

Konstrukční návrh formy pro mikrovstříkování

Radek Mikel

Bakalářská práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radek MIKEL**
Osobní číslo: **T100049**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukční návrh formy pro mikrovstřikování**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Připravte 3D model vstřikovaného dílu
3. Navrhněte vstřikovací formu pro zadaný díl
4. Nakreslete 2D řez vstřikovací formy včetně kusovníku

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

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

[2] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů II.díl ? Vstříkování termoplastů. 1. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. 212 s.

[3] ZEMAN, Lubomír. Vstříkování plastů: úvod do vstříkování termoplastů. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2009, 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.

[4] GREENER, J., WIMBERG-FRIDEL, R. Precision Injection Molding: Process, Materials, and Applications. Munich: Hanser, 2006. ISBN 1-56990-400-6.

[5] KAMAL, M. R., ISAYEV, A. I. Injection molding: technology and fundamentals. Munich: Hanser Publications, 2009. ISBN 9781569904343.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Eva Hnátková

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. února 2013

Termín odevzdání bakalářské práce:

17. května 2013

Ve Zlíně dne 11. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: MIKEL RADEK.....

Obor: TŽ.....

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně ..17.5.2013

.....
Mikel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením formy pro mikrovstříkování pro plastový díl. Celá práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Základní informace z oblasti konstrukce vstříkovacích forem jsou uvedeny v teoretické části. V druhé experimentální části byl vytvořen 3D model v programu Catia V5R18 a zkonstruována 3D sestava vstříkovací formy a ta převedena do 2D sestavy.

Klíčová slova: forma pro mikrovstříkování, 3D model, sestava

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the construction of micro-injection mold for a plastic part. The thesis is divided into a theoretical and a practical part. The essential information from the section of the injection molding design are noted in the theoretical part. In the practical part there was created 3D model with the Catia V5R18 software and constructed 3D injection mold assembly that was thereafter transferred to 2D assembly.

Keywords: micro injection mold, 3D model, assembly

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce, ing. Evě Hnátkové, za odborné vedení, ochotně poskytnuté rady a čas, který mi věnovala při vypracování bakalářské práce.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně

.....

podpis

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE MIKROVSTŘIKOVÁNÍ	12
1.1 PRINCIP VSTŘIKOVÁNÍ	13
1.2 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ.....	14
1.2.1 Termoplasty.....	15
1.2.2 Reaktoplasty	16
1.2.3 Elastomery.....	16
2 VSTŘIKOVACÍ STROJ	17
2.1 VSTŘIKOVACÍ A PLASTIKAČNÍ JEDNOTKA	17
2.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	18
2.2.1 Hydraulická uzavírací jednotka.....	19
2.2.2 Hydraulicko mechanická uzavírací jednotka.....	19
2.2.3 Elektromechanická uzavírací jednotka.....	20
2.3 OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE.....	20
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	22
3.1 RÁMY FOREM	22
3.2 VTOKOVÉ SYSTÉMY.....	23
3.2.1 Studený vtokový systém (SVS).....	24
3.2.2 Přidržovače vtoku.....	27
3.2.3 Vyhřívaný vtokový systém (VVS)	28
3.2.4 Vyhřívané trysky	28
3.2.5 Vyhřívané rozvodné bloky	29
3.3 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY	30
3.3.1 Mechanické vyhazování.....	30
3.3.2 Vzduchové (pneumatické) vyhazování	32
3.3.3 Hydraulické vyhazování.....	33
3.4 TEMPERACE FOREM	33
3.4.1 Charakteristika temperačního systému.....	34
3.4.2 Obecné zásady volby temperačních kanálů.....	35
3.4.3 Temperační prostředky.....	37
3.5 MATERIÁLY FOREM	37
3.5.1 Používané druhy ocelí	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	41
4 STANOVENÍ CÍLŮ	42
5 POUŽITÉ APLIKACE	43
5.1 CATIA V5R18	43
5.1.1 Vlastnosti softwaru CATIA	43
6 VSTŘIKOVACÍ STROJ	44

7	KONSTRUKCE FORMY.....	45
7.1	VÝROBEK	45
7.2	MATERIÁL VÝROBKU.....	46
7.3	NÁSOBNOST FORMY	46
7.4	VYHOZENÍ VÝSTŘIKU	47
7.5	TEMPERACE FORMY.....	49
7.6	SESTAVA FORMY PRO MIKROVSTŘIKOVÁNÍ.....	49
	ZÁVĚR	54
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	55
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	57
	SEZNAM OBRÁZKŮ	58
	SEZNAM TABULEK.....	60
	SEZNAM PŘÍLOH.....	61

ÚVOD

Už v první polovině minulého století se začaly objevovat první plasty. V průběhu několika dalších desítek let se díky chemické odolnosti, jednoduché tvarovatelnosti, nízké hustotě, tepelně izolačním a elektroizolačním vlastnostem dostávají do různých oborů lidské činnosti. V dnešní době jsou stále častěji nahrazovány obvyklé materiály (dřevo, kov, sklo, atd.) polymerními materiály. S tímto vývojem se začal rozvíjet také i obor technologie vstřikování, která patří mezi nejčastější způsob zpracování plastů.

Začaly také vznikat zvýšené požadavky na vysokou přesnost plastových výrobků. Technologie, která se tímto zabývá se nazývá mikrovstřikování. Pomocí této technologie se dají vyrábět velmi přesné plastové díly o hmotnosti pouhých několika miligramů a také s mikrostrukturou s přesností na mikrometry.

Pro zjednodušení, zkvalitnění konstrukce, zefektivnění a zvýšení ekonomičnosti výroby konstrukce forem se používají různé softwarové vybavení. Umožňují 3D modelování, názorné ukázky funkčnosti chodů vstřikovací formy a omezují tak chybné konstrukce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE MIKROVSTŘIKOVÁNÍ

Technologie mikrovstříkování se dělí na tři základní kategorie nebo části, kde buď celkový rozměr výrobku má mikrorozměry, pouze funkční část výrobku obsahuje mikročásti, nebo jsou požadavky na toleranci v řádech mili- nebo dokonce mikrometrech. Vzhledem k obrovské přesnosti a mikro charakteristice jednotlivých výstřiků se používá speciální mikrovstříkovací stroj s pomocnými zařízeními, které jsou potřeba při vstříkování. Jako jsou podavač materiálu, násypka, sušička, odstraňovač vtoků, temperační zařízení, tříděč vtoků, chladič.

Kategorie mikrovstříkování:

- Mikrovstříkované díly – mají hmotnost několika gramů nebo také pouze několik miligramů a je možné vyrábět s přesností na mikrometry
- Díly, které mají běžnou velikost, ale některá část výrobku vyžaduje mikrostrukturu (používá se např. u kompaktních disků pro přenos dat, optických čoček s mikrostrukturou)
- Díly, které mohou mít jakékoliv rozměry, ale mají daný rozsah tolerance v mikrometrech (např. konektory pro technologii optických vláken) [4]



Obr. 1. Díly vyrobené mikrovstříkováním [7]



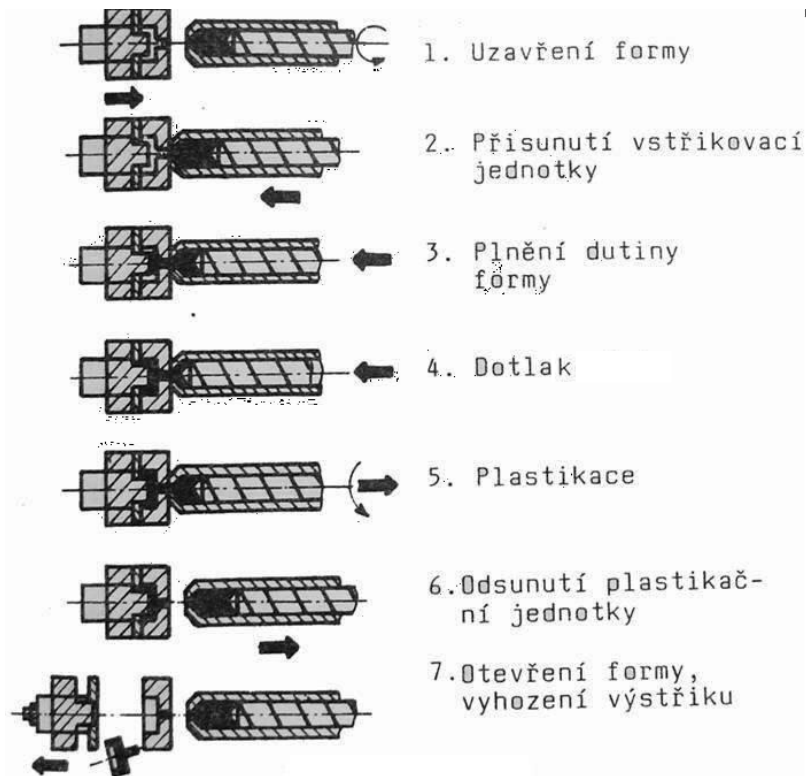
Obr. 2. Ozubené kolečko s mikrorozměry [6]

1.1 Princip vstřikování

Plastový granulát je nasypán do násypky, ze které je odebírán pracovní částí stroje (šnekem, pístem) a ta dopravuje hmotu do tavicí komory, kde se tavenina připraví a je vstříknuta do formy. Vstřikovací cyklus začíná uzavřením vstřikovací formy, vstřikovací jednotka je ve výchozí poloze. Poté se vstřikovací jednotka přisune a dosedne na uzavřenou formu a nastává vstřikování taveniny. Jakmile je dutina formy naplněna taveninou začíná její tuhnutí a po čase postupné doplňování formy (dotlak). Ve formě pak pokračuje tuhnutí bez tlaku. Následuje odjezd vstřikovací jednotky do výchozí polohy. Po ztuhnutí dochází k otevření formy a vyhazování výstřiků, zatímco ve vstřikovací jednotce probíhá příprava taveniny. Forma a vstřikovací jednotka jsou ve výchozí poloze a celý proces se může opakovat (Obr. 3). [1]



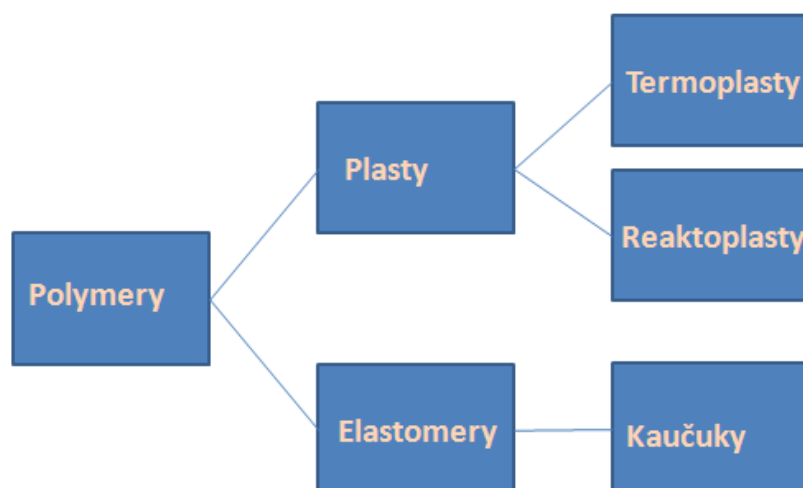
Obr. 3. Vstřikovací cyklus



Obr. 4. Vstřikovací cyklus [8]

1.2 Základní rozdělení polymerů

Polymery se skládají z dlouhých řetězců, které se nazývají makromolekuly. Polymery se nejčastěji rozdělují podle chování při zahřívání jak ukazuje následující schéma. [2]

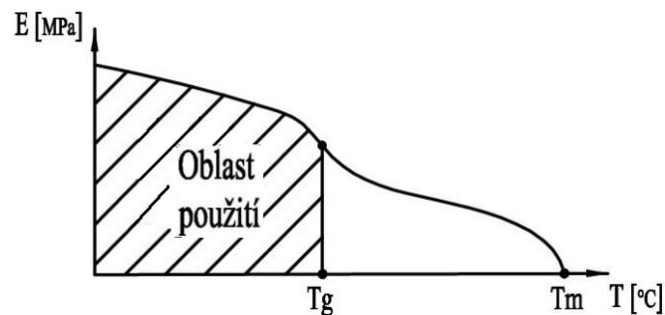


Obr. 5. Schéma základního rozdělení polymerů

1.2.1 Termoplasty

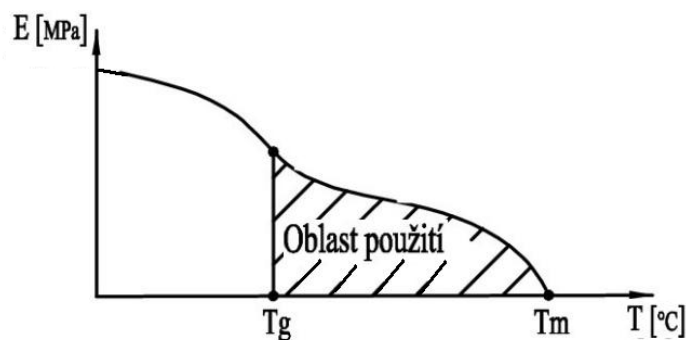
Jsou to materiály, které mají schopnost ohřevem opakovaně měknout a ochlazením tuhnout v teplotním intervalu charakteristickém pro daný polymer. Při zahřívání termoplastu nedochází ke změně jeho chemické struktury, lze proto proces ohřívání do plastického stavu a následného ochlazení opakovat teoreticky bez omezení. Termoplasty se dělí se podle struktury na: [2]

- Amorfní – mají nepravidelně prostorově uspořádané řetězce. Jejich charakteristické vlastnosti jsou tvrdost, křehkost, vysoký modul pružnosti, vysoká pevnost. Amorfní polymery mají použitelnost do teploty zesklenní T_g . Nejpoužívanější jsou PS, ABS, PC, PMMA. [2]



Obr. 6. Oblast využití amorfních polymerů

- Semikrystalické – mají podstatnou část řetězců pravidelně a těsně uspořádanou a tvoří semikrystalické útvary. Zbytek řetězců je uspořádaný amorfně. Jsou charakteristické svou houževnatostí. Modul pružnosti a pevnost roste se stupněm krystalinity. Semikrystalické polymery jsou použitelné do teploty tání T_m . Nejpoužívanějšími jsou PE, PP, PA6. [2]



Obr. 7. Oblast využití semikrystalických polymerů

1.2.2 Reaktoplasty

Je to polymer, který se v první fázi zahřívá, měkne stejně jako termoplast a lze jej tvářet, ale pouze omezenou dobu. Poté nastává zesíťování (vytvrzování) pomocí tepla a tlaku, případně katalyzátoru. Po vytvrzení už není žádné další tváření možné. Reaktoplasty mají s práškovými plnivy malou tažnost a malou houževnatost. [2]

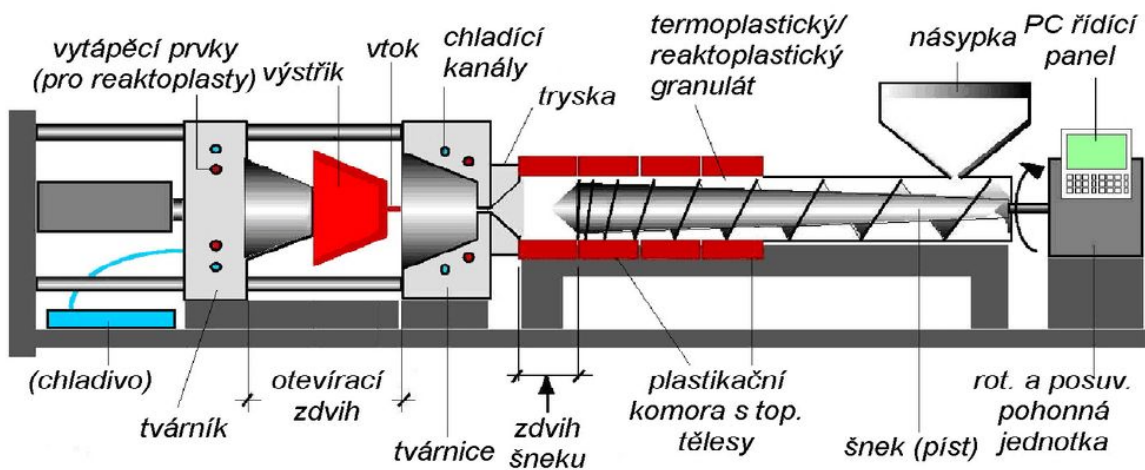
1.2.3 Elastomery

Jsou to polymery vyznačující se velkou pružností přírodního nebo syntetického původu. Elastomery je možné za běžných podmínek deformovat bez porušení a deformace jsou převážně vratné. Základní surovinou pro výrobu pryží jsou kaučuky, které umožňují vulkanizaci. Při vulkanizaci se zpracovávají syntetické i přírodní kaučuky. [2]

2 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací stroj (*Obr. 8*) slouží k tavení plastového granulátu a k jeho následné dopravě do dutiny formy. Existuje spousta různých konstrukcí vstřikovacího stroje, které se liší provedením, rychlostí výroby, obsluhou, stupněm řízení i cenou. Vstřikovací stroj má tyto základní části: [2]

- Vstřikovací jednotka
- Uzavírací jednotka
- Ovládání a řízení stroje

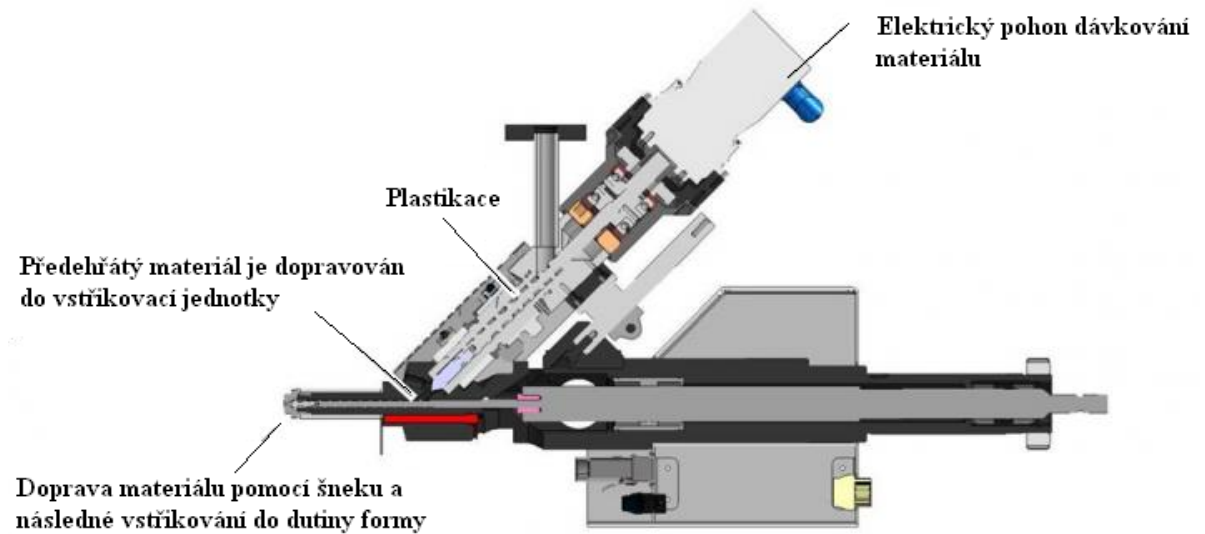


Obr. 8. Schéma vstřikovacího stroje [9]

2.1 Vstřikovací a plastikační jednotka

Plastikační jednotka přeměňuje polymerový granulát na taveninu o potřebné viskozitě a vstřikovací jednotka dopravuje pod velkým tlakem a velkou rychlostí taveninu do dutiny formy.

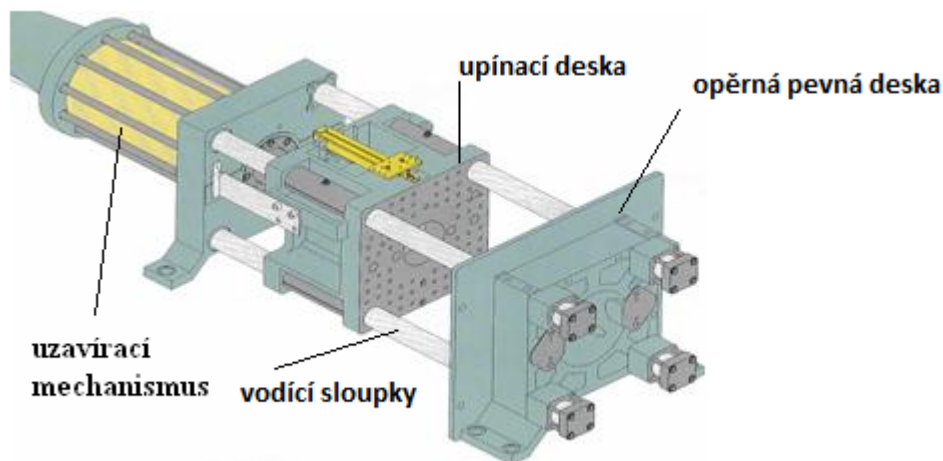
U klasického vstřikování se dříve používaly pístové vstřikovací jednotky. Dnes už se používají šnekové jednotky, které umožňují dokonalejší homogenizaci taveniny, zaručují přesné dávkování a ohřívá na tavicí teplotu jenom potřebné množství materiálu a nedochází tak k tepelné degradaci taveniny kvůli příliš dlouhému působení tepla. Při mikrovstřikování se používají vstřikovací jednotky s předplastikací (*Obr. 9*), kde nejčastěji bývají šnekové jednotky na homogenizaci a pístové na přesné dávkování materiálu. [1]



Obr. 9. Vstřikovací jednotka s předplastikací [10]

2.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka (Obr. 10) slouží k otevírání, uzavírání a případně vyprázdnění formy. Také musí zajišťovat uzavření formy takovou silou, aby se neotevřela tlakem při vstřikování taveniny do dutiny formy. [2]



Obr. 10. Uzavírací jednotka [11]

Uzavírací jednotku tvoří čtyři hlavní části:

- Opěrná deska pevná
- Upínací deska
- Vodící sloupky

- Uzavírací mechanismus

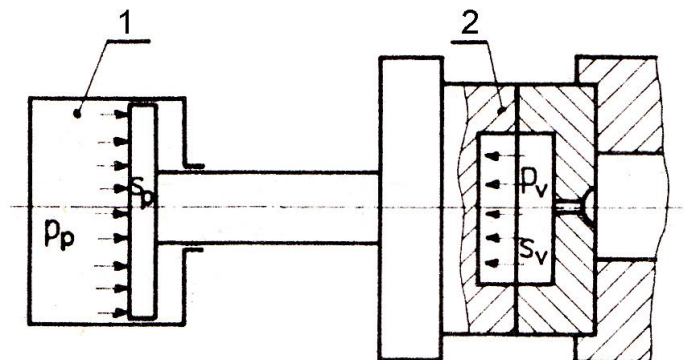
Uzavírací mechanismus má několik různých provedení:

- Hydraulické
- Hydraulicko – mechanické
- Elektromechanické [2]

2.2.1 Hydraulická uzavírací jednotka

Jde o nejjednodušší uzavírací jednotku. Pro dosažení velkých uzavíracích jsou zapotřebí velké rozměry hydraulických válců. K zajištění dostatečně velkých uzavíracích rychlostí je potřeba značné množství hydraulické kapaliny.

Nevýhodu tohoto uspořádání odstraňuje uzavírací ústrojí s pomocnými hydraulickými válci, které mají malý průměr, ale vysoký zdvih.[1]



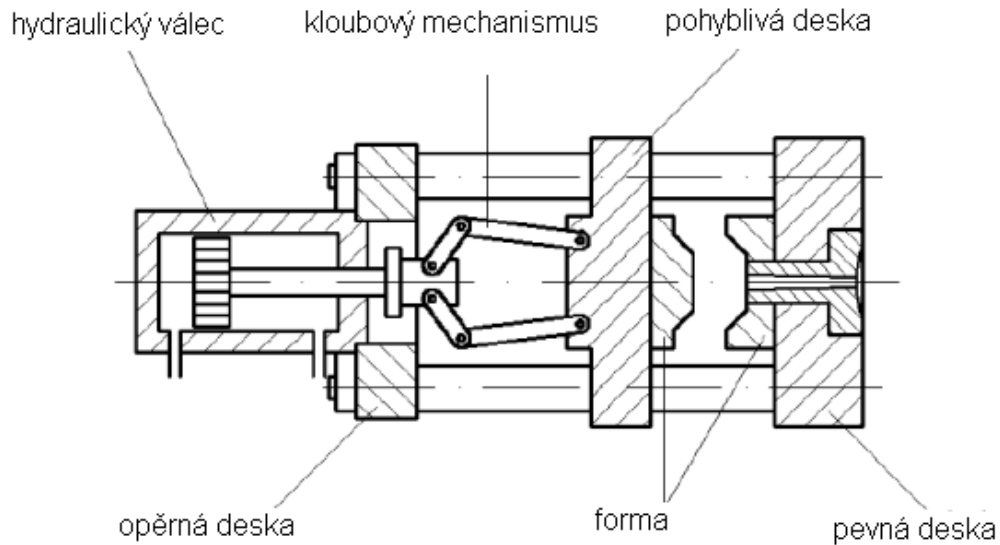
Obr. 11. Hydraulická uzavírací jednotka

1 – Forma, 2 – Hydraulický válec

2.2.2 Hydraulicko mechanická uzavírací jednotka

U hydraulicko mechanického systému (Obr. 12) je příslušná uzavírací síla vyvozena malým hydraulickým válcem přes vhodný systém pákových převodů. Tímto uspořádáním se dosáhne velmi příznivých silových i rychlostních poměrů. Nejpoužívanějším uzavíracím mechanismem je tzv. kloubový uzávěr. Existují dva základní typy uspořádání hydraulicko mechanických uzavíracích ústrojí – s válcem v ose a s válcem mimo osu. Velkou výhodou hydraulicko mechanické uspořádání uzavíracího ústrojí s hydraulickým válcem v ose je, že rychlost pohybu formy je dána jenom kinematickým uspořádáním mechanismu.

Nepřerušovaným a rovnoměrným pohybem uzavíracího ústrojí pístu dochází k zpomalení pohybu a dovržení formy. U hydraulicko-mechanické uzavíracího ústrojí s válcem mimo osu lze velmi snadno analyticky nebo graficky určit rychlost upínací desky v závislosti na poloze kloubového mechanismu a určit velikost uzavírací síly.[1]



Obr. 12 Schéma hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky [2]

2.2.3 Elektromechanická uzavírací jednotka

Potřebnou energii dodává elektromotor s klikovým mechanismem. Elektromotory jsou jednoduché a vyvolávají vysokou uzavírací sílu, ale jsou velmi energicky náročné. Výhody elektromechanických uzavíracích jednotek jsou jejich konstrukční jednoduchost, vysoká uzavírací rychlost a jednoduchá automatizace celého pracovního cyklu a nižší energetická náročnost, přesnost a tišší chod. Nevýhodou je vysoká cena. Elektromechanickou uzavírací jednotku v dnešní době využívají nejmodernější stroje.[1]

2.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Stupeň řízení a jednoduchost obsluhy stroje jsou charakteristickými znaky jeho kvality. Význačným a nutným faktorem technologických parametrů je stálá reprodukovatelnost. Pokud dochází k nepřiměřenému kolísání těchto parametrů, projeví se na přesnosti a kvalitě výstřiků tato nerovnoměrnost. Řízení stroje je nutno zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky.

V dnešní době se neobejdou vstříkovací stroje bez výkonné procesorové techniky. Nastavení stroje je kontrolováno také řídicím systémem. K nastavování technologických parametrů se využívají různé grafické formy řízení pracovního cyklu na displeji s přístupem k jednotlivým parametrům stroje. Řízení stroje má rozhodující vliv na jakosti a přesnosti výstříků. Parametry, které určují toleranci a přesnost výstříku jsou závislé na nastavení výše a doby vstříkovacího tlaku, dotlaku, chlazení a rychlosti vstříku. Fyzikální a mechanické vlastnosti výstříků jsou závislé na nastavení doby a výšky teploty taveniny. [2]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma je nástroj, který se upíná na vstřikovací stroj a dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výstřiku. Kvalitní forma musí splňovat tyto požadavky:

- technické – správná funkčnost formy (vhodný vtokový systém, vyhazování,...)
- ekonomické – nízká cena formy i vyráběných dílů, optimální živostnost
- společenskoekonomické – bezpečné pracovní prostředí a bezpečnostní zásady při výrobě i konstrukci.

Vstřikovací formy se skládají z mnoha dílů, které se dají rozdělit do několika kategorií. Jsou to díly:

- vymezuující tvarovou dutinu,
- temperovacího systému,
- vtokového systému,
- upínací a vodící elementy. [3]

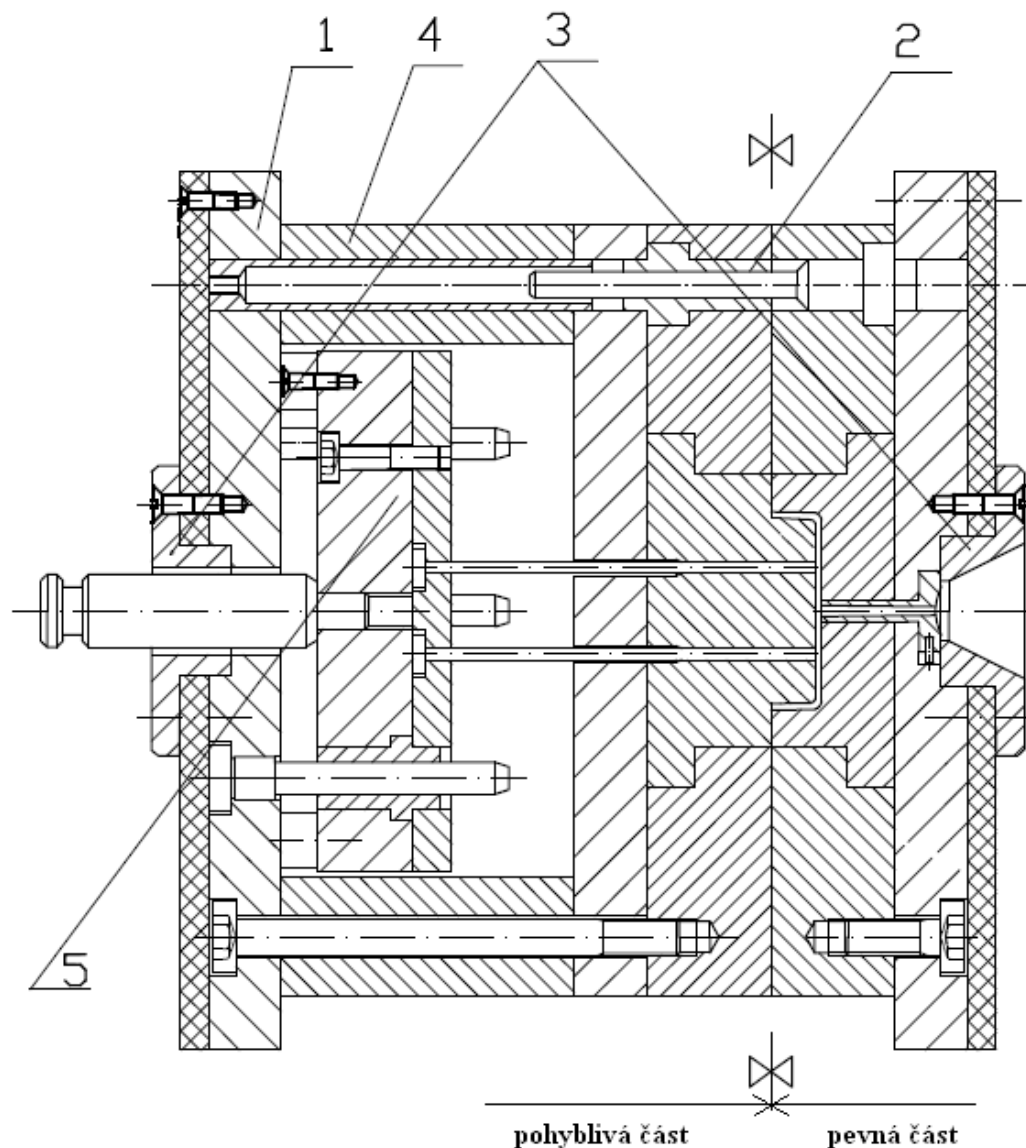
3.1 Rámy forem

Rám formy představuje skupinu vzájemně spojených desek s vodícím, středícím a spojovacím příslušenstvím (*Obr. 13*). Spojený celek tvoří funkční nosič tvarových dutin a vtoků, vypracovaných přímo v deskách, nebo ve zvláštních vložkách. Rám doplněný o další funkční celky pak tvoří kompletní formu s požadovanou funkcí.[3]

Mimo uvedené činnosti musí rám také umožňovat:

- správné ustavení na vstřikovacím stroji,
- přesné vedení pohyblivých dílů formy,
- snadné upevnění tvarových vložek a dalších funkčních dílů,
- vhodné umístění temperačního a vyhazovacího systému

Velikost a uspořádání rámu se volí individuálně podle toho jak je potřebné a nutné pro funkci formy, s ohledem na zaformování vyráběného výstřiku. Pro usnadnění konstrukce i výroby rámu se dnes využívá nejrůznější typizace a nabídky normálií jednotlivých dílů.[3]



Obr. 13. Vstřikovací forma – hlavní části

1 – upínací desky, 2 – vodící a spojovací části, 3 – středící kroužky,

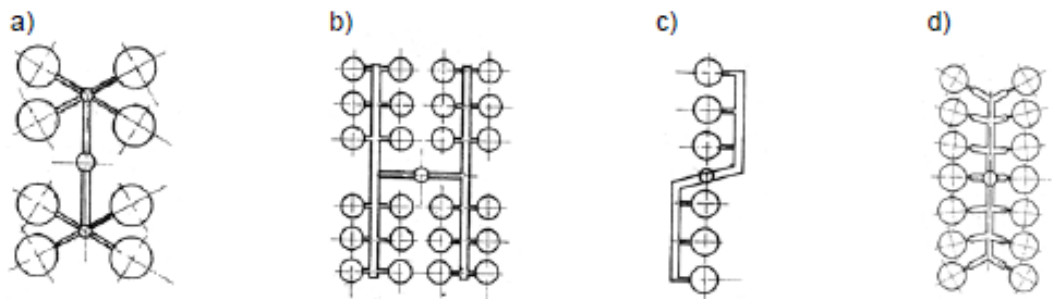
4 – rozpěrné desky, 5 – vyhazovací systém

3.2 Vtokové systémy

Vtokový systém tvoří rozváděcí kanály a ústí vtoku spojující otvor v trysce vstřikovacího stroje s tvarovou dutinou formy. Musí zajistit, že dutina formy bude správně rovnoměrně naplněna, snadné odtržení nebo oddělení od výstříku, snadné vyhození vtokového zbytku a omezit na minimum objem vtokové soustavy.

Vtokovou soustavu navrhujeme podle tvarových dutin a jejich rozmístění, podle konstrukčního provedení výstřiku, materiálu a podle toho jestli bude konstruována jako studená nebo horký systém. [2]

Vtoková soustava a její uspořádání je dáno podle konstrukce formy a počtu tvarových dutin (násobností formy). Vtok musí být řešen tak, aby byla forma naplněna co nejkratší cestou bez teplotních a tlakových ztrát a všude ve stejném čase pokud je to možné. Forma, která je řešena jako vícenásobná musí dojít k zaplnění všech dutin současně a při stejných technologických podmínkách. Uspořádání vtokových systémů u vícenásobných forem viz *Obr. 14*. [2]

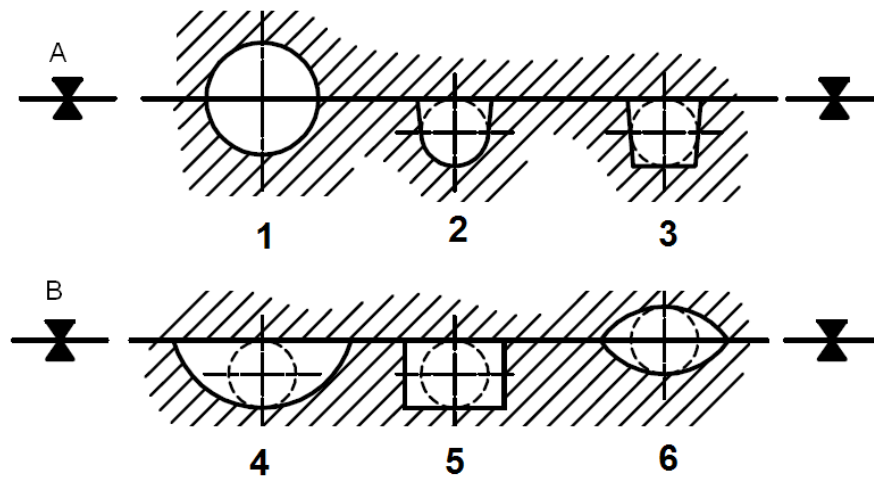


Obr. 14. Uspořádání vtokových systémů [2]

a) se stejnou délkou toku taveniny, b),c),d) s nesterjnou délkou toku taveniny (nevhodné pro korekce ústí vtoku)

3.2.1 Studený vtokový systém (SVS)

Základní rozdíly mezi SVS jsou v celkovém uspořádání, které závisí na konstrukci vstřikovací formy a její násobnosti. Tavenina je vstřikována velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku SVS roste viskozita taveniny a důsledkem toho se zvyšuje i tlak. Vtoková ústí musí být umístěny tak, aby nevznikaly studené spoje tokem taveniny v dutině vstřikovací formy tokem. [2]



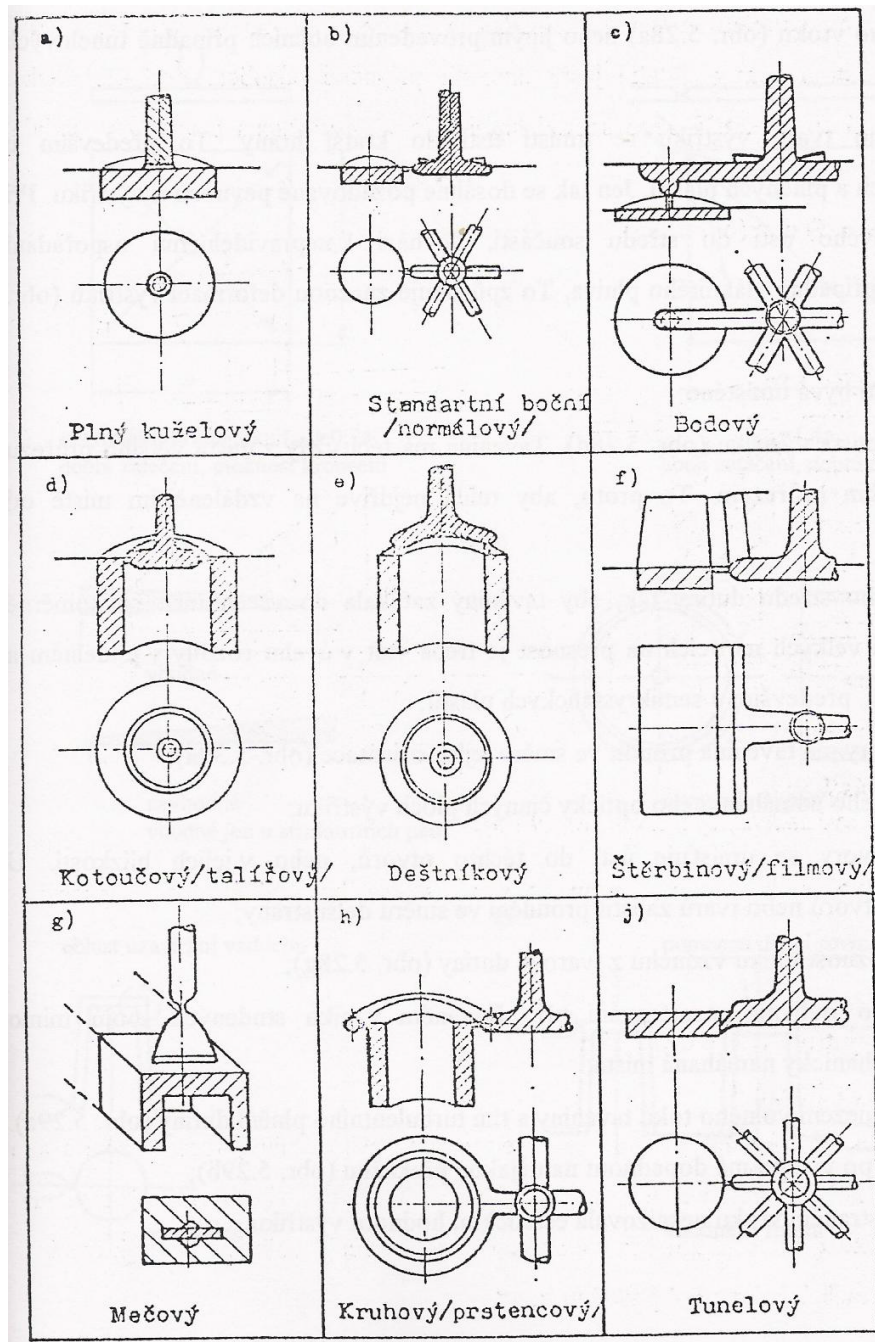
Obr. 15. Průřez vtokových kanálů [2]

A – funkčně výhodné, B – funkčně nevýhodné, 1,6 – výrobně nevýhodné, 2,3,4,5 – výrobně výhodné

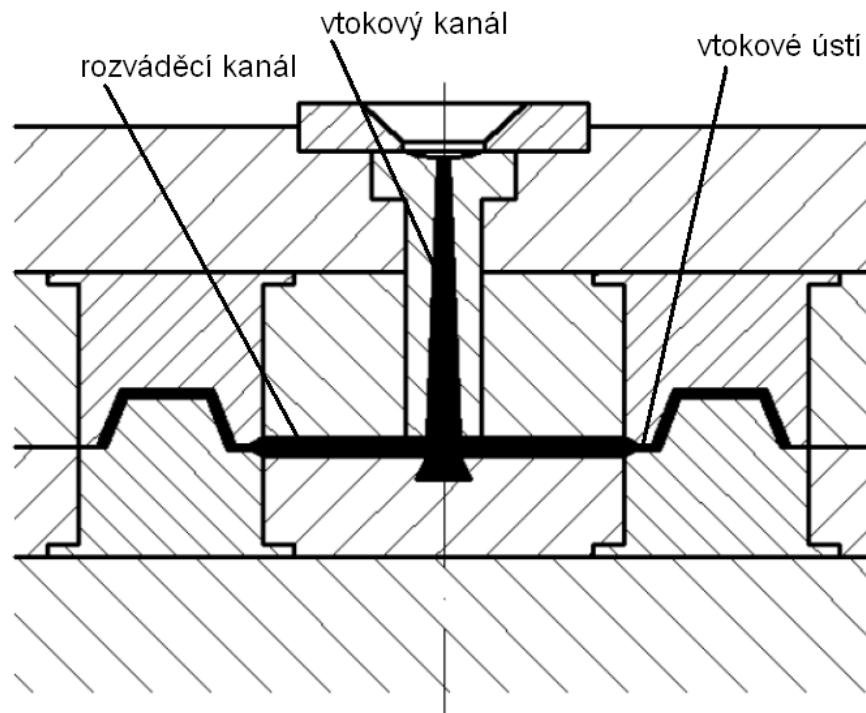
Vtokový systém má 3 části (Obr. 17):

- *Hlavní vtokový kanál* – navazuje na trysku vstřikovacího stroje, nejčastější je kuželový vtokový kanál vytvořený uvnitř vtokové vložky. Vtoková část bývá o 0,5 až 1 mm větší, než průměr trysky. Je leštěný, s drsností Ra 0,1 a minimální úkos má 0,5 až 1,5°.
- *Rozváděcí kanál* – spojuje vtokový kanál s ústím vtoku a tvářecí dutinou. Průměr rozváděcího kanálu se volí buď nepatrně větší, nebo stejný jako ústí vtokového kanálu.
- *Vtokové ústí* – je zúžená část rozváděcího kanálu (Obr. 16). Pouze ve výjimečných případech může být použit plně nezúžený vtok. Zúžením vtokového ústí se zvýší teplota taveniny před vstupem do dutiny formy. Vtokové ústí se volí co nejmenšího možného průřezu kvůli snadnému začišťování vtoku, ale musí také zajistit, aby spolehlivě naplnil dutinu formy. Vtokové ústí se umísťuje:
 - do nejtlustšího místa na výstřiku
 - do geometrického středu dutiny, aby tavenina zatékala do všech míst rovnoměrně
 - do otvorů nebo poblíž

- u výstřiků se žebry má tavenina proudit ve směru jejich orientace
- mimo místa velkého namáhání nebo opticky činných ploch
- u obdélníkového tvaru do kratší strany
- s ohledem na zamezení volného vtoku taveniny
- aby stopa po odstranění vtoku nesnižovala estetickou hodnotu výstřiku. [2]



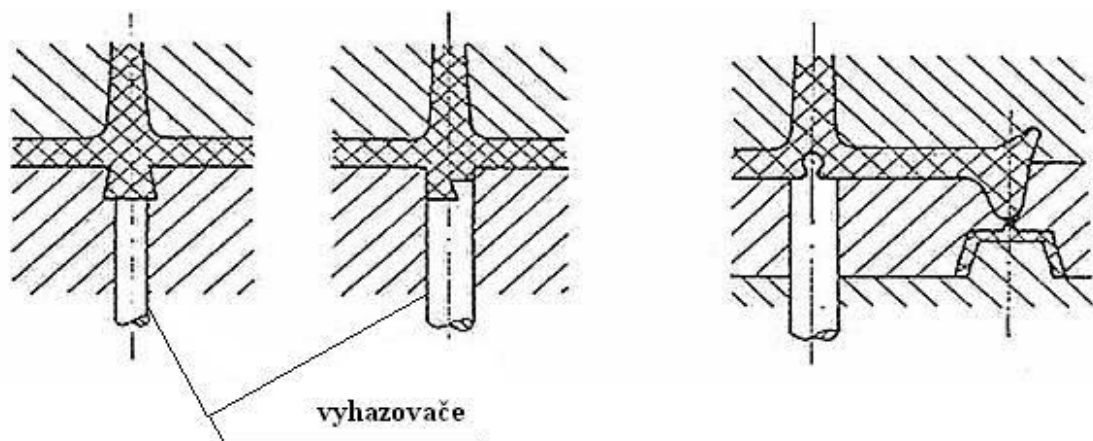
Obr. 16. Základní typy vtokových ústí [2]



Obr. 17. Části vtokového systému [2]

3.2.2 Přidržovače vtoku

Přidržovače vtoku slouží k tomu, aby přidržovaly vtokový systém na levé straně vstřikovací formy. [3]



Obr. 18 Přidržovače vtoku

3.2.3 Vyhřívaný vtokový systém (VVS)

VVS se začal používat z technologických a ekonomických důvodů. Dnešní VVS mají vyhřívané trysky, u kterých je minimální úbytek tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. VVS umožňuje:

- automatizaci výroby
- zkracuje výrobní cyklus
- snižuje spotřebu polymeru – vstříkuje se bez vtokových zbytků
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraněním vtokových zbytků
- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování

Tato technologie spočívá v tom, že v celé oblasti toku až do ústí formy zůstává tavenina v plastickém stavu a to umožňuje použití jen bodového vyústění malého průřezu, které se dá využít u široké oblasti vyráběných výstřiků. Součástí systému je regulace teploty VVS a formy. Celá soustava umožňuje snadnou montáž i demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu.

Mezi nevýhody vyhřívaného vtokového systému patří:

- náročnější konstrukční provedení vstřikovacích forem
- je potřeba zajistit regulátory a snímače teploty VVS
- VVS je ekonomicky a energeticky nákladnější než SVS [2]

3.2.4 Vyhřívané trysky

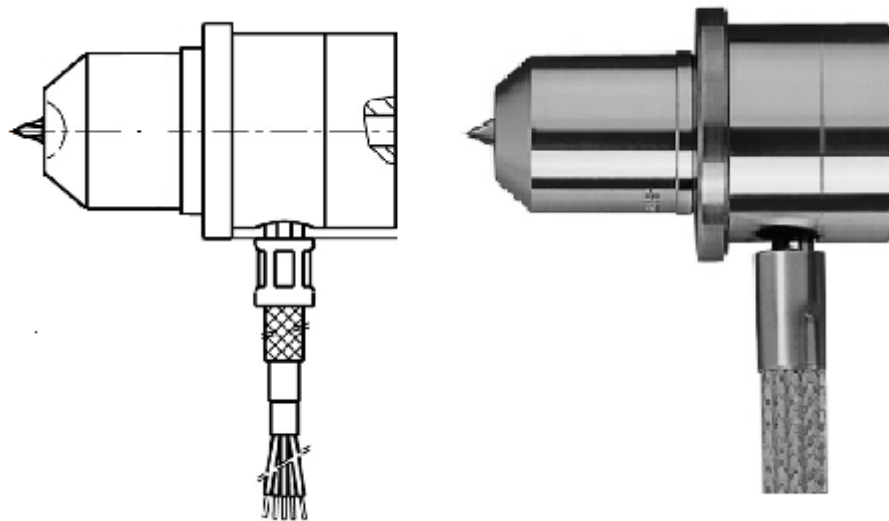
Konstrukce vyhřívané trysky umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska obsahuje vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy.

Přímo ohřívané trysky jsou charakterizovány dvěma základními principy:

- trysky s vnějším topením – tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky
- trysky s vnitřním topením – tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku, která je vyrobena z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí.

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

- otevřené - pro plast, který netáhne vlas (PE)
- s hrotem (špičkou) - pro plast náchylný k tažení vlasu (PS, ABS, PP)
- s uzavírací jehlou (u výtříků, kde má být odstraněna stopa po vtoku)
- speciálně tvarované [2]



Obr. 19. Vyhřívaná tryska s hrotem [14]

3.2.5 Vyhřívané rozvodné bloky

Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Používají se v kombinaci s vyhřívanými nebo izolovanými tryskami s předkomůrkou. Tvar vyhřívaných rozvodných bloků je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů. Vyrábí se ve tvaru H, X, I, apod.

Vytápěné rozvodné bloky jsou z oceli a bývají uloženy mezi upínací a tvarovou deskou v pevné části formy. Od ostatních částí formy musí být tepelně izolovány, nejčastěji vzduchovou mezerou. Kanály pro rozvod musí být pečlivě vyrobeny, aby nikde nevznikly ostré hrany a přechody s mrtvými kouty taveniny.

Výkon ohřevu rozvodného bloku musí být takový, aby se dosáhlo:

- rychlého ohřevu
- dostatečné teploty pro optimální tok taveniny v bloku, případně i v trysce
- eliminace tepelných ztrát (prostupem, vodivostí, vyzařováním. [2])



Obr. 20. Příklady rozvodných bloků [14]

3.3 Vyhazovací systémy

Po zchlazení výstřiku na tvarových částech formy je potřeba vyhazovací systém, který vysune nebo vyhazuje výstřiky z tvárníku nebo z dutiny otevřené formy. Vyhazovací systém má dvě fáze:

- Pohyb vpřed (vyhazování výstřiku)
- Pohyb vzad (návrat vyhazovacího do své původní polohy)

Pro správné vyhazování výstřiku je potřeba hladký povrch a úkosovitost jeho stěn ve směru vyhazování (úkosy by neměly být menší než 30°). Při vyhazování musí být výstřik vysunován rovnoměrně, aby nedošlo k trvalým deformacím, které by vznikly jeho přičením. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení můžou být hodně rozmanité, ale musí být umístěny tak, aby se výstřik nebortil a ne na pohledovou stranu. Jde jich využít k vytvoření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. U hlubokých tvarů se musí počítat s jejich zavzdušněním.

Vyhazovače zanechávají většinou stopu na výstřiku. Pokud jsou na závadu, výstřik se opraví podle možností nebo se vyhazovač umístí na stranu, kde to nebude vadit vzhledu. Kromě výstřiku se vyhazuje také vtokový zbytek a to buď dohromady, nebo zvlášť. [16]

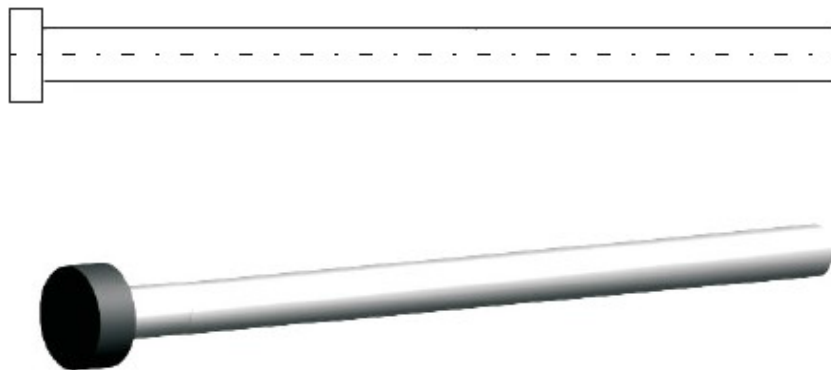
3.3.1 Mechanické vyhazování

Je to nejrozšířenější vyhazovací systém. Konstrukce systému má různá provedení, která představují:

- Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků (válcový vyhazovač, trubkový vyhazovač, prizmatický vyhazovač
- Vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů
- Šikmé vyhazování
- Dvoustupňové vyhazování
- Speciální vyhazování [3]

Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Je to nejlevnější a nejpoužívanější způsob vyhazování. Při vyhazování se kolík musí opírat o stěnu nebo žebro výstřiku, ale nesmí ho bortit při vyhazování, aby nenastala trvalá deformace. Proto se umísťují tam, kde nám nezáleží na konečném vzhledu plochy výstřiku. Tvar kolíků je obvykle válcový. Je potřeba si dávat pozor na rozmístění kolíků a nevolíme příliš velké množství kolíků, protože by nám to komplikovalo zhotovení temperačních kanálů. [16]



Obr. 21. Válcový vyhazovač [12]

Vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů

Princip vyhazování tímto způsobem je ve stírání výstřiku po celém jeho obvodě. Tento způsob vyhazování nezanechává na výstřiku žádné stopy. Využívá se především u tenkostěnných výstřiků, kde hrozí deformace vzniklá vyhazovači a pokud je potřeba velká vyhazovací síla. Tímto způsobem můžeme vyhazovat pouze pokud výstřik dosedá na desku v rovině nebo je plochu výstřiku mírně zakřivená. Speciální případ je trubkový vyhazovač. [3]



Obr. 22. Příklad trubkového vyhazovače

Šikmé vyhazování

Patří mezi speciální způsoby mechanického vyhazování. Pro tento způsob vyhazování se používají kolíky, které jsou umístěné vůči dělicí rovině pod různými úhly. Využívají se při vyhazování malých a středně velkých výstřiků, které mají mělký vnitřní nebo vnější zápich. [3]

Dvoustupňové vyhazování

Skládá se ze dvou vyhazovacích systémů, které se ovlivňují navzájem. Tímto způsobem lze vyhazovat výstřiky, které mají rozdílné časové rozložení vyhazovacího zdvihu i jeho délky. Používá se například při vyhazování slabostěnných výstřiků a také při oddělování vtokových zbytků od výstřiků spolu s jejich vyhazováním. [16]

3.3.2 Vzduchové (pneumatické) vyhazování

Pneumatické vyhazování přivádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím dojde k rovnoměrnému oddělení výstřiku od tvárníku a vyloučí se tak místní přetížení a vznik stop od vyhazovačů na výstřiku. Systém je vhodný pro vyhazování slabostěnných výstřiků o větších rozměrech, které mají tvar nádob a vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby nedošlo k deformacím. [3]

3.3.3 Hydraulické vyhazování

Bývá součástí vstřikovacího stroje a využívá se hlavně k ovládní mechanických vyhazovačů, oproti kterým mají pružnější pohyb a větší flexibilitu. Využívají se především k ovládní bočních posuvných čelistí. Vyrábí se jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabudovává do místa připraveného ve formě. S pomocí této jednotky se přímo ovládají vyhazovací kolíky stírací desky apod. Mohou také být součástí formy a ovládat stírací desky apod. Charakteristickým znakem hydraulického vyhazování je velká vyhazovací síla, kratším a pomalejším zdvihem. [16]

3.4 Temperace forem

Temperace slouží k udržení konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosažení optimálně krátkého cyklu vstřikování, ale musí se dodržet všechny technologické požadavky na výrobu. Toho dosáhneme pomocí ochlazování, popřípadě vyhříváním celé formy nebo jenom její části. [3]

Během vstřikování je roztavený polymer přiváděn do dutiny formy a ochlazován na teplotu vhodnou pro vyhazování. Temperace ovlivňuje zaplnění formy a optimální tuhnutí a chladnutí polymeru. Opakovaným vstřikováním polymeru do dutiny se forma ohřívá. Každý výstřik je potřeba provádět za stejné teploty. Přebytečné teplo je proto odváděno pomocí temperační soustavy formy. [5]

U polymerů, které se zpracovávají při teplotách vyšších, jsou tepelné ztráty větší než je ohřátí formy od vstřikované taveniny. V tomto případě se musí forma ohřívát. I před zahájením výroby je potřeba, aby byla forma vyhřátá na pracovní teplotu. [3]

V některých případech mají jednotlivé části formy odlišnou teplotu a tím se zvyšují rozměrové a hlavně tvarové úchyly výstřiku. Proto se v některých případech temperují různé části formy odlišně, tím se eliminují tvarové deformace způsobené anizotropií smrštění polymeru. V následující tabulce (*Tab. 1*) jsou požadované teploty formy při zpracování polymerů za dané teploty taveniny. [5]

Tab. 1. Teploty formy při zpracování polymerů za dané teploty taveniny [3]

Termoplast	Teplota taveniny	Teplota formy [°C]
ABS	190-250	50-85
PA6	230-290	40-120
PC	280-320	85-120
PE-HD	180-270	20-60
PE-LD	180-270	20-60
POM	180-220	50-80
PP	170-280	50-120
PS	170-280	20-100
PEEK	kolem 720°C	177-232

Úkolem temperace tedy je zajišťovat rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu dutiny a odvádět teplo z dutiny formy, která je naplněná taveninou tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku. [5]

3.4.1 Charakteristika temperačního systému

Ohřívání nebo ochlazování formy na danou teplotu závisí na energetické bilanci formy a okolního prostředí. Největší část tepla z formy odvádí (přivádí) právě temperační systém. Temperační systém tvoří soustava kanálů a dutin, kterými proudí kapalina, která udržuje teplotu daných temperovaných částí na požadované teplotě. U forem při zpracování plastů o vyšší teplotě se používá ohřev pomocí elektrického proudu.

Temperační systém se umísťuje:

- v pevné (vtokové) části formy
- v pohyblivé části formy.

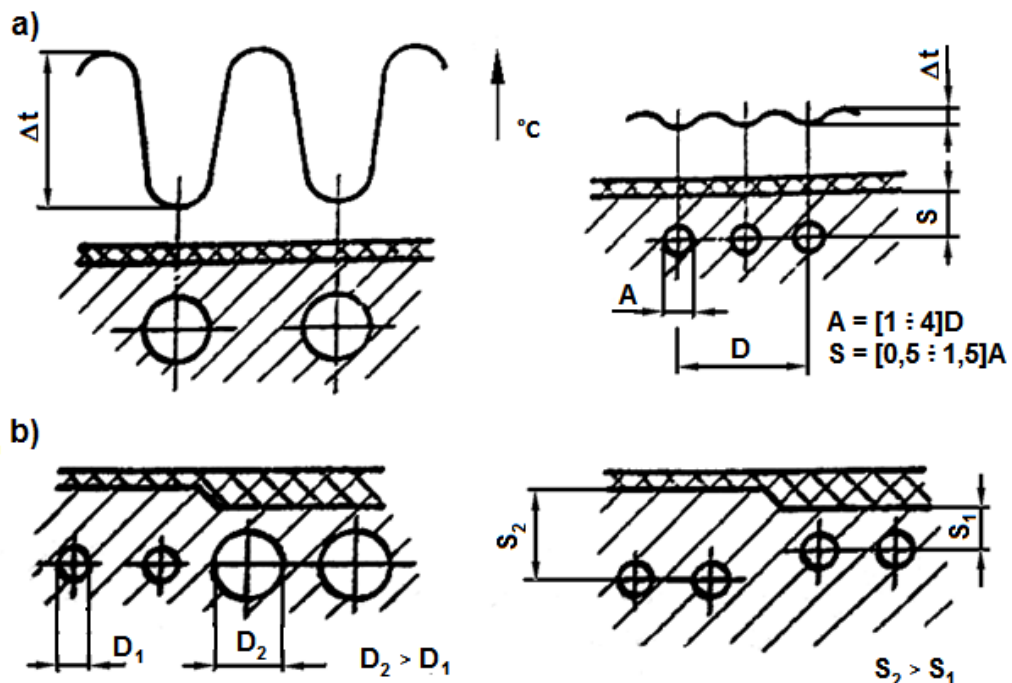
Množství tepla, které projde stěnou formy do (nebo z) temperačního kanálu je závislé především na tepelné vodivosti materiálu λ , tloušťce stěny a rozdílu teplot. Příklady materiálů a jejich součinitele teplotní vodivosti jsou v Tab. 2.[5]

Tab. 2. Součinitele teplotní vodivosti materiálů [3]

Materiál	λ [W/mK]
Stříbro	410
Hliník	204
Měď	395
CuBe ₂	113
Ocel měkká	44
Ocel chromová	40
Ocel niklová	26
Plasty	0,2 – 1,2
Vzduch	0,04
Voda	0,19

3.4.2 Obecné zásady volby temperačních kanálů

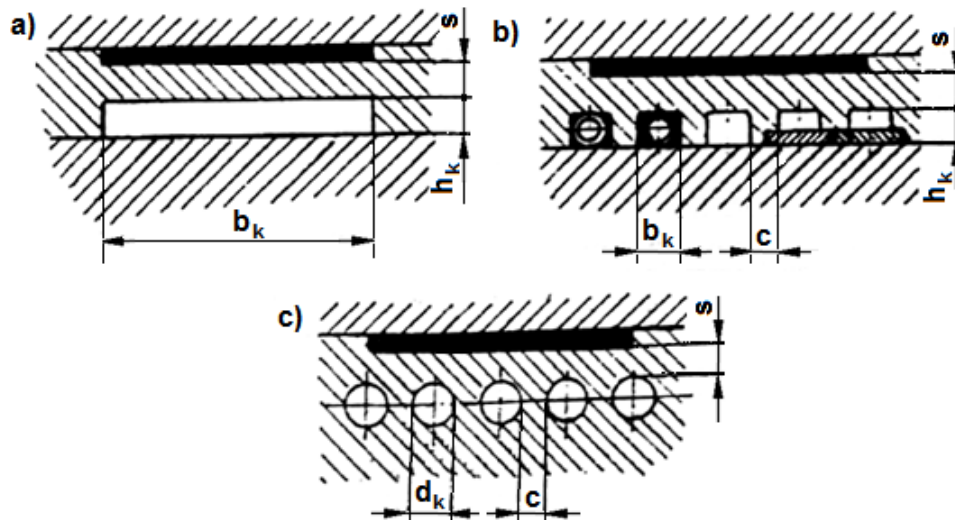
Rozmístění a rozměry temperačních kanálů a dutin se volí optimálně tak, aby vzdálenost od funkční dutiny nesnížila příliš pevnost a tuhost stěn dutiny formy. Jako přestupová plocha pro teplo, které přestupuje z formy do temperačního média slouží povrch temperačních kanálů. Je vhodnější použít spíše větší počet menších kanálů s menší roztečí než naopak. Zajistí nám to menší kolísání teploty. [3]



Obr. 23. Vliv rozmístění temperačních kanálů na průběh teploty ve stěně formy [3]

a) u stejné tloušťky výstřiku, b) u rozdílné tloušťky výstřiku

Kromě kruhových kanálů se používají ještě i kanály s obdélníkovými průřezy (vyfrézované drážky), které se vodotěsně překryjí nebo se do nich vkládají tenkostěnné měděné trubky. Pro lepší tepelný styk se navíc zalijí nízkotavitelným kovem (Sn, Zn). [3]



Obr. 24. Průřezy chladících kanálů [3]

a) obdélníkový, b) čtvercový překrytý a s vloženými chladícími trubkami, c) kruhový

Při volbě temperačního systému je třeba dodržet tyto pravidla:

- kanály umístit v takové blízkosti tvarové dutiny, aby byla zajištěna dostatečná tuhost,
- kanály umístit a dimenzovat tak, aby intenzivně odváděly teplo v okolí vtoku taveniny do dutiny,
- regulovat průtok chladicí kapaliny tak, aby proudila od nejteplejšího k nejchladnějšímu místu formy (u ohřívání naopak),
- volit průřez kanálů kvůli výrobním důvodům kruhový,
- volit rozmístění kanálů s ohledem na tvar výstřiku,
- kanály musí procházet celistvým materiálem formy s dobře utěsněnými spoji. Pokud není možné zaručit dobré utěsnění, lze nahradit temperační kanál drážkou, do které se upevní tenkostěnná měděná trubka.
- Zamezit vzniku mrtvých koutů (usazují se v nich nečistoty a jsou to ohniska koroze, která způsobí ucpání kanálů),

- kanály neumisťovat v blízkosti hran výstřiků,
- kanály konstrukčně řešit tak, aby se daly jednotlivé větve variabilně propojit hadicemi. [5]

3.4.3 Temperační prostředky

Temperační prostředky svým působením umožňují formě pracovat v ideálních tepelných podmínkách a dělí se na:

- Aktivní - působí přímo ve formě. Přivádí nebo odvádí teplo z formy. Proudí temperačními kanály uvnitř formy. Dochází k přestupu tepla mezi kapalinou a formou.
- Pasivní - jsou to takové, které ovlivňují svými fyzikálními vlastnostmi tepelný režim formy. [16]

Tab. 3. Aktivní temperační prostředky [3]

Typ	výhody	nevýhody	poznámka
Voda	Vysoký přestup tepla, nízká viskozita, nízká cena, ekologická nezávaznost	Použitelné do 90°C, vznik koroze, usazování kamene	V tlakových okruzích možno vodu použít i při vyšších teplotách
Oleje	Možnost temperace i nad 100°C	Zhoršený přestup tepla	
Glykoly	Omezení koroze a ucpávání systémů	Stárnutí, znečišťování prostředí	

3.5 Materiály forem

Formy jsou sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiků se vyžaduje dosažení požadované kvality, životnost a nízké pořizovací náklady. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené: [3]

- druhem vstřikovaného polymeru
- přesností a jakostí výstřiku

- podmínkami vstřikování
- vstřikovacím strojem

Používají se materiály, které v optimální míře splňují provozní požadavky. Široký výběr se dá zredukovat na tyto tři:[3]

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

Zcela nejvýznačnějším používaným materiálem na výrobu forem jsou oceli. Jejich mechanické vlastnosti a pevnost jsou jen obtížně nahraditelné. [3]

3.5.1 Používané druhy ocelí

Z širokého sortimentu jakosti ocelí, které mohou plnit v maximální míře požadavky výroby na materiál, se pro výrobu forem používají následující skupiny:[3]

- Oceli konstrukční k použití v přírodním i zušlechtěném stavu
- Oceli uhlíkové k zušlechtění
- Oceli k nitridování
- Oceli k snadnému opracování a tváření, pro cementování a zušlechtění
- Oceli nástrojové legované se sníženou i velkou prokalitelností a odolností proti otěru
- Oceli antikorozi
- Oceli martenzitické vytvrditelné s malou deformací při tepelném zpracování a velkou stálostí rozměrů [3]

Nejvíce využívanou ocelí na výrobu forem jsou oceli konstrukční třídy 11. Používají se pro výrobu méně náročných a namáhaných dílů. Přehled a použití nejčastěji používaných ocelí třídy 11 je v *Tab. 4.* [5]

Tab. 4 Oceli pro výrobu forem [3]

Ocel	Použití
12 060	Na konstrukční díly, u velkých forem pro malé série, na tvarové díly opracované v přírodním stavu.
14 340	Na konstrukční i funkční tvary v zušlechtěném i nitridovaném stavu.
19 015	Na funkční díly zhotovené vtlačováním a tvářením.
14 220	Pro středící elementy, pouzdra, kolíky, hřídele, ozubená kola.
19 487	Na funkční díly větších průřezů, ozubená kola, hřídele.
19 421	Na menší tvarové vložky, vyhazovače.
19 435	Na součásti s vysokým leskem a odolností proti korozi.
19436 19347	Na vtlačovací trny a na funkční díly při zpracování plastů s abrazivními účinky.
19 452	Na tvarové vložky a trny namáhané na ohyb a vzpěr.
19 550	Na tvarové díly forem, vtokové vložky, tvarové vyhazovače apod.
19 552	Na vyhazovače a tvarové díly forem, kde se vyžaduje vysoká houževnatost.
19 574	Na vtlačovací trny a další díly pro tvářením abrazivních plastů.
19 614	Na součásti velmi namáhané ohybem a na roztržení. Součásti s členitým tvarem.
19 663	Na velké tvárnice a tvárníky a vysoce namáhané rámy, zděže apod.

Tab. 5 Přehled využití ocelí třídy 11 [3]

Užití	ČSN	Zpracování	Poznámka
Rozpěrky	11 373	Dobrá obrobiteľnosť	Pevnosť 370 – 450 MPa
	11 375		Pevnosť 370 – 450 MPa
	11 500		Pevnosť 500 – 620 MPa
	11 600		Pevnosť 600 - 720 MPa
Dorazy	11 600	Dobrá obrobiteľnosť	Pevnosť 600 - 720 MPa
	11 700		Pevnosť 600 – 720 MPa
Desky	11 373	Dobrá obrobiteľnosť	Málo namáhané
	11 375		Málo namáhané
	11 500		Středně namáhané
	11 600		Značně namáhané
Šrouby	11 109	Výborná obrobiteľnosť	Málo namáhané
Šroubení	11 600	Dobrá obrobiteľnosť	Značně namáhané

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ

V bakalářské práci byly stanovené tyto cíle:

- Vypracovat literární studii na dané téma
- Připravit 3D model vstřikovaného dílu
- Navrhnout vstřikovací formu pro zadaný díl
- Nakreslit 2D řez vstřikovací formy včetně kusovníku

Teoretická část obsahuje poznatky, které se týkají procesu vstřikování, vstřikovacího stroje a konstrukce formy.

V praktické části této bakalářské práce byl zadán plastový díl. K tomuto dílu byla vytvořena čtyřnásobná forma pro stroj na mikrovstřikování BABYPLAST 6/10P, který je vlastněn UTB Zlín. Sestava vstřikovací formy ve 3D a 2D řez vstřikovací formou byly nakresleny v programu CATIA V5R18.

5 POUŽITÉ APLIKACE

5.1 CATIA V5R18

CATIA [Computer-Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application] je vyspělý 3D integrovaný CAD/CAM/CAE systém, francouzské firmy Dassault Systemes. Umožňuje navrhování produktu, přes konstrukci, simulaci, analýzy, až po vlastní výrobu a údržbu. CATIA podporuje trojrozměrný interaktivní návrh, výrobu a inovaci velmi složitých strojírenských výrobků po celou dobu jejich živostnosti. Velmi rozšířená je v oblasti leteckého a automobilového průmyslu. Díky rozsáhlým možnostem při modelování plošných povrchů, návrhu a výrobě forem je CATIA velmi dobrý nástroj i pro průmysl spotřebního zboží.

5.1.1 Vlastnosti softwaru CATIA

CATIA je “hybridní modelář“, to znamená, že kombinuje v jednom modelu plošné (surface) i objemové (solid) elementy. Takle ta volnost při výběru modelářských technik s možností je kdykoliv kombinovat, dělá ze systému CATIA tak silný systém. Všechny moduly a modelářské techniky jsou integrovány, a proto se změny jednotlivých modelů nebo elementů ihned projeví na souvisejících dílech.

6 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Pro mikrovstřikování byl zvolen stroj BABYPLAST 6/10P. Stroj má jednoduché ovládání díky multifunkční klávesnici. Jde využít od kusové výroby až po sériovou (miliony kusů). Využívá se v automobilovém, elektro a stavebním průmyslu. Vhodný pro výrobu malých a mikroskopických dílů a pro všechny termoplastické materiály. Výhodou jsou pořizovací, provozní náklady a vysoká kvalita a přesnost výstřiků.

Tab. 6. Základní parametry stroje

Parametry stroje	
Průměr pístu (mm):	10
Objem vstřiku (cm ³):	4
Vstřikovací tlak (bar):	2650
Zavírací síla:	62 kN
Min. vzdálenost mezi deskami:	30 mm
Max. vzdálenost mezi deskami:	140 mm
Otevírací zdvih:	110 mm
Rozměry formy:	75x75x70 (min)
Vyhazovací síla:	0,64kN
Vyhazovací zdvih:	45 mm
Spotřeba energie:	3kW
Váha:	120 kg

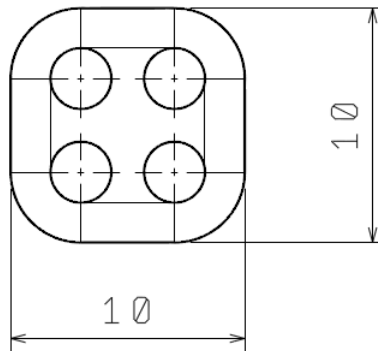


Obr. 25. Vstřikovací stroj BABYPLAST 6/10P

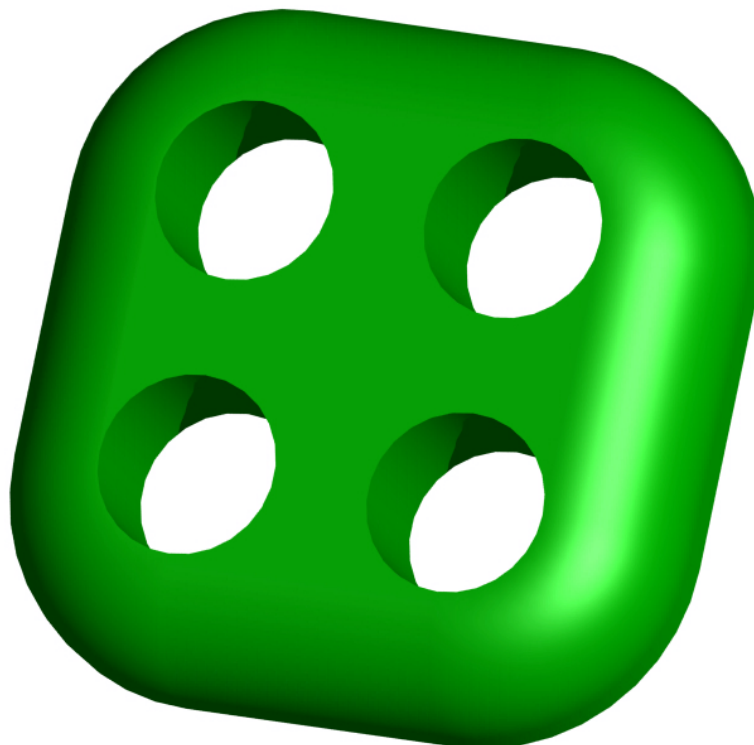
7 KONSTRUKCE FORMY

7.1 Výrobek

Pro návrh formy pro mikrovstříkování byla zadána součást (obr. 24). Součást je z materiálu PEEK. Model součásti (Obr. 27) je vypracován v CATII V5.



Obr. 26 Rozměry výrobku



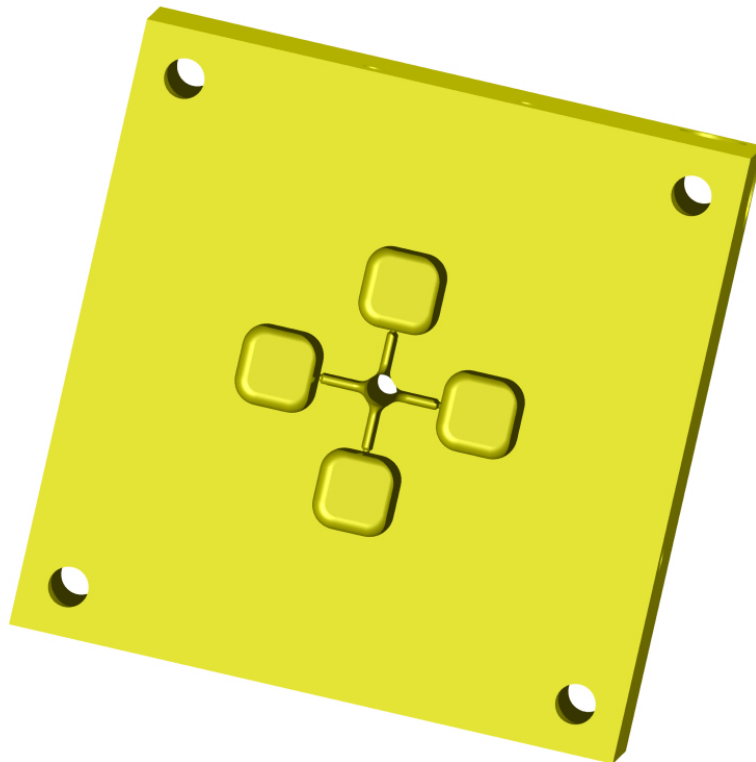
Obr. 27 Model výrobku

7.2 Materiál výrobku

Vstřikovaným materiálem pro výrobu jsou Polyetherketon (PEEK), který je vysoce kvalitní semikrystalický termoplast. PEEK má výborné mechanické vlastnosti a chemickou odolnost i při zvýšených teplotách. Pevnost v tahu má 90 – 100 MPa. Teplotu skelného přechodu 143°C a taje kolem teploty 343°C. Teplota taveniny Polyetherketonu se blíží 720°C. Teplota formy během vstřikování musí být v rozmezí 177°C až 232°C. Vysoce odolný proti tepelné degradaci. Je plně rozpustný v kyselině sírové. Polyetherketon je považován za moderní biomateriál, který se používá na lékařské implantáty. Využívá se nejčastěji v leteckém, automobilovém a chemickém průmyslu. Nevýhodou tohoto materiálu je vysoká cena.

7.3 Násobnost formy

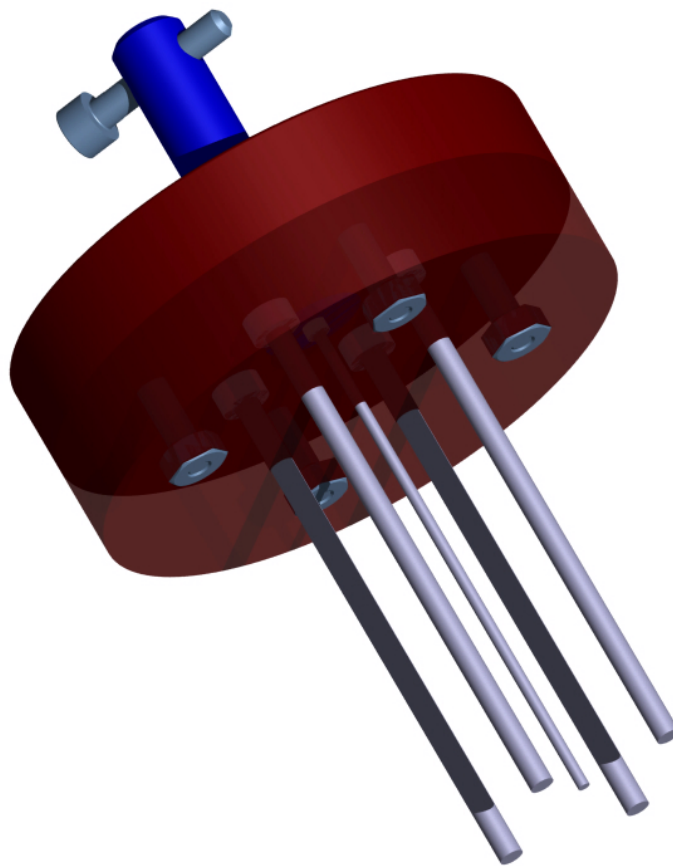
Násobnost formy se volí podle jednotlivých činitelů, které se musí vyhodnotit. Závisí na tvaru výstřiku, na konstrukci řešení vtokového systému a musíme brát na vědomí ekonomičnost výroby. Jednonásobná forma je nejvhodnější z hlediska kvality a přesnosti výstřiku. Pro daný případ byla zvolena čtyř-násobná forma (*Obr. 28*).



Obr. 28 Násobnost formy

7.4 Vyhození výstřiku

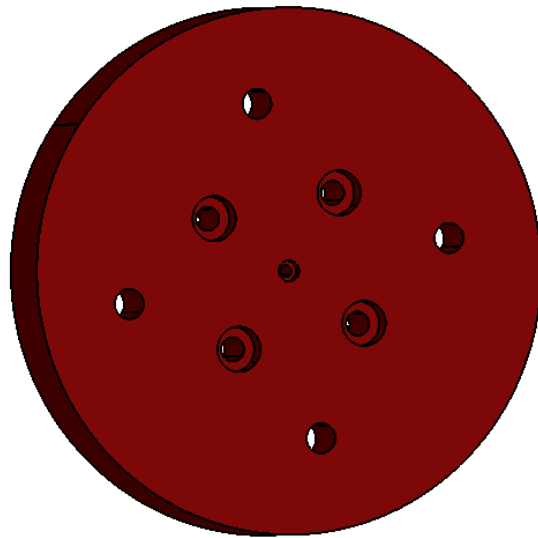
Vyhození výstřiků je prováděno za pomoci čtyř válcových vyhazovačů a jednoho válcového vyhazovače, který slouží k vyhození vtokového systému. Na každý výstřik působí jeden vyhazovač. Tyto vyhazovače jsou ukotveny v opěrné a kotevní desce (Obr. 29). Na výstřicích zůstanou stopy po vyhazovačích. V tomto případě to nevadí, protože se tyto stopy budou nacházet na nepohledové straně. Zdvih vyhazovačů musí být dostatečný, aby bylo zajištěno odformování celého výstřiku.



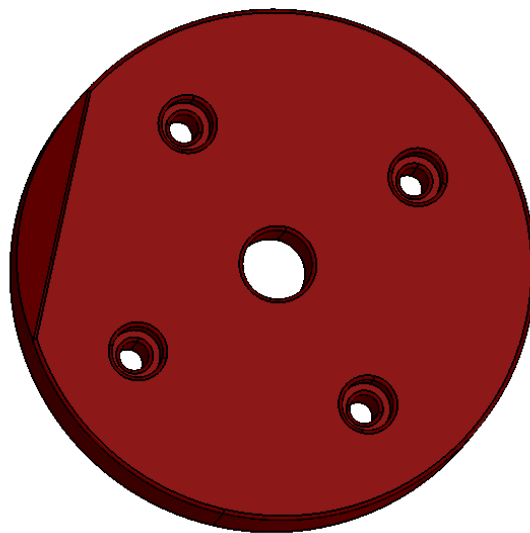
Obr. 29 Vyhazovací systém

7.4.1 Vyhazovací deska kotevní a opěrná a táhlo

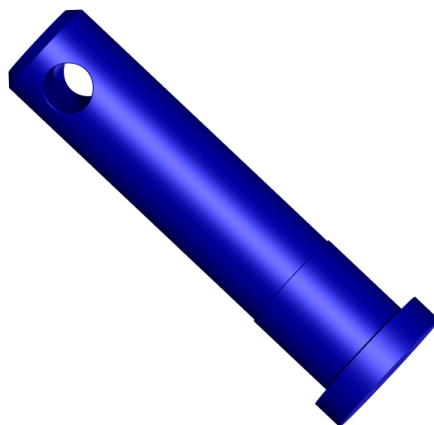
Obě desky jsou sešroubovány dohromady pomocí šroubů M4. Ve vyhazovací desce kotevní jsou ukotveny všechny vyhazovače. V opěrné vyhazovací desce je upevněno táhlo. Táhlo je spojeno se vstřikovacím strojem. Ovládá se pomocí něj celá sestava s vyhazovači při práci formy.



Obr. 30 Vyhazovací deska kotevní



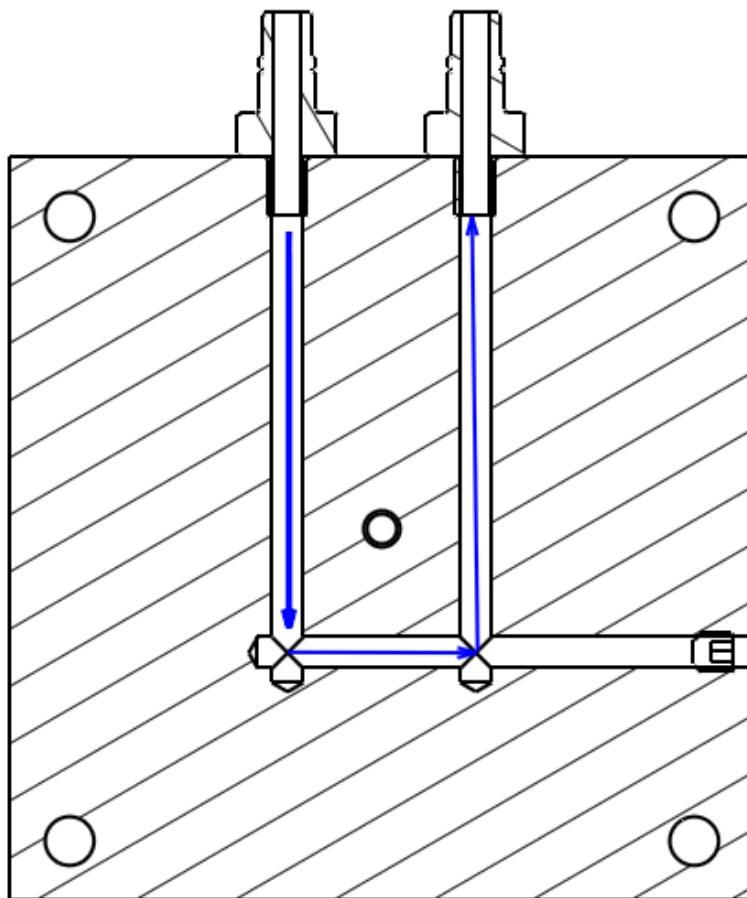
Obr. 31 Vyhazovací deska opěrná



Obr. 32 Táhlo

7.5 Temperace formy

Temperace slouží k udržování konstantní hodnoty teploty formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování a zachovat při tom všechny technologické požadavky na výrobu. Temperační kanálky jsou vytvořeny vyvrtáním děr do tvarových desek. Průměr kanálků je 4 mm. Vzhledem k použitému materiálu na vstřikování, kterým je PEEK, je použité jako temperační médium olej. Olejem jde temperovat i nad teplotu 100°C (u PEEKU 177°C-232°C).



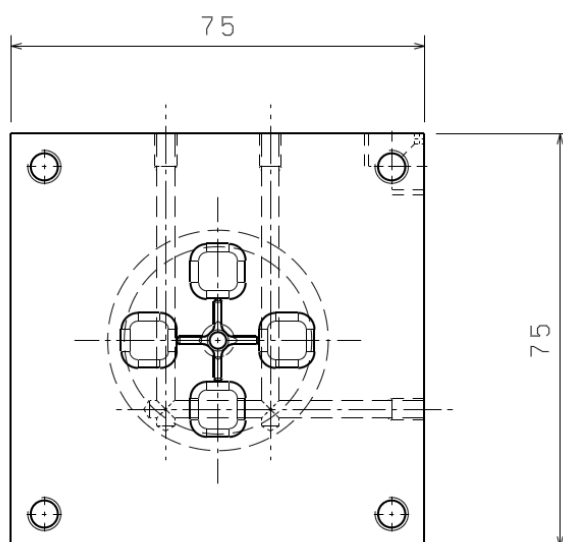
Obr. 33 Temperace formy

7.6 Sestava formy pro mikrovstřikování

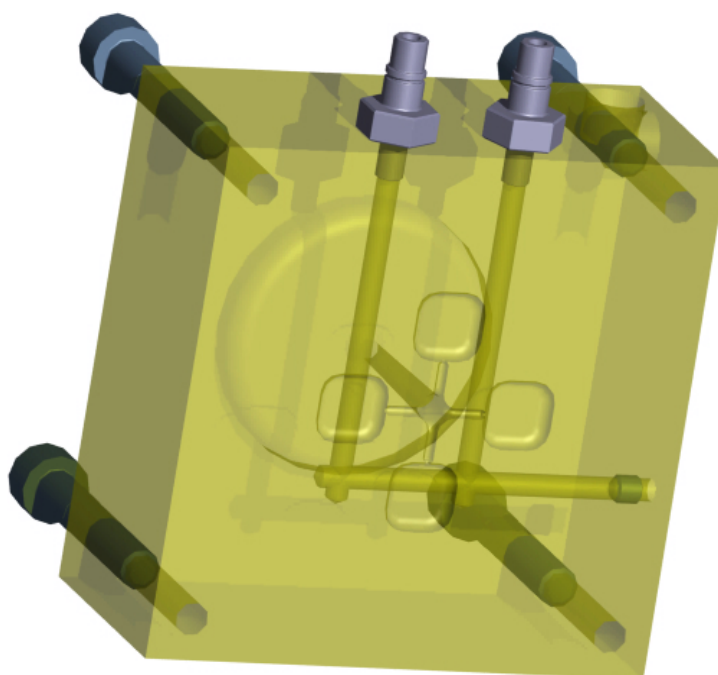
Forma pro mikrovstřikování je složena z vyhadzovacího systému a ze dvou tvarových desek, které jsou připevněny na vstřikovacím stroji. Pravá tvarová deska je pevně připevněná ke stroji a její součástí je i tvárnice a je temperována (Obr. 35). Levá tvarová deska je také přišroubována ke stroji, je pohyblivá a její součástí je tvárník.

7.6.1 Pravá tvarová deska

Pravá tvarová deska je pevně připevněna ke stroji pomocí šroubů M6 a M10. Rozměry desky jsou 75x75 mm a tloušťka desky je 35 mm. Tyto základní rozměry desky jsou dány pro stroj BABYPLAST 6/10P. Součástí desky je tvárnice. Pravá strana je také temperována, temperovacím médiem je v tomto případě olej.



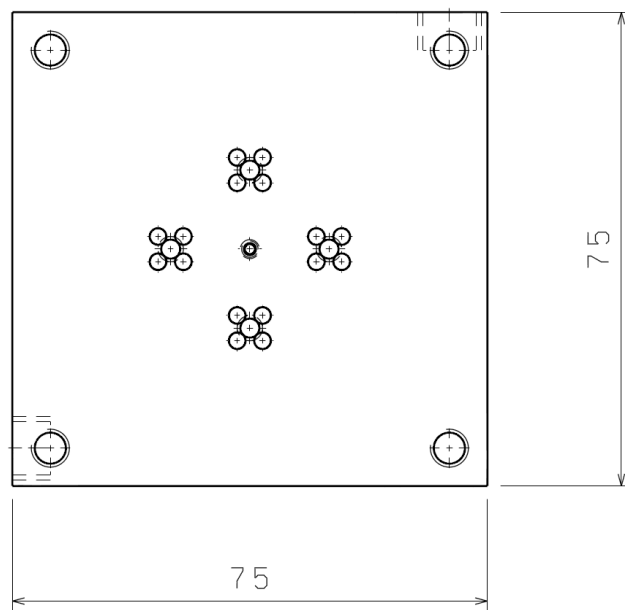
Obr. 34 Rozměry desky



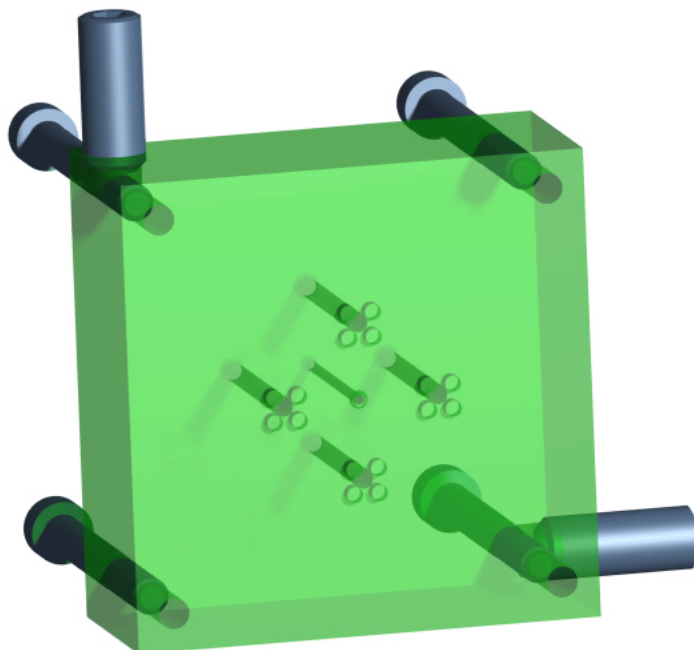
Obr. 35 Pravá (pevná) strana formy

7.6.2 Levá tvarová deska

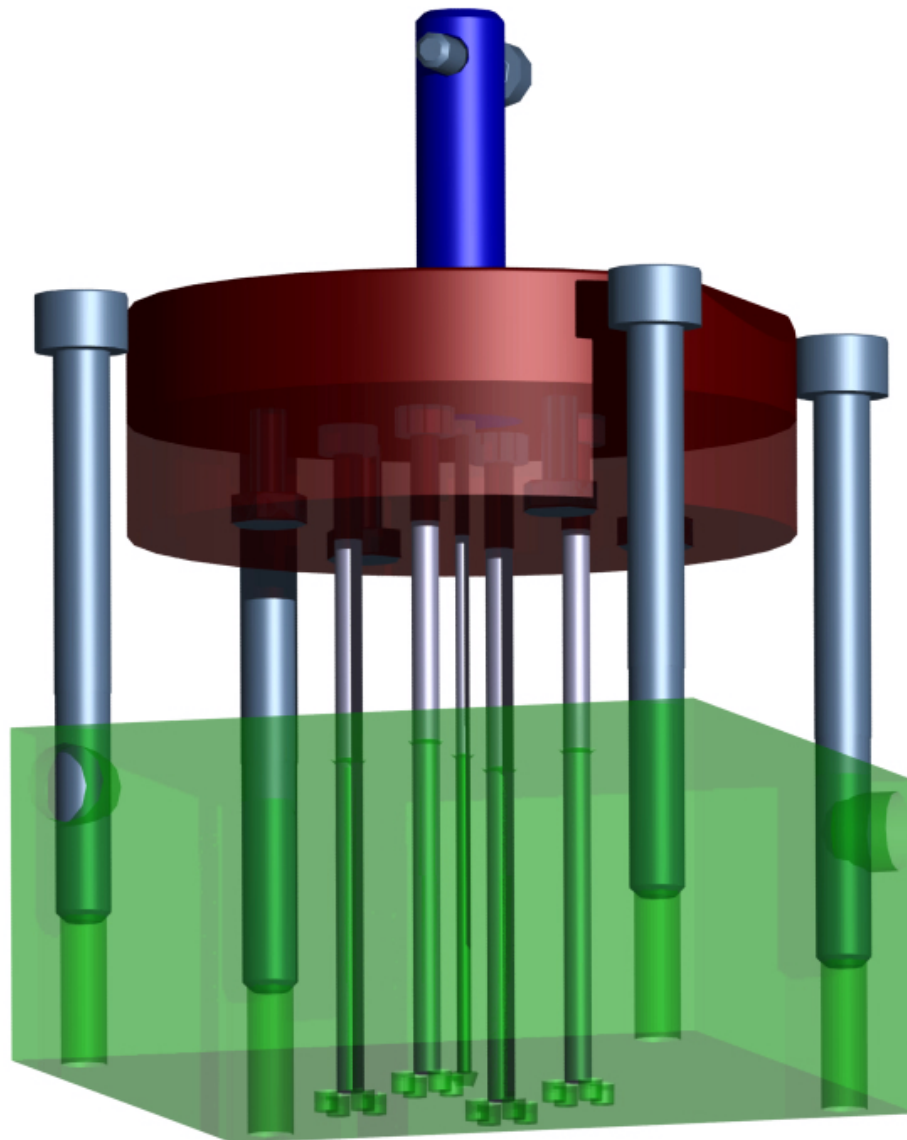
Levá tvarová deska je připevněna ke stroji pomocí šroubů M6 a M10, stejně jako pravá část. Levá deska je pohyblivou částí formy a její součástí je i tvárník a přidržovač vtoku, který slouží k přidržení vtokového systému na levé straně formy. Rozměry desky jsou shodné s rozměry pravé tvarové desky.



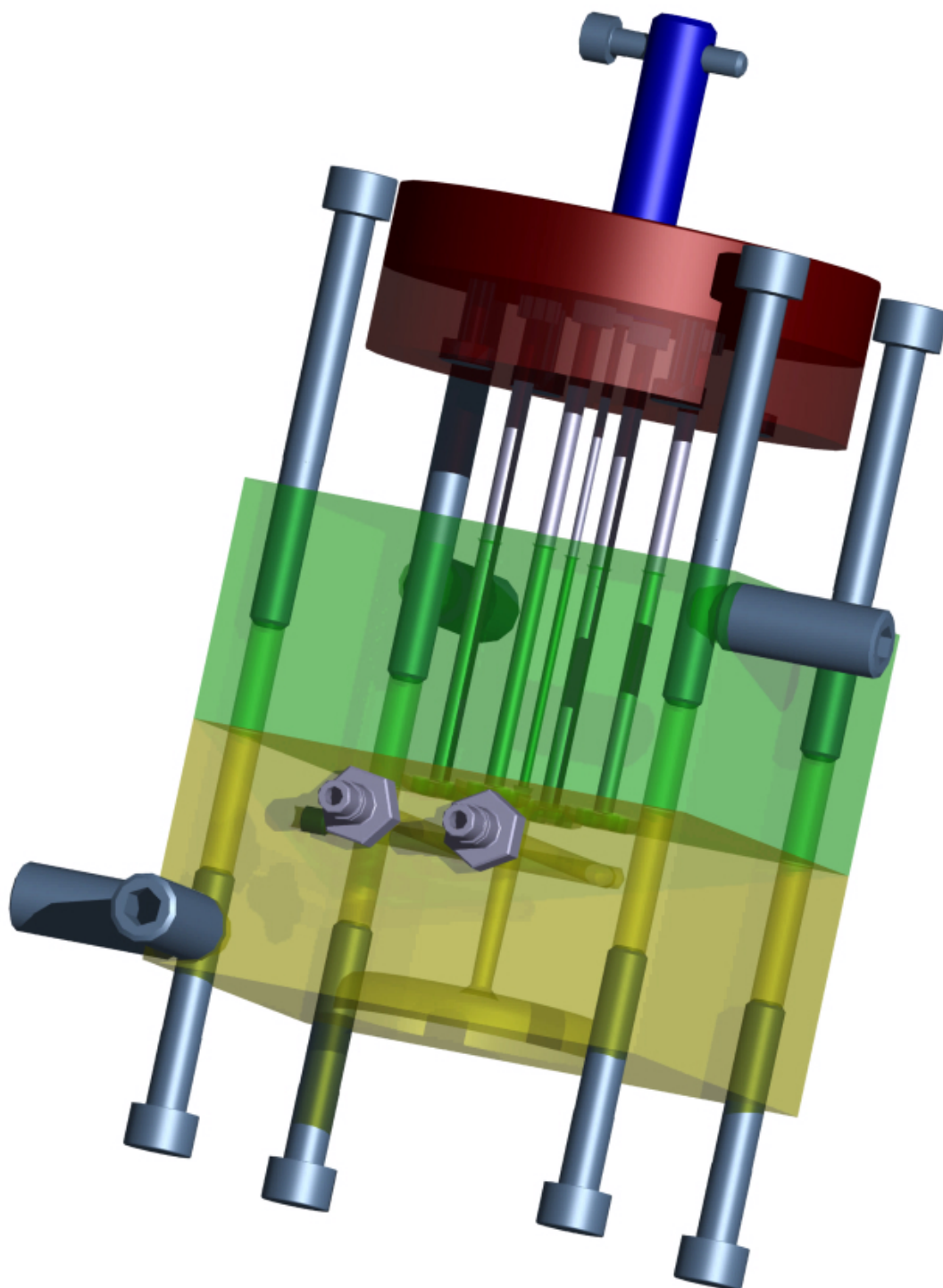
Obr. 36 Rozměry levé tvarové desky



Obr. 37 Levá tvarová deska



Obr. 38 Levá (pohyblivá) část formy + vyhazovací systém



Obr. 39 Celá forma

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit formu pro mikrovstříkování pro zadaný plastový díl na stroj BABYPLAS 6/10P.

Bakalářská práce je rozdělena do dvou částí. V teoretické části byla popsána problematika vstříkování a možnosti konstrukčního řešení vstříkovacích forem.

V praktické části byly využity poznatky shromážděné v teoretické části. Při návrhu vstříkovací formy byla snaha držet se zásad a pravidel, kterým podléhá konstrukce vstříkovacích forem. Byl vytvořen nejprve 3D model vstříkované součásti a poté zaformován. Dále byly vytvořeny další tvarové části formy. Forma pro mikrovstříkování na stroj BABYLAST se liší od klasických forem tím, že nemá upínací desky, ale pouze tvarové, které jsou přímo přišroubovány ke stroji. Vyhazovací systém je pomocí táhla přišroubován ke stroji. Celá konstrukční část týkající se 3D návrhu formy, 3D návrhu výstříku a 2D řez vstříkovací formou byly provedeny v programu CATIA V5R18.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení: Gumárenské a plastikářské stroje II.* 1.vyd. Brno: VUT, 1990.199 s. ISBN 80-214-0213-X
- [2] BOBČÍK, L a kol. *Formy pro zpracování plastů: I.díl – Vstřikování termoplastů.* 2.vydání – Brno: Uniplast, 1999. 134s.
- [3] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: II.díl – Vstřikování termoplastů.* 1.vydání – Brno: Uniplast, 1999.214s.
- [4] OSSWALD, A. TIM, TURNG, LIH-S., GRAMANN, P.J., *Injection Molding Handbook.* 2nd edition – Munich: Hanser Gardner Publ, 2008, ISBN – 10 1569903182
- [5] TOMIS, F., HELŠTÝN, J., KAŇOVSKÝ, J. *Formy a přídatky*
1. vyd. VUT Brno 1979. 278 s.
- [6] ARBURG [online]. Dostupný z WWW:
[http://www.arburg.com/cs/cz/reseni/injection-moulded-parts/micro-gear-wheel/#!/prettyPhoto\[pp_galerie\]/0/](http://www.arburg.com/cs/cz/reseni/injection-moulded-parts/micro-gear-wheel/#!/prettyPhoto[pp_galerie]/0/)
- [7] American Precision Products [online]. Dostupný z WWW:
<http://www.injection-moldings.com/plastic/micro-molding.php>
- [8] www.ksp.tul.cz [online]. Dostupný z WWW:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04-vstrikovani%20plastu/03-princip%20vstrikovani.jpg
- [9] www.ksp.tul.cz [online]. Dostupný z WWW:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04-vstrikovani%20plastu/06-vstrikovaci%20stroj%20schema.jpg
- [10] www.spra.org.uk [online]. Dostupný z WWW:
http://www.spra.org.uk/sites/default/files/imagecache/fullsize/micro_diag.jpg
- [11] www.ksp.tul.cz [online]. Dostupný z WWW:

http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04-vstrikovani%20plastu/10.jpg

- [12] www.comprexcz.cz [online]. Dostupný z WWW:

<http://www.comprexcz.cz/normovane-dily/vyhazovace/valcove-vyhadzovace-din-1530-iso-6751/vyhazovac-s-valcovou-hlavou-din-iso-6751-kaleny.html>

- [13] www.dmeeu.com [online]. Dostupný z WWW:

<http://www.dmeeu.com/cz/produkty/d/index/formy-sou-sti/vyhazova/trubkov-vyhazova/ks-trubkov-kalen>

- [14] www.HASCO.com

- [15] POTSCH, Gerd., MACHAELLI, Walter. Injection Molding – An Introduction.

Munich: Hanser Publisher, 1995. 195 s. ISBN 1 – 56990193

- [16] LENFELD, P. Technologie II. – Vstřikování plastů, Technická univerzita Liberec,

Katedra strojírenské technologie. Dostupná z WWW:

http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PS	polystyren
ABS	akrylonitrilbutadienstyren
PC	polykarbonát
PMMA	polymethylmetakrylát
PE	polyethylen
PP	polypropylen
PA6	polyamid 6
SVS	studený vtokový systém
VVS	vyhřívaný vtokový systém
PVC	polyvinylchlorid
POM	polyoxymetylen
PE-HD	polyethylen s vysokou hustotou
PE-LD	polyethylen s nízkou hustotou
Sn	cín
Zn	zinek
Cu	měď
Al	hliník
λ	tepelná vodivost materiálu
PEEK	polyetherketon

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Díly vyrobené mikrovstříkováním [7]</i>	12
<i>Obr. 2. Ozubené kolečko s mikrorozměry [6]</i>	13
<i>Obr. 3. Vstřikovací cyklus</i>	13
<i>Obr. 4. Vstřikovací cyklus [8]</i>	14
<i>Obr. 5. Schéma základního rozdělení polymerů</i>	14
<i>Obr. 6. Oblast využití amorfních polymerů</i>	15
<i>Obr. 7. Oblast využití semikrystalických polymerů</i>	15
<i>Obr. 8. Schéma vstřikovacího stroje [9]</i>	17
<i>Obr. 9. Vstřikovací jednotka s předplastikací [10]</i>	18
<i>Obr. 10. Uzavírací jednotka [11]</i>	18
<i>Obr. 11. Hydraulická uzavírací jednotka</i>	19
<i>Obr. 12. Schéma hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky [2]</i>	20
<i>Obr. 13. Vstřikovací forma – hlavní části</i>	23
<i>Obr. 14. Uspořádání vtokových systémů [2]</i>	24
<i>Obr. 15. Průřez vtokových kanálů [2]</i>	25
<i>Obr. 16. Základní typy vtokových ústí [2]</i>	26
<i>Obr. 17. Části vtokového systému [2]</i>	27
<i>Obr. 18. Přidržovače vtoku</i>	27
<i>Obr. 19. Vyhřívaná tryska s hrotem [14]</i>	29
<i>Obr. 20. Příklady rozvodných bloků [14]</i>	30
<i>Obr. 21. Válcový vyhazovač [12]</i>	31
<i>Obr. 22. Příklad trubkového vyhazovače</i>	32
<i>Obr. 23. Vliv rozmístění temperačních kanálů na průběh teploty ve stěně formy [3]</i>	35
<i>Obr. 24. Průřezy chladících kanálů [3]</i>	36
<i>Obr. 25. Vstřikovací stroj BABYPLAST 6/10P</i>	44
<i>Obr. 26. Rozměry výrobku</i>	45
<i>Obr. 27. Model výrobku</i>	45
<i>Obr. 28. Násobnost formy</i>	46
<i>Obr. 29. Vyhazovací systém</i>	47
<i>Obr. 30. Vyhazovací deska kotevní</i>	48
<i>Obr. 31. Vyhazovací deska opěrná</i>	48

<i>Obr. 32 Táhlo</i>	48
<i>Obr. 33 Temperace formy</i>	49
<i>Obr. 34 Rozměry desky</i>	50
<i>Obr. 35 Pravá (pevná) strana formy</i>	50
<i>Obr. 36 Rozměry levé tvarové desky</i>	51
<i>Obr. 37 Levá tvarová deska</i>	51
<i>Obr. 38 Levá (pohyblivá) část formy + vyhazovací systém</i>	52
<i>Obr. 39 Celá forma</i>	53

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Teploty formy při zpracování polymerů za dané teploty taveniny [3]</i>	34
<i>Tab. 2. Součinitele teplotní vodivosti materiálů [3]</i>	35
<i>Tab. 3. Aktivní temperační prostředky [3].....</i>	37
<i>Tab. 4 Oceli pro výrobu forem [3]</i>	39
<i>Tab. 5 Přehled využití ocelí třídy 11 [3]</i>	40
<i>Tab. 6. Základní parametry stroje</i>	44

SEZNAM PŘÍLOH

PI: 2D dokumentace vstřikovací formy

- Řez formy A-A
- Pravá strana formy
- Levá strana formy

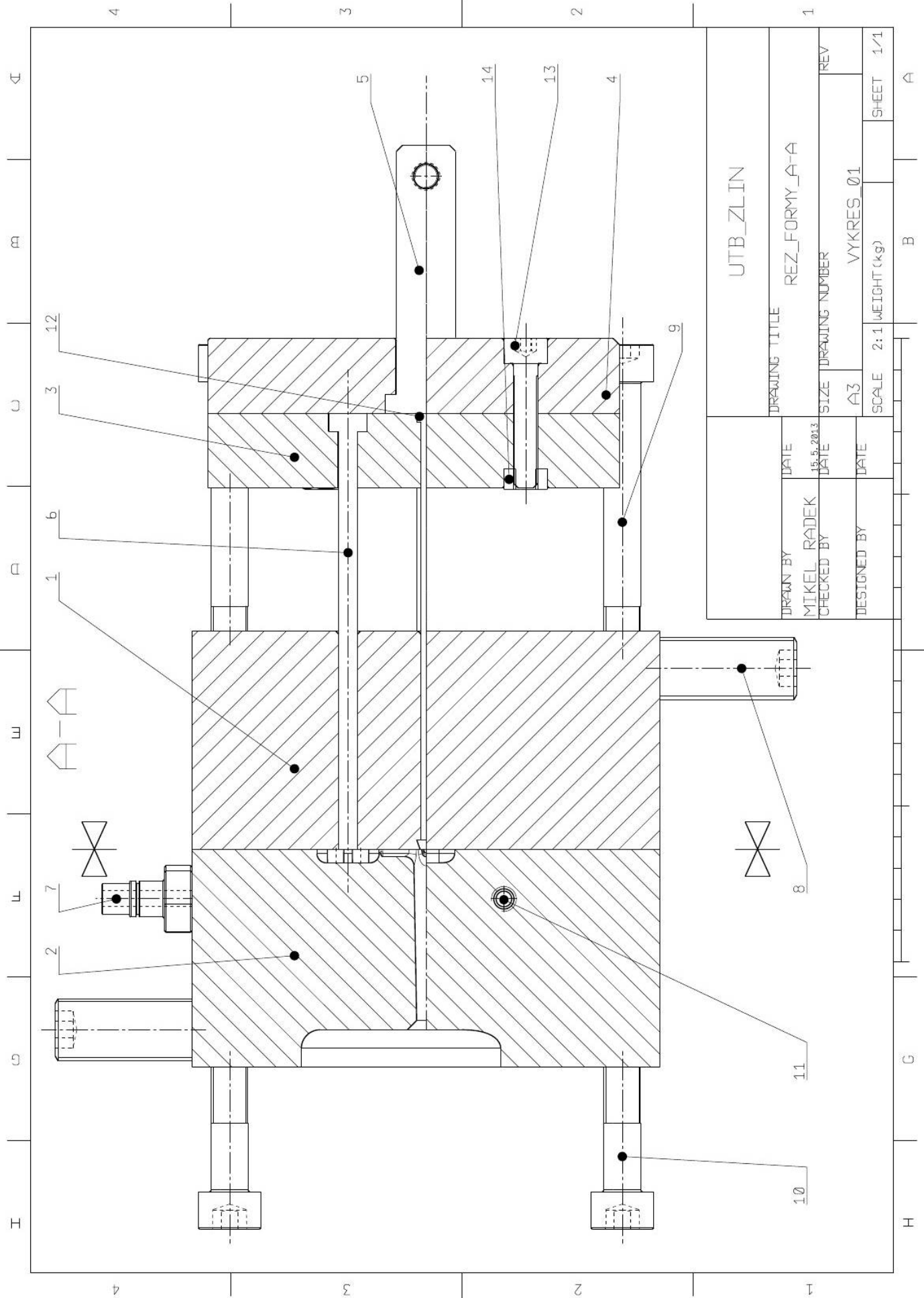
PII: Kusovník

PIII: CD disk obsahující:

- Model sestavy formy pro mikrovstřikování
- Textovou část bakalářské práce

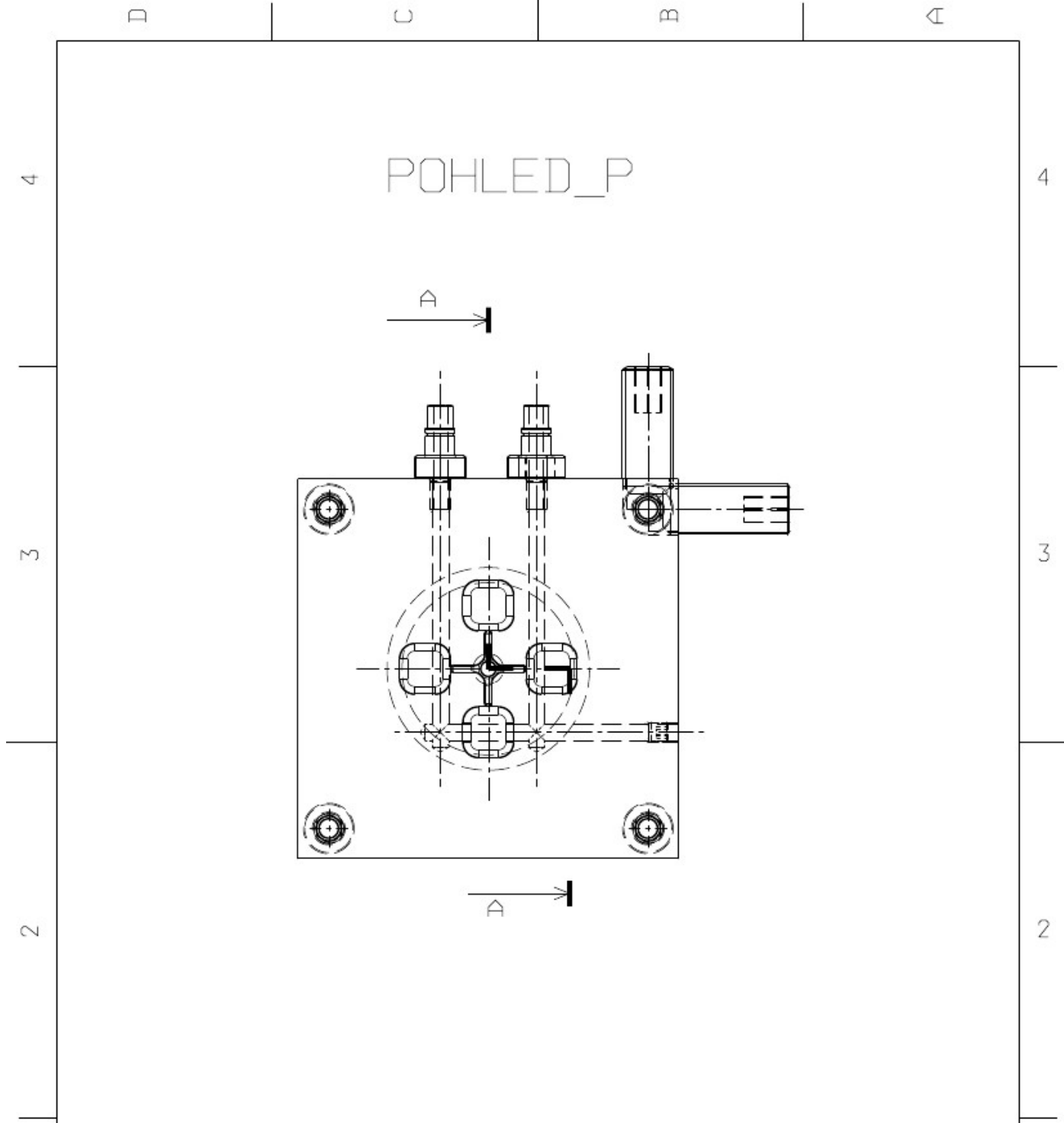
PŘÍLOHA PI – VÝKRESY:

ŘEZ FORMY A-A



DRAWING TITLE		UTB_ZLIN	
DRAWN BY	DATE	SIZE	REV
MIKEL RADEK	15.5.2013	A3	
CHECKED BY	DATE	VYKRES NUMBER	
DESIGNED BY	DATE	VYKRES_01	
SCALE		2:1	WEIGHT (kg)
			SHEET 1/1

PŘÍLOHA I - VÝKRESY: PRAVÁ STRANA FORMY

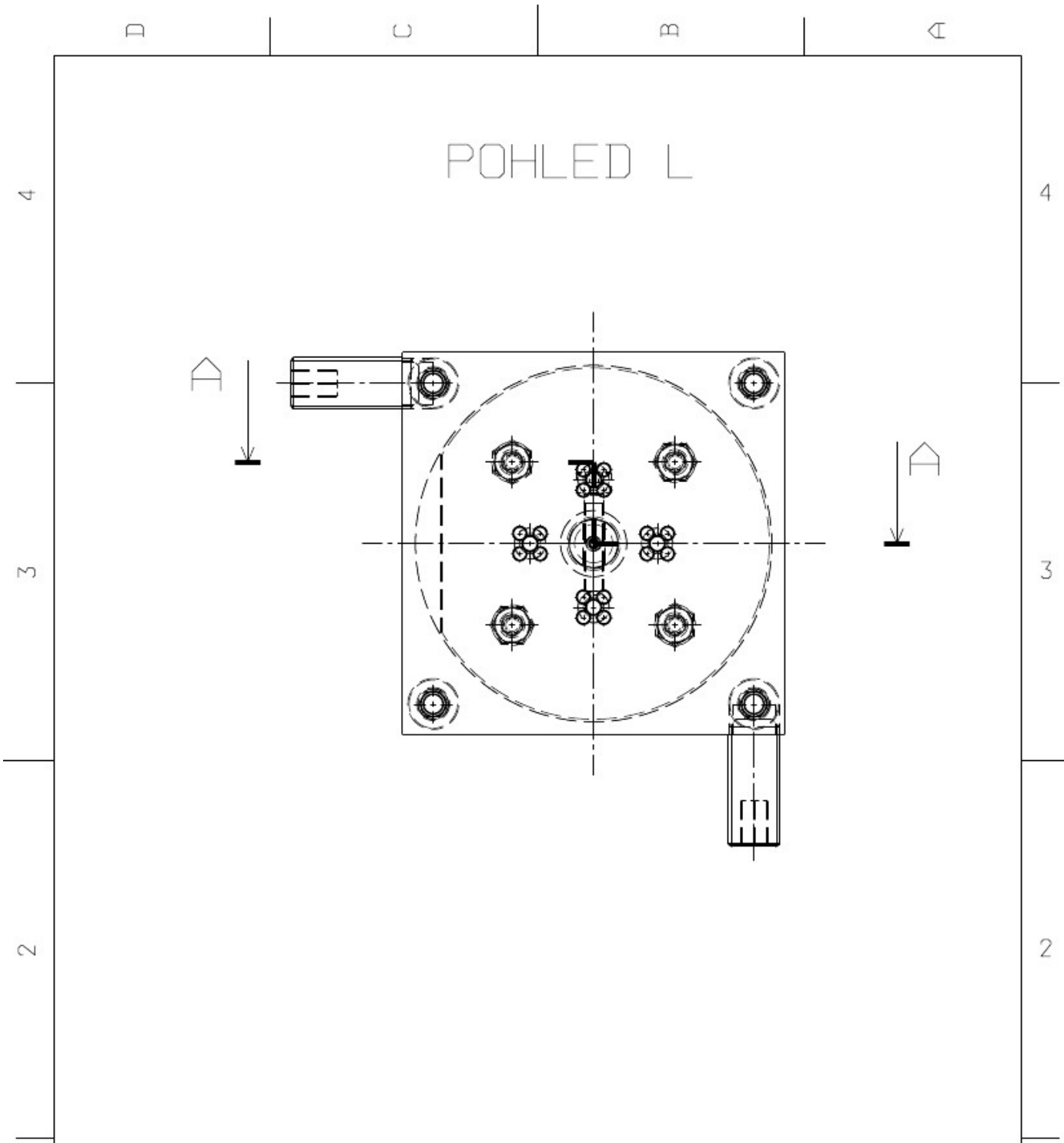


		UTB_ZLIN			
		DRAWING TITLE			
DRAWN BY		POHLED_P			
MIKEL RADEK	DATE	SIZE		DRAWING NUMBER	REV
CHECKED BY	16. 5. 2013	A4	VYKRES_03		
DESIGNED BY	DATE	SCALE	1:1	WEIGHT (kg)	SHEET 1/1

D

A

PŘÍLOHA I - VÝKRESY: LEVÁ STRANA FORMY



		UTB_ZLIN			
		DRAWING TITLE			
		POHLED_L			
DRAWN BY	DATE	SIZE		DRAWING NUMBER	REV
MIKEL RADEK	16. 5. 2013	A4		VYKRES_02	X
CHECKED BY	DATE	SCALE	1: 1	WEIGHT (kg)	SHEET 1/1
DESIGNED BY	DATE				

D

A

PII - KUSOVNÍK

Poz.	Název	Norma/Materiál	Číslo sestavy	Tepelné zpracování	Ks
1	Tvarová deska levá	11 600	UTB_01_01		1
2	Tvarová deska pravá	11 600	UTB_01_02		1
3	Vyhazovací deska kotevní	11 600	UTB_01_03		1
4	Vyhazovací deska opěrná	11 600	UTB_01_04		1
5	Táhlo	11 600	UTB_01_05		1
6	Válcový vyhazovač 1	19 552	UTB_01_06	Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	4
7	Koncovka hadice	11 600	UTB_01_07		2
8	Šroub M10x25	EN ISO 4026	UTB_01_08		4
9	Šroub M6x60	EN ISO 4762	UTB_01_09		4
10	Šroub M6x35	EN ISO 4762	UTB_01_10		4
11	Uzavírací šroub M4	11 600	UTB_01_11		1
12	Válcový vyhazovač 2	19 552	UTB_01_12	Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	1
13	Šroub M4x20	EN ISO 4762	UTB_01_13		5
14	Matice	EN ISO 4032	UTB_01_14		4

Index _____	Změna _____	Datum _____	Podpis _____	UTB_ZLIN	
ZN. MAT.			HMOTNOST Kg	MĚR.	
ROZM. – POLOT.		ČSN			
POM. ZAŘ.			Č SN.	TŘ.Č	
VYPR. MIKEL RADEK	NORM. REF.	POZN.	Č KUSOVNIKU 01		
PŘEZK.	DATUM: 15.5.2013				
TECHNOL.	SCHVÁLIL	STARÝ V.	Č. V.		
Název KUSOVNIK			List :	01	