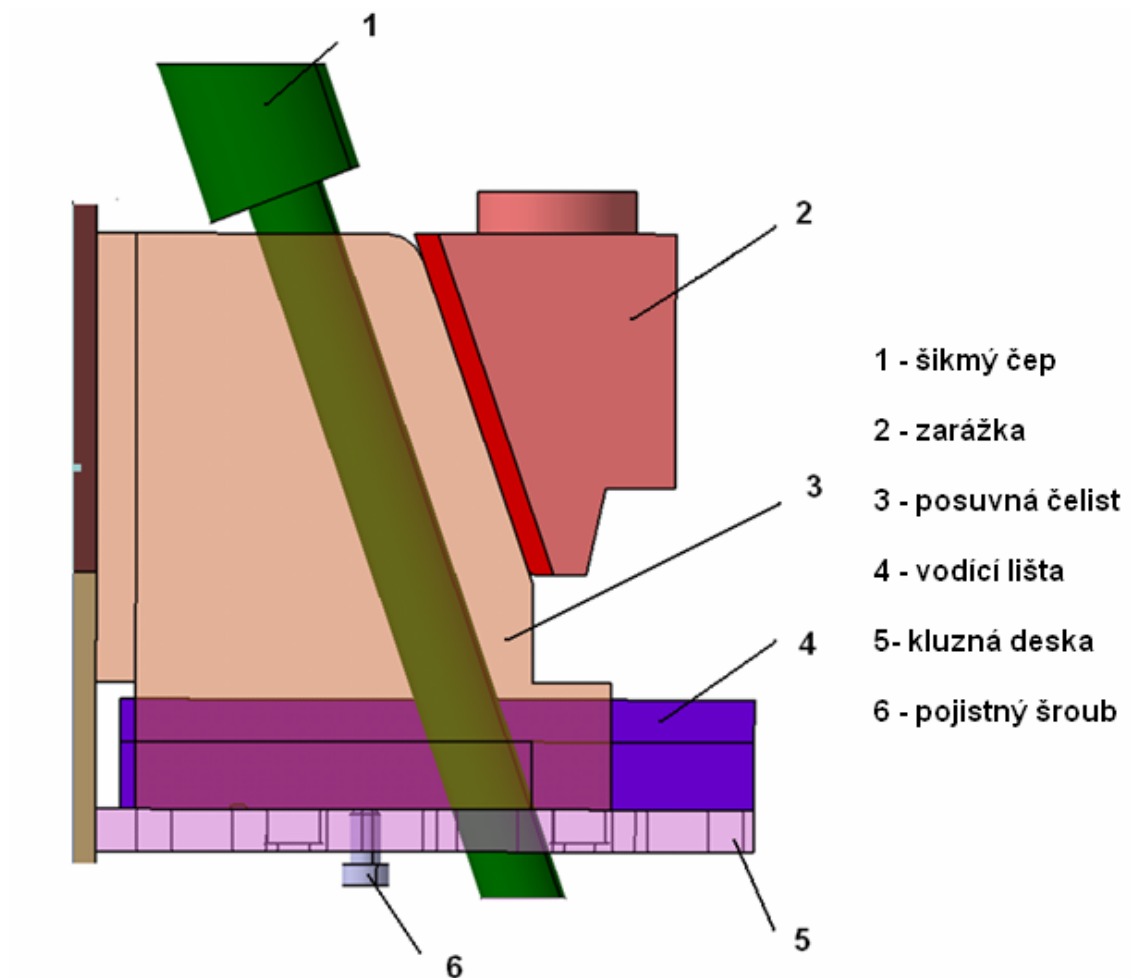


Obr. 20 Temperace tvárníku

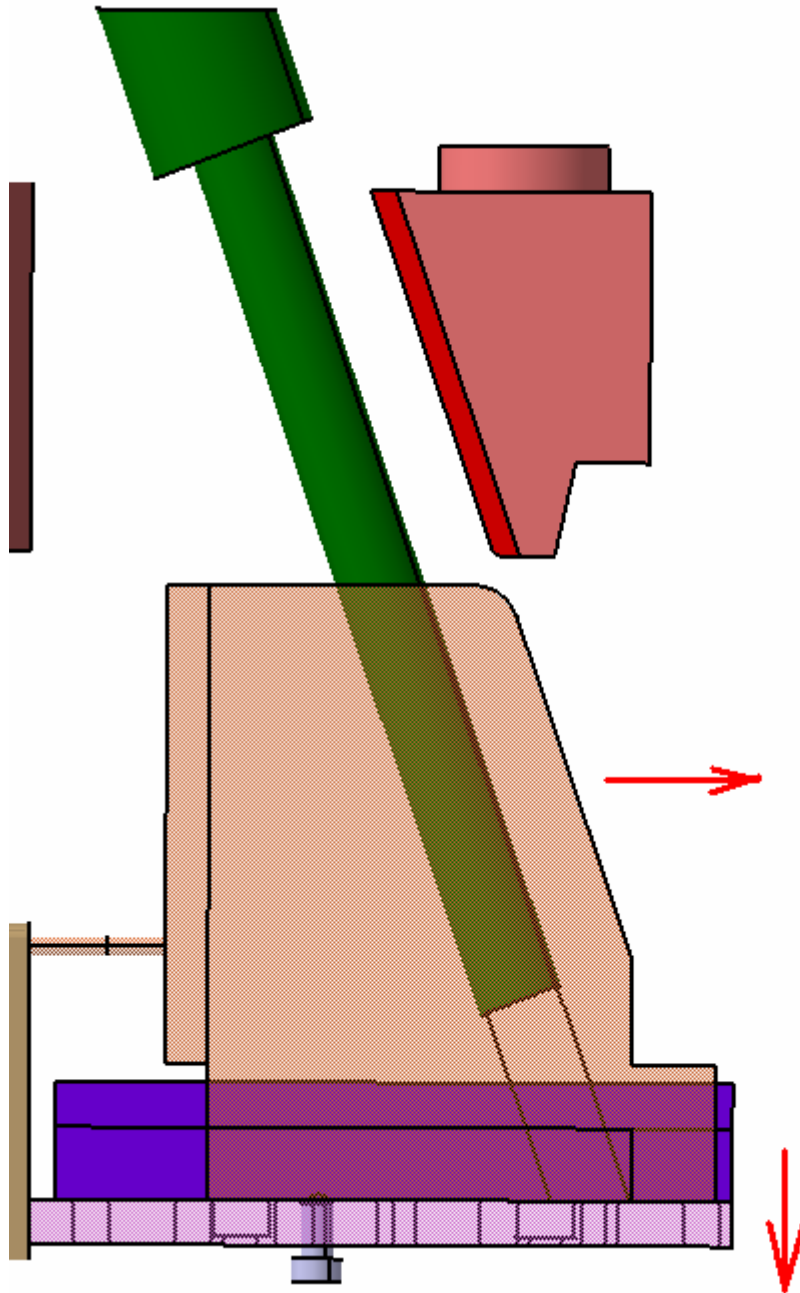
4.8 Posuvné čelisti, šikmé čepy

Odsun čelistí musí nastat před vyhozením vstříkované součásti, aby nedošlo k jejímu poškození. Tento proces je zajištěn pomocí šikmých čepů a dochází k němu během otevírání formy. Pro dostatečné odsunutí čelistí postačí úhel šikmých čepů 70° .

Důležité je zajištění čelistí v otevřeném stavu formy, aby nedošlo k jejich posunutí během vyjímání výstřiku z dutiny formy. To je zajištěno pomocí pojistného šroubu. Ten zajišťuje správnou pozici čelisti pomocí kuličky, která při správném odsunutí čelisti zaskočí do otvoru a tím je zajistí proti náhodnému posunutí a zamezí tak kolizi při zavírání formy.



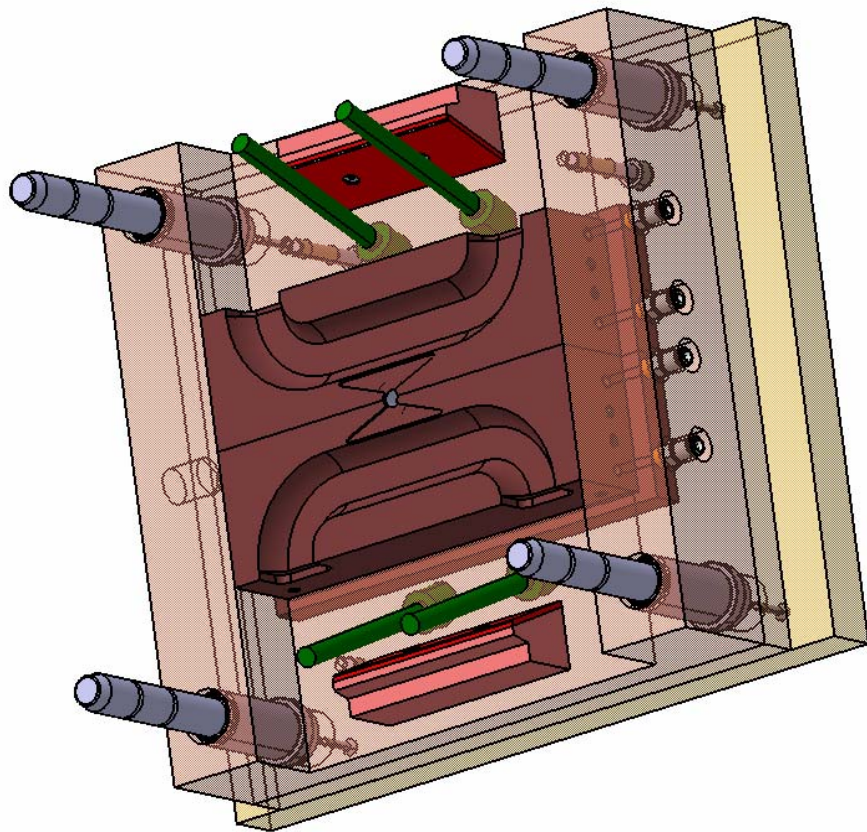
Obr. 21 Posuvná čelist při uzavřené formě



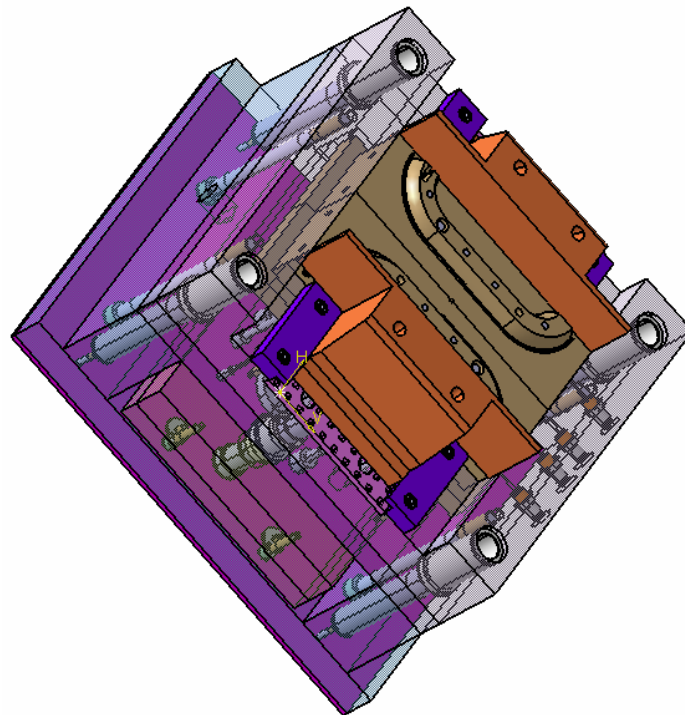
Obr. 22 Posuvná čelist při otevření formy

4.9 Sestava formy

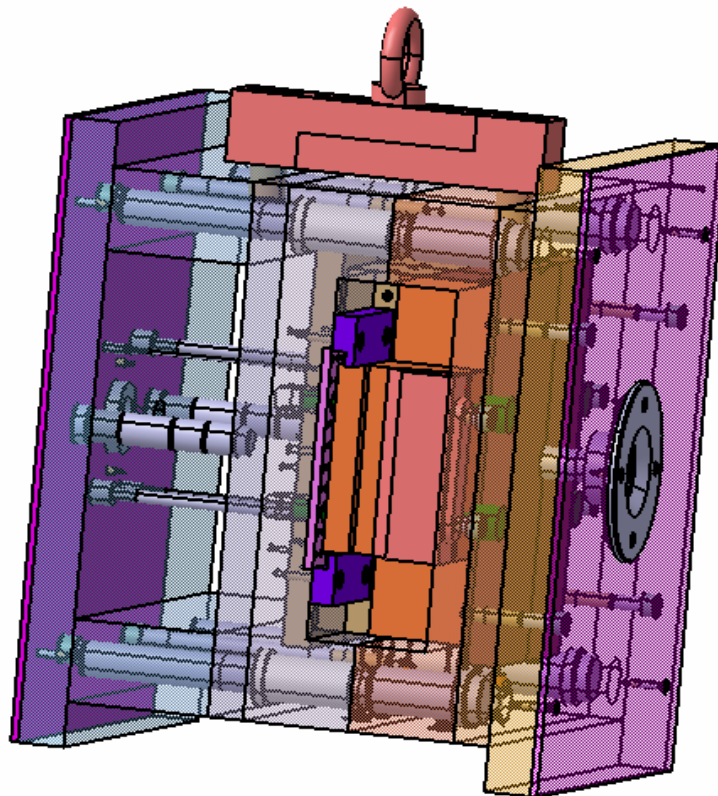
Forma je složena ze dvou částí. První z nich je pravá strana tzv. strana trysky (obr. 22). Druhou je levá strana vstříkovací formy tzv. strana vyhazovačů (obr. 23). Celkový pohled na vstříkovací formu je na obr. 24.



Obr. 23 Vstřikovací forma – pohled do pravé dělicí roviny



Obr. 24 Vstřikovací forma – pohled do pravé dělicí roviny



Obr. 25 3D sestava vstřikovací formy

4.10 Použité materiály

Pro výrobu tvarových vložek a pohyblivých čelistí byl zvolen materiál 19550 který se bude dále tepelně zpracovávat.

Při výrobě desek formy bude použit materiál 11600.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zkonstruovat formu pro zadaný plastový díl.

Celá konstrukce byla provedena v programu CATIA V5 a za pomoci normalizovaných dílců z katalogu HASCO. Software CATIA je velmi užitečný při navrhování vstřikovacích forem, díky svému snadnému 3D modelování a rozsáhlé databázi normalizovaných součástí.

Konstrukce formy se odvíjela od podoby plastového dílce, pro jehož odformování bylo nutno použít pohyblivé čelisti. Pro snížení pořizovací a provozní ceny formy, byl použit studený vtokový systém. Lepší plnění dutiny taveninou je provedeno pomocí filmového vtoku. K vyhození výrobku slouží čtyři válcové a dva trubkové vyhazovače. Ty také zajišťují dostatečné odzdušnění formy. Chlazení formy je zajištěno prouděním chladicího média soustavou kanálků.

Dalším krokem, po vytvoření 3D modelu vstřikovací formy, bylo provedení její 2D sestavy a vytvoření kusovníku.

Forma byla konstruovaná tak, aby její pořizovací cena byla co nejnižší. Z tohoto hlediska bylo použito co nejvíce normalizovaných součástí, ale i tak je cena jedné formy vysoká a vyplatí se nejlépe při sériové výrobě.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK a kolektiv, *Formy pro zpracování plastů, I. Díl – Vstřikování termoplastů*. Uniplast Brno, 2. opravené vydání, 1999. 134 s.
- [2] Technická univerzita Liberec : Katedra strojírenské technologie [online]. 2005 [cit. 2008-05-20]. Dostupný z www:
<http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm>.
- [3] TOMIS, HELŠTÝN, KAŇOVSKÝ, *Formy a přípravky*. Vysoké učení technické v Brně, červenec 1979. ISBN 55-835-79
- [4] BOBČÍK a kolektiv, *Formy pro zpracování plastů II. Díl – Vstřikování termoplastů*. Uniplast Brno, 1. vydání, 1999. 214 s.
- [5] TOMIS, F. *Základy gumárenské a plastikářské technologie*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1975. 278 s. ISBN 414-33543.
- [6] LEINVEBR, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 1. vyd. [s.l.] : ALBRA, 2003. 865 s. ISBN 80-86490-74-2
- [7] MENGES, G., MICHAELI, W., MOHREN, P.: *How to Make Injection Molds*. 3rd ed. Munich: Hanser, 2000. ISBN 3-446-21256-6
- [8] BEAUMONT, J. P.: *Runner and Gating Design Handbook*. 1st ed. Munich: Hanser, 2004, ISBN 3-446-22647-9
- [9] Firemní katalog normálií HASCO R1-2007.
- [10] <http://www.chemopetrol.cz>
- [11] <http://www.arburg.com>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

p_i	vnitřní tlak při vstřikování
s_k	pohyb šneku
s_n	pohyb nástroje.
F_p	přisouvací síla
F_u	uzavírací síla
T_f	teplota formy
p_y	zbytkový tlak
PP	polypropylen
VVS	vyhřívaný vtokový systém

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vstřikovací cyklus	15
Obr. 2 Řez vstřikovací jednotkou	17
Obr. 3 Schéma uzavírací jednotky	19
Obr. 4 Vyhřívaný vtokový systém.....	26
Obr. 5 Vyhazovací kolíky	28
Obr. 6 Vyhazování pomocí stírací desky.....	29
Obr. 7 Trubkový vyhazovač	30
Obr. 8 Prostředí softwaru CATIA V5R16	35
Obr. 9 Náhled databáze HASCO R1-2007	36
Obr. 10 Výrobek	36
Obr. 11 Vstřikovací stroj ALLROUNDER 370A	38
Obr. 12 Výstřik	39
Obr. 13 Dělicí roviny	40
Obr. 14 Tvárník.....	41
Obr. 15 Tvárnice	42
Obr. 16 Posuvná čelist	42
Obr. 17 Vyhazovací systém	43
Obr. 18 Filmový vtok.....	44
Obr. 19 Temperace tvárnice.....	45
Obr. 20 Temperace tvárníku	45
Obr. 21 Posuvná čelist při uzavřené formě.....	46
Obr. 22 Posuvná čelist při otevření formy	47
Obr. 23 Vstřikovací forma – pohled do pravé dělicí roviny.....	48
Obr. 24 Vstřikovací forma – pohled do pravé dělicí roviny.....	48
Obr. 25 3D sestava vstřikovací formy	49

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Typické vlastnosti materiálu PP Mosten GA 506	37
---	----

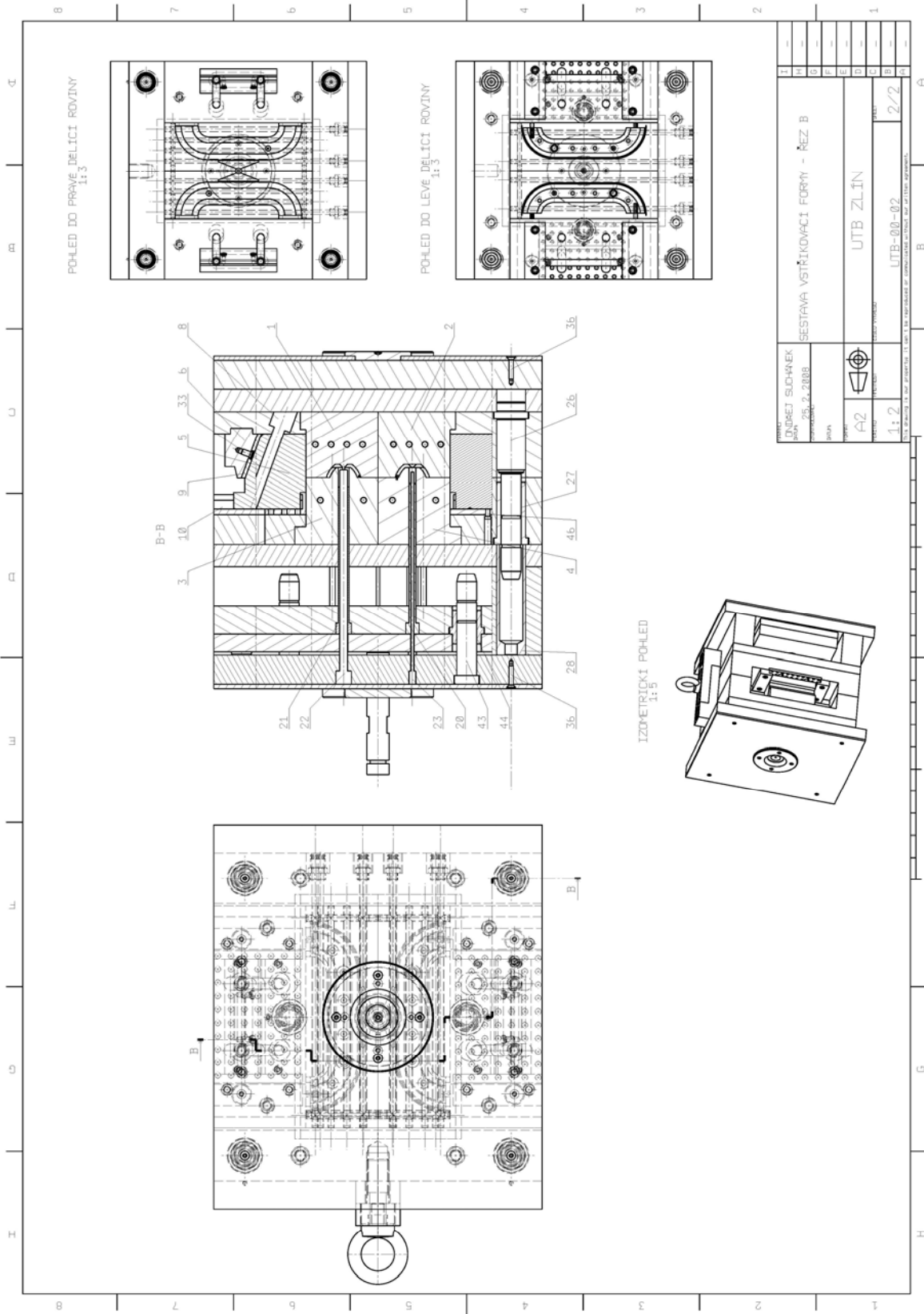
SEZNAM PŘÍLOH

P 1 : Výkresy

- Sestava vstříkovací formy – řez A
- Sestava vstříkovací formy – řez b

P 2 : Kusovník

P 3 : CD disk



POHLED DO PRAVE DELICI ROVINY
1:3

POHLED DO LEVE DELICI ROVINY
1:3

IZOMETRICKI POHLED
1:5

1	---
2	---
3	---
4	---
5	---
6	---
7	---
8	---

NÁZEV: LINDREIT SUCHÁNEK	
ČÍSLO: 2-2008	
MATERIÁL: A2	
MĚŘITEL:	1:2
UTB ZLIN	
UTB-00-02	2/2

poz.	Název-rozměr	Výkres-norma	Materiál	Ks	Poznámka
1	TVÁRNÍK 1	UTB-01-01	19552	1	KALIT NA 46 HRC
2	TVÁRNÍK 2	UTB-01-02	19552	1	KALIT NA 46 HRC
3	TVÁRNICE 1	UTB-01-03	19552	1	KALIT NA 46 HRC
4	TVÁRNICE 2	UTB-01-04	19552	1	KALIT NA 46 HRC
5	POSUVNÁ ČELIST	UTB-01-05	19552	2	KALIT NA 46 HRC
6	ZARÁŽKA	UTB-01-06	11600	2	
7	VODÍČÍ LIŠTA	UTB-01-07	11600	4	
8	ŠÍKMY ČEP	UTB-01-08	19552	4	
9	TLAKOVÁ DESKA	UTB-01-09	19313	2	
10	KLUZNÁ DESKA	UTB-01-10	423 311	2	
11	UPINACÍ DESKA PRAVA	UTB-01-11	11600	1	
12	UPINACÍ DESKA LEVA	UTB-01-12	11600	1	
13	TVAROVÁ DESKA PRAVA	UTB-01-12	11600	1	
14	TVAROVÁ DESKA LEVA	UTB-01-13	11600	1	
15	OPĚRNÁ DESKA PRAVA	UTB-01-14	11600	1	
16	OPĚRNÁ DESKA LEVA	UTB-01-15	11600	1	
17	ROZPĚRNÁ DESKA	UTB-01-16	11600	2	
18	VYHAZOVAČÍ DESKA A	UTB-01-17	11600	1	
19	VYHAZOVAČÍ DESKA B	UTB-01-18	11600	1	
20	TRUBKOVÝ VYHAZOVAČ 1	UTB-01-19	19552	2	
21	TRUBKOVÝ VYHAZOVAČ 2	UTB-01-20	19552	2	
22	TRN TRUBKOVÉHO VYHAZOVAČE 1	UTB-01-21	19552	2	
23	TRN TRUBKOVÉHO VYHAZOVAČE 2	UTB-01-22	19552	2	
24	VYHAZOVAČ VTOKU	UTB-01-23	19552	1	
25	VÁLCOVÝ VYHAZOVAČ	Z40/5x160		8	
26	VODÍČÍ SLOUPEK	Z00/56/18x95		4	
27	VODÍČÍ POUZDRO	Z11/56/18		4	
28	VODÍČÍ TRUBKA	Z20/26x100		4	
29	STŘEDÍČÍ KROUŽEK	K100/100x8		1	
30	STŘEDÍČÍ KROUŽEK	K503/100x36/24		1	
31	VTOKOVÁ VLOŽKA	Z51/18x96/3,5/40		1	
32	ŠROUB M8x35	Z30/8x35		4	
33	ŠROUB M5x10	Z33/5X10		4	
34	ŠROUB M8x45	Z31/8x45		4	
35	ŠROUB M4x12	Z33/4x12		4	
36	ŠROUB M4x20	Z33/4x20		8	
37	ŠROUB M10x140	Z31/10x140		4	
38	ŠROUB M6x25	Z30/6x25		8	
39	ŠROUB M4x16	Z33/4x16		4	
40	ŠROUB M4X10	Z31/4x10		4	
41	ŠROUB M6x25	Z31/6x25		4	
42	ŠROUB M4x8	Z33/4x8		4	
43	VODÍČÍ ČEP	Z011/18x100		2	
44	VODÍČÍ POUZDRO	Z10/22/18		2	
45	DORAZOVÁ PODLOŽKA	Z55/18x3		4	
46	POJISTNÝ ŠROUB M4x9	Z36/4x9		2	
47	UZAVÍRACÍ ZÁTKA	Z940/8x0,75		36	
48	KONCOVKA HADICE	Z87/9/R1/8		8	
49	TRANSPORTNÍ MŮSTEK	Z70/T1		1	
50	KOLIK	Z25/4x12		1	
51	ŠROUB M8x16	Z35/8x16		1	