

Konstrukční návrh vstřikovací formy pro výrobu dílu chladiče

Bc. Radim Plesník

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Radim Plesník**
Osobní číslo: **T11167**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukční návrh vstřikovací formy pro výrobu dílu chladiče**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovaného plastového dílu.
3. Navrhněte vstřikovací formu pro zadaný díl.
4. Vhodnost návrhu ověřte pomocí simulací.
5. Nakreslete 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku.

Rozsah diplomové práce:
Rozsah příloh:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:
dle zadání vedoucího DP

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michal Staněk, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání diplomové práce: **8. února 2013**
Termín odevzdání diplomové práce: **10. května 2013**

Ve Zlíně dne 11. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

Příjmení a jméno: Bc. Plesník Radim

Obor: KTZ

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 obhajoby¹⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ 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 9.5.2013

Plesník

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro plastový díl, kterým je díl chladiče. Tento výrobek by měl sloužit pro automobilový průmysl.

Teoretická část je zaměřena na popis technologie vstřikování a konstrukci výrobků. Dále pak jsou zde uvedeny základní prvky konstrukce vstřikovací formy.

V praktické části práce byl vytvořen 3D model a následně zvolen vhodný materiál ke vstřikování. Pro výrobek byla zkonstruována vstřikovací forma a byla provedena analýza vstřikovacího procesu. Dále byl zvolen vhodný vstřikovací stroj. Při návrhu a konstrukci bylo využito programů Catia V5R18 a Autodesk Moldflow Insight 2013.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, polymer, konstrukce

ABSTRACT

The thesis deals with the design of injection mold for plastic product, which is part of the car cooling system. This product should be used for the automotive industry.

The theoretical part is focused on the description of injection molding technology, plastic part design. Then there are described basic elements of the injection molds design.

The practical part of the work was based on a molded part and was selected as a material suitable for injection molding technology. For part production the injection mold has been designed and the simulation of injection molding process has been done. There was selected injection molding machine. Catia V5R18 and Autodesk Moldflow Insight 2013 has been used for the design and analysis of the mold.

Keywords: injection molding process, injection mold, polymer, design

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a čas, který mi věnoval při tvorbě této diplomové práce.

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

Ve Zlíně 9.5.2013



.....
Podpis

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	13
1.1 VSTŘIKOVÁNÍ.....	13
1.1.1 Průběh vstřikovacího cyklu.....	13
1.1.2 Tlakové křivky	14
1.2 VSTŘIKOVANÉ MATERIÁLY	15
1.2.1 Dělení plastů.....	16
1.2.2 Termoplasty.....	17
1.2.3 Volba termoplastů při návrhu součástí.....	18
1.3 VSTŘIKOVACÍ STROJ	18
1.3.1 Plastikační a vstřikovací jednotka	20
1.3.2 Uzavírací jednotka.....	21
1.3.3 Volba optimálního vstřikovacího stroje	22
2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ	24
2.1 JAKOST VÝROBKŮ	24
2.2 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI VÝROBKU	24
2.2.1 Konstrukční zásady	24
2.2.2 Dodatečné úpravy součástí	26
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	28
3.1 KONSTRUKCE FOREM.....	28
3.1.1 Postup při konstrukci formy	29
3.1.2 Zaformování výstřiku	29
3.1.3 Dimenzování tvarové dutiny	30
3.1.4 Smrštění výstřiku.....	30
3.1.5 Násobnost formy	31
3.2 STUDENÉ VTKOVÉ SYSTÉMY (SVS).....	32
3.2.1 Plný kuželový vtok	33
3.2.2 Bodový vtok	33
3.2.3 Tunelový vtok	34
3.2.4 Boční vtok	35
3.2.5 Filmový vtok	35
3.3 VYHŘÍVANÉ VTKOVÉ SYSTÉMY (VVS).....	36
3.3.1 Isolované vtokové soustavy.....	37
3.3.2 Vyhřívané trysky	37
3.4 VYTÁPĚNÉ ROZVODNÉ BLOKY	39
3.5 BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	40
3.5.1 Šikmé kolíky válcové	41
3.5.2 Lomené kolíky.....	41
3.5.3 Pneumatické tahače posuvných čelistí	41

3.5.4	Hydraulické tahače posuvných čelistí	42
3.6	VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKŮ	42
3.6.1	Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků.....	44
3.6.2	Vyhazování stírací deskou.....	45
3.6.3	Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů	45
3.6.4	Dvoustupňové vyhazování	45
3.6.5	Pneumatické vyhazování	46
3.6.6	Hydraulické vyhazování	46
3.7	TEMPERACE FOREM	46
3.7.1	Temperační prostředky.....	47
3.7.2	Tepelné trubice.....	48
3.8	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM	48
3.8.1	Vliv technologických parametrů vstřikování na odvzdušnění	48
3.8.2	Určení vhodného místa pro odvzdušnění	49
ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI		50
II PRAKTICKÁ ČÁST		51
4	STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE	52
5	VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....	53
5.1	MATERIÁL VÝROBKU.....	54
6	VSTŘIKOVACÍ STROJ	55
7	NÁVRH KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	56
7.1	POPIS NAVRŽENÉ VSTŘIKOVACÍ FORMY	56
7.2	NÁSOBNOST VSTŘIKOVACÍ FORMY	57
7.3	ODVZDUŠNĚNÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	59
7.4	VTKOVÝ SYSTÉM.....	60
7.5	TEMPERAČNÍ SYSTÉM	60
7.5.1	Temperace pravé strany.....	60
7.5.2	Temperace levé strany.....	62
7.6	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	65
7.7	MANIPULACE.....	66
8	SIMULACE VSTŘIKOVACÍHO PROCESU	68
8.1	ČAS PLNĚNÍ	69
8.2	UZAVÍRACÍ SÍLA	70
8.3	TEPLOTA NA ČELE TAVENINY	71
8.4	PRŮBĚH TLAKU V ČASE.....	72
8.5	RYCHLOST SMYKOVÉ DEFORMACE	73

8.6	ODHAD VZNIKU PROPADLIN.....	74
8.7	STUDENÉ SPOJE	75
8.8	SMRŠTĚNÍ A DEFORMACE.....	76
8.8.1	Celková deformace.....	76
8.9	TEMPERACE.....	77
8.9.1	Teplota chladicího média v okruhu.....	77
8.9.2	Čas pro dosažení vyhazovací teploty	78
	DISKUZE VÝSLEDKŮ	80
	ZÁVĚR	82
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	83
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ	86
	SEZNAM TABULEK.....	88
	SEZNAM PŘÍLOH.....	89
	PŘÍLOHA PI: PRAVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY	90
	PŘÍLOHA PII: LEVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	91
	PŘÍLOHA PIII: 3D POHLED VSTŘIKOVACÍ FORMY	92

ÚVOD

Polymerní materiály zaujímají v dnešní době nezastupitelnou pozici v materiálové základně průmyslové výroby především díky svým vlastnostem, dostupností a poměrně snadnému zpracování. Právě při jejich zpracování na finální výrobky mají své místo vstříkovací formy. [9, 14]

Samotné řešení vstříkovacích forem zahrnuje více aspektů. Technologické zásady navrhování výrobků a konstrukci forem i jejich částí pro různé zpracovatelské postupy včetně ekonomické výroby forem. S rostoucími kvantitativními nároky nabývá též na důležitosti normalizace forem. [9]

V oblasti zpracovatelských technologií lze v posledním období sledovat trvalý intenzivní rozvoj, a to ve směru rozvoje tzv. klasických technologií, jako je vstříkávání, vytlačování atd. Tento rozvoj je podmíněn řadou příčin. Především jej vyvolává trvalá snaha zpracovatelů o zvýšení produktivity jednotlivých zařízení a o snížení potřeby pracovních sil. Důsledkem toho je všeobecná snaha o zvětšení výrobních celků, nutnost zvyšování výrobních rychlostí a konečně potřeba přípravy výrobků větších rozměrů. [8]

Významnou roli v rozvoji technologie zpracování má i uplatnění výrobků z plastů v oborech, které se tradičně vyznačují velkou přesností výroby, popř. vysokými nároky na vlastnosti požitých materiálů. Mezi tyto obory patří mechanika, automobilový průmysl, elektrotechnický průmysl apod. Výrobky z plastů používané v těchto oborech musí mít nejen vynikající fyzikální vlastnosti, ale musí být i velice přesné. [8]

Zpracovatelský průmysl (popř. strojírenství, dodávající zpracovatelská zařízení) ve snaze zvládnout všechny uvedené požadavky musel vyřešit některé základní problémy. Především to bylo teoretické zvládnutí jednotlivých zpracovatelských operací a shromáždění dostatečného množství informací o vlastnostech (zvláště reologických) jednotlivých zpracovávaných polymerů. Soubor těchto informací vytvořil základní podmínky pro kvalitativní vzrůst úrovně většiny zpracovatelských technologií a v podstatě umožnil rozsáhlé použití elektronických řídicích a regulačních systémů v této oblasti. Zmíněné systémy, doplněné moderní měřicí technikou, umožnily nejen zvětšení výkonnosti zpracovatelských zařízení a jejich rozsáhlou automatizaci, ale umožnily i přípravu výrobků s vysokou, dříve nedosažitelnou kvalitou. [8]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

1.1 Vstřikování

Je nejrozšířenější technologií výroby na zpracování plastů. Tato technologie se vyznačuje poměrně složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a vstřikovací forma. V průběhu vstřikování je roztavený polymer ve vstřikovacím stroji tlakem dopravován do dutiny formy, kde je následně ochlazen ve tvaru vyráběné součásti. [1]

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém se zpracovatelská dávka materiálu obvykle ve formě granulí převádí v plastikační jednotce vstřikovacího stroje do plastického stavu. Poté se vysokou rychlostí vstříkuje do uzavřené dutiny vstřikovací formy, kde dojde k finálnímu ztuhnutí výrobku na vyhazovací teplotu. Potom je vstřikovaný výrobek z vstřikovací formy vyhozen vyhazovacím systémem. [11,19]

Technologie vstřikování se používá se k výrobě dílů téměř všech složitostí, které mají být vyrobeny v daném množství se stejným designem. Existuje hlavní omezení tloušťky stěny, které by obecně nemělo přesáhnout řády milimetrů a dále záleží na tvaru dílce, musí být umožněno, aby byl dílec vyjímatelný. [13]

Výhody tohoto procesu jsou [13]:

- přímá cesta od surovin k hotovému dílu;
- velmi málo dokončovací práce;
- vysoká reprodukovatelnost;
- nízké náklady na kus při velkých objemech.

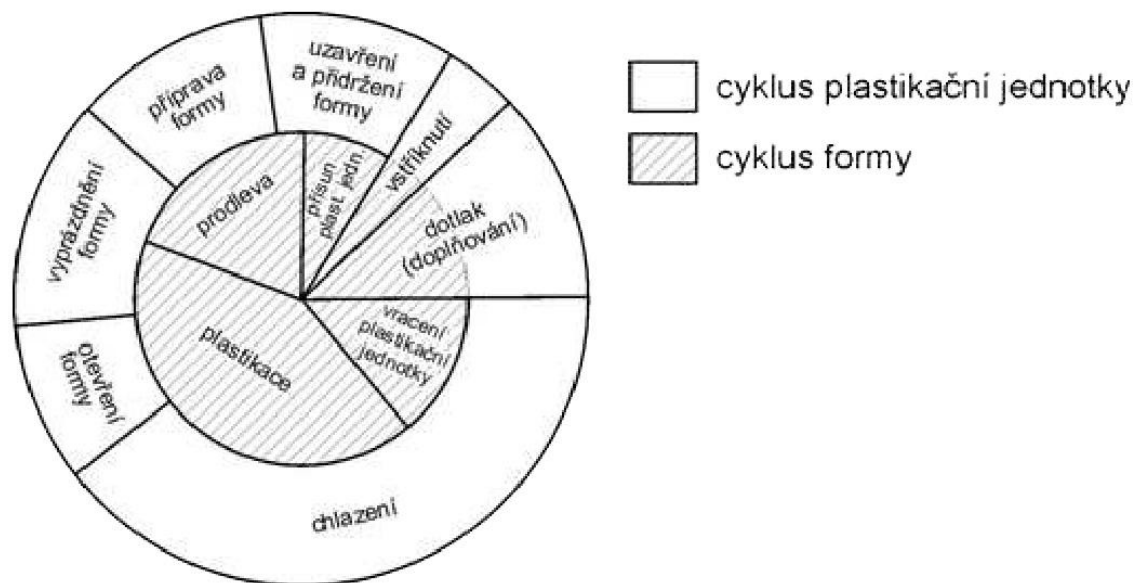
1.1.1 Průběh vstřikovacího cyklu

Vstřikovací proces lze rozdělit na tyto hlavní fáze [8]:

- plastikaci materiálu v tavném válci;
- vstřiknutí taveniny do formy;
- dotlak taveniny a její chlazení ve formě;
- vyjmutí výstřiku z formy.

Vstřikovací cyklus tvoří sled přesně specifikovaných úkonů. Při popisu vstřikovacího cyklu je nutno jednoznačně definovat jeho počátek. Za počátek cyklu lze považovat okamžik odpovídající impulsu k uzavření formy. [18]

Vstřikovací cyklus se realizuje na vstřikovacím stroji. Tento cyklus se dělí na dvě oblasti. Jedna se týká plastikační jednotky a druhá samotné vstřikovací formy. Cyklus začíná tím, že se forma uzavře díky uzavírací jednotky. K uzavřené formě se přisune plastikační, ze které se vstříkne zplastikovaný materiál do dutiny formy. Doba po kterou se dutina vstřikovací formy plní se nazývá doba plnění. Po zaplnění dutiny formy působí na materiál tlak a tato doba se nazývá dotlak. Dotlak bývá stejný nebo nižší než tlak vstřikovací. Doba dotlaku je omezena zatuhnutím vtokového systému. Po zatuhnutí vtokového systému se odsune plastikační jednotka do původní polohy a plastikuje se nová dávka polymeru. Cyklus dále pokračuje chlazením, které zpravidla končí ochlazením výrobku na vyhazovací teplotu, kdy se forma otevře a výrobek se vytáhne. Tento cyklus se opakuje pořád dokola. [15]



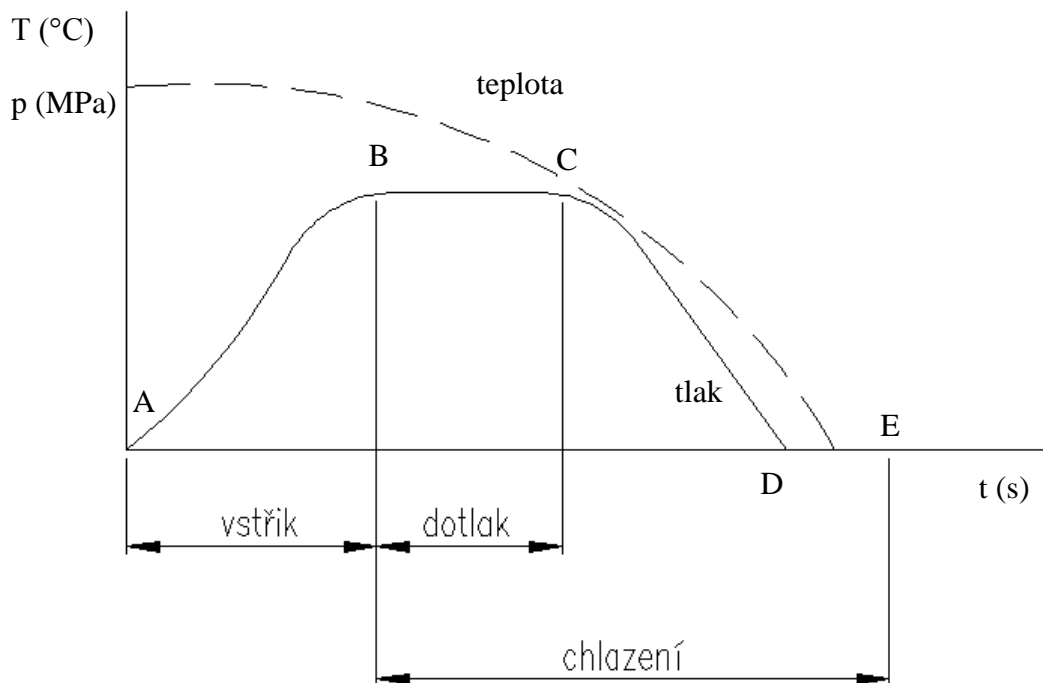
Obr. 1. Vstřikovací cyklus [17]

1.1.2 Tlakové křivky

Úkolem vstřikovacího tlaku a vstřikovací rychlosti je objemově naplnit tvarovou dutinu formy, při co nejmenším smykovém namáhání dopravované taveniny a pevnostním namáháním formy. [10]

Časový průběh tlaku - tlaková křivka - je při vstřikování polymerů jak pro seřizování vstřikovacího procesu, tak pro jeho optimalizaci a v neposlední řadě pro jeho kontrolu nezastupitelná. Jeho nezastupitelnost je v tom, že podává integrální pohled na proces vstřikování, a to od počátku plnění dutiny formy taveninou až po zamrznutí ústí vtoku, resp. po pokles vnitřního tlaku ve výstřiku na tlak 0,1 MPa. [10]

Vstřikovací cyklus lze znázornit také jako průběh tlaku v závislosti na čase (Obr.2.). V intervalu od bodu A do bodu B bude teplota konstantní a tlak se zvyšuje, z bodu B do Bodu C je tlak konstantní, tlak klesá a měrný objem je konstantní. Z bodu D do bodu E je tlak konstantní, teplota klesá a měrný objem se zmenšuje. [8]



Obr. 2. Průběh tlaku a teploty [8]

AB - vstřikování, BC - dotlak, BE - chlazení D - ukončení dotlaku,

E - vyhození výrobku z formy,

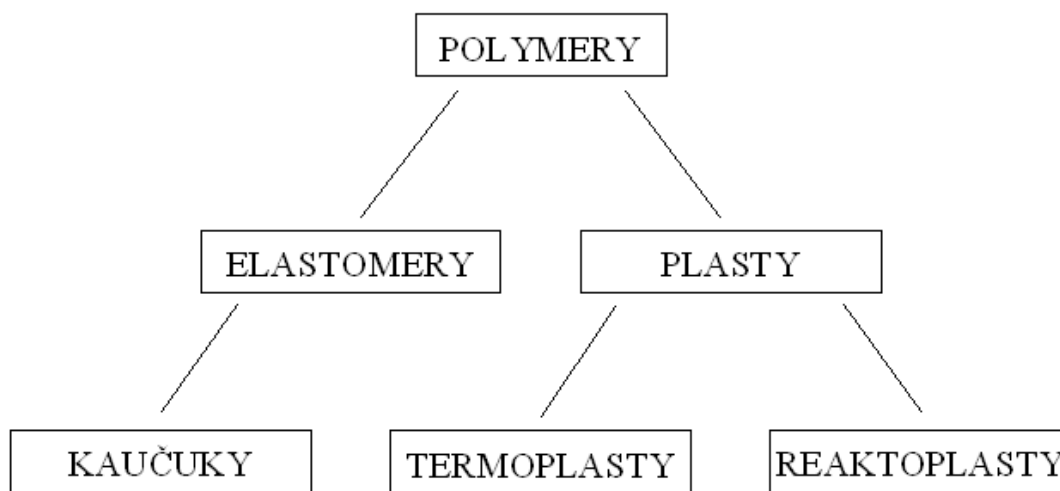
1.2 Vstřikované materiály

Plasty patří mezi organické látky a jejich podstatu tvoří makromolekulární látky buď přírodní (zušlechtěné), nebo syntetické. [4]

Výjimečná vlastnost polymerů, termoplasticita, při technicky snadno dosažitelných podmínkách, dovoluje v daném stadiu tepelného zpracování jejich tváření a umožňuje tak sériovou, většinou ale kontinuální výrobu užitkových předmětů nebo základních polotovarů pro další výrobky. [8]

1.2.1 Dělení plastů

Polymery mohou být děleny např. podle fyzikálního chování při zahřívání nebo z chemického hlediska podle výchozích surovin, podle druhu chemických reakcí, kterými vznikly, a konečně podle chemické struktury makromolekulární látky, která tvoří podstatu plastické hmoty. [4]



Obr. 3. Dělení polymerů [15]

Podle fyzikálně mechanických vlastností mohou být makromolekulární látky děleny na elastomery a plastomery (plasty). Podle tvaru molekul lze rozlišovat plastické hmoty s lineární strukturou a strukturou prostorovou. [4]

Elastomer je vysoce elastický polymer, který lze za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez následného porušení. Tato deformace je převážně vratná. Plasty jsou polymery za běžných podmínek většinou tvrdé, často i křehké. Při zvýšené teplotě se stávají plastickými a tvarovatelnými. [6]

Plasty dostupné v současné době na světovém trhu tvoří zdánlivě dosti přehlednou paletu materiálů, lišících se chemickým složením, způsobem výroby, strukturou, případně použi-

tými plnivý. Na základě zpracovatelských vlastností a tudíž i používaných technologií však mohou být rozděleny všechny plasty na dvě základní skupiny [3,1]:

- termoplasty – polymery, které se při tváření roztaví a ochlazením převedou opět do tuhého stavu; výrobky se z termoplastů připravují téměř výhradně technologií vstřikování. Z hlediska nadmolekulární stavby jsou termoplasty děleny na amorfni a semikrystalické. U amorfniých termoplastů jsou řetězce nepravidelně prostorově uspořádány. U semikrystalických je podstatná část řetězců pravidelně a těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary. Zbytek řetězců má amorfni uspořádání. Výroba přesných výstřiků z amorfniých termoplastů je snazší než z termoplastů semikrystalických;
- reaktoplasty – polymery, které se při tváření prostorově zesítují (vytvrzují), čímž dojde k nevratné přeměně v netavitelnou hmotu. Zpracovávají se lisováním, přetlačováním a také vstřikováním. Mechanismus vytvrzování ovlivňuje značně výsledný rozptyl rozměrů výrobků.

1.2.2 Termoplasty

Termoplasty jsou materiály tvořené lineárními nebo rozvětvenými polymerními jednotkami obsahující opakující se monomery. Při tváření se roztaví a ochlazením se převedou zpět do tuhého stavu. Jednotlivé typy plastů mají své charakteristické funkční i zpracovatelské vlastnosti. Mohou se částečně měnit nebo upravovat pomocí přísad. Z funkčního hlediska se hodnotí především [4,5, 14]:

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

Zpracovatelské hledisko je neméně důležité. Významná je [1]:

- tekutost, která ovlivňuje tloušťku stěny výrobku, koncepci zaformování i velikost vtoků. Tím je také ovlivněna temperace formy (dosažení optimální teploty nástroje

ve vztahu ke zpracovávanému plastru, konstrukčním a technologickým parametřím);

- velikost smrštění určuje výrobní přesnost výrobku;
- citlivost na technologické parametry výrobního zařízení apod.

1.2.3 Volba termoplastů při návrhu součástí

Technologií vstřikováním je vyráběna již kompletní součást, která již nevyžaduje žádné, nebo jen malé, nepatrné dodatečné opracování. Při návrhu vhodného termoplastu pro konstruovanou součást je třeba uvážit konkrétní podmínky jejího provozního zatížení i celkového využití. Taková součást musí mít mimo požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností také k výrobě vhodný tvar s dosažitelnými rozměry i jakostí povrchu. [1]

Optimální volba plastu se pak posuzuje z následujících hledisek [1]:

- funkce součásti musí splňovat definované požadavky;
- zvolená technologie výroby součásti musí být reálná a na určeném stroji poměrně snadno realizovatelná, při dodržení požadovaných parametrů;
- ekonomická výhodnost při výběru plastu, z hlediska technologie výroby součásti i vstřikovací formy.

Zhodnocením uvažovaných hledisek může konstruktér stanovit vhodný plast nebo i více podobných materiálů. Mezi zvolenými jednotlivými typy potom rozhodují již jen méně významné vlivy, jako je dostupnost plastu, jeho estetické vlastnosti apod. Obecně proto platí, že tvar výrobku a jeho vlastnosti musí odpovídat použitému plastru a zvolené technologii. [1]

1.3 Vstřikovací stroj

Někteří zahraniční výrobci přesných součástí z plastů považují za rozhodující činitele formu a při zvlášť vysokých sériích těchto součástí si konstruují sami vstřikovací stroj (s ohledem na formu) z vybraných dílců dodávaných specializovanými firmami. Vzhledem k tomu, že tato praxe není u nás běžná, musíme tím větší pozornost věnovat výběru vhodného typu stroje s ohledem na charakter výroby. Přitom je brán zřetel na [3]:

- plastikační schopnost vstřikovací jednotky;

- tuhost konstrukce uzavírací jednotky;
- ovladatelnost a vybavení regulační technikou;
- stupeň automatizace.

Plastikační schopností vstřikovací jednotky stroje je děleno na kvantitativní a kvalitativní schopnost stroje převést granulát do stavu homogenní taveniny. Z hlediska přesných výstřiků je nejdůležitějším faktorem teplotní homogenita taveniny, která je určujícím prvkem rozměrové kvality výrobků. Pro přesné výrobky jsou nejvhodnější šnekové vstřikovací stroje (s výjimkou speciálních pístových strojů, používaných pro přesné vstřikování malých výstřiků). [3]

Tuhost konstrukce uzavírací jednotky stroje je zvlášť důležitá z hlediska udržení úzkých tolerancí u rozměrů nevázaných formou. Rychlost otevírání a uzavírání formy zajímá výrobce velkosériových výstřiků z hlediska ekonomie výroby. [3]

Při výběru stroje hodnotíme kvalitu systémů regulace teploty tavicí komory, systémů regulace času a prvků hydraulických obvodů. Je posuzováno jednak spolehlivost a reprodukovatelnost nastavení jednotlivých veličin, také konstantnost v průběhu výrobního cyklu a citlivost regulátorů na změny regulované veličiny. [3]

Velkým přínosem je automatizace výrobního procesu, která zajišťuje stálý časový průběh jednotlivých cyklů a tím velmi příznivě ovlivňuje zejména stabilitu teplotních parametrů. Její nevýhodou však zůstává, že neumožňuje vyrovnání nejrůznějších náhodných změn v činnosti stroje. [3]

Konstrukce stroje je charakterizována podle [1]:

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

V současnosti se staví především hydraulické nebo hydraulicko-mechanické stroje, většinou stavebnicového uspořádání s různým stupněm elektronického řízení. Modulární řešení je uplatňováno jak v oblastech řízení hydrauliky, tak i u vstřikovacích a uzavíracích jednotek. Jejich vzájemnou kombinací se dosáhne optimální konfigurace vstřikovacího stroje s ohledem na požadavky zákazníka. To má přímý vliv na ekonomiku výroby. [1]

Ovládací a řídicí prvky bývají umístěny na panelu vstřikovacího stroje, případně v elektro-rozvodné skříni vybavené zásuvkami a vypínači. To umožňuje připojení některých přidavných a pomocných zařízení (temperační, vytáčeční, atd.). K zvláštnímu vybavení stroje patří jeřáb pro manipulaci s formou na stroji, vyhřívaná násypka, hydraulické vyhazování, zařízení pro ovládání tahačů jader apod. [1]

Vstřikovací stroj pro přesné výstřiky vyžaduje aby [1]:

- byl tuhý a pevný při vstřiku;
- měl konstantní tlak, rychlost, teplotu, ostatní parametry a jejich časování;
- měl přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů.

Základním parametrem vstřikovacího stroje je maximální vstřikovaný objem výstřiku, včetně vtokových zbytků, který lze vyrobit při jednom pracovním cyklu. Je dán součinem plochy čela šneku (pístu) a jeho maximálního posunu. Obdobný údaj, nazvaný vstřikovací kapacita stroje, udává maximální hmotnost výstřiku v gramech. [8]

Plastikační kapacita stroje udává množství plastu v kilogramech, které lze na daném stroji převést do taveniny vyhovující kvality za hodinu. Kromě toho bývá udáván vstřikovací tlak, čímž se rozumí tlak (v MPa), který vyvolá čelo šneku v tavenině plastu. Celková síla, kterou působí čelo šneku na taveninu, se nazývá vstřikovací síla. Mimo to je stroj charakterizován uzavírací silou, což je síla potřebná k uzavření formy, a především přidržovací síla, což je síla držící formu v uzavřené poloze během vstřikování. Dále bývá udávána plocha upínacích desek. [8]

1.3.1 Plastikační a vstřikovací jednotka

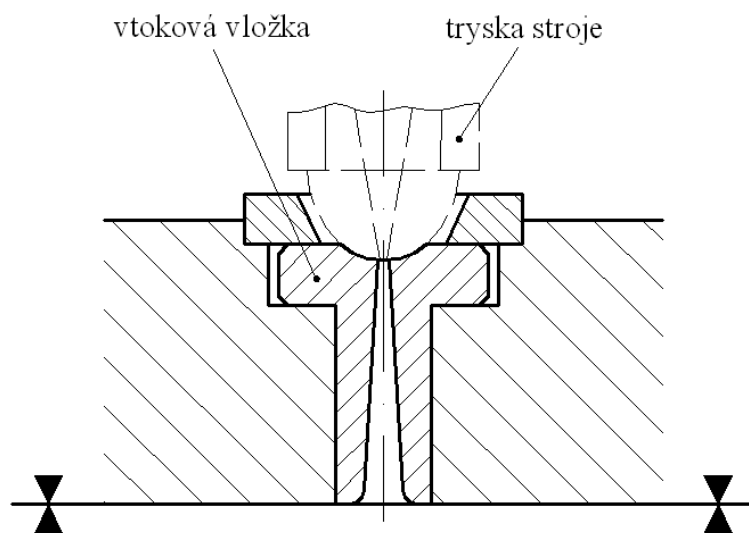
Jak vyplývá z jejího názvu, plní plastikační a vstřikovací jednotka dva hlavní úkoly [8]:

- přeměňuje granulát plastu na materiálově i teplotně homogenní taveninu o zvolené viskozitě;
- dopravuje (vstřikuje) tuto taveninu velkou rychlostí a pod vysokým tlakem do tvarové dutiny uzavřené formy.

Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při malém vstřikovacím množství zase setrvá plast ve vstřikovací jednotce delší dobu a tím může nastat jeho degradace. To se dá ovlivnit rychlejšími cykly výroby.

Maximální vstřikované množství nemá překročit 90 % kapacity jednotky, protože je ještě nutná rezerva pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení (smrštění). Optimální množství je 80 %. [1]

Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracovávaný plast z násypky pohybem šneku. Plast je posouván šnekem s možnou změnou otáček přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Postupně se plastikuje, homogenizuje a hromadí před šnekem. Současně ho odtláčuje do zadní polohy. Topení tavné komory je rozděleno do tří pásem (vstupní, střední a pásmo u trysky). Tryska má zvláštní samostatné topení. Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. [1]



Obr. 4. Dosednutí trysky stroje na vtokovou vložku vstřikovací formy [1]

1.3.2 Uzavírací jednotka

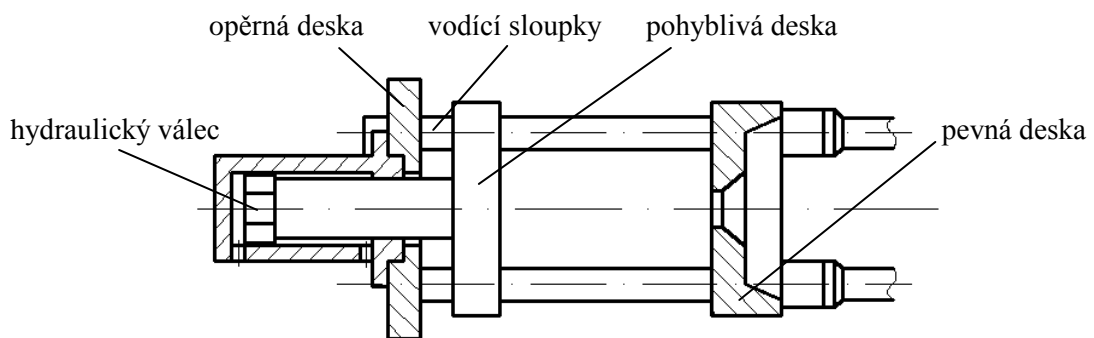
Úkolem uzavírací jednotky je, co možno nejrychleji uzavírat a otevírat formu, a dále přidržovat uzavřenou formu silou větší, než je síla vyvolaná tlakem taveniny na stěny dutiny formy. Uzavírací síla bývá vždy menší než přidržovací síla. [8]

Uzavírací jednotka se sestává z těchto hlavních částí [8]:

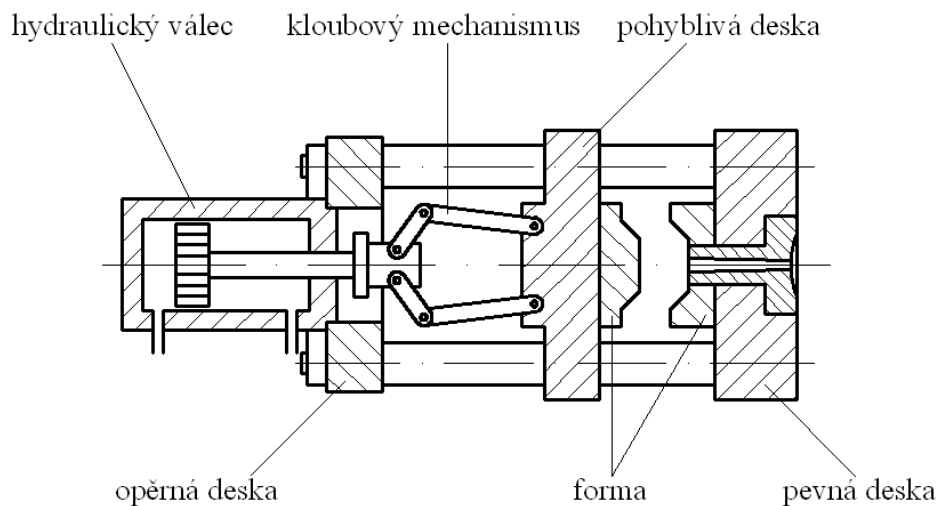
- opěrné desky pevně spojené s ložem stroje;
- pohyblivé upínací desky, na které je upnuta pohyblivá část formy;

- upínací desky s otvorem pro trysku, na které se připevní nepohyblivá část formy s vtokovou vložkou;
- vodící sloupky;
- uzavírací a přidržovací mechanismus.

Uzavírací jednotkou je otevírána a uzavírána vstřikovací forma, jak je potřeba během vstřikovacího cyklu. Podmínkou je také vyvinutí nezbytné uzavírací síly k zajištění uzavřené vstřikovací formy během vstřikování. Uzavírací síla je závislá na velikosti vstřikovaného tlaku. [1]



Obr. 5. Hydraulická uzavírací jednotka [8]



Obr. 6. Schéma hydraulicko-mechanické jednotky [1]

1.3.3 Volba optimálního vstřikovacího stroje

Vstřikovací stroj je významnou částí pro dosažení kvalitních výrobků. Na jeho volbu mají vliv následující faktory [1]:

- hmotnost a rozměry vyráběného dílu;
- požadovaná přesnost a kvalita výstřiků;
- velikost formy.

Tudíž navržený stroj by měl mít [1]:

- dostatečnou vstřikovací kapacitu;
- dostatečný uzavírací tlak;
- vhodné konstrukční řešení.

Nevhodnost nebo rozdíly v nedodržení potřebných parametrů stroje snižují kvalitu výstřiku. Rozměry výrobku ovlivňuje především vstřikovací stroj svým tlakem, dotlakem, dobou dotlaku, vstřikovací rychlostí a dobou chlazení. Fyzikální a mechanické vlastnosti zase teplotou, řídicí a regulační technikou stroje. Stavebnicové uspořádání stroje svou kombinací zvětšuje rozsah své použitelnosti. Jeho tuhost a pevnost s konstrukčním uspořádáním je dalším činitelem ovlivňující kvalitu stroje. [1]

Velikost a koncepce formy je dána charakterem i násobností vstřikovací formy a rozměry vyráběného dílu. To vyžaduje u stroje [1]:

- dostatečnou světlost mezi sloupy stroje, pro vhodné upínání a možnou manipulaci formy na stroji;
- dostatečné rozměry upínacích ploch pevné i pohyblivé upínací desky stroje a rozmístění upínacích otvorů pro šrouby. Důležitým faktorem je také velikost středících otvorů a dosedací plocha i odskok trysky u vstřikovací jednotky;
- minimální uzavření a maximální otevření (zdvih) má být dostatečné. Minimálním uzavřením je určena stavební výška formy a velikost zdvihu má být alespoň dvojnásobkem výšky výstřiku (pro snadné vyhození).

Splněním všech kritérií u stroje je možné zajistit požadovanou výrobu. Pokud tyto podmínky nejsou splněny, je třeba navrhnout jiný stroj, případně upravit formu podle daného stroje. [1]

2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ

Konstrukce vstřikovaných výrobků je důležitým předpokladem pro dosažení optimální rozměrové přesnosti, správné funkce výrobku v provozním nasazení a také pro ekonomičnost výroby. [7]

Konstrukční návrh součástí z plastu se řídí zcela jinými zásadami, než u součástí kovových. Při její výrobě musí konstruktér zvažovat, co všechno se při vstřikování v dílu plastu bude dít. Pro realizaci plastových součástí jsou dány určité meze konstrukčních tvarů a jejich vlastností, které by se neměly přeskochit, jinak vzniknou při výrobě problémy. Všeobecně platí, že čím jednodušší je součást, tím výhodnější jsou její pevnostní podmínky, snadnější dodržení rozměrů, lacinější výroba a jednodušší výroba výstřiků. [1]

2.1 Jakost výrobků

Součásti z plastů nelze vyrobit v takové jakosti jako kovové výrobky, protože na ně působí mnoho různých činitelů. Rozměry jsou jedním z hlavních ukazatelů jakosti. Vedle požadovaných rozměrů je význačným znakem součástí z plastu jakost jejich povrchů. Vhodnou úpravou např. dezénem, barevností apod. se zvýší nejen estetický vzhled, ale i jejich účelové využití. Vyráběné součásti pak mají vhodný barevný odstín, nebo jsou transparentní, případně se u nich dosahuje různé hladkosti a lesku povrchu. Jakost povrchu je obrazem povrchu dutiny vstřikovací formy [1]

2.2 Požadavky na konstrukci výrobku

Celková konstrukce výrobku by měla splňovat vhodné umístění dělicí roviny, dělicích rovin a tím je určen i způsob následného zaformování výstřiku. [1]

2.2.1 Konstrukční zásady

Tloušťka stěny

Při nerovnoměrné tloušťce stěn dochází v úzkých dutinách k rychlému ochlazování a tedy k tuhnutí polymeru. Tlusté stěny zase vyžadují dlouhou dobu chlazení. Různě tlusté stěny s hromaděním materiálu tuhnou jinak, proto se na výstřicích objevují povrchové vady, propadliny a lunkry. Naším cílem je tedy dbát na správnou konstrukci jednotné tloušťky stěn. Změny tloušťek na výrobcích jsou řešeny postupnými plynulými přechody, aby nevznikaly

ostré hrany. Dalším způsobem je daný výrobek vylehčit a vyhnout se tak silné stěně. Tloušťka bočních stěn, nebo žeber se zaoblenou přechodovou hranou nemá překročit 0,8 násobek tloušťky hlavní stěny. [1]

Zaoblení hran, rohů a koutů

Na výrobcích se nacházejí místa kde se setkává několik ploch, nebo místa kde dochází ke změně toku taveniny, je nutné hrany, rohy a kouty příslušně zaoblit. Tím je usnadněn tok polymerní taveniny, zabrání se koncentraci napětí v těchto místech a sníží se i tak opotřebení formy, protože přechody s ostrými hranami vyžadují vyšší vstřikovací tlaky. Rázová houževnatost součásti se zvýší až o 50%. Vnější rádiusy na výrobku oproti vnitřním bývají větší o tloušťku stěny. [1]

Úkosy a podkosy

Úkosy a podkosy jsou sklony stěn výstřiku kolmo k dělicí rovině, kterými se umožňuje, nebo u podkosů zabraňuje, vyjímání výstřiku z dutiny formy. Svým uspořádáním jsou buď vnější nebo vnitřní. Volbu jejich velikosti ovlivňuje především smrštění, elasticita plastu, povrch stěn formy a automatizace výroby. S ohledem na tyto faktory se následně volí jejich velikost. U vnitřních stěn větší a u vnějších menší úkos. Podkosy s výjimkou technologických, komplikují konstrukci i funkci formy a proto je snaha se jim vyhnout. [1]

Žebra

Žebra se užívají ke zvýšení pevnosti a tuhosti výstřiků. Mají určitý poměr k hlavní tloušťce stěny, pokud u vzhledových výstřiků mají být eliminovány vtaženiny, tj. objemovou kontrakci při chladnutí výstřiku. Vtaženiny po žebrech jsou na vzhledových dílech, především u spotřebního zboží, kde představují problém. Vtaženiny jsou nejvíce viditelné na lesklých povrchových plochách, zvláště u tmavých barev. K eliminaci lze použít dezénování. [11]

Žebra na výstřiku se dělí podle účinku, který plní na součásti, případně v dutině formy. Technická žebra zabezpečují pevnost a tuhost součásti. Technologická zase umožňují optimální plnění dutiny formy, nebo brání zborcení stěn, případně odstraňují předpokládaný vznik povrchových vad. [1]

Otvory a drážky

Otvory a drážky na výstřiku se doporučují volit tak, aby při následné výrobě činily co nejmenší problémy. Hlavním faktorem je jejich poloha vzhledem k zaformování. Otvory a

drážky kolmo na dělicí roviny se konstruuji pomocí posuvových čelistí, nebo výsuvných jader. Výroba otvorů a drážek ve směru zformování je celkem jednoduchá. Vytváří se pomocí pevných kolíků a trnů, jejichž průměr nemá klesnout pod 1 mm. [1]

Závity

Závity na plastových dílech jsou charakterizovány menší pevností a u jemnějších tvarů i obtížností zaformováním. Proto jsou raději vyráběny větší průměry se závity s větším stoupáním a to tvaru oblého, trapézového, pilového a podobných tvarů, které jsou pevnostně i pro výrobu vhodnější. Snížení nákladů je docíleno, když navrhovaný závit je přerušovaný. Vnější závity se vyrábí ve formách, kde čelisti mohou být dělené. Vyhození je potom jednoduché. U nedělených se musí z formy vytáčet. Vnitřní závity se zhotoví pomocí trnů, které se z výstřiku vyšroubují mimo formu, nebo přímo v ní pomocí různých vytáčecích zařízení. [1]

Začátek závitu nemá začínat na samotném okraji součásti, kde by se jeho ostrá hrana mohla odlomit. Má být zaoblen a poněkud vzdálen od okraje. [1]

Nápisy a značky

Nápisy a značky na výstřiku je nutno zhotovit při výrobě vstřikovací formy, přímo to tvarové dutiny. Z hlediska vyrobiteľnosti jsou nejjednodušší značky a nápisy vystouplé. Naopak jsou na tom nápisy zapuštěné. Ideální je způsob, kdy je písmo vystouplé v patřičném zahloubení, aby nevyčnívalo nad povrch. [1]

2.2.2 Dodatečné úpravy součástí

Vyrobený výstřik je dán svými materiálovými vlastnostmi, tvarem, rozměry a jakostí ploch. Ne vždy se všechny tyto činitele podaří realizovat hned při vstřikování. Potom je třeba je opravit nebo dokončit. Může nastat nedodržení jejich vlastností, nepřesnosti rozměrů, nedokončená výroba tvaru (z důvodu snížení ceny formy), špatná kvalita, nebo úprava povrchu apod. [1]

Požadované vlastnosti výstřiku jsou dány především vybraným plastem a konstrukčním řešením. Některé z nich se mohou upravit, snížit apod. Rozměry jsou dány dutinou formy a smrštěním plastu. U přesných výstřiků jsou někdy požadavky na rozměry vyšší, než možnosti a proto se musí upravit, nejlépe dodatečným obráběním. Otvory a vybrání na bočních

stěnách výstřiku vyžadují boční výsuvná jádra ve formě, která pak činí formu složitou a nákladnou. Pro menší série je někdy vhodné otvory udělat až dodatečně na výstřiku. [1]

Povrchová jakost i barevný odstín výstřiku je dán plastem a povrchem formy. Pokud se vyžaduje jiná barevná, nebo speciální úprava povrchu vstřikováním nevyrobitelná, je třeba ji dokončit na vyrobeném výstřiku. Potisk, popis, laminování apod. jsou technologie, kterými se výstřik může dokončovat. [1]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma je významnou součástí vstřikovacího stroje. Její funkcí je dát tavenině konečný tvar výstřiku a v tomto tvaru ji ochladit do tuhého stavu, kdy se již dál nedeformuje. Výstřik lze pak vyjmout z formy. Formy jsou často komplikovaná zařízení, na které působí vysoké tlaky, musí poskytnout výstřiky o přesných rozměrech, musí umožnit snadné vyjmutí výstřiku a měly by pracovat automaticky bez obsluhy. [8]

3.1 Konstrukce forem

Výroba vstřikovaného dílu probíhá na vstřikovací stroji ve formě v krátkém čase, za působení dostatečného tlaku a teploty a dalších nutných parametrů. Z toho vyplývají požadavky na stroj a formu. U formy se vyžaduje [1,8]:

- vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch zhotovené dutiny formy a ostatních funkčních dílů;
- maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí formy i celků, pro zachycení potřebných tlaků;
- správná funkce vstřikovací formy, vhodný vtokový systém, vyhazování, odvzdušnění, temperování apod.;
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou.

Při hodnocení vlivu vstřikovací formy na přesnost výrobků z termoplastů je třeba se zaměřit zejména na tyto rozhodující faktory [3]:

- násobnost formy;
- rozměry tvarové dutiny formy;
- způsob temperování vstřikovací formy;
- řešení vtokové soustavy;
- odvzdušnění tváření formy.

3.1.1 Postup při konstrukci formy

K podkladům pro konstruktéra vstřikovacích forem patří výkres vyráběné součásti s konstrukčním návrhem včetně dalších doplňujících údajů. Konstruktér pak při konstrukci vstřikovací formy postupuje následně [1] :

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek;
- určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled;
- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Volba vhodného typu vtokového systému, velikost průřezů, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálu i ústí vtoku;
- stanovení koncepce vyhazovacího a temperančního systému i odvzdušnění dutin formy;
- návrh rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperance formy;
- vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj;
- zkontrolování funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, jeho průmětnou plochu, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na doporučený stroj.

3.1.2 Zaformování výstřiku

Díky správnému zaformování výrobku se nám rázem velmi usnadní jeho následné vyjímání z dutiny vstřikovací formy. Dělicí plochy jsou většinou kolmé na směr uzavírání formy. Naším cílem je, aby při vstřikovací forma nebyla pootevřená v dělicí rovině během fáze plnění a dotlaku. Docházelo by jinak k narůstání rozměrů ve směru uzavírání formy a ke vzniku přetoků. [12]

Dělicí roviny bývá zpravidla jako rovina rovnoběžná s upínáním formy. Dělicí rovina u složitějších výrobků může být šikmá, nebo různě tvarovaná, případně vytváří u výstřiků s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí plochy. Taková koncepce způsobuje obtížnější výrobu formy. Budoucí výstřik se musí do dělicí plochy zaformovat tak, aby při rozevírání formy nejprve opustil jednu část formy, zpravidla pevnou (tvárnici), a spolehlivě zůstal až do vyhození na druhé, pohyblivé části (tvárníku). Pokud je výstřik členitější, je nutné pou-

žit další dělicí plochu (zpravidla kolmou k základní), vytvořenou čelistmi nebo posuvnými jádry, které vytvářejí složitější části výstřiku, jenž nelze zaformovat do základních dělicích ploch. [1,5]

Nepřesnost v dělicí rovině může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. Proto je třeba, aby dělicí rovina [1]:

- umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy;
- byla pravidelná, jednoduchého geometrického tvaru, dobře slicovatelná a snadno vyrobitelná;
- probíhala na hranách výrobku;
- byla umístěna tak, aby splňovala požadavek přesných rozměrů výstřiku, respektovala směr technologických úkosů a sousost výstřiku, pokud je v obou polovinách formy;
- stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad;
- u více dělicích ploch volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet.

3.1.3 Dimenzování tvarové dutiny

Tvar a rozměry funkčních dílů, které jsou převážně umístěny v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu. Jejich dimenzování je důležitou etapou konstrukčního řešení. Chybně dimenzované rozměry se projeví v nedodržení rozměrů výrobku. Povrch i rozměry jsou tedy dány přesností tvarové dutiny a kvalitou její plochy, která je obvykle složena z tvárnice, tvárníku, jader a tvarových vložek. Přesnost dutin se pohybuje v rozmezí IT 8 až IT 10 a ovlivňují ji tři činitele – smrštění plastu (výrobní), výrobní tolerance a opotřebení dutiny formy. [1]

3.1.4 Smrštění výstřiku

Velikost smrštění je rozdíl mezi rozměrem dutiny formy a skutečným rozměrem výrobku. Jeho velikost závisí na teplotní roztažnosti plastu a dalších činitelích. [1]

Při vstřikování kteréhokoliv polymeru platí, že rozměry výstřiku po jeho vyhození z formy jsou rozdílné od rozměrů měřených po nějaké době od jeho výroby, resp. po jeho skladování. Uvedené rozměrové změny jsou velmi často přičítány smrštění nebo deformaci. [10]

Smrštění se rozděluje do dvou časových fází. Velikost výrobního smrštění se stanoví 24 hodin po výrobě součásti a představuje až 90 % z jeho hodnoty. Zbytek je dodatečné smrštění, které probíhá poměrně dlouho v závislosti na typu polymeru. Smrštění lze urychlit temperancí (stabilizace výrobku). [1]

Velikost smrštění nemusí být ve všech směrech stejná. Asymetrické plnivo (skleněná vlákna), směr proudění taveniny, orientace makromolekul u semikrystalického plastu apod. způsobuje anizotropii definovanou jako rozdíl smrštění ve směru rovnoběžném a kolmém na tok taveniny. Stanovené velikosti jsou jen orientační. [1]

Velikost smrštění ovlivňuje [1]:

- tvar výstřiku (rozměry a tloušťka stěn, ...);
- konstrukce formy (vtokový systém, poloha ústí vtoku, velikost jeho průřezu, teplota formy, ...);
- technologie vstřikování (tlak, teplota taveniny, ...).

3.1.5 Násobnost formy

U velkých výrobků je zřejmé, že bude volena jednonásobná forma. V tom případě se musí dbát na to, aby hmotnost výstřiku spolu s hmotností vtokového zbytku nepřevýšily vstřikovací kapacitu stroje. Stejně bude volena jednoduchá jednonásobná forma pro malé nebo ověřovací série, kdy se příznivě projeví menší náklady na její výrobu. [8]

Jestliže je uvažována výroba velkých sérií výstřiků a je k dispozici vhodně velký vstřikovací stroj, je možno navrhnout vícenásobné formy. Při rozhodování, zda bude vhodné použít vícenásobnou formu, se musí především vzít v potaz tyto technologické a ekonomické parametry [8]:

- celkový počet výstřiků a termín jejich dodání;
- celkové náklady na výrobu jednonásobné a vícenásobné formy;

- vstřikovací kapacity, plastikační kapacity a přidržovací síly strojů, které jsou k dispozici;
- provozní náklady stroje s menší a větší vstřikovací kapacitou;
- dobu vstřikovacího cyklu menšího stroje pro jednonásobnou formu a většího stroje pro vícenásobnou formu.

Při definitivním schvalování násobnosti formy je nutno mimo již uvedená kritéria sledovat i kritéria ekonomická. Je třeba vzít v úvahu počet plánovaných výrobků, životnost formy, členitost výrobku apod. Je zapotřebí uvážit, že při použití malých rychloběžných strojů a jednonásobných forem lze pracovat zcela automaticky s vysokou frekvencí bez poruch, což se u velkých strojů s násobnými formami splňuje poměrně obtížně. [8]

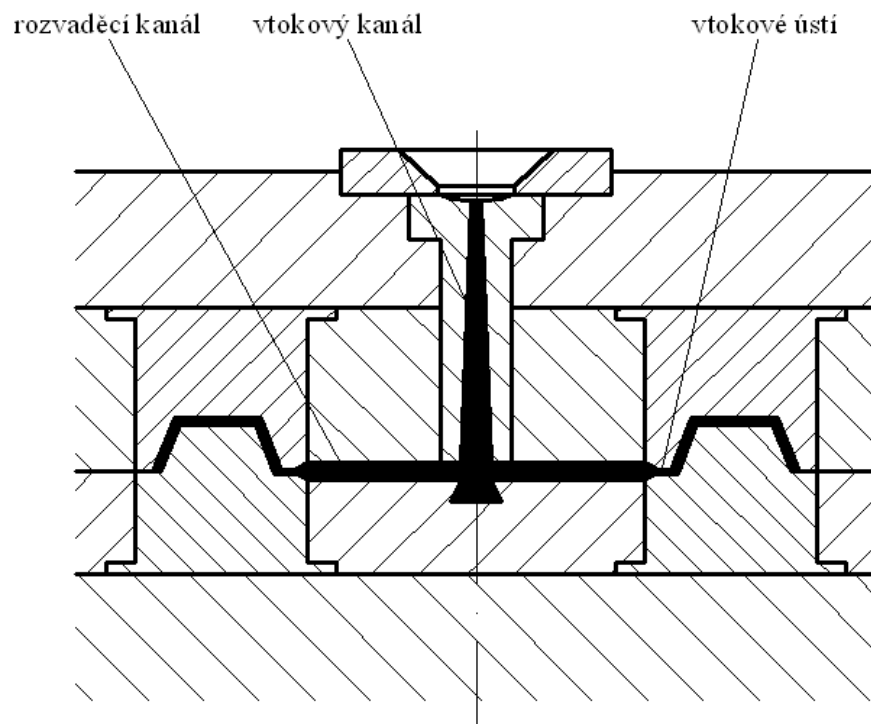
3.2 Studené vtokové systémy (SVS)

Vtokový systém zprostředkuje průtok taveniny ze vstřikovací trysky do dutiny formy. Ztuhlý materiál ve vtokovém systému se nazývá vtokový zbytek. Obecná tendence je tento vtokový zbytek minimalizovat, případně až zcela odstranit. Proto se postupně vyvinula řada různých vtokových systémů. [9]

Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším čase a s minimálními odpory. Zásadní rozdíly v celkovém uspořádání vtokového systému jsou dány především konstrukcí formy a její násobností. U vícenásobných forem má tavenina dorazit ke všem ústím vtoku za stejného tlaku a současně (vyvážené vtoky). [1]

Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují [1]:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku;
- spotřebu materiálu;
- náročnost opracování na začistění výstřiku;
- energetickou náročnost výroby.



Obr. 7. Vtokový systém vstřikovací formy [1]

3.2.1 Plný kuželový vtok

Přivádí taveninu do tvarové dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Používá se převážně u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Z hlediska působení tlaku je velmi účinný, protože vtok tuhne ve formě poslední. Nevýhodou ale je obtížné oddělení vtokového zbytku od výstřiku a nutnost začištění jeho stop. [1,8]

Kuželový vtok není vhodný pro tenké výstřiky. Pro menší tloušťky stěn výstřiku je vhodné vytvořit proti ústí čochkovité zahlobení, aby se výstřiky v místě protilehlém vtoku nepropadaly. Kuželový vtok je nevhodný, protože při jeho používání vzniká velký odpad vtokových zbytků. [1,8]

3.2.2 Bodový vtok

Je nejznámější typ zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, který leží mimo nebo i v dělicí rovině. Může vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo rozváděcích kanálů. Vyžaduje systém třídeskových forem. U tohoto typu musí být zajištěno, aby nejprve došlo k odtržení vtokového ústí a teprve potom k otevření formy v dělicí rovině s tvarovou dutinou. [1]

Průměr ústí vtoku nesmí být ani příliš malý, aby vtokový zbytek předčasně neztuhl, ani příliš velký, aby se mohl snadno odtrhnout. [9]

V zúženém místě dochází při odformování k odtržení vtokového zbytku od výstříku. Utrhne se podle způsobu provedení ústí. U tenkostěnných výstříků se nejužší místo volí poněkud dále od výstříku, než je tomu u výstříků tlustostěnných, aby nedocházelo k poškození výstříku. [1]

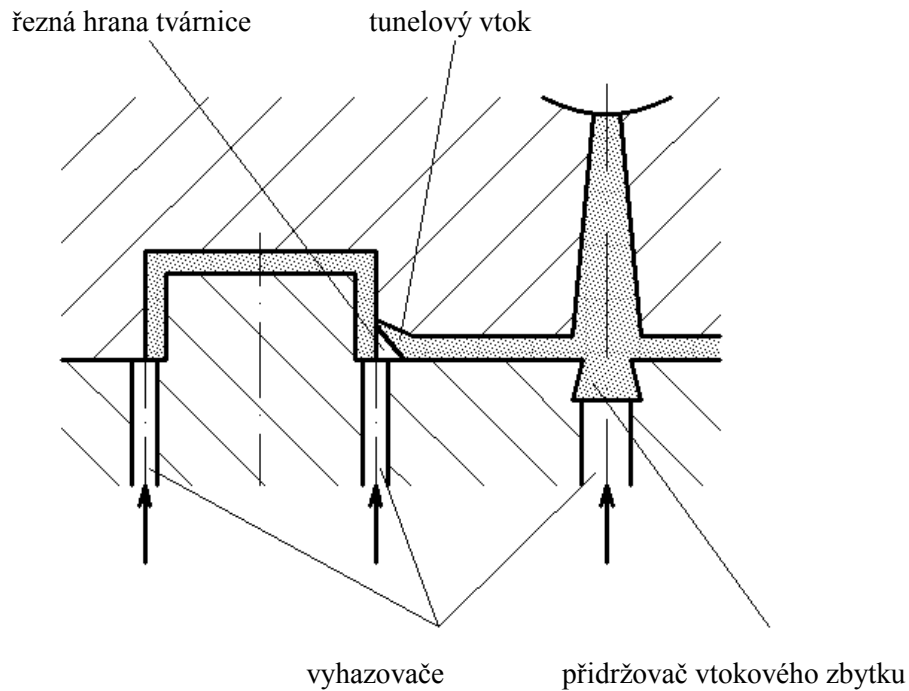
3.2.3 Tunelový vtok

Představuje zvláštní případ zúženého ústí vtoku. Svým umístěním pod dělicí rovinu umožňuje snazší odvzdušnění dutiny formy a spolehlivé oddělení vtokového zbytku při otevírání formy. Také tunelové ústí vtoku pomáhá řešit některé vzhledové problémy u náročných výrobků. Z výrobních důvodů lze také rozváděcí kanálky umístit na posuvný trn nebo pevné jádro. [9]

Tunelový vtok má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výstřík. Umístění může být v pevné i v pohyblivé části formy. Není proto nutné konstruovat formu s více dělicími rovinami. [1]

Předpokladem dobré funkce tunelových vtoků je existence ostré hrany, která odděluje při odformování vtokový zbytek od výstříku. Není-li zaústění do boku výstříku možné, využívá se zaústění do vnitřního nálitku, žebra apod. Může se případně vytvořit i nálitek, pokud to funkci výstříku nevadí. [1]

Jestliže je vstříkován tenký výstřík, u něhož je žádoucí umístění vtoku na spodní neviditelné straně, bývá používán zakřivený tunelový vtok (srpkovitý vtok). Takový vtok je vhodný jen pro plasty s vysokou elasticitou. [1,8]



Obr. 8. Održení bodového ústí vtoku pomocí tunelového vtoku [8]

3.2.4 Boční vtok

Je také typem se zúženým vtokovým ústím, které leží v dělicí rovině. Průřez bývá obvykle obdélníkový, ale může být i jiný (kruhový, lichoběžníkový). Je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Při odformování zůstává zpravidla výstřik od vtokového zbytku neoddělený. Při automatickém cyklu se řeší jeho oddělování zvláštním odřezávacím zařízením, které je součástí formy. [1]

Vtokové ústí bývá napojeno na rozváděcí kanál zúžením průtokového průřezu. V tomto místě pak dochází ke zvýšení teploty taveniny. Pokud tomu tak není, dochází k horšímu plnění dutiny formy, případně vznikají na výstřiku povrchové vady. [1]

3.2.5 Filmový vtok

Je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí hlavně k plnění kruhových a trubkových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. K nim se ještě řadí vtoky diskové, prstencové, deštníkové a další. [1]

Od filmového vtoku se vyžaduje [1]:

- dodržení rovinnosti, přímosti, přesnosti tvaru výstřiku;
- malé vnitřní pnutí;
- odstranění studených spojů;
- vyvážení tlaku, kterým proudící tavenina působí na jádra nebo zálisky;
- zmenšení rychlosti taveniny vstupující do dutiny formy;
- zmenšení odporu vtokového systému.

Pro snížení orientace a pnutí ve výstřiku je vhodné u velkých výstřiků, popř. u plochých výstřiků, nahradit kuželový vtok štěrbínovým vtokem. V obou případech je pro snazší oddělení výstřiku od vtoku vhodné spojit vtokový systém s výstřikem tenkým (filmovým) ústím. [8]

3.3 Vyhřívané vtokové systémy (VVS)

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhřívaných vtokových soustav (VVS). Dnešní vyhřívané vtokové soustavy mají vyhřívané trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. To umožnila především výroba vysokovýkonných a minimálních topných těles a některých dalších jejich dílů. [1]

Výhody použití VVS [1,7]:

- snižuje spotřebu plastu – vstřikuje se bez vtokových zbytků;
- zkracuje výrobní cyklus;
- není nutné třídeskové formy;
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků;
- umožňuje automatizaci procesu.

Za nevýhody je považována [7]:

- vyšší cena forem;
- vzhledem k poměrné složitosti těchto forem jsou náročnější jejich opravy, které mohou vést k delším přerušením výroby.

Technologie vstřikování s použitím VVS spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. I přes malý průřez vtoku je možné částečně pracovat s dotlakem. U všech způsobů bezvtokového vstřikování je vhodné v místě jeho vyústění provést na výstřiku zahloubení, aby případný nepatrný vtokový zbytek nevystupoval přes jeho úroveň. [1]

3.3.1 Isolované vtokové soustavy

Pracují na principu vlastní termoplastické izolace v okrajových vrstvách vtokových kanálů, nebo předkomůrky. U tohoto systému tryska nemá vlastní vytápění. [1]

Formy s izolujícími rozváděcími kanály mají rozváděcí bloky pracující s teplotami nižšími, než je bod tavitelnosti zpracovávaného plastu. Rozváděcí kanály vedoucí k jednotlivým tvářecím dutinám formy mají velký průřez (až přes 50 mm²). Proudící tavenina se na chladných stěnách kanálu ochlazuje a vytváří tepelně izolující vrstvu ztuhlého plastu ve formě trubky. Uvnitř této trubky proudí horký plast. V místě kuželovitého ústí vtoku plast rychle ztuhne a při vyhození výstřiku se vtok oddělí. Při dalším vstřiku se ústí vtoku horkou taveninou pod vstřikovacím tlakem opět otevře. [5]

U výstřiků s tlustší stěnou, kde vlivem delšího chlazení by mohlo nastat zatuhnutí proudu taveniny v celém průřezu, lze použít předkomůrkového vtoku. Vyznačuje se tím, že komůrka je zvětšena nebo do její dutiny zasahuje nástavec nebo prodloužená tryska z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí (Cu, CuBe, ...). Tento materiál je nepřímo ohříván vedením od vytápěné trysky (válce) vstřikovacího stroje. Z vnější strany je pak předkomůrka vtoku ochlazována a vrstva ztuhlé taveniny na ní vytváří izolaci. Tavenina pak proudí kolem ohřívajícího nástavce bez poklesu teploty až do dutiny formy. [1]

Popisované soustavy jsou použitelné jen při krátkém vstřikovacím cyklu (5 až 6 cyklů/min). U většiny těchto systémů nelze vyloučit občasné strhávání ztuhlé taveniny z okrajových vrstev do výstřiku. [1]

3.3.2 Vyhřívání trysky

Její konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným

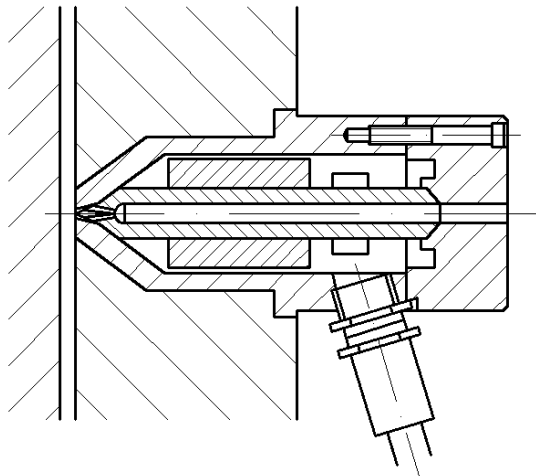
zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky procesu vstřikování. [1]

Nepřímo ohřívané trysky se vyznačují dvěma provedeními [1]:

- dotápěná tryska vlastním zdrojem tepla je charakterizována miniaturním topným tělesem, které je zabudováno do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do vyústění vtoku;
- dotápěná tryska rozvodným blokem se vyznačuje přenosem tepla z vyhřívaného rozvodu vtoků na trysku.

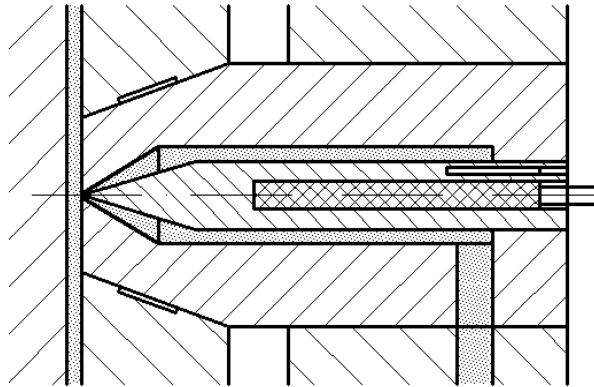
Přímo ohřívané trysky jsou charakterizovány dvěma základními principy [1]:

- trysky s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je z tepelně vodivého materiálu. Při vstřikování abrazivních plastů je ocelový materiál legován molybdenem. Z vnějšku je kolem trysky umístěno topení.



Obr. 9. Vyhřívaná tryska s vnějším vytápěním [1]

- trysky s vnitřním topením. U tohoto systému tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku (torpedo), zhotovenou také z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí.



Obr. 10. Vyhřívaná tryska s vnitřním vytápěním [1]

Oba typy trysek jsou konstrukčně upraveny tak, že ústí je [1]:

- otevřené pro plast, který netáhne vlas (PE);
- se špičkou (s hrotem) pro plast náchylný k tažení vlasu (PS, ABS, PP);
- s uzavírací jehlou;
- speciálně tvarované.

3.4 Vytápěné rozvodné bloky

Vstříkovací formy s rozvodným blokem se používají v kombinaci s vyhříváními nebo i izolovanými tryskami s předkomůrkami. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce je podmíněna rovnoměrným vytápěním. V opačném případě ovlivní tokové chování taveniny a její tlakové rozložení v jednotlivých tvarových dutinách. [1]

Nejobvyklejším řešením je uložení rozváděcích kanálů do ohřívajícího rozváděcího bloku nebo desky. Rozváděcí blok (může mít tvar hranolu, desky, kříže, písmena I, H, X, Y, hvězdice apod.) je vložen mezi tvarovou a upínací desku formy. Jsou v něm vyvrtány rozváděcí kanály, kterými proudí tavenina. Teplo, přiváděné do bloku topnými elementy, vstupuje do taveniny stěnami rozváděcího kanálu. [1,5]

Rozváděcí blok se běžně ohřívá [5]:

- válcovými topnými tělesy;

- topnými deskami;
- topnými tyčemi zalitými v bloku.

Rozváděcí blok je vytápěn nejčastěji zvenku elektrickým odporovým topením pomocí topných hadů zalitých mědí nebo topnými patronami s vytápěním zevnitř. [1]

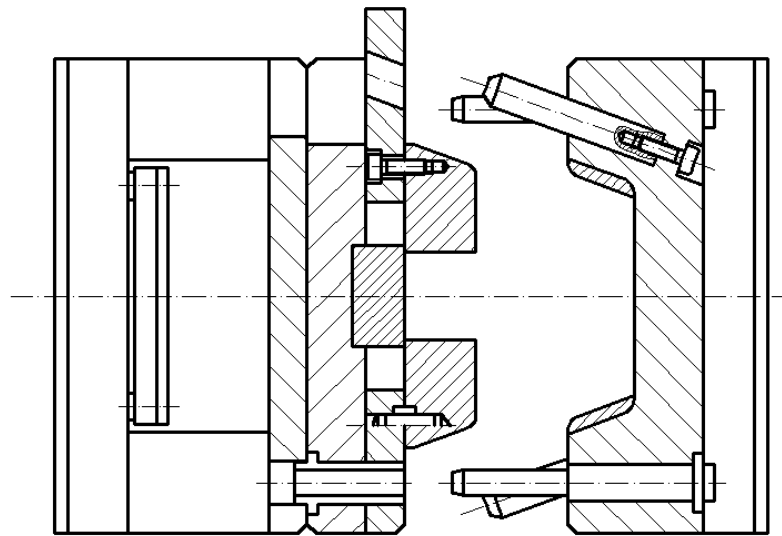
Instalovaný výkon ohřevu rozvodného bloku musí být takový, aby se dosáhlo [1]:

- rychlého ohřevu;
- požadující teploty pro optimální tok taveniny v rozvodném bloku a případně v trysce;
- snížení tepelných ztrát (vodivostí, prostupem, vyzařováním).

3.5 Boční posuvné čelisti vstřikovacích forem

Výrobky s bočními otvory, výstupky nebo různými zahloubeními, které leží kolmo k ose formy, se řeší s pohyblivými čelistmi. K ovládání těchto částí formy, které tvoří někdy další přídavné dělicí roviny, se používá mechanických, pneumatických nebo hydraulických prvků. [2]

Pohyblivé čelisti mohou ukotvit jádra, nebo formují tvarové části výstřiku, které nelze jinak zaformovat. Dělí se na čelisti vnitřní nebo vnější a jsou zpravidla ukotveny na pohyblivé části formy. Pohyb je ovládán pomocí šikmých nebo lomených kolíků, případně pneumatickými nebo hydraulickými tahači. Mechanické šikmé, válcové nebo lomené kolíky využívají při své funkci otevíracího a uzavíracího pohybu vstřikovacího stroje s formou. V sevřené poloze při vstřikování je třeba čelisti pevně opřít „uzamknout“. Čelist se uzamkne tím, že je opřena svou vnější zkosenou částí o opěrnou lištu pevné desky vstřikovací formy. Zajištění otevřené polohy se provádí pomocí pružiny a kolíku i dalšími možnými způsoby. [2]



Obr. 11. Čelistová vstřikovací forma [14]

3.5.1 Šikmé kolíky válcové

Boční posuvové čelisti se rozevírají postupně s otevíráním vstřikovací formy, s minimálním zpožděním. Toto zpoždění je způsobeno vůlí v otvoru pro šikmý válcový kolík. Tato vůle se zpravidla pohybuje v rozmezí 0,2 až 3 mm. Aby se posuvová čelist rozevírala, musí mít válcový kolík patřičný sklon, který se pohybuje v rozmezí 15° až 30°. S uzavřením vstřikovací formy se i ukončí uzavírací pohyb posuvových čelistí. [2]

3.5.2 Lomené kolíky

Zajišťují nucený pohyb bočních čelistí při otevírání a uzavírání formy podobně jako šikmé kolíky, jen s tím rozdílem, že umožňují poměrně delší zpoždění odsunu čelistí při otevírání formy. Potom je možné vytáhnout čelist s jádrem při jakémkoliv otevření formy. Vůle mezi kolíkem a otvorem bývá 0,2 až 0,5 mm. Lomené kolíky mají kromě zpoždění tu výhodu, že úhel sklonu uzavíracích ploch může být menší. Tím se dosáhne větší uzavírací síly. Úhel sklonu bývá 12° až 25° a úhel uzamykatelných ploch 15°. Kolíky se vyrábí s obdélníkovým průřezem s poměrem stran 1:1,5 až 2. [14]

3.5.3 Pneumatické tahače posuvných čelistí

Při jejich funkci je třeba brát v úvahu stlačitelnost vzduchu, která může mít za následek nerovnoměrný nebo trhavý pohyb ovládané čelisti. Tlak vzduchu ve válci bývá 0,4 až 0,6 MPa. Výhodou pneumatických, případně hydraulických válců je možnost pohybu posuvné

čelisti i při sevřené formě, pokud tato není uzamčena. Toho se s výhodou používá pro vytahování jader z bočních stěn výstřiku. [2]

3.5.4 Hydraulické tahače posuvných čelistí

Využití těchto tahačů je především pro vytažení dlouhých a těžkých jader. Mohou však vytahovat i více jader současně. Posuvné čelisti lze ovládat a otevírat [2]:

- před otevřením formy, pokud nemá uzamykací systém;
- v jakékoliv fázi otevření formy;
- až po celkovém otevření formy.

Pohyby se dají snadno ovládat hlavně pomocí koncových spínačů a mohou být řízeny elektromagnetickými rozvaděči. Pohyb se vyznačuje stejnosměrným chodem. Pokud působí na čelisti boční síly, je třeba u nich také použít uzamykacího systému, nebo uzavírací hydraulické jednotky. [2]

Hydraulické válce bývají napojeny na hydraulický okruh vstřikovacího stroje, nebo na samostatný hydraulický agregát. Jejich ovládání má být propojeno s pracovním cyklem vstřikovacího stroje. [2]

3.6 Vyhazování výstřiků

Výstřiky z termoplastů se při ochlazování smršťují a pevně ulpívají na tvarových součástech formy. Proto je prakticky nezbytné používat vyhazovací systém. [8]

Poté co se výrobek v dutině formy ochladí a forma se otevře, musí být výrobek vyhozen z formy. Ne všechny formy ale mají zařízení pro vyhazování. Tam, kde je forma využívána jen pro produkci modelů výrobků se často může výrobek odstranit ručně – šetří výdaje na vyhazovací mechanismus. Také vyjmutí velkého nebo zvláštního tvaru výrobku z formy je často ovládané operátorem nebo robotem vybaveným přísavnými držáky a vyhazovací mechanismus v tomto případě není vůbec potřebný. [7]

Vyhazování výstřiků ze vstřikovací formy má dvě fáze [2]:

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

Mechanické vyhazování je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem. Jeho konstrukce má různá provedení, která představují [2]:

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

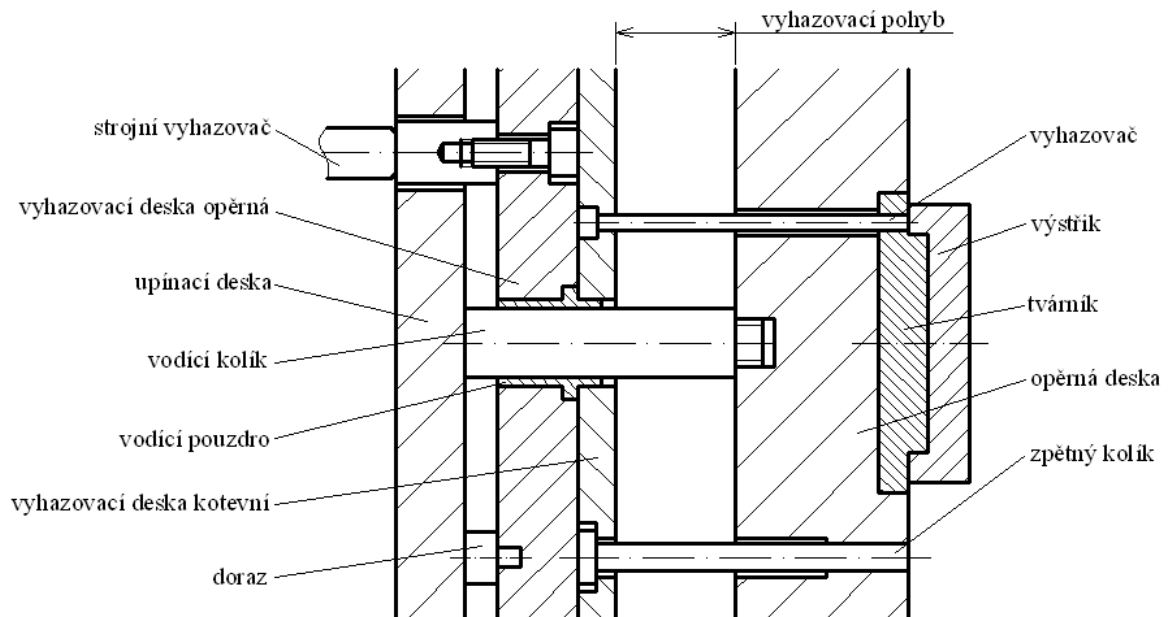
Základní podmínkou dobrého vyhazování výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší než $0,5^\circ$. Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. Může se jich využít k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. [2]

Pohyb vyhazovacího systému se vyvine [2]:

- narážecím kolíkem o traverzu vstřikovacího stroje při otevírání formy;
- hydraulickým nebo pneumatickým zařízením, které bývá příslušenstvím formy;
- ruční vyhazování nejrůznějšími mechanismy.

Zpětný pohyb je zajišťován [2]:

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



Obr. 12. Příklad vyhazovacího systému [9]

3.6.1 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstříků. Tento systém lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstříku ve směru vyhození. Je výrobně jednoduchý a funkčně zaručený. [2]

Vyhazovací kolíky jsou nejčastěji válcové. Mohou být ještě prizmatické nebo trubkové. Osazené vyhazovací kolíky musí být zajištěny proti pootočení. Vyhazovací kolíky jsou zakotveny v horní desce vyhazovače. Kolík je lícován pouze v tvárníku, všude jinde je uložen s vůlí. Ve tvárníku je uložen v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6 podle požadované funkce a tekutosti polymeru. Vůle v uložení působí i jako odvzdušnění. [2,9]

U tenkostěnných výstříků válcové kolíky nejsou používány, protože hrozí nebezpečí prolomení stěny výstříku. Bezpečnější je vyhazování pomocí stírací desky, stíracího kroužku, popř. trubkového vyhazovače. [8]

Funkce trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač s otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Zatímco vlastní vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro. [2]

3.6.2 Vyhazování stírací deskou

Vyhození výstřiku z tvárníku je realizováno po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše. Nezanedbává na výstřiku stopy po vyhazování. Jeho deformace pak jsou minimální a stírací síla velká. Používá se především u tenkostěnných výstřiků nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Tento způsob se používá i pro vícenásobné formy. [2]

Pohyb stírací desky může být podle účelu a koncepce formy vyvozen [2]:

- tlakem vyhazovacího systému;
- tahem ve speciálních případech (obvykle při rozevírání formy).

Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu. Působí přes vyhazovací desku spojenou táhly se stírací deskou. Síla může být také vyvozena pružinami, hydraulickým, nebo pneumatickým zařízením. [2]

3.6.3 Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů

Je speciální formou mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou k ní uloženy pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Tím se odstraní náročné posuvné čelisti s klínovým mechanismem. [2]

3.6.4 Dvoustupňové vyhazování

Tento způsob vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se spolu navzájem ovlivňují, proto umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikost. Proto se s výhodou používá například k vyhazování tenkostěnných výstřiků v kombinaci, např. stírání s vyhazovacími kolíky, při šikmém vyhazování výstřiků se zápichem apod. [2]

Využívá se také při oddělování (ostříhování) vtokových zbytků od výstřiků spolu s jejich vyhazováním. Pracuje takovým způsobem, že jednou skupinou zdvojených vyhazovačů se odstříhnou vtoky a druhou, se zpožděným zdvihem, se výstřiky vyhodí. [2]

3.6.5 Pneumatické vyhazování

Při pneumatickém vyhazování se mezi výstřik a líc formy zavádí stlačený vzduch. Tím se umožní rovnoměrné oddělení výstřiku, vyloučí se místní přetížení a odstraní se stopy po vyhazovačích na výstřiku. Nevýhodou je omezené použití pneumatického vyhazování jen na některé tvary výstřiků. [9]

Vzduch se do dutiny formy přivádí talířovým nebo jehlovým ventilem. Ventil se otvírá tlakem vzduchu a zavírá pružinou. Jehlové ventily se používají, jestliže plocha výstřiku ze strany od ventilu je profilovaná. Řízené ventily jsou umístěny mimo formu. Pro automatické formy je třeba volit vyhazovací systémy tak, aby alespoň dva nezávisle zabezpečovaly vyhození výstřiku z dutiny formy. Přitom lze kombinovat různé systémy mechanické nebo mechanické s pneumatickými. [9]

3.6.6 Hydraulické vyhazování

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. S přímo zabudovanými hydraulickými jednotkami ve formě, které pracují jako vyhazovače, se setkáváme již méně. Více se používají k ovládní bočních posuvných čelistí. [2]

Používané hydraulické vyhazovače se vyrábějí většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve formě. S její pomocí se přímo ovládají vyhazovací kolíky stírací desky apod. Mohou však být i součástí formy a ovládat stírací desky apod. Hydraulické vyhazování se vyznačuje velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [2]

3.7 Temperace forem

Formy při vstřikování je nutno chladit, přesněji řečeno temperovat. Teplota taveniny má rozhodující vliv na průběh chlazení. Je jí výrazně ovlivňován stupeň orientace a vnitřního pnutí ve výstřiku. Formy se běžně temperují vodou, která protéká chladicími kanály vytvořenými v deskách formy. Má-li být udržena přibližně konstantní teplota stěny formy, je nutno dodržovat tyto zásady [8]:

- volit vhodnou konstrukci temperačních kanál ve formě;
- udržet pravidelný cyklus vstřikování;

- měřit skutečnou teplotu stěn formy instalovanými čidly;
- formu nepřímo temperovat temperačními přístroji.

Úkolem temperace je [2]:

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

3.7.1 Temperační prostředky

Patří zde média, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách. Rozdělují se na [2]:

- aktivní, které působí přímo na formě. Teplo do formy přivádí, nebo naopak odvádí ;
- pasivní jako takové, které svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy.

Jejich volba je ovlivněna především koncepcí formy a požadavky na technologii výroby výstřiků. Používají se obvykle ve vzájemné vazbě. [2]

Aktivní prostředky představují kapaliny, které proudí nuceným oběhem temperačními kanály, vytvořenými uvnitř formy. Dochází k přestupu tepla mezi formou a kapalinou. Obvykle se používá voda, oleje, glykoly. Vzduchu se používá buď jako volného proudění (při odvodu tepla z povrchu formy a při chlazení tvarových částí po čas otevření formy), nebo nuceného proudění působením přetlaku či podtlaku. Vzhledem k malé účinnosti je chlazení vzduchem opodstatněné jen v případech, kdy použití kapaliny není pro dostatek prostoru možné. [2]

Temperační prostředky pasivní lze rozdělit [2]:

- tepelně izolační materiály, které se využívají především pro omezení přestupu tepla do upínacích desek stroje a to v případech, kdy požadujeme vysokou teplotu formy. K danému účelu se používá např. Sklotextit ARV, Sklotextit SI. Boky forem lze tepelně izolovat běžnými tepelně izolačními materiály (skleněné rohože, ...);

- tepelně vodivé materiály se využívají k odvodu resp. přívodu tepla z míst jiným způsobem obtížně temperovatelných (tenké tvárníky, vtokové trysky) do míst, kde lze již odvod resp. přívod tepla zajistit obvyklým způsobem. Používá se měď a její slitiny s Be, Co, Zr, Cd, Sn nebo hliník a jeho slitiny. Nejúčinnějším prostředkem jsou tzv. tepelné trubice.

3.7.2 Tepelné trubice

Tepelné trubice jsou uzavřená válcová tělesa, která umožňují intenzivní výměnu tepla při nepatrných teplotních spádech využitím fázové změny teplotnosného media. Ve výparné části se medium odpařuje a jako pára prochází střední částí do kondenzační části, kde pára kondenzuje odvedením kondenzačního tepla. Kondenzát se tíhovými nebo kapilárními silami vrací do výparné části a cyklus se opakuje. Jako medium slouží pro pokojové teploty čpavek, pro teploty zvýšené až do 300 °C voda. [9]

Pro uzavřený pracovní cyklus se musí zajistit nepřetržitý vratný tok zkondenzovaného teplotnosného media z chlazené do ohříváné části trubice. Podle toho se dělí [2]:

- gravitační, v kterých se přemísťuje náplň trubice působením zemské tíže; jsou nejjednodušší, ale musí pracovat v takové poloze, kde její ohříváná část je pod ochlazenou;
- rotační, kde se využívá odstředivých sil;
- kapilární, jsou nejuniverzálnější, protože mohou pracovat v jakékoliv poloze.

3.8 Odvzdušnění forem

Odvzdušňování tvarových dutin vstřikovacích forem nepatří k hlavním problémům při navrhování forem. Jeho důležitost obvykle vyplývá až při odzkoušení formy, kdy odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku, nebo jeho nízkých mechanických vlastností. Odvzdušnění lze někdy zhotovit snadno, jindy je však jeho vyřešení obtížné. [2]

3.8.1 Vliv technologických parametrů vstřikování na odvzdušnění

Nejčastějším jevem při rychlém plnění je stlačení vzduchu. Ten je díky vysokému tlaku silně ohříván a způsobuje tzv. Dieselův efekt (spálené místo na výstřiku). To obvykle není

ze vzhledových nebo pevnostních důvodů akceptovatelné. Proto odvzdušnění vstřikovacích forem musí být účinné. [2]

Při nižších teplotách taveniny (vyšší viskozitě) a nedostatečném tlaku a rychlosti plnění u výstřiku s tenčími stěnami, se soustřeďuje vzduch na protilehlou stranu od vtoku. Nemůže-li vzduch uniknout vlivem protitlaku, vznikne nedotečený výstřík. [2]

Při určitém stavu technologických parametrů a větších tloušťkách stěn výstřiku, může vzduch, který nemá možnost být z formy vytlačen, vniknout do taveniny a po zchladnutí v ní zůstává v podobě bublin, které jsou obvykle ve výstřiku rozloženy na protilehlé straně vtoku. Bubliny bez vzduchu (ze smrštění – lunkry) se tvoří následkem zmenšení objemu materiálu po ochlazení vnější vrstvy výstřiku (nedostatečná objemová kompenzace dotlakem). Nalézají se uprostřed zesílených míst výstřiku, především u vtokových ústí. [2]

3.8.2 Určení vhodného místa pro odvzdušnění

Místa pro odvzdušnění ve vstřikovací formě jsou někdy zřejmá z tvaru výstřiku. Jindy jsou jen obtížně zjistitelná. V tom případě se řídíme úvahou, jakým způsobem a směry naplní proudy taveniny dutinu. To samo o sobě závisí na umístění vtoku, tloušťce stěn a na kvalitativních podmínkách, které se kladou na výstřík a jeho požadovanou funkci. [2, 14]

Pokud je úvaha o umístění odvzdušnění nejasná, je úkolem konstruktéra, aby taková místa vytypoval a učinil ve formě některá opatření, aby se při nesprávném předpokladu dalo odvzdušnění dodatečně snadno realizovat. Další postup je potom takový, že se místo pro odvzdušnění zjistí, až při zkouškách formy. [2]

Stopy po odvzdušnění jsou někdy na výstřiku viditelné. Tam, kde nejsou přípustné vzhledové vady, je nutné se postarat o to, aby na vzhledové ploše k defektu nedošlo. To je možné především vhodnou volbou vtoku, jeho umístěním i nastavením ostatních technologických parametrů. [2]

Rovněž je zapotřebí znát funkci výstřiku proto, aby bylo možné se vyhnout studeným spojům v místech, kde to z pevnostních důvodů není vhodné. Toto musí konstruktér zvažovat již ve fázi konstrukce výstřiku a v závislosti na koncepci formy. Jinak může dojít k nákladným úpravám formy, případně i výstřiku. [2]

ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část bakalářské práce je rozdělena na tři části. První část se zabývá technologií vstřikování, průběhem vstřikovacího cyklu a popisu tlakových křivek. Dále jsou popsány vstřikované materiály, jejich základní rozdělení, zaměření se na termoplasty, které se používají při vstřikování. Jsou zde uvedeny zpracovatelské podmínky plastů a volba termoplastů při návrhu výrobku. Dále se dozvíme o plastikačních, vstřikovacích, uzavíracích jednotkách a nakonec o volbě optimálního vstřikovacího stroje.

Druhá část je zaměřena na konstrukci vstřikovaných výrobků: jakost výrobků a požadavky na konstrukci vstřikovaných výrobků.

Třetí a poslední část je zaměřena na samotnou konstrukci vstřikovacích forem, kde se rozebírá konstrukce forem, studené vtokové systémy (SVS), horké vtokové systémy (VVS), vytápěné rozvodné bloky, boční posuvné čelisti, vyhazování výstřiků, temperace a odvzdušnění vstřikovacích forem.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

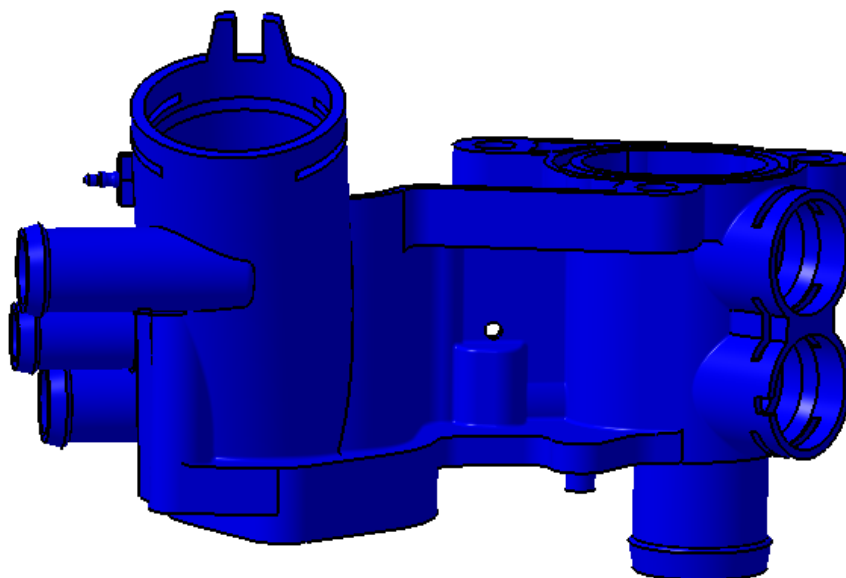
4 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

V diplomové práci byly stanoveny tyto cíle:

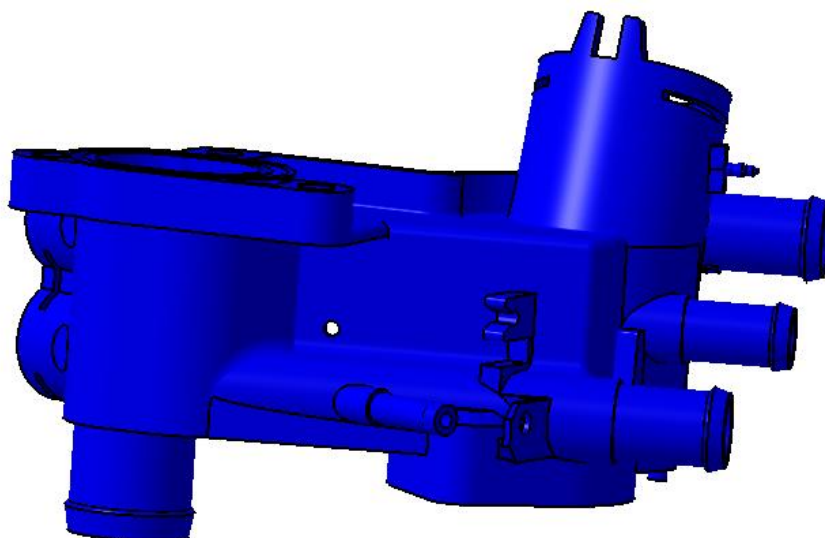
- vypracovat teoretickou část na zadané téma, podle literatur týkajících se konstrukce vstřikovacích forem;
- navrhnout konstrukci 3D modelu vstřikovaného plastového dílu;
- navrhnout vstřikovací stroj a vstřikovaný materiál;
- navrhnou vstřikovací formu, vyřešit problém se zaformováním výstřiku, navrhnout do jednotlivých desek, kostek a jader temperaci a stanovit vyjímání výrobku z dutiny vstřikovací formy;
- dalším úkolem bylo posoudit návrh vstřikovací formy pomocí simulací;
- posledním úkolem bylo nakreslit 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku.

5 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstřikovaným výrobkem je díl chladiče. Tento díl je součástí chladicího systému u automobilky Wolkswagen. Tento výrobek bude montován do více modelových řad a je umístěn pod kapotou vozidel. Jedná se tedy o nepohledový díl, tudíž se nebude brát zřetel na pohledové plochy. Základní charakteristické rozměry výstřiku jsou 140 x 210 x 120 (v x š x d).



Obr. 13. 3D model výrobku



Obr. 14. 3D model výrobku

5.1 Materiál výrobku

Materiál byl zvolen PA66, od dodavatele DuPont Engineering Polymers pod obchodním názvem Zytel 70G30 HSLR BK039. PA66 je krystalický termoplast. Jedná se o pevný a tuhý polymer s příměsí 30% skelných vláken. Dále je pružný a odolává i vyšším teplotám, což je pro tento případ výhodné. Chemická odolnost je dobrá vůči slabým kyselinám, olejům, alkoholům a horké vodě. Špatná odolnost je proti silným kyselinám a oxidačním činidlům.

Tab. 1 Charakteristické vlastnosti použitého polyamidu [18]:

Teplota formy	80	°C
Doporučená vstřikovací teplota taveniny	295	°C
Teplota degradace materiálu	330	°C
Vyhazovací teplota	220	°C
Maximální smykové napětí	0,5	MPa
Maximální smyková rychlost	60000	1/s
Modul pružnosti v tahu	8346	MPa
Modul pružnosti ve smyku	5050	MPa
Poissonovo číslo	0,4	
Smrštění ve směru toku	0,26	%
Smrštění kolmo na směr toku	1,4	%
Hustota tuhé fáze	1,338	g/cm ³
Hustota taveniny	1,102	g/cm ³

6 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací stroj byl zvolen dle velikosti navržené formy a maximálního objemu dávky. Stroj byl vybrán od německé firmy Arburg. Typ stroje má označení Allrounder 570 C. Objem vstřikované dávky vstřikovací formy i se zahrnutím vtokového zbytku činí necelých 250 cm³. Maximální dávka zvoleného vstřikovacího stroje činí 348 cm³. Navržený stroj má tedy dostatečnou rezervu.



Obr. 15. Allrounder 570 C [19]

Tab. 2 Základní parametry stroje [20]:

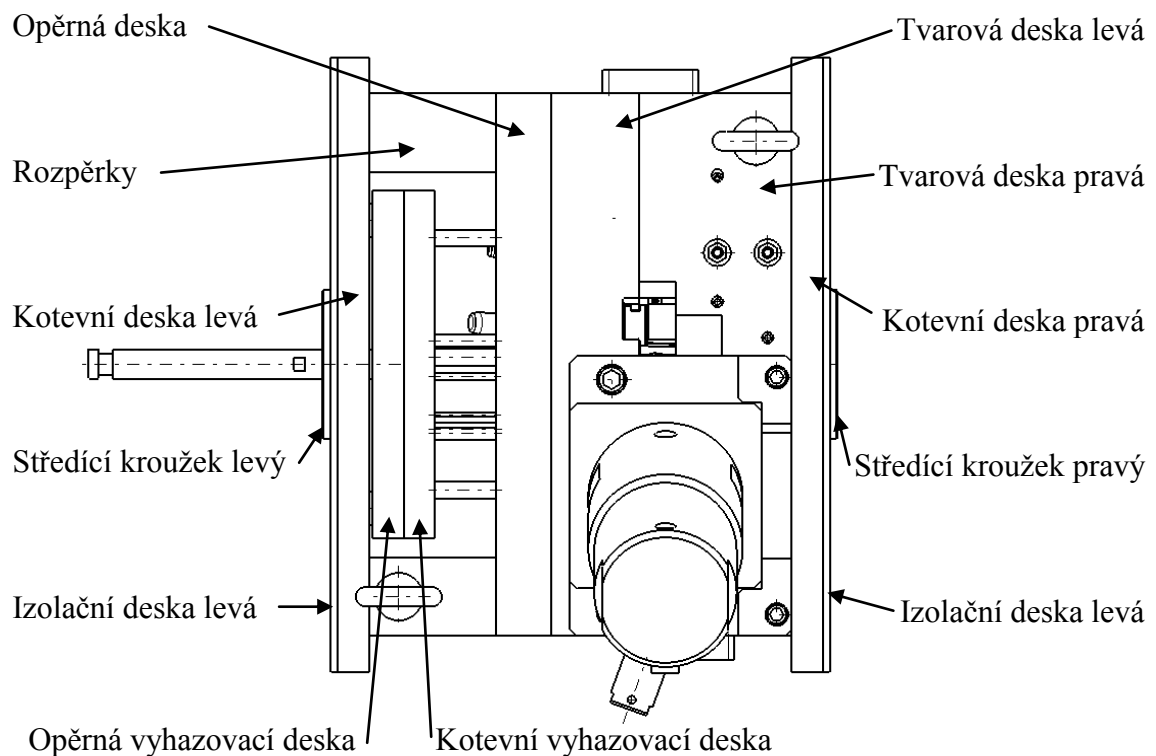
	Arburg 570 C	Požadováno
Maximální uzavírací síla	2400 [kN]	570 [kN]
Maximální objem dávky	348 [cm ³]	250 [cm ³]
Průměr šneku	45 [mm]	-
Vzdálenost mezi vodíci sloupky (v x š)	570x570 [mm]	566x516 [mm]
Velikost upínací desky (v x š)	630x630 [mm]	-
Maximální světlost mezi upínacími deskami	750 [mm]	600 [mm]
Celkový příkon stroje	43,9 [kW]	-
Maximální vyhazovací síla	60 [kN]	-

7 NÁVRH KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Návrh vstřikovací formy spočíval v kompletním návrhu vstřikovací formy. Hlavní snahou bylo využívat normálií, pro zvýšení rychlosti výroby a snížení ceny. Firma pro normálie byla zvolena Hasco.

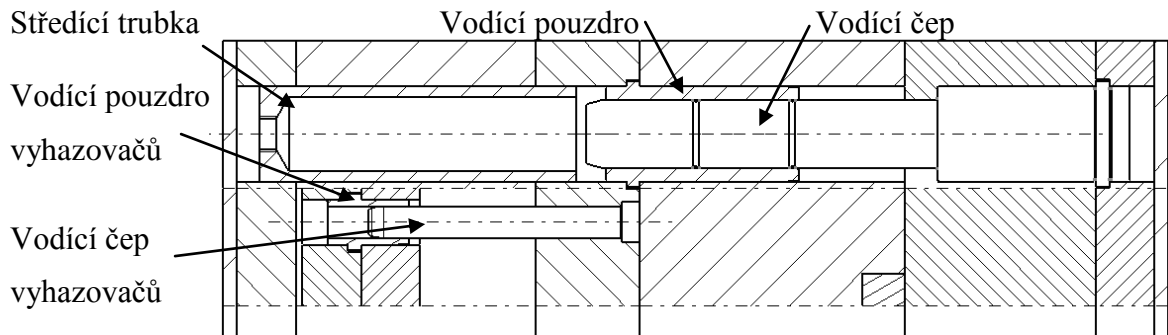
7.1 Popis navržené vstřikovací formy

Byl zvolen dvoudeskový systém vstřikovací formy. Desky rámu byly vybrány z normálií. Desky sloužily jako polotovary, protože se musely konstrukčně upravit. Postranní izolační desky byly navrženy z polymeru plněným skelnými vlákny. Základní rozměry vstřikovací formy byly zvoleny 566 x 516 x 418 (v x š x d).



Obr. 16. Horní náhled na vstřikovací formu

Vodící a spojovací prvky vstřikovací formy byly převzaty z normálií firmy Hasco. Jako vodící a upínací elementy označujeme vodící pouzdra, kolíky, šrouby a středící kroužky. Vstřikovací forma bude upnuta ke vstřikovacímu stroji za kotevní desky a za pomoci upínek. Vystředění obou stran vstřikovací formy na stroji je pomocí středících kroužků o průměru 125 mm. Na pravé straně K100 a na levé straně středícím kroužkem K500. Vzájemnou polohu ostatních zajišťují vodící čepy a vodící pouzdra.

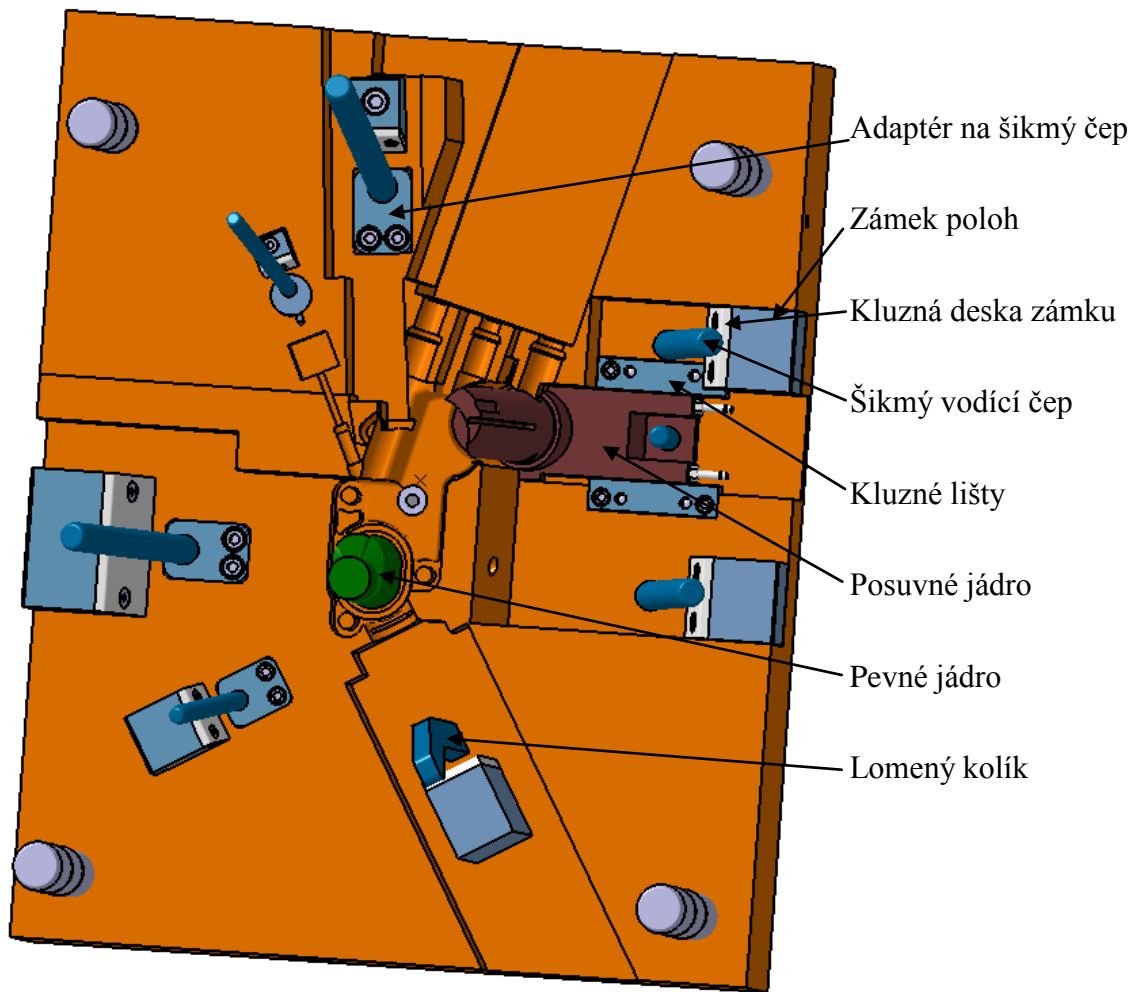


Obr. 17. Vodící části vstřikovací formy

7.2 Násobnost vstřikovací formy

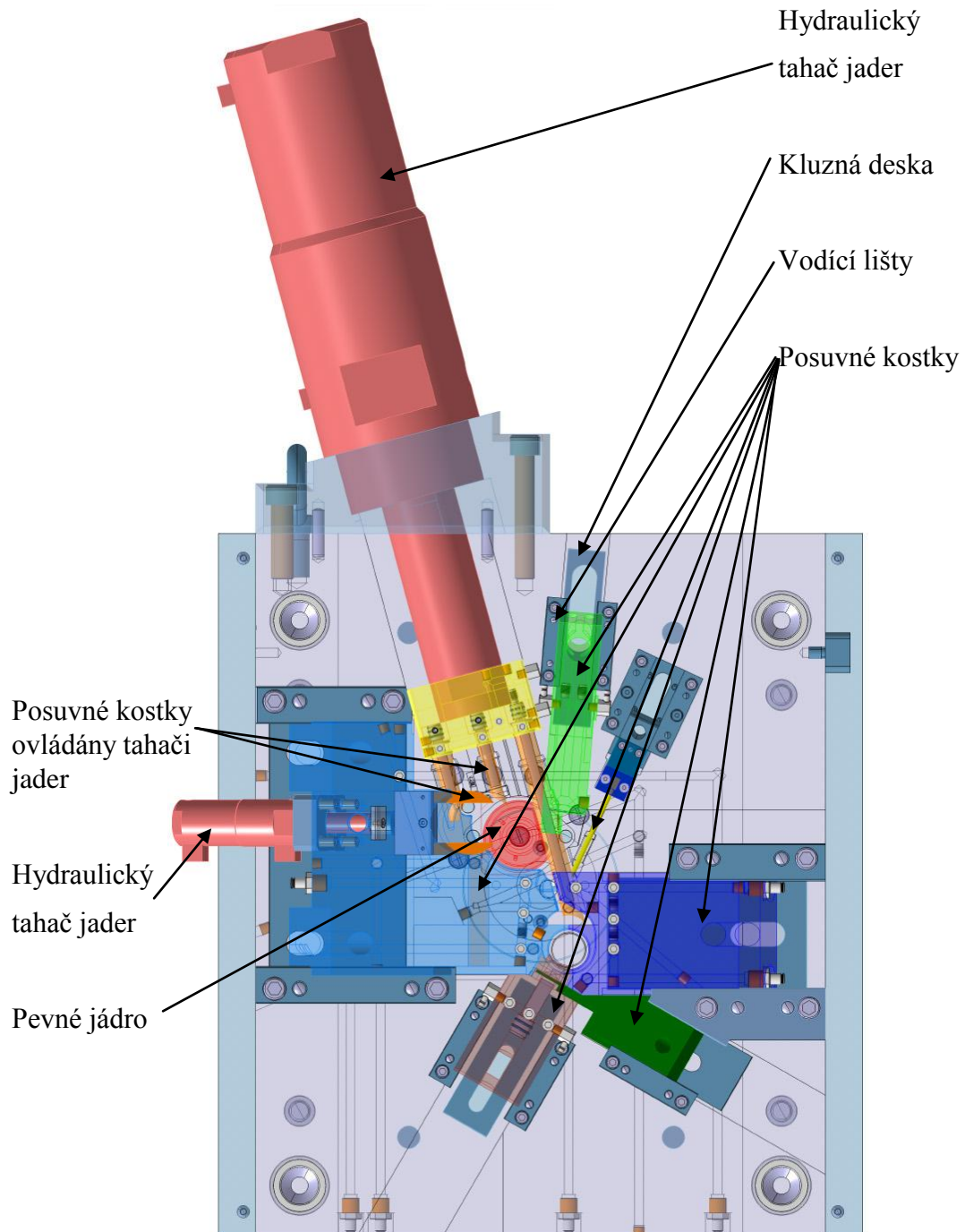
Vstřikovací forma byla zvolena jednonásobná, z důvodu komplikovaného vstřikovaného dílu. Pro odformování vstřikovaného dílu bylo navrženo devět posuvných kostek.

Tvarová deska pravá byla navržena pouze z jednoho kusu z nástrojové oceli 19083, aby měla vyšší životnost. Dutiny v ní byly zvětšeny o udávané smrštění polymeru. Dále byly v tvárnici navrženy šikmé čepy pod úhlem 18° , lomený kolík, který zabezpečuje opožděné odformování pro jednu posuvnou kostku na levé straně. Dále zde byly navrženy zámky poloh, které musí při zavřené formě pevně podržet posuvné kostky. Zámky mají na sobě upevněny kluzné desky pomocí šroubů. Dále zde bylo umístěno posuvné jádro, která zabezpečuje odformování jádra na pravé straně, které je pod úhlem 20° . Aby se jádro odformovalo, tak byl v něm navržen šikmý čep. Tento čep byl vykloněn o 2° . Důvodem vyklonění bylo to, že ho ovládá posuvná kostka na druhé straně. Ta je vedena šikmým čepem pod úhlem 18° , proto byl tento šikmý čep na pravé straně vykloněn ještě o další 2° , aby byl součet 20° . Posuvné jádro je tedy ovládáno posuvnou kostkou na levé straně formy. Poslední jádro na této straně je uloženo napevno.



Obr. 18. Tvarová deska pravá

Tvarová deska levá byla taktéž navržena z materiálu 19083 jako pravá tvarová deska. Na této straně bylo navrženo celkem 8 posuvných kostek. Z toho 6 posuvných kostek ovládaných mechanicky a 2 posuvové kostky ovládané tahači jader. Posuvné mechanismy se skládají z kluzných desek, vodících lišt, posunových kostek, válcových kolíků pro vystředění, přitlačných pružících kusů, pro zajištění polohy při otevřené formě a šroubů. Dále bylo do tvarové desky umístěno pevné jádro, pro vytvoření potřebné dutiny. Do jedné z posunových kostek byl umístěn šikmý vodící čep pod úhlem 2° , který se stará o odformování posuvného jádra na pravé straně vstřikovaci formy. Dále zde byly umístěny dva tahače jader. Jeden byl upevněn přímo do levé tvarové desky pomocí příslušného adaptéru a druhý byl upevněn přímo do posuvné kostky. Než se začne forma otevírat, tak je zapotřebí, aby alespoň menší tahač jader byl vysunut, jinak by došlo k poškození vstřikovaci formy.



Obr. 19. Tvarová deska levá

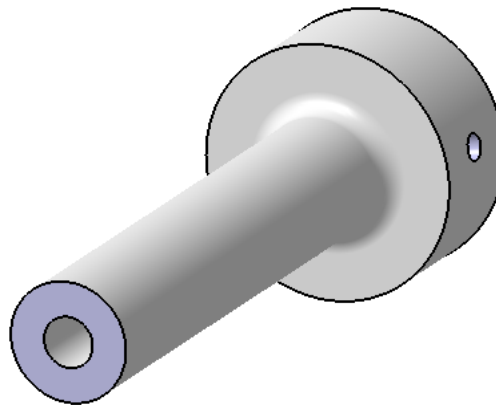
7.3 Odvzdušnění vstřikovací formy

Odvzdušnění u vstřikovací formy má velkou roli na vzhled vstřikovaného dílu. Po uzavření formy a vstříknutí polymeru může vzduch zůstat a způsobit tak nežádoucí spálená místa, případně nedotečení polymerní taveniny. Z tohoto důvodu je potřeba vzduch odvádět. V

navržené vstřikovací formě se počítá s únikem vzduchu v dělicí rovině, vůlí mezi posuvnými kostkami a vyhazovači.

7.4 Vtokový systém

U návrhu vstřikovací formy byl navržen studený vtokový systém, který je plně dostačující pro zadaný díl a není tak energeticky náročný. Vtokový zbytek bude v tomto případě odpad. Tento odpad budeme nadále drtit a použít na méně náročný výrobek. Vtokový systém se skládá pouze ze vtokové vložky, která je v přímém kontaktu se vstřikovaným dílem. Vtoková vložka byla použita z normálií Hasco. Jedná se o typ Z511/18x96/4/40 ve které se již nedělaly žádné úpravy. Vtoková vložka v tomto případě nemusí být zajištěna kolíkem vůči pootočení.



Obr. 20. Vtoková vložka

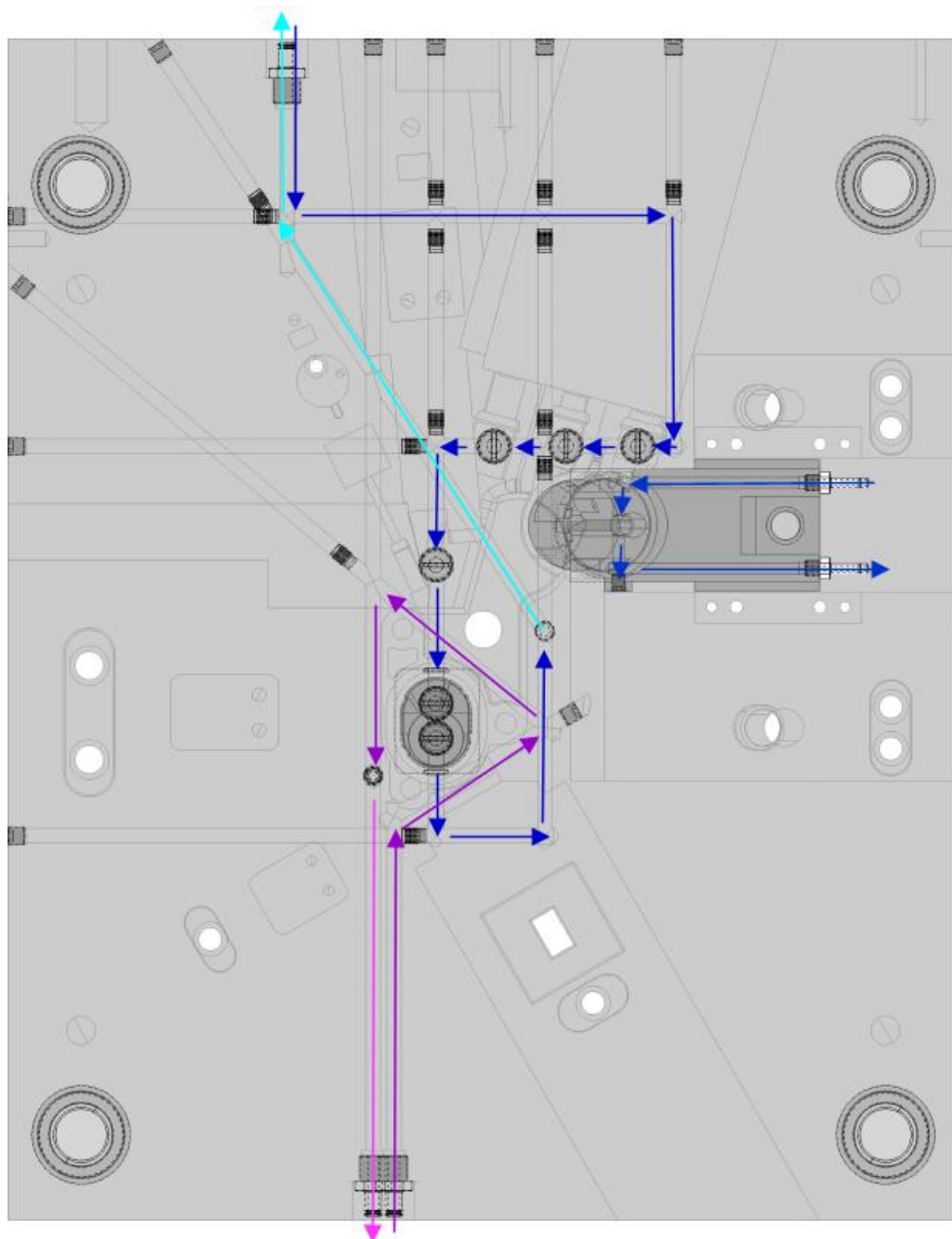
7.5 Temperační systém

Jako temperační médium byla zvolena voda, která bude temperována na 80°C. Následně bylo uvažováno temperační zařízení SMART 150 od firmy Regloplast. Navržené dílce potřebné na temperaci pocházejí z normálií Hasco.

7.5.1 Temperace pravé strany

Temperace na pravé straně vstřikovací formy bylo rozděleno na tři temperační okruhy. V tvárnici byly navrženy dva okruhy. První okruh tvoří vrtaný kruhový kanál o průměru 8

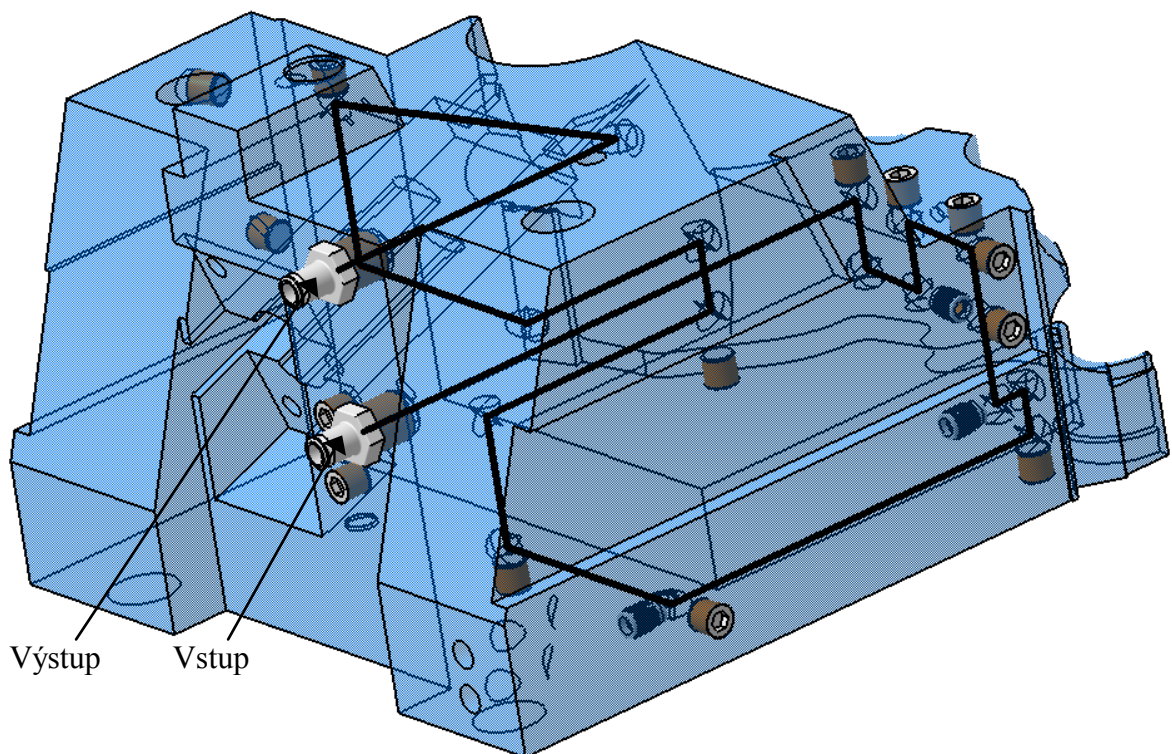
mm. Druhý okruh tvoří taky vrtané kanály o průměru 8 mm, ale bylo na ně připojeno šest přepážek o průměru 12 mm, z toho dvě přepážky se starají o temperaci pevného jádra. Přechod z tvárnice do pevného jádra byl zabezpečen dvěma o-kroužky. Třetí okruh se stará o temperaci posuvného jádra. Tento okruh byl vybaven vrtanými kruhovými kanály o průměru 8 mm a jednou přepážkou o průměru 12 mm. Všechny vývody byly opatřeny připojovacími nátrubky, které byly zapařeny do desky tak, aby se během manipulace a skladování nepoškodily. Všechny otvory byly utěsněny následně pomocí ucpávek v příslušných místech. Na obr. 15. jsou znázorněny temperační okruhy. Světlá barva charakterizuje změnu hloubky kanálu.



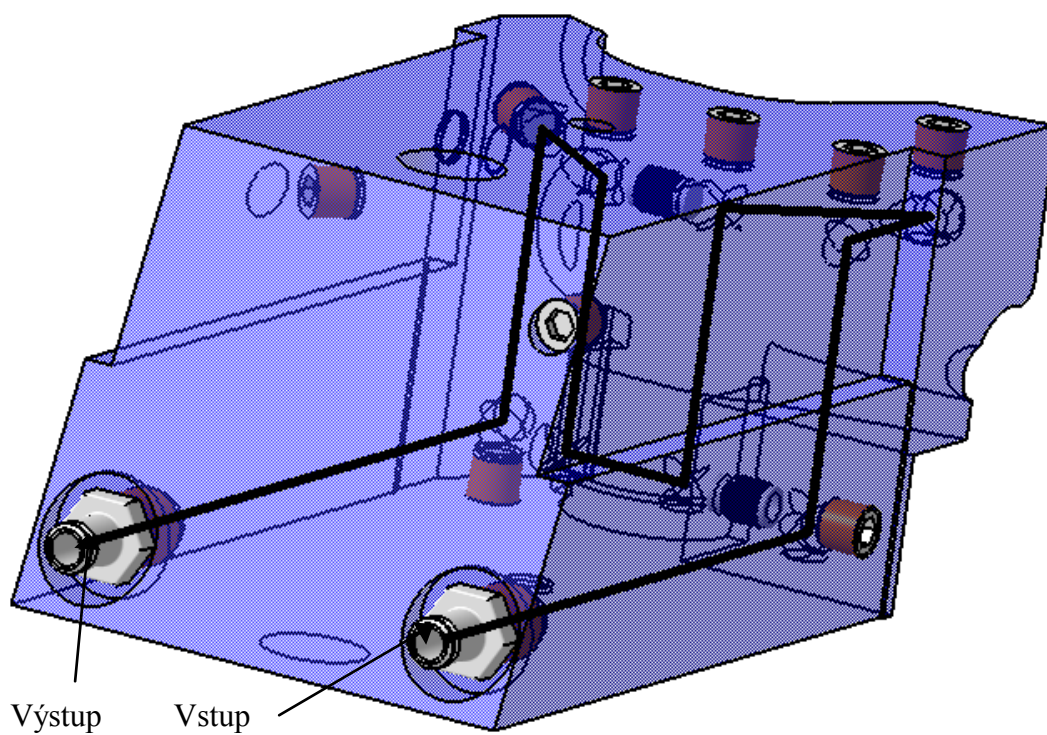
Obr. 21. Temperace pravé strany, 3 okruhy

7.5.2 Temperace levé strany

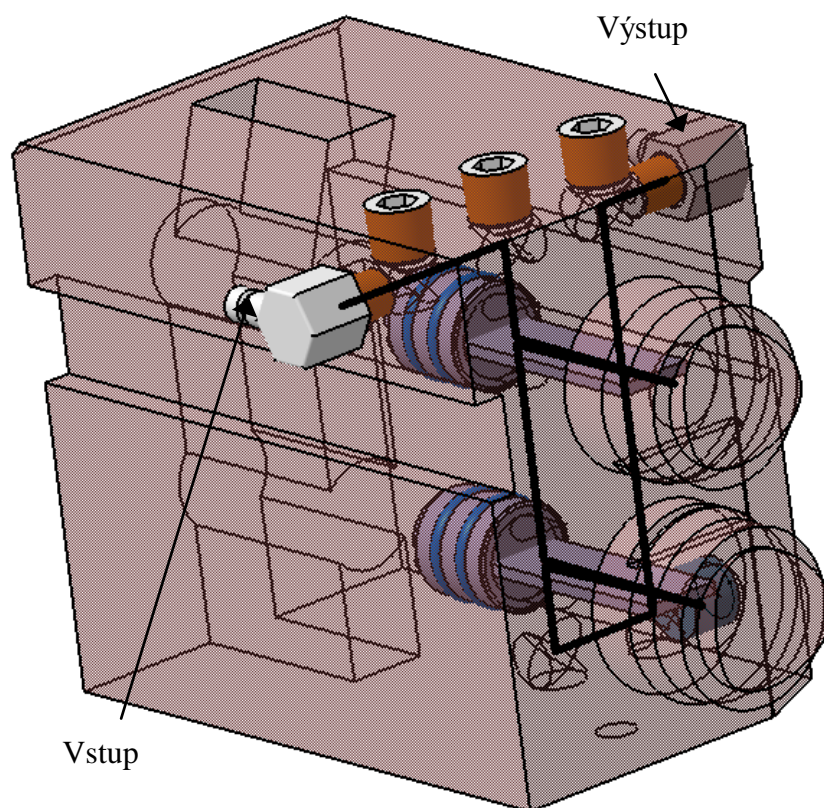
Na této straně se nachází 8 posuvných kostek + tvárník. Na levé straně bylo navrženo celkem 7 temperačních okruhů. Tyto okruhy byly navrženy samostatně ale dají se mezi sebou částečně propojovat. První a druhý okruh byl umístěný v levé tvarové desce. Ostatní se starají o temperaci posuvných kostek. První a druhý okruh byl opět vrtaný o průměru 8 mm a byly na každý připojeny tři přepážky. Jedna z těchto přepážek se stará o temperaci pevného jádra. Jeho utěsnění je zajištěno pomocí o-kroužků. Posuvné kostky byly provrtány kruhovými kanály o průměru 8 mm. Do jedné z nich byla umístěna dvojice přepážek. Temperace u větší kostky, ovládané tahačem jader byla řešena opět vrtanými kanály o průměru 6 mm a třemi přepážkami o průměru 8 mm, mající za úkol temperovat hluboká jádra. Zbylé 3 kostky zůstaly bez temperace, z důvodu své malé velikosti. Všechny otvory byly opět následně utěsněny pomocí ucpávek v příslušných místech a vývody temperace byly napojeny na nátrubky, na které se připojí hadice s temperačním médiem.



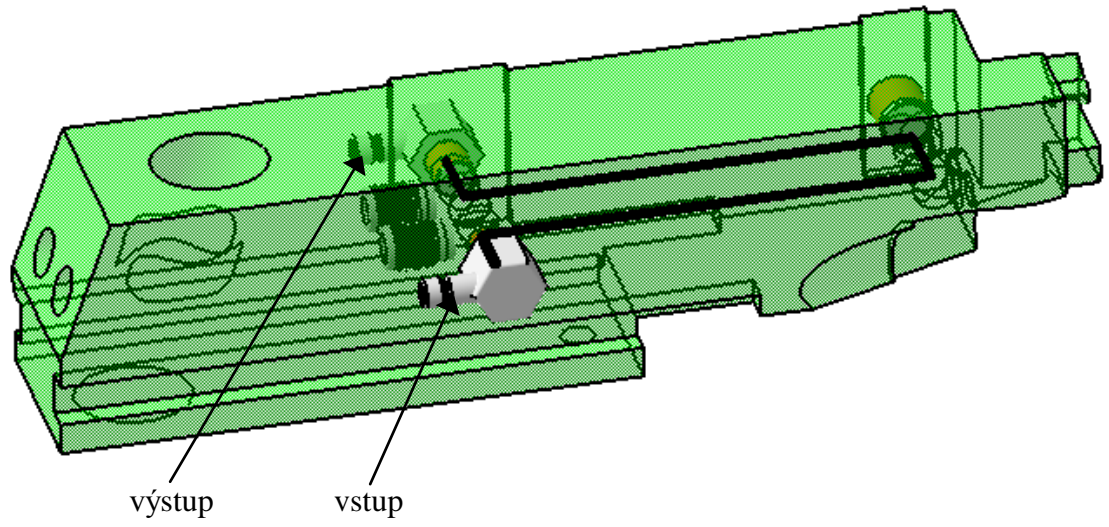
Obr. 22. Temperace posuvné kostky 1



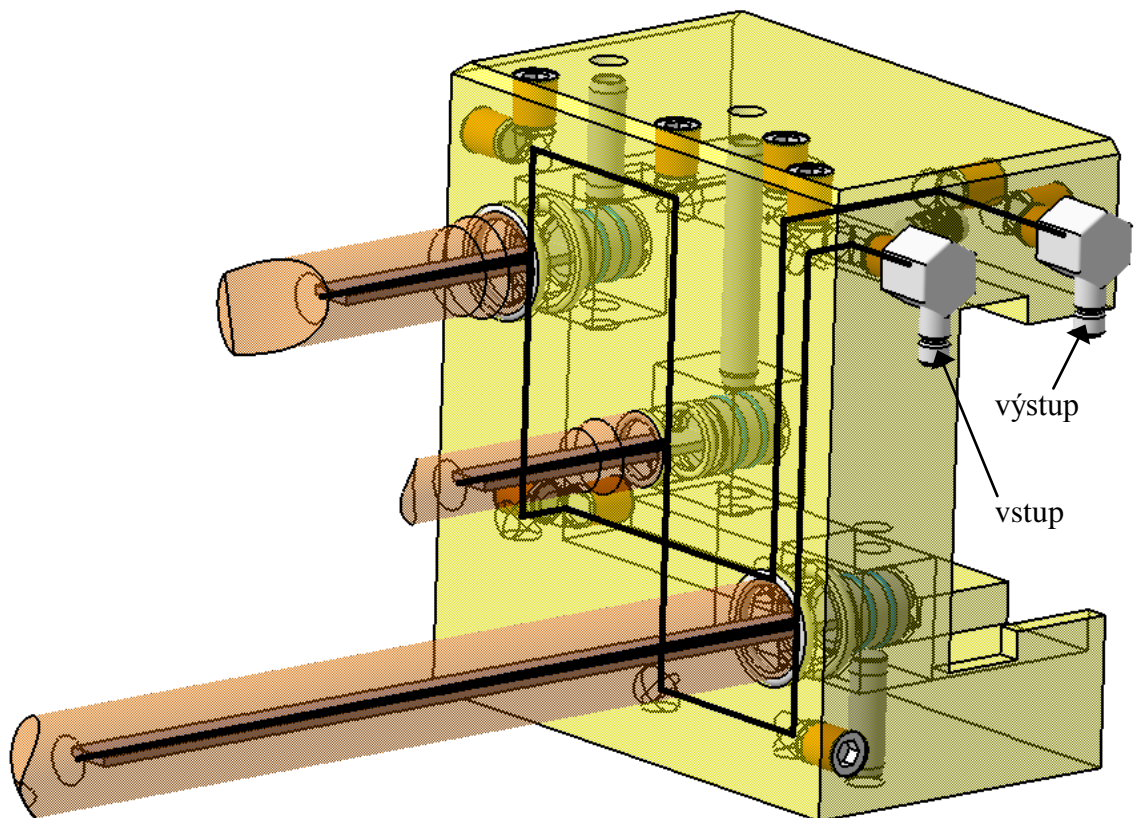
Obr. 23. Temperace posuvné kostky 2



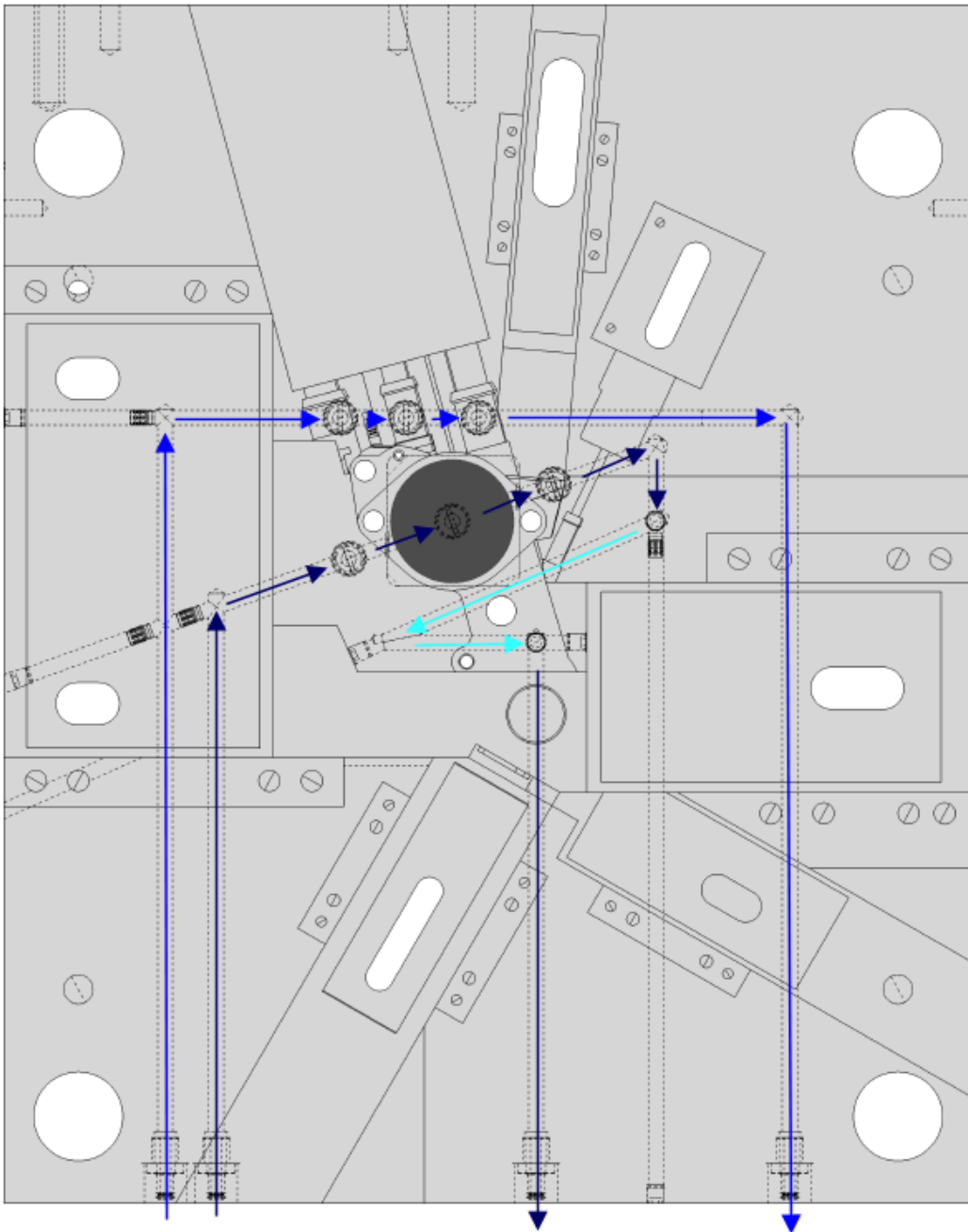
Obr. 24. Temperace posuvné kostky 3



Obr. 25. Temperace posuvné kostky 4



Obr. 26. Temperace posuvné kostky

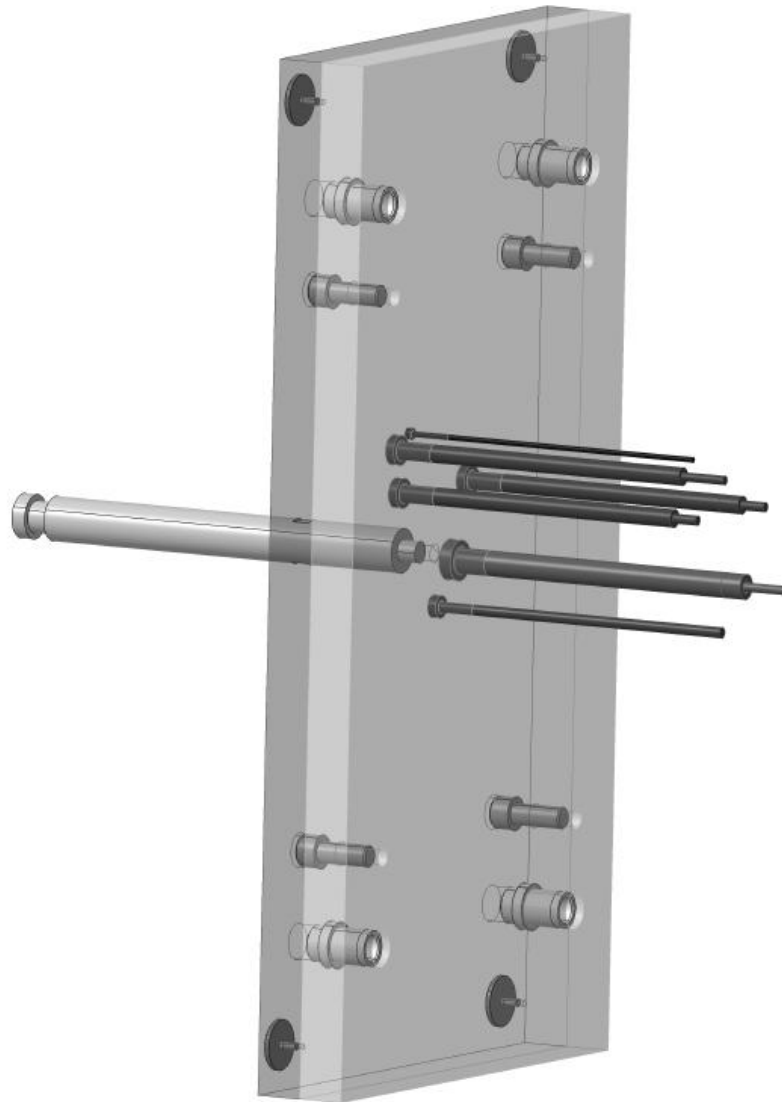


Obr. 27. Temperace levé strany, 2 okruhy

7.6 Vyhazovací systém

Vyhazování výrobku bylo navrženo pomocí válcových vyhazovačů a robotem, který díky přísavkám bude výrobek vyjímat z dutiny vstřikovací formy. V prvním kroku bude výrobek povyhozen válcovými vyhazovači, které částečně tvoří dutiny ve výrobku. Vyhazovače byly převzaty z normálií Hasco a byly následně upraveny. Vyhazovací systém se skládá z šestice vyhazovačů o průměrech 3, 6, 10 a 14 mm a délky 200 mm. Pohyb vyhazovačů byl

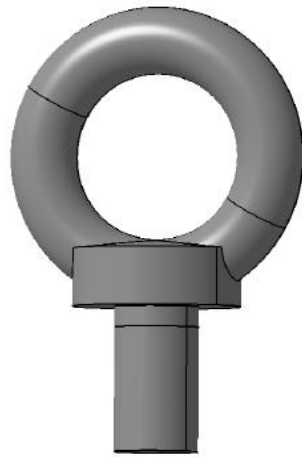
navržen táhlem, které bylo zašroubováno do opěrné vyhazovací desky. V dalším kroku bude výrobek uchopen robotem díky tvarovaným přísavkám a přesunut mimo stroj, kde dojde k odstřížení vtokového zbytku a položení dílu na dopravní pás.



Obr. 28. Vyhazovací systém

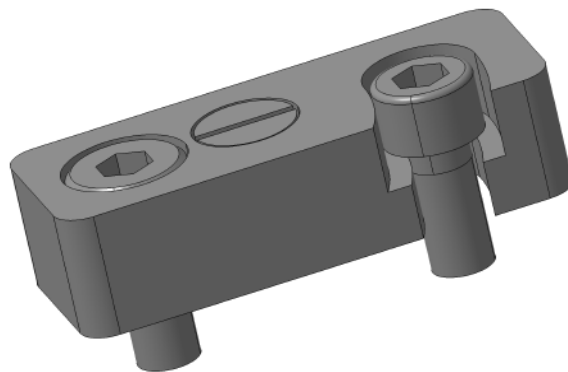
7.7 Manipulace

Vstřikovací forma byla opatřena dvěma šrouby s oky vybrané z normálií Hasco z označením Z71/20. Do takto připravených ok, které byly umístěny naproti sobě se vloží háky a za pomoci navijáku umístěného nad vstřikovacím strojem formu vytáhneme k upínacím deskám stroje.



Obr. 29. Šroub s okem

Vstřikovací forma byla dále vybavena dvěma zámky, které zabraňují rozevření pravé strany od levé strany vstřikovací formy. Zámky budou využívány při manipulaci s formou mimo vstřikovací stroj. Zámky byly převzaty z normálí Hasco s označením Z73/20x32x80.



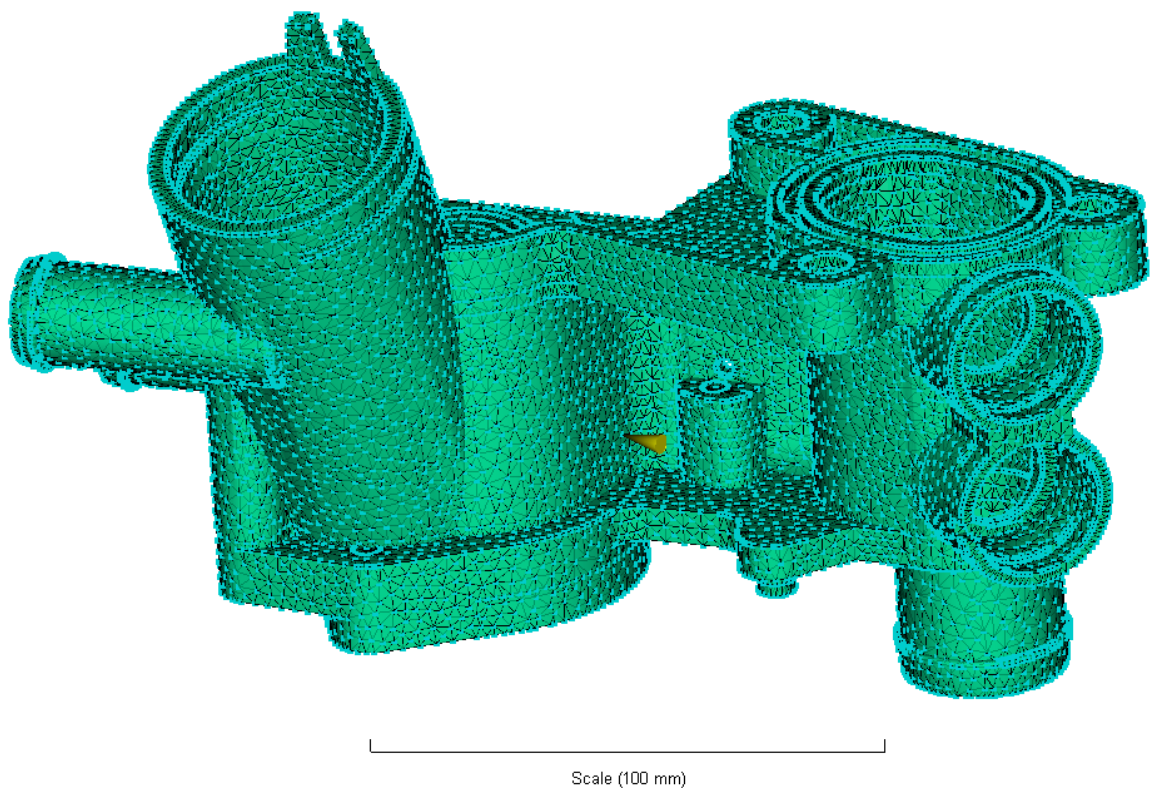
Obr. 30. Zámek

V přílohách jsou zobrazeny pohledy do pravé a levé strany vstřikovací formy.

8 SIMULACE VSTŘIKOVACÍHO PROCESU

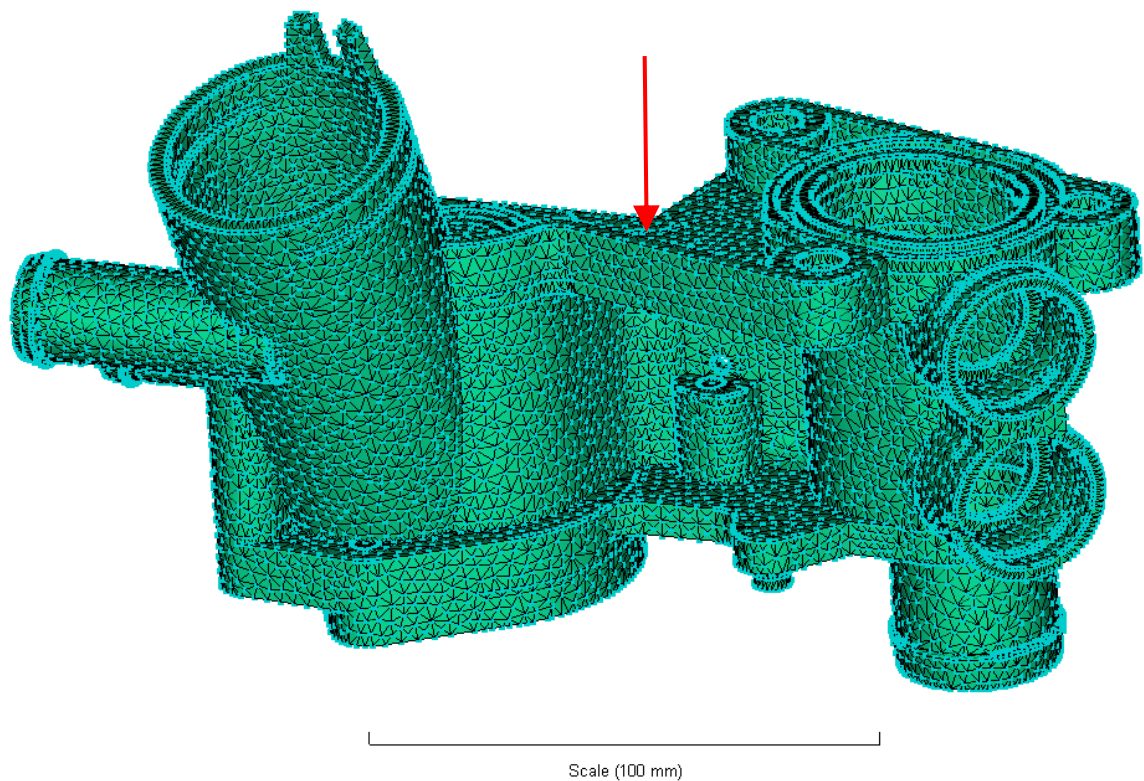
Simulace vstřikovacího procesu byla provedena v programu Autodesk Moldflow Insight 2013. Nejdříve musel být výrobek vysítován. Byla zvolena síť Dual Domain, která byla pro tento typ analýzy dostačující.

Jako první byla na výrobku provedena tzv. gate location analysis, která nám určí nejvhodnější místo pro umístění vtoku (na Obr. 31 označen vtok žlutým kuželem). Výsledná poloha vtoku však nebere zřetel na konstrukci formy, proto tato informace byla brána s nadhledem.



Obr. 31. Analýza pro umístění vtoku

Vtokové ústí bylo navrženo v jiném místě. Toto místo je znázorněno na Obr. 32. V druhém kroku byla provedena analýza chlazení, plnění, dotlaku a smrštění. Pro tyto analýzy byly stanoveny určité parametry vstřikovacího stroje, trajektorie vtokového a temperačního systému, vstřikovaný polymer.



Obr. 32. Zvolené místo vtoku

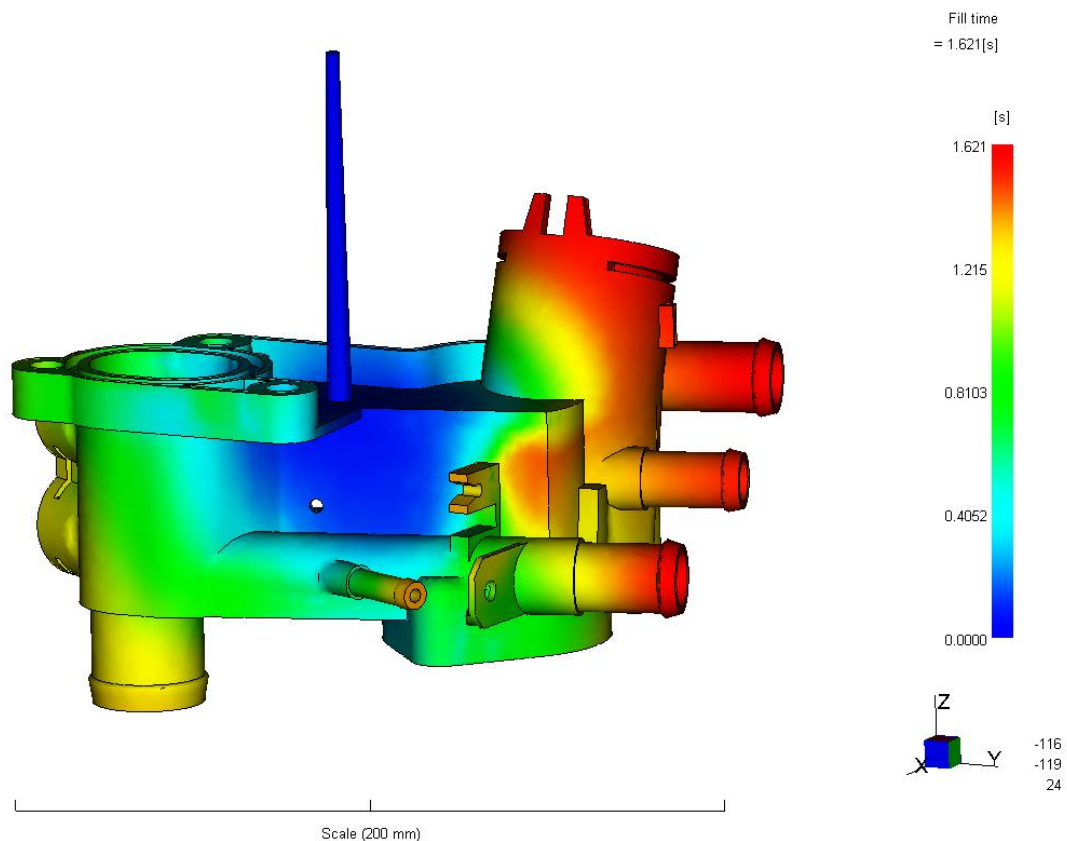
Tab. 3 Nastavení procesních podmínek:

Teplota formy	80 °C
Teplota taveniny	295 °C
Čas otevření formy	5 s
Čas cyklu	50 s
Vstřikovací čas	2 s
Bod přepnutí	automaticky
Rychlost/tlak bod přepnutí	99,8 % (objemově)
Teplota temperačního média	80 °C

8.1 Čas plnění

Jak je patrné z obr. 33 maximální doba plnění je 1,621 s. Lze pozorovat, že ve vtokovém systému je čas plnění prakticky nulový (modrá barva). Naopak v místech, jež jsou vzdálena

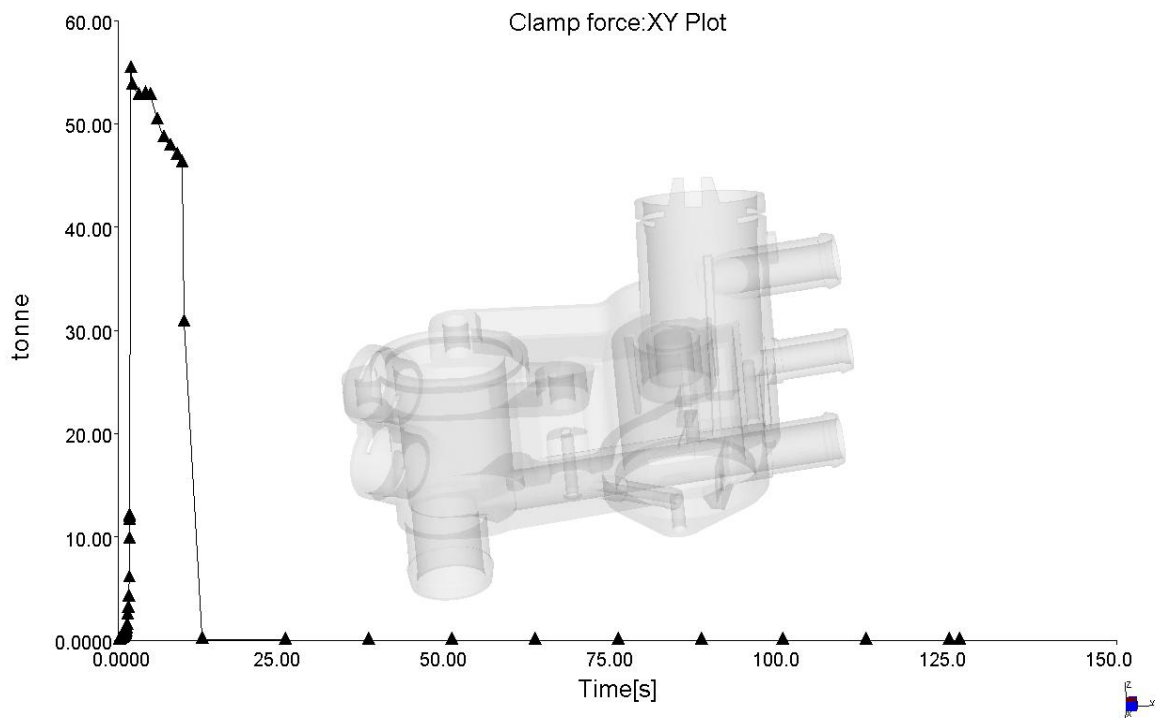
nejvíce od studeného vtokového ústí, dosahuje plnicí čas svých maximálních hodnot. Vždy je snaha o co nejkratší dobu plnění formy. Krátká doba plnění má příznivý vliv na orientaci makromolekul polymeru, ale může dojít k přehřátí a tím i k degradaci polymeru. Pokud bychom neúměrně snížili čas vstřikování, mohlo by dojít k tomu, že materiál nezateče do celé dutiny formy.



Obr. 33. Čas plnění výstřiku

8.2 Uzavírací síla

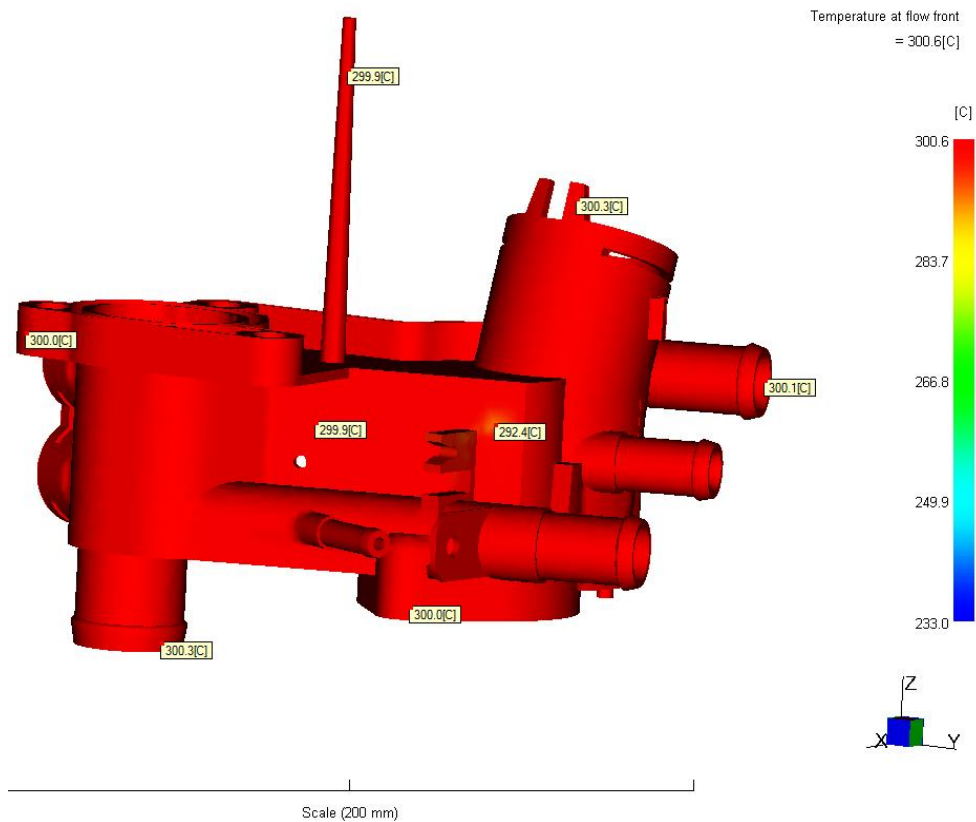
Pro zjištění průběhu uzavírací síly stroje slouží výsledky analýzy clamp force. Velikost maximální uzavírací síly by měla být jedním z parametrů pro volbu vhodného vstřikovacího stroje. Maximální uzavírací síla odečtené z číselných výsledků této analýzy je 570 kN (57 tonne). Největší síla je zapotřebí v době dotlaku. Námi zvolený vstřikovací stroj je schopen vyvodit uzavírací sílu až 2400 kN. Zvolený stroj vyhovuje výsledným požadavkům.



Obr. 34. Uzavírací síla

8.3 Teplota na čele taveniny

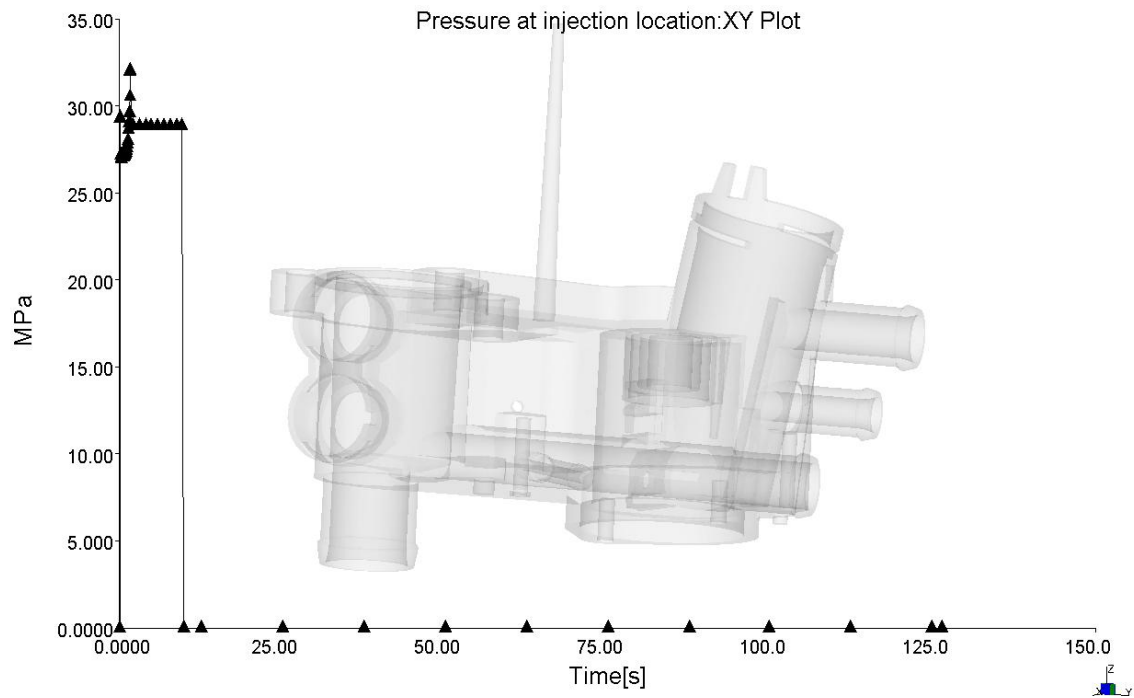
Rozpětí teplot na čele taveniny je patrné z obr. 35. Většina objemu výrobku má při vstřikování teplotu na čele taveniny okolo 300°C, jak bylo nastaveno do analýzy. Doporučený rozsah teplot pro zvolený materiál PA66 je od 285 °C do 305 °C. K poklesu teploty na čele taveniny dochází v místech, které jsou vzdálena nejvíce od vtokového ústí a navíc u nich dochází ke styku ochlazených čel taveniny. Při styku dvou čel taveniny s velmi nízkou teplotou hrozí vznik studeného spoje. Nízká teplota zvyšuje viskozitu polymerní taveniny, což může vést také k překročení maximálního smykového napětí na stěně (nadměrné namáhání materiálu). Jelikož míst s takto nízkou teplotou je na výrobku minimálně a nezabírají velkou povrchu, můžeme hodnotit výsledky této analýzy jako pozitivní. Je nutno brát ale zřetel na namáhání otvorů při konečném použití dílu. Studené spoje by mohly způsobit lokální snížení mechanických vlastností.



Obr. 35. Teplota na čele taveniny

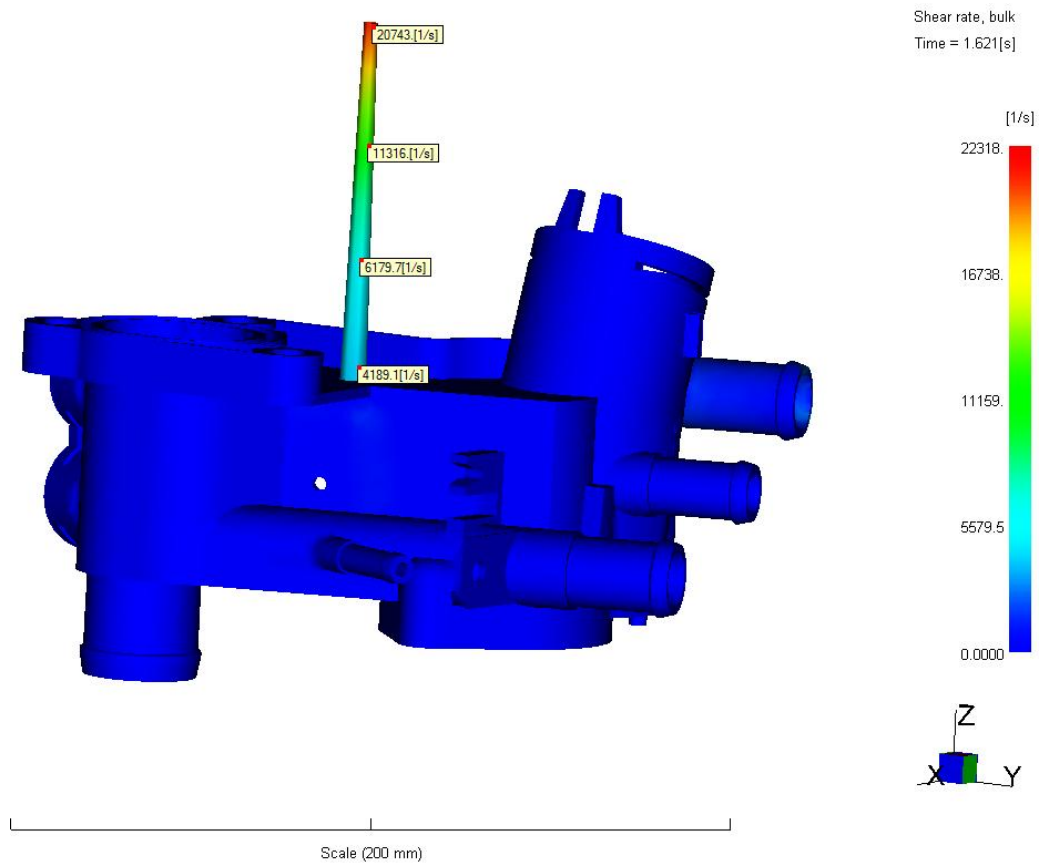
8.4 Průběh tlaku v čase

Obr. 36 znázorňuje průběh tlaku v dutině formy v závislosti na čase. Nejprve tlak prudce vzroste (vstřikování polymerní taveniny), poté je konstantní (nastavení konstantní velikosti dotlaku po dobu 10s) a nakonec klesne na nulovou hodnotu a celý cyklus se opakuje. V tomto případě je možno si povšimnout vznikajících tlakových špiček při fázi vstřiku. Tlakové špičky mohou být znakem jisté nerovnoměrnosti při vstřikování polymeru do dutiny formy. Odstranění je možno realizovat korekcí umístěním polohy vtokové vložky.



Obr. 36. Průběh tlaku v čase

8.5 Rychlost smykové deformace

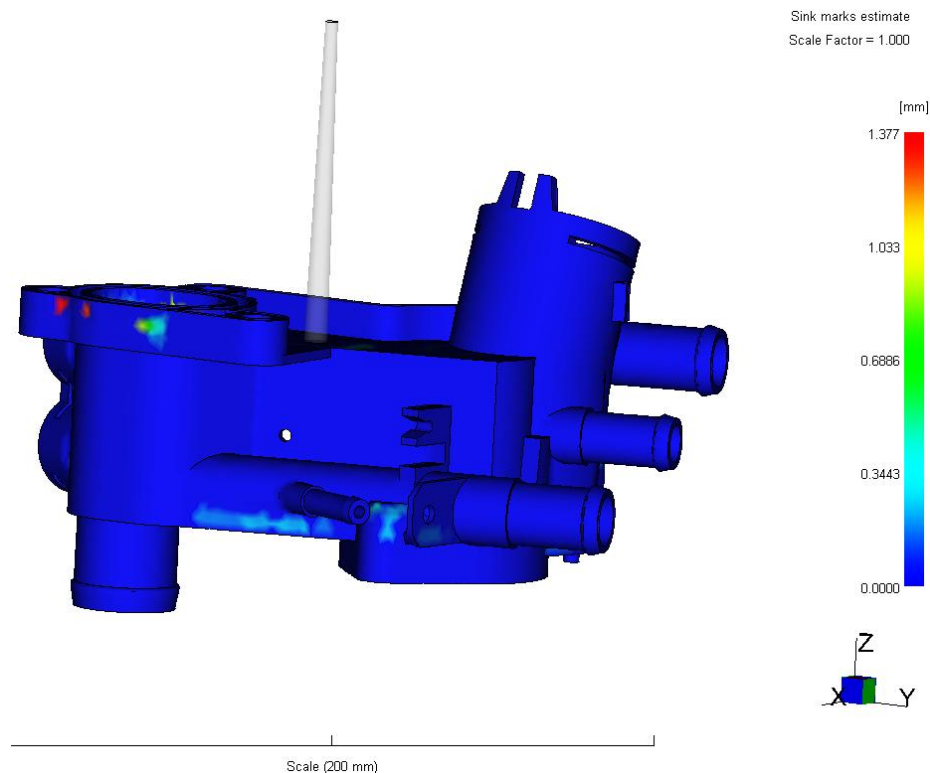


Obr. 37. Rychlost smykové deformace

Zobrazení rychlostí smykové rychlosti (Obr. 37.) je vhodné sledovat především u vtokového systému. Vlivem příliš vysoké rychlosti smykové deformace při vstřikování může dojít k degradaci vstřikovaného polymeru (narušení makromolekulárních řetězců). Dle získaných výsledků lze říci, že maximální velikost smykové rychlosti (22318 s^{-1}) nepřekročí nejvyšší povolenou mez pro materiál PA66, která byla výrobcem materiálu stanovena na hodnotu 60000 s^{-1} .

8.6 Odhad vzniku propadlin

Odhad míst s tendencí k tvorbě propadlin nabízí výsledky typu sink marks (Obr. 38). Propadliny vznikají v místech s příliš vysokou teplotou taveniny (nedostatečné chlazení), při příliš nízkém vstřikovacím tlaku a při dlouhé dráze toku taveniny. Propadliny na pohledové straně výrobku jsou nežádoucí. Abychom předešli tvorbě propadlin, existuje několik možností např. změnit tvar součásti, tak aby nedocházelo k výrazným změnám tloušťky stěn výrobku. Dále by bylo vhodné přesunout vtokové ústí do blízkosti problémových míst popř. zvětšit velikost vtokového ústí. Zvětšení vtokového ústí zajistí přívod většího množství materiálu do dutiny formy a tím zamezí tvorbě propadlin. Velikost propadlin na vstřikovaném dílu jsou minimální a jsou tedy akceptovatelné.

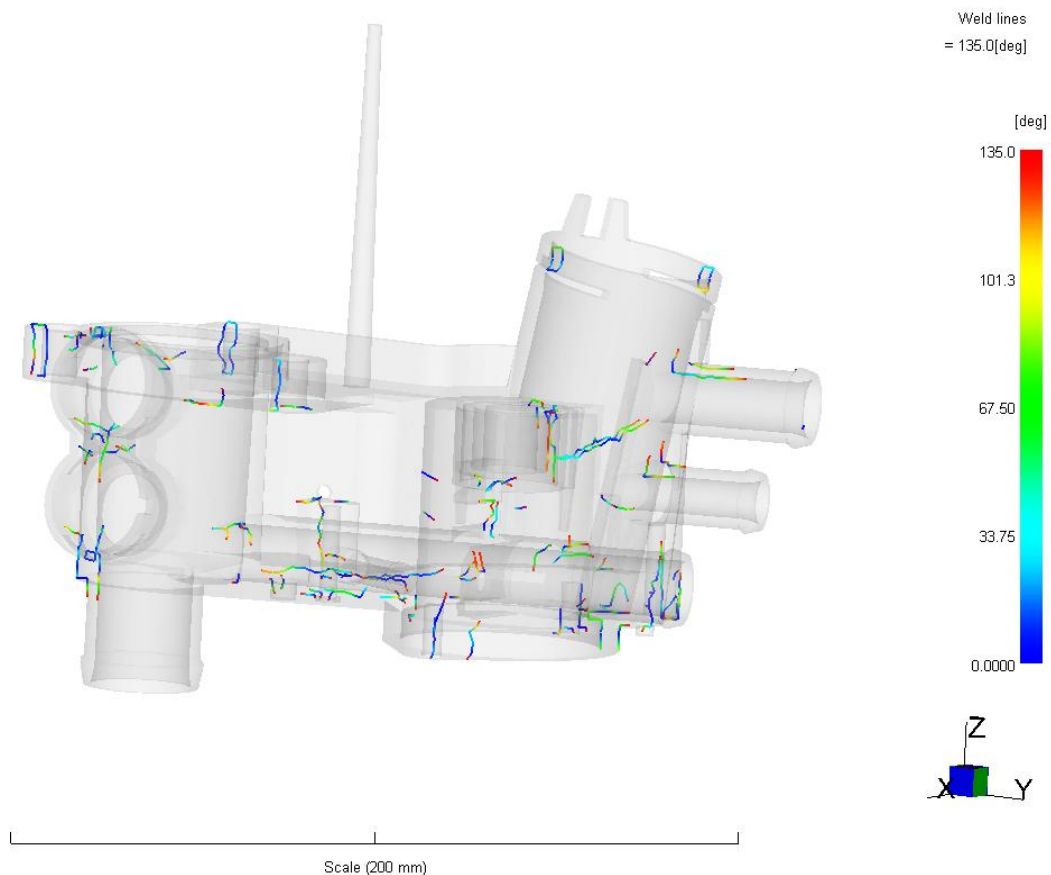


Obr. 38. Odhad vzniku propadlin

8.7 Studené spoje

Studené spoje (Obr. 39.) jsou místa, kde se stékají chladnoucí čela tavenin. Když se tyto chladnější čela setkají, nemají už potřebnou teplotu, aby se makromolekulární řetězce kvalitně propojily, čím tak vznikají potenciálně slabá místa, ve kterých může dojít k porušení výrobku. Studené spoje se dají odstranit změnou umístění vtoku. Popřípadě by mohlo být zlepšeno plnění dutiny formy z více vtoků. Studený spoj sice na výrobku vznikne, ale jeho kvalita bude vyšší, proto nedojde ke zhoršení mechanických vlastností v daném místě. Další možností je přesunutí místa vtoku, tak aby vznikl kvalitní studený spoj na místě, kde nebude zapotřebí vysoké jakosti povrch.

Na tomto konkrétním případě je znázorněno značné množství studených spojů zejména v dolní části výrobku, kde se setkávají čela studené taveniny. Napravit tyto vady by bylo možné zúžením vtokového ústí, nebo zvýšením teploty taveniny, případně snížit teplotu temperace.



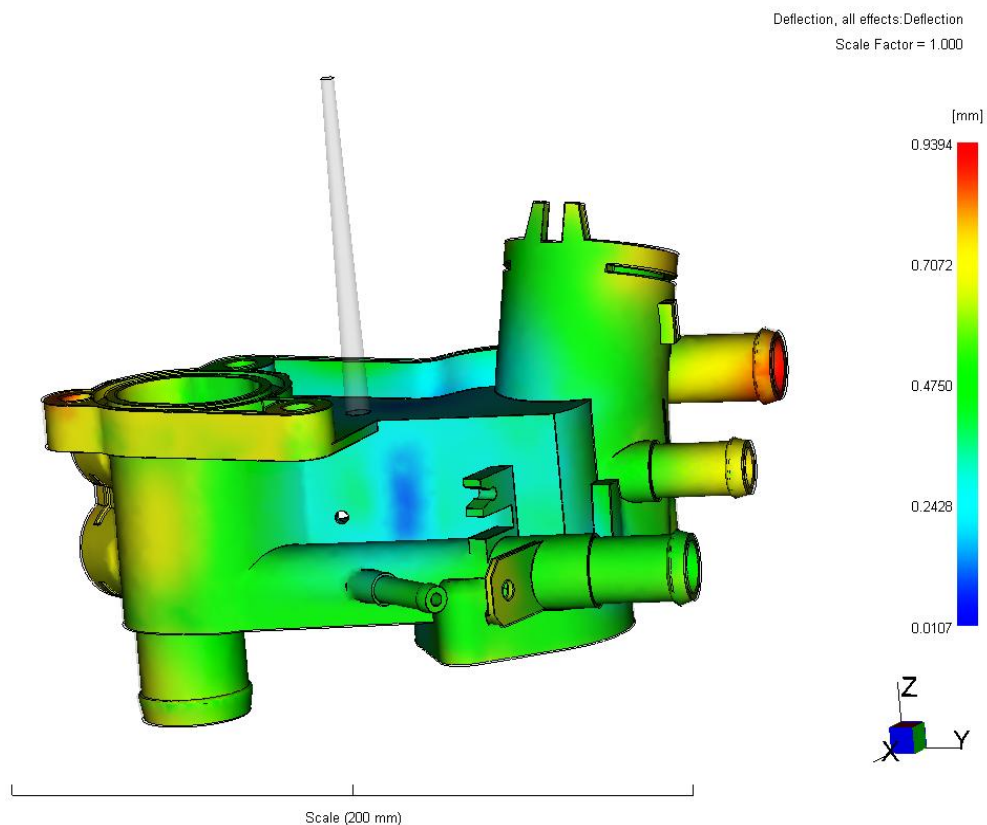
Obr. 39. Studené spoje

8.8 Smrštění a deformace

Stanovení velikosti smrštění a deformace vstřikovaného polymerního dílu je další z analýz vhodných pro zlepšení návrhu vstřikovací formy a technologických podmínek při vstřikování. Po zjištění deformací a smrštění lze porovnávat změny na výrobku oproti navrženým rozměrům při původní konstrukci výrobku. Velikost smrštění je značně ovlivněna volbou materiálu. Někdy může být smrštění dílu výrazně vyšší, než udává výrobce polymeru. U krystalických polymerů se tento jev projevuje ještě výrazněji. Dochází totiž k orientaci makromolekul ve směru toku taveniny a kolmo na směr taveniny a je nutno brát v úvahu vznik krystalické fáze.

8.8.1 Celková deformace

Z výsledků lze odečíst, že hodnota maximální celkové deformace je 0,4028 mm. Výsledky zahrnují všechny vlivy působící na deformaci výrobku. Maximální hodnoty deformací se vyskytují v částech výrobku, u kterých se s tím počítalo a dutina vstřikovací formy byla zvětšena. Velikost smrštění a deformace lze upravit zvýšením dotlaku nebo zintenzivněním chlazení.



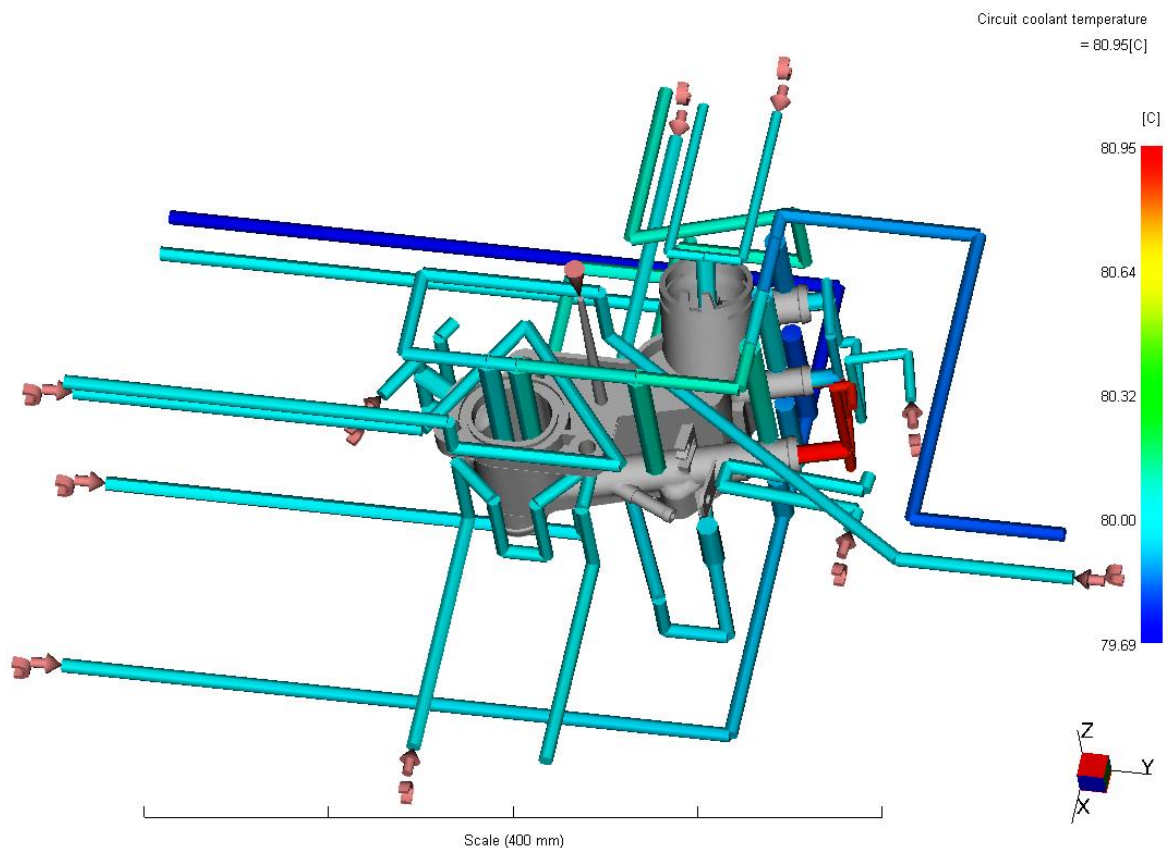
Obr. 40. Celková deformace

8.9 Temperace

Dutina formy je během vstřikování plněna taveninou, která je ve formě ochlazována na teplotu vhodnou k vyjmutí výstřiku. Temperační systém ovlivňuje plnění tvarové dutiny formy, kvalitu výstřiku a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí polymeru (především odvodem tepla od dutiny formy). Správně navržený temperační systém formy dokáže zkrátit celkový čas vstřikovacího cyklu a tím také výrazně snížit cenu výrobky (při dodržení všech technologických požadavků). Někdy je možno různé části formy temperovat záměrně jiným způsobem, tím lze eliminovat rozdílné tvarové deformace.

V tomto případě byla jako temperační prostředek zvolena voda, jak již bylo řečeno výše. Mezi její přednosti patří dobré tepelné vlastnosti (oproti oleji např.), ekologická nezávadnost, ekonomická nenáročnost, nehořlavost a nízká viskozita. Naopak nevýhodou je odpařování vody při vyšších teplotách, tvorba usazenin a koroze v temperačních kanálech.

8.9.1 Teplota chladicího média v okruhu



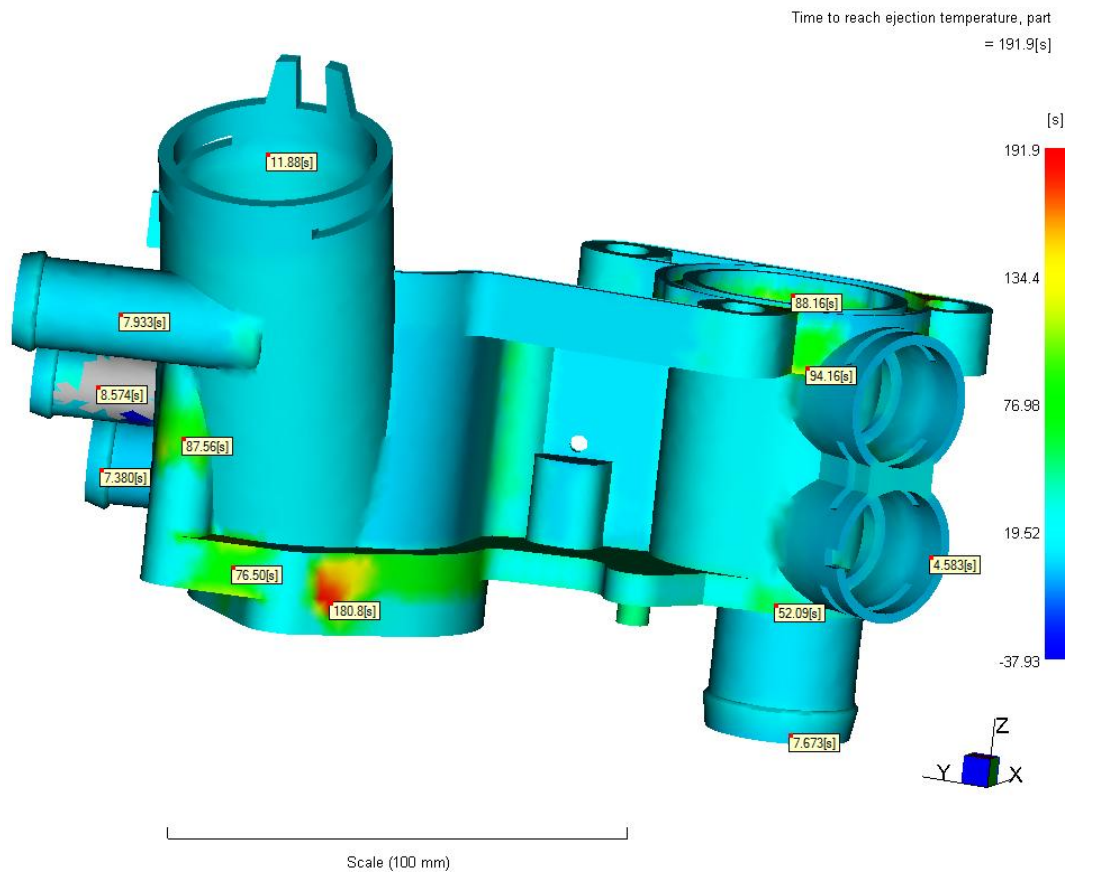
Obr. 41. Teplota chladicího média v okruhu

Výsledky této analýzy znázorňují teplotu chladícího média v okruhu. Snahou je dosáhnout co nejmenšího rozdílu teplot na vstupu a výstupu, což zaručí rovnoměrný odvod tepla z dutiny formy. Při nerovnoměrném chlazení dutiny formy by mohlo dojít k rozdílům ve vlastnostech výrobků nebo k problémům při vyhazování výstřiků (některé plochy na výrobku nedosáhnout vyhazovací teploty). Rozdíly teplot na vstupu a na výstupu byly 1,27°C. Celkový rozdíl by neměl překročit 5 °C. Tento malý rozdíl zaručí rovnoměrný odvod tepla, ale to nemusí znamenat dostatečné chlazení dutiny formy.

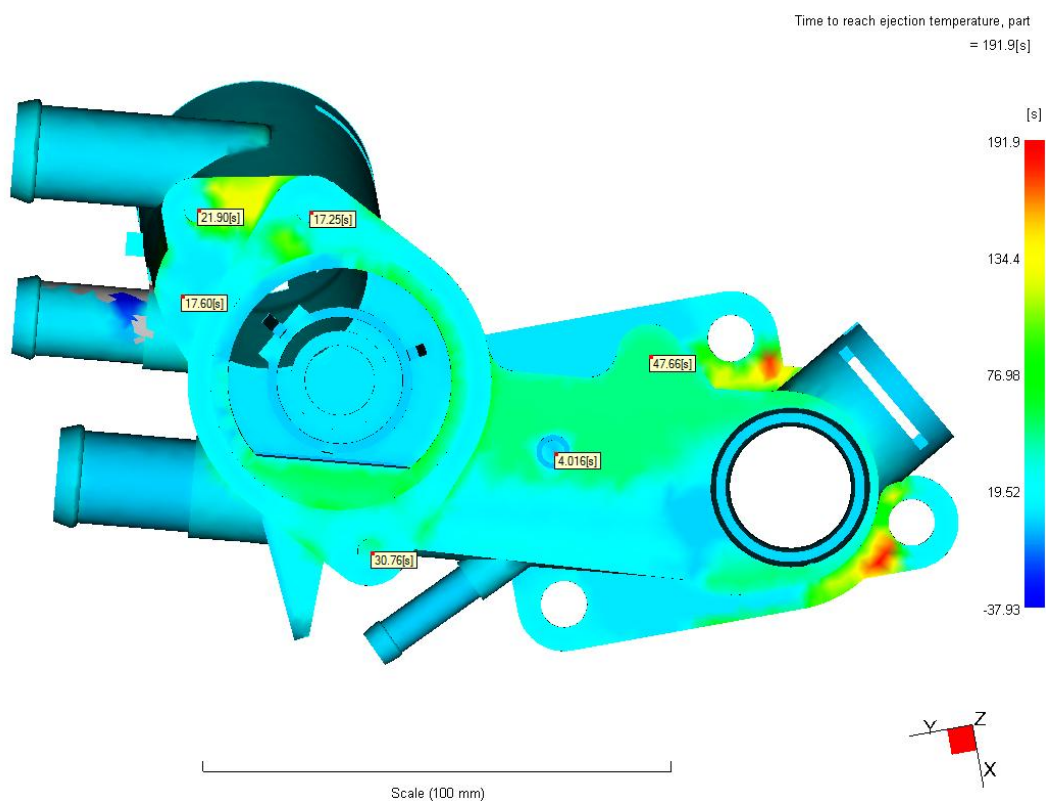
8.9.2 Čas pro dosažení vyhazovací teploty

Analýza chlazení zobrazuje čas potřebný pro dosažení vyhazovací teploty (220 °C pro zvolený PA66). Výsledný maximální čas na Obr. 42 je měřen od počátku vstřikovacího cyklu (tedy od zahájení vstřiku). Jak vyplývá z výsledků, nejvíce času pro dosažení vyhazovací teploty (až 191.9 s). Tento čas je způsoben vyšší tloušťkou stěn v těchto místech. Tato doba byla s nejvyšší pravděpodobností způsobena nedostatečným chlazením této hrany výrobku. Pro odstranění tohoto nežádoucího jevu je potřeba umístit temperanční kanály blíže k boční straně výrobku, avšak vzhledem k předpokládanému umístění dělicí roviny se toto nejeví jako vhodné. Dalším možným řešením je změnit druh temperančního média, zvýšit tlak vstupujícího média nebo snížit teplotu média vstupujícího do temperančního okruhu.

Části výrobku, u kterých probíhají temperanční kanály mnohem blíže, dosahují času pro vyhození zhruba kolem 80 s, což je přijatelné pro náročnost výstřiku. Při pohledu na obr. 40 je patrné že teplota na výstřiku v místech pro vyhazovače dosahuje teploty 47,6 s. Doba pro vyhození výstřiku bude tedy stanovena na hodnotu 48 s. Tím by bylo zaručeno vyhození výrobku tak, aby vyhazovače nezanechaly na povrchu výrobku výrazné stopy nebo dokonce povrch nezdeformovaly.



Obr. 42. Čas pro dosažení vyhazovací teploty



Obr. 43. Čas pro dosažení vyhazovací teploty s označenými místy pro vyhazovače

DISKUZE VÝSLEDKŮ

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout vstřikovací formu pro plastový díl chladiče.

Vstřikovací forma spočívala v návrhu všech částí formy. Při konstrukci vstřikovací formy byla snaha o co největší využití normálií Hasco pro urychlení výroby vstřikovací formy a také na snížení ceny. Některé normálie se musely následně upravit na požadovaný tvar. Způsob odformování výstřiku byl řešen pomocí šikmých čepů, tahačů jader, lomeného kolíku, pravé a levé tvarové desky. Na pravé straně bylo navrženo jedno posuvné jádro. Na levé straně vstřikovací formy bylo navrženo pět posunových kostek ovládaných pomocí šikmých čepů, jedna posunová kostka ovládaná lomeným kolíkem a zbylé dvě jsou ovládané pomocí tahačů jader. Vtokový systém byl navržen studený, který je pro zadaný díl plně dostačující a není tak energeticky náročný. Dále bylo navrženo deset temperačních okruhů. Tři okruhy byly navrženy na pravé straně vstřikovací formy a zbylých sedm na straně levé. Temperační kanály byly zvoleny vrtané kruhového průřezu o průměru 6 a 8 mm a byly utěsněné pomocí ucpávek. Do temperačních okruhů bylo celkem zařazeno 17 přepážek. Vývody z desek a kostek byly vybaveny přípojovacími nátrubky, které byly dle potřeby zapuštěny do desek a kostek, aby se nepoškodily. Vyhození výstřiku bylo navrženo pomocí válcových vyhazovačů, které vyplňují malé dutiny ve vstřikovaném výstřiku. Válcové vyhazovače byly voleny o průměru 3, 6, 10 a 14 mm. Celkem bylo použito šest těchto vyhazovačů. Pro manipulaci se vstřikovací formou byla forma vybavena dvěma šrouby s oky a se dvěma zámkami, které byly umístěny na boční strany vstřikovací formy.

Materiál byl zvolen PA66, od dodavatele DuPont Engineering Polymers. Materiál je pružný a odolává i vyšším teplotám, což je pro tento případ výhodné.

Ke vstřikování byl zvolen vstřikovací stroj od německé firmy Agburg, Typ tohoto stroje byl zvolen *ALLROUNDER 570 C*, s ohledem na uzavírací sílu, s ohledem na objem vstřikované dávky a hlavně s ohledem na velikost upínací plochy.

Tokové analýzy byly provedeny v programu Autodesk Moldflow Insight 2013. Z analýzy plnění vyplývá, že zaplnění dutiny výstřiku není rovnoměrné. To však nemá hlavní vliv na tvarovou a rozměrovou přesnost výstřiku. K nerovnoměrnému plnění je způsobeno tím, že vtoková vložka není umístěna v ideální poloze vzhledem na konstrukční řešení navržené vstřikovací formy. Výsledný čas plnění byl stanoven na necelých 1,7 s. Výsledná analýza potvrdila správnost volby vstřikovacího stroje tím, že žádný parametr nebude překročen.

Rovnoměrné chlazení umožňuje urychlení vstřikovacího cyklu. Z analýzy chlazení bylo stanoveno, že doba na vyhození výrobku z tvarové dutiny bude 48 s. Tato doba je z hlediska složitosti dílu akceptovatelná.

Z analýzy smrštění vyplývá, že maximální deformace nepřesahují hodnotu 0,4 mm. Maximální hodnoty deformací se vyskytují v částech výrobku, u kterých se s tím počítalo a dutina vstřikovací formy byla předem zvětšena.

ZÁVĚR

V teoretické části je popsána technologie vstřikování, konstrukce vstřikovaných výrobků a poslední část se věnuje problematice konstrukce vstřikovacích forem.

V praktické části byl navržen 3D model dílu chladiče pro zaformování do vstřikovací formy. Následně byl zvolen materiál vstřikovaného výrobku PA66, od dodavatele DuPont Engineering Polymers. Dále byl ke vstřikování zvolen vstřikovací stroj Arburg ALLROUNDER 570 C.

Násobnost vstřikovací formy byla zvolena jednonásobná. Vtokový systém byl navržen studený. Následně byla vytvořena ve vstřikovací formě dutina a všechny náležitosti, které vstřikovaný výrobek pomáhaly odformovat. Navržení tvaru a funkcí posuvných kostek, které zajišťovaly odformování výrobku, bylo v rámci celé vstřikovací formy nejsložitější. Jakmile byly všechny díly navrhnuty, bylo do formy přidány příslušné normálie od firmy Hasco. Temperace byla řešena soustavou vrtaných kanálů kruhového průřezu a přepážkami, aby odvod tepla z tvarových dutin byl co nejefektivnější. Vyhazování výrobku bylo navrženo pomocí válcových vyhazovačů, které výrobek uvolní a výrobek si přebere externí robot, který bude vyjímat výstřik z dutiny vstřikovací formy, postará se o odstranění vtokového zbytku a uloží hotový díl na dopravní pás.

Správnou volbu materiálu, stroje a konstrukční řešení vstřikovací formy bylo ověřeno simulací vstřikovacího procesu. První analýza navrhla nejvhodnější místo pro umístění vtokového systému ve vstřikovací formě. Výsledná poloha sloužila orientačně pro počáteční návrh. Následné analýzy potvrdily správnou volbu materiálu, vstřikovacího stroje a potvrdily také správnost konstrukčního řešení vstřikovací formy. Vybrané výsledky analýz byly popsány výše.

Všechna potřebná data jsou doložena v přílohách této diplomové práce, 2D sestavou vstřikovací formy a kusovníkem. Při konstrukci a návrhu vstřikovací formy bylo čerpáno z teoretické části.

Nakonec bylo provedeno zhodnocení návrhu zvoleného řešení v diskuzi výsledků.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie:

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl - Vstřikování termoplastů*. 2. upr. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. 133 s.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II. díl - Vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. 214 s.
- [3] BRUMMEL, M. a kol. *Rozměrově přesné výrobky z plastů*. 1. vyd. Praha : VÚNM, 1977. 272 s.
- [4] DOLEŽAL, Vladimír. *Plastické hmoty*. 3. přeprac. a dopl. vyd. Praha : SNTL, 1977. 392 s.
- [5] HENDRYCH , Josef, WEBER , Antonín, DOLEŽEL , Jaroslav. *Standardizace rámu a součástí forem pro vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1986. 360 s.
- [6] KRATOCHVÍL, Bohumil, ŠVORČÍK , Václav, VOJTĚCH, Dalibor. *Úvod do studia materiálů*. 1. vyd. Praha : VŠCHT, 2005. 190 s. ISBN 80-7080-588-4.
- [7] REES, Herbert. *Mold engineering*. 2nd edition. Munich : Hanser, 2002. 688 s. ISBN 3-446-21659-6.
- [8] ŠTĚPEK, Jiří, ZELINGER, Jiří, KUTA, Antonín. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1989. 638 s.
- [9] TOMIS, František, HELŠTÝN, Josef. *Formy a přípravky*. 2. přeprac. vyd. Brno : VUT, 1985. 374 s.
- [10] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů*. 1. vydání. Praha : BEN - technická literatura, 2009. 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [11] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení: Gumárenské a plastikářské stroje II*. 1. vyd. Brno: VUT , 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X
- [12] KOLOUCH, J. *Strojní součásti z plastů*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981. 258 s

- [13] MENGES, Georg, Walter MICHAELI a Paul MOHREN. *How to make injection molds*. 3rd. Munich: Hanser, c2001, xvii, 612 s. ISBN 3446212566.
- [14] PLESNÍK, R. *Konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl*. Zlín, 2011. 73 s. Bakalářská práce. UTB Zlín.
- [15] KNOT, J. *Konstrukční návrh a porovnávání temperačních systémů*. Zlín, 2010. 98 s. Diplomová práce. UTB Zlín
- [16] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů*. [s.l.] : [s.n.], 2009. 247 s.
- [17] STOKLASA, Karel. *Zpracovatelské inženýrství - I : základy gumárenské a plastikářské technologie*. Zlín: UTB Zlín, 2007. 107 s

Internetové zdroje:

- [18] Plasty [online]. 2002 [cit. 2008-11-10]. Dostupný z WWW: <[HTTP://www.kubousek.cz/pdf/smart.pdf](http://www.kubousek.cz/pdf/smart.pdf)>.
- [19] Arburg [online]. c2001-2007 [cit 2009-01-31]. Dostupný z WWW: <http://www.arburg.com/com/COM/en/products/machines/standard/allrounder_c/index.jsp>.
- [20] Arburg [online]. c2001-2007 [cit 2009-01-31]. Dostupný z WWW: <http://www.arburg.com/com/common/downland/Web_522848_CZ.pdf>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Dvourozměrný prostor
3D	Trojrozměrný prostor
ČSN	Česká státní norma
DIN	Německý ústav pro průmyslovou normalizaci
E	Modul pružnosti v tahu [MPa]
F	Potřebná uzavírací síla vstřikovacího stroje [kN]
G	Modul pružnosti ve smyku [MPa]
HRC	Rockwellova tvrdost
ITT	Index toku taveniny [g/10min]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Vstřikovací cyklus [17].....	14
Obr. 2. Průběh tlaku a teploty [8]	15
Obr. 3. Dělení polymerů [15].....	16
Obr. 4. Dosednutí trysky stroje na vtokovou vložku vstřikovací formy [1]	21
Obr. 5. Hydraulická uzavírací jednotka [8].....	22
Obr. 6. Schéma hydraulicko-mechanické jednotky [1].....	22
Obr. 7. Vtokový systém vstřikovací formy [1]	33
Obr. 8. Odtržení bodového ústí vtoku pomocí tunelového vtoku [8].....	35
Obr. 9. Vyhřívaná tryska s vnějším vytápěním [1]	38
Obr. 10. Vyhřívaná tryska s vnitřním vytápěním [1]	39
Obr. 11. Čelist'ová vstřikovací forma [14].....	41
Obr. 12. Příklad vyhazovacího systému [9].....	44
Obr. 13. 3D model výrobku	53
Obr. 14. 3D model výrobku	53
Obr. 15. Allrounder 570 C [19]	55
Obr. 16. Horní náhled na vstřikovací formu	56
Obr. 17. Vodící části vstřikovací formy.....	57
Obr. 18. Tvarová deska pravá	58
Obr. 19. Tvarová deska levá	59
Obr. 20. Vtoková vložka.....	60
Obr. 21. Temperace pravé strany, 3 okruhy.....	61
Obr. 22. Temperace posuvné kostky 1	62
Obr. 23. Temperace posuvné kostky 2.....	63
Obr. 24. Temperace posuvné kostky 3.....	63
Obr. 25. Temperace posuvné kostky 4.....	64
Obr. 26. Temperace posuvné kostky.....	64
Obr. 27. Temperace levé strany, 2 okruhy	65
Obr. 28. Vyhazovací systém	66
Obr. 29. Šroub s okem	67
Obr. 30. Zámek	67
Obr. 31. Analýza pro umístění vtoku.....	68

Obr. 32. Zvolené místo vtoku	69
Obr. 33. Čas plnění výstřiku	70
Obr. 34. Uzavírací síla	71
Obr. 35. Teplota na čele taveniny	72
Obr. 36. Průběh tlaku v čase	73
Obr. 37. Rychlost smykové deformace	73
Obr. 38. Odhad vzniku propadlin	74
Obr. 39. Studené spoje	75
Obr. 40. Celkové deformace	76
Obr. 41. Teplota chladícího média v okruhu	77
Obr. 42. Čas pro dosažení vyhazovací teploty	79
Obr. 43. Čas pro dosažení vyhazovací teploty s označenými místy pro vyhazovače	79

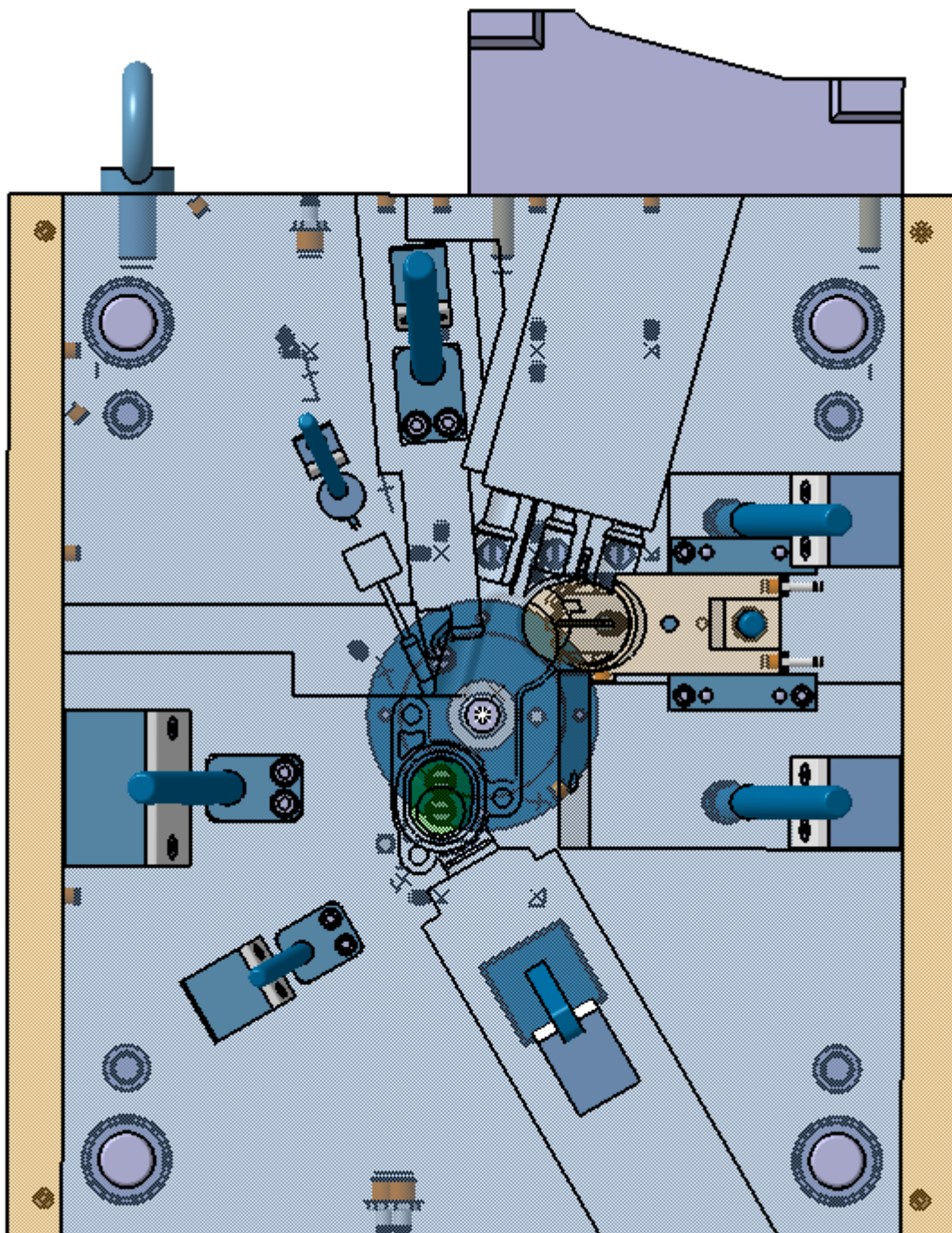
SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Charakteristické vlastnosti zvoleného polyamidu.....</i>	<i>53</i>
<i>Tab. 2 Základní parametry stroje.....</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 3 Nastavení procesních podmínek.....</i>	<i>68</i>

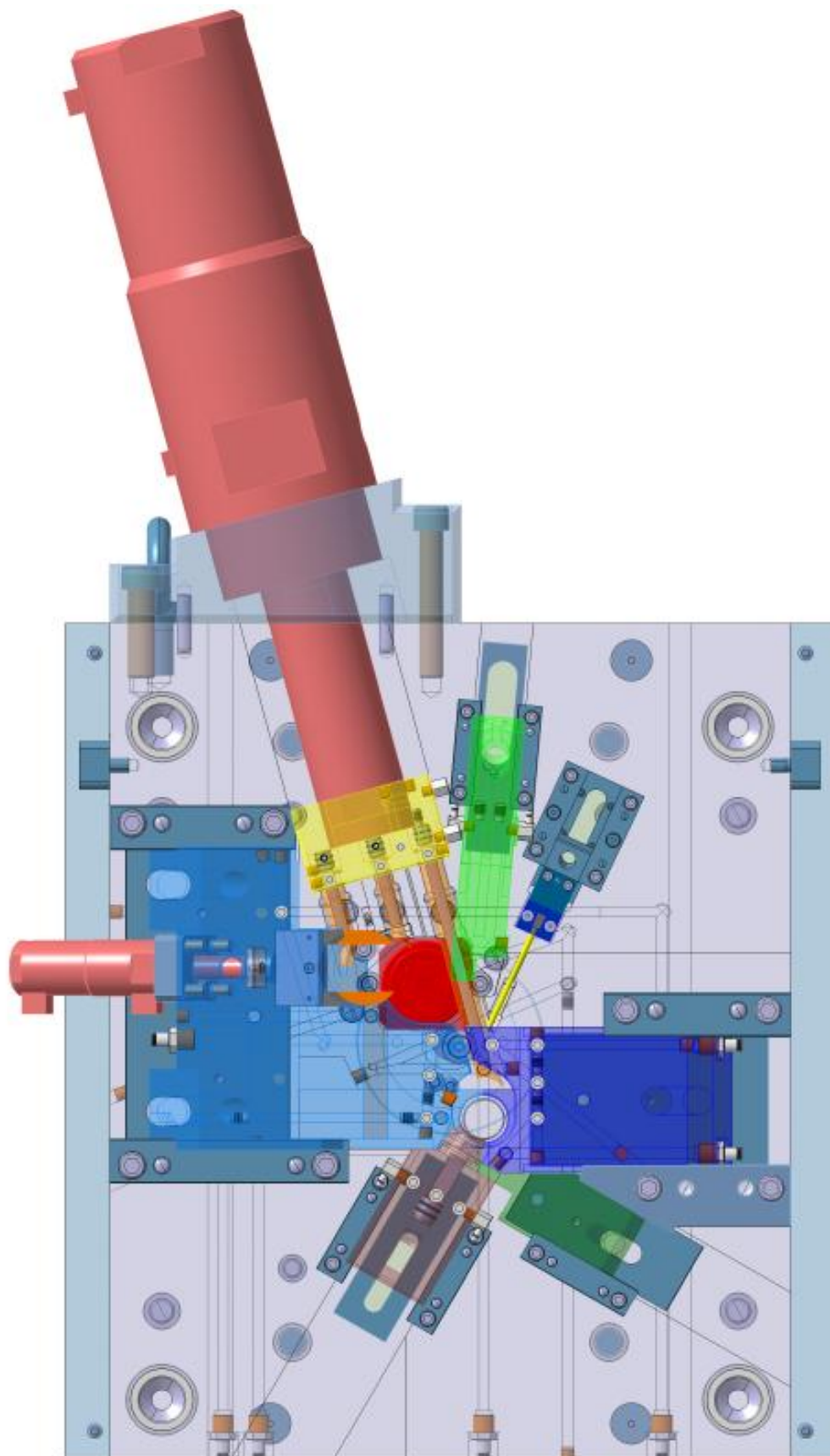
SEZNAM PŘÍLOH

- PI Prává strana vstříkovací formy čelní pohled
- PII Levá strana vstříkovací formy čelní pohled
- PIII 3D pohled na vstříkovací formu
- PIV Sestava vstříkovací formy s kusovníkem
- PV CD - disk

PŘÍLOHA PI: PRAVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY



PŘÍLOHA PII: LEVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY



PŘÍLOHA PIII: 3D POHLED VSTŘIKOVACÍ FORMY

