

Konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl

Ondřej Pavlíček

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ondřej Pavlíček**
Osobní číslo: **T15622**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci 3D modelu zadaného plastového dílu.
3. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovací formy.
4. Nakreslete sestavu formy s kusovníkem.

Rozsah bakalářské 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:

2. ledna 2017

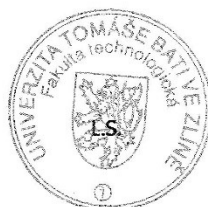
Termín odevzdání bakalářské práce:

19. května 2017

Ve Zlíně dne 31. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



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

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, považuji 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 17.5.2017


.....

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 nevydělečně 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 nahlížení 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 jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlíádne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je návrh a konstrukce vstřikovací formy pro plastový držák elektrických motorů v LED světle firmy ROBE. Tato práce v teoretické části pojednává o základních vlastnostech polymerních materiálů, technologii vstřikování a zásadách konstrukce vstřikovaných výrobků a vstřikovacích forem.

V praktické části se zabývá návrhem a konstrukcí vstřikovací formy pro konkrétní plastový výrobek a to za pomoci 3D softwaru CATIA V5-6R2014. Výstupem je 3D model vstřikovaného plastového výrobku a vstřikovací formy a příslušná výkresová dokumentace. Při konstrukci formy bylo snahou co nejvyššího využití normalizovaných součástí firmy HASCO.

Klíčová slova: konstrukční návrh, vstřikovací forma, vstřikování, polymerní materiály.

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is the design of injection mold for plastic holder of electric motors for the production of LED lights manufactured by company ROBE. This work discusses the theoretical basic properties of polymer materials, injection molding technology and the principles of the design of injection molded products and injection molds.

The practical part deals with the design of injection mold for specific plastic product by using 3D software CATIA V5-6R2014. The output is a 3D model of injection-molded plastic product and injection mold and related drawing documentation. The aim in the design of the mold was to achieve the highest utilization of normalized parts produced by HASCO company.

Keywords: design, injection mold, injection molding, polymer materials.

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za cenné rady, odbornou pomoc a čas, který mi věnoval. Dále bych chtěl také poděkovat všem nejmenovaným za jejich pomoc a podporu.

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

Dále prohlašuji, že na této bakalářské práci (dále jen BP) jsem pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval a zmínil na konci této BP. Taktéž modely a výkresy, jež byly předmětem této BP, byly vytvořeny v softwaru s platnou licencí.

Ve Zlíně 17.5.2017

.....

Podpis

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 POLYMERNÍ MATERIÁLY	12
1.1 ELASTOMERY	12
1.1.1 Kaučuky	12
1.2 PLASTY	13
1.2.1 Termoplasty.....	13
1.2.2 Amorfnní termoplasty	13
1.2.3 Semikrystalické termoplasty	14
1.2.4 Reaktoplasty	15
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....	16
2.1 PŘÍPRAVA PLASTŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM.....	16
2.1.1 Sušení termoplastů	16
2.1.2 Barvení granulovaných plastů.....	17
2.1.3 Granulace	17
2.1.4 Recyklace plastů.....	17
2.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	18
2.3 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	19
2.3.1 Volba vstřikovacího stroje	20
2.3.2 Vstřikovací jednotka	20
2.3.3 Uzavírací jednotka	21
2.3.4 Řízení a ovládání vstřikovacího stroje	21
3 ZÁSADY KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ.....	23
3.1 SMRŠTĚNÍ.....	23
3.2 ZAFORMOVATELNOST	23
3.3 TLOUŠŤKY STĚN	23
3.4 NÁVRH ŽEBER	25
3.5 ZAOBLNĚNÍ HRAN A ROHŮ	25
3.6 ÚKOSY A PODKOSY.....	26
3.7 JAKOST POVRCHU VÝSTŘIKU	26
4 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	27
4.1 VSTŘIKOVACÍ FORMA.....	28
4.2 VOLBA RÁMŮ FOREM A JEJICH JEDNOTLIVÉ KOMPONENTY	29
4.3 VODÍCÍ A SPOJOVACÍ ČÁSTI FOREM.....	30
4.3.1 Rozpěrky	31
4.3.2 Středící kroužky	31
4.4 VTOKOVÝ SYSTÉM	31
4.4.1 Násobnost formy	32

4.4.2	Studené vtokové systémy	32
4.4.3	Obecné zásady řešení studených vtokových systémů	32
4.4.4	Průřezy vtokových kanálů	33
4.4.5	Vtoková ústí	34
4.4.6	Vyhřívané vtokové systémy	36
4.4.7	Vytápěné rozvodné bloky	37
4.4.8	Vyhřívané trysky	37
4.5	TEMPERACE VSTŘIKOVACÍCH FOREM	38
4.5.1	Zásady volby temperančních kanálů	39
4.5.2	Temperační prostředky	40
4.6	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	40
4.6.1	Mechanické vyhazování	41
4.7	BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI	41
4.8	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM	42
II	PRAKTICKÁ ČÁST	43
5	STANOVENÉ CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	44
6	POUŽITÉ SOFTWAREVÉ PROGRAMY	45
6.1	CATIA V5-6R2014	45
6.2	HASCO DAKO 3D MODUL R1/2017	45
7	VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....	46
7.1	VOLBA MATERIÁLU VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU	47
7.2	VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	48
8	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	49
8.1	VOLBA NÁSOBNOSTI FORMY	50
8.2	ZAFORMOVÁNÍ A VOLBA DĚLÍCÍ ROVINY	50
8.3	VTKOVÁ SOUSTAVA	51
8.4	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY	52
8.5	POSUVNÉ TVAROVÉ ČELISTI	53
8.6	TEMPERAČNÍ SYSTÉM	54
8.7	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	56
8.8	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	57
8.9	TRANSPORTNÍ SYSTÉM FORMY	58
8.10	RÁM, STŘEDÍCÍ A VODÍCÍ PRVKY FORMY	58
	ZÁVĚR.....	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	62
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	64
	SEZNAM OBRÁZKŮ	65
	SEZNAM TABULEK.....	67

SEZNAM PŘÍLOH.....	68
---------------------------	-----------

ÚVOD

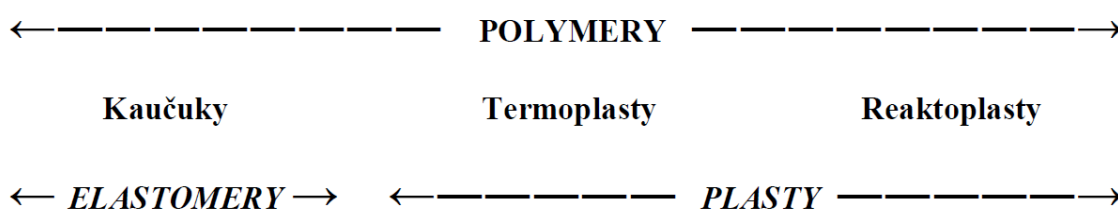
V dnešní době snad již neexistuje odvětví průmyslu, ve kterém se nepoužívají polymerní materiály. Není proto daleko od věci názor, že žijeme v tzv. “době plastové“. V posledních letech tyto materiály a technologie jejich výroby urazily obrovský pokrok. A čím dál tím více nahrazují materiály do dnešní doby tradiční. A to zejména širokým záběrem možností využití a svými dobrými vlastnostmi jako jsou: pevnost, nízká hustota, výborná tvarovatelnost za tepla, tepelná a elektrická vodivost atd. Jejich aplikace se dostaly do odvětví a míst dříve nemyslitelných a lze snadno předpokládat, že tomu tak bude směrem do budoucnosti pokračovat.

Tato bakalářská práce pojednává v teoretické části o základních vlastnostech polymerů, technologii vstřikování a zásadách konstrukce vstřikovaných výrobků a vstřikovacích forem. V praktické části je úkolem této práce návrh vstřikovací formy pro plastový díl. Technologie vstřikování se řadí k nejčastěji využívaným pro výrobky složitých tvarů z plastových materiálů, ale poslední dobou čím dál tím častěji také u materiálů elastomerních. Aby mohl být výrobek z plastu vyroben, je zapotřebí nástroje - vstřikovací formy. Tou je udáván nejenom výsledný tvar výrobku, ale musí také zajišťovat správné technologické podmínky a následné vyhození hotového výrobku z formy. Vstřikovací formy umožňují na jeden výrobní cyklus vyrobít až několik stovek výrobků, zde záleží na násobnosti formy. Jedná se o velice důmyslné a často velmi složité nástroje složené ze stovky dílů. Proto se k usnadnění výroby a montáže při konstrukci forem často využívá normalizovaných dílů od specializovaných výrobců. To je výhodné z hlediska konstrukce a opravy forem, ale hlavně z ekonomické stránky. Z tohoto důvodu při samotném konstrukčním návrhu byla snaha co největšího využití těchto normálů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERNÍ MATERIÁLY

Jsou to chemické materiály přírodního či syntetického charakteru obsahující molekuly obrovských rozměrů (tzv. makromolekuly). V těchto makromolekulách se v řetězcích mnohokrát opakuje základní konstituční jednotka mer. To umožňuje poskládat a modifikovat výsledné látky o nesčítném množství vlastností a složení. Polymerní materiály mohou být rozděleny z hlediska chování za normální a zvýšené teploty na elastomery a plasty. Plasty se dále dělí na termoplasty a reaktoplasty viz obr. 1. [1]



Obr. 1 Základní rozdělení polymerních materiálů [1]

1.1 Elastomery

Elastomery jsou velice pružné (elastické) polymery. Za běžných podmínek je lze malým zatížením značně tvářet a to bez porušení. Vzniklé deformace jsou většinou vratné. Jsou složeny z velice dlouhých molekul, které jsou navzájem řídce spojeny za pomoci chemických vazeb. Toto zesíťování vzniká při vulkanizaci za působení tepla při tváření a přidávání síry k primárnímu materiálu. Největší podskupinou elastomerů jsou kaučuky, z kterých se vyrábí pryž (guma). [2,3]

1.1.1 Kaučuky

Mezi kaučuky patří takové elastomery, které mohou být za pomoci vulkanizace převedeny v pryž (gumu). [2]

1.2 Plasty

Plasty jsou v dnešní době velmi důležité materiály používané snad již ve všech odvětvích průmyslu a působení člověka. Oproti obvykle používaným materiálům je možné použití velice efektivních metod technologií výroby a dosahovat značně vysokých hodnot využití materiálu (90 až 95%). Produkce plastů je také velmi zajímavá oproti tradičním materiálům z hlediska spotřeby energií, především v jejím zpracovatelském procesu je v některých případech znatelně nižší (např. výroba plastových lahví oproti shodným láhvím skleněným, zde je rozdíl až třiceti násobný). Na rozdíl oproti kovům (které jsou složeny z krystalických mřížek), jsou složeny z makromolekulárních řetězců. Tyto polymerní materiály jsou za běžných okolností většinou tvrdé, mnohdy i křehké. Při zahřívání se stávají tvárnými a plastickými. Pokud je tato změna trvalého charakteru, je tato podskupina nazývána reaktoplasty. Další podskupinou jsou termoplasty, kde je možné materiál opakovaně transformovat z tuhého stavu do plastického. [2,4,5]

1.2.1 Termoplasty

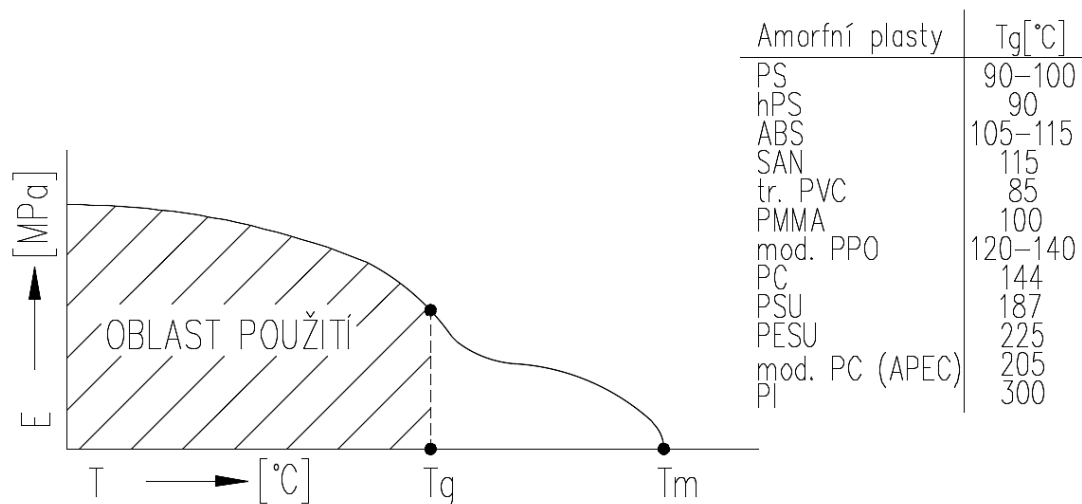
Termoplasty jsou složeny z dlouhých molekul, které nespojují mezi sebou chemické vazby. Vlastní pevnost zajišťuje velice husté zapletení jednotlivých makromolekul, jejich vzájemná přilnavost (adheze) a vlastní tření mezi nimi. Za běžných teplot jsou tuhé. Při zahřívání se postupně stávají viskózními až tekutými. V tomto stavu je vhodné materiál tvářet. Po vychladnutí se materiál dostane zpět do původního tuhého stavu. Tvoří nejpočetnější a nejpožívanější skupinu plastů. Vyrábí se velmi mnoho druhů termoplastů v široké škále vlastností a použití. Výrobky z termoplastů lze vyrábět velice levně za pomoci technologie vstříkování či vytlačování. [4,6]

Termoplasty mohou být složeny z přímých řetězců (lineární polymery), či z řetězců s bočními větvemi (rozvětvené polymery). Z hlediska vnitřní stavby lze termoplasty rozdělit na amorfni a semikrystalické. [4]

1.2.2 Amorfni termoplasty

Amorfni termoplasty mají řetězce ve tvaru nepravidelného uspořádání v prostoru. Oblast použití se nachází pod teplotou skelného přechodu (T_g), kdy je polymer v tuhém stavu. Nad teplotou skelného přechodu se postupně se zvětšující teplotou vzájemně i zvyšuje objem, začínají se snižovat mezi makromolekulami vzájemné kohezní síly a polymer začíná nabývat

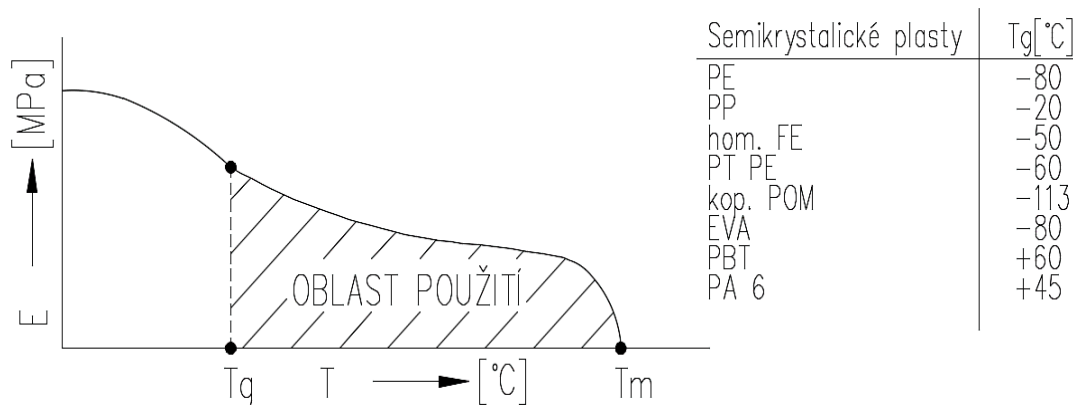
plastické, dále i viskózní struktury. V tom to stavu je také nejvýhodnější jej zpracovávat. Oblast použití a teploty skelného přechodu některých amorfních polymerů je znázorněna na obr. 2. [4]



Obr. 2 Oblast využití u amorfních plastů [4]

1.2.3 Semikrystalické termoplasty

U semikrystalických termoplastů je část řetězců uspořádána amorně, zbylá větší část řetězců je organizována ve formě pravidelných a na těsně setříděných krystalických útvarů. Jednotlivé makromolekuly jsou spojeny silněji v lamelách či sférolitech části krystalické fáze. Při zahřívání, se nejprve odpoutá část makromolekul z amorfnní fáze, posléze z části krystalické při čemž se značně zvyšuje objem polymeru. Díky velmi výhodným vlastnostem (především kombinace pevnosti a houževnatosti) se používají semikrystalické termoplasty nad teplotou skelného přechodu (T_g) jak je patrné z obr. 3. [4]



Obr. 3 Oblast využití u semikrystalických plastů [4]

1.2.4 Reaktoplasty

Reaktoplasty jsou látky složené z makromolekul, které jsou vzájemně příčně spojeny chemickými vazbami na mnoha místech. Tato spojení vytváří uspořádání ve tvaru prostorové sítě. Při zpracování (za působení tlaku a teploty) dochází k vytvrzení. To způsobuje zesíťování jednotlivých makromolekul. Takto vytvrzený reaktoplast je již dále netavitelný a po překročení kritické teploty dochází k degradaci. Na rozdíl od termoplastů, u reaktoplastů není modulu pružnosti (E) na tolik závislý na změně teploty, takže reaktoplasty jeví menší citlivost na změny teploty. Vynikají svou tuhostí a tvrdostí, odolností vůči korozi a teplu. Co se týče zpracování, zde je nevýhodou horší tekutost než u termoplastů. Z čehož vyplývá, že výrobní časy a doba cyklů budou delší než v případě termoplastů. [3,4,6]

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování se v dnešní době řadí k nejpoužívanějším způsobům produkce výrobků z termoplastů a čím dál tím častěji se používá také u kaučukových směsí. Její počátek se datuje na konec 19. století. Jedná se o proces cyklický. Touto technologií je možné vyrábět hospodárně kvalitní a rozměrově velmi přesné výrobky za opakovatelných technologických podmínek. Na výrobě se podílí vstřikovaný polymer, vstřikovací stroj a vstřikovací forma. Technologie vstřikování je složitý fyzikální proces, kdy vstřikovaný polymer (většinou ve formě granulátu) je roztaven v tavenině v tavní komoře vstřikovacího stroje. Následně je za pomoci pístu vstřiknut do tvarové dutiny formy, která mu udává výsledný tvar. Po ochlazení se forma otevře a výrobek je vyhozen z dutiny formy a cyklus se opakuje. [1,4,7]

2.1 Příprava plastů před vstřikováním

Plasty jako takové není možné ihned zpracovávat v hotové výrobky. Před vlastním zpracováním technologií vstřikování musí projít tzv. technologií přípravného zpracování, která udává výslednému polymeru podobu a různé vlastnosti. To zahrnuje většinou přidání různých přísad, sušení, barvení, míchání s nadouvadly atd. Vstřikovanému polymeru musí být dán rovněž také fyzikální tvar vhodný pro vlastní zpracování (granulát, aglomerát, prášek atd.). [4,7,8]

2.1.1 Sušení termoplastů

U termoplastů je nutné kontrolovat obsah vlhkosti, která se stanovuje za pomoci vstupních kontrol před samotným výrobním procesem. Je zapotřebí tuto přebytečnou vlhkost odstranit (dostat na max. přípustnou hodnotu), protože již při běžných zpracovatelských teplotách může negativně ovlivnit výslednou kvalitu výrobku. Zde záleží na polymeru, některé druhy není nutné předsušet. Materiály určené pro zpracování se dodávají buď již předsušené ve vzduchotěsných obalech nepropouštějící vlhkost, nebo nevysušené v několikavrstvých papírových pytlích či PE pytlích atd. Tyto nevysušené termoplasty se musejí vysušit a to nejčastěji za pomoci komorových pecí. Je také třeba dát pozor na správné skladování. Před zpracováním se granuláty zpravidla skladují v suchých skladech. Následně před použitím je nutné pytle s granuláty nechat alespoň 24 hodin v prostředí výroby čímž se zamezí vysrážení vlhkosti na povrchu granulátu. [4,9]

2.1.2 Barvení granulovaných plastů

V závislosti na požadavcích zákazníka je možno vyrábět výrobky v různých barvách omezené šíří. Pokud jsou požadavky na specifickou barvu, je nutné granulát obarvit. To se může uskutečňovat přímo na vstřikovacím zařízení nebo se může obarvovat před samotným výrobním procesem. A to nejčastěji za pomoci technologie vytlačování, kde se s granulátem smíchá barvivo požadovaného odstínu. [4]

2.1.3 Granulace

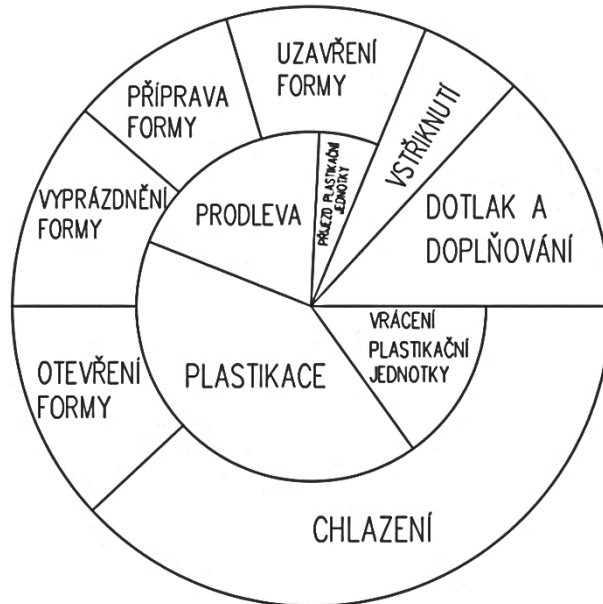
Závěrečným úsekem zpracování většiny materiálů v přípravě plastů, před samotnou výrobou je granulace. Jak již název napovídá, díky této technologii materiál nabývá tvaru granulí. Nejčastěji se používá tvarů: kuliček, válečků, krychliček atd. To je výhodné především z hlediska možností velmi přesného dávkování, jednoduchého směšování s jinými materiály a relativně velké sypké hmotnosti. Granuluje se i odpad (zbytky, přetoky, odštířky apod.). Dle vlastností zpracovávané taveniny a ekonomických požadavků se volí vhodná metoda granulace. [7,8]

2.1.4 Recyklace plastů

Velice často se využívá recyklace plastů, poněvadž v některých případech (hlavně u výstřiků malých rozměrů) je procento odpadů značně vysoké. Je možné využívat neznečištěné vadné kusy výstřiků, jejich přetoky a zbytky vlastních vtoků vzniklé při vstřikování. Tento využitelný odpad se následně drtí za pomoci různých nožových mlýnů a před použitím se musí upravit. Drt' je možné přidávat k čistému granulátu a dále zpracovávat. To samozřejmě snižuje výslednou kvalitu a mechanické vlastnosti výstřiku. Jak moc bude výsledný produkt ovlivněn, závisí na poměru recyklátu k čistému granulátu. Obecně platí, že při podílu 15-30% recyklátu se výsledné vlastnosti výstřiku nijak zásadně nezmění. Použití recyklátu je samozřejmě omezené a závisí na druhu jeho aplikace. U značně namáhaných dílců se recyklát používat nesmí, naproti tomu v některých případech je možné použití 100% recyklátu. [4]

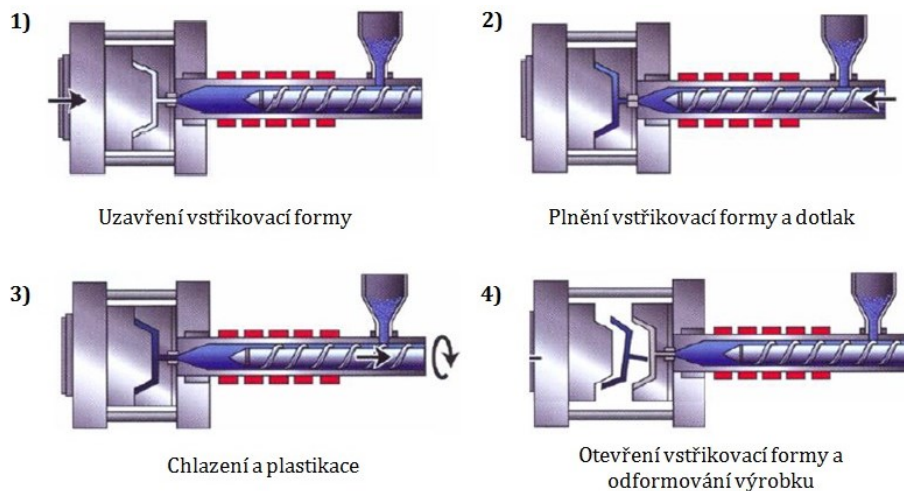
2.2 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus tvoří skupina přesně daných úkonů jdoucí za sebou. Pro jeho přesný popis je nutné stanovit si jeho v čase (nultý) – počáteční bod. Výhodné je si zvolit jako počáteční bod podnět k uzavření formy. Časový sled těchto operací je možno vidět na obr. 5. [7]



Obr. 4 Časový sled vstřikovacího cyklu [11]

Tvarová dutina formy je prázdná a forma se uzavře. Vstřikovací jednotka se nachází v počáteční poloze s již už přichystanou taveninou o vhodné viskozitě pro vstřikování. Potom vstřikovací jednotka přijíždí k formě a vstřikovací tryska zajistí pevné spojení s formou. Po spojení s formou následuje vlastní vstřikování taveniny do dutiny formy. Následuje dotlak a doplňování taveniny. Za této fáze vykonává šnek pouze posuvný pohyb v axiálním směru



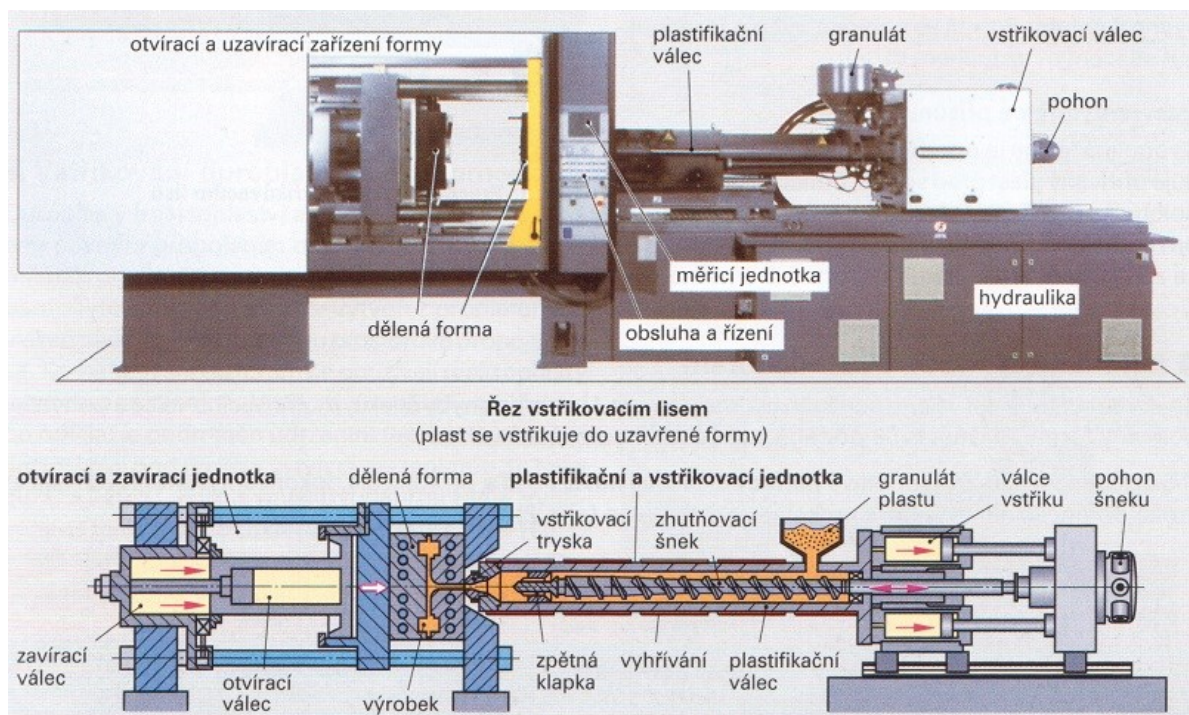
Obr. 5 Vstřikovací cyklus [7]

a působí na čelo taveniny jako píšť. V dutině formy již tavenina předává teplo stěnám formy a chladne. Vstřikovací jednotka odjíždí a začíná další plastikace materiálu na další cyklus. Chlazení trvá až do otevření formy, kdy se výstřik následně vyhazuje. Forma se připraví a celý cyklus se může opakovat. [7,10]

2.3 Vstřikovací stroj

V dnešní době jsou to stroje velice důmyslné a komplexní a převážná část je plně automatická, což umožňuje velmi vysokou produktivitu. Vzhledem k vysokým pořizovacím cenám jak vstřikovacích strojů, tak forem je technologie vstřikování vhodná především k hromadné výrobě. Kde se tyto náklady rozloží na několikaset tisícové série, proto je třeba při volbě této technologie přemýšlet i z ekonomického hlediska. Hlavní požadavky k zajištění výroby přesných výrobků na vstřikovacím stroji jsou: [4,7]

- dostatečná tuhost a pevnost,
- zajištění přesné opakovatelnosti technologických podmínek,
- zabezpečení stálého (tlaku, teploty a další parametrů) a možnosti jejich časování.



Obr. 6 Schéma a řez vstřikovacím strojem [6]

Na trhu existuje spousta typů konstrukcí vstřikovacích strojů, které nabízejí různé stupně ovládání, provedení, možnosti opakovatelnosti technologického procesu, rychlostí výroby a ceny. Většinou se stroje vyrábí přímo na míru dle požadavků zákazníka. [4]

Z hlediska konstrukce musí proto obsahovat:

- vstřikovací jednotku (ta zajišťuje zpracování polymeru a následné vstřikování do formy),
- uzavírací jednotku (zajišťuje samotné otevírání a zavírání formy a udržení uzavřené formy během výrobního cyklu a následného vyhození výrobku),
- ovládání a řízení vstřikovacího stroje. [4,10]

2.3.1 Volba vstřikovacího stroje

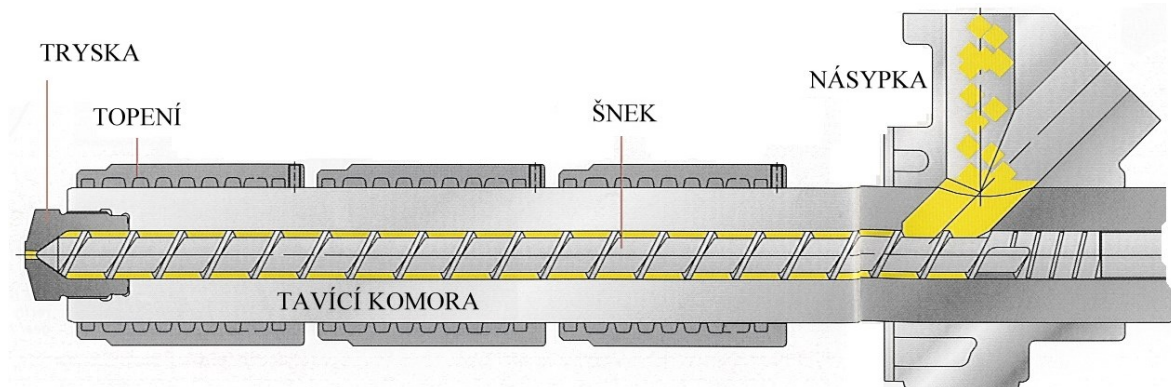
Správná volba vstřikovacího stroje je velice důležitá, aby bylo možné vyrábět kvalitní výstřiky. Základními parametry vstřikovacího stroje jsou:

- vstřikovací kapacita stroje - udává maximální možnou hmotnost výrobku v gramech, nebo obdobný parametr - maximální vstřikovaný objem výstřiku (v cm^3),
- plastikační kapacita stroje - kolik kg plastu je za 1 hodinu možné převést do taveniny,
- vstřikovací tlak – tlak, který je vygenerován čelem šneku v tavenině (v MPa),
- vstřikovací síla – celková síla, kterou generuje čelo šneku na taveninu,
- uzavírací síla – je síla, kterou je schopen stroj formu uzavřít a udržet ji v uzavřeném stavu. [8]

2.3.2 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka musí plnit dvě hlavní úlohy:

- transformuje výchozí materiál (nejčastěji ve formě granulátu) do homogenní taveniny o potřebné viskozitě,
- tuto taveninu vstřikuje pod velkým tlakem do tvarové dutiny formy.



Obr. 7 Řez vstřikovací jednotkou [7]

V počátcích technologie vstřikování se používaly jednotky pístové. Ty ale byly vytlačeny vstřikovacími jednotkami šnekovými, které se liší v rozdílném řešení konstrukce tavicí komory. V dnešní době se používají v drtivé většině případů jednotky šnekové. [7]

Princip funkce šnekové vstřikovací jednotky je následovný. Granulát z násypky se dostává do tavicí komory, kde je dopravován za pomoci otáčení šneku směrem před jeho čelo. Prochází přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo a postupně se za pomoci topných elementů a částečně vlivem disipace přetváří v taveninu. Šnek se otáčí a zároveň posunuje do zadní polohy. Na konci tavicí komory je tryska, která slouží jako spojovací element mezi formou (sedlem vtokové vložky) a vstřikovací jednotkou. Přesné vystředění zajišťuje kulové zakončení trysky, které dosedá do sedla vtokové vložky. [4]

2.3.3 Uzavírací jednotka

Svou vlastní funkcí a konstrukcí je značně podobná lisům. Zabezpečuje co nejrychlejší otevírání a zavírání vstřikovací formy a udržuje její vlastní uzavření. Rovněž zastává funkci odformování (vyhození) výrobku. To se uskutečňuje za pomoci uzavírací síly, která musí být větší než síla vygenerovaná tlakem taveniny na vnitřní dutiny formy. Její hodnota je závislá na: velikosti stroje, velikosti plochy průřezu výstřiku v dělicí rovině, velikosti vstřikovacího tlaku. Systém uzavírací jednotky a její vlastní tuhost je zodpovědná za vlastní těsnost vstřikovací formy. Ta je důležitou součástí uzavírací jednotky, jejímž hlavním úkolem je udělit vlastnímu výstřiku jeho tvar a zajistit jeho ochlazení v ustálený stav. Na základě druhu pohonu mohou být rozděleny na:

- hydraulické (přímé a se závorováním),
- hydraulicko-mechanické,
- elektromechanické. [8,10]

2.3.4 Řízení a ovládání vstřikovacího stroje

Pro přesnou a kvalitní výrobu je zapotřebí mít široké možnosti řízení a nastavení vstřikovacího stroje. To se pojí také s jeho jednoduchou obsluhou. K tomu je nutné zajistit stálou reprodukovatelnost technologických podmínek. To se zajišťuje pomocí různých regulátorů a regulačních prvků. Celý tento systém je řízen za pomoci mikroprocesorové techniky. Ten je nastaven na určité výchozí hodnoty, s kterými porovnává hodnoty naměřené. Při naměře-

ných odchylkách se snaží pomocí regulačních členů dostat zpět na výchozí nastavení technologických parametrů. Každý moderní vstřikovací stroj je vybaven displejem, pomocí kterého lze nastavovat a kontrolovat vstřikovací cyklus v reálném čase. [4]

3 ZÁSADY KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ

Je potřeba brát v úvahu, že konstrukce výstřiku z plastu podléhá úplně jiným zákonitostem, než je tomu u výrobků kovových. Je proto nutné znát velice dobře vlastnosti materiálu a technologii jeho zpracování. Obecně platí zásada: čím jednoduší součást, tím je jednoduší dodržení pevnostních podmínek, dodržení rozměrových tolerancí, méně složitá forma a tím pádem také menší náklady na její výrobu. V praxi to však většinou není možné a tak je nutné najít kompromis mezi všemi požadavky. [4]

Správně navržená konstrukce vstřikovaného dílu musí splňovat nároky z pohledu:

- funkčního hlediska,
- technologického hlediska. [13]

3.1 Smrštění

Tento jev se vyskytuje u všech druhů plastů. Projevuje se tak, že rozměry výstřiku, které bychom naměřili ihned po vyhození z formy, budou rozdílné oproti rozměrům naměřeným po určitém časovém úseku po samotném vyhození. Jedná se v podstatě o objemovou změnu při tuhnutí taveniny, způsobenou hlavně stlačitelností. Existují dva hlavní druhy smrštění:

- objemové smrštění (je to údaj pro praxi nejdůležitější),
- lineární smrštění (v praxi nejdůležitější údaj při konstrukci vstřikovacích forem). [9]

3.2 Zaformovatelnost

Samotnou zaformovatelností se má na mysli nejvhodnější způsob zaformování ve tvarové dutině formy (tedy správná volba umístění dělicí roviny). Při návrhu vstřikovaného dílu je nutné prvotně přemýšlet o jeho dobré odformovatelnosti, tedy aby jej bylo možné za pomoci různých konstrukčních prvků po vstříknutí dostat jednoduše a nejlépe automatizovaně z formy.

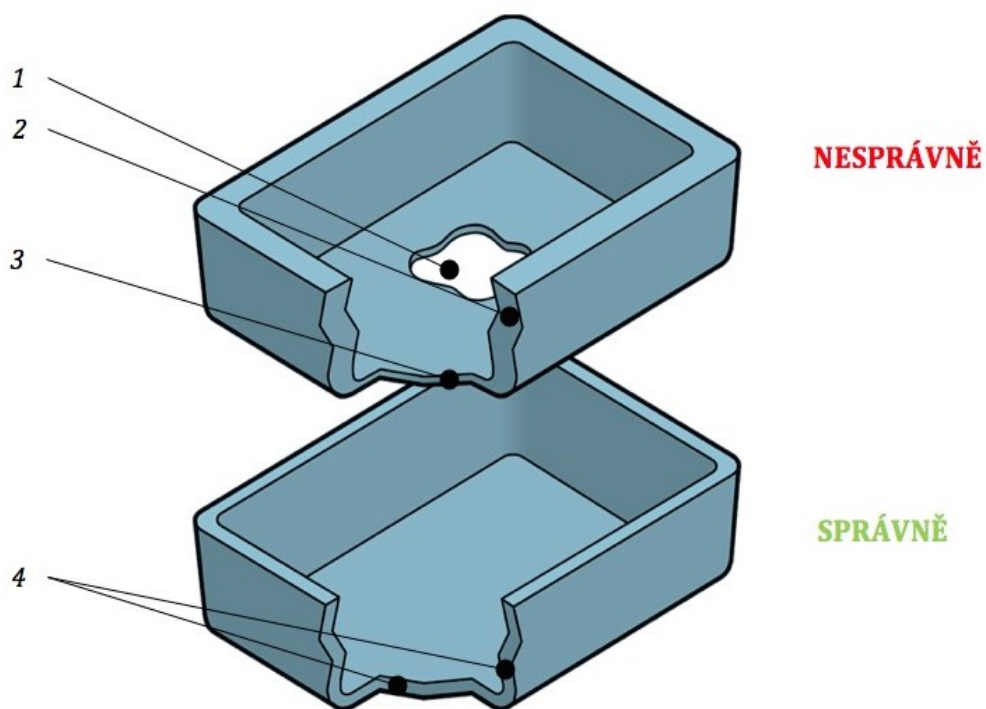
3.3 Tloušťky stěn

Je třeba volit dle hlediska funkčního (pevnost a tuhost), ty jsou závislé na typu materiálu a samotném tvaru profilu pod zatížením. Musí také splňovat požadavek technologický (tekutost) to je vlastní tečení plastu v tvarové dutině formy. Tekutost je dána pro každý druh plastu

poměrem: délka tečení/tloušťka stěny. U tvarově velmi složitých výrobků s různými tloušťkami stěn tento poměr neplatí a je zapotřebí použít příslušný simulační software, který je schopen nasimulovat plnění dutiny. Špatná zatékavost se v praxi mnohdy řeší zesílením problematických míst na výrobku, do kterých je následně vedeno vtokové ústí. [13]

U tenkých stěn se tavenina velmi rychle ochlazuje a tuhne, zatímco stěny tlustých rozměrů potřebují k ochlazení delší dobu. U výrobků s proměnlivou tloušťkou stěn hrozí vznik vnitřního pnutí a různé vady povrchu, propadliny či vakuové bubliny (lunkry). Je to způsobeno nerovnoměrným tuhnutím taveniny v tvarové dutině. Zásady konstrukce tloušťky stěn jsou:

- jednotná tloušťka stěn,
- u tlustých stěn (pokud se jim nelze vyhnout) je zapotřebí vhodného provedení odlehčení (nejlépe na opačné straně),
- náhlé přechody nesmějí být s ostrými hranami. [4]



Obr. 8 Vliv tloušťky stěny na technologičnost výroby [12]

1 - oblast se zvýšeným rizikem uzavírání vzduchu, 2 - příliš velká tloušťka stěny, 1 - příliš malá tloušťka stěny, 4 - rovnoměrná tloušťka

3.4 Návrh žeber

Žebra je možno dělit na:

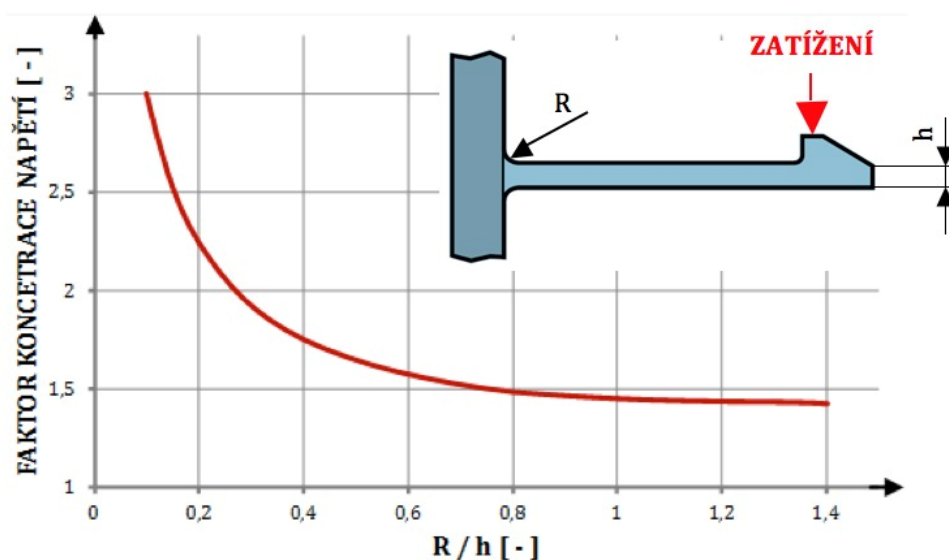
- technologická (slouží k optimálnímu plnění dutiny, brání borcení stěn, odstraňují povrchové vady, které by mohly vzniknout),
- Technická (slouží k zabezpečení mechanických požadavků na výrobek).

Tenkostěnné výrobky je dobré vyztužit za pomoci žeber. Ty musejí být tenčí, než je tloušťka stěny doporučený faktor (0,5 až 0,8). [4,8]

3.5 Zaoblení hran a rohů

Jakékoliv ostré rohy na výstřiku znamenají změnu průřezu, což způsobuje zvýšení napětí (koncentraci napětí). Ta je větší, čím je větší změna průřezu. Zaoblením hran se usnadní tok taveniny a sníží se i samotné opotřebení formy. Ostré přechody znamenají pro taveninu větší odpor, pro jeho překonání je nutné použití vyšších vstřikovacích tlaků. [4,13]

Na obr. 10. je znázorněna závislost faktoru koncentrace napětí na poměru rádiusu a tloušťky stěny konzoly (R/h) u jejího kořene. Doporučená hodnota pro namáhané profily je $R/h \approx 0,15$.



Obr. 9 Vliv velikosti rádiusu na koncentraci napětí [12]

3.6 Úkosy a podkosy

Jsou určitá naklonění stěn výrobku kolmo na dělicí rovinu. Je vhodné, aby stěny vyráběného výrobku měly úkos, to zaručuje usnadnění vlastní vytáhnutí hotového dílce z tvarové dutiny formy. Naproti tomu podkos tomuto vytáhnutí zabraňuje. Což z hlediska výroby není vhodné, a proto se snažíme podkosy nepoužívat. Námi zvolená velikost úkosu má vliv na velikost smrštění, vlastní povrch stěn formy, elasticitu vstříkovaného plastu a možnosti automatizace výroby. Podle umístění můžeme úkosy rozdělit na vnější a vnitřní. [4]

Úkos pro	Velikost úkosu
Vnější plochy	30' - 2° (1°)
Vnitřní plochy	30' - 3° (2°)
Otvory do hloubky 2D	30' ÷ 1° (45')
Huboké otvory	1° - 10°
Žebra, nálitky	1° ÷ 10° (3°)
Výstupky	2° ÷ 10°

Obr. 10 Doporučené velikosti úkosů [4]

3.7 Jakost povrchu výstřiku

Vlastní kvalita povrchu výstřiku je obrazem kvality povrchu formy. Vhodným výběrem úpravy je možné vylepšit výrobek nejen ze stránky estetiky ale i ze stránky funkční. Využívá se těchto druhů ploch a úprav:

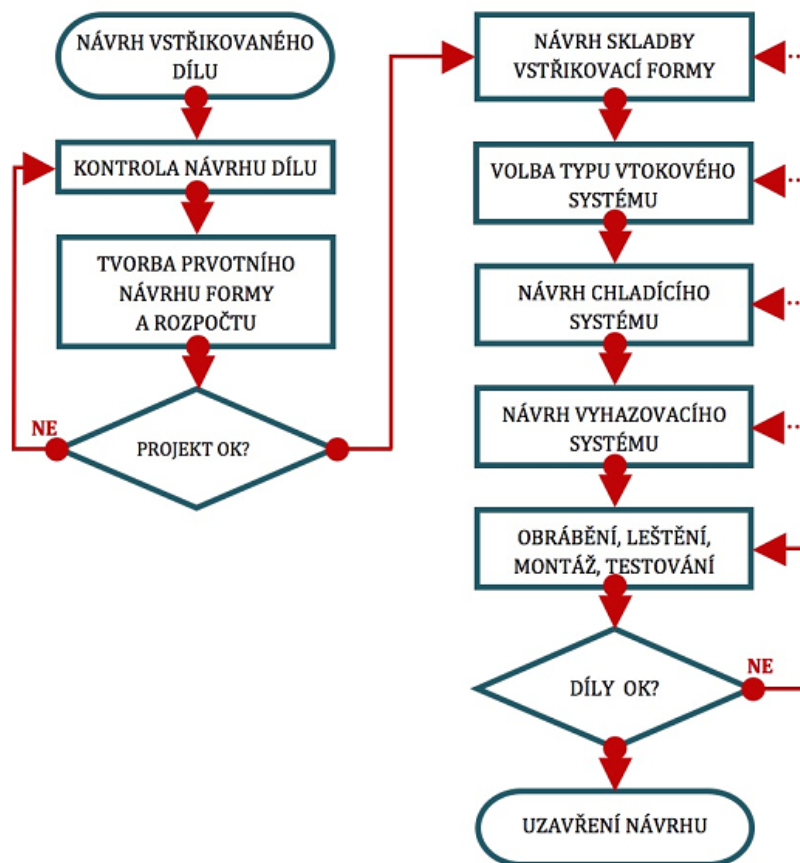
- lesklé - dosažení lesklého povrchu patří mezi nejnáročnější a tím pádem také mezi ekonomicky nejdražší řešení. Vlastní povrch se musí opracovat na vysoký stupeň lesku. Nevýhodou je viditelnost veškerých nedokonalostí povrchu formy,
- matné - jejich výhodou je, že zakrývají nedostatky vzniklé při vstřikování, jejich výroba je nenáročná a velmi levná,
- dezénové - jedná se o velmi často používanou úpravu části či celého povrchu výrobků. Za účelem jak funkčním (snadná manipulace), tak z hlediska estetického (zakrytí vzniklých nedostatků během výroby). Při výrobě dezénu se nesmí opomínat zvolení většího úhlu úkosu. Tvar je takřka libovolný a omezení klade pouze možnost vlastní výroby v tvarové dutině formy.
- barevnost povrchu - je vhodná hlavně z estetického hlediska, daný odstín závisí od druhu použitého plastu. Pokud je zapotřebí speciální barvy, je nutné materiál předbarvit. Tu je možné získat i za pomoci nátěru. [4]

4 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM

Konstrukce vstřikovacích forem je časově náročná a velmi specifická činnost. Většinou je to doména specializovaných firem, či konstrukční části podniku dané firmy. Potřebné specifiky pro správnou konstrukci formy jsou:

- výkres vstřikovaného výrobku (definuje tvar, rozměry a tolerance, jakost povrchu, materiál výrobku),
- násobnost formy (definuje počet výrobku v daném časovém horizontu, životnost formy),
- typ použitého vstřikovacího stroje (technické údaje, upínací rozměry atd.),
- speciální požadavky (možnosti manipulace, stupeň automatizace atd.). [4]

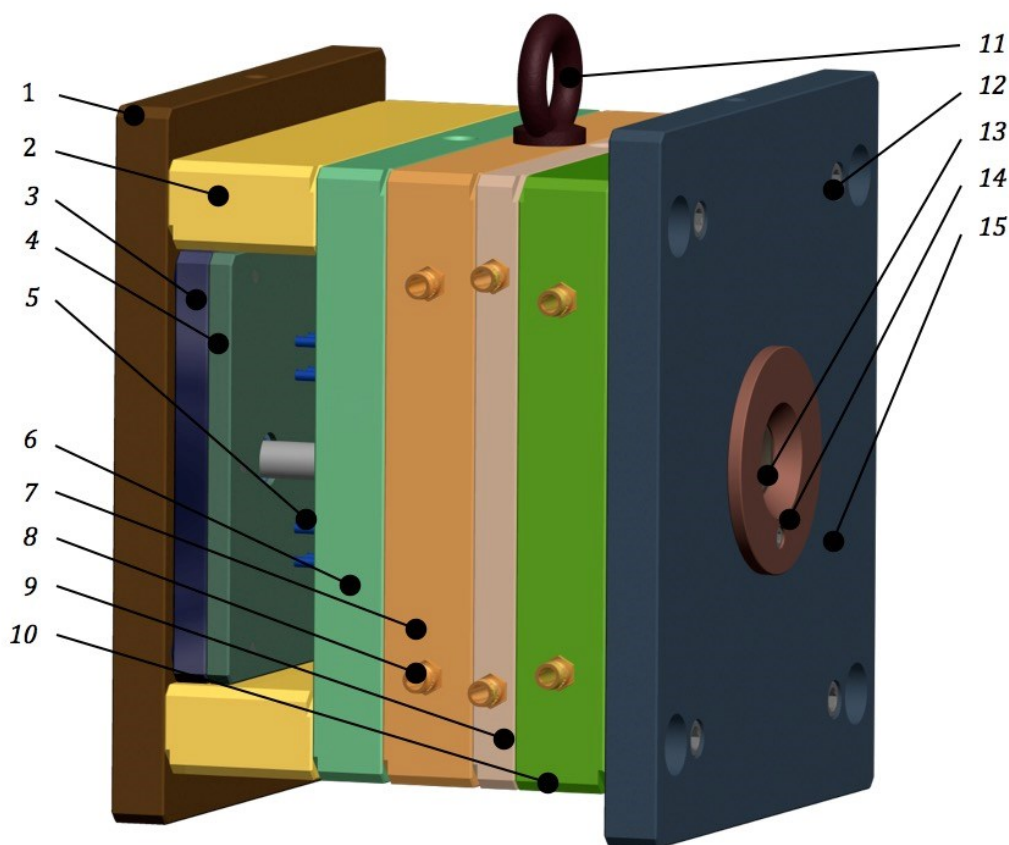
Jak takový proces může vypadat v praxi, lze vidět na algoritmu viz obr. 12.



Obr. 11 Postup návrhu vstřikovací formy [12]

4.1 Vstřikovací forma

Vstřikovací forma tvoří velice podstatnou část vstřikovacího stroje. Vnitřní tvarová dutina formy udává výrobku po ochlazení samotný tvar a jeho vlastní rozměry. A to za dodržení požadovaných technologických podmínek. Kvalitní vstřikovací forma musí být schopna výroby jakostních výstřiků o přesných rozměrech, musí zajistit následně bezproblémové vyhození z formy a také je nutné, aby pracovala plně automaticky. Důležitým faktorem je také dostatečná tuhost a pevnost konstrukce samotné formy. Vstřikovací formy jsou konstrukčně velice složité nástroje a velmi náročné na samotnou výrobu s čímž se pojí i vysoké ekonomické náklady. [4,7]



Obr. 12 Uzavřená dvoudesková vstřikovací forma [12]

1 - upínací deska pohyblivé části, 2 - rozpěrná deska, 3 - vyhazovací deska kotevní, 4 - vyhazovač, 5 - opěrná deska, 6 - mezideska, 7 - přípojka temperace, 8 - kotevní(tvarová) deska levá, 9 - kotevní(tvarová) deska pravá, 10 - manipulační oko, 11 - hlavní montážní šrouby, 12 - vtoková vložka, 13 - středící kroužek pevné částí vstřikovací formy, 14 - upínací deska pevné části

Vstřikovací formy mohou být členěny podle:

- násobnosti (jednonásobné a vícenásobné formy),
- konstrukčního řešení a způsobu zaformování (dvoudeskové, třideskové, vytáček, čelist'ové, atd.),
- konstrukce stroje, na který je forma určena (se vstřikováním do dělicí roviny a vstřikování kolmo na dělicí rovinu). [7]

4.2 Volba rámu forem a jejich jednotlivé komponenty

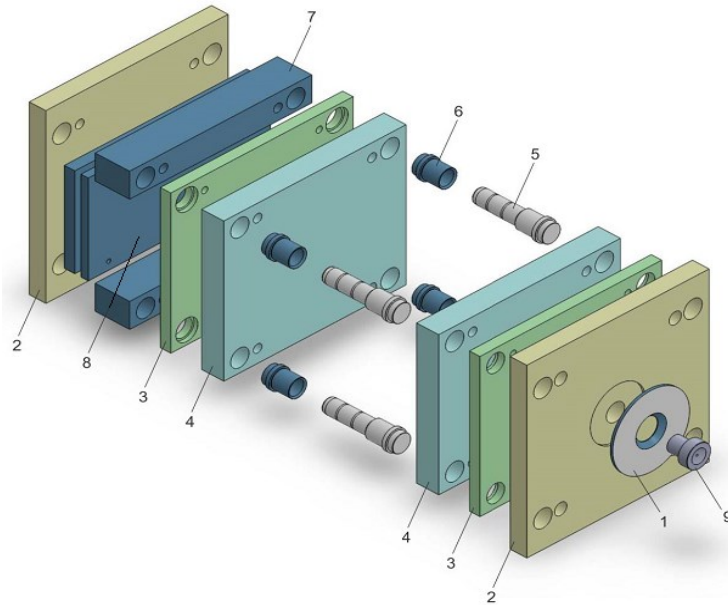
Vlastní velikost a uspořádání rámu se volí v závislosti na funkci samotné formy a zaformování vyráběného výrobku. Z pohledu ekonomického a z hlediska ulehčení samotné konstrukce se hojně využívá normalizovaných dílů specializovaných firem. Volba vhodného rámu probíhá následovně:

- navrhnutí rozmístění vnitřních dutin výstřiků a rozvodu taveniny do nich,
- určení celkové průmětné plochy dutin výstřiku a rozvodných kanálů,
- stanovení nezbytné uzavírací síly,
- dle uzavírací síly zvolit vyhovující vstřikovací stroj,
- k určenému stroji, zvolit hodící se typ rámu,
- stanovení potřebných rozměrů rámu (výběr z normálií specializovaných výrobců),
- kontrola zdali rám splňuje určité mechanické podmínky,
- vybrat vhodné vodící, spojovací a doplňkové mechanismy.

V dnešní praxi se hojně využívá databází specializovaných výrobců normálií, kde je možno dle zadaných parametrů vyhledat nejvhodnější rám. [13]

Vlastní rám formy představuje celek vzájemně spojených desek, jehož hlavním funkcí je nést tvarové dutiny s vtokovým systémem. Rám musí zajišťovat:

- přesné vystředění na vstřikovacím stroji,
- bezpečné upnutí na stroji,
- možnost dobrého umístění temperančního a vyhazovacího systému,
- přesné vedení pohyblivých částí formy,
- jednoduché vložení tvarových vložek a dalších funkčních dílů. [13]

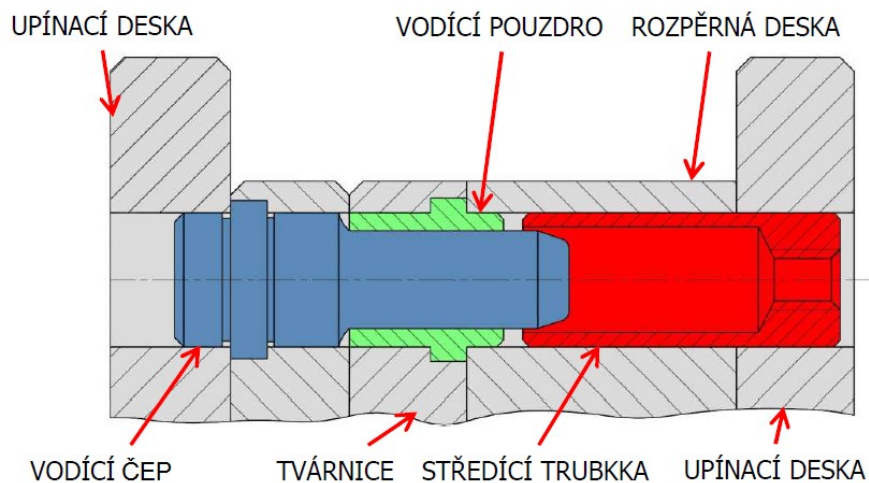


Obr. 13 Hlavní části vstříkovací formy [15]

- 1 - středící kroužek, 2 - kotevní desky, 3 - podkladové desky,
 4 - tvarové desky, 5 - vodící čep, 6 - pouzdra vodících čepů,
 7 - rozpěrná deska, 8 - desky vyhazovačů, 9 - vtoková vložka

4.3 Vodící a spojovací části forem

Formu jako soustavu desek a různých dílů můžeme rozdělit na pevnou a pohyblivou část. Tyto sestavy jsou vzájemně vystředěny a vedeny za pomoci vodících čepů, pouzder a dalších součástí. [13]



Obr. 14 Příklad řešení středění a vedení vstříkovacích forem [16]

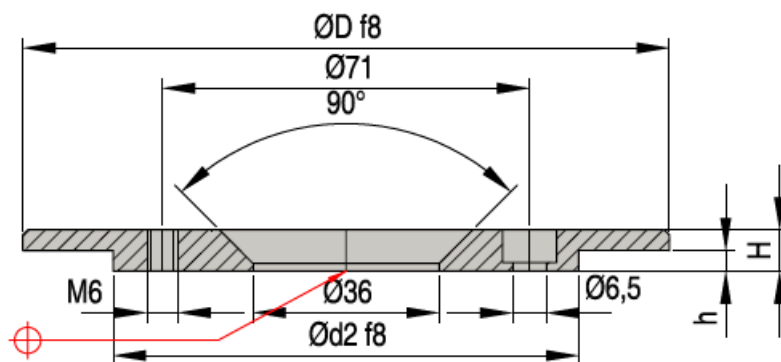
4.3.1 Rozpěrky

Používají se v pohyblivé části formy (někdy i pevné). Mohou být vyrobeny různých průřezů. Jejich umístění se volí s ohledem na celkovou tuhost rámu. Plní úlohy:

- zvětšují celkovou stavební výšku formy,
- utváří prostor pro funkci vyhazovacího systému,
- utváří prostor u forem s vyhřívanými tryskami. [13]

4.3.2 Středící kroužky

Jejich hlavní funkcí je vystředění samotné formy na vstřikovacím stroji. Středící kroužky se umísťují na obě strany formy k zaručení sousostnosti stroje s formou. Případně k zajištění proti spadnutí z upínací desky stroje. Průměry kroužků se vyrábí dle příslušných vstřikovacích strojů.[14]



Obr. 15 Normalizovaný středící kroužek firmy DME [18]

4.4 Vtokový systém

Vtokový systém obstarává dopravu taveniny plastu z otvoru trysky vstřikovacího stroje do tvarové dutiny formy. Je zapotřebí, aby toto plnění proběhlo co možná v nejkratším čase a s minimálními odpory. Volba tvaru vtoku a jeho rozměry a umístění vtokového ústí zásadně ovlivňují:

- vlastní spotřebu taveniny plastu,
- vzhled, rozměry a vlastnosti výrobku,
- energetickou náročnost procesu,
- náročnost opracování výrobku. [4]

4.4.1 Násobnost formy

Pro správně zvolenou násobnost formy je nutné posuzovat faktory, které ji nejvíce ovlivňují:

- vlastnosti a požadovaná přesnost výrobku,
- požadovaný počet kusů za určité období,
- dle parametrů dostupného vstřikovacího stroje,
- z hlediska ekonomického.

Z pravidla se výrobky velmi složitých tvarů, tak jako výrobky velkých rozměrů vyrábí v jednonásobných formách. Čím více násobná forma je, tím je faktor možných nepřesností větší. [4]

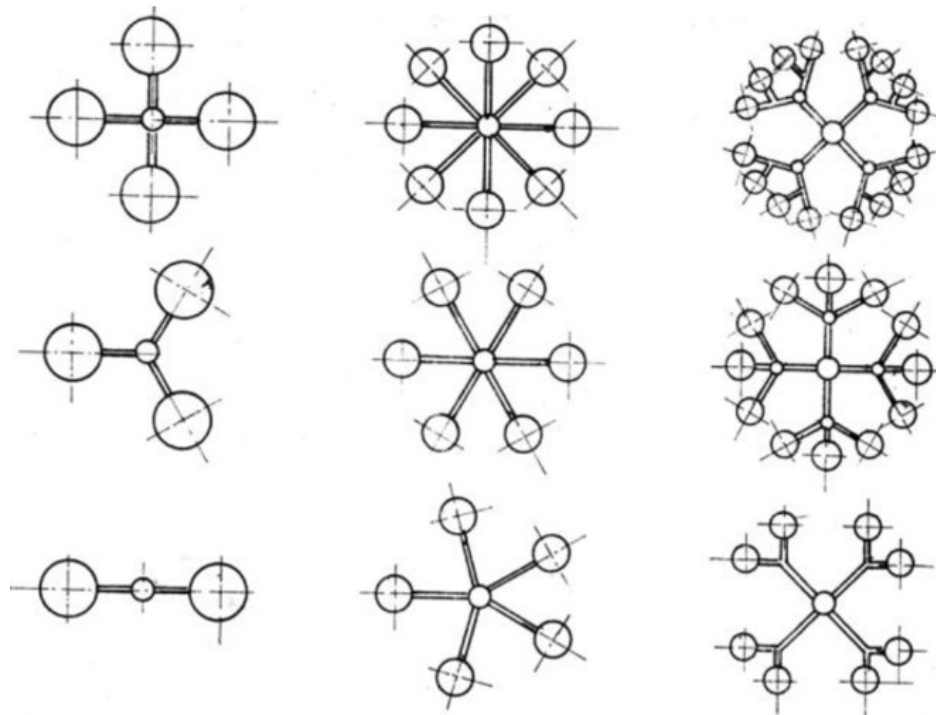
4.4.2 Studené vtokové systémy

Je třeba brát v potaz, že tavenina je vstřikována do chladné formy. Během tečení taveniny studeným vtokovým systémem se viskozita taveniny na vnějším povrchu kanálku značně zvyšuje. Čím je vyšší viskozita, tím jsou zapotřebí vyšší vstřikovací tlaky. Ztuhlá vrstva na vnějším povrchu, vytváří vlastně tepelně izolační vrstvu proudící tavenině. Za těchto podmínek se obecně zaplní celá dutina. Když dojde k zaplnění, náhle dojde k prudkému zvýšení odporu a průtok se sníží. Při tom vlastní tavenina již předává teplo povrchu formy a tuhne. Vlivem velkých tlaků vzniká v oblastech vtokových ústí velké teplo, což zpomaluje tuhnutí taveniny.

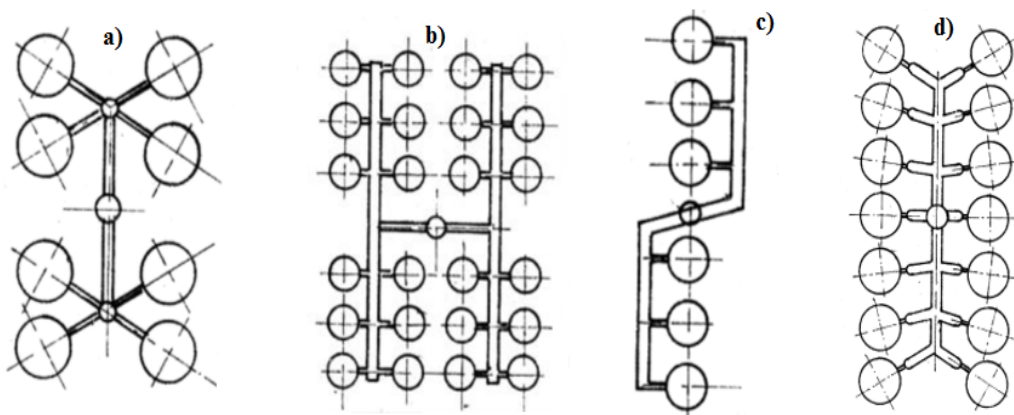
4.4.3 Obecné zásady řešení studených vtokových systémů

Řešení studených vtokových systémů musí zajistit aby:

- dráha toku byla co nejkratší (od vstřikovacího stroje k tvarové dutině),
- byla tato dráha toku ke všem dutinám totožná (zajištění rovnovážného plnění),
- snaha použít jednoho vtokového ústí (zamezení vzniku více studených spojů). [4]



Obr. 16 Příklady symetrického uspořádání studených vtokových systémů [16]



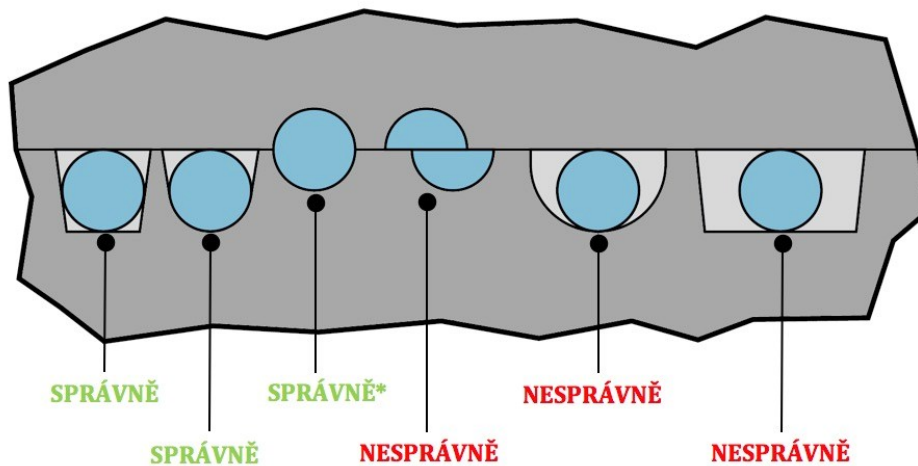
Obr. 17 Řadové uspořádání vtokové soustavy vícenásobných forem [16]

a) se stejnou délkou dráhy toku taveniny, b), c), d) s rozdílnou délkou dráhy (nevhodné)

4.4.4 Průřezy vtokových kanálů

Je nutné, aby byl průměr kanálů dostatečně velký na to, aby se jádro taveniny nacházelo plastickém stavu po vyplnění tvarové dutiny formy. To je nezbytné k použití dotlaku. Aby byly ztráty způsobené ochlazováním co nejmenší, je zapotřebí aby měl vtokový kanál při co

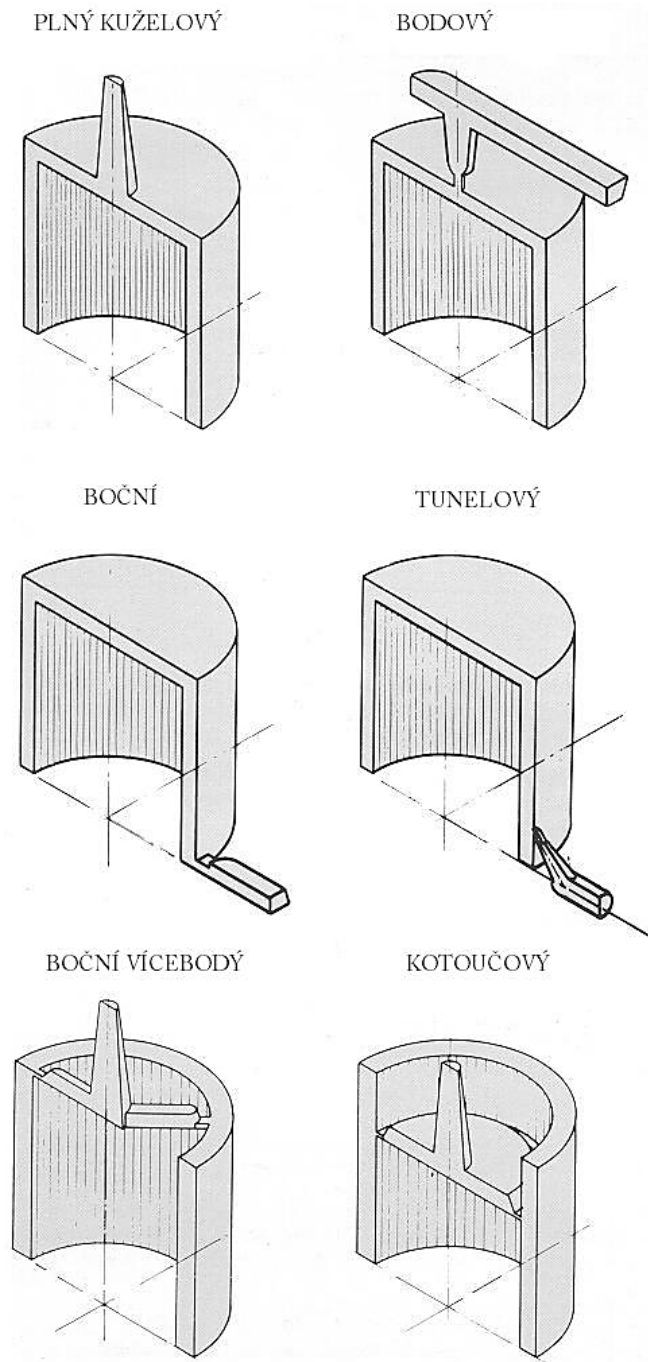
nejmenším povrchu co největší průřez. Tomu nejlépe odpovídá kruhový průřez, ale z důvodů technologických se používá i jiných tvarů jak je možné vidět na obr. 18.



Obr. 18 Porovnání vhodnosti provedení rozváděcích kanálů [12]

4.4.5 Vtoková ústí

Vtoková ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Toto zúžení má za následek snížení klesající teploty před vstupem do tvarové dutiny formy. Tím se zamezí strhávání chladnějších vrstev z vnějšího obvodu a vzniku některých defektů. Průřez se volí co nejmenší z ohledem na vlastnosti výrobku, materiálu a samotném technologickém procesu. Ten ale musí spolehlivě naplnit dutinu formy a umožnit působení dotlaku. [4]



Obr. 19 Základní typy vtokových ústí [16]

Volba správného umístění vtokového ústí je velmi důležitá, jak z hlediska samotného tečení taveniny, tak z hlediska možných deformací. Je proto třeba dodržovat určité zásady při umisťování vtokového ústí a to:

- snažit se vtokové ústí umisťovat do nejtlustšího místa (stěny), to umožní použití tlaku k odstranění některých vad (lunkrů),

- za vtokovým ústím by měla být nějaká překážka pro zlom proudící taveniny (nedopustit volný tok taveniny do dutiny formy), vznik hadového efektu,
- neumíst'ovat vtok do konstrukčně nosných míst (přenášení mechanického namáhání) z důvodu toho, že v místa vtoků jsou koncentrátoři napětí a tím pádem jsou vždy nejslabšími místy výrobku. [13]

4.4.6 Vyhřívání vtokových systémů

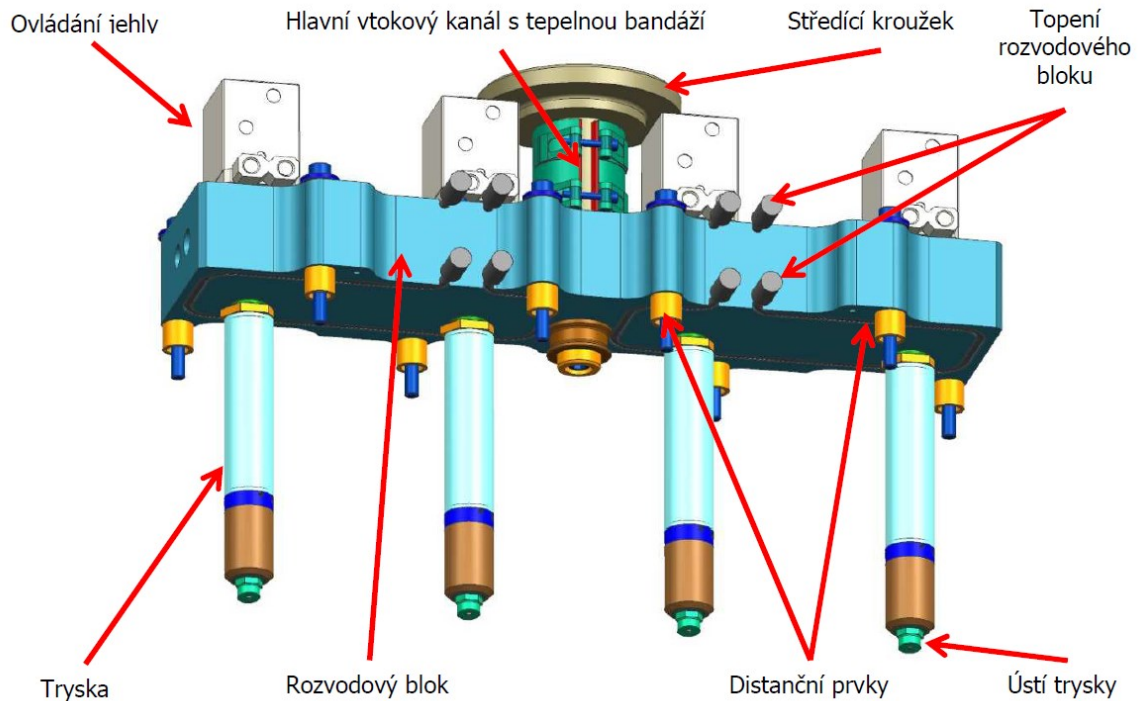
Vyhřívání vtokových soustav ve zkratce (VVS) v dnešní době zaujímají, čím dál tím větší uplatnění a jejich vývoj se neustále posouvá kupředu. Oproti systémům se studenými vtokovými soustavami se liší zásadně v tom, že si je vstříkovny kupují od specializovaných firem. Existuje velké množství konstrukčních řešení, které jsou vhodná na různé aplikace. Princip technologie je založen na tom, že dodávaná tavenina je od oblasti vtoku až po vtokové ústí v plastickém stavu. Což umožňuje použití bodového vyústění, které lze aplikovat u širokého pásma výrobků. [4,13]

Hlavní výhody oproti studeným vtokovým soustavám jsou:

- automatizace výroby,
- zkrácení výrobních časů (cyklů),
- vstříkuje se bez vtokových zbytků (úspora materiálu),
- snížení nákladů na dokončovací práce,
- odpadá nutnost řešení vtokových zbytků a jejich recyklace.

Oproti tomu k nevýhodám patří:

- není vhodné pro některé druhy plastů a obzvláště při malých výrobních sérii,
- nutnost vysoké technické úrovně (pracoviště, techničtí pracovníci),
- vysoké náklady (energetická náročnost) a složitost formy. [13]



Obr. 20 Řez horkým vtokem s jehlou [17]

4.4.7 Vytápěné rozvodné bloky

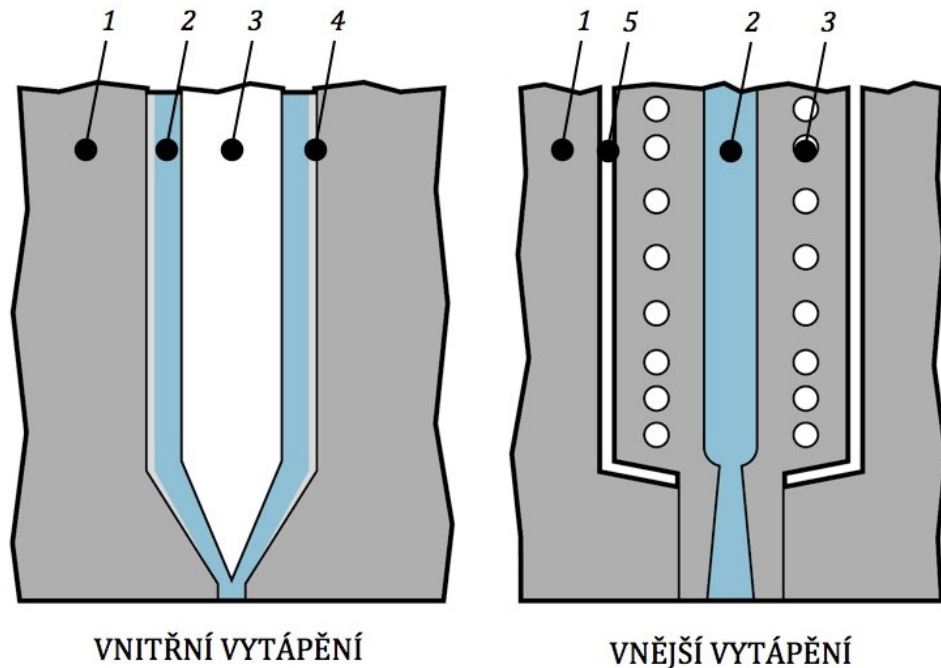
Slouží k dopravě taveniny do tvarových dutin formy. Vytápěné rozvodné bloky se používají především pro vícenásobné formy. Využívají předehřívání trysek s předkomůrkami. Aby byla zajištěna správná funkčnost, je zapotřebí udržení rovnoměrného vyhřívání. To je zajištěno za pomoci topných patron, hadů atd. Většinou se jedná o ocelový blok, který je uložen mezi tvarovou a upínací deskou, zpravidla na pravé (nepohyblivé) straně formy. [4]

4.4.8 Vyhřívání trysky

Vyhřívání trysky zajišťují za dokonalé teplotní stabilizace spojení vstřikovacího stroje s tvarovou dutinou formy. Vylepšují tak technologický proces vstřikování. Mohou mít svůj vlastní zdroj vytápění a regulaci (nebo jsou ohřívány jiným zdrojem). Typy vyhřívání trysky lze rozdělit na:

- nepřímo vyhřívání trysky,
- vyhřívání trysky (s vnějším vytápěním a vnitřním vytápěním).

U trysek s vnitřním vytápěním tavenina obtéká topné těleso (torpédo), naproti tomu u trysek s vnějším vytápěním, kde tavenina teče v otvoru uvnitř trysky kolem které je umístěno topné těleso. [4]



Obr. 21 Základní provedení vyhříváných trysek [12]

1 - studený materiál formy, 2 - kanál pro proudění taveniny, 3 - topné těleso,
4 - zamrzlá vrstva taveniny, 5 - izolační vzduchová mezera

4.5 Temperace vstřikovacích forem

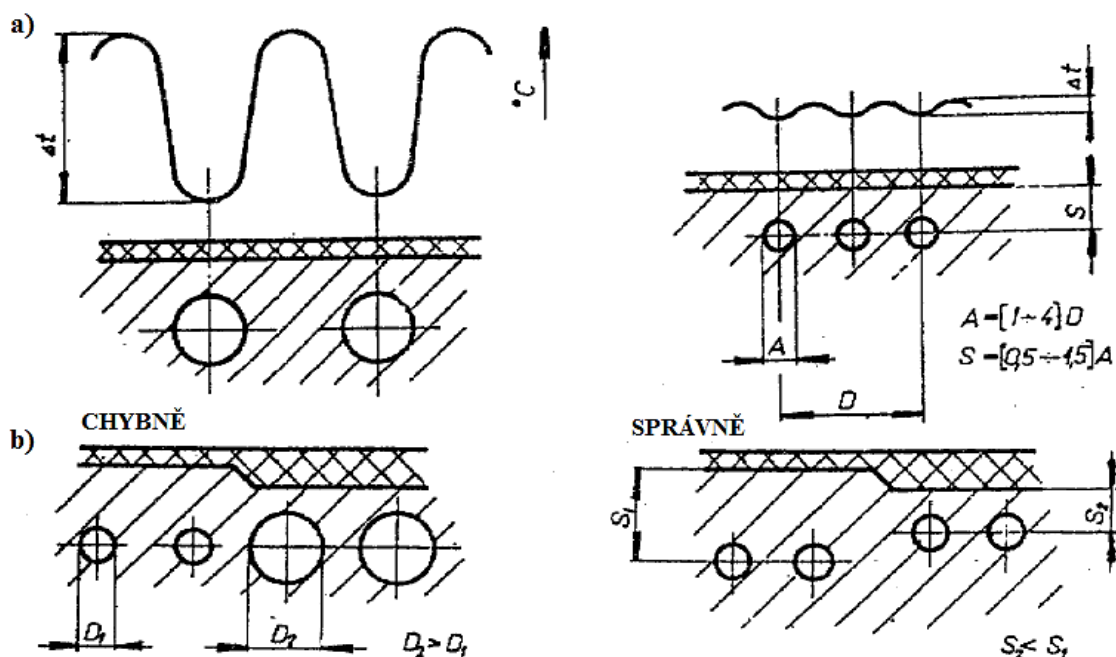
Slouží k uchování konstantního tepelného pole vstřikovací formy. Za pomoci temperace se udržují stále technologické podmínky v rámci každého cyklu. Ovlivňuje tedy plnění tvarové dutiny a stará se o optimální tuhnutí a chladnutí taveniny. Temperací forem je označováno jejich ochlazování (ohřívání) na danou teplotu. Teplo se z formy odvádí za pomoci vhodně navrženého temperačního systému, které se skládá z kanálů a dutin, kterými proudí temperační médium. Samotné teplo se předá pomocí kanálků a dutin a za pomoci média je odvedeno pryč. Během vstřikování teplota formy kolísá. Při vstřiku taveniny se teplota zvýší a následně vlivem temperačního média klesá. Je nutné proto navrhnout temperační systém,

aby tato diference teplot byla co nejmenší. To zahrnuje správné navržení a rozmístění temperačních kanálů a výběr nejvhodnějšího temperačního média. Temperační soustava bývá umístěna v pevné a pohyblivé části vstřikovacích forem. [4]

4.5.1 Zásady volby temperačních kanálů

V návrhu temperačního systému se rozměry a umístění jednotlivých dutin a kanálů volí dle návrhu formy. Samotná vzdálenost kanálu od tvarových dutin musí být přiměřená, aby nenarušovala pevnost a tuhost stěn tvarových dutin formy. Je výhodnější použít více kanálů o menším průřezu než menší počet kanálů s větším průřezem. Samotné rozmístění kanálu by mělo být rovnoměrné. Nejčastěji se využívá průřezů kruhových (ale i obdélníkových), velikost průřezu se volí dle:

- velikosti výstřiku,
- rámu formy,
- druhu plastu. [14]



Obr. 22 Příklady a vliv rozmístění temperačních kanálů [14]

a) vliv rozmístění kanálů na průběh teploty povrchu tvárnice

b) chlazení výstřiku o různé tloušťce stěny

4.5.2 Temperační prostředky

Temperační prostředky jsou děleny na:

- aktivní (působí přímo ve formě – teplo přivádí či odvádí),
- pasivní (pasivně ovlivňují tepelný režim formy).

Mezi aktivní prostředky řadíme různé kapaliny. Ty nám obíhají temperačním systémem a pomocí přestupu tepla probíhá tepelná výměna. Nejčastěji se používají: voda, oleje a glykoly. [14]

4.6 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém vstřikovací formy slouží k automatickému vyprazdňování tvarové dutiny formy. Výrobek se vytlačí nebo vysune z otevřené dutiny formy. Základní podmínkou úspěšného vyhození je jeho správně navrhnutý tvar (úkos stěn ve směru vyhazování) a hladký povrch a dostatečná vyhazovací síla. Umístění a počty vyhazovačů mohou být velmi různé. Vyhazovače mohou plnit také funkci části tvárníku či tvořit tvarové dutiny výstřiku. K vyhazování by mělo docházet rovnoměrně, jinak hrozí poškození či vznik trvalých deformací. Po vyhazování většinou zůstávají viditelné stopy. S tím je třeba počítat při samotném návrhu formy, a pokud je tomu na závalu navrhnout zaformování výstřiku tak, aby jej bylo možné vyhodit z nepohledové strany. Vyhazování se dá rozdělit z hlediska pohybu na:

- dopředný pohyb (vyhození),
- vratný pohyb, vlastní návrat vyhazovacího systému do původní pozice.

Dopřední pohyb se zajistí pomocí:

- narážecího kolíku,
- hydraulického či pneumatického systému,
- ruční mechanismy.

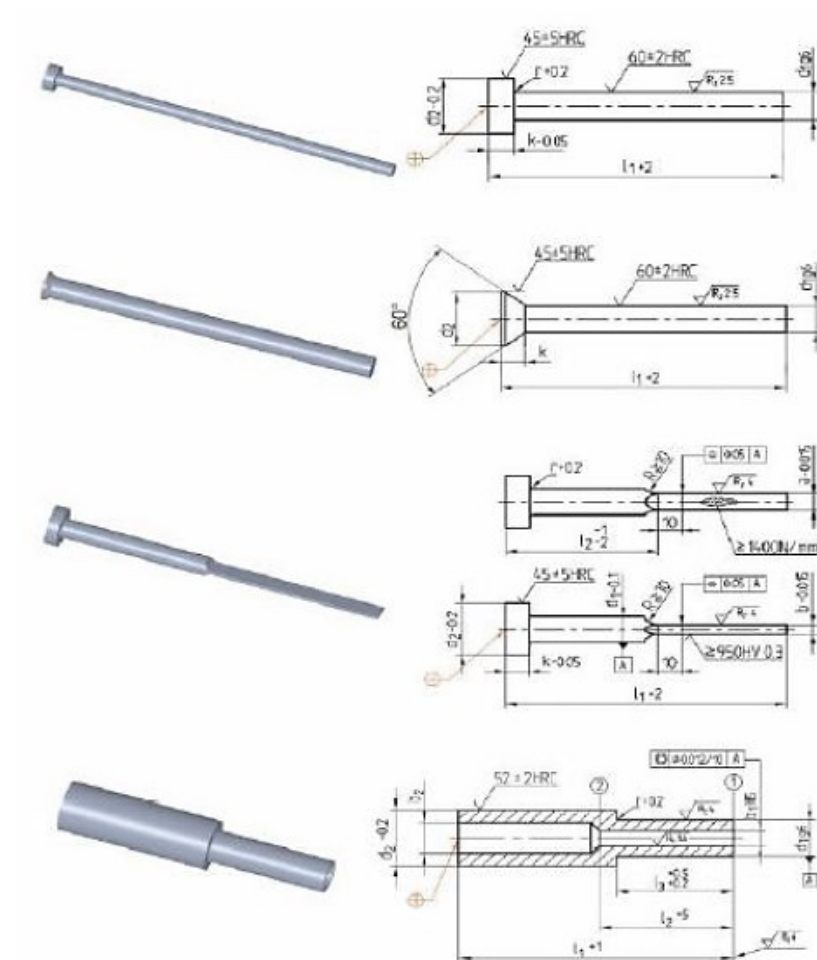
Vratný pohyb:

- vratné kolíky,
- pružinový mechanismus,
- speciální hydraulické, vzduchové či mechanické zařízení. [14]

4.6.1 Mechanické vyhazování

Je nejčastěji používaným systémem vyhazování. Pokud je to možné tak se používá přednostně. Existují různá konstrukční řešení:

- vyhazování za pomoci stíracích elementů, trubkových vyhazovačů,
- vyhazování za pomoci vyhazovacích kolíků,
- vícestupňové vyhazování, šikmé vyhazování. [14]



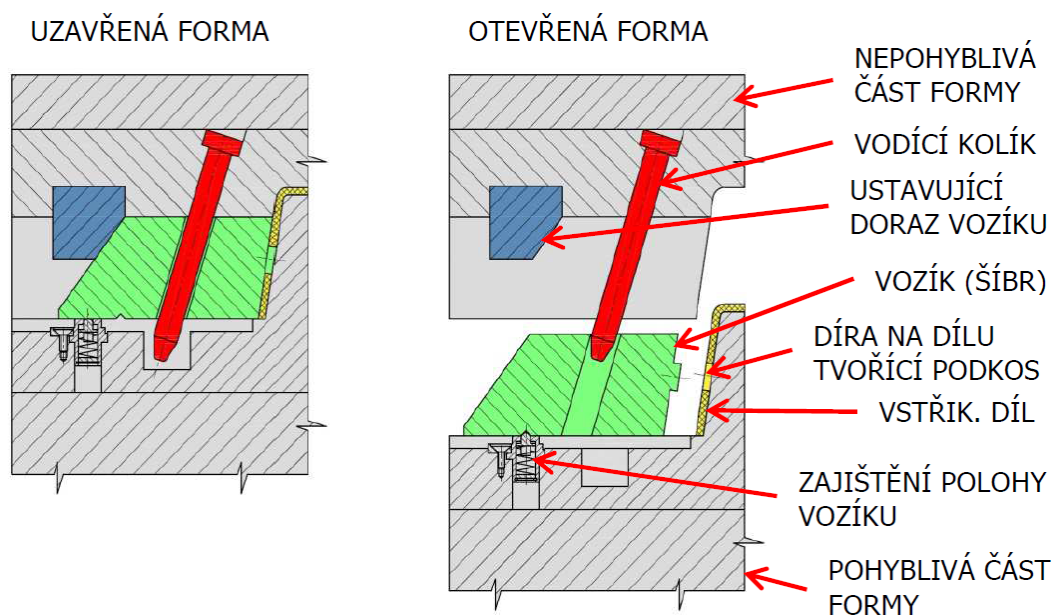
Obr. 23 Vyhazovací kolíky [14]

4.7 Boční posuvné čelisti

Boční posuvné čelisti (šíbrý) slouží k výrobě dutin, výstupků či zahloubení, které nelze vyrobit běžným odformováním výrobku. Jejich pohyb je nejčastěji kolmý k ose nástroje, ale mohou vykonávat také pohyb pod úhlem. Umožňují ukotvovat jádra, nebo tvarové části výrobku. Základní rozdělení posuvných čelistí je možno členit dle jejich polohy vůči výrobku

na čelisti vnitřní a vnější. Při uzavření formy je nutné zajistit jejich polohu. K tomu se využívá takzvaných zámků, které zajišťují funkci dorazu za pomoci zkosených ploch. V otevřené poloze se posuvné čelisti zajišťují za pomoci různých mechanismů (např. pružících přitlačných kusů atd.). Zpravidla bývají umístěny v pohyblivé části formy a jejich pohyb může být řízen:

- šikmými kolíky,
- lomenými kolíky,
- hydraulickými či pneumatickými tahači. [14]



Obr. 24 Řez vstřikovací formy s posuvnými čelistmi [17]

4.8 Odvzdušnění forem

Při plnění tvarové dutiny taveninou je nutné, aby vzduch měl možnost z dutiny úniku. Nedostatečné odvzdušnění může způsobovat vady či zhoršení mechanických vlastností výsledného výrobku. V praxi se odvzdušnění forem většinou řeší až po odzkoušení hotové vstřikovací formy. Pokud k těmto nechtěným jevům dochází je potřeba navrhnout vhodné odvzdušnění vstřikovací formy. To se provádí za pomoci odvzdušňovacích kanálek. Ty by neměly způsobovat přetoky na výrobku. U jednodušších výrobků lze určit umístění kanálek na základech zkušeností konstruktérů, ale u složitých výrobků již je nutno použití simulačních programů. [13,14]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÉ CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Dle zadání bakalářské práce byly stanoveny tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- provést konstrukci 3D modelu zadaného plastového dílu,
- provést konstrukci 3D modelu vstřikovací formy,
- nakreslit sestavu formy s kusovníkem.

Literární studie byla rozdělena na čtyři základních části, ve kterých byly rozebrány základní poznatky o polymerních materiálech, technologii vstřikování, zásadách konstrukce vstřikovaných výrobků a vstřikovacích forem. V teoretické části byl řešen návrh vstřikovací formy na zadaný plastový díl.

6 POUŽITÉ SOFTWAREVÉ PROGRAMY

6.1 CATIA V5-6R2014

CATIA (computer-aided three-dimensional interactive application) je jeden z nejrozšířenějších a nejpoužívanějších softwarů 3D počítačové konstrukce v oblastech CAD/CAM/CAE na světě. Vyvíjený francouzskou softwarovou firmou Dessault Systèmes. Systém je specifický velmi širokým spektrem řešení integrovaným do jednoho prostředí schopným pokrýt celý vývoj produktu. Jedním z takových modulů je Mold Tooling Design, který jak již název napovídá, slouží k návrhu a konstrukci vstřikovacích forem. Ten byl při samotném konstrukčním návrhu vstřikovací formy použit spolu s dalšími základními moduly (Part Design, Generative Shape Design, Assembly Design). CATIA je nejpoužívanější software především v leteckém a automobilovém průmyslu, ale i ostatních průmyslových odvětvích. [19]

6.2 HASCO DAKO 3D MODUL R1/2017

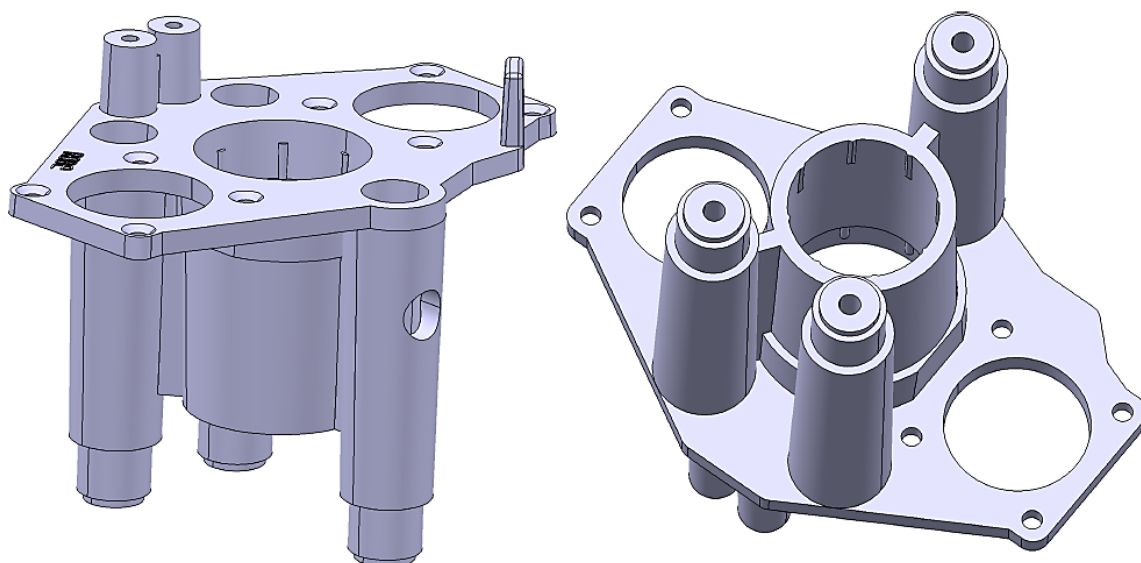
Jedná se o univerzální modul společnosti HASCO specializující se na výrobu normálií v oblasti technologie vstřikování. Hlavní předností použití těchto normalizovaných dílů je především ekonomické hledisko. Umožňuje zvýšit rychlost konstrukce a opravy forem. Jedná se v podstatě o katalog normalizovaných součástí, který umožňuje zjistit všechny důležité parametry (rozměry, ceny, atd.) a následně si z něj importovat jednotlivý díl přímo do námi zvoleného 3D softwaru.

7 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Jedná se o výrobek, který se používá v nových LED světlech firmy ROBE. Vstříkovaný díl slouží k uložení dvojice elektrických krokových motorů, kterými se ovládá pohyb lamel a otáčení světlovodu. Ten je uchycen za pomoci nalisovaných ložisek v prostředním otvoru což umožňuje regulovat požadovaný efekt světla. Základní největší rozměry výrobku jsou: šířka 63,4 mm, hloubka 40,5 mm a výška 49 mm.



Obr. 25 Fotografie vstříkovaného výrobku



Obr. 26 3D model zadaného vstříkovaného dílu

7.1 Volba materiálu vstříkovaného výrobku

Vstříkovaný materiál byl zvolen polykarbonát (PC). Jedná se o termoplastický polymer, který vyniká vysokou rázovou houževnatostí a vysokou mechanickou pevností (obzvláště v tahu). Má také velmi dobré elektroizolační vlastnosti a je velmi rozměrově stálý (až do 140°C). Před zpracováním je důležité polymer dobře předsušit. Nejčastěji se zpracovává při teplotách 280 až 310°C. Formu je nutné temperovat na teplotu 80 až 120°C. [5]

Použitý materiál s označením Panlite L1225Z100 vyrábí firma TEIJIN.

Tab. 1 Vybrané vlastnosti materiálu Panlite L1225Z100 [20]

VLASTNOSTI	HODNOTA	JEDNOTKA	ZKUŠEBNÍ NORMA
Fyzikální			
Hustota	1,20	g/cm ³	ISO 1183
Objemový index toku taveniny (300°C/1,2Kg)	12,0	cm ³ /10min	ISO 1133
Nasákavost (23°C, 24hod)	0,20	%	ISO 62
Smrštění	0,5-0,7	%	-
Mechanické			
Modul pevnosti v tahu	2400	MPa	ISO 527-2/1
Napětí na mezi kluzu	61	MPa	ISO 527-2/50
Poměrné prodloužení na mezi kluzu	6	%	ISO 527-2/50
Jmenovité poměrné prodloužení při přetržení	>50	%	ISO 527-2/50
Modul pevnosti v ohybu	2400	MPa	ISO 178
Charpyho vrubová houževnatost	71	kJ/m ²	ISO 179
Teplotní			
Teplota průhybu při zatížení 1,8MPa	128	°C	ISO 75-2/A
Teplota měknutí	148	°C	ISO 306/B50
Elektrické			
Elektrická pevnost	30	Kv/mm	IEC 60243-1
Optické			
Index lomu	1,585		ASTM D542

7.2 Volba vstřikovacího stroje

Konstrukce vstřikovací formy byla provedena pro vstřikovací stroj firmy ARBURG. A to konkrétně model ALLROUNDER 470 H, který splňuje všechny potřebné technické parametry (velikost upínací desky, vzdálenost mezi vodícími sloupy stroje, objem vstřikované dávky, velikost upínací a vyhazovací síly atd.).

Tab. 2 Vybrané parametry zvoleného vstřikovacího stroje [21]

ARBURG ALLROUNDER 470 H	HODNOTA	JEDNOTKA	FORMA
Uzavírací jednotka			
Maximální uzavírací síla	1000	kN	-
Výška formy	250-500	mm	417
Velikost upínací desky	637 x 637	mm	-
Vzdálenost mezi vodícími sloupy stroje	470 x 470	mm	546x446
Maximální vyhazovací síla	40	kN	-
Maximální zdvih vyhazovačů	170	mm	49
Vstřikovací jednotka 170			
Průměr šneku	30	mm	-
Poměr šneku L/D	120		-
Maximální objem vstřikované dávky	85	cm ³	57
Maximální vstřikovací tlak	2000	bar	-
Maximální vstřikovací rychlost	250	cm ³ /s	-
Maximální přitlačná síla trysky	50	kN	-



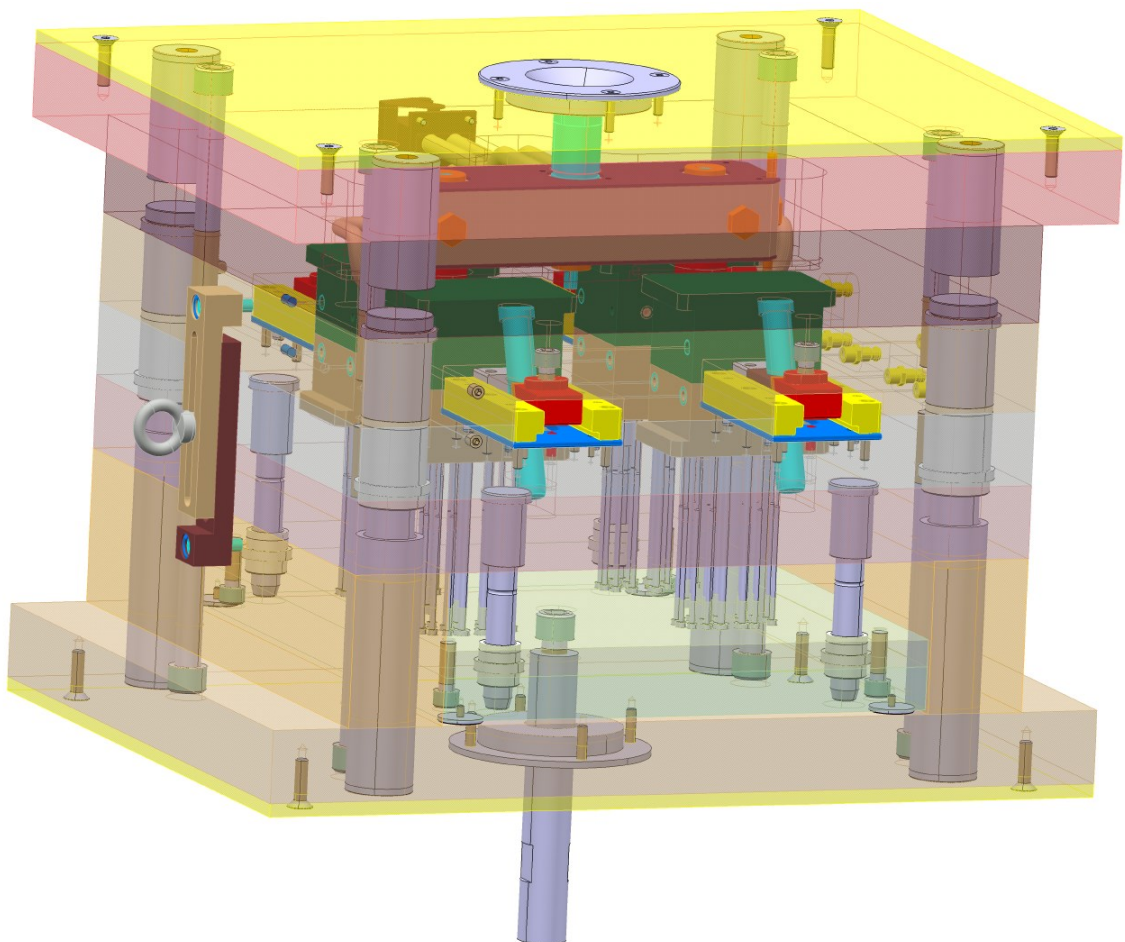
Obr. 27 Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 H [21]

8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Konstrukce vstřikovací formy byla řešena dle zadání vedoucího BP práce a to:

- použití kombinace horké a studené vtokové soustavy,
- násobnost formy - čtyřnásobná,
- zaformování bočního otvoru pomocí bočních posuvných čelistí.

Samotná konstrukce by měla být co nejjednodušší s ohledem na charakter výrobku a požadovanou přesnost. Pro usnadnění a urychlení návrhu vstřikovací formy bylo snahou použití normalizovaných dílů. A to výrobce HASCO, který se specializuje na výrobu normalizovaných součástí pro výrobu vstřikovacích forem. To usnadňuje a urychluje nejen samotný konstrukční návrh, ale je to i výhodné z hlediska oprav. Použití normalizovaných dílů je především ekonomicky výhodné a snižují celkové náklady na výrobu vstřikovací formy.



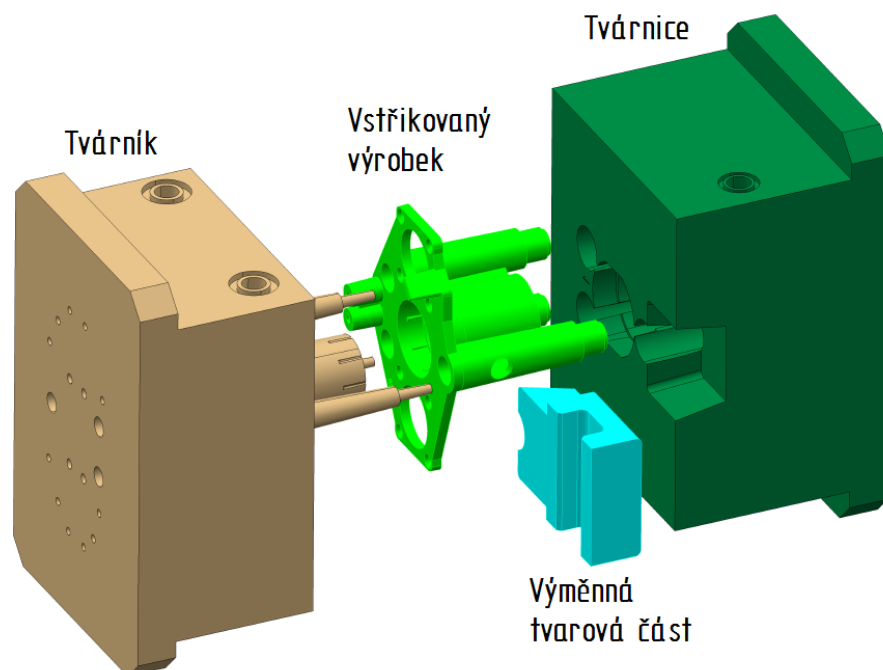
Obr. 28 Sestava vstřikovací formy

8.1 Volba násobnosti formy

Volba násobnosti formy je závislá na požadované přesnosti vyráběného dílu. Čím jsou větší požadavky na přesnost, tím by násobnost formy měla být nižší. Dále je nutné posoudit požadovaný celkový počet vyráběných výrobků v určitém časovém horizontu a ekonomiku výroby. A v neposlední řadě zdali je vstříkovací stroj schopný výroby s požadovanými parametry. Dle zadání vedoucího BP byla zvolena násobnost formy jako čtyřnásobná. To znamená, že za jeden výrobní cyklus se vyrobí čtyři výrobky.

8.2 Zaformování a volba dělicí roviny

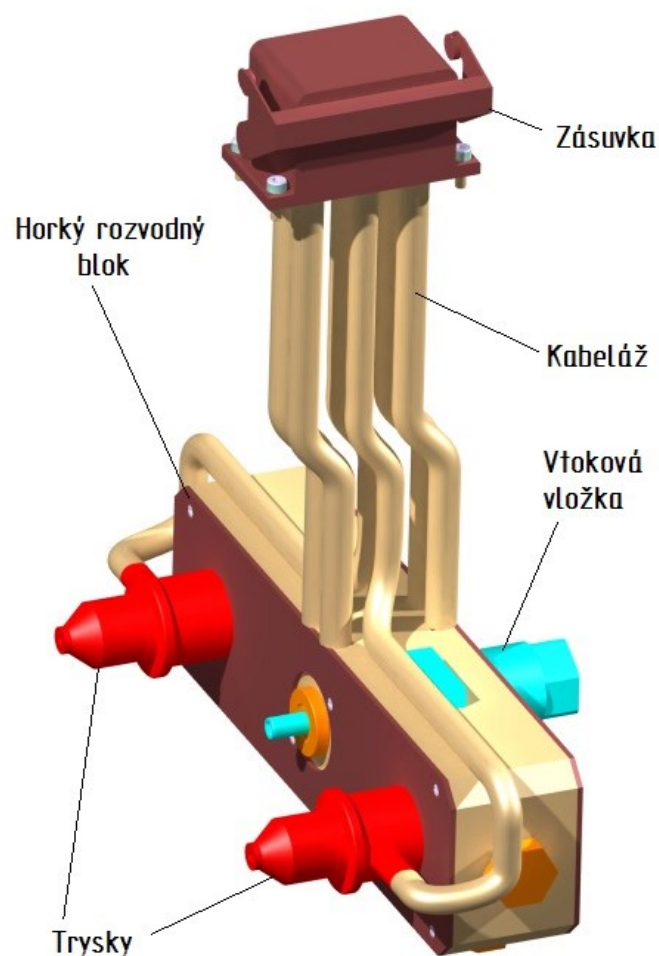
Velmi důležitou částí návrhu vstříkovací formy je správná volba umístění dělicí roviny s ohledem na odformování výrobku z tvarové dutiny formy. Hlavní dělicí rovina se nachází na rozhraní mezi tvárnici a tvárníkem. Ty jsou umístěny tak, aby výrobek po vstříknutí a následném otevření formy zůstal na levé (pohyblivé) straně formy a potom mohl být vyhozen. Toho je docíleno za pomoci tvarových jader tvárníku, které zhotovují díry ve vyráběném dílci, na nichž bude výrobek přidržen při otevírání vstříkovací formy. Z důvodu otvoru na vyráběném dílci, jehož osa je kolmá na hlavní dělicí rovinu je nutné použití bočních tvarových čelistí, bez kterých by nebylo možné výrobek odformovat. Vznikají tím další vedlejší dělicí roviny a rozměry nevázané formou.



Obr. 29 Zaformování výstřiku

8.3 Vtoková soustava

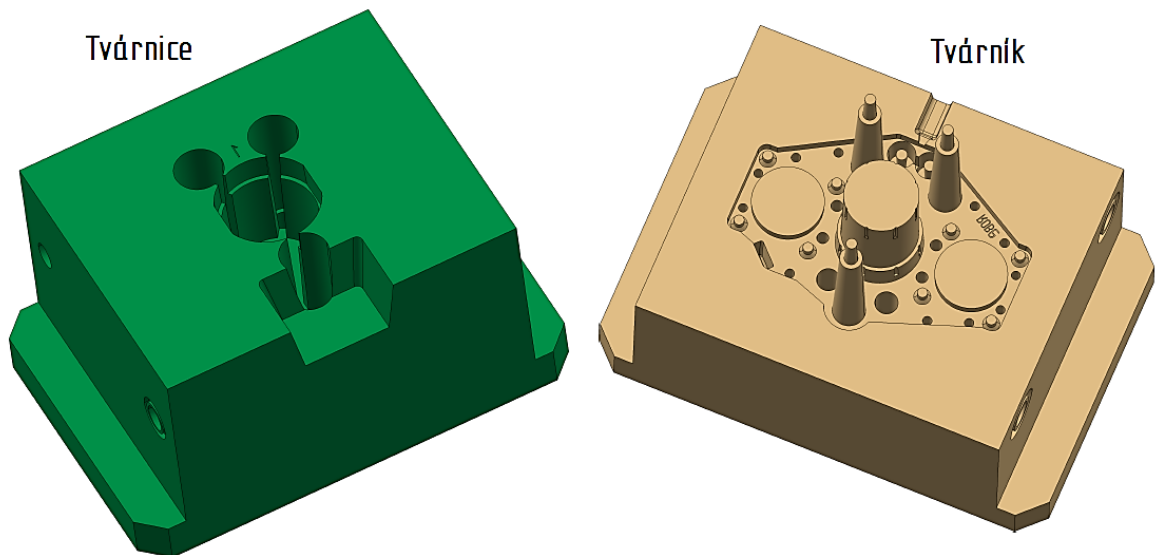
Vtoková soustava má za úkol dopravu taveniny do tvarové dutiny formy. A to v co nejkratším čase. Dráha toku by měla být co nejkratší. V případě vícenásobných forem je nutné, aby dráha toku taveniny byla stejně dlouhá ke všem tvarovým dutinám. Tím se docílí naplnění veškerých dutin ve stejný čas. V tomto případě byla zvolena kombinace horkého vtokového systému se studeným vtokovým systémem. Skládající se z horkého rozvodného bloku značky HASCO s označením H106/1/71x250/46 opatřeného dvěma tryskami bez hrotu stejnojmenného výrobce Z103/32x66 . Ty ústí do rozvodných vtokových kanálů lichoběžníkového průřezu zhotovených v levé kotevní desce. Horký rozvodný blok je umístěn ve vybrání mezi pravou upínací deskou a pravou kotevní deskou a je mezi nimi vymezen za pomoci podložek. Vystředění a zajištění proti pootočení je zajištěno pomocí několika válcových kolíků. Hotový výrobek a vtokový zbytek je přidržen na levé (pohyblivé) straně pomocí dvou přidržovačů toku.



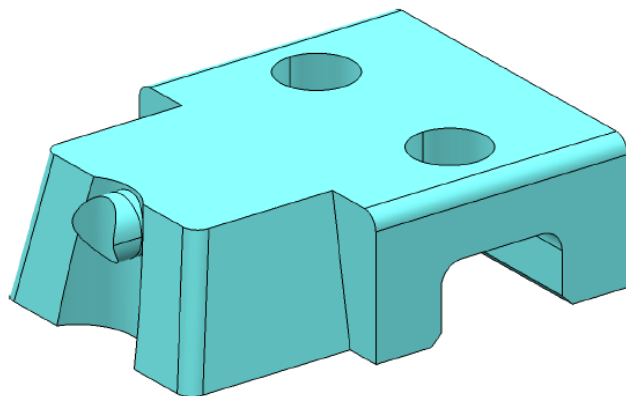
Obr. 30 Sestava horkého rozvodného bloku

8.4 Tvarové části formy

Výslednou podobu výrobku udává tvarová dutina formy. Ta je tvořena tvárnici (pravá strana formy) a tvárníkem (levá strana formy) a posuvnou tvarovou čelistí. Ty společně tvoří tvarovou dutinu, která je zvětšena o hodnotu smrštění. V případě použitého materiálu (polykarbonátu) je rovna 0,6%. Tvárnice a tvárníky byly voleny jako vložky. Což je značně výhodnější z hlediska ekonomiky výroby a případných oprav. Díky tomu není nutné vyrábět celou kotevní desku z nástrojové oceli, ale postačí běžná konstrukční ocel. Pokud není možné opravit poškozenou část, není nutné celou desku vyrábět znovu, ale opraví se či vymění daný tvárník, tvárnice. Na každé tvárnici je zhotoveno číslo dutiny, aby se při případných problémech po vstříkování vědělo, z jaké dutiny výrobek pochází. Tvárník a tvárnice jsou provrtány kanálky, které slouží k temperaci. Jejich ukotvení je zajištěno tvarem pomocí osazení.



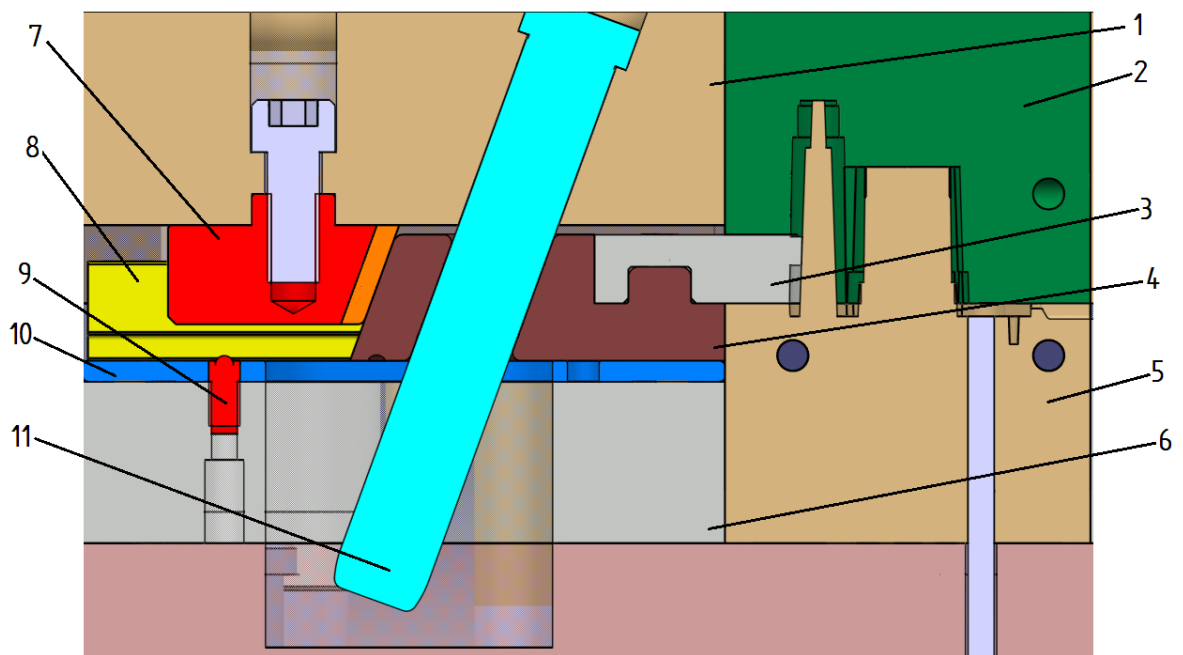
Obr. 31 Pohled do tvarové dutiny tvárnice a tvárníku



Obr. 32 Výměnná tvarová část posuvných čelistí

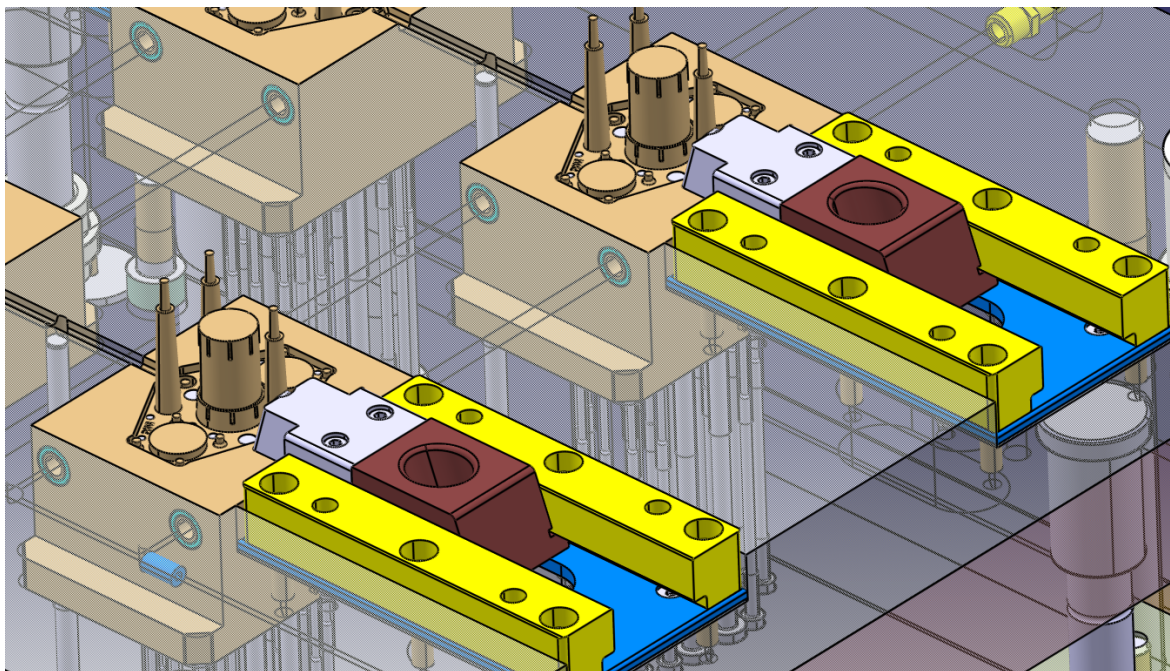
8.5 Posuvné tvarové čelisti

Slouží k zaformování díry kolmé na hlavní dělicí rovinu. Toho je docíleno za pomoci posuvných tvarových čelistí. Ty jsou umístěny na levé straně formy a tvarují nejenom požadovanou díru, ale také část průměru výrobku. Tvarová část je výměnná a k posuvné čelisti je uchycena za pomoci dvou šroubů. Ovládání posuvných tvarových čelistí je iniciováno za pomoci šikmého válcového kolíku. Ten je ukotven na pravé straně formy pod úhlem 20°. Při otvírání je posuvná tvarová čelist nucena posuvu kvůli šikmé válcové ploše. Díra, v které se šikmý kolík pohybuje, je vyrobena s vůlí 0,2 mm. Pohyb je zajištěn za pomoci dvou vodících lišt a kluzné desky, ve kterých se posuvná tvarová čelist pohybuje. Po otevření formy je zajištěna poloha za pomoci pojistného šroubu s kuličkou na pružině. Uzavírací silou se posuvná čelist z pojistné kuličky uvolní a konečnou ustavenou polohu a funkci dorazu plní zámek, který posuvnou tvarovou čelist uzamkne v potřebné poloze.



Obr. 33 Řez zaformováním bočního otvoru

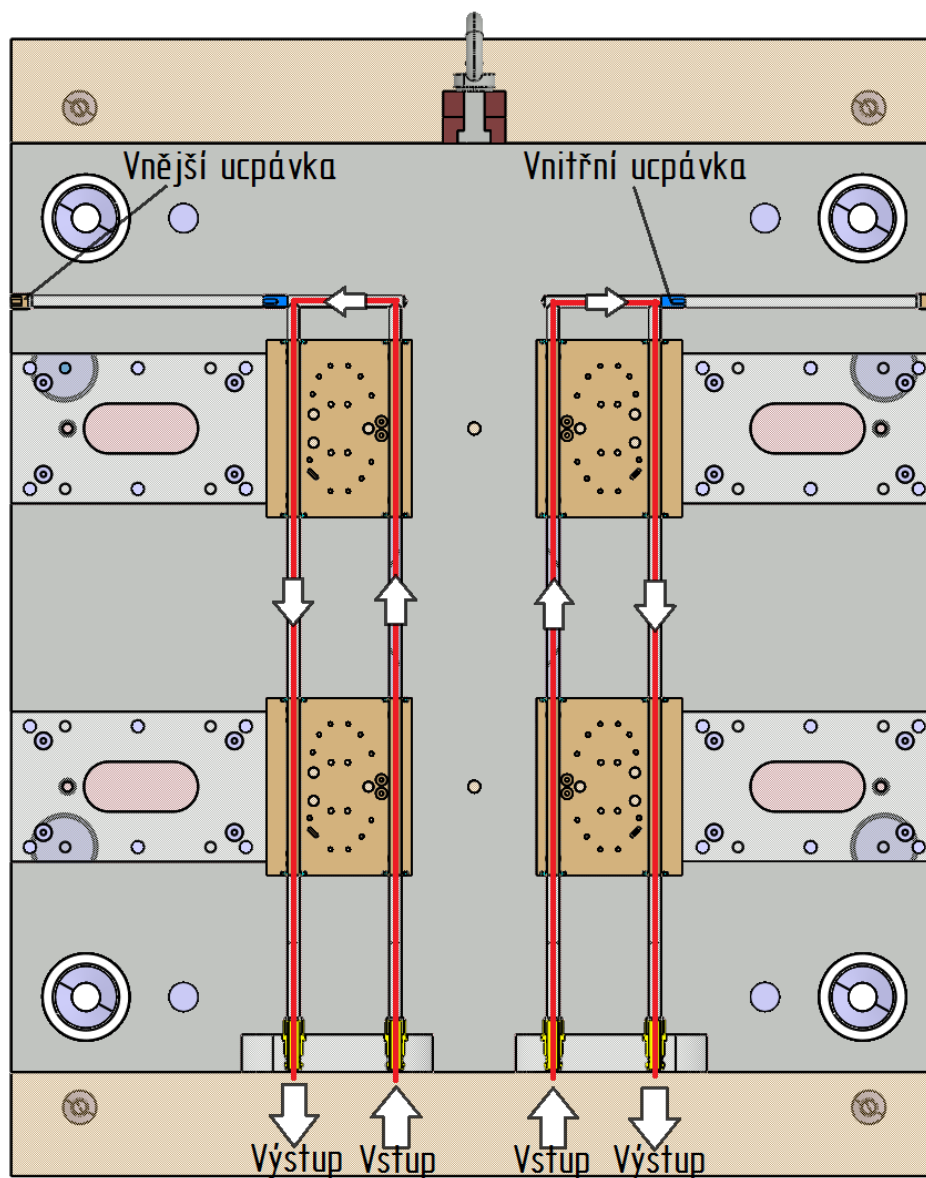
1 - pravá kotevní deska, 2 - tvárnice, 3 - tvarové jádro, 4 - posuvná čelist,
5 - tvárník, 6 - levá kotevní deska, 7 - zámek, 8 - vodící lišta, 9 - pojistný šroub
s kuličkou, 10 - kluzná deska, 11 - šikmý kolík.



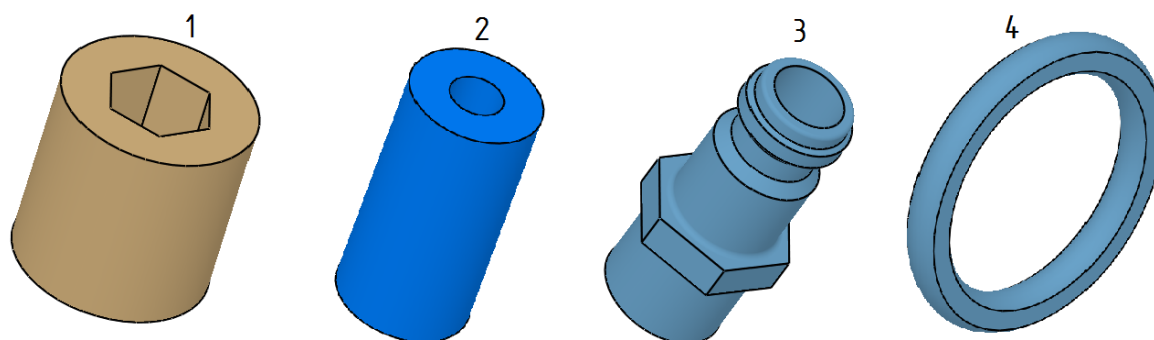
Obr. 34 Pohled do levé strany formy na boční posuvné čelisti

8.6 Temperační systém

Má za úkol udržení stálého tepelného pole vstřikovací formy. Zajišťuje (ovlivňuje) optimální plnění a následné tuhnutí a chladnutí vstřikovaného materiálu. Před vstřikováním je zapotřebí formu vyhřát na pracovní teplotu 90°C. Po vstřikování je nutné vzniklé přebytečné teplo odvést z formy, aby bylo zajištěno stálých technologických podmínek. Toho je dosaženo vrtanými kanály, kterými proudí temperační médium, kterým byla zvolena voda. Použity byly vrtané kanály o průměru 6 mm, které se nachází v pravé i levé části formy. V levé části formy jsou dva temperační okruhy, jeden připadá pro dva tvárníky. Na pravé straně formy je použit jeden temperační okruh pro všechny tvárnice. Celkem je použito tedy tři temperačních okruhů pro celou formu. Okruhy jsou uzavřeny za pomoci ucpávek. Při přechodu mezi kotevními deskami do tvarových vložek, byly použity těsnící o-kroužky.

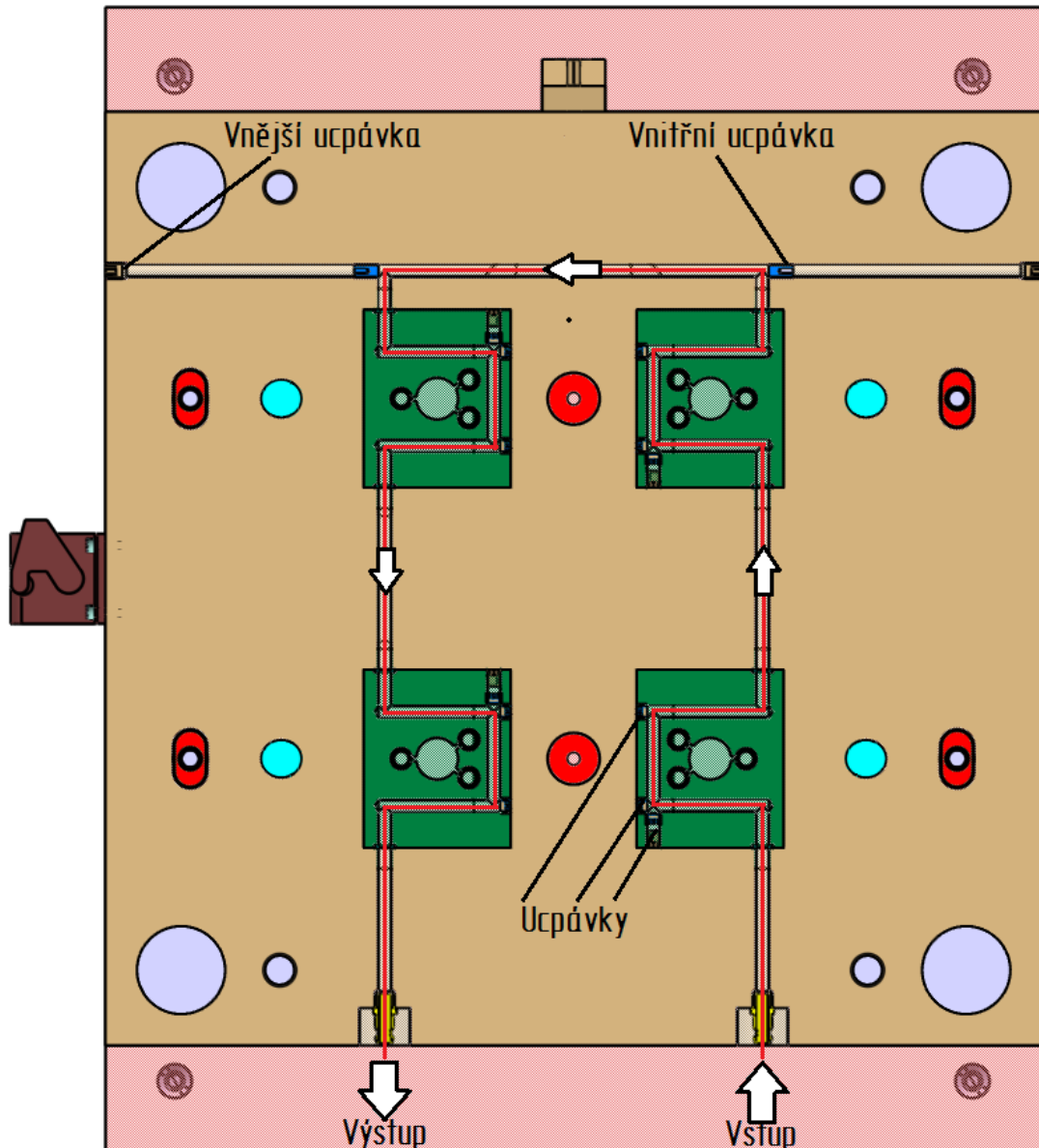


Obr. 35 Temperace levé části vstříkovací formy



Obr. 36 Části temperačního systému

1 - vnější ucpávka (uzavírací šroub), 2 - vnitřní ucpávka (uzavírací zátka),
3 - připojovací nátrubek, 4 - těsnící o-kroužek

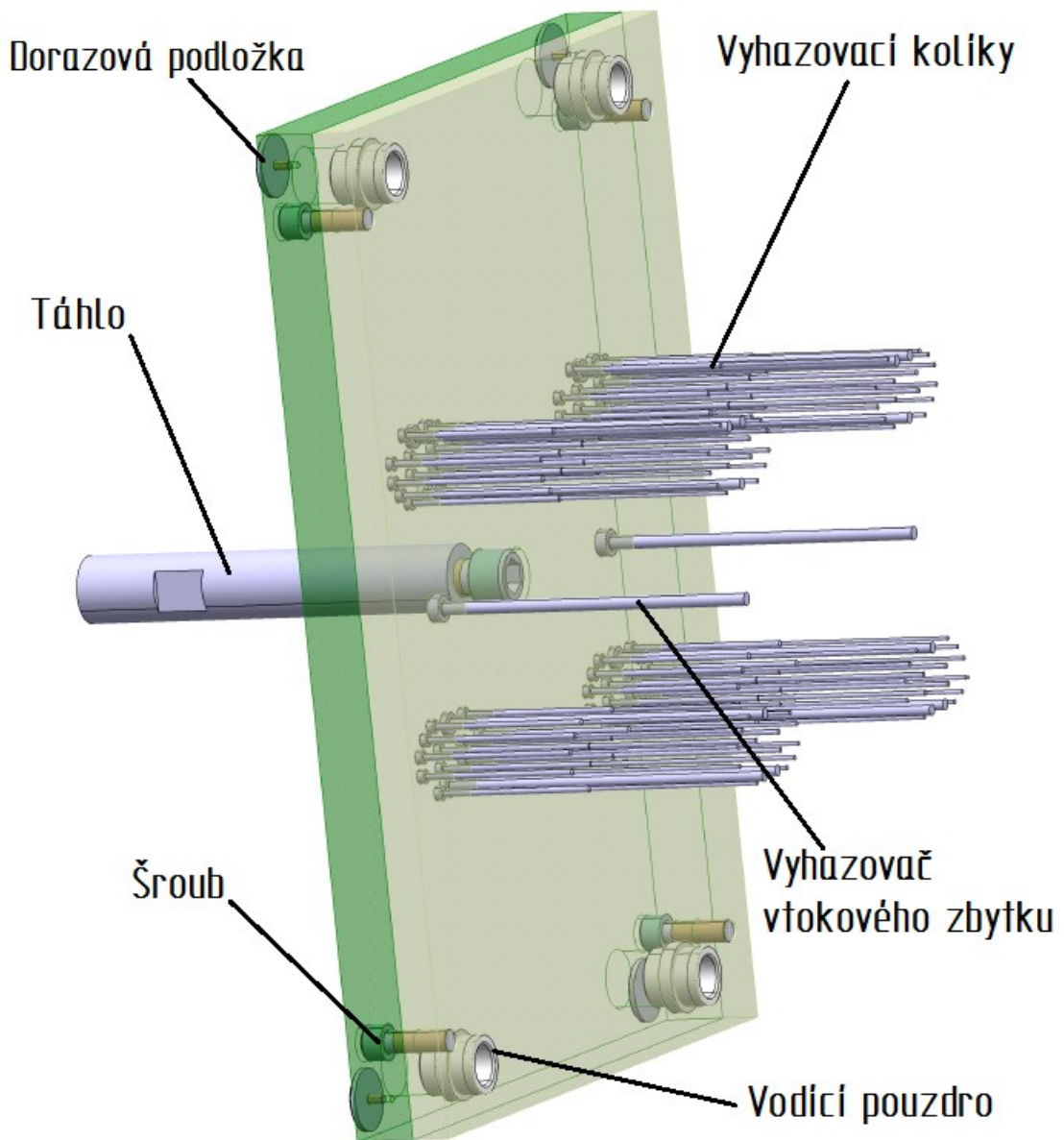


Obr. 37 Temperace pravé části vstřikovací formy

8.7 Vyhazovací systém

Slouží k vyhození (vytlačení) již hotového výrobku z dutiny formy. Je nutné, aby výrobek zůstal na levé straně formy. Toho je docíleno pomocí tvaru tvárníku, na jehož jádrech tvarující díry ve výrobku bude zchladnutý materiál držet. Vtokový zbytek bude přidržen pomocí dvou zhotovených přidržovačů toku. Vyhazovací desky jsou dvě: vyhazovací deska upínací a kotevní, ty jsou vzájemně spojeny čtyřmi šrouby. V tomto řešení bylo použito celkem 72 válcových vyhazovacích kolíků o průměru 2, 2,5, 5 a 6 mm. Ty jsou rovnoměrně rozmístěny na ploše výrobku. Z toho 18 připadá na jeden výrobek a dva na vyhození vtokového zbytku.

Jeho odstranění od výstřiku bude provedeno po výrobě. Vedení vyhazovacích desek je zajištěno pomocí čtyř vodících čepů, které jsou uchyceny v levé opěrné desce. Ty jsou vystředěny a vedeny za pomoci vodících pouzder, které jsou uchyceny ve vyhazovacích deskách. Ze spodní strany vyhazovacích desek jsou přišroubovány dorazové podložky. Pohyb vyhazovacího systému je ovládán hydraulicky za pomoci táhla.



Obr. 38 Vyhazovací systém formy

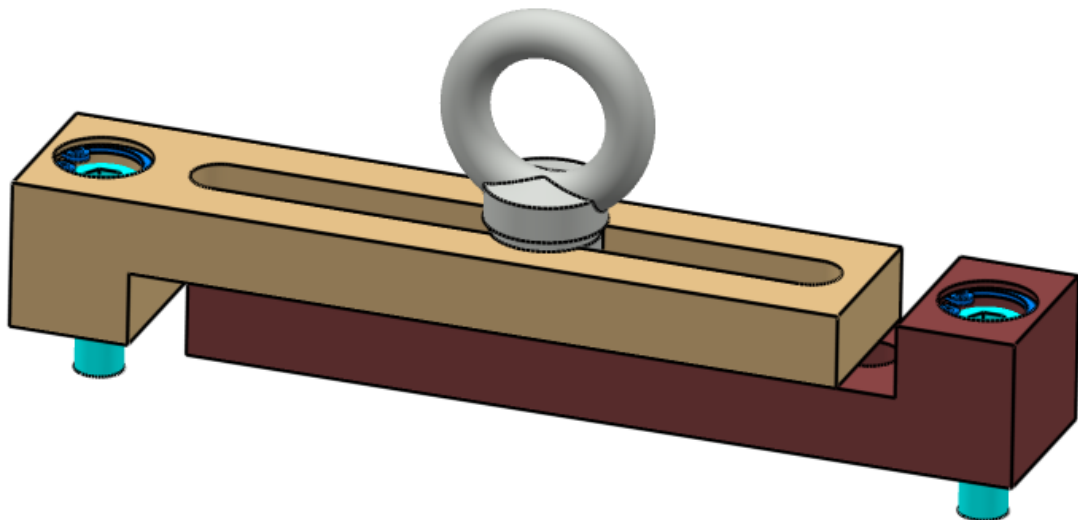
8.8 Odvzdušnění formy

Je nutné zajistit, aby při uzavření tvarové dutiny a následném vstříknutí roztaveného materiálu měl vzduch kudy uniknout. Pokud by tomu tak nebylo, hrozilo by stlačení vzduchu a

vzniku tzv. Dieselového efektu, který má neblahý vliv na vzhled (spálené místo) a výsledné vlastnosti výrobku. V tomto konstrukčním návrhu se odvodušení formy neřešilo. Předpokládá se, že vzduch unikne vůlema mezi dělicími rovinami a vůlema vyhazovačů. V případě zjištění těchto vad při zkouškách formy, by bylo nutné navrhnout odvodušňovací systém a to odvodušňovacími kanálky.

8.9 Transportní systém formy

Kvůli velké hmotnosti formy je zapotřebí k manipulaci a usazení do vstřikovacího stroje použít zvedací zařízení. K usnadnění manipulace, a možnosti jeho použití je forma vybavena transportním můstkem se závěsným okem od výrobce HASCO s označením Z70. Ten je uchycen k formě za pomoci dvojice šroubů.



Obr. 39 Transportní můstek formy

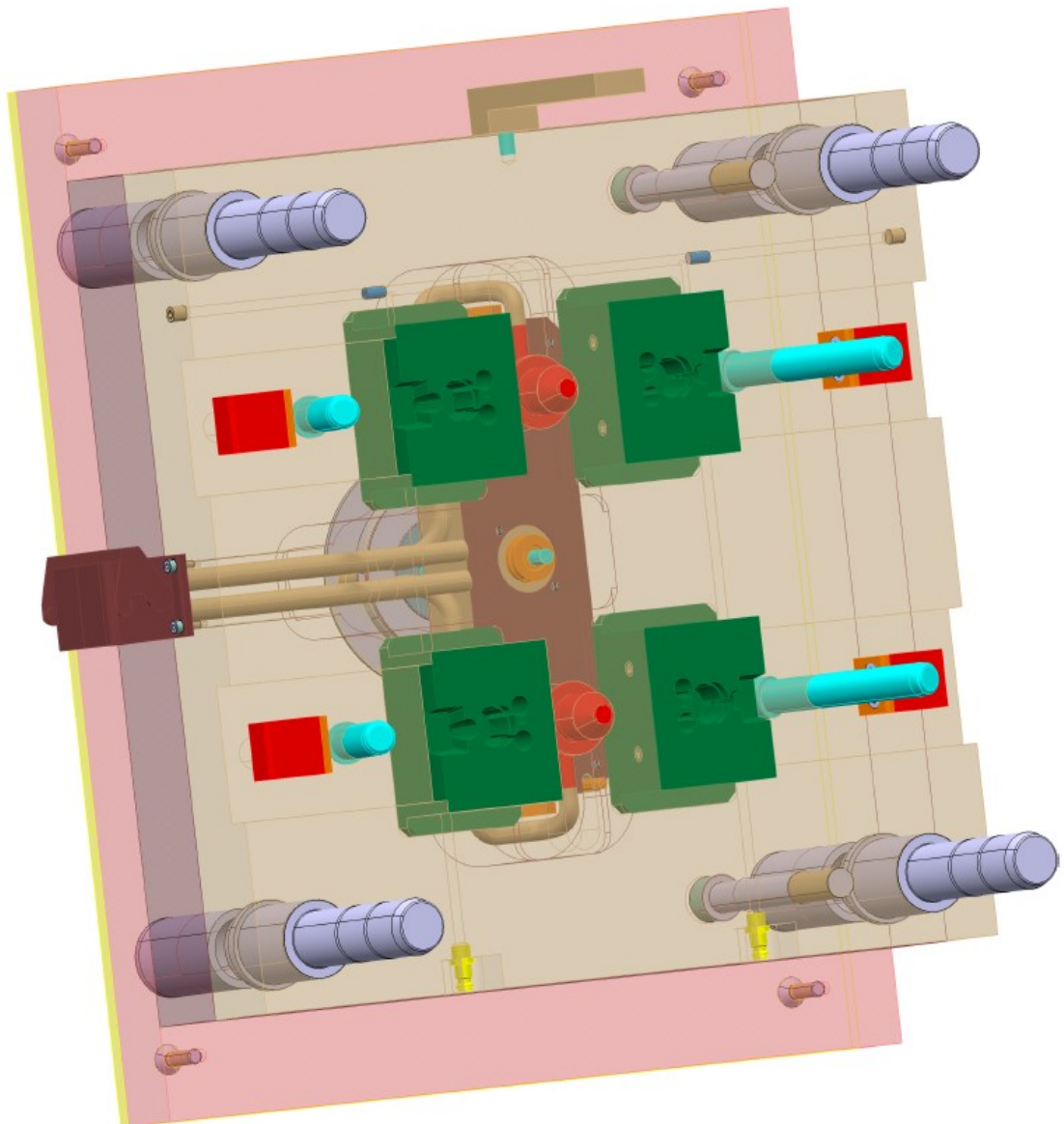
8.10 Rám, středící a vodící prvky formy

Formu lze rozdělit na tři primární části:

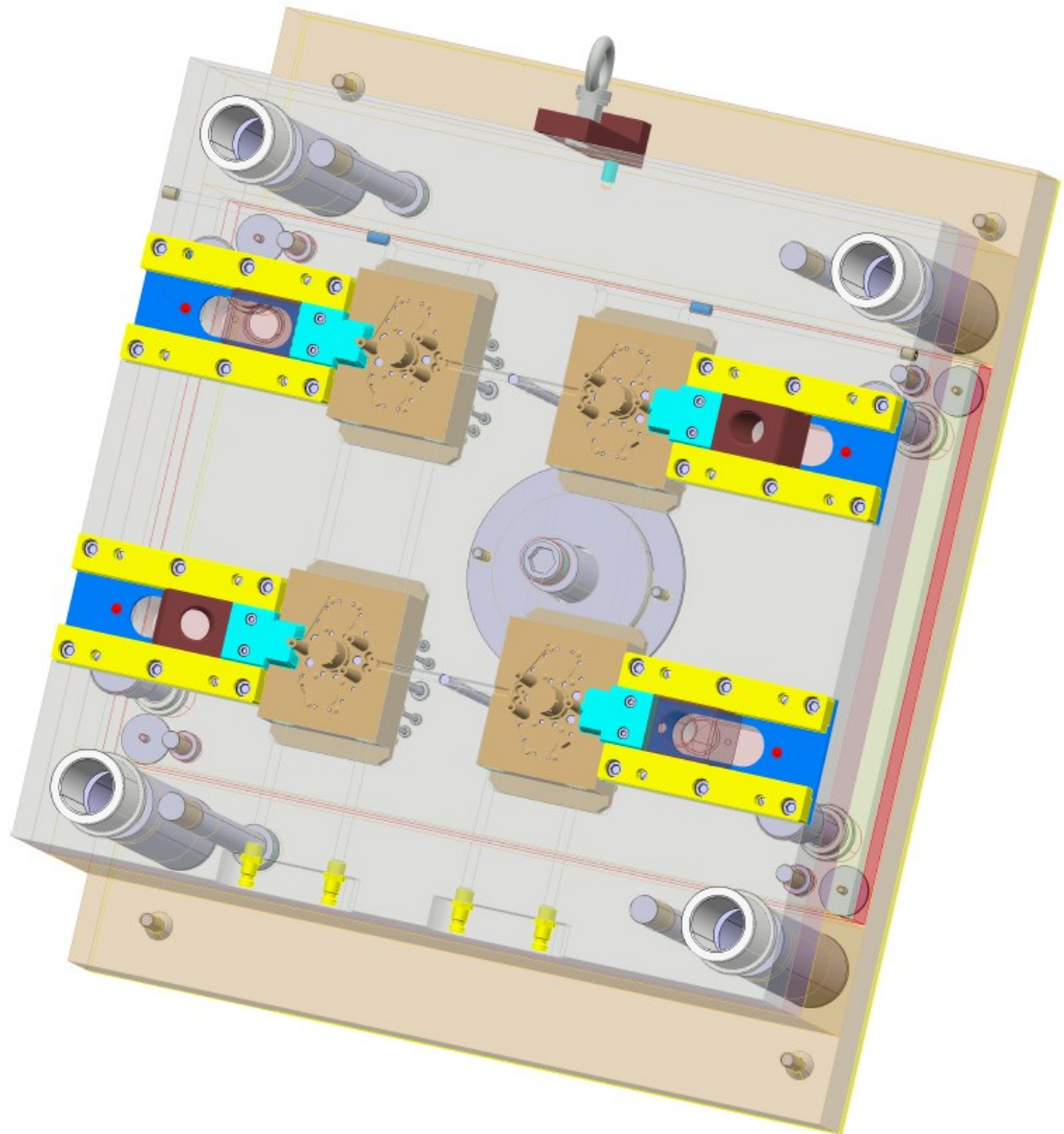
- pravou (nepohyblivou) stranu formy,
- levou (pohyblivou) stranu,
- vyhazovací systém.

Při konstrukčním návrhu byl použit stavebnicový systém návrhu formy dle normálí firmy HASCO, který je součástí modulu Mould Tooling Design v programu CATIA. Dle normalizovaných rozměrů byl zvolen rozměr formy 546 x 446 mm. Jednotlivé desky jsou vystředěny pomocí středících trubek a vedení je zajištěno za pomoci vodících čepů ve vodících

pouzdech. Desky jsou vzájemně spojeny za pomoci šroubů. K vystředění formy na vstřikovací stroj je použito dvou středících kroužků.



Obr. 40 Pohled do pravé strany formy



Obr. 41 Pohled do levé strany formy

ZÁVĚR

Hlavními úkoly této práce bylo zpracovat literární studii z oblasti vstřikovacích forem a posléze konstrukční návrh vstřikovací formy pro zadaný plastový díl. Ten slouží jako držák elektrických krokových motorů v LED světle firmy ROBE.

Dle charakteru výrobku a jeho budoucího použití byl zvolen stejně jako u originálního produktu materiál polykarbonát s označením Panlite L1225Z100 od výrobce TEIJIN, který svými vlastnostmi splňuje veškeré kladené požadavky. Vstřikovací stroj byl zvolen značky ARBURG s označením ALLROUNDER 470 H splňující veškeré požadované parametry. Násobnost formy je dle zadání čtyřnásobná. Zaformování výsledného tvaru je řešeno výměnnými tvarovými vložkami a boční otvor je zaformován za pomoci tvarových posuvných čelistí. Dle zadání byla navržena kombinace horkého a studeného vtokového systému. Použit byl horký rozvodný blok od výrobce HASCO s označením H106/1/71x250/46 se dvěma tryskami bez hrotu stejného výrobce Z103/32x66, které pomocí rozvodných vtokových kanálků rozvádí vstřikovanou taveninu do tvarových dutin formy. Vtokový zbytek bude díky dvěma přidržovačům vtoku přidržen na levé straně formy spolu s výrobkem. Jeho odstranění od výrobku bude provedeno dodatečně. Vyhození výrobku je realizováno za pomoci vyhazovacího systému tvořeného 72 válcovými vyhazovacími kolíky o průměrech 2, 2,5, 5 a 6 mm. Celkově byly použity tři temperační okruhy, které zajistí odvod přebytečného tepla z formy a stálost technologických podmínek při výrobě. Toho je dosaženo pomocí vrtaných kanálků o průměru 6 mm. Temperačním médiem byla zvolena voda. Dva samostatné okruhy se nachází na levé straně formy. Na pravé straně se nachází jeden temperační okruh. Odvzdušňovací kanálky formy nebyly řešeny z důvodu předpokládaného úniku vůlemi dělicími rovinami a vůlemi vyhazovačů.

Konstrukční návrh byl proveden v 3D softwaru CATIA V5-6R2014. Díky modulu sloužícím ke konstrukci vstřikovacích forem a použití normalizovaných dílů, konkrétně firmy HASCO byl návrh urychlen a zjednodušen. S čímž souvisí nižší celkové náklady na výrobu formy.

Výstupem práce jsou 3D modely vstřikovaného výrobku a vstřikovací formy s příslušnou výkresovou dokumentací. Ta je přiložena ve formě přílohy v tištěné i elektronické podobě na příkládaném CD.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KRATOCHVÍL, Bohumil, Václav ŠVORČÍK a Dalibor VOJTĚCH. *Úvod do studia materiálů*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005, 190s. ISBN 8070805684.
- [2] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006, 190s. ISBN 8070806176.
- [3] DVOŘÁK, Zdeněk a LAMBOROVÁ, Romana. *Základy výrobních procesů I - konstrukční materiály polymerní a kompozity*. Zlín: UTB ve Zlíně, 2008. 64s. Dostupný z WWW: <http://www.utb.cz/file/40834/>
- [4] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl - vstřikování termoplastů*. 2. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 134s.
- [5] MLEZIVA, Josef. *Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2. přepr. vyd. Praha: Sobotáles, 2000, 544s. ISBN 8085920727.
- [6] DILLINGER, Josef. *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. Praha: Europa-Sobotáles, 2007, 612s. ISBN 9788086706191.
- [7] 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/01.htm
- [8] KUTA, Antonín. *Technologie a zařízení pro zpracovávání kaučuků a plastů*. Praha: VŠCHT, 1999, 203s. ISBN 8070803673.
- [9] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN - technická literatura, 2009. 247s. ISBN 9788073002503.
- [10] DVOŘÁK, Zdeněk a LÉDLOVÁ, Hana. *Základy výrobních procesů - Výrobní technologie zpracování polymerů vstřikováním*. Zlín: UTB ve Zlíně, 2007. 84s Dostupný z WWW: <http://www.utb.cz/file/40836/>
- [11] Staněk, Michal. *Přednášky konstrukce forem (T5KF)*. Zlín: UTB ve Zlíně, 2016.
- [12] BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů [online]*. 2014. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z WWW: <https://publi.cz/books/179/Cover.html>
- [13] ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce výlisku z plastů a forem pro zpracování plastů*. SEKURKON, organizační a vzdělávací servis. 225s. ISBN 80-86604-18-7.

- [14] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů, II díl-Vstřikování termoplastů*. 1. vydání Brno: UNIPLAST, 1999. 214s
- [15] Neznámý autor [online]. Dostupné z WWW:
<http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/>
- [16] LENFELD, P Studijní materiály, Technická univerzita Liberec. Dostupné z WWW:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c8/VS.pdf
- [17] HYNEK, M. a kol. *KA 05 - PLASTOVÉ DÍLY*. Dostupné z WWW:
http://www.kks.zcu.cz/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05/
- [18] Katalog DME [online]. Dostupné z WWW:
<http://docplayer.cz/13241778-www-dmceu-com-komponenty-forem.html>
- [19] DASSAULT SYSTEMES [online]. Dostupné z WWW:
<https://www.3ds.com/>
- [20] TEIJIN [online]. Dostupné z WWW:
<https://www.teijin.com/products/resin/products/pc/index2.html>
- [21] ARBURG [online]. Dostupné z WWW:
<https://www.arburg.com/cs/cz/spektrum-sluzeb/vstrikovani/vstrikovaci-stroje/hydraulicke-stroje/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

T _g	Teplota skelného přechodu.
E	Modul pružnosti v tahu
PE	Polyethylen
cm ³	Centimetr krychlový
MPa	Megapascal
VVS	Vyhřívané vtokové systémy
CATIA	Computer-aided three-dimensional interactive application
3D	Trojrozměrný prostor
CAE	Computer Aided Engineering (počítačem podporované konstruování)
CAM	Computer Aided Manufacturing (počítačem podporovaná výroba)
CAD	Computer Aided Design (počítačem podporované projektování)
LED	Light-Emitting Diode (dioda emitující světlo)
mm	Milimetr
CD	Compact disc (kompaktní disk)
BP	Bakalářská práce

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Základní rozdělení polymerních materiálů [1]</i>	12
<i>Obr. 2 Oblast využití u amorfních plastů [4]</i>	14
<i>Obr. 3 Oblast využití u semikrystalických plastů [4]</i>	14
<i>Obr. 4 Časový sled vstřikovacího cyklu [11]</i>	18
<i>Obr. 5 Vstřikovací cyklus [7]</i>	18
<i>Obr. 6 Schéma a řez vstřikovacím strojem [6]</i>	19
<i>Obr. 7 Řez vstřikovací jednotkou [7]</i>	20
<i>Obr. 8 Vliv tloušťky stěny na technologičnost výroby [12]</i>	24
<i>Obr. 9 Vliv velikosti rádiusu na koncentraci napětí [12]</i>	25
<i>Obr. 10 Doporučené velikosti úkosů [4]</i>	26
<i>Obr. 11 Postup návrhu vstřikovací formy [12]</i>	27
<i>Obr. 12 Uzavřená dvoudesková vstřikovací forma [12]</i>	28
<i>Obr. 13 Hlavní části vstřikovací formy [15]</i>	30
<i>Obr. 14 Příklad řešení středění a vedení vstřikovacích forem [16]</i>	30
<i>Obr. 15 Normalizovaný středící kroužek firmy DME [18]</i>	31
<i>Obr. 16 Příklady symetrického uspořádání studených vtokových systémů [16]</i>	33
<i>Obr. 17 Řadové uspořádání vtokové soustavy vícenásobných forem [16]</i>	33
<i>Obr. 18 Porovnání vhodnosti provedení rozváděcích kanálů [12]</i>	34
<i>Obr. 19 Základní typy vtokových ústí [16]</i>	35
<i>Obr. 20 Řez horkým vtokem s jehlou [17]</i>	37
<i>Obr. 21 Základní provedení vyhřívání trysek [12]</i>	38
<i>Obr. 22 Příklady a vliv rozmístění temperačních kanálů [14]</i>	39
<i>Obr. 23 Vyhazovací kolíky [14]</i>	41
<i>Obr. 24 Řez vstřikovací formy s posuvnými čelistmi [17]</i>	42
<i>Obr. 25 Fotografie vstřikovaného výrobku</i>	46
<i>Obr. 26 3D model zadaného vstřikovaného dílu</i>	46
<i>Obr. 27 Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 H [21]</i>	48
<i>Obr. 28 Sestava vstřikovací formy</i>	49
<i>Obr. 29 Zaformování výstřiku</i>	50
<i>Obr. 30 Sestava horkého rozvodného bloku</i>	51
<i>Obr. 31 Pohled do tvarové dutiny tvárnice a tvárníku</i>	52
<i>Obr. 32 Výměnná tvarová část posuvných čelistí</i>	52

<i>Obr. 33 Řez zaformováním bočního otvoru</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 34 Pohled do levé strany formy na boční posuvné čelisti</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 35 Temperace levé části vstřikovací formy</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 36 Části temperačního systému</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 37 Temperace pravé části vstřikovací formy.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 38 Vyhazovací systém formy.....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 39 Transportní můstek formy</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 40 Pohled do pravé strany formy</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 41 Pohled do levé strany formy</i>	<i>60</i>

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Vybrané vlastnosti materiálu Panlite L1225Z100 [20].....47

Tab. 2 Vybrané parametry zvoleného vstřikovacího stroje [21]48

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Materiálový list Panlite L1225Z100
- P II Technický list vstřikovacího stroje ARBURG ALLROUNDER 470 H
- P III CD Disk obsahující: - textový soubor s bakalářskou prací (PDF)
- 3D modely vstřikovací formy a vstřikovaného výrobku
- výkresovou dokumentaci
- P IV Výkres sestavy formy s kusovníkem
- P V Výkres vstřikovaného výrobku
- P VI Výkres pravé strany formy
- P VII Výkres levé strany formy

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST PANLITE L1225Z100



Panlite® L-1225Z100
TEIJIN LIMITED - Polycarbonate

Monday, February 20, 2017

General Information			
Product Description			
Weather Resistant grade			
General			
Material Status	• Commercial: Active		
Availability	• Africa & Middle East • Asia Pacific	• Europe • Latin America	• North America
Features	• Good Mold Release	• Low Viscosity	• Weather Resistant
Uses	• Automotive Applications	• General Purpose	• LEDs
Automotive Specifications	• GM GMP.PC.009		
Appearance	• Clear/Transparent		
Forms	• Pellets		
Processing Method	• Injection Molding		
ASTM & ISO Properties ¹			
Physical	Nominal Value	Unit	Test Method
Density	1.20	g/cm ³	ISO 1183
Melt Volume-Flow Rate (MVR) (300°C/1.2 kg)	12.0	cm ³ /10min	ISO 1133
Molding Shrinkage			Internal Method
Across Flow : 4.00 mm	0.50 to 0.70	%	
Flow : 4.00 mm	0.50 to 0.70	%	
Water Absorption (23°C, 24 hr)	0.20	%	ISO 62
Mechanical	Nominal Value	Unit	Test Method
Tensile Modulus	2400	MPa	ISO 527-2/1
Tensile Stress (Yield)	61.0	MPa	ISO 527-2/50
Tensile Strain (Yield)	6.0	%	ISO 527-2/50
Nominal Tensile Strain at Break	> 50	%	ISO 527-2/50
Flexural Modulus ²	2400	MPa	ISO 178
Flexural Stress ²	94.0	MPa	ISO 178
Impact	Nominal Value	Unit	Test Method
Charpy Notched Impact Strength	71	kJ/m ²	ISO 179
Charpy Unnotched Impact Strength	No Break		ISO 179
Thermal	Nominal Value	Unit	Test Method
Heat Deflection Temperature (0.45 MPa, Unannealed)	141	°C	ISO 75-2/B
Heat Deflection Temperature (1.8 MPa, Unannealed)	128	°C	ISO 75-2/A
Vicat Softening Temperature	148	°C	ISO 306/B50
CLTE - Flow	7.0E-5	cm/cm/°C	ISO 11359-2
CLTE - Transverse	7.0E-5	cm/cm/°C	ISO 11359-2
RTI Elec (1.5 mm)	125	°C	UL 746
RTI Imp (1.5 mm)	115	°C	UL 746
RTI Str (1.5 mm)	125	°C	UL 746

Disclaimer:

- The numerical values described in the data sheet are typical numerical values produced with a standard test method, and they do not guarantee the product's performance in a particular application.
- The flammability as described in the data sheet is an evaluation that resulted from a small-scale test, and it cannot be applied as it is to evaluate the actual risk of fire.
- Please contact us if you wish to use the product in medical equipment, food containers and packaging, and toys.
- If you wish to use various additives (antibacterial agents, stabilizers and flame retardants) or coloring agents with this resin, please consult with Teijin Ltd. beforehand. However, please note that Teijin Ltd. does not offer any kind of guarantee or bear any responsibility with regards to using this resin in any of these applications.
- The contents of the data sheet may change without notice.
- For other details, please see the Material Safety Data Sheet (MSDS) before use.
- Please contact the Resin & Plastic Processing Business Unit of Teijin Ltd. for detailed data.
- The raw materials used in our products may be subject to regulations depending on the type of system that exists to manage chemical substances in places to which our products are delivered. In addition, a separate application may need to be filed depending on the brand. There are also cases where imports of our products are not approved. If you are an importer or exporter and intend to import or export our products to new destinations, please make sure you contact us for details of regulatory compliance in those destinations.

Panlite® L-1225Z100
TEIJIN LIMITED - Polycarbonate

Electrical	Nominal Value	Unit	Test Method
Surface Resistivity	> 1.0E+15	ohms	IEC 60093
Volume Resistivity	> 1.0E+15	ohms·cm	IEC 60093
Electric Strength ³	30	kV/mm	IEC 60243-1
Relative Permittivity			IEC 60250
100 Hz	3.10		
1 MHz	3.00		
Dissipation Factor			IEC 60250
100 Hz	1.0E-3		
1 MHz	9.0E-3		
Comparative Tracking Index	250	V	IEC 60112
Flammability	Nominal Value	Unit	Test Method
Flame Rating			UL 94
1.9 mm	HB		
0.40 mm	V-2		
Glow Wire Flammability Index			IEC 60695-2-12
1.5 mm	825	°C	
3.2 mm	875	°C	
Glow Wire Ignition Temperature			IEC 60695-2-13
1.5 mm	850	°C	
3.2 mm	875	°C	
Optical	Nominal Value	Unit	Test Method
Refractive Index	1.585		ASTM D542
Transmittance (3000 μm)	88.0	%	ASTM D1003

Notes

¹ Typical properties: these are not to be construed as specifications.

² 2.0 mm/min

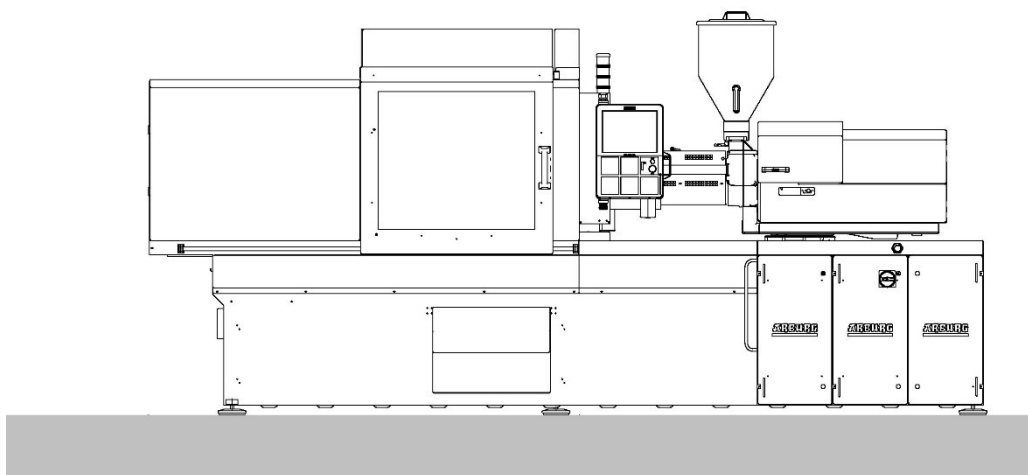
³ short time test

Disclaimer:

- The numerical values described in the data sheet are typical numerical values produced with a standard test method, and they do not guarantee the product's performance in a particular application.
- The flammability as described in the data sheet is an evaluation that resulted from a small-scale test, and it cannot be applied as it is to evaluate the actual risk of fire.
- Please contact us if you wish to use the product in medical equipment, food containers and packaging, and toys.
- If you wish to use various additives (antibacterial agents, stabilizers and flame retardants) or coloring agents with this resin, please consult with Teijin Ltd. beforehand. However, please note that Teijin Ltd. does not offer any kind of guarantee or bear any responsibility with regards to using this resin in any of these applications.
- The contents of the data sheet may change without notice.
- For other details, please see the Material Safety Data Sheet (MSDS) before use.
- Please contact the Resin & Plastic Processing Business Unit of Teijin Ltd. for detailed data.
- The raw materials used in our products may be subject to regulations depending on the type of system that exists to manage chemical substances in places to which our products are delivered. In addition, a separate application may need to be filed depending on the brand. There are also cases where imports of our products are not approved. If you are an importer or exporter and intend to import or export our products to new destinations, please make sure you contact us for details of regulatory compliance in those destinations.

PŘÍLOHA P II: TECHNICKÝ LIST STROJE ARBURG ALLROUNDER 470 H

Facts and figures



ALLROUNDER 470 H

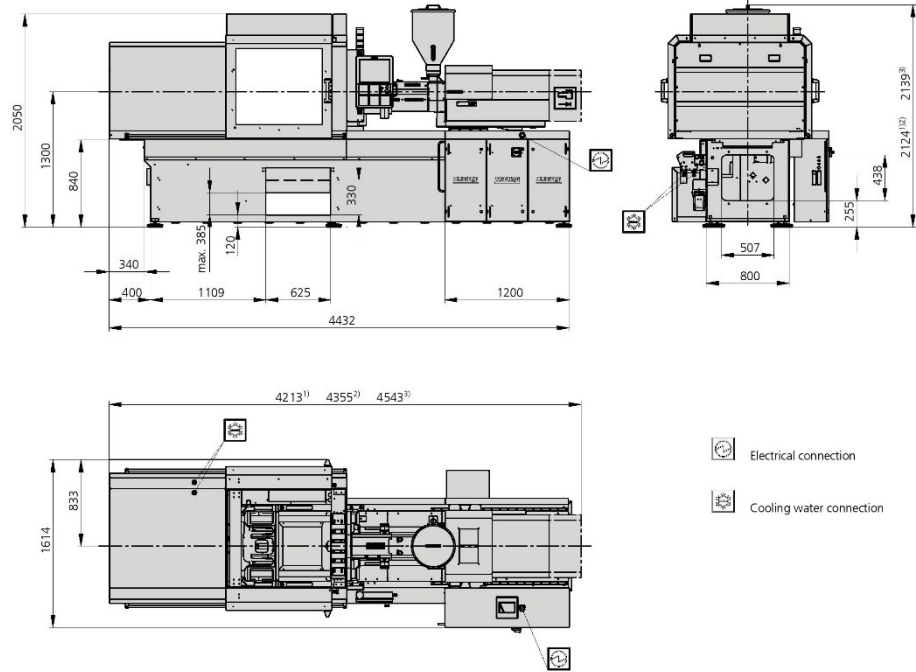
Distance between tie bars: 470 x 470 mm

Clamping force: 1000 kN

Injection unit (acc. to EUROMAP): 170, 290, 400

ARBURG

www.arburg.com



1) injection unit 170
 2) injection unit 290
 3) injection unit 400

Technical data

| 470 H

Clamping unit		470 H	
with clamping force	max. kN	1000	
Opening force stroke	max. kN mm	--- 350	
Mould height, fixed variable	min.-max. mm	--- 250-500	
Platen daylight fixed variable	max. mm	--- 600-850	
Distance between tie bars (w x h)	mm	470 x 470	
Mould mounting platens (w x h)	max. mm	637 x 637	
Weight of movable mould half	max. kg	760	
Ejector force stroke	max. kN mm	40 175	
Dry cycle time EUROMAP 2	min. s - mm	0,9 - 329	

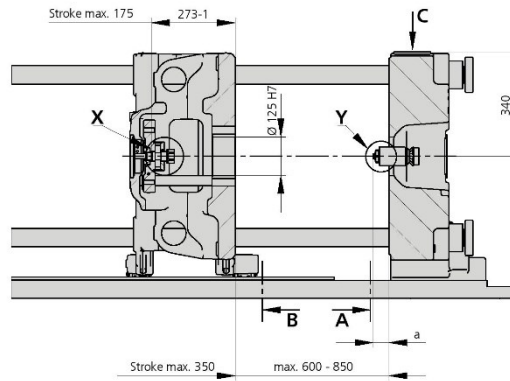
Injection unit		170			290			400		
with screw diameter	mm	25	30	35	30	35	40	35	40	45
Effective screw length	LD	24	20	17	23,3	20	17,5	23	20	18
Screw stroke	max. mm	120			150			160		
Calculated stroke volume	max. cm ³	59	85	115	106	144	188	154	201	254
Shot weight	max. g PS	54	77	105	97	132	172	141	184	232
Material throughput	max. kg/h PS	10	13,5	16	17	20,5	24,5	25	29	35
	max. kg/h PA6.6	5	7	8	8,5	10,5	12,5	12,5	15	17,5
Injection pressure	max. bar	2500	2000	1470	2500	2000	1530	2500	2000	1580
Holding pressure	max. bar	2500	2000	1470	2500	2000	1530	2500	2000	1580
Injection flow 2	max. cm ³ /s	216	312	424	316	430	562	492	642	814
Screw circumferential speed 2	max. m/min	50	60	70	51	60	69	47	54	61
Screw torque	max. Nm	210	250	290	320	380	430	480	550	610
Nozzle contact force retraction stroke	max. kN mm	50 210			60 240			60 300		
Heating capacity zones	kW	9,4 5			6,4 5			9,4 5		
Feed hopper	l	50			50			50		

Drive and connection		170			290			400		
with injection unit										
Net weight of machine	kg	4650			4700			4900		
Sound press. level Insecurity 4	dB(A)	67 3			67 3			67 3		
Oil filling	l	160			160			160		
Drive power 2	max. kW	---			---			---		
Electrical connection 3	kW	29			31			36		
	Total	80			80			100		
	Machine	---			---			---		
	Heating	---			---			---		
Cooling water connection	max. °C	30			30			30		
	min. Δp bar	1,5 DN 25			1,5 DN 25			1,5 DN 25		

Machine type
with EUROMAP size designation 1
470 H 1000-170 | 290 | 400

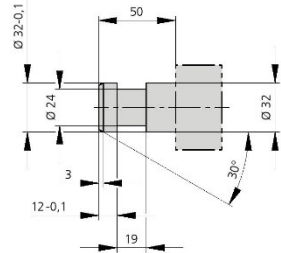
Upon request: other machine types and mould installation heights, screws, drive powers etc.
All specifications relate to the basic machine version. Deviations are possible depending on variants, process settings and material type. Depending on the drive, certain combinations, e.g. max. injection pressure and max. injection flow may be mutually exclusive.

- 1) Clamping force (kN) - large injection unit = max. stroke volume (cm³) x max. injection pressure (kbar)
 - 2) Specifications depend on the drive variant / drive configuration.
 - 3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.
 - 4) Detailed info in the operating instr.
- [] Specifications apply to alternative equipment.

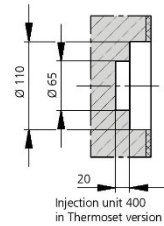
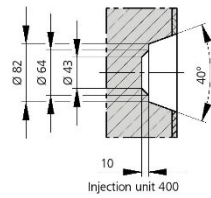
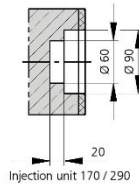


a max.	Injection unit	
	170 / 290	400
Standard	40	50
Thermoset	20	50

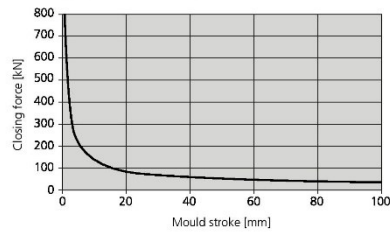
Ejector bolt | X



Bore in mould (if required) | Y

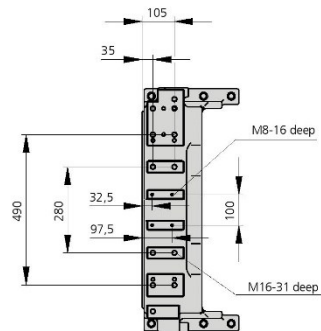


Closing force for spring moulds / during injection compression moulding*

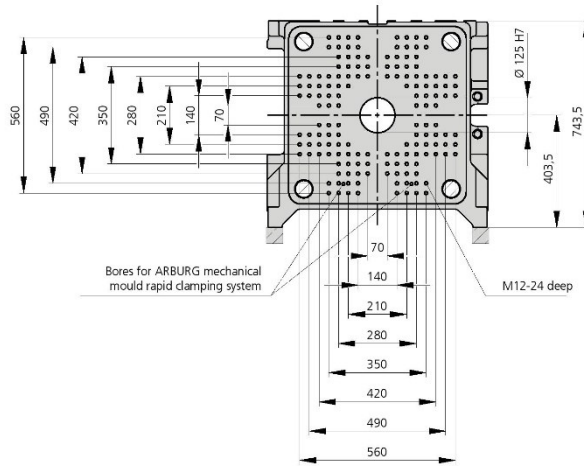


* automatic locking force adjustment up to 20 kN

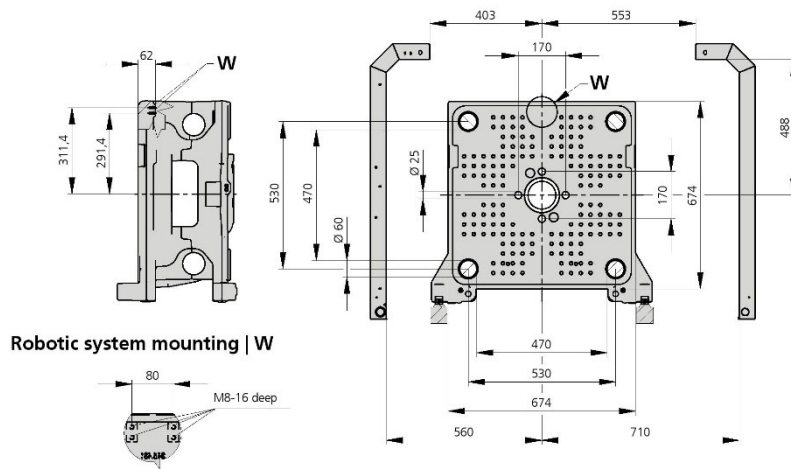
Robotic system mounting | C



Fixed mould mounting platen | A



Moving mould mounting platen | B



Theoretical shot weights for the most important injection moulding materials

Injection units according to EUROMAP		170			290			400		
Screw diameter	mm	25	30	35	30	35	40	35	40	45
Polystyrene	max. g PS	54	77	105	97	132	172	141	184	232
Styrene heteropolymerizates	max. g SB	53	76	103	95	129	168	137	179	227
	max. g SAN, ABS ¹⁾	52	74	101	93	126	165	135	176	223
Cellulose acetate	max. g CA ¹⁾	61	87	119	109	148	194	158	207	262
Celluloseacetobutyrate	max. g CAB ¹⁾	56	81	110	101	138	180	147	192	243
Polymethyl methacrylate	max. g PMMA	56	80	109	100	136	178	145	190	240
Polyphenylene ether, mod.	max. g PPE	50	72	98	90	122	160	131	171	216
Polycarbonate	max. g PC	57	81	111	102	139	181	148	193	244
Polysulphone	max. g PSU	58	84	115	105	143	187	153	199	252
Polyamides	max. g PA 6.6 PA 6 ¹⁾	53	77	104	96	131	171	140	183	231
	max. g PA 6.10 PA 11 ¹⁾	50	72	98	90	122	160	131	171	216
Polyoximethylene (Polyacetal)	max. g POM	66	96	130	120	163	213	174	227	287
Polyethylene terephthalate	max. g PET	64	92	126	115	157	205	167	219	277
Polyethylene	max. g PE-LD	41	59	80	73	100	130	106	139	176
	max. g PE-HD	42	60	82	76	103	134	110	143	181
Polypropylene	max. g PP	43	62	84	77	105	137	112	146	185
Fluoropolymerides	max. g FEP, PFA, PCTFE ¹⁾	86	124	169	155	211	276	225	294	372
	max. g ETFE	76	109	148	136	185	242	196	256	324
Polyvinyl chloride	max. g PVC-U	65	94	127	117	159	208	170	222	281
	max. g PVC-P ¹⁾	60	87	118	108	147	192	157	205	260

1) average value

ARBURG GmbH + Co KG

Arthur-Hehl-Strasse · 72290 Lossburg · Tel.: +49 7446 33-0 · www.arburg.com · E-Mail: contact@arburg.com

With locations in Europe: Germany, Belgium, Denmark, France, United Kingdom, Italy, Netherlands, Austria, Poland, Switzerland, Slovakia, Spain, Czech Republic, Turkey, Hungary | **Asia:** People's Republic of China, Indonesia, Malaysia, Singapore, Taiwan, Thailand, United Arab Emirates | **America:** Brazil, Mexico, USA

For more information, please go to www.arburg.com.

© 2017 ARBURG GmbH + Co KG

The brochure is protected by copyright. Any utilisation, which is not expressly permitted under copyright legislation, requires the previous approval of ARBURG.

All data and technical information have been compiled with great care. However we accept no responsibility for correctness. Individual illustrations and information may deviate from the actual delivery condition of the machine. The relevant valid operating instructions are applicable for the installation and operation of the machine.

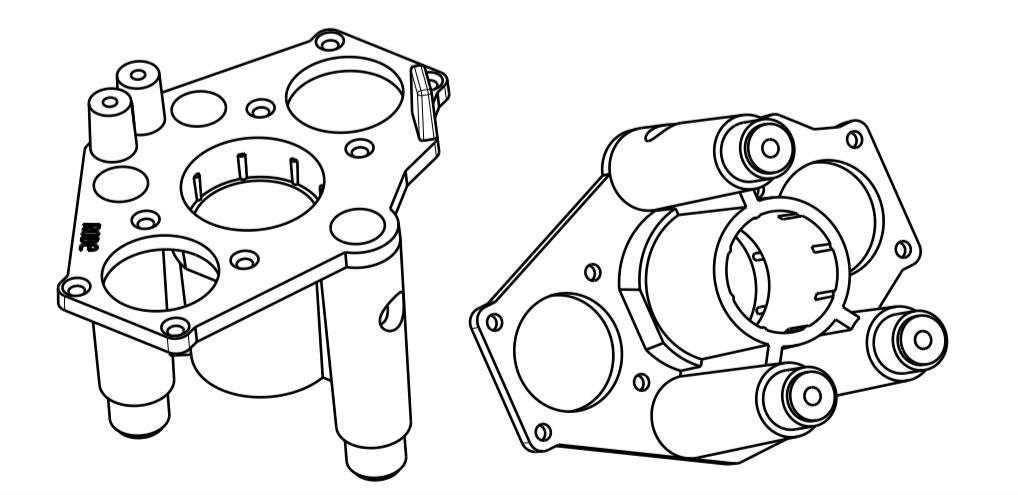
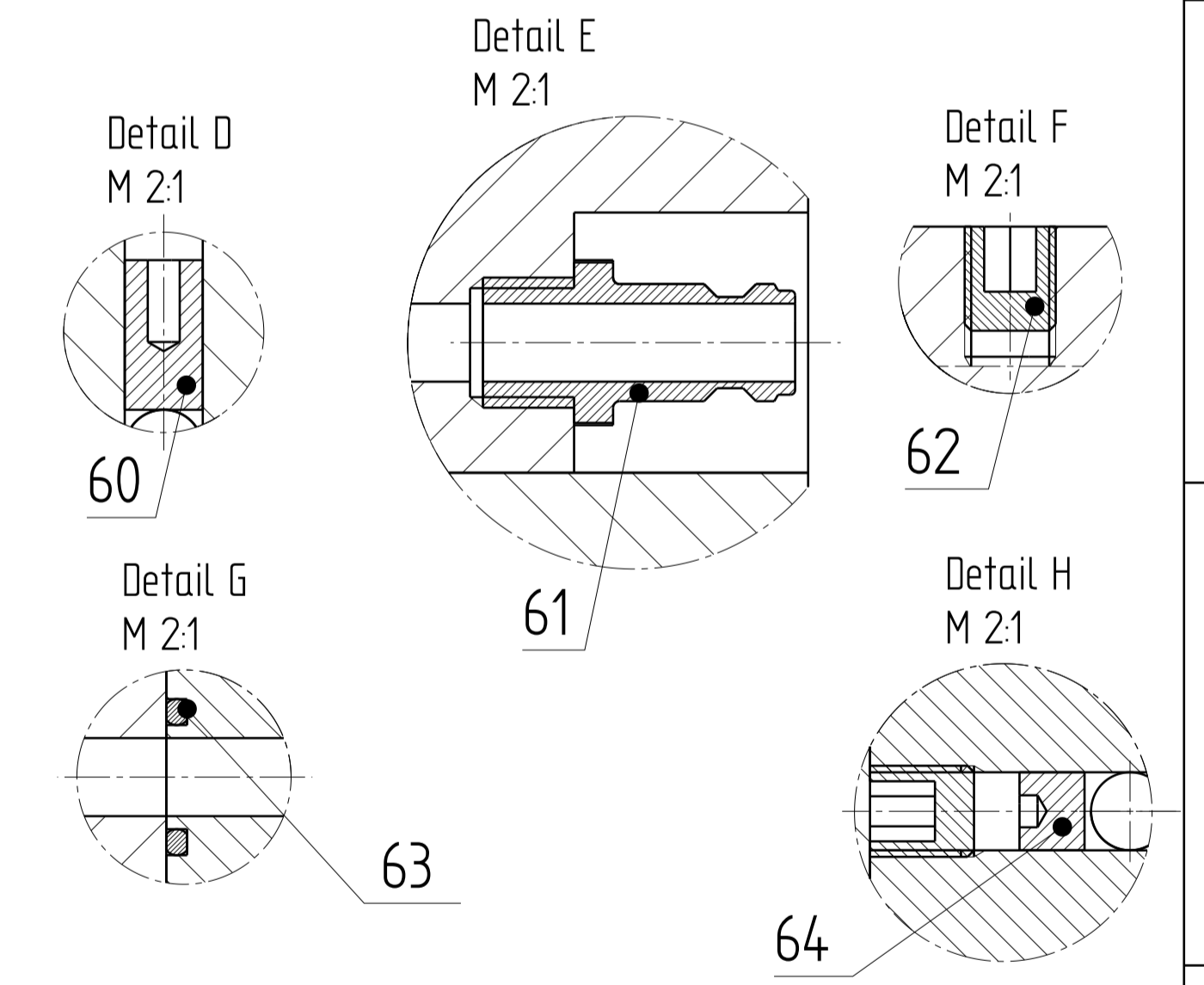
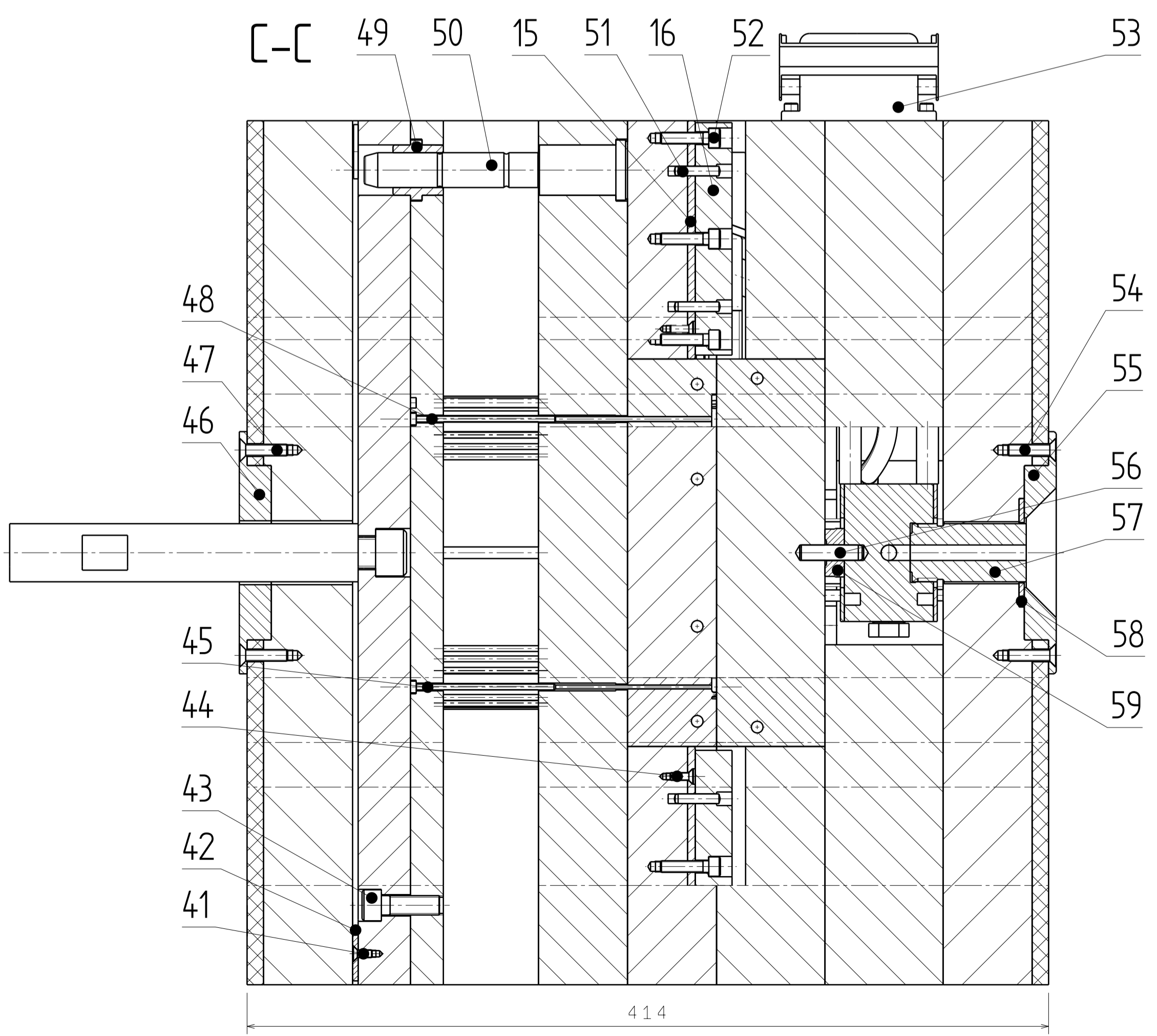
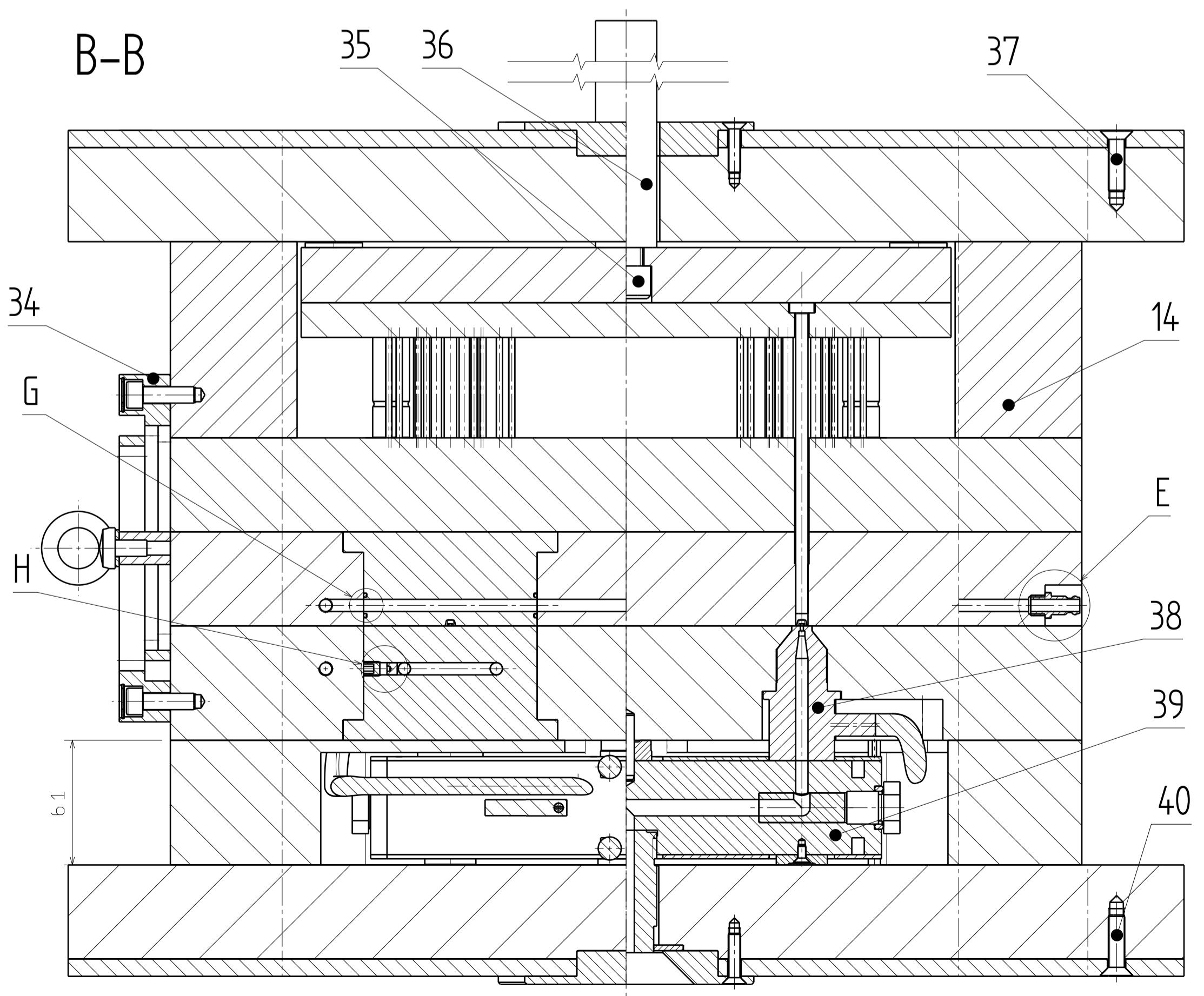
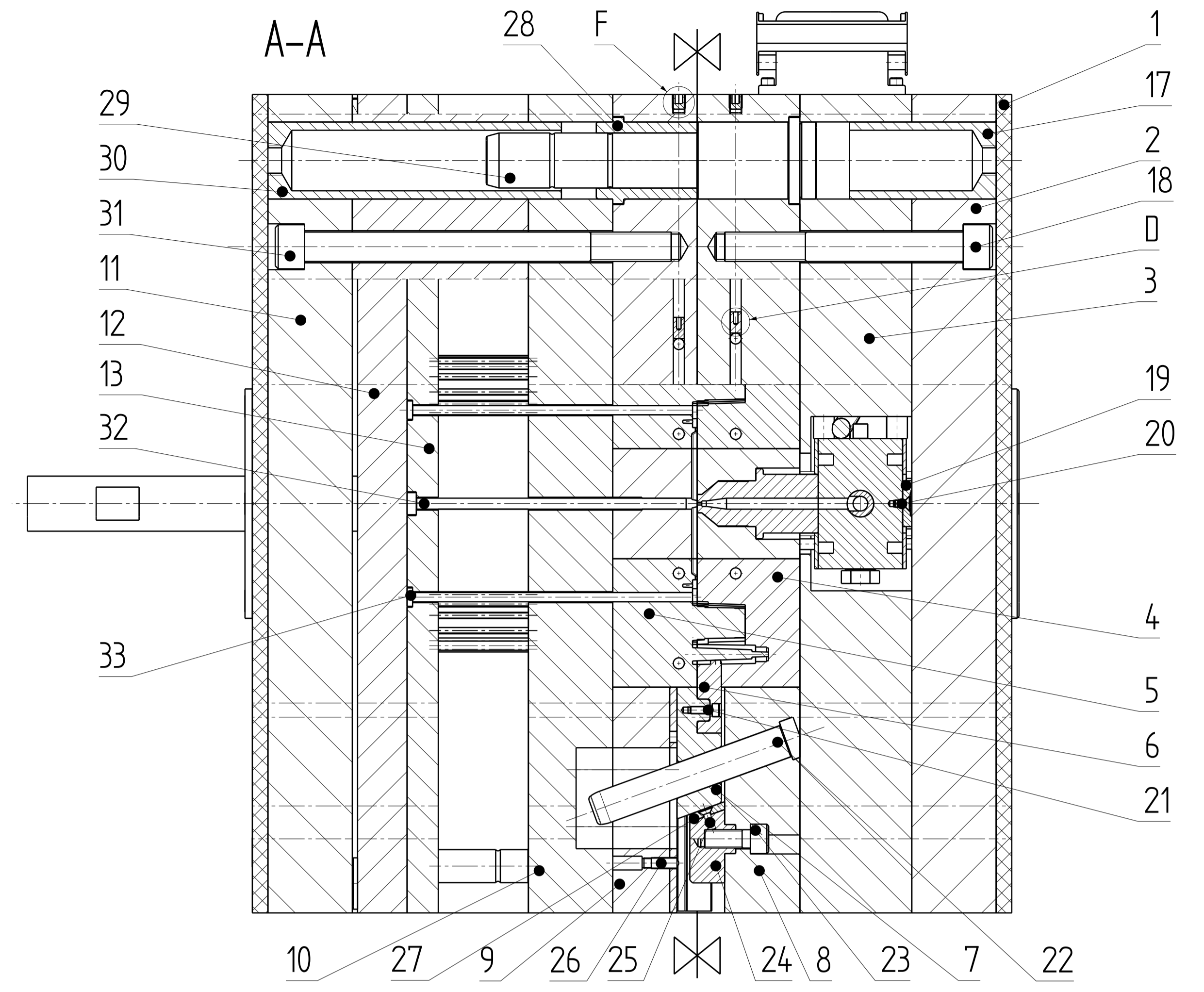
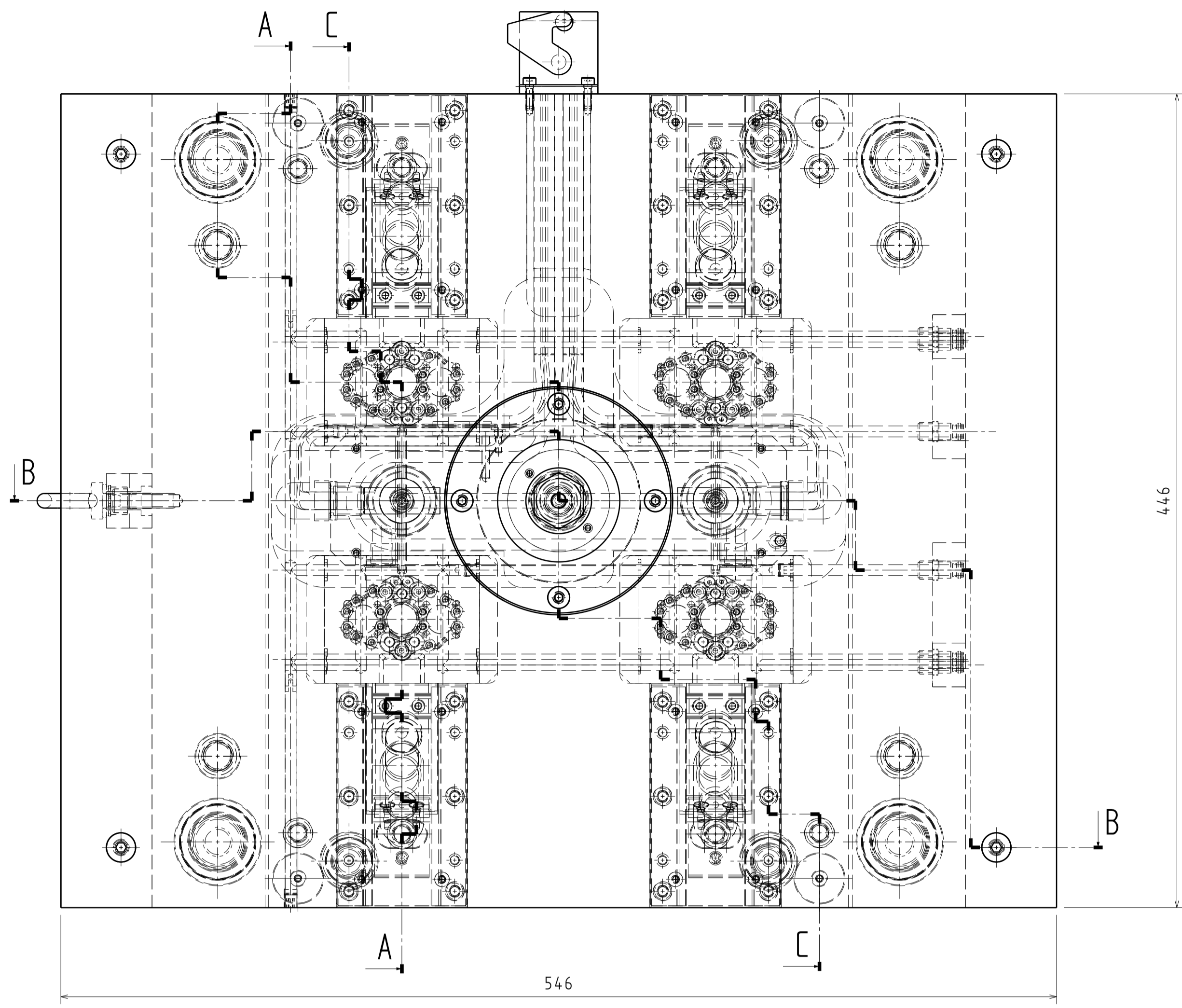


ARBURG GmbH + Co KG

DIN EN ISO 9001 + 14001 + 50001 certified



Partner of the Engineering Industry Sustainability Initiative



UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ ÚSTAV VÝROBNÍHO INŽENÝRSTVÍ		SESTAVA VSTŘIKOVACÍ FORMY			
VYPRACOVAL Ondřej Pavlíček	DATUM 27. 4. 2017	ČÍSLO VÝKRESU	FT-UTB-OP-BP2017-01		
KONTROLOVAL	DATUM	FORMÁT	A1		
NAVRHL	DATUM	MĚŘÍTKO	12	HMOTNOST	154,79kg
				LIST	1/3

Poz	Název - Rozměr	Výkres - Norma	Materiál	Tepelné zpracování	ks
1	Termoizolační deska - Z446x546x8,5	FT-UTB-BP2017-05	Sklotextit		2
2	Upínací deska pravá - K20/546x446x46	FT-UTB-BP2017-06	11 600		1
3	Deska horkého bloku - K20/446x446x56	FT-UTB-BP2017-07	11 600		1
4	Tvárnice	FT-UTB-BP2017-08	19 552	kaleno na 54 HRC	4
5	Tvárník	FT-UTB-BP2017-09	19 552	kaleno na 54 HRC	4
6	Tvarové jádro	FT-UTB-BP2017-10	19 655	kaleno na 56 HRC	4
7	Boční posuvná čelist	FT-UTB-BP2017-11	19 552	kaleno na 54 HRC	4
8	Kotevní deska pravá - K20/446x446x56	FT-UTB-BP2017-12	11 600		1
9	Kotevní deska levá - K20/446x446x46	FT-UTB-BP2017-13	11 600		1
10	Opěrná deska K20/446x446x46	FT-UTB-BP2017-14	11 600		1
11	Upínací deska levá - K20/546x446x46	FT-UTB-BP2017-15	11 600		1
12	Vyhazovací deska opěrná - K60/546x446x17	FT-UTB-BP2017-16	11 600		1
13	Vyhazovací deska kotevní - K70/546x446x28	FT-UTB-BP2017-17	11 600		1
14	Rozpěrná deska - K40/446x446x96	FT-UTB-BP2017-18	11 600		2
15	Kluzná deska - 72x123x5	FT-UTB-BP2017-19	14 220	cementováno 0,25, kaleno na 55 HRC	4
16	Vodící lišta - 20x120x19	FT-UTB-BP2017-20	19 312	kaleno na 58 HRC	8
17	Středící trubka pravá - Z20/42x80	HASCO			4
18	Šroub s vnitřním šestihranem 1 - Z31/16x130	HASCO			4
19	Distanční podložka 1 - Z1052/3/25x5	HASCO			2
20	Zápustný šroub 1 - Z33/4x8	HASCO			2
21	Šroub s vnitřním šestihranem 2 - Z30/4x12	HASCO			8
22	Šikmý čep Z01/18x120	HASCO			4
23	Šroub s vnitřním šestihranem 3 - Z34/10x25	HASCO			4
24	Zámek - Z180/20x30	HASCO			4
25	Zápustný šroub 2 - Z33/4x10	HASCO			8
26	Pružící přitlačný kus - Z37/6x14	HASCO			4
27	Vyměná deska zámku - Z182/20x4x30	HASCO			4
28	Vodící pouzdro 1 - Z10/56/30	HASCO			4
29	Vodící čep 1 - Z00/56/30x115	HASCO			4
30	Středící trubka levá - Z20/42x160	HASCO			4
31	Šroub s vnitřním šestihranem 4 - Z31/16x200	HASCO			4
32	Vyhazovací kolík vtokového zbytku Z40/6x152	HASCO			2
33	Vyhazovací kolík 1 - Z40/5x155,6	HASCO			12
34	Transportní můstek - Z70/TYP2 (210-300)	HASCO			1
35	Šroub s vnitřním šestihranem 5 - Z31/16x25	HASCO			1
36	Táhlo vyhadzovacích desek Z02/30x180	HASCO			1

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ
FAKULTA TECHNOLOGICKÁ
ÚSTAV VÝROBNÍHO INŽENÝRSTVÍ

SESTAVA VSTŘIKOVACÍ FORMY

ČÍSLO VÝKRESU

FT-UTB-OP-BP2017-01

VYPRACOVAL

Ondřej Pavlíček

DATUM

27. 4. 2017

KONTROLOVAL

DATUM

FORMÁT

A4

MATERIÁL

NAVRHL

DATUM

MĚŘÍTKO

1:2

HMOTNOST

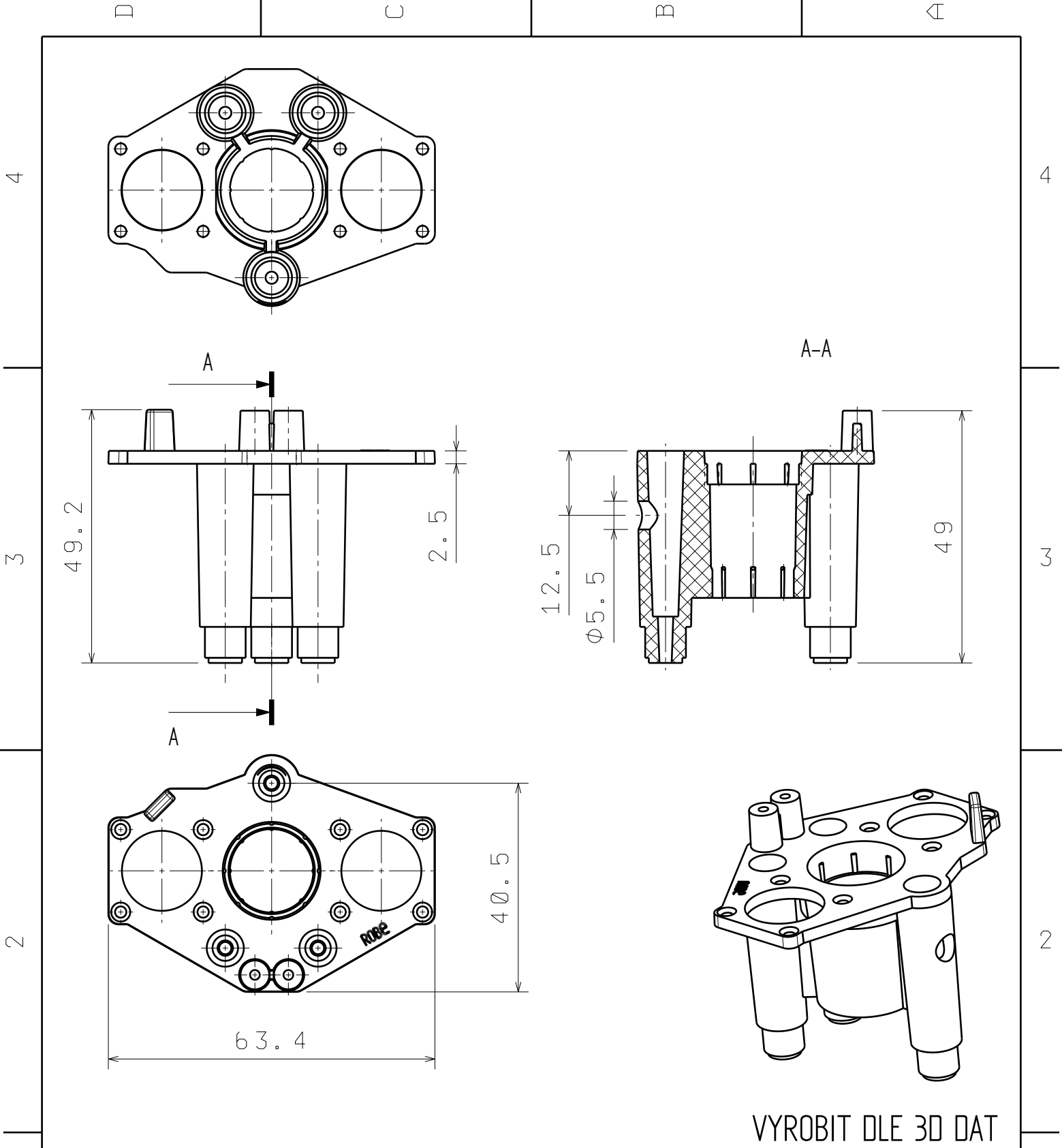
154,792kg

LIST

2/3

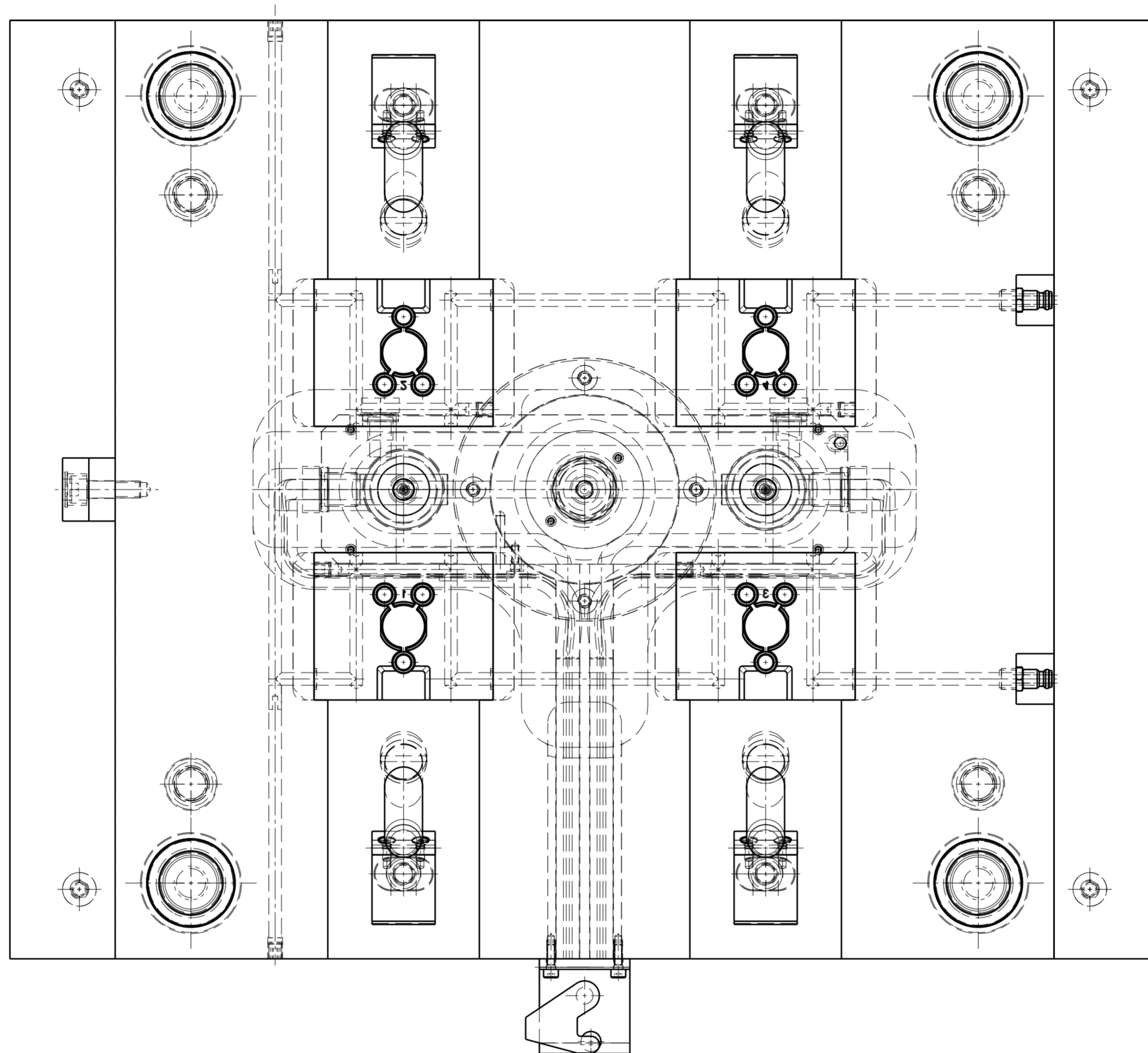
Poz	Název - Rozměr	Výkres - Norma	Materiál	Tepelné zpracování	ks
37	Zápustný šroub 3 - Z33/8x30	HASCO			4
38	Vstřikovací tryska - Z103/32x66	HASCO			2
39	Horký rozvodný blok - H106/1/71x250/46	HASCO			1
40	Zápustný šroub 4 - Z33/8x30	HASCO			4
41	Zápustný šroub 5 - Z33/4x10	HASCO			4
42	Dorazová podložka - Z55/28x3	HASCO			4
43	Šroub s vnitřním šestihranem 6 - Z31/10x30	HASCO			4
44	Zápustný šroub 6 - Z33/4x12	HASCO			16
45	Vyhazovací kolík 2 - Z44/2x155,6	HASCO			44
46	Středící kroužek levý - K500/125x16,5	HASCO			1
47	Zápustný šroub 6 - Z33/6x25	HASCO			4
48	Vyhazovací kolík 3 - Z44/2,5x155,6	HASCO			16
49	Vodící pouzdro 2 - Z10/17/18	HASCO			4
50	Vodící čep 2 - Z03/46/18x135	HASCO			4
51	Středící kolík vedení - Z25/5x24	HASCO			16
52	Šroub s vnitřním šestihranem 7 - Z30/6x25	HASCO			24
53	Elektrická zásuvka - Z1227/16/4	HASCO			1
54	Zápustný šroub 7 - Z33/6x25	HASCO			4
55	Středící kroužek levý - K100/125x16,5	HASCO			1
56	Středící kolík 1 - Z26/8x32	HASCO			1
57	Vtoková vložka - Z1055/1/30x60	HASCO			1
58	Těsnící podložka - Z058/56x27	HASCO			1
59	Distanční podložka 2 - Z1052/4/25x10	HASCO			1
60	Uzavírací zatka vnitřní - Z94/2/6x8	HASCO			4
61	Připojovací nátrubek - Z81/9/10x1	HASCO			6
62	Uzavírací zatka vnější - Z94/0/7x1x8	HASCO			6
63	Těsnící O-kroužek - Z98/7,5/1,5	HASCO			24
64	Uzavírací zatka vnitřní - Z94/0/7x1x5	HASCO			12

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ ÚSTAV VÝROBNÍHO INŽENÝRSTVÍ		SESTAVA VSTŘIKOVACÍ FORMY			
		ČÍSLO VÝKRESU			
VYPRACOVAL Ondřej Pavlíček	DATUM 27. 4. 2017	FT-UTB-OP-BP2017-01			
KONTROLOVAL	DATUM	FORMÁT A4	MATERIÁL		
NAVRHL	DATUM	MĚŘÍTKO 1:2	HMOTNOST 154,792kg	LIST 3/3	

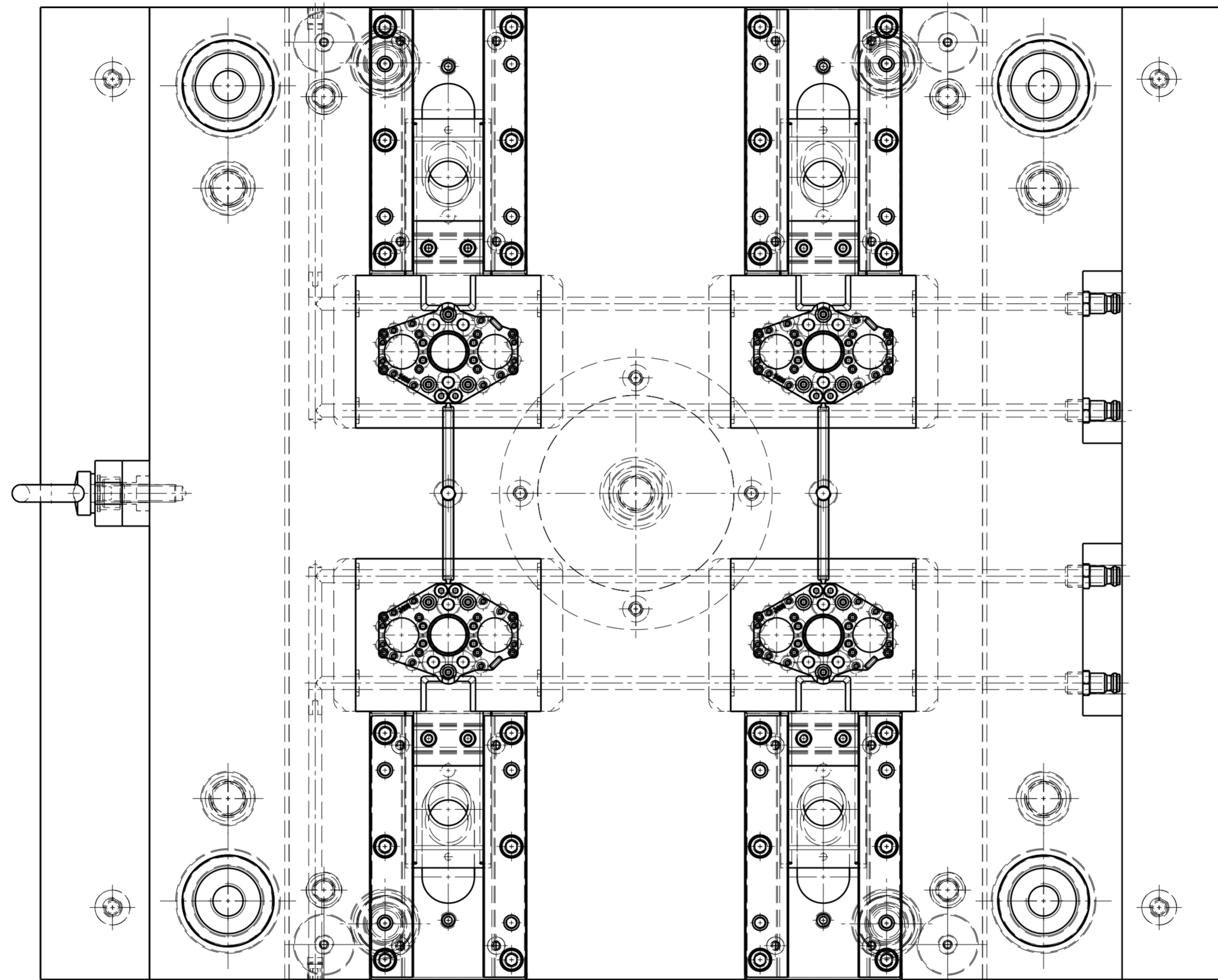


VYROBIT DLE 3D DAT

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ ÚSTAV VÝROBNÍHO INŽENÝRSTVÍ		ROBE-DRŽÁK MOTORŮ			
VYPRACOVAL Ondřej Pavlíček		DATUM 27. 4. 2017		ČÍSLO VÝKRESU FT-UTB-OP-BP2017-02	
KONTROLOVAL		DATUM	FORMÁT A4	MATERIÁL PC-Panlite L-1225Z100M	
NAVRHL		DATUM	MĚŘÍTKO 1:1	HMOTNOST 0,017kg	LIST 1/1



UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ ÚSTAV VÝROBNÍHO INŽENÝRSTVÍ		PRAVÁ STRANA FORMY			
VYPRACOVAL Ondřej Pavlíček	DATUM 27. 4. 2017	ČÍSLO VÝKRESU FT-UTB-OP-BP2017-03			
KONTRÓLOVAL	DATUM	FORMÁT A2	MATERIÁL		
NAVRHL	DATUM	MĚŘÍTKO	1:2	HMOTNOST 44,932kg	LIST 1/1



UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ ÚSTAV VÝROBNÍHO INŽENÝRSTVÍ		LEVÁ STRANA FORMY			
VYPRACOVAL Ondřej Pavlíček	DATUM 27. 4. 2017	ČÍSLO VÝKRESU FT-UTB-OP-BP2017-04			
KONTROLOVAL	DATUM	FORMÁT A2	MATERIÁL		
NAVRHL	DATUM	MĚŘÍTKO	1:2	HMOTNOST	109.87kg
				LIST	1/1