

Návrh konstrukce vstřikovací formy pro díl holicího strojku

Ondřej Gergela

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: **Ondřej Gergela**

Osobní číslo: **T13932**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Návrh konstrukce vstřikovací formy pro díl holicího strojku**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Nakreslete model zadaného dílu ve 3D
3. Provedte konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl
4. Nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle zadání vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Vojtěch Šenkeřík
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

Příjmení a jméno: GERGELA ONDŘEJ

Obor: TZ

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 12.5.2016



.....

²⁾ 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 nevydávalečně 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 teč nejmně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahližení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

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

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

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

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

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

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

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla 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

Cílem bakalářské práce je navržení konstrukce vstřikovací formy pro díl holicího strojku. Bakalářská práce je rozdělena na část teoretickou a část praktickou.

V části teoretické jsou popisována jednotlivá pravidla konstrukčního řešení vstřikovacích forem, rozdělení polymerních materiálů a technologie vstřikování.

Praktická část se zabývá konstrukcí dílu holicího strojku. Konstrukce byla vyhotovena v programu Autodesk Inventor 2016.

Klíčová slova: vstřikovací forma, konstrukce, vstřikování

ABSTRACT

The aim of this thesis is to design the structure of the injection mold for the part of the razor. The thesis is divided into theoretical and practical part.

In the theoretical part there are described individual rules for mold design, distribution of the polymeric material and injection technology.

The practical part describes the construction of the shaver. The construction was made in the program Autodesk Inventor 2016.

Keywords: injection mold, construction, injection

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Vojtěchu Šenkeříkovi za čas, který mi věnoval při přípravě bakalářské práce, jeho rady, připomínky, komentáře a doporučení, které mi byly pomocné k dokončení práce.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	11
1.1 ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ VSTŘIKOVACÍ METODOU	11
1.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	11
1.3 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	12
1.3.1 Vstřikovací jednotka	13
1.3.2 Uzavírací jednotka	14
1.3.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje.....	15
1.3.4 Volba vstřikovacího stroje	16
2 POLYMERY	17
2.1 ROZDĚLENÍ ZÁKLADNÍCH DRUHŮ PLASTŮ	17
2.1.1 Termoplasty.....	17
2.1.2 Reaktoplasty	17
2.1.3 Kaučuky, pryže a elastomery	18
2.2 ROZDĚLENÍ TERMOPLASTŮ.....	18
3 KONSTRUKCE VYRÁBĚNÉHO DÍLCE	20
3.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA KONSTRUKCI DÍLCE	20
3.1.1 Zaoblení hran, rohů a koutů	21
3.1.2 Úkosy a podkosy	21
3.1.3 Žebra	21
4 VSTŘIKOVACÍ FORMA	23
4.1 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	24
4.1.1 Výkres dílce	24
4.1.2 Postup konstrukce formy.....	24
4.1.3 Násobnost formy	25
4.2 VTOKOVÉ SYSTÉMY	25
4.2.1 Studený vtokový systém	25
4.2.2 Vyhřívaný vtokový systém	26
4.3 TEMPERACE FOREM.....	27
4.3.1 Všeobecné zásady zvolení temperančních kanálů	27
4.3.2 Temperanční prostředky.....	28
4.4 VYHAZOVAČÍ SYSTÉM.....	28
4.4.1 Vyhazovací kolíky	29
4.4.2 Šikmé válcové kolíky.....	29
4.4.3 Dvoustupňové vyhazování.....	30
4.4.4 Pneumatické vyhazování.....	30
4.4.5 Hydraulické vyhazování.....	31
4.4.6 Stírací deska	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	33
6 POPIS VÝROBKU	34

7	KONSTRUKCE NÁSTROJE	36
7.1	VOLBA NÁSOBNOSTI FORMY	36
7.2	ODVZDUŠNĚNÍ.....	36
7.3	RÁM A DESKY	37
7.4	TVAROVÉ DUTINY	39
7.4.1	Tvárník	39
7.4.2	Tvárnice.....	41
7.4.3	Posuvné jádra	41
7.5	VTOKOVÝ SYSTÉM	43
7.6	TEMPERACE.....	46
7.6.1	Temperace desek	46
7.6.2	Temperace tvárníku a tvárnice	48
7.6.3	Temperace posuvných jader.....	50
7.7	VYHAZOVÁNÍ	51
7.8	PŘEPRAVA	53
	ZÁVĚR	54
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	55
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM TABULEK.....	59
	SEZNAM PŘÍLOH.....	60

ÚVOD

Současná doba je zahlcena mnoha materiály, jako jsou dřevo, kov, sklo, vlna. Proto jejich nahrazování polymerními materiály je velmi významné a časté. Polymerní materiály mají snadné zpracování, a to díky jejím vlastnostem, snadnému zpracování a široké dostupnosti. K tomu, aby se materiál proměnil na finální výrobek, je zapotřebí využití formy.

Pro zjednodušení, urychlení a zkvalitnění konstrukce jednotlivých forem je využíváno mnoha vybavení. Díky tomuto vybavení je práce mnohem jednodušší a efektivnější. Mezi nejvýznamnější specializované společnosti patří např. Hasco, DME, Strack.

Trh je zahlcen velkým množstvím druhů plastů. Avšak pro technickou praxi je využitelných a používaných pouze několik desítek těchto plastů. Vývoj jde neustále dopředu, a proto i počet plastů má rostoucí tendenci. Konstrukteři a technologové tak musejí rozšiřovat své znalosti, aby vyhověli požadavkům trhu. Ten je nekompromisní – co nejméně zvyšovat ceny a čas strávený na daném finálním výrobku.

Používání plastů má svou stinnou stránku – odpad a jeho recyklace. Podíl plastu v komunálním odpadu a také celkový objem plastového odpadu se rapidně zvyšuje. Představuje tak značnou zátěž pro naše životní prostředí. Proto recyklace je pro současný stav čím dál více důležitější a potřebnější. Proto zamýšlení se nad tím, co s plasty poté, jakmile již přestanou plnit svou funkci, má své velké opodstatnění.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

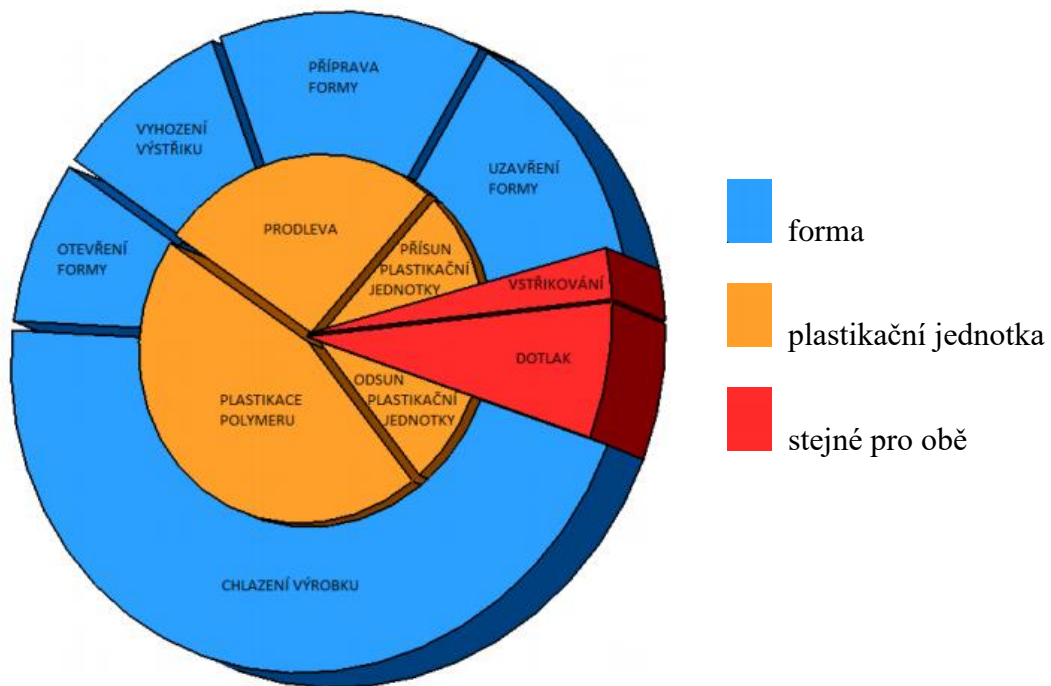
Pro zpracování plastů je nejvíce používanou technologií vstřikování. Jedná se o obtížný proces z pohledu fyzikálního. Největší podíl při vstřikování má polymer, vstřikovací stroj a vstřikovací forma. V celém cyklu vstřikování je pod tlakem dotlačován plast do dutiny formy, kde je následně ochlazován v požadovaném tvaru vyráběného dílce. Technologie vstřikování zajišťuje výrobku vysoce kvalitních a přesných výrobků. [1]

1.1 Zpracování plastů vstřikovací metodou

Vstřikování je tzv. diskontinuální výrobní proces – jedná se o výrobu cyklickou, kde zásadní předpoklad kvality výroby je stabilita procesu, aby bylo dosaženo optimálních parametrů. Je potřeba zaručit, aby každý vstřikovací cyklus probíhal identicky jako předešlý. Jeden z mnoha ukazatelů kvalitního výstřiku je hmotnost finálního dílce. Proto je nutné si evidovat podrobné záznamy jednotlivých cyklů. Cyklus je do určité míry ukazatelem stability procesu, nikoliv parametrů jakosti, jako je např. smrštění. Tato zásada platí pouze u některých výstřiků se studeným vtokovým systémem, kde naměřené hodnoty hmotnosti můžou souviset s hodnotami smrštění. Dílce vyráběné vstřikováním mají velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesnost s vysokou reprodukcí mechanických a fyzikálních vlastností. Metodou vstřikování se dají zpracovávat všechny druhy termoplastů. V omezeném rozsahu můžeme vstřikovat některé kaučuky a reaktoplasty. [2, 3]

1.2 Vstřikovací cyklus

Postupování při vstřikování má svůj daný cyklus. Do násypky je nasypán plast v podobě granulátu. Z násypky je postupně odebírán granulát pracovní částí vstřikovacího stroje – šnek, píst. Tyto části dopravují hmotu do tavicí komory, kde při vzniku tření a zvýšené teploty vzniká plast, který taje (vznik taveniny). Po tomto cyklu je tavenina vstřikována do dutiny formy, kterou zcela vyplní a je tím dosaženo požadovaného tvaru. Poté následuje další cyklus vstřikování, tzv. tlaková fáze, při které se snižuje smrštění a rozměry finálního výrobku. Při poslední fázi se forma otevře, kdy pomocí vyhazovačů je následně výrobek vyhozen a cyklus se opakuje. [3, 4]



Obr. 1 Vstřikovací cyklus

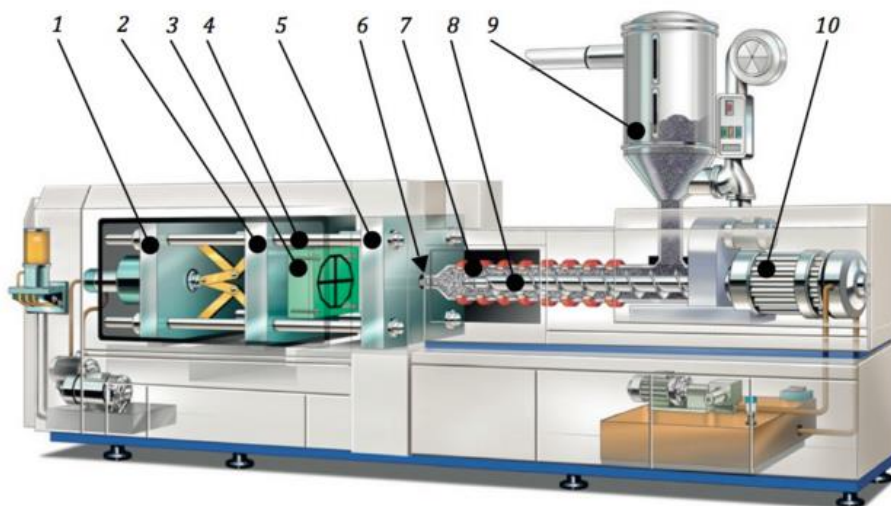
1.3 Vstřikovací stroj

Vstřikovací cyklus vzniká pomocí moderních technologií, které jsou plně automatizovány. Díky těmto strojům se maximálně zvyšuje produktivita práce. Pořizovací cena těchto technologií a vstřikovacích forem je velmi finančně náročná. Díky finanční náročnosti je využití těchto technologií vhodné pro velkou sériovou výrobu. [3]

Konstrukce stroje se skládá ze tří částí:

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

Výběr vstřikovacího stroje požaduje, aby byl tuhý a pevný při výstřiku. Kromě toho by měl mít konstantní tlak, rychlost, teplotu a jiné parametry, včetně načasování. Měl by mít přesnou opakovatelnost technologických parametrů. [1]



Obr. 2 Vstřikovací stroj

1) uzavírací jednotka, 2) pohyblivá upínací deska vstřikovacího stroje, 3) pohyblivá část vstřikovací formy, 4) vodící sloupky vstřikovacího stroje, 5) pevná upínací deska vstřikovacího stroje, 7) tavní komora, 8) šnek, 9) násypka pro plastový polotovar, 10) pohonná jednotka šneku

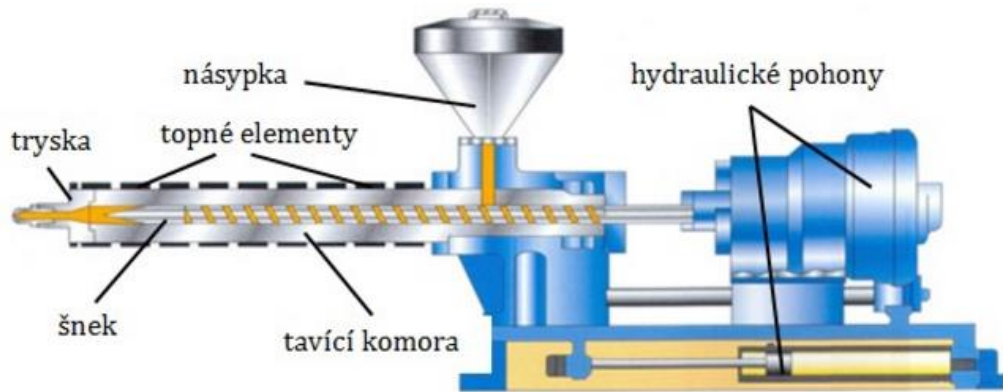
1.3.1 Vstřikovací jednotka

Na vstupu vstřikovacího stroje je zásobník na granulát, který je umístěn na začátku části šneku. Pracovní část neboli válec šneku, má jednotlivé teplotní úseky. Každý úsek musí být temperován na odlišnou teplotu dle daného granulátu. Granulát je z tohoto úseku dopravován pod tlakem do přechodového úseku. Dochází zde k vyššímu tlaku. Tím také vyšší teploty způsobí roztavení materiálu. V konečné výstupní fázi dochází k homogenizaci.

Vstřikovací jednotka funguje na principu tak, že do části tavného válce je dopraven zpracovaný granulát ze zásobníku, a to díky pohybu šneku. Granulát je dopravován šnekem s případnou změnou otáček přes vstupní přechodový a výstupní úsek. Následně dochází k plastikaci, homogenizaci a granulát se hromadí před šnekem. Současně je odtlačen do zadní polohy.

Tavná komora má vlastní topení, které je nejčastěji rozdělováno do tří úseků, a to vstupní, střední a úsek u trysky. Tryska má oddělené samostatné topení. Díky disipaci v granulátu vzniká tepelná energie. Při menším vstřikovacím množství zůstává plast ve vstřikovací jednotce delší čas a tím dojde ke vzniku jeho degradace. To je možno

ovlivnit vyššími cykly. Nejvyšší možné vstřikované množství nesmí překročit cca 90% kapacity dané jednotky. Ideální množství je kolem 80%. [1, 5, 6]



Obr. 3 Vstřikovací jednotka

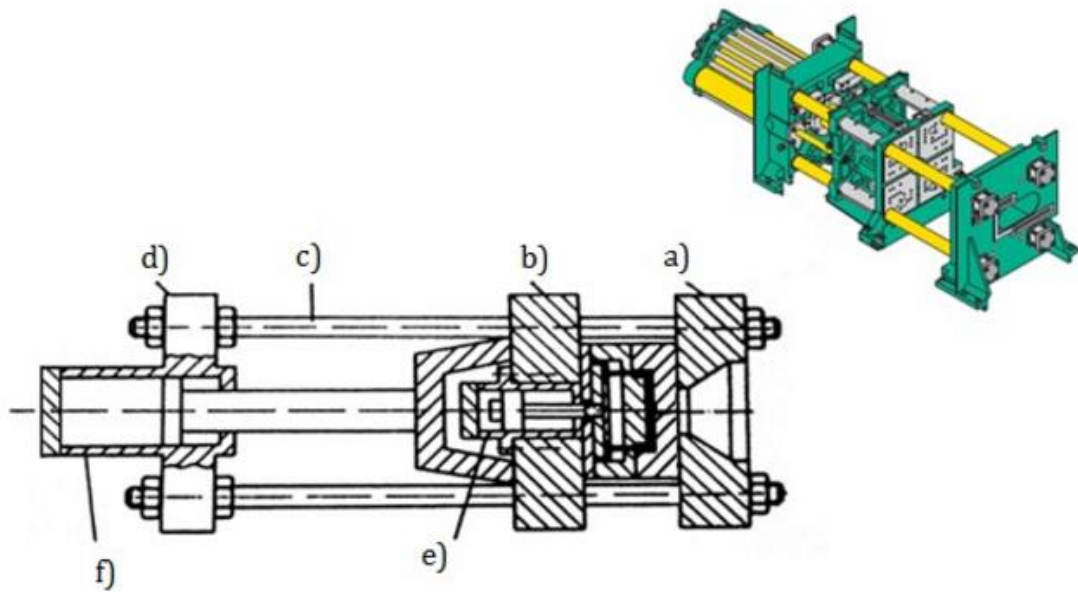
1.3.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka zajišťuje uzavírání a otevírání formy potřebnou silou tak, aby se zamezilo otevření formy vlivem tlaku vstřikované taveniny a jeho následné vyprázdnění. Při uzavírání formy nedochází ke konstantní rychlosti. Na začátku je podstatně rychlejší, než na konci daného cyklu. [1, 6]

Části uzavírací jednotky:

- opěrná deska
- upínací deska
- vodící sloup
- uzavírací mechanismus.

Kvalita uzavírací jednotky závisí na uzavíracím mechanismu. Má různé druhy provedení. Nejčastěji využívanou je hydraulicko-mechanická jednotka. Ta je používána při malém množství. Díky vyšší rychlosti je zaručeno požadované zpomalení před uzavřením a dostatečná tuhost. Konstrukce je stejná jako kloubový mechanismus, který je ovládán hydraulickým válcem. Při vstřikování je potřeba zajistit formu, aby nedošlo k jejímu otevření. To může být zajištěno pomocí hydraulického válce většího průřezu. Ten je následně spojen s upínací deskou. [1, 5, 6]



Obr. 4 Hydraulická uzavírací jednotka

- a) pevná část formy, b) pohyblivá část formy, c) vodící tyče, d) rám stroje,
e) hydraulický vyhazovač, f) hydraulický válec pro ovládání pohyblivé části formy

1.3.3 Ovládání a řízení vstříkovacího stroje

Snadná obsluha a stupeň řízení výrobního zařízení je důležitým znakem jeho kvality. Stablní opakovatelnost-technologických parametrů je významným a důležitým ukazatelem. Pokud se tyto parametry nerovnoměrně fluktuují, projeví se tato nerovnoměrnost na kvalitě výroby a přesnosti výrobků. Řízení výrobního zařízení se musí zabezpečit přijatelnými řídicími a regulačními prvky.

Nastavení výrobního zařízení je řídicí jednotkou zpětně sledováno, tzv. zpětná vazba. Jiná možnost a úprava programů se následně může snadno uskutečnit za pomoci barevného zobrazení. Na přesnosti a jakosti výstřiků má vliv řídicí systém stroje, a to tak, že určuje a dodržuje požadovanou přesnost. Nastavení výše a doby i doby vstříkovaného tlaku, dotlaku, rychlosti vstříku a chlazení. Díky těmto parametrům dojde k určení přesnosti a tolerance výstřiku. Přesné nastavení času a výšky teploty taveniny, její homogenizace, jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výrobků. [1]

1.3.4 Volba vstřikovacího stroje

Vstřikovací stroj je důležitou složkou k dosažení kvalitních výstřiků. Výrobu zejména ovlivňují hmotnost a rozměry vyráběného dílce, kvalita a přesnost výstřiku, velikost formy. Musí mít dostatečnou vstřikovací kapacitu, tzv. plastikací výkon, který se musí pohybovat v rozmezí mezi 10 – 90%. Dostatečná uzavírací síla je neméně důležitá.

Zkušenostmi bylo zjištěno, že nelze brát v potaz pouze cenu daného vstřikovacího stroje, ale je důležité vybrat kvalitního výrobce neboli dodavatele. Bylo prokázáno, že stroje, jehož pořizovací cena byla nižší, nebyla v konečné fázi pro daný výrobek ekonomicky výhodná. Důležitými faktory zde hrály servisní služby. [1]

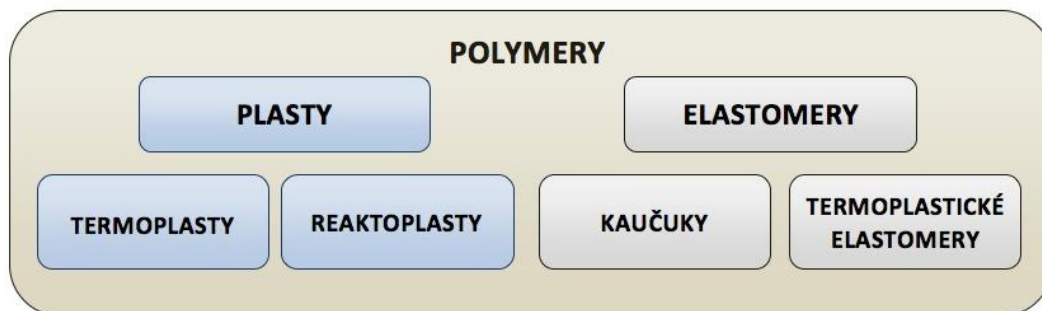
Mezi nejznámější výrobce vstřikovacích strojů patří zejména KraussMaffei, Husky, Demag, Engel a Arburg.



Obr. 5 Vstřikovací stroj společnosti Arburg Allrounder 470 C Golden

2 POLYMERY

Polymery jsou látky, které se skládají ze struktury makromolekulárních řetězců. Kovové materiály mají naopak strukturu s krystalickými mřížkami.



Obr. 6 Základní rozdělení polymerů

2.1 Rozdělení základních druhů plastů

2.1.1 Termoplasty

Jsou materiály, které při zahřívání měknou (přechází do plastického stavu) a lze je tvářet. Do oblasti tavení přechází zahřátím nad teplotu tání. Zpětným ochlazením pod tuto teplotu přechází opět do tuhého stavu. Při zahřívání neprobíhá chemická reakce a během zpracování se nemění jejich chemická struktura. Změny, kterým prochází materiál, mají pouze fyzikální charakter a proces měknutí a tuhnutí je vratný (lze jej teoreticky opakovat do nekonečna). Termoplasty mohou být amorfni i semikrystalické. Typickými představiteli jsou polyetylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), apod.

2.1.2 Reaktoplasty

Jsou materiály, které jsou tavitelné a tvarovatelné jen určitou dobu po zahřátí. Během dalšího zahřívání (nebo pomocí katalyzátorů) dochází k chemické změně, při které původní molekuly zesíťují a od toho okamžiku se stávají netavitelné a nerozpustné. Chemická reakce způsobující vznik zesíťované struktury se nazývá vytvrzování. Je to nevratný proces a vytvrzený materiál nelze znovu tvarovat, svařovat ani převést do taveniny. Reaktoplast je amorfním polymerem. Výrobky z reaktoplastů se vyznačují vysokou chemickou a tepelnou odolností, tvrdostí a tuhostí. U reaktoplastů se produkt v nevytvrzeném stavu obvykle nazývá pryskyřice, např. fenol-formaldehydová pryskyřice (PF), epoxidová pryskyřice (EP), polyesterová pryskyřice (UP) apod. [10]



Obr. 7 Příklady aplikací

a) termoplasty, b) reaktoplasty

2.1.3 Kaučuky, pryže a elastomery

Jedná se o polymerní materiály, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci-prostorovému zesíťování struktury, probíhá tzv. vulkanizace. [1]

2.2 Rozdělení termoplastů

Mezi nejrozšířenější skupiny plastů jsou řazeny termoplasty. Tyto lineární či rozvětvené polymery, jejichž řetězec tvoří pouze jeden druh základní chemické skupiny, které se nazývají homopolymery. Dále jsou složeny z několika druhů základních chemických skupin, tzv. kopolymery.

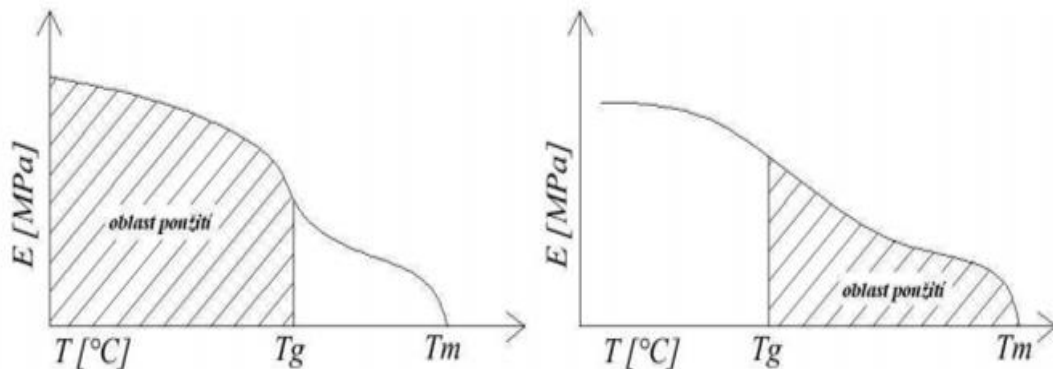
Z pohledu vnitřní struktury se termoplasty dělí na:

➤ amorfní

Jejich řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány. Využití dílců z amorfních plastů je v oblasti pod teplotou skelného přechodu – T_g . V tomto stavu je pevný. Pokud je zvýšena teplota nad T_g , začnou postupně slábnout kohézní síly mezi makromolekulami a polymer začne přecházet do oblasti plastické, až do viskózního stavu, při kterém se zpracovává. S postupným zvyšováním teploty začíná současně narůstat i objem plastu. Mezi amorfní plasty patří zejména PS, PMMA, PC, ABS a jiné.

➤ semikrystalické

Jejich podstatná část řetězců je pravidelně těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary. Ostatní část řetězců má amorfni uspořádání. Oblast použití u tohoto plastu je nad teplotou T_g , protože mají velmi dobrou pevnost a houževnatost nad teplotou T_g . Mezi semikrystalické plasty patří zejména PA6, PE, PP a další. [1]



Obr. 8 Oblast využití u amorfni a semikrystalických plastů

Tab. 1 Amorfni plasty

Amorfni plasty	T_g (°C)
PS	90-100
hPS	90
ABS	105-115
SAN	115
tr. PVC	85
PMMA	100
mod. PPO	120-140
PC	144
PSU	187
PESU	225
mod. PC	205
PI	300

Tab. 2 Semikrystalické plasty

Semikrystalické plasty	T_g (°C)
PE	-80
PP	-20
Hom. PE	-50
PT PE	-60
Kopol. POM	-113
EVA	-80
PBT	+60
PA6	+45

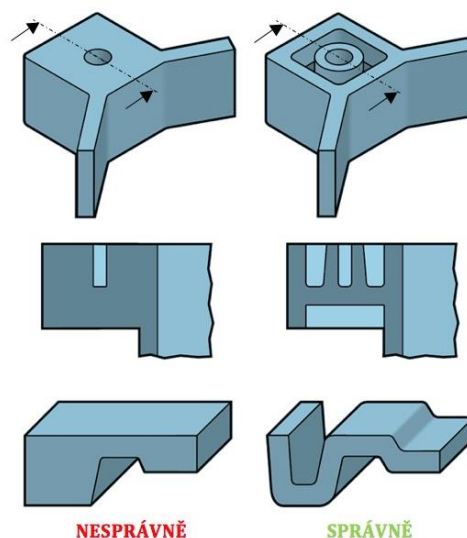
3 KONSTRUKCE VYRÁBĚNÉHO DÍLCE

Konstrukční návrh součástí z plastu se musí řídit jinými zásadami, než u součástí z kovu. Při její tvorbě musí konstruktér zvážit, co všechno bude probíhat při vstřikování daného dílce z plastu. Konstruktér musí znát přesně technologii zpracování.

3.1 Základní požadavky na konstrukci dílce

Základní podklady pro konstrukci formy slouží výkres vyráběného dílce. Její tvar má být řešen nejen z funkčního a ekonomického hlediska, ale musí se přihlížet i ke způsobu výroby.

Celková konstrukce dílce musí především splňovat vhodnou polohu dělicích rovin a tím je určen i způsob jejího zaformování. K ní se váže i pojetí vyhazovacího systému, vtokového systému, směr úkosů, odvzdušnění, vzhled, přesnost a jiné. Tloušťka stěn musí splňovat svoji přísnou závislost s dráhou toku plastu. V úzké dutině se tavenina rychle ochladí a tuhne, tlusté stěny vyžadují dlouhou dobu chlazení. Různě odlišné tlusté stěny se díky hromadění materiálu nestejně tuhnou. Tím vzniká vnitřní pnutí a různé povrchové vady, propadliny a lunkry. Zásady správné konstrukce tloušťky stěn požadují jednotnou tloušťku, náhlé přechody musí být bez ostrých hran a v případě, kde se nemůžeme vyhnout tlustějším stěnám, se provede vhodné odlehčení. Tloušťka žeber nebo bočních stěn se zaoblenou přechodovou hranou nesmí překročit 0,8 násobek tloušťky hlavní stěny. [1]



Obr. 9 Porovnání nesprávného a správného návrhu plastového dílu s ohledem na rovnoměrnosti tloušťky stěny

3.1.1 Zaoblení hran, rohů a koutů

Zaoblením hran, rohů a koutů se nám usnadní tok taveniny, následně se zabrání koncentraci napětí v těchto místech a sníží se opotřebení formy, protože u přechodů s ostrými hranami se požadují vyšší vstřikovací tlaky. Rázová houževnatost dílce se tím zvýší cca o 50%.

3.1.2 Úkosy a podkosy

Úkosy a podkosy jsou sklony stěn výstřiku, které jsou orientovány kolmo k dělicí rovině, kterými se umožňuje nebo u podkosu zabraňuje vyjmutí výstřiku z dutiny formy. Díky uspořádání jsou buď vnitřní, nebo vnější. Volbu jejich velikosti ovlivňuje smrštění povrch stěn formy, elasticita plastu a automatizace výroby. S přihlédnutím na tyto faktory následně volíme její velikost. U vnějších stěn menší úkos a u vnitřních stěn větší úkos. Podkosy, s výjimkou technologických, nám komplikují konstrukci i funkci formy, a proto se jim musíme co nejvíce vyhýbat. [1]

3.1.3 Žebra

Žebra jsou dělena dle účinku, který se plní na součásti, případně v dutině formy. Tuhost a pevnost nám realizují technická žebra. Optimální plnění dutiny formy zabezpečují technologická žebra nebo nám brání zborcení stěn, odstraňují případný vznik povrchových vad.

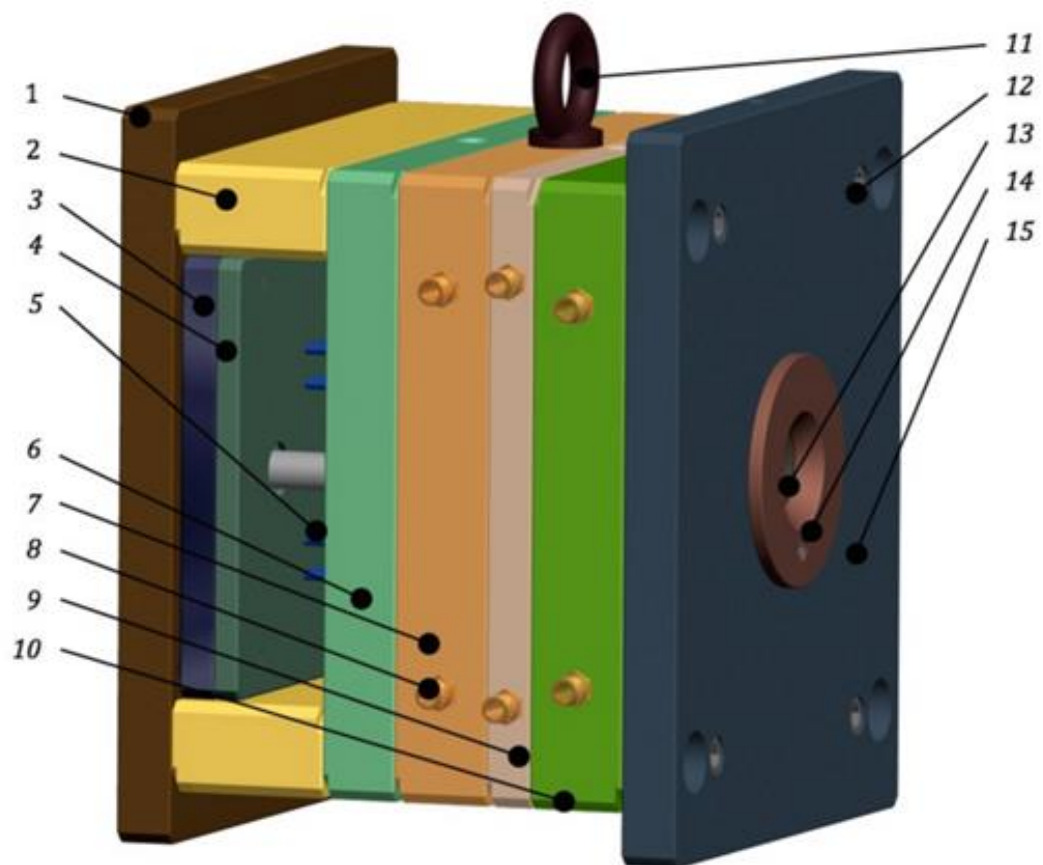
Mezi nejčastější vady vstřikovaných výrobků patří:

- deformace výstřiku – špatná volba vyhazovacích kolíků, nevhodný materiál, vysoká teplota formy, nízká doba chlazení, velký podkos, velké podkosy
- studené spoje (plastické švy) – velmi nízká vstřikovací rychlost, poměrně dlouhý tok taveniny, nízká teplota formy, při zpracování nízká teplota materiálu
- křehkost výrobku – špatně vysušený materiál, degradace
- přetok – při zpracování vysoká teplota materiálu, nízká uzavírací síla, nevhodné upnutí formy, znečištěný povrch dělicí roviny, vysoký tlak u vstřikování
- černé skvrny – degradace díky cizímu materiálu, vtlačené nečistoty, dlouhý prostoj stroje
- viditelný paprsek taveniny – nízká teplota formy, při zpracování nízká teplota materiálu, velmi malé ústí u vtoku, vysoká vstřikovací rychlost, nevhodně umístěné ústí v toku, dlouhý vtok

- spálená místa – vlivem tření hrozí přehřátí, vysoká teplota taveniny (válec nebo vtokový systém, nevhodné odvětrání, vada vstřikovacího zařízení)
- bubliny (lunkry) – nízký vstřikovací tlak, nízká teplota formy, přechod ze slabé na silnou stěnu, nevhodná konstrukce dílce, nevhodné odvětrání formy, příliš přehřátá hmota, plyn v dílci a těkavé složky
- propadliny – malé vtokové ústí, velmi velká délka toku taveniny, nízký vstřikovací tlak, nedostatečné odvětrání, při zpracování vysoká teplota. [1]

4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací formy musí odolávat vysokým tlakům, umožnit jednoduché vyjmutí výrobku, poskytnout výrobky s přesnými rozměry, doživotně musejí pracovat automaticky. Konstrukce a výroba je velmi náročná na finanční náklady a odborné znalosti. Největší podíl na konstrukci formy je přesně stanovit rozměry a výrobní tolerance všech tvarových částí. Při rozhodování smrštění je nutné určit výpočet těchto rozměrů. Opotřebení částí na stroji a tolerance jednotlivých rozměrů výrobků. [5]



Obr. 10 Uzavřená dvou desková vstřikovací forma

1) upínací deska pohyblivé části vstřikovací formy, 2) rozpěra, 3) hlavní vyhazovací deska, 4) přidržovací vyhazovací deska, 5) vyhazovač, 6) opěrná deska, 7) „B“ deska, 8) přípojka chlazení, 9) „C“ deska, 10) „A“ deska, 11) manipulační oko, 12) hlavní montážní šrouby, 13) vtoková vložka, 14) středící kroužek pevné části vstřikovací formy, 15) upínací deska pevné části vstřikovací formy

4.1 Konstrukce vstřikovací formy

Konstrukce a výroba formy je velmi náročná a obnáší zvláštní výrobu, kterou si vstřikovna zajišťuje u specializovaných firem (nástrojáren) nebo využívá svých interních zdrojů. Proto, aby mohla být zpracována výkresová dokumentace formy a jejich výroba, musí být známi všechny technické informace.

Podmínky pro konstrukci formy:

- výkres dílce
- postup konstrukce formy
- zvolení vhodného vstřikovacího stroje
- násobnost formy.

4.1.1 Výkres dílce

Dílec z plastu musí odpovídat přesně definovaným specifickým vlastnostem. V první řadě tvar a rozměry by měly umožňovat co nejjednodušší výrobu dílce, tak aby bylo dodrženo všech fyzikálních a mechanických vlastností.

Výkres musí obsahovat rozměry a tolerance, materiál požadovaného dílce, tvar, hmotnost, kvalitu povrchu, požadavky na vzhled a technické přejímky. Z finančního hlediska výroba požaduje, aby dílec bylo možno snadno zaformovat, rozměrově reálný a co nejmenší nároky na další opracování. V oblasti úspěchu a kvality navrženého dílce, musí spolu spolupracovat jak konstruktér dílce, tak i konstruktér formy a v nepodstatné řadě technolog. [5]

4.1.2 Postup konstrukce formy

Podkladem pro konstruktéra je výkres vyráběné součásti, konstrukční návrh a další potřebné údaje:

- posouzení výkresu dílce z pohledu rozměru, tvaru a tvářecích podmínek, opětovná kontrola rozměrů a tolerance, rozdíly v tloušťce stěn vlivem propadlin a lunkrů, úprava rohů a ostrých hran (důsledkem je nadměrné pnutí, problematické plnění dutiny)
- určení dělicí roviny dílce, způsob zaformování, funkce, vzhled, velikost a směr úkosů. Při zaformování vhodné umístění vtokového ústí a vyhazování z dutiny formy

- dimenzování tvarových dutin a jejich rozmístění ve formě, zvolení vhodného typu vtokového systému, velikost průřezů, tvar, délka hlavního rozvodného kanálu
- stanovení vyhazovacího a temperančního systému, zároveň odvzdušnění
- návrh rámu formy, upřesnění počtu a uspořádání dutin, vyhazování a temperance formy. [1]

4.1.3 Násobnost formy

Ideální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých parametrů. Určují se z hlediska charakteru a přesnosti výstřiku, požadavek na množství, kapacita a velikost vstřikovacího stroje, termín dodání a z finančního hlediska výroby. Součásti tvarově náročné, které mají za důsledek složitost formy, se vyrábí převážně v jednonásobných formách z důvodu složitosti vstřikovací formy i přesnosti výrobku. [1]

4.2 Vtokové systémy

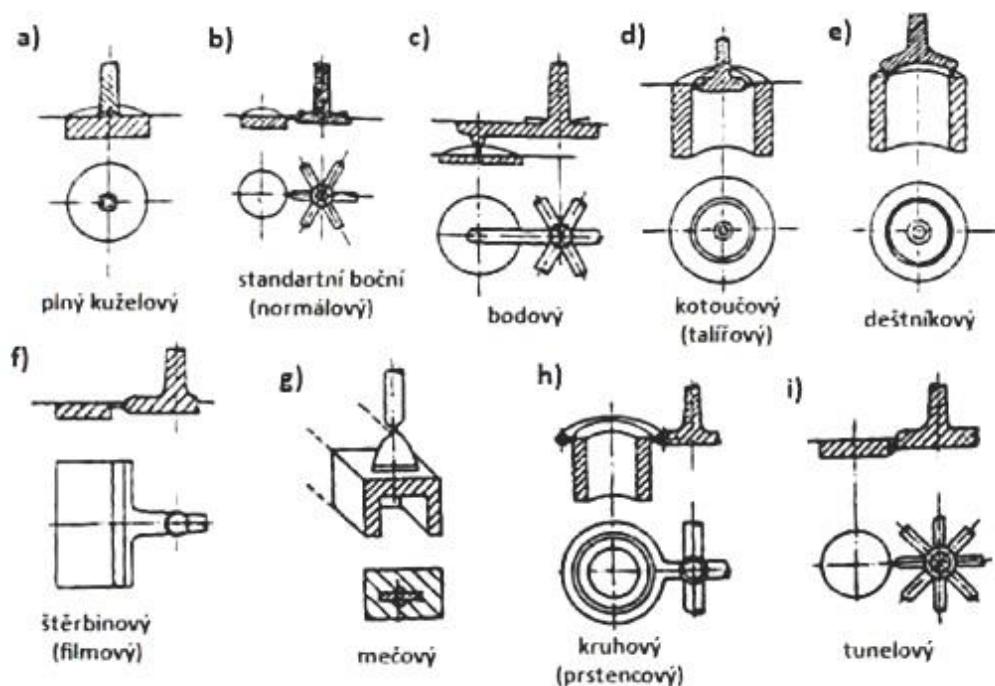
Jedná se o systém kanálků a ústí vtoku, který musí zajistit správné plnění dutiny formy, snadné oddělení od výstřiku a vyhození zbytku u vtoku. Vtoková soustava je navržena dle násobnosti formy, umístění tvarových dutin a volby studeného nebo horkého vtokového systému. [3]

4.2.1 Studený vtokový systém

Důsledkem studeného vtoku je, že tavenina se vstřikuje velkou rychlostí do poměrně chladné formy. Při průtoku viskozita taveniny prudce roste. Viskozita na vyšší hranici vyžaduje vysoké tlaky v systému – cca 40 až 200 MPa.

Zásady řešení vtokového systému [1]:

- dráha vtoku směrem od vstřikovacího stroje do dutiny formy – dráha musí být co nejkratší
- dráha musí být stejně dlouhá ke tvářecím dutinám, aby se zabezpečilo rovnoměrné plnění
- vtokové kanály musí mít dostatečně velký průřez, aby po vyplnění tvářecí dutiny bylo jádro taveniny v plastickém stavu, a tím působí dotlak
- zaoblení hran vtokových kanálků min. $R=1\text{mm}$
- zkosení všech toků je pod úhlem $1,5^\circ$.



Obr. 11 Použití jednotlivých vtoků

4.2.2 Vyhříváný vtokový systém

Vyhříváné vtokové systémy jsou metodou vstřikování bez vtokového zbytku. Na základě vývoje těchto vtokových soustav se postupně zdokonaluje. Nejdříve to jsou zesílené vtoky, poté izolované vtokové soustavy s předkomůrkami. V současné době jsou tyto způsoby plnění nahrazovány vyhřívánými tryskami, které mají minimální úbytek tlaku i teploty. Vyhříváné vtokové systémy se nakupují od specializovaných výrobců, proto je nutné si vyžádat potřebnou dokumentaci od výrobce, popřípadě i technickou konzultaci. Je využíván především pro sériovou výrobu. [1, 7, 8]

Výhody vyhříváných vtokových systémů:

- snižování potřeby plastu
- odpadá manipulace a regenerace vtokových zbytků
- zkrácení výrobního cyklu
- umožnění automatizace výroby.

Nevýhody vyhříváných vtokových systémů:

- zajištění regulátorů a snímačů
- finančně nákladnější než studený vtokový systém
- složitější a výrobně nákladnější formy.

4.3 Temperace forem

Temperace slouží k zajištění konstantní teploty v režimu formy. Úkolem temperance je zajištění optimální a co nejkratší pracovní cyklus vstřikování při zachování všech technologických požadavků pro výrobu. Při procesu dochází k ochlazování a následně k vyhřívání celé formy, nebo její součásti. [9]

Při vstřikování se do formy přivede roztavený polymer, který se v dutině ochladí na teplotu potřebnou pro vyjmutí výstřiku. Temperace ovlivňuje naplnění tvarové dutiny a zajišťuje potřebné tuhnutí a ochlazení plastu. Při každém cyklu se forma ohřívá a každý následný výstřik je potřeba zabezpečit opět při stanovené teplotě. Je nutné toto nadbytečné teplo při pracovním cyklu odvést za pomoci temperanční soustavy z dutiny formy. [9]

Úkolem temperance je [9]:

- zajištění rovnoměrné teploty formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny (záleží na druhu zpracovávaného polymeru)
- odvádění tepla z dutiny formy, která je naplněna taveninou tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou životnost.

4.3.1 Všeobecné zásady zvolení temperančních kanálů

Temperanční systém se skládá ze soustavy dutin a kanálů, kterými přechází nebo odvádí teplo z formy přesně definovanou kapalinou, anebo nějakým jiným zdrojem tepla. Vzdálenost kanálů od dutiny vzhledem k funkčnosti musí být optimální. Je potřeba předpokládat dostatečně definovanou pevnost a tuhost stěny dutiny. S ohledem na celkovou problematiku formy musíme zvolit správné rozměry a rozmístění temperančních kanálů a dutin. Vhodnější použití je větší počet menších kanálů s malými roztečemi. V oblasti dutiny formy kanály jsou rozmístěny rovnoměrně a hlavně ve stejné vzdálenosti. V části širší stěny dílce nebo v jiném místě s vyšší teplotou se kanály přiblíží k dutině formy. Podle velikosti výstřiku, druhu polymeru a rámu formy, je zvolen vhodný průřez kanálů. Nejpoužívanější průřez kanálu je kruhový. Není potřeba zvětšovat průměr kanálu, protože intenzita výměny tepla se zvyšuje jen zanedbatelně. Snižuje se tuhost formy a stoupá požadované množství temperančního média. Mimo kruhových průřezů kanálů se taktéž používají kanály obdélníkového průřezu. Tímto vzniká vodotěsnost překrytím anebo se ukládají tenkostěnné měděné trubky. Abychom jsme zachovali tepelnou styčnost, zalijeme ji nízkotavitelným kovem. [9]

4.3.2 Temperanční prostředky

Tyto prostředky představují média, která svým působením umožňují formě pracovat v ideálních tepelných podmínkách. Rozdělení je následující [9]:

- aktivní, které působí přímo na formě, teplo se do formy přivádí nebo naopak odvádí; patří sem například:
 - vzduch
 - topné elektrické články
 - kapaliny – viz. (Tab. 3)

Tab. 3 Aktivní temperační prostředky

Druh kapaliny	Výhody	Nevýhody
voda	nízká cena ekologicky nezávadné nízká viskozita	korozí kamenité usazeniny použitelnost maximálně do 90°C
oleje	omezení korozí temperace je možná i nad 100°C	zhoršující přestup tepla vyšší cena ekologicky závadné
glykoly	omezení korozí ucpávání systému	nízká životnost ekologicky závadné

- pasivní, které ovlivňují tepelný režim formy díky svým fyzikálním vlastnostem (tepelně izolační materiály, tepelně vodivé materiály).

4.4 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém vstřikovací formy je zodpovědný za odformování vstřikovaného dílu z dutiny poté, co je vstřikovací forma otevřena. Jakkoliv se to může zdát jednoduché, komplexnost vyhazovacího systému se může lišit podle požadavků konkrétní procesní aplikace. Musí být vyřešena řada bodů tak, aby fungoval nejen vyhazovací systém, ale i vstřikovací forma jako taková. Mezi tyto body patří [10]:

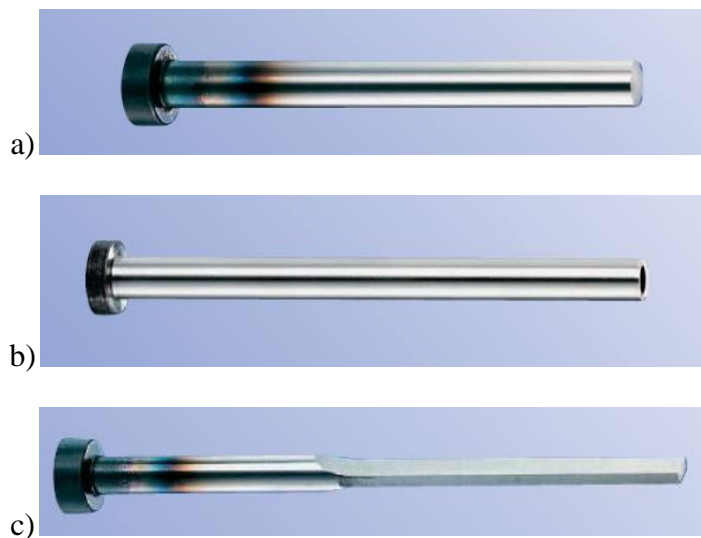
- osy směrů pohybů vyhazovacího systému
- rozložení vyhazovačů na vstříkovaném dílu
- síla na vyhazování atd.

Systém pracuje ve 2 fázích:

- pohyb vpřed (vlastní vyhazování)
- pohyb vzad (návrat vyhazovacího systému do původní polohy).

4.4.1 Vyhazovací kolíky

Vyhazování pomocí kolíků, je nejčastějším a nejlevnějším typem vyhazování. Uvedený systém se použije tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstříku, ve směru vyhození. Je výrobně jednoduchý a funkčně zaručený. Správná volba tvaru vyhazovacího kolíku a jeho vhodné umístění umožní snadné vyhození výstříku bez poškození. [11]



Obr. 12 Vyhazovací kolíky

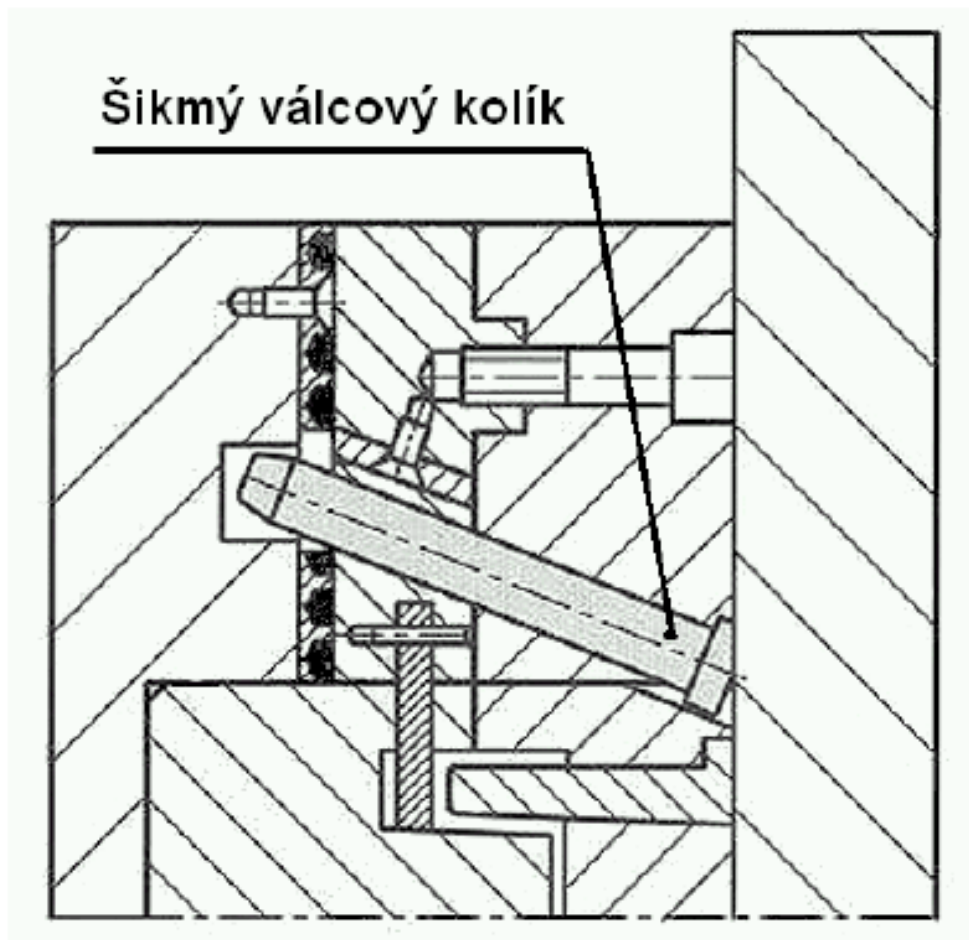
a) válcové vyhazovače, b) trubkový vyhazovač, c) prizmatický vyhazovač

4.4.2 Šikmé válcové kolíky

Šikmé válcové kolíky jsou namáhány na ohyb. Umožňují vysunutí posuvné čelisti současně s otvíráním formy s žádným nebo nepatrným zpožděním, které je ovlivněno vůlí v otvoru pro šikmý kolík. [12]

- vůle mezi šikmým kolíkem a čelistí bývá obvykle cca 0,2 mm, ale může dosahovat hodnoty až 3 mm

- sklon šikmého válcového kolíku od 15° do 25° (výjimečně 30°).



Obr. 13 Řez formy s použitím šikmého válcového kolíku

4.4.3 Dvoustupňové vyhazování

Kombinace dvou navzájem se ovlivňujících systémů, Tento způsob umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho délky. Využívá se například při šikmém vyhazování výstřiků se zápichem.

4.4.4 Pneumatické vyhazování

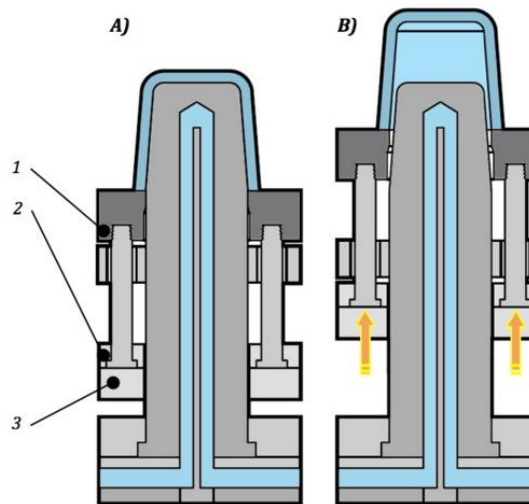
Privádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím je dosaženo rovnoměrného oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se tím místní přetížení a nevzniknou stopy po vyhazovačích. Použití je omezeno pouze na některé tvary výrobků.

4.4.5 Hydraulické vyhazování

Hydraulický vyhazovač se vyrábí jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve formě. Používá se hlavně k ovládní mechanických vyhazovačů, jako jsou kolíky a stírací desky. Umožňuje pružnější pohyb a větší flexibilitu. Charakteristickým znakem je velká vyhazovací síla a kratší a pomalejší pohyb.

4.4.6 Stírací deska

Tento způsob vyhazování funguje na principu stírání výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Je vhodný u výstřiků, na kterých by stopa po vyhazovači vadila. Díky velké styčné ploše stopu nezanechá. Velká styčná plocha způsobuje také minimální deformace výstřiku. Používá se zejména u tenkostěnných výstřiků, kde by hrozila velká deformace díky vyhazovači a tam, kde vyžadujeme velkou vyhazovací sílu. Jediné omezení pro použití je, aby výstřik na stírací desku dosedl v rovině případně v mírně zakřivené ploše. Speciálním případem je trubkový vyhazovač. [13]



Obr. 14 Princip funkce stírací desky

1) stírací deska, 2) přidržovací stírací deska, 3) hlavní vyhazovací deska, A-vyhazovací systém v zadní pozici, B-vyhazovací systém v pohybu do přední pozice

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- nakreslit 3D model zadaného dílu,
- provést konstrukci 3D sestavy vstřikovací formy pro zadaný plastový díl,
- nakreslit 2D sestavu vstřikovací formy.

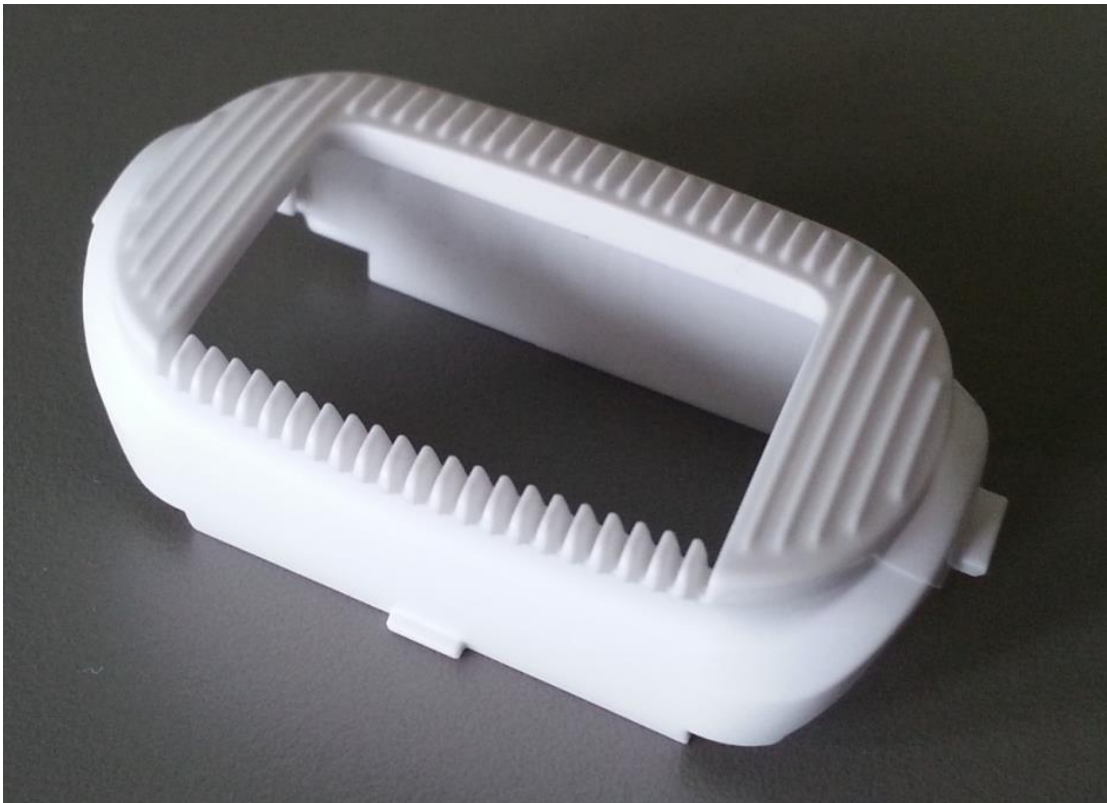
V literární části byly zachyceny nejdůležitější informace, které se týkali problematiky vstřikovacího procesu, vstřikovacích forem a jednotlivé principy konstruování forem.

V praktické části bakalářské práce byl vytvořen 3D model, který vycházel ze zadaného plastového dílu. Po vymodelování plastového dílu se zkonstruuje sestava vstřikovací formy, která bude čtyřnásobná.

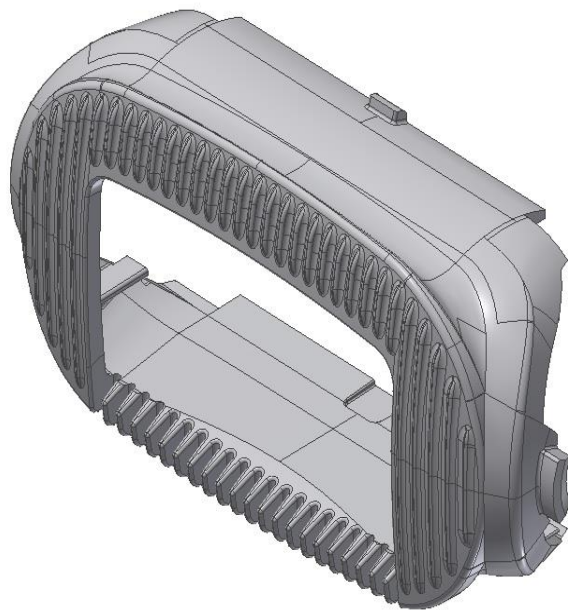
Vstřikovací forma i model plastového výrobku byl zmodelován pomocí programu Autodesk Inventor 2016. Byly použity normálie Hasco, Strack a Incoe. Následně se generovaly 2D výkresy sestavy se všemi vyráběnými díly formy, které se doloží kusovníkem.

6 POPIS VÝROBKU

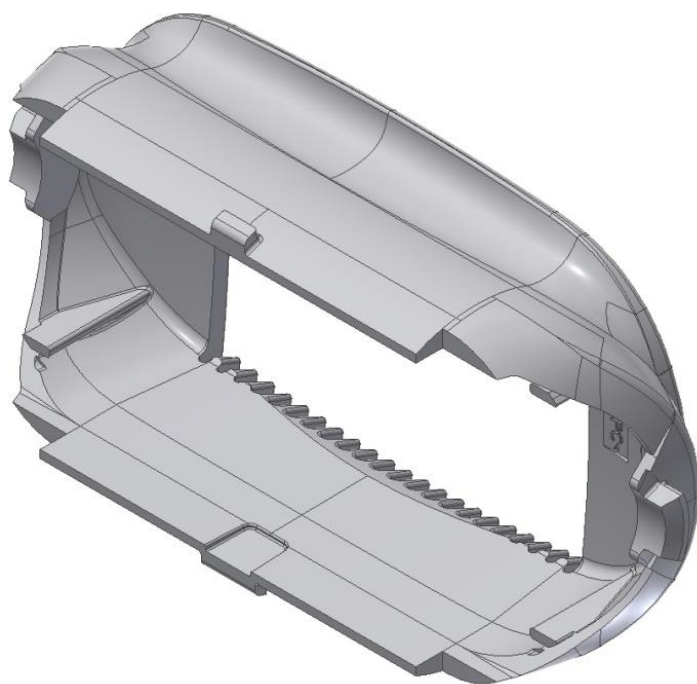
Zvolený výrobek je součástí holicího strojku. Výrobek je nesymetrický a při konstrukci formy je nutné řešit zaformování pomocí bočních pohyblivých jader. Na výrobku není žádný výskyt žeber. Po bočních stranách výrobku jsou výstupky, které mají svoji funkčnost k upevnění další části. Pohledové plochy dílce musí být bez viditelných vad a s tím souvisí požadovaná kvalita povrchu tvarových dutin formy. Základní rozměry výrobku jsou (50 x 25 x 18) mm a zadaným materiálem je Apec® 1695 polykarbonát bílé barvy.



Obr. 15 Zvolený výrobek



Obr. 16 Model výrobku pohledová plocha



Obr. 17 Model výrobku nepohledová plocha

7 KONSTRUKCE NÁSTROJE

Při konstrukci nástroje bylo postupováno v souladu se základními konstrukčními zásadami. Celkové rozměry formy jsou 596 x 494 x 493 (v x š x d) mm. Materiál desek byla zvolena ocel 19 083 a 11 523, pro tvarové dutiny byl zvolen materiál nástrojová ocel 19 552. Izolační desky jsou zvoleny z materiálu Glastherm HT250. Normalizované díly jsou z katalogu firem Hasco, Strack. Vtokový systém je řešený pomocí horkých trysek od společnosti Incoe.

7.1 Volba násobnosti formy

Správné zvolení násobnosti formy závisí na mnoha parametrech:

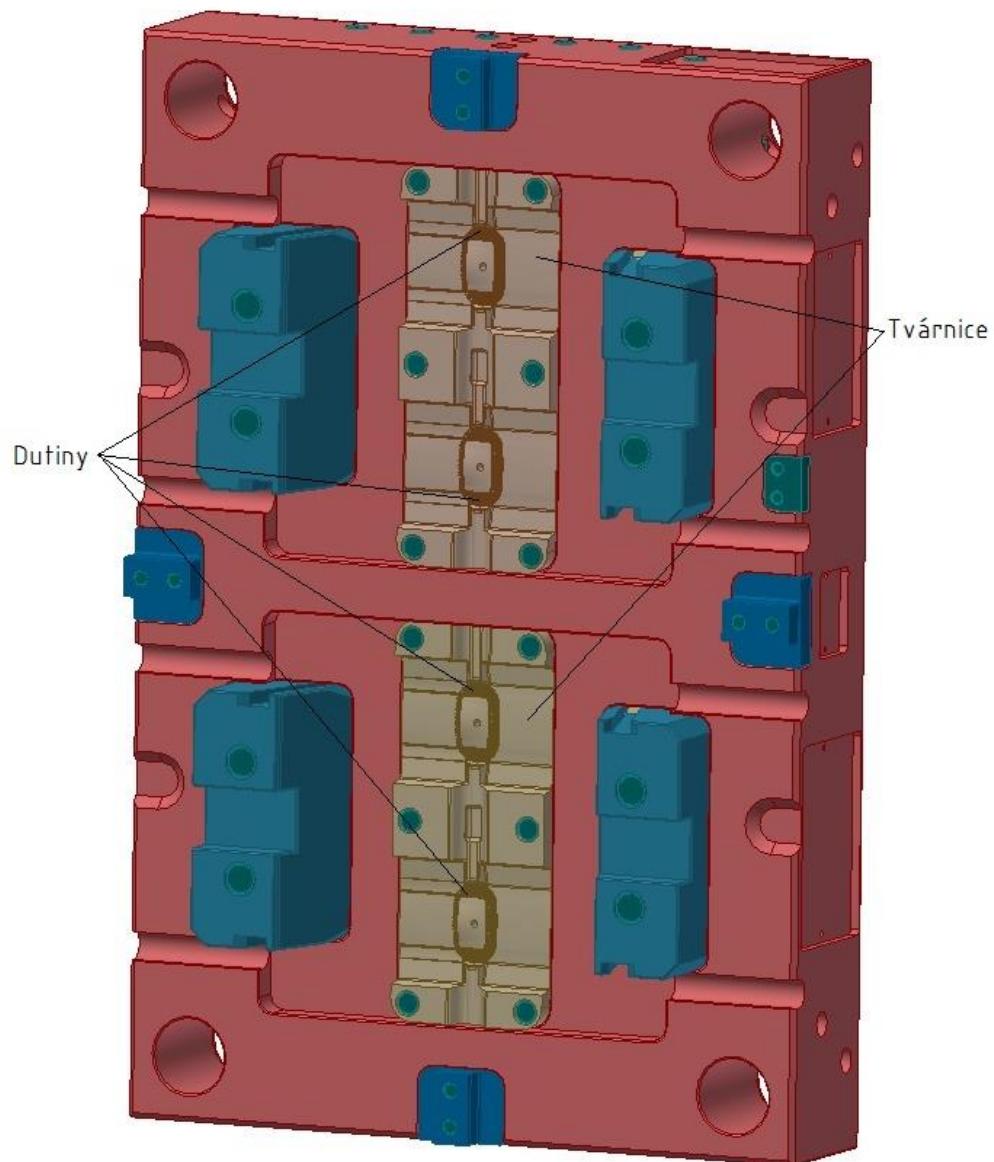
- vstřikovací kapacita stroje
- rozměry pro upnutí formy
- uzavírací síla stroje
- výkon plastikačního stroje
- termín zákazníka.

Na základě volby násobnosti formy musíme uvažovat o následné problematice ovlivnění daného výrobku. Musíme myslet na ekonomiku výroby, přesnost zadaného výrobku, kvalita, kterou požaduje zákazník a taky náročnost. Je potřeba si uvědomit jestli daný výrobek má složité tvarové plochy, kde u těchto výrobků se volí nejčastěji jednonásobné formy, ale naopak u výrobků s velkým počtem odběru od zákazníka se doporučují více až několikanásobné formy. Na základě požadavku zákazníka, kde se jedná hlavně o velký objem odběru výrobků, byla zvolena čtyřnásobná forma.

7.2 Odvzdušnění

K hlavním zásadám u návrhu formy patří tzv. odvzdušnění, protože po uzavření formy zůstane uvnitř vzduch, kde při cyklu vstřikování se střetne polymer s taveninou a tím dojde k vysokému tlaku a k vysoké teplotě, kde následně polymer degraduje. Vznikají tím na výrobku různé vady, spálená místa atd.

Vzhledem k malému objemu výrobku je odvzdušnění řešeno vůlemi mezi tvárníky, tvárnícemi, posuvnými jádry a desky formy.

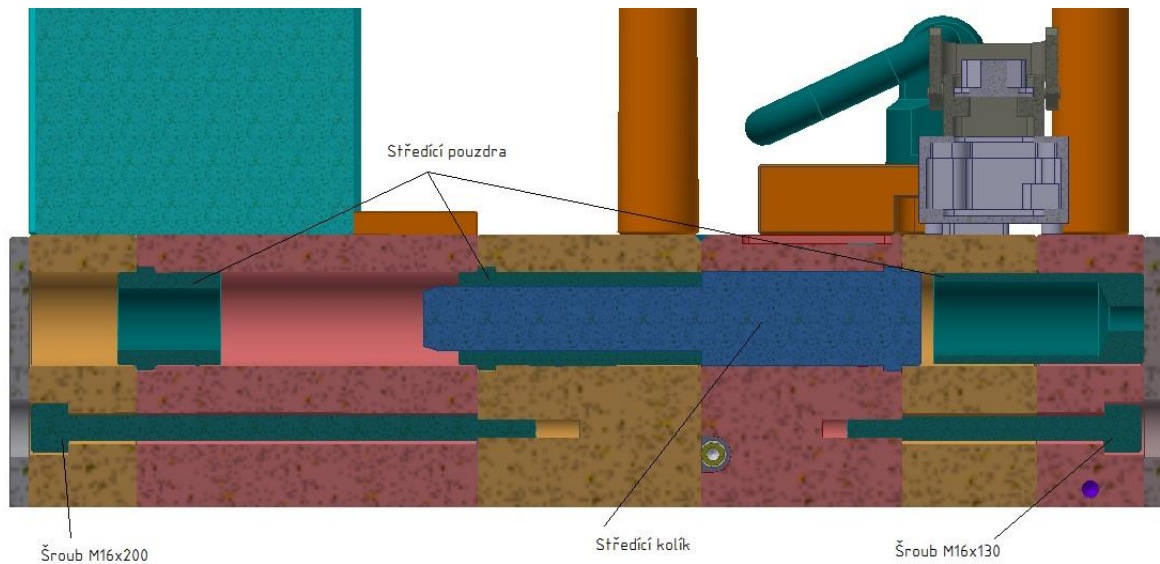


Obr. 18 Detail násobnosti formy

7.3 Rám a desky

Rám formy je celek, který se skládá z desek, spojovacích prvků, vodících a středících částí. Uvnitř rámu jsou funkční tvarové části, tvarové dutiny. Rám je rozdělen na dvě hlavní části. Část formy upevněnou na pevnou stranu lisu a část formy upevněnou na pohyblivou stranu lisu. Vzhledem ke složitosti formy, tak jsou desky vyráběny kusově. Volba rozměru desek a formy je určena dle násobnosti formy a velikosti výrobku. Tloušťka desek je volena s ohledem na velikost tvárníků a tvárnice, požadavků temperačního systému a zdvihu vyhazovačů. Desky formy jsou slícovány pomocí

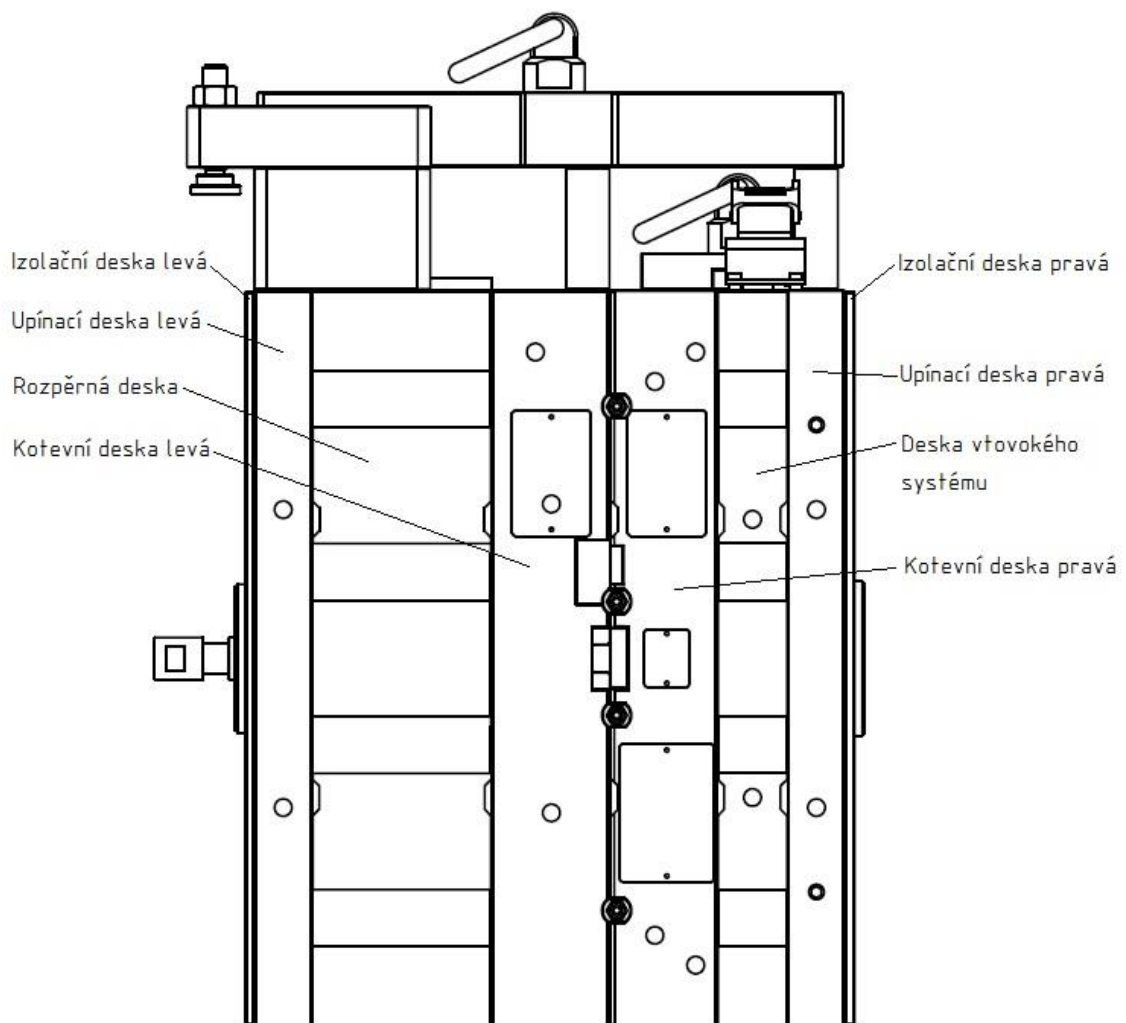
středících pouzder a kolíků. Spojení je zajištěno normalizovaným spojovacím materiálem (Obr. 19).



Obr. 19 Detail lícování desek

Rám zajišťuje:

- přesné ustavení na vstřikovacím stroji
- přesné upnutí na upínacích plochách stroje
- požadovanou přesnost pohyblivých částí formy
- jednoduchost a spolehlivost zajištění tvarových a funkčních částí ve formě
- správné umístění temperančního a vyhazovacího systému vzhledem k správné funkci.



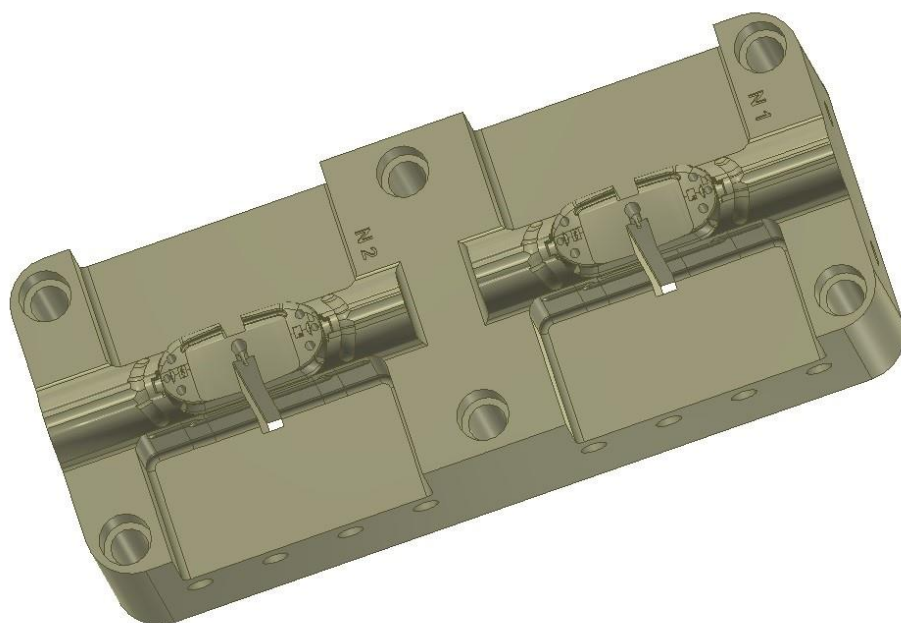
Obr. 20 Rám a desky

7.4 Tvarové dutiny

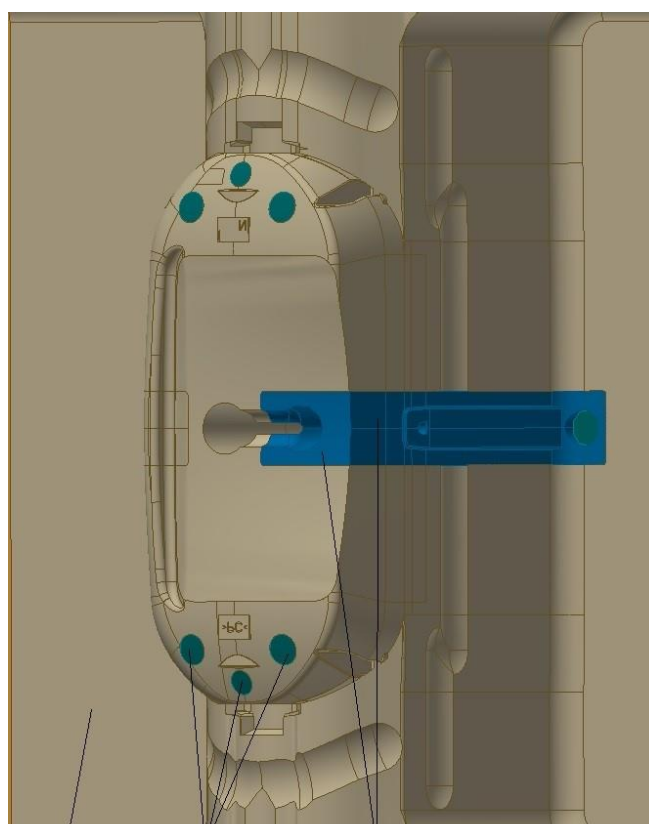
Tvárník, tvárnice a části posuvných jader se vyrábějí z nástrojové oceli 19 552 a jsou kalené na tvrdost 55 HRC. Je zapotřebí brát ohled na smrštění zvoleného materiálu a tomu přizpůsobit rozměry tvarových dutin (zvětšení rozměrů).

7.4.1 Tvárník

Je funkční díl pohyblivé části formy, který určuje tvar, rozměr a jakost povrchu výrobku. Tvárník je řešený pomocí dvou vyměnitelných vložek a každá vložka obsahuje dvě tvarové části dílů. Ke kotevní desce je upevněn pomocí šroubů a jsou zde vrtané kanálky pro temperační kapalinu. Dále jsou zde samostatné vložky vtoku (Obr. 22).



Obr. 21 Tvárník

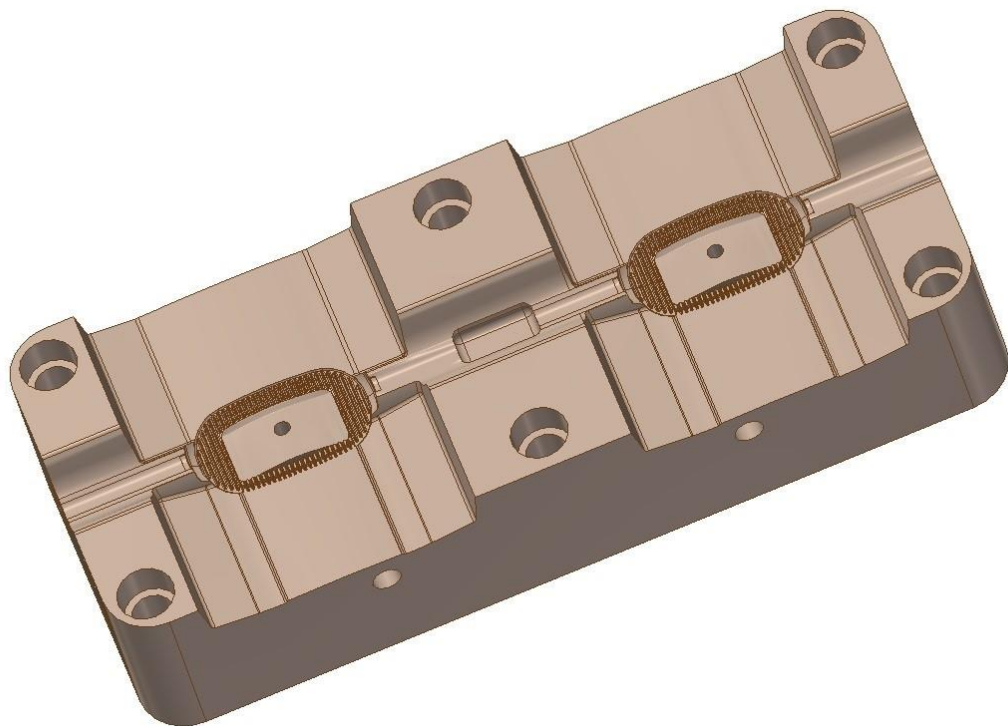


Tvárník Vyhazovače Vložky vtoku

Obr. 22 Detail tvárníku

7.4.2 Tvárnice

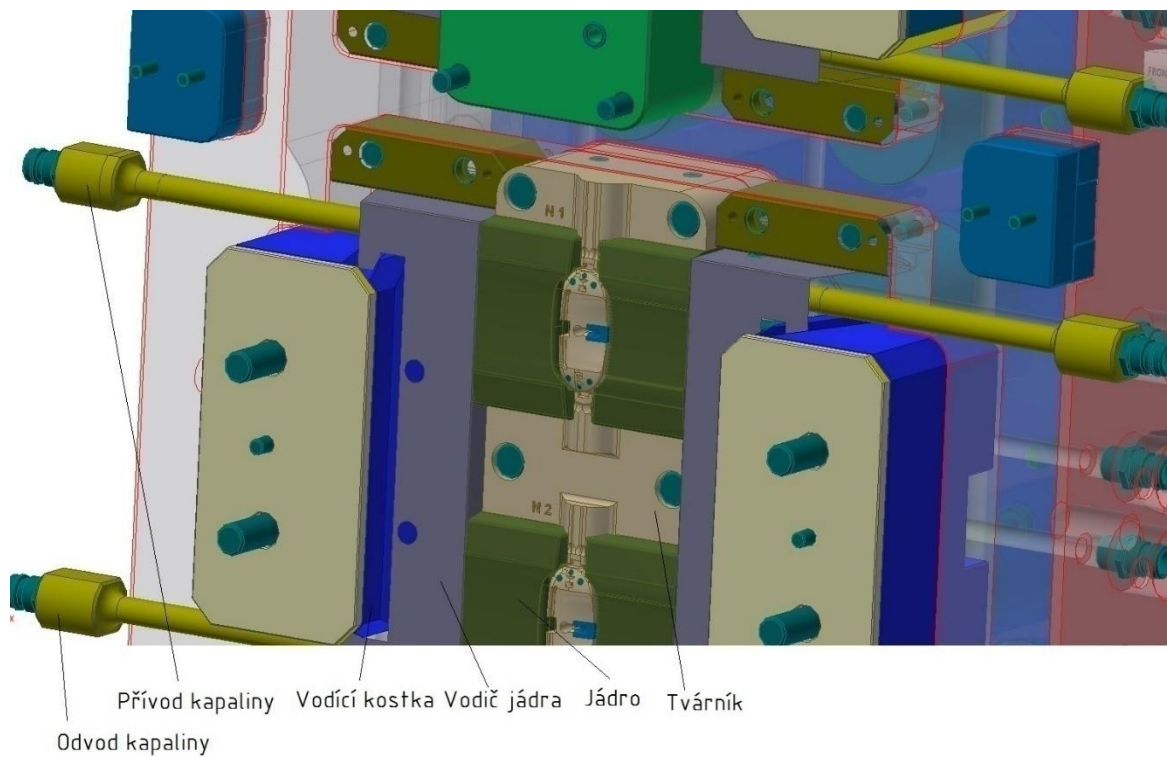
Je funkční díl nepohyblivé části formy. Stejně jako u tvárníku, tak i zde je tvárnice řešena pomocí dvou vložek, kde každá obsahuje dvě tvarové části dílů. Středem každé tvarové dutiny je otvor vtokového kanálku. Tvárnice je opět temperována pomocí kapaliny a soustava temperančních kanálků je vrtaná.



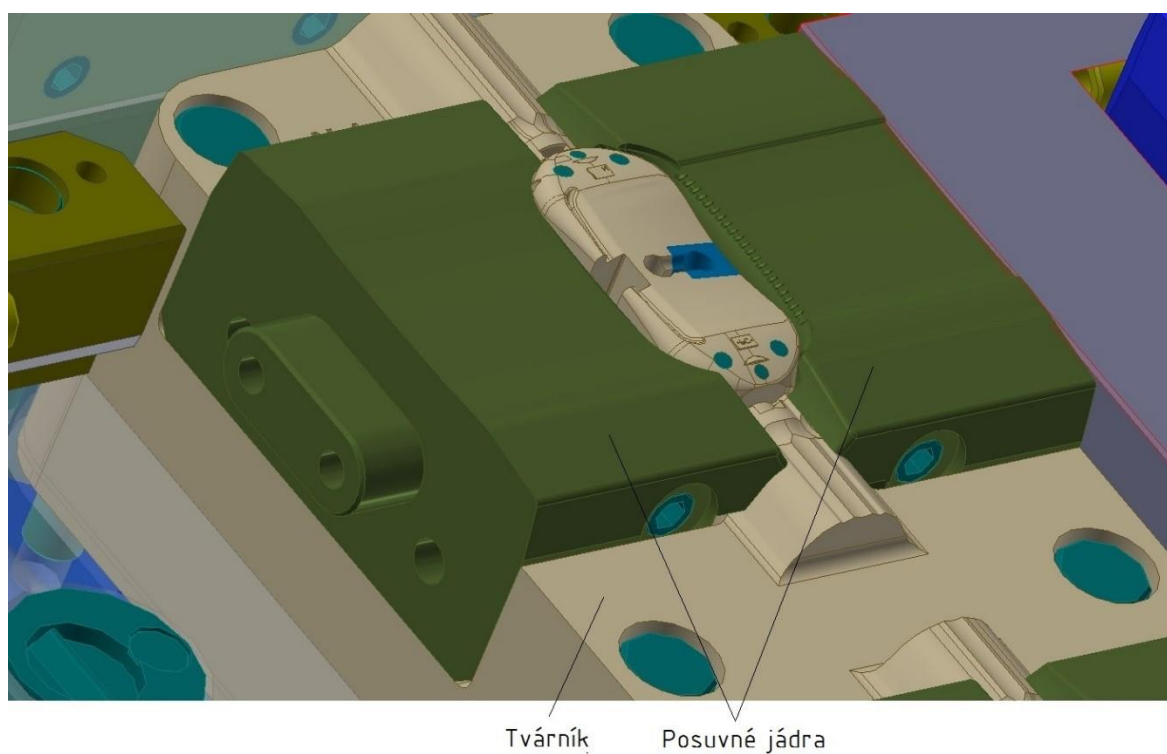
Obr. 23 Tvárnice

7.4.3 Posuvné jádra

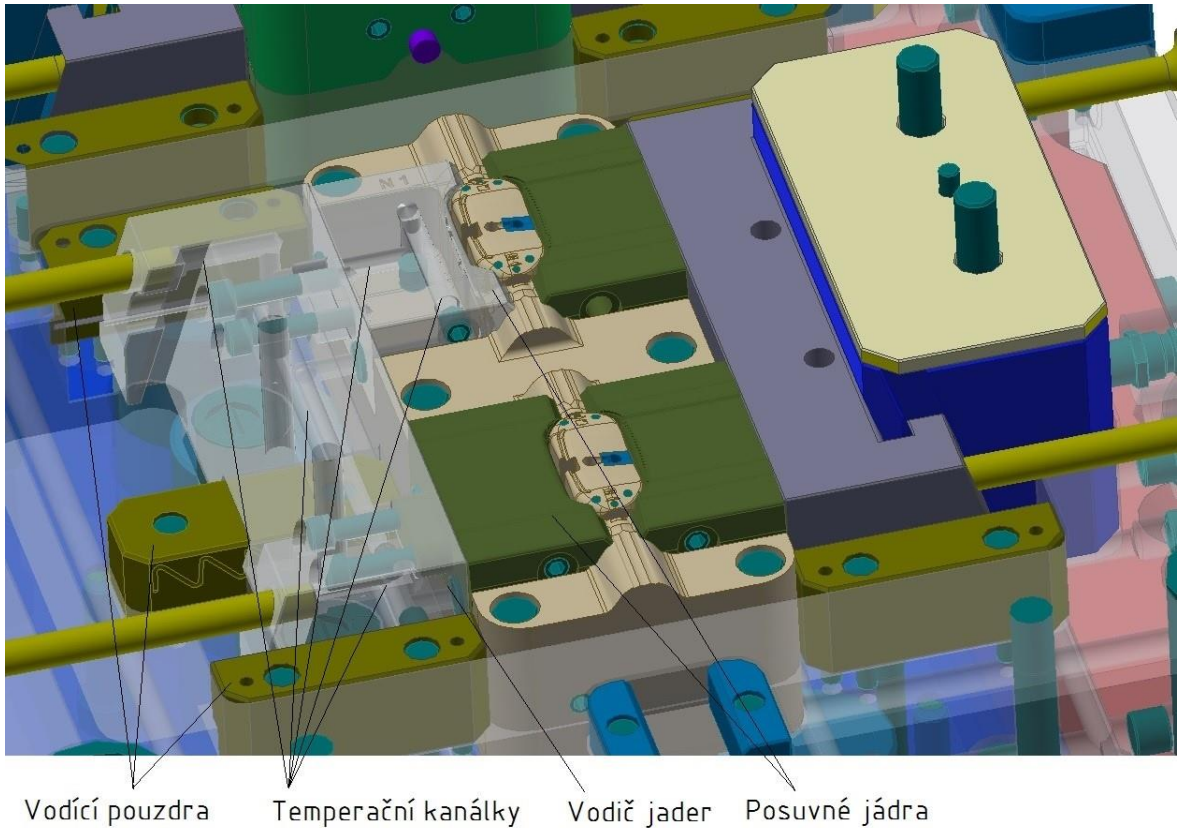
Posuvné jádra zde formují boční části výrobku, které obsahují podkoso. Každá dutina je tvořena dvěma posuvnými jádry. Vedení a pohyb jader je zajištěn pomocí vodících kostek. Kostky mají zkosené drážky, které vedou vodiče jader. Vodič je společný pro jeden pár jader na každé straně tvarové vložky tvárníku. Posun probíhá na kluzných pouzdrech s mazáním, které snižují tření a zajišťují plynulý pohyb. Vzhledem k tomu, že posuvná jádra tvoří značnou část plochy výrobku, tak jsou také temperovány kapalinou. Temperanční kanálky jsou opět vrtány a tvoří samostatný temperanční okruh.



Obr. 24 Konstrukční řešení posuvných jader



Obr. 25 Detail posuvných jader

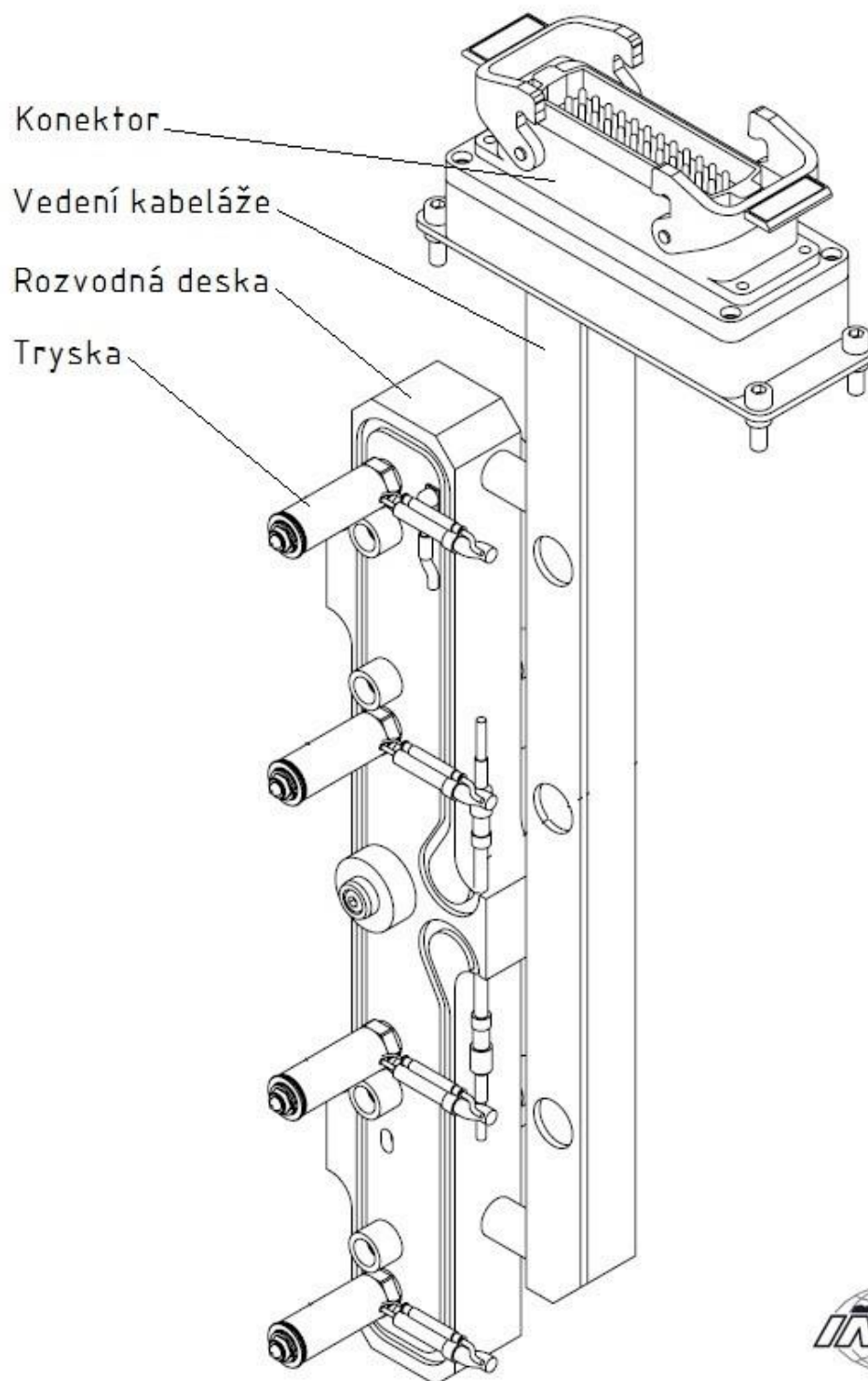


Obr. 26 Konstrukční řešení posuvných jader a jejich temperace

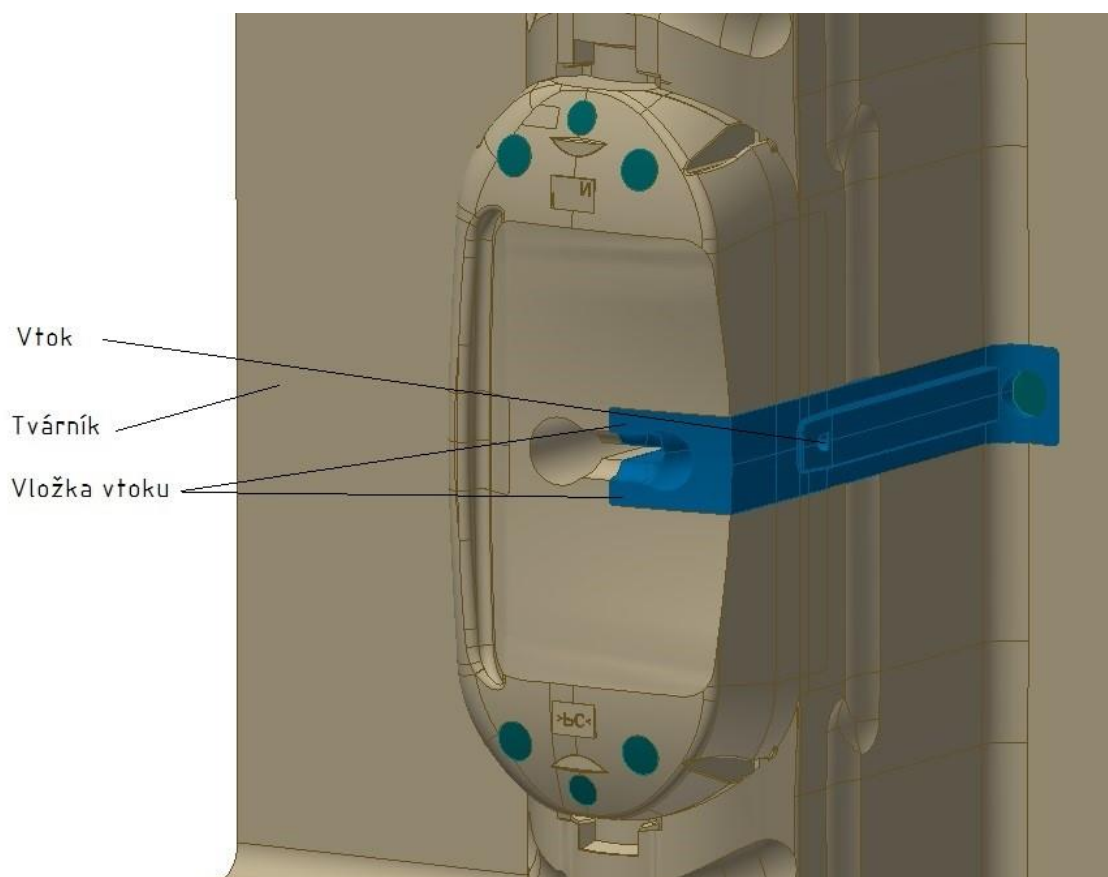
7.5 Vtokový systém

V tomto případě byla zvolena kombinace horkého vtokového systému od společnosti Incoe a krátký srpkovitý studený vtok. Pořizovací náklady horkého vtokového systému jsou několikanásobně vyšší. S tím také souvisí složitější konstrukce formy, ale mezi hlavní výhody patří úspora materiálu a zkrácení vstřikovacího cyklu. Horký vtokový systém (Obr. 27) se skládá z rozvodové desky, horkých trysek, kabeláže a konektoru. Úkolem horkých vtoků je udržení taveniny při konstantní teplotě, aby nedošlo k zatuhnutí a tím prodloužení vstřikovacího cyklu.

Vtokové ústí je srpkovité a v tvárníku je řešeno samostatnými vložkami z důvodu vyrobiteľnosti (Obr. 28 a Obr. 29).



Obr. 27 Horký vtokový systém



Obr. 28 Umístění vtoku



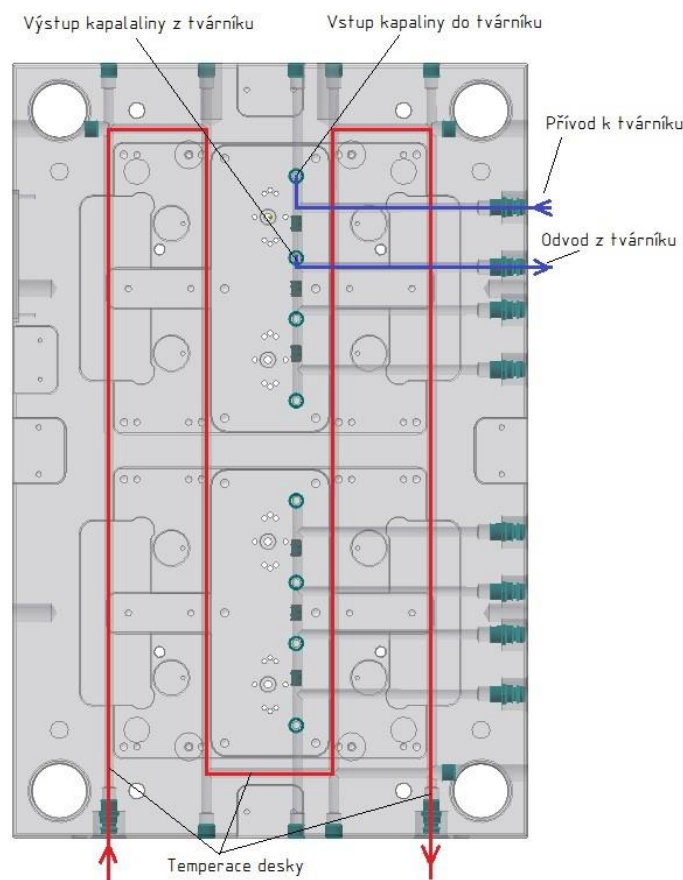
Obr. 29 Vložka vtoku

7.6 Temperace

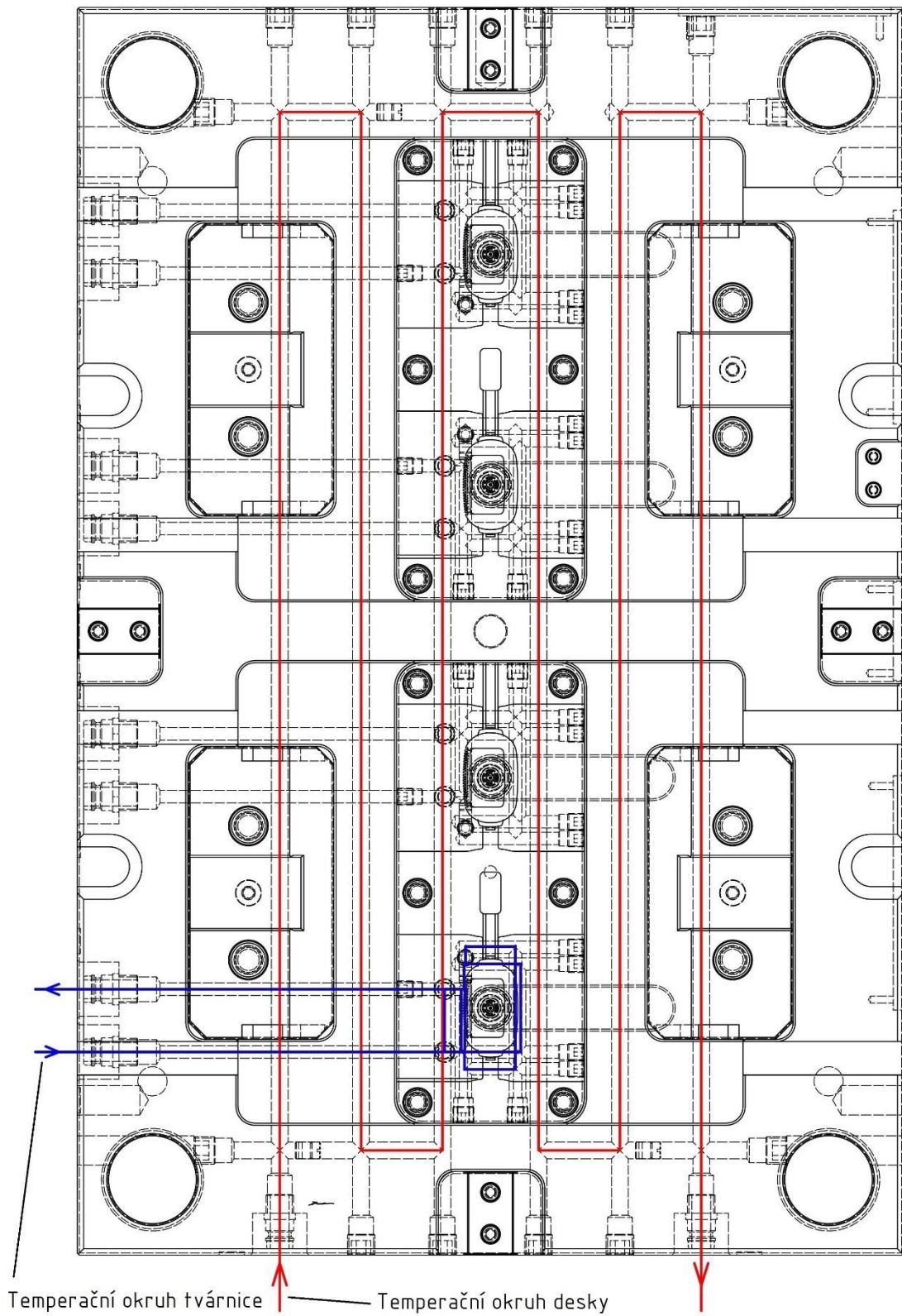
Úkolem temperančního okruhu je udržování stálé teploty formy. Temperanční systém má několik okruhů. Temperovány jsou desky, tvárnice a posuvná jádra. Temperančním médiem je voda. Kanálky pro rozvod vody jsou vrtané a je zde využito ucpávek pro vytvoření vhodného toku média. Ucpávky, zátky a rychlospojky jsou katalogové díly převážně firmy Hasco.

7.6.1 Temperace desek

Systém temperace kotevních desek je podobný jak pro levou, tak pro pravou stranu formy. V obou případech jsou kanály vrtány a na vhodných místech ucpány zátkami, aby byl vytvořen požadovaný tok vody. Vstup a výstup vody je ve spodní části desek. Dále se zde nachází boční vstupy, ale ty slouží pro přívod a odvod vody do tvárnice, případně do tvárníků. Vstupy a výstupy jsou osazeny rychlospojkami pro připojení hadic. Schéma temperančního systému a tok kapaliny je znázorněn na obrázku (Obr. 30 a Obr. 31).



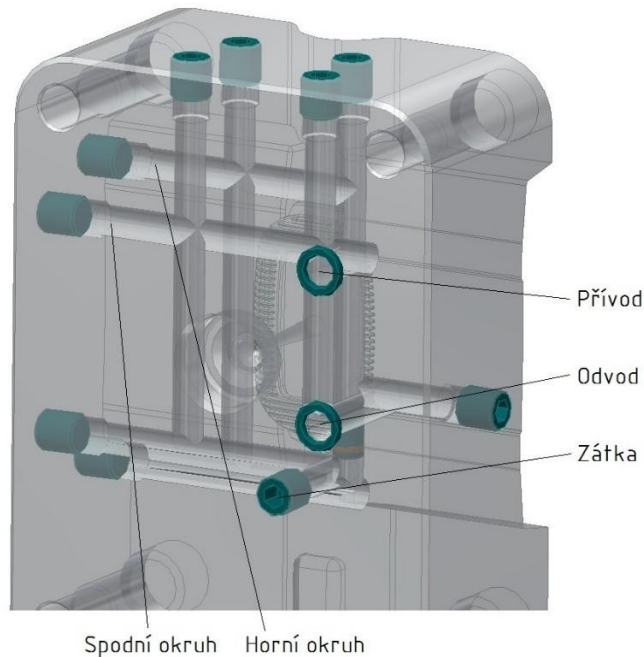
Obr. 30 Temperace levé kotevní desky



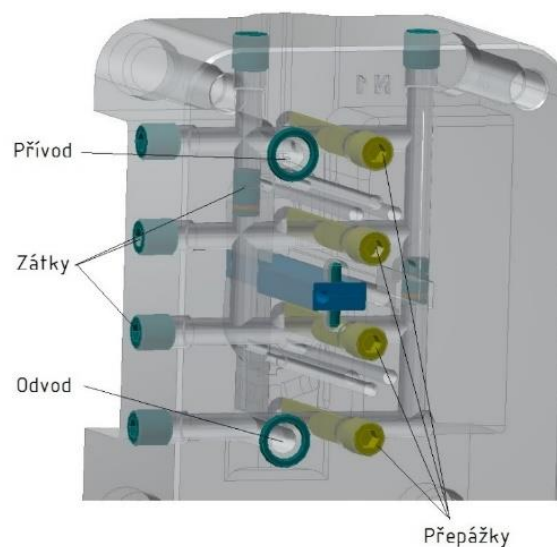
Obr. 31 Temperace pravé kotevní desky

7.6.2 Temperace tvárníku a tvárnice

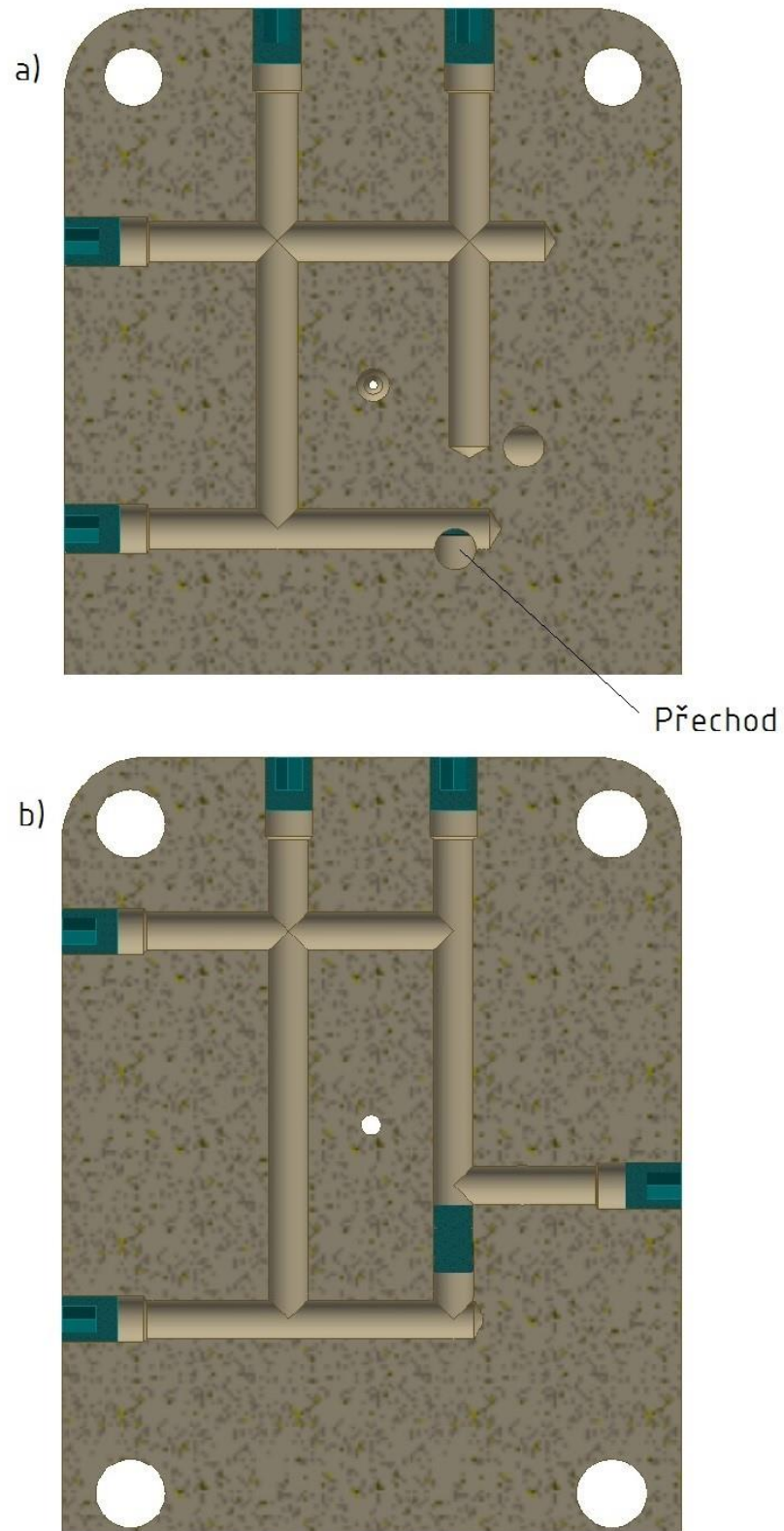
Vstup kapaliny je zajištěn přes kotevní desky na spodní části tvárníku nebo tvárnice. Kanály jsou opět vrtané o průměru 6 mm. Z důvodu účinnějšího chlazení jsou okruhy ve dvou úrovních a u tvárníku jsou navíc přepážky. Provedení okruhu je znázorněno na obrázcích níže.



Obr. 32 Detail temperace tvárnice



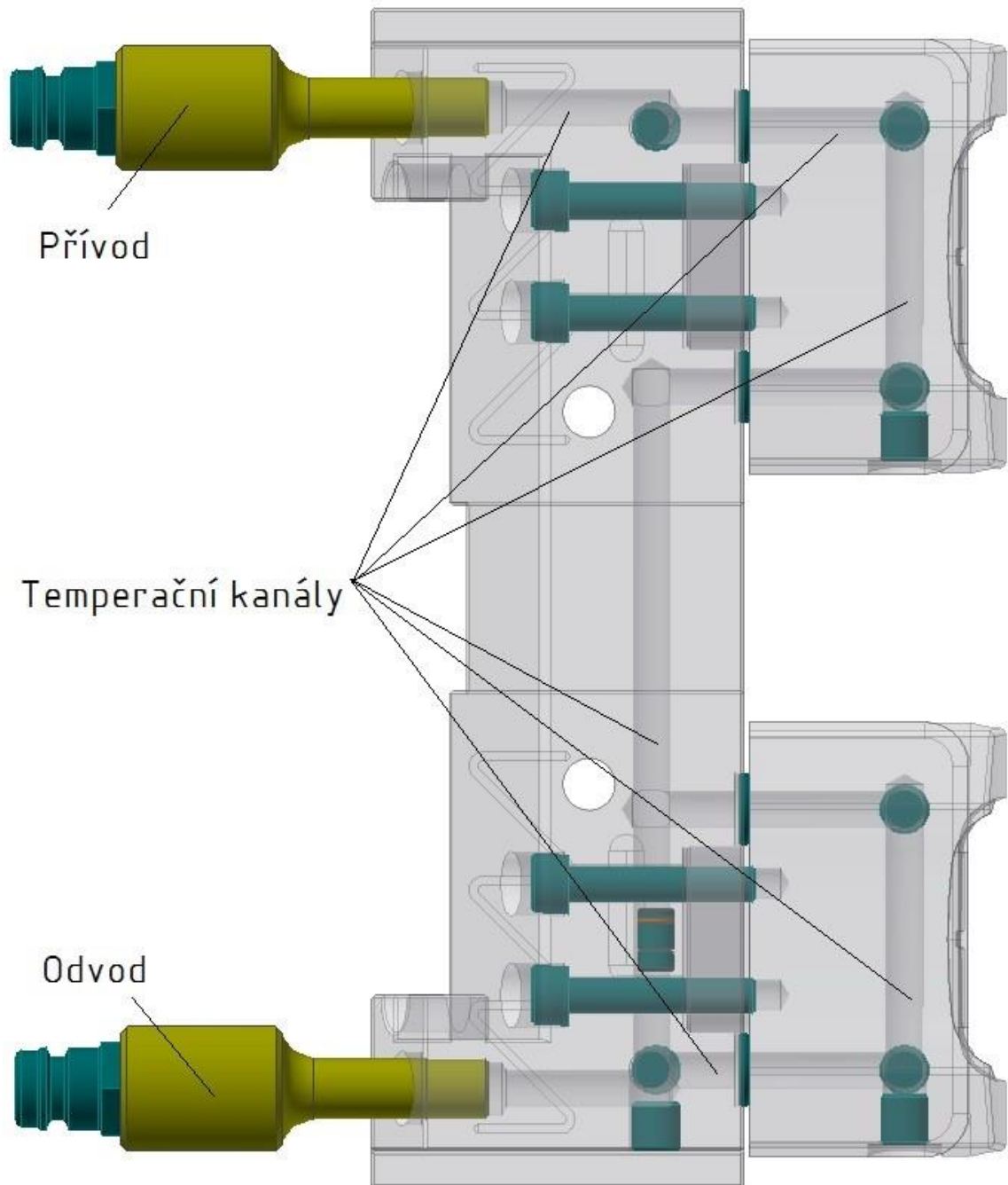
Obr. 33 Detail temperace tvárníku



Obr. 34 Úroveň okruhu tvárnice řez a) spodní, b) horní

7.6.3 Temperace posuvných jader

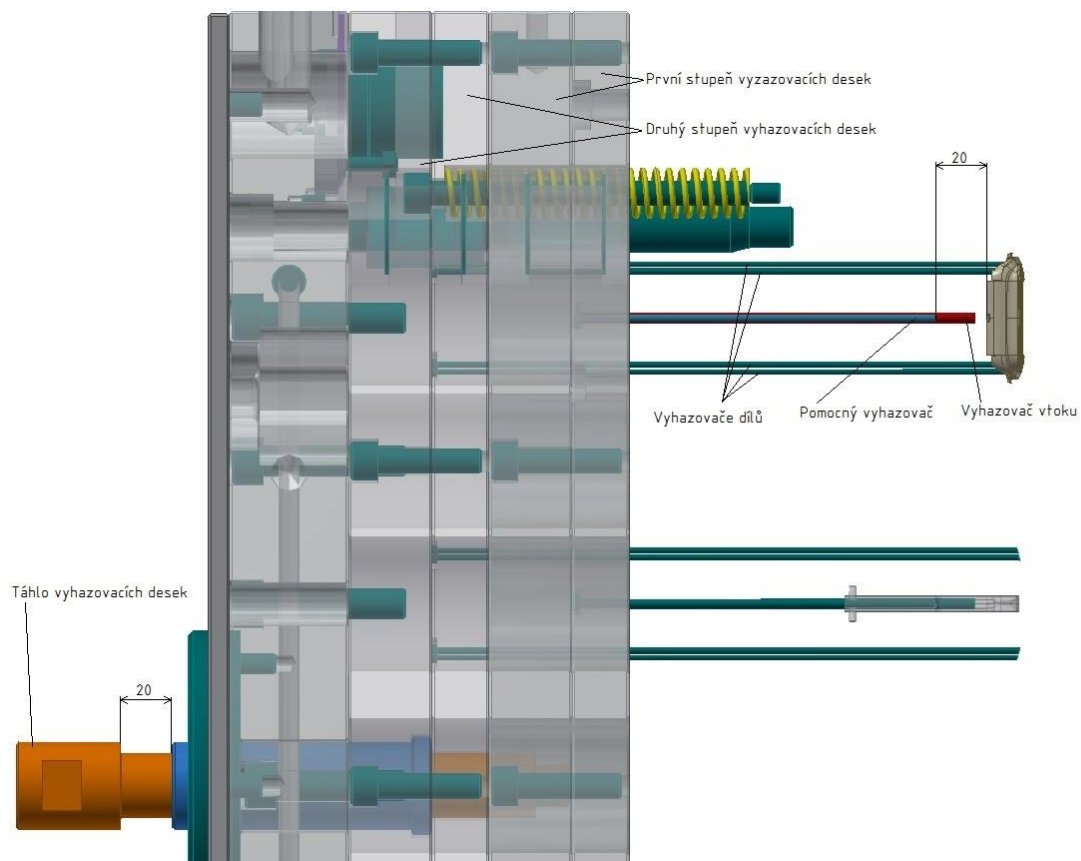
Posuvná jádra jsou temperována v páru. Každá vložka tvárníku má dva páry jader pravou a levou stranu. Voda je přiváděna z boku formy a je rozváděna soustavou kanálů o průměru 6 mm, které procházejí vodičem jader a pak samotným jádrem dle (Obr. 35).



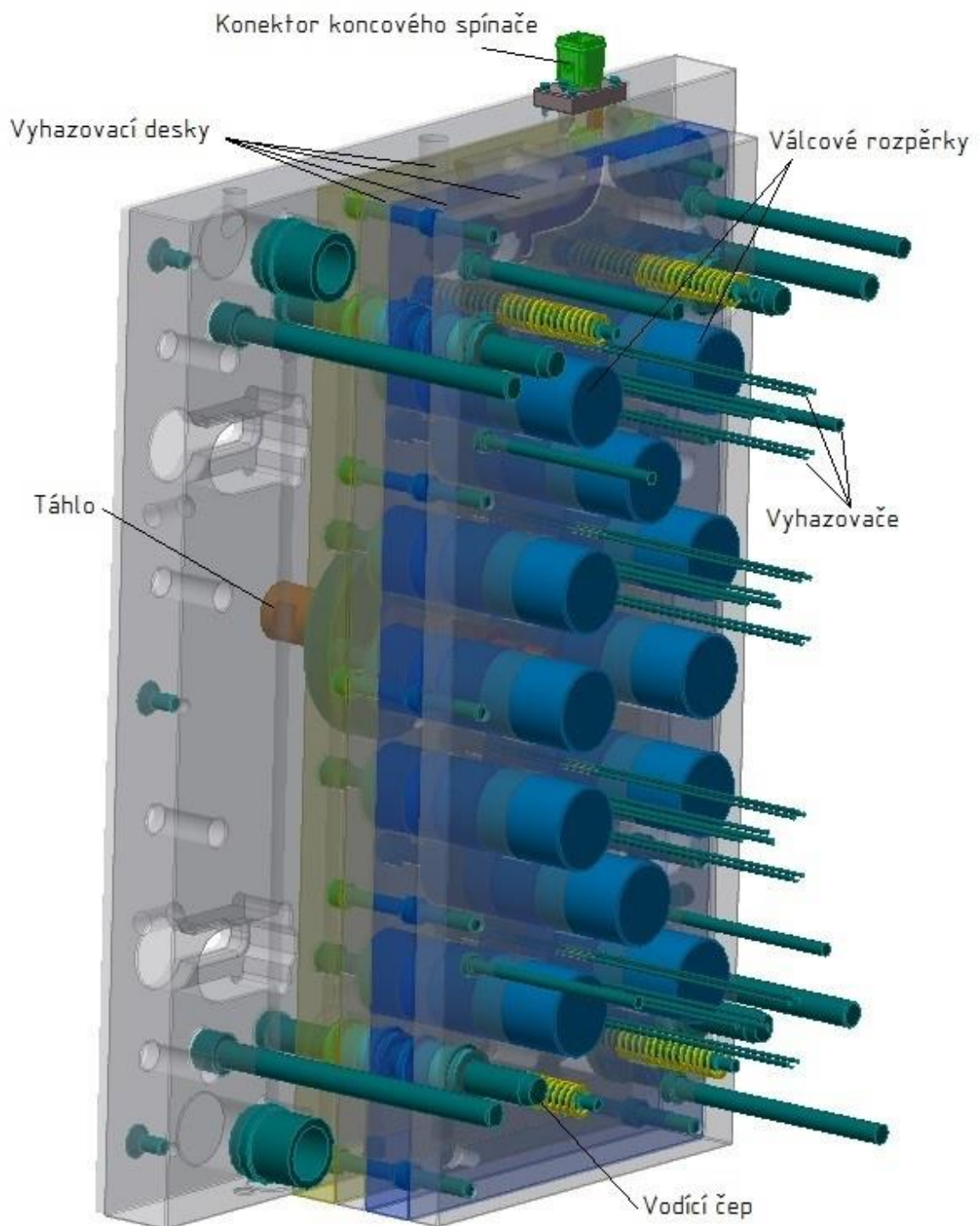
Obr. 35 Temperační okruh posuvných jader

7.7 Vyhazování

Na vyhození dílů z dutiny bylo použito osm válcových vyhazovačů průměrů 2; 2,5 a 3 mm. Dále byl použitý devátý vyhazovač typu Z pro vyhození vtoku. Vyhazování je dvoustupňové. Nejdříve dojde k oddělení vtoku a zároveň pohybu pomocných vyhazovačů, které jsou na Obr. 36 znázorněny modrou barvou. Pak následuje vyhození výrobků. Dvoustupňový chod je zajištěn kombinací pohybu táhla a pouzdra, které ovládá druhý stupeň vyhazovačů. V levé upínací desce je vyfrézován otvor pro koncový spínač, který snímá polohu vyhazovacích desek a tím minimalizuje riziko poškození vyhazovačů, když by nedošlo k vrácení vyhazovacích desek při vstřikování taveniny do dutiny. V levé upínací desce jsou přišroubované válcové rozpěrky, které zvyšují tuhost sestavy. Zároveň se tím zmenšila plocha vyhazovacích desek a není nutné vkládat dosedky. Desky jsou spojeny normalizovanými šrouby.



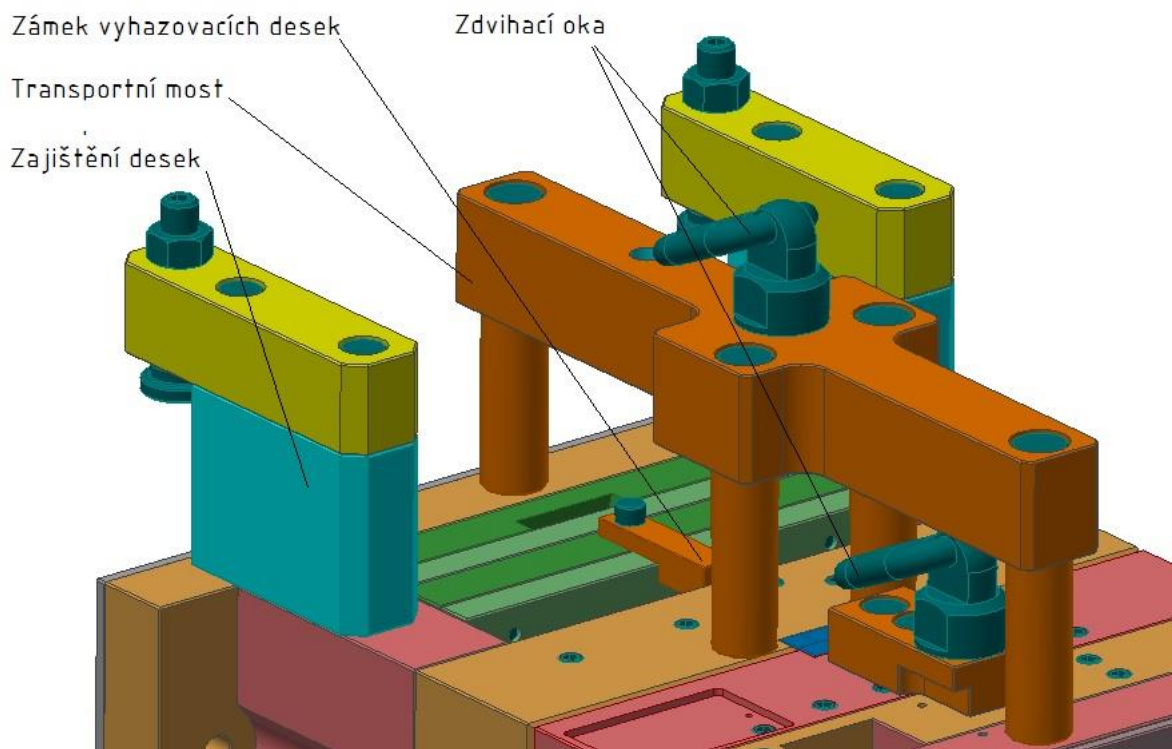
Obr. 36 Schéma vyhazování



Obr. 37 Sestava vyhazovačů

7.8 Přeprava

Transportní most slouží k zajištění desek a k připevnění manipulačních ok pro manipulaci jeřábem. Dále jsou zde doplňující zámky mezi levou upínací deskou a rozpěrnými deskami. K zamezení nechtěnému pohybu vyhazovacích desek se připevňuje zámek, který pohyb nedovolí. V deskách jsou otvory pro šrouby, kde je možné zašroubovat zdvihací oka v případě rozebírání nástroje při údržbě nebo opravě.



Obr. 38 Detail transportního mostu

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo provést návrh formy pro díl holicího strojku z polykarbonátu.

V teoretické části je provedena literární studie problematiky vstřikování plastů. Kapitoly jsou věnovány technologii, materiálům, správné konstrukci dílů a hlavně konstrukci forem, která je pro výsledek práce zásadní.

Praktická část se zabývá samotnou konstrukcí nástroje a popisuje jednotlivá konstrukční řešení. Forma byla zkonstruována jako čtyřnásobná s kombinací horkého vtokového systému a studeného srpkovitého toku. Pohyb posuvných jader je řešen mechanicky pomocí vodících kostek. Velký důraz byl kladený na složitou soustavu temperančních kanálů a zajišťují stálou provozní teplotu formy. Vyhazovací systém je dvoustupňový a je tvořen válcovými vyhazovači, které jsou ukotveny ve vyhazovacích deskách. Vyhazování je ovládáno táhlem vstřikovacího stroje. Koncový spínač byl umístěn k minimalizaci poškození povrchu dutiny pro případ, kdyby nedošlo k vrácení vyhazovačů. Normalizované díly formy jsou převážně z katalogů firem Hasco, Strack a Incoe.

K návrhu formy byl použitý software Autodesk Inventor 2016 s modulem Mould design pro snadnější konstrukci forem. Ve stejném softwaru byla vytvořena i výkresová dokumentace.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů: I. díl – Vstřikování termoplastů. 2. vydání – Brno: Uniplast, 1999.133, 134s.
- [2] online odkaz: http://www.ben.cz/_d/ukazka/141034u.pdf
- [3] LENFELD, P. *Technologie II. Vstřikování plastů. Technická univerzita Liberec katedra strojírenské technologie.* Online odkaz: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [4] TOMIS, F. *Základy gumárenské a plastikářské technologie.* 1. vydání. Brno: VUT Brno, 1975. 278s.
- [5] ROSATO, D. V.; ROSATO, D. V.; ROSATO, M. G. *Injectionmolding handbook* [online]. 3. Vydání. Nizozemsko: Kluweracademicpublisher, 2000 [cit. 2016-04-08].
- [6] TOMIS, F.; RULÍK, F. *Gumárenské a plastikářské stroje II.* 1. vydání. Brno: VUT Brno, 1981. 216s.
- [7] TOMIS, F.; HELŠTÝN, J.; KAŇOVSKÝ, J. *Formy a přípravy,* +. Vydání. Brno: VUT Brno, 1979. 278s.
- [8] MENGES, G; MICHAELI, W.; MOHREN, P. *How to make injectionmolds* [online]. 3. Vydání. Mnichov: CarlHanseVerlag, 2001 [cit. 2016-04-08].
- [9] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů: II. díl – Vstřikování termoplastů. 1. vydání – Brno: Uniplast, 1999.214s.
- [10] BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. [cit. 2016-05-08]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Impresum.html>
- [11] [online]. [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.techportal.cz/mechanicke-vyhazovani-u-vstrikovani-plastu-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EqQUkSFod1Gxa0rmSm720uo/>
- [12] Přednášky TYKF – Ing. Michal Staněk, PhD.
- [13] [online]. [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni_soubory/htn__tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy__

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

T _g	Teplota skelného přechodu[°C]
PS	Polystyren
PMMA	Polymethylmethakrylát
PC	Polykarbonát
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PA6	Polyamid 6
PE	Polyetylen
PP	Polypropylen
MPa	Megapascal
R	Rádus [mm]

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Vstřikovací cyklus</i>	12
<i>Obr. 2 Vstřikovací stroj</i>	13
<i>Obr. 3 Vstřikovací jednotka</i>	14
<i>Obr. 4 Hydraulická uzavírací jednotka</i>	15
<i>Obr. 5 Vstřikovací stroj společnosti Arburg Allrounder 470 C Golden</i>	16
<i>Obr. 6 Základní rozdělení polymerů</i>	17
<i>Obr. 7 Příklady aplikací</i>	18
<i>Obr. 8 Oblast využití u amorfních a semikrystalických plastů</i>	19
<i>Obr. 9 Porovnání nesprávného a správného návrhu plastového dílu s ohledem na rovnoměrnosti tloušťky stěny</i>	20
<i>Obr. 10 Uzavřená dvou desková vstřikovací forma</i>	23
<i>Obr. 11 Použití jednotlivých vtoků</i>	26
<i>Obr. 12 Vyhazovací kolíky</i>	29
<i>Obr. 13 Řez formy s použitím šikmého válcového kolíku</i>	30
<i>Obr. 14 Princip funkce stírací desky</i>	31
<i>Obr. 15 Zvolený výrobek</i>	34
<i>Obr. 16 Model výrobku pohledová plocha</i>	35
<i>Obr. 17 Model výrobku nepohledová plocha</i>	35
<i>Obr. 18 Detail násobnosti formy</i>	37
<i>Obr. 19 Detail lícování desek</i>	38
<i>Obr. 20 Rám a desky</i>	39
<i>Obr. 21 Tvárník</i>	40
<i>Obr. 22 Detail tvárníku</i>	40
<i>Obr. 23 Tvárnice</i>	41
<i>Obr. 24 Konstrukční řešení posuvných jader</i>	42
<i>Obr. 25 Detail posuvných jader</i>	42
<i>Obr. 26 Konstrukční řešení posuvných jader a jejich temperace</i>	43
<i>Obr. 27 Horký vtokový systém</i>	44
<i>Obr. 28 Umístění vtoku</i>	45
<i>Obr. 29 Vložka vtoku</i>	45
<i>Obr. 30 Temperace levé kotevní desky</i>	46
<i>Obr. 31 Temperace pravé kotevní desky</i>	47

<i>Obr. 32 Detail temperace tvárnice</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 33 Detail temperace tvárníku</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 34 Úroveň okruhu tvárnice řez a) spodní, b) horní.....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 35 Temperační okruh posuvných jader</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 36 Schéma vyhazování.....</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 37 Sestava vyhazovačů</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 38 Detail transportního mostu</i>	<i>53</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Amorfni plasty.....</i>	19
<i>Tab. 2 Semikrystalické plasty.....</i>	19
<i>Tab. 3 Aktivni temperační prostředky.....</i>	28

SEZNAM PŘÍLOH

P I Materiálový list

P II 3D Vizualizace

P III Výkresová dokumentace

P IV CD-ROM

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST



				Easy-flowing grades			
Properties	Test conditions	Units	Standards	1695	1697	1795	1797
Rheological properties							
• Melt volume-flow rate (MVR)	330 °C; 2.16 kg	cm ³ /10 min	ISO 1133	45	45	30	30
Melt mass-flow rate (MFR)	330 °C; 2.16 kg	g/10 min	ISO 1133	46	46	31	31
• Molding shrinkage, parallel	60 x 60 x 2 mm ² ; 500 bar holding pressure	%	ISO 2577	0.7	0.7	0.8	0.8
Molding shrinkage, transverse	60 x 60 x 2 mm ² ; 500 bar holding pressure	%	ISO 2577	0.7	0.7	0.8	0.8
Mechanical properties (23 °C/50 % r. F.)							
• Tensile modulus	1 mm/min	MPa	ISO 527-1, -2	2400	2400	2400	2400
• Yield stress	50 mm/min	MPa	ISO 527-1, -2	68	68	71	71
• Yield strain	50 mm/min	%	ISO 527-1, -2	6.3	6.3	6.6	6.6
• Nominal tensile strain at break	50 mm/min	%	ISO 527-1, -2	> 50	> 50	> 50	> 50
• Charpy impact strength	23 °C	kJ/m ²	ISO 179/1eU	NB	NB	NB	NB
• Charpy impact strength	-30 °C	kJ/m ²	ISO 179/1eU	NB	NB	NB	NB
• Charpy notched impact strength	23 °C, 3 mm	kJ/m ²	acc. ISO 179/1eA	10	10	9	9
• Charpy notched impact strength	-30 °C, 3 mm	kJ/m ²	acc. ISO 179/1eA	10	10	9	9
• Puncture maximum force	23 °C	kN	ISO 6603-2	5.2	5.2	5.2	5.2
• Puncture maximum force	-30 °C	kN	ISO 6603-2	6.0	6.0	6.0	6.0
• Puncture energy	23 °C	J	ISO 6603-2	54	54	54	54
• Puncture energy	-30 °C	J	ISO 6603-2	57	57	57	57
• Flexural modulus	2 mm/min	MPa	ISO 178	2400	2400	2400	2400
• Flexural strength	5 mm/min	MPa	ISO 178	100	100	105	105
• Ball indentation hardness	-	N/mm ²	ISO 2039-1	120	120	124	124
Thermal properties							
• Deflection temperature under load, Af	1.80 MPa	°C	ISO 75-1, -2	138	137	148	147
• Deflection temperature under load, Bf	0.45 MPa	°C	ISO 75-1, -2	150	149	161	160
• Vicat softening temperature	50 N; 120 K/h	°C	ISO 306	158	157	173	172
• RTI, tensile strength	1.5 mm/3.0 min	°C	UL 746B	140	140 ¹⁾	140	140 ¹⁾
• RTI, tensile impact strength	1.5 mm/3.0 min	°C	UL 746B	130	130 ¹⁾	130	130 ¹⁾
• RTI, electric strength	1.5 mm/3.0 min	°C	UL 746B	140	140 ¹⁾	140	140 ¹⁾
• Coefficient of linear thermal expansion, parallel	23 to 55 °C	10 ⁻⁴ /K	ASTM E 831	0.65	0.65	0.65	0.65
• Coefficient of linear thermal expansion, transverse	23 to 55 °C	10 ⁻⁴ /K	ASTM E 831	0.65	0.65	0.65	0.65
• Burning behavior UL 94 (UL-Registration)	Thickness: 1.5 mm	Class	UL 94	HB	HB ²⁾	HB	HB ²⁾
• Burning behavior UL 94 (UL-Registration)	Thickness: 3.0 mm	Class	UL 94	HB	HB ²⁾	HB	HB ²⁾
• Burning behaviour FMVSS	Thickness: 1.0 mm	mm/min	ISO 3795	0	0	0	0
• Oxygen index	Method A	%	ISO 4589	26	26	26	26
• Glow wire temperature (GWI)	Thickness: 2.0 mm	°C	IEC 695-2-12	900	900	850	850
Electrical properties (23 °C/50 % r. F.)							
• Relative permittivity	100 Hz	-	IEC 250	3	3	3	3
• Relative permittivity	1 MHz	-	IEC 250	2.9	2.9	2.9	2.9
• Dissipation factor	100 Hz	10 ⁻⁴	IEC 250	10	10	10	10
• Dissipation factor	1 MHz	10 ⁻⁴	IEC 250	90	90	90	90
• Volume resistivity	-	Ohm · m	IEC 93	1E + 15	1E + 15	1E + 15	1E + 15
• Surface resistivity	-	Ohm	IEC 93	1E + 16	1E + 16	1E + 16	1E + 16
• Electric Strength	-	kV/mm	IEC 243-1	35	35	35	35
• Comparative tracking index CTI	Solution A	Rating	IEC 112	250	250	250	250
• Comparative tracking index CTI M	Solution B	Rating	IEC 112	125	125	125	125
• Electrolytic corrosion	-	Rating	IEC 426	A1	A1	A1	A1
Other properties (23 °C)							
• Water absorption (saturation value)	in water at 23 °C	%	ISO 62	0.3	0.3	0.3	0.3
• Water absorption (equilibrium value)	23 °C/50 %	%	ISO 62	0.12	0.12	0.12	0.12
• Density	-	kg/m ³	ISO 1183	1180	1180	1170	1170
Material-specific properties							
• Refractive index	-	-	ISO 489-A	1.578	1.578	1.576	1.576
• Light transmittance (color-no. 551022)	1 mm	%	ISO 5036-1	89	89	89	89
• Light transmittance (color-no. 551022)	2 mm	%	ISO 5036-1	89	88	88	88
• Light transmittance (color-no. 551022)	3 mm	%	ISO 5036-1	88	87	87	87
Processing conditions for test specimen							
• Injection molding-melt temperature	-	°C	ISO 294	330	330	330	330
• Injection molding-mold temperature	-	°C	ISO 294	85	85	100	100
• Injection molding-flow front velocity	-	mm/s	ISO 294	200	200	200	200

* These property characteristics are taken from the CAMPUS® plastics data bank and are based on the international catalog of basic data for plastics according to ISO10350.

- 1) Expected RTI
2) Covestro Test

PŘÍLOHA P II: 3D VIZUALIZACE

