

Konstrukce vstřikovací formy

Adam Škrobák

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: **Adam ŠKROBÁK**
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 vstřikovaného výrobku
3. Provedte konstrukci vstřikovací formy
4. Nakreslete výkres sestavy 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

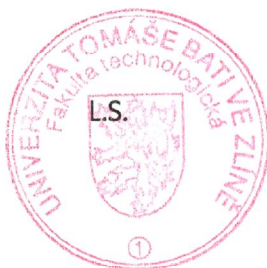
Termín odevzdání bakalářské práce:

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 konstrukcí vstřikovací formy pro zadaný plastový výrobek. První část je teoretická, která se zabývá základními informacemi jak správně postupovat při konstrukci vstřikovacích forem. Popisuje samotné vstřikování, vstřikovací stroj a funkční části forem. Druhá část je praktická, která je věnována samotné konstrukci formy. Obsahuje popis výrobku, volbu vstřikovacího stroje a popis funkce a konstrukčního řešení vstřikovací formy. Forma byla navržena pomocí stavebnicového systému v programu CATIA V5 s použitím normálí od firmy HASCO.

Klíčová slova: vstřikovací forma, konstrukce, výstřik, vstřikovací stroj, CATIA V5

ABSTRACT

This bachelor thesis is dealing with design of injection mould for required plastic part. First part is theoretical one, in which are described the basic information how to proceed with design of a injection mould properly. This part refers to injection, injecting machine and functional parts of a mould. The second part, the practical one, focuses on design of the mould. It consists of the plastic part description, the injection mould choice and description of the function and the design solution of the injection mould. The mould was projected with the help of the building set system at CATIA V5 application and the normalized devices of HASCO company were used during the projection.

Keyword: injection mould, design, plastic part, injecting machine, CATIA V5

Děkuji všem, kteří mi při psaní této práce přispěli svými cennými radami. Především bych chtěl poděkovat svému vedoucímu Ing. Michalu Staňkovi, za pravidelné konzultování, odborné rady, milou spolupráci a čas, který mi po dobu vytváření této bakalářské práce věnoval.

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

Ve Zlíně, dne 3.června 2008

.....

Podpis

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 VSTŘIKOVÁNÍ	10
1.1 ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ VSTŘIKOVÁNÍM	10
1.2 ROZDĚLENÍ PLASTŮ	10
1.3 ROZDĚLENÍ TERMOPLASTŮ	13
1.4 VLASTNOSTI POLYMERŮ	14
1.5 VOLBA TERMOPLASTU PŘI NÁVRHU VÝROBKU.....	15
1.6 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VLASTNOSTI A KVALITU VÝSTŘIKU	16
1.7 KONSTRUKCE VÝSTŘIKU.....	17
1.8 PRŮBĚH VSTŘIKOVACÍHO CYKLU	18
2 VSTŘIKOVACÍ STROJE	21
2.1 CHARAKTERISTIKA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	21
2.1.1 Vstřikovací jednotka	22
2.1.2 Uzavírací jednotka	23
2.1.3 Ovládání a řízení stroje.....	24
3 VSTŘIKOVACÍ FORMY	25
3.1 TECHNICKÉ ÚDAJE POTŘEBNÉ PRO KONSTRUKCI FORMY	25
3.1.1 Výkres součásti.....	25
3.1.2 Násobnost formy.....	26
3.1.3 Volba optimálního vstřikovacího stroje.....	26
3.1.4 Zvláštní požadavky na konstrukci formy.....	27
3.2 KONSTRUKCE FOREM	28
3.2.1 Postup při konstrukci formy	28
3.2.2 Zaformování výstřiku	29
3.3 STUDENÝ VTKOVÝ SYSTÉM (SVS)	30
3.3.1 Obecné zásady řešení studených vtokových systémů.....	31
3.3.2 Volba rozměrů vtokového kanálu.....	32
3.3.3 Volba rozměrů rozváděcího kanálu	32
3.3.4 Ústí vtoku a jeho umístění.....	33
3.3.5 Základní typy vtokových ústí.....	34
3.4 VYHŘÍVANÝ VTKOVÝ SYSTÉM (VVS).....	37
3.4.1 Vyhřívání trysky.....	38
3.4.2 Vyhřívání rozvodné bloky.....	40
3.5 VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKU	41
3.5.1 Mechanické vyhazování	42
3.5.2 Pneumatické vyhazování	43
3.5.3 Hydraulické vyhazování	43

3.6	TEMPERACE FORMY	43
3.6.1	Charakteristika teperačního systému.....	44
3.7	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	45
3.7.1	Určení místa pro odvzdušnění	45
3.8	MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ FOREM.....	46
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	48
4	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	49
5	POUŽITÉ APLIKACE	50
5.1	CATIA V5 R17	50
5.2	HASCO - DAKO MODULE R1/2007.....	50
6	SPECIFIKACE VÝROBKU.....	51
6.1	FUNKČNÍ ČÁSTI VÝROBKU	51
6.2	MATERIÁL VÝROBKU.....	51
7	VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	53
8	KONSTRUKCE FORMY.....	55
8.1	VOLBA NÁSOBNOSTI FORMY	55
8.2	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	56
8.3	ODFORMOVÁNÍ.....	57
8.4	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	60
8.5	VTKOVÝ SYSTÉM	62
8.6	TEMPERACE.....	64
8.7	ODVZDUŠNĚNÍ	66
8.8	VODÍCÍ A UPÍNACÍ ČÁSTI.....	66
	ZÁVĚR	70
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	71
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	72
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	73
	SEZNAM TABULEK	75
	SEZNAM PŘÍLOH	76

ÚVOD

V dnešní době, kdy je vysoké množství vyráběných výrobků z konvekčních materiálů jako je kov, dřevo, sklo, keramika apod. nahrazováno výrobky z plastu. Tím rostou vysoké požadavky na kvalitu různých technologií zabývajících se výrobou výrobků z plastu.

Nejrozšířenější technologii výroby je vstřikování termoplastů. Tato technologie umožňuje vyrábět výrobky velmi složitých tvarů pro aplikace v automobilovém a leteckém průmyslu, ale i výrobky pro domácnost, zdravotnictví atd. Provádí se na vstřikovacích strojích, jejichž nedílnou součástí je vstřikovací forma. Ta dává výrobku požadovaný tvar, vzhled i povrchovou kvalitu. Forma by měla zajistit celkovou stabilitu a zachování požadované funkce výrobku. Dále forma musí odolávat vysokým tlakům, tvarovou i rozměrovou stálost a umožnit snadné vyjmutí výrobku.

Konstrukce formy je velmi náročná a řeší se pro každý technologický projekt individuálně. Konstrukce formy se především volí podle druhu vstřikovaného plastu, složitosti požadovaného výrobku a na další důležitých aspektech. Pro zrychlení, zkvalitnění a zjednodušení konstrukce forem se využívá různých softwarových programů pro navrhování i samotnou simulaci. Tím se předejde výrobním chybám či dokonce nefunkčním výrobkům.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikováním se vyrábějí takové výrobky, které mají buď charakter konečného výrobku a nebo jsou polotovary nebo díly pro další zkompletování samostatného celku. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, je to proces diskontinuální, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky. [1]

1.1 Zpracování plastů vstřikováním

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy, kde ztuhne ve finální výrobek. Výhody vstřikování jsou krátký čas cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou, ale i konstrukční flexibilita, která umožňuje odstranění konečných úprav povrchu a montážních operací. Hlavní nevýhodou v porovnání s ostatními metodami zpracování plastů jsou vysoké investiční náklady, dlouhé doby nutné pro výrobu forem a potřeba používat strojní zařízení, které je neúměrně velké v porovnání s vyráběným dílem. [1]

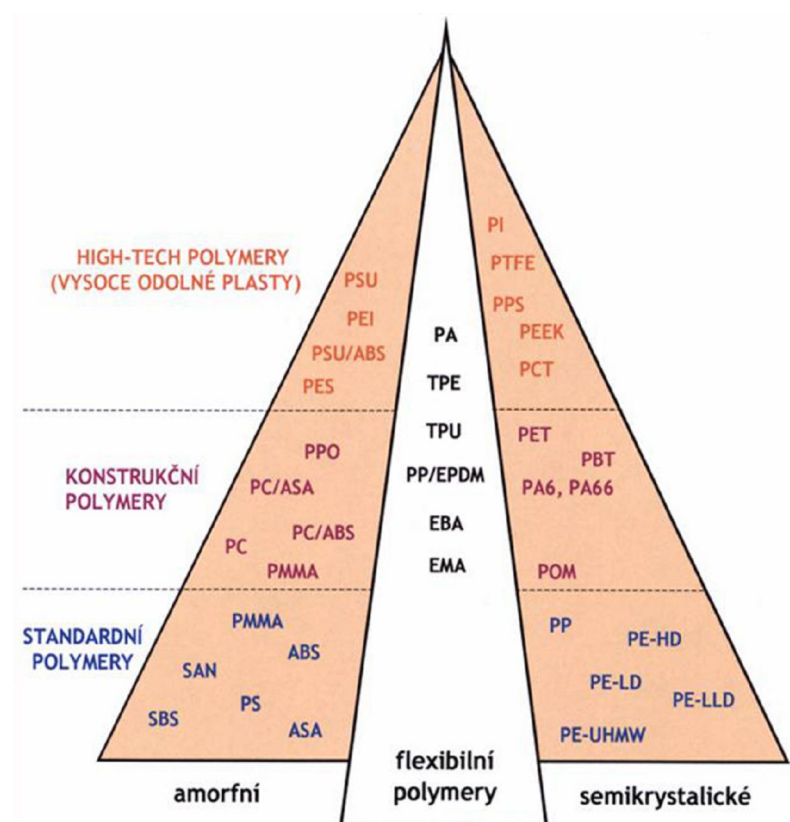
1.2 Rozdělení plastů

Plasty jako materiál jsou látky, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci. Plasty je možno klasifikovat podle různých hledisek:

- Podle aplikace, a podle konstrukční složitosti vyráběných dílů, lze plasty rozdělit do následujících skupin:
 - plasty pro široké použití, mezi které patří polyolefiny (PE, PP), polystyrénové hmoty (PS), polyvinylchlorid (PVC), fenolformaldehydové (PF) a močovinoformaldehydové hmoty (UF),
 - plasty pro inženýrské aplikace, kam lze zařadit polyamidy (PA), polykarbonáty (PC), polyoximetylén (POM), polymetylmakrylát (PMMA), terpolymer

- (ABS), polyfenilénoxid (PPO), polyuretan (PU), epoxidové (EP) a polyesterové (UP) pryskyřice,
- plasty pro špičkové aplikace, do kterých lze zařadit polysulfon (PSU), polyfenylénsulfid (PPS), tetrafluoretylén (PTFE), polyimidy (PI) a další.
 - Na základě teplotního chování, podle působení teploty na:
 - termoplasty – jedná se o polymerní materiály, které při zahřívání přecházejí do plastického stavu, do stavu vysoce viskózních neneutronovských kapalin, kde je lze snadno tvářet a zpracovávat různými technologiemi. Do tuhého stavu přejdou ochlazením pod teplotu tání T_m (semikrystalické plasty), resp. teplotu viskózního toku T_f (amorfní plasty). Protože při zahřívání nedochází ke změnám chemické struktury, lze proces měknutí a následného tuhnutí opakovat teoreticky bez omezení. Jedná se pouze o fyzikální proces. K termoplastům patří většina zpracovávaných hmot, jako je polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polyamid (PA), atd.,
 - reaktoplasty – jedná se o polymerní materiály, dříve nazývané termosety, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, k tzv. vytvrzování. Výrobek je možno považovat za jednu velkou makromolekulu. Ochlazování reaktoplastů probíhá mimo nástroj, neboť zajištění rychlého ohřevu formy pro vytvrzení a následné rychlé ochlazení materiálu by bylo obtížné. Tento děj je nevratný a vytvrzené plasty nelze roztavit ani rozpustit, dalším zahříváním dojde k rozkladu hmoty (degradaci). Patří sem fenolformaldehydové hmoty, epoxidové pryskyřice, polyesterové hmoty, apod.,
 - kaučuky, pryže a elastomery – jedná se o polymerní materiály, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, probíhá tzv. vulkanizace. U elastomerů na bázi termoplastů nedochází ke změnám chemické struktury, proces měknutí a následného tuhnutí lze opakovat teoreticky bez omezení, probíhá zde pouze fyzikální děj.
 - Podle nadmolekulární struktury (podle stupně uspořádanosti), kdy nadmolekulární struktura je nadřazena makromolekulám, se plasty dělí na:

- amorfní plasty, kde makromolekuly zaujímají zcela nahodilou pozici. Patří sem např. PS, PMMA, PC, apod. Jsou charakteristické tvrdostí, křehkostí, vysokou pevností, modulem pružnosti a jsou vzhledem k nízkému indexu lomu (1,4 až 1,6) průhledné, resp. dle propustnosti světla čiré (92 % propustnosti světla), transparentní anebo průhledné (60 % propustnosti světla). Součinitel teplotní roztažnosti α je menší, než u semikrystalických polymerů. Použitelnost amorfních polymerů je do teploty zesklenní T_g ,
- krystalické (semikrystalické) plasty, které vykazují určitý stupeň uspořádanosti. Ten se označuje jako stupeň krystalinity (pohybuje se od 40 do 90 %) a vyjadřuje relativní podíl uspořádaných oblastí, uložených mezi oblastmi amorfními. Nemůže nikdy dosáhnout 100 %, proto se krystalické plasty označují jako semikrystalické. Patří sem PE, PP, PA, PTFE, POM, atd. Jsou mléčně zakalené, index lomu je větší a jsou charakterizovány houževnatostí materiálu, pevnost a modul pružnosti roste se stupněm krystalinity. Použitelnost semikrystalických plastů je do teploty tání T_m .



Obr. 1. Rozdělení polymerů dle aplikace a jejich nadmolekulární struktury

- Podle druhu přísad na:
 - neplněné plasty – neplněný plast je takový plast, u kterého množství přísad neovlivňuje vlastnosti polymerní matrice.
 - plněné plasty – plnivo ovlivňuje fyzikální a mechanické vlastnosti plastu. Makromolekulární látka plní funkci pojiva a určuje základní fyzikální a mechanické vlastnosti hmoty. Přísadou mohou být plniva, stabilizátory, maziva, barviva, změkčovadla, iniciátory, nadouvadla, tvrdidla, retardéry hoření, apod.
- Podle polaritativity na:
 - polární plasty – mají trvalý dipól a mezi polární plasty patří PA, některé pryskyřice, apod.,
 - nepolární plasty – nemají trvalý dipól a patří sem PE, PP, PS, apod.
- Podle chemické struktury plastů se odvodily chemické názvy a poté lze plasty dělit např. na polyolefiny, styrenové plasty, polyamidy, apod.
- Podle původu (zastaralé dělení, neboť nepostihuje plasty výstižným způsobem) se polymery dělí na:
 - přírodní – jsou založeny na přírodních makromolekulárních látkách, např. na bázi celulózy, latexu, kaseinu, atd.,
 - syntetické – k výrobě je použita chemická cesta. [2]

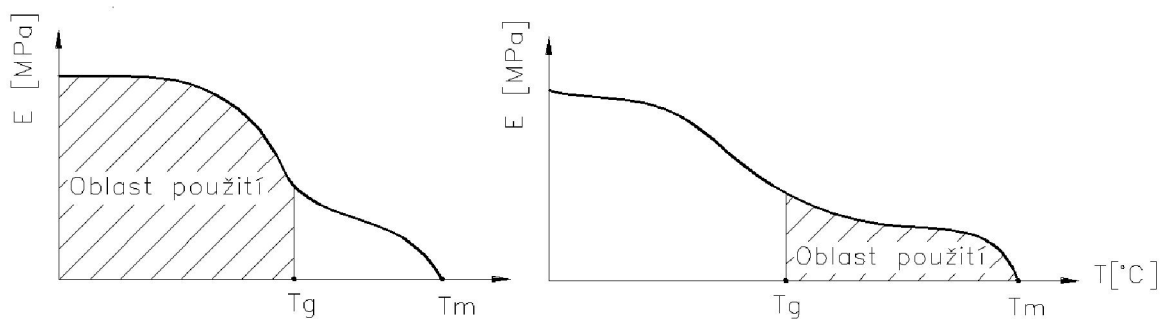
1.3 Rozdělení termoplastů

Tyto lineární či rozvětvené polymery, jejichž řetězec tvoří jen jeden druh základní chemické skupiny, se nazývají homopolymery. Dále kopolymery, které jsou složeny z více druhů základních chemických skupin. Z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dělí:

- amorfní – jejichž řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádané,
- semikrystalické – u nichž je podstatná část řetězců pravidelně a těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary, zbytek má amorfni uspořádání.

Využitelnost výrobků z amorfních plastů je v oblasti pod teplotou skelného přechodu T_g . Polymer je v tomto stavu pevný. Zvyšováním teploty nad T_g postupně slábnou kohezní síly mezi makromolekulami a plast přechází do plastické oblasti až do viskózního stavu, kdy se zpracovává. Se zvyšováním teploty současně narůstá i objem polymeru.

U semikrystalických plastů jsou části molekul vázány pevněji v lamelách a ve sférolitech krystalické fáze. Zvyšováním teploty se nejprve uvolní část molekul z amorfní oblasti a poté i ostatní molekuly z oblasti semikrystalické. To je doprovázeno značným nárůstem objemu. Použití tohoto typu polymeru je v oblasti nad teplotou skelného přechodu T_g , protože nad touto teplotou má vhodnou kombinaci pevnosti a houževnatosti. [3]



Obr. 2. Oblasti využití amorfních a semikrystalických plastů

1.4 Vlastnosti polymerů

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

Jako přísady se používají:

- plniva prášková nebo vláknitá, která svým charakterem mění především fyzikální a mechanické vlastnosti plastu. Vláknitá plniva vyztužují hmotu a zvětšují její pevnost, zatímco prášková plnidla při vyšší koncentraci zmenšují tyto hodnoty. Výjimkou jsou práškové aktivní plnidla (saze v kaučuku), ty mechanické vlastnosti plastu zlepšují,
- změkčovadla se přidávají k některým tvrdým polymerům za účelem, získat požadovanou měkkost a ohebnost,
- barviva slouží k dosažení požadovaného barevného odstínu plastu,

- stabilizátory zlepšují některé vlastnosti jako například odolnost proti vyšším teplotám při jejich zpracování nebo odolnost proti UV záření, stárnutí apod.,
- nadouvadla uvolňují při zpracování plyny a vytváří tak lehčenou strukturu plastu se svými zvláštními vlastnostmi.

Jednotlivé typy polymerů mají své charakteristické funkční a zpracovatelské vlastnosti.

Z funkčního hlediska se hodnotí především:

- mechanická pevnost při dlouhodobém nebo krátkodobém statickém i dynamickém zatížení,
- elektrické vlastnosti jako je dielektrická pevnost, vodivost apod.,
- chemická odolnost proti různým chemickým činidlům,
- optické vlastnosti jako je průhlednost, barva, lesk apod.

Ze zpracovatelského hlediska se hodnotí především:

- tekutost ovlivňující tloušťku stěny výrobku, koncepci zaformování i velikost vtoků. Tím je také do jisté míry ovlivněna temperace formy,
- velikost smrštění určující výrobní přesnost výrobku,
- citlivost na technologické parametry výrobního zařízení apod. [3]

1.5 Volba termoplastu při návrhu výrobku

Při návrhu vhodného termoplastu pro konstruovaný výrobek, je třeba uvážit konkrétní podmínky jeho provozního zatížení a celkové využití. Takový výrobek musí mít kromě požadovaných fyzikálních vlastností také vhodně vyrobitelný tvar s dosažitelnými rozměry a jakostí povrchu.

Optimální volba plastu se pak posuzuje z následujících hledisek:

- funkce výrobku musí splňovat definované požadavky,
- zvolená technologie výroby musí být reálná a na určeném stroji poměrně snadno realizovatelná, při dodržení požadovaných parametrů,

- volba plastu musí být ekonomická z hlediska technologie výroby samotného výrobku, ale i vstřikovací formy.

Zhodnocením těchto hledisek může konstruktér stanovit vhodný plast nebo více vlastnostmi podobných plastů. Mezi zvolenými typy potom rozhodují již jen méně významné vlivy, jako je dostupnost plastu, jeho elastické vlastnosti, cena apod. Obecně proto platí, že tvar výrobku a jeho vlastnosti musí odpovídat použitému plastu a zvolené technologii. Optimální návrh na plastový výrobek a materiál vyžaduje široké znalosti. Proto je vhodná spolupráce příslušných odborníků v daném oboru. [3]

1.6 Faktory ovlivňující vlastnosti a kvalitu výstřiku

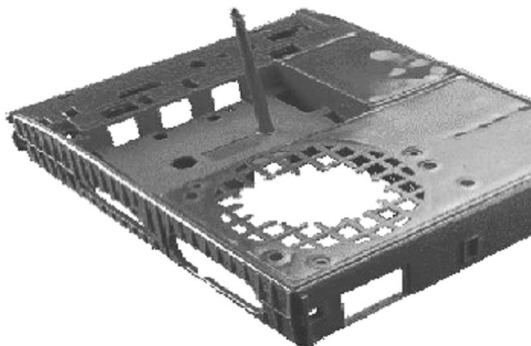
O mechanických a fyzikálních vlastnostech výstřiku, a o jeho kvalitě rozhoduje druh plastu, technologické parametry, konstrukce formy a volba stroje. Jednotlivé parametry nepůsobí samostatně, ale vždy se ovlivňují navzájem. Z hlediska volby druhu plastu má na vlastnosti výstřiku vliv:

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

Z technologických parametrů, které se mezi sebou výrazně ovlivňují, má na vlastnosti výstřiku a jednotlivé fáze vstřikování největší vliv:

- vstřikovací tlak (ovlivňuje rychlost plnění, uzavírací sílu, vnitřní pnutí, smrštění, orientaci – tj. narovnávání makromolekul do směru toku, atd.),

- teplota taveniny (konkrétní teplota závisí na druhu plastu a ovlivňuje tekutost plastu, vstřikovací tlak, dobu chlazení a tedy dobu cyklu, smrštění, tlakové ztráty, dotlak, atd.),
- teplota formy (konkrétní teplota závisí na druhu plastu a na charakteru výrobku, ovlivňuje tekutost plastu, rychlost plnění, dobu chlazení, lesk výrobku, povrch výrobku, teplotu taveniny, dotlak, vnitřní pnutí, smrštění, atd. – z technologického hlediska má být co nejvyšší, hlavně u semikrystalických plastů),
- rychlost plnění dutiny formy má být co nejvyšší, je však nutné kontrolovat teplotu taveniny, aby nedošlo k degradaci hmoty, nevýhodou je i vysoká orientace makromolekul,
- výše a doba trvání dotlaku (ovlivňuje hlavně rozměry výrobku, smrštění a vnitřní pnutí). [1]



Obr. 3. Nedotečený výstřik

1.7 Konstrukce výstřiku

Konstrukční návrh součásti z plastu se řídí úplně jinými vlastnostmi, než u součástí z kovu. Při jejich tvorbě musí konstruktér zvažovat, co všechno se při vstřikování v dflu z plastu bude dít. Pro realizaci plastových výrobků jsou dány určité meze konstrukčních tvarů a jejich vlastností, které by měly být v plném rozsahu akceptovány, jinak mohou nastat problémy při výrobě. To vyžaduje potřebné znalosti technologie výroby a zpracování plastů.

Všeobecně platí: čím více jednodušší výrobek, tím výhodnější jsou jeho pevnostní podmínky, snadnější dodržení rozměrů, levnější výroba formy a tím i jednodušší celá výroba. Ve skutečnosti však vždy je třeba hledat kompromis mezi vznášenými požadavky.

Součásti z plastu nelze vyrobit v takových jakostech jako kovové součásti. Je to tím, že na plastové výrobky působí během zpracování množství různých činitelů, které je ovlivňují. Jsou to materiál, výrobní technologie, forma a její kvalita. Jejich vlivem se pak vyrobí výstřik jen určité kvality, do které se počítá přesnost, jakost povrchu a užité vlastnosti.

Hlavní činitelé ovlivňující jakost výrobku:

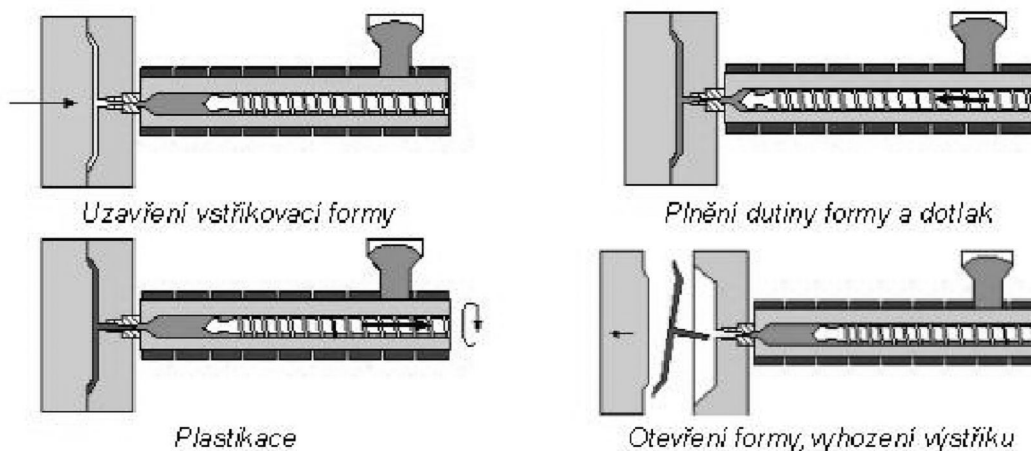
- smrštění při zpracování, které především ovlivňuje přesnost výrobku,
- dodatečné smrštění, bývá několikanásobně menší, než smrštění při ochlazení ve formě. Probíhá delší dobu a jeho příčinou je pozvolné uvolňování vnitřního pnutí vzniklého důsledkem vstřikování,
- tečení (creep) vznikne při větším dlouhodobém silovém zatížení součásti,
- teplotní roztažnost. Je přibližně o řád větší, než u kovů, je však vratnou změnou,
- navlhavost, která ovlivňuje rozměry podle sorpce vody, po vysušení se rozměry opět změní.

Velikosti vlivů jednotlivých činitelů je velmi obtížné stanovit. Ovlivňují je druh plastu, tvar součásti i zpracovatelské podmínky. [3]

1.8 Průběh vstřikovacího cyklu

Postup vstřikování je následující: plast v podobě granulí je nasypán do násypky, z níž je odebírán pracovní částí vstřikovacího stroje (šnekem, pístem), která hmotu dopravuje do tavicí komory, kde za současného účinku tření a topení plast taje a vzniká tavenina. Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, kterou zcela zaplní a zaujme její tvar. Následuje tlaková fáze (dotlak) pro snížení smrštění a rozměrových změn. Plast předává formě teplo a ochlazením ztuhne ve finální výrobek. Potom se forma otevře a výrobek je vyhozen a celý cyklus se opakuje.

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. 4. Vstřikovací cyklus

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 , 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 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. Aby se mohlo doplňovat, 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), 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, což je tlak, pod nímž se hmota nachází ve formě těsně před jejím otevřením. Příliš vysoký zbytkový tlak je příčinou vysokých vnitřních pnutí ve výstřících, které u křehkých hmot mohou způsobovat až samovolné praskání výstříku. Zbytkový tlak lze snížit buď zkrácením doby dotlaku anebo programovaným průběhem tlaku během dotlaku. Po dokonalém zchladnutí výstříku se forma otevře a výstřík se vyhodí z formy. [1]

2 VSTŘIKOVACÍ STROJE

Vstřikovací proces probíhá na moderních strojích většinou plně automaticky, takže se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena strojního zařízení i vstřikovací formy je však značně vysoká. Technologie je proto vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu. [1]



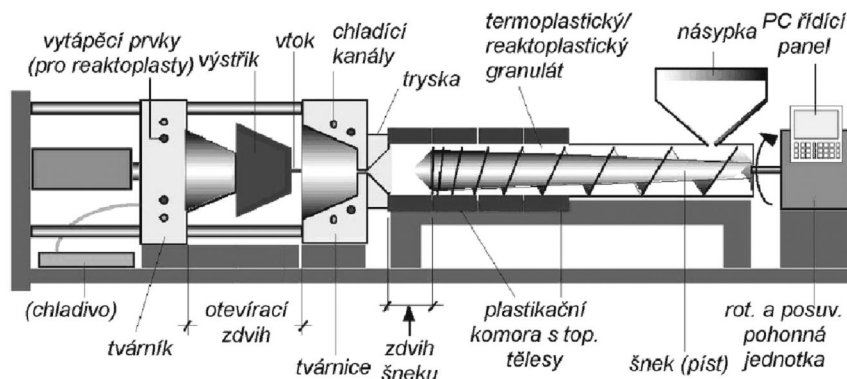
Obr. 5. Vstřikovací stroje

2.1 Charakteristika vstřikovacího stroje

Existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší konstrukcí, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlostí výroby, snadnou obsluhou a pořizovací cenou.

Konstrukce vstřikovacího stroje je charakterizována dle:

- vstřikovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- ovládání a řízení stroje. [3]



Obr. 6. Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací

2.1.1 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.

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

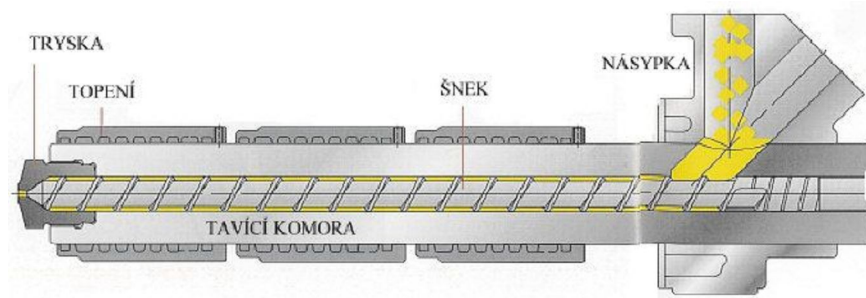
První vstřikovací jednotky, které byly použity pro vstřikování plastů již na konci minulého století, byly jednotky pístové. Jejich princip byl převzat z lití roztavených kovů pod tlakem. Udržely se až do poloviny 20. století, kdy byly postupně zcela vytlačeny jednotkami šnekovými. Dnes se používají jen výjimečně, a protože význam pístových vstřikovacích jednotek je v současnosti zanedbatelný, bude se další text týkat hlavně vstřikovacích jednotek se šnekem. Rozdíl obou typů strojů je dán konstrukcí tavicí komory. Jejím úkolem je převést do plastického stavu v co nejkratší době co největší množství hmoty a zajistit maximální teplotní homogenitu taveniny. Pohyb plastu v komoře je u pístových strojů zajišťován pístem, u šnekových šnekem. Konstrukcí šnekových vstřikovacích strojů byly s úspěchem vyřešeny všechny hlavní nedostatky pístových strojů.

Mezi největší přednosti šnekové plastikační jednotky patří:

- spolehlivá plastikace a dobrá homogenizace roztaveného plastu,
- zabránění přehřívání materiálu v tavicí komoře,
- vysoký plastikační výkon i velký zdvihový objem, takže velikost výstřiku lze teoreticky libovolně zvyšovat,
- odstranění potíží při čištění komory při výměně materiálu,
- zaručené přesné dávkování hmoty,
- nízké ztráty tlaku během pohybu hmoty,
- vyšší účinnost zásahu do vstřikovacího procesu, např. řízením dotlaku.

Činnost šnekového stroje je následující: při plastikaci se šnek otáčí a v hrdle násypky nabírá granulovaný plast, který stlačuje a dopravuje jej do vytápěných částí tavicí komory,

kde materiál taje a jako tavenina se hromadí před čelem šneku a šnek během otáčení ustupuje dozadu. Po zplastikování potřebného množství plastu se otáčivý pohyb šneku zastaví a šnek se bez otáčení pohybuje dopředu jako píst a vstříkuje taveninu do dutiny formy. Jelikož plastikace nové dávky plastu může probíhat ještě ve fázi chlazení výstřiku ve formě, je výrobní cyklus kratší oproti pístovým strojům. K dalším přednostem patří jednoduché dávkování, možnost hmotu dodatečně barvit a plnit plnivý nebo přidávat další přísady až při zpracování.

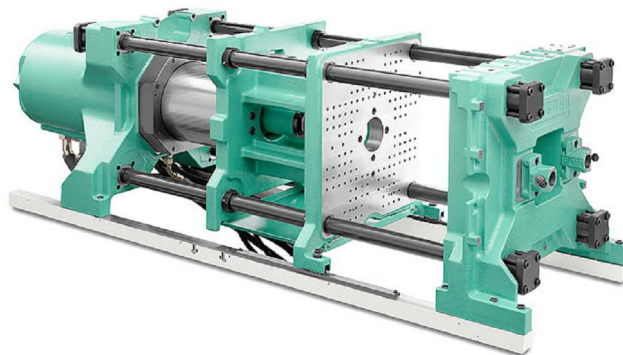


Obr. 7. Řez vstříkovací jednotkou

Nejdůležitější částí vstříkovací jednotky je tavicí komora, šnek, tryska a topení včetně dalšího příslušenství. [1]

2.1.2 Uzavírací jednotka

Úkolem uzavírací jednotky je zavírat a otevírat formu dle procesu vstříkování a zajistit uzavření formy takovou silou, aby se při vstříknutí tlakem taveniny forma neotevřela. Při činnosti formy je nutno rozlišovat sílu přisouvací F_p , a sílu uzavírací F_u . Současné moderní stroje mají programovatelnou rychlost a sílu uzavírání vstříkovací formy.



Obr. 8. Uzavírací jednotka vstříkovacího stroje

Uzavírací jednotka se skládá z těchto hlavních částí: opěrné desky pevně spojené s ložem stroje, pohyblivé desky, na kterou je upnuta pohyblivá část formy, upínací desky s otvorem pro trysku stroje, na kterou se připevní nepohyblivá část vstřikovací formy, vedení pro pohyblivou desku, z uzavíracího a přidržovacího mechanismu.

Vstřikovací stroje používají v současné době různé uzavírací systémy, které např. mohou být konstruovány jako hydraulické, mechanické, kombinace hydraulického a mechanické způsobu (závorování) a v poslední době se používají i elektrické systémy. [1]

2.1.3 Ovládání a řízení stroje

Stupeň seřízení 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 to na přesnosti a kvalitě výrobku. Řízení stroje se proto musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky.

Nastavení stroje je řídicím systémem také kontrolováno (zpětná vazba). Alternativní volba a úprava programu se pak může snadno uskutečnit za pomoci barevné obrazovky. Na přesnosti a jakosti výstřiku má řízení stroje rozhodující vliv.

Tím, že určuje a dodržuje přesnost:

- nastavení výše i doby vstřikovaného tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiku,
- nastavením doby a výšky teploty taveniny, její homogenizaci jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiku. [3]



Obr. 9. Řídicí a ovládací systém vstřikovacího stroje

3 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Forma dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Na vstřikovací formu jsou kladeny tyto požadavky:

- technické, které zaručují správnou funkci formy, která musí vyrobit požadovaný počet výrobků 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 při vysoké produktivitě práce. Také vysokým využitím plastu,
- společensko-estetické, které umožňují vytvářet vhodné prostředí při bezpečné práci. Vyžadují dodržení všech bezpečnostních zásad při konstrukci, výrobě i provozu formy. [3]

3.1 Technické údaje potřebné pro konstrukci formy

Pro vyhotovení výkresové dokumentace formy nutné pro její výrobu, je třeba znát celou řadu technických údajů, aby její realizace byla úspěšná. [3]

3.1.1 Výkres součásti

Charakter součásti z plastu má odpovídat jeho specifickým vlastnostem. Svým tvarem a rozměry má umožnit jednoduchou výrobu i dodržení požadovaných fyzikálních i mechanických vlastností.

Výkres má obsahovat:

- tvar,
- rozměry a tolerance,
- stupeň přesnosti a úchylek rozměrů nebo zvláštní požadavky na rozměry,
- jakost povrchu a vzhledové požadavky (barva, dezén ...),
- materiál (chemické případně obchodní označení),
- technické přejímací podmínky,

- zvláštní požadavky (temperace ...). [3]

3.1.2 Násobnost formy

Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých faktorů, které ji ovlivňují. Posuzují se z hlediska:

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

Součásti tvarově náročné, které vedou ke složité formě nebo i velkorozměrové výstřiky se většinou vyrábí v jednonásobných formách. Z hlediska kvality a přesnosti výstřiku je nutné, aby násobnost formy byla co nejmenší. Na výrobu rozměrově přesných výstřiků nemá jenom vliv přesnost jednotlivých tvarových dutin, ale plno dalších nezanedbatelných faktorů. Nerovnoměrná teplota formy i plastu při plnění jednotlivých dutin, nestejně vstřikovací tlaky, rozdílné dráhy vtoků apod. způsobují další rozměrové nepřesnosti. Velikost vstřikovacího stroje se svým plastikačním výkonem, vstřikovacím tlakem i uzavírací silou musí dostatečně a s rezervou naplnit bezpečně uzavřenou formu. Požadovaná rezerva by měla činit cca 20 %. [3]

3.1.3 Volba optimálního vstřikovacího stroje

Vstřikovací stroj je významnou složkou pro dosažení kvalitních výstřiků. Jeho volbu ovlivňují:

- hmotnost a rozměry výrobku,
- požadovaná přesnost a kvalita výrobku,
- velikost formy.

Proto navržený vstřikovací stroj musí splňovat:

- dostatečnou vstřikovací kapacitu,

- dostatečný uzavírací tlak,
- vhodnou koncepci stroje.

Celková hmotnost výstřiku = hmotnost výstřiku x násobnost + hmotnost vtoků.

Celkové množství hmoty musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Tato dávka je závislá na plastikačním čase, kterým je dán vstřikovací cyklus. Využití plastikačního výkonu se pohybuje od 10 – 90 % .

Maximální vstřikované množství nemá překročit 90 %, protože ve stroji je nutná rezerva zplastikovaného materiálu, pro případné doplnění při působení dotlaku. Tavenina je vstřikována do formy přes otevřenou nebo uzavíratelnou trysku.

Jakost a rozměry výstřiku jsou ovlivněny kvalitou vstřikovacího stroje. Kvalita stroje je dána jeho konstrukcí, přesností řízení jednotlivých parametrů stroje, reprodukovatelnosti a stálosti parametrů. U všech výrobců tato kvalita není stejná, proto je třeba volit vhodný vstřikovací stroj uvážlivě.

Nevhodnost nebo rozdíly v nedodržení potřebných parametrů stroje snižují kvalitu výstřiku. To se projeví vznikem napětí ovlivňující rozměry, pevnost a životnost výstřiku. [3]

3.1.4 Zvláštní požadavky na konstrukci formy

Konstrukce a celá koncepce formy je dána požadavkem dobré funkce v podmínkách stanovení výroby. Záleží především na:

- požadavcích na jakost výrobku,
- ekonomice výroby,
- požadovaném termínu zahájení výroby.

Pokud pro zákazníka běžné požadavky nejsou vhodné, doplní je svými speciálními. Obvykle mají urychlit, zlepšit, případně zlevnit výrobu. Takovým zvláštním příslušenstvím bývá využití typizovaného rámu (dílu) forem, nasazení vyhřívané trysky, vyšší automatizace při vstřikování, robotizace pracoviště atd. Všechny tyto požadavky mají obvykle vliv jak na konstrukci, tak i na výrobu formy a musí s ní být počítáno v oblasti, které se týká. [3]

3.2 Konstrukce forem

Výroba dílů vstřikováním probíhá na vstřikovacím stroji a ve formě v krátkém čase, za působení dostatečného tlaku a teploty a dalších nutně důležitých 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 tvarové 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 atd.,
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou.

Vyšší nároky na přesnost a jakost forem se projeví ve zvýšené pracnosti při jejich konstrukci i výrobě. [3]

3.2.1 Postup při konstrukci formy

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji, jsou podkladem pro samotnou konstrukci formy, ta má pak následující postup:

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměru a tvářecích podmínek. Nesmí se opomenout zaoblení ostrých hran a rohů, které vyvolávají velké pnutí a obtížné plnění dutiny formy,
- určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a její způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Respektovat také směr a velikosti 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 kanálu a ústí vtoků,

- stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvodu dutin formy,
- návrh rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění tvarových dutin a na vyhazovací systém i temperaci formy,
- vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků,
- kontrola 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. [3]

3.2.2 Zaformování výstřiku

Správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí roviny patří k důležitým a rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňují dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Vychází z konstrukčního řešení vyráběné součásti.

Dělicí plocha (rovina) bývá zpravidla rovnoběžná s upínací plochou formy.

Může se však být i šikmá nebo různě tvarovaná, případně vytváří u výstřiků s bočními otvory hlavní a vedlejší boční dělicí roviny. Taková koncepce způsobuje obtížnější a nákladnější výrobu, proto je snaha se takovým tvarům vyhnout. Nepřesnost v dělicí rovině 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 rovina:

- umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy,
- měla jednoduchý geometrický tvar, tudíž byla snadno vyrobitelná a slícovatelná,
- probíhala v hranách výstřiku,
- 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 rovin volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet,
- umožnila případné odvzdušnění dutiny formy. [3]

3.3 Studený vtokový systém (SVS)

Vtokový systém slouží k zprostředkování průtoku taveniny ze vstřikovací trysky vstřikovacího stroje do dutiny formy. Ztuhlý materiál ve vtokovém systému se pak nazývá vtokový zbytek. Obecná zásada je tento vtokový zbytek minimalizovat, případně úplně odstranit. Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jeho ústí ovlivňují:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku,
- spotřebu použitého materiálu,
- náročnost začištění výstřiku,
- energetickou náročnost výroby.

Zásadní rozdíly v celkovém uspořádání vtokového systému jsou dány především konstrukcí formy a její násobností. U vícenásobných forem musí tavenina dorazit ke všem ústím vtoků za stejnou dobu při stejném tlaku taveniny, takovou vtokovou soustavu lze požadovat za vyváženou.

Při volbě vtokového systému se vychází z předpokladu, že tavenina se vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnějším povrchu prudce roste, nejnižší je uprostřed. Vysoká viskozita vyžaduje vysoké tlaky v systému (40 až 200 MPa). Ztuhlá povrchová vrstva taveniny vytváří tepelnou izolaci vnitřnímu proudu taveniny. V okamžiku zaplnění vzroste prudce odpor a poklesne průtok. V dutině formy nastává postupné tuhnutí taveniny odvodem tepla do stěn formy.

Další doplňování taveniny může nastat jen jejím elastickým stlačením. Ve vtokových ústích dochází ještě v tomto okamžiku k vývinu tepla vlivem tlaku a tím k oddálení ztuhnutí taveniny. Při proudění taveniny vtokovým systémem dochází také vlivem tření k vývinu tepla, které se koncentruje do míst nejvyššího smykového napětí. V těchto místech může dojít k výraznému zvýšení teploty až o 200°C. I když toto zvýšení teploty je krátkodobé, u citlivých plastů může dojít k jejich degradaci. [3]

3.3.1 Obecné zásady řešení studených vtokových systémů

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 toku byla ke všem tvarovým dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnovážné plnění. Vyústění vtoku do dutiny, jeho průřez, poloha a počet ovlivňují velikost pnutí a existenci míst se sníženou pevností (studené spoje), kde vlivem částečného ochlazení proudu taveniny a jejím vzájemným setkáním již nedojde ke kvalitnímu spojení. Proto je vhodné plnit dutinu jen jedním vtokem, aby vznikalo co nejméně studených spojů,
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvarové dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku. Vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez (minimální ztráty ochlazením). Nejvhodnější je tvar kruhový, z výrobních důvodů se však volí lichoběžníkový průřez,
- u vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů, aby byla zachována stejná rychlost proudění taveniny.

Aby bylo možné uvedené zásady splnit je potřebné:

- zaoblení všech ostrých hran vtokových kanálů min. $R = 1 \text{ mm}$,
- stanovit úkosovitost všech vtoků, pro jejich snadné odformování. Maximální úkosy jsou $1,5^\circ$, podkosy se volí jen u komůrky přidržovače vtoku,
- leštěný povrch vtokového systému orientovaného ve směru vyjímání,
- řešit zachycení čela proudící taveniny prodloužením rozváděcího kanálu. Zabrání se tím proniknutí chladnějšího čela proudu taveniny do tvarové dutiny a tím snížení povrchových vad výstřiku,
- ve vtokovém systému vyloučit místa s velkým nahromaděním taveniny,
- neprovádět větvení vtokového systému pod ostrým úhlem, ale někdy právě naopak pod úhlem větším, než 90° ,

- průřezy vtokových systémů pro krystalické polymery jsou zpravidla větší, než pro amorfni. [3]

3.3.2 Volba rozměrů vtokového kanálu

Nejobvyklejší je kuželový vtokový kanál, vytvořený uvnitř vtokové vložky. Ústí do rozváděcích kanálů, případně přímo do dutiny formy. Průměr vtokového kanálu na straně trysky je minimálně o 0,5 až 1 mm větší, než průměr otvoru trysky vstřikovacího stroje. Na opačné straně největší průměr kanálu má být větší minimálně o 1,5 mm, než je největší tloušťka výstřiku, nebo stejný se šířkou rozváděcího kanálu. Povrch vtokového kanálu je leštěný, s drsností 0,1 Ra a s minimálním úkosem 1,5°.

Pokud ústí vtokový kanál do:

- rozváděcích kanálů, je jeho větší průměr otvoru stejný, nebo nepatrně větší než rozváděcí kanály. Jeho velikost se určí pomocí údajů pro rozváděcí kanály. V místech spojení se doporučuje konstruovat jímku chladného čela taveniny jako tahače vtoku,
- dutiny formy, je vhodné vytvořit pro ústí vtoku čochovité zahloubení, zvláště pro menší tloušťky stěn. Platí $H \leq D/3$. Průměr kanálu se určuje většinou empiricky s ohledem na hmotnost výstřiku. [3]

3.3.3 Volba rozměrů rozváděcího kanálu

Rozváděcí kanály spojují vtokový kanál s ústím vtoku a tvarovou dutinou. Jejich délka je dána typem formy. Velikost jejich průřezů určuje řada činitelů, kteří se vzájemně ovlivňují.

Volí se s ohledem na:

- charakter výstřiku, především tloušťku jeho stěn a předpokládanou dobu dotlaku,
- tepelné a reologické vlastnosti taveniny, hlavně její viskozitu, tepelnou vodivost apod.,
- parametry vstřikovacího stroje, vstřikovací tlak, vstřikovací rychlost apod.

Obtížné stanovení hodnot jednotlivých parametrů a určení jejich vzájemné vazby by vyžadovalo pracné a složité výpočty. Proto se pro jejich volbu používají především empirické vztahy. Všeobecně platí, že nejmenší průměr rozváděcího kanálu (i vtokového) kanálu D nemá překročit 1,54-násobek největší tloušťky stěny výstřiku H ($D \leq 1,54 H$). [3]

3.3.4 Ústí vtoku a jeho umístění

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jen ve výjimečných případech může být použit plný nezúžený vtok (pro potlačení propadlin, lunkrů u velkoobjemných výstřiků). 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. Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, plastu i technologii vstřikování. Umožní se snadné začišťení. Velikost zúženého průřezu však musí spolehlivě naplnit dutinu formy a také ještě umožnit případné působení dotlaku. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. Tvar ústí bývá štěrbinový pro ploché výstřiky, nebo kruhový pro rotační a jiné výstřiky. Šířka bývá užší, než je rozváděcí kanál. Tloušťka nebo celý průřez se určí podle objemu výstřiku. Při konstrukci se doporučuje volit menší vtokové ústí, které se může při zkouškách formy případně zvětšit.

Pro snížení nedostatků a vad na výstřiku je třeba respektovat následující zásady umístění ústí vtoku:

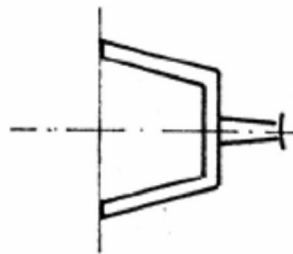
- ústí vtoku by mělo být umístěno do nejširšího místa výstřiku. Tavenina má téci vždy z místa většího průřezu do míst s menším průřezem. To proto, aby tuhla nejdříve na vzdálenějším místě od vtokového ústí,
- vtokové ústí by se mělo umisťovat do geometrického středu dutiny tak, aby tavenina zatékala do všech míst rovnoměrně,
- u výstřiků se žebry má tavenina proudit ve směru jejich orientace,
- u výstřiků s otvory se umisťuje vtokové ústí do těchto otvorů nebo v jejich blízkosti. U obdélníkových otvorů nebo tvarů je třeba zajistit proudění taveniny ve směru delší strany,
- vtokové ústí by mělo být umístěno, aby bylo možno ovlivnit nasměrování při případném vzniku studených spojů mimo vzhledová a mechanicky namáhaná

místa. Dále s ohledem zamezení volného toku taveniny a tím turbulentního plnění dutiny. Tavenina krátce po vstupu má dopadnout na nějakou překážku. [3]

3.3.5 Základní typy vtokových ústí

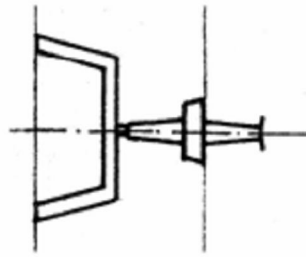
Aby se splnily všechny požadavky kladené na výrobek, používá se pro vstřikování několik typů vtoků závislých zpravidla na tvaru výstřiku. Proto se rozlišují tyto základní typy vtoků:

- Plný kuželový vtok přivádí taveninu do tvarové dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Používá se u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Je vhodný především pro tlustostěnné výstřiky. Z hlediska působení dotlaku je velmi účinný, protože vtok tuhne ve formě jako poslední. Jeho odstranění je pracné a zanechává vždy stopu na výstřiku.



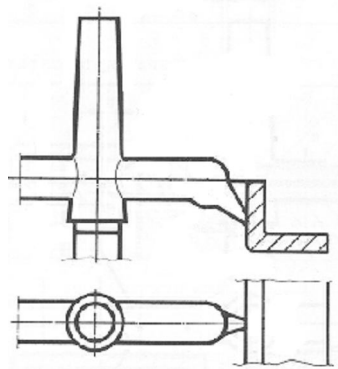
Obr. 10. Plný kuželový vtok

- Bodový vtok je nejrozšířenějším typem zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, které leží mimo nebo v dělicí rovině. Může vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo z rozváděcích kanálů. Vyžaduje systém třídeskové formy (nejdříve se odtrhne vtokové ústí a teprve poté se otevře forma v dělicí rovině s tvarovou dutinou). Po odtržení vtokového ústí může na výrobku zůstat výstupek po odtržení vtoků nebo může nastat vytržení materiálu, kterému lze zabránit vytvořením čochovitěho nálitku proti ústí vtoků. Bodový vtok se nedoporučuje pro vstřikování velkorozměrových výstřiků.



Obr. 11. Bodový vtok

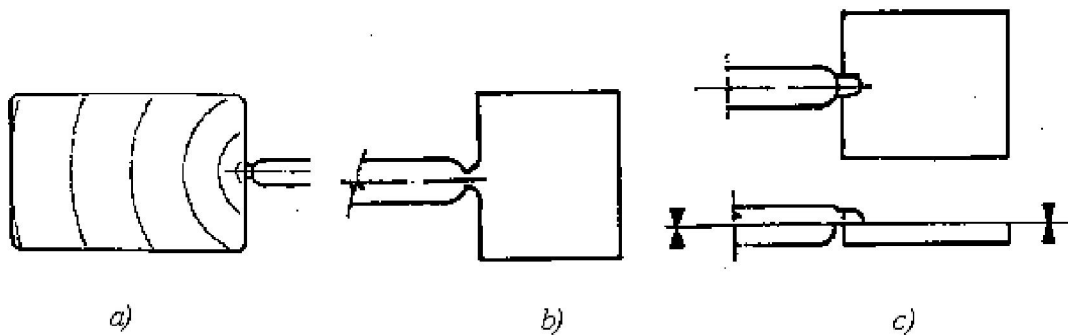
- Tunelový vtok je zvláštním případem bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výstřík, tudíž není nutné použití třídeskového systému. Při konstrukci tunelového vtoku se nesmí zapomínat na přidržovač vtokového kanálu, obvykle kombinovaný s vyhazovačem. Ostré hrany, které by mohly způsobit zalomení vtokového zbytku ve vtokovém ústí, je třeba zaoblit. Z hlediska výroby je tento vtok velmi náročný, vyrábí se elektrojiskrovým hloubením, které umožňuje dodržení přesných rozměrů vtoku. Volba tunelového vtoku u výstříku vyžaduje plast s dostatečnou elasticitou. Vtoky jsou vhodné pro výrobu tenkostěnných výstříků bez viditelné stopy po vtoku na jeho vzhledové části. Zvláštním typem tunelového vtoku je srpkovitý vtok, který umožňuje umístit vtokové ústí do části výstříku, ve kterém nepůsobí rušivě.



Obr. 12. Tunelový vtok

- Boční vtok je také typem se zúženým vtokovým ústím, které leží v dělicí rovině. Průřez bývá obvykle obdélníkový, ale může být i kruhový či lichoběžníkový. Je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Při odformování zůstává zpravidla výstřík od vtokového zbytku neoddělený. Pro zamezení volného vstříkování taveniny do dutiny formy se ústí upravuje do tvaru vějíře nebo se

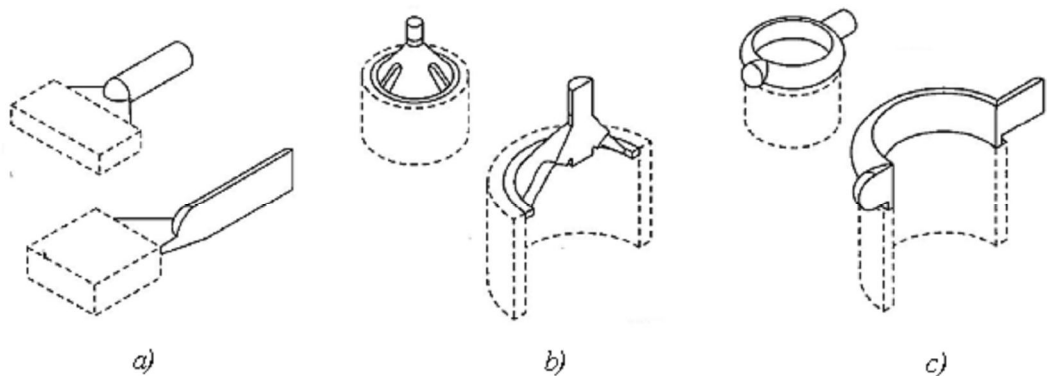
používá bočních vtoků s překrytím. Při výrobě takového vtokového ústí nemůže dojít k poškození tvárnice a stopa po vtoku zůstává na spodní straně výstřiku.



Obr. 13. Boční vtok

a) standardní, b) vějířový, c) s překryvem

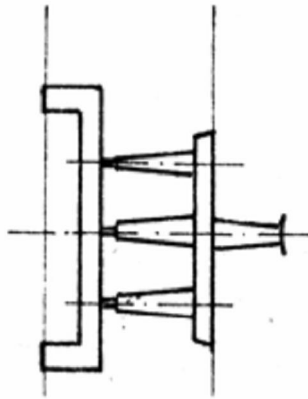
- Filmový vtok je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. K nim se ještě řadí vtoky diskové, deštníkové, prstencové, apod. Rozvádění taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu. To se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu.



Obr. 14. Filmový vtok

a) standardní, b) deštníkový, c) prstencový

- Plnění dutiny více vtoky se využívá neumožňuje-li tvarová dutina (nebo jiný důvod, např. rychlost plnění). Před použitím je třeba zvážit jejich vliv na uzavírání vzduchu a vzniku studených spojů při setkávání proudů taveniny z jednotlivých vtoků. [3]



Obr. 15. Několikatinásobný vtok

3.4 Vyhříváný vtokový systém (VVS)

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhříváných vtokových systémů. Jejich vývoj se od jednodušších systémů postupně zdokonalil. Nejprve se používaly vtokové soustavy ze zesílenými vtoky, izolované vtokové soustavy s předkomůrkami apod. Dnešní vyhříváné vtokové soustavy mají vyhříváné trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny.

Rozhodující pro výběr vhodného vyhříváného vtokového systému je často vstřikovaný materiál. Dnes mohou být téměř všechny materiály vstřikovány pomocí těchto systémů, dokonce i strukturní pěny a plněné plasty.

Technologie vstřikování s použitím VVS spočívá v tom, že tavenina po naplnění dutiny formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodového 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 čočkovité zahloubení, aby případný nepatrný vtokový zbytek nevystupoval přes jeho úroveň. Součástí systému je regulace teploty VVS i formy.

Vyhříváné vtokové systémy nabízejí mnoho výhod i nevýhod ve srovnání z konvenčními systémy.

Výhody:

- jednodušší automatizace procesu díky vynechání vyhazování vtokových zbytků,
- dosažení krátkých vstřikovacích cyklů,
- snížení spotřeby polymeru,
- při výrobě forem se používá standardizovaných částí,
- snadná montáž, demontáž i vyčištění,
- průměr vtoku je schopen udržet větší tlaky, díky menším tlakovým ztrátám,
- vlastní regulace teploty všech součástí VVS.

Nevýhody:

- více zmetků při začínání nového cyklu,
- obtížnější návrh a konstrukce formy,
- vyšší náklady při instalaci pomocných zařízení (vytápění, teplotní čidla apod.),
- nebezpečí teplotní degradace citlivých materiálů, z důvodu dlouhé tokové cesty a vysoké smykové rychlosti,
- energeticky náročnější, než SVS. [3]

3.4.1 Vyhřívané trysky

Vyhřívané trysky umožňují propojení vstřikovacího stroje z dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Výrazně umožňují zlepšit technologické podmínky vstřikování. Tryska má vlastní topný článek s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy.

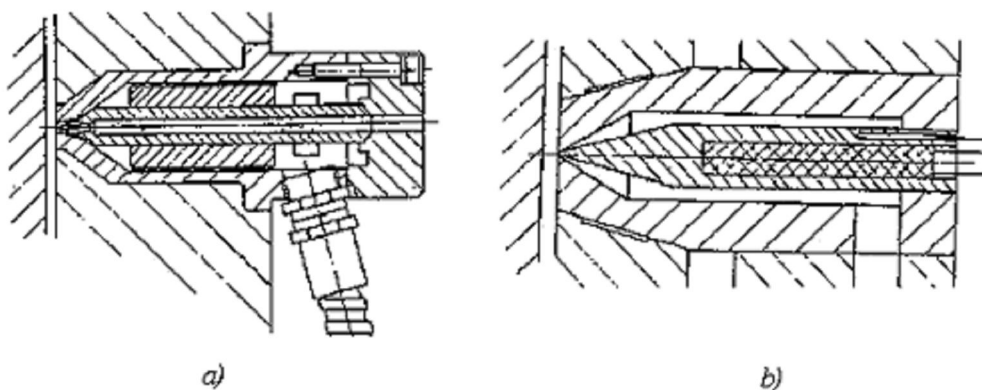
- Nepřímo vyhřívané trysky, jejichž jednodušší provedení si zpracovatel může vyrobit sám, se vyznačují dvěma provedeními:
 - dotápěná tryska vlastním zdrojem tepla jsou charakterizovány miniaturním topným tělesem, které je zabudováno do ocelového pouzdra, jehož špička

zasahuje do vyústění vtoku. U tohoto způsobu provedení je nutné dodržovat poměrně rychlý pracovní cyklus,

- dotápěná tryska rozvodným blokem se vyznačuje přenosem tepla z vyhřívaného rozvodu vtoků na trysku. Je dokonalejší, než předchozí provedení. Používá se pro vícenásobné formy.

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

- otevřené pro plast, který netáhne vlas (PE),
 - se špičkou (s hrotem) pro plast náchylný k tažení vlasu (ABS, PS, PP),
 - s uzavírací jehlou,
 - speciálně tvarované.
- Přímo vyhřívané trysky, jejichž konstrukční provedení je charakterizováno dvěma základními principy:
 - trysky s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je z tepelně vodivého materiálu. Z vnějšku je kolem tělesa trysky umístěno topení,
 - trysky s vnitřním topením, kde tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku (torpédo), zhotovenou také z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí.



Obr. 16. Přímo vyhřívané trysky

a) s vnějším topením, b) s vnitřním topením

Vlastní vyústění vtoku do dutiny formy může být provedeno:

- jedním otvorem přímo proti vtokovému kanálu. U tohoto provedení však při rychlém pracovním cyklu tavenina někdy nestačí zatuhnout a na výstřiku zůstane stopa ve tvaru výstupku,
- více otvory, tím se odstraní nedostatky vznikající u jednoho otvoru. Obvykle se vyrábí dva otvory po 180° nebo tři otvory po 120° a průřezu 1 až 3 mm podle hmotnosti výstřiku. Otvory bývají skloněny k ose vtokové vložky pod úhlem 15° až 30° . [3]

3.4.2 Vyhřívání rozvodné bloky

Vstřikovací formy s rozvodným blokem se používají v kombinaci s vyhříváními nebo i izolovanými tryskami s předkomůrkami. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce je podmíněna rovnoměrným vytápěním. V opačném případě ovlivní tokové chování taveniny a její tlakové rozložení v jednotlivých tvarových dutinách.

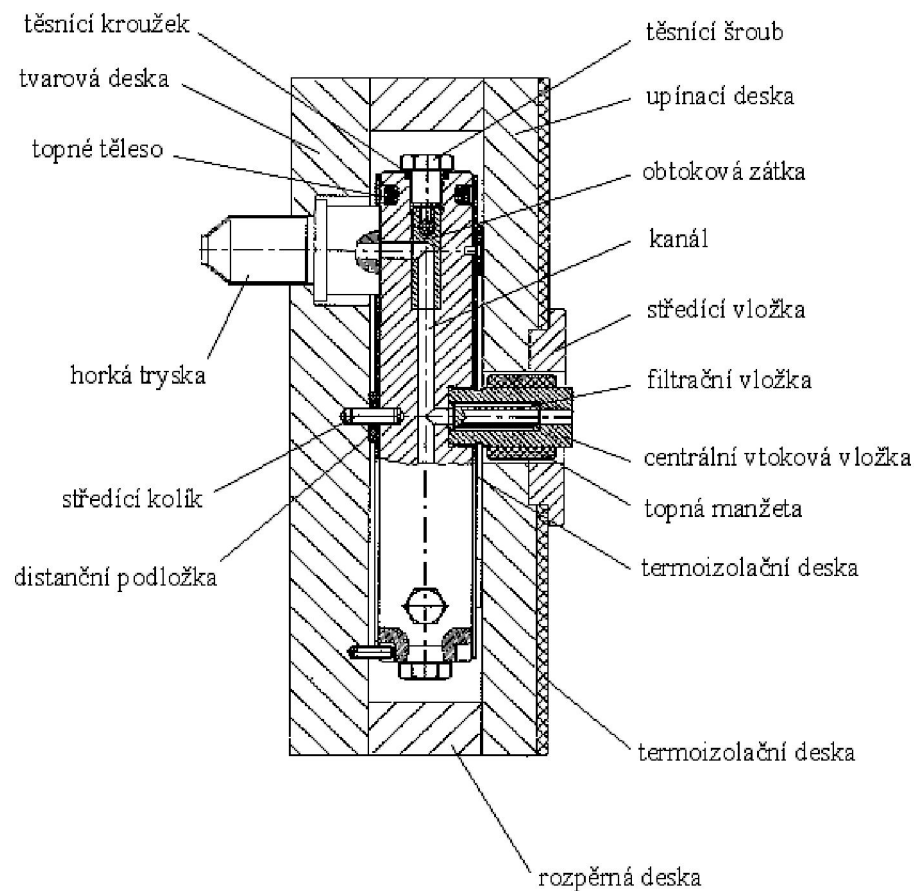
Rozváděcí blok je ocelový, uložen mezi upínací a tvarovou deskou v pevné části formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění a uložení trysek. Vyrábí se ve tvaru I, H, X, Y, hvězdice apod. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy.

Je vytápěn nejčastěji zvenku elektrickým odporovým topením pomocí topných hadů zalitých v mědi nebo topnými patronami s vytápěním zevnitř. Vytápění je řízeno tepelným regulátorem, ovládaného tepelnými čidly.

Otvory kanálů pro proudící taveninu musí být pečlivě provedeny bez žádných ostrých hran, přechodů a mrtvých koutů. Pro zvýšení tuhosti formy je rozvodný blok ve formě upevněn pomocí přitlačných kroužků. Je vystředěn a zajištěn proti pootočení vzhledem k tvárnici a jeho vyústění přes trysky do formy.

Vyhřívání rozvodný blok musí být koncipován tak, aby se dosáhlo:

- rychlého ohřevu,
- dostatečné teploty pro optimální tok taveniny v bloku i případně v trysce,
- eliminace tepelných ztrát (vodivostí, prostupem, vyzářováním). [3]



Obr. 17. Vyhřívaný rozvodný blok

3.5 Vyhazování výstříku

Vyhazování výstříku z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřík. K tomu slouží různé vyhazovací zařízení, která fungují automaticky nebo poloautomaticky.

Vyhazování výstříku má dvě fáze:

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

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

Po vyhazovacích kolících zůstanou obvykle na výstřiku stopy. Jsou-li na závadu, výstřik se podle možností opraví nebo se vyhazovače umístí na tu stranu, kde vzhledu nevádí. Může se změnit i způsob vyhazování. Tím se ale často změní i zaformování výstřiku a také celá koncepce formy. Mimo výstřiku se vyhazuje i vtokový zbytek. Při vhodném uspořádání se může vtokový zbytek od výstřiku záměrně oddělit.

Pohyb vyhazovacího systému se vyvine:

- narážecím kolíkem o traverzu vstřikovacího stroje při otevírání formy,
- hydraulickým nebo pneumatickým zařízením,
- ručním vyhazováním nejrůznějšími mechanismy.

Zpětný pohyb je zajišťován:

- vratnými kolíky,
- pružinami vždy v kombinaci s jiným systémem,
- speciálním mechanickým, hydraulickým nebo pneumatickým zařízením.

Vhodný vyhazovací systém, který je třeba použít, musí vyvinout potřebnou vyhazovací sílu pro vyhození výstřiku z formy. Po otevření formy zůstává výstřik vlivem smrštění platu obvykle na tvárníku. Může ale zůstat i na tvárnici. Snahou je, aby výstřik zůstal na té straně formy kde je vyhazovací systém.

Potřebná velikost vyhazovací síly závisí na:

- velikosti smrštění výstřiku ve formě,
- složitosti výstřiku a jakosti povrchu dutiny formy,
- pružných deformací formy.

Velikost vyhazovací síly se stanoví z podmínky, že smrštění vyvolá mezi výstřikem a formou tlak, který způsobí tření. K jeho překonání je nutná vyhazovací síla. Vyhazovací síla je vždy natolik předimenzovaná, že výpočet (bez tak nepřesný) by byl zbytečný. [3]

3.5.1 Mechanické vyhazování

Mechanické vyhazování je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem. Používá se všude tam, kde je to možné. Jeho konstrukce má různá provedení, která představují:

- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků,
- vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů,
- šikmé vyhazování,
- postupné vyhazování,
- speciální vyhazování.

Ve zvláštní případech, kdy je výstřik mělký, se vyhazovačů nemusí použít. Postačí jen vyhození vtokového zbytku, se kterým je výstřik spojen. [3]

3.5.2 Pneumatické vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování tenkostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Běžné mechanické vyhazování větších a hlubokých výstřiků vyžaduje značně velké zdvihy vyhazovačů, bez záruky dobré funkce. Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou na výstřiku stopy po vyhazovačích. Použití pneumatického vyhazování je omezeno jen pro některé tvary výstřiků. [3]

3.5.3 Hydraulické vyhazování

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. Přímou zabudované hydraulické jednotky ve formě se využívají velmi málo. Více se používají k ovládní bočních posuvných čelistí nebo k odformování otvorů kolmo na dělicí rovinu. Hydraulické vyhazování se vyznačuje velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [3]

3.6 Temperace formy

Temperace slouží k udržování konstantního teplotního pole 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 jen její částí.

V průběhu vstřikování se do formy přivádí polymer ve formě taveniny, který se v její dutině ochlazuje na teplotu vhodnou pro vyjmutí výstřiku. Teperace tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí polymeru. Před zahájením výroby se musí forma vyhřát na pracovní teplotu. Při každém vstřiku se forma dále ohřívá. Každý další výstřik je třeba vyrobít 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 (PC – 100 až 120°C). V takovém případě jsou tepelné ztráty formy vyšší a musí se naopak ohřívát.

Proto je úkolem temperace:

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

Pokud má forma dostatečnou hmotnost a dobře řešený temperační systém, zvýší se její tepelná a tím i rozměrová stabilita a sníží nebezpečí deformace, při vysokých vstřikovacích tlacích. [3]

3.6.1 Charakteristika temperačního systému

Ohřívání, případně ochlazování (temperování) formy na předepsanou teplotu záleží na energetické bilanci formy i okolního prostředí. Teplo se z formy odvádí (přivádí) především temperačním systémem. Mimo toho se projeví ztráty tepla z formy vedením do upínacích ploch vstřikovacího stroje, dále odvodem tepla okolním vzduchem a také vyzářením do okolí.

Teplota forem a zvláště jejich dutin není během vstřikování konstantní. Po vstřiku nejprve teplota stoupá, potom klesá v důsledku odvodu tepla temperací. Kolísání teploty má být co nejmenší, proto je nutné optimalizovat temperační proces. To znamená vhodně volit velikosti a rozmístění temperačních kanálů i rychlost s správné nastavení teploty temperačního média.

Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými proudí vhodná kapalina udržující teplotu temperovaných částí formy. Vhodnou kapalinou se myslí voda

nebo olej. Každá z těchto kapalin má svoje klady i zápory, proto se volí s ohledem na daný způsob temperace. [3]

3.7 Odvzdušnění formy

Odvzdušnění tvarových dutin forem zdánlivě nepatří k dominantním problémům při navrhování formy. Důležitost obvykle vyplyne až při zkoušení forem, kdy odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu nebo nízkých mechanických vlastností výstřiku. Odvzdušnění lze někdy zhotovit snadno, jindy je však jeho vyřešení velmi obtížné. Pro konstrukční řešení odvzdušnění formy je nezbytná znalost zákonitostí při plnění formy, což ušetří mnoho starostí.

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. Vzduch z dutiny formy stačí často uniknout dělicí rovinou nebo vůlí mezi pohyblivými částmi například otvory vyhazovačů. V ostatních případech je třeba formu opatřit odvzdušňovacími kanálky, které bývají umístěny v rozích a v místech předpokládaného odvzdušnění dutiny formy. Velikost a průřezy odvzdušňovacích kanálků musí účinně odvádět vzduch, ale zároveň nesmí docházet k zatékání polymeru. V praxi se zhotovují šířky odvzdušňovacích mezer od 0,2 do 0,05 mm, záleží na druhu použitého polymeru. Hloubka se upravuje většinou dle potřeby. [3]

3.7.1 Určení místa pro odvzdušnění

Volba místa pro odvzdušnění ve formě je někdy zřejmá z tvaru výstřiku, jindy však je obtížně zjistitelná. Je třeba se řídit úvahou, jakým způsobem a směry naplní proudy taveniny dutinu. To samo o sobě závisí na umístění vtoku, tloušťce stěn a na kvalitních podmínkách, které se kladou na výstřik a jeho požadovanou funkci.

Pokud úvaha o umístění odvzdušnění je nejasná, je úkolem konstruktéra, aby taková místa vytipoval a učinil ve formě některá opatření, aby i při nesprávném předpokladu se odvzdušnění dalo realizovat. Další postup je potom takový, že se místo pro odvzdušnění zjistí až při závěrečných zkouškách formy. Charakter nedotečeného výstřiku, nebo spálené místo, je vodítkem pro určení místa pro odvzdušnění. [3]

3.8 Materiály používané při výrobě forem

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

- druhem vstřikovaného plastu,
- přesnosti a jakosti výstřiku,
- podmínkami vstřikování,
- vstřikovacím nástrojem.

Pro výrobu forem se tedy používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Jejich široký výběr byl zredukován na úzký sortiment jakostí i rozměrů. Z toho se dále dává přednost materiálům univerzálních typů s širokým rozsahem užitečných vlastností. Takové druhy představují:

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

Oceli jsou nejvýznamnějším 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.

Optimální určení druhu oceli na konkrétní součást závisí na její funkci. Úspěšným předpokladem dostatečné životnosti a funkční vhodnosti je také účelná konstrukce, dostatečné rozměry, správné zacházení a údržba. I způsob výroby a tepelného zpracování materiálu může celý výsledek ovlivnit. Nedostatečná kvalita povrchu zhoršuje vyjímání, vyleštěný povrch je rovněž prostředkem k ochraně proti korozi atd. Z těchto požadavků vyplývají i nároky na čistotu oceli.

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

Od použitých materiálů na formy se vyžaduje především:

- dostatečná mechanická pevnost
- dobrá obrobitelnost

Z hlediska technologie výroby výstřiků má ještě materiál funkčních dílů zajišťovat speciální požadavky na kvalitu struktury, která je dána:

- dobrou leštitelností a obrobitelností,
- zvýšenou odolností proti otěru,
- odolností proti korozi a chemickým vlivům plastu,
- vyhovující kalitelností a prokalitelností,
- stálostí rozměrů a minimálními deformacemi při kalení,
- dobrou tepelnou vodivostí,
- houževnatostí,
- pevností v tlaku.

Z výše uvedených podmínek je zřejmé, že některé požadavky se vzájemně vylučují. Je tedy nutné vybrat oceli, které se těmto podmínkám co nejvíce přibližují. [3]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- nakreslit 3D model vstříkovaného výrobku,
- provést konstrukci sestavy vstříkovací formy,
- nakreslit 2D sestavu vstříkovací formy.

Teoretická část obsahuje poznatky týkající se samotného vstříkování, charakteristiky vstříkovacího stroje, konstrukcí forem a jejich funkčních částí. Hlavní části vstříkovací formy jsou stručně popsány v jednotlivých kapitolách.

Náplní praktické části je nakreslení 3D modelu plastového výrobku. Při jeho vytváření se vychází z fyzického výrobku, určeného zadavatelem bakalářské práce. Jedná se o přípojku hadice na dopravu kapaliny. K tomuto výrobku se následně vytvářel 3D model formy a také 2D sestava spolu s kusovníkem. Při návrhu a konstrukci vstříkovací formy bylo využito programu CATIA V5R17 a normálíí firmy HASCO.

Pro zkonstruovanou formu byl navržen vhodný vstříkovací stroj.

5 POUŽITÉ APLIKACE

5.1 Catia V5 R17

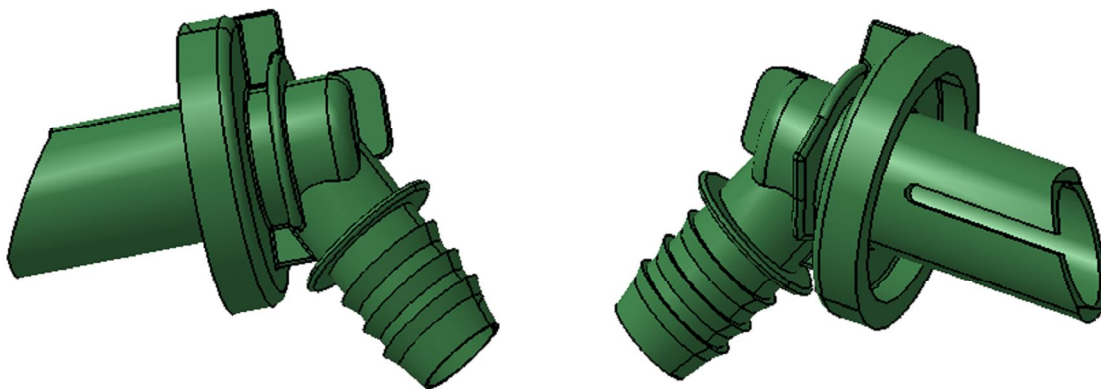
CATIA (Computer-Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application) je multiplatformní PLM/CAD/CAM/CAE komerční software vyvíjený společností Dassault Systemes a celosvětově distribuovaný obchodními partnery IBM a Dassault Systemes. Tento systém plně pokrývá celý proces od návrhu určení prvotní koncepce přes upřesňování výrobku a nabízí i integrovanou analýzu a nástroje pro přípravu výroby (NC programování). Jedná se o skvělý produkt ve smyslu konkurence schopnosti v oblasti propojení tvorby návrhu, modelování tvarů a digitálního modelování. Otevřená architektura umožňuje budovat řešení pro digitální definici a simulaci 3D výrobků. Do systému jsou implementovány katalogy normalizovaných součástí, nástroje ke kompletnímu návrhu plechových součástí, strukturální navrhování, nástroje k tvorbě velkých sestav a správy kusovníku. [9]

5.2 HASCO - DAKO module R1/2007

Jedná se o 3D knihovnu normalizovaných součástí firmy HASCO, která obsahuje komponenty potřebné při konstrukci vstřikovacích forem. Umožňuje jejich ukládání v různých formátech a tím i snadné zobrazení v dalších aplikacích. Obsahuje také informace o rozměrech a umístění jednotlivých komponentů.

6 SPECIFIKACE VÝROBKU

Vstříkovaným výrobkem je přírubová přípojka hadice, sloužící na dopravu kapaliny.



Obr. 18 Vstříkovaný výrobek

6.1 Funkční části výrobku

Přípojka je opatřena hubicí k nasunutí hadice. Hubice má po obvodě drážkování, aby se napojená hadice neuvolnila při průtoku kapaliny. Přípojka má přírubové osazení a podélnou drážku sloužící proti pootočení.

6.2 Materiál výrobku

Materiál výrobku je vysoko-hustotní polyethylen (HDPE). Je tužší a houževnatý, má vynikající chemickou odolnost. Při zatížení má sklon ke korozi za napětí. Křehne pod -60°C a odolává teplotám do 85°C .

Konkrétně se jedná o HDPE s obchodním názvem Rigidex HD 5218 EA. Materiál Rigidex HD 5218 EA s úzkou distribucí molekulových hmotností je vhodný pro vstříkování tenkostěnných výstřiků. Vyznačuje se vysokou tekutostí a vysokou odolností proti zborcení výstřiku. V tabulce jsou uvedeny základní vlastnosti použitého materiálu.

Tab. 1 Základní vlastnosti materiálu HDPE Rigidex HD 5218 EA [4]

Vlastnosti	Norma	Jednotka	Hodnota
Fyzikální			
Hustota	ISO 1872	kg/m ³	952
Index toku taveniny 190°C/2,16 kg	ISO 1133/8	g/10 min	18
Teplota tání	ASTM D-2117	°C	131
Tepelná vodivost	ASTM C177	W/m ²	0,48
Mechanické			
Pevnost v tahu	ISO 527-2	MPa	26
Modul pevnosti v ohybu	ISO 178	MPa	1050
Rázová houževnatost Charpy	ISO 179	kJ/m ²	5
Tvrдость	ISO 868	Shore D	65

7 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Podle rozměrů formy byl ke vstřikování zvolen vstřikovací stroj ALLROUNDER 630 S od německé firmy ARBURG.



Obr. 19. Vstřikovací stroj ALLROUNDER 630 S

Základní technické parametry stroje:

Tab. 2 Parametry uzavírací jednotky [8]

	Jednotka	Hodnota
Uzavírací síla	max. kN	2500
Otevírací síla	max. kN	70 - 725
Výška formy	mm	300 - 700
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	mm	630 x 630
Otevírací zdvih	mm	900 - 1300
Vyhazovací síla	max. kN	86
Vyhazovací zdvih	max. mm	225

Tab. 3 Parametry vstřikovací jednotky [8]

	Jednotka	Hodnota
Průměr šneku	mm	50
Účinná délka šneku	L/D	20
Tah šneku	max. mm	200
Objem vstřikované dávky	max. cm ³	392
Vstřikovací tlak	max. bar	2000
Rychlost toku taveniny	max. cm ³ /s	300
Kroutící moment šneku	max. Nm	880

Základní technické parametry formy:

- uzavírací síla (nepočítána)
- rozměry 580 x 540 x 430 mm
- objem vstřikované dávky 0,05 cm³

8 KONSTRUKCE FORMY

Konstrukce formy by měla být řešena s ohledem na složitost a přesnost výstřiku co nejjednodušeji. Při konstrukci bylo snahou použít co nejvíce normalizovaných dílů firmy HASCO. Případná výroba formy by se tím zjednodušila a především zlevnila.

Konstrukce modelu byla vytvořena pomocí softwaru CATIA V5R17 s použitím modulů Mechanical Desing. Jednotlivé díly formy byly vytvořeny v modulu Part Desing a celková sestava pak v modulu Assembly Design. Případné normálie HASCO se vkládaly v modulu Mold Tooling Design. Při konstrukci byl také použit HASCO 3D – modul normálií, ze kterého se čerpaly hlavně rozměry jednotlivých dílů.

8.1 Volba násobnosti formy

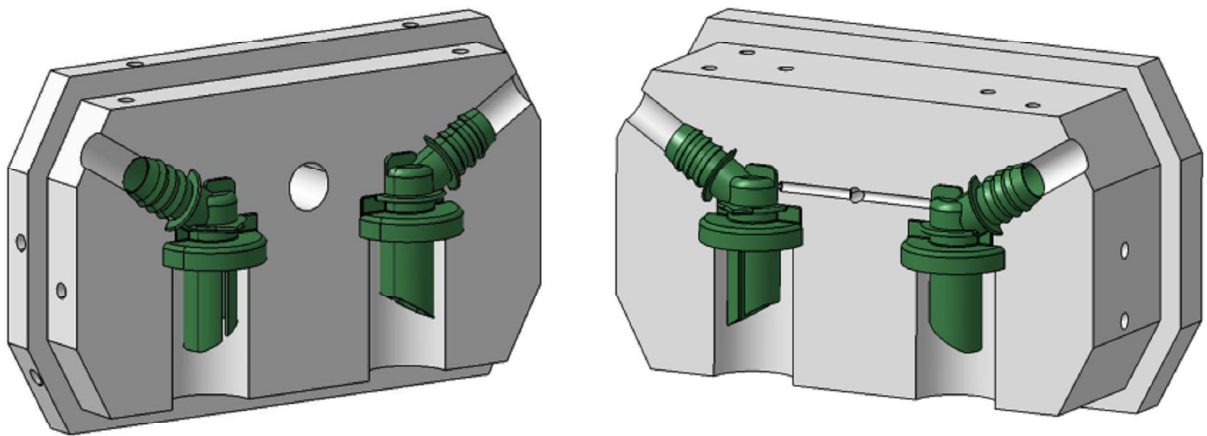
Při volbě násobnosti formy se musí přihlídnout k několika důležitým činitelům, které ji ovlivňují. Jsou to zejména:

- složitost a přesnost výstřiku,
- kapacita vstřikovacího stroje,
- ekonomika výroby (náklady na použitý materiál, náklady na výrobu formy),
- velikost požadované výrobní série.

U vstřikovaného výrobku je rozhodující funkce a rozměrová přesnost, než samotný vzhled. Pro lepší produktivitu vstřikování je lepší zvolit vícenásobnou formu, avšak ne natolik, aby byl výstřik složitě odformovatelný, ne-li neodformovatelný. K přihlídnutím k těmto činitelům byla zadavatelem určena dvojnásobná forma.

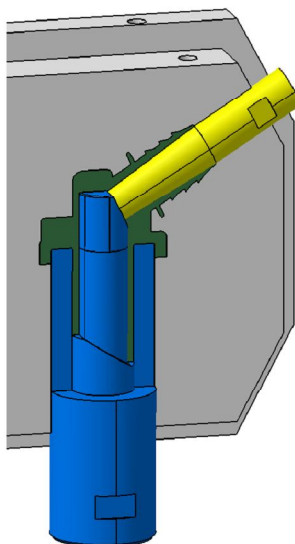
8.2 Zaformování výstřiku

Hlavní zásadou při konstrukci formy je zvolení dělicích rovin. Hlavní dělicí rovina je v tomto případě zvolena rovnoběžně s upínací plochou formy a dělí výstřik v polovině. Je to z důvodu snadnějšího odformování drážkování na části sloužící k nasunutí hadice. Tvarové dutiny v tvarových vložkách nejsou symetrické, po otočení výstřiku o 180° se překlopí některé tvarové části, které jsou pouze na jedné straně výstřiku.



Obr. 20 Pravá a levá tvarová vložka (hlavní dělicí rovina)

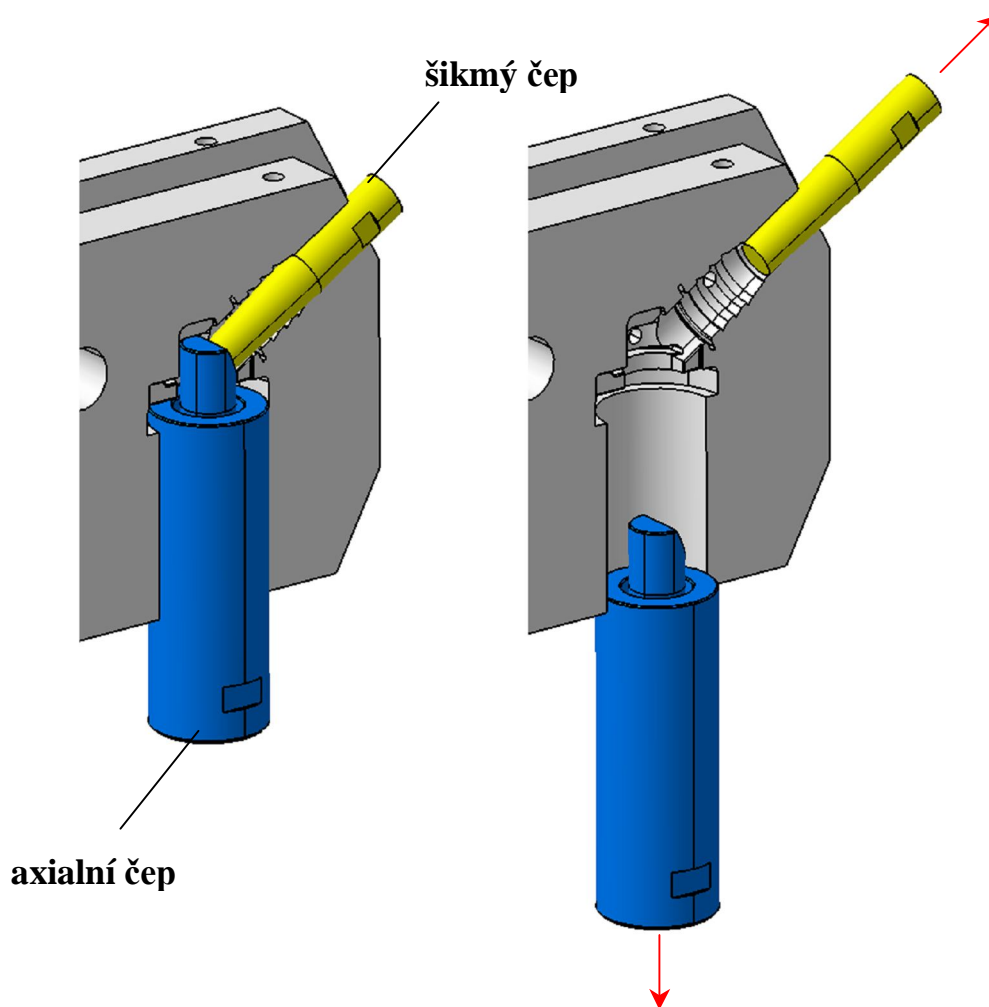
Vedlejší dělicí roviny umožňují vytvořit vnitřní průchozí otvor ve výstřiku. Vzniknou vložením výsuvných tvarových čepů.



Obr. 21 Výsuvné tvarové čepy (vedlejší dělicí roviny)

8.3 Odformování

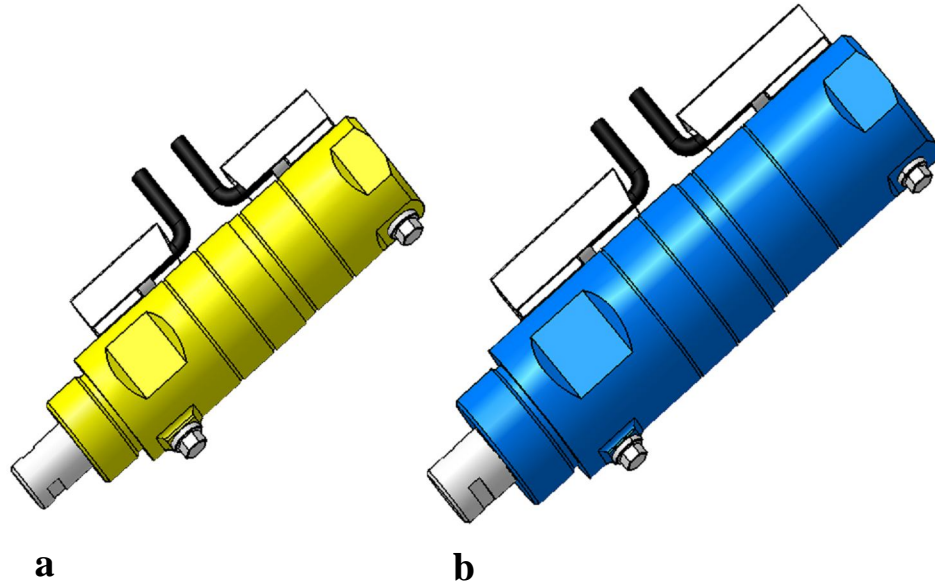
Při rozevření formy, zůstane výstřik v levé tvarové vložce, kde se následně odformuje vnitřní průchozí otvor. Ten se odformuje pomocí dvou výsuvných tvarových čepů, které jsou vůči sobě pootočené o 120°. Čepy se musí vysunout na požadovaný zdvih, aby nedošlo ke kolizi při vyhazování výstřiku



Obr. 22 Odformování pomocí čepů

Čepy jsou hydraulicky ovládány, aby se dosáhlo co největšího zdvihu. K tomu slouží hydraulické válce, které jsou napojeny přímo na hydraulický systém vstřikovacího stroje. Pro ovládání posuvu šikmého čepu byl použit hydraulický válec se zdvihem 40 mm a pro axiální čep se zdvihem 60 mm. Hydraulické válce jsou vybaveny mechanickým blokováním v koncových polohách, aby nedošlo při vstřikování nebo vyhazování k jejich uvolnění.

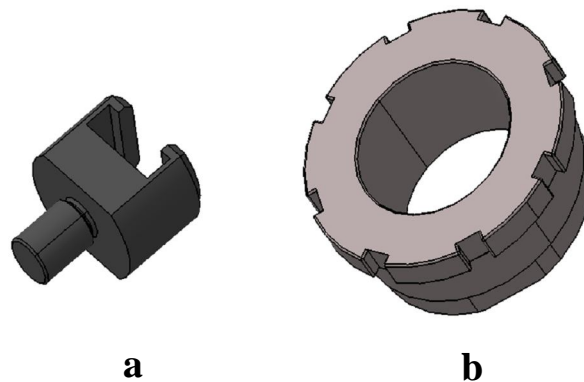
Hydraulické válce jsou normáliemi firmy HASCO a mají předepsané rozměry uložení v tvarové desce. To hrálo značnou roli v navržení rozměrů tvarových desek od nichž se odvíjely ostatní rozměry formy.



Obr. 23 Hydraulické válce s blokováním

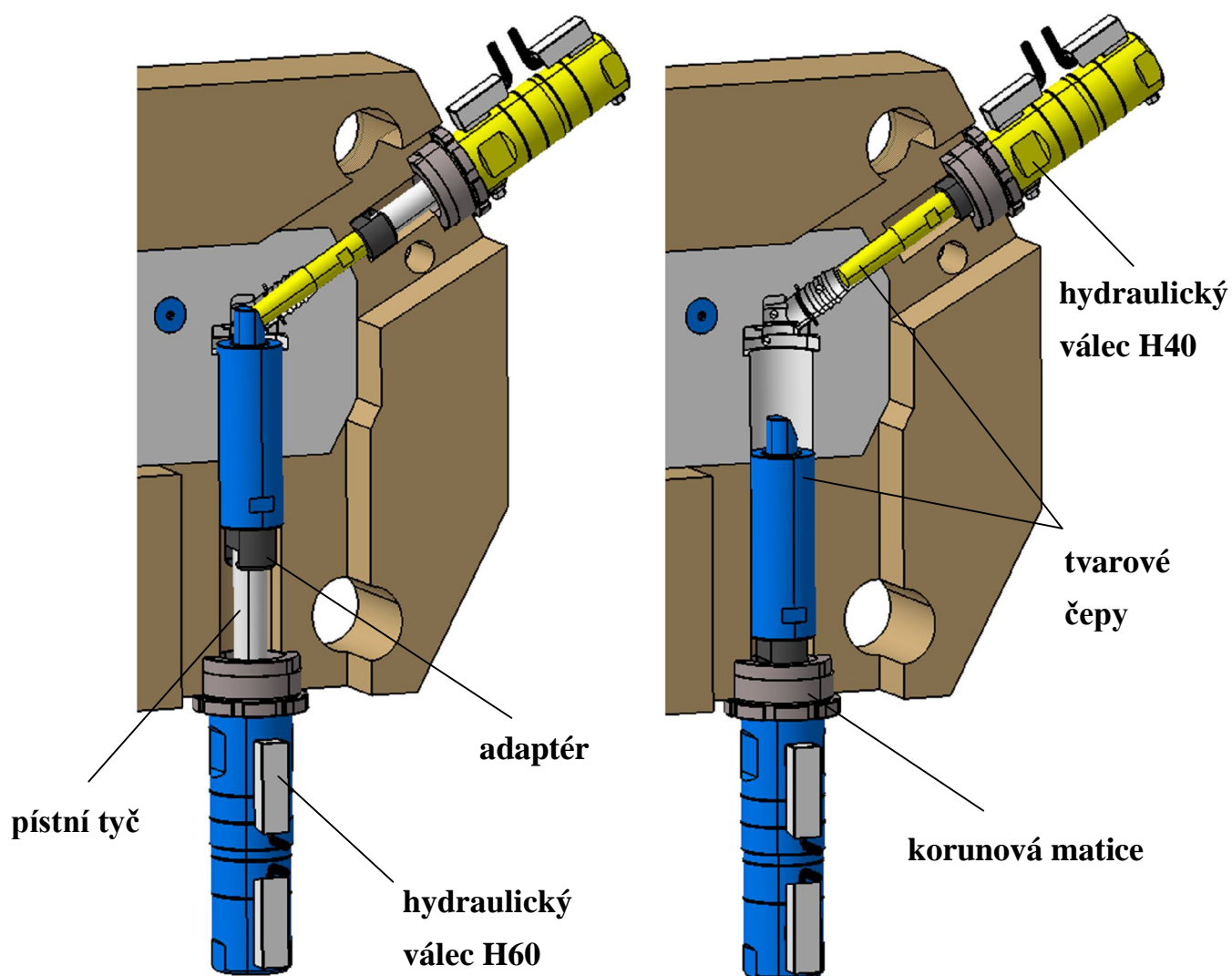
a) zdvih 40 mm, b) zdvih 60 mm

K montáži hydraulických válců je zapotřebí dalších komponentů. K uchycení tvarového čepu na pístní tyč hydraulického válce slouží speciální adaptér. A pro upevnění válců do tvarové desky slouží korunová matice, která se nejprve zašroubuje do otvoru v tvarové desce a poté se do ní zašroubuje samotný hydraulický válec.



Obr. 24 Komponenty potřebné k montáži hydraulických válců

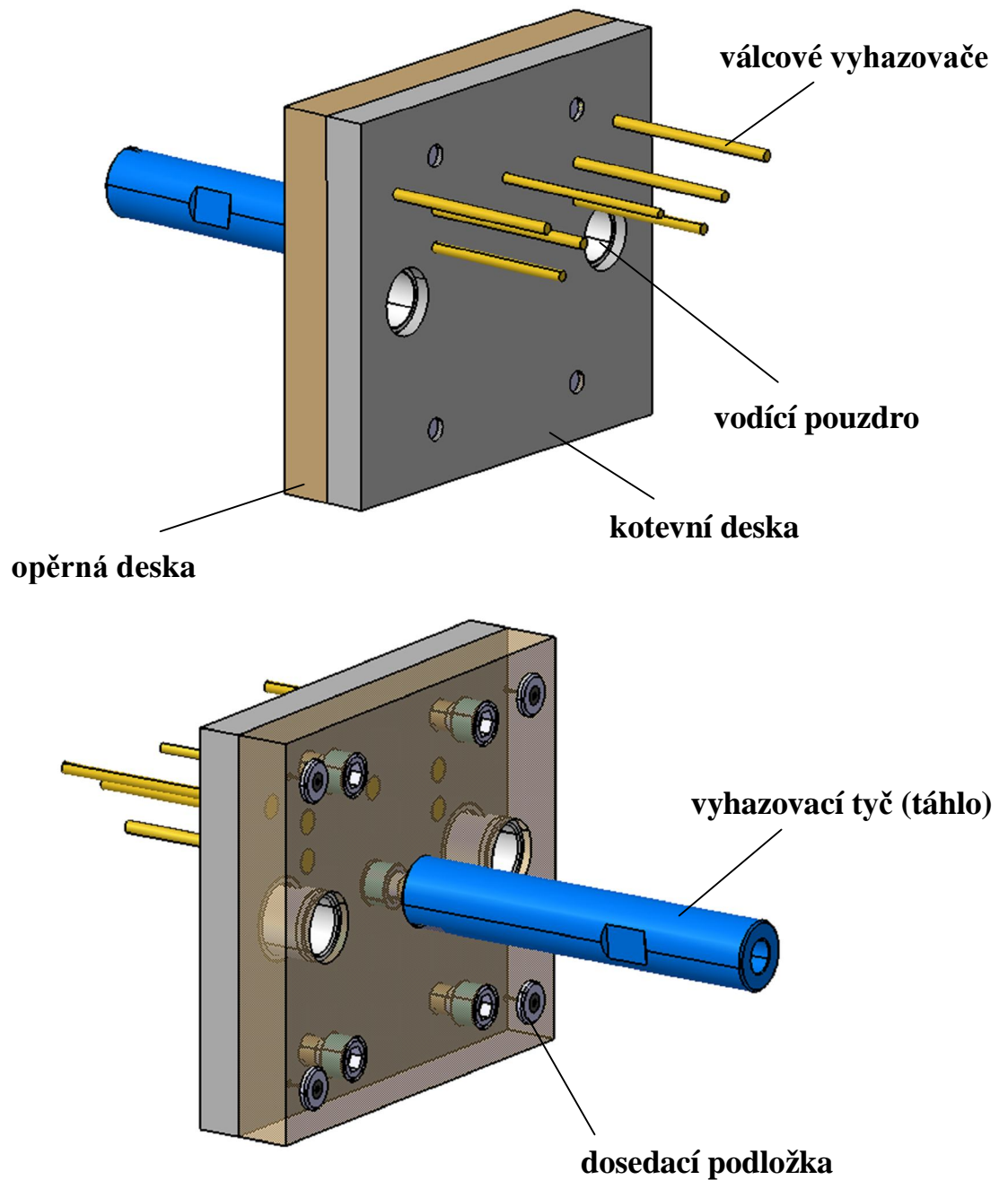
a) adaptér, b) korunová matice



Obr. 25 Uložení hydraulického ovládaní čepů (koncové polohy)

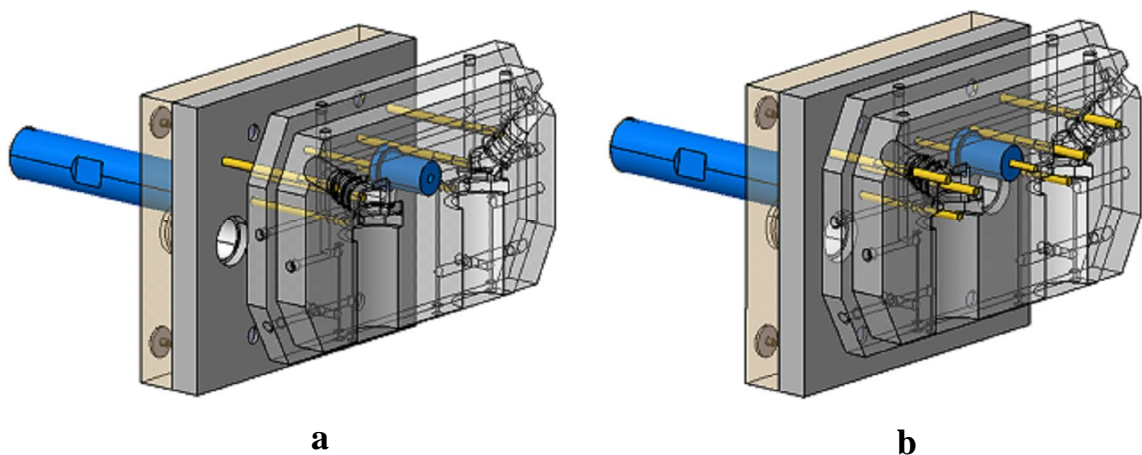
8.4 Vyhazovací systém

Vyhození výstříku z dutiny formy je realizováno pomocí válcových vyhazovačů, které výstřík vyhodí na jeden dopředný pohyb. Vyhazovače jsou ukotveny v kotevní desce. jejich dostatečný počet a rozmístění musí zaručit bezpečné vyhození výstříku.



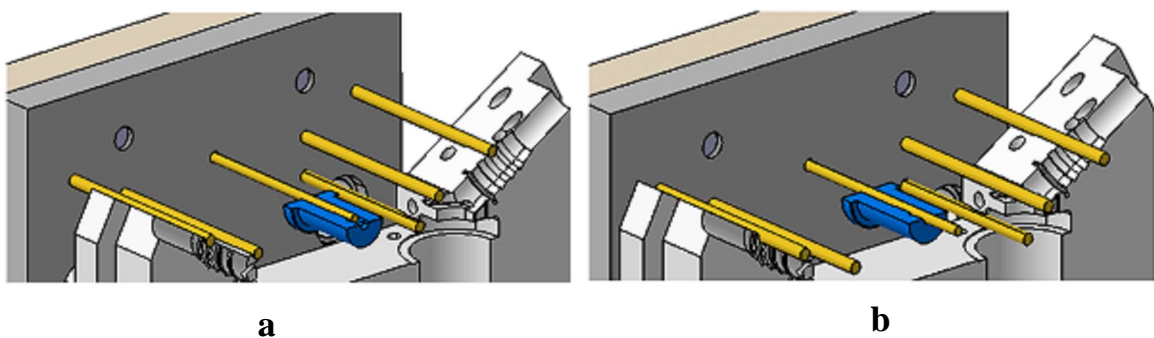
Obr. 26 Vyhazovací systém

Šestice válcových vyhazovačů o průměru 5 mm vyhodí pravý a levý výstřik a středový vyhazovač o průměru 4 mm vyhodí vtokový zbytek. Pohyb vyhazovacího systému zajistí vyhazovací tyč ovládaná hydraulickým systémem vstřikovacího stroje. Vyhození následuje až po odformování vnitřního otvoru ve výstřiku, kdy jsou čepy v krajní poloze. Důležitou hodnotou je zdvih vyhazovačů, který musí být dostatečný pro bezpečné vyhození výstřiku z tvarové vložky. V tomto případě to zaručuje hodnota zdvihu 25 mm.



Obr. 27 Funkce vyhazovacího systému

a) poloha při vstřikování, b) poloha při vyhození



Obr. 28 Funkce vyhazovacího systému (detail)

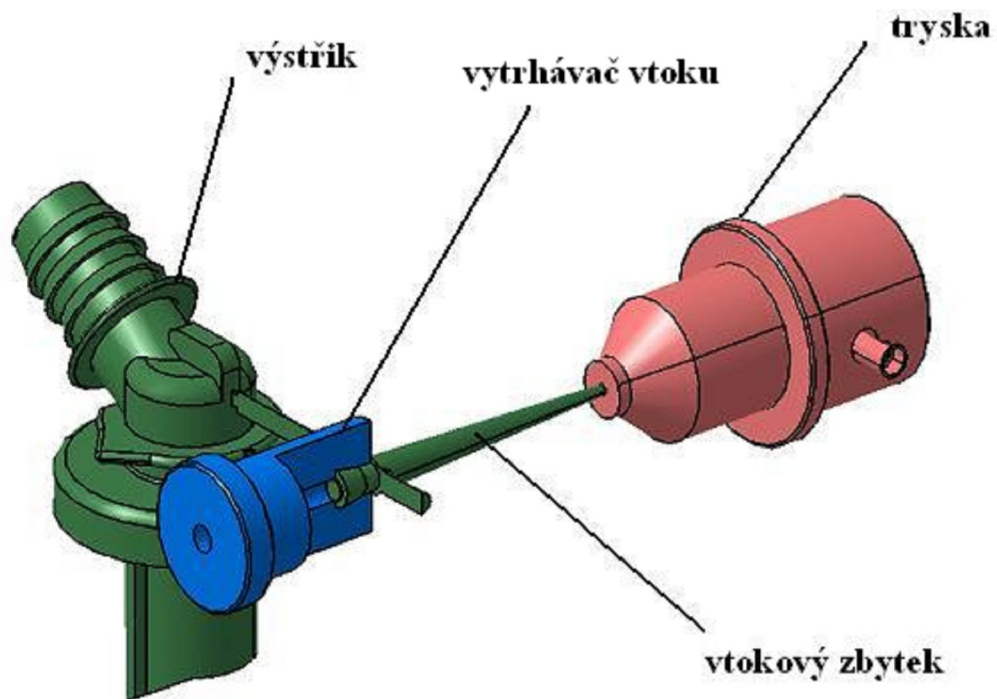
a) poloha při vstřikování, b) poloha při vyhození

8.5 Vtokový systém

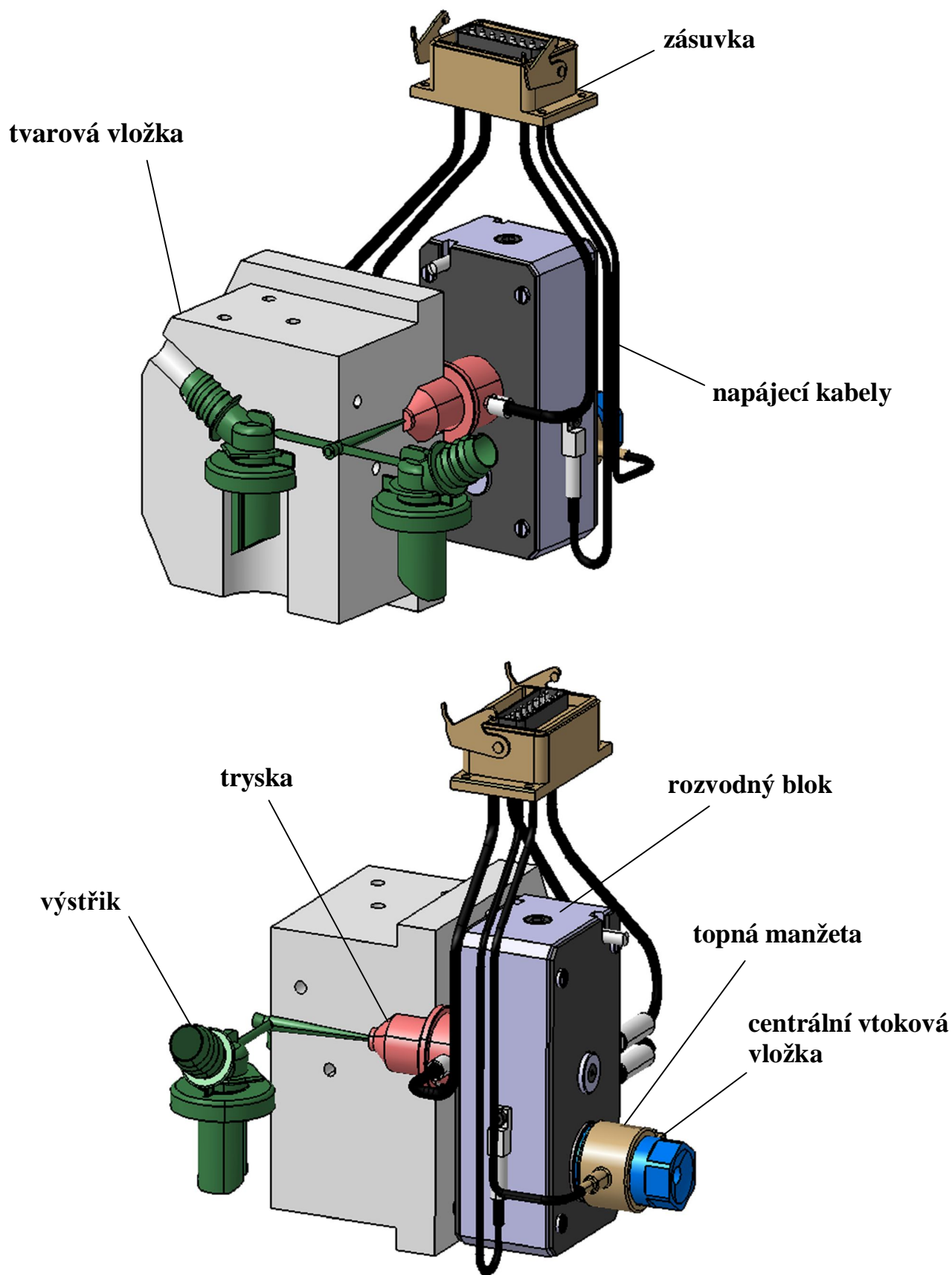
Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu taveniny plastu od vstřikovacího stroje (vstřikovací jednotky) do tvarové dutiny formy. Naplnění dutiny taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálním odporem.

Vtokové systémy se dělí do dvou základních skupin. Na studený vtokový systém a vyhřívaný vtokový systém. V tomto případě byla zadána jejich kombinace. Horký vtokový systém je uložený ve vybraní vložené desky, mezi deskou upínací a tvarovou. Tvoří jej rozvodný blok s centrální vtokovou vložkou a s jednou vstřikovací tryskou. Rozvodný blok je vyhříván topným hadem a od ostatních částí formy je izolován pomocí izolačních desek. Na rozvodném bloku jsou upevněny distanční kroužky, které zachycují vstřikovací tlaky působící na formu. Pomocí kolíků je blok vystředěn a zajištěn proti pootočení. Vyhřívaná tryska je zapuštěna do tvarové vložky a je oddělena vzduchovou izolační mezerou. Tryska ústí do studené vtokové soustavy, kterou tvoří kuželový vtokový kanál a rozvodné kanály. Tavenina je vstřikována do dutiny formy pomocí bočních vtoků, ústících přímo z vtokových kanálů.

Při rozevření formy hrozí, že vtokový zbytek uvízne v pravé tvarové vložce. Aby k tomu nedošlo je v levé části umístěn vytrhávač vtoků, který přidrží vtok na levé části.



Obr. 29 Vtokový systém s vytrhávačem vtoků

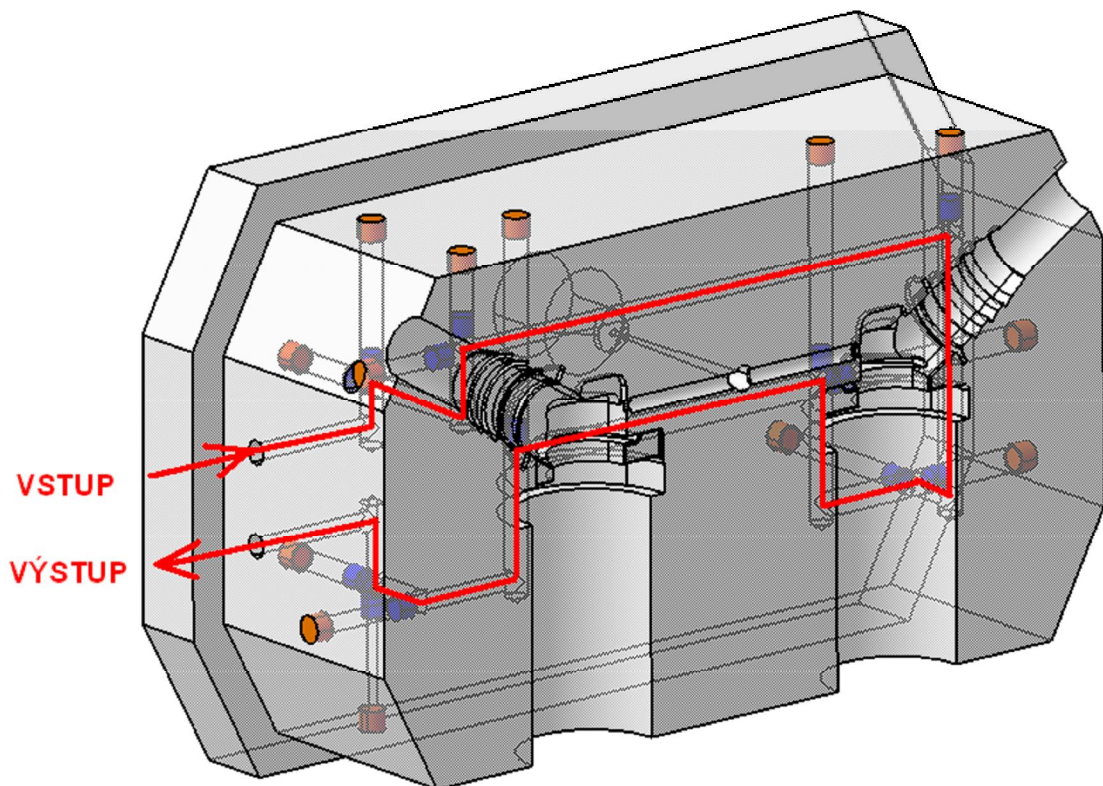


Obr. 30 Vtokový systém

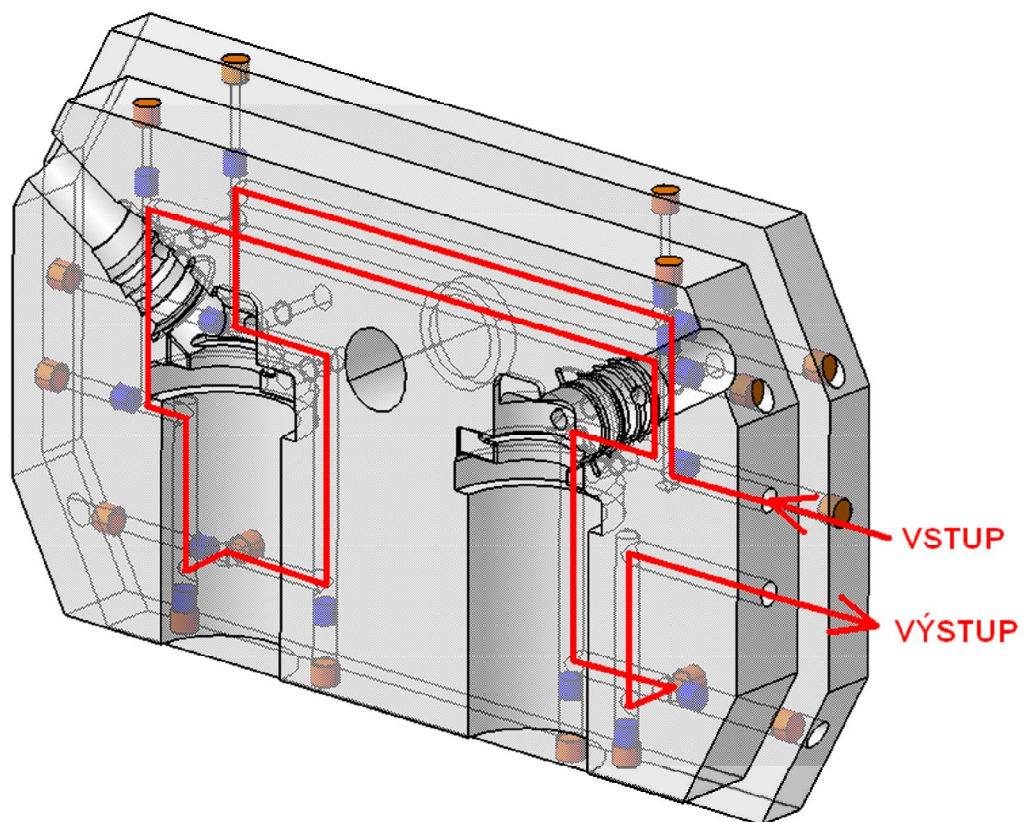
8.6 Temperace

Ohřívání, případně ochlazování formy na předepsanou teplotu, záleží na energetické bilanci formy a okolního prostředí. Teplota formy není během vstřikování konstantní. Po vstříknutí taveniny do dutiny formy teplota nejprve prudce stoupá a poté klesá v důsledku odvodu tepla temperačním systémem. Kolísání teploty má být co nejmenší. Proto se musí navrhnout optimální rozmístění a velikost temperačních kanálků. Pro správnou funkci je taky nutné zvolit vhodné temperační médium a jeho rychlost proudění.

Temperační systém formy je tvořen soustavou kanálků, kterými proudí vhodná kapalina udržující teplotu tvarových vložek na požadované výši. V pravé tvarové vložce jsou vyvrtány kanálky o průměru 8 mm a v levé tvarové vložce o průměru 6 mm. Kanálky jsou utěsněny ucpávkami a zaslepeny zátkami.

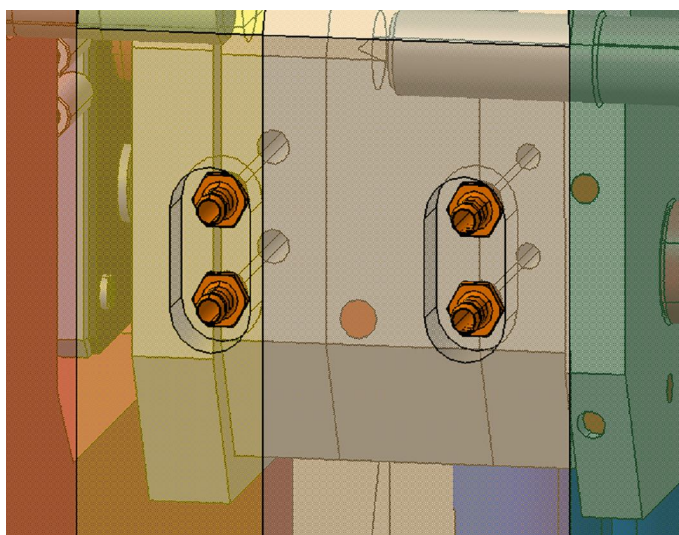


Obr. 31 Temperace pravé tvarové vložky



Obr. 32 Temperace levé tvarové vložky

Přípojky temperačních okruhů jsou umístěny v bočních stěnách tvarových desek.



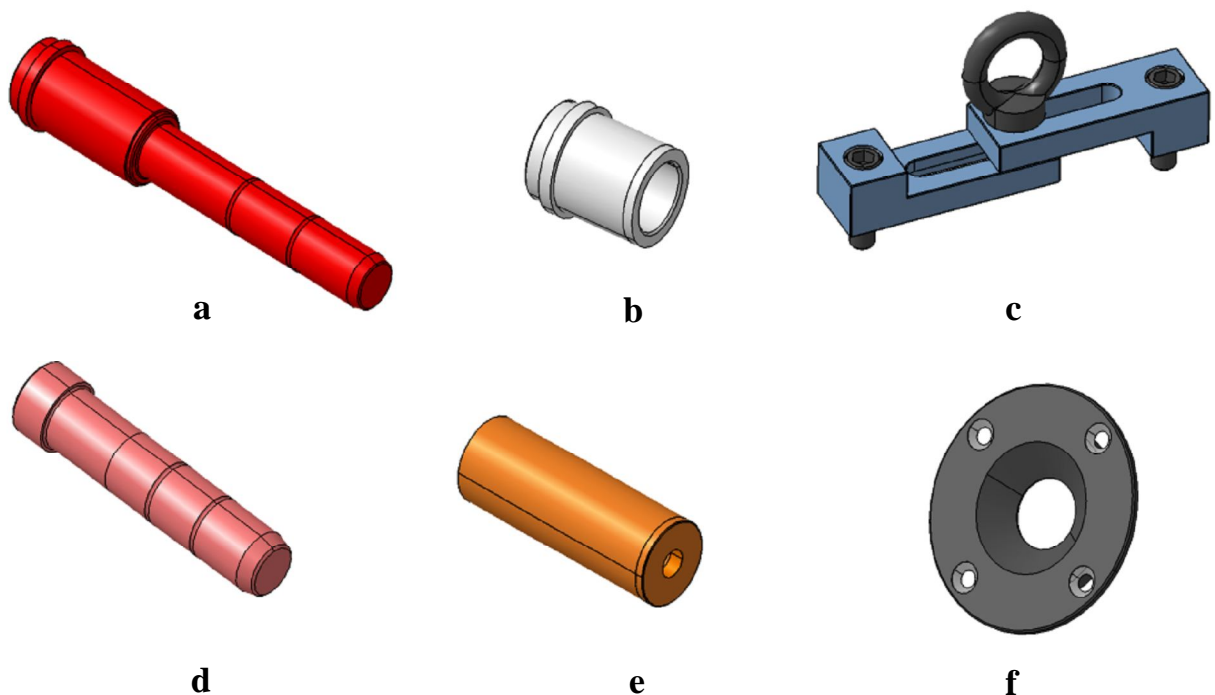
Obr. 33 Připojení temperace

8.7 Odvzdušnění

Při vstřikování v dutině formy dochází ke stlačování vzduchu čelem taveniny. Vzduch se ohřívá na vysokou teplotu, a tím může vstřikovaný polymer degradovat. To má za následek tvarové a vzhledové vady výstřiku. Proto je třeba při konstrukci dbát na dostatečné odvzdušnění tvarové dutiny. Pro tento případ vzduch stačí unikat přes dělicí rovinu a vůlemi okolo výsuvných čepů i vyhazovačů.

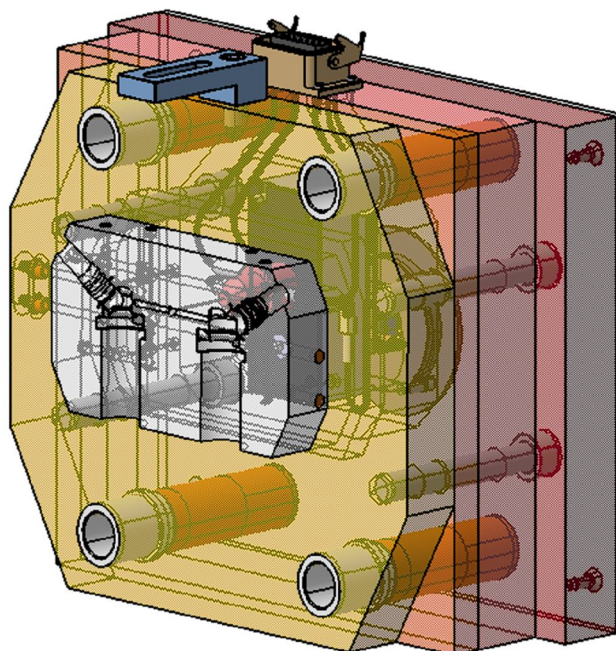
8.8 Vodící a upínací části

Celý konstrukční návrh a volba rozměrů jednotlivých částí se z velké části odvíjela od knihovny normálí firmy HASCO. Hlavně vodící a středící části, které jsou vodící pouzdra, vodící čepy, středící kroužky a spojovací šrouby. Forma je upnuta ke vstřikovacímu stroji pomocí upínek za upínací desky. Poté je vystředěna středícími kroužky, tyto kroužky také zajišťují formu proti případnému sklouznutí z upínací desky stroje při manipulaci. Forma je pro snadnější manipulaci vybavena nosičem formy, díky němuž se dá s formou manipulovat pomocí jeřábu.

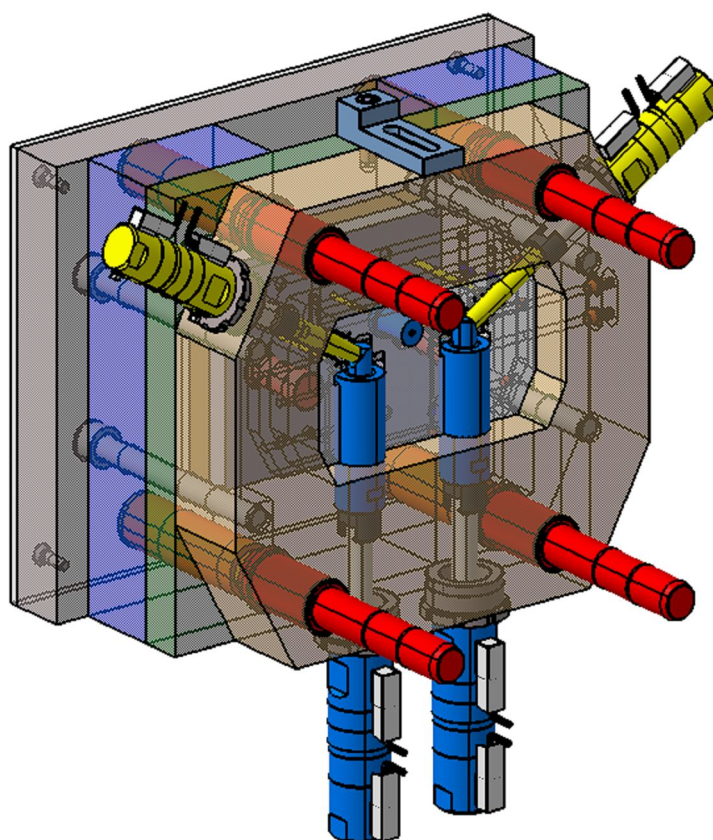


Obr. 34 Vodící a upínací části

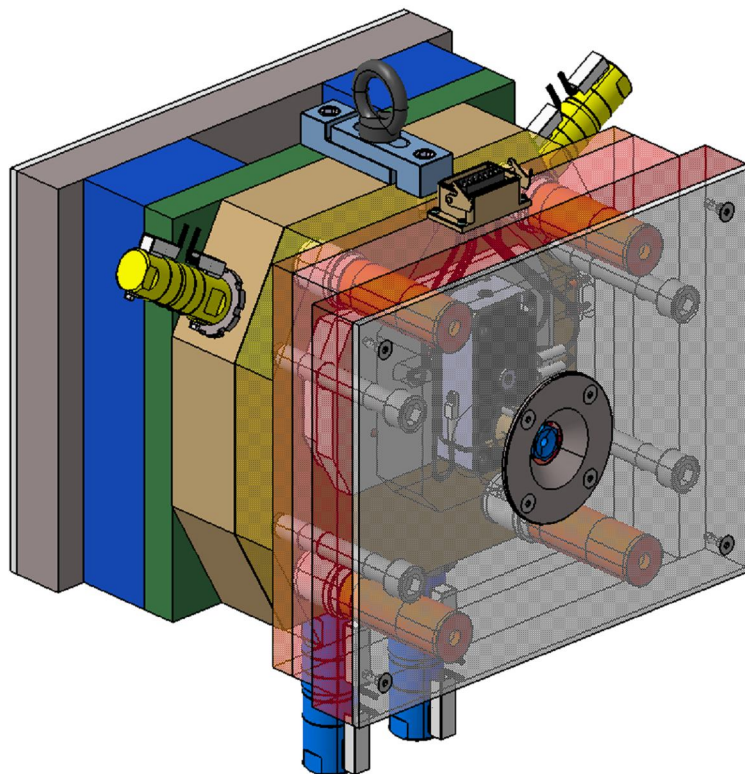
a,d) vodící čep, b) vodící vložka, c) nosič formy, e) středící vložka, f) středící kroužek



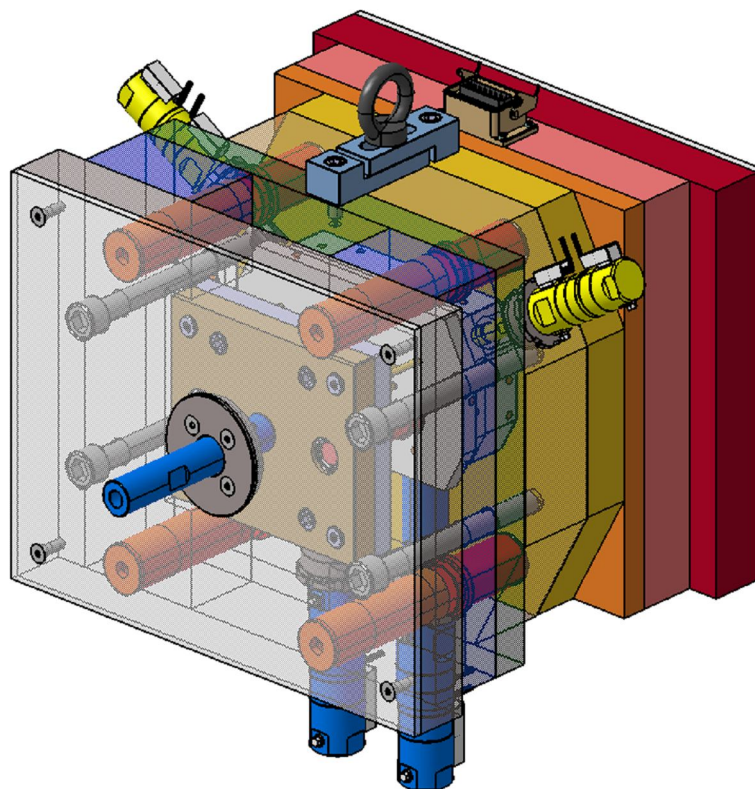
Obr. 35 Pravá (pevná) strana formy



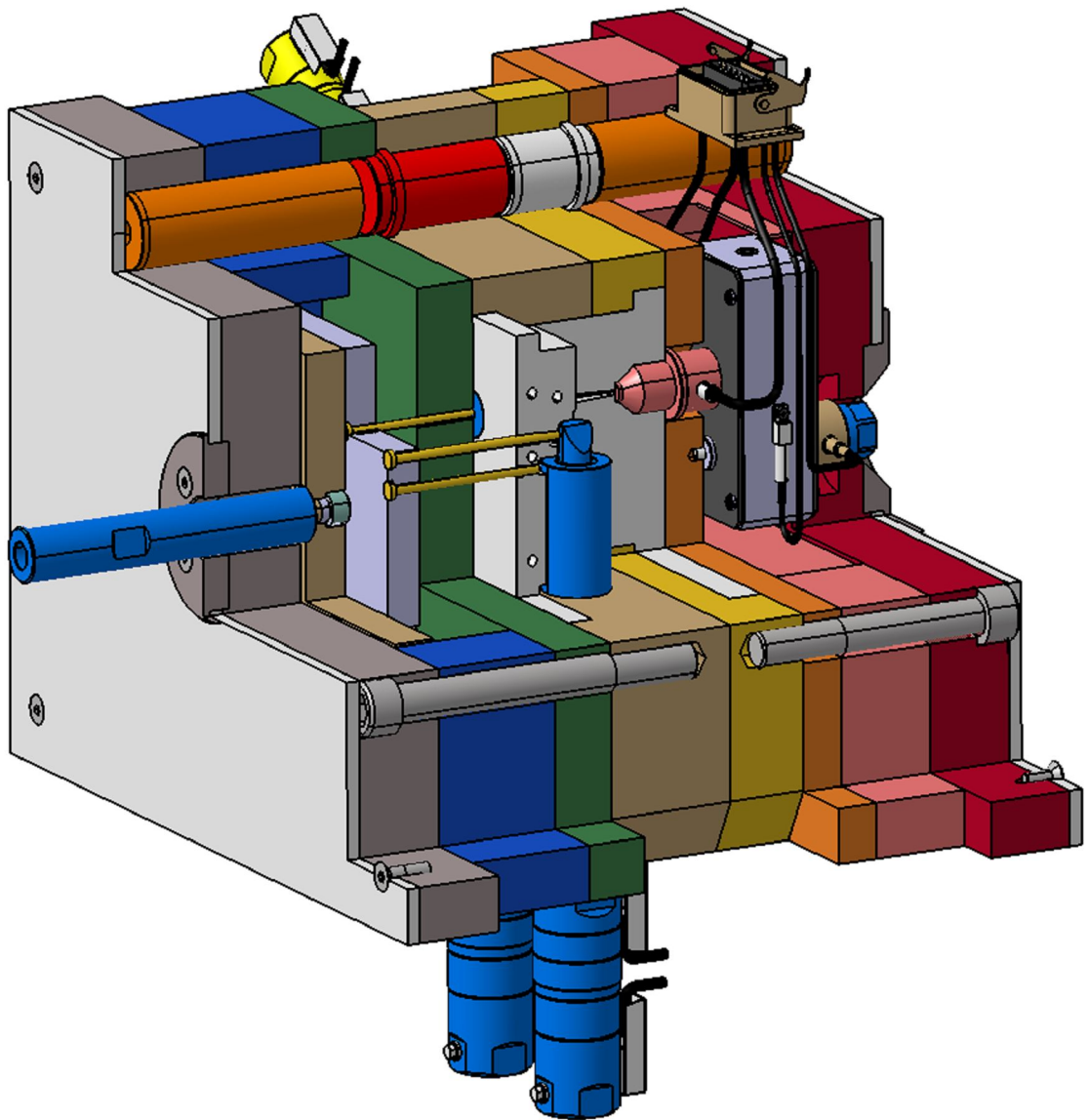
Obr. 36 Levá (pohyblivá) strana formy



Obr. 37 Vstřikovací forma – náhled do pevné (pravé) části



Obr. 38 Vstřikovací forma – náhled do levé (pohyblivé) části



Obr. 39 Vstřikovací forma – řez

ZÁVĚR

Vytvoření celé této bakalářské práce se odvíjelo od požadavků zmíněných v oficiálním zadání práce a také od stanovených cílů.

Výrobek pro který byla forma navržena je plastová přípojka hadice na dopravu kapaliny. Pro výrobek byl zvolen materiál HDPE - Rigidex HD 5218 EA.

Násobnost formy byla zvolena dvojnásobná. Pro zaformování výstřiku byly navrženy dvě tvarové vložky a pro vytvoření průchozího otvoru byly zvoleny posuvné čepy, ovládané hydraulickými válci. Tento hydraulicky ovládaný systém posuvných čepů z velké části ovlivnil konstrukční návrh formy. Rozměry a tvar tvarových desek musely být přizpůsobeny nutnému zdvihu čepů a uchycení hydraulických válců. Také vodící čepy a spojovací šrouby musely být posunuty směrem do středu formy, aby nebránily průchodu šikmým posuvným čepům. To také zabránilo možnosti použít normalizovaných desek. Pro vyhození výstřiku byl navrhnout jednoduchý vyhazovací systém s válcovými vyhazovači. Pro vstřikovací formu byla zadána kombinace horkého a studeného vtokového systému. Pro temperaci tvarových vložek slouží soustava vrtaných kanálků, ve kterých proudí vhodné temperační médium. V důsledku relativně malého objemu tvarové dutiny odpadá problém s odvodušněním, kdy množství vzduchu uzavřeného v dutině stačí uniknout vůlemy mezi vyhazovači a výsuvnými čepy.

Pro navrženou vstřikovací formu byl zvolen vhodný typ vstřikovacího stroje: ARBURG Allrounder 630 S.

Dalším cílem bylo doložit ke konstrukci 2D sestavu formy s kusovníkem. Tyto dokumentace jsou obsaženy v příloze.

Při konstrukci formy byl použit stavebnicový systém v programu CATIA V5 a normálie firmy HASCO. Nenormalizované díly byly navrhnuty v závislosti na normáliích, aby bylo dosaženo maximální přesnosti návaznosti jednotlivých dílů vstřikovací formy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LENFELD, Petr. *Technologie II – Vstřikování plastů*, TU Liberec – Fakulta strojní. Dostupný z WWW:
http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [2] LENFELD, Petr. *Technologie II – Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti*, TU Liberec – Fakulta strojní. Dostupný z WWW:
http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [3] BOBČÍK, Ladislav a kol. , *Formy pro zpracování plastů . Díl I a II*, Brno 1999
- [4] Materiálový list *Rigidex HD 5218 EA*. Výrobce: firma INNOVENE
- [5] VESELÝ, Karel. *Polymery – struktura, syntézy, vlastnosti, zpracování*. Brno: Česká společnost průmyslové chemie, 1992. 177 s. ISBN 80-02-00951-7
- [6] TOMIS, František., HELŠTÝN, Josef. *Formy a přípravy*. Brno:VUT, 1985. 278 s.
- [7] Firemní katalog normálií HASCO
- [8] Internetové stránky firmy ARBURG: <http://www.arburg.com>
- [9] Internetové stránky softwaru CATIA V5: <http://www.catia.cz>
- [10] Internetové stránky firmy HASCO: <http://www.hasco.com>
- [11] LEINVEBER, Jan., ŘASA, Jaroslav., VÁVRA, Pavel. *Strojírenské tabulky*. Třetí, doplněné vydání, Praha: Scientia, 1999. 986 s. ISBN 80-7183-164-6
- [12] KOLOUCH, Jan. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1986. 229 s.
- [13] MAŇAS, M., VLČEK, J. *Aplikovaná reologie*. Zlín: UTB, 2001. 144 s. ISBN 80-7318-039-1.
- [14] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje II*. Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

T _g	Teplota skelného přechodu [°C]
T _f	Teplota viskózního toku [°C]
T _m	Teplota tání [°C]
F _p	Přisouvací síla [N]
F _u	Uzavírací síla [N]
R	Rádus [mm]
R _a	Drsnost povrchu [μm]
H	Tloušťka stěny výstřiku [mm]
D	Průměr vtokového nebo rozváděcího kanálu [mm]
Cu	Měď
Al	Hliník
3D	Tří-rozměrný prostor
2D	Dvou-rozměrný prostor
HDPE	Vysoko-hustotní polyethylen

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Rozdělení polymerů dle aplikace a jejich nadmolekulární struktury</i>	12
<i>Obr. 2. Oblasti využití amorfních a semikrystalických plastů</i>	14
<i>Obr. 3. Nedotečený výstřik</i>	17
<i>Obr. 4. Vstřikovací cyklus</i>	19
<i>Obr. 5. Vstřikovací stroje</i>	21
<i>Obr. 6. Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací</i>	21
<i>Obr. 7. Řez vstřikovací jednotkou</i>	23
<i>Obr. 8. Uzavírací jednotka vstřikovacího stroje</i>	23
<i>Obr. 9. Řídicí a ovládací systém vstřikovacího stroje</i>	24
<i>Obr. 10. Plný kuželový vtok</i>	34
<i>Obr. 11. Bodový vtok</i>	35
<i>Obr. 12. Tunelový vtok</i>	35
<i>Obr. 13. Boční vtok</i>	36
<i>Obr. 14. Filmový vtok</i>	36
<i>Obr. 15. Několikatinásobný vtok</i>	37
<i>Obr. 16. Přímou vyhřívané trysky</i>	39
<i>Obr. 17. Vyhřívaný rozvodný blok</i>	41
<i>Obr. 18 Vstřikovaný výrobek</i>	51
<i>Obr. 19. Vstřikovací stroj ALLROUNDER 630 S</i>	53
<i>Obr. 20 Pravá a levá tvarová vložka (hlavní dělicí rovina)</i>	56
<i>Obr. 21 Výsuvné tvarové čepy (vedlejší dělicí roviny)</i>	56
<i>Obr. 22 Odformování pomocí čepů</i>	57
<i>Obr. 23 Hydraulické válce s blokováním</i>	58
<i>Obr. 24 Komponenty potřebné k montáži hydraulických válců</i>	58
<i>Obr. 25 Uložení hydraulického ovládacího čepů (koncové polohy)</i>	59
<i>Obr. 26 Vyhazovací systém</i>	60
<i>Obr. 27 Funkce vyhazovacího systému</i>	61
<i>Obr. 28 Funkce vyhazovacího systému (detail)</i>	61
<i>Obr. 29 Vtokový systém s vytrhávačem vtoku</i>	62
<i>Obr. 30 Vtokový systém</i>	63
<i>Obr. 31 Temperace pravé tvarové vložky</i>	64

<i>Obr. 32</i> Temperace levé tvarové vložky.....	65
<i>Obr. 33</i> Připojení temperace	65
<i>Obr. 34</i> Vodící a upínací části	66
<i>Obr. 35</i> Pevná (pravá) strana formy.....	67
<i>Obr. 36</i> Pohyblivá (levá) strana formy	67
<i>Obr. 37</i> Vstřikovací forma – náhled do pevné (pravé) části	68
<i>Obr. 38</i> Vstřikovací forma – náhled do levé (pohyblivé) části	68
<i>Obr. 39</i> Vstřikovací forma – řez.....	69

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Základní vlastnosti materiálu HDPE Rigidex HD 5218 EA [4].....</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 2 Parametry uzavírací jednotky [8].....</i>	<i>53</i>
<i>Tab. 3 Parametry vstřikovací jednotky [8]</i>	<i>54</i>

SEZNAM PŘÍLOH

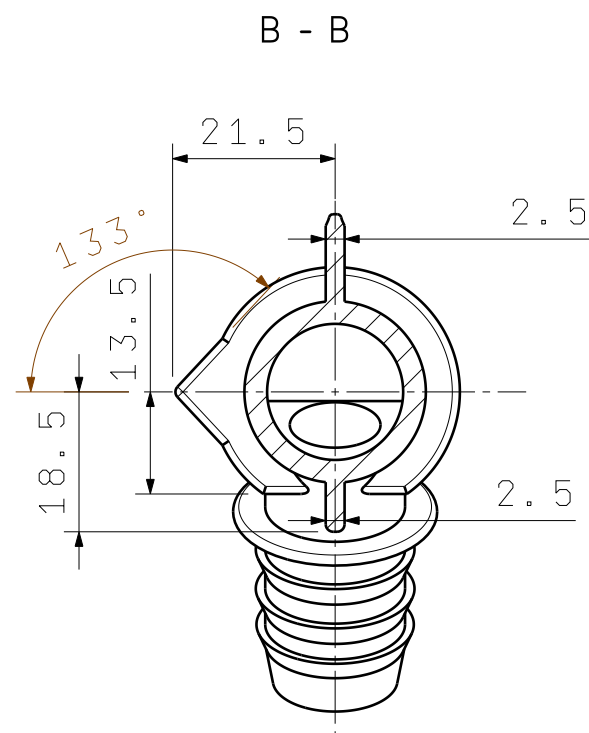
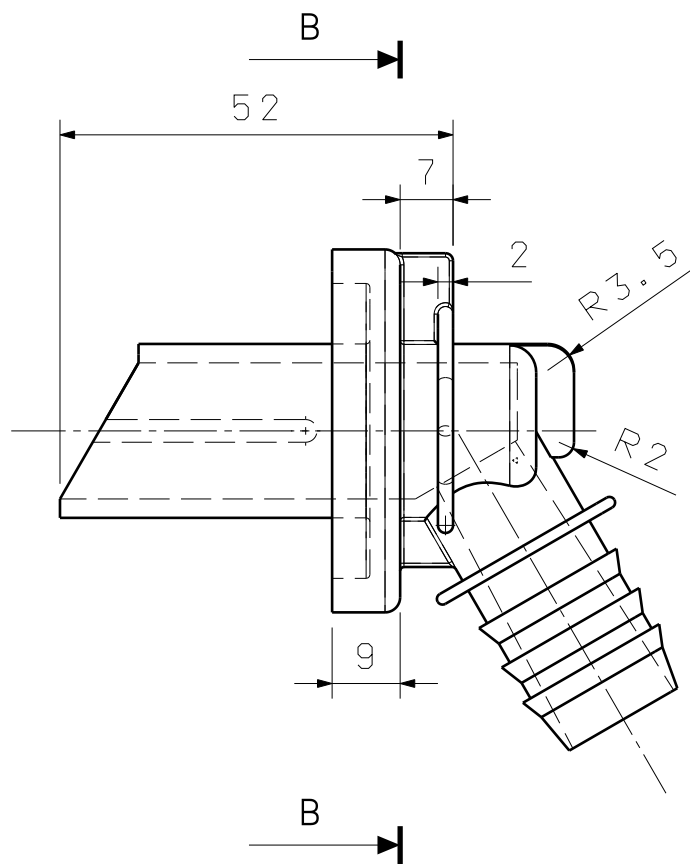
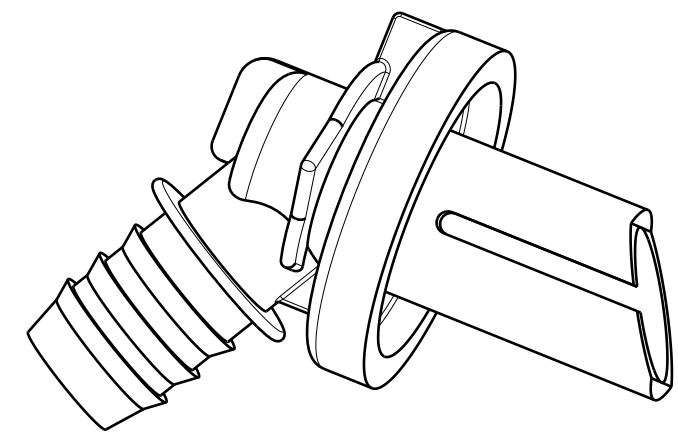
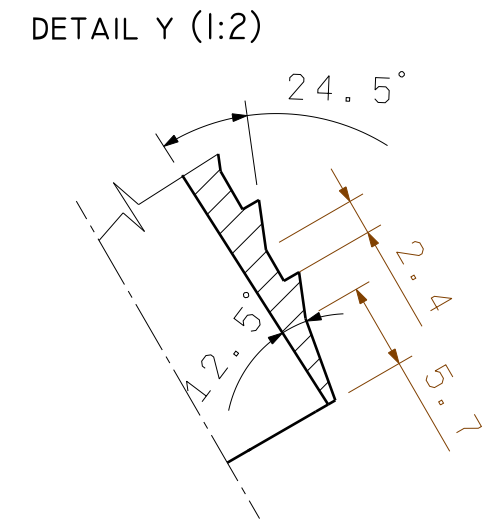
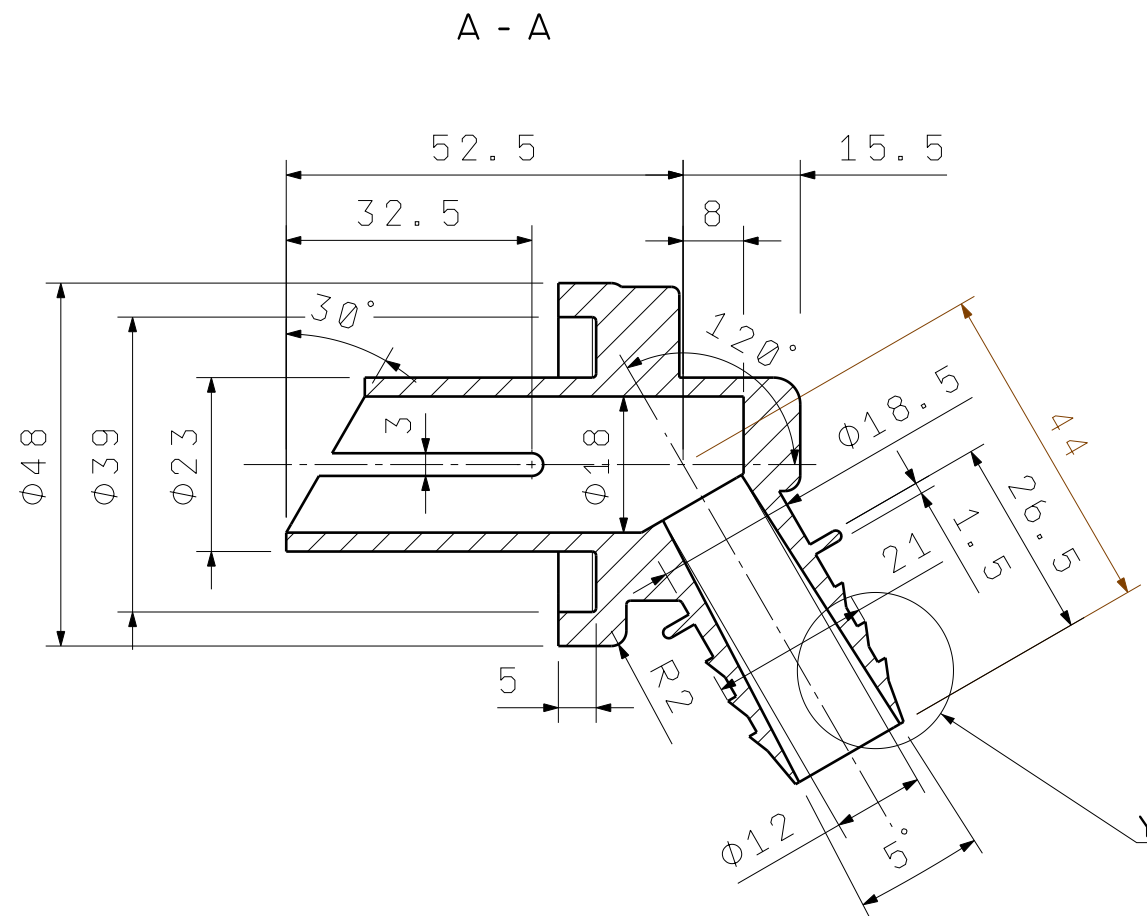
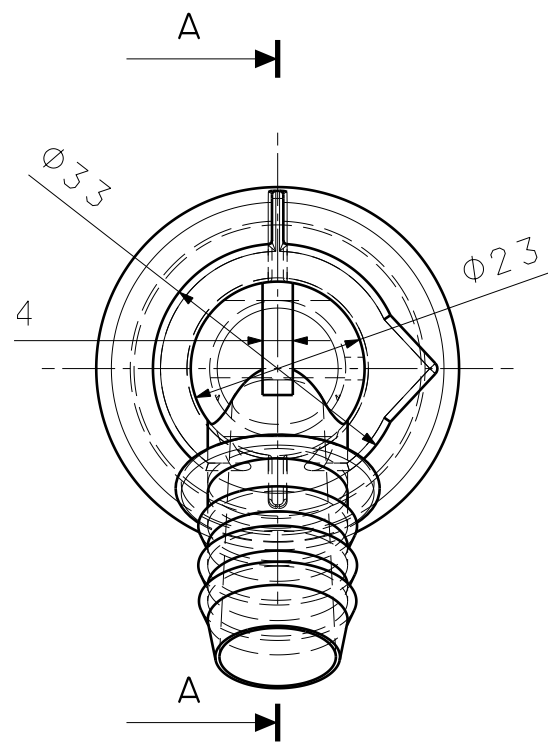
P I Sestava formy

P II Kusovník

P III Výkres výrobku

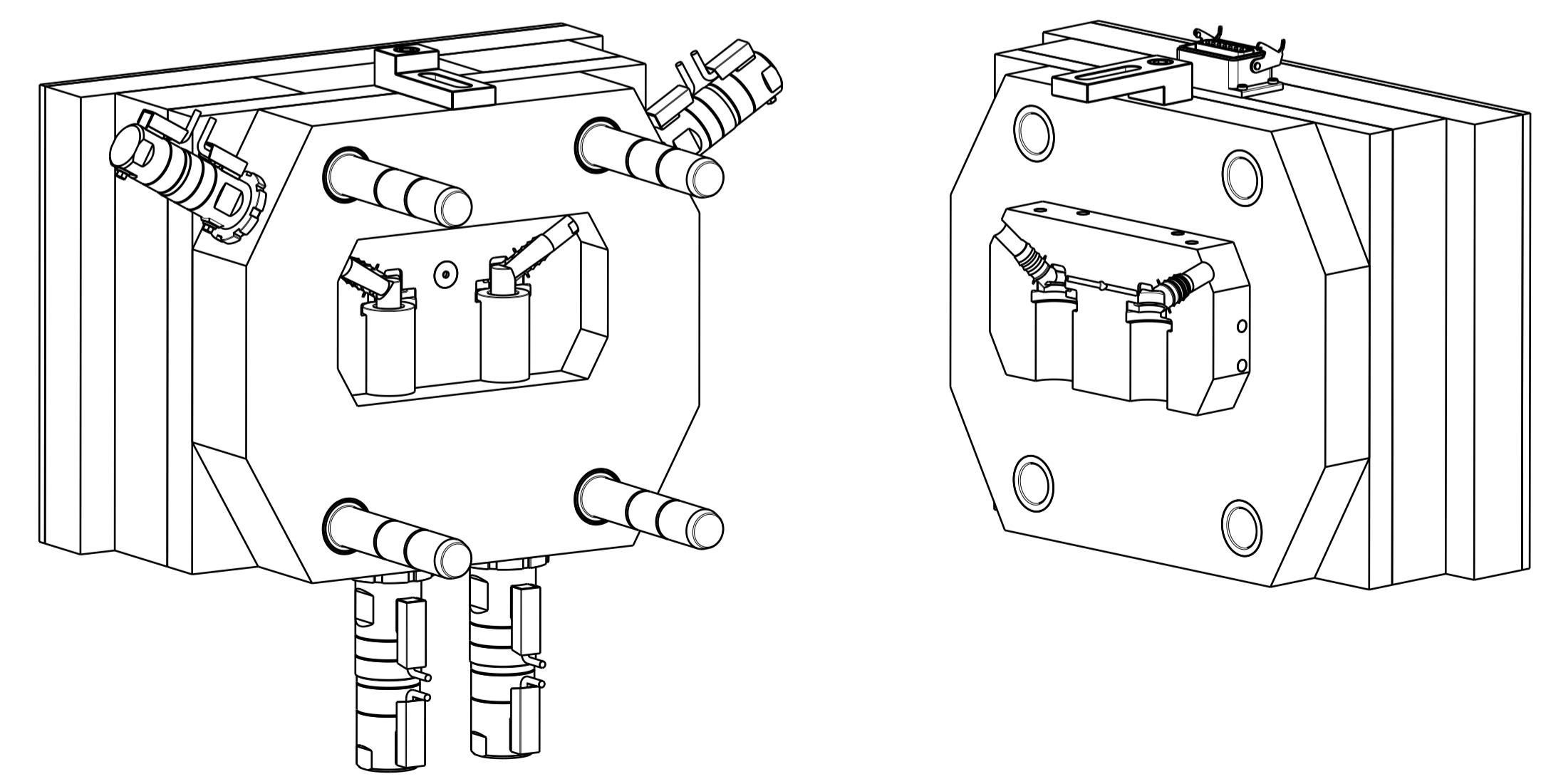
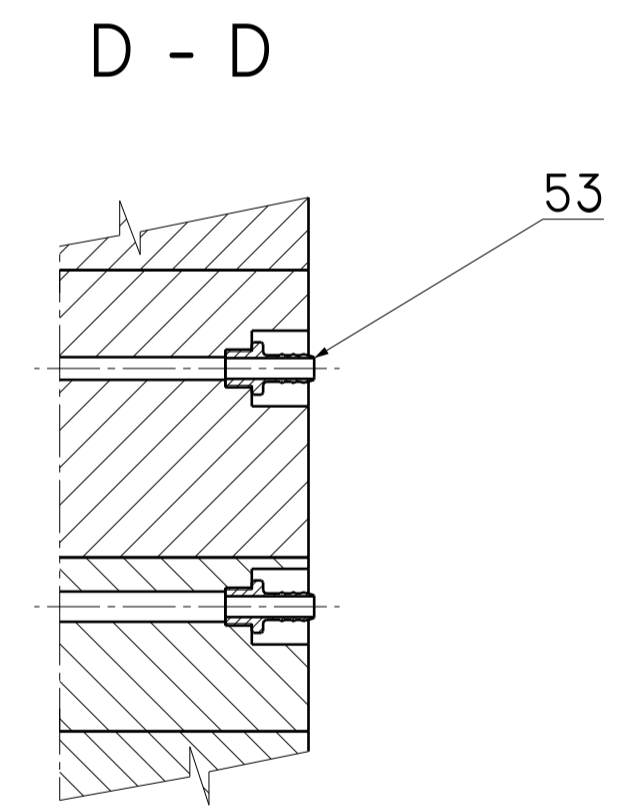
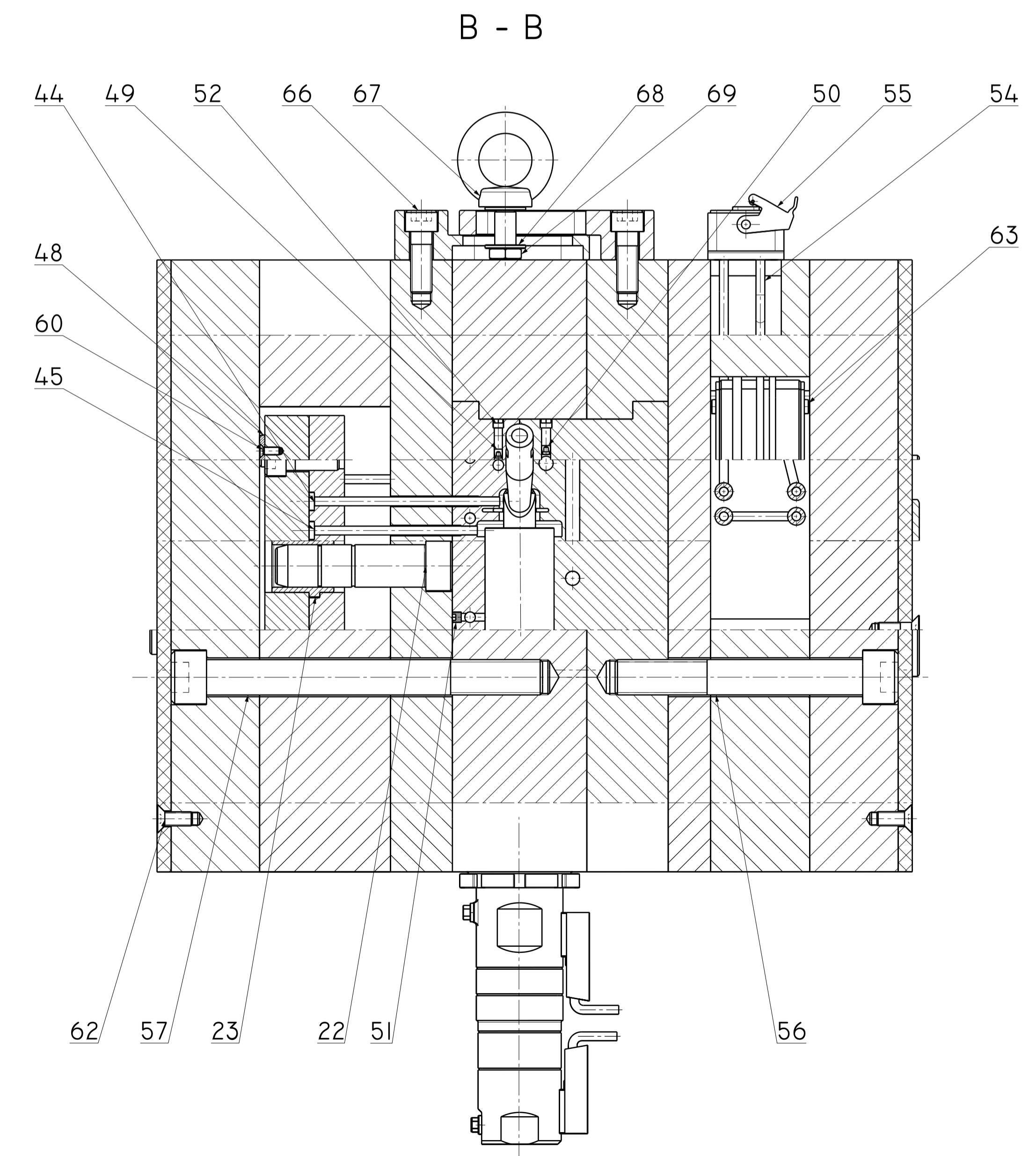
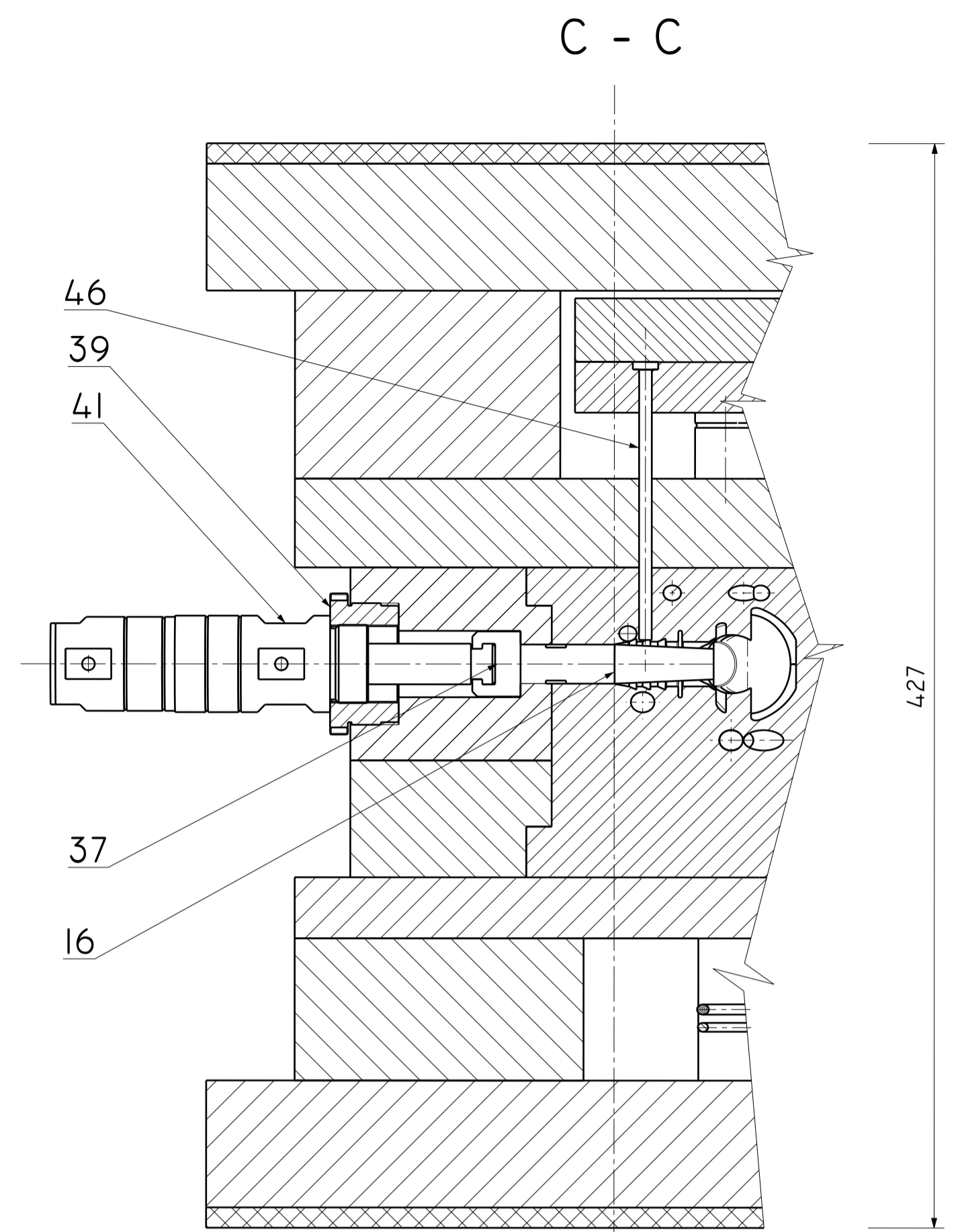
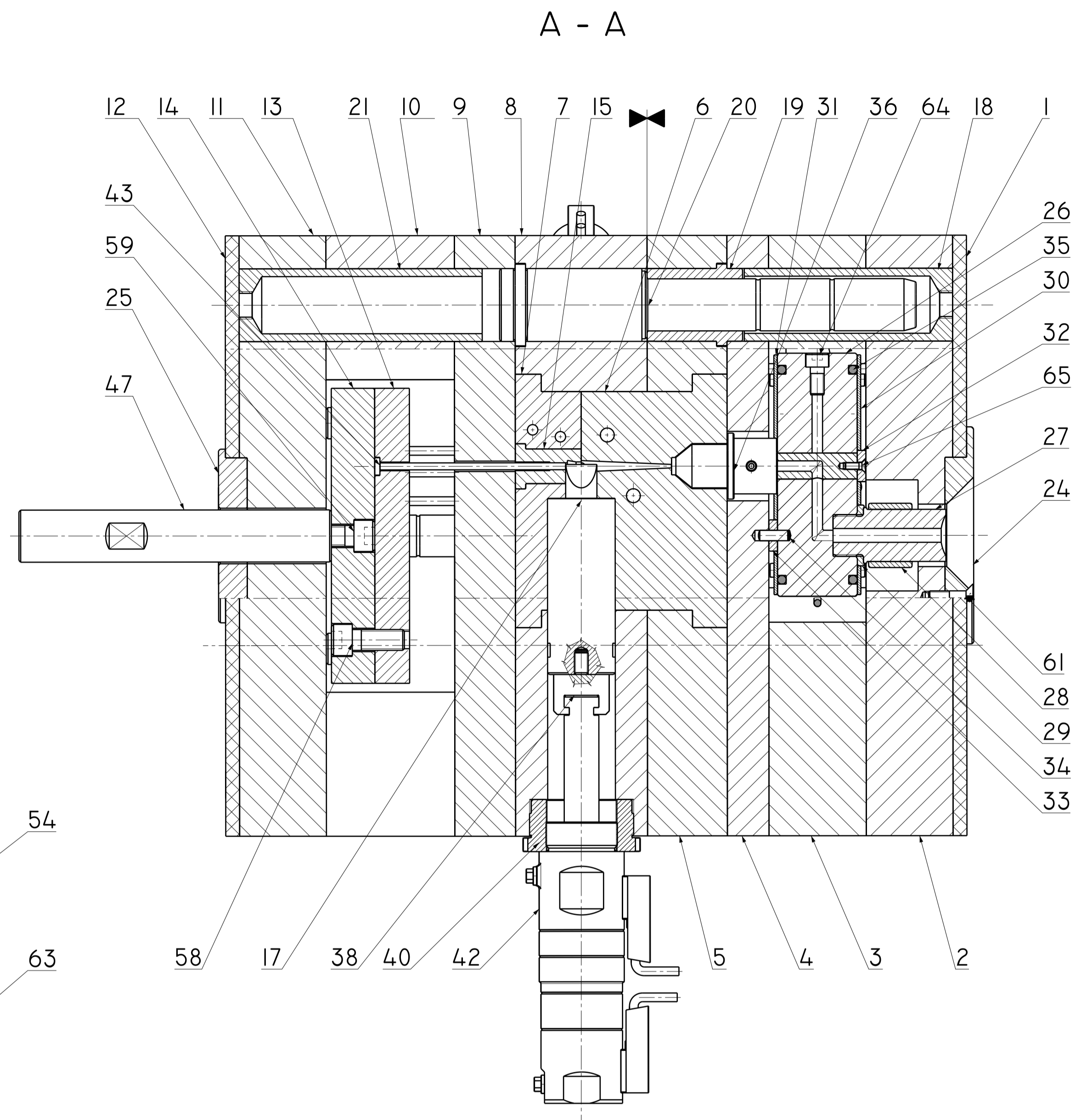
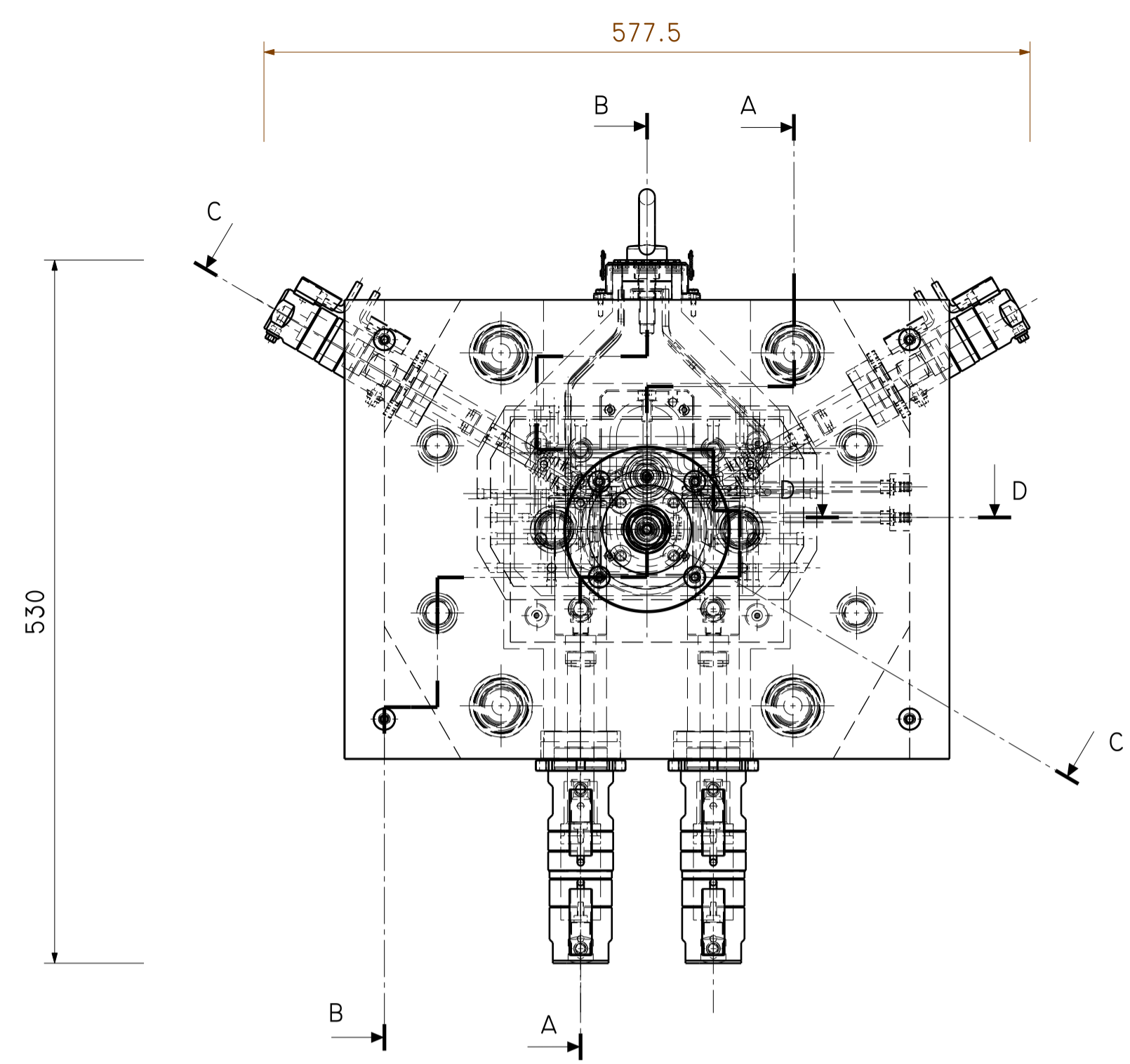
P IV CD disk obsahující:

- Model formy a výkresovou dokumentaci v programu CATIA V5.
- Textovou část bakalářské práce.



NEKÓTOVANÉ RÁDIUSY RI

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Útav výrobního inženýrství		NÁZEV: PŘÍPOJKA HADICE	
VYPRACOVAL: ADAM ŠKROBÁK	DATUM: 3.6.2008	FORMAT: A3	ČÍSLO VYKRESU: FT-UTB-AS-01
KONTROLOVAL:	DATUM:	MĚŘÍTKO 1:1	HMOTNOST (kg) 0,024
NAVRHL:	DATUM:	LIST: 1/1	



UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		NAZEV: SESTAVA VSTŘIKOVACÍ FORMY	
VYPRACOVAL: ADAM ŠKROBÁK	DATUM: 3.6.2008	FORMAT: A1	CÍSLO VYKRESU: FT-UTB-AS-S000
KONTROLOVAL:	DATUM:	MĚŘÍTKO: 1:2	VÁHA (kg): 85
NAVRHL: ADAM ŠKROBÁK	DATUM: 3.6.2008	LIST:	1/1

37	Adaptér Z2321/16	HASCO		2
36	Horká tryska Z101/32x61/1,8	HASCO		1
35	Topný had Z1138	HASCO		2
34	Středící kolík Z25/6x18	HASCO		2
33	Distanční podložka Z1052/4/20x5	HASCO		1
32	Distanční podložka Z1052/3/20x5	HASCO		1
31	Reflexční deska levá H5100/69x138	HASCO		1
30	Reflexční deska pravá H5100/69x138	HASCO		1
29	Ustavovací kroužek Z1053/1/35x4	HASCO		1
28	Topná manžeta Z1134/30x25/120	HASCO		1
27	Centrální vtoková vložka Z1055/1/24x56/8	HASCO		1
26	Rozváděcí blok H4510/71x140x46x40x32	HASCO		1
25	Středící kroužek levý K503/100x16,5	HASCO		1
24	Středící kroužek pravý K100/125x16,5	HASCO		1
23	Vodící pouzdro Z10W/27/24	HASCO		2
22	Vodící čep Z011/24x100	HASCO		2
21	Středící pouzdro Z20/42x140	HASCO		2
20	Vodící čep Z00/76/30x155	HASCO		4
19	Vodící pouzdro Z10/46/30	HASCO		4
18	Středící pouzdro Z20/42x120	HASCO		2
17	Tvarový čep axiální	FT-UTB-AS-017	19 552 - kaleno 52 - 54 HRC	2
16	Tvarový čep šikmý	FT-UTB-AS-016	19 552 - kaleno 52 - 54 HRC	2
15	Vytrhávač vtoku 20x38	FT-UTB-AS-015	19 573 - kaleno 56 - 58 HRC	1
14	Kotevní deska vyhazovací	FT-UTB-AS-014	11 500	1
13	Opěrná deska vyhazovací	FT-UTB-AS-013	11 500	1
12	Termoizolační deska levá	FT-UTB-AS-012	Sklotextit	1
11	Upínací deska levá	FT-UTB-AS-011	11 600	1
10	Rozpěrná deska levá	FT-UTB-AS-010	11 500	2
9	Opěrná deska levá	FT-UTB-AS-009	11 600	1
8	Tvarová deska levá	FT-UTB-AS-008	11 600	1
7	Tvarová vložka levá	FT-UTB-AS-007	19 552 - kaleno 52 - 54 HRC	1
6	Tvarová vložka pravá	FT-UTB-AS-006	19 552 - kaleno 52 - 54 HRC	1
5	Tvarová deska pravá	FT-UTB-AS-005	11 600	1
4	Opěrná deska pravá	FT-UTB-AS-004	11 600	1
3	Rozpěrná deska pravá	FT-UTB-AS-003	11 500	1
2	Upínací deska pravá	FT-UTB-AS-002	11 600	1
1	Termoizolační deska pravá	FT-UTB-AS-001	Sklotextit	1
Poz.	Název součásti - rozměr	Výkres/Norma	Materiál	Ks

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		NÁZEV: SESTAVA VSTŘIKOVACÍ FORMY KUSOVNÍK		
VYPRACOVAL: ADAM ŠKROBÁK	DATUM: 3.6.2008			
KONTROLOVAL:	DATUM:	FORMÁT: A1	ČÍSLO VÝKRESU: FT-UTB-AS-S000	
NAVRHL: ADAM ŠKROBÁK	DATUM: 3.6.2008	MĚŘÍTKO: 1:2	VÁHA (kg): 85	LIST: 1/2

69	Matice Z28 M12	HASCO		1
68	Podložka Z562/12	HASCO		2
67	Závěsný šroub s okem Z71/12	HASCO		1
66	Transportní můstek Z70	HASCO		1
65	Šroub Z33/4x12	HASCO		1
64	Šroub Z30/8x16	HASCO		1
63	Šroub Z39/4x8	HASCO		8
62	Šroub Z33/8x20	HASCO		8
61	Šroub Z33/8x30	HASCO		8
60	Šroub Z33/4x8	HASCO		4
59	Šroub Z30/12x30	HASCO		1
58	Šroub Z31/12x30	HASCO		4
57	Šroub Z31/20x190	HASCO		4
56	Šroub Z31/20x140	HASCO		4
55	Zásuvka Z1227/16/4	HASCO		1
54	Kabel Z1295	HASCO		4
53	Přípojka Z87/9/10x1	HASCO		4
52	Uzavírací šroub Z94 M8	HASCO		13
51	Uzavírací šroub Z94 M6	HASCO		15
50	Uzavírací zátka Z942/8	HASCO		13
49	Uzavírací zátka Z942/6	HASCO		15
48	Dosedací podložka Z55/18x3	HASCO		4
47	Vyhazovací tyč Z02/30x180	HASCO		1
46	Válcový vyhazovač Z40/5x109,5	HASCO		2
45	Válcový vyhazovač Z40/5x95	HASCO		2
44	Válcový vyhazovač Z40/5x107,8	HASCO		2
43	Válcový vyhazovač Z40/4x110	HASCO		1
42	Hydraulický válec s blokováním Z2301/20x60	HASCO		2
41	Hydraulický válec s blokováním Z2301/16x40	HASCO		2
40	Korunová matice Z2311/20	HASCO		2
39	Korunová matice Z2311/16	HASCO		2
38	Adaptér Z2321/20	HASCO		2
Poz.	Název součásti - rozměr	Výkres/Norma	Materiál	Ks
UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		NÁZEV: SESTAVA VSTŘIKOVACÍ FORMY KUSOVNÍK		
VYPRACOVAL: ADAM ŠKROBÁK		DATUM: 3.6.2008		
KONTROLOVAL:		FORMÁT: A1	ČÍSLO VÝKRESU: FT-UTB-AS-S000	
NAVRHL: ADAM ŠKROBÁK		DATUM: 3.6.2008	MĚŘÍTKO: 1:2	VÁHA (kg): 85 LIST: 2/2