

Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu dílu ventilace

Michal Zubík

Bakalářská práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal ZUBÍK**

Osobní číslo: **T10337**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

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

Zásady pro vypracování:

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

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

dle zadání vedoucího BP

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Michal Staněk, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

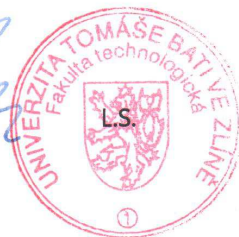
8. února 2013

Termín odevzdání bakalářské práce:

17. 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: ZUBÍK MICHAL

Obor: TZ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek 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 15.5.2013

Michal Zubík

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 nevdělečně 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). Odpirá-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

Cílem bakalářské práce je konstrukce plastového dílu ventilace.

Teoretická část popisuje základní zásady při konstrukci vstřikovací formy, volbu vstřikovacího stroje a konstrukci vstřikovaného dílce.

Praktická část je zaměřena na konstrukci 3D modelu zadaného dílu a vstřikovací formy. Úkolem bylo vytvořit výkres sestavy formy. Konstrukce je zpracována v softwaru CATIA V5R18 s využitím normálí HASCO.

Klíčová slova: vstřikovací forma, vstřikování, 3D model, výstřik

ABSTRACT

The aim of this Bachelor's thesis is deal with design of plastic part for ventilation.

The theoretical part describes basic principles of injection molds design, correct options of injection molding machines and design of produced part.

The practical part is focused on 3D model design of plastic part and design of injection mold, to make a drawing of mold assembly.

The design is processed in software CATIA V5R18 with using components of HASCO.

Keywords: injection mold, injection molding, 3D model, plastic part

Velmi rád bych poděkoval svému vedoucímu Ing. Michalovi Staňkovi, Ph.D. za poskytnuté odborné rady, čas a trpělivost, kterou mi věnoval při vypracování této bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	12
1.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	12
1.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ	14
1.2.1 Vstřikovací jednotka	15
1.2.2 Uzavírací jednotka.....	15
1.2.3 Ovládání a řízení stroje	16
2 VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ	17
2.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ PLASTŮ	17
2.1.1 Rozdělení termoplastů.....	17
3 KONSTRUKCE VÝROBKU	19
3.1 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ROZMĚROVOU PŘESNOST	19
3.1.1 Průběh dělicí plochy.....	20
3.1.2 Tloušťka stěn.....	21
3.1.3 Výstužná žebra	21
3.1.4 Zaoblení hran, rohů a koutů	22
3.1.5 Úkosy a podkosy	22
3.1.6 Vady výrobků.....	23
4 VSTŘIKOVACÍ FORMA	24
4.1 NÁSOBNOST FORMY	25
4.2 ROZMĚRY TVAROVÉ DUTINY	26
4.3 VTOKOVÝ SYSTÉM.....	26
4.3.1 Studená vtoková soustava (SVS)	26
4.3.2 Vtokové ústí	28
4.3.3 Vyhřívaná vtoková soustava (VVS).....	29
4.4 VYHAZOVACÍ SYSTÉM	30
4.4.1 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků.....	31
4.4.2 Vyhazování stírací deskou.....	32
4.4.3 Vyhazování trubkovým vyhazovačem	32
4.4.4 Vyhazování šikmými vyhazovači	32
4.4.5 Dvoustupňové vyhazování	33
4.4.6 Pneumatické vyhazování.....	33
4.4.7 Hydraulické vyhazování.....	33
4.5 TEMPEROVÁNÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	34
4.5.1 Obecné zásady volby temperačního kanálu.....	34
4.5.2 Temperační prostředky.....	36

4.6	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	36
4.7	MATERIÁL FORMY	37
II	PRAKTICKÁ ČÁST	38
5	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	39
6	CHARAKTERISTIKA VÝROBKU.....	40
6.1	MATERIÁL VÝROBKU:	41
7	SOFTWARE	42
7.1	CATIA V5	42
7.2	HASCO 3D.....	43
8	KONSTRUKCE FORMY	44
8.1	NÁSOBNOST A VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	44
8.2	POSUVOVÉ ČELISTI	45
8.3	VTKOVÝ SYSTÉM.....	47
8.4	TEMPERACE.....	48
8.5	VYHAZOVAČÍ SYSTÉM	51
8.6	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	52
8.7	MANIPULACE.....	52
8.8	VÝSLEDNÁ KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	53
8.9	DISKUSE VÝSLEDKŮ	56
	ZÁVĚR	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	59
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM TABULEK.....	64
	SEZNAM PŘÍLOH.....	65

ÚVOD

První plasty byly objeveny v 19. století, po druhé světové válce zažily skutečný rozmach. Začaly pomalu nahrazovat výrobky z kovu, dřeva, skla atd. Dnes již plasty zaujmají přední místo jako moderní technický materiál. Rozhodujícím faktorem jsou jeho výjimečné vlastnosti, mezi něž patří např. tvrdost, pružnost, odolnost proti chemikáliím, životnost a v neposlední řadě i malá hmotnost.

Mezi nejčastější metody zpracování plastů je vstřikování. Tato technologie koresponduje se současným trendem velkosériové výroby při zachování nízké ceny finálního produktu. Kvůli značnému množství výrobků je kladen důraz na kvalitu a přesnost vstřikovací formy a celého vstřikovacího stroje. Proto při samotném návrhu formy musíme z pozice konstruktéra uvažovat i o ekonomické stránce jednotlivých komponent. Převládá snaha navrhnout takovou formu, která nám umožní dostatečnou produkci výroby a volit její součásti tak, aby nebyly výrobně složité. Samozřejmě při zachování kvality a jakosti výrobků.

V současnosti se při návrhu vstřikovacích forem používají softwarové aplikace. Ty nám dovolují s předstihem odhalit rizika, a tím značně zrychlit a zkvalitnit návrh formy. Navíc obsahují simulační programy, díky kterým máme představu o termodynamických procesech výrobku.

Samotnou formu a její komponenty není nutné vyrábět. Díky specializovaným firmám máme k dispozici normální komponent, které lze díky stavebnicovému systému jednoduše kombinovat. Tím dojde k zjednodušení výroby formy a celkovému snížení nákladů. Mezi firmy, které se normálními vstřikovacích forem zabývají, patří např. HASCO, DME, Meusburger, Strack.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby plastových dílů. Vyznačuje se poměrně složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a vstřikovací forma. V průběhu vstřikování je roztavený plast ve vstřikovacím stroji dopravován do dutiny formy a tam ochlazen ve tvaru vyráběné součásti. [1]

Vstřikováním se vyrábějí takové výrobky, které mají buď charakter konečného výrobku anebo jsou polotovary nebo díly pro další zkompletování samostatného celku. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, je to proces diskontinuální, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky. [3]

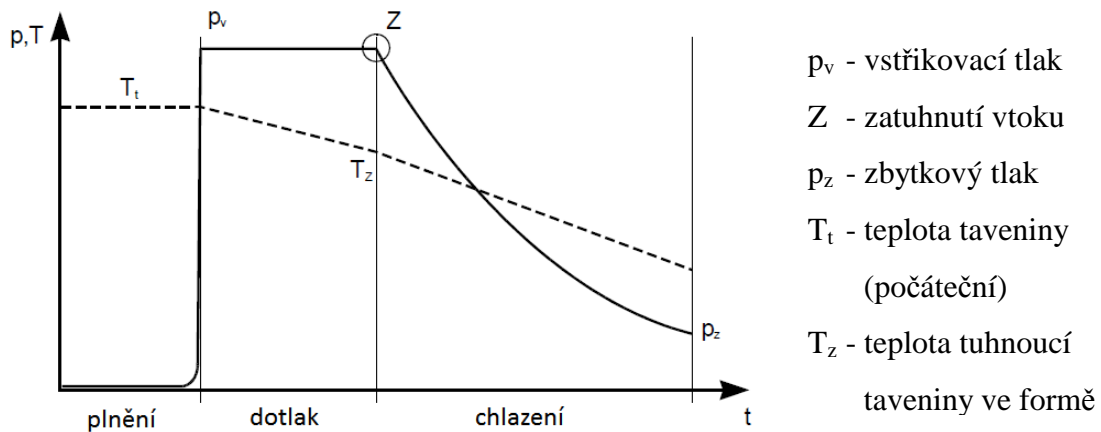
1.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus tvoří sled přesně specifikovaných úkonů. Jedná se o proces neizotermický, během něhož plast prochází teplotním cyklem. Při popisu vstřikovacího cyklu je nutno jednoznačně definovat jeho počátek. Za počátek cyklu lze považovat okamžik odpovídající impulsu k uzavření formy. [3]



Obr. 1. Průběh vstřikovacího cyklu [4]

Vstřikovací cyklus probíhá následovně (Obr. 1): Z násypky vstřikovacího stroje se materiál dávkuje do plastikační jednotky (pístové nebo šnekové), v níž se přivádí do plastifikovaného stavu zpravidla účinkem tepla. Po přisunutí plastikační jednotky k formě se tavenina pod tlakem dopraví vtokovým systémem do dutiny formy. Doba, po kterou se forma plní, se nazývá doba plnění. Po zaplnění dutiny formy se působí na materiál dále tlakem, který je označován jako dotlak. Průběh tlaku v dutině formy je znázorněn na (Obr. 2). [4]



Obr. 2. Průběh tlaku a teploty ve formě [4]

Dotlak má za účel částečně vyrovnat vliv smrštění a dále zabránit unikání materiálu z dutiny formy. Lze jím ovlivnit i zbytkové pnutí ve výstřiku. Doba dotlaku je omezena zatuhnutím materiálu ve vtokovém systému. V další fázi zůstává zaplněná forma ještě po určitou dobu uzavřena – probíhá chlazení výstřiku. Tato doba závisí na rozměrech výrobku, zejména na jeho tloušťce a na teplotě formy. Čím je tloušťka výstřiku větší a teplota formy vyšší, tím pomalejší je chlazení.

Po zatuhnutí výrobku se forma v dělicí rovině otevře a výstřik lze vyjmout. Obvykle se výstřik vyjímá automaticky pomocí vyhazovačů nebo stírací desky. Během chlazení a vyjímání výrobku připravuje plastikační jednotka novou dávku roztaveného materiálu tak, aby vstřikovací stroj mohl po uzavření formy zahájit další pracovní cyklus. [4]

1.2 Vstřikovací stroj

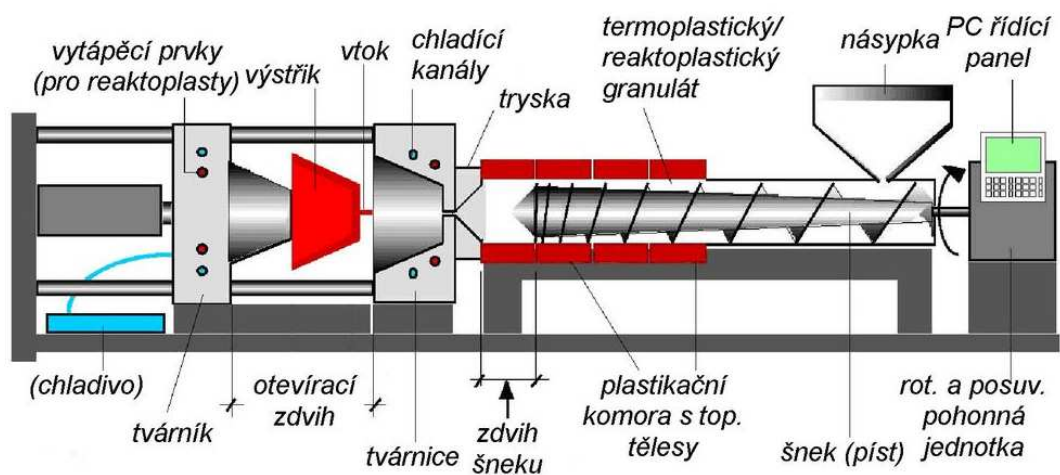
Vstřikovací proces probíhá na moderních strojích většinou plně automaticky, takže se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena strojního zařízení i vstřikovací formy je však značně vysoká. Technologie je proto vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu. [3]

Konstrukce stroje je charakterizována podle:

- vstřikovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- ovládání a řízení stroje. [1]

Vstřikovací stroj pro přesné výstřiky vyžaduje, aby:

- byl tuhý a pevný při výstřiku,
- měl konstantní tlak, rychlost, teplotu, ostatní parametry a jejich časování,
- měl přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů. [1]



Obr. 3. Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací [3]

1.2.1 Vstřikovací jednotka

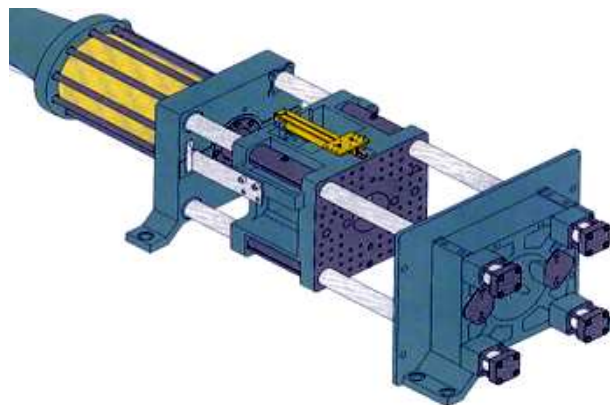
Vstřikovací jednotka plní dva hlavní úkoly: přeměňuje granulát plastu na homogenní taveninu o dané viskozitě, vstřikuje taveninu vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny formy.

Připraví a dopraví požadované množství roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry do formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při malém vstřikovacím množství zase setrvává 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 %.

Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracováváný 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. [1]

1.2.2 Uzavírací jednotka

Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavírací síly je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. [1]



Obr. 4 Schéma uzavírací jednotky [3]

Hlavní částí uzavírací jednotky jsou:

- opěrná deska pevná,
- upínací deska,
- vodící sloupky,
- uzavírací mechanismus.

Uzávřecí mechanismus je ukazatelem kvality uzavírací jednotky. Má nejrůznější provedení. Hydraulické uzavírací jednotky umožňují pootevření nástroje hydraulickým tlakem a vyžadují zajištění závorou. Výhodou těchto jednotek je nastavení libovolné hloubky otevření nástroje. Hydraulicko-mechanická jednotka je nejčastěji používána u strojů malých gramáží. Zaručuje vyšší rychlost uzavírání s potřebným zpomalením před uzavřením formy a dostatečnou tuhost. Je konstruována jako kloubový mechanismus ovládaný hydraulickým válcem. Formu proti pootevření při vstřikování zajistí hydraulický válec velkého průřezu, který je pevně spojen s upínací deskou. Některé konstrukce uzavíracích jednotek jsou bez vodících sloupů. [1]

1.2.3 Ovládání a řízení stroje

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je význačným a nutným faktorem. Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na přesnosti a kvalitě výroby výstřiků. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky. Nastavení stroje je řídicím systémem také kontrolováno (zpětná vazba). Alternativní volba a úprava programu se pak může snadno uskutečnit za pomoci barevné obrazovky. Na přesnosti a jakosti výstřiků má řízení stroje rozhodující vliv. Tím, že určuje a dodržuje přesnost:

- nastavení výše i doby vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiků,
- nastavení doby a výšky teploty taveniny. Její homogenizací jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiků.

Vedle stroje a plastu ovlivňuje tyto hodnoty i forma, její teplota a doba chlazení. [1]

2 VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

Tato technologie je nejvíce rozšířenou pro zpracování plastů, vyžaduje však velké série výrobků (řádově desítky tisíc). Jen při takových sériích je možné vyšší náklady na výrobu formy rozpočítat do jednotlivých výrobků. Vstřikováním je možné zpracovat většinu běžných plastů. [9]

2.1 Základní rozdělení plastů

Plasty jako materiál jsou látky, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci. Jsou rozděleny na dva základní druhy:

- *termoplasty*, které mají řetězce přímé (lineární polymery) nebo řetězce s bočními větvemi (rozvětvené polymery). Při ohřevu se uvolní soudržnost řetězců a hmota je viskózní. V tomto stavu se může tvářet. Po ochlazení se dostanou opět do původního pevného stavu,
- *reaktoplasty*, které mají v konečné fázi zpracování řetězce příčně propojeny chemickými vazbami a vytváří prostorovou trojrozměrnou síť. Při ohřevu tato síť zvětšuje svoji pohyblivost, ale řetězce se zcela neuvolní. Při tváření vlivem teploty a tlaku nastává zesíťování (vytvrzování) plastu. Jsou-li původní řetězce velmi ohebné a hustota sítě je přiměřená, je hmota za normální teploty poddajná a pružná. Takové materiály se nazývají elastomery a zesíťování u nich nastává při vulkanizaci, čímž se převedou na pryž. Jakmile je chemický proces ukončen, další tváření již není možné. [1]

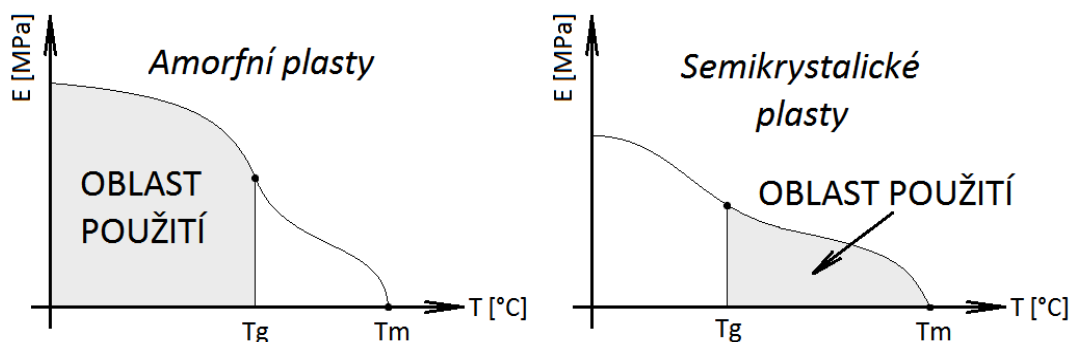
2.1.1 Rozdělení termoplastů

Z jednotlivých skupin plastů jsou nejrozšířenější termoplasty. Tyto lineární či rozvětvené polymery, jejichž řetězec tvoří jen jeden druh základní chemické skupiny, se nazývají homopolymery. Dále kopolymery, které jsou složeny z více druhů základních chemických skupin. Z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dělí na:

- *amorfní*, jejichž řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány,
- *semikrystalické*, kde je podstatná část řetězců pravidelně a těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary. Zbytek má amorfni uspořádání.

Využitelnost výrobků z amorfních plastů (PS, ABS, SAN, PMMA, PC, atd.) je v oblasti pod teplotou skelného přechodu (T_g) viz (Obr. 5). Polymer je v tomto stavu pevný. Zvyšováním teploty nad T_g postupně slábnou kohezní síly mezi makromolekulami a plast přechází do plastické oblasti až do viskózního stavu, kdy se zpracovává. Se zvyšováním teploty současně narůstá i objem polymeru.

U semikrystalických plastů (PE, PP, PA6, EVA, atd.) jsou části molekul vázány pevněji v lamelách a ve sférolitech krystalické fáze. Zvyšováním teploty se nejprve uvolní část makromolekul z amorfní oblasti, potom i ostatní. To je doprovázeno značným objemovým nárůstem. Použití plastů tohoto typu je v oblasti nad teplotou T_g , protože zde mají výhodnou kombinaci pevnosti a houževnatosti. [1]



Obr. 5. Oblast využití u amorfních a semikrystalických plastů [1]

Při nadměrném ohřevu polymerů se přetrhají chemické vazby, hmota se rozruší a ztrácí pevnost. Tento proces je již nevratný, nazývá se degradací hmoty a další zpracování již není možné. Doporučené vstřikovací teploty a tlaky pro nejznámější typy termoplastů jsou uvedeny v (Tab. 1). [1]

Tab. 1. Technologické podmínky pro vstřikování základních termoplastů [1]

Materiál	Vstřikovací teplota [°C]	Vstřikovací tlak [MPa]	Teplota formy [°C]	Smrštění [%]
LDPE	160-280	20-50	30-50	2,0-3,0
HDPE	220-300	60-120	40-70	1,5-3,0
PP	180-300	80-150	25-80	1,0-3,0
PS	150-240	60-150	40-65	0,3-0,5
HPS	180-260	60-150	50-70	0,3-0,5
ABS	180-220	100-150	60-80	0,4-0,6
PA	230-320	70-100	40-50	0,5-2,0

3 KONSTRUKCE VÝROBKU

Konstrukční návrh součásti z plastu se řídí úplně jinými zásadami než u součástí kovových. Při její tvorbě musí konstruktér zvažovat, co všechno se při vstřikování v dílci z plastu bude dít. To vyžaduje znát technologii jejich zpracování.

Základním podkladem pro konstrukci formy slouží výkres vyráběné součásti. Její tvar má být řešen nejen z funkčního a ekonomického hlediska, ale musí se přihlídnout i k způsobu její výroby.

Celková konstrukce součásti musí především splňovat vhodnou polohu dělicí roviny (dělicích rovin) a tím je určen i způsob jejího zaformování. K ní se váže i koncepce vyhazování, vtokového systému, odvzdušnění, směr úkosů, přesnost i vzhled apod. Tloušťka stěn musí splnit svoji přísnou závislost s dráhou toku plastu.

V úzké dutině se tavenina rychle ochlazuje a tuhne, tlusté stěny zase vyžadují dlouhou dobu chlazení. Různě tlusté stěny s hromaděním materiálu nestejně tuhnou, vzniká vnitřní pnutí a různé povrchové vady, propadliny a lunkry. [1]

3.1 Faktory ovlivňující rozměrovou přesnost

Na rozměrovou přesnost mají vliv zejména tyto faktory:

- průběh dělicí plochy,
- tloušťka stěn,
- výztužná žebra,
- přechody hran a stěn (zaoblení),
- úkosy a podkosy. [5]

3.1.1 Průběh dělicí plochy

Správné zaformování výstřiků má usnadnit jejich vyhazování z dutiny formy. V místě, kde se při uzavření formy navzájem dotýkají nebo na sebe dosedají tvářecí části, tj. v místě, kde se tvářecí dutina při otevření formy rozdělí, vzniká dělicí plocha (rovina). Dělí dutinu formy a vzniká po ní na výrobku viditelná stopa. [5]

Dělicí plocha bývá zpravidla jako rovina rovnoběžná s upínáním formy. Může však být i šikmá nebo různě tvarovaná, případně vytváří u výstřiků s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí plochy. Taková koncepce způsobuje obtížnější výrobu formy. Je snaha se takovým tvarům vyhnout. Nepřesnost v dělicí ploše může způsobit nedovření formy během plnění.

Proto je třeba, aby dělicí plocha:

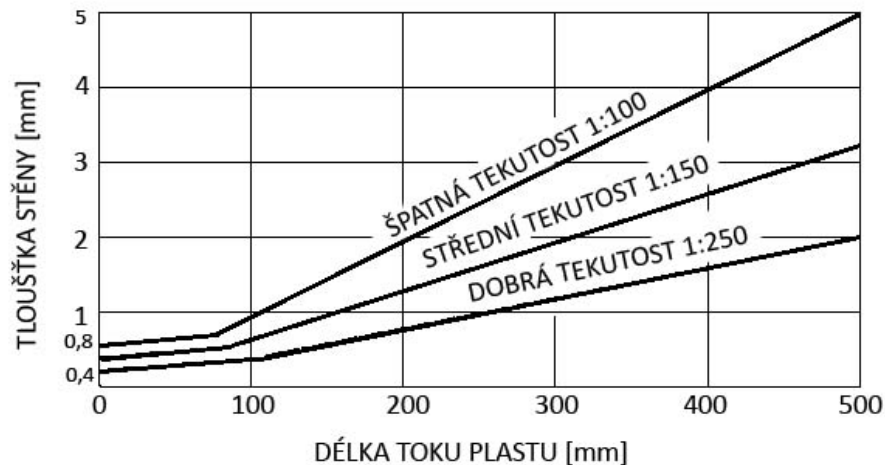
- umožnila snadné vyjmutí výstřiku z formy,
- byla pravidelná, jednoduchého geometrického tvaru, snadno vyrobitelná a dobře slícovatelná,
- probíhala v hranách výrobku,
- byla umístěna tak, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a souosost výstřiku, pokud je v obou 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.[1]

Dělicí plocha určuje, kde a v jakém směru se mají ve formě vyrobit technologické úkosy, které mají vliv na konečný rozměr dané části výstřiku. Dělicí plocha je také východiskem pro určení, které rozměry výstřiku budou vázané a nevázané formou. Pozitivní úlohu hraje dělicí rovina při odvzdušnění dutiny formy [5]

3.1.2 Tloušťka stěn

Při určování tloušťky stěny výstřiků se musí vedle funkčního hlediska přihlížet i k zatékavosti plastu a k délce dráhy toku. Vyhovují-li z konstrukčních a funkčních důvodů tenčí stěny, je nutno provést opravu technologických podmínek např. použít typ plastu s lepší tekutostí, zvýšit teplotu formy nebo tlak, použít vícenásobných vtoků apod. [5]

V úzké dutině se tavenina rychle ochlazuje a tuhne, tlusté stěny zase vyžadují dlouhou dobu chlazení. Různě tlusté stěny s hromaděním materiálu nesterjně tuhnou, vzniká vnitřní pnutí a různé povrchové vady, propadliny a lunkry. [1]



Obr. 6. Doporučené tloušťky stěn výstřiků v závislosti na délce dráhy toku (1:100 – PC, PVC; 1:150 – PA, POM, PMMA; 1:250 – PE, PP) [1, 5]

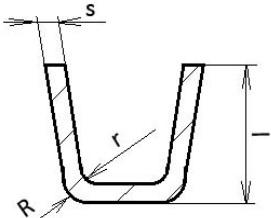
3.1.3 Výstužná žebra

Výstužná žebra mají probíhat ve směru toku taveniny a jejich rozměry, tj. šířka u kořene, délka a výška by měly být stanoveny předem tak, aby žebra plnila jak funkci výztuže, tak funkci technologickou. Příliš tlustá žebra způsobují propadání materiálu na protilehlém povrchu, případně i deformace vlivem vnitřního pnutí a rozdílu ve smrštění. Technologická žebra se používají zejména u tenkostěnných výstřiků s dlouhou drahou toku, kde se může stát, že tavenina ztuhne dříve, než vyplní dutinu formy. Usnadňují tečení taveniny, avšak jejich průběh nesmí vytvářet předpoklady pro uzavření vzduchu v dutině formě a tím vznik nedolisků, případně jiné vady (např. spálená místa na povrchu výstřiku). [5]

3.1.4 Zaoblení hran, rohů a koutů

V místech, kde se stýká několik ploch nebo kde dochází ke změně toku taveniny, je nutno hrany a kouty maximálně zaoblit. Tím se v podstatě sníží odpory proti tečení hmoty v dutině formy a zvýší se působení vstřikovacího tlaku. Současně se také usnadňuje vyhazování výstřiků z formy, takže se sníží nebezpečí deformací při vyhazování. [5]

Tab. 2. Zaoblení rohů a koutů [1]

Minimální poloměr				Doporučený poloměr	
Plast	r	R		l	r
PC, Plněné PA	1,5	r+s	>50	1,6	
PS, PC, CAB, PMMA, PVC	0,6-1	r+s	50-100	2,5	
PE, PP, CA, PPO, POM, PA, ABS, SAN	0,5	r+s	100-150	4	
			150-200	5	
			200-250	6	
			250-300	8	
			300-400	12	
			400-500	20	

3.1.5 Úkosy a podkosy

Jsou to sklony stěn výstřiku kolmo k dělicí rovině, kterými se umožňuje nebo u podkosů zabraňuje, vyjímání výstřiků z dutiny formy. Jejich velikost se řídí požadovanou funkcí. 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 pak volí jejich velikost (Tab. 3). U vnitřních stěn větší, u vnějších stěn menší úkos. Podkosy, s výjimkou technologických, komplikují konstrukci i funkci formy, a proto je snaha se jim vyhnout. [1]

Tab. 3. Doporučené úkosy [1]

Úkos pro	Velikost úkosu
vnější plochy	30' - 2° (1°)
vnitřní plochy	30' - 3° (2°)
otvory do hloubky 2*D	30' - 1° (45')
hluboké otvory	1° - 10°
žebra, nálitky	1° - 10° (3°)
výstupky	2° - 10°

3.1.6 Vady výrobků

Přes veškeré znalosti o polymerních materiálech, zvyšující se úrovni vstřikovacích strojů a jejich řídicích systémů či uplatnění počítačových programů při návrhu výstřiku a konstrukci vstřikovací formy nemůžeme vyloučit vady výstřiků v průběhu sériové výroby, a to i přesto, že máme k dispozici stále kvalitnější a přesnější simulační programy pro předpověď procesu vstřikování plastů.

Pod pojmem „vada výstřiku“ se rozumí defekt, kterým se liší vzhled, rozměry, tvar a vlastnosti od předem stanoveného normálu (standardu), specifikovaného výkresem, referenčním vzorkem nebo schválenými přijímacími podmínkami. Zdroje vad mohou být ve zpracovávaném plastu, v konstrukci výrobku (plastového dílu), vstřikovacím stroji, formě a též ve zvolených technologických podmínkách. [4]

Tab. 4. Možné příčiny vzniku závad na výrobku [1]

problém	chyba stroje	chyba formy
Volná tvorba proudu	nízká teplota, velká rychlost vstřikování	špatné místo vtoku, malý vtok
Stříbrné šmouhy	nedostatečné předsunutí granulátu, nízká teplota, nízký tlak vstřikování, nesprávný systém uzavíracích trysek	malý vtok, nedostatečné odvědušnění formy
Deformační čáry okolo vtoku	nízká teplota, velká rychlost vstřikování	špatné místo vtoku, malý vtok, nízká teplota formy
Připálená místa	velká rychlost vstřikování, vysoká teplota hmoty, nesprávný systém uzavíracích trysek	malý vtok, nedostatečné odvědušnění formy, velká uzavírací síla
Propadliny	nízký tlak vstřikování, vysoká teplota hmoty	malý vtok, nedostatečné odvědušnění formy, vysoká teplota formy
Bubliny	nízký tlak vstřikování, vysoká teplota hmoty	nedostatečné odvědušnění formy, nízká teplota formy, nevhodný povrch stěn
Plastické švy	nízká teplota, nízká rychlost vstřikování	nízká teplota formy
Vytváření přetoků	velká rychlost vstřikování, vysoká teplota hmoty	malá uzavírací síla, netěsnost formy
Vytváření pruhů (černé body)	vysoká teplota hmoty, přehřátý polymer (rozklad), nesprávný systém uzavíracích trysek	-

4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Výroba dílů vstřikováním probíhá na vstřikovacím stroji a ve formě v krátkém čase, za působení dostatečného tlaku a teploty a dalších nutných parametrů. 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 apod.,
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou. [1]

Při hodnocení vlivu vstřikovací formy na přesnost výstřiků z termoplastů je třeba se zaměřit zejména na tyto rozhodující faktory:

- násobnost formy,
- rozměry tvarové dutiny formy,
- způsob temperování vstřikovací formy,
- řešení vtokové soustavy,
- odvzdušnění tvářecí formy. [5]



Obr. 7. Pohled do otevřené vstřikovací formy [6]

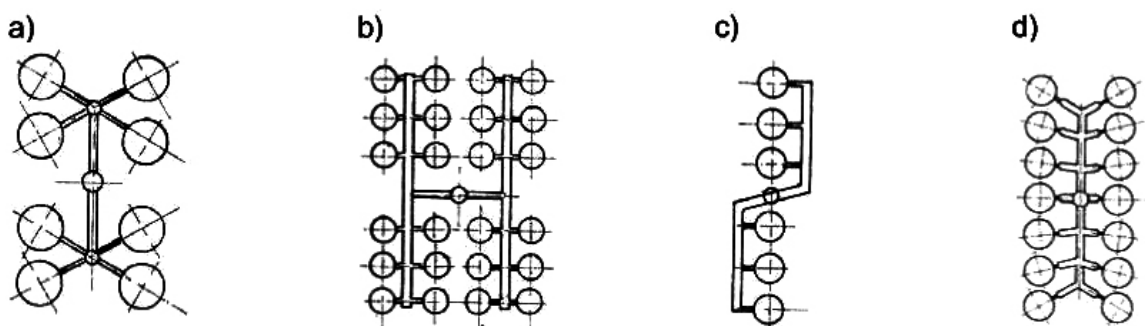
4.1 Násobnost formy

Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří ji ovlivňují. Posuzují se z hlediska:

- charakteru a přesnosti výstřiku,
- požadovaného množství výrobků,
- velikosti a kapacity vstřikovacího stroje,
- požadovaného termínu dodávky,
- ekonomiky výroby.

Součásti tvarově náročné, které vedou ke složité formě, jako i velkorozměrové výstřiky se většinou vyrábí v jednonásobných formách z důvodu složitosti vstřikovací formy i přesnosti vyráběného výrobku. [1]

Z hlediska kvality a přesnosti výstřiků je žádoucí, aby byla násobnost vstřikovací formy co nejmenší, protože se tím zjednoduší konstrukce formy, eliminují se rozdíly v rozměrech jednotlivých tvarových dutin a vyloučí se rozdíly v teplotách a tlacích mezi jednotlivými dutinami formy. Je-li forma více než jednonásobná, pak má být násobnost volena tak, aby dráha toku taveniny ve vtokové soustavě a v dutinách formy byla u všech výstřiků stejně dlouhá. Není-li možno tuto zásadu zachovat, je nutno pomocí korekcí velikostí ústí vtoku docílit stejných tlakových poměrů v jednotlivých tvarových dutinách. [5]



a) se stejnou délkou toku taveniny

b), c), d) s nestejnou délkou toku taveniny (nevhodné bez korekce ústí vtoku)

Obr. 8. Řadové uspořádání soustavy u vícenásobné formy [3]

4.2 Rozměry tvarové dutiny

Tvar a rozměry funkčních dílů, které jsou převážně umístěny v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu. Její dimenzování je důležitým krokem při konstrukci formy. [1]

Pro výpočet těchto rozměrů a pro stanovení jejich tolerancí jsou rozhodující tyto faktory:

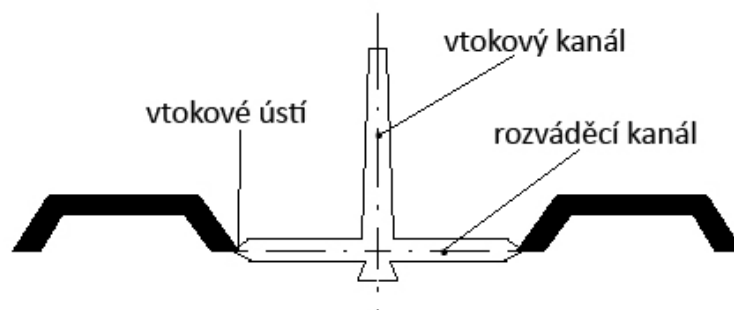
- výrobní smrštění plastu a jeho rozptyl,
- tolerance a mezní úchytky jednotlivých rozměrů tvářeného výrobku,
- opotřebení činných částí formy,
- dosažitelná přesnost výroby činných částí tvářecí formy.

Přesnost, s kterou se vyrábějí tvarové dutiny tvářecích forem, se pohybuje v rozmezí IT8 až IT10. [5]

4.3 Vtokový systém

Je to systém kanálů a ústí vtoku, který má za úkol rozvedení taveniny od stroje ke všem dutinám formy a to v nejkratším možném čase s co nejmenšími odpory. Musí splňovat požadavky na následné oddělení od výstřiku a snadné vyhození vtokového zbytku. Vtokové soustavy mohou být studené či vyhřívané.

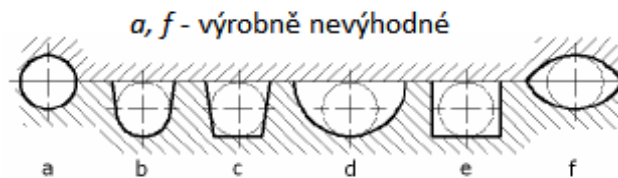
4.3.1 Studená vtoková soustava (SVS)



Obr. 9. Vtoková soustava

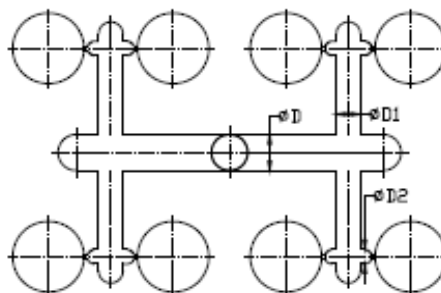
Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit aby:

- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát,
- dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnovážné plnění. Vyústění vtoků do dutiny, jeho průřez, poloha a počet ovlivňují velikost pnutí a vznik studených spojů (Obr. 8)
- vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez. Tím budou ztráty ochlazováním minimální. Této podmínce odpovídá kruhový průřez. Z výrobních důvodů se volí i jemu podobný tvar lichoběžníkový,



Obr. 10. Průřezy vtokových kanálů

- u vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů, aby byla zachována stejná rychlost taveniny



Obr. 11. Kompenzace vzdálenosti

Aby bylo možné uvedené zásady splnit je potřebné:

- zaoblení ostrých hran vtokových kanálů min. $R=1$ mm,
- stanovit úkosovitost všech vtoků pro jejich snadné odformování, volí se min. $1,5^\circ$,
- leštit povrch vtokového systému ve směru vyjímání, drsnost by neměla klesnout pod $0,2 R_a$,

- řešit zachycení studeného čela pomocí rozváděcích kanálů, tím se zabrání vzniku vad výrobku,
- vyloučit místa s možností nahromadění materiálu,
- neprovádět větvení vtokového systému pod ostrým úhlem. [1]

4.3.2 Vtokové ústí

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny. Omezí se strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím i vytváření povrchových defektů.

Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu, v závislosti na charakteru výstřiku, plasty i technologii vstřikování. Umožní se snadné začišťení. Velikost zúženého průřezu však musí spolehlivě naplnit dutinu formy a také ještě umožnit případné působení dotlaku. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. [1]

Druhy vtokových ústí:

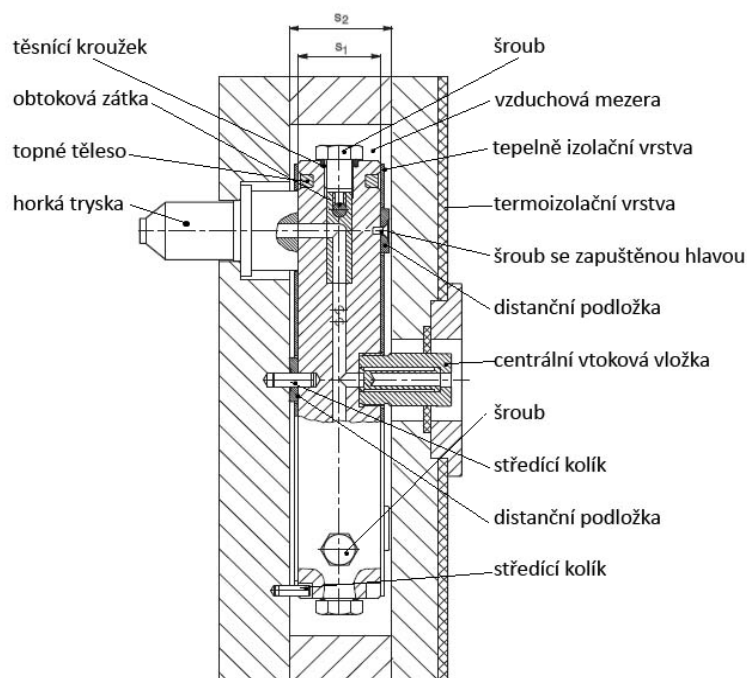
- *plný kuželový vtok* – přivádí taveninu do tvarové dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Používá se u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Je vhodný pro tlustostěnné výstřiky,
- *bodový vtok* – je nejznámější typ zúženého vtokového ústí. Vyžaduje systém třideskový forem (nejprve se odtrhne vtokové ústí, poté se otevírá tvarová dutina),
- *tunelový vtok* – je to zvláštní případ bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výstřík. Není nutné použití formy s více dělicími rovinami. Předpokladem funkce tunelových vtoků je existence ostré hrany, která odděluje při odformování vtokový zbytek od výstřiku. Zvláštním případem tunelového vtoku je *srpkovitý vtok*, který umožňuje umístit vtokové ústí do části výstřiku, ve kterém nepůsobí rušivě,
- *boční vtok* – Je nejrozšířenější a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Průřez bývá nejčastěji obdélníkový. Vtokové ústí bývá napojeno na rozváděcí kanál zúžení průtokového průřezu. V tomto místě pak dochází ke zvýšení teploty taveniny. Pokud tomu tak není, dochází k horšímu plnění dutiny formy,

- *filmový vtok* – je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. Rozvedení taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu. To se řeší proměnnou tloušťkou ústí rozváděcího kanálu. [1]

4.3.3 Vyhřívání vtokové soustavy (VVS)

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhřívání vtokových soustav. Dříve než se došlo k současným typům VVS, předcházela jim řada jednodušších systémů, které se postupně zdokonalovaly. Nejprve se zesílenými vtoky, izolovanými vtokovými soustavami s předkomůrkami apod. Dnešní vyhřívání vtokové soustavy mají vyhřívání trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním vtokem taveniny.

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. I přes malý průřez vtoku je možné částečně pracovat s dotlakem. Součástí systému je regulace teploty VVS i formy. Celá soustava umožňuje snadnou montáž, demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu. [1]



Obr. 12. Vyhřívání vtokový systém [7]

Výhody použití vyhřívané vtokové soustavy:

- umožňuje automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus,
- snižuje spotřebu plastu (vstříkuje se bez vtokových zbytků),
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků,
- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy s jejich zpracováním. [1]

Nevýhody použití vyhřívané vtokové soustavy:

- použití složitějších a výrobně nákladnějších forem,
- nutné využití regulátorů a snímačů,
- jsou energeticky mnohem náročnější než SVS,
- obslužný personál musí mít pokročilé technické znalosti. [1]

4.4 Vyhazovací systém

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny formy nebo tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřík. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí zajišťuje automatický výrobní cyklus, který má dvě fáze:

- dopředný pohyb – vlastní vyhození výstřiku,
- zpětný pohyb – návrat vyhazovacího systému do původní polohy.

Základní podmínkou dobrého vyhazování je hladký povrch a úkosovitost stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší než 30°. Vyhazovací systém by měl výstřík vyhazovat rovnoměrně, aby nedocházelo k jeho přičení a tím ke vzniku trvalých deformací nebo k jinému poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. [2]

Nejrozšířenější systém vyhazování je použití mechanického vyhazování. Jeho konstrukce má různá provedení, která představují:

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

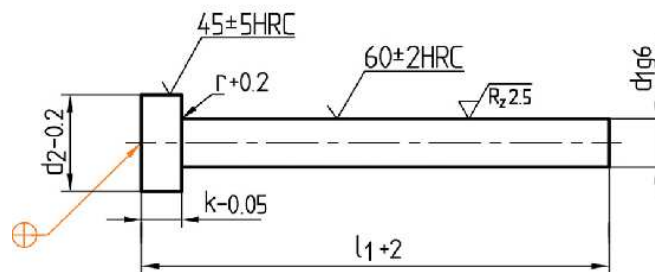
Mezi další metody vyhazování patří hydraulický nebo pneumatický systém. [2]

4.4.1 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiků. Uvedený systém lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Je výrobně jednoduchý a funkčně zaručený.

Vyhazovací kolíky mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Jsou obvykle válcové. Mohou však mít jakýkoliv jiný tvar.

Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit. Jinak by mohla nastat jeho trvalá deformace. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy. Proto není vhodné je umístit na vzhledových plochách. [2]



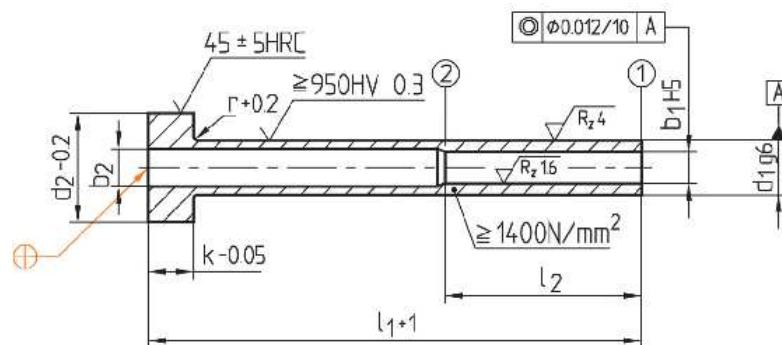
Obr. 13. Vyhazovací kolík z katalogu HASCO Z40 [7]

4.4.2 Vyhazování stírací deskou

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše nezanechává na výstřiku stopu po vyhazování. Používá se především u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřik na stírací desku v rovině, nebo plocha výstřiku je mírně zakřivena. Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu. Působí přes vyhazovací desku spojenou táhly se stírací deskou. [2]

4.4.3 Vyhazování trubkovým vyhazovačem

Funkce trubkového vyhazovače je speciálním případem vyhazování stírací deskou. 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]



Obr. 14. Trubkový vyhazovač z katalogu HASCO Z45 [7]

4.4.4 Vyhazování šikmými vyhazovači

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]

4.4.5 Dvoustupňové vyhazování

Patří do skupiny mechanického vyhazování. Vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se vzájemně ovlivňují. Způsob umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. Proto se s výhodou používá například k vyhazování slabostěnných výstřiků v kombinaci - stírání s vyhazovacími kolíky, při šikmém vyhazování výstřiků se zápichem apod.

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]

4.4.6 Pneumatické vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Způsob není tak častý, ale pro výstřiku uvedeného tvaru (např. kbelík) velmi výhodný. Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou na výstřiku stopy po vyhazovači. [2]

4.4.7 Hydraulické vyhazování

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. Používané hydraulické vyhazovače se vyrábějí většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje do připraveného místa ve formě. S její pomocí se přímo ovládají vyhazovací kolíky stírací desky apod. Hydraulické vyhazování se vyznačuje velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [2]

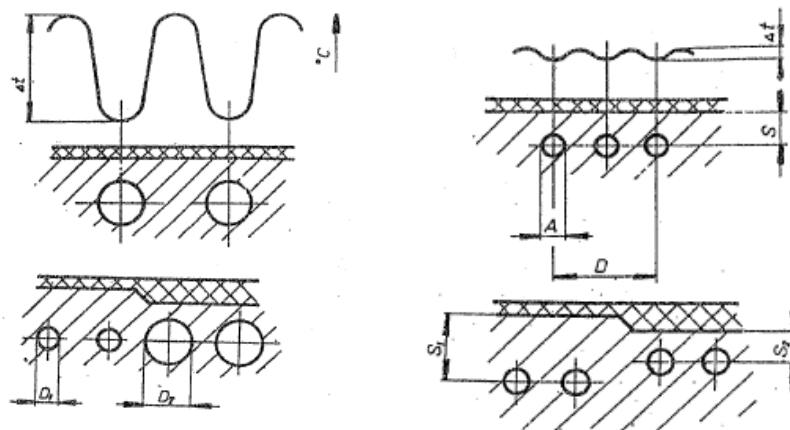
4.5 Temperování vstřikovací formy

Temperací vstřikovacích forem rozumíme - dle zpracovávaného polymeru (termoplastu, reaktoplastu a elastomeru) ochlazování nebo ohřev tvářecích částí formy (tvárníku a tvárnice) pomocí temperačního média na požadovanou teplotu před začátkem produkce a udržení této teploty během výroby v požadované toleranci. Temperace vstřikovacích forem souvisí s procesem tuhnutí a chladnutí výstřiku, který začíná již během fáze vstřikování, pokračuje během fáze dotlaku taveniny kompenzující smrštění plastu a trvá až do okamžiku otevření formy a vyhození výstřiku z tvarové dutiny formy.

Z ekonomického hlediska by ochlazování a tuhnutí výrobku mělo být dostatečně rychlé, na straně druhé by však z hlediska technologického mělo probíhat pomaleji tak, aby odvod tepla z taveniny byl rovnoměrný a zabránilo se případným rozměrovým změnám, vnitřním a povrchovým vadám výstřiku. [8]

4.5.1 Obecné zásady volby temperačního kanálu

Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými se předává nebo odvádí teplo z formy vhodnou kapalinou, nebo jiným zdrojem tepla. Rozměry a rozmístění temperačních kanálů a dutin se volí s ohledem na celkové řešení formy. Vzdálenost kanálu od funkční dutiny má být optimální. Je třeba dbát na dostatečnou pevnost a tuhost stěny funkční dutiny. Povrch temperačních kanálů slouží jako přestupová plocha pro teplo přestupující z formy do temperačního media nebo opačně. Je vhodnější použít větší počet menších kanálů s malými roztečemi, než naopak. [2]



Obr. 15. Zásady temperování formy (vlevo špatně, vpravo správně)

Kolem dutiny formy se kanály rozmisťují rovnoměrně a všude ve stejné vzdálenosti. V oblasti tlustší stěny výstřiku, případně v jiném místě o vyšší teplotě, se kanály přiblíží k dutině formy.

Při volbě temperačního systému je třeba dodržovat následující pravidla:

- kanály umístit v optimální vzdálenosti od tvarové dutiny formy, při zachování její dostatečné tuhosti,

Tab. 5. Minimální vzdálenost temperačních kanálů [2]

d [mm]	6	8	10	12	14	16	18	20	
s [mm]	4	6	8	12	15	20	25	30	
t [mm]	10	14	17	20	24	27	30	34	
b [mm]	4	6	7	8	10	11	12	14	

- kanály umístit a dimenzovat tak, aby teplo bylo intenzivně odváděno z míst, kde je forma ve styku s proudem vstříkované taveniny (u vtoku),
- průtok chladicí kapaliny regulovat tak, aby při chlazení proudila od nejteplejšího k nejchladnějšímu místu formy. U ohřívání naopak,
- průřez kanálů volit z výrobních důvodů kruhový. Je však možno volit i jiný průřez (obdélníkový),
- rozmístění kanálů se volí s ohledem na tvar výstřiku,
- kanály mají procházet celistvým materiálem formy. Pokud to není možné, je třeba stykové spoje utěsnit. Pokud je ve směru cesty temperačního media mnoho spojů a utěsnění by bylo obtížné, lze temperační kanál nahradit drážkou, do které se upevní měděná tenkostěnná trubka,
- po cestě temperačního media se nemají vytvářet mrtvé kouty, protože se v nich usazují nečistoty a jsou počátečními body ohnisek koroze a tím zarůstání kanálů,
- kanály se neumisťují v blízkosti hran výstřiku,
- průměr kanálů nemá být menší než 6mm, jinak hrozí nebezpečí ucpání nečistotami, vodním kamenem apod. Menší kanály vyžadují použití upravené vody. Vysoké

účinnosti temperačních systémů se dosáhne pasivací stěn kanálů, pravidelným čištěním a použitím nerezavějících materiálů. Před vstupem do úzkých temperačních kanálů má být umístěný čistitelný filtr,

- kanály konstruovat tak, aby se daly jednotlivé větve propojit hadicemi různým způsobem a pořadím,
- směr proudící kapaliny se volí s přihlédnutím k možné rozdílné rychlosti odvodu tepla z různých míst. Chladná kapalina se má přivádět do nejteplejších míst. Tím se využije největší teplotní spád. V každém případě je třeba zvýšenou účinnost chlazení zajistit v blízkosti horkých ústí vtoku a v oblasti trysky i proti ní. [2]

4.5.2 Temperační prostředky

Představují media, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách. Rozdělují se na:

- *aktivní*, které působí přímo na formě. Teplo do formy přivádí nebo naopak odvádí. Patří sem kapaliny (voda, olej, glykol), vzduch a topné elektrické články,
- *pasivní*, které svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy. Patří sem tepelně izolační materiály, tepelně vodivé materiály. [2]

4.6 Odvzdušnění formy

Dutina formy je před vstříkáním naplněna vzduchem. Při jejím plnění taveninou je třeba zajistit únik vzduchu a případných zplodin. Čím je větší rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny.

Nejčastějším jevem při rychlém plnění je stlačení vzduchu, který se vlivem vysokého tlaku silně zahřívá a způsobuje tzv. Dieselův efekt (spálené místo na výstřiku). To obvykle není ze vzhledových nebo pevnostních důvodů přípustné. Proto odvzdušnění musí být účinné.

Vzduch z dutiny formy stačí často uniknout dělicí rovinou (vedlejšími dělicími rovinami), vůlí mezi pohyblivými částmi apod. V ostatních případech je třeba formu opatřit odvzdušňovacími kanály. Zhotovené odvzdušňovací průřezy musí účinně odvádět vzduch, ale zároveň nesmí docházet k zatékání plastu. [2]

4.7 Materiál formy

Formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiků se od nich vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené:

- druhem vstřikovaného plastu,
- přesností a jakostí výstřiku,
- podmínkami vstřikování,
- vstřikovacím strojem.

Pro výrobu forem se tedy používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Patří sem:

- oceli vhodných vlastností,
- slitiny neželezných kovů (Cu, Al),
- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé).

Z hlediska technologie výroby výstřiku má materiál funkčních součástí zajišťovat speciální požadavky na kvalitu struktury, která je dána:

- dobrou leštitelností a brousitelností,
- zvýšenou odolností proti oděru,
- odolností proti korozi a chemickým vlivům plastu,
- vyhovující kalitelností,
- stálostí rozměru a minimálními deformacemi při kalení,
- vhodnými fyzikálními vlastnostmi. [2]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny následující cíle:

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

V první části bakalářské práce je zpracována literární studie zabývající se zásadami při návrhu vstřikovací formy. Obecně byla popsána problematika návrhu výrobku, volby materiálů a vhodných normálií k dosažení správné funkčnosti.

V praktické části byl nejprve vytvořen 3D model, předlohou mu byl vzorový výrobek ventilace. Poté byla provedena konstrukce sestavy vstřikovací formy a výkresová dokumentace.

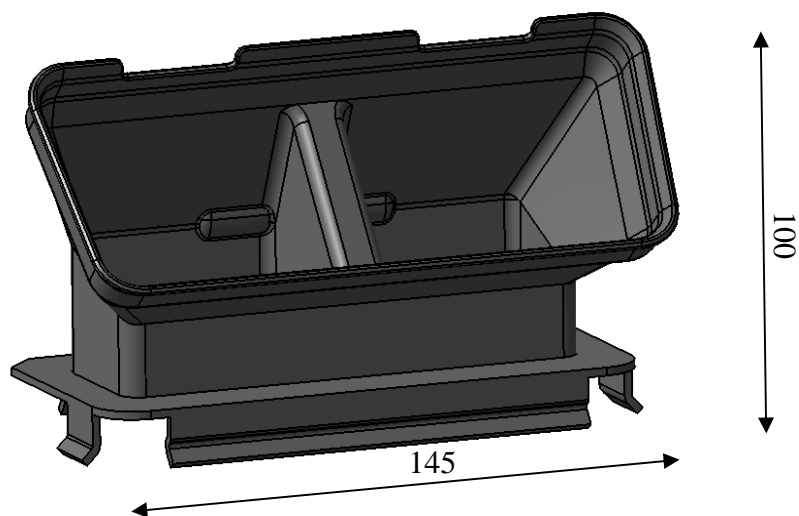
Pro návrh a konstrukci vstřikovací formy bylo využito softwaru CATIA V5R18 a katalogu normálií HASCO DAKO module R1/2013.

6 CHARAKTERISTIKA VÝROBKU

Zadaný výrobek představuje díl ze sestavy ventilace. Materiál je podle značky na přední stěně PPT20 (polypropylen s 20% příměsí mastku). Výrobek je charakteristický svými úkosovitými stěnami, které slouží k bezpečnému odformování výrobku a rádiusy na místech, kde by mohlo z konstrukčních a technologických důvodů docházet k problémům. Je opatřen znakem výrobce Audi, lze z toho vyvodit závěr, že se výrobek bude používat v automobilovém průmyslu. Při návrhu byly odstraněny vady, které předloha dílu obsahovala, jako např. nedotečený materiál a spálená místa.



Obr. 16. Předloha (vlevo) a 3D model výrobku



Obr. 17. Informativní rozměry

6.1 Materiál výrobku:

Zadaný materiál PPT20 lze koupit pod obchodním označením POLYFORT® FPP 20 T distribuovaný prostřednictvím A. Schulman Europe. Jedná se o materiál polypropylen, který je z 20% plněn mastkem. Vyznačuje se především vysokou ošetrivostí a tvrdostí. Pro své vlastnosti nachází využití zejména v automobilovém průmyslu. Materiál je dodáván ve formě granulátu.

Tab. 6. Vybrané vlastnosti PPT20 [10]

Hustota	kg/m ³	1040
Index toku taveniny	g/10 min	12
Modul pružnosti v tahu	MPa	1500
Modul pružnosti v ohybu	MPa	1500
Teplota sušení	°C	71
Teplota formy	°C	51-65
Teplota taveniny	°C	193-221
Vstřikovací tlak	MPa	8-13



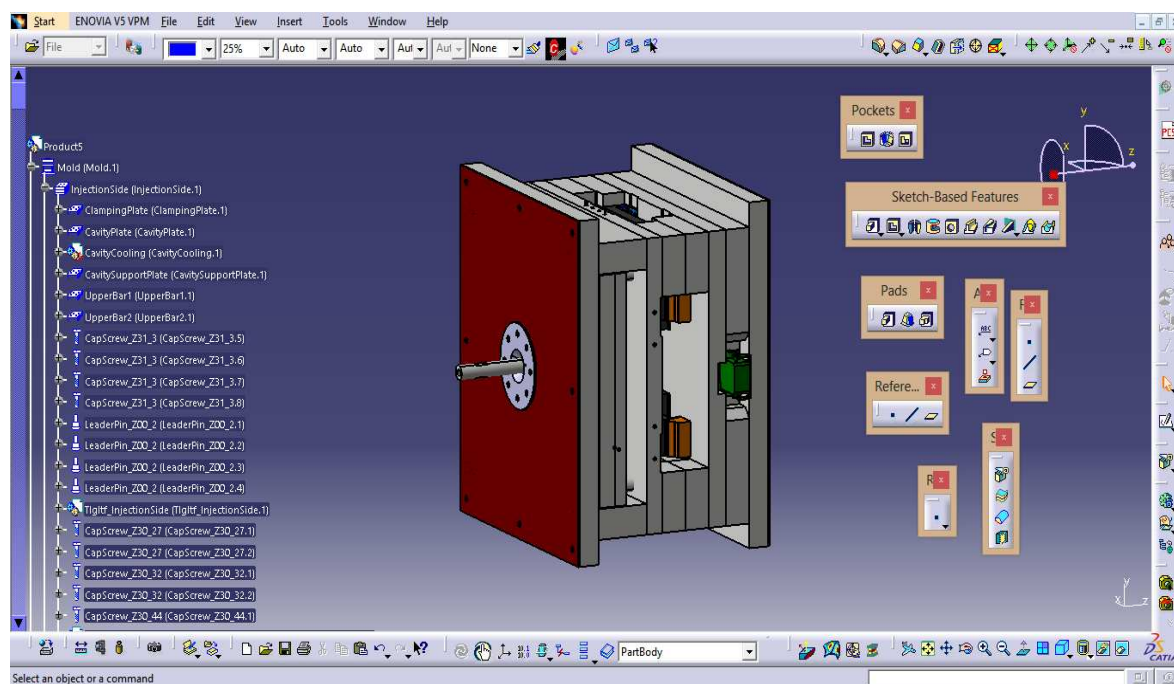
Obr. 18. Granulát PPT20 [11]

7 SOFTWARE

7.1 CATIA V5

Pro zhotovení 3D sestavy a 2D výkresů byl použit software CATIA V5R18. Jedná se o programový systém umožňující konstruování v oblastech CAD, CAM, CAE. Software vyvinula francouzská firma Dassault Systèmes. Tento systém obsahuje celou řadu modulů, díky kterým lze komplexně navrhnout výrobek.

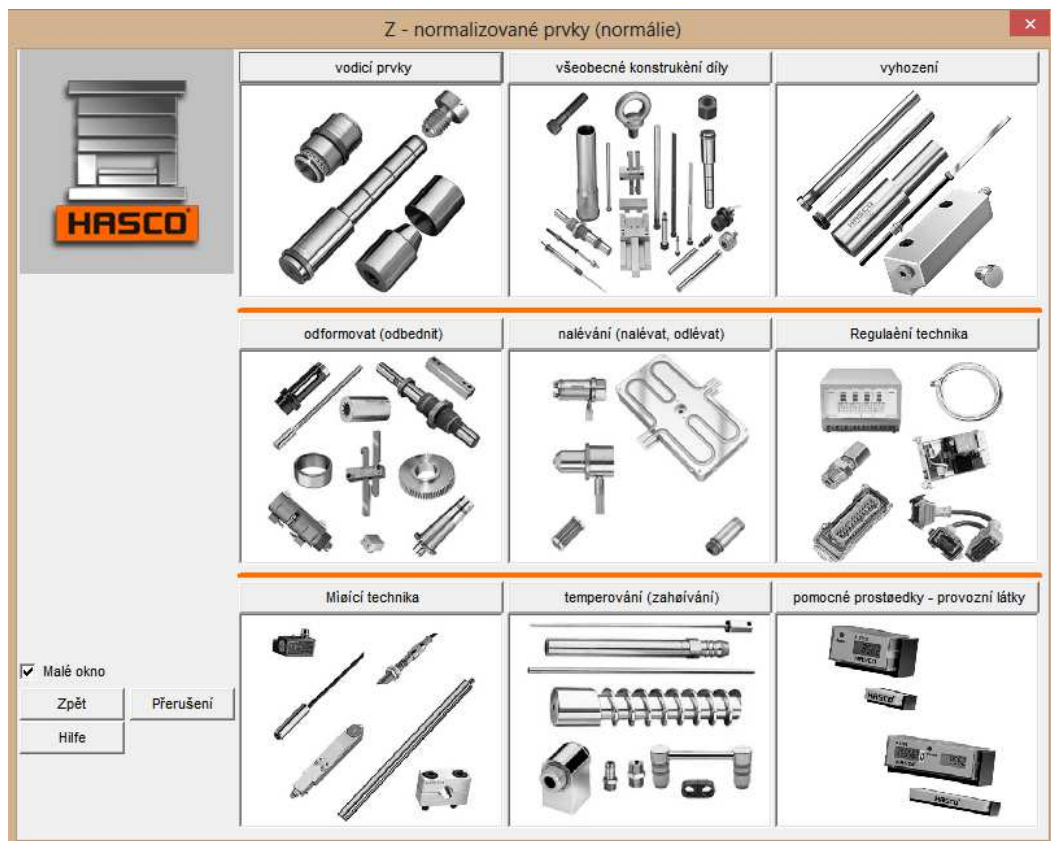
Návrh výrobku byl prováděn v prostředí Generative Shape Design (vytváření křivkové geometrie), poté byl převeden do 3D prostředí Part Design a nakonec byl zakomponován do sestavy v modulu Assembly Design. Návrh sestavy formy byl prováděn v prostředí Core & Cavity Design a Mold Tooling Design. Výkresová dokumentace byla zhotovena v modulu Drafting.



Obr. 19. CATIA V5 prostředí Assembly Design

7.2 HASCO 3D

Při tvorbě sestavy vstříkovací formy byl použit software HASCO-DAKO module R1/2013. Jedná se o digitální verzi katalogu s trojrozměrnými modely normálií dodávaných firmou HASCO. Tento digitální katalog umožňuje trojrozměrný model exportovat do konstrukčního prostředí softwaru CATIA V5 s možností dalších úprav.



Obr. 20. Prostředí HASCO DAKO module

8 KONSTRUKCE FORMY

8.1 Násobnost a volba vstřikovacího stroje

Forma byla s ohledem na zadání a rozměry výrobku volena jako dvojnásobná. Vstřikovací stroj musí být schopný pojmout rám o velikosti 696 x 596mm. Vhodný stroj poskytuje například firma ARBURG. Jedná se o stroj ALLROUNDER 820S

Tab. 7. Vybrané hodnoty vstřikovacího stroje Allrounder 820S [12]

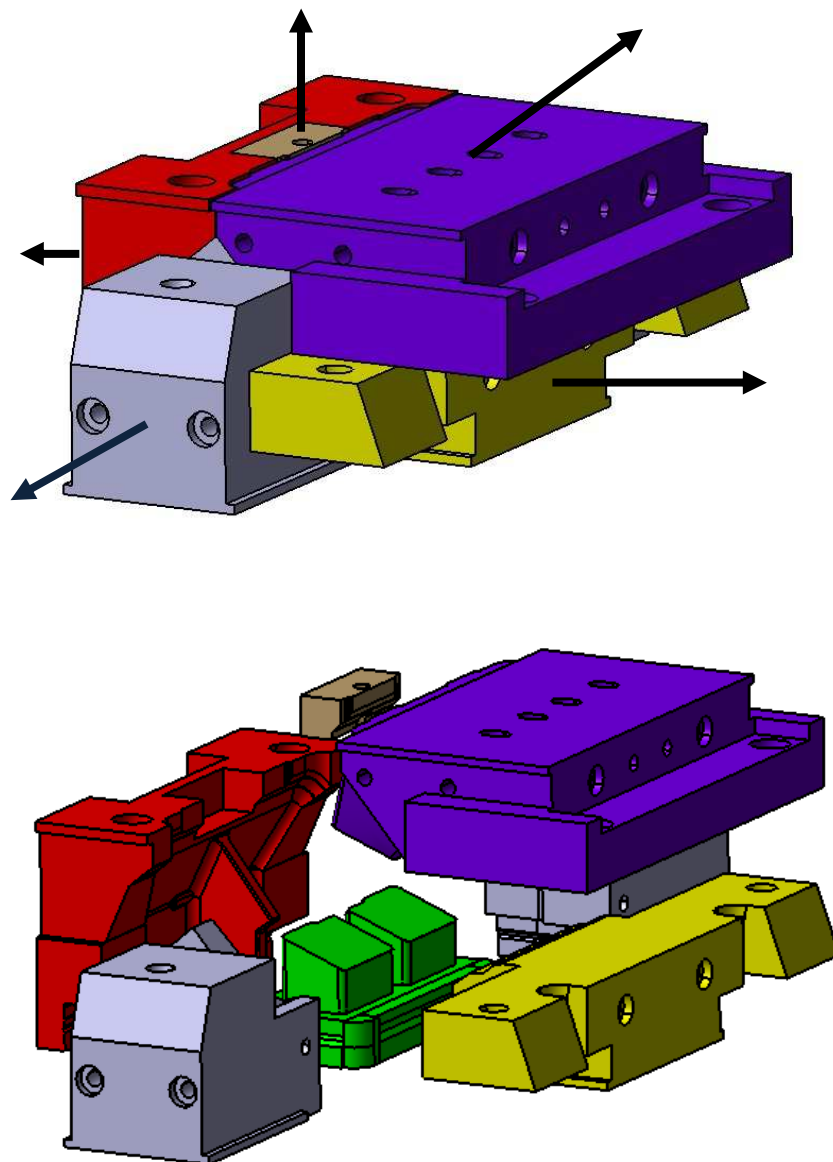
ALLROUNDER 820S	jednotka	hodnota
Uzavírací síla	max. kN	4000
Vzdálenost mezi rozpěrkami	mm	820x820
Výška formy	mm	350-850
Síla vyhazovacích kolíků	max. kN	100
Zdvih vyhazovačů	max. mm	250
Objem vstřikované taveniny	max. cm ³	792
Vstřikovací rychlost	max. cm ³ /s	290



Obr. 21. ARBURG Allrounder 820S [12]

8.2 Posuvové čelisti

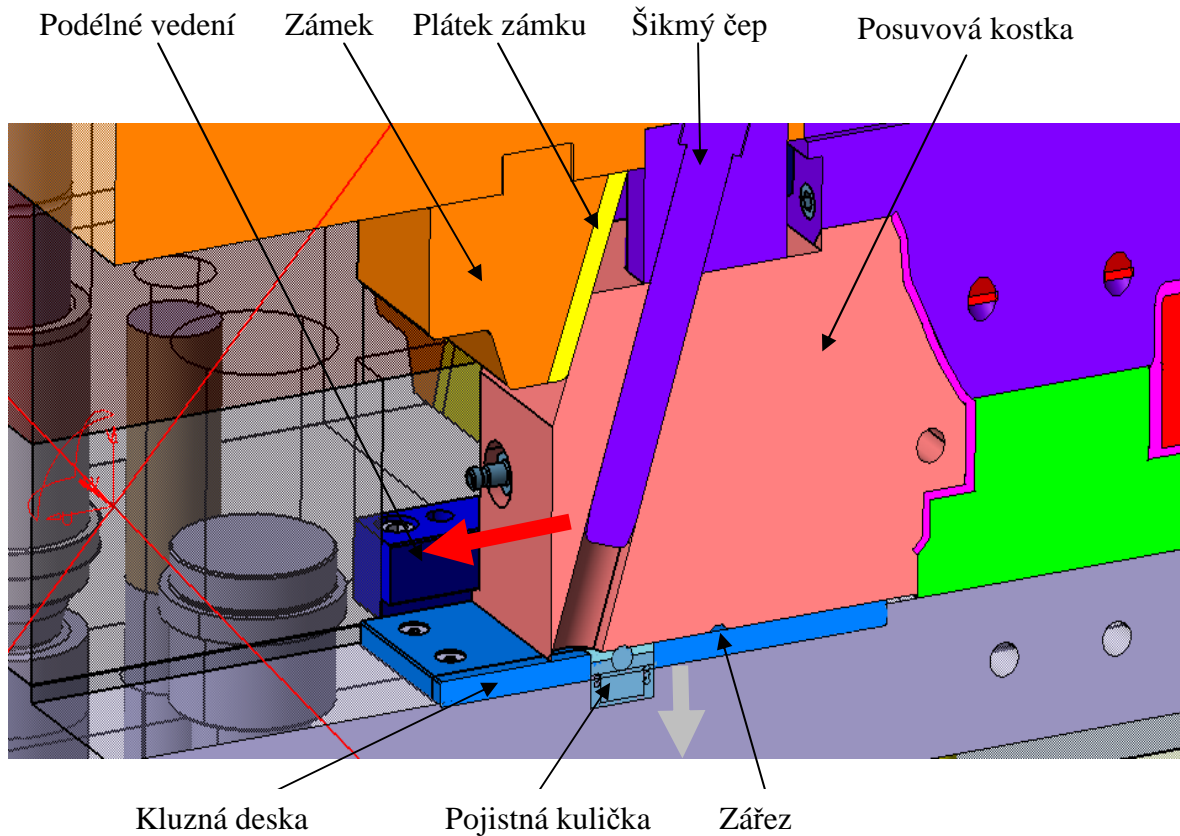
Výrobek je tvořen velkým množstvím úkosů tvarově složitých ploch. Proto je odformování výrobku značně složité. Aby mohl být výrobek vyjmut z formy, bylo nutné navrhnout formu složenou z šesti nezávislých segmentů. Jednotlivé tvarové elementy jsou vyrobeny z nástrojové oceli 19 552 a jsou cementovány a kaleny na tvrdost HRC58.



Obr. 22. Odformování výrobku

Pohyb jednotlivých jader je zajištěn prostřednictvím šikmých čepů. Jelikož by po otevření formy mohlo docházet k samovolnému posunu posuvových kostek, je jejich polo-

ha zajištěna pomocí pojistných kuliček. Plynulý pohyb segmentů zajišťuje vedení a kluzné desky. Pro správné uzavření čelistí při závěrném stavu formy jsou v sestavě zámky.



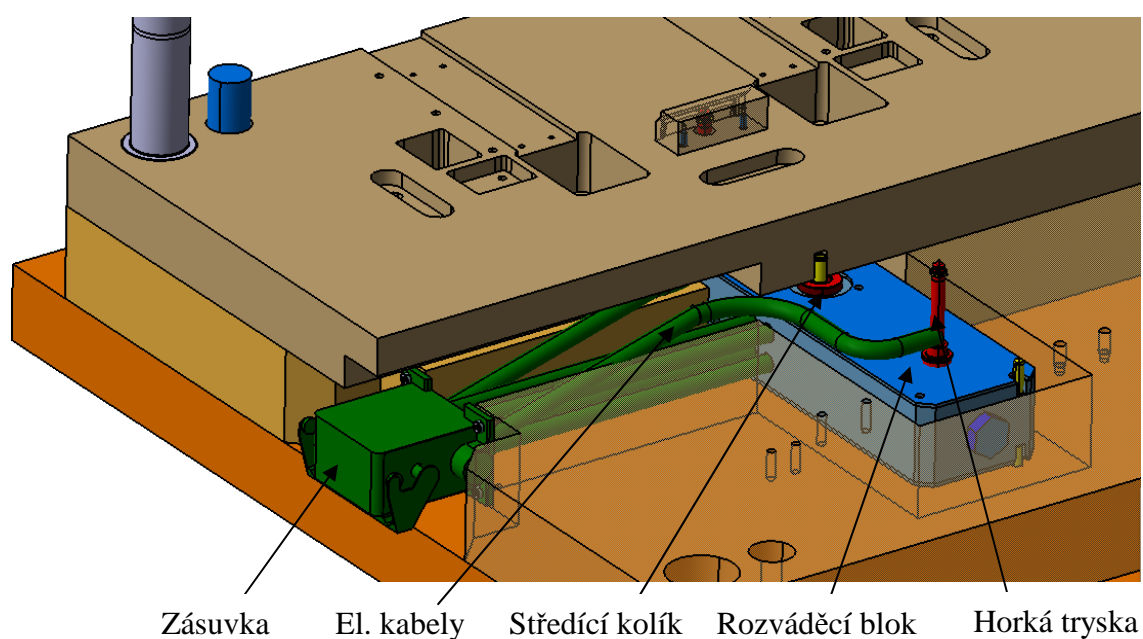
Obr. 23. Princip zajištění posuvových kostek

Při otevírání formy posuvová kostka postupně odjíždí v naznačeném směru. V okamžiku, kdy šikmý čep přestane silově působit na posuvovou kostku, zapadne pojistná kulička do zářezu v čelisti a dojde tak k zajištění proti samovolnému posunutí, které by mohlo mít fatální následky při dalším uzavření formy.

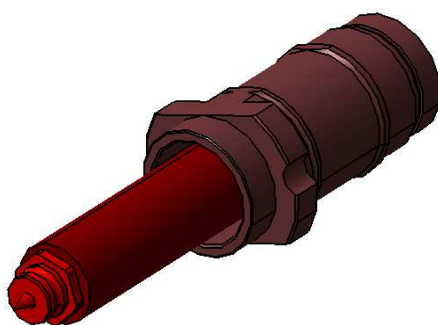
Při opětovném uzavírání čep zapadne do otvoru v posuvové kostce a překoná silové působení pojistné kuličky vůči zářezu, čímž se posuvová čelist začne vracet opět do původní polohy. V průběhu vstřikovacího procesu vznikají uvnitř formy velké tlaky a hrozí pootevření čelistí formy. Z tohoto důvodu dosedá na posuvovou kostku zámek a tím zabezpečí větší tuhost čelisti.

8.3 Vtokový systém

Ve formě byl navržen vyhřívaný vtokový systém s horkou tryskou, proto materiál zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít bodové vyústění malého průřezu. Kvůli násobnosti formy byl použit obdélníkový rozváděcí blok horkého kanálu z normálií HASCO. Elektrická energie potřebná k temperování kanálu a pro napájení horké trysky Z3210 je dodávána přes zásuvku Z1228.



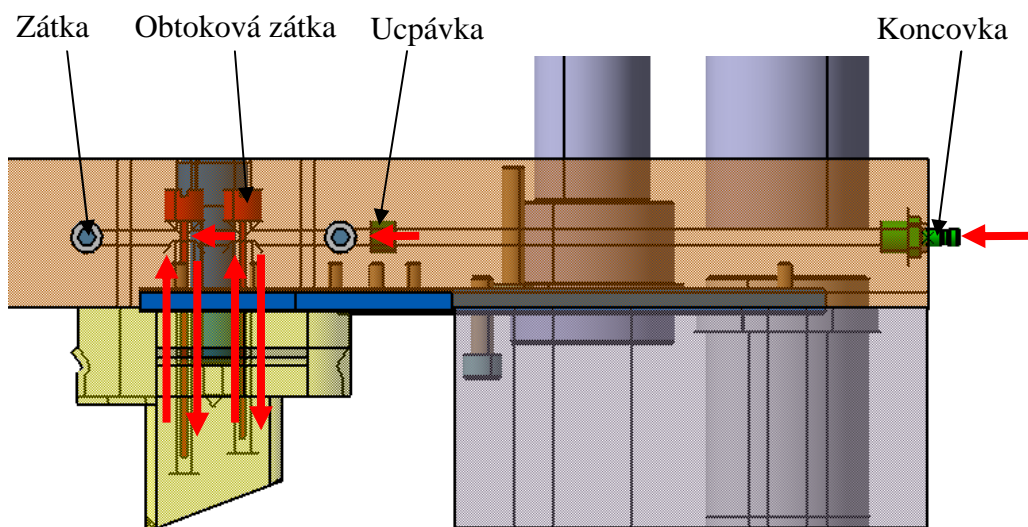
Obr. 24. Připojení rozváděcího bloku a horké vtokové trysky k zásuvce



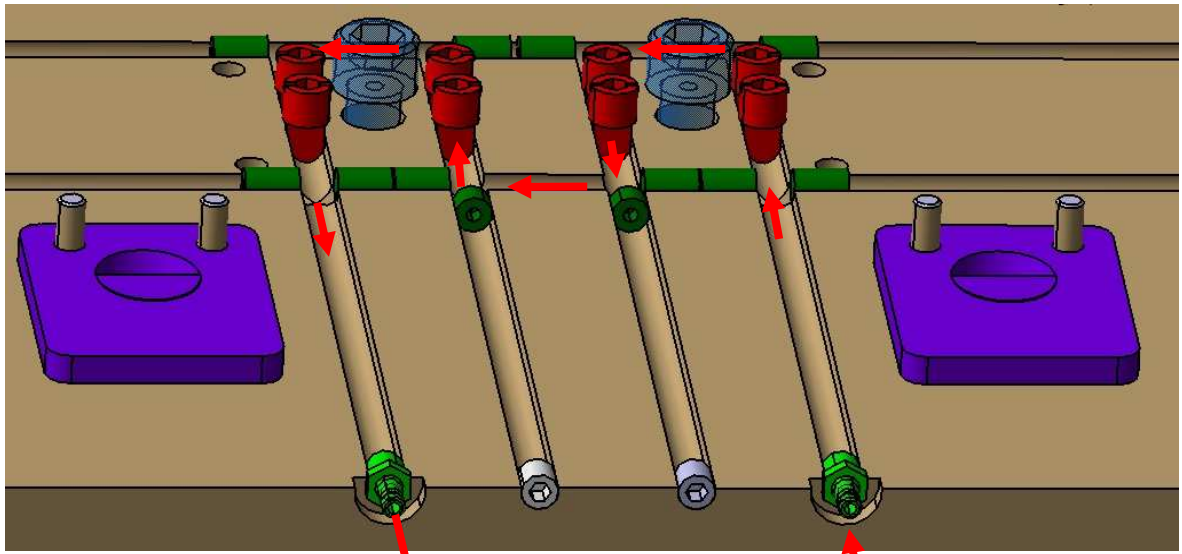
Obr. 25. Horká tryska Z3210

8.4 Temperace

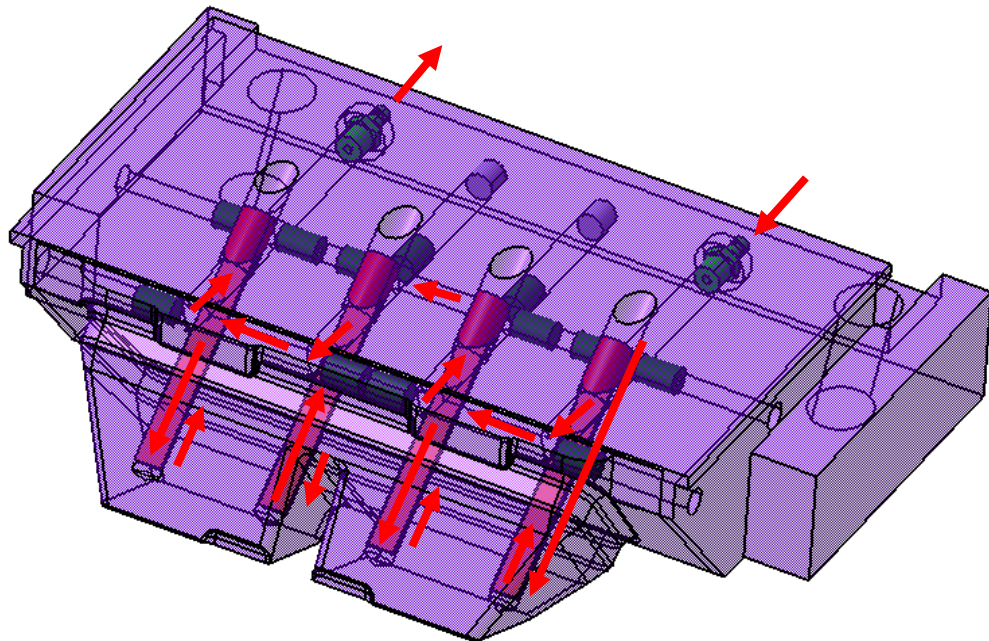
Temperace dílčích částí formy je důležitá, protože zajišťuje vznik rovnoměrného teplotního pole a tím i rovnoměrné chladnutí taveniny. Temperace je zajištěna pomocí vrtaných kanálů kruhového průřezu, kterými pak proudí chladící medium. Přebytečné kanály jsou zaslepeny zátkami Z942 (vnitřní zásepky) a ucpávkami Z940 (vnější zásepky). Temperační okruhy byly voleny jednoduché, jednocestné s ohledem na složitý tvar posuvových čelistí. U tvárníku byly použity obtokové zátky Z9661, díky kterým je možno temperovat i složitě dostupné místa. Vstupní a výstupní části vrtaných kanálů jsou opatřeny koncovkami Z81 pro snadné připojení hadic s temperačním mediem. Do kanálu procházejícího kotevní deskou a tvárníkem musí být vložen těsnící kroužek, aby neunikala kapalina vůlí mezi komponenty.



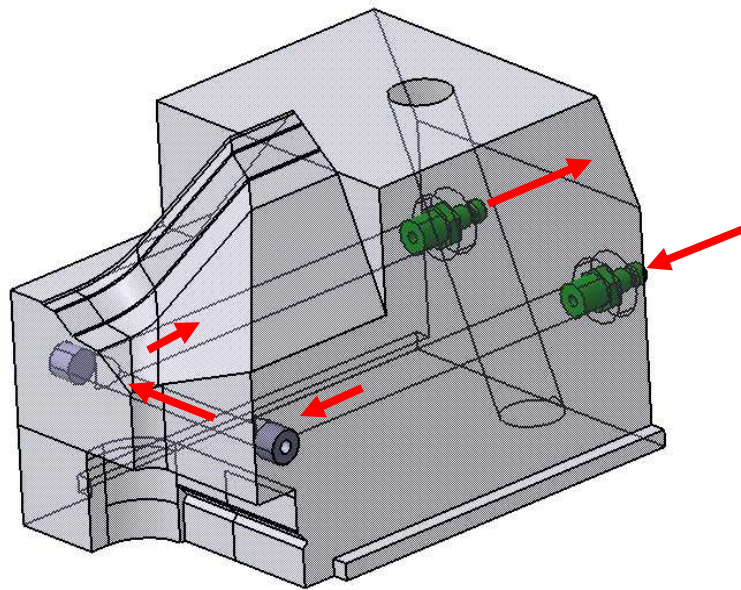
Obr. 26. Temperace tvárníku



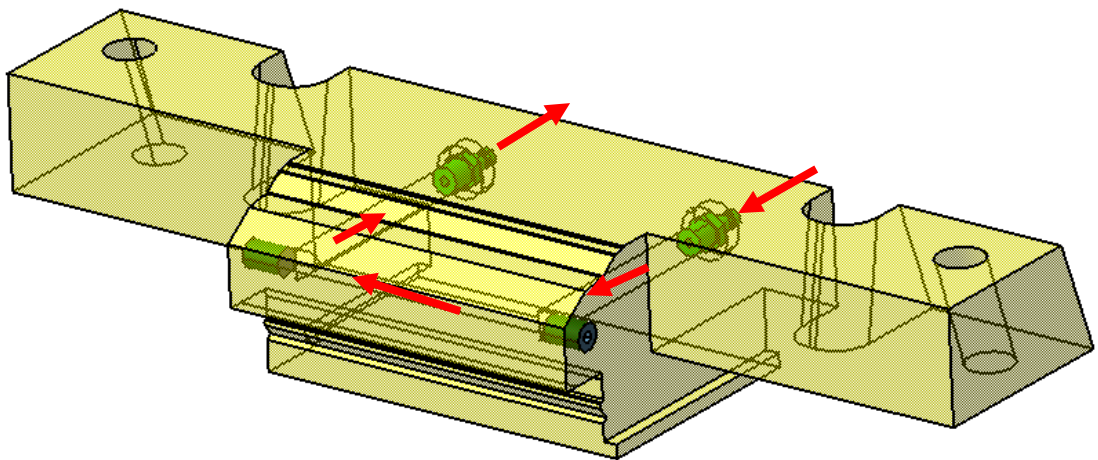
Obr. 27. Detail temperace tvárníku



Obr. 28. Temperace tvárnice



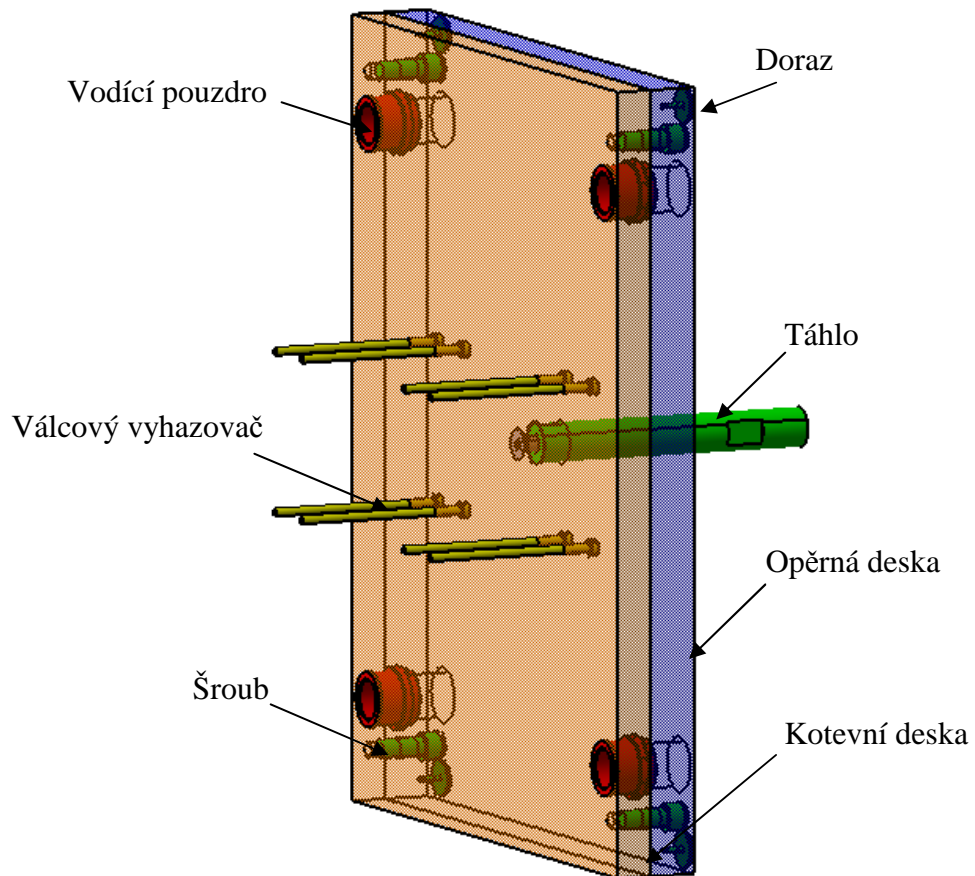
Obr. 29. Temperace bočních čelistí



Obr. 30. Temperace spodní čelisti

U posuvových čelistí musí být délky hadic přivádějící kapalinu s dostatečnou vůlí, je nutno zohlednit polohu jak u uzavřené tak i otevřené formy. Připojovací hadice musí být dostatečně flexibilní a připojeny tak, aby nebránily pohybu čelistí a zajistily dostatečný přísun temperačního média.

8.5 Vyhazovací systém



Obr. 31. Vyhazovací systém

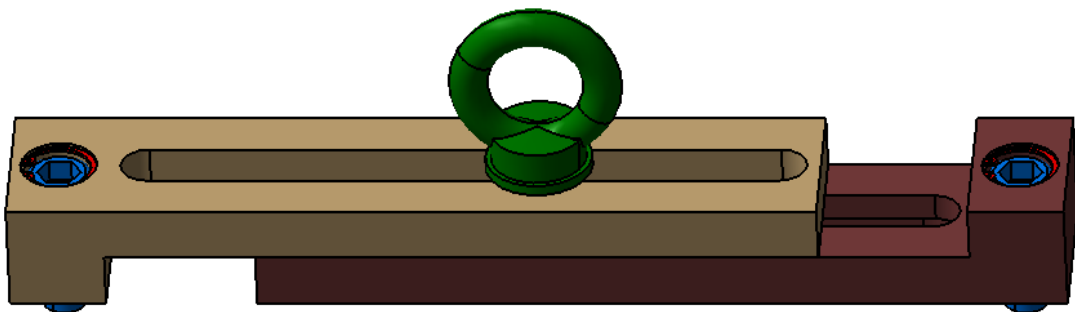
Vyhazovací systém je navržen s využitím válcových vyhazovačů. Ty jsou uchyceny v kotevní desce vyhazovacího systému a zajištěny opěrnou deskou. Obě desky jsou spolu pevně spojeny pomocí šroubů. Pohyb desek je iniciován prostřednictvím táhla, které je pevně spojeno s opěrnou deskou. Samotný pohyb vyvozuje hydraulický systém vstřikovacího stroje. Vedení je zajištěno pomocí vodících čepů a vodících pouzder umístěných v opěrné a kotevní desce. Při navrhování vyhazovacího systému musí být dbán zřetel na dostatečný zdvih, aby bylo zajištěno vyhození výrobku z tvárníku.

8.6 Odvzdušnění formy

Před vstřikováním je forma zaplněna vzduchem. Jakmile dojde k plnění formy taveninou, vzduch v dutině se stlačuje a zahřívá. Aby nedocházelo k vadám a např. spáleným místům ve formě, je třeba zabezpečit dostatečný únik vzduchu. Ten lze realizovat prostřednictvím odvzdušňovacích kanálů. Konstrukční řešení formy obsahuje dostatek pohyblivých čelistí, a proto lze předpokládat, že vzduch a zplodiny uniknou vůlemi mezi těmito prvky. Pokud by však docházelo k nedostatečnému odvzdušnění dutiny formy, musel by být dodatečně vyroben odvzdušňovací systém.

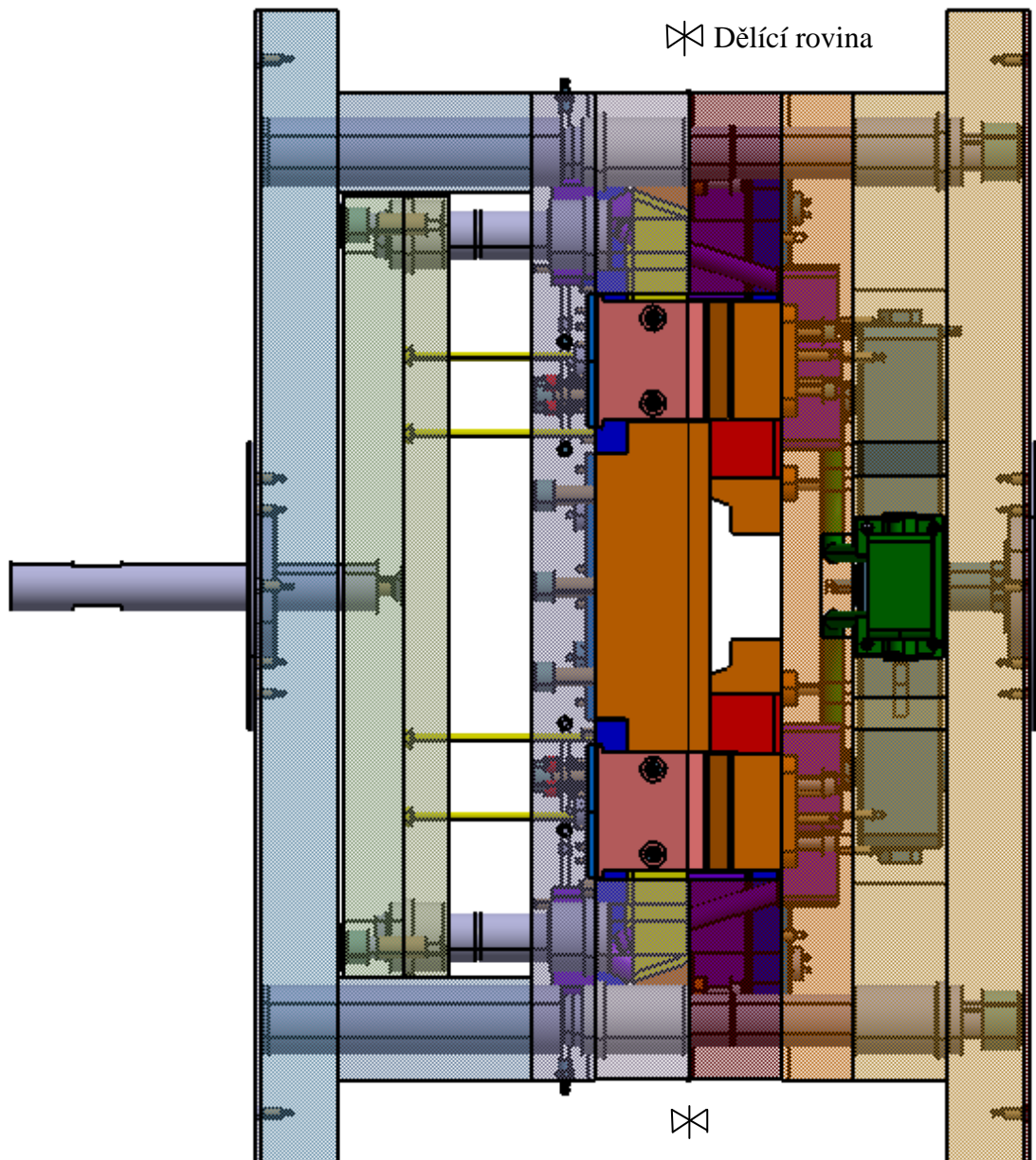
8.7 Manipulace

Pro snazší manipulaci s jinak rozměrnou formou lze použít transportní můstek Z70. Ten se dá později využít i pro jiný rozměr vstřikovací formy, protože je stavitelný v různém rozsahu délek. Při manipulaci zabraňuje rozevření formy v dělicí rovině a závěsné oko lze pro snadnější manipulaci posunout do středu těžiště formy.

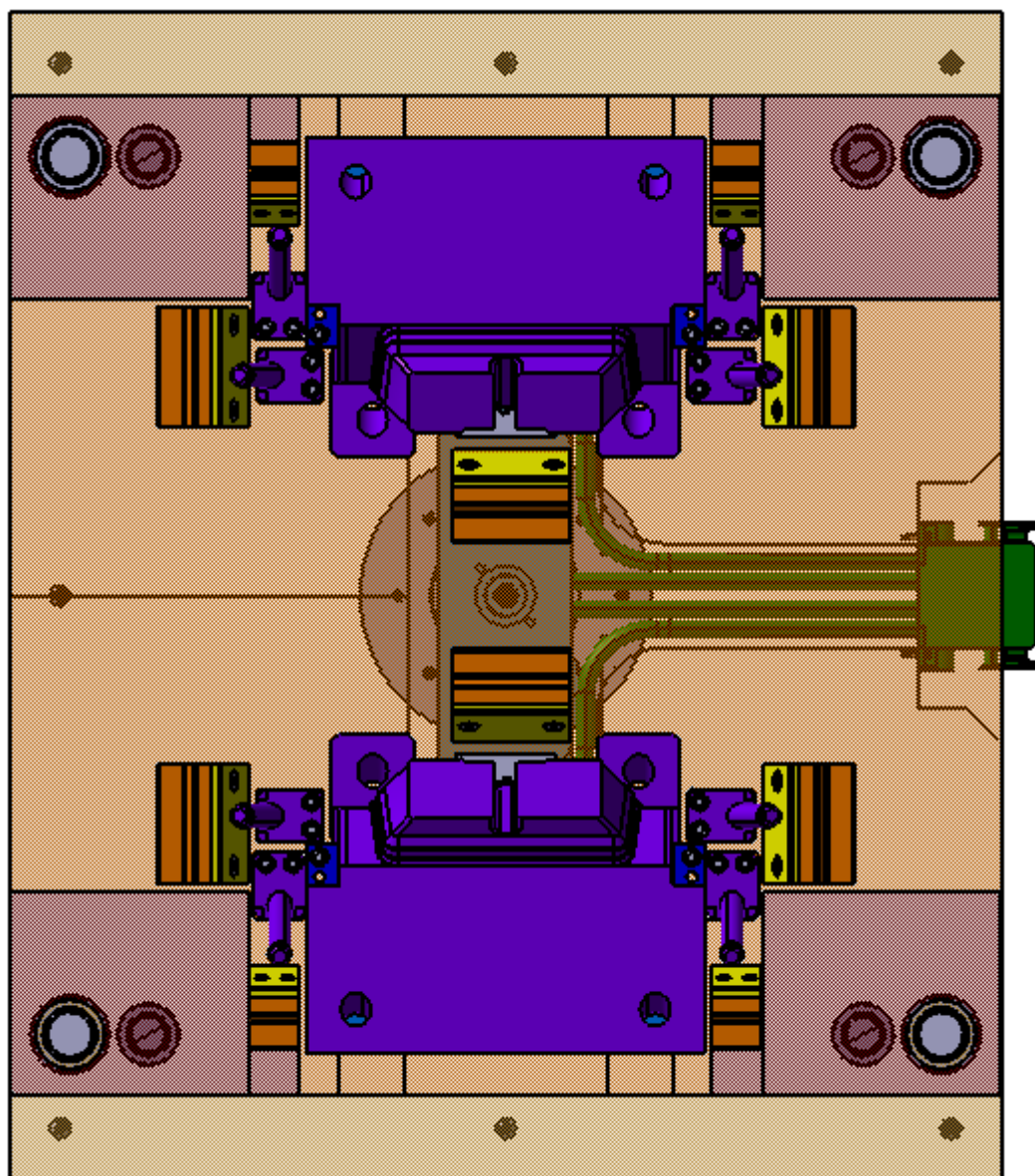


Obr. 32. Transportní můstek HASCO Z70

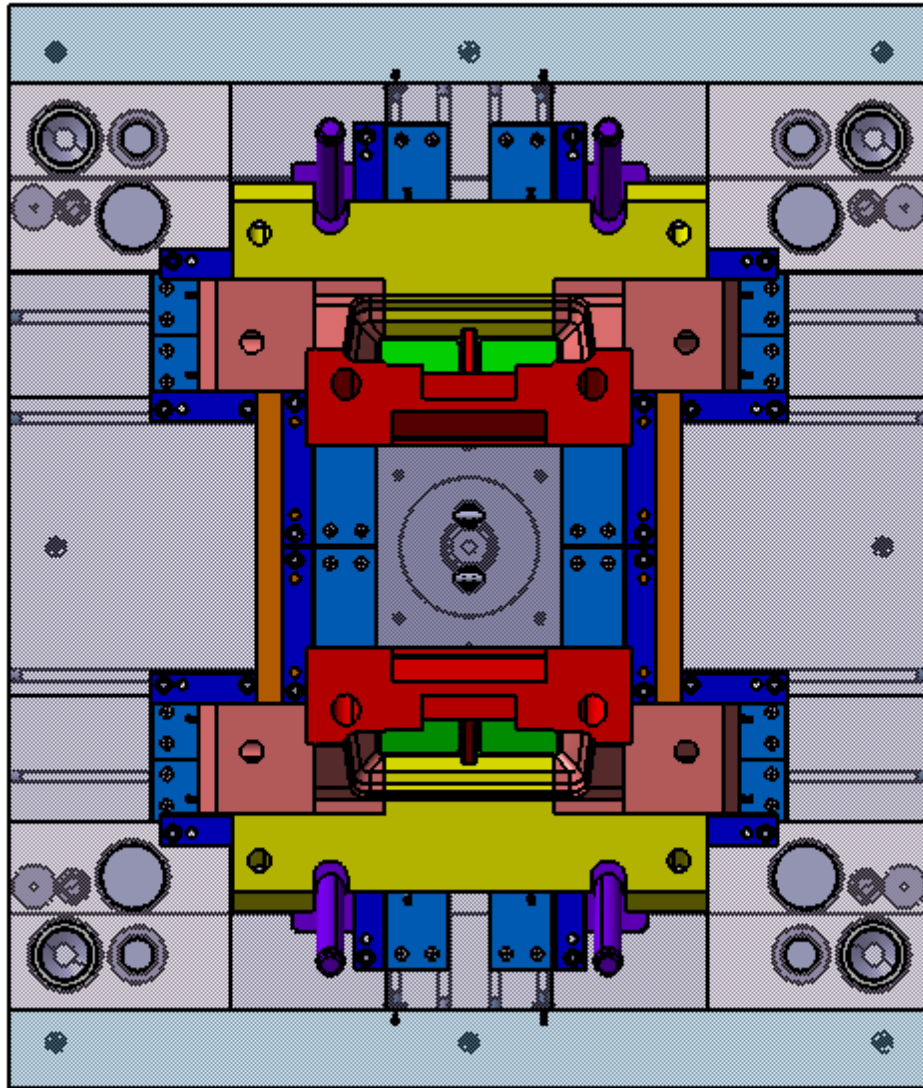
8.8 Výsledná konstrukce vstříkovací formy



Obr. 33. Vstříkovací forma - uzavřený stav



Obr. 34. Pohled do pravé strany formy



Obr. 35. Pohled do levé strany formy

8.9 Diskuse výsledků

Při konstrukci vstříkovací formy pro výrobek ventilace byl brán zřetel na konstrukční jednoduchost výroby, přesnost formy a celkovou cenu formy. Proto bylo využíváno normálií od firmy HASCO, které umožňují snadnou stavebnicovou sestavu formy.

Při zpracování zadání byla k dispozici předloha dílu, podle které byl následně vymodelován výrobek. Samotná konstrukce dílu probíhala v konstrukčním programu CATIA V5R18. Kvůli tvarové rozmanitosti výrobku a nejednoznačnému tvaru některých ploch byla konstrukce provedena v modulu Generative Shape Design, který konstrukci tvarově složitých ploch umožňuje. Poté byl výrobek zpracováván v modulu Part Design, dokud se neshodoval s rozměry zadané součásti.

Při návrhu konstrukce tvárníku a tvárnice se vycházelo z negativu výrobku, s ohledem na jeho tvar a snadné vyhození z formy. Veškeré rozměry dutiny formy byly zvětšeny s ohledem na smrštění materiálu. Vzhledem k složitému tvaru výrobku muselo být použito několik tvarových posuvových kostek, které při otevírání formy odformují výstřik. Správný pohyb jednotlivých segmentů zajišťuje vedení a kluzné desky, po kterých se pohybují. Při otevírání formy hrozí samovolný pohyb segmentů, proto byly použity pojistné kuličky, které nám při otevření formy zajistí jejich polohu. V závěrném stavu formy naopak hrozí nechtěný pohyb čelistí kvůli působení tlaku při vstříkování. Tomu zabraňují zámky, které při uzavření formy těsně dosednou k tvarovým čelistem.

Vtokový systém je s ohledem na násobnost a tvar výrobku tvořen vyhřívaným rozvodným blokem a dvěma horkými tryskami od firmy HASCO. Pro dodání potřebné elektrické energie slouží zásuvka, do které jsou svedeny jednotlivé elektrické dráty. Pro zabránění přenosu tepla je rozvodný blok umístěn na distančních podložkách a kontakt s deskami formy je omezen na minimum. Celá forma je doplněna dvěma izolačními deskami z každé strany formy a je tak zamezeno přenosu tepla do upínacích částí stroje.

Temperace formy je zvolena pomocí vrtaných kanálů kruhového průřezu. Dráhu, kudy proudí temperační medium, vymezují vnitřní zátky. Při temperaci složitě dostupných míst, například u tvárníku, bylo použito obtokových zátek. Pro snadné připojení hadic s temperačním médiem jsou jednotlivé temperační okruhy vybaveny koncovkami. U posuvových kostek byla volena temperace co nejjednodušší, tvoří ji jednocestné okruhy. Při

připojování hadic s temperačním médiem k posuvovým částem formy je nutné vzít v potaz vzdálenost a směr, jakým se čelisti při odformování rozjíždějí. Hadice takto připojené musí být dostatečně dlouhé a ohebné, schopné dlouhodobě zvládat pohyblivý charakter kostek.

Odvzdušnění formy je realizováno vůlemi mezi jednotlivými posuvovými prvky. Pokud by bylo nedostačující, musely by být vyrobeny odvzdušňovací kanálky v závislosti na tvaru součásti a průběhu plnění.

Vyhazovací systém je tvořen osmi válcovými kolíky. Ty jsou uchyceny v kotevní desce vyhazovacího systému a zajištěny opěrnou deskou. Desky jsou spolu sešroubovány a díky táhlu, které leží v ose těžiště desky, je vyvozován vyhazovací pohyb. Jeho vzdálenost je limitována rozměrem rozpěrných desek. Při návrhu vyhazovacího systému byl dbán zřetel na dodržení dostatečného zdvihu, aby došlo k vyhození výrobku.

Rám formy je tvořen stavebnicovým způsobem pomocí normálií HASCO. Rozměr vstřikovací formy je 596 x 596 mm a byl navrhnut s ohledem na velikost výrobku a násobnost formy. Jednotlivé desky jsou spolu vystředěny pomocí středících trubek a vodících čepů. Jednotlivé části formy jsou k sobě sešroubovány šrouby. K manipulaci lze využít transportní můstek s okem, který spojuje levou a pravou část formy v uzavřeném stavu.

Ke konstruování byl použit software CATIA V5R18, v němž byl navrhnut 3D model výrobku, tvar a poloha posuvových částí, sestava formy a nakresleny 2D výkresy. Celý proces konstruování byl urychlen a zjednodušen díky katalogu normálií HASCO-DAKO module R1/2013, který umožňuje zobrazit a editovat jednotlivé normálie v různých konstrukčních softwarech.

ZÁVĚR

Při řešení bakalářské práce se vycházelo ze zadaných požadavků. Cílem bylo vypracovat literární studii, vymodelovat 3D model výrobku ventilace, vytvořit sestavu a 2D výkresovou dokumentaci formy včetně kusovníku.

V teoretické části je vysvětlena základní problematika technologie vstřikování a jsou popsány jednotlivé komponenty, které se ve vstřikovací formě používají. V první části bakalářské práce jsou taktéž uvedeny základní informace o technologii vstřikování a popsány důležité zásady při konstruování výrobku a volbě materiálu.

Ve vlastní experimentální části byl zpracován 3D model plastového dílu. Materiál výrobku byl zvolen PPT20 – polypropylen s 20% příměsí mastku. Nejsložitější částí bakalářské práce byla konstrukce 3D sestavy vstřikovací formy. Ta se odvíjela od tvaru a velikosti výrobku. Poté byly navrženy posuvové čelisti a začala technická realizace, která by zaručila bezproblémový chod. Nedílnou součástí sestavy formy byl i návrh vyhazovacího systému a temperace. Další fází představovalo doplnění sestavy o spojovací a vodící prvky. Posledním krokem bylo vytvoření 2D řezu vstřikovací formou, který reprezentuje uspořádání prvků ve formě.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 1.* 2. upr. vyd. Brno : Uniplast, 1999. 134 s.
- [2] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 2.* 1. vyd. Brno : Uniplast, 1999. 214 s.
- [3] Technická univerzita Liberec: Katedra strojírenské technologie [online]. 2005 [cit. 2013-1-15]. Dostupný z [www](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm):
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [4] Laboratorní cvičení z předmětu plastikářská technologie: Vstřikování. In: [online]. [cit. 2013-01-28]. Dostupné z:
http://web.ft.utb.cz/cs/docs/2_VSTRIKOVANI.pdf
- [5] BLUMMEL, Michal. *Rozměrově přesné výrobky z plastů.* Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1977. 272 s.
- [6] Mould & Matic: VSTŘIKOVACÍ FORMY. [online]. [cit. 2013-01-15]. Dostupné z: <http://www.mouldandmatic.cz>
- [7] HASCO 3D – modul normálí R3/2012, Digitaler Katalog Offline
- [8] BĚHÁLEK, Ing. Luboš, Doc. Dr. Ing. Petr LENFELD, Ing. Aleš AUSPERGER a Ing. Tomáš POUPA. Temperace vstřikovacích forem s ohledem na vlastnosti a morfologii výstřiků. In: [online]. [cit. 2013-01-28]. Dostupné z:
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/lidi/behalek/Strojirenskatechnologie05.pdf>
- [9] Princip vstřikování plastů. *Asyndar* [online]. [cit. 2013-01-28]. Dostupné z:
<http://www.asyndar.com/Pages/vstrikovani-princip.aspx>
- [10] MATWEB. *Material property data* [online]. [cit. 2013-01-28]. Dostupné z:
<http://www.matweb.com/Search/MaterialGroupSearch.aspx?GroupID=1022>
- [11] CECIF. *Polypropylene* [online]. [cit. 2013-01-28]. Dostupné z:
<http://www.cecif.com/produits/fiche-5191-pp-polypropylene-pp-t20.html>
- [12] ARBURG [online]. [cit. 2013-01-28]. Dostupné z:
<http://www.arburg.com>.
- [13] STANĚK, M. *přednášky z předmětu T5KF*, 2012

-
- [14] BEAUMONT, J.P., NAGEL, R.L., SHERMAN, R. *Successful injection holding: process, design, and simulation*. Munich: Hanser Publishers, 2002. 362 s.
- [15] KULHÁNEK JAN a kol. *Formy pro tváření plastických hmot*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1966. 220s.
- [16] TOMIS, F., HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1985. 374 s.
- [17] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 1.vyd. ALBRA, 2003. 865s.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

pv	Vstřikovací tlak
pz	Zbytkový tlak
Tt	Teplota taveniny (počáteční)
Tz	Teplota tuhnoucí taveniny ve formě
PS	Polystyren
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
SAN	Styrene Acrylonitrile
PMMA	Polymethylmethakrylát
PC	Polykarbonát
Tg	Teplota skelného přechodu
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PA6	Polyamid 6
EVA	Ethylene-vinyl acetate
Tg	Teplota skelného přechodu
VVS	Vyhřívaný vtoková soustava
SVS	Studená vtoková soustava
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAE	Computer Aided Engeneering
PPT20	Polypropylen plněný z 20% mastkem.
LDPE	Low density polyethylene
HDPE	Hight density polyethylene

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Průběh vstřikovacího cyklu [4].....</i>	12
<i>Obr. 2. Průběh tlaku a teploty ve formě [4].....</i>	13
<i>Obr. 3. Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací [3].....</i>	14
<i>Obr. 4 Schéma uzavírací jednotky [3]</i>	15
<i>Obr. 5. Oblast využití u amorfních a semikrystalických plastů [1].....</i>	18
<i>Obr. 6. Doporučené tloušťky stěn výstřiků v závislosti na délce dráhy toku [1, 5]</i>	21
<i>Obr. 7. Pohled do otevřené vstřikovací formy [6]</i>	24
<i>Obr. 8. Řadové uspořádání soustavy u vícenásobné formy [3]</i>	25
<i>Obr. 9. Vtoková soustava</i>	26
<i>Obr. 10. Průřezy vtokových kanálů.....</i>	27
<i>Obr. 11. Kompenzace vzdálenosti.....</i>	27
<i>Obr. 12. Vyhřívání vtokový systém [7]</i>	29
<i>Obr. 13. Vyhazovací kolík z katalogu HASCO Z40 [7]</i>	31
<i>Obr. 14. Trubkový vyhazovač z katalogu HASCO Z45 [7].....</i>	32
<i>Obr. 15. Zásady temperování formy (vlevo špatně, vpravo správně).....</i>	34
<i>Obr. 16. Předloha (vlevo) a 3D model výrobku.....</i>	40
<i>Obr. 17. Informativní rozměry</i>	40
<i>Obr. 18. Granulát PPT20 [11]</i>	41
<i>Obr. 19. CATIA V5 prostředí Assembly Design</i>	42
<i>Obr. 20. Prostředí HASCO DAKO module</i>	43
<i>Obr. 21. ARBURG Allrounder 820S [12]</i>	44
<i>Obr. 22. Odformování výrobku.....</i>	45
<i>Obr. 23. Princip zajištění posuvových kostek</i>	46
<i>Obr. 24. Připojení rozváděcího bloku a horké vtokové trysky k zásuvce.....</i>	47
<i>Obr. 25. Horká tryska Z3210.....</i>	47
<i>Obr. 26. Temperace tvárníku</i>	48
<i>Obr. 27. Detail temperace tvárníku</i>	49
<i>Obr. 28. Temperace tvárnice</i>	49
<i>Obr. 29. Temperace bočních čelistí</i>	50
<i>Obr. 30. Temperace spodní čelisti</i>	50
<i>Obr. 31. Vyhazovací systém</i>	51

<i>Obr. 32. Transportní můstek HASCO Z70.....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 33. Vstřikovací forma - uzavřený stav</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 34. Pohled do pravé strany formy</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 35. Pohled do levé strany formy</i>	<i>55</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Technologické podmínky pro vstřikování základních termoplastů [1].....</i>	18
<i>Tab. 2. Zaoblení rohů a koutů [1].....</i>	22
<i>Tab. 3. Doporučené úkosy [1].....</i>	22
<i>Tab. 4. Možné příčiny vzniku závad na výrobku [1].....</i>	23
<i>Tab. 5. Minimální vzdálenost temperačních kanálů [2]</i>	35
<i>Tab. 6. Vybrané vlastnosti PPT20 [10]</i>	41
<i>Tab. 7. Vybrané hodnoty vstřikovacího stroje Allrounder 820S [12].....</i>	44

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 - Výkresová dokumentace:

- 2D pohled do levé strany formy,
- 2D pohled do pravé strany formy,
- 2D řez formou
- 2D sestava formy
- kusovník.

Příloha 2 CD - Výkresová dokumentace:

- textová část bakalářské práce,
- výkresová dokumentace,
- sestava formy.