

Konstrukce vstřikovací formy na plastový obal inhalátoru

Radek Machů

Bakalářská práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radek Machů**
Osobní číslo: **T13815**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy na plastový obal inhalátoru**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Nakreslete model vstřikovaného výrobku v programu Catia.
3. Vypracujte konstrukční řešení vstřikovací formy v programu Catia.
4. Nakreslete výrobní výkres výrobku a výkres sestavení vstřikovací formy.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Adam Škrobák

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. ledna 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

20. května 2016

Ve Zlíně dne 3. února 2016

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, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 1.3.2016



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 vzdělávacího 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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá technologií vstřikování a návrhem konstrukce formy pro zadaný plastový díl. Práce je dělena na dvě části. Teoretickou a praktickou. V teoretické části je pojednáváno o základech vstřikování, vstřikovacích strojích, formách a polymerech. Praktická část obsahuje popis zadaného dílu, návrh vhodného řešení a konstrukci formy. Konstrukce je řešena v programu CATIA V5. K výběru normálií byl použit katalog HASCO DAKO modul.

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

ABSTRACT

Bachelor thesis deals with injection molding technology and design of injection tool for plastic part. It is divided into two parts. Theoretical and practical. The theoretical part is dealing with the basics of injection molding, injection molding machines, injection mold and polymers. The practical part contains the description of plastic part, proposal for an appropriate solution and design of injection mold. Construction is solved with software CATIA V5. Normally were used from catalogue HASCO DAKO module.

Keywords: injection mold, injection molding, injection molding machine, CATIA V5, construction

Touto cestou bych chtěl poděkovat Ing. Adamu Škrobákovi za odborné vedení, podporu a pomoc při korekci této bakalářské práce, především za čas, který mi věnoval.

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 10.5.2016

.....

Podpis

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	12
1.1 HISTORIE.....	12
1.2 VSTŘIKOVACÍ STROJE.....	13
1.2.1 Stavba vstřikovacího stroje	13
1.2.2 Horizontální vstřikovací stroje.....	14
1.2.3 Vertikální vstřikovací stroje.....	14
1.3 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	15
1.3.1 Vstřikovací cyklus v P_i -t diagramu	17
1.3.2 Vstřikovací cyklus v p-v-T diagramu	18
2 FORMY PRO VSTŘIKOVÁNÍ	20
2.1 DRUHY FOREM	21
2.2 MATERIÁLY PRO VÝROBU FOREM.....	22
2.3 VTOKOVÉ SYSTÉMY	22
2.3.1 Studený vtokový systém	24
2.3.2 Vyhřívaný vtokový systém	29
2.4 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY.....	30
2.5 TEMPEROVÁNÍ FORMY.....	32
2.5.1 Tepelná bilance formy.....	33
2.5.2 Rozmístění temperačních kanálů	33
2.5.3 Temperační média.....	34
2.6 ODVZDUŠNĚNÍ.....	36
3 POLYMERY	37
3.1 PLASTY	37
3.1.1 Termoplasty.....	37
3.1.2 Reaktoplasty.....	38
3.1.3 Amorfní a semikrystalické plasty.....	38
3.2 ELASTOMERY	39
3.3 PŘÍSADY, PLNIVA A JEJICH VLIV	39
3.3.1 Stabilizátory	40
3.3.2 Plniva.....	41
3.4 PŘÍPRAVA MATERIÁLU PŘED VSTŘIKOVÁNÍM	41
3.5 ZPRACOVÁNÍ ODPADU PO VSTŘIKOVÁNÍ.....	41
II PRAKTICKÁ ČÁST	42
4 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	43
5 POUŽITÝ SOFTWARE	44
5.1 CATIA 5V19.....	44
5.2 HASCO DAKO MODULE 2015.....	44
5.3 AUTODESK MOLDFLOW	44
6 VÝROBEK	45

6.1	FUNKČNÍ ČÁSTI	45
6.2	POUŽITÝ MATERIÁL.....	46
7	KONSTRUKCE FORMY	47
7.1	NÁSOBNOST	47
7.2	ZAFORMOVÁNÍ.....	47
7.3	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	49
7.4	ODFORMOVÁNÍ.....	51
7.5	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	52
7.6	V TOKOVÝ SYSTÉM	53
7.7	OSTATNÍ ČÁSTI.....	55
8	VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	57
	ZÁVĚR	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	59
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM TABULEK.....	64
	SEZNAM PŘÍLOH.....	65

ÚVOD

V dnešní době polymery mezi materiály zaujímají značnou část. Lze se s nimi setkat prakticky kdekoliv, a to v různém provedení a složení. Ať už je to automobilový, letecký, potravinářský a jiný průmysl. Polymery si našly cestu k využití, zejména díky výborným mechanickým a chemickým vlastnostem. V neposlední řadě i nízkou cenou.

I přes fakt, že polymery patří mezi relativně mladé materiály, dokázaly za krátkou dobu nahradit velkou část, dříve, běžně používaných materiálů. Kombinace polymerů s různými přírodními či jinými materiály je dokonce velký trend. Viz. Výroba kompozitních materiálů, jež vykazují abnormální mechanické vlastnosti, při zachování malé hmotnosti, nebo vstřikování polymerů s různými plnivy aj.

Pro rychlou a kvalitní výrobu je nutné ovládat tuto technologii zpracování polymerů. Mezi nejpoužívanější technologie bezesporu patří vstřikování do dutiny formy. Jedná se o velmi přesnou a produktivní metodu.

Samotné formy prochází procesem zdokonalování po mnoho let. Jsou to inovace jak v povrchových úpravách materiálů pro dutiny a pohyblivé části formy, tak i zdokonalení přesnosti a drsnosti povrchů při obrábění dutin. Dochází i k napojování forem k různým snímačům, a tím digitalizování a vyhodnocování dat při výrobě.

Lze očekávat, že vstřikování plastů bude ještě dlouhou dobu dominantní v oblasti tváření polymerních materiálů a bude poskytovat mnoho prostoru pro zlepšování.

I. TEORETICKÁ ČÁST

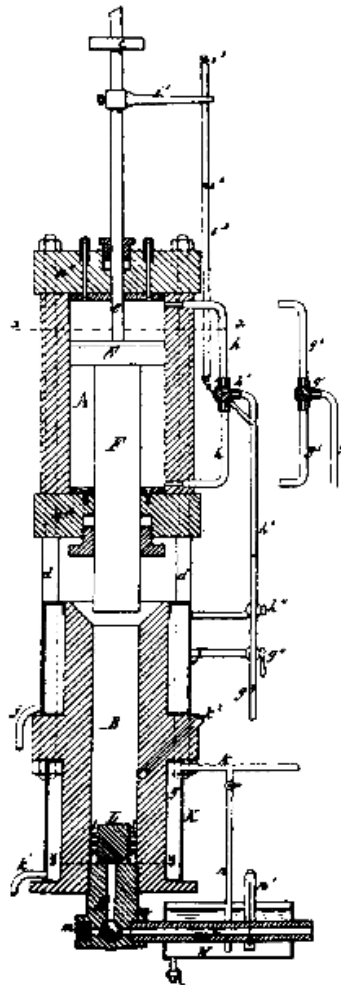
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování polymerních materiálů je technologie, díky které můžeme vyrábět díly, tzv. výstřiky z polymerních materiálů. Ať už se jedná o díly jednoduché, či složité. Tato technologie umožňuje nahrazovat spoustu produktů vyrobených z kovů, dřeva, keramiky a jiných materiálů, při zachování určitých vlastností.

Jedná se o relativně jednoduchou technologii, jež spočívá ve stříknutí taveniny do dutiny formy, kde probíhá vytvrzení. Takto vytvrzená tavenina si zachová tvar dle dutiny.

1.1 Historie

Ve světě je začátek vstřikování plastů spjat se jmény bratří Hyattů (John Wesley a Izák), kteří náhodou roku 1870 objevili první termoplast, nitrát celulózy, rozpuštěný v alkoholovém roztoku kafry, později známý jako celuloid.



Obr. 1 Schéma prvního vstřikovacího stroje bratří Hyattů (1872) [1]

Na zpracování tohoto materiálu zkonstruovali bratři Hyattové zařízení, jež se skládalo s parou vytápěného válce s hydraulickým pístem ve vertikální poloze a tryskou umístěnou kolmo na osu válce a dosedající na dvoudílnou ocelovou formu. Tato byla uzavírána druhým ocelovým válcem (Obr. 1). Vtok byl veden přímo do dělicí roviny. Na tomto stroji byly vyrobeny první výstřiky. Např. nitrátem celulózy obštrikované kovové přezky pro armádu USA a dřevěná jádra štětek na holení. [2]

1.2 Vstříkovací stroje

Vstříkovací stroje jsou speciální zařízení, určené právě pro vstříkování polymerů. Pořízovací náklady na tyto stroje jsou značně vysoké a jsou určeny převážně pro velkoobjemovou výrobu. V následující kapitole budou popsány převážně stroje šnekové. Mimo nich existují i stroje pístové a diskové.

Z hlediska způsobu vstříku se stroje dělí na dva základní typy, a to horizontální a vertikální. Dále je lze dělit podle druhu pohonu uzavírací jednotky hydraulické, elektrické, hybridní. V dnešní době se používají převážně elektrické pohony, tzv. servomotory. Je to z důvodu přesnějšího nastavování různých parametrů lisu.

K vstříkovacím strojům lze přidat řadu doplňků pro automatizaci výroby (roboty, manipulátory, dopravníky granulátu a jiné). [3]

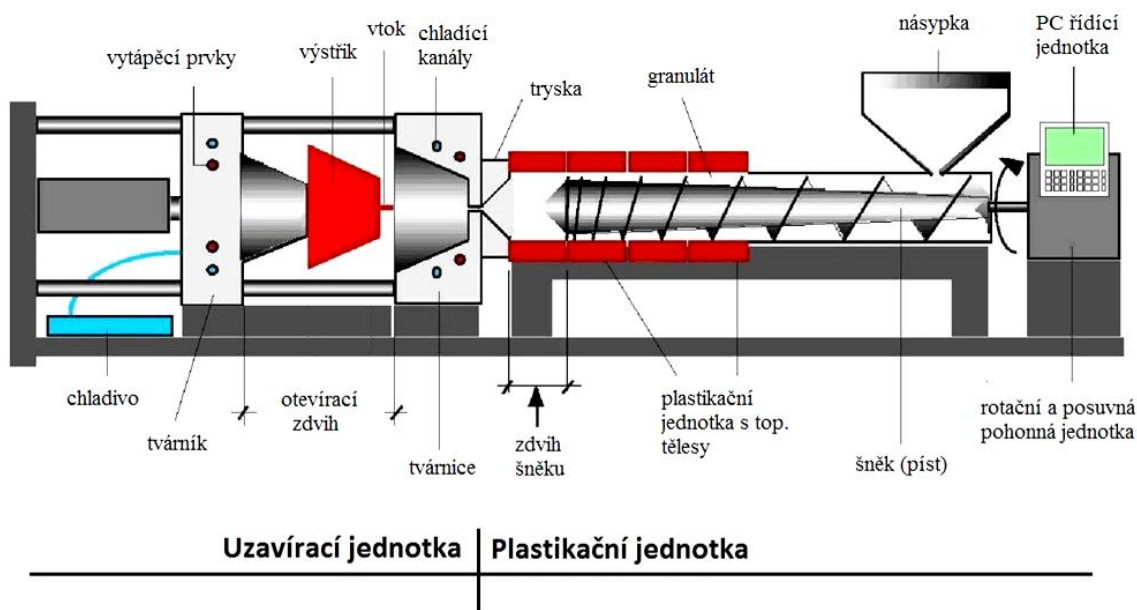
1.2.1 Stavba vstříkovacího stroje

Stavba vstříkovacího stroje je poměrně složitou konstrukcí, jež se skládá ze třech hlavních částí. Plastikační jednotka, uzavírací jednotka a řídicí systém.

Uzavírací jednotka disponuje platformou pro upevnění formy a přípojkami k temperačnímu okruhu (zastaralejší modely stroje používají externí temperační okruh).

Plastikační jednotka slouží především jako místo pro zpracování polymeru, jeho tavení a vstříkování. Novější typy strojů disponují automatickým dávkováním polymeru přímo z kontejnerů. Stroje starší generace mají nálevkovité zásobníky, kde je polymer nutno doplňovat manuálně.

Řídicí systém spojuje uzavírací a plastikační jednotku. Zaručuje variabilitu nastavení vstříkovacího cyklu a správnost chodu stroje.



Obr. 2 Jednoduché schéma horizontálního vstřikovacího stroje

1.2.2 Horizontální vstřikovací stroje

Horizontální vstřikovací stroje jsou v praxi asi nejpoužívanější. Jsou orientovány horizontálně z důvodu lepší automatizace výroby. Vyrábí se stroje s uzavírací silou od několika desítek kN až po 60 MN. [4]



Obr. 3 Babyplast 610P (horizontální vstřikovací stroj)

1.2.3 Vertikální vstřikovací stroje

Vertikální stroje se používají převážně tam, kde dochází ke vstřikování více druhů polymerů, popřípadě k obštrikování již předlisovaného polotovaru. U těchto strojů je možná i konstrukce, kdy horní polovina formy je pohyblivá vertikálně a spodní polovina

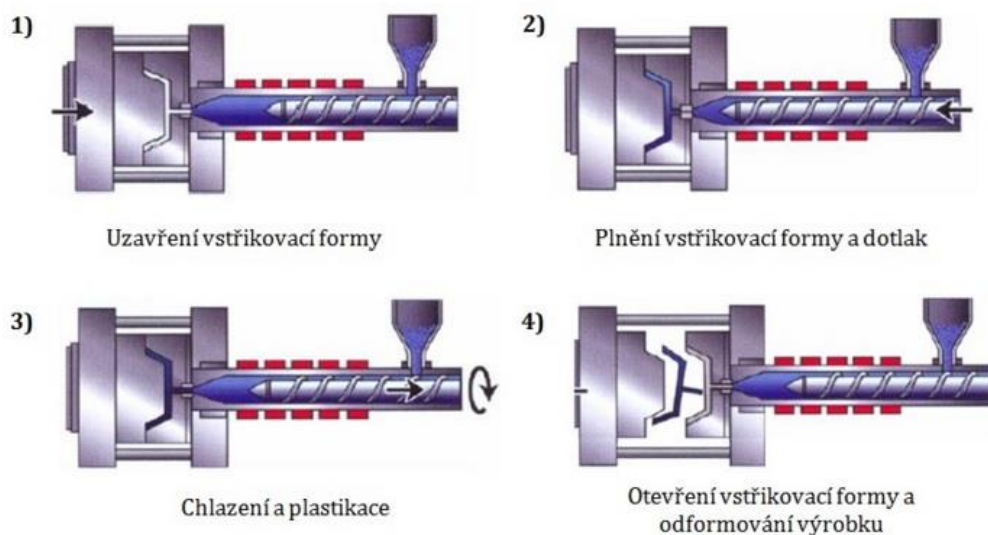
formy se pohybuje horizontálně. Resp. spodní polovina formy rotuje na otočném stole. Pak lze mít jednu horní polovinu formy a dvě identické na otočném stole. [5]



Obr. 4 Babyplast 610VP (vertikální vstřikovací stroj)

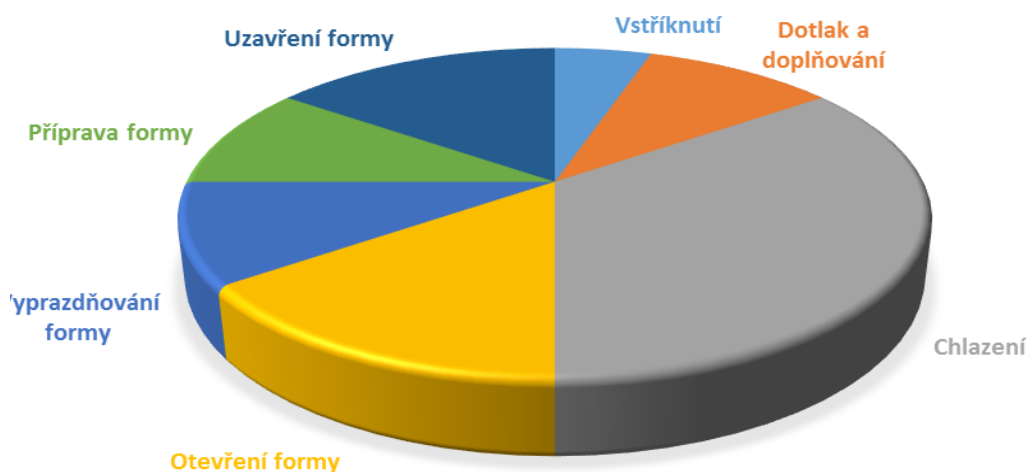
1.3 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus popisuje celý proces vstřikování. Lze ho demonstrovat čtyřmi jednoduchými kroky.

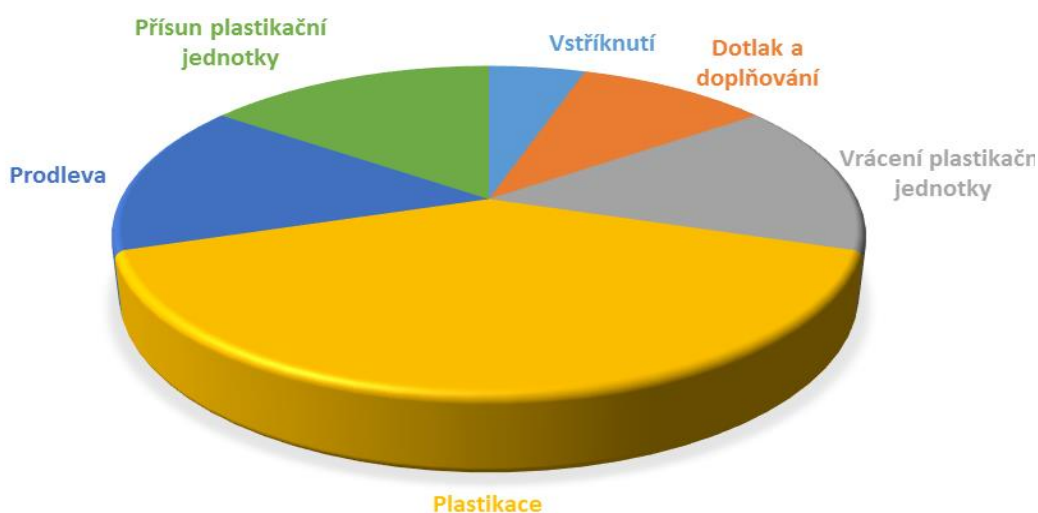


Obr. 5 Schéma průběhu vstřikování [4]

Většinou se za počátek vstřikovacího cyklu považuje impuls k uzavření formy. Na cyklus lze pohlížet ze dvou rovin, a to cyklus ve formě (Obr. 6.) a cyklus plastikační jednotky (Obr. 7.).



Obr. 6 Cyklus vstříkování ve formě



Obr. 7 Cyklus plastikační jednotky

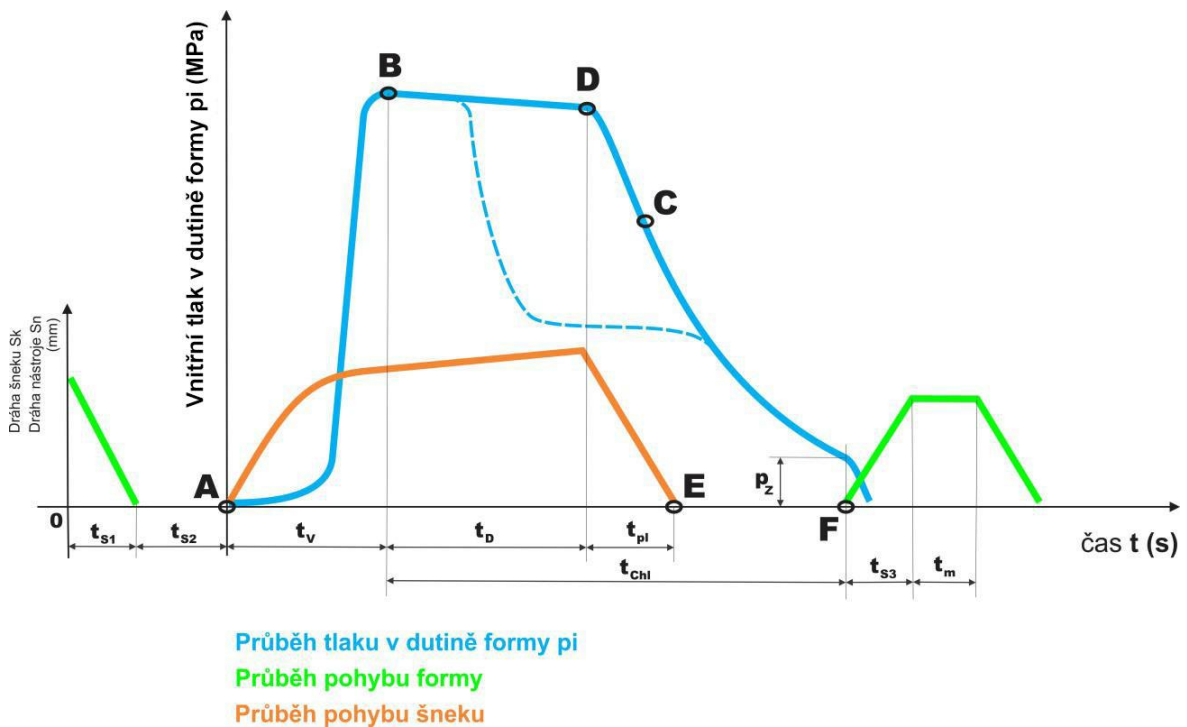
Na Obr. 6 můžeme vidět, že největší podíl cyklu ve formě zabere chlazení taveniny na vyhazovací teplotu. Tento čas se dá zjistit buď experimentálně, nebo lze v dnešní době použít moderních softwarových metod, jako například program Moldflow. Je snaha o to, aby se čas potřebný ke zchlazení výrobku co nejvíce zkrátit. Důvod je prostý, vyšší produktivita. Proto se do forem dále zavádí různé aktivní, či pasivní temperační systémy.

Taktéž u cyklu plastikační jednotky (Obr. 7) nejvíce času zabere plastikace. Tedy tavení a míchání granulátu na homogenní hmotu, aby byly nastoleny co nejlepší podmínky pro vstříkování. Délka plastikace závisí na výkonu přístroje a materiálu. Každý materiál má jiné podmínky pro plastikaci. Z tohoto důvodu existuje hned několik druhů šneků.

U obou cyklů (Obr. 6 a Obr. 7) si pak lze všimnout „dotlak a doplňování“. Tento proces se v cyklu vůbec nemusí vyskytovat. Závisí na druhu vstřikovaného materiálu. Například u vstřikování pěn se dotlak nepoužívá. Používá se především tam, kde je snaha kompenzovat smrštění a propadliny na výstřiku.

1.3.1 Vstřikovací cyklus v p_i - t diagramu

V tomto diagramu je znázorněna závislost tlaku na čase ve formě.



Obr. 8 p_i - t diagram vstřikovacího cyklu

V celkovém čase $t = 0$ je forma otevřená a prázdná. V čase t_{s1} dochází k přísunu pohyblivé části formy k pevné části. Pakliže se přisouvá vstřikovací jednotka vstřikovacího stroje k formě, je tato činnost popsána krokem t_{s2} . Časové úseky t_{s1} a t_{s2} nazýváme strojní časy.

V bodě A dochází k pohybu šneku a vstřikování roztavené polymerní hmoty do dutiny vstřikovací formy. Doba, za kterou tento děj proběhne, se nazývá doba plnění dutiny a značí se t_v . V této fázi je tlak ve formě největší. Doba plnění končí v bodě B. Objem taveniny dosahuje 95-97% objemu dutiny formy. Bezprostředně po vstříknutí taveniny do dutiny, začíná tavenina chladnout a smršťovat se. Tuto dobu značíme t_{chl} .

Aby se kompenzovaly následky smrštění, dochází k přepnutí na dotlak (neplatí u všech druhů polymerů) a doplnění dutiny t_D . Jak lze vidět mezi body B a D, dotlak může nabývat hodnot maximálního tlaku (plná modrá čára), nebo může klesnout (přerušovaná čára).

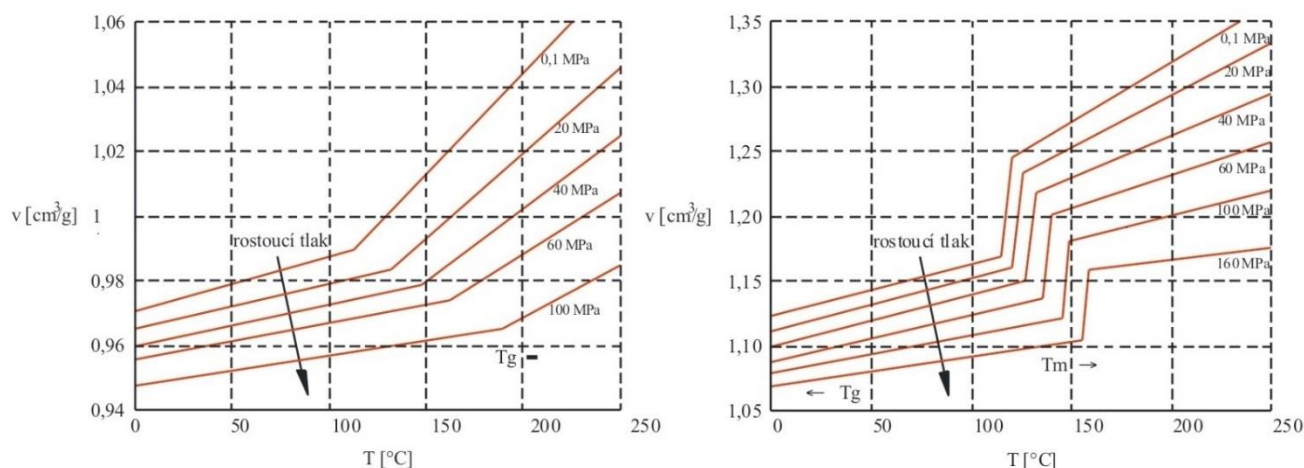
Bod C označuje okamžik zatuhnutí polymeru ve studeném vtokovém kanálu. Aby bylo možno dotlačovat, musí před šnekem vtoku zůstat určitý objem plastu, tzv. polštář, na který bude šnek působit svým čelem. Objem tohoto polštáře závisí na velikosti výrobku, avšak nesmí být příliš velký. V opačném případě dochází k degradaci materiálu.

Poté se začne připravovat další dávka polymeru v časovém úseku t_{p1} a skončí v bodě E. Dávka granulátu se ve válci taví dodáním tepla přes topná tělesa, třením hmoty o stěnu válce a hnětací prací, přeměněnou ta teplo.

V poslední fázi dojde k otevření formy t_{s3} a vyhození výrobku. Pakliže se použijí k vyjmutí výrobku manipulátory, přidává se strojní čas t_m . [3]

1.3.2 Vstřikovací cyklus v p-v-T diagramu

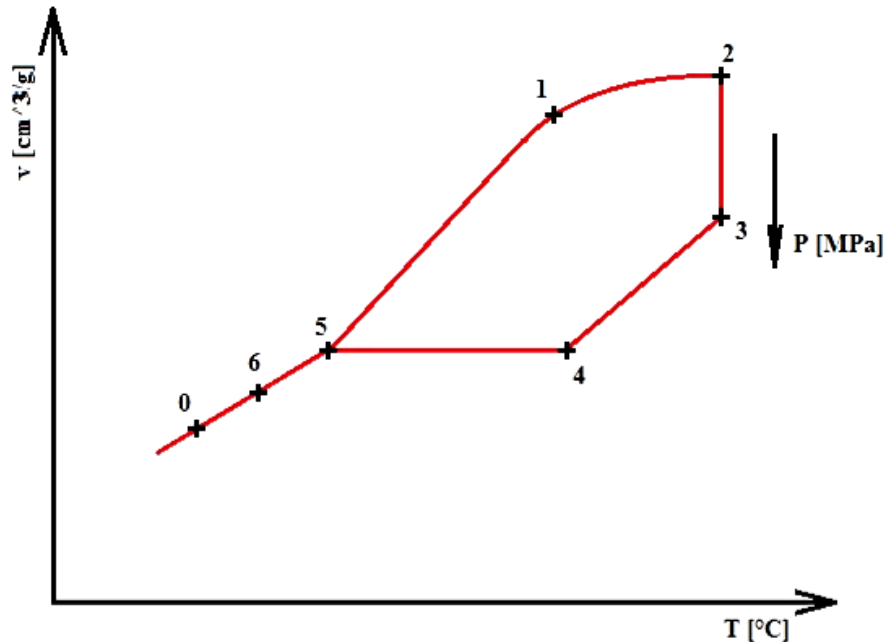
Vstřikovací cyklus lze taky popsat pomocí stavových termodynamických veličin (tlaku – p, měrný objem – v, teplota hmoty – T). Na Obr. 9 jsou znázorněny základní diagramy amorfních a semikrystalických látek.



Obr. 9 Diagram p-v-T pro amorfní (vlevo) semikrystalický (vpravo)plasty [4]

Na Obr. 10 je počátek vstřikování v bodě 0 při pokojové teplotě a barometrickém tlaku označeném jako p_1 . Následuje ohřev a plastikace v plastikační komoře vstřikovacího stroje.

Probíhají pro zjednodušení při barometrickém tlaku. V bodě 1, působením hnětení polymerní hmoty (tavení a komprese) začíná narůstat tlak až na hodnotu vstřikovacího tlaku p_2 . Vlivem tření a topení stále narůstá i teplota (vyjádřeno bodem 2).



Obr. 10 Cyklus vstřikování v p - v - T diagramu

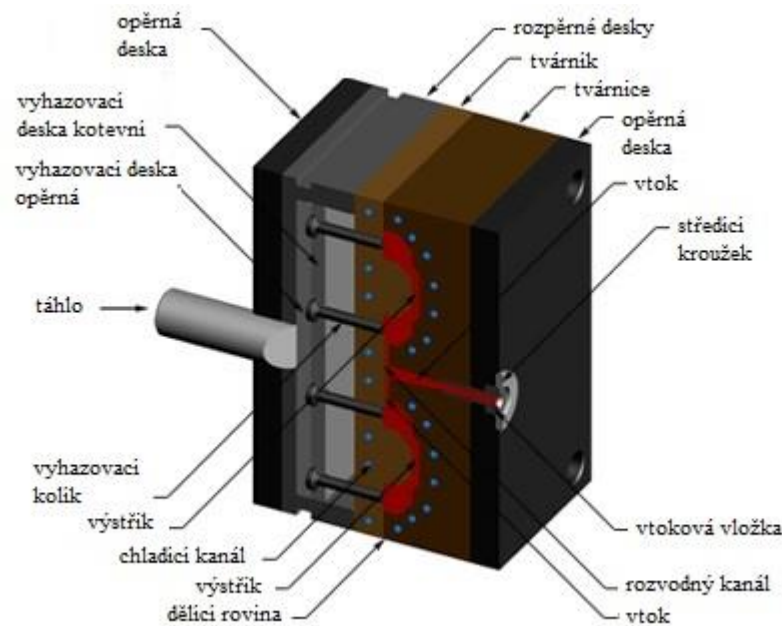
Vstřikování začíná v bodě 2, kdy dojde k prudkému zvýšení tlaku, vyvolaným axiálním pohybem šneku, při němž se pro zjednodušení uvažuje děj jako izotermický. Tlak stoupne až na svou maximální hodnotu p_3 v bodě 3. Po zaplnění dutiny vstřikovací rychlost okamžitě poklesne.

Po dosažení maximálního tlaku se vstřikovací tlak přepne na dotlak. Dotlak probíhá mezi body 3 a 4. Zde je tlak izobarický, kterému náleží hodnota p_3 . V bodě 4 se mění izobarický dotlak na dotlak izochorický. Tato fáze končí v bodě 5, kde tlak dosáhne opět počáteční hodnoty p_1 . Poloha bodu 5 zásadně ovlivňuje kvalitu výstřiku a jeho vlastnosti (hmotnost, smrštění aj.).

Chlazení výrobku probíhá již při vstřikování a dotlaku, kdy chladne ještě při působení tlaku. Mezi body 5 a 6 výrobek již chladne bez působení tlaku. V bodě 6 je forma otevřena a výrobek je vyhozen z formy. Mezi body 6 a 0 výrobek chladne již mimo formu. [3]

2 FORMY PRO VSTŘIKOVÁNÍ

Forma na vstřikování plastů je sofistikované a velmi nákladné zařízení, skládající se z mnoha částí. Vyrábí se v různých velikostech, provedeních a s materiálovou pestrostí. Forma se převážně skládá ze dvou polovin, oddělených hlavní (popř. i vedlejší) dělicí rovinou.



Obr. 11 Schéma sestavy formy na vstřikování

Mezi základní části formy patří (Obr. 11):

Upínací deska – Tato deska slouží k upínání formy na vstřikovací lis. Na tuto desku se dále přidává ještě izolační deska, a to z důvodu odizolování tepelných pochodů z formy do stroje.

Tvárnice – Do tvárnice bývá obráběním vytvořená dutina, která udává tvar výrobku. V praxi však bývá tato deska použita jako kotevní pro tvarové vložky, z důvodu úspory lepších a zároveň drahých materiálů.

Tvárník – Tvárník tvoří jakési jádro, jež zapadá do tvárnice a tvoří převážně vnitřní stranu výrobku. Stejně jako tvárnice i tato deska v praxi slouží spíše jako kotevní pro tvárníkové vložky z ekonomických důvodů. Navíc, u vícenásobných forem se v případě defektu lze vyměnit pouze tvárník, namísto celé desky.

Rozpěrné desky – Slouží k vytvoření mezery mezi tvárníkem a upínací deskou. Tato mezera umožňuje pohyb vyhazovačů, tím pádem i vyhození výrobku z formy.

Vyhazovací deska kotevní – Do této desky jsou osazeny vyhazovací kolíky.

Vyhazovací deska opěrná – Slouží pouze jako opora pro vyhazovací kolíky a k upevnění táhla.

Táhlo – Je tyč, která se připojí ke vstřikovacím stroji. Díky této tyči se přenáší pohyb na vyhazovací kolíky.

Vyhazovací kolíky – Jsou kolíky, které vedou až do dutiny formy. Tyto kolíky se musí opírat o místo na výstřiku, které se nebude bortit. Existuje hned několik typů vyhazovacích kolíků (válcové, trubkové, prizmatické).

Temperační kanály – Kanály pro rozvod temperačního média (olej, voda, vzduch). Slouží k udržování konstantní teploty ve formě.

Vtoková vložka – Tato součástka spojuje plastikační jednotku s formou. Vyrábí se z odolných materiálů.

Středící kroužek – Navádí formu na střed (osu) plastikační jednotky. Každý stroj používá specifický průměr kroužku.

2.1 Druhy forem

Formy jako takové můžeme dělit podle několika faktorů. Násobnost, podle způsobu zaformování, podle konstrukce vstřikovaného stroje.

Násobnost nám určuje, kolik vylisků se vyrobí při jednom cyklu. Při vstřikování velkých dílů se používají většinou jednonásobné formy. Naopak, při vstřikování malých dílů se užívá dvou až n-násobných forem. Násobnost formy se samozřejmě volí podle kapacity vstřikovacího stroje.

Dle způsobu zaformování a konstrukčního řešení lze formy dělit na dvoudeskové, tříděskové, čelist'ové, vytáčecí, etážové aj., kde dvoudeskové formy jsou standartní s jednou dělicí rovinou. Tříděskové formy užívají hlavní a vedlejší dělicí rovinu, kde třetí deska slouží převážně ke stírání výrobku z levé (pohyblivé) strany formy. Čelist'ové formy jsou formy, které mají hlavní dělicí rovinu a na ni kolmou vedlejší rovinu. Na pravé straně formy (nepohyblivé) bývá tvárnice rozdělena na dvě části a dokáže se otevírat v kolmém směru na osu stroje. A nakonec vytáčecí zaformování spočívá v umístění rotačního zařízení do pravé

strany formy, které pohání většinou závitové trny. Díky této rotaci může dojít k bezpečnému odformování vnitřních závitů bez deformace výlisku. [4]

2.2 Materiály pro výrobu forem

Formy jako takové disponují, velkou materiálovou pestrostí. Tyto materiály jsou voleny hlavně podle ekonomického hlediska. Forma tedy musí vydržet několik desítek až stovek cyklů, při zachování kvality výrobku a s co nejmenšími náklady na výrobu a údržbu formy.

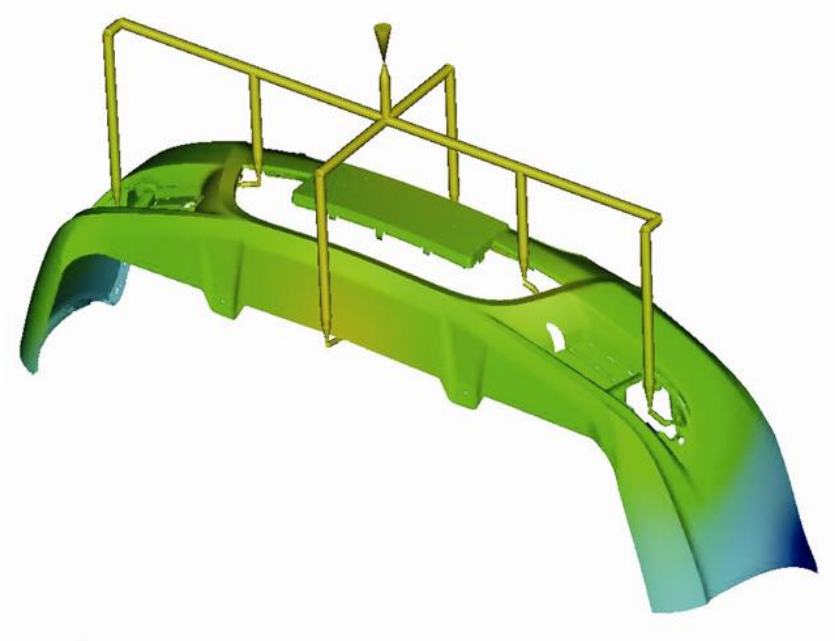
Pro části jež jsou v přímém kontaktu s polymerem (vtoková vložka, vtokové kanály, tvárník, tvárnice) se používají nástrojové oceli třídy 19 podle ČSN s povrchovou úpravou (cementování) a tvrdostí aspoň 50 HRC. Nebývá to však pravidlem. Můžeme vstříkovat i měkčí materiály, či pěnové. Pak můžeme volit oceli nižších tříd. Jedná se tu o to, že materiál, který je v kontaktu s polymerem, podléhá opotřebení a namáhání na tlak.

Na formě se vyskytují i pohyblivé části, které jsou namáhány třením, ohybem, tlakem a na vzpěr. Jedná se především o vodící kolíky, vodící vložky, vyhazovače apod. Tyto části musí být vyrobeny z nástrojových ocelí třídy 14, nebo 19 podle ČSN a s povrchovou úpravou, aby nedocházelo k nechtěnému zadírání a zahřívání vlivem tření.

Rám formy je tvořen většinou ocelí třídy 11 až 12, podle ČSN. Rám není tolik namáhán jako funkční části a většinou má pouze nosnou úlohu. [2]

2.3 Vtokové systémy

Jedná se o systém kanálů a vtokové ústí. Mají za úkol rozvod termicky homogenní taveniny do dutiny formy, a to v nejkratším možném čase, s možností odtržení výstřiku od zbytku a snadné vyhození tohoto vtokového zbytku.

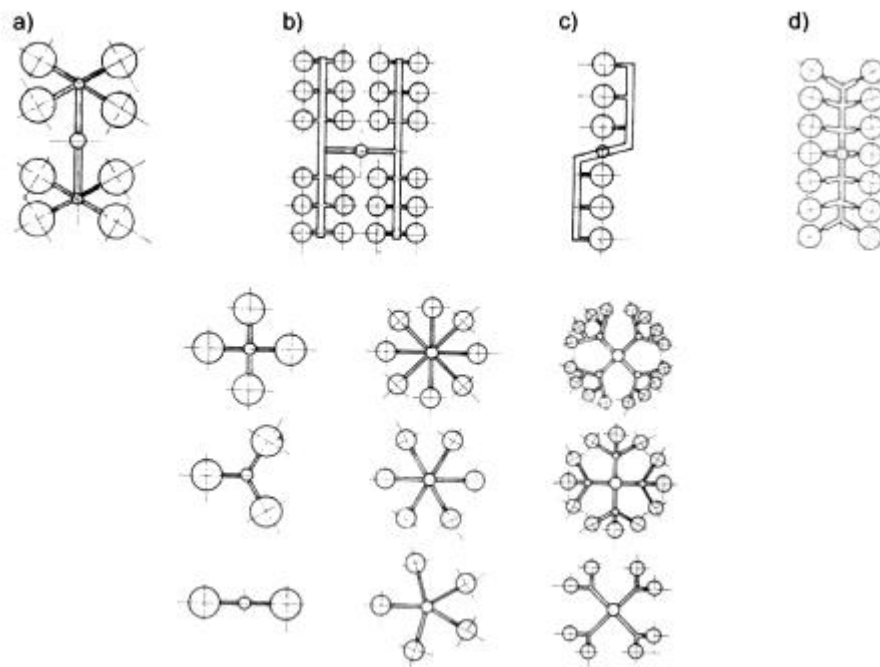


Obr. 12 Vtoková soustava při vstřikování spoileru auta [5]

Tvar, rozměry, umístění vtoku a ústní do dutiny ovlivňují rozměry, vzhled a vlastnosti výstřiku, spotřebu polymeru, náročnost na začištění vtoku a energetickou náročnost výroby.

Vtoková soustava a její celkové uspořádání je dáno konstrukcí formy a její násobností. U termoplastů je velmi důležité dbát na umístění a druh vtoku. Má velký vliv na proudění taveniny, z důvodu chladnutí a tvoření tzv. studených spojů. Vtok má být řešen tak, aby tavenina cestovala co nejkratší cestou do dutiny formy. Tím se předejde velkým teplotním a tlakovým ztrátám. Dále je snaha o to, aby tavenina u vícenásobných forem dorazila do dutin ve stejném čase.

K zaplnění dutin ve stejném čase lze dosáhnout správným uspořádáním výrobků ve formě. Volí se rozmístění buď do řady, nebo do hvězdy. Lepší je rozmístění do hvězdy, kde dojde k zaplnění všech dutin ve stejném čase, bez nutnosti korekce vtokových kanálů. Zatímco u rozmístění dutin do řady je nutno upravit kanály tak, aby došlo k rovnoměrnému zaplnění dutin ve stejném čase. Řeší se to převážně změnou průřezu kanálů. Viz. Obr. 13



Obr. 13 Rozmístění dutin v řadě a hvězdě [5]

a) stejná délka vtoku; b),c),d) rozdílná délka vtoku (nutná korekce)

Podle ekonomiky, charakteru a způsobu výstřiku se určí, zda se použije studený vtokový systém, nebo horký vtokový systém. Studený vtokový systém se více hodí pro malosériovou výrobu a jednodušší produkty. Zatímco horký vtokový systém se více hodí pro velkosériovou výrobu a složitější produkty (více nákladný systém).

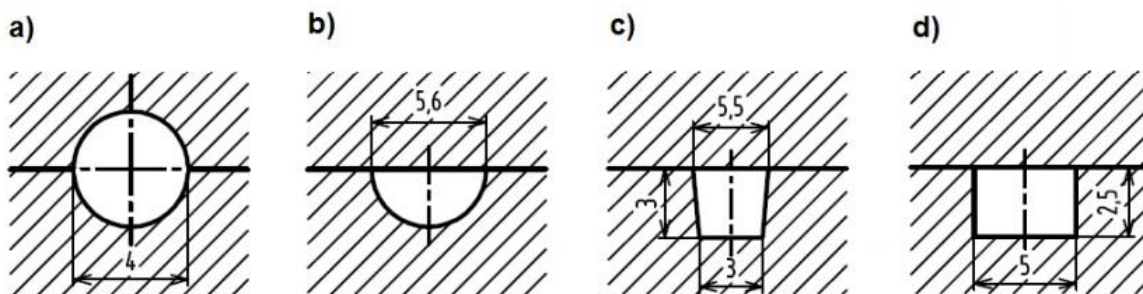
2.3.1 Studený vtokový systém

Už podle názvu se jedná o netemperovaný systém, následkem čehož dochází k tuhnutí taveniny (zvyšování viskozity) vlivem odebrání tepla do stěny. Zatuhlá vrstva polymeru na stěně tvoří tepelnou izolaci pro proud taveniny uprostřed. Takto se zaplní celá dutina formy a vtokové kanály. Vlivem dotlaku dochází k vývinu tepla ještě ve vtokovém ústí. Tím se oddaluje úplné zatuhnutí taveniny. Při nárůstu protitlaku, jež vzniká tuhnutím taveniny, se vstříkovací rychlost zmenšuje, až dojde k úplnému zatuhnutí výstřiku.

U studeného vtokového systému se musí zabezpečit nejkratší dráha, kterou poteče tavenina (teplotní a tlakové ztráty). Tato dráha musí být ke všem dutinám stejná. Kanál musí mít dostatečný průřez, aby bylo zaručeno, že plastické jádro proudu nezatuhne předčasně. Průřez a poloha ústí vtoku do dutiny musí zajistit kvalitní spojení, včetně ochlazení proudů

taveniny. Dále musí být kanály odstupňovány, a to z důvodu zachování stejné rychlosti proudu taveniny.

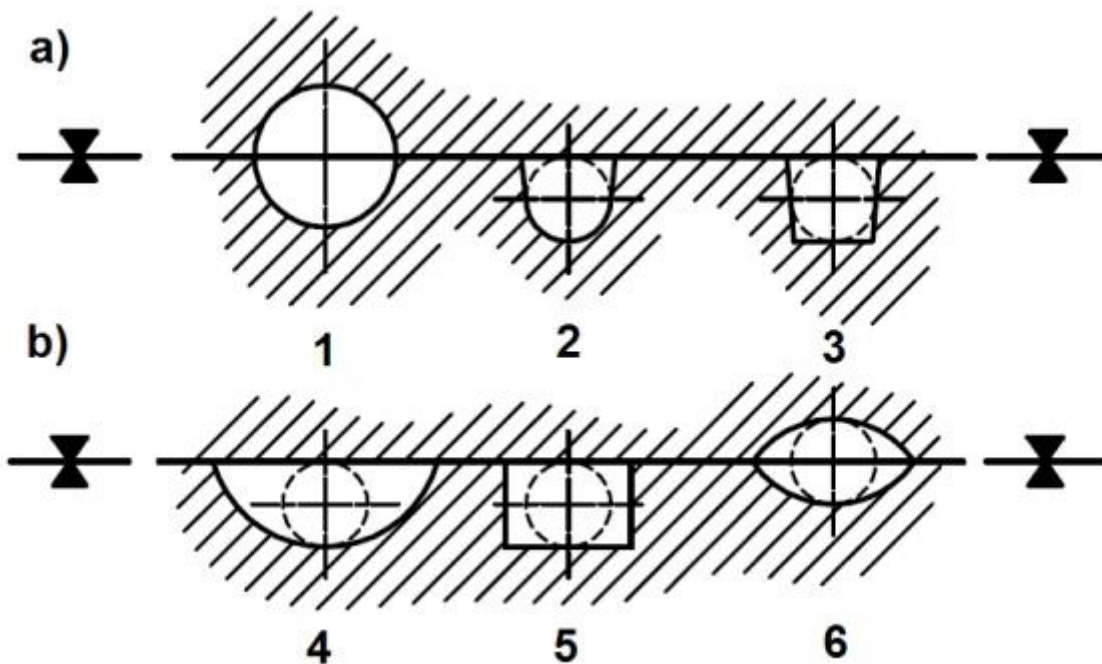
Tvar průřezu drážek se volí podle tzv. smáčivého čísla – a_s . Toto číslo je podílem průtočného průřezu k smáčenému průřezu. Čím je číslo vyšší, tím je průřez vhodnější. Z toho plyne, že nejvhodnější jsou kruhové průřezy. V praxi taky hojně používané. Porovnání jednotlivých průřezů je vidět na Obr. 14.



Obr. 14 Průřezy kanálů a na nich závislé a_s – smáčivé číslo [5]

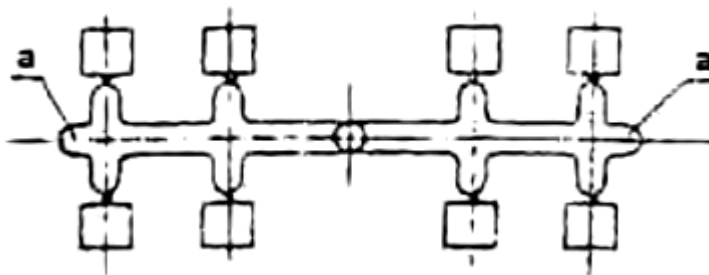
$$(a = 1; b = 0,86; c = 84; d = 0,83)$$

Vhodné průřezy drážek jsou v řadě a) na Obr. 15 Zbylé jsou funkčně nevhodné z důvodu ostrých rohů a špatnému smáčivému číslu.



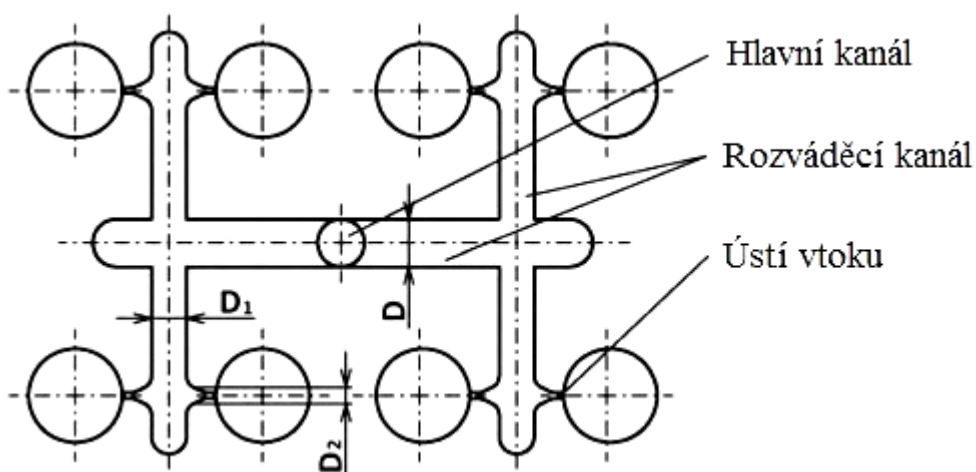
Obr. 15 Průřezy drážek [6]

Na čele toku taveniny dochází k zatuhnutí. Toto zatuhnutí by mělo ve formě za následek vznik studeného spoje, či pohledový defekt výsledného produktu. Proto je třeba toto čelo zachytit ještě v kanálech. Na konci se kanál prodlouží. Do tohoto prostoru tavenina narazí čelem a ještě málo viskózní tok pokračuje do dutiny. Viz pozice a) Obr. 16



Obr. 16 Jímka pro studené čelo toku taveniny [5]

Vtokovou soustavu dělíme na tři části. Hlavní vtokový kanál, rozváděcí kanál a vtokové ústí.



Obr. 17 Rozdělení vtokové soustavy [6]

Hlavní kanál – tento kanál navazuje přímo na trysku vstřikovacího stroje. Je konstruován kuželový (úkos $1,5^\circ$), s rozšířením do rozváděcího kanálu. Hlavní kanál může být veden přímo do výstřiku.

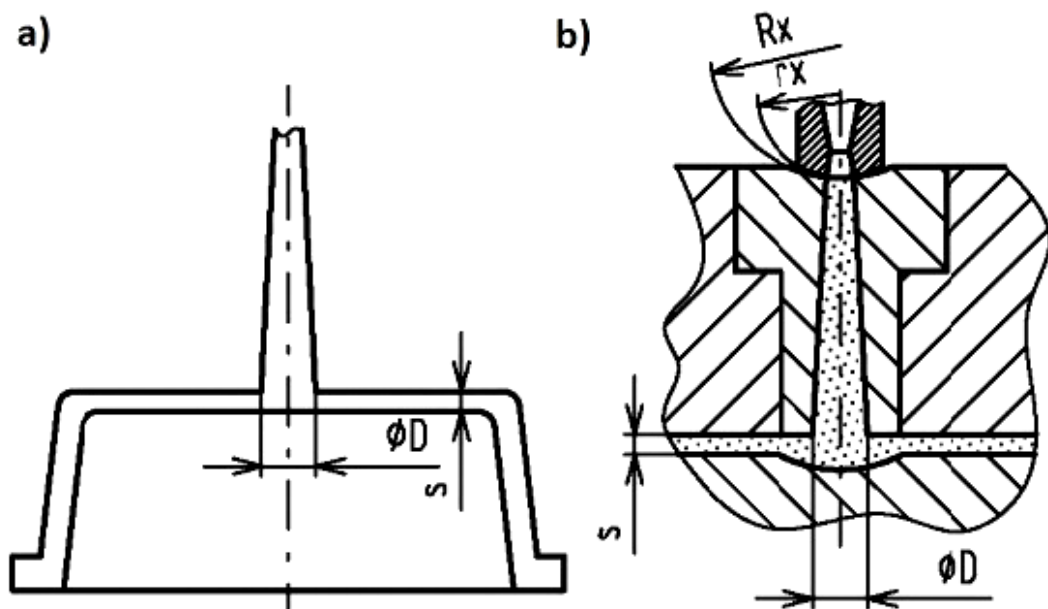
Rozváděcí kanál – volí se buď stejné, nebo o trochu větší, než je ústí hlavního vtokového kanálu. Naproti ústí hlavního kanálu je nezbytné vytvořit jímku na zachycení studeného čela taveniny.

Ústí vtoku – jedná se o zúžené místo před vstupem do dutiny. Toto zúžení má za následek zvýšení teploty taveniny před samotným vstupem do dutiny. Jeho velikost bývá co nejmenší, aby nevznikla velká stopa po vtoku na výrobku. Současně nesmí být příliš malý, aby se dutina bez problémů zaplnila. Parametry ústí volíme podle objemu výstřiku. Existuje hned několik typů ústí: bodový, kuželový, tunelový, boční, vícenásobný vtok, aj.

U ústí vtoku je velmi důležité umístění. Umísťujeme jej do nejtlustšího místa stěny výstřiku, pokud možno do geometrického středu dutiny, aby proběhlo rovnoměrné zaplnění dutiny. Umísťujeme ve směru žeber, nebo ve směru delší stěny u obdélníkových výstřiků. Dále tak, aby se umožnil únik vzduchu z dutiny. Musí se zamezit volnému toku taveniny v dutině, proto se ústí umístí nejlépe naproti nějaké překážce.

Typy ústí vtoku

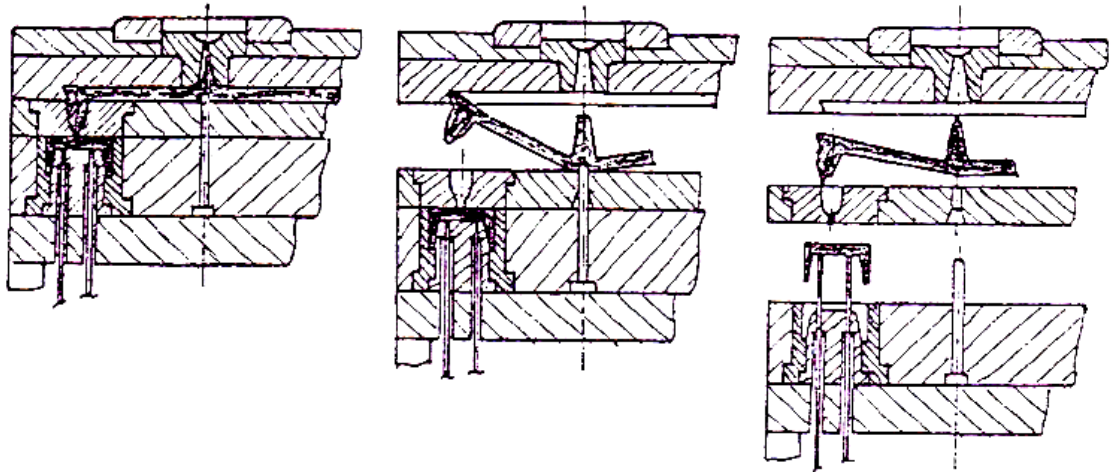
Kuželový vtok – používá se převážně u tlustostěnných, symetrických výstřiků v jednonásobných formách (Obr. 18). Přivádí taveninu do dutiny vtoku bez zúžení vtokového ústí. Na Obr. 18. b) lze vidět čochkovité zahloubení naproti ústí, které slouží ke zpevnění místa vtoku. [6]



Obr. 18 Kuželový vtok [6]

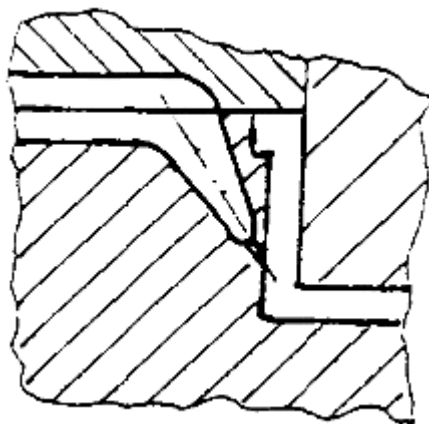
Bodový vtok – Jeden z nejpoužívanějších vtoků. Jedná se o vtok, většinou malého, kruhového průřezu. Tento vtok ústí většinou přímo z vtokového, rozváděcího kanálku,

nebo z předkomůrky. Při tomto vtoku se používá třídeskový systém formy. Je to z toho důvodu, aby došlo nejprve k oddělení vtokového zbytku od dutiny a až poté došlo k vyhození vtokového zbytku. Tímto vtokem by se neměly vstříkovat plasty s různými plnivými. Mohlo by dojít k zanesení vtoku. [6]



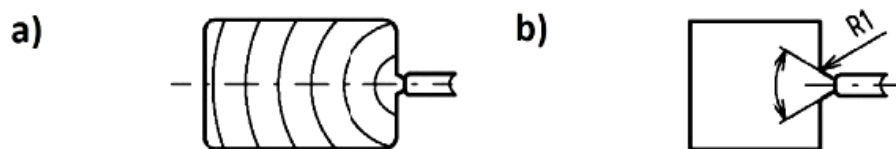
Obr. 19 Třídeskový systém s bodovým vtokem do dutiny [5]

Tunelový vtok – Tento vtok je podobný, jako bodový vtok. S tím rozdílem, že tento vtok nepotřebuje třídeskový systém k vyhození. Jak je z Obr. 21 patrné, vtok ústí do strany dutiny. Jakmile dojde k otevření formy a následnému vyhazování, v prostoru, kde ústí vtok, dojde ke stříhu a tím oddělení vtoku od výstřiku. Stejně jako bodový, i tunelový je velmi náchylný na vstříkování polymeru s plnivými. Je náročnější na výrobu. Používá se zejména tam, kde je nutné dodržet nějaké estetické podmínky a pěkný povrch. [6]



Obr. 20 Tunelový vtok [6]

Boční vtok – Dělíme je dále na a) běžné, b) vějířové vtoky (Obr. 21). Při použití tohoto vtoku zůstává po vstřikování vtokový zbytek neoddělen od výstřiku. K oddělení se používají speciální dělicí zařízení, jež jsou součástí formy. O tom, jaký typ tohoto vtoku se použije, rozhoduje zejména, jaký produkt se vstříkuje. Např., pro optické produkty se užívá nepřímých, bočních vtoků, aj.

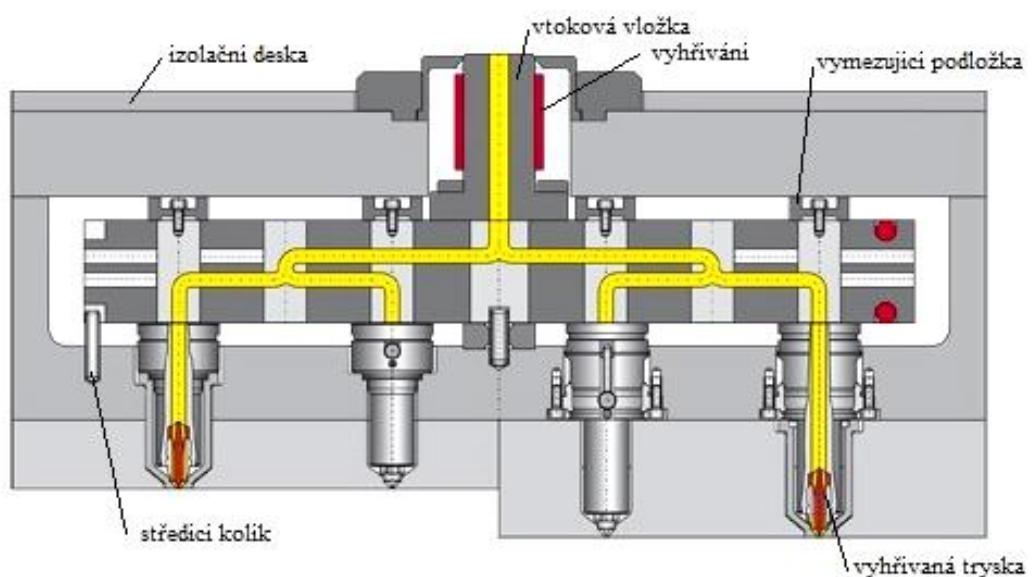


Obr. 21 Typy bočních vtoků [6]

Více násobné vtoky – Je to umístění více vtoků do jedné dutiny (Obr. 13). Více vtoků se používá při větších dílech, aby dokázala tavenina zaplnit dutinu ještě před jejím zatuhnutím. Při více násobném vtoku je velké riziko vzniku studených spojů, což se negativně projevuje na výsledném výstřiku jak vzhledově, tak v mechanických vlastnostech.

2.3.2 Vyhříváný vtokový systém

Vyhříváný vtokový systém se od studeného liší v použití vyhříváných trysek, rozvodného bloku a vtokové vložky. Jelikož je pravá část formy vyhřívána, tudíž není nutný odjezd plastikační jednotky od formy. To urychluje vstřikovací cyklus.



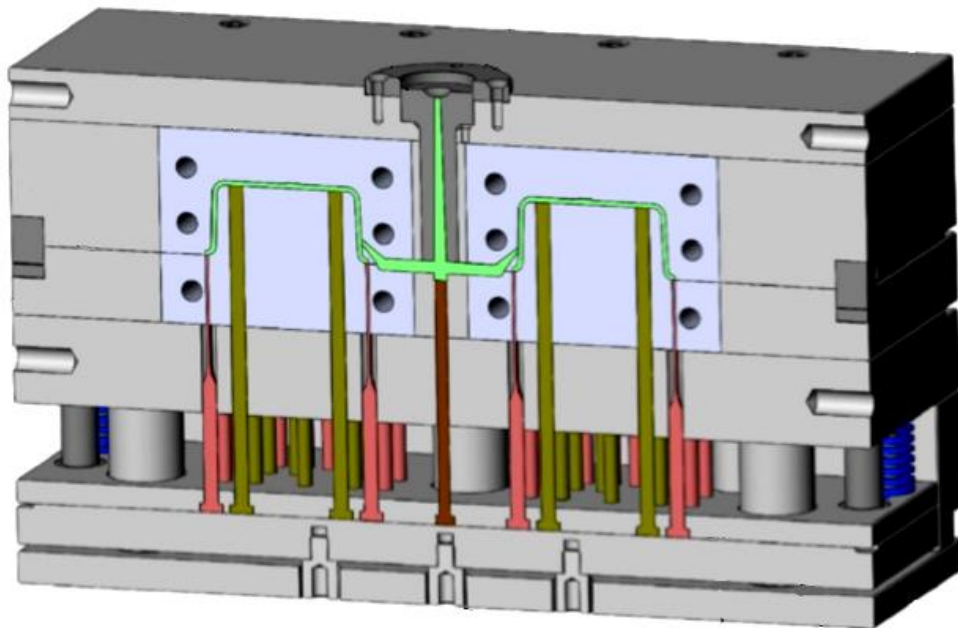
Obr. 22 Vyhříváná vtoková soustava [4]

Díky tomu, že je sestava vyhřívána, je nutné dodávat energii jak do trysek, tak do vyhřívané vtokové desky. Toho se docílí vedením kabeláže na vnější stranu formy, kde se umístí zásuvka. Právě kvůli vyhřívání, složitosti výroby trysek a nutnosti více desek na pravé straně formy, je celá forma nákladnější. Proto se těchto systémů užívá převážně u velkosériové výroby.

Trysky jsou konstrukčně velmi rozmanité. Více otvorové, torpédové, parní, jehličkové, otevřené trysky s kuželovým, bodovým ústím aj. Největší výhoda trysek spočívá v jednoduchosti oddělení od vtoku a menší stopa po místě vstříku.

2.4 Vyhazovací systémy

Vyhazovací systém tvoří nezbytnou součást formy, protože nelze spoléhat na to, že by výstřík, jenž přesně kopíruje dutinu formy, samovolně vypadnul. Proto existuje hned několik metod, jak výstřík s jistotou odformovat, a to pomocí vyhazovacích kolíků, stírací deskou, vytáčecím zařízením nebo vzduchem.

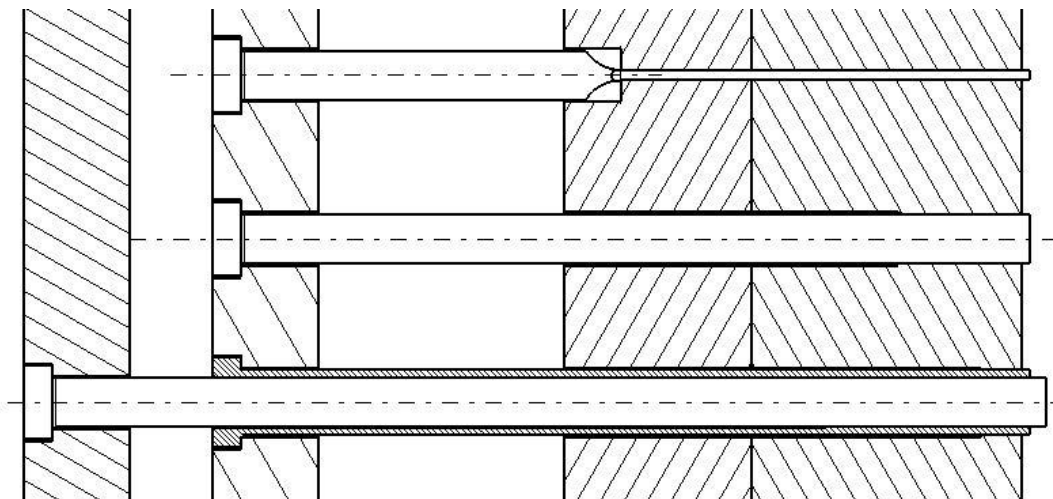


Obr. 23 Vyhazovací systém [4]

Vyhazovací síla musí být dostatečně velká na to, aby došlo k vyhození výrobku z dutiny formy. Velikost síly závisí na velikosti smrštění a jakosti povrchu formy, pružných de-

formací formy a technologických podmínkách vstřikování. Síla se stanoví podle tlaku vstřikování a velikosti smrštění, jež mají za následek velikost tření. A toto tření je zapotřebí překonat.

Vyhazovací kolíky – Jsou to kolíky, ve tvaru T, které jsou ukotveny mezi kotevní vyhazovací deskou a opěrnou vyhazovací deskou. Vedou až do dutiny formy, kde je jejich konec přizpůsoben tvárníku. Musí dokonale lícovat s tvárníkem, jinak dojde k zatečení polymeru do těchto vzniklých dutin (popřípadě vznikne propadlina) a tím k znehodnocení výrobku. Jelikož jsou kolíky v přímém styku s polymerem a současně podléhají namáhání na tlak a vzpěr, vyrábí se z nástrojových ocelí s povrchovou úpravou. Kolíky se dají koupit jako normované polotovary v různých provedeních (válcové, trubkové, prizmatické aj.). Kolíky se umísťují převážně na nepohledovou stranu výrobku a do míst, kde se nám nebude výrobek bortit. S tím souvisí i správná volba průměrů a velikostí, aby nedošlo až k probodnutí výrobku.



Obr. 24 Vyhazovací kolíky

Stírací desky – Stírací deska tvoří další dělicí rovinu ve formě. Jedná se o desku, která setře výstřik z tvárníku. Většinou se do stírací desky vkládají stírací vložky, kvůli úspoře lepších materiálů a tím i financí. Mají velkou výhodu v tom, že dokáží působit na velkou plochu výrobku a tím nezanechávají stopy po vyhazování a nedeformují výrobek. Avšak, do formy musíme zařadit dvoustupňové vyhazování, což zvedne náklady na formu.

Vytáčecí zařízení – Je speciální a velice nákladné zařízení ve formě. Díky tomuto zařízení lze odformovat vnitřní závit výrobku. Do formy se přidávají převodové mechanismy, nebo servomotory, díky nimž dojde k rotaci závitových trnů a tím k vyšroubování výrobku

z těchto trnů. Většinou je ještě tento systém doplněn o stírací desky, aby bylo zaručeno sto-percentní odformování.

Vyhazování vzduchem – Toto vyhazování slouží převážně u velkých, tenkostěnných výrobků. Je velmi šetrné a zkracuje délku formy, protože by bylo jinak nutné velkého zdvihu vyhazovacích kolíků. Vzduch se přivádí mezi výrobek a líc formy, čímž dojde k oddělení výrobku od formy. Vzduch je do formy přiváděn přes talířové ventily, nebo různé kolíky. Nelze však tímto způsobem vyhazovat všechny typy výrobků

Hydraulické vyhazování – Samostatná hydraulická, či pneumatická jednotka, zabudovaná do formy. Užívá se při potřebě odformování různých jader v dutině, nebo k samostatnému vyhazování. Přímému, nebo i šikmému.

2.5 Temperování formy

Nesmírně důležitým krokem při zpracování polymerů vstřikováním je temperování formy na požadované teploty. Tím se docílí optimálních podmínek pro tečení a tuhnutí polymeru ve formě.

Každý polymer má jiné požadavky na temperaci formy. Tyto požadavky je třeba udržet po celou dobu výroby. Tím jak se přivádí do formy horká tavenina, je forma zahřívá a je třeba ji chladit. V opačném případě (při vstřikování reaktoplastů a elastomerů), se forma ochlazuje a je třeba ji vyhřívá na požadovanou teplotu.

S měnící se teplotou se mění i rozměry dutiny a celé formy vlivem teplotní roztažnosti. Proto se vyhřívá buď celá forma, nebo jen její části, čímž je možné eliminovat tvarové deformace, způsobené anizotropií smrštění plastu.

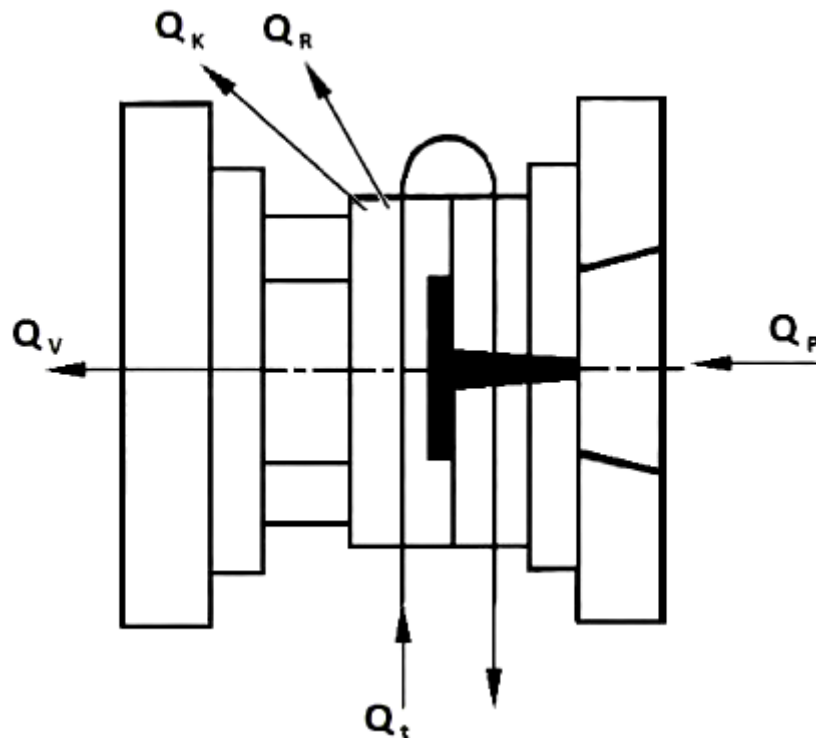
Tab. 1 Teplota formy pro některé plasty [4]

Termoplast	Teplota taveniny [°C]	Teplota formy [°C]
ABS	190-250	50-85
PA 6	230-290	40-120
PC	280-320	85-120
PE - HD	180-270	20-60
PE - LD	180-270	20-60
PMMA	200-250	50-80
POM	180-220	50-120
PP	170-280	20-100
PS	180-260	55-80
PVC tvrdé	190-220	30-60

Dobře řešený temperační systém spolu s dostatečnou hmotností formy zajistí dobrou stabilitu a malé nebezpečí deformace formy při vysokých vstřikovacích tlacích.

2.5.1 Tepelná bilance formy

Zde platí (Obr. 25), že teplo přivedené taveninou polymeru (Q_P) do formy je rovno teplu odevzdanému z formy temperací (Q_T), do okolí (Q_K), zářením (Q_R), do upínacích ploch (Q_V).



Obr. 25 Tepelná bilance formy [6]

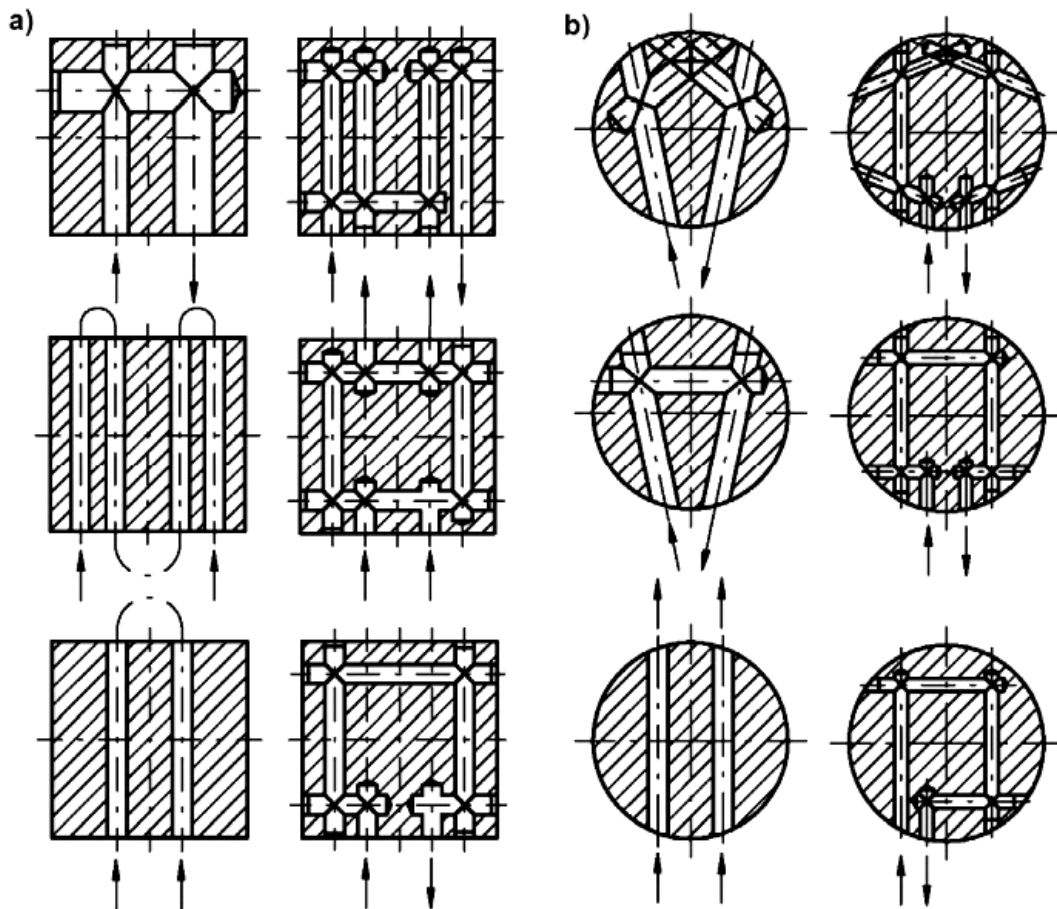
Kvůli ztrátám tepla z povrchu formy do okolí, se její povrch leští, či pokrývá izolační fólií. Mezi upínací desku formy a upínací plochu stroje se dává izolační deska z termoizolace. Tím se rapidně sníží přestup tepla mezi formou a strojem.

2.5.2 Rozmístění temperačních kanálů

Temperační kanály ovlivňují celkovou tuhost formy. Proto je nutné správně volit jejich rozmístění a velikost. Dělají se kruhového průřezu, z důvodu laciné výroby a největší účinnosti. Teplosměnnou plochu kanálů tvoří smáčená plocha těchto kanálů. Z toho plyne, že je lepší používat spíše více menších kanálů s menší roztečí.

Velikost temperačních kanálů se nejčastěji volí podle hmotnosti výstřiku a velikosti rámu. Větší průměry temperačních kanálů jsou zbytečné, neboť intenzita výměny tepla se změní jen zanedbatelně. Jako minimální průměr kanálu se doporučuje 6 mm.

Aby byla temperace účinnější, je možné kanály spojovat, nebo dělit do různých okruhů a různých uspořádání (Obr. 26). Z důvodu náročných výpočtů nebo zkoušek v praxi, se dnes teplota ve formě a její pochody předpovídá pomocí simulačních programů, neboť oprava temperačních kanálů je velmi nákladný proces. [6]



Obr. 26 Vzorové temperační okruhy [6]

2.5.3 Temperační média

Pro aktivní temperaci se používají tři základní média (olej, voda, vzduch). Pro pasivní temperaci se používají teplotně dobře vodivé kovy.

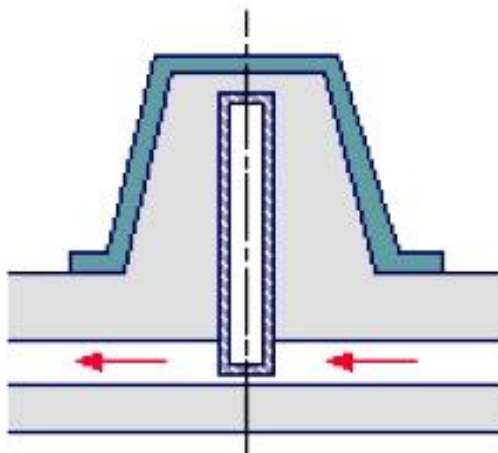
Vzduch – velmi málo účinné chladicí médium. Používá se prakticky pouze na chlazení při otevřené formě, popřípadě chlazení tvárníků tam, kde není možné použít jiné chladicí médium.

Voda – velmi účinné chladicí médium s dobrým přestupem tepla, které je levné a ekologicky nezávadné. Avšak, nehodí se pro temperování nad teplotu 100°C, kdy voda pomalu dochází k teplotě varu a začala by v okruhu místo vody proudit pára. Velmi velká nevýhoda vody je vznik koroze a nános minerálů na povrch temperačních kanálů. To snižuje efektivitu chlazení.

Olej – o něco horší chladicí médium než voda, s menším přestupem tepla. Jeho největší výhoda spočívá v možnosti temperace nad hranici 100°C. Vykazuje vyšší cenu a ekologicky méně přípustný. Oproti vodě však nezpůsobuje korozi a nezanáší minerály do kanálů. Naopak kanály konzervuje proti vnějším vlivům.

Elektrické články – termočlánky, určené k vyhřívání za pomoci elektrické energie. Jedná se o účinné vyhřívání, kdy se teplotní článek jednoduše vloží do formy a připojí k elektrické energii. Vyrábí se mnoho typů a provedení.

K temperaci se taky používají pasivní média, nejčastěji s teplotně dobře vodivých slitin materiálů (Cu, Be, Al aj.) Jejich použití je tam, kde nelze použít aktivní temperaci. Vkládají se do tvárníků a vedou teplo, pokud možno k nejbližšímu temperačnímu kanálu, kde je aktivní médium, do kterého předá teplo. Jedná se taky o patrony různých velikostí a vlastností. Záleží pouze na zákazníkovi, které zvolí, aby byly konstrukčně a funkčně vhodné. [6]



Obr. 27 Pasivní temperace tvárníku

2.6 Odvzdušnění

Ještě před samostatným vstřikováním není dutina tak úplně prázdná. Obsahuje vzduch, který se tam dostane z okolí. Ve většině případů to nehraje žádnou roli, protože tento vzduch může unikat skrze dělicí rovinu, skrz mezeru mezi vyhazovacím kolíkem a tvárníkem. K úniku vzduchu stačí setina milimetru široká mezera (tedy tak, aby unikl vzduch, ale tavenina za daných podmínek ne).

Pakliže by neměl vzduch kudy uniknout z dutiny, tzv. Diesselův efekt. Tento efekt lze vypořizovat, když se na vyhozeném výrobku objeví spálená místa. Případně by mohly vzniknout ve výrobku vzduchové bubliny, či propadliny.

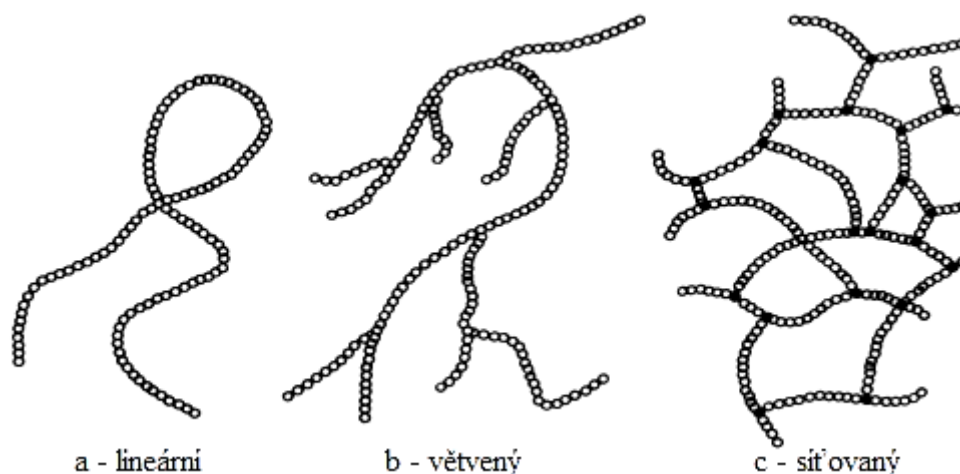
Díky moderním softwarům lze vytvořit předpoklad místa vzniku vzduchové kapsy, která by měla za následek znehodnocení výrobku. Zároveň nám tyto softwary dokážou navrhnout patřičná doporučení, kam umístit odvzdušňovací kanály, nebo ještě lépe, kam umístit ústí vtoku. [6]

3 POLYMERY

Na přelomu 18. a 19. století se obyčejná chemie rozdělila na dvě větve. Anorganickou a organickou. Velká zásluha za organickou chemii patří člověku jménem Carl Wilhelm Scheele, jež izoloval organické látky jako kyselinu vinnou, citronovou aj. Dále Michail Lomonosov a Antoine Lavoisier dovedli prokázat, díky studiu procesu hoření, že všechny organické látky obsahují vodík a uhlík.

A právě organická chemie je základem polymerních materiálů. Neboť každý polymer je řetězec chemické sloučeniny, který se větví, tvoří vazby (sítuje se) a dosahuje různých velikostí a je složený z merů. Mer je jedna část řetězce, jež se opakuje a je složen z prvků (v převážné většině uhlík a vodík).

Polymery jako takové dělíme z hlediska zpracování na plasty a elastomery. Plasty dále na termoplasty a reaktoplasty.



Obr. 28 Větvení polymeru [4]

3.1 Plasty

Hlavní surovinou pro výrobu plastů se používá ropa a zemní plyn. Jedná se o polymery převážně tvrdé, křehké, tvarovatelné za jistých podmínek. Některé opakovaně zpracovatelné. Podle zpracování je můžeme dělit na termoplasty a reaktoplasty. Podle struktury pak na semikrystalické a amorfní.

3.1.1 Termoplasty

Už od názvu lze soudit, že teplota bude hrát u tohoto typu plastů roli. Termoplasty se vyznačují tím, že po vychladnutí a ztvrdnutí je lze znovu roztavit vlivem zvýšení

teploty. Takže jsou velmi dobře recyklovatelné. Mezi nejznámější termoplasty patří PMMA - polymethylmetakrylát, PE - polyethylen, PA - polyamid, PVC – polyvinylchlorid, PS – polystyren. Používají se velmi hojně na výrobu krytů, potravinových obalů, hraček, aj. Nesmí však být vystavovány velkým teplotám.

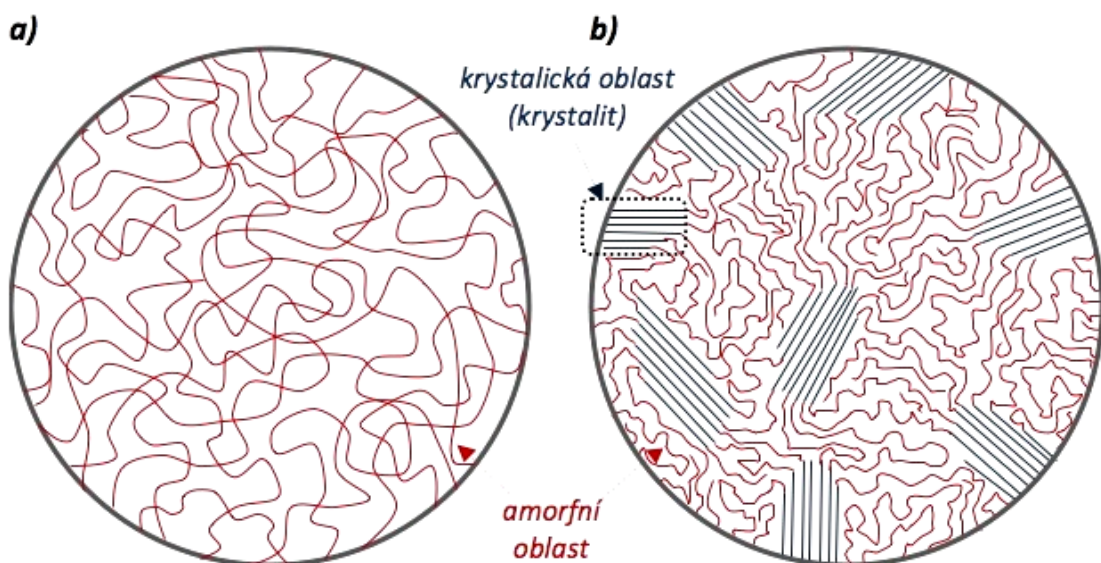
3.1.2 Reaktoplasty

Jejich vytvrzení probíhá chemickou reakcí, působením tlaku a teploty. Jakmile však dojde k zatvrdnutí, už je nelze znovu roztavit. Z toho plyne, že jsou jen velmi těžko recyklovatelné. Mezi reaktoplasty patří fenoplasty, aminoplasty, epoxidy, polyestery a polyuretany. Jsou velmi hojně používány k výrobě laminátů a různých kompozitních výrobků. Od automobilového průmyslu (sportovní vozy z uhlíkových karoserií), letecký průmysl (různé části letadel) a výroba různých pěn do matrací (PUR – polyuretan) aj.

3.1.3 Amorfní a semikrystalické plasty

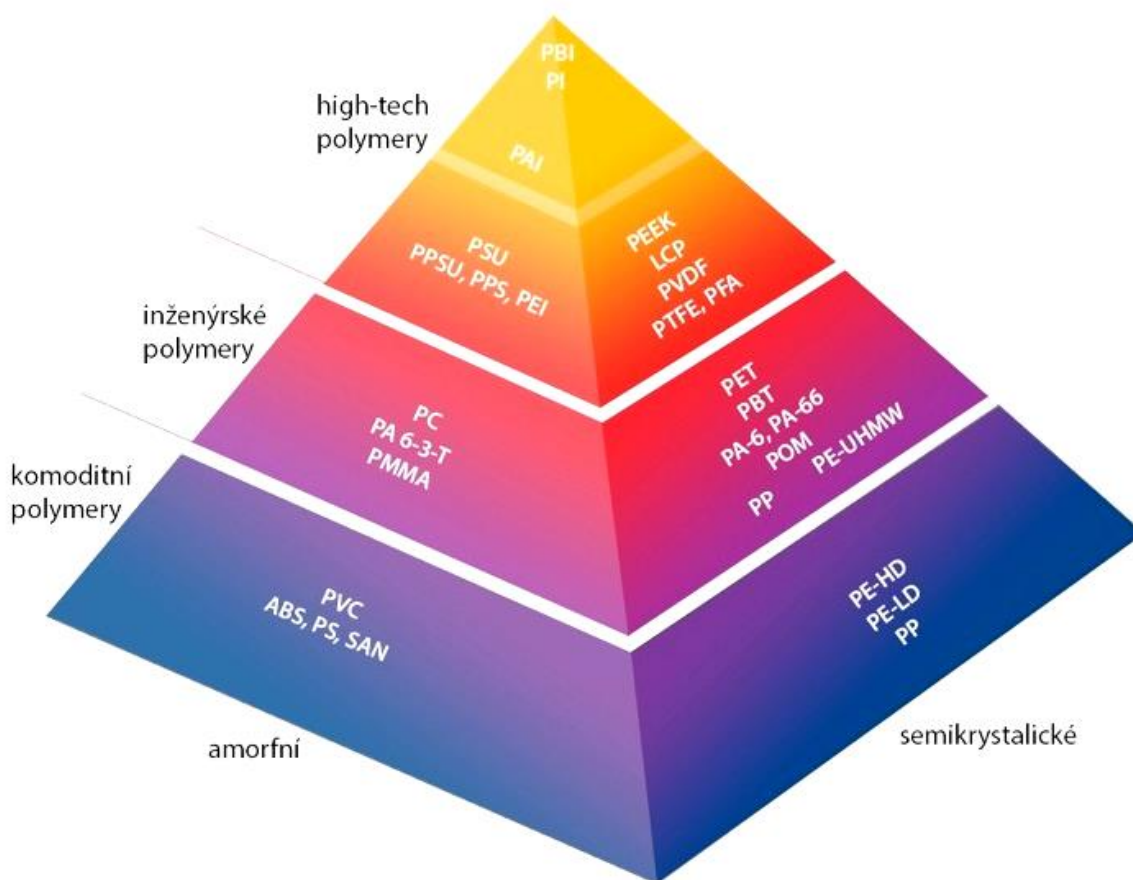
Amorfní – tyto plasty mají neuspořádané makromolekuly. Tvoří tedy jakási klubka, jež jsou vzájemně a náhodně propleteny. Většinou se jedná o průhledné, čiré plasty.

Semikrystalické – tvoří oblasti uspořádaných makromolekul. Vlivem chlazení taveniny začnou vznikat krystaly. Nicméně, nikdy nedojde ke krystalizaci celého objemu. Od toho semikrystalický. Proces krystalizace znesnadňují dlouhé postranní řetězce, chemická nepravidelnost a objemové substituenty.



Obr. 29 Schéma molekulární struktury polymerů

a) amorfní b) semikrystalická [5]



Obr. 30 Rozdělení plastů na trhu [3]

3.2 Elastomery

Základem pro výrobu elastomerů je kaučuk. Jedná se o materiály elastické, ohebné a pružné. Vytvrzení probíhá vulkanizováním, tedy částečnému zesíťování za pomoci tepla, tlaku a činidla (nejčastěji síra). Elastomery mají velké spektrum využití, a to jako těsnění, pneumatiky, hadice, podrážky, rukavice, latexové výrobky aj.

3.3 Přísady, plniva a jejich vliv

Polymery se v čistém stavu využívají jen velmi málo. Zpravidla se musí přidávat různé plniva a přísady pro zlepšení základních vlastností polymeru. Například plniva, které zabráňují případnému vznícení polymeru, zlepšují mechanické, tepelně izolační, elektrostatické vlastnosti a prodlužují životnost polymeru.

3.3.1 Stabilizátory

Tepelné stabilizátory - dokáží zpomalit degradační procesy a zlepšit odolnost polymerů proti zvýšeným teplotám, například při zpracování. Tepelná degradace se projevuje zhoršením užitných vlastností a změnou zbarvení polymeru.

Světelné stabilizátory – zpomalují degradační procesy, způsobené slunečním zářením. Nejhorší je pro polymery UV záření, které vyvolává vznik volných radikálů. Tyto radikály jsou schopné vyvolat degradační proces – stěpení, nebo síťování makromolekul. Stabilizátory musí UV záření odrazit nebo absorbovat.

Barviva – užívají se k zbarvení polymeru. Používají se jak anorganická, tak organická barviva. Organická mají velkou výhodu v rozpustnosti v polymeru. Tím lze zachovat průhlednost. Například, barevná PET láhev.



Obr. 31 PET s organickým barvivem

Změkčovadla – zlepšují ohebnost, tekutost taveniny a houževnatost. Jsou to kapaliny organického původu s vysokým bodem varu, které mají za úkol oddalovat řetězce makromolekul od sebe a tím i zmenšovat působící síly mezi nimi.

Antistatika – zvyšují elektrickou vodivost polymerů.

Nadouvadla – přidáním do polymeru začnou uvolňovat plyn a dělat v polymeru bubliny. Tím dojde ke zvětšení objemu. Výsledný produkt bude tedy lehčí.

Retardéry hoření – zpomalují hoření polymeru. Nejčastěji hydráty oxidu hlinitého.

3.3.2 Plniva

K zlepšení mechanických vlastností polymerů se dá docílit různými plnivými. Tyto plniva jsou různého původu a to organické, či anorganické. Vlákenné nebo částicové.

Částicové plniva můžeme použít například k ušetření polymeru, abychom zaplnili objem něčím levnějším a zachovali stejné podmínky. Můžeme například zamíchat do polymeru dřevěné piliny. Tím dosáhneme textury dřeva a zároveň nebudou tyto piliny podléhat vnějším vlivům (natahování vlhkosti a tlení).

K výztuži se používají převážně vláknité plniva, které jsou schopny vydržet vyšší namáhání v tahu. Zvyšují nárazovou houževnatost. Používají se jak uhlíková, aramidová, kovová, skleněná vlákna, tak i přírodní materiály, jako konopí, sisal, bavlna apod.

Minerální plniva jsou velmi hojně používána. Dokáží snížit smrštění výstřiku po vstřikování a snížit cenu výrobku. Používají se:

Uhlíčan vápenatý – plní se jím polymer až ze 60%. Z důvodu nízké ceny, malý vliv na mechanické vlastnosti, nízký obsah vlhkosti a zdravotní nezávadnost.

Talek – minerál užívaný k plnění polypropylenu. Zvyšuje jeho mechanické vlastnosti a plní se jím polymer z 20-60%. Zároveň snižuje cenu. Setkáme se s ním v automobilovém průmyslu, kde se používá při výrobě interiérových dílů.

3.4 Příprava materiálu před vstřikováním

Plasty (termoplasty) se dodávají v granulích. Ty mohou obsahovat vyšší vlhkost, než je při zpracování žádoucí. Proto je nutné, u některých druhů termoplastu, granulát před samotným vstřikováním ještě sušit v sušárnách. Po sušení se musí polymer co nejrychleji zpracovat, aby nedošlo k opětovnému navlhnutí.

3.5 Zpracování odpadu po vstřikování

Po vstřikování (hlavně ve studené vtokové soustavě), zůstávají zbytky polymeru, který se bere jako odpad. Tento odpad se však nashromáždí a dá do drtiček, kde se nadrtí na malé kousky. Tyto kousky se pak míchají s novým granulátem a znovu zpracovávají. Do výrobků, které nejsou moc mechanicky namáhány, se přidává kolem 15% recyklátu na celkový objem. U dílů namáhaných se recyklát nepřidává.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- Vypracovat literární studii na dané téma
- Nakreslit model vstřikovaného výrobku v programu CATIA
- Vypracovat konstrukční řešení vstřikovací formy v programu CATIA
- Nakreslit výrobní výkres výrobku a výkres sestavy vstřikovací formy

V literární studii je popsána konstrukce a principy fungování vstřikovacích strojů, složení a jednotlivé části vstřikovací formy. Taktéž se zde popisují druhy polymerů a jejich vlastností.

V praktické části se práce zabývá samotným konstrukčním návrhem vstřikovací formy na zadaný díl.

5 POUŽITÝ SOFTWARE

5.1 CATIA 5V19

Program vyvíjen francouzskou firmou Dessaults systemes. Díky přídatným modulům umožňuje tento program vysokou variabilitu použití. Od počátečního návrhu prototypu ve 3D, jeho přezkoumání různými simulacemi, až po samotný návrh nástroje, či linky na tento prototyp, včetně vygenerování výkresové dokumentace.

V případě této bakalářské práce byly užity hned 4 moduly a to:

- Part desing
- Shape desing
- Core and Cavity desing
- Mold tool desing

5.2 Hasco Dako module 2015

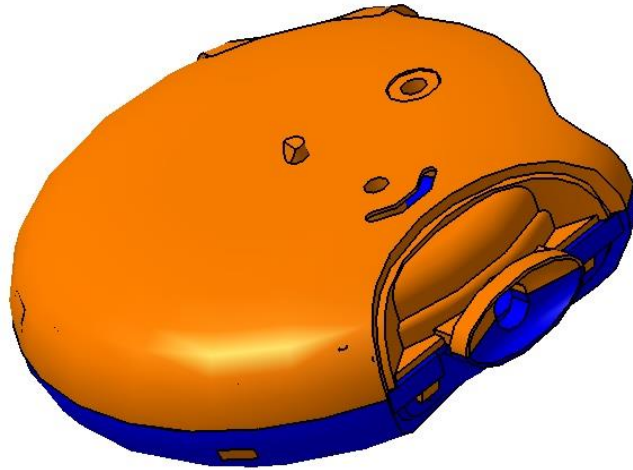
Jedná se o program, jež obsahuje obsáhlou databázi normálií a produktů firmy HASCO. Díky tomuto software je možno urychlit konstrukci samotné formy, protože vybrané části lze importovat přímo do programu CATIA. Mimo jiné obsahuje i aktuální ceník. To umožňuje vytvořit předběžný odhad nákladů na formu.

5.3 Autodesk MOLDFLOW

Software vyvíjen v USA. Moldflow je simulátor toku taveniny. Díky tomuto simulátoru můžeme předvídat chování taveniny při vstřikování do dutiny formy. Dobu trvání plnění, tuhnutí a dokonce i návrh místa pro nejvíce vhodné umístění vtoku.

6 VÝROBEK

Vstříkovaný výrobek je obal inhalátoru. Tento obal je složen ze dvou částí (skořepin). Slouží pro uchování, ochranu a samotnou aplikaci inhalačních kapslí.



Obr. 32 Složený pravý a levý díl

6.1 Funkční části

Na vnější straně obalu se nacházejí válcové výstupky, které slouží ke spojení s další, designovou částí obalu. Na vnitřní straně levé skořepiny se nachází háčky a na pravé skořepině otvory, díky kterým lze spojit pravou a levou část obalu.



Obr. 33 Pravý a levý díl z vnitřní strany

6.2 Použitý materiál

Materiál na výrobek byl zvolen akrylonitrilbutadienstyren (Alcom ABS 530/12 S11). Tento materiál má pro daný výrobek vzhledem k jeho použití optimální vlastnosti. Jedná se o mechanicky odolný, houževnatý polymer. Odolný vůči nízkým i vysokým teplotám a je chemicky odolný. Co je však nejvíce důležité, je zdravotně nezávadný.

Tab. 2 Základní reologické a mechanické vlastnosti polymeru [10]

Alcom ABS 530/12 S11	
Reologické vlastnosti	
Index toku taveniny	4,5 cm ³ /10min
Teplota zkoušení ITT	220 °C
Zatížení při ITT	10 kg
Mechanické vlastnosti	
Modul pružnosti v tahu	2700 MPa
Mez kluzu	50 MPa
Protažení	2,9 %
Hustota	1080 kg/m ³



Obr. 34 ABS - barvený

7 KONSTRUKCE FORMY

Obal inhalátoru se skládá ze dvou částí, u kterých je proveden návrh zaformování pomocí programu CATIA s využitím Mold tool desing a HASCO Dako katalogu. To značně zpřesňuje a usnadňuje práci na návrhu, neboť si můžeme celou formu vytvořit v 3D a následně generovat 2D výkresy. V případě změny v návrhu lze snadno provést aktualizaci celé 2D dokumentace.

7.1 Násobnost

Forma je navržena tak, aby se na jeden cyklus vyrobily dva výrobky. Tedy čtyřnásobná forma. Tím vznikne čtvercová, symetrická a vyvážená forma. Vzhledem na velikost a objem výrobků se bude jednat o formu přibližně 400 x 400 mm.

7.2 Zaformování

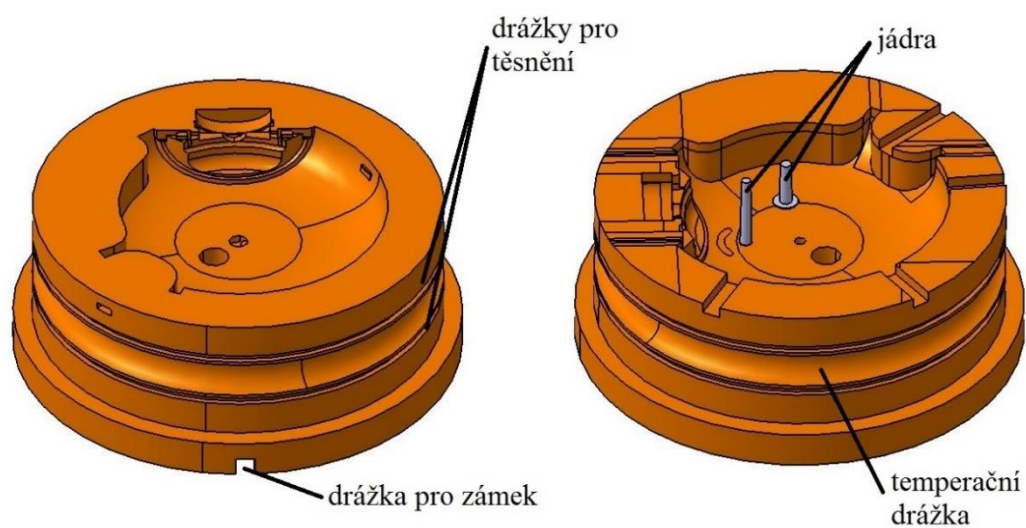
Hlavní dělicí rovina vede na rozhraní tvárníku a tvárnice. Tato rovina je doplněna o vedlejší dělicí roviny. Ty se nacházejí na jednotlivých posuvných jádrech.

Jako tvárníky a tvárnice byly zvoleny vložky. Navržená forma je čtyřnásobná, tím pádem dojde ke značnému zlevnění formy a zjednodušení při případných opravách.

Jelikož je konstrukční ocel levnější, než nástrojová ocel, díky vložkám není potřeba takové množství nástrojové oceli, než když by byla celá tvarová deska vyrobena z jednoho kusu nástrojové oceli. Z pohledu obrobitelnosti jsou navíc konstrukční oceli lépe obrobitelné, než nástrojové. Samotný proces výroby vložek se tedy zlevní.

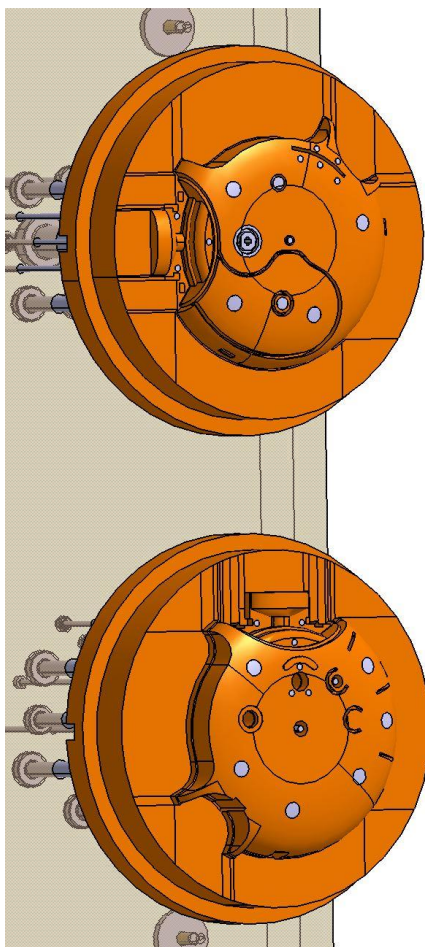
Další výhoda spočívá v jednoduché výměně pouze poškozené vložky. Neboť málokdy se poškodí všechny tvarové dutiny najednou a bylo by nutné vyměnit celou desku. Díky vložkám se vymění právě jen poškozená vložka.

Materiál pro tvárníky a tvárnice je použita ocel třídy 19 655 podle ČSN s povrchovou úpravou zakalení na HRC 55. Tím zajistíme velkou odolnost proti opotřebení, neboť povrch tvárníků i tvárnic musí odolávat vysokým teplotám, tlakům a abrazi.



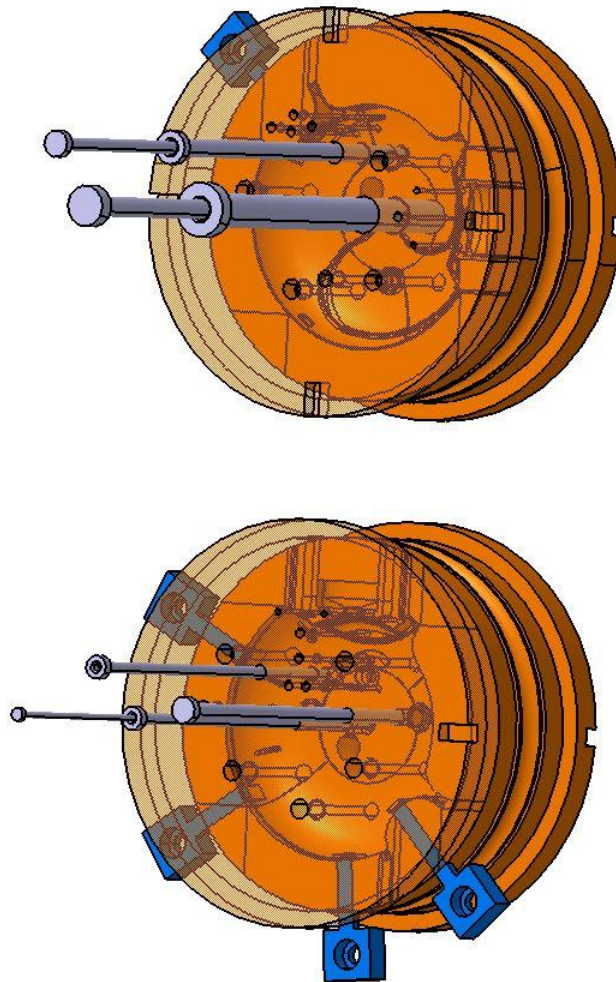
Obr. 35 Levá a pravá tvárnice

Do tvárnic je zároveň obrobena drážka pro vedení temperačního média a dvě drážky pro těsnění, jež zabrání úniku média.



Obr. 36 Levý a pravý tvárník s vyhazovacím systémem

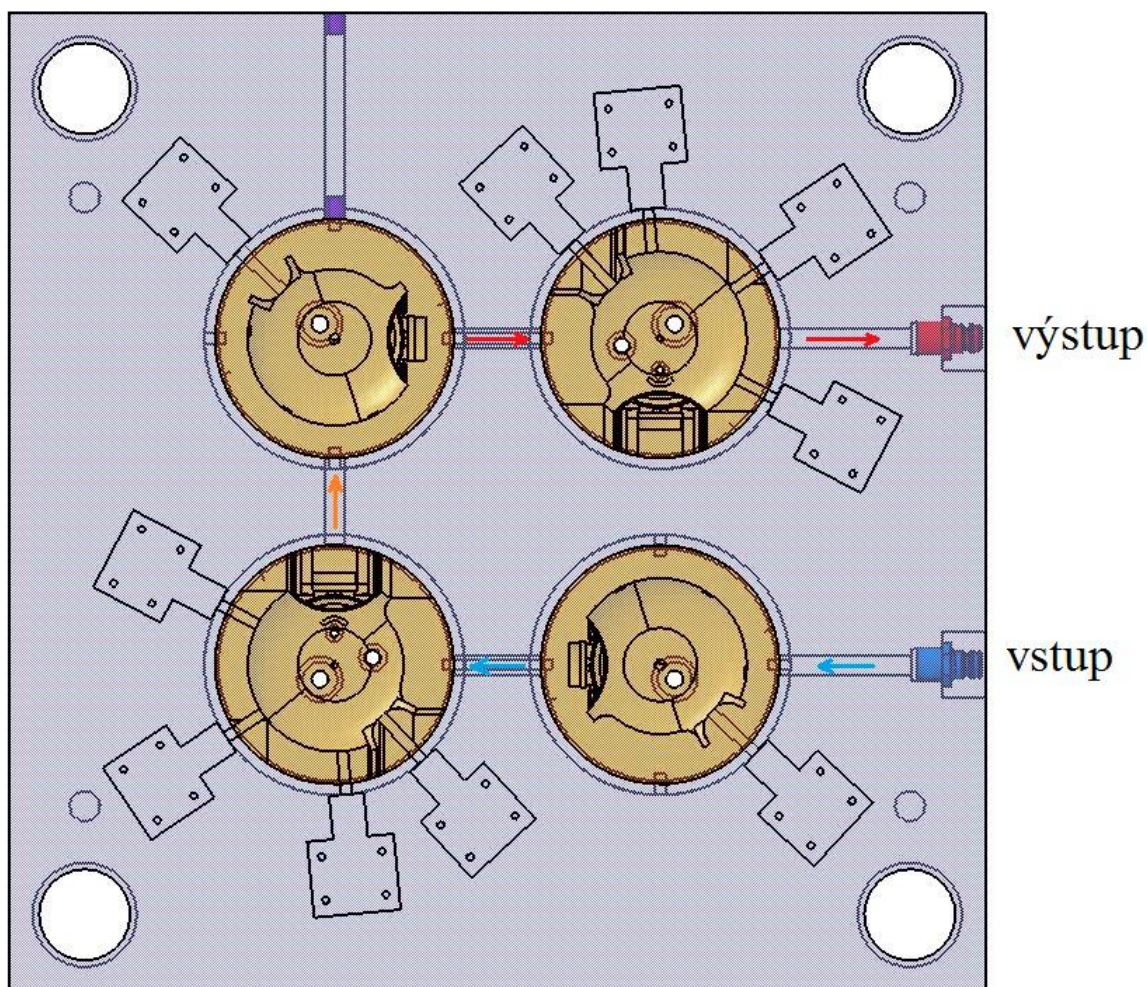
Výstupky z tvárnice byly nahrazeny jádry. V případě poškození se tak docílí jednoduché vyměnitelnosti. Navíc se tím zjednodušily samotné tvarové vložky, takže se snížily celkové náklady potřebné k obrobení dutiny.



Obr. 37 Kompletní zaformování výrobku

7.3 Temperační systém

Temperační systém je zvolen s ohledem na geometrii výrobku. Jedná se o tenkostěnné výrobky. Tvárnice jsou tedy chlazeny pomocí vody. Pro vedení temperačního média poslouží tři vrtané kanálky o průměru 8 milimetrů. Na vstupu a výstupu do tohoto kanálku jsou umístěny ventily s kuličkou, jež zamezí nechtěnému úniku chladicího média při instalaci formy na vstřikovací stroj. Jeden kanálek je uzavřen těsníci zátkami (jedna zátka je vnitřní rozpěrná, druhá je vnější, šroubovací), čímž se vytvoří nepřerušovaný temperační okruh.



Obr. 38 Temperační kanálky

Naproti tomu tvárníky jsou chlazeny volným únikem tepla do okolí. Předpokládá se, že tato metoda bude dostačující k ochlazení výrobku na teplotu vyhození.



a) uzavírací šroub



b) kónická uzavírací zátka



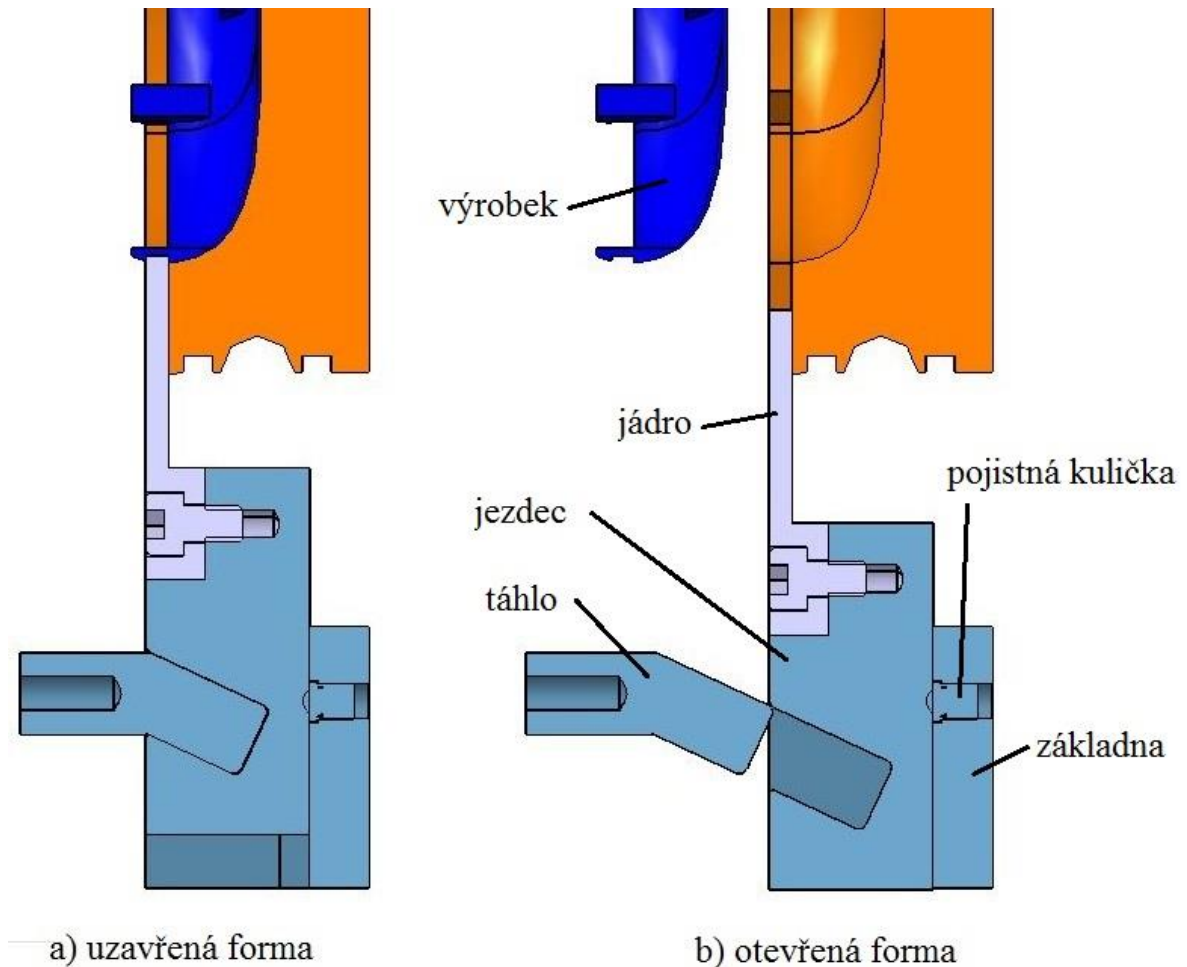
c) uzavírací nátrubek

Obr. 39 Části temperačního kanálku [11]

7.4 Odformování

K odformování a vyhození výrobků byly použity převážně normované výrobky firmy HASCO.

Byly použity posuvné liftery, jež umožní uvolnit výrobek ze zobáčků a zároveň bubou tvarovat jejich geometrii. V jednom případě budou tvarovat díru obdélníkového průřezu.

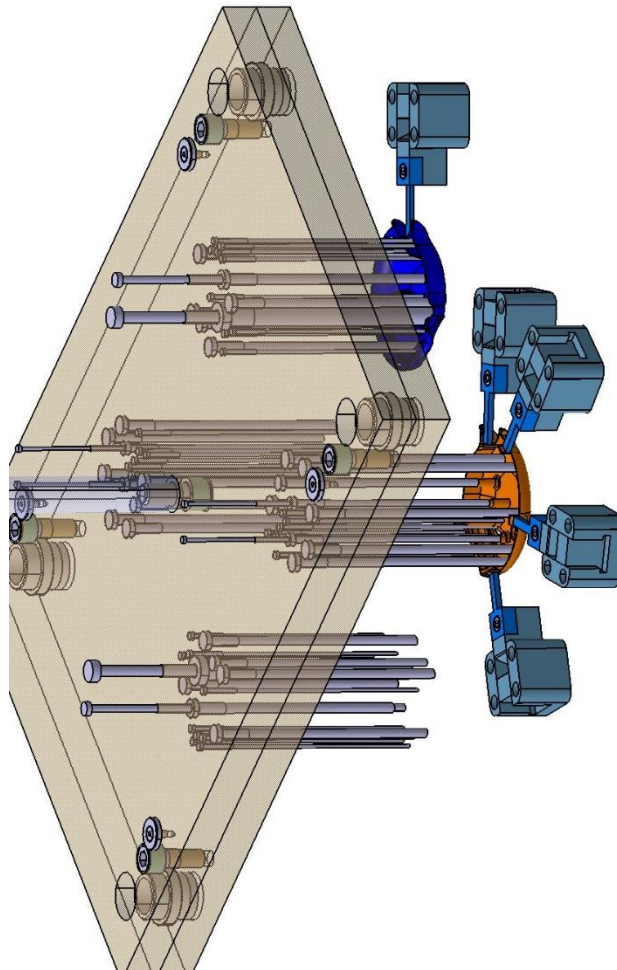


Obr. 40 Zaformování háčků

Liftery fungují na mechanickém principu, při otevření formy. Když se začne forma otevírat, táhlo lifteru se začne posouvat směrem doleva (dle Obr. 40). Táhlo začne tlačit jezdec s jádrem směrem dolů a tím dojde k uvolnění cesty (tedy odformování) pro výrobek. Pojistná kulička při otevření a vyjetí táhla, zafixuje jezdec k základně tak, aby nedošlo k samovolnému posunu jezdec. Tím se zabrání případné kolizi táhla s jezdcem a dojde k opětovnému nasunutí táhla do jezdec.

7.5 Vyhazovací systém

K vyhození obou výrobků byla použita soustava vyhazovačů (válcové, trubkové), přičemž některé slouží jako tvarové prvky k jednoduššímu a bezpečnějšímu vyhození.



Obr. 41 Vyhazovací systém

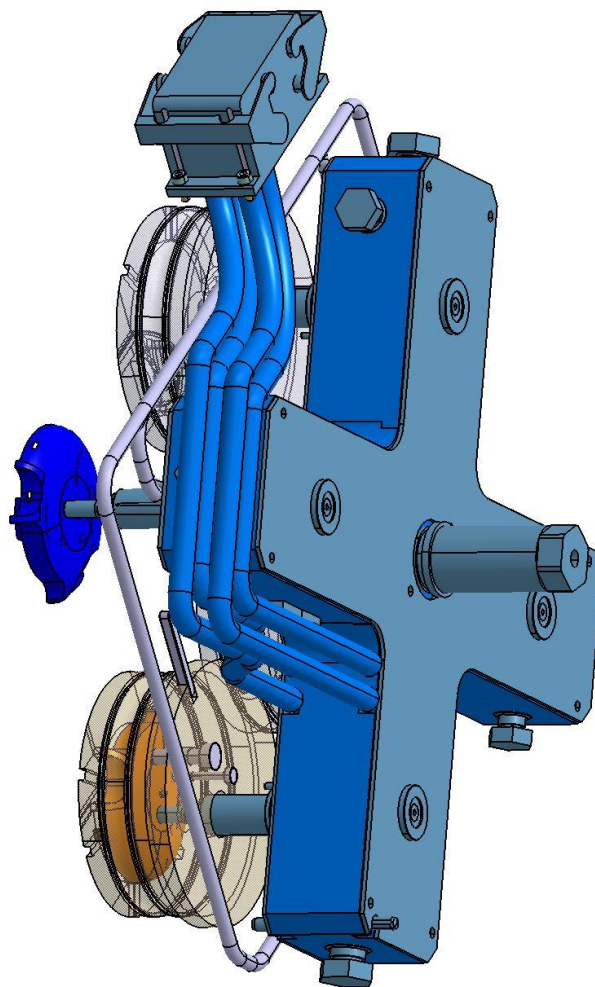
Větší válcové vyhazovače jsou umístěny tak, aby se opíraly o co největší plochu výrobku a předešlo se případné deformaci, či úplnému proražení. Menší válcové vyhazovače jsou opřeny o zpevňující konstrukční prvky, jako jsou žebra a pevnější části výrobku.

Trubkové vyhazovače jsou použity s válcovými vyhazovači. Válcový vyhazovač tvoří dutinu nálitku ve výrobku a trubkový vyhazovač tento nálitek setře z válcového vyhazovače. Tak se náletek nebude bortit a zároveň se trubkový vyhazovač bude opírat o větší plochu.

7.6 Vtokový systém

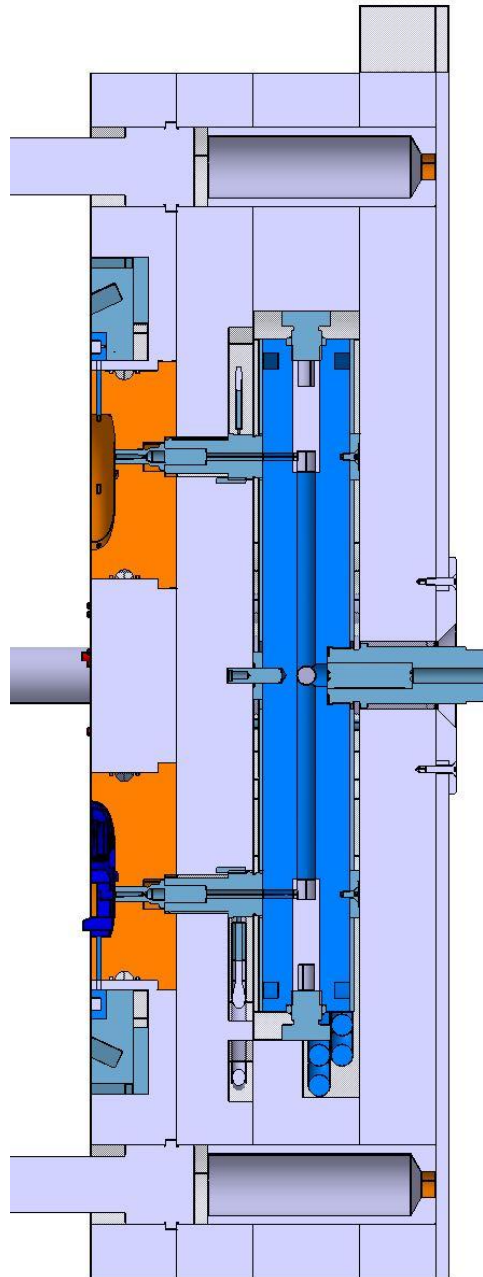
Pro tuto formu byla zvolena vyhřívaná vtoková soustava. Umožní tak větší produktivitu a zmenší se stopa po vtoku. Díky použití trysek s uzavírací jehlou nebude vznikat vtokový zbytek. Tím se sníží náklady na množství použitého polymeru, oproti studenému vtokovému systému.

Na druhou stranu dojde ke zvětšení formy, jelikož bylo nutno umístit pravou rozpěrnou desku, jež musí být tvarována dle horké vtokové desky a kabeláže. Kabeláž musí být vedena od trysek a horké vtokové desky až k normalizované zásuvce, umístěné na vnější straně formy. Zásuvka je umístěna v zákrytu s pravou upínací deskou, aby nedošlo k poškození při neopatrné manipulaci.



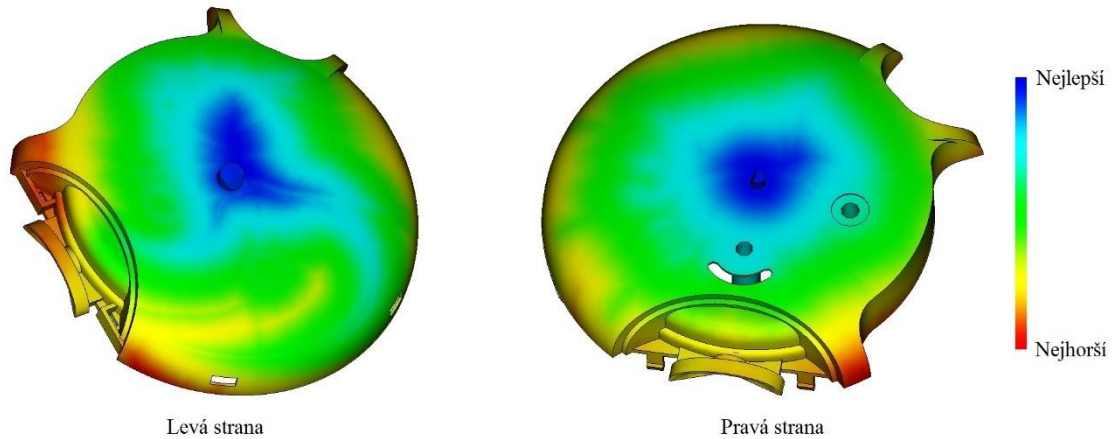
Obr. 42 Vyhřívaný vtokový systém

Odvzdušnění formy nebylo nutno řešit. V navrhované formě se počítá s tím, že vzduch z dutiny bude unikat přes dělicí roviny a skrze malé mezery mezi vyhazovači a tvárníky. Vzduch však bude s největší pravděpodobností unikat nejvíce skrze hlavní dělicí rovinu, neboť plnění probíhá od středu dutiny směrem k okrajům. To zamezuje vzniku vad na výrobku z důvodu nedostatečného odvzdušnění jako např. Dieselův efekt, či deformace.



Obr. 43 Průřez vyhřívaného vtokového systému

K umístění nejvýhodnějšího místa vtoku do dutiny byl použit program Moldflow. Ten upřesnil odhadované místo, vhodné pro vtok taveniny pro obě strany obalu.



Obr. 44 Výsledek z analýzy umístění vtoku

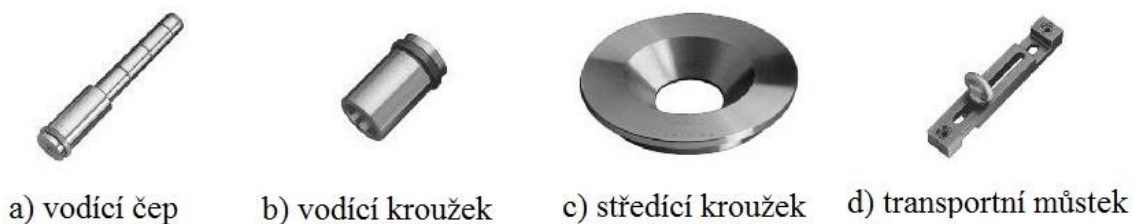
7.7 Ostatní části

Ostatní části formy byly voleny dle normálií. Některé z těchto normálií (např. vyhazovače), jsou následně ještě upraveny obráběním, aby dokonale lícovaly a splňovaly tvarové podmínky na výrobek a jakost jeho povrchu.

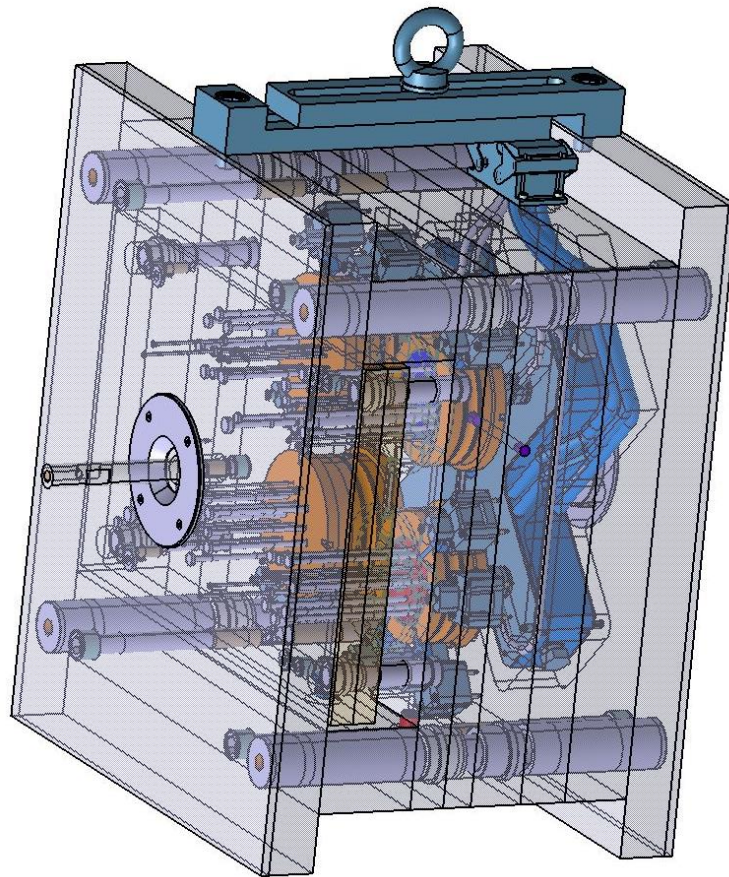
Desky formy jsou užity nenormované s vlastními rozměry. Důvodem této volby jsou specifické podmínky na rozměry, jako je výška tvarových vložek, prostor nutný k vedení kabeláže, prostor pro pohyb vyhazovacích desek.

Použité vodící čepy, kroužky a středící trubky pochází od firmy HASCO.

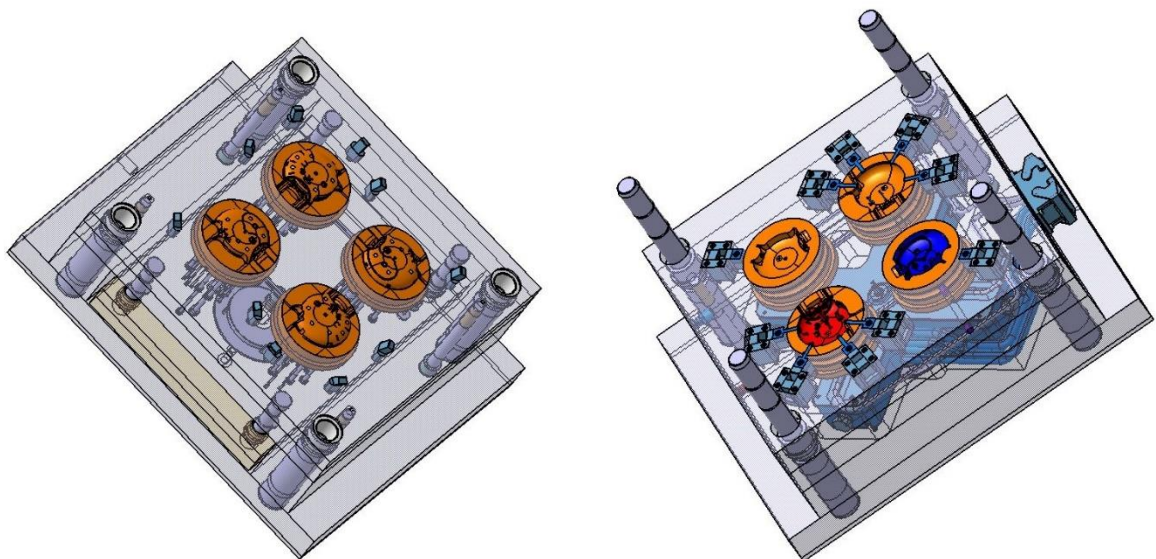
K manipulaci s formou slouží transportní můstek s možností alokace. Tím se dá forma na případném manipulačním stroji vyvážit. Manipulační části byly navrženy s ohledem na hmotnost formy tak, aby nedošlo k nechtěnému uvolnění formy při přepravě na zvedacích zařízeních a následné manipulaci. Tím se předejde ztrátám na majetku i životech.



Obr. 45 Ostatní části [11]



Obr. 46 Kompletní forma



Obr. 47 Pohled do levé a pravé části formy

8 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Forma bude umístěna na vstříkovací stroj značky FANUC a-S130 iA. Jedná se o elektrický vstříkovací stroj s kloubově pákovým upínacím mechanismem a automatickým plněním granulátu. Tento stroj splňuje všechny požadavky pro navrhovanou formu a to: upínací sílu, velikost formy, objem vstříkované dávky.



Obr. 48 Vstříkovací stroj FANUC a-S130iA [9]

Tab. 3 Parametry vstříkovacího stroje [9]

Parametry uzavírací jednotky	
Uzavírací síla	1300 kN
Průměr středícího kroužku	125 mm
Výška formy	200-570 mm
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	530x530 mm
Otevírací zdvih	400 mm
Vyhazovací síla	25 kN
Vyhazovací zdvih	100 mm
Parametry vstříkovací jednotky	
Průměr šneku	32 mm
Tah šneku	128 mm
Objem vstříkované dávky	103 cm ³
Vstříkovací tlak	220 MPa
Rychlost toku taveniny	160 cm ³ /s

ZÁVĚR

Postup navrhování správné konstrukce vstříkovací formy byl podmíněn předem zadanou geometrií a požadavky na výrobek. Tedy na obal inhalačního zařízení, sloužící k úschově, dávkování a aplikaci inhalačních kapslí.

Geometrie obou částí obalu inhalátoru byla modelována v programu Catia V5R19, pomocí shape a part designu.

Pro výrobek byl zvolen polymer Alcom ABS 530/12 S11. Tento polymer splňuje všechny požadavky na zadaný výrobek a jeho účel využití.

Samotný návrh konstrukce formy byl realizován taktéž v programu CATIA V5R19, s využitím modulu HASCO Dako 2015. Po zvolení násobnosti formy, jež byla dohodnuta smluvně, byla navržena konstrukce formy tak, aby byla jednoduchá a vysoce produktivní, bez vtokových zbytků. Pro formu byl zvolen vyhřívaný vtokový systém, který bude plnit dutiny bez vtokových zbytků. K lokalizaci správného umístění vtoku do dutiny posloužil program Moldflow. K samotnému odformování se použily liftery, které tvarují zobáčky a některé díry ve výrobku.

Podle parametrů formy byl zvolen vstříkovací stroj a to FANUC a-S130 iA.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NEUHÄUSL, Emil. MM průmyslové spektrum 2010/1 – Historie a rozvoj vstřikování plastů v ČR. Dostupný z WWW: <http://www.mmspektrum.com/clanek/historie-a-rozvoj-vstrikovani-plastu-v-cr.html>
- [2] BÖHLER Bleche GmbH and Co KG: Katalog nástrojových ocelí c2009 Dostupný z WWW: <http://www.bohler.cz>
- [3] GABRIEL J; NOVÁK J; Jurnečková Jindřiška. Kurz optimalizace vstřikování plastů – doprovodné texty. Brno: Kompozity Brno s.r.o. 2000
- [4] KREBS J; SOVA M. Termoplasty v praxi: praktická příručka pro konstruktéry, výrobce, zpracovatele a uživatele termoplastů. 5. aktualizované vydání. Praha: Verlag Dashofer, 1999-2000.
- [5] LENFELD P. Katedra tváření kovů a plastů – Skripta. Technologie II: Část II – Zpracování plastů. [Online] Technická univerzita Liberec – Fakulta strojní – Katedra strojírenské technologie – Oddělení tváření kovů a plastů. 2015 Dostupné z WWW: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/obsah_plasty.htm
- [6] KREBS J. Teorie zpracování nekovových materiálů. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2001
- [7] KOLOUCH J. Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním. Praha: SNTL, 1986.
- [8] DVOŘÁK Z; JAKUB J. Konstrukce výrobků, konstrukční materiály elastomerní a formy pro jejich výrobu. Zlín: UTB ve Zlíně, 2013
- [9] FANUC, Technické listy vstřikovacího stroje Fanuc roboshot a-S130 iA. Dostupné z WWW: <http://www.fanuc.eu/~media/files/pdf/products/roboshot/datasheets/datasheet%20a-s130ia.pdf>
- [10] CAMPUS, Databáze polymerních materiálů, Technické listy ABS ALCOM. Dostupné z <http://www.campusplastics.com/material/pdf/16657?sLg=en>
- [11] HASCO, Hasco Dako katalog 2015, Dostupné z <https://www.hasco.com>
- [12] MAŇAS M., VLČEK J., Aplikovaná reologie. Zlín: UTB, 2001. 144s. ISBN 80-7318-039-1.

-
- [13] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů I. Díl – Vstřikování termoplastů. 2.vyd. – Brno: UNIPLAST, 1999. 134s.
- [14] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů II. Díl – Vstřikování termoplastů. 1.vyd. – Brno: UNIPLAST, 1999. 214s.
- [15] ZEMAN, L. Vstřikování plastů: úvod do vstřikování plastů. 1.vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2009. 247s. ISBN 978-80-7300-250-3.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Dvourozměrný
3D	Trojrozměrný
ABS	Akrilonitrilbutadienstyren
Al	Hliník
Be	Beryllium
Cu	Měď
ČSN	Česká technická norma
ITT	Index toku taveniny
PA6	Polyamid 6
PC	Polykarbonát
PE-HD	Vysoce hustotní polyethylen
PE-LD	Málo hustotní polyethylen
PET	Polyethylentereftalát
PMMA	Polymethylmethakrylát
POM	Polyoximethylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyren

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Schéma prvního vstřikovacího stroje bratří Hyattů (1872) [1]</i>	12
<i>Obr. 2 Jednoduché schéma horizontálního vstřikovacího stroje</i>	14
<i>Obr. 3 Babyplast 610P (horizontální vstřikovací stroj)</i>	14
<i>Obr. 4 Babyplast 610VP (vertikální vstřikovací stroj)</i>	15
<i>Obr. 5 Schéma průběhu vstřikování [4]</i>	15
<i>Obr. 6 Cyklus vstřikování ve formě</i>	16
<i>Obr. 7 Cyklus plastikační jednotky</i>	16
<i>Obr. 8 p_i-t diagram vstřikovacího cyklu</i>	17
<i>Obr. 9 Diagram p-v-T pro amorfni (vlevo) semikrystalický (vpravo)plasty [4]</i>	18
<i>Obr. 10 Cyklus vstřikování v p-v-T diagramu</i>	19
<i>Obr. 11 Schéma sestavy formy na vstřikování</i>	20
<i>Obr. 12 Vtoková soustava při vstřikování spoileru auta [5]</i>	23
<i>Obr. 13 Rozmístění dutin v řadě a hvězdě [5] a) stejná délka vtoku; b),c),d) rozdílná délka vtoku (nutná korekce)</i>	24
<i>Obr. 14 Průřezy kanálů a na nich závislé a_s – smáčivé číslo [5]</i>	25
<i>Obr. 15 Průřezy drážek [6]</i>	25
<i>Obr. 16 Jimka pro studené čelo toku taveniny [5]</i>	26
<i>Obr. 17 Rozdělení vtokové soustavy [6]</i>	26
<i>Obr. 18 Kuželový vtok [6]</i>	27
<i>Obr. 19 Třídeskový systém s bodovým vtokem do dutiny [5]</i>	28
<i>Obr. 20 Tunelový vtok [6]</i>	28
<i>Obr. 21 Typy bočních vtoků [6]</i>	29
<i>Obr. 22 Vyhřívaná vtoková soustava [4]</i>	29
<i>Obr. 23 Vyhazovací systém [4]</i>	30
<i>Obr. 24 Vyhazovací kolíky</i>	31
<i>Obr. 25 Tepelná bilance formy [6]</i>	33
<i>Obr. 26 Vzorové temperační okruhy [6]</i>	34
<i>Obr. 27 Pasivní temperace tvárníku</i>	35
<i>Obr. 28 Větvění polymeru [4]</i>	37
<i>Obr. 29 Schéma molekulární struktury polymerů</i>	38
<i>Obr. 30 Rozdělení plastů na trhu [3]</i>	39
<i>Obr. 31 PET s organickým barvivem</i>	40

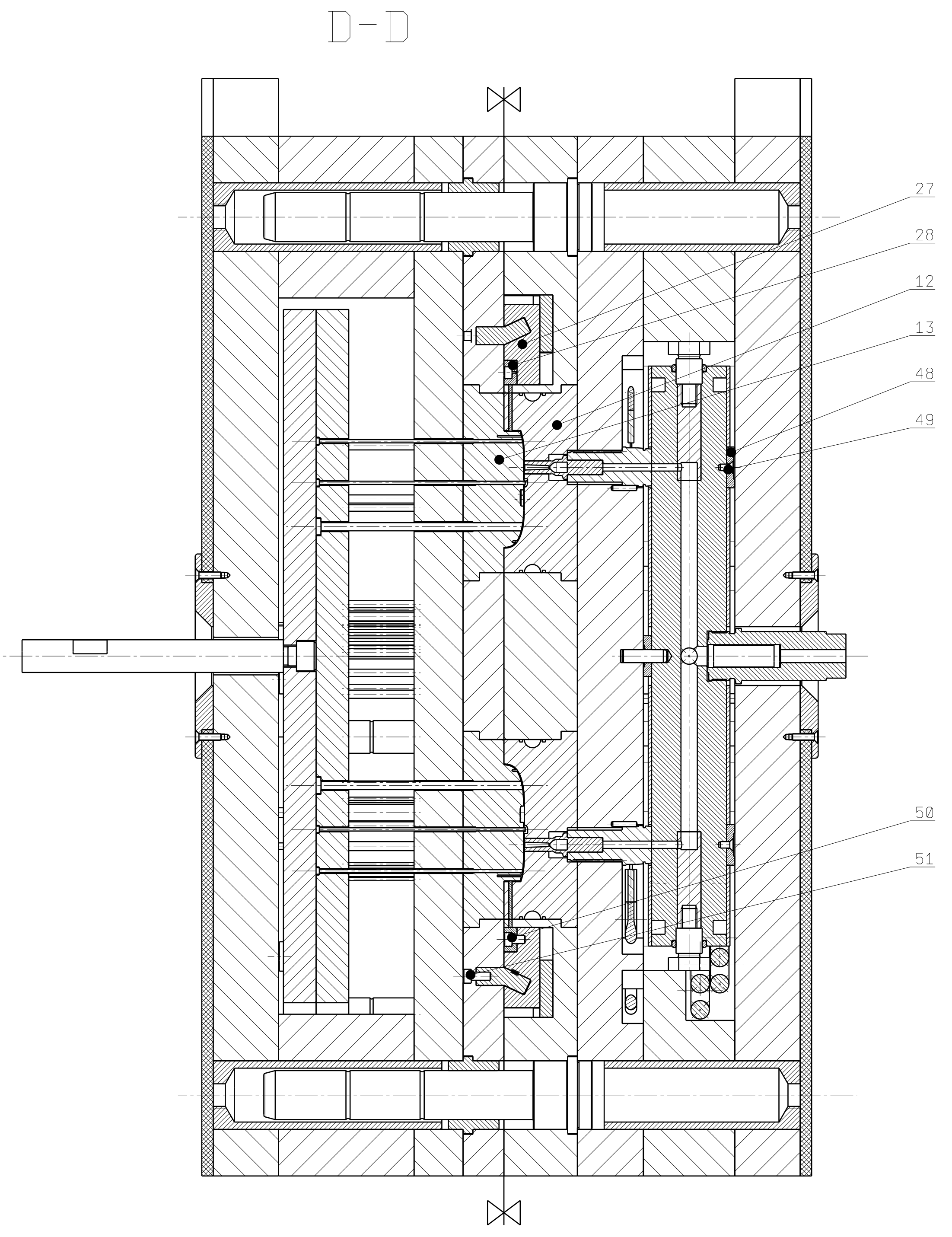
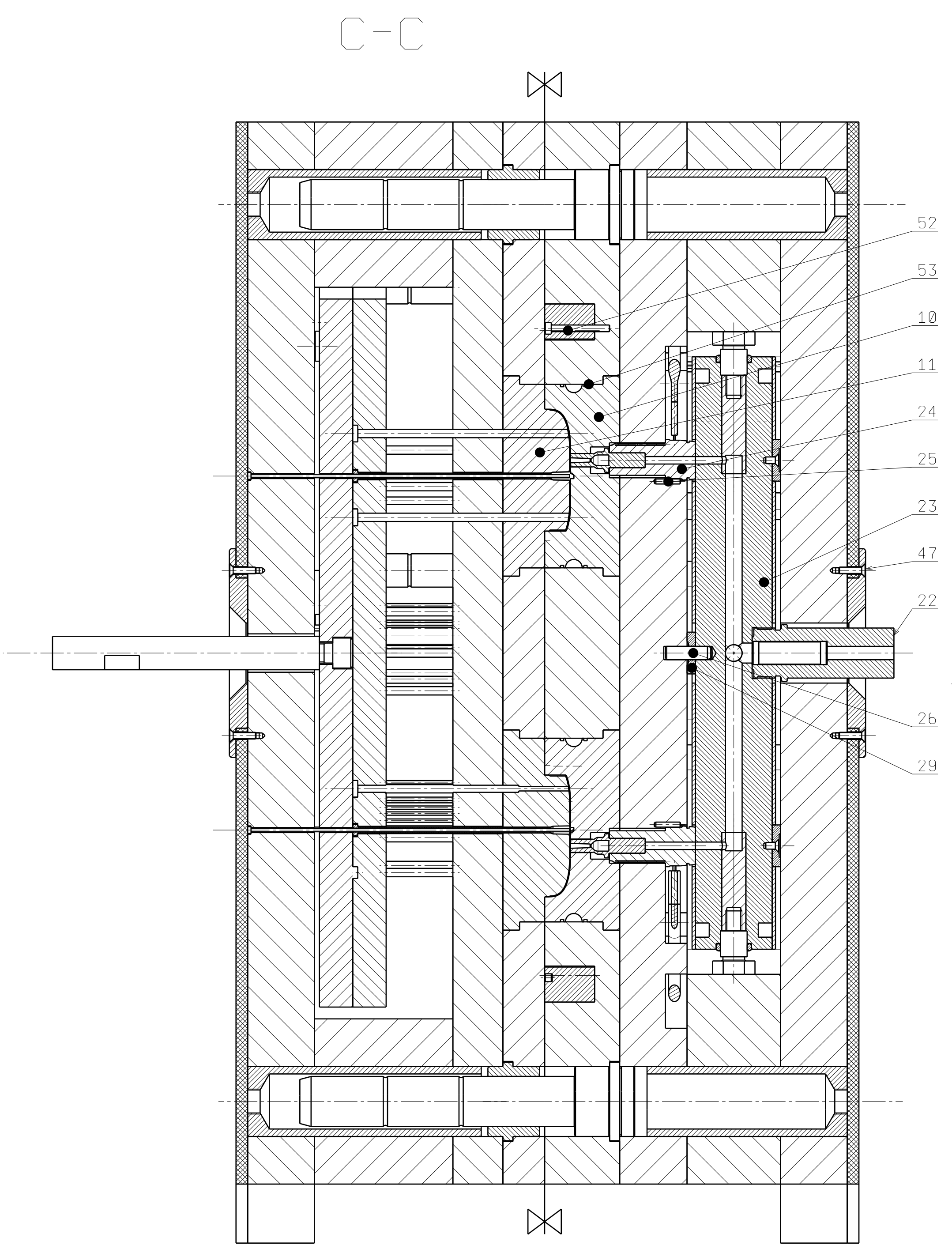
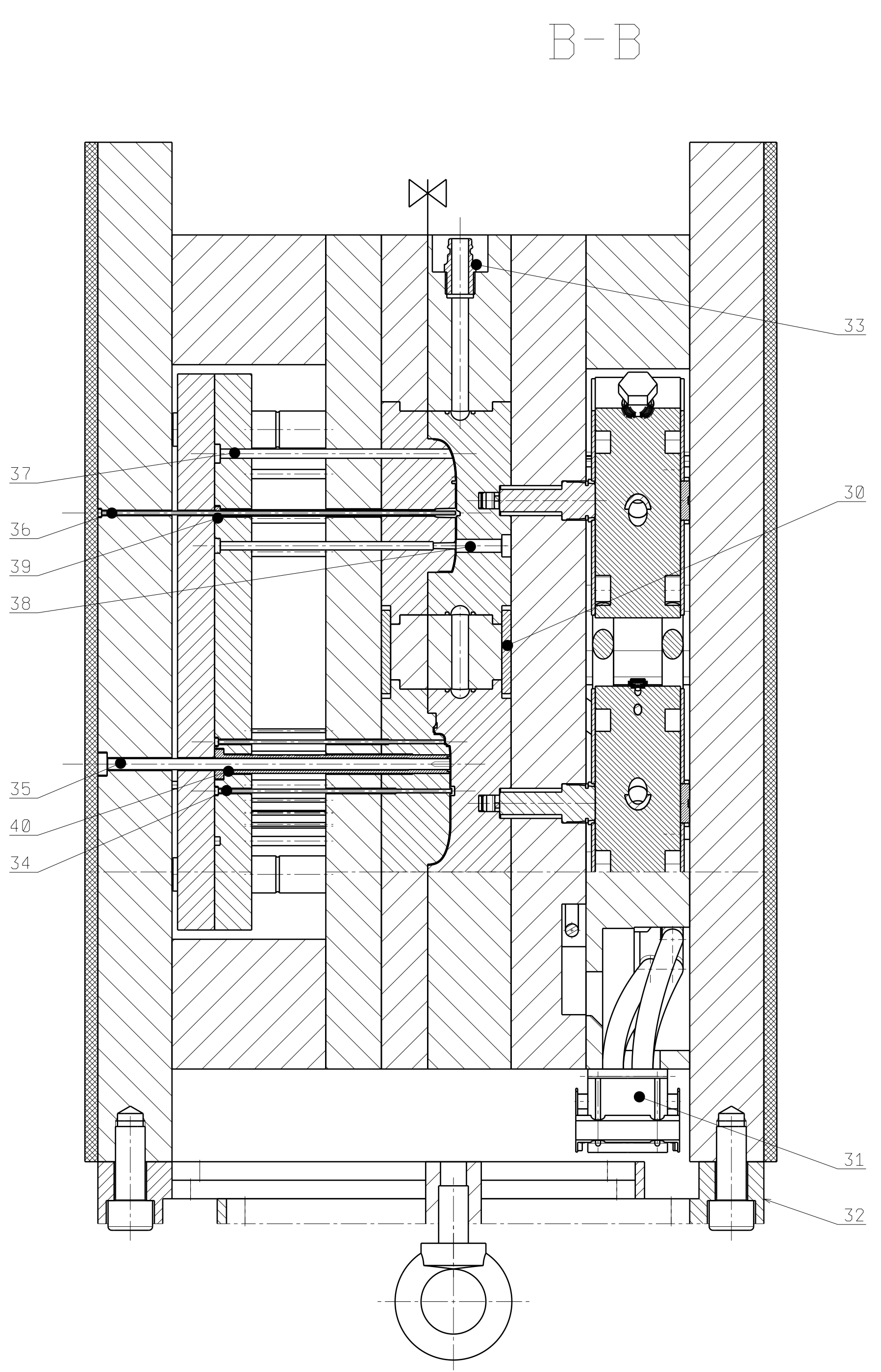
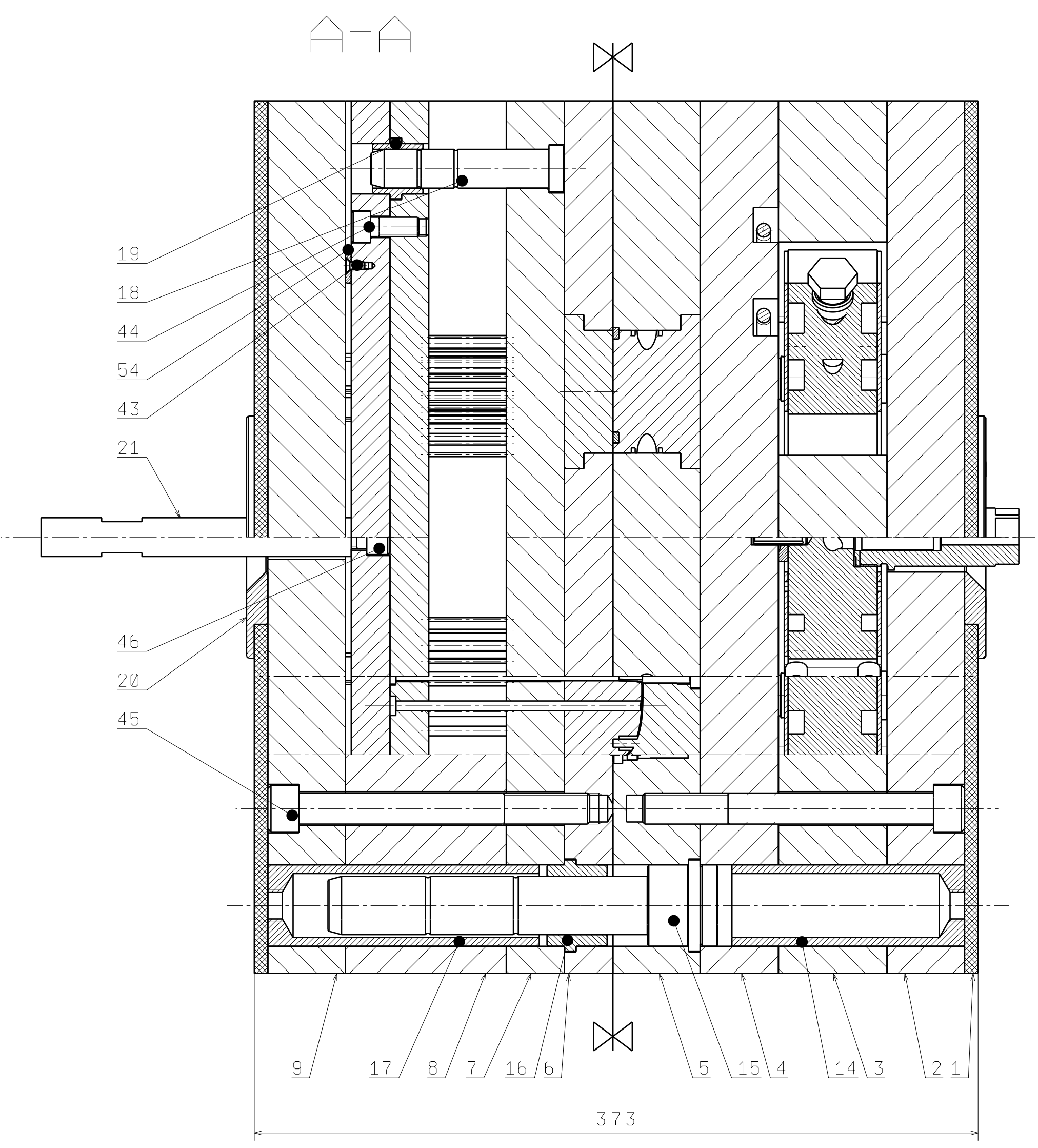
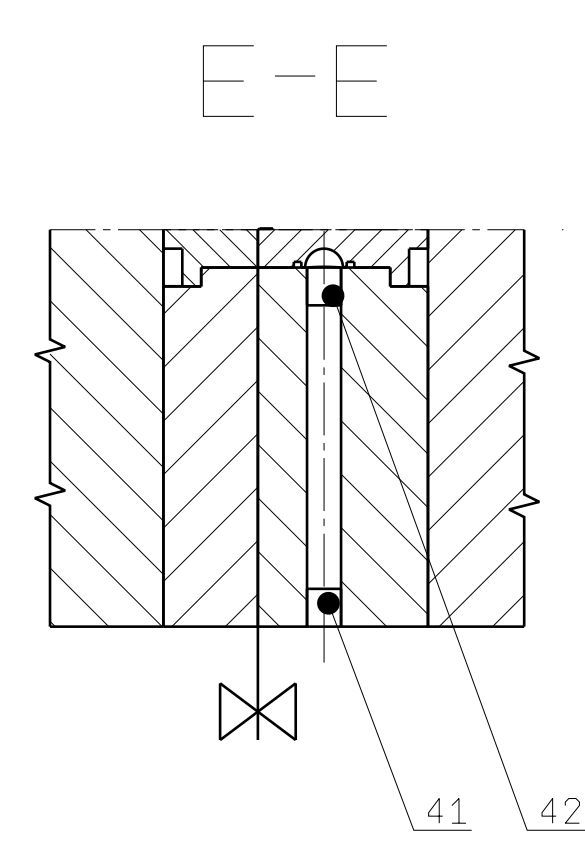
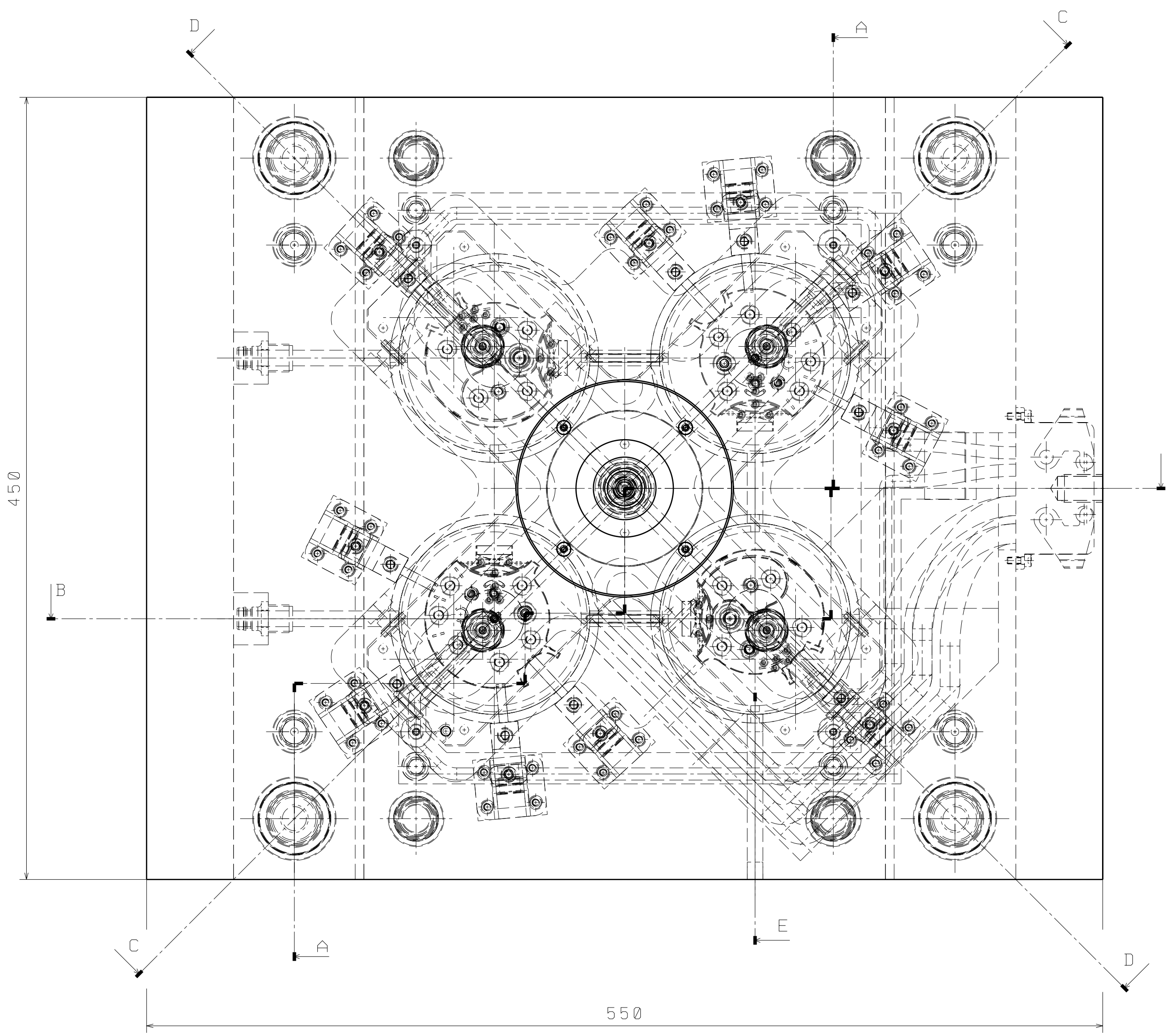
<i>Obr. 32 Složený pravý a levý díl</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 33 Pravý a levý díl z vnitřní strany.....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 34 ABS - barvený.....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 35 Levá a pravá tvárnice.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 36 Levý a pravý tvárník s vyhazovacím systémem</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 37 Kompletní zaformování výrobku</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 38 Temperační kanálky</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 39 Části temperačního kanálku [11].....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 40 Zaformování háčků.....</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 41 Vyhazovací systém</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 42 Vyhříváný vtokový systém.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 43 Průřez vyhříváného vtokového systému</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 44 Výsledek z analýzy umístění vtoku.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 45 Ostatní části [11].....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 46 Kompletní forma.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 47 Pohled do levé a pravé části formy</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 48 Vstřikovací stroj FANUC a-S130iA [9]</i>	<i>57</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Teplota formy pro některé plasty [4].....</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 2 Základní reologické a mechanické vlastnosti polymeru [10].....</i>	<i>46</i>
<i>Tab. 3 Parametry vstřikovacího stroje [9]</i>	<i>57</i>

SEZNAM PŘÍLOH

- P1 CD disk obsahující - textový soubor s bakalářskou prací
- model výrobku a formy
- výkresovou dokumentaci
- P2 Výkres sestavy formy
- P3 Výkres levé části výrobku
- P4 Výkres pravé části výrobku



Poz.	Název součásti - rozmer	Výkres/Norma	Material	Ks
1	Izolacni deska - 550x450x7	FT-UTB-RM-04	Sklotextil	2
2	Prava upinaci deska - 550x450x40	FT-UTB-RM-05	11 600	1
3	Prava rozperna deska - 450x450x55	FT-UTB-RM-06	11 600	1
4	Prava operna deska - 450x450x40	FT-UTB-RM-07	11 600	1
5	Prava kotevni deska - 450x450x45	FT-UTB-RM-08	11 600	1
6	Leva kotevni deska - 450x450x25	FT-UTB-RM-09	11 600	1
7	Leva operna deska - 450x450x30	FT-UTB-RM-10	11 600	1
8	Leva rozperna deska - 450x70x83	FT-UTB-RM-11	11 600	2
9	Leva upinaci deska - 550x450x40	FT-UTB-RM-12	11 600	1
10	Ivarova vložka leva - D120x45	FT-UTB-RM-13	19 552 - kaleno 52-54 HRC	2
11	Ivarnikova vložka leva - D120x40	FT-UTB-RM-14	19 552 - kaleno 52-54 HRC	2
12	Ivarova vložka prava - D120x45	FT-UTB-RM-15	19 552 - kaleno 52-54 HRC	2
13	Ivarnikova vložka prava - D120x40	FT-UTB-RM-16	19 552 - kaleno 52-54 HRC	2
14	Stredici trubka prava - Z20/42x120	HRSCO		4
15	Vodici cep - Z00/30x165	HRSCO		4
16	Vodici krouzek - Z10/30x31	HRSCO		4
17	Stredici trubka leva - Z20/42x140	HRSCO		4
18	Vodici cep - Z011/20x92	HRSCO		4
19	Vodici krouzek - Z10/20x26	HRSCO		4
20	Stredici krouzek K100-1/125x11	HRSCO		2
21	Tahlo - Z02/20x160	HRSCO		1
22	Horka vtokova vložka - Z1055/30x85	HRSCO		1
23	Horky vyhrivany blok - H100/355x355	HRSCO		1
24	Vyhrivana tryska - Z302/25x63	HRSCO		4
25	Kolik - tryska - Z25/3x15	HRSCO		4
26	Kolik - stredici - Z26/8x28	HRSCO		1
27	Sibr - Z1812/10x18x22	HRSCO		10
28	Jadro na sibr	FT-UTB-RM-17	19 573 - kaleno 5b-58 HRC	10
29	Podlozka Z1052/25x5	HRSCO		1
30	Pero	CSN 02 Z562		4
31	Elektricka zasuvka - Z1227_1b_8	HRSCO		1
32	Manipulacni ram - Z78_3	HRSCO		1
33	Temperacni ram - Z811/1b15	HRSCO		2
34	Vyhazovac valcovi - Z40/2x130	HRSCO		30
35	Vyhazovac valcovi - Z40/6x190	HRSCO		2
36	Vyhazovac valcovi - Z40/2x200	HRSCO		4
37	Vyhazovac valcovi - Z40/5x140	HRSCO		24
38	Vyhazovac valcovi - Z40/7x80	HRSCO		2
39	Vyhazovac trubkovy - Z45/3,5x130	HRSCO		4
40	Vyhazovac trubkovy - Z45/10x130	HRSCO		4
41	Zatka temperace - Z942/10	HRSCO		2
42	Zatka temperace - Z94/10	HRSCO		2
43	Sroubek - Z33/4x10	HRSCO		4
44	Sroubek - Z30/10x25	HRSCO		4
45	Sroubek - Z30/1b150	HRSCO		8
46	Sroubek - Z30/1b30	HRSCO		1
47	Sroubek - Z33/4x1b	HRSCO		8
48	Podlozka - Z1052/25x5	HRSCO		4
49	Sroubek - Z33/4x8	HRSCO		4
50	Sroubek - Z30/5x8	HRSCO		10
51	Sroubek - Z30/3x12	HRSCO		10
52	Sroubek - Z30/4x35	HRSCO		40
53	Tesneni	HRSCO	Pryz	8
54	Podlozka - Z55/18x3	HRSCO		4

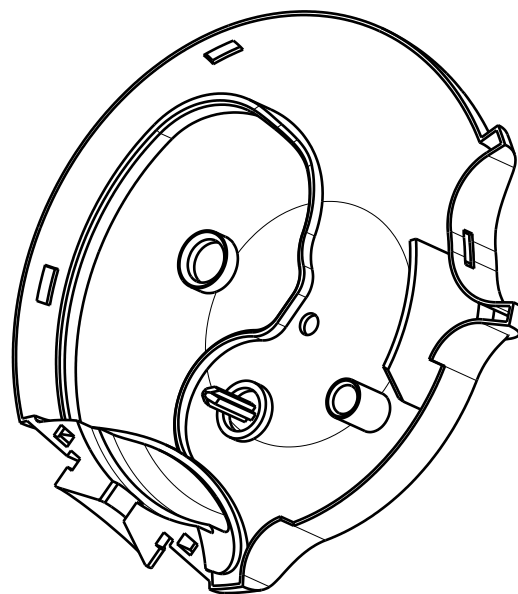
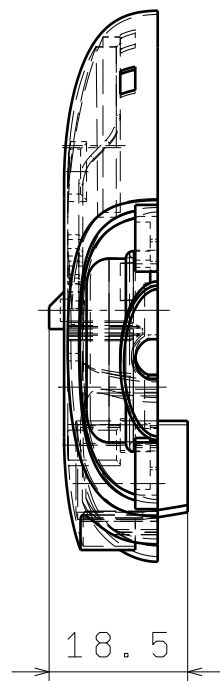
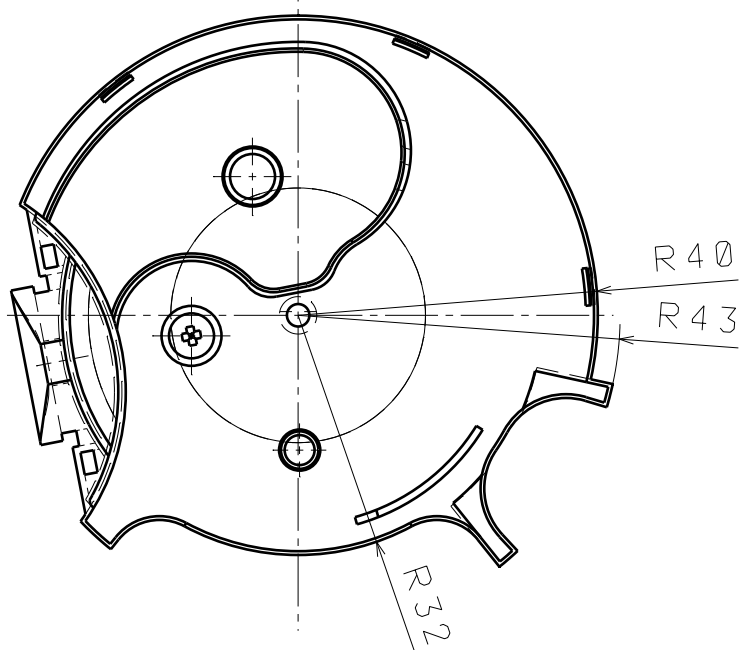
UNIVERZITA TOMÁŠE BATE		Sestava	
FAKULTA TECHNOLOGICKÁ		Číslo výkresu	
Ústav výrobního inženýrství		FT-UTB-RM-03	
Vypracoval:	Datum:	Formát:	
Radek Machů	4.4.2015	A0	
Kontroloval:	Datum:	Měřítko 1:2	Hmotnost: 980kg
			List: 1/1

D

C

B

A



Výroba dílu dle 3D dat

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		Levý díl obalu		
Vypracoval: Radek Machů		Číslo výkresu: FT-UTB-RM-01		
Datum: 29. 3. 2016		Formát: Materiál:		
Kontroloval:		A4	Alcom ABS 530/12 SI1	
Datum:		Měřítko 1:1	Hmotnost: 4,52g	List: 1/1

D

A

D

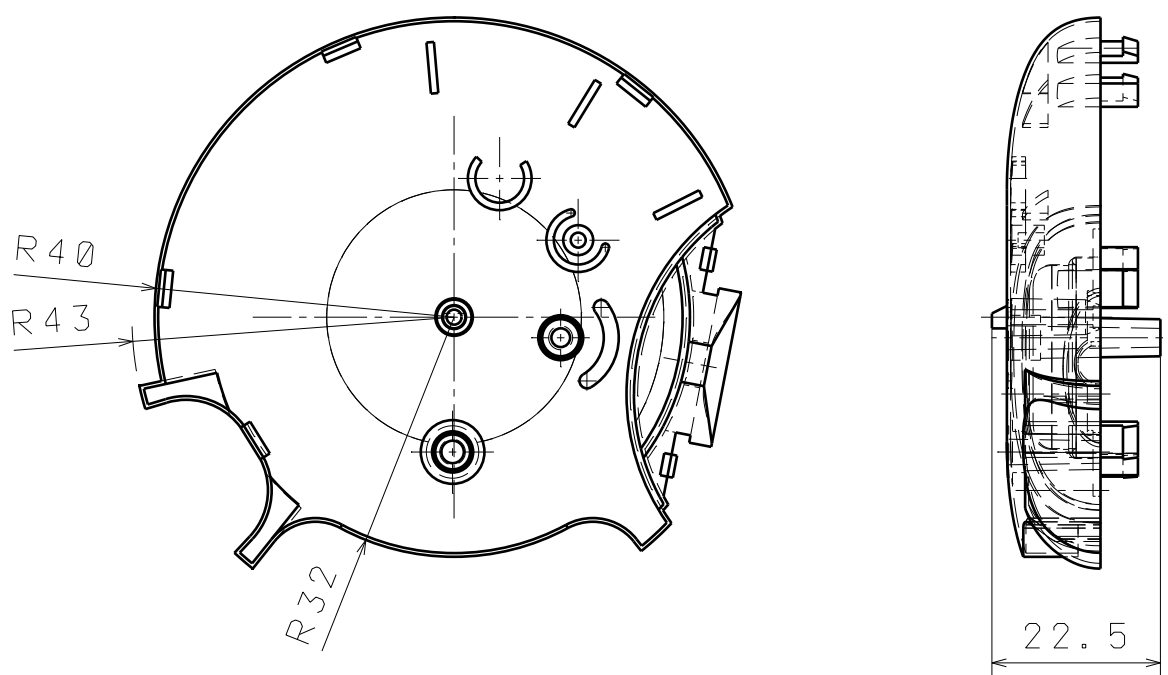
C

B

A

4

4

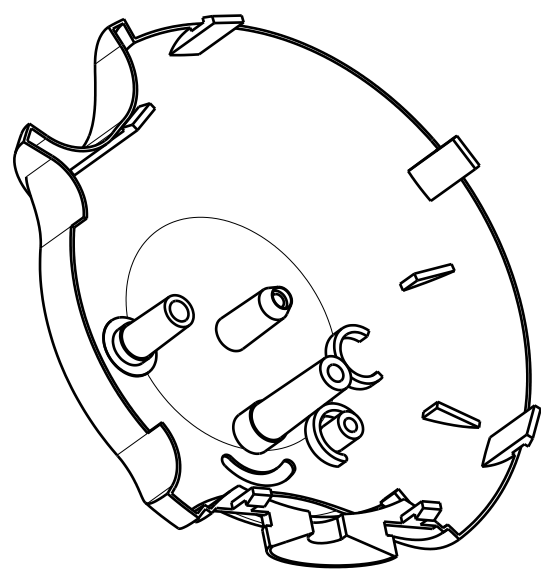


3

3

2

2



Výroba dílu dle 3D dat

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		Pravý díl obalu			
Vypracoval: Radek Machů		Datum: 29. 3. 2016		Číslo výkresu: FT-UTB-RM-02	
Kontroloval:		Datum:	Formát: A4	Materiál: Alcom ABS 530/12 SI1	
Navrhl:		Datum:	Měřítko 1:1	Hmotnost: 4,69g	SHEET 1/1

1

1

D

A