

Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu plastového dílu

Václav Mrnušík

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav Mrnuščík**
Osobní číslo: **T15030**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu plastového dílu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Nakreslete zadaný díl ve 3D.
3. Provedte konstrukci vstřikovací formy pro výrobu zadaného dílu ve 3D.
4. Nakreslete výkres sestavy a příslušné řezy formy.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle zadání vedoucího BP.

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Michal Staněk, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2018

Termín odevzdání bakalářské práce:

18. května 2018

Ve Zlíně dne 28. února 2018



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



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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 17.5.2018



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na návrh a konstrukci vstřikovací formy pro zadaný plastový díl. Práce je rozdělena na dvě části. První část je teoretická a zabývá se základním rozdělení polymerních materiálů, procesu vstřikování a konstrukcí forem. Praktická část se zabývá vytvořením modelu ve 3D a konstrukcí čtyřnásobné vstřikovací formy, která byla vytvořena v programu CATIA V5R19. Pro generování normalizovaných dílů byl používán HASCO DAKO MODUL. Po zhotovení konstrukce vstřikovací formy byla nakreslena 2D sestava s příslušnými řezy formy.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, CATIA, HASCO

ABSTRACT

Bachelor thesis is focused on design of an injection mold for the specified plastic part. The thesis is divided into two parts. The first part is theoretical and deals with the basic distribution of the polymeric materials, the process of injection molding and design of injection molds. The practical part deals with creating of model in 3D and design of quadruple injection mold, which was created in the CATIA V5R19 program. For generating normalized parts was used HASCO DAKO MODUL. After finishing of the construction of injection mold there was created 2D assembly with appropriate cuts of the mold.

Keywords: injection, injection mold, CATIA , HASCO

Poděkování:

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za cenné rady, trpělivost a čas, který mi věnoval při vypracování této práce.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 ROZDĚLENÍ POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ	11
1.1 PLASTY	11
1.1.1 Termoplasty	11
1.1.2 Termoplastické elastomery.....	13
1.1.3 Reaktoplasty.....	13
1.2 ELASTOMERY.....	13
2 VSTŘIKOVÁNÍ	14
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	14
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ	15
2.2.1 Vstřikovací jednotka	16
2.2.2 Uzavírací jednotka	17
2.2.3 Řídící jednotka	18
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	19
3.1 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	20
3.2 TEMPERACE FOREM.....	21
3.3 STUDENÁ VTOKOVÁ SOUSTAVA.....	22
3.3.1 Plný kuželový vtok	23
3.3.2 Bodový vtok.....	24
3.3.3 Tunelový vtok	24
3.3.4 Boční vtok.....	25
3.3.5 Filmový vtok.....	25
3.4 VYHŘÍVANÁ VTOKOVÁ SOUSTAVA.....	26
3.4.1 Vyhřívané trysky	26
3.4.2 Vytápěné rozvodné bloky.....	27
3.5 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM	28
II PRAKTICKÁ ČÁST	29
4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	30
5 POUŽITÝ SOFTWARE	31
5.1 CATIA V5R19	31
5.2 HASCO DAKO MODUL	31
6 VÝROBEK	32
7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	33
7.1 NÁSOBNOST FORMY	33
7.2 ZAFORMOVÁNÍ.....	33
7.3 VTOKOVÝ SYSTÉM	34
7.4 TVAROVÉ ČÁSTI FORMY.....	35
7.4.1 Tvárník.....	35
7.4.2 Tvárnice	36
7.4.3 Posuvné čelisti.....	36

7.5	TEMPERACE.....	37
7.5.1	Temperace tvarové části - tvárník.....	38
7.5.2	Temperace tvarové části - tvárnice.....	40
7.6	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	42
7.7	ODVZDUŠNĚNÍ.....	43
7.8	PRAVÁ STRANA FORMY.....	44
7.9	LEVÁ STRANA FORMY.....	45
8	VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	47
	ZÁVĚR.....	48
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	49
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	51
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	52
	SEZNAM TABULEK.....	54
	SEZNAM PŘÍLOH.....	55

ÚVOD

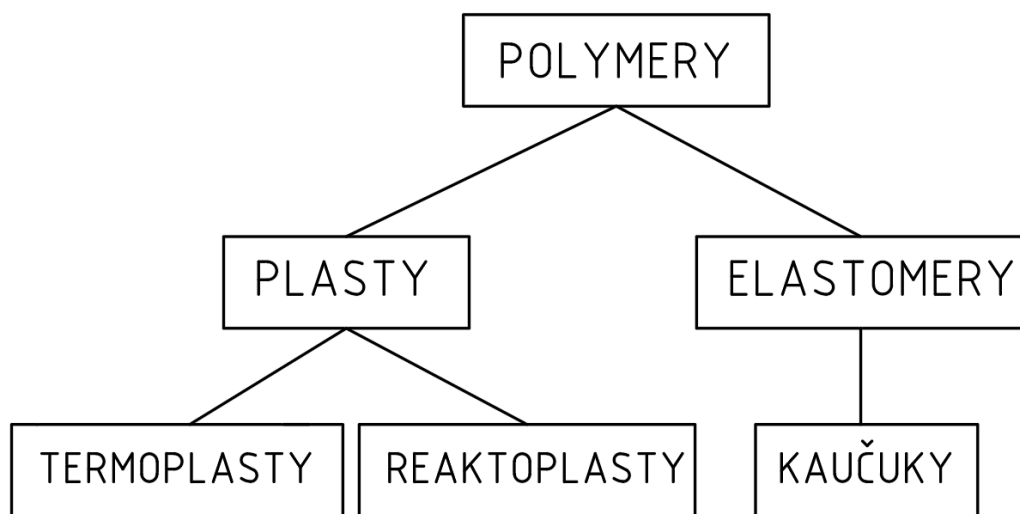
Polymerní materiály jsou pro své mechanické a fyzikální vlastnosti stále více používány ve různých odvětvích průmyslu. Polymerní materiály se v průmyslu začali používat až v 50. letech 20. století, jsou tedy používány o hodně kratší čas než např. dřevo, sklo nebo kov a nahrazují je v průmyslu stále častěji. Zpracování polymerních systémů jde provádět mnoha technologiemi. Nejznámější technologií a nejvíce používanou je vstřikování, kde dochází k roztavení polymeru, který je dodáván v podobě granulátu a je následně vstřikován do dutiny vstřikovací formy, která dává výrobku výsledný tvar a rozměry. Forma je připevněna na vstřikovací stroj, který se skládá ze vstřikovací, uzavírací a řídicí jednotky. Konstrukce vstřikovacích forem prošla díky silnému technologickému rozvoji řadou změn. Při návrhu formy se využívá různých 3D softwarů, jakou jsou například CATIA, INVENTOR nebo SOLID EDGE, které jsou kompatibilní s moduly, které umožňují generování normalizovaných dílů a zjednodušují, tak výrobu formy a výrazně sníží náklady. Moduly jsou vyvíjeny firmami, které se specializují na výrobu dílů a forem, jako je například HASCO, DME. [6], [17]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ROZDĚLENÍ POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ

Polymer je látka, skládající se z molekul jednoho atomu nebo více druhů atomů. Atomy obsahují většinou (atomy uhlíku, vodíku, kyslíku, často dusíku, chloru, křemíku) nebo skupin spojených navzájem ve velkém počtu. Polymery odlišuje od jiných materiálů řetězová struktura jejich molekul např: dlouhá lineární řada vzájemně spojených atomů nebo skupin atomů představuje převažující strukturní motiv, který může (ale nemusí) být občas přerušen místy větvení (např. u větvených nebo roubovaných polymerů, případně u polymerních sítí).

[1]



Obr. 1. Základní rozdělení polymerů [2]

1.1 Plasty

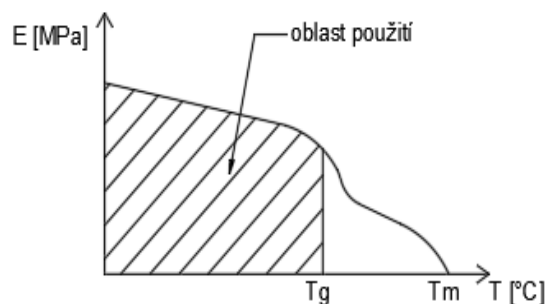
Jsou polymery, u kterých vnější namáhání způsobuje z velké části deformace nevratného charakteru. Za běžných podmínek jsou většinou tvrdé, často i křehké. Často obsahují další látky ke zlepšení užitných vlastností, např. odolnosti proti stárnutí, zvýšení houževnatosti, pružnosti apod. [2]

1.1.1 Termoplasty

Termoplasty jsou polymery, které zahříváním přechází do plastického stavu (měknou) a do oblasti taveniny přechází zahřátím nad teplotu tání. Zpětným ochlazením pod tuto teplotu přechází opět do pevného stavu. Během zpracování se nemění jejich chemická struktura a

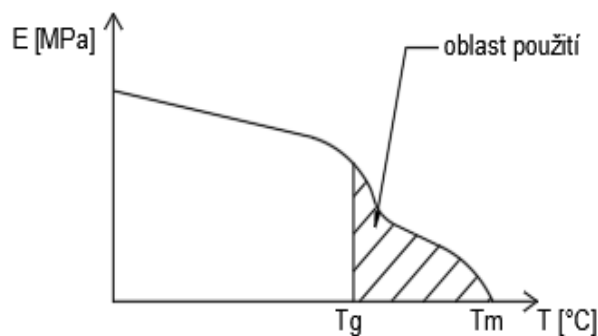
neprobíhá chemická reakce. Materiál prochází změnami, které mají jenom fyzikální charakter a proces měknutí a tuhnutí je vratný (je možno teoreticky opakovat do nekonečna). Termoplasty mohou být amorfní a semikrystalické.

Amorfní – jsou charakteristické tvrdostí, křehkostí, vysokou pevností, modulem pružnosti a typickými znaky mnohých druhů amorfních termoplastů (např: PS, PMMA, PC, SAN) patří možnost transparentního provedení. Tyto polymery mají nízké smrštění proti formě (pod 1%), což je výhoda při výrobě rozměrově přesných dílců. Z hlediska technologie vstřikování je dominantní teplota T_g (teplota skelného přechodu), která limituje teplotu vyjímání výstřiku z formy a hranici teplotního využití výrobku. [2], [4]



Obr. 2. Oblast použití amorfních polymerů [5]

Semikrystalické – mezi typické znaky semikrystalických termoplastů (např: PE, PP, PA, POM, PBT a další) je schopnost vytvářet z taveniny krystalickou strukturu, což má za následek větší smrštění výstřiků proti formě (1-2,5%). Nemohou být transparentní jako amorfní polymery kvůli tvorbě sférolitické struktury. Jejich vlastnosti jsou zejména tuhost, pevnost a houževnatost. [2], [4]



Obr. 3. Oblast použití semikrystalických polymerů [5]

1.1.2 Termoplastické elastomery

Termoplastické elastomery (TPE) mají zesíťovanou strukturu. Zvyšováním teploty přechází na rozdíl od pryží do tekutého stavu a mohou se zpracovávat obdobně jako termoplasty. Kombinace těchto vlastností je způsobena přítomností měkkých, elastických a tvrdých segmentů ve struktuře. Tvrdé a měkké segmenty musí být navzájem nemísitelné, aby tvořily oddělené fáze. Měkké segmenty jsou tvořeny elastomerem (snadno se deformují a mají nízkou teplotu skelného přechodu) a tvrdé segmenty, které vytváří uzly sítě, jsou tvořeny amorfním nebo semikrystalickým termoplastem (obtížně se deformují, mají vysokou teplotu skelného přechodu nebo teplotu tání). Termoplastické elastomery nemají tak pevnou síť, jako je chemická síť u pryží. Jejich vlastnosti se nachází vždy někde v oblasti mezi pryžemi a termoplasty. Termoplastické elastomery v praxi mají několik druhů ve velkém rozsahu tvrdosti. Ty, které jsou zpracovány kopolymerací se liší typem tvrdých a měkkých segmentů. Tvrdé segmenty vznikají aglomerací neohebných bloků řetězců makromolekuly. [2]

1.1.3 Reaktoplasty

jsou materiály, které jsou po zahřátí v tavitelném a tvarovatelném stavu jen po určité době. Při dalším zahřívání nastává chemická změna, při které se stanou netavitelné a nerozpustné, protože původní molekuly zesíťují. Chemická reakce, která způsobí zesíťovanou strukturu se nazývá vytvrzování. Takle reakce je nevratný proces a vytvrzený materiál nemůžeme znovu tvarovat, svařovat ani převést do taveniny. Reaktoplast je amorfním polymerem. Výrobky z reaktoplastů se vyznačují vysokou chemickou a tepelnou odolností, tvrdostí a pevností. Produkt v nevytvrzeném stavu se obvykle nazývá pryskyřice, např. fenol-formaldehydová pryskyřice (PF), epoxidová pryskyřice (EP), polyesterová pryskyřice (UP). [2]

1.2 Elastomery

Jsou polymerní materiály, které v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, ale pouze určitou dobu. Při dalším zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovém zesíťování struktury, tenhle děj se nazývá vulkanizace. Dominantní skupinou elastomerů jsou kaučuky, z nichž se vyrábí pryže. [4]

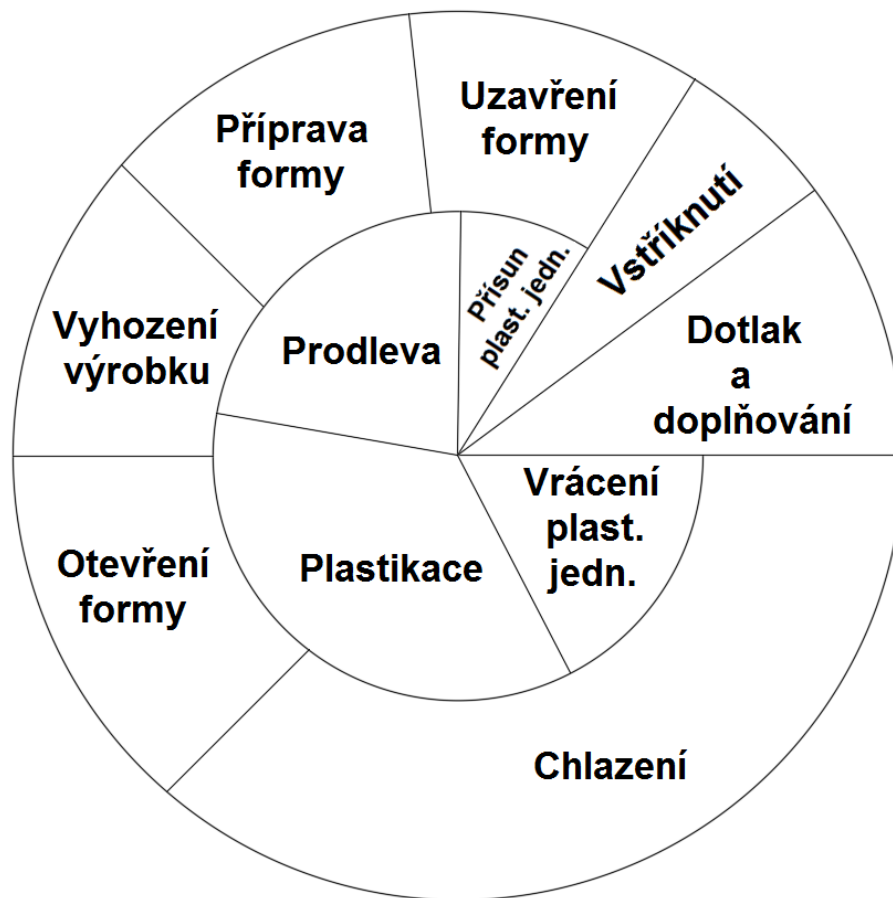
2 VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování patří v současnosti k nejrozšířenější technologii zpracování plastů. Ve srovnání s tradičními výrobními procesy, jako je například CNC obrábění nevzniká mnoho odpadního materiálu. Vstřikování je způsob zpracování plastů, při kterém je potřebná dávka zpracovávaného materiálu ve formě taveniny (tekutý stav) vstříknuta pomocí pístu nebo šneku velkou rychlostí z tavicí komory do uzavřené dutiny kovové vstřikovací formy, kde v důsledku odvodu tepla (chlazení) ztuhne v konečný výrobek. Plastikační jednotka je součástí vstřikovacího stroje a zásoba vstřikovaného materiálu (taveniny plastu) se v ní neustále doplňuje během výrobního cyklu. [6]

2.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus je uskutečňován na vstřikovacím stroji. Je to proces, během kterého plast prochází teplotním a tlakovým cyklem přesně upřesněných postupných fází, které se svým působením podílí na výrobě vstřikovaných dílů. Pořadí postupných fází vstřikovacího cyklu je následující:

1. Příprava formy (forma se vytemperuje na potřebnou teplotu, vloží zálisky, závitové jádra apod.)
2. Uzavření formy (z hlediska výrobního času vstřikovacího cyklu by mělo být co nejrychlejší a zároveň nejplynulejší, aby nedošlo k poškození vstřikovací formy)
3. Přísun plastikační jednotky
4. Plnění tvarové dutiny (jedná se o velmi krátký časový úsek, aby nedošlo k zatuhnutí čela taveniny, protože je tavenina ve styku s chlazenou formou a ztrácí tekutost)
5. Dotlak (kompenzuje zmenšování objemu výrobku během chládnutí ve formě)
6. Plastikace (úkolem je nadávkování potřebného stejnoměrného množství taveniny pro další výrobní cyklus)
7. Odsunutí plastikační jednotky
8. Chlazení (dochází ke chládnutí taveniny v dutině formy, protože materiál musí být v tuhém stavu pro lepší vyhození z formy, je to nejdelší fáze vstřikovacího cyklu)
9. Otevření formy (vyhození výstřiku z formy) [5], [6]



Obr. 4. Kruhový diagram vstříkovacího cyklu [10]

2.2 Vstříkovací stroj

Vstříkovací stroj je určen pro zpracování polymerních materiálů, nejčastěji v podobě granulátu. Vstříkovací stroj má tři jednotky, vstříkovací, uzavírací a řídicí jednotku. Podle různých kritérií můžeme vstříkovací stroje dělit do skupin:

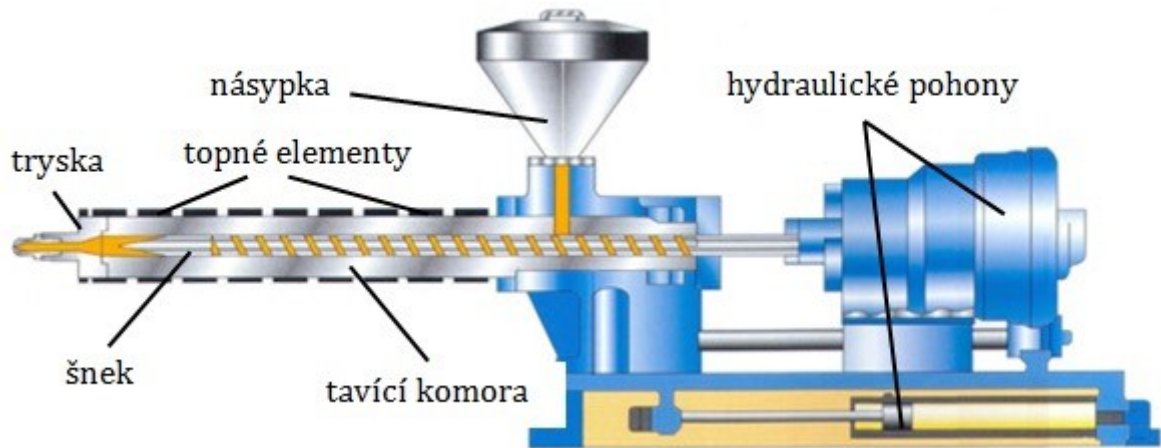
- podle typu pohonu na hydraulické, elektrické, mechanické
- podle pracovního členu v tavicí komoře vstříkovací jednotky na pístové nebo šnekové vstříkovací stroje
- podle počtu desek uzavírací jednotky (dvoudeskové, třideskové)
- podle typu zpracovávaného plastu (pro zpracování termoplastů, reaktoplastů nebo elastomerů)
- podle počtu šneků (jednošnekové, vícešnekové) [6]



Obr. 5. Vstřikovací stroj od firmy ARBURG [7]

2.2.1 Vstřikovací jednotka

Pro zpracování termoplastů má vstřikovací jednotka základní funkci převedení tuhého polymeru do stavu vysoce viskózní taveniny a přemístění do tvarové dutiny vstřikovací formy a rovněž zajistit rozměrovou a tvarovou přesnost. Vstřikovací jednotka se šnekem, který se otáčí kolem své osy a axiálně se pohybuje vpřed a vzad patří mezi nejrozšířenější typ. Přísun trysky vstřikovací jednotky, ke vtokové vložce vstřikovací formy a vytvoření a udržení potřebné přitlačné síly zajišťuje posuvná konzola připevněná ke vstřikovací jednotce. Hlavní pohony zajistí rotaci šneku při plastikaci dávky taveniny a přemístění této dávky do tvarové dutiny výrobního nástroje dopředným pohybem šneku, kdy šnek působí jako píst, který vytlačuje taveninu z tavící komory vstřikovací jednotky. Příslušenství vstřikovací jednotky zajišťuje ve stejné době velmi přesnou kontrolu pozice a rychlosti šneku a celé jednotky a také velikosti působících tlaků. [8]

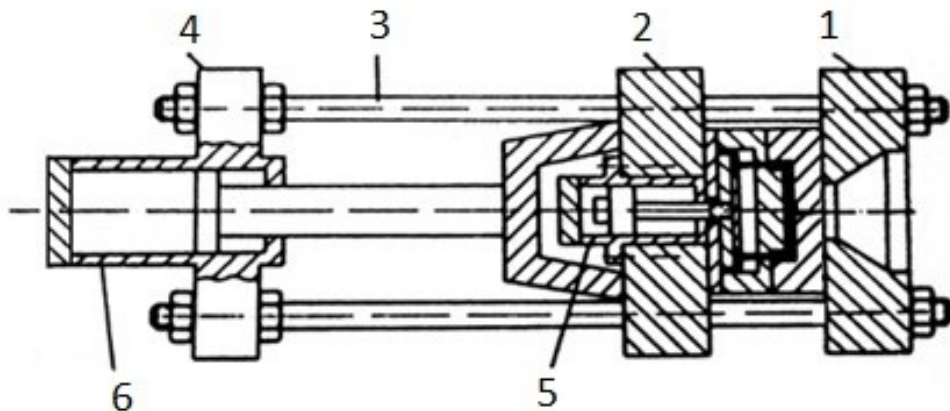


Obr. 6. Vstřikovací jednotka [8]

Vstřikovací jednotka se skládá z násypky, která tvoří vstupní část, na ní navazuje tavící komora, která je ukončena tryskou, dosedající těsně na vtokovou vložku vstřikovací formy, přes ní proudí tavenina do formy. Tavící komora je obklopena topnými pásy a uvnitř je umístěn šnek. Na plast působí teplo z topných pásů, ale nejvíce je zahříván vlivem tření polymeru mezi stěnami šneku a tavící komory. Šnek je konstruován tak, aby množství polymeru mezi bočními stěnami šneku a tavící komory nebylo moc velké, protože plasty nejsou dobrými vodiči tepla. Podle typu zpracovávaného materiálu je určováno konstrukční řešení vstřikovací jednotky. Výkonnost je vyznačována zejména dvěma parametry, kterými jsou vstřikovací kapacity a plastikační kapacita. [8]

2.2.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka vstřikovacího stroje se skládá z několika komponentů a mechanismů a obstarává plynulé pohyby vstřikovací formy. Mezi komponenty patří vodící sloupky, pevná a pohyblivá upínací deska stroje s nutným upínacím systémem a mechanismus, který umožňuje vytvoření síly, která působí proti vstřikovacímu tlaku a drží formu uzavřenou během vstřiku a dotlaku. Síla je vyvozena buďto hydraulicky (hydraulickým pístem), mechanicky (dojde k mechanickému zapříčení formy v potřebné poloze) nebo kombinací obou systémů. Uzavírací jednotky se rozdělují podle pohonu, který obstarává posuvy pohyblivé desky na hydraulické (zdrojem pohybu je hydraulický píst) nebo elektrické (elektromotor). Hydraulický píst může být napojen přímo na pohyblivou upínací desku (hydraulický uzavírací systém), nebo stejně jako u elektromotoru je síla přenášena přes další mechanický systém. Tyto systémy jsou potom nazývány hydraulicko-mechanické nebo elektro-mechanické. [8]



Obr. 7. Hydraulická uzavírací jednotka [8]

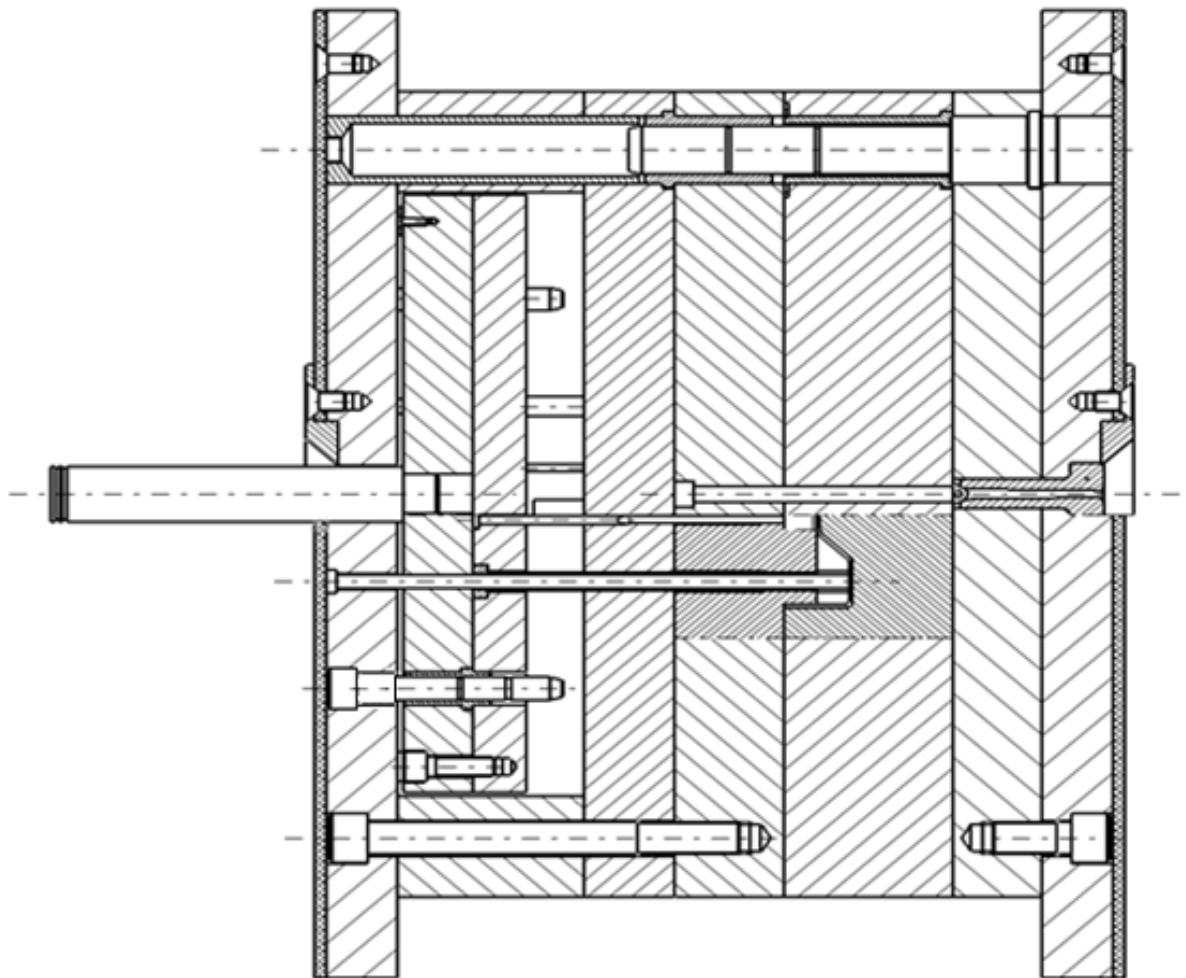
1 – pevná část formy, 2 – pohyblivá část formy, 3 – vodící tyče, 4 – rám stroje,
5 – hydraulický vyhazovač, 6 – hydraulický válec pro ovládání pohyblivé části formy

2.2.3 Řídicí jednotka

Řídicí jednotka má hlavní člen regulátor, který zpracovává hodnoty sledovaných parametrů a porovnává je se zadanými hodnotami, jakmile regulátor zaznamená nějakou odchylku, snaží se pomocí regulačních prvků v daném systému dorovnat aktuální hodnotu parametru na požadovanou úroveň (např. pomocí škrtícího ventilu v hydraulickém systému regulátor zvyšuje nebo snižuje průtok oleje apod.). Celý systém je v současnosti standardně řízen mikroprocesory, což umožňuje i automatickou optimalizaci procesu v průběhu vstřikování. Řídicí jednotka obsahuje také komunikační rozhraní, kde se nastavují technologické parametry a je možné aktuální hodnoty jednotlivých parametrů sledovat (tlak, teplota, rychlost apod.) [8]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma se používá k výrobě plastových dílů. Musí vykonávat současně spoustu požadavků, které vychází z procesu vstřikování termoplastů. Hlavní funkcí formy je doprava roztaveného polymeru do dutiny formy a její naplnění. Forma také dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. [5], [9]



Obr. 8. Řez vstřikovací formou

3.1 Konstrukce vstřikovací formy

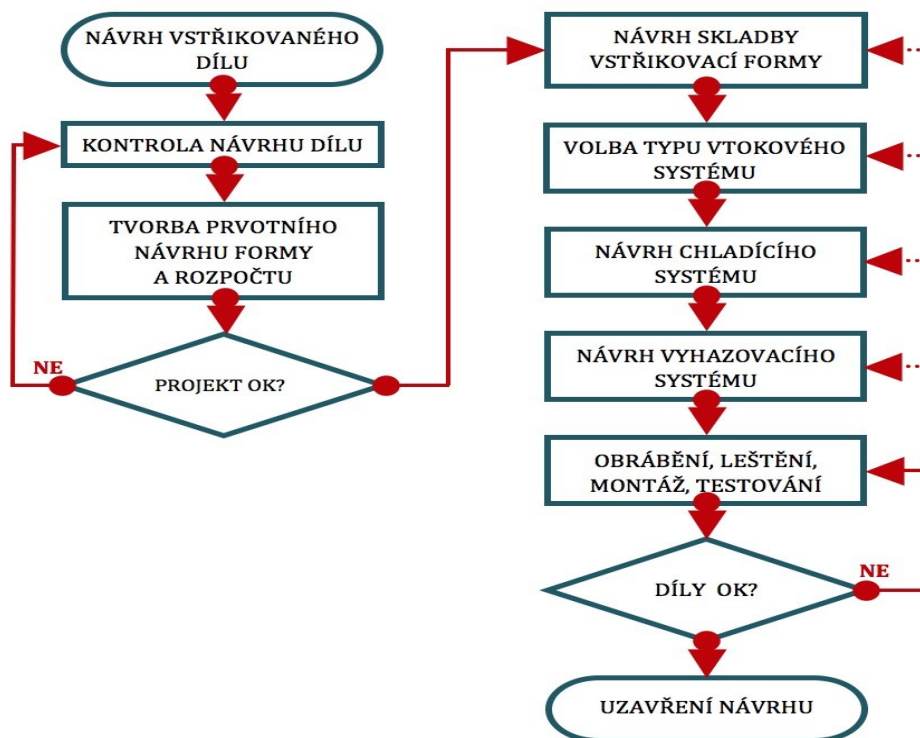
Výroba dílů vstřikováním probíhá na vstřikovacím stroji za působení vysokých teplot a tlaků během krátkého času. Z toho vyplývají základní požadavky na stroj a formu, které spolu úzce souvisí.

U formy se vyžaduje:

- 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 formy, vhodný vtokový systém, vyhazování, odvzdušnění, temperování
- optimální životnost zaručená konstrukcí materiálem a výrobou [5]

Podkladem pro konstruktéra forem je výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji. [5], [9]

Postup při návrhu vstřikovací formy je znázorněn na obr. 8.



Obr. 9. Postup návrhu vstřikovací formy [9]

3.2 Temperace forem

Faktor ovlivňující výrobní proces vstřikování plastů je teplota vstřikovací formy, která bývá v rozmezí 30 - 130°C. Úkolem temperace při vstřikování plastů je ustavení na požadovanou teplotu dutiny vstřikovací formy v krátkém časovém okamžiku a udržet tuto teplotu. Temperace také zahrnuje činnost odvodu tepla při chlazení výrobku, pro lepší vytažení z formy. Podmínky a způsob temperace mají vliv na:

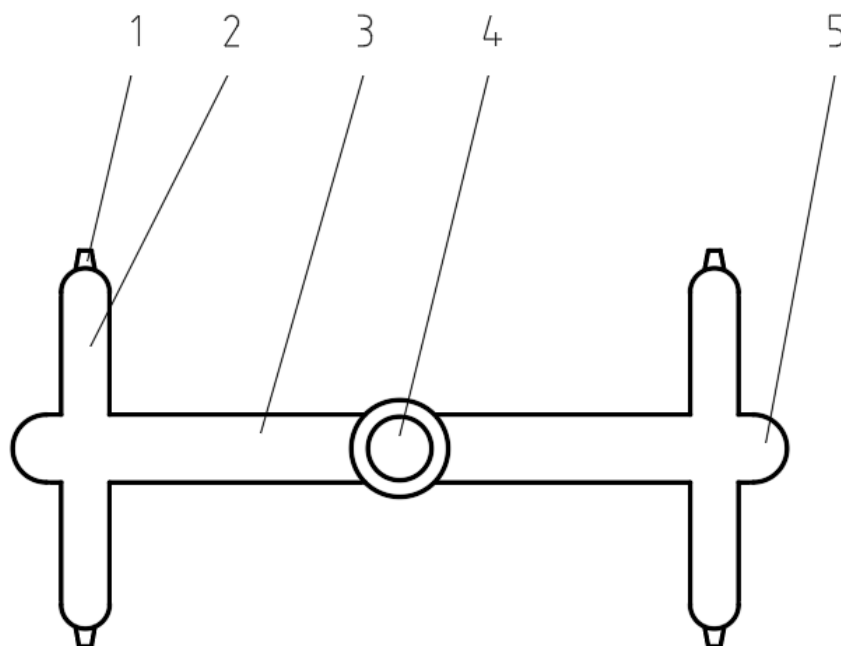
- kvalitu vyráběného dílu,
- jednotkové náklady vstřikovacího dílu,
- požadovaný a správný povrch,
- na velikost výrobního a dodatečného smrštění dílu. [5]

Tab. 1 Doporučené teploty taveniny a formy při temperaci [9]

TYP MATERIÁLU	DOPORUČENÁ TEPLOTA FORMY (°C)	TEPLOTA TAVENINY (°C)	DOPORUČENÁ TEPLOTA DÍLU PŘI ODFORMOVÁNÍ (°C)
PA	80-120	230-300	110-130
PC	80-100	280-320	140
PC + SKLENĚNÁ VLÁKNA	80-130	310-330	150
ABS	60-80	220-260	80-100
SAN	50-80	230-260	80-95
PBT	80-100	250-270	140
PBT + SKLENĚNÁ VLÁKNA	80-100	250-270	150
PP	30-60	200-250	70-90
PE	30-60	180-230	60-90

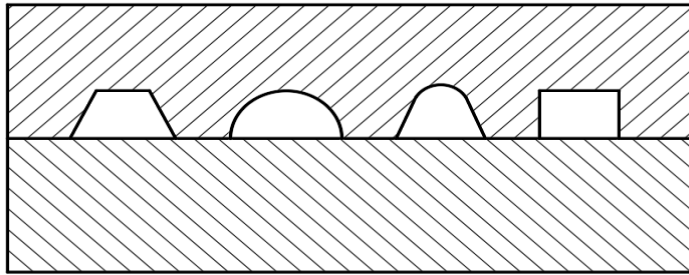
3.3 Studená vtoková soustava

Vtokový systém ovlivňuje kvalitu a jakost výstřiku. Je to systém kanálů a ústí vtoku, který zajišťuje správné naplnění dutiny formy. Naplnění dutiny formy homogenní taveninou musí proběhnout v nejkratším možném čase s minimálními odpory. Přenos vstřikovacího tlaku a dotlaku do tvarové dutiny formy ovlivňuje velikost průřezů rozváděcích kanálů ve formě. Ústí vtoku by mělo mít menší tloušťku, než je tloušťka rozváděcího kanálu a tloušťka stěny vstřikovaného dílu. Kanály musí být co nejkratší a stejně dlouhé, aby se zajistilo rovnovážné plnění. U vtokových kanálů se provádí zaoblení všech ostrých hran min. $R = 1 \text{ mm}$ a úkosivost, pro lepší odformování. Úkosy musí být minimálně $1,5^\circ$. Ústí vtoku se umísťuje do místa výstřiku s největší tloušťkou jeho stěny, tím se odstraní nebezpečí možného zamrznutí stěny výstřiku s menší tloušťkou. U studené vtokové soustavy se používají různé typy ustí vtoku – plný kuželový vtok, bodový, tunelový, boční, filmový, atd. [5], [12]

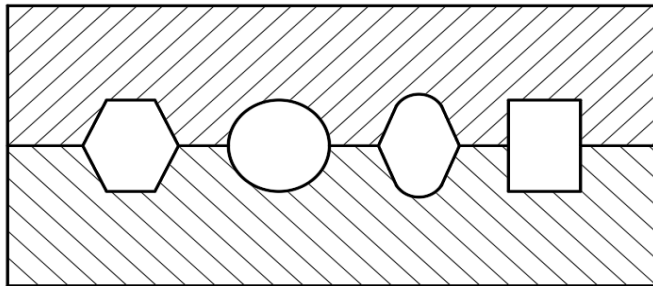


Obr. 10. Studený vtok [11]

1 – ústí vtoku, 2 – rozváděcí kanál, 3 – hlavní kanál, 4 – vtokový kužel, 5 – prodloužené čelo



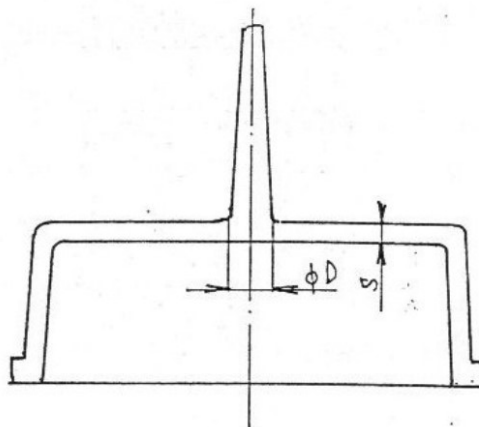
Obr. 11. Výrobně vhodné průřezy vtoků [11]



Obr. 12. Výrobně nevhodné průřezy vtoků [11]

3.3.1 Plný kuželový vtok

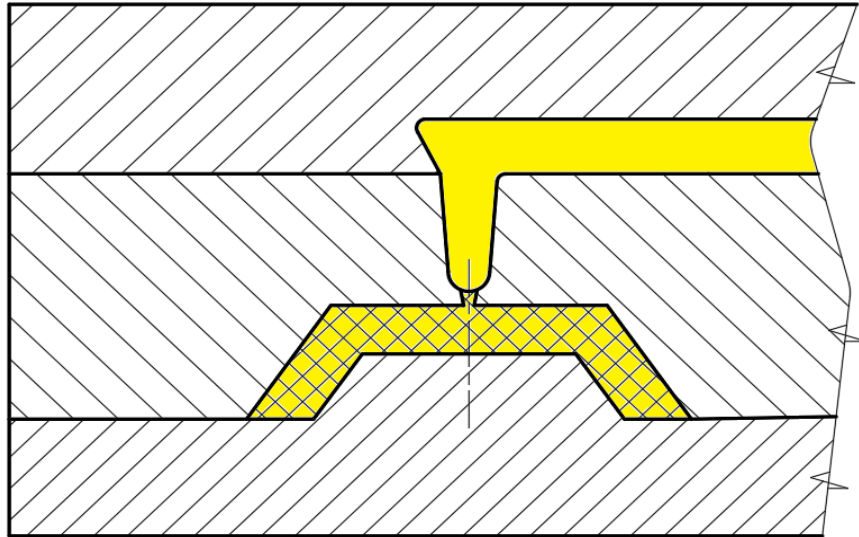
Tavenina je převáděna bez zúženého vtokového ústí přímo z hlavního vtokového kanálu. Používá se pro jednoduché symetrické a tlustostěnné výstříky, převážně u jednonásobných forem. Výhoda kuželového vtoku je, že tuhne ve formě jako poslední, jednoduché provedení a snadná výroba, naopak nevýhodou je jeho pracné odstranění a zanechání stopy na výstříku. [5], [13]



Obr. 13. Plný kuželový vtok [5]

3.3.2 Bodový vtok

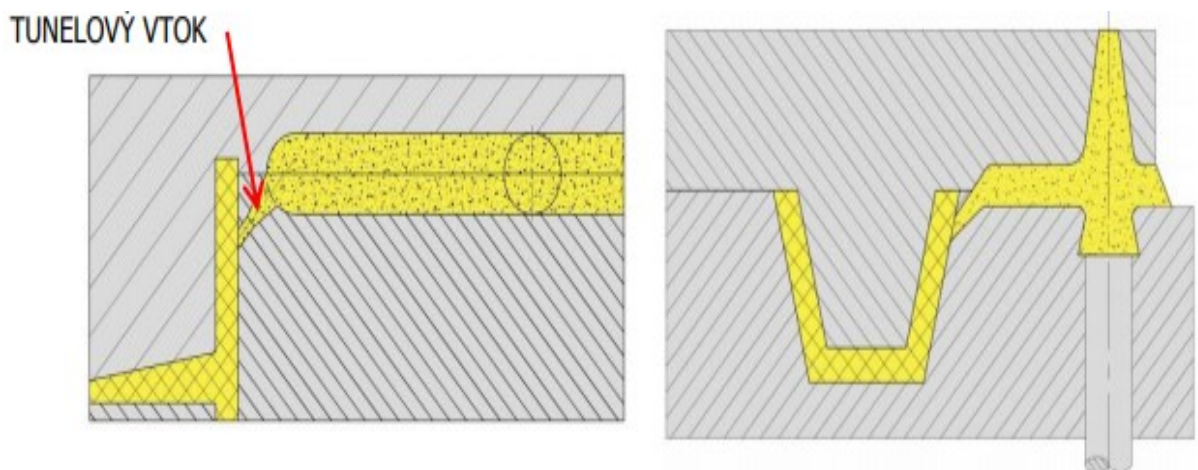
Je to typ zúženého vtokového ústí, vhodný pro tenkostěnné výstříky. Vyžaduje systém třídeskových forem, aby mohlo dojít k odtržení vtokového ústí v místě, které je zúžené a to ještě před otevřením formy v dělicí rovině s tvarovou dutinou. Velikost průřezu bodového ústí se volí podle hmotnosti a tekutosti plastu. [5], [12]



Obr. 14. Řez bodovým vtokem [13]

3.3.3 Tunelový vtok

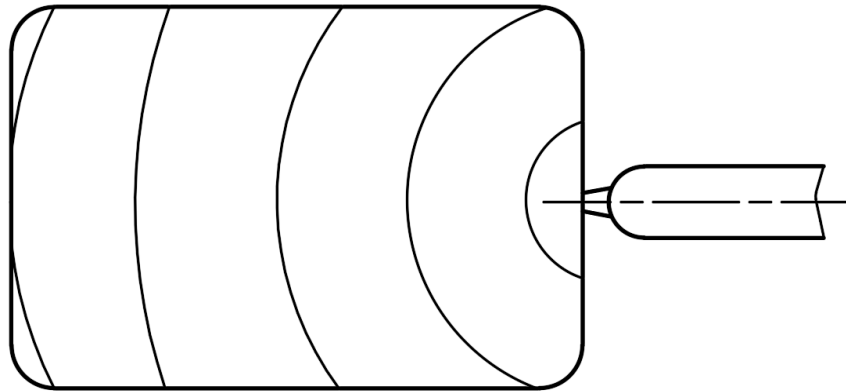
Je zvláštní případ bodového vtoku, u kterého dojde k automatickému oddělení vtokového systému od vstříkovaného dílu při otvírání, nebo při vyhazování výstříku. Tunelový vtok umožňuje plnění dutiny vstříkací formy mimo dělicí rovinu. Může být umístěn v pevné i pohyblivé části formy. Nevýhoda tunelového vtoku je náročný způsob výroby. [5], [13]



Obr. 15. Řez tunelovým vtokem [13]

3.3.4 Boční vtok

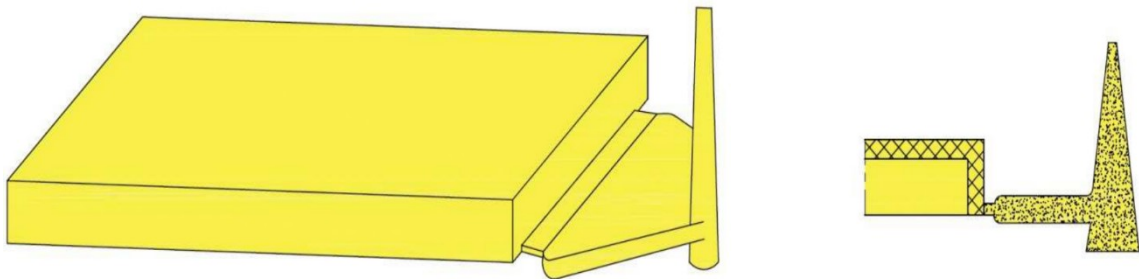
Je nejrozšířenější a nejpoužívanější a patří mezi typy se zúženým vtokovým ústím. Vtokový zbytek zůstává při odformování neoddělený. Průřez bývá nejčastěji obdelníkový, kruhový a lichoběžníkový. [5], [13]



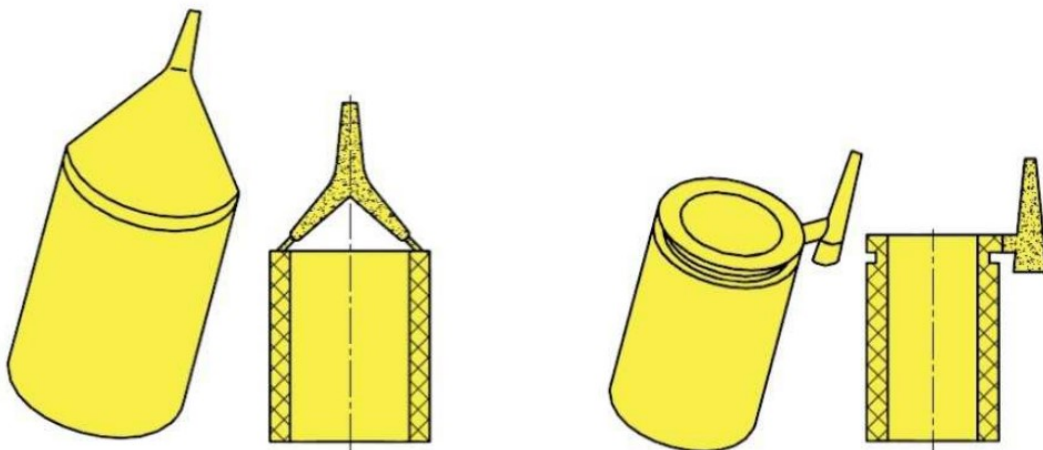
Obr. 16. Boční vtok [5]

3.3.5 Filmový vtok

Používá se k plnění kruhových, trubicových a plochých výstřiků s vyššími požadavky na kvalitu. Patří k nejpoužívanějším bočním vtokovým ústím. Filmová ústí vtoku mohou do dílu ústít z bočního rozváděcího kanálu, který je rovnoběžný s hranou vstřikovacího dílu. Od filmového vtoku se vyžaduje rovinnost, přímost, malé vnitřní pnutí a přesnost tvaru výstřiku. Řadí se k nim deštníkové (umožňují symetrické plnění dutiny formy a zabraňují vzniku studených spojů), prstencové a talířové. [5], [9]



Obr. 17. Filmový vtok [13]



Obr. 18. Deštníkový a prstencový vtok [13]

3.4 Vyhřívaná vtoková soustava

Je systém horkých vtoků. Principem je udržení polymeru v plastickém stavu v oblasti mezi tryskou vstřikovacího stroje a ústím vtoku po celou dobu vstřikovacího cyklu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro rozsáhlou oblast vyráběných výstřiků. Při porovnání dvoudeskové vstřikovací formy nevzniká u vyhřívané vtokové soustavy žádný nebo minimální odpad v podobě vtokového systému. Další výhodou je umožnění automatizace výroby, zkrácení výrobního cyklu a snížení potřeby plastu. Nevýhodou je však podstatně složitější a výrobně nákladnější forma. [5], [9]

3.4.1 Vyhřívané trysky

Konstrukce vyhřívané trysky umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Výrazně zlepšují technologické podmínky vstřikování. Trysky jsou ohřívány pomocí elektrické kabeláže, která je rozděluje na:

- Trysky s vnějším topením – ohřev je zajištěn navinutým topným svazkem. Tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. V tryskách s vnějším ohřevem je nejmenší úbytek tlaku.
- Trysky s vnitřním ohřevem – tavenina obtéká zahřívací těleso a do středové osy trysky je vsunuta topná patrona. V tryskách s vnitřním ohřevem se lépe reguluje teplota taveniny u špičky a je lépe tepelně izolovaná od okolí. [5], [13]

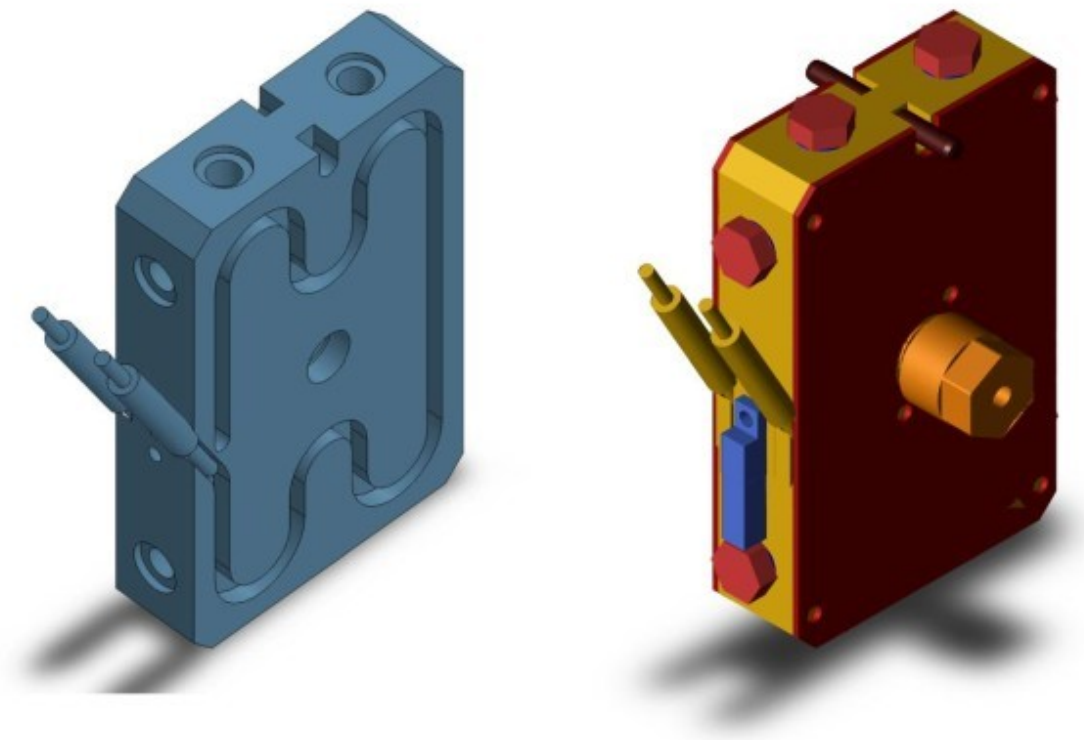


Obr. 19. Vyhřívaná tryska s hrotem [14]

3.4.2 Vytápěné rozvodné bloky

Rozváděcí blok je vyroben z oceli a uložen mezi upínací a tvarovou desku v pevné části formy. Používá se u vícenásobných forem pro rozvod taveniny do tvarových dutin. Jejich tvar a uspořádání je závislé na velikosti vstříkovaného dílu. Otvory kanálů pro proudící taveninu musí být pečlivě provedeny, protože nikde nesmí vzniknout ostré hrany a přechody s mrtvými kouty taveniny. Způsoby vyhřívání bloků:

- Elektrickými odporovými vodiči – jsou umístěny v držákách na povrchu bloku. Vodiče jsou zakryté plechy nebo v krytech topení, aby nedocházelo ke zbytečným tepelným ztrátám. Kryty topení jsou vyrobeny z vysoce tepelně vodivých materiálů (měď, mosaz). Mezi rozvodovým blokem a komponenty formy je vzduchová mezera, aby nedocházelo k přenosu tepla.
- Topnými patrony – jsou umístěny přímo do vnitřní části rozvodového bloku. Tenhle způsob je velmi málo používaný. [5], [13]



Obr. 20. Vytápěný blok [11]

3.5 Odvzdušnění forem

Tavenina vstupuje do vstřikovací formy velkou rychlostí a před sebou vytlačuje vzduch, který zůstane po uzavření v dutině formy. Vzduch je stlačován, tím narůstá teplota a tlak. Pokud je tlak příliš velký může dojít k vznícení plastu (Dieselův efekt) nebo může proniknout do taveniny a tím se vytvoří vzduchové bubliny, které mají za následek nekvalitní povrch dílu a snížení mechanických vlastností. Odvzdušnění se realizuje pomocí odvzdušňovacích kanálů, které by měly být umístěny podél rozváděcích kanálů taveniny a určité vzdálenosti od dutiny vstřikovací formy. Důležité je také umístit kanál do místa, které je zaplněno taveninou jako poslední. [9], [13]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- Vypracovat literární studii na dané téma
- Nakreslit zadaný díl ve 3D
- Provést konstrukci vstříkovací formy pro výrobu zadaného dílu ve 3D
- Nakreslit výkresy sestavy a příslušné řezy formy

Literární studie se zabývá základním rozdělením polymerních materiálů, problematikou vstříkování a konstrukcí forem. 3D model a konstrukce formy budou vytvořeny v programu CATIA V5R19. Pro generování normalizovaných dílů bude používán HASCO DAKO MODUL. Po zhotovení konstrukce bude nakreslena 2D sestava s příslušnými řezy formy, opozicování jednotlivých dílů a vytvoření kusovníku.

5 POUŽITÝ SOFTWARE

5.1 CATIA V5R19

Použitý software je od francouzské firmy Dessault systémes, který je používán nejčastěji v leteckém a automobilovém průmyslu. CATIA obsahuje velké množství modulů pro tvorbu 3D. Při konstruování formy byl využíván modul Mold Tooling Design, díky kterému lze rychle a snadno navrhnout vstřikovací formu. Pro tvorbu 3D modelu zadaného dílu byl používán modul Part design. [16]

5.2 HASCO DAKO modul

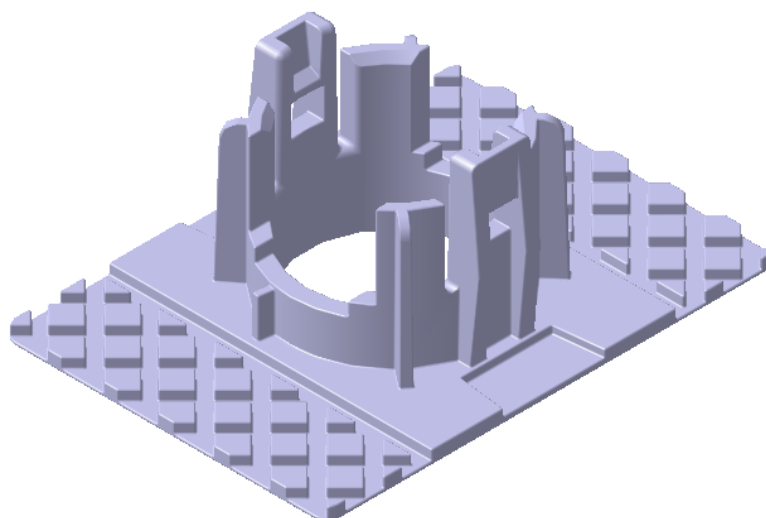
Je digitální katalog obsahující mnoho normalizovaných součástí a produktů od německé firmy Hasco, které lze přímo importovat do prostředí softwaru CATIA. Tento přídatný modul velmi usnadňuje práci při konstruování forem. [14]

6 VÝROBEK

Vstřikovaný výrobek je součástí automobilu značky Škoda. Je poměrně malých rozměrů obsahující tenké stěny, kvůli kterým jsou na výrobku umístěna žebra, která zabraňují zborcení stěn. Výrobek má spodní podstavu obdélníkového tvaru o rozměrech 62 x 43,8 x 1,9 mm, na ní navazuje horní část. Celková výška dílce 25 mm. Materiál výrobku je polyamid 6, který je plněný 15 % skelných vláken (PA6-G15). Mezi výhodné vlastnosti materiálu patří tvrdost, vysoká únosnost a ořezvzdornost. Hmotnost součástky je 6 gramů.

Tab. 2. Základní vlastnosti a parametry PA6 GF15 [15]

Název	Hodnota	Jednotka
Hustota	1,23	g/cm ³
Teplota taveniny	250-270	°C
Teplota sušení	80	°C
Bod tání	220	°C
Modul pružnosti v tahu	5,95	GPa
Modul v ohybu	5,2	GPa
Vstřikovací tlak	70-120	MPa
Vlhkost	0,15	%



Obr. 21. 3D model výrobku

7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

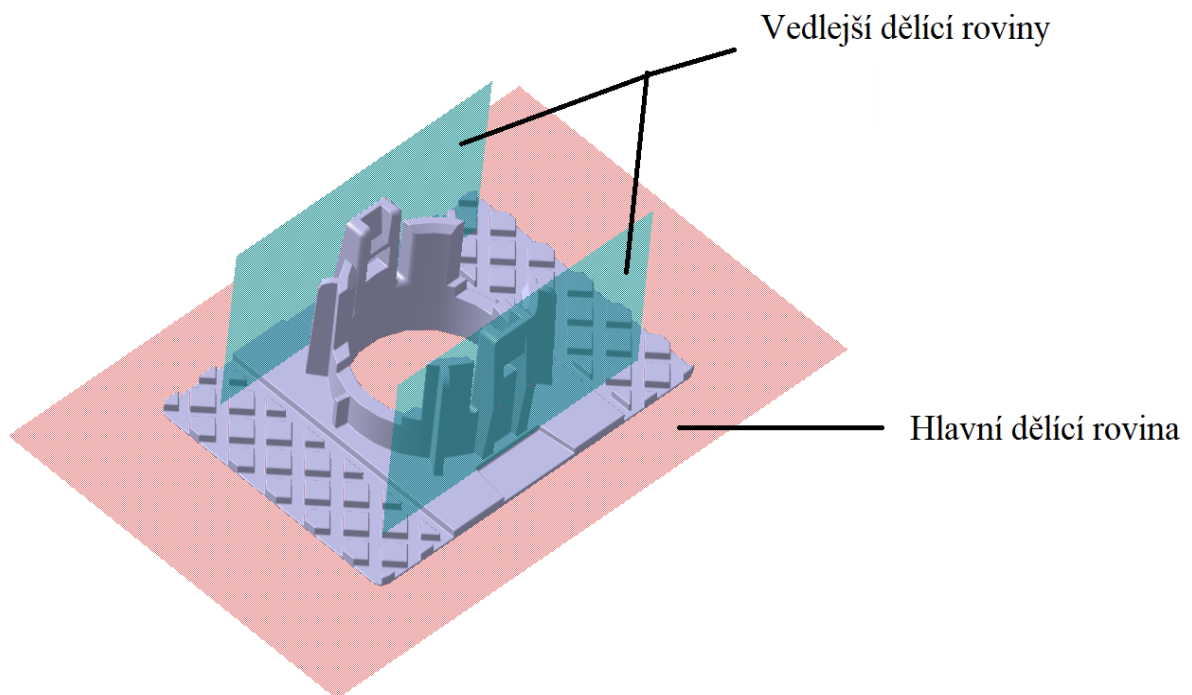
Při konstrukci vstřikovací formy se vycházelo z tvaru a velikosti vstřikovaného dílce. Forma byla konstruována, tak aby byla co nejjednodušší. Z ekonomického hlediska bylo používáno co nejvíce normalizovaných součástí od firmy Hasco. Základními rozměry formy jsou 796 x 446 x 392 mm (v x š x d)

7.1 Násobnost formy

Volba násobnosti vycházela hlavně z velikosti a složitosti zadaného dílu, tím že je vstřikovaný dílec malých rozměrů byla zvolena čtyřnásobná forma.

7.2 Zaformování

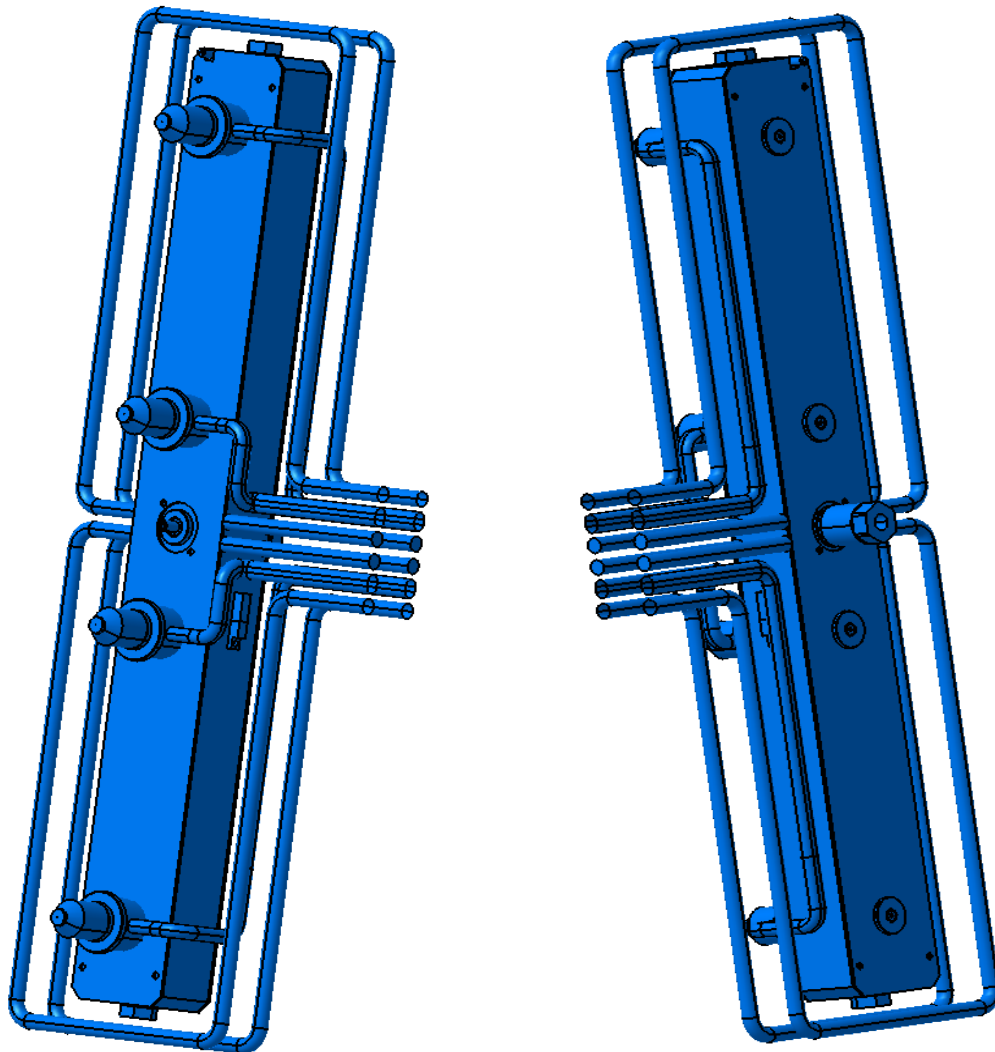
Důležitým krokem při konstrukci formy je určení dělicí roviny. Poloha dělicí roviny se určuje tak, aby bylo co nejjednodušší odformování výrobku. V případě zadaného dílu bylo nutné určit více dělicích rovin: hlavní dělicí rovinu a dvě vedlejší roviny. Hlavní dělicí rovina je rovnoběžná s kotevní deskou, aby výstřik zůstal na levé straně formy a mohlo dojít k jeho vyhození. Vedlejší dělicí roviny jsou kolmé k hlavní dělicí rovině, tím je umožněné boční odformování.



Obr. 22. Hlavní a vedlejší dělicí roviny

7.3 Vtokový systém

Vtokový systém má za úkol dopravu taveniny do dutiny formy ve stejném čase. U vstřikovací formy je použita vyhřívaná vtoková soustava, která nevytváří vtokový zbytek, tím je značně snížen polymer. Vyhřívaná vtoková soustava se skládá z rozváděcího horkého bloku, vyhřívaných trysek, centrální vtokové vložky, šrouby pro čištění otvoru, distanční podložky, kolíku a kabeláže. Vstřikovací forma je čtyřnásobná, tudíž probíhá plnění na čtyřech místech současně a k tomu jsou zapotřebí čtyři vyhřívané trysky. Rozváděcí horký blok je obdélníkového tvaru a je umístěn do opěrné desky, kde je zajištěn kolíkem, aby nedošlo k pootočení. Trysky jsou umístěny do otvoru ve tvarových vložkách.



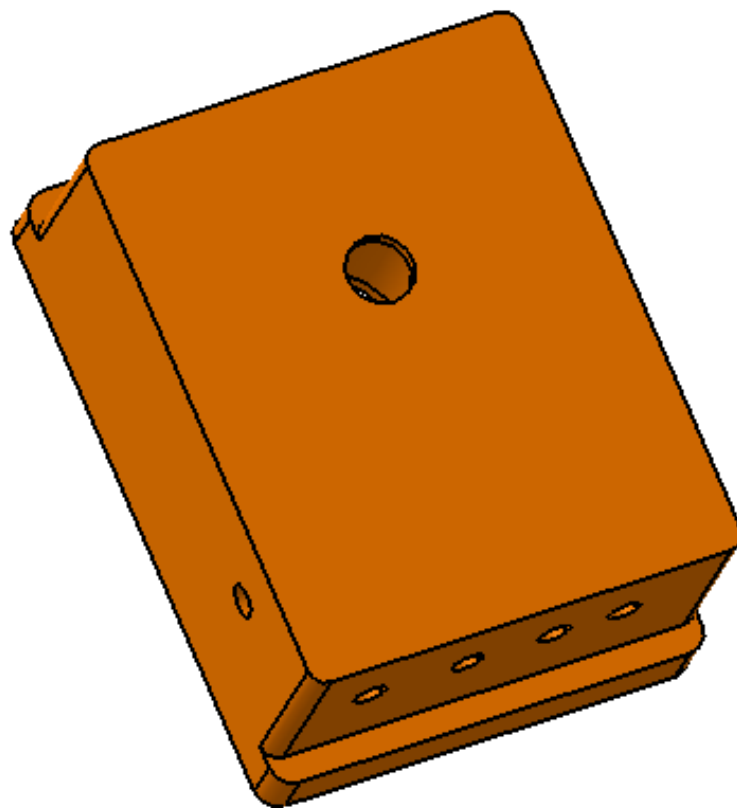
Obr. 23. Vyhřívaná vtoková soustava

7.4 Tvarové části formy

Tvárník, tvárnice spolu s posuvnými čelistmi tvoří dutinu formy. Jedná se o tvarové prvky, které určují výsledný tvar dílu. Řešení tvárníku a tvárnice je pomocí tvarových vložek, které mají výhodu v tom, že usnadňují rychlé vyměnění při poškození tvárníku nebo tvárnice a nemusí se tak opravovat celá deska. Tvarové vložky a posuvné čelisti jsou vyrobeny z nástrojové oceli 19 552, která odolává vysokému namáhání a opotřebení. Ocel byla zakalena na tvrdost 55 HRC.

7.4.1 Tvárník

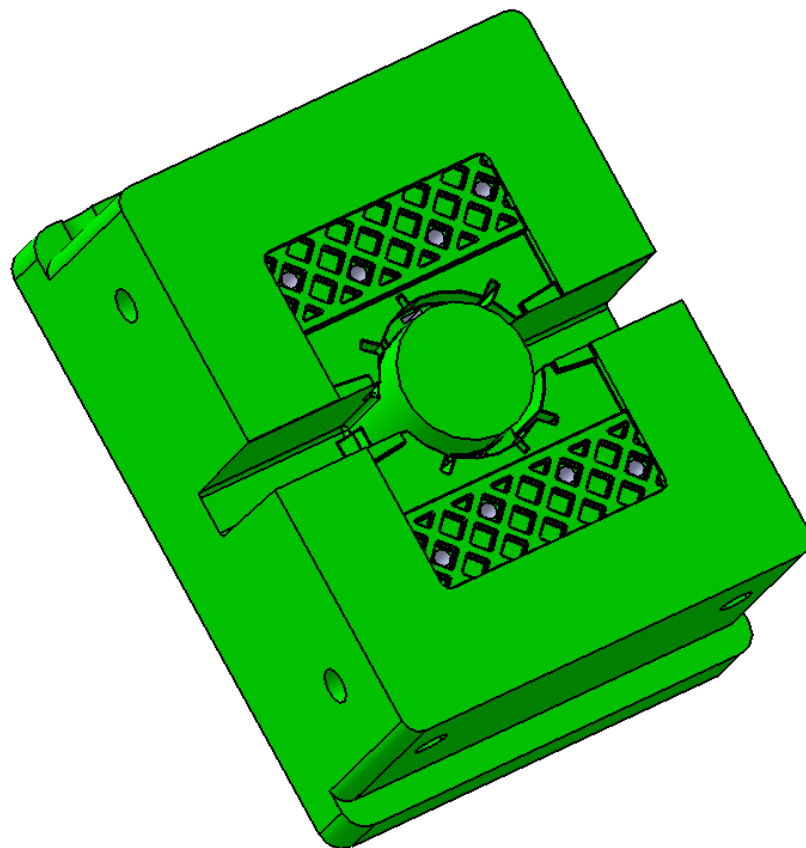
Tvárníky byly vyhotoveny ve čtyřech kusech, protože se jedná o čtyřnásobnou formu. Velikost tvárníku je 110 x 80 x 46 mm (v x š x d). Tvárník se nachází na pravé nepohyblivé straně formy, kde se provede vybrání v kotevní desce a tvárník je do ní zasunut. Z pravé strany jej dorazí opěrná deska. Délka tvárníku je totožná s délkou kotevní desky. Tvárník je na zadní straně rozšířen pro lepší uložení do desky. Na čele tvárníku je otvor pro vyhřívanou trysku a po stranách jsou vyvrtané díry, které slouží k temperaci.



Obr. 24. Tvárník

7.4.2 Tvárnice

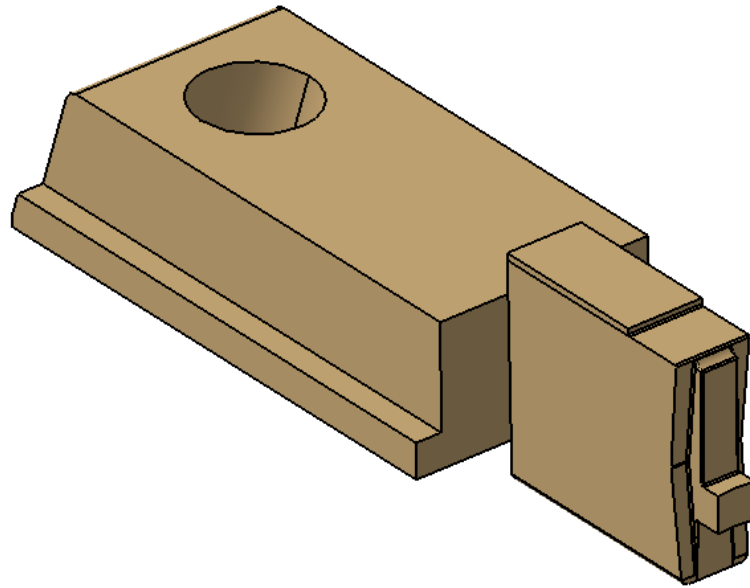
Tvárnice jsou rovněž vyhotoveny ve čtyřech kusech. Rozměry tvárnice jsou stejné jako velikosti tvárníku. Tvárnice je umístěna na levé pohyblivé straně formy, zasunuty do levé kotevní desky a přitlačeny levou opěrnou deskou. Na tvárnici bylo zhotoveno vybrání, které odpovídá tvaru vstříkovaného dílce, po stranách jsou vybrání pro posuvné čelisti a díry pro vyhazovače a temperaci.



Obr. 25. Tvárnice

7.4.3 Posuvné čelisti

Posuvné čelisti zajišťují odformování bočních tvarových částí výrobku, které by nešly odformovat běžným způsobem. Pohyb posuvných čelistí je vyvolán pomocí šikmých válcových kolíků, které mají sklon 18° a jsou zasunuty v pravé kotevní desce. Uvnitř dutiny dochází k vysokým tlakům a nesmí dojít k samovolnému pootevření ve vedlejší dělicí rovině. Aby se zabránilo pootevření, byl umístěn na pravou stranu formy zámek. Při otevření formy jsou čelisti zajištěny pojistnou kuličkou, která zapadne do jamky.



Obr. 26. Posuvná čelist

7.5 Temperace

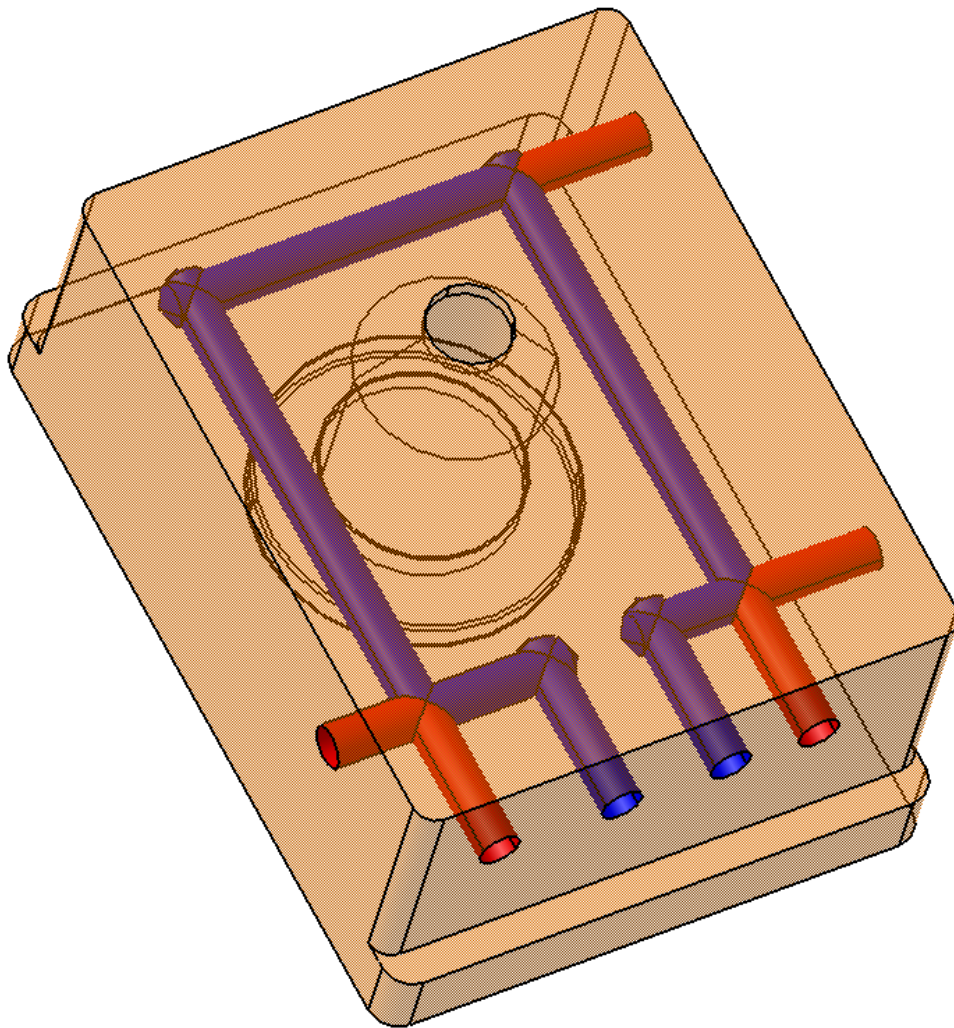
Temperace udržuje konstantní teplotní pole formy. Je realizována pomocí vrtaných kanálků, o průměru 6 mm, kterými prochází temperační médium. Temperační systém obsahuje ucpávky a zátky, tím je vymezena dráha toku temperačního média a zabráněno úniku mimo temperační okruh. Na vstupu a výstupu temperačního systému jsou umístěny rychlospojky, na které se nasazuje hadice čerpadla. Přechody temperačního kanálku mezi deskou a tvarovými vložkami jsou utěsněny pryžovými o-kroužky. Všechny použité komponenty jsou vybrány z katalogu firmy Hasco.



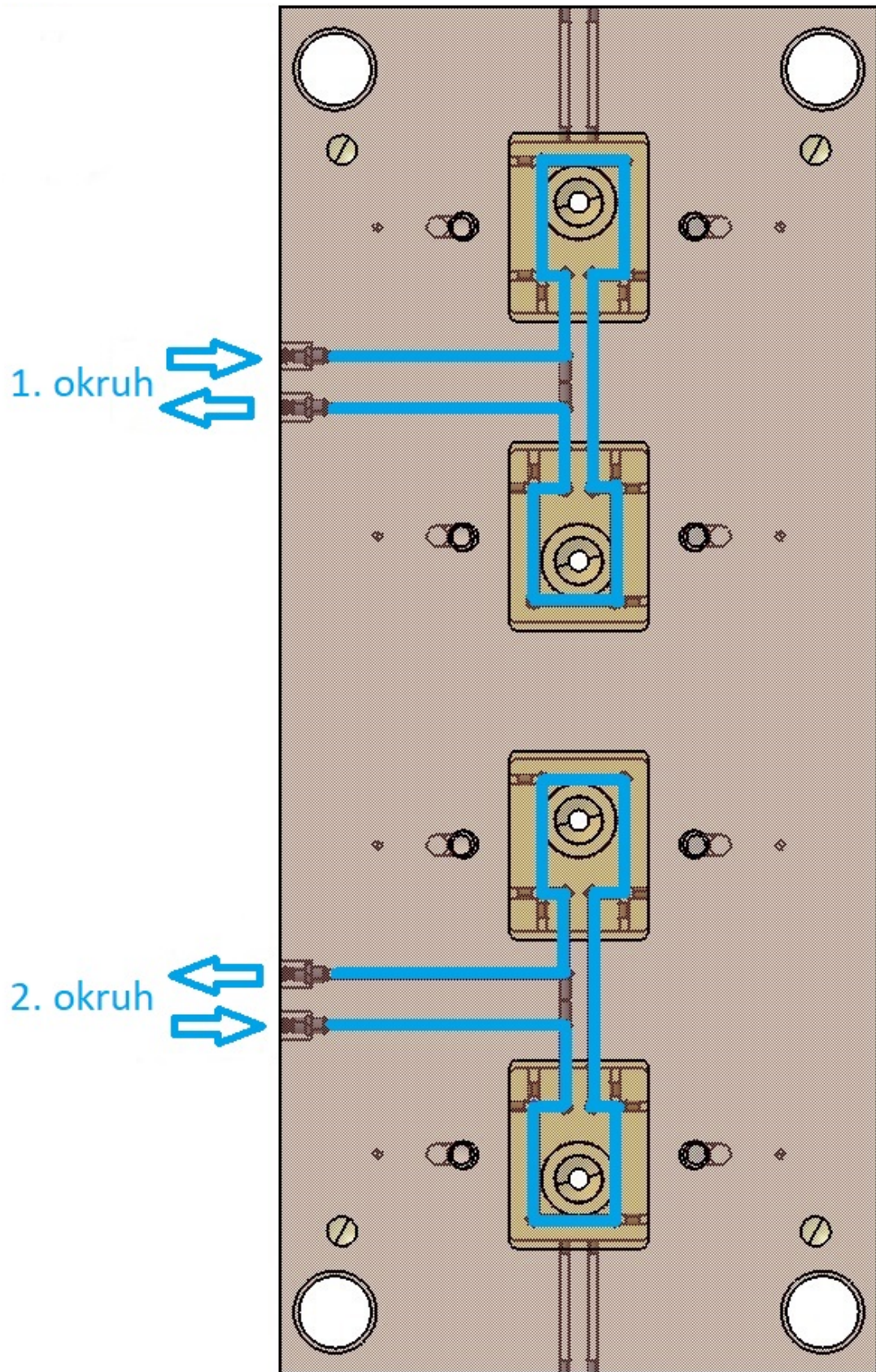
Obr. 27. Použité komponenty temperačního systému (uzavírací šroub, ucpávka temperačního systému, rychlospojka temperace, o-kroužek)

7.5.1 Temperace tvarové části - tvárník

Při temperaci tvarových částí bylo použito dvouokruhového systému. Na tvarové části je provedeno vybrání pro vyhřívanou trysku, to se zohledňovalo při navrhování temperačního systému, protože kanálky se tomuhle místu musí vyhnout minimálně jenonásboku jejich průměru. Vstup a výstup temperačního média je zajištěn přes pravou kotevní desku, ve které je tvarová část umístěna. Dráha toku temperačního média je vyznačena modrou barvou na obr. 28. a 29.



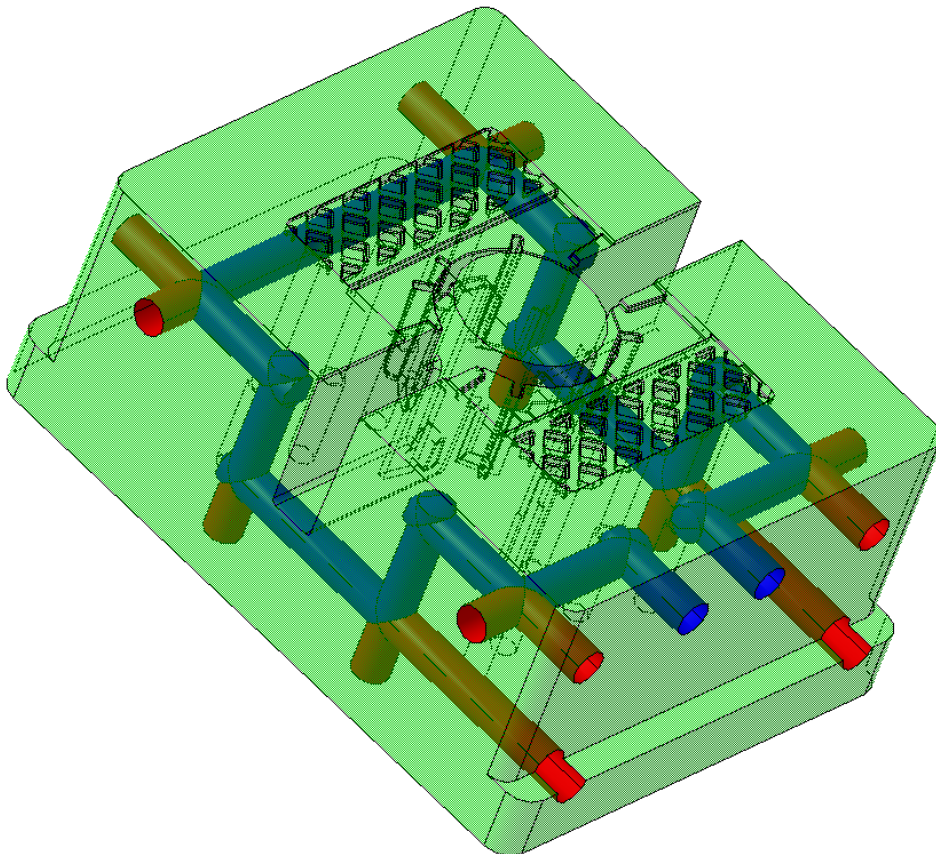
Obr. 28. Temperace pravé tvarové části - tvárník



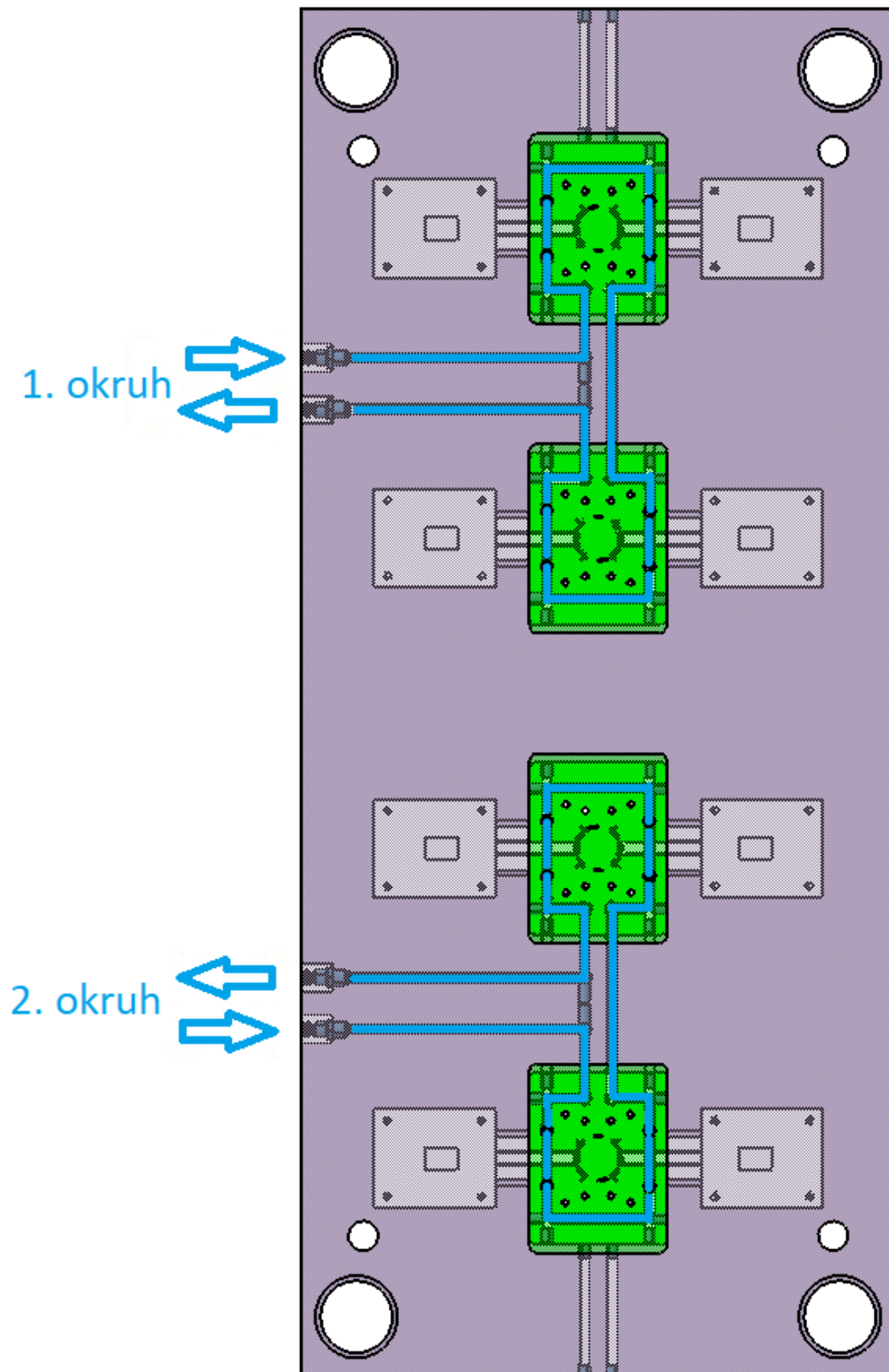
Obr. 29. Temperace prave kotevní desky (tvárník)

7.5.2 Temperace tvarové části - tvárnice

Omezením pro polohu kanálků je umístění posuvných čelistí v a vyhazovačů v tvárnici, kterým se temperační systém musí vyhnout rovněž jednonásobku průměru kanálku. Vstup a výstup temperačního média je zajištěn přes levou kotevní desku. Temperování tvarových částic je řešeno pomocí dvou okruhů



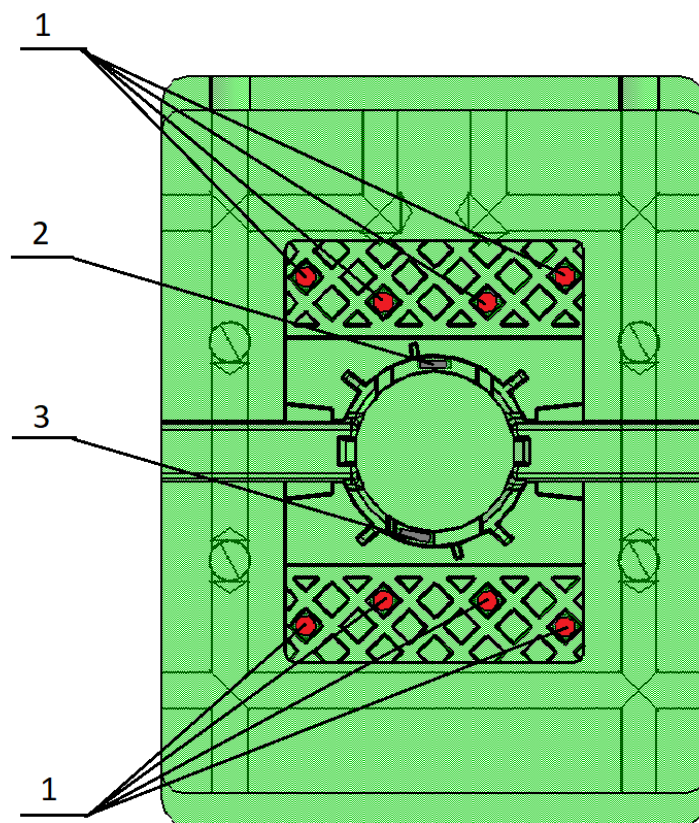
Obr. 30. Temperace levé tvarové části - tvárnice



Obr. 31. Temperace levé kotevní desky (tvárnice)

7.6 Vyhazovací systém

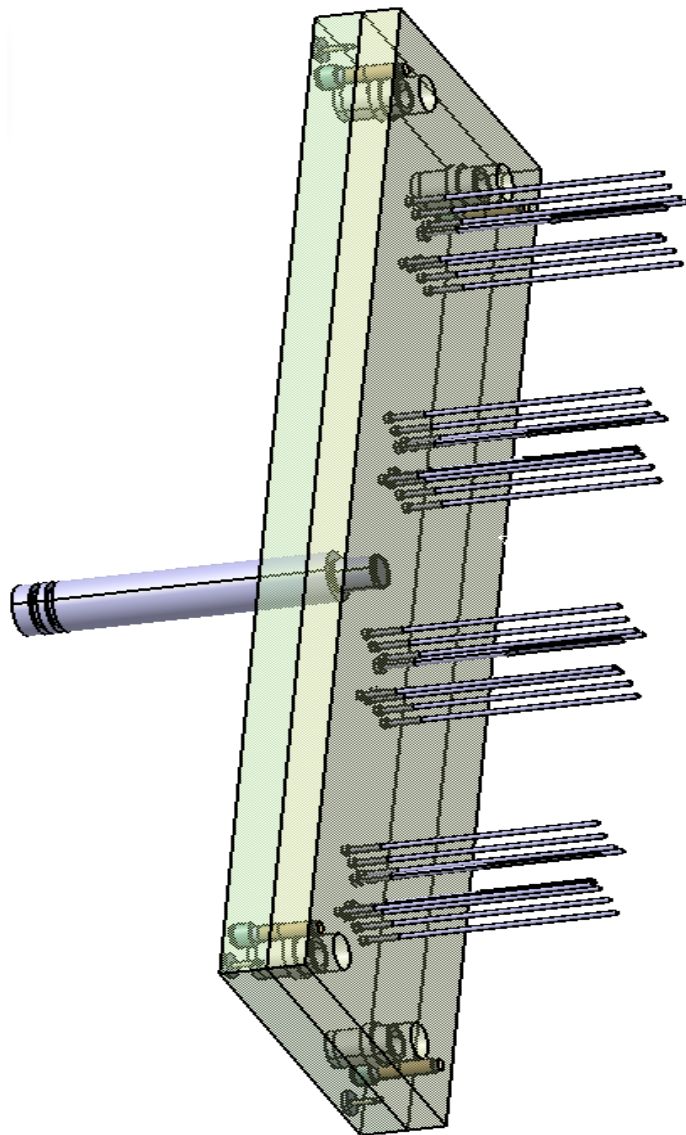
Po otevření formy zůstává díl ve tvarové vložce a musí dojít k jeho vyhození, tohle obstarává vyhazovací systém. Díl je vyhozen pomocí vyhazovacích kolíků prizmatických a válcových. Válcových vyhazovačů bylo použito osm stejného průměru. Prizmatické vyhazovače byly použity dva, každý jiné velikosti z důvodu tloušťky stěny na kterou vyhazovač působí. Vyhazovací kolíky jsou uloženy v kotevní desce a ze zadní strany přitlačeny opěrnou deskou. Desky jsou k sobě spojeny šroubovým spojením. Přenesení vyhazovacího pohybu ze vstřikovacího stroje na vyhazovací systém se uskutečňuje za pomoci táhla, které je připevněno k upínací desce. Na upínací desce jsou přišroubovány tzv. dosedky, které slouží ke tlumení rázů při dosednutí.



Obr. 32. Rozmístění vyhazovačů v tvarové vložce

1 – válcové vyhazovače průměr 3 mm, 2 – prizmatický vyhazovač 3,8 x 1 mm,

3 – prizmatický vyhazovač 4,5 x 1,2 mm



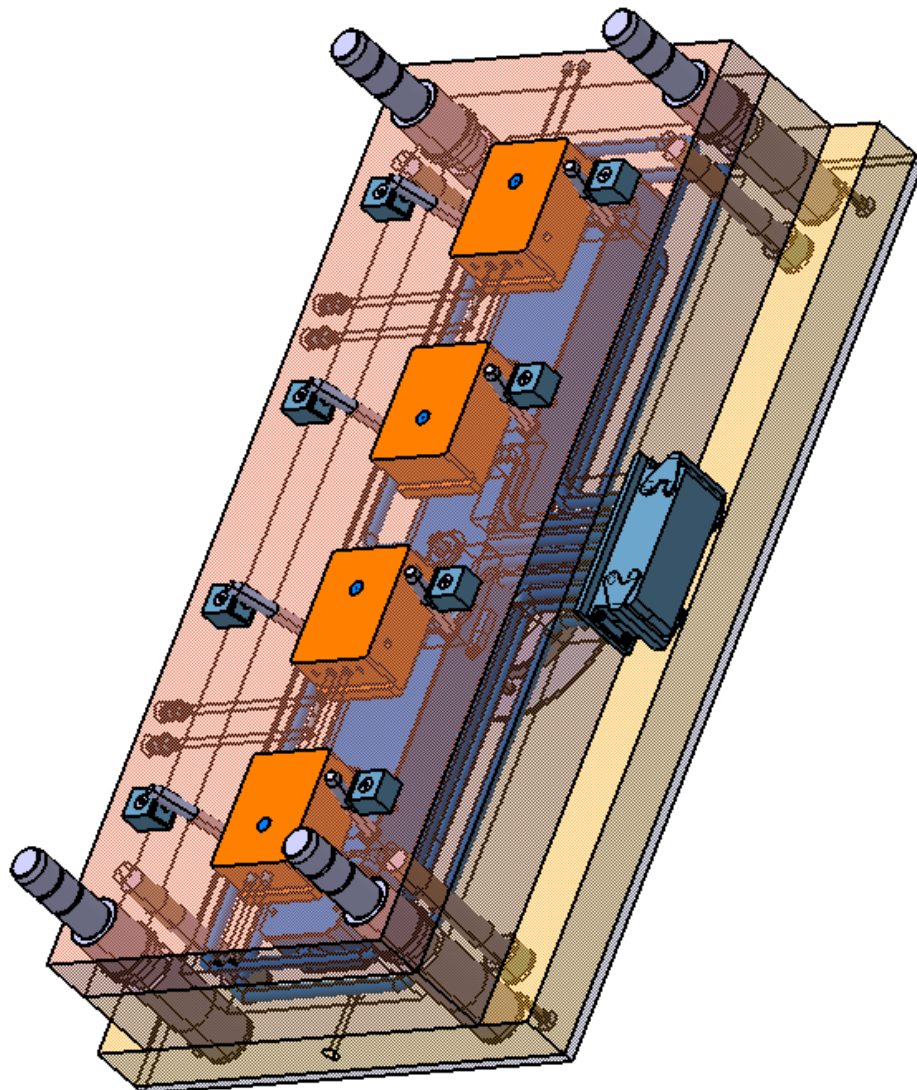
Obr. 33. Vyhazovací systém

7.7 Odvzdušnění

Tvarová dutina je před vstřikováním vyplněna vzduchem. V případě této formy se předpokládá, že vzduch unikne vůlí mezi vyhazovači a dělicí rovinou. Pokud ne muselo by se řešit odvzdušnění.

7.8 Pravá strana formy

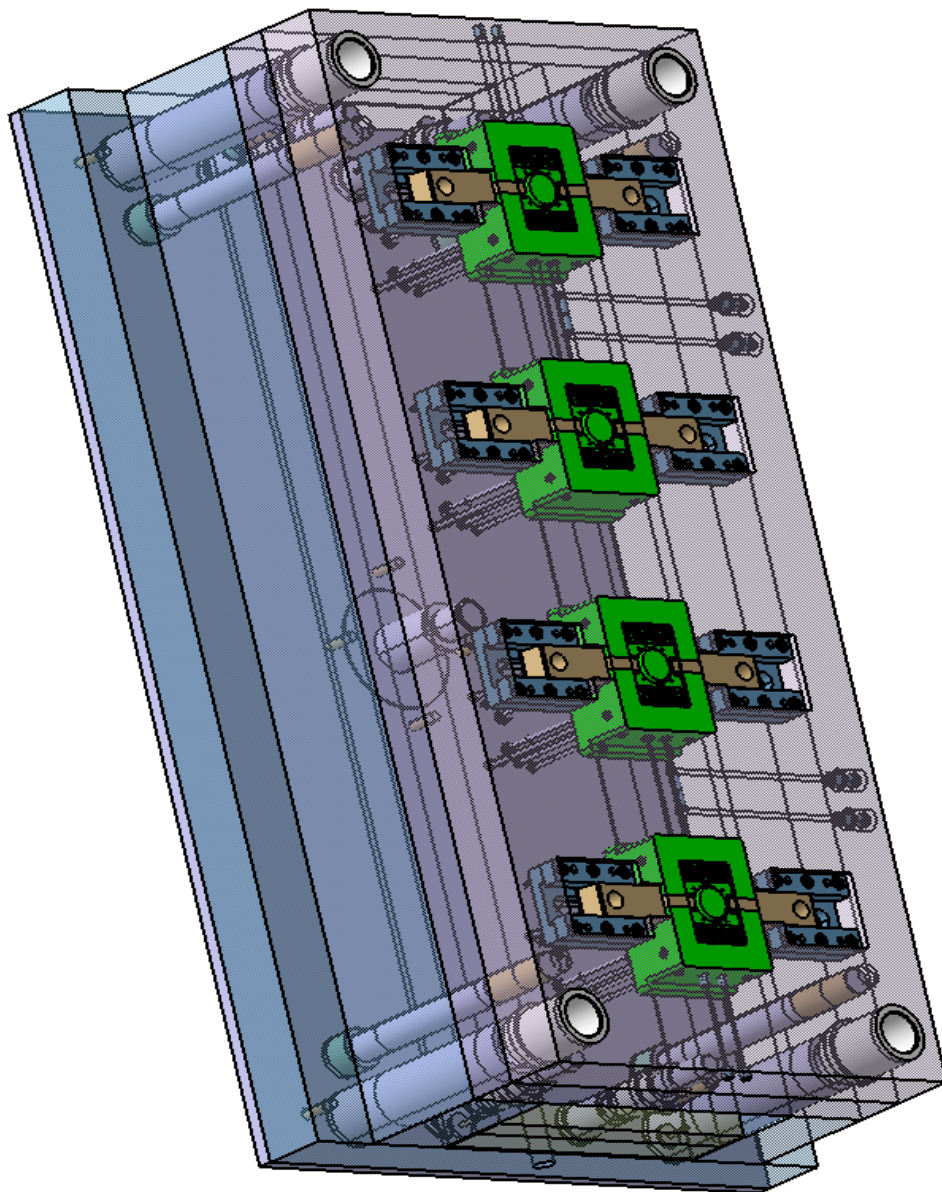
Jedná se o část formy, která je připevněna k nepohyblivé straně vstřikovacího stroje. Může být nazývána jako vstřikovací strana. Pravá strana formy se skládá ze čtyř desek: izolační, upínací, opěrná a kotevní. Za upínací desku se forma připevní ke vstřikovacímu stroji. Izolační deska je vyrobena z materiálu, který špatně vede teplo, tím zabraňuje přenosu tepla na rám stroje. Do opěrné desky je připevněna vyhřívaná vtoková soustava a na boku je přišroubovaná elektrická zásuvka. Kotevní deska slouží k umístění tvarové vložky (tvárník), šikmých kolíků, vodících čepů a zámek posuvných čelistí. Všechny čtyři desky jsou spojeny pomocí šroubů, upínací a kotevní je vystředěna středící trubkou. Na pravé je možno nalézt, také středící kroužek, pro přesné dosednutí trysky vstřikovacího stroje.



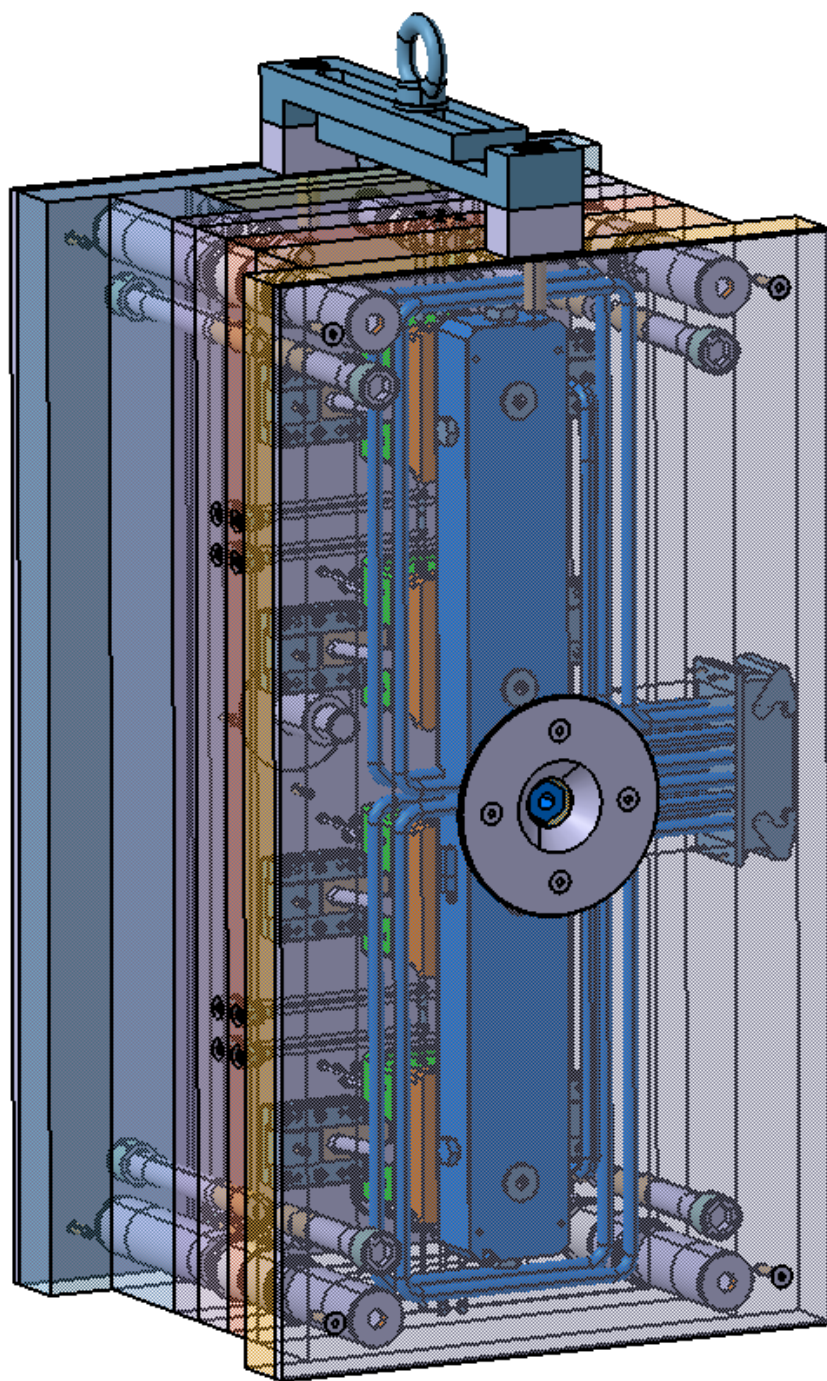
Obr. 34. Pravá strana formy

7.9 Levá strana formy

Levá část formy je připevněna k pohyblivé straně vstřikovacího stroje. Skládá z pěti desek: izolační, upínací, rozpěrné, opěrné a kotevní. Izolační a upínací mají stejnou funkci jako na pravé straně. Rozpěrné desky jsou dvě a umožňují pohyb vyhazovacího systému. Do kotevní desky jsou nalisovány vodící pouzdra, které slouží k vedení vodících čepů, dále jsou zde umístěny tvarové vložky (tvárnice) a jsou k ní připevněny pomocí šroubů posuvné čelisti. Součástí levé strany je vyhazovací systém. Desky jsou vystředěny středící trubkou a spojeny šrouby.



Obr. 35. Levá strana formy



Obr. 36. Kompletní forma

8 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Podle velikosti formy byl zvolen vstříkovací stroj ALLROUNDER 820S od německé firmy ARBURG.



Obr. 37. Vstříkovací stroj ARBURG ALLROUNDER 820S [7]

Tab. 3. Základní parametry vstříkovacího stroje [7]

Název	Hodnota	Jednotka
Vstříkovací tlak	2500/2000/1530	Bar
Uzavírací síla	4000	kN
Maximální výška formy	350-850	mm
Maximální zdvih vyhazovačů	250	mm
Průměr šneku	60/70/80	mm

ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá konstrukcí čtyřnásobné vstřikovací formy pro zadaný díl, který je součástí automobilu značky Škoda. První část spočívala v propojení znalostí ohledně polymerních materiálů, procesu vstřikování a konstrukcí forem. V druhé části byl vytvořen 3D model zadaného dílu v programu CATIA V5R19 a poté byla volena násobnost formy, která vycházela z rozměru výrobku, tím že je díl malých rozměrů byla zvolena čtyřnásobná forma. Při zaformování bylo určeno více dělicích rovin: hlavní a dvě vedlejší, aby bylo možné boční odformování výrobku pomocí posuvných čelistí. U formy byl zvolen horký vtokový systém, tím je ušetřeno materiálu, protože nevzniká vtokový zbytek. Temperace byl řešena soustavou kanálků o průměru 6 mm a v každé kotevní desce pomocí dvou okruhů. Kompletní forma se skládá z pravé a levé strany. Součástí levé strany je vyhazovací systém, který se skládá z vyhazovačů. V případě formy byly zvoleny válcové a prizmatické vyhazovače.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] POLYMERNÍ MATERIÁLY. www.opi.zcu.cz [online]. [cit. 2017-12-05]. Dostupné z: https://www.opi.zcu.cz/download/Polymery_2010.pdf
- [2] Ing. Luboš Běhálek, Ph.D. *Polymery* [online]. Code Creator, 2015 [cit. 2018-01-04]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Impresum.html>
- [3] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování plastů*. 1.vyd Praha: BEN – technická literatura, 2009. 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3
- [4] *Vstřikování Plastů* [online]. [cit. 2018-01-10]. Dostupný z WWW: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [5] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů*. 2.vyd. – Brno: UNIPLAST, 1999. 134 s.
- [6] *Technologie vstřikování* [online]. 1. Pardubický kraj: © Code Creator, s.r.o.; distribuce publi.cz; 2016, 2016 [cit. 2018-03-04]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Impresum.html>
- [7] ARBURG [online]. Dostupný z WWW: <http://www.arburg.com>
- [8] *Stroje pro zpracování polymerních materiálů* [online]. 1. Pardubický kraj: © Code Creator, 2015 [cit. 2018-03-17]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/03.html>
- [9] *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. Pardubický kraj: © Code Creator, 2015 [cit. 2018-04-14]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Impresum.html>
- [10] TOMIS, F. *Základy gumárenské a plastikářské technologie*. Praha : SNTL, 1. vyd. 1975. 414-33543
- [11] 14220 [online]. [cit.2018-01-28]. Dostupný z WWW: 14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii
- [12] *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů: polymery*. 2. vydání. Praha: Sekurkon, 2009. ISBN 978-80-86604-44-2.

- [13] Fakulta strojní západočeské univerzity v Plzni materiály dostupné z :
http://www.kks.zcu.cz/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05/
- [14] HASCO [online]. Dostupné z WWW:
<http://www.hasco.com/hasco/en/>
- [15] Matweb [online]. [cit.2018-5-8]. Dostupný z www:
<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=b92fc19016f6428c83992f443ea8de>
- [16] DASSAULT SYSTEMES [online]. Dostupné z WWW:
<http://www.3ds.com/>
- [17] LENFELD, Petr. Technologie II. - Vstřikování plastů [online].
Technická univerzita Liberec. [cit. 2018-5-10]. Dostupný z WWW:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/obsah_plasty.htm

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Dvojměrný
3D	Trojměrný
PS	Styrénové polymery
PMMA	Polymethylmetakrylát
PC	Polykarbonát
SAN	Styrene acrylonitrile
T _g	Teplota skelného přechodu (°C)
T _m	Teplota tání (°C)
PE	Polyolefiny
PP	Polypropylen
PA	Polyamid
POM	Polyacetal
PBT	Polybutylen-tereftalát
%	Procento
TPE	Termoplastické elastomery
mm	milimetr

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Základní rozdělení polymerů [2]</i>	11
<i>Obr. 2. Oblast použití amorfních polymerů [5]</i>	12
<i>Obr. 3. Oblast použití semikrytalických polymerů [5]</i>	12
<i>Obr. 4. Kruhový diagram vstřikovacího cyklu [10]</i>	15
<i>Obr. 5. Vstřikovací stroj od firmy ARBURG [7]</i>	16
<i>Obr. 6. Vstřikovací jednotka [8]</i>	17
<i>Obr. 7. Hydraulická uzavírací jednotka [8]</i>	18
<i>Obr. 8. Řez vstřikovací formou</i>	19
<i>Obr. 9. Postup návrhu vstřikovací formy [9]</i>	20
<i>Obr. 10. Studený vtok [11]</i>	22
<i>Obr. 11. Výrobně vhodné průřezy vtoků [11]</i>	23
<i>Obr. 12. Výrobně nevhodné průřezy vtoků [11]</i>	23
<i>Obr. 13. Plný kuželový vtok [5]</i>	23
<i>Obr. 14. Řez bodovým vtokem [13]</i>	24
<i>Obr. 15. Řez tunelovým vtokem [13]</i>	24
<i>Obr. 16. Boční vtok [5]</i>	25
<i>Obr. 17. Filmový vtok [13]</i>	25
<i>Obr. 18. Dešťníkový a prstencový vtok [13]</i>	26
<i>Obr. 19. Vyhříváná tryska s hrotem [14]</i>	27
<i>Obr. 20. Vytápěný blok [11]</i>	28
<i>Obr. 21. 3D model výrobku</i>	32
<i>Obr. 22. Hlavní a vedlejší dělicí roviny</i>	33
<i>Obr. 23. Vyhříváná vtoková soustava</i>	34
<i>Obr. 24. Tvárník</i>	35
<i>Obr. 25. Tvárnice</i>	36
<i>Obr. 26. Posuvná čelist</i>	37
<i>Obr. 27. Použité komponenty temperačního systému</i>	37
<i>Obr. 28. Temperace pravé tvarové části - tvárník</i>	38
<i>Obr. 29. Temperace pravé kotevní desky (tvárník)</i>	39
<i>Obr. 30. Temperace levé tvarové části - tvárnice</i>	40
<i>Obr. 31. Temperace levé kotevní desky (tvárnice)</i>	41
<i>Obr. 32. Rozmístění vyhazovačů v tvarové vložce</i>	42

<i>Obr. 33. Vyhazovací systém.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 34. Pravá strana formy.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 35. Levá strana formy.....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 36. Kompletní forma</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 37. Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 820S [7].....</i>	<i>47</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Doporučené teploty taveniny a formy při temperaci [9]</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 2. Základní vlastnosti a parametry PA6 GF15 [15]</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 3. Základní parametry vstřikovacího stroje [7]</i>	<i>48</i>

SEZNAM PŘÍLOH

P1 Výkres sestavy

P2 Pohled do levé strany formy

P3 Pohled do pravé strany formy

P4 Kusovník 1. část

P5 Kusovník 2. část

P6 CD obsahující:

- Textovou část bakalářské práce
- Model formy v programu CATIA V5R19
- Výkresovou dokumentaci

PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY