

Konstrukce vstřikovací formy pro rozvodnou krabici

Jan Strnad

Bakalářská práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Strnad**
Osobní číslo: **T13118**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro rozvodnou krabici**

Zásady pro vypracování:

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

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle zadání vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Vojtěch Šenkeřík

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. ledna 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

20. května 2016

Ve Zlíně dne 29. ledna 2016



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



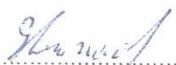
prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji 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 17.5.2016



.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl, čímž je rozvodná elektroinstalační krabice.

V teoretické části je popsáno rozdělení polymerů, problematika procesu vstřikování a popis konstrukce vstřikovacích forem.

Součástí praktické části bakalářské práce je volba vstřikovacího stroje pro výrobu zadaného dílu. Dále obsahuje tvorbu 3D modelu výrobku, konstrukční návrh vstřikovací formy a výkresovou dokumentaci. Praktická část je vytvořena za pomoci programu Catia a normalizovaných dílů od firmy Hasco.

Klíčová slova: vstřikování, polymer, konstrukce, 3D model, Catia

ABSTRACT

Bachelor thesis is focused on the design of injection molds for a given part, which is the distribution conduit box.

The theoretical part describes the distribution of polymers, the issue of the injection molding process and a description of the construction of injection molds.

The practical part of the thesis is the choice of injection molding machines for production of a given piece. It also includes the creation of the 3D product model, design injection molds and drawings. The practical part is created using Catia and standardized components from Hasco.

Keywords: injection molding, polymer, construction, 3D model, Catia

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Vojtěchu Šenkeříkovi za cenné rady ohledně konstrukce vstřikovací formy a za konzultace při celkovém zpracování bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 POLYMERY, JEJICH ROZDĚLENÍ A PŘÍSADY	11
1.1 PLASTY	11
1.1.1 Reaktoplasty	11
1.1.2 Termoplasty.....	12
1.2 ELASTOMERY	12
1.3 PŘÍSADY POLYMERŮ.....	13
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	14
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	14
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	15
2.2.1 Vstřikovací jednotka	16
2.2.2 Řízení a regulace vstřikovacích strojů	17
2.2.3 Uzavírací jednotka	17
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	19
3.1 KONSTRUKCE FORMY	20
3.2 VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKU	21
3.2.1 Mechanický vyhazovací systém.....	21
3.2.2 Pneumatický vyhazovací systém.....	23
3.2.3 Hydraulický vyhazovací systém	23
3.3 TEMPERACE FOREM.....	23
3.4 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	24
3.5 MATERIÁLY FOREM.....	25
3.6 VTOKOVÝ SYSTÉM	26
3.6.1 Studené vtokové systémy	26
3.6.2 Zásady studených vtokových systémů	27
3.6.3 Druhy studených vtoků	29
3.7 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SOUSTAVY.....	31
3.7.1 Vyhřívané trysky	31
3.7.2 Vyhřívané rozvodné blok	32
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	35
5 VSTŘIKOVANÁ SOUČÁST	36
5.1 MATERIÁL SOUČÁSTI.....	37
5.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	37
6 KONSTRUKCE FORMY	39

6.1	PROGRAM CATIA V5R19	39
6.2	NÁSOBNOST FORMY	40
6.3	DĚLÍCÍ ROVINY	41
6.4	VTOKOVÝ SYSTÉM	41
6.5	PRAVÁ STRANA FORMY	43
6.6	LEVÁ STRANA FORMY	44
6.7	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY	45
6.7.1	Tvárník a tvárnice	45
6.7.2	Jádra	46
6.8	TEMPERACE TVÁRNÍKU, TVÁRNICE A POSUVNÝCH JADER.....	47
6.9	SYSTÉM POSUVNÝCH JADER	49
6.10	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	49
6.11	ODVZDUŠNĚNÍ.....	50
6.12	MANIPULAČNÍ A TRANSPORTNÍ ZAŘÍZENÍ	50
	ZÁVĚR	51
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	54
	SEZNAM OBRÁZKŮ	55
	SEZNAM TABULEK.....	57
	SEZNAM PŘÍLOH.....	58

ÚVOD

Každá fáze vývoje přináší nové poznatky a s nimi i možnosti. Proces inovace se nevyhýbá ani průmyslu. Přírodní zdroje jsou nahrazovány materiály, jejichž vlastnosti mají široké spektrum využití. Jedná se o polymerní materiály. Vzhledem k jejich funkčním vlastnostem mají dnes již neodmyslitelné zastoupení v téměř všech oblastech výroby, od drobných nástrojů, spotřebních výrobků, přes automobilový průmysl až po letectví. Za určitých podmínek eliminují nedostatky přírodních materiálů, jako je například koroze a hořlavost. K nezanedbatelným přednostem patří také jejich ekonomická nenáročnost, snadná zpracovatelnost a další mechanické a fyzikální vlastnosti.

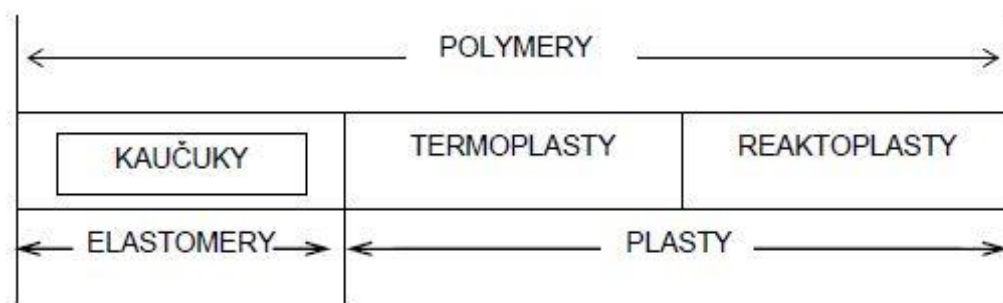
Jedním z nejpoužívanějších zpracování polymerních materiálů je vstřikování. Jeho rozšířené využití je dáno možností zpracovat materiál do požadovaného finálního výrobku, a to s velkou přesností i při jeho tvarové náročnosti. Tento proces je prováděn vstřikovacím strojem, kde je tavenina pod tlakem vstřikována do dutiny formy a docílí tak požadovaného tvaru výrobku. Výhodou při tomto postupu je možnost opakovaného použití formy, čímž jsou snižovány náklady na výrobu, a to především při sériových zakázkách.

Ačkoliv je tento způsob zpracování polymerů nejrozšířenější, neobejde se bez zhotovení kvalitní formy, jejíž konstrukce musí být bezchybná, aby konečný výrobek splňoval požadované parametry. Díky neustálému vývoji softwarových programů, zaměřených na konstrukci, je možné požadovaného výsledku docílit o něco rychleji a snadněji.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY, JEJICH ROZDĚLENÍ A PŘÍSAKY

Polymery tvoří materiálovou základnu v plastikářské a gumárenské technologii. Mají rozmanité chemické složení s vysokou molekulovou hmotností, často obsahují i různé další látky. Polymery jsou ve formě výrobku v tuhém stavu. Při zpracování jsou v kapalném stavu, díky kterému se za zvýšené teploty a tlaku udělí tvar výrobku. [1] [2]



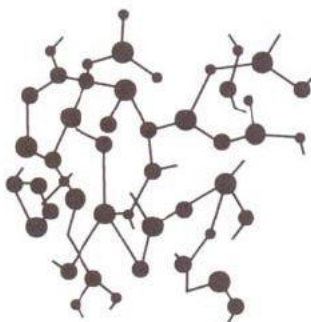
Obr. 1 Základní klasifikace polymerů [1]

1.1 Plasty

Plasty jsou polymery, které jsou za běžných podmínek většinou tvrdé, často i křehké. Vlivem zvýšené teploty se stávají tvarovatelnými a plastickými. Pokud je změna z plastického do tuhého stavu vratná, nazýváme je termoplasty. Pokud jde o změnu, která je nevratná, jedná se o reaktoplasty. [1] [22]

1.1.1 Reaktoplasty

Jedná se o polymerní materiály, které v první fázi při zahřívání měknou a lze je tvářet, ale jen určitou dobu. Během dalšího zahřívání dochází vlivem chemické reakce k zesíťování struktury. Výrobek je možno považovat za jednu velkou makromolekulu. Vytvrzené plasty už nelze opakovaně zpracovávat, dalším zahříváním dojde k rozkladu hmoty (degradaci). [2]



Obr. 2 Schéma struktury zesíťovaného reaktoplastu [2]

1.1.2 Termoplasty

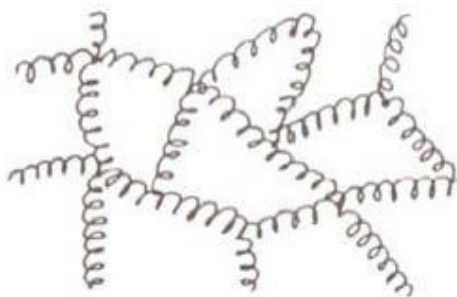
Jsou to polymerní materiály, které mění tvar působením tepla a smykových sil. Po ochlazení je možné je opět působením tepla převést do taveniny. Termoplasty lze snadno tvářet a zpracovávat pomocí různých technologií. Protože při zahřívání nedochází ke změnám chemické struktury, je možné proces měknutí a následného tuhnutí opakovat teoreticky bez omezení. K termoplastům patří většina zpracovávaných hmot jako například PE, PP, PS a další. [3] [2]



Obr. 3 Schéma struktur: amorfní termoplast (vlevo), semikrystalický termoplast (vpravo). [2]

1.2 Elastomery

Jedná se o polymerní materiály, které v první fázi zahřívání měknou a lze je omezenou dobu tvářet. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci, a tím k prostorovému zesíťování struktury, jenž se nazývá vulkanizace. Vulkanizačním procesem jsou převedeny na pryž. Po vulkanizaci už další tváření není možné. (Vulkanizační proces má za následek převod na pryž, po jeho dokončení již není další tváření možné). Výrazným rozdílem, v porovnání s reaktoplasty, je schopnost těchto polymerů po vulkanizaci vydržet bez poškození velké vratné deformace. U elastomerů na bázi termoplastů nedochází ke změnám chemické struktury, probíhá zde pouze fyzikální děj. [2]



Obr. 4 Schéma struktury elastomeru [2]

1.3 Přísady polymerů

Přísady se k polymerům přidávají jak pro zlepšení jejich zpracovatelnosti, tak pro zlepšení užitkových vlastností.

Mezi nejdůležitější přísady patří:

- Maziva, která usnadňují zpracování plastických hmot, bez podstatného vlivu na vlastnosti výrobku. Po přidání maziv do hmoty se zvyšuje zatékavost polymeru, a tím se usnadňuje vyjímání výstřiků z dutiny formy.
- Změkčovadla, jsou to organické látky v tuhé nebo kapalné podobě, jsou málo těkavé. Zvyšují houževnatost a ohebnost, a naopak snižují modul pružnosti a viskozitu taveniny.
- Plniva jsou přísady, které zlepšují mechanické, elektrické a tepelné vlastnosti polymerů. Jsou to obvykle látky organického i anorganického původu a přidávají se ve formě prášků (aktivní saze, grafit).
- Pigmenty ovlivňují vzhled výrobků. Druhy pigmentu se volí podle plastické povahy hmoty a teploty zpracování. [4] [22]

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování je způsob tváření plastických hmot a to zejména termoplastů, při kterém se zpracováváný materiál v roztaveném stavu vstřikuje do tvarové dutiny vstřikovací formy. Přičemž teplota formy je mnohem nižší než teplota tání zpracovávaného termoplastu. Tavenina se pod tlakem ochladí a nechá ztuhnout. Vstřikování je vhodné pro velkosériovou výrobu, neboť jednotlivé operace lze poměrně jednoduše automatizovat. Touto technologií lze vyrábět výrobky téměř ze všech termoplastů. Vstřikováním lze vyrobít součásti o hmotnosti 1 g až 20 kg a více. [4] [21]

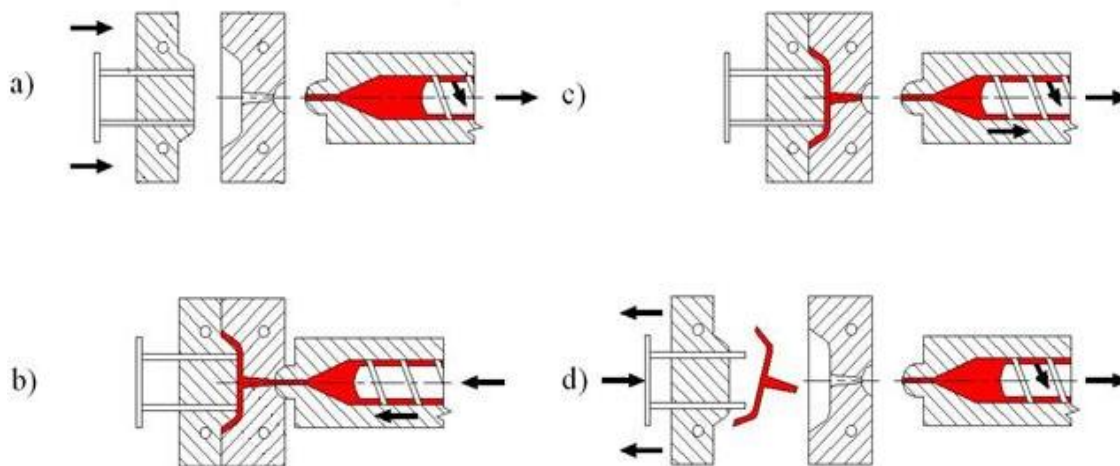
2.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus zahrnuje dvě oblasti. Jedna se vztahuje k plastikační jednotce, druhá k vstřikovací formě.

Forma se uzavírá pomocí uzavírací jednotky, která může pracovat na mechanickém, hydraulickém nebo kombinovaném principu. K uzavřené formě se přisune plastikační jednotka, která vstříkne roztavený zplastikovaný materiál do dutiny formy. Doba, po kterou se dutina formy plní, se nazývá doba plnění. Po zaplnění dutiny formy působí na materiál tlak, který označujeme jako dotlak. Ten má za úkol částečně vyrovnat vliv smrštění a zabránit unikání materiálu z dutiny formy.

Chlazení výstřiku probíhá jak ve formě tak i mimo ni. Při otevření a vyprazdňování formy se také mohou výstřiky oddělit od vtokového zbytku, vyšroubovat vložky, vysunout jádra apod.

Časová prodleva před zahájením nového cyklu slouží pro uložení vložek do formy, případně k úpravě líce formy. U plně automatizovaných procesů tato prodleva odpadá. [5]



Obr. 5 Vstřikovací cyklus

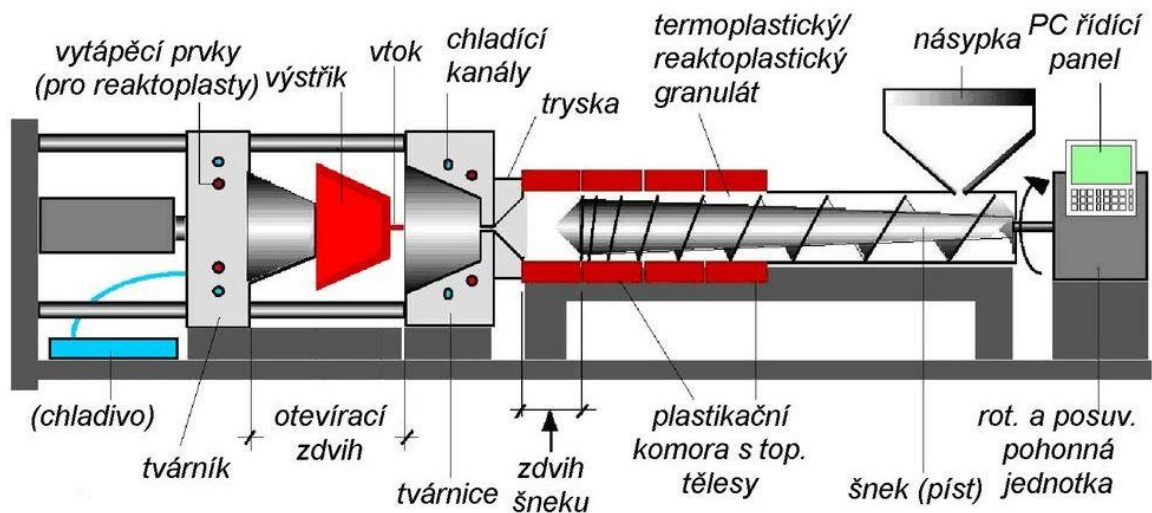
- a) plastikace,
 b) vstříknutí taveniny do formy a dotlak,
 c) chladnutí materiálu ve formě, začíná plastikace další dávky materiálu,
 d) otevření formy, vyhození výstřiku a pokračování plastikace. [6]

2.2 Vstřikovací stroj

Na vstřikovacích strojích lze zpracovávat plasty i kaučukové směsi. Dále je možná výroba velmi složitých tvarů v úzkých výrobních tolerancích a v obrovských sériích. Vstřikovací stroje mají nosnou konstrukci obvykle sloupovou, dvousloupovou či čtyřsloupovou (u větších strojů). Nosné sloupy spojují jednotlivé části stroje a slouží k vedení jeho pohyblivých částí. [7]

Základní části vstřikovacího stroje:

- vstřikovací jednotka,
- uzavírací jednotka,
- ovládací jednotka.



Obr. 6 Schéma vstříkovacího stroje [8]

2.2.1 Vstříkovací jednotka

Úkoly vstříkovací jednotky jsou:

- přeměna granulátu dávkovaného podle potřeby z násypky stroje na homogenní taveninu o určité viskozitě,
- doprava taveniny do tvarové dutiny formy velkou rychlostí, pod vysokým tlakem.

Podle konstrukce a typu stroje dělíme vstříkovací jednotky na jednotky pístové, šnekové a kombinované. [4]

První vstříkovací jednotky byly pístové, později je vytlačily jednotky šnekové. Konstrukcí šnekových vstříkovacích strojů se vyřešily všechny hlavní nedostatky pístových strojů.

Největší výhody šnekových strojů:

- spolehlivá plastikace a dobrá homogenizace roztaveného plastu,
- zamezení přehřívání materiálu v tavicí komoře,
- velký plastikační výkon a velký zdvihový objem,
- odstranění potíží při čištění komory při výměně materiálu,
- přesné dávkování hmoty,
- malé ztráty tlaku při pohybu hmoty,
- větší účinnost zásahu do vstříkovacího procesu, například řízení dotlaku.

Funkce šnekového stroje

Při plastikaci se šnek otáčí a v hrdle násypky nabírá granulovaný plast, který dále stlačuje a dopravuje do tavicí komory. Části tavicí komory jsou vyhřívány. Materiál se taví a ve formě taveniny se hromadí před čelem šneku, šnek se otáčí a odjíždí dozadu. Po zplastikování potřebného množství materiálu se otáčivý pohyb šneku zastaví. Šnek se bez otáčení pohybuje dopředu jako píst a vstřikuje taveninu do dutiny formy. Díky šneku, je možné plast dodatečně barvit, plnit plnivý, nebo přidávat další přísady přímo při plastikaci. [8]

2.2.2 Řízení a regulace vstřikovacích strojů

Řízením a regulací se myslí snímání a sledování strojních a technologických parametrů spolu s jejich následnou regulací tehdy, když naměřené hodnoty překročí přípustnou toleranci. Na strojích se obvykle nastavuje teplota jednotlivých zón vstřikovacího válce a formy, vstřikovací tlak, dotlak, časové úseky pracovního cyklu, otáčky plastikačního šneku, vstřikovací rychlost, vstříknutý objem, uzavírací a dosedací rychlost formy. Podmínky vstřikování a stav plastu je určen technologickými parametry.

Řízením procesu vstřikování se rozumí ruční nebo automatické nastavení strojních parametrů bez zpětného hlášení o skutečných hodnotách natavených veličin.

Regulace vstřikovacího procesu umožňuje využít naměřených hodnot pro korekci případných odchylek od nastavených hodnot. Velkou výhodou řízeného procesu vstřikování je omezení chyb zapříčiněných lidským faktorem. [7] [21]

2.2.3 Uzavírací jednotka

Bezpečné otevření a uzavření vstřikovací formy zajišťuje uzavírací ústrojí. Velikost uzavírací síly je závislá na velikosti stroje (na velikosti plochy průřezu výstřiku v dělicí rovině) a na velikosti vstřikovacího tlaku. Uspořádání a tuhost uzavíracího mechanismu má velký vliv na těsnost formy.

Uzavírací jednotku lze dělit podle pohonu, a to na hydraulickou, hydraulicko-mechanickou a elektromechanickou.

Rychlost uzavírání hydraulických uzavíracích ústrojí je řízena uspořádáním a ovládním hydraulického obvodu. U hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky je rychlost uzavírání dána kinematickým uspořádáním mechanismu, což vede k malým dosedacím rychlostem.

Co se týče elektromechanických uzavíracích jednotek, jejich výhodou je jednoduché ovládání a příznivá spotřeba energie. [7]

Uzavírací jednotku tvoří tyto hlavní části:

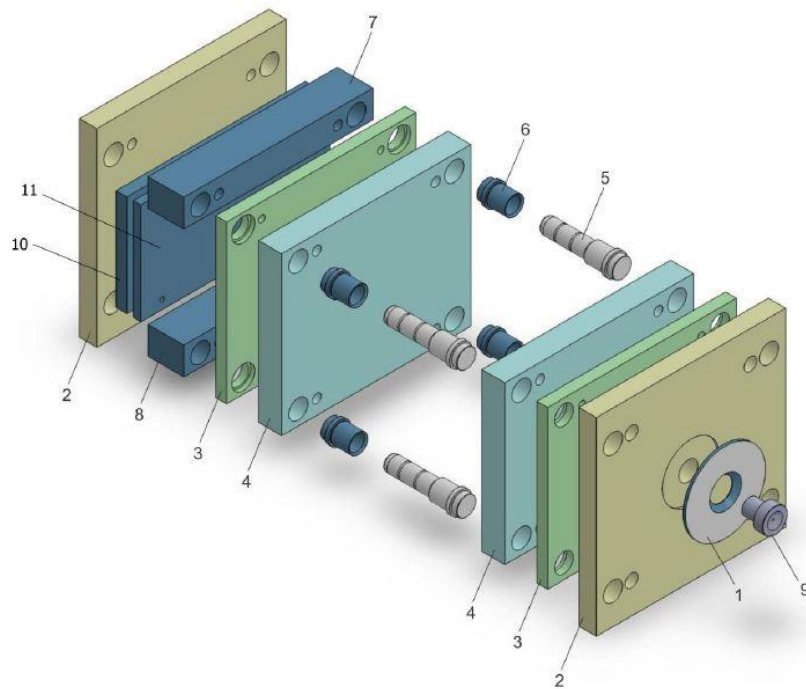
- opěrná deska - je pevně spojena s ložem stroje a je na ní upevněn systém uzávěru,
- pohyblivá upínací deska - volně se pohybuje po vodících tyčích, na této desce je upevněna jedna polovina vstříkovací formy,
- upínací deska s otvorem pro trysku, ke které se upevní druhá polovina formy,
- vodící tyče (sloupky),
- zavírací a přidržovací mechanismus,
- forma - která je výměnnou částí uzavírací jednotky. [4]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Funkcí formy je dát vstříknutému materiálu výsledný tvar výrobku. Materiál se chladí na takovou teplotu, aby došlo k ochlazení a tím i ztuhnutí. Forma je mimo plastikační válec nejdůležitější částí vstříkovacího stroje. Na její konstrukční a výrobní přesnosti závisí rozměrové tolerance výrobků, jejich mechanické vlastnosti, a také ekonomická efektivita celého výrobního procesu. [20]

Návrh konstrukce formy vychází z těchto údajů:

- tvar výrobku – požadované rozměry a tolerance,
- typ stroje – jeho parametry,
- druh vstříkovaného materiálu – chování taveniny při vstříkovaní,
- požadovaný počet kusů – cena a dodací termín. [4]



Obr. 7 Rozložená forma [11]

1 – středící kroužek, 2 – upínací desky, 3 – opěrné desky, 4 – kotevní (tvarové) desky, 5 – vodící čepy, 6 – pouzdra vodících čepů, 7 – levá rozpěrná deska, 8 – pravá rozpěrná deska, 9 – vtoková vložka, 10 – vyhazovací deska opěrná, 11 – vyhazovací deska kotevní

Vstříkovací formy se používají v mnoha různých typech. Provedení se liší kombinací jejich hlavních částí, které představují tvářecí části, vtokový systém, temperační nebo topný systém, vyhazovací zařízení pro výstřiky a vtokový zbytek, vodící a upínací elementy.

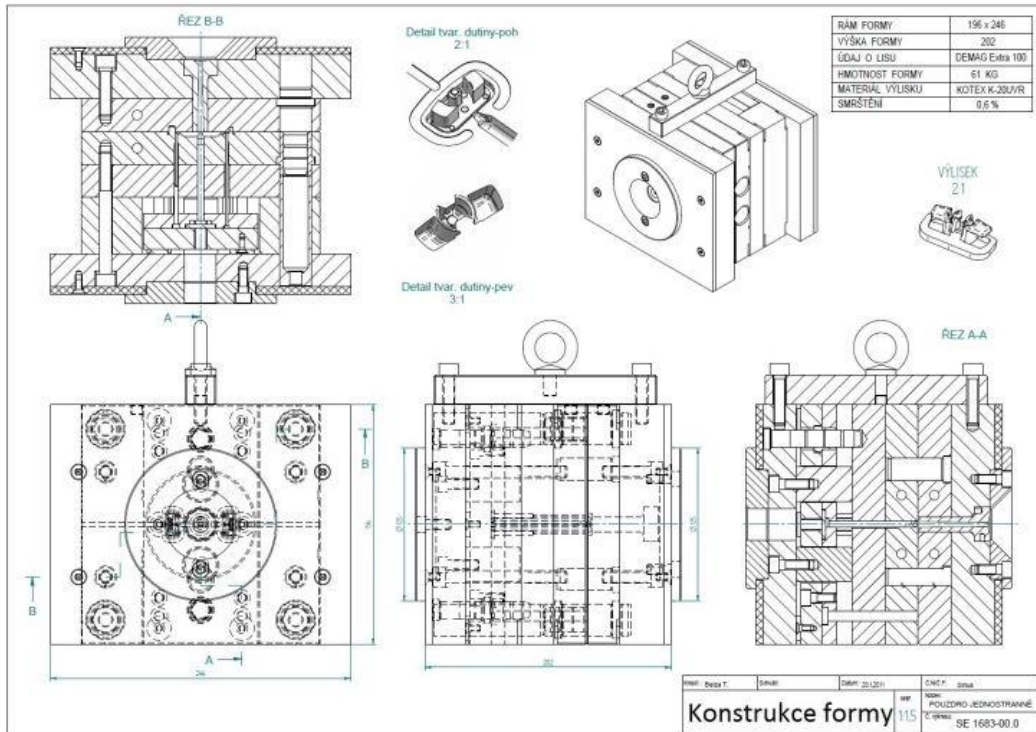
Formy rozlišujeme na jednonásobné a vícenásobné, záleží na počtu dutin. Dále se dělí podle typu vstřikovacího stroje, a to na formy s osou vtoku kolmo k dělicí rovině nebo s osou vtoku v dělicí rovině.

Tvar výstřiku, jeho velikost a členitost ovlivňuje složitost řešení formy. Podle konstrukce dělíme formy na jednoduché, čelistové, s výsuvnými jádry, formy vyšroubovací, etážové atd.

Vzhledem k tomu, že vyhřívání, odvzdušnění, temperace i vyhazování výstřiku ovlivňuje druh zpracovávaného materiálu, rozlišujeme vstřikovací formy pro termoplasty, pro reaktoplasty a pro kaučukové směsi. [10]

3.1 Konstrukce formy

Vstřikovací formu navrhujeme zásadně na základě technologického postupu, který zahrnuje výkres výstřiku a technické podmínky. Výkres výstřiku obsahuje rozměrové, směrové tolerance, nebo i místa studeného spoje. Dále jsou na výkresu vyznačeny technologické úkony, místa ústí vtoku, stopy po vyhazovačích, a také místa studeného spoje. [10] [19]



Obr. 8 Výkres formy [12]

3.2 Vyhazování výstřiku

Základní podmínkou správného vyhození výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jeho stěn ve směru vyhazování. Úkosalost by neměla být větší než 30°. Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité a musí být vždy voleno s ohledem na zanechání co nejmenší stopy po vyhození. [13]

Dalším krokem po ochlazení výstřiku ve formě je otevření formy a následné vyhození výstřiku z dutiny formy. K tomuto slouží vyhazovací kolíky, stírací desky, stlačený vzduch, popř. kombinace uvedených prvků. Velikost vyhazovací síly je rozhodujícím faktorem pro volbu vyhazovacího systému.

Vyhazovací síly závisí na:

- smrštění výstřiku ve formě,
- adhezi plastu k lici formy,
- podtlaku vznikajícím při vyhazování,
- pružných deformací formy.

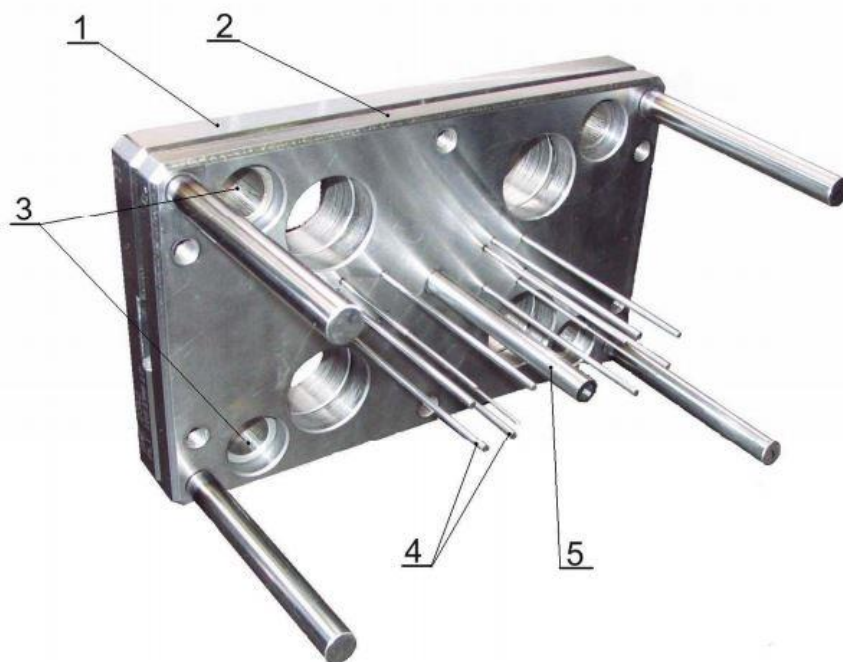
Pohyb vyhazovače se odvíjí od pohybu části formy, výjimečně od pružin, popř. je možno použít hydraulických válců. [10]

3.2.1 Mechanický vyhazovací systém

Jednoduchý případ mechanického vyhazování se používá u vstřikovaných dílců s větší tvrdostí. Je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem. Používá se všude tam, kde je to jen možné. Jeho konstrukce má různá provedení, která představují:

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

Ve zvláštních případech, kdy je výstřik mělký, se vyhazovače nemusí používat. V tomhle případě postačí pouze vyhození vtokového zbytku, se kterým je výstřik spojen. [13]

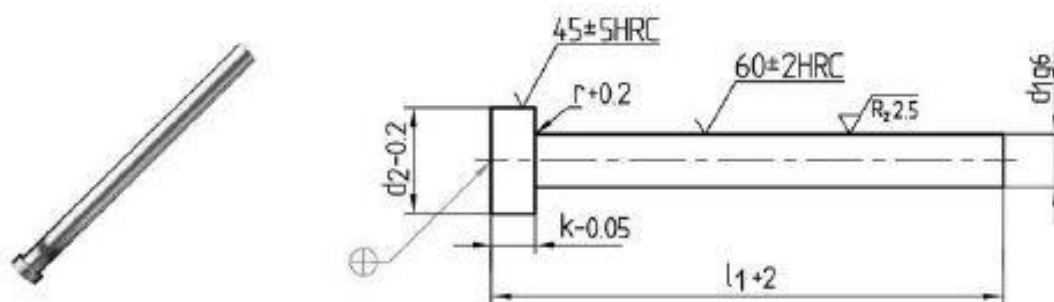


Obr. 9 Sestava vyhazovač

1 – opěrná deska, 2 – kotevní deska, 3 – vodící pouzdro, 4 – válcové vyhazovače,
5 – trubkový vyhazovač [14]

Vyhazovací kolíky

Vyhazovací kolíky se kotví do desky vyhazovačů. Aby nedošlo k poškození výstříku při vyhazování, vyhazovače se umístí ve formě, jak u dne, tak i u obvodu výstříku. Po vyhazovacích kolicích obvykle zůstanou stopy. Pokud tyto stopy překáží, výstřík se podle možnosti upraví (opracuje). Vyhazovací kolíky jsou nejčastěji válcové. Osazené kolíky musí být zajištěny proti pootočení. Vyhazovací kolík je lícován pouze ve formě, jinde je uložen s vůlí. Zdvih rámu musí být větší, než je minimální zdvih potřebný k vyhození výstříku. Polohu vyhazovače omezuje narážka. [10]



Obr. 10 Válcový vyhazovací kolík [15]

Stírací deska

U vyhazovacích desek působí vyhazovací síla po celém obvodu výstřiku, jedná se o typ plošného vyhození. Díky velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku žádné stopy po vyhození. Používá se především u tenkostěnného výstřiku, kde je vysoké nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrného výstřiku, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřik na stírací desku větší plochou nebo mírně nakloněnou rovinou.

3.2.2 Pneumatický vyhazovací systém

Je vhodným systémem pro vyhazování tenkostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Způsob není tak častý, ale pro některé výstřiky je velmi výhodný. Principem pneumatického vyhazování je zavedení stlačeného vzduchu mezi výstřik a líc formy, čímž dochází k rovnoměrnému oddělení výstřiku, vyloučení místního přetížení a odstranění stop po vyhazovačích na výstřiku. Použití pneumatického vyhazování na některé tvary výstřiků není vhodné. [10] [13]

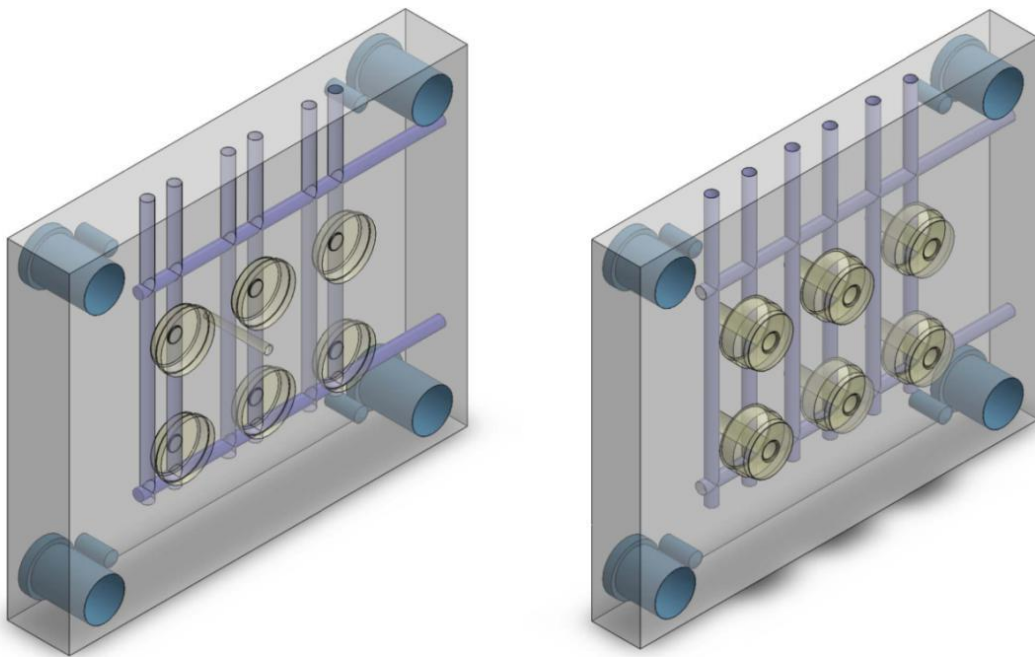
3.2.3 Hydraulický vyhazovací systém

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se hlavně k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. Používané hydraulické vyhazovače se vyrábějí většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve formě. Pomocí tohoto mechanismu se přímo ovládají vyhazovací kolíky, stírací desky apod. [13]

3.3 Temperace forem

Základním faktorem pro bezchybnou práci forem při vstřikování plastů je jejich optimální teplota. Na počátku práce je tedy nutné formy temperovat na jejich pracovní teplotu. Po dosažení pracovní teploty je nutné formy zpětně temperovat. Během pracovního procesu je forma zahřátá převzetím tepla z výstřiku. Chlazení, stejně jako temperování, docílíme použitím vody nebo oleje. Do temperačních kanálků, které jsou již ve formách zhotoveny, přivádí potrubí a gumové nebo plastové hadice chladicí kapalinu ze zásobníku. Temperačními kanálky kapalina proteče a následně je odvedena potrubím do chladícího zařízení a zpět do zásobníku. Při rozvržení kanálků je nutno brát v úvahu rozmístění

vyhazovačů ve formě. Kanálky umístíme co nejbližší kontaktního tvaru formy s ohledem na dostatečný odstup od stěny tvaru. K dispozici máme více možností konstrukce a výroby. Nejčastěji se používají vrtané kanálky, které jsou nejméně náročné jak technologicky, tak finančně. Otvory vrtaných kanálků jsou utěsněny kovovými ucpávkami. U forem určených pro výrobu malého množství výstřiků, které nejsou tvarově náročné, je možné temperaci vypustit. Taková forma se zpravidla využije na několik desítek až maximálně stovek výrobků. [11] [19]



Obr. 11 Temperační kanálky [11]

3.4 Odvzdušnění forem

Vzhledem k tomu, že na počátku vstřikování může být při plnění dutiny formy stlačený vzduch, je nutno zajistit jeho únik, stejně tak i plynů, které se uvolňují při ochlazování taveniny. Vlivem nedostatečného, nebo chybného odvzdušnění dutiny formy, mohou vzniknout následující vady:

- nedostřiky – zamrznutí postupu čela taveniny,
- spálená místa na výstřicích, vyvolaná Dieselovým efektem,
- uzavření vzduchu, čímž dochází k tvorbě bublin ve stěnách výstřiků o větší tloušťce,

- zvýšené nebezpečí výskytu studených spojů a s nimi spojených vad povrchu, místní snížení pevnosti,
- vznik vnitřního pnutí ve výstřiku,
- zvýšení anizotropie vlastností výstřiků,
- nutnost zvýšení vstřikovacího tlaku,
- velké tlakové spády v dutině formy.

Pokud neunikne vzduch dělicí rovinou, vedlejšími dělicími rovinami nebo vůlí mezi pohyblivými částmi formy, je nutno formu odvzdušnit. Docílíme toho například pomocí vytvoření jemných drážek v dělicí rovině o rozměrech 0,005 až 0,05mm hlubokých a 3 až 6mm širokých. Další možností odvzdušnění je použití vyhazovacích kolíků, které se po části průřezu zploští přebroušením, čímž vzniká vůle pro únik vzduchu, nikoliv taveniny. [4] [3] [10]

3.5 Materiály forem

Vstřikovací forma je velmi nákladný nástroj, který je sestavený z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiku se vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významným činitelem pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn podmínkami výroby, jež jsou určené:

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

Pro výrobu forem se používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře a mají univerzální rozsah použití. Takové druhy představují:

- oceli vhodných jakostí,
- neželezné slitiny kovu (Cu, Al, ...),
- ostatní materiály (tepelně izolační, tepelně vodivé).

Oceli jsou nejdůležitějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Svou pevností a ostatními mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit. Jednotlivé díly forem nemají stejnou funkci, proto mají specifické požadavky na volbu materiálu, ze kterého budou vyrobeny. Jejich výběr a doporučená řada má odpovídat funkci součásti, s ohledem na opotřebení a požadovanou životnost.

Od materiálu vhodných pro výrobu forem se očekává:

- dostatečná mechanická pevnost,
- dobrá obrobiteľnosť,
- dobrá tepelná zpracovatelnost (cementování, kalení, nitridování, ...).

Z technologického hlediska výroby výstřiku má materiál ještě zajišťovat speciální požadavky na kvalitu struktury, která je dána:

- dobrou leštitelností a obrusitelností,
- zvýšenou odolností proti otěru,
- odolností proti korozi a chemickým vlivům polymeru,
- vyhovující kalitelností a prokalitelností,
- stálostí rozměru a minimálními deformacemi při kalení. [13]

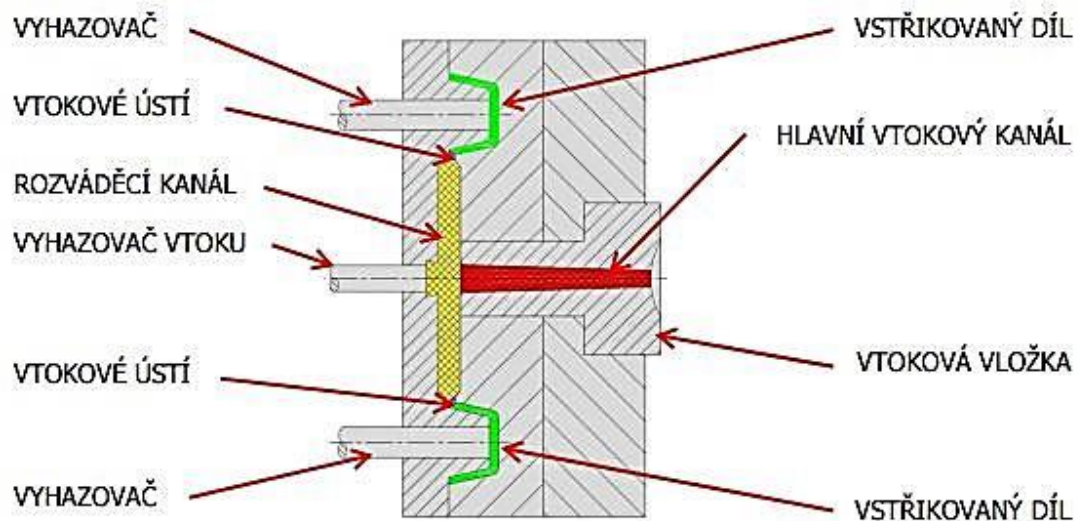
3.6 Vtokový systém

Vtoková soustava je systém rozváděcích kanálků, které spojují ústí vtoku s tvarovými dutinami formy. Jejich úkolem je naplnění tvarových dutin taveninou v co možná nejkratším čase a s nejmenšími odpory. Na vtokové soustavě záleží kvalita výlisků. Na konstrukci vtoků záleží, zda výlisky a vtoky zůstanou po vyhození z formy pohromadě, nebo zda budou výlisky odděleny od vtoku již při vyhození.

Vtokový systém (soustava) se skládá z vtoku, rozváděcích kanálků a ústí vtoku. [11] [18]

3.6.1 Studené vtokové systémy

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřikování vedení proudu taveniny od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v co nejkratším možném čase, s minimálními odpory. Popis jednotlivých částí vtokového systému je na Obr. 15. [9]



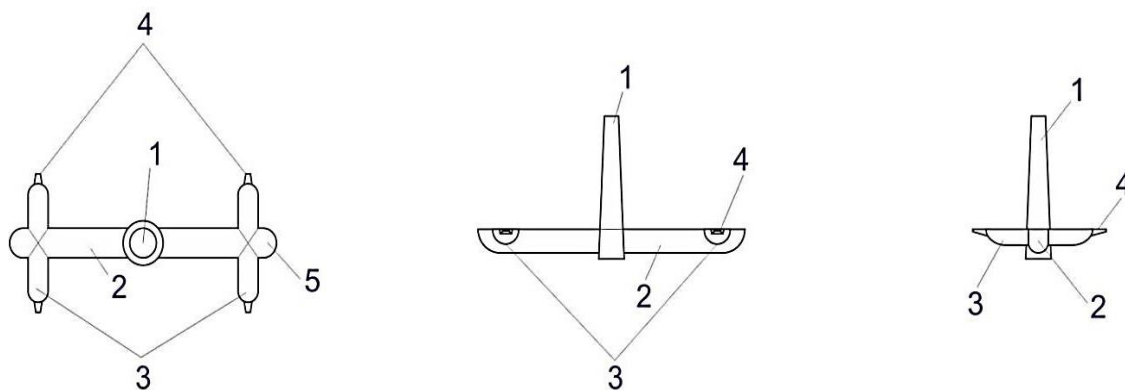
Obr. 12 Studený vtokový systém [9]

3.6.2 Zásady studených vtokových systémů

Mezi tyto zásady patří:

- dráha toku od vstřikovací trysky k dutinám vstřikovací formy má být co nejkratší, aby mohla být tavenina vstřikována co největší rychlostí,
- dráha toku ke všem dutinám vstřikovací formy by měla být stejně dlouhá, aby se zajistilo rovnoměrné plnění dutiny formy,
- průřez vtokových kanálků (světlost) musí být dostatečně velký, aby bylo zajištěno, že po naplnění formy zůstane jádro vtokového kanálu dostatečně dlouho v plastickém stavu, a umožňovalo nahrazení úbytku objemu výstřiku při jeho smrštění,
- platí zásada, že průřez vtokových kanálů má být tím větší, čím větší je tloušťka stěny výstřiku a čím nižší je tuhost zpracovaného plastu,
- ústí vtoků musí být umístěno tak, aby tavenina tekla z nejtlustšího průřezu výstřiku do místa s nejtenčím průřezem,
- pro přesné výstřiky jsou výhodnější plné vtoky, což jsou rozváděcí kanálky, které se v místě ústí vtoků nezužují,
- ústí vtoků má být co nejkratší, doporučuje se délka 0,5 – 1,2mm,
- u vícenásobných forem je vhodné odstupňovat průřezy kanálů,
- zaoblení všech hran vtokových kanálů je min. $R=1\text{mm}$,

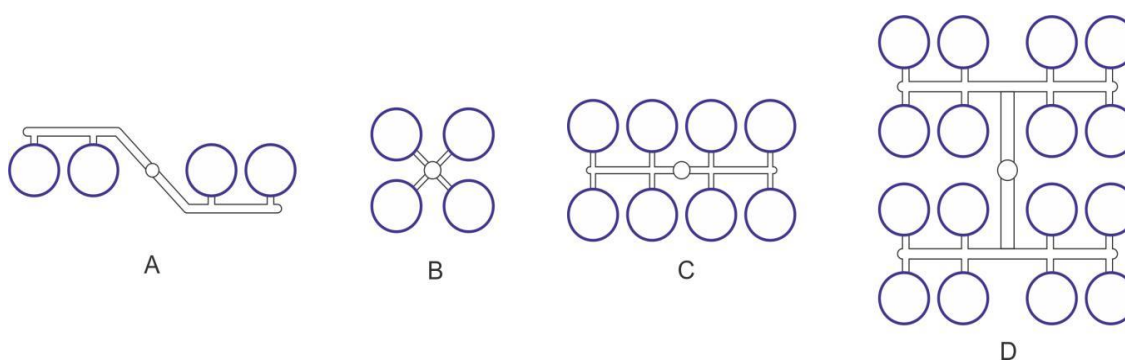
- aby nedošlo k zatékání hmoty do dosedací plochy, musí spolu dosedací plochy trysky a vtokové vložky lícovat, jsou-li kulovité, otvory v nich musí být souosé a průměr otvoru v trysce musí být alespoň o 0,5mm menší než průměr otvoru vtokové vložky. [9]



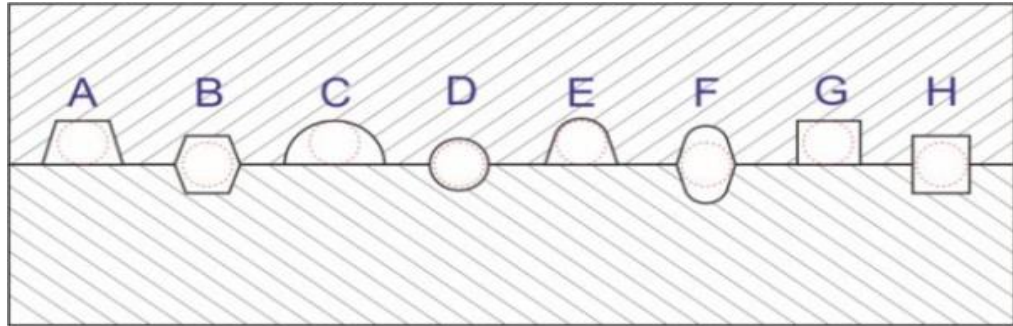
Obr. 13 Studený vtok

1 – Vtokový kužel, 2 – Hlavní kanál, 3 – Rozváděcí kanály, 4 – Ústí vtoku, 5 –
Prodloužené [11]

Nejvhodnější rozmístění vtoků ve formě je ve tvaru hvězdice nebo kříže znázorněno na obrázku 14, útvar B, kde všechny vtoky mají stejnou délku, tvar i průřez, tudíž i všechny výlisky mají stejné technologické podmínky. U rozmístění A, C a D mají výlisky blíže vtokového kužele jiné technologické podmínky než výlisky na okraji. Je zde nutná korekce vtokových ústí. [11]



Obr. 14 Uspořádání vtoků [11]

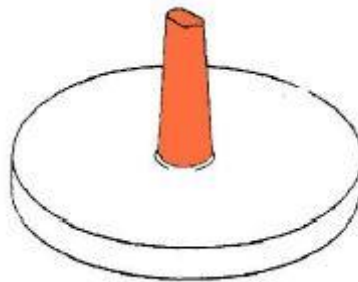


Obr. 15 Průřezy vtokových kanálků

A, C, E, G – Výrobně vhodný průřez vtoku, B, D, F, H - Výrobně nevhodný průřez vtoku [11]

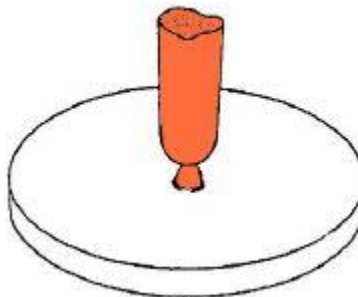
3.6.3 Druhy studených vtoků

- **Plný kuželový vtok** – z konstrukčního hlediska je nejjednodušší. Používá se u masivnějších, jednodušších a symetrických výstřiků, kde je potřebná delší doba dotlaku taveniny. [4]



Obr. 16 Plný kuželový vtok [16]

- **Bodový vtok** – vtok s bodovým ústím je velmi rozšířen, hlavně kvůli snadnému a rychlému odtrhávání vtokového zbytku přímo ve formě. Také přispívá k ohřevu hmoty při plnění formy. Může mít různé tvary vtokového ústí jako např. kruhový, půlkruhový, obdélníkový. [4]



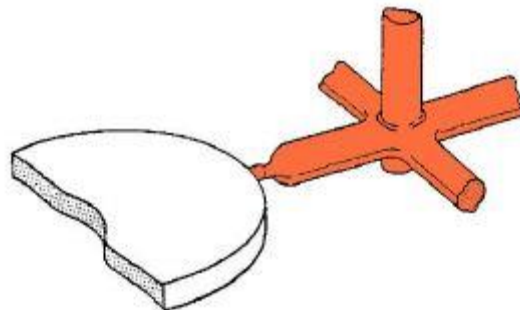
Obr. 17 Tunelový vtok [16]

- **Tunelový vtok** – jde o zvláštní případ bodového vtoku, který má tu výhodu, že může vtokový zbytek ležet ve stejné rovině jako výstřík. Umístění tohoto vtoku může být v pevné i pohyblivé části formy. Proto není potřeba konstruovat formu s více dělicími rovinami. Předpokladem dobré funkce tunelových vtoků je existence ostré hrany, která při odformování odděluje vtokový zbytek od výstříku. [9]



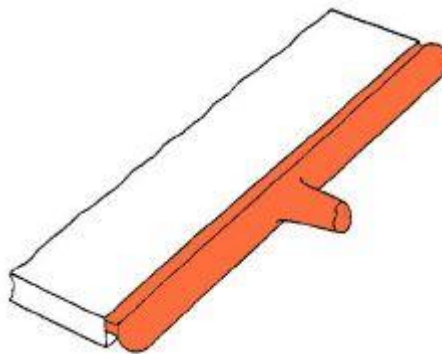
Obr. 18 Tunelový vtok [16]

- **Boční vtok** – jedná se o typ vtoku se zúženým vtokovým ústím, které leží v dělicí rovině. Průřez vtoku bývá zpravidla obdélníkový, ale může být např. i kruhový, nebo lichoběžníkový. Při odformování zůstává výstřík od vtokového zbytku neoddělený. Oddělení se řeší zvláštním zařízením, které je součástí formy. Ústí se nejčastěji upravuje do tvaru vějíře k zamezení volného vstříku. [9]



Obr. 19 Boční vtok [16]

- **Filmový vtok** – je nejpoužívanější ze všech druhů bočních vtokových ústí. Používá se hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s většími požadavky na kvalitu. Mezi filmové vtoky se dále řadí vtoky diskové, prstencové, deštníkové a další. Důležitým aspektem u filmového vtoku je fakt, že rozvedení taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu. Tento problém se řeší korekcí tloušťky ústí nebo rozváděcího kanálu. [9] [18]



Obr. 20 Filmový vtok [16]

3.7 Vyhřívané vtokové soustavy

Systémy horkých vtoků se používá hlavně na velké série výlisků. Pro tento typ vtoků je nutné použít i robustnější konstrukci formy, čímž se zvýší náklady na její výrobu. Samotný topný systém s tryskami je také poměrně nákladnou záležitostí. [11]

Výhody VVS:

- automatizace výroby,
- nízká spotřeba polymeru – vstřikuje se bez vtokových zbytků,
- snižují náklady na dokončovací práce s odstraněním vtokových zbytků,
- zkrácení výrobního cyklus,
- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování.

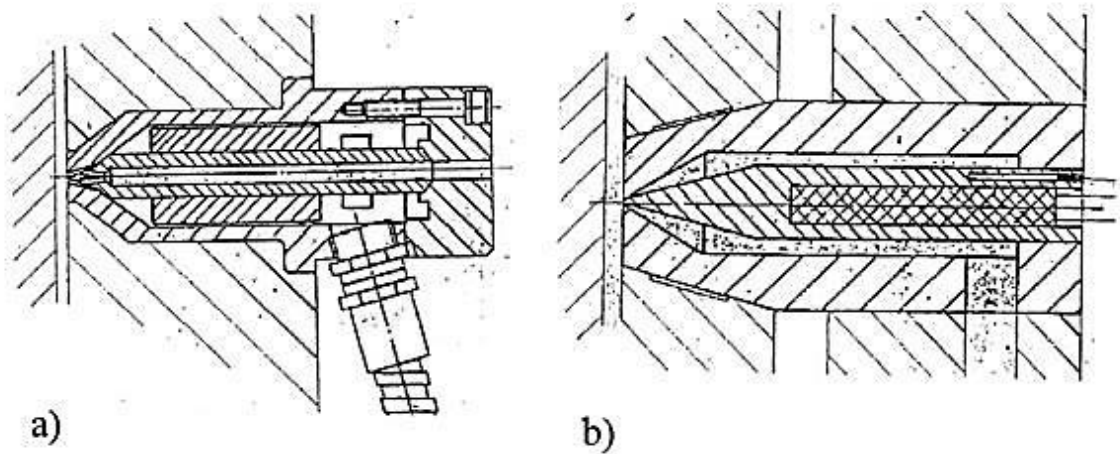
Nevýhody VVS:

- technologicky složitější,
- vyšší cena formy a strojního zařízení
- energetická náročnost (snímače, regulátory). [9]

3.7.1 Vyhřívané trysky

Konstrukce vyhřívaných trysek umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky vstřikování. Takové vyhřívané vtokové systémy si běžně uživatel nevyrábí sám, ale nakupuje je u specializovaných firem. Ty je vyrábí v širokém konstrukčním sortimentu.

Konstrukční provedení vyhřívaných trysek je rozděleno dvěma způsoby, a to na trysky s vnitřním topením a trysky s vnějším topením. [9] [18]



Obr. 21 Druhy vyhříváných trysek [9]

a) tryska s vnějším vytápěním

b) tryska s vnitřním vytápěním



Obr. 22 Vyhříváná tryska [15]

3.7.2 Vyhříváné rozvodné blok

Formy pro vstřikování s rozvodnými bloky se používají v kombinaci s vyhřívánými nebo izolovanými tryškami s předkomůrkou. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce silně závisí na rovnoměrném vytápění. Blok je ocelový a jeho místo je mezi upínací deskou a tvarovou deskou v pevné části formy. Tvar bloku je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i uložení trysek. Vyrábí se ve tvarech reprezentovaných písmeny I, H, X, Y

či hvězdice. Blok jako celek musí být izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou a leštěnými plechy. Vytápění je realizováno elektrickým odporovým topením v podobě topných hadů zalitých v mědi, nebo topnými patronami. Regulace výkonu topení probíhá za pomoci teplotních senzorů, které později předávají potřebné informace regulátoru. Kanály, kterými proudí tavenina, musí být vyrobeny s velkou přesností. Protože nikde nesmí vzniknout ostré hrany a přechody s mrtvými kouty. Celý blok je ve formě vystředěn a zajištěn proti pootočení pomocí trysek a kolíku. [9] [17]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zadání bakalářské práce:

- vypracujte literární studii na dané téma,
- nakreslete model zadaného dílu ve 3D,
- proveďte konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl,
- nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy.

Bakalářská práce se skládá ze dvou částí. Teoretické a praktické. Teoretická část pojednávala o obecné problematice procesu vstřikování a o popisu jednotlivých částí formy.

V praktické části je cílem nakreslit 3D model zadaného dílu, podle kterého je zkonstruována vstřikovací forma a následná výkresová dokumentace. Tato část v úvodu obsahuje také popis materiálu, z něhož je součást vytvořena a návrh vstřikovacího stroje.

Při zhotovení praktické části je využito programu Catia V5R19 a katalogu Hasco, jenž slouží ke vkládání normalizovaných součástí.

5 VSTŘIKOVANÁ SOUČÁST

Jedná se o rozvodnou elektroinstalační krabici o rozměrech (70x70x34) mm a hmotnosti 39 g, kterou lze použít i ve vlhkých prostorech. Na stranách krabice je sedm otvorů, které slouží jako vstup a výstup pro kabeláž. Také výstupky s otvory pro uchycení na stěnu. Dále je na jednom z rohů očko sloužící k vedení dalšího elektrického kabelu.



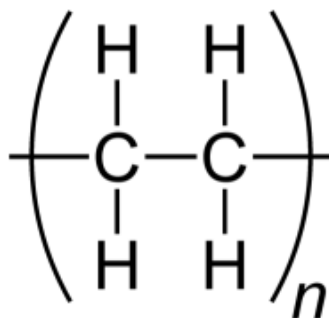
Obr. 23 Model 3D součásti - pohled shora



Obr. 24 Model 3D součásti - pohled zespodu

5.1 Materiál součásti

Součást je z PE-HD (vysokohustotní polyetylen) o hustotě 0,940 g/cm³. Polyetylen je nejznámější masově užívaný plast, jehož prvky tvoří pouze vodík a uhlík. Má výborné mechanické vlastnosti, chemickou odolnost, houževnatost, široké teplotní rozpětí použitelnosti. Jako jeden z mála plastů může být vystaven vnějším povětrnostním vlivům bez jakýchkoliv rizik.



Obr. 25 Chemický vzorec polyethylenu

5.2 Vstřikovací stroj

Pro vstřikování dílu rozvodné krabice je zvolen stroj od německé firmy Arburg typ Allrounder 570 C. Stroj je vybrán na základě potřebných parametrů, jako jsou například vzdálenosti mezi vodíčovými sloupky, velikost upínací desky, maximální objem dávky a další.



Obr. 26 Vstřikovací stroj Arbrug Allrounder 570 C [23]

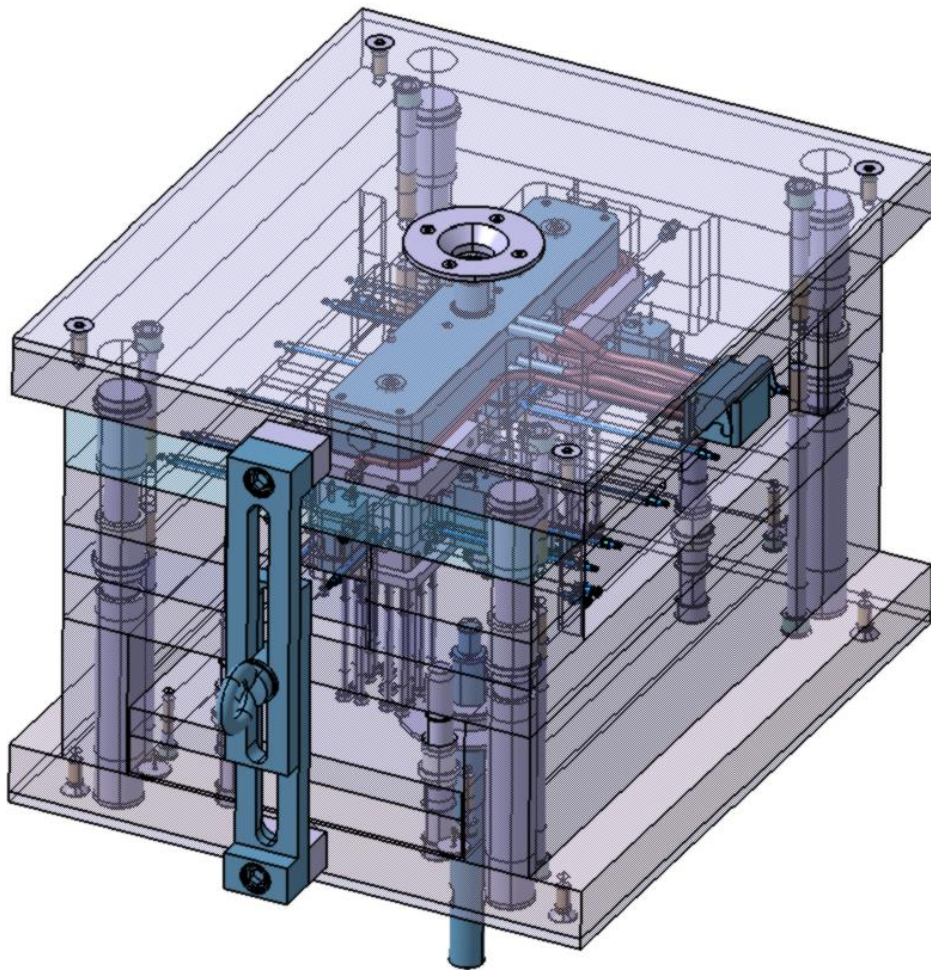
Vzdálenost mezi vodícími sloupky	570x570 [mm]
Velikost upínací desky	646x546 [mm]
Maximální objem dávky	318 [cm ³]
Maximální uzavírací síla	2000 [kN]
Maximální vyhazovací síla	66 [kN]
Vstřikovací tlak	200 [MPa]

Tab. 1 Parametry vstřikovacího stroje

6 KONSTRUKCE FORMY

Předpokladem pro konstrukci vstřikovací formy je především její ekonomická nenáročnost, jednoduchost a požadovaná přesnost. Aby bylo výše uvedeného dosaženo, je použit sortiment normalizovaných produktů německé firmy Hasco. Ostatní nenormalizované součásti jsou vytvořeny v 3D programu Catia, a to konkrétně v modulu Part Design.

Vstřikovací forma je složena ze vstřikovací, uzavírací a odformovací části.



Obr. 27 Vstřikovací forma 3D model

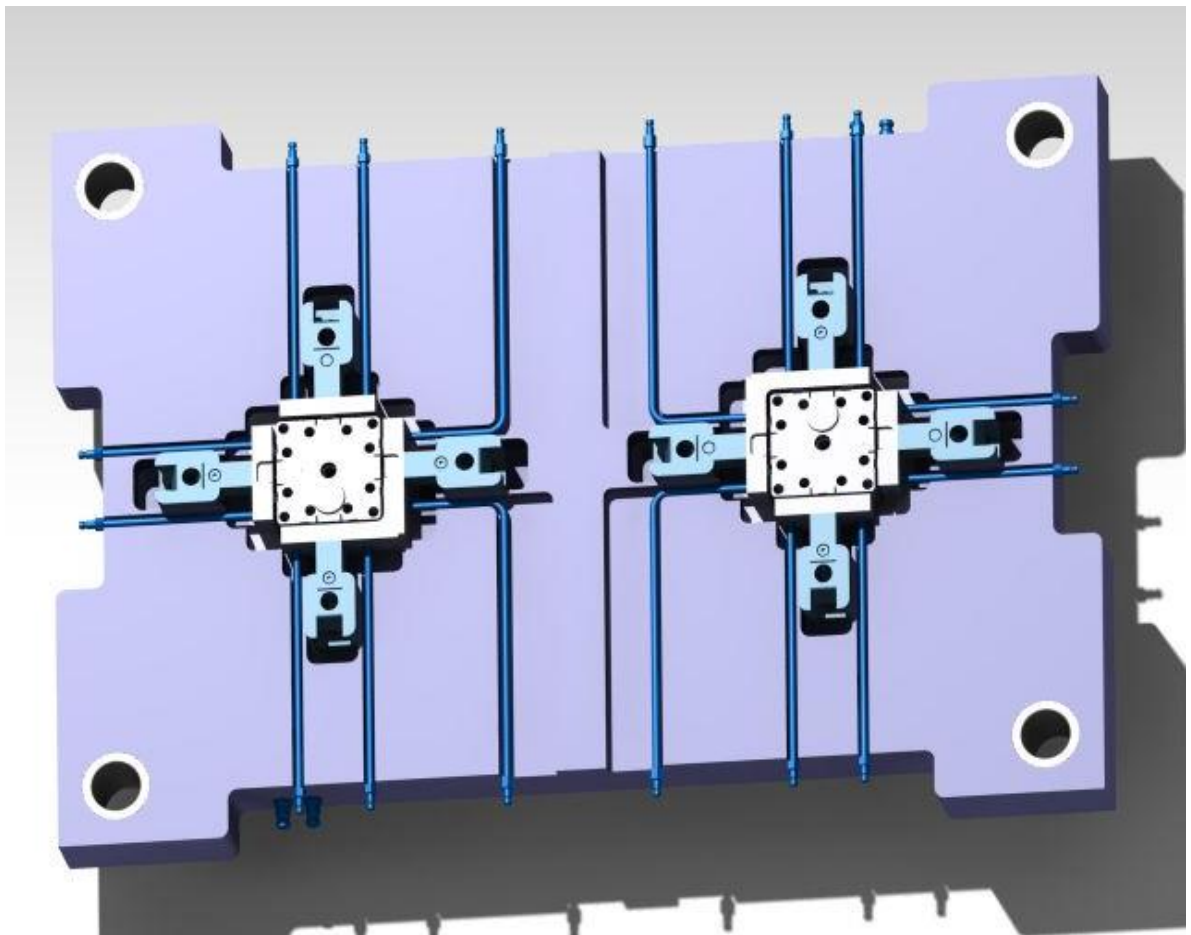
6.1 Program CATIA V5R19

CATIA (*Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application*) je software francouzské firmy Dassault Systèmes, který patří mezi nejpokročilejší konstruktérsko-analytické programy dnešní doby. Skládá se z mnoha modulů, od vlastní konstrukce, přes

různé simulace a analýzy, až po tvorbu výkresové dokumentace. Systém Catia je nejvíce rozšířený v automobilovém průmyslu, letectví a spotřebním průmyslu.

6.2 Násobnost formy

Násobnost formy je možno posuzovat z několika úhlů pohledu. Z pohledu kvality a přesnosti výstřiku je vhodná co nejmenší násobnost formy, ale z časového hlediska se prodlužuje doba potřebná ke zhotovení požadovaného množství kusů. Při vyšší násobnosti formy je její konstrukce složitější a nákladnější na výrobu. Avšak v případě, kdy je požadovaná větší sériová výroba a je využit vhodný vstříkací stroj, je větší násobnost formy z ekonomického hlediska výhodnější. Po zohlednění těchto parametrů je zvolena forma dvounásobná.

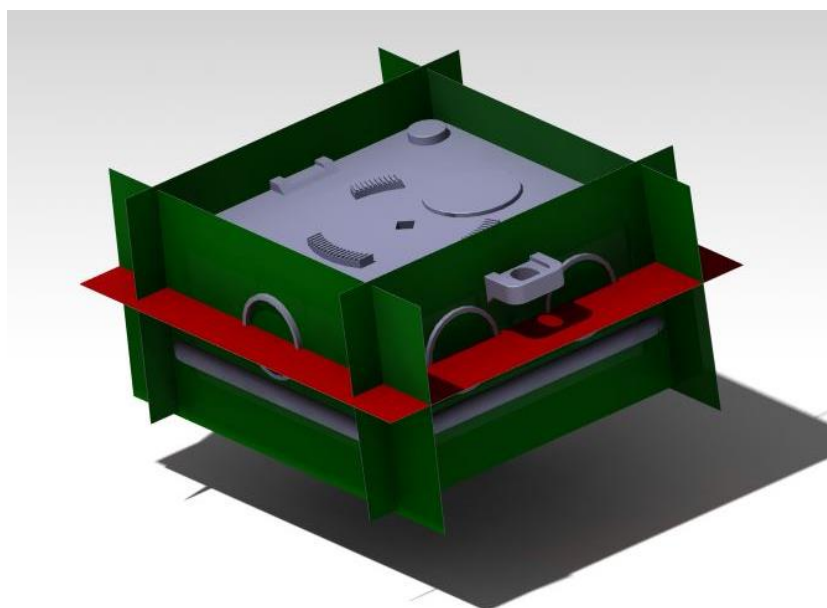


Obr. 28 Násobnost formy

6.3 Dělicí roviny

Vzhledem k náročnosti tvaru zadané součásti, je zvoleno pět dělicích rovin. Jedna hlavní a čtyři vedlejší.

Hlavní dělicí rovina zajišťuje, aby zhotovená součást zůstala po otevření formy na levé straně. Aby došlo ke správnému odformování výrobku, je vytvořen vhodný vyhazovací systém, s dostatečným počtem vyhazovacích kolíků.



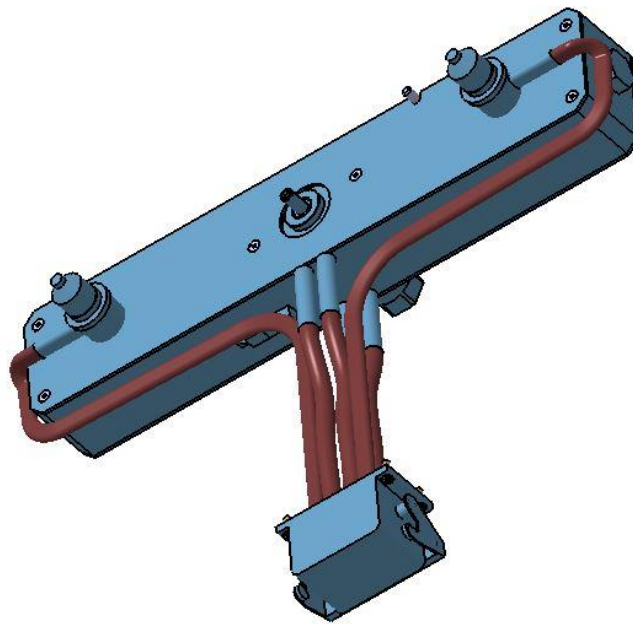
Obr. 29 Znáznornění dělicích rovin na 3D modelu součásti – hlavní dělicí roviny červeně, vedlejší roviny zeleně

K dosažení požadovaného tvaru bočních stěn výrobku, jsou zvoleny čtyři vedlejší dělicí roviny, k nimž přijíždí posuvná jádra pod úhlem 90° .

6.4 Vtokový systém

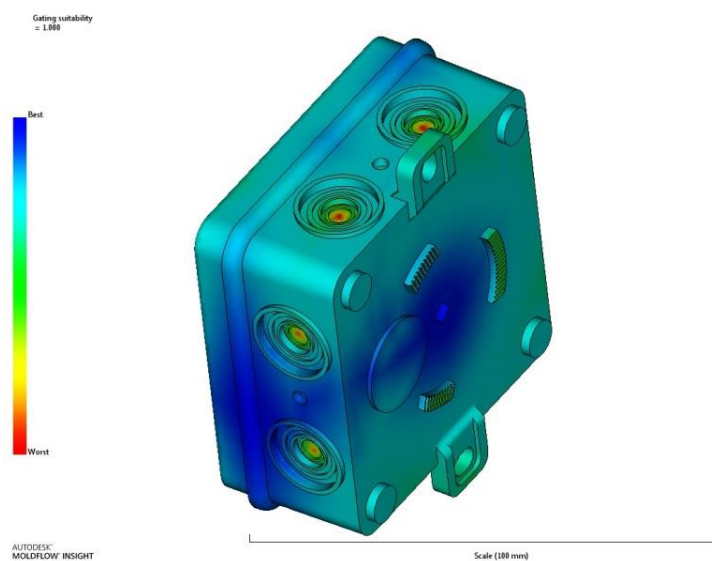
Vzhledem k násobnosti formy, úspoře materiálu a typu vstřikované součásti a jejího materiálu, je zvolen horký vtokový systém. Dutina formy se plní roztaveným polymerem proudícím ze vstřikovacího stroje do vtokové vložky, přes kanálky horkého rozvodného bloku až do horkých trysek.

Horký rozvodný blok je umístěn v pravé části formy, v mezidesce, mezi upínací a tvarovou deskou. Je vystředěn kolíky, které zabraňují bloku k pootočení. Na druhé straně bloku jsou dvě dosedky, což jsou plochy, které zachycují vstřikovací tlaky působící na formu.



Obr. 30 Horký blok s kabely a se zásuvkou

Dalšími součástmi bloku jsou dvě horké trysky, jejichž práce je plnit dutinu formy roztaveným polymerem. Poloha horké trysky je zvolena s ohledem na analýzu, určující nevhodnější polohu vtokového ústí. Na obrázku analýzy umístění vtoku, jsou barevně znázorněná pole, tmavě modrá barva znázorňuje optimální polohu vtoku, zatímco červená určuje tu nejméně vhodnou.



Obr. 31 Analýza umístění vtoku

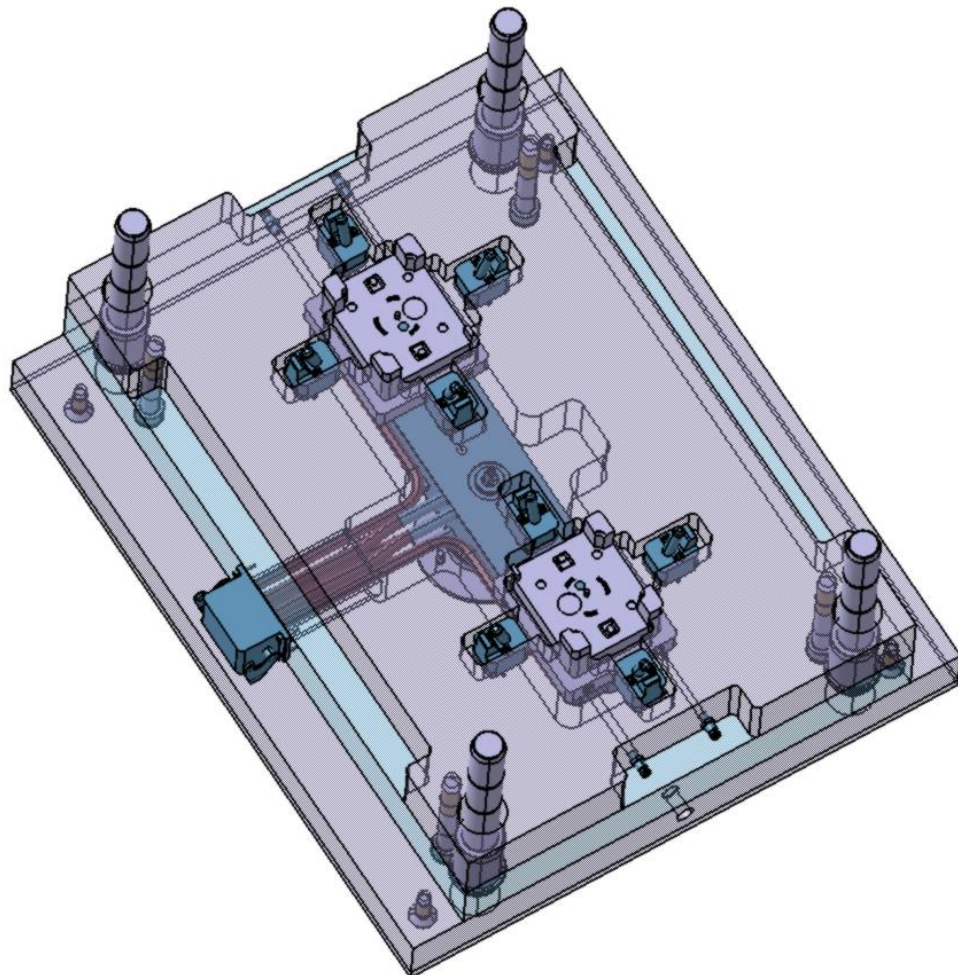
6.5 Pravá strana formy

Je část formy, přes kterou proudí roztavený materiál a je upnuta do vstřikovacího stroje.

Skládá se ze čtyř desek:

- izolační deska
- upínací deska – slouží k upnutí do vstřikovacího stroje, spolu se strojem ji středí středící kroužek
- mezideska – je zde vyfrézovaný otvor pro uložení horkého rozvodného bloku
- tvarová deska – v této desce jsou vytvořeny drážky pro posuvná jádra a otvory pro uložení tvárnic a pro jejich temperaci.

Jednotlivé desky jsou k sobě přišroubovány šrouby a středěny pomocí vodících čepů.



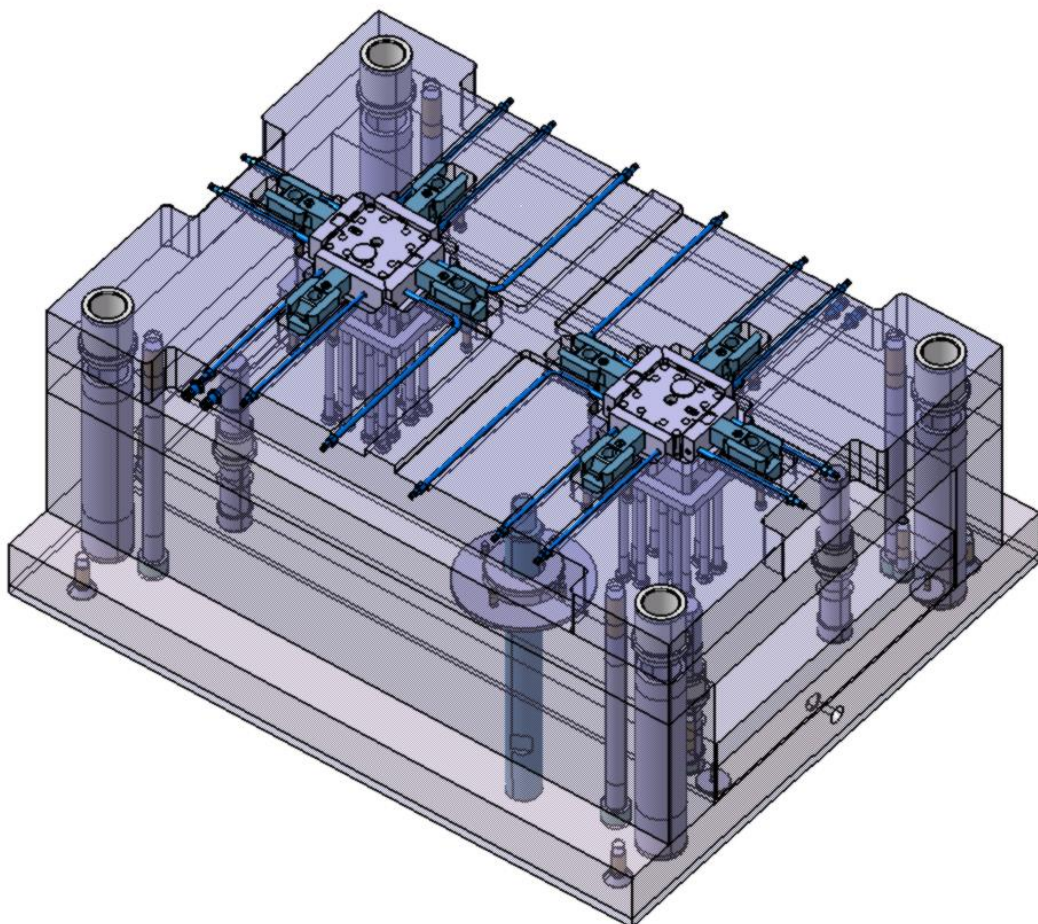
Obr. 32 Pravá strana formy

6.6 Levá strana formy

Skládá se z šesti desek:

- izolační deska
- upínací deska
- dvě rozpěrné desky
- tvarová deska - v této desce jsou vyfrézovány drážky pro systém posuvných jader, drážky pro temperaci jader, a otvory pro uložení tvárníků a jejich temperaci.

Stejně jako u pravé strany formy jsou k sobě tyto desky přišroubovány, avšak nejsou středěny vodícími čepy, ale středícími trubkami. V této části po otevření formy zůstávají výrobky, které jsou později odformovány pomocí vyhazovacího systému.



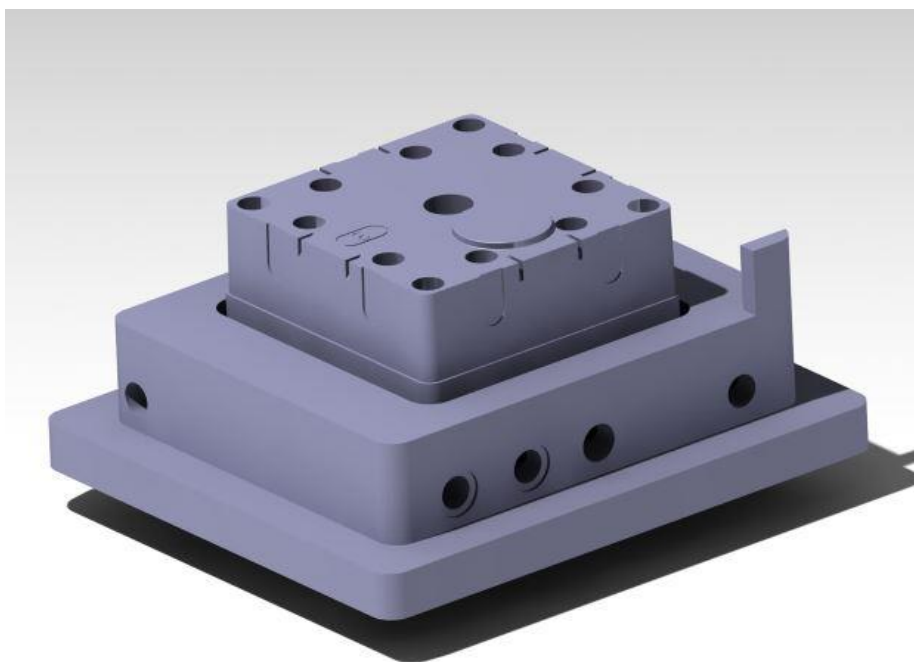
Obr. 33 Levá strana formy

6.7 Tvarové části formy

Po uzavření vstřikovací formy tvoří tvarovou dutinu formy tvárník, tvárnice a posuvná jádra. Části tvořící dutinu jsou negativem konečného tvaru vstřikované součásti. Tato dutina je zvětšená o smrštění vstříknuté taveniny. Tvárník, tvárnice a posuvná jádra musí odolávat vysokým teplotám a tlakům, které jsou na ně kladeny. Proto jsou vyrobeny z nástrojové oceli třídy 19 a jsou cementovány a kaleny.

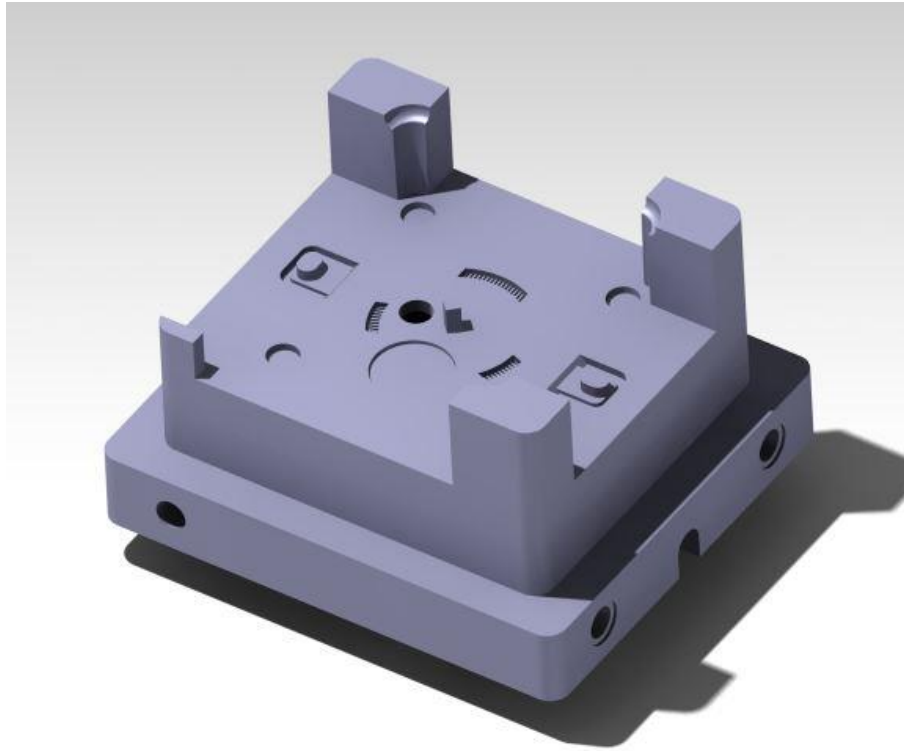
6.7.1 Tvárník a tvárnice

Při otevření formy je funkcí tvárníku, aby udržel finální výrobek v levé části formy. Později je výrobek vyhozen pomocí vyhazovacího systému. Tvárník tvoří vnitřní stranu skořepinového výrobku a jsou v něm vyvrtány otvory pro temperaci.



Obr. 34 Tvárník

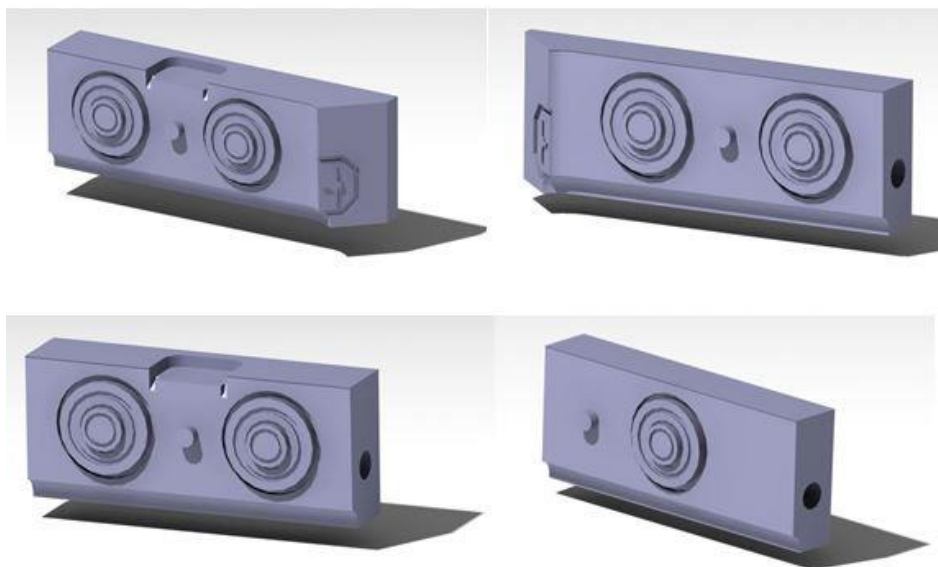
Tvárnice je umístěna v pravé části formy, a to konkrétně v tvarové desce. V tvárnici je uložena horká tryska pro vstřikování polymeru. Stejně jako u tvárníku je temperována i tvárnice chladícím médiem (vodou).



Obr. 35 Tvárnice

6.7.2 Jádra

Z důvodu složitosti vybrané součásti, jsou zkonstruována čtyři posuvná jádra, z každé boční strany. Jelikož jádra tvoří téměř celé venkovní stěny, musí být rovněž temperována. V každém jádru jsou vrtány tři otvory, jeden pro vnitřní temperaci a dva otvory se závity pro připojení trubek, které slouží jako vstup a výstup.

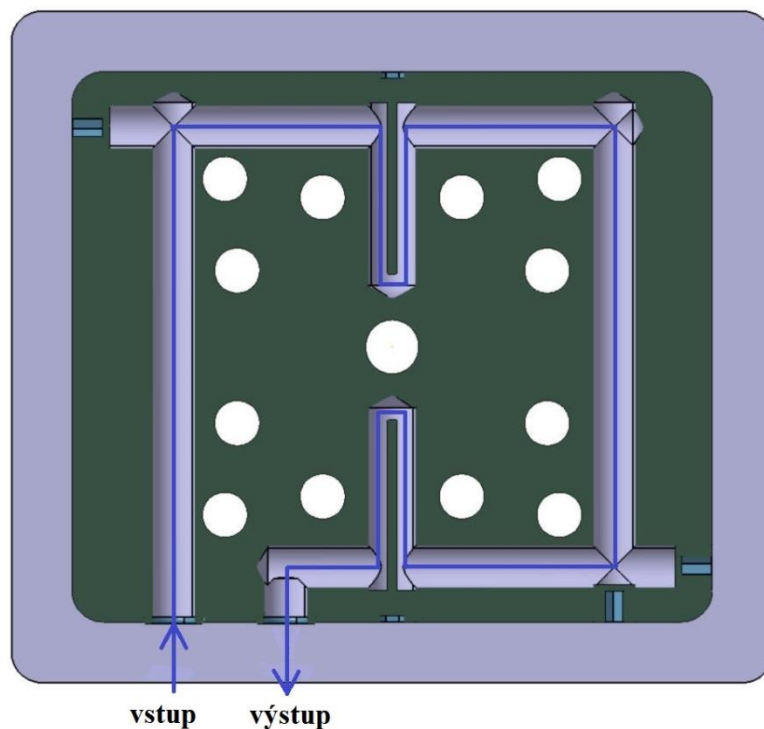


Obr. 36 Jádra bočních stěn

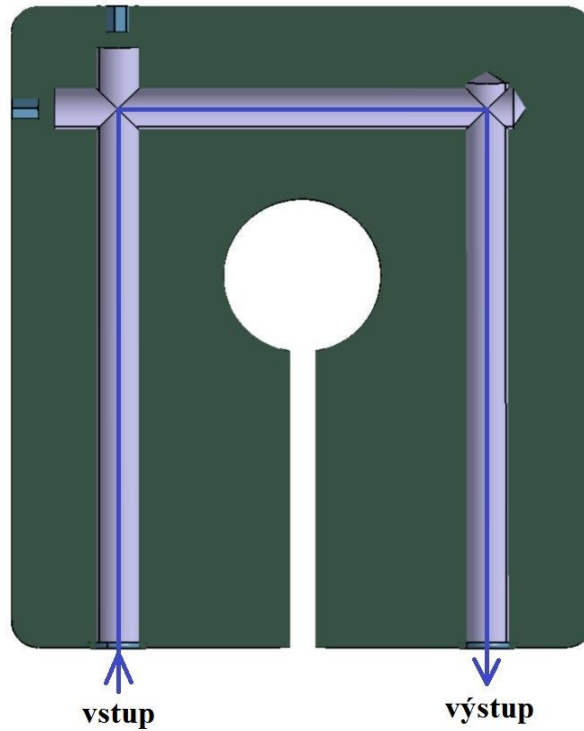
6.8 Temperace tvárníku, tvárnice a posuvných jader

U těchto tvarových částí formy je nutné zajistit optimální teplotu, aby nedošlo k poškození výrobku a zpomalení pracovního procesu formy. Tento proces nazýváme temperací. Temperačním médiem je voda. Úkolem temperačního média je odvádět předané teplo ze vstříkované taveniny temperačními kanálky tvárníku, tvárnice a posuvných jader.

Kanálky tvárníku jsou rozmístěny vzhledem k poloze vyhazovacím kolíků. Kanálky tvárnice jsou vrtány v závislosti na poloze vstříkovací trysky. U tvárníku jsou navíc použity obtokové můstky, aby došlo k rozsáhlejší temperaci.

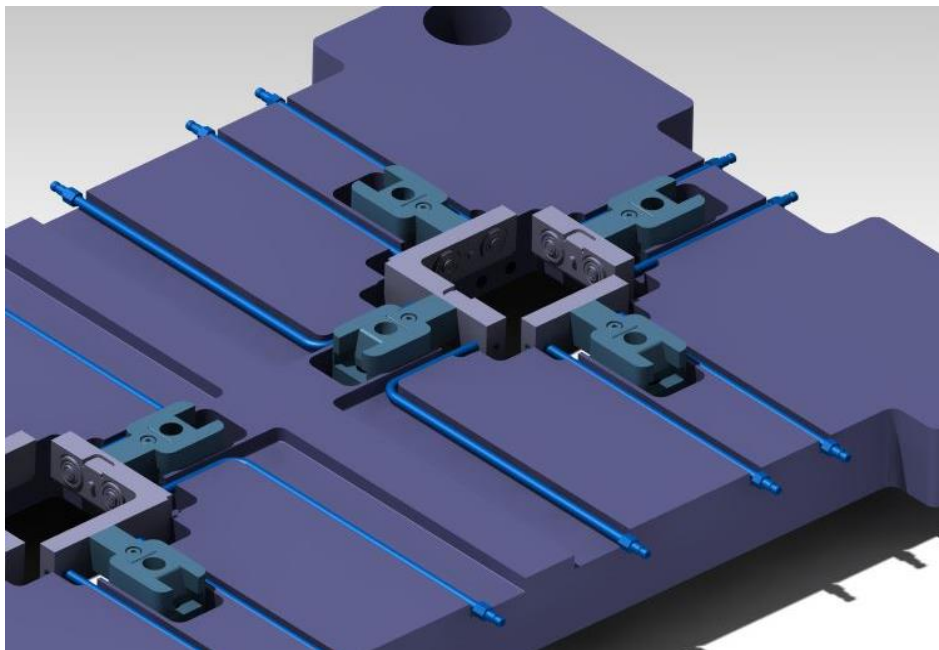


Obr. 37 Temperace tvárníku pomocí vrtaných kanálků a dvou obtokových můstků s vstupem a výstupem temperačního média



*Obr. 38 Temperace tvárnice vrtanými kanálky s vstupem a výstupem
temparačního média*

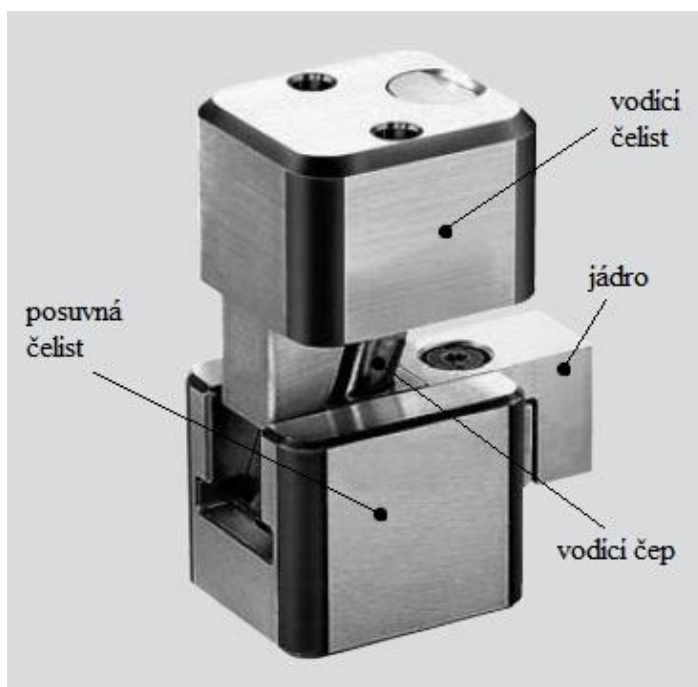
Vzhledem k tomu, že posuvná jádra tvoří velkou plochu, musí být taktéž temperována. Toho je dosaženo okruhem, tvořeným vrtanými otvory v jádru a dvěma našroubovanými trubkami, vedenými z tvarové desky ven. Tato metoda je použita u všech posuvných jader. Jelikož se jádra pohybují, jsou frézovány drážky, v kterých se trubky pohybují.



Obr. 39 Temperace posuvných jader pomocí vrtaných kanálků a trubek

6.9 Systém posuvných jader

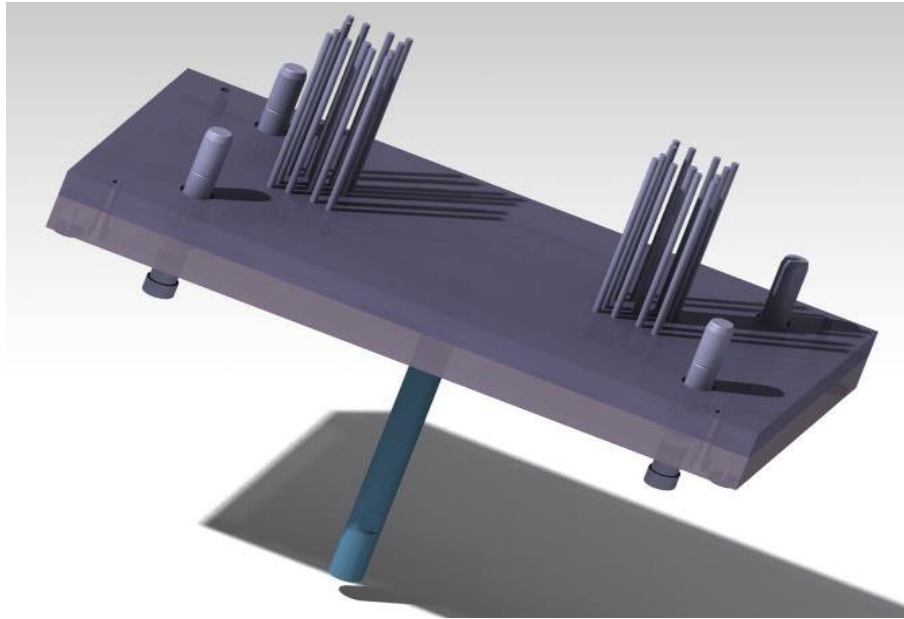
Systém posuvných jader slouží k zaformování čtyř bočních stran na výrobku. Zatímco se forma otvírá, jádra se pohybují axiálně směrem od součásti. Jejich dráhu určují šikmé čepy, po kterých jsou jádra vedena. Pohyb posuvných jader trvá až do momentu, kdy jsou v otevřené poloze zastavena pojistnou kuličkou zapadající do drážek vytvořených v čelistech. Vzhledem k tomu, že jádra tvoří téměř celé stěny výrobku, jsou temperována. Celý systém posuvných jader je vygenerován z katalogu firmy Hasco.



Obr. 40 Systém posuvných jader od firmy Hasco

6.10 Vyhazovací systém

Úkolem vyhazovacího systému je zajistit odformování výstřiku z levé strany formy, z tvarové desky. K tomu nám slouží celkem 26 vyhazovacích kolíků pro dvounásobnou formu. Jedná se o válcové kolíky, upevněné ve vyhazovacích deskách (opěrné a kotevní), vedených na čtyřech vodících čepech. K vyhazovacímu systému je přišroubováno táhlo, jehož funkcí je rozpočívání celé vyhazovací soustavy. Zdvih vyhazování je 70 mm, což je téměř dvojnásobek výšky výrobku. Pro snížení rázů jsou na levé straně opěrné desky připevněny dosedky.



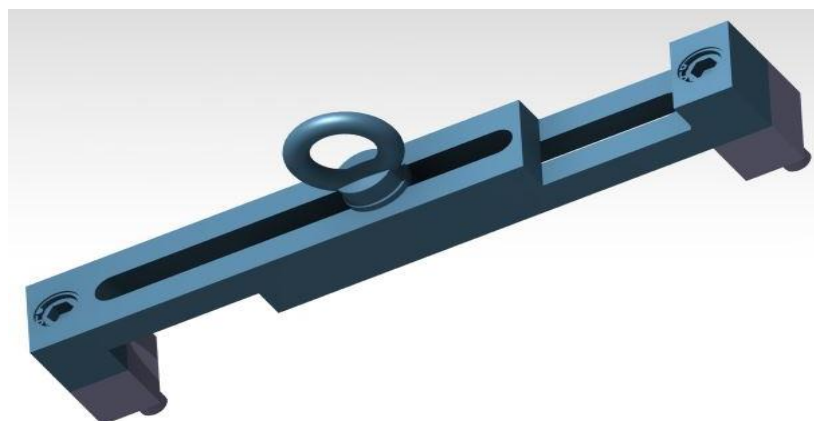
Obr. 41 Vyhazovací systém

6.11 Odvzdušnění

Při uzavření formy a následném vstříknutí taveniny zůstává v dutině formy stlačený vzduch. Aby nedošlo k nárůstu teploty a následnému poškození výrobku, je nezbytné, aby přebytečný vzduch mohl z formy uniknout. K tomu by měli stačit vůle vzniklé mezi vyhazovači a tvárníkem, v hlavní dělicí rovině a mezi posuvnými jádry.

6.12 Manipulační a transportní zařízení

Pro usnadnění manipulace s formou, například při upínání do stroje, je nutné zajistit transportní zařízení. V tomto případě je použit transportní můstek s okem. Pro lepší přístup k zásuvce je můstek nadstaven distančními kostkami.



Obr. 42 Transportní můstek s okem

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo sestrojít formu pro vstřikování termoplastu zadaného výrobku, což je rozvodná elektroinstalační krabice o rozměrech (70 x 70 x 34) mm a hmotnosti 39g. Materiál krabice je vysokohustotní polyethylen o hustotě 0,940 g/cm³. 3D model součásti, konstrukce formy a výkresová dokumentace je vytvořena v programu Catia. Dále jsou při konstrukci formy využity normalizované součásti od firmy Hasco.

Hlavním úkolem praktické části je konstrukce formy, která je složena ze vstřikovací, uzavírací a odformovací části. Po zohlednění všech parametrů jako je kvalita, přesnost výstřiku a časové úspory je zvolena dvounásobná forma. Z důvodu tvarové složitosti výrobku je použito pět dělicích rovin. Jedna hlavní, která dělí formu na dvě části a čtyři vedlejší roviny, což jsou roviny posuvných jader. Dutina formy je zvětšená o smrštění materiálu a je negativem tvaru výrobku. Tvoří ji tvárník, tvárnice a čtyři posuvná jádra. Temperace těchto tvarových částí je zajišťována vrtanými kanálky, jimiž proudí temperační médium (voda). Z důvodu úspory materiálu je zvolen horký vtokový systém – horký rozvodný blok, aby nedošlo k případným materiálovým ztrátám. Odvzdušnění formy je zajištěno vůlí mezi vyhazovači a tvárníkem, v hlavní dělicí rovině a vůlí mezi posuvnými jádry. Vyhazovací systém zajišťuje odformování výstřiku z levé strany formy, z tvarové desky. K tomu slouží celkem 26 vyhazovacích kolíků pro dvounásobnou formu. Pro usnadnění manipulace s formou, například při upínání do stroje, je použit transportní můstek s okem.

Jako vstřikovací stroj je zvolen stroj od firmy Arburg typ Allouder 570 S. Veškerá výkresová dokumentace formy je přiložena ve fyzické podobě, nahrána na portálu a uložena na přiloženém CD.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DUCHÁČEK, V. *Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití*, 2. vyd. Pra-ha: VŠCHT, 206. 278 str.
http://147.33.74.135/knihy/uid_isbn-80-7080-617-6/pages-pdf/009.html
- [2] LENFELD, P. *Technologie II. - Vstřikování plastů*, Technická univerzita Liberec, Katedra strojírenské technologie. Dostupná na [www](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm):
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm.
- [3] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů*, 2. vyd. BEN, 2009. 247 str.
- [4] NEUHAUSL, E. *Vstřikování plastických hmot*. Praha: SNTL, 1973. 206 s.
- [5] TOMIS, F., *Základy Gumárenské a, plastikářské technologie*. 1. vyd. vyd. VUT Brno 1975. 278 str.
- [6] STANĚK, M. *přednášky T5KO*
- [7] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení – Gumárenské a, plastikářské stroje II*. 1. vyd. VUT Brno 1990. 199 str.
- [8] LENFELD, P. *Technologie II. - Vstřikování plastů*, Technická univerzita Liberec, Katedra strojírenské technologie. Dostupná na [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
- [9] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl- Vstřikování termoplastů*, 2. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 134 str.
- [10] TOMIS, F., HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1985. 374 str.
- [11] Tváření forem a výroba plastů. Dostupná na [www](http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/):
<http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/>
- [12] Sirius-corp. Dostupná na [www](http://www.sirius-corp.cz): <http://www.sirius-corp.cz>
- [13] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II. díl- Vstřikování termoplastů*, 2. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 212 str.
- [14] KANDUS, Bohumil. *Technologie zpracování plastů*. [Přednášky] Brno : FSI VUT, 2007.
- [15] Hasco. Dostupný z WWW: <http://hasco.com>
- [16] ROSATO, D. V., ROSATO, M.G. *Injection molding handbook (3rd Edition)*. Springer - Verlag, 2000.

[17] OSSWALD, T. A. *Injection molding handbook*. 2nd ed. Munich, Germany: Carl Hanser Publishers, 2008. 764 s

[18] Kulhánek Jan a kol. *Formy pro tváření plastických hmot*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1966. 224 str.

[19] GOODSHIP, V. *Practical Guide to Injection Moulding*. Shropshire, UK: Rapra Tech. Ltd. and ARBURG Ltd, 2004. 202s. ISBN 1-85957-444-0

[20] PÖTSCH, G. *Injection molding: an introduction*. 2nd ed. Munich, Germany: Carl Hanser Publishers, 2008. 246 s. ISBN 978-3-446-40635-3.

[21] www.elmia.sa Dostupná na [www](http://www.ensinger.cz/cz/odlevani-polyamidu/nyrim-technologie-a-vyrobky/technicka-data/):
<http://www.ensinger.cz/cz/odlevani-polyamidu/nyrim-technologie-a-vyrobky/technicka-data/>

[22] www.matbase.com Dostupná na www:
<http://www.matbase.com/material-categories/natural-and-synthetic-polymers/engineering-polymers/material-properties-of-polyamide-6-nylon-6-pa-6.html#mechanical-properties>

[23] *Arburg* [online]. [cit. 2011-04-16]. Dostupný z WWW < [http:// www.arburg.de](http://www.arburg.de) >

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Zkratka z výrazu dvoudimenzionálního rozměru
3D	Zkratka z výrazu trojdimenzionálního rozměru
PE	Označení polyethylenu
PP	Označení polypropylenu
PS	Označení polystyrenu
PE-HD	Označení vysoko-hustotního polyethylenu
Kg	Vyjádření hmotnosti (kilogram)
g	Vyjádření hmotnosti (gram)
mm	Vyjádření délky
HRC	Vyjádření tvrdosti materiálu
VVS	Zkratka vyhřívaného vtokového systému
Cu	Chemické označení mědi
Al	Chemické označení hliníku
CD	Zkratka kompaktního disku

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Základní klasifikace polymerů [1]</i>	11
<i>Obr. 2 Schéma struktury zesíťovaného reaktoplastu [2]</i>	12
<i>Obr. 3 Schéma struktur [2]</i>	12
<i>Obr. 4 Schéma struktury elastomeru [2]</i>	12
<i>Obr. 5 Vstřikovací cyklus</i>	15
<i>Obr. 6 Schéma vstřikovacího stroje [8]</i>	16
<i>Obr. 7 Rozložená forma [11]</i>	19
<i>Obr. 8 Výkres formy [12]</i>	20
<i>Obr. 9 Sestava vyhazovač</i>	22
<i>Obr. 10 Válcový vyhazovací kolík [15]</i>	22
<i>Obr. 11 Temperační kanálky [11]</i>	24
<i>Obr. 12 Studený vtokový systém [9]</i>	27
<i>Obr. 13 Studený vtok</i>	28
<i>Obr. 14 Uspořádání vtoků [11]</i>	28
<i>Obr. 15 Průřezy vtokových kanálek</i>	29
<i>Obr. 16 Plný kuželový vtok [16]</i>	29
<i>Obr. 17 Tunelový vtok [16]</i>	29
<i>Obr. 18 Tunelový vtok [16]</i>	30
<i>Obr. 19 Boční vtok [16]</i>	30
<i>Obr. 20 Filmový vtok [16]</i>	31
<i>Obr. 21 Druhy vyhřívání trysek [9]</i>	32
<i>Obr. 22 Vyhřívání trysky [15]</i>	32
<i>Obr. 23 Model 3D součásti - pohled shora</i>	36
<i>Obr. 24 Model 3D součásti - pohled zespodu</i>	36
<i>Obr. 25 Chemický vzorec polyethylenu</i>	37
<i>Obr. 26 Vstřikovací stroj Arbrug Allrounder 570 C [23]</i>	37
<i>Obr. 27 Vstřikovací forma 3D model</i>	39
<i>Obr. 28 Násobnost formy</i>	40
<i>Obr. 29 Znárodnění dělicích rovin na 3D modelu součásti – hlavní dělicí roviny červeně, vedlejší roviny zeleně</i>	41
<i>Obr. 30 Horký blok s kabely a se zásuvkou</i>	42
<i>Obr. 31 Analýza umístění vtoku</i>	42

<i>Obr. 32 Pravá strana formy.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 33 Levá strana formy.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 34 Tvárník.....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 35 Tvárnice.....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 36 Jádra bočních stěn.....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 37 Temperace tvárníku pomocí vrtaných kanálek a dvou obtokových můstek s vstupem a výstupem temperačního média.....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 38 Temperace tvárnice vrtanými kanálky s vstupem a výstupem temperačního média.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 39 Temperace posuvných jader pomocí vrtaných kanálek a trubek.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 40 Systém posuvných jader od firmy Hasco.....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 41 Vyhazovací systém.....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 42 Transportní můstek s okem.....</i>	<i>50</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Parametry vstřikovacího stroje</i>	<i>38</i>
--	-----------

SEZNAM PŘÍLOH

P I Výkresová dokumentace

P II Kusovník

P III CD – bakalářská práce s daty k modelu a výrobku, výkresová dokumentace,
kusovník