

Návrh vstřikovací formy pro díl křovinořezu

Eva Čaníková

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Eva Čaníková**
Osobní číslo: **T14006**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Návrh vstřikovací formy pro díl křovinořezu**

Zásady pro vypracování:

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

Rozsah bakalářské práce:
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:
Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vojtěch Šenkeřík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2018**
Termín odevzdání bakalářské práce: **18. května 2018**

Ve Zlíně dne 14. února 2018


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




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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit 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^{16.5.2018}.....


.....

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

(1) Vysoká škola nesystematicky zveřejňuje ústřední, ústavní, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledků obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví univ. předpis vysoké školy.

(2) Diplomová, bakalářská a rigorózní práce zveřejněná uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k prohlídce 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 požičovat na své vlastní výlohy, apy nebo rozmnožování.

(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:

(2) Do práva autorského také nezahrnuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užití si učitel za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě díla vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

¹⁾ 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 s užití školního díla (§ 35 odst. 2). Uplatní-li autor takového díla udělit svolení bez věcného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nezměněno.

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

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

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je navržení a zkonstruování vstřikovací formy pro zadaný plastový díl, kterým je kryt sloužící k připevnění žací struny na rotační hlavě křovinořezu. První část se zabývá teorií o polymerech, technologii vstřikování, vstřikovacích strojích, a především konstrukcí samotné vstřikovací formy. V druhé části byly převedeny teoretické poznatky do samotné praxe. Tedy praktická část spočívá v popisu a tvorbě 3D modelu zadaného dílu, konstrukci vstřikovací formy ve 3D a vytvoření výkresu sestavy. Práce je doložena výkresovou dokumentací s kusovníkem.

Klíčová slova: plastový díl, vstřikovací forma, technologie vstřikování

ABSTRACT

The aim of this bachelor work is a design and construction of injection mold for a specified plastic part, which is a cover for fixing of a cutting string on the rotating head of the brush cutter. The first part, deals with the theory of polymers, injection technologies, injection molding machines and above all the construction of an injection molds themselves. In the second part the theoretical knowledge was transferred to the practice itself. Therefore, the practical part consists of the description and creation of a 3D model of the specified part, the design of injection mold in 3D and creation of an assembly drawing. The work is accompanied by drawing with bill of material.

Keywords: plastic part, injection mold, injection technologies

Ze všeho nejvíc bych chtěla poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Vojtěchu Šenkeříkovi Ph.D. za vynikající přístup, odborné vedení, rady a zkušenosti, rychlé odpovědi na dotazy a za čas, který mi věnoval při konzultacích a kontrolou mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat celé mé rodině za podporu a trpělivost během mého studia.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POLYMERY	12
1.1 ROZDĚLENÍ TERMOPLASTŮ.....	13
1.2 ÚPRAVA POLYMERŮ PRO ZPRACOVÁNÍ.....	13
1.3 VOLBA TERMOPLASTŮ PŘI NÁVRHU SOUČÁSTI	14
1.3.1 Vlivy na jakost polymerního výrobku.....	14
2 VSTŘIKOVACÍ STROJE	16
2.1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....	17
2.1.1 Fáze vstřikovacího cyklu.....	17
3 VSTŘIKOVACÍ FORMY	19
3.1 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PRO VÝROBU FOREM.....	19
3.2 TECHNICKÉ ÚDAJE POTŘEBNÉ PRO KONSTRUKCI FOREM.....	20
3.3 ROZVRŽENÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY	20
3.4 NÁVRH A VÝBĚR DESEK VSTŘIKOVACÍ FORMY	21
3.5 VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	21
3.6 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY	22
3.6.1 Rozváděcí kanály	23
3.6.2 Vtokové ústí	24
3.7 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY.....	25
3.7.1 Vyhřívané trysky	25
3.7.2 Vytápěné rozvodové bloky	26
3.8 TEMPERACE FORMY	27
3.9 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
4 ZADANÉ CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	32
5 SPECIFIKACE VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU	33
5.1 MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU	34
6 VÝBĚR VSTŘIKOVACÍHO STROJE	35
7 KONSTRUKCE FORMY PRO ZADANÝ DÍL	37

7.1	NÁSOBNOST FORMY A ROZVRŽENÍ VÝSTŘÍKŮ VE FORMĚ.....	37
7.2	ODFORMOVÁNÍ.....	40
7.3	VYHOZENÍ VÝSTŘÍKU Z FORMY	41
7.4	VTKOVÝ SYSTÉM	42
7.5	TEMPERACE FORMY	44
7.6	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	46
7.7	OSTATNÍ PRVKY POUŽITÉ KE KONSTRUKCI FORMY	47
8	PROGRAMY POUŽITÉ K NÁVRHU MODELU A FORMY	50
8.1	CATIA V5 R20.....	50
8.2	HASCO – DAKO MODULE R1/2007	50
	ZÁVĚR	51
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	52
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	54
	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
	SEZNAM TABULEK.....	57
	SEZNAM PŘÍLOH.....	58

ÚVOD

Vstřikování plastů je nejrozšířenější technologie na výrobu plastů. Výhod vstřikování plastů je hned několik. Firmy zabývající se sériovou výrobou touto technologií pro zpracování termoplastů vyrábějí kvalitní plastové výrobky složitých tvarů. Proces výroby je přitom neuvěřitelně rychlý. Technologie vstřikování plastů má velmi krátké výrobní cykly, přičemž již na jeden cyklus lze získat konečný plastový díl.

V České republice i ve světě je technologie vstřikování plastů nejpoužívanější metodou na zpracování termoplastů, reaktoplastů, polymerních směsí, elastomerů, termoplastických elastomerů, kompozitů a kaučuků. Nedílnou součástí technologie vstřikování je vstřikovací stroj a forma, která dává tavenině po vychladnutí výsledný tvar. [1]

Konstrukcí a výrobou formy se obvykle zabývají specializované firmy, tj. nástrojárny. Konstrukce formy je velmi náročná a na každou aplikaci se navrhuje individuálně. Celá konstrukce se odvíjí od toho, jak má konečný plastový výrobek vypadat, a to z hlediska rozměrového, fyzikálních a mechanických vlastností, konečného vzhledu a kvalitou povrchu. [2]

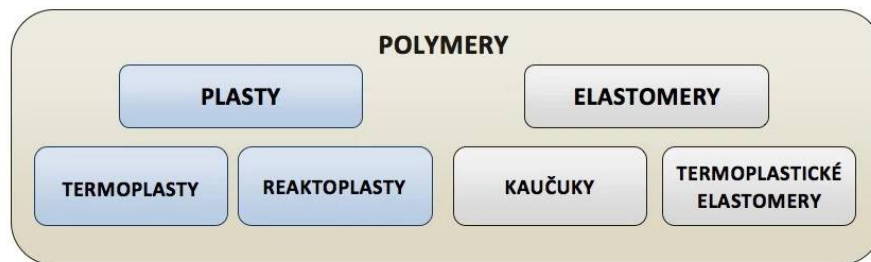
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

Polymery jsou makromolekulární látky, které vznikají polymerací, polyadící nebo polykondenzací. Lze je dělit dle různých hledisek:

- podle konstrukční složitosti vyráběných dílů a požadované aplikace, lze polymery rozdělit následně:
 - komoditní polymery pro široké použití, mezi které patří polystyrénové hmoty (PS), polyvinylchlorid (PVC), polyolefiny (PE, PP), fenolformaldehydové (PF) a močovinoformaldehydové hmoty (UF);
 - inženýrské polymery, mezi které patří polyamidy (PA), polyoximetylén (POM), polykarbonáty (PC), polymethylmetakrylát (PMMA), terpolymer (ABS), polyuretan (PU), polyfenilénoxid (PPO), epoxidové (EP) a polyesterové (UP) pryskyřice;
 - high – tech polymery pro špičkové aplikace, do kterých lze zařadit polysulfon (PSU), tetrafluoretylén (PTFE), polyfenylénsulfid (PPS), tetrafluoretylén (PTFE), polyimidy (PI) a další. [3]
- Podle chování za zvýšených teplot dělíme makromolekulární látky na:
 - termoplasty, které s teplotou převyšující teplotu jejich skelného přechodu postupně přecházejí do stavu kaučukovitě elastického, dále do stavu plastického a konečně na taveninu. Mají přímé řetězce (lineární polymery) nebo řetězce s bočními větvemi (rozvětvené polymery). Při ohřevu se uvolní soudružnost řetězců a hmota je viskózní. V tomto stavu se může tvářet. Po ochlazení se dostanou opět do původního pevného stavu;
 - reaktoplasty, jsou zesíťované polymery, které vytvářejí prostorovou trojrozměrnou síť. Zesíťování nastává až při tváření plastu vlivem tepla a tlaku, někdy působením katalyzátorů. Jakmile je zesíťování dokončeno, není další tváření možné, protože opětovným působením daného vlivu (teplo, tlak, záření, katalyzátor) nelze hmotu reaktoplastu roztavit;
 - elastomery (kaučuky) jsou polymerní materiály přírodního nebo syntetického původu, vyznačující se velkou pružností, tedy schopností se účinkem vnější síly výrazně deformovat a poté opět zaujmout původní tvar. Jsou základní surovinou pro výrobu pryží. Pryž vzniká z kaučuku vulkanizací, což je teplem nebo katalyzátory podporovaná reakce vulkanizačního činidla;

- termoplastické elastomery jsou polymerní materiály s měkkými i tvrdými doménami a různými teplotami zesklennění. Vyznačují se jednodušším zpracováním, možností recyklace, citlivostí na vlhkost a rozdíly teplot při zpracovávání. Při pokojové teplotě mají vlastnosti elastomeru, ale zpracovávají se jako termoplasty. Odpadá tedy potřeba vulkanizace při zachování analogických užitečných vlastností. [4]



Obr. 1. Základní rozdělení polymerů

1.1 Rozdělení termoplastů

V technologii vstřikování jsou nejrozšířenější termoplasty. Z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dělí na:

- amorfní;
- semikrystalické.

Řetězce amorfních termoplastů jsou nepravidelně prostorově uspořádány. Výrobky z amorfních termoplastů jsou využitelné pod teplotou skelného přechodu (T_g), kdy je polymer v pevném stavu. Při zvyšování teploty nad T_g plast přechází do plastické oblasti až do viskózního stavu. [2]

U semikrystalických termoplastů je podstatná část řetězců pravidelně uspořádána a tvoří krystalické útvary. Zbytek má amorfni uspořádání. Použití tohoto typu plastu je v oblasti nad teplotou T_g , protože zde mají výhodnou kombinaci pevnosti a houževnatosti. [2]

1.2 Úprava polymerů pro zpracování

Základní polymer, vyroben jednou z polyreakcí obvykle nelze zpracovávat a aplikovat na vstříky. Proto, abychom získali požadované vlastnosti je nutné polymer upravit přísadami – aditivy. Přísady se přidávají:

- pro zvýšení stability taveniny po dobu její prodlevy v plastikačním válci;
- pro zlepšení tokových vlastností taveniny zaručující její dobrou zatékavost a bezproblémovou plastikaci ve šnekové plastikační komoře, snadné vyjímání výstřiku z formy;
- pro dosažení jemné a rovnoměrné krystalické struktury u částečně krystalických materiálů;
- pro konečný vzhled výrobku. [5]

1.3 Volba termoplastů při návrhu součásti

Vstřikováním můžeme vyrobit součást, která bude mít konečnou podobu a již nevyžaduje žádné, nebo jen nepatrné dodatečné opracování. Při výběru vhodného termoplastu pro konstruovanou součást, je třeba uvážit podmínky jejího provozního zatížení i celkového využití. Taková součást musí mít mimo požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností také k výrobě vhodný tvar s dosažitelnými rozměry a jakostí povrchu.

Optimální volba plastu se posuzuje z následujících hledisek:

- funkce součásti musí splňovat definované požadavky;
- zvolená technologie výroby součástí musí být reálná a na určeném stroji snadno realizovatelná, při dodržení požadovaných parametrů;
- ekonomická při výběru plastu, z hlediska technologie výroby součásti pro ní. [2]

1.3.1 Vlivy na jakost polymerního výrobku

Výrobky z plastu nelze vyrobit v takových jakostech, jako jsou kovové výrobky. To proto, že na ně působí množství různých činitelů, které je ovlivňují. Jsou to materiál, výrobní technologie s optimalizací svých parametrů, forma a její kvalita.

Hlavní činitelé, kteří ovlivňují jakost vstřikovaného výrobku:

- smrštění při zpracování, které se pro daný polymer uvádí v určitém rozmezí (*Tab. 1*). Záleží tedy na druhu polymeru, konstrukci součásti i na technologii vstřikování. Smrštěním je ovlivněna především přesnost výstřiku;

- dodatečné smrštění bývá několikanásobně menší, než smrštění při ochlazování ve formě. Probíhá delší dobu (týdny až měsíce). Příčinou je pozvolné uvolňování vnitřního pnutí, vzniklého při vstřikování a časově závislé změny struktury;
- tečení (creep) vznikne při větším a dlouhodobějším silovém zatížení součásti. Projeví se plastickou deformací;
- teplotní roztažnost je přibližně o řád větší, než u kovů. Je však změnou vratnou;
- navlhnutím se mění rozměry podle sorpce vody z okolního prostředí. Při vysušení se rozměry opět zmenší. [2]

Tab. 1. Velikost smrštění pro vybrané druhy termoplastu

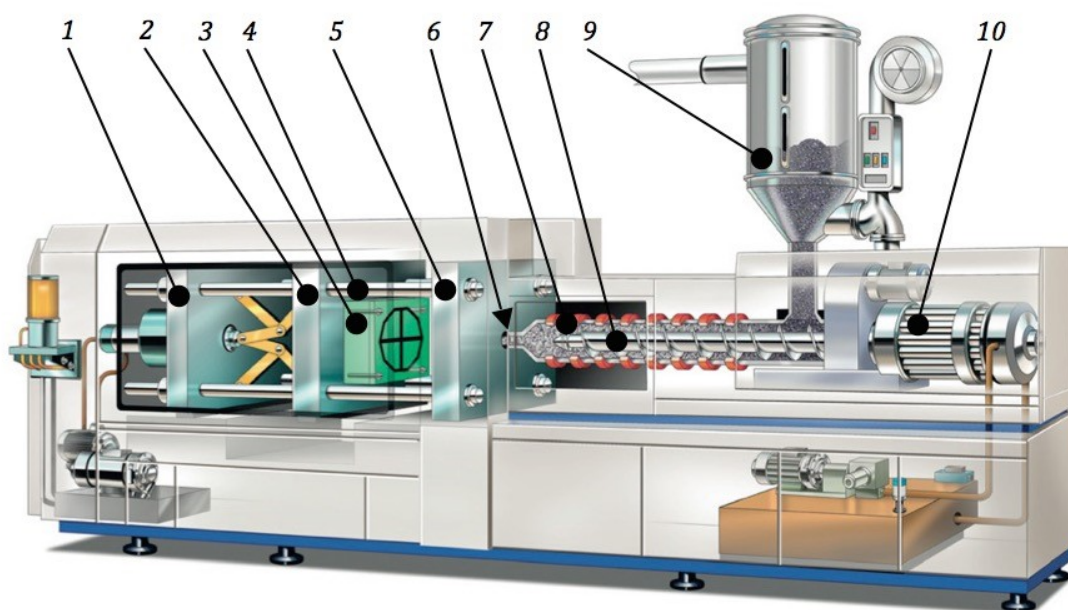
Termoplast	Smrštění (%)	Termoplast	Smrštění (%)
LDPE	1,5 až 3,0	PA6	1,0 až 2,5
HDPE	2,0 až 4,0	PA66	1,0 až 2,0
PP	1,5 až 2,0	POM	1,0 až 3,2
PS	0,2 až 0,5	PC	0,6 až 0,8
ABS	0,4 až 0,7	PBT	1,7 až 2,3
PVC	0,2 až 0,6	PMMA	0,3 až 0,8

2 VSTŘIKOVACÍ STROJE

Vstřikovací stroje (*Obr. 2*) s prováděnou pravidelnou údržbou, včetně čištění olejové náplně, je samozřejmým předpokladem pro optimalizaci procesu vstřikování. Důležitá je reprodukovatelnost nastavených výrobních parametrů. Pro další práci se vstřikovací formou je nutné kromě reprodukovatelnosti parametrů zajistit správný výběr stroje s ohledem na uzavírací sílu a kapacitu plastikační jednotky.

V současné době existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlosti výroby, snadnou obsluhou i cenou. Konstrukce stroje je charakterizována podle:

- vstřikovací jednotky;
- uzavírací jednotky;
- ovládání a řízení stroje. [2] [5]



Obr. 2. Vstřikovací stroj

1 – uzavírací jednotka, 2 – pohyblivá upínací deska, 3 – pohyblivá část vstřikovací formy, 4 – vodící sloupky, 5 – pevná upínací deska, 6 – špička vstřikovací trysky, 7 – tavící komora, 8 – šnek, 9 – násypka pro plastový polotovar, 10 – pohonná jednotka šneku

2.1 Technologie vstřikování

Jedná se o nejpoužívanější technologii pro zpracování termoplastů, termoplastických elastomerů, polymerních směsí, kompozitů, ale i reaktoplastů, kaučuků a pryží. Technologie vstřikování plastů svým principem vychází z technologie tlakového lití, ovšem za výrazně jiných teplot zpracování a tokových vlastností tavenin termoplastů. Podstata technologie vstřikování plastů je založena na cyklickém opakování jednotlivých částí výrobního cyklu. [6]

Technologie vstřikování je poměrně složitý tepelně-mechanický proces tváření, na kterém se podílí:

- výchozí materiál, ze kterého se vyrábí zadané součásti;
- výrobní cyklus především se vstřikovacím strojem a ostatním zařízením, umožňující přípravu taveniny a její dopravu za určitých podmínek do formy;
- forma jako nástroj pro tváření taveniny na výslednou součást. [2]

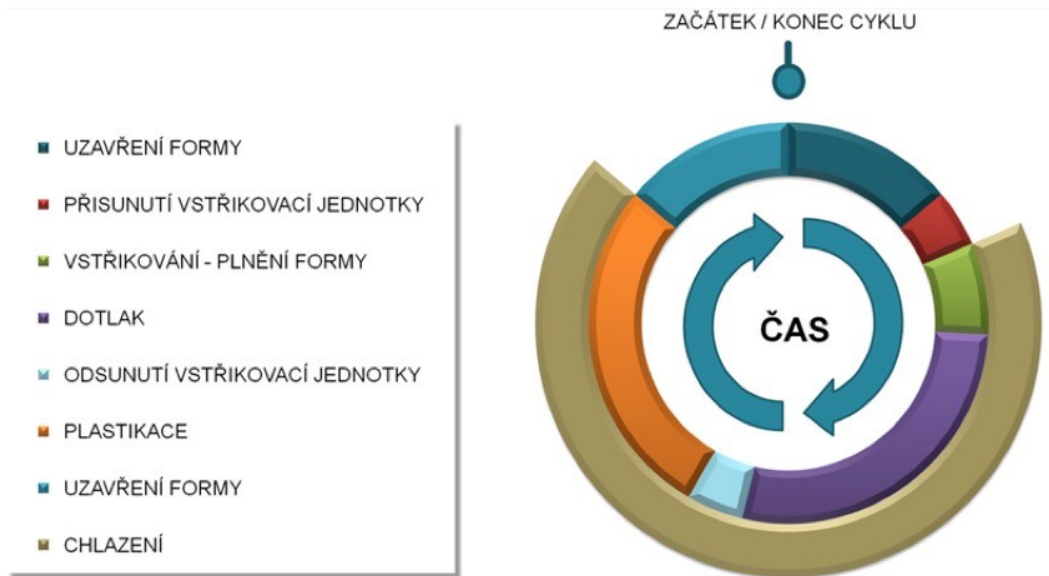
Vstřikováním se vyrábějí výrobky, které mají charakter konečného výrobku, polotovaru nebo díly pro další zkompletování samostatného výrobního celku. [6]

2.1.1 Fáze vstřikovacího cyklu

Vstřikovací cyklus (*Obr. 3*) lze rozdělit na čtyři hlavní fáze, které ovlivňují stav výstřiku a následně jeho kvalitu. Jednotlivé fáze vstřikovacího cyklu jsou definovány takto:

- plastikační fáze – základním předpokladem pro optimální naplnění tvarové dutiny formy je zajištění teplotní a viskózní homogenity v dávce taveniny před čelem šneku. K tomu přispívá správné nastavení teplot na jednotlivých topných pásmech plastikačního válce, zpětný odpor na šneku a otáčky šneku;
- vstřikovací fáze – naplnění tvarové dutiny formy homogenní taveninou tak, aby rychlost čela proudu taveniny byla v každém místě průřezu tvarové dutiny konstantní. Rychlost plnění spolu s teplotou je nutné optimalizovat tak, aby na povrchu výstřiku nevznikla příliš vysoká smyková napětí;
- dotlaková fáze se používá ke korekci smrštění a rozměrů, případně deformací, k odstranění propadlin, lunkrů a trhlin, včetně dokonalejšího kopírování povrchu (dezénu) tvarové dutiny formy;

- ochlazovací fáze, tedy ochlazování výstřiku začíná již v okamžiku začátku plnění dutiny taveninou a trvá až do vyhození výstřiku z formy. Minimální doba ochlazování musí zaručit takovou tuhost výstřiku, aby byl vyhozen z formy bez deformací nebo vad způsobených vyhazovacím systémem. Dominantním parametrem ochlazovací fáze je teplota formy. [5]



Obr. 3. Vstřikovací cyklus

3 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací forma je komplexní systém, který musí splnit současně mnoho požadavků vycházejících z procesu vstřikování termoplastů. Primární funkce formy jsou:

- doprava roztaveného polymeru do dutiny formy a její naplnění. Tvar budoucího dílu odpovídá tvaru dutiny formy;
- sekundární funkcí vstřikovací formy je efektivní odvod tepla přivedeného taveninou polymeru;
- dále musí vstřikovací forma zajistit bezpečné, rychlé a v krátké periodě opakující se vyjmutí dílu. [7]

3.1 Materiály používané pro výrobu forem

Vstřikovací formy jsou velmi nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Na každý díl jsou kladeny specifické materiálové požadavky. Materiál musí splňovat:

- dobrou obrobiteľnosť;
- odolnosť proti korozi;
- zvýšenou odolnosť proti oteru;
- odolnosť proti chemickým vlivům polymerů;
- vyhovující tepelnou zpracovatelnost (kalení, cementování);
- stálost rozměrů a minimální deformace;
- vhodné fyzikální vlastnosti (tepelná vodivost apod.).

Nevýznamnější a obtížně nahraditelný materiál z hlediska užitných vlastností je ocel. Oceli můžeme dělit podle chemického složení (nelegované, nízkolegované, vysoce legované), způsobu výroby (k tváření, na odlitky), oblasti použití (konstrukční, nástrojová) a podle tříd.

Dále se při výrobě forem používají slitiny neželezných kovů. Nejvíce se prosazují slitiny hliníku a slitiny mědi.

- slitiny hliníku se používají pro prototypové a malosériové vstřikovací formy. Najdou využití i jako pasivní temperační prostředek (chladicí trny apod.), protože intenzivně odvádějí teplo;
- slitiny mědi jsou výborné elektrické a tepelné vodiče. Používají se na výrobu částí tvarových vložek, vytlačecích matic, vyhazovacích kolíků, vodících a středících pouzder. [8]

3.2 Technické údaje potřebné pro konstrukci forem

Pro vyhotovení výkresové dokumentace formy je třeba znát celou řadu technických údajů, aby její realizace byla úspěšná, nejdůležitější podklady jsou:

- výkres součásti, který musí definovat její tvar, rozměry, stupeň přesnosti a úchylek rozměrů, nebo zvláštní požadavky na rozměry, jakost povrchu a materiál;
- násobnost formy s ohledem na požadovaný počet výstřiků za rok a celkovou životnost formy. Násobnost formy se určuje z několika hledisek:
 - podle vstřikovací kapacity stroje;
 - podle plastikačního výkonu;
 - podle velikosti uzavírací síly;
 - termínem dodávky;
- typ vstřikovacího stroje, jeho technické parametry (kapacita plnicí jednotky, uzavírací síla) a upínací rozměry. Maximální vstřikované množství nesmí překročit 90% kapacity plastikační jednotky;
- zvláštní požadavky na konstrukční provedení formy vzhledem k automatizaci nebo zavedené standardizaci, manipulaci s formou apod. [2]

3.3 Rozvržení vstřikovací formy

V rámci návrhu rozvržení formy musí konstruktér vybrat pro daný výrobek nejvhodnější typ formy, materiály jednotlivých dílů formy, jader, desek apod. Výsledkem fáze návrhu rozvržení formy by měly být rovněž následující parametry:

- počet dutin;
- směr otevírání formy;
- způsob odformování vstřikovaných dílů;
- poloha dělicí roviny;
- délka, výška a šířka jader a vložek dutiny vstřikovací formy.

Dělicí rovina je kontaktní plocha mezi pevnou a pohyblivou částí vstřikovací formy. Patrně nejdůležitějším účelem dělicí roviny je kvalitní utěsnění dutiny vstřikovací formy a tím zabránění úniku taveniny plastu. Toto těsnění je dosaženo vyvinutím síly v řádu několik desítek až tisíců kN, tzv. uzavírací síly, které působí kolmo na dělicí rovinu. [7]

3.4 Návrh a výběr desek vstřikovací formy

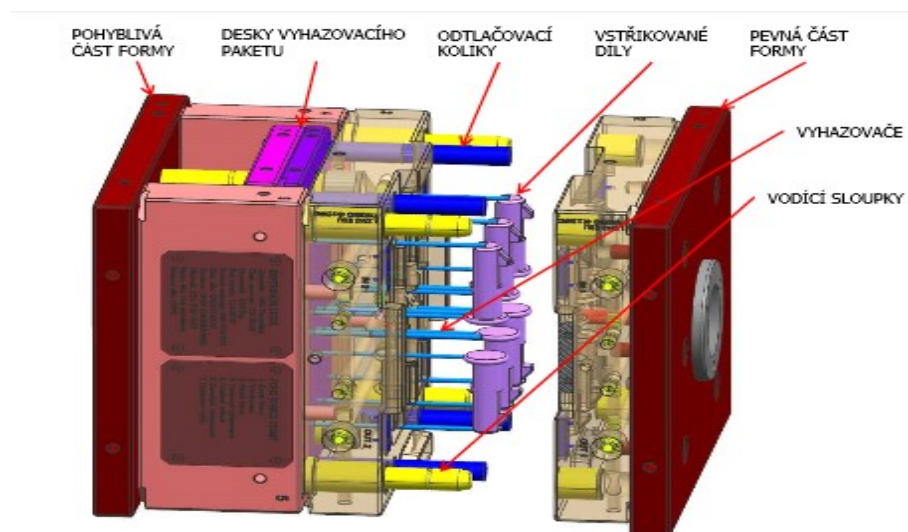
Velikost jednotlivých desek závisí zejména na rozměrech jednotlivých vložek tvořících dutinu vstřikovací formy. Je nutné zohlednit a vyřešit případné kolize jednotlivých dílů vstřikovacích forem, vodících sloupků, vodících pouzder apod., či nutných systémů vstřikovací formy jako jsou temperační kanály, vyhazovací systém, podpěrné válce apod.

Navržené celkové rozměry musí být ověřeny s ohledem na možnost upnutí příslušné vstřikovací formy na dostupný vstřikovací stroj. Obvykle je ke každému vstřikovacímu stroji jeho výrobcem dodána výkresová dokumentace definující všechny důležité rozměry vstřikovací formy, kterou lze na příslušný vstřikovací stroj upnout. [7]

3.5 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém vstřikovací formy je zodpovědný za odformování vstřikovaného dílu z dutiny poté, co je vstřikovací forma otevřena (Obr. 4). K vyhození slouží různá vyhazovací zařízení, která fungují automaticky nebo poloautomaticky. Bez ohledu na typ a řešení vyhazovacího systému, by tento měl splnit následující požadavky:

- snadné odformování vstřikovaného dílu;
- odformování vstřikovaného dílu bez jeho deformací;
- vstřikované díly musí při otevření formy zůstat na té straně formy, která je opatřena vyhazovacím systémem;
- odformování vtokového systému.



Obr. 4. Otevřená forma při vyhazování dílů

Možnosti řešení vyhazovacího systému vstřikovací formy jsou následující:

- stírací desky a kroužky (kruhové vstřikované díly nebo jiné díly s malou tloušťkou ve směru odformování);
- trubkové, prizmatické a válcové vyhazovače (vstřikované díly s malými vnitřními prostory a malou tloušťkou stěny ve směru odformování);
- stlačeným vzduchem (vstřikované díly plochého tvaru s malou kontaktní plochou bránící odformování);
- speciální – např. vytáčecí vyhazovací systém (vstřikované díly s vnitřním závitem např. víčka PET lahví);
- vzájemná kombinace.

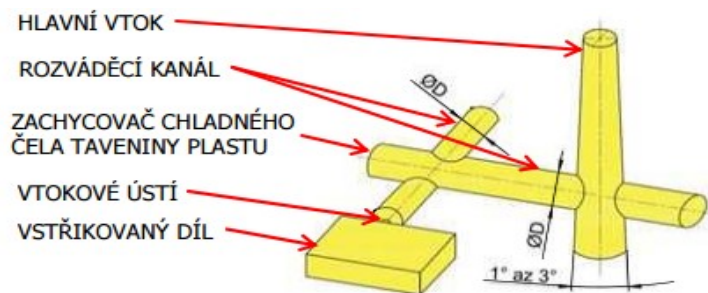
Tyto vyhazovače jsou ukotveny mezi hlavní a přidržovací vyhazovací desku a tento celek je připojen k vyhazovacímu (obvykle hydraulickému) mechanismu vstřikovacího stroje. Poté co dojde k otevření vstřikovací formy, vysune vstřikovací stroj svůj vyhazovací mechanismus do stanovené vzdálenosti a tím dojde i k vysunutí vyhazovacího systému vstřikovací formy. Vstřikovaný díl je vysunut – odformován – z dutiny vstřikovací formy.

Pohyby pohyblivých jader lze zajistit obvykle následujícími prostředky:

- šikmý kolík;
- hydraulický válec;
- pneumatický válec. [7]

3.6 Studené vtokové systémy

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. [2]



Obr. 5. Vtoková soustava

Při vstříknutí taveniny plastu do studeného vtokového systému začíná tavenina okamžitě na jeho stěnách tuhnout. Vytvoří se tak izolační vrstva ztuhlého plastu a tavenina proudí horkým jádrem. Z tohoto důvodu je důležité odstupňování velikosti rozváděcích kanálů, při jejich větší délce u mnohonásobných forem. Tím se zajistí rovnoměrné zaplnění všech dutin. Tavenina vstupuje do dutiny přes vtokové ústí, které může být řešeno několika způsoby dle konstrukce formy a vstříkovaného dílu.

Výhody studených vtokových systémů:

- levnější a jednodušší provedení formy než jsou horké vtoky;
- komponenty (vtoková vložka) jsou dodávány jako normálie (standardizované díly);
- nepotřebují energetické připojení;
- jednoduché provedení vícenásobné formy.

Nevýhody studených vtokových systémů:

- větší spotřeba plastu než u horkého vtoku (zbytek vtoku);
- zajistit oddělování zbytků vtokového systému;
- nutnost přidržování (po otevření formy musí vtokový zbytek zůstat na pohyblivé části formy) a vyhazování vtokového zbytku. [9]

Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit aby:

- dráha toku od vstříkovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez tlakových a časových ztát;
- dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnovážné plnění;
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvarové dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku;
- u vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů, aby byla zachována stejná rychlost taveniny. [2]

3.6.1 Rozváděcí kanály

Do rozváděcího kanálu ústí hlavní vtokový kanál. Velikost rozváděcího kanálu je závislá na velikosti vstříkovaného dílu a určuje se nejčastěji z empirických vztahů, nebo dle doporučených průřezů pro dané polymery.

Průřez rozváděcích kanálů musí být balancován tak, aby došlo k zatečení všech dutin ve stejný okamžik. Kanály je vhodné na začátek osadit brzdícími přepážkami, které jsou následně při optimalizaci formy odbrušovány, podle skutečného zatékání materiálu. [9]

3.6.2 Vtokové ústí

Tavenina je z rozváděcího kanálu do dutiny přiváděna přes zúžené místo, kterému se říká vtokové ústí. Vtokové ústí by mělo být co nejmenší, aby stopy na vstříkovaném díle byly co nejméně patrné.

Vtokové ústí se umísťuje pokud možno:

- do nejtlustšího místa stěny výstřiku – tavenina má téct vždy z většího prostoru dutiny k menšímu;
- do geometrického středu dutiny;
- ve směru orientace žeber;
- mimo více namáhaných nebo pohledových ploch;
- u obdélníkových tvarů ve směru delší strany – lepší zatečení;
- aby se zamezilo volnému toku taveniny, která by způsobovala turbulentní proudění při plnění dutiny;
- tak aby byla dráha taveniny v dutině co nejkratší.

Dělení a charakteristika vtoků:

- plný kuželový vtok jde do dutiny formy přímo z hlavního vtokového kanálu. Vhodný pro jednoduché symetrické výrobky s tlustšími stěnami a při použití plastů s horší tekutostí s nutností použití delšího dotlaku;
- bodový vtok je vhodný pro tenkostěnné výrobky, průměr ústí vtoku je nejčastěji 1 mm. Směrem k výrobku je vtok kuželovitě rozšířen, aby se ztuhlý plast v ústí odtrhl a byl vytažen společně se vstříkovaným dílem;
- deštníkový, talířový a prstencový vtok se používá pro rotační vstříkované díly. Nevýhodou těchto vtoků je větší spotřeba vstříkovaného materiálu, protože vtoky do dutin jsou objemnější. Výhodou je rovnoměrně plnění rotačních dutin;
- filmový (štěrbínový) vtok je vhodný pro plasty plněné například skelnými vlákny a použití pro tenké ploché díly;
- tunelový vtok zajišťuje automatické oddělení vtokového systému od vstříkovaného dílu. Není vhodný pro plasty, které jsou vyztužené vláknitým plnivem;

- banánový (prohnutý) vtok (obloukový tunelový) má stejné použití jako u tunelového vtoku, avšak pokud není možné zaústění vtoku do boku vstříkovaného dílu. [9]

3.7 Vyhřívání vtokových systémů

Technologie vstříkování 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 použití bodového vyústění malého průřezu.

U všech způsobů bezvtokového vstříkování je vhodné v místě jeho vyústění provést na výstřiku zahlobení, aby případný vtokový zbytek nevystupoval přes jeho úroveň. Součástí systému je regulace teploty VVS i formy. [2]

Výhody vyhřívání vtokových systémů:

- časové snížení výrobního cyklu;
- není zapotřebí výroba vtokových kanálů;
- eliminace odpadu, z tohoto důvodu klesají náklady na dokončovací operace;
- doba vstříkování je snížena v důsledku odstranění vtokových kanálů;
- výrazné zmenšení tlakových ztrát v důsledku dopravení horké taveniny přímo do dutiny formy;
- ovládním (regulace) teploty se ovlivní vlastnosti vstříkovaného výrobku;
- možnost postupného otevírání jednotlivých trysek – řízená poloha studených spojů;
- menší uzavírací síla stroje (odpadá vtoková soustava).

Nevýhody vyhřívání vtokových systémů:

- náročnější konstrukční zástavba do formy;
- větší pořizovací náklady, větší nároky na obsluhu;
- zvýšení provozních nákladů;
- obtížné dodatečné změny polohy vtoků, v porovnání se studenou soustavou (komplexní změna formy);
- nelze použít pro některé materiály s velkou citlivostí na teplo. [10]

3.7.1 Vyhřívání trysky

Trysky (*Obr. 6*) jsou ohřívány pomocí elektrické kabeláže, která rozděluje trysky na topení s vnějším a vnitřním ohřevem.

- Vnější ohřev je zajištěn navinutým topným svazkem a tavenina prochází středovou osou trysky. V tryskách s vnějším ohřevem je nejmenší úbytek tlaku.
- U vnitřního ohřevu, tavenina obtéká zahřívací těleso a do středové osy trysky je vsunutá topná patrona. V tryskách s vnitřním ohřevem se lépe reguluje teplota taveniny u špičky, a je lépe tepelně izolovaná od okolí. [10]



Obr. 6. Vyhřívání trysky

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

- otevřené pro plast, který netáhne vlas (PE);
- se špičkou (s hrotem) pro plast náchylný k tažení vlasu (PS, ABS, PP);
- s uzavírací jehlou kde jehly jsou ovládané hydraulickými nebo pneumatickými válci;
- speciálně tvarované. [2] [10]

Vlastní vyústění vtoku do dutiny formy může být provedeno:

- s jedním otvorem přímo proti vtokovému kanálu. U tohoto uspořádání však při rychlejších pracovních cyklech někdy tavenina nestačí zatuhnout a na výstřiku zůstane stopa;
- s více otvory, kde je odstraněna nevýhoda popsána u předešlé trysky. Vyrábí se dvěma otvory po 180°, nebo se třemi po 120° o průřezu 1 až 3 mm. Otvory bývají skloněny k ose vtokové vložky pod úhlem 15° až 30°. [2]

3.7.2 Vytápěné rozvodové bloky

Rozvodové bloky se používají pro rozvedení taveniny ve více násobných formách. Tvary bloků a jejich uspořádání je závislé na velikosti a tvaru vyráběného dílů. Bloky jsou vyhřívány elektrickými odporovými vodiči, které jsou umístěny v drážkách na povrchu bloku, nebo za použití topných patron, které se umístí přímo do vnitřní části rozvodového bloku.

Typy provedení rozvodů:

- přímé;
- kruhové;
- tvary typu H, T, X (Obr. 7), Y;
- speciální tvary. [10]



Obr. 7. Příklad rozváděcího bloku s tryskami

3.8 Temperace formy

Významným faktorem ovlivňujícím výrobní proces vstřikování plastů je teplota vstřikovací formy, resp. způsob a podmínky temperace vstřikovací formy, které by měly být optimalizovány, neboť mají:

- přímý vliv na kvalitu vyráběných dílů;
- přímý vliv na jednotkové náklady vstřikovaného dílu;
- schopnost reprodukovat požadovaný a správný povrch;
- přímý vliv na velikost výrobního a dodatečného smrštění dílů.

Hlavním úkolem temperačního systému vstřikovací formy během procesu vstřikování plastů je ustavit požadovanou teplotu dutiny vstřikovací formy v krátkém časovém okamžiku a udržet tuto teplotu v minimálním rozsahu. Teplota i její časový průběh ovlivňuje chování taveniny, resp. výrobku během výroby i poté, včetně výsledných vlastností a to nejen mechanických, ale také smrštění, kvality povrchu, u semikrystalických plastů stupně krystalicity, souvisejícího s hmotností a hustotou výstřiku, velikosti vnitřního napětí a v neposlední řadě celkové době vstřikovacího cyklu, kde fáze odvodu tepla – chlazení - zaujímá jeho převážnou část. [7]

Požadavky na konstrukci:

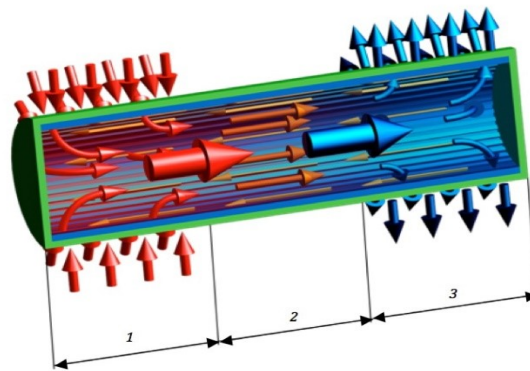
- konstruovat tak, aby médium bylo přiváděno do nejtlustšího místa (ústí vtoku), a aby se teplotní rozdíl ve směru toku zmenšoval;
- umisťovat je co nejbližší k tvarové dutině formy tak, aby nedošlo k porušení stěny formy;
- velikost průtočného průřezu nesmí narušit pevnost součásti;
- vzdálenost kanálu od líce formy je až na výjimky stejná a je omezena velikostí tlaku v dutině formy a přípustným kolísáním teploty;
- rozmístit je tak, aby bylo dosaženo rovnoměrného chlazení výstřiku;
- po cestě temperačního média se nesmí vytvářet mrtvé kouty, v nich se usazují nečistoty a jsou počátkem koroze. [11]

Velice významným aspektem návrhu temperačního systému sestávajícího z kanálů rozvádějících temperační médium je vzájemný vztah s ostatními komponenty vstřikovací formy např. vyhazovači či pohyblivými jádry apod. Obvykle musí být prvotní návrh temperačních kanálů upraven a učiněn kompromis mezi ideálním počtem a pozicí pro umístění temperačních kanálů. Se zvyšujícím se počtem temperačních kanálů přiléhajících dutině vstřikovací formy se sice zvětšuje temperační účinek, ovšem rovněž dochází ke zmenšení prostoru pro umístění vyhazovačů, vtoků, šroubů a dalších komponentů vstřikovací formy.

Existují ovšem případy konstrukčních prvků vstřikovacích forem, které nedovolují osazení standardními temperačními kanály. Nejčastěji se jedná o vstřikovací formy určené k výrobě jednostranně dutých výrobků s poměrem hloubka/průměr větším než 3/4. Vnitřní tvar takovými typům výrobků nejčastěji dávají dlouhé a úzké tvárníky - jádra.

V současnosti používané temperační prostředky pro temperaci takovýchto dlouhých a úzkých tvárníků jsou:

- přepážkové systémy;
- materiály s velkou tepelnou vodivostí;
- systémy využívající tepelné trubice (*Obr. 8*). [7]



Obr. 8. Princip funkce tepelné trubice

1 – výparná část, 2 – adiabatická část,
3 – kondenzační část

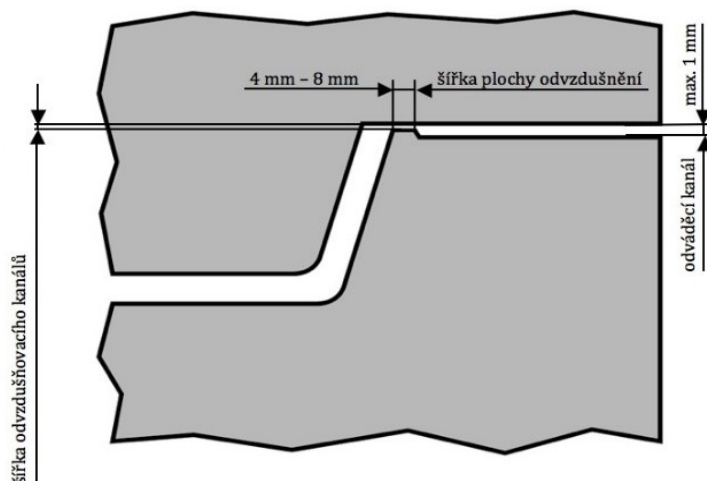
3.9 Odvzdušnění forem

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. [12]

Nejjednodušší možností zlepšení odvodu vzduchu z dutiny vstříkací formy je umístění odvzdušňovacích ploch do dělící roviny. Šířka odvzdušňovacího kanálu je individuální dle vstříkovaného typu plastu. Obecně platí:

- plast s vyšší tekutostí vyžaduje menší rozměry odvzdušňovacího kanálu a naopak;
- požadovaná intenzita odvzdušnění roste s objemem vstříkovaného dílu a rychlostí vstříkávání taveniny do dutiny formy;
- intenzitu odvzdušnění lze zvýšit vyšším počtem odvzdušňovacích kanálů či jejich rozšířením;
- nezvyšovat intenzitu odvzdušnění zvětšením šířky odvzdušňovacího kanálu nad předepsané hodnoty jednotlivých typů plastů aby nedocházelo ke vzniku zástříků.

[7]



Obr. 9. Doporučená konstrukce odvzdušňovacího kanálu

Odvzdušňovací kanály by měly být umístěny podél rozváděcích kanálů taveniny a v určité vzdálenosti od dutiny vstřikovací formy. Jedná se zpravidla o místa s největší vzdáleností od ústí vtoku. Pokud poslední místo plnění není adekvátně odvzdušněno, může dojít k uzavření vzduchu v dutině, což může mít za následek neúplné naplnění dutiny formy popř. vznik spálenin plastu tzv. Diesel efekt.

Další vhodnou alternativou ke standardním odvzdušňovacím kanálům může být odvzdušnění přes vyhazovače. Tento způsob spočívá v mírné úpravě tvaru vyhazovače a to jeho zploštěním na protilehlých stranách. [7]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 ZADANÉ CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pro bakalářskou práci byly zadány tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma;
- nakreslit model dílu ve 3D;
- provést konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl;
- nakreslit sestavu vstřikovací formy.

Teoretická část se zabývala vlastnostmi polymerů, technologií vstřikovacího cyklu, ale především návrhu a konstrukcí vstřikovací formy.

Úkolem praktické části byla tvorba 3D modelu plastového dílu, konstrukce 3D modelu formy a 2D sestavy s kusovníkem pro fyzicky zadaný výrobek zadavatelem bakalářské práce. Zmíněným výrobkem je plastový kryt, který slouží k připevnění žací struny křovinořezu. Pro tvorbu modelu plastového dílu a konstrukci formy byl zvolen program CATIA V5R20 a normálie firmy Hasco.

5 SPECIFIKACE VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU

Zadaným vstřikovaným výrobkem je kryt, který slouží k připevnění žací struny na rotační hlavě křovinořezu.



Obr. 10. Vstřikovaný výrobek – pohledy

Výrobek patří do soustavy čtyřech plastových součástí, které společně zajišťují připevnění žací struny křovinořezu. Do dutého prostoru výrobku se vloží náboj s prstencem a žací strunou, která vychází z kruhových otvorů na výrobku. Všechny tyto součásti se navzájem k sobě a k přístroji připevní plastovou přírubou. Příruba je opatřena dvěma packami s trnem, které se zacvaknou do obdélníkových otvorů na výrobku. Taktéž výrobek je opatřen packami, které se zasunou do drážek příruby, a zabraňují tak vzájemnému pootočení. Výrobek tedy tvoří většinu pohledové a opotřebitelné části.

Ke konstrukci 3D modelu byl použit modul part design v programu CATIA V5R20.

5.1 Materiál vstřikovaného výrobku

Navržený materiál výrobku je PA6 GF30. Je to alkalický polyamid s obsahem 30 % skelného vlákna k dostání v červenohnědé (natural) a v černé barvě. Pro zadaný výrobek bude použit černý PA6 GF30.

Charakteristika materiálu:

- vysoká tuhost a pevnost;
- teplotní stabilita;
- odolnost proti únavě a stárnutí;
- odolnost proti chemikáliím;
- rozměrová stabilita;
- vynikající estetické vlastnosti a krátký vstřikovací cyklus pro zvýšení efektivity.

Tab. 2. Fyzické a mechanické vlastnosti materiálu PA6 GF30 [13]

	Norma	Hodnota	Jednotka
Hustota	ISO 1183	1,45	g/cm ³
Smrštění	ISO 294-4	1,10	%
Index toku taveniny 235 °C/2,16 kg	ISO 1133	21	g/10 min
Teplota tání	DIN 53 765	220	°C
Pevnost v tahu při 23 °C	ISO 527	128	MPa
Modul pevnosti v ohybu při 23 °C	ISO 178	7200	MPa
Vrubová rázová houževnatost 3,5m/s-1J	ISO 179	9,8	kJ/m ²

6 VÝBĚR VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Technické parametry formy:

- rozměry jsou 446(v) x 396(š) x 386(l) mm;
- objem vstříkované dávky je 2 x 42 cm³;
- váha 852 kg.

Podle technických parametrů formy byl zvolen vstříkovací stroj Allrounder 420 C Golden Edition od firmy Arburg.

Hlavní technické parametry stroje:

Tab. 3. Technické parametry stroje [14]

	Hodnota	Jednotka
Uzavírací síla max.	1000	kN
Výška formy min.	250	mm
Výška formy max.	750	mm
Vzdálenost mezi vodícími tyčemi	420 x 420	mm
Váha pohyblivé části formy max.	600	kg
Síla vyhazovače max.	40	kN

Tab. 4. Technické parametry vstříkovací jednotky [14]

	Hodnota	Jednotka
Průměr šneku	40	mm
Efektivní délka šneku max.	17,5	L/D
Tah šneku max.	150	mm
Vstříkovací tlak max.	153	MPa
Objem vstříkované dávky max.	188	cm ³
Průtok vstříkování max.	182	cm ³ /s



Obr. 11. Vstřikovací stroj Arburg Allrounder 420 C Golden Edition

Technické parametry formy, stroje a vstřikovací jednotky se navzájem nevyklučují. Forma splňuje požadované vlastnosti, jak váhové, tak rozměrové, pro upnutí do stroje. Objem vstřikované dávky nepřesáhne 90 % kapacity plastikační jednotky. Uzavírací síla stroje se předpokládá za dostatečnou. Vstřikovací stroj Allrounder 420 C Golden Edition splňuje požadavky navržené vstřikovací formy.

7 KONSTRUKCE FORMY PRO ZADANÝ DÍL

Při konstrukci formy musí konstruktér vybrat vhodný typ desek a všech dílů formy, ze kterých se skládá. Hlavní je správná volba materiálů, ze kterých jsou jednotlivé díly vyrobeny. Desky formy jsou k dostání v široké škále standardizovaných rozměrů a při konstrukci odpadá složité navrhování povrchových a rozměrových úprav. Stejně tak to platí pro ostatní díly formy. Desky formy byly zvoleny jako polotovary z katalogu normalizovaných součástí od firmy Hasco. Během návrhu se desky upravují vrtáním a frézováním dle potřeby umístění systémů, jako jsou tvarové vložky a dělicí roviny, vtokový systém, vyhazovací systém a temperační systém.

Při konstrukci formy pro zadaný díl se volilo co nejvíce normalizovaných součástí, aby se snížila ekonomická zátěž na výrobu formy a případně její výroba zjednodušila.

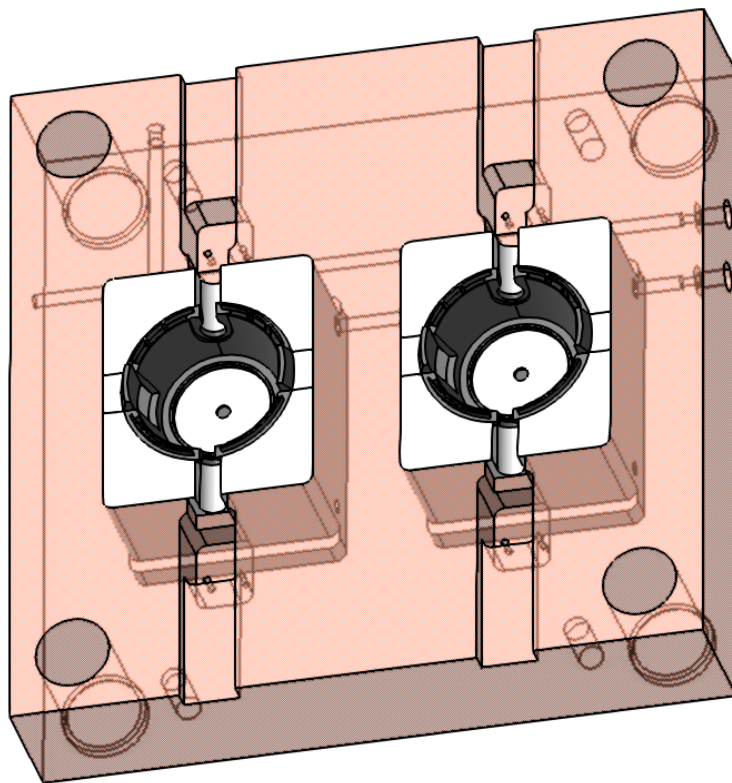
Během návrhu tvarových vložek, se uvažovalo 1,2 % smrštění vstříkovaného výrobku.

7.1 Násobnost formy a rozvržení výstřiků ve formě

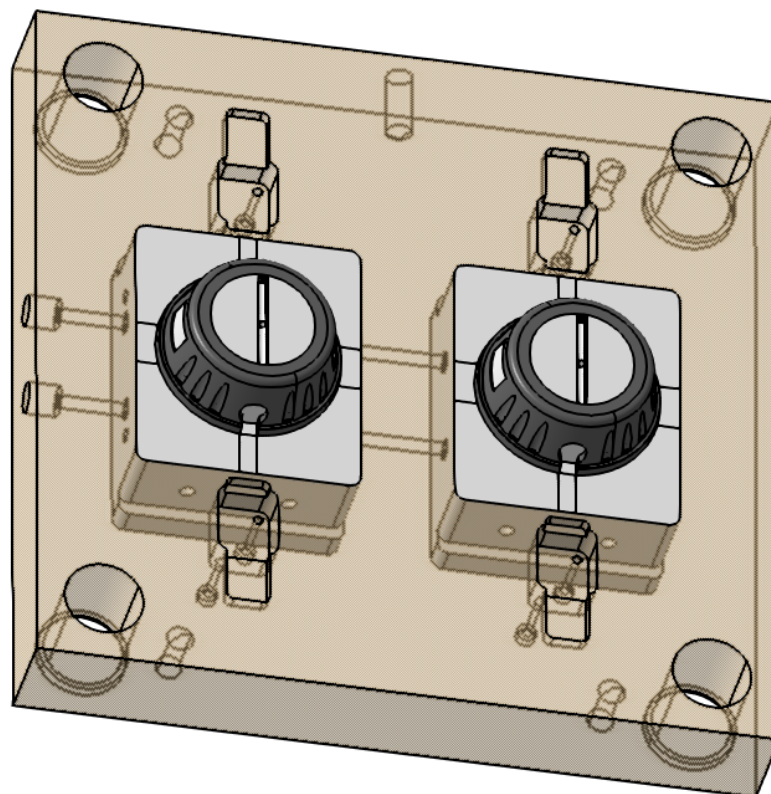
Násobnost formy byla zvolena podle několika základních kritérií jako je vstřikovací kapacita stroje, plastikační výkon, velikost uzavírací síly, termín dodávky určitého počtu kusů vstříkovaných dílů, náklady na výrobu formy, složitost zaformování a přesnost výstřiku.

V případě zadaného dílu byla zvolena forma dvojnásobná, a to z důvodu složitosti zaformování a požadavku na přesnost výstřiku. Kdyby se volila více než dvojnásobná forma tak by se rozměry formy museli nezanedbatelně zvětšit a tím by se zvýšily náklady na výrobu formy.

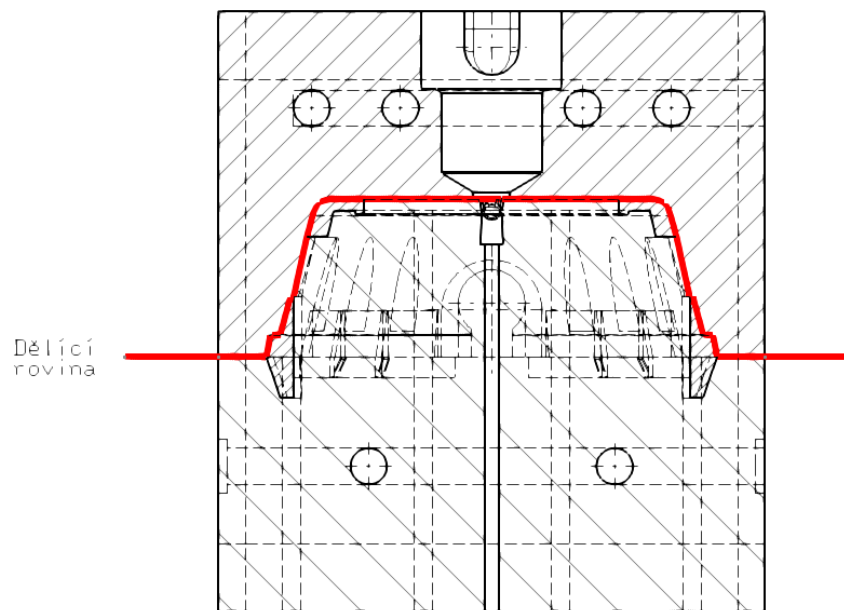
Hlavní dělicí rovina byla řešena co možná nejjednodušeji. Do vybraní desek byly vloženy tvárníky a tvárnice, kdy na sebe desky, tvárníky a tvárnice dosedají a tvoří hlavní dělicí rovinu, která je kolmá na směr otevírání formy (*Obr. 12* a *Obr. 13*). Detail dělicí roviny ve tvarových vložkách je viditelný na obrázku (*Obr. 14*).



Obr. 12. Uložení tvárnic v hlavní dělicí rovině a zaformování výstřiku

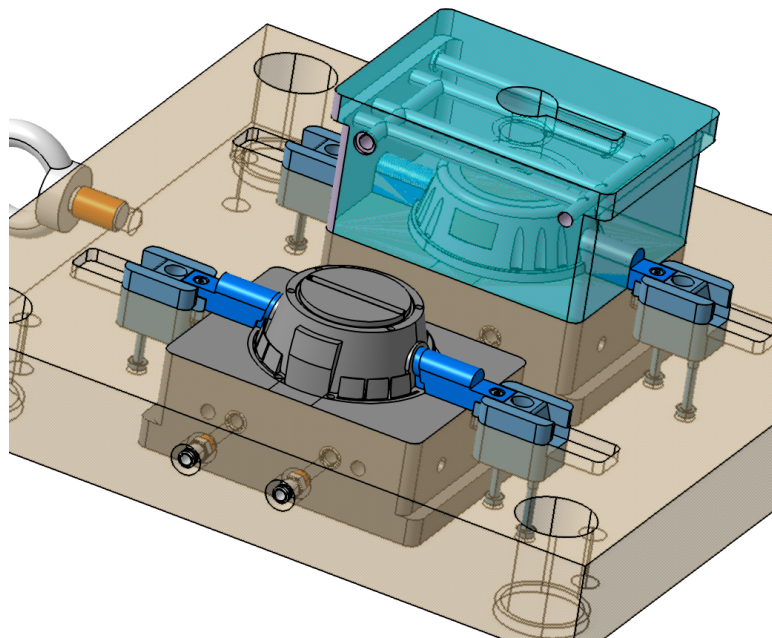


Obr. 13. Uložení tvárniců v hlavní dělicí rovině a zaformování výstřiku



Obr. 14. Detail hlavní dělicí roviny ve tvarových vložkách

Vložením posuvných čelistí s tvarovým čepem k vytvoření potřebných otvorů, vzniknou vedlejší dělicí roviny (Obr. 15). Posuvné čelisti s tvarovými čepy byly umístěny na levé straně formy do desky tvárníku.



Obr. 15. Detail bočního zaformování

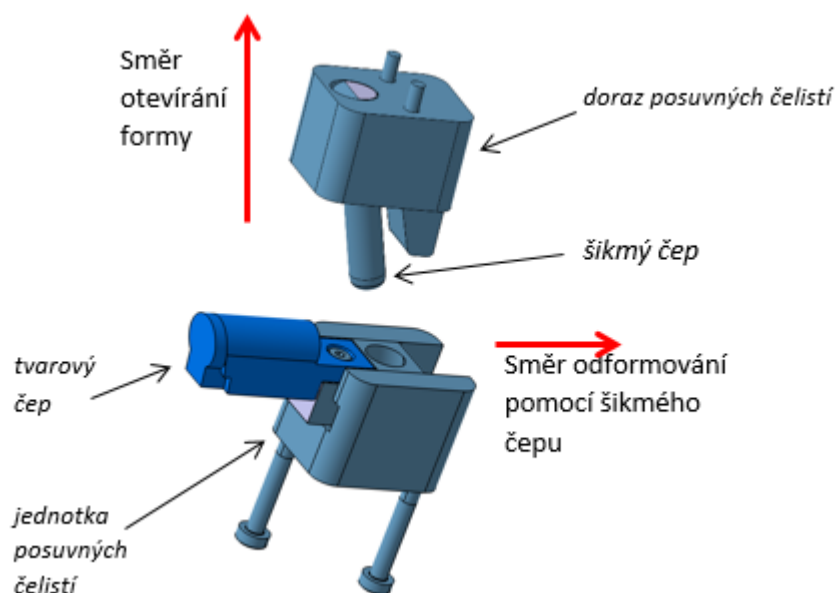
7.2 Odformování

V první fázi otevírání formy dojde k posuvu čelistí ve směru rovnoběžném k hlavní dělicí rovině. Jednotky posuvných čelistí jsou umístěny v desce tvárníku a pohyb čelistí je vyvolán umístěním šikmého čepu v pevné části formy. Poloha šikmého čepu je zajištěná dorazem pro posuvné čelisti a hlavička čepu se opírá o desku tvárnice. Hlavičku šikmého čepu bylo potřeba upravit, aby vznikla dosedací plocha a čep se o desku neopíral válcovou hranou. V jednotce posuvné čelisti je umístěn pružný přítlačný element (*Obr. 16*), který zajišťuje polohu posuvných čelistí, když je forma otevřená.



Obr. 16. Pružný přítlačný element

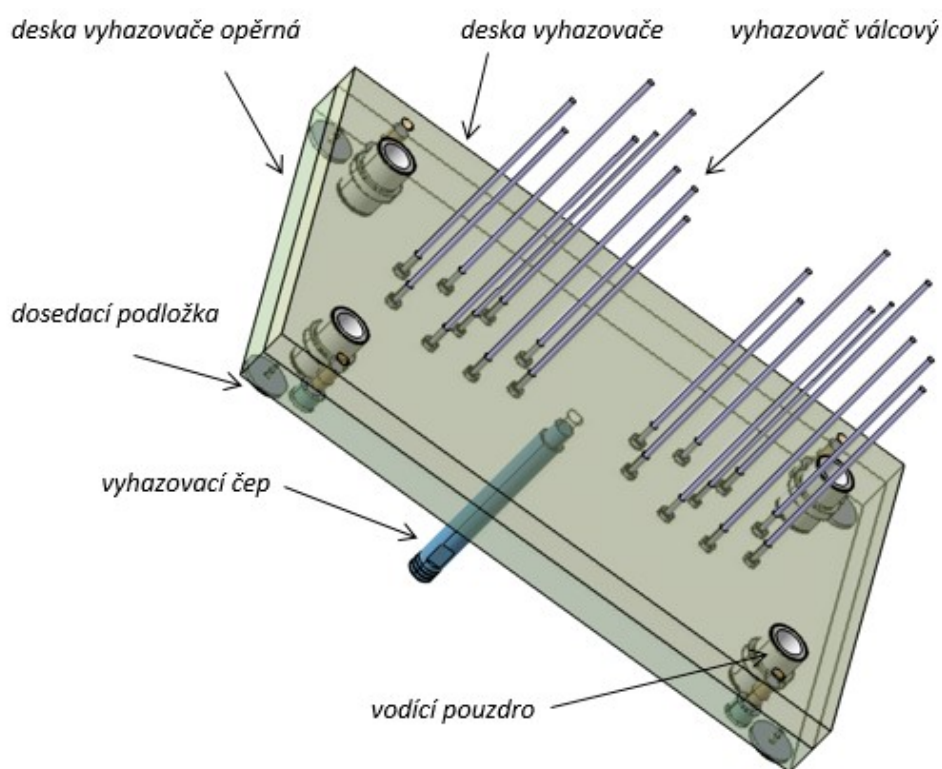
Jednotka posuvných čelistí, doraz posuvných čelistí, šikmý čep a pružný přítlačný element jsou normálně od firmy Hasco. Tvarový čep bočního odformování děr musel být navržen tak, aby splňoval tvar bočních děr výstřiku a zároveň šel vhodně připevnit k posuvné čelisti. Doraz pro posuvné čelisti v zavřené poloze slouží k tomu, aby při vstřikování nedošlo tlakem k pohybu nebo k vytlačení tvarového čepu a čelisti.



Obr. 17. Systém bočního odformování

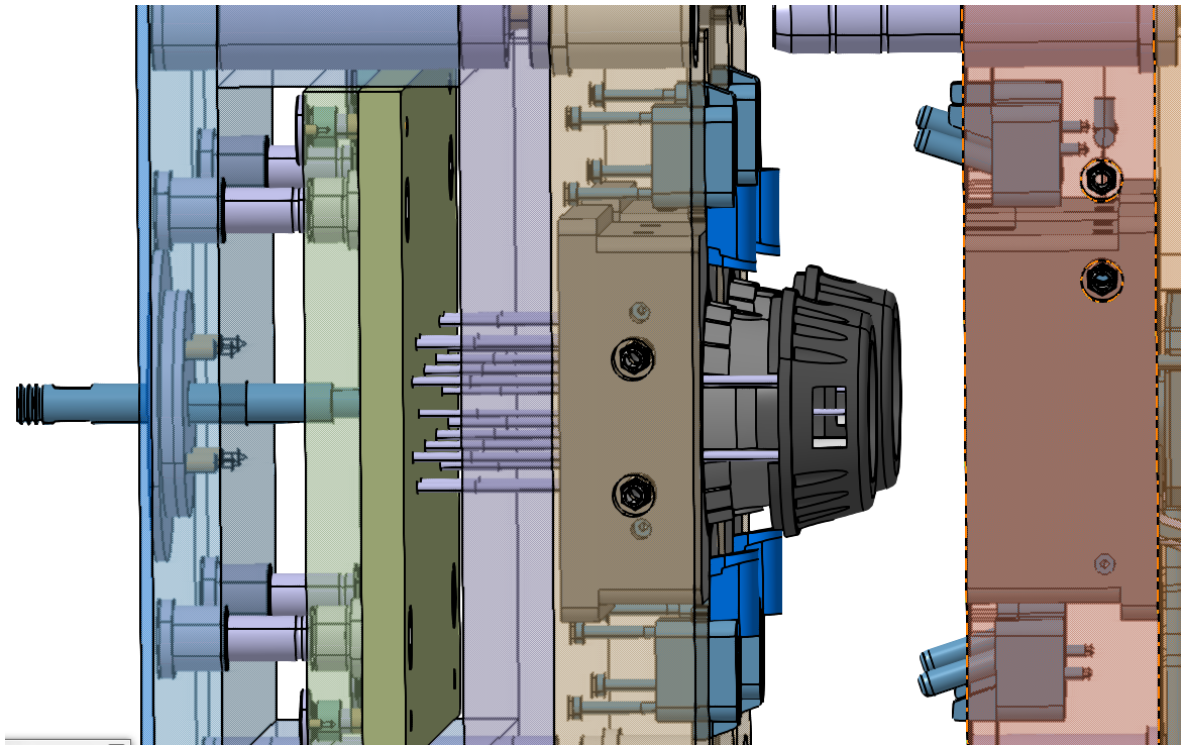
7.3 Vyhození výstříku z formy

Vyhazovací systém byl navržen tak, aby co nejefektivněji vyhodil výstřík z formy, ale zároveň nekolidoval s temperačním systémem. Vyhazovací systém je umístěn v pohyblivé (levé) části formy a jeho dopředný pohyb, kolmo ke směru otevírání formy, zajišťuje vstřikovací stroj. Pohybu vyhazovacího systému se docílí tak, že vyhazovací čep je připojen k hydraulickému okruhu vstřikovacího stroje. V desce vyhazovače jsou umístěny válcové vyhazovače v průměru 4 a 3 mm. Čtyřmilimetrové vyhazovače jsou upraveny na dvě různé délky po osmi a osmi kusech. Poslední dva kusy třímilimetrových vyhazovačů slouží k vyhození vtokového zbytku. Poloha válcových vyhazovačů je zajištěna opěrnou deskou, která je přišroubovaná k desce vyhazovače. Aby se výstřík správně odformoval, je zapotřebí jej udržet na pohyblivé části formy. K tomu byly vytvořeny přídržovače vtoků v tvárnících, které zajišťují správnou polohu výstříků při otevírání formy.



Obr. 18. Vyhazovací systém

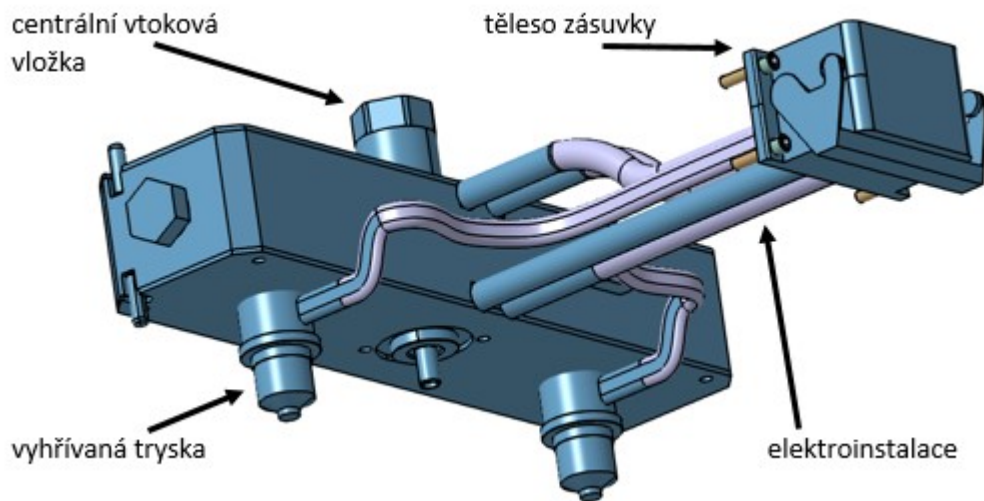
Válcové vyhazovače jsou vůči výstříku umístěny tak, že zasahují do nepohledové strany výstříku a nemají vliv na funkci výrobku. Tudiž není potřeba se zabývat estetickou úpravou finálního výrobku. V deskách vyhazovacího systému jsou umístěny vodící pouzdra a dosedací podložky, které zajišťují výchozí polohu systému pro vstřikování.



Obr. 19. Vyhození výstřiku z formy

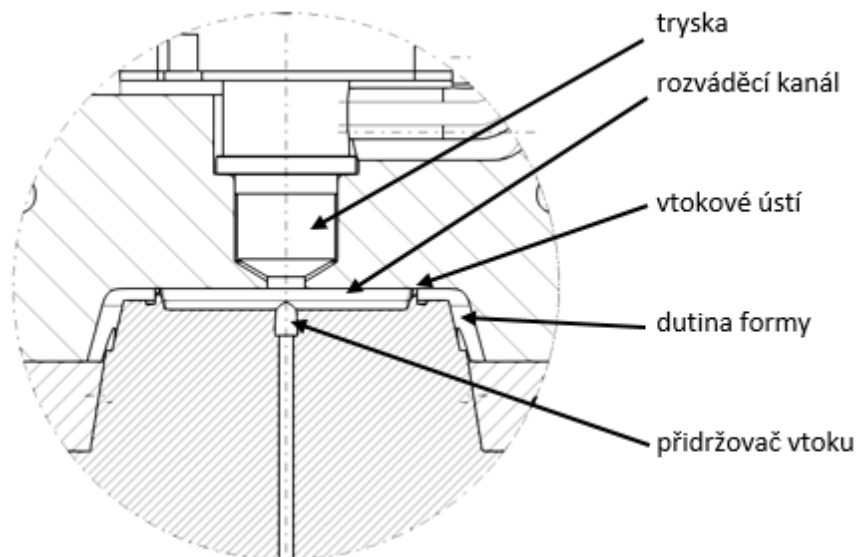
7.4 Vtokový systém

Vtokový systém by měl být zkonstruovaný tak, aby co nejúčinněji a v co možná nejkratším čase vyplnil dutiny formy roztaveným plastem. V případě formy pro zadaný díl byla navržena kombinace vyhřívaného vtokového systému a studeného vtokového systému. Knihovna normálií Hasco nabízí široký výběr VVS. Pro naši formu byl použit přímý vyhřívaný rozváděcí blok s centrální vtokovou vložkou a dvěma tryskami. VVS byl zabudován do pravé opěrné desky. Centrální vtoková vložka prochází pravou upínací deskou a středící přírubou. Pro vyhřívané trysky a jejich elektroinstalaci bylo zapotřebí vyfrézovat dutiny do tvárnic. Elektroinstalace byla zapojena do tělesa zásuvky, které je přišroubováno na povrchu formy.



Obr. 20. Vyhřívaný vtokový systém od firmy Hasco

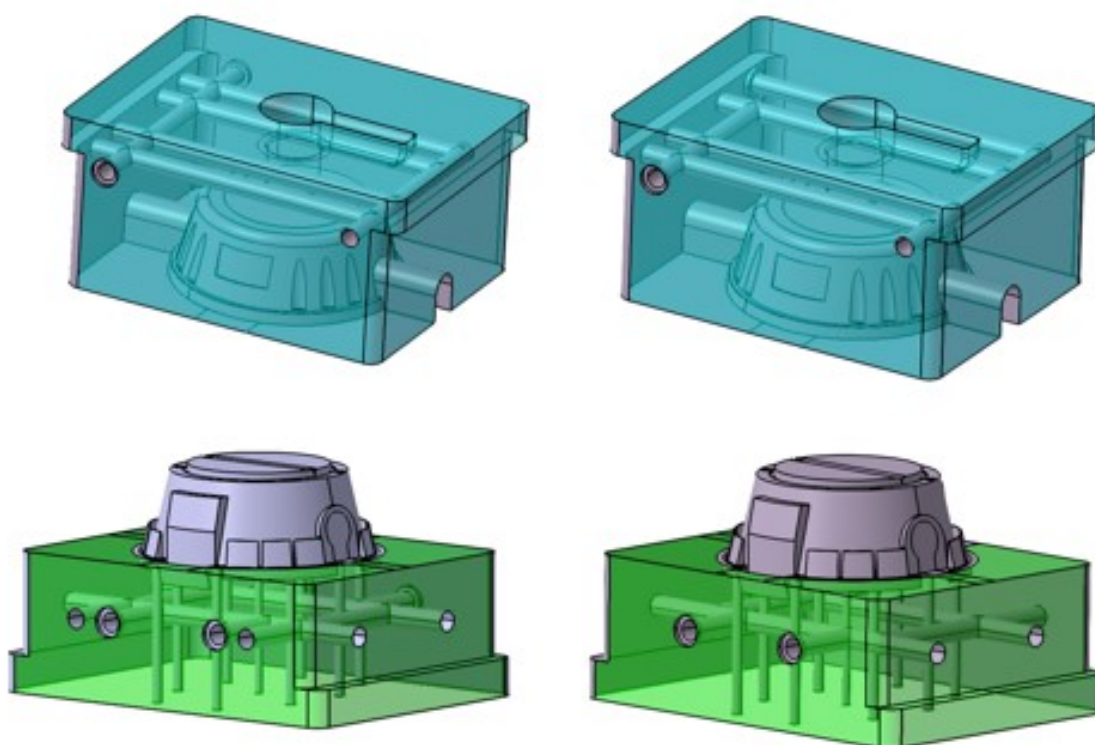
Tryska vstřikovací jednotky vstříkne taveninu přes centrální vtokovou vložku do vyhřívaného rozváděcího bloku, který taveninu rozvede do vyhřívaných trysek. Vyhřívané trysky ústí do studených vtokových systémů. SVS tvoří rozvodné kanály s přídržovačem vtoku, které jsou vybrány v tvárnících. Tavenina pak proudí bodovými ústími do dutiny formy. Do každé dutiny je tavenina přiváděná dvěma ústími, tak jak je znázorněno na obrázku (*Obr. 21*).



Obr. 21. Vtokový systém

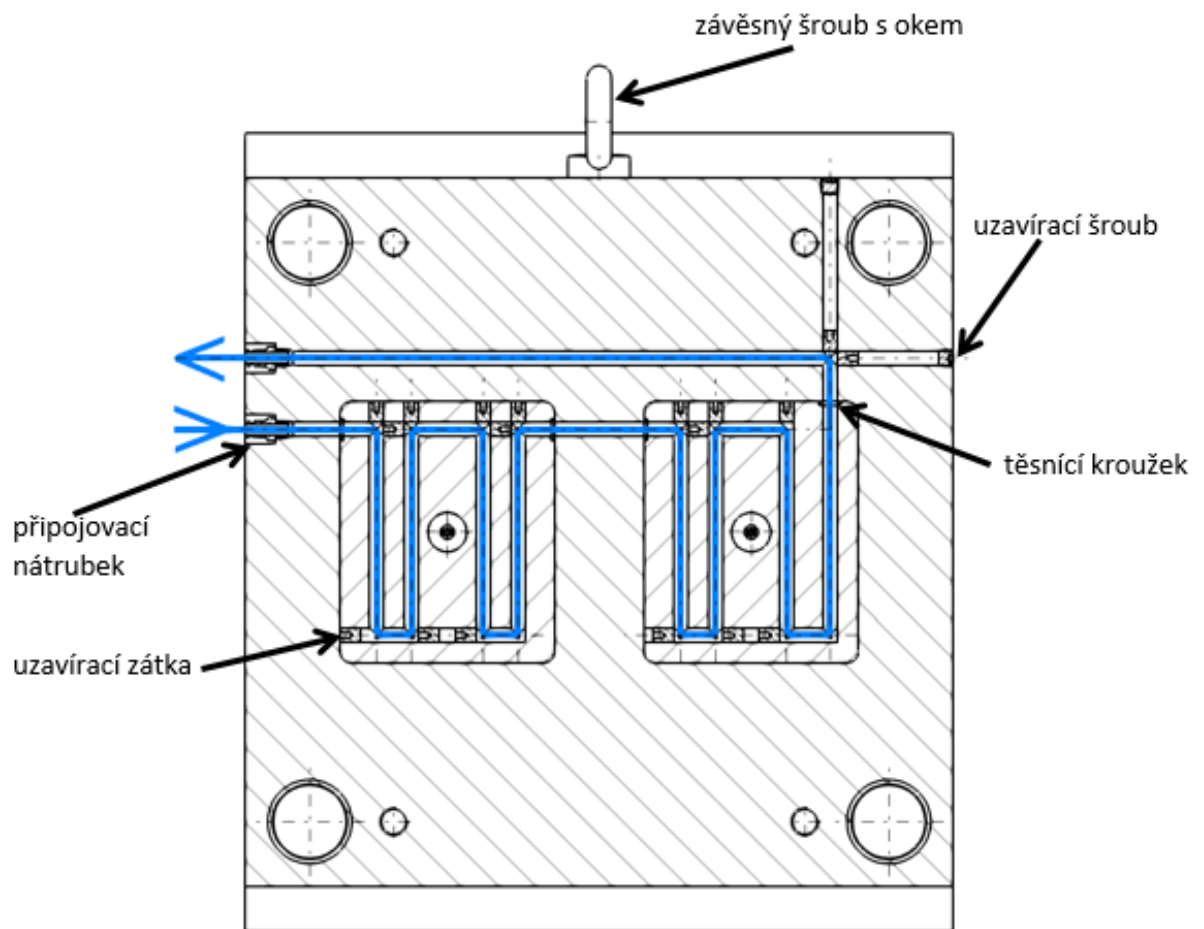
7.5 Temperace formy

Temperační systém je velmi důležitý, protože ovlivňuje kvalitu výstřiku, jeho vzhled, dobu tuhnutí na vyhazovací teplotu, a tudíž i délku vstřikovacího cyklu. Temperační systém by měl být schopen udržet kolísání teploty formy v co nejmenším rozsahu. V tomto případě je použitý materiál PA6 GF – semikrystalický termoplast s příměsí skelných vláken. Dutiny formy je doporučeno temperovat mezi 80 °C až 110 °C.



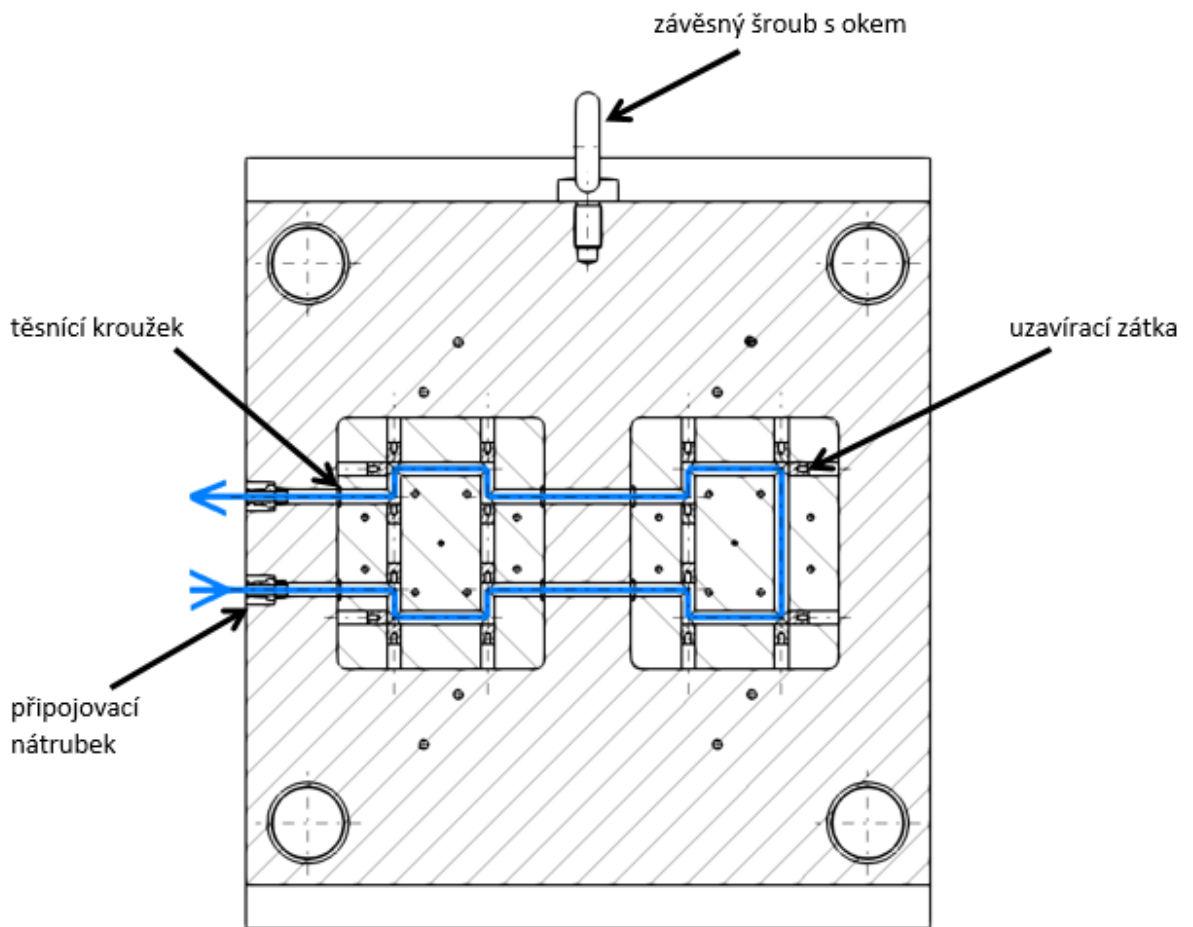
Obr. 22. Vizualizace temperačních kanálů ve tvarových vložkách

Temperační systém tvoří soustava kanálů, které prochází tvarovými vložkami, deskou tvárníků a deskou tvárnic. Průměr všech kanálů byl zvolen 8 mm. Na obrázku (Obr. 23) je znázorněna temperace tvárnic v pravé části formy. Kanály jsou vrtány v jedné rovině. Bylo potřeba kanály rozmístit tak, aby účinně chladily výstřik a zároveň vtokový zbytek v rozváděcím kanálu.



Obr. 23. Temperace tvárnic

Na obrázku (Obr. 24) je znázorněna temperace tvárniců v levé části formy. Taktéž jsou kanály vrtány v jedné rovině. Kanály musely být navrženy tak, aby účinně chladily výstřik, ale zároveň byly v dostatečné vzdálenosti od děr pro vyhazovače. V případě, že by se temperační kanál zkrížil s dírou pro vyhazovač nebo jakýmkoliv jiným vybráním, došlo by k vytékání média do formy a ztráty tlaku v temperačním okruhu.



Obr. 24. Temperace tvárníků

Temperační kanály jsou zakončeny připojovacími nátrubky, které jsou našroubované ve vybrání desek, aby nevyčnívaly z formy ven. Nátrubky se propojí hadicemi k temperační jednotce. K zajištění média v temperačních kanálech byly použity uzavírací zátka a uzavírací šrouby. Přechody kanálů z desek do tvarových vložek jsou utěsněny těsnícími kroužky, které jsou umístěny ve vybrání na tvarových vložkách.

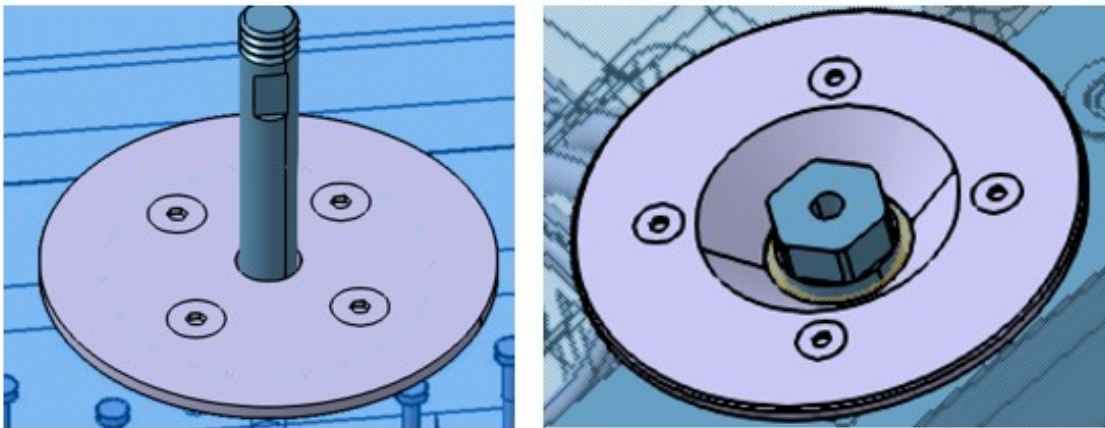
7.6 Odvzdušnění formy

Odvzdušnění formy je potřebné, aby byl zajištěn odvod vzduchu, kterým je dutina formy před vstříkáním naplněna. Při výstřiku je vzduch stlačován čelem taveniny a při nedostatečném odvzdušnění může dojít k neúplnému zaplnění dutiny nebo ke vzniku spálenin na vstříkovaném výrobku. V tomto případě má vzduch možnost unikát vřemí válcových vyhazovačů, dělicí rovinou a bočním odformováním. Případné komplikace se vzduchem, které by se mohly projevit při zkoušení, by bylo možné opravit.

7.7 Ostatní prvky použité ke konstrukci formy

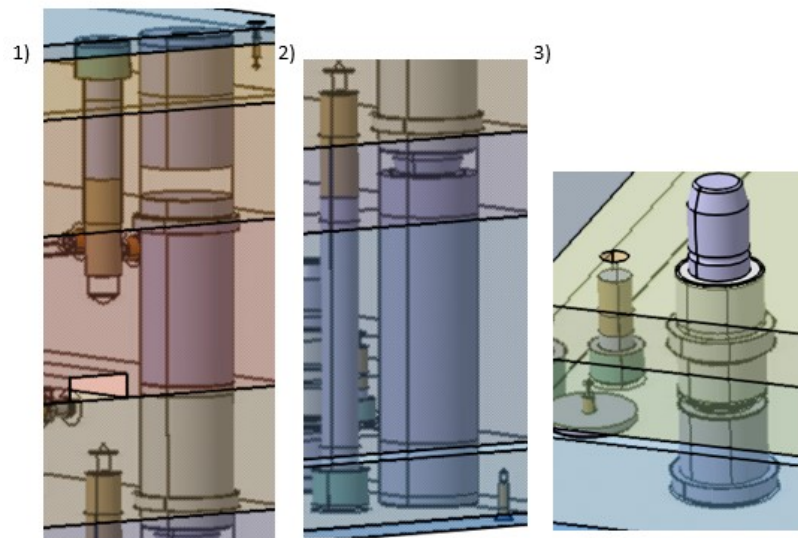
Aby vstřikovací forma tvořila dokonalý celek, tak se nesmí opomenout prvky, které zajišťují kompletaci rámu, správné upnutí na vstřikovací stroj a vedení pohyblivých částí formy. V tomhle případě posloužila knihovna normalizovaných dílů od firmy Hasco. Nabízí se zde konstruování se stavebnicovými prvky a jejich širokou škálou kombinací.

Středící příruby, které slouží k vystředění formy na stroji, je možné objednat jako polotovary. Byly vybrány vhodné rozměry přírub, které jsou kompatibilní s upínacím systémem vstřikovacího stroje. Do příruby pro pevnou část formy byly vyvrtány díry pro šrouby a následně byla příruha přišroubována k pravé upínací desce. Do příruby na pohyblivé části formy se museli vrtat díry pro šrouby taktéž, a navíc i díra s dostatečnou vůlí pro volný průchod vyhazovacího čepu. Mezi přírubami a upínacími deskami jsou přišroubovány termoizolační desky, které jsou k dostání jako polotovary a následně se upraví dle potřeby formy.



Obr. 25. Pohled na středící příruby

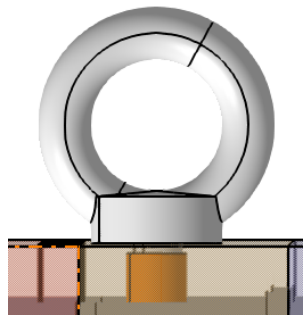
V jednotlivých deskách se vrtaly díry pro vodící a středící pouzdra, vodící a středící čepy a další potřebný spojovací materiál, který zajistí přesné vedení pohyblivých částí formy a jejich celistvost.



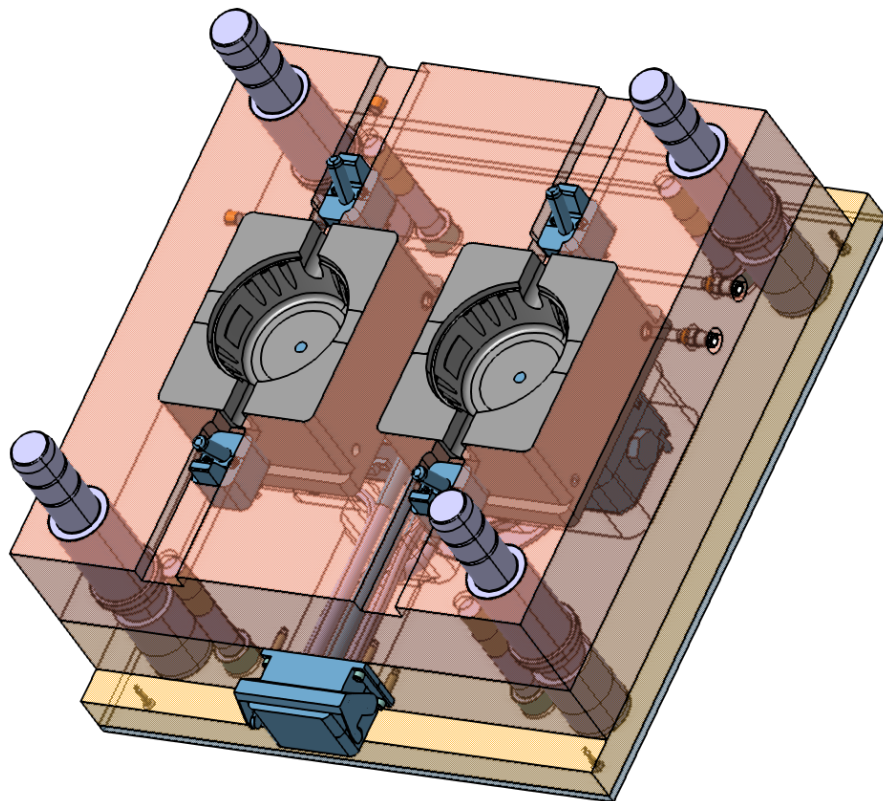
Obr. 26. Pohled na vodící, středící a spojovací prvky

1- pevná část formy; 2- pohyblivá část formy; 3- vyhazovací systém

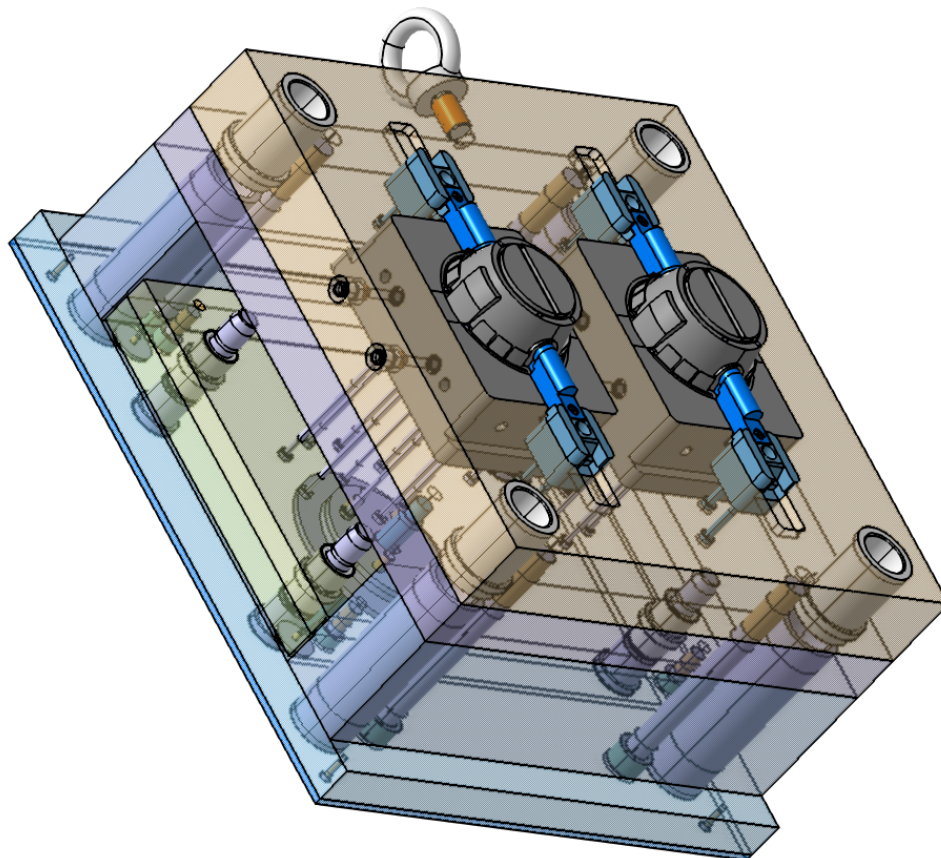
Závěsný šroub s okem, sloužící k manipulaci formy, byl přišroubován v těžišti vstřikovací formy do desky tvárníku. Byl zvolen takový závěsný šroub s okem, aby vyhovoval hmotnosti vstřikovací formy a zaručil tak bezpečnou manipulaci se vstřikovací formou.



Obr. 27. Závěsný šroub s okem



Obr. 28. Náhled do dělicí roviny v pevné části formy



Obr. 29. Náhled do dělicí roviny v pohyblivé části formy

8 PROGRAMY POUŽITÉ K NÁVRHU MODELU A FORMY

8.1 CATIA V5 R20

CATIA (Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application) je integrovaný systém počítačového návrhu, konstruování a výroby (CAD/CAM/CAE). Software je vyvíjený francouzskou firmou Dassault Systèmes a užívaný hlavně v leteckém a automobilovém průmyslu. CATIA je programový systém, který podporuje trojrozměrný interaktivní návrh, výrobu a inovace velmi složitých strojírenských výrobků. [15]

CATIA přináší jedinečnou možnost nejen vytvořit model jakéhokoliv produktu, ale učinit tak zejména v kontextu s očekávaným chováním výsledného výrobku. Designéři, konstruktéři, technologové a všichni spolupracovníci si mohou výrobek lépe představit, přesně definovat a reálně tak tvarovat svět, ve kterém žijeme. [16]

Použité CATIA moduly:

- sketcher
- part design
- assembly design
- core and cavity design
- mold tooling design
- drafting

8.2 Hasco – Dako module R1/2007

Hasco – Dako module je přehledná knihovna, která obsahuje 3D normalizované součásti firmy Hasco. Knihovna obsahuje většinu dílů k sestavení formy, např. desky, rozvodné bloky, vodící prvky, spojovací materiál atd. Součásti je možné přenášet do rozhraní CATIA. Čím více se použije normalizovaných součástí, tím více klesají náklady na výrobu formy.

ZÁVĚR

Předmětem bakalářské práce byla konstrukce vstřikovací formy pro zadaný díl. Zmíněným dílem je kryt, který slouží k připevnění žací struny na rotační hlavě křovinořezu.

První část bakalářské práce se zabývá teoretickou problematikou o polymerech, vstřikovacích strojích a konstrukci formy. V druhé části neboli praktické části byl vytvořen 3D model zadaného dílu a pro něj navrhnutá vstřikovací forma. Díl i forma byly zkonstruovány v programu CATIA V5R20 a snahou bylo použít co nejvíce normalizovaných dílů z knihovny Hasco – Dako module R1/2007. Na závěr byl vytvořen 2D výkres sestavy s kusovníkem.

Materiál zadaného dílu byl vybrán PA6 GF30. Po porovnání technických parametrů formy s parametry vstřikovacích strojů, které jsou k dostání na trhu, byl zvolen vstřikovací stroj od firmy Arburg s obchodním označením Allrounder 420 C Golden Edition. Násobnost formy byla volena dvojnásobná. Navrženy byly dva tvárníky a dvě tvárnice, které se vložily do vybraní v deskách. Tvarové vložky a desky tvoří hlavní dělicí rovinu kolmo ke směru otevírání formy. Boční dělicí roviny tvoří čtyři posuvné čelisti s tvarovými čepy. K odformování dochází za pomoci šikmých čepů. K vyhození výstřiku a vtokového zbytku z formy byl navržen vyhazovací systém s válcovými vyhazovači, jehož zdvih ovládá hydraulický systém vstřikovacího stroje. Vtokový systém byl navržen kombinovaný. Do pravé opěrné desky byl vložen vyhřívaný vtokový systém z katalogu Hasco se dvěma tryskami, které ústí do rozvodných kanálů studeného vtokového systému. Obě dutiny jsou plněny dvěma bodovými ústími a vtokové zbytky jsou zajištěny přidržovačem vtoku. Temperace formy byla navržena tak, aby účinně chladila výstřik na požadovanou vyhazovací teplotu, ale zároveň aby temperační kanály nekolidovaly s vybraním pro trysku a dírami pro vyhazovače. Dutiny musí být temperovány na 80 °C až 110 °C kvůli doporučením teplot od výrobce materiálu. Navrženy byly dva temperační okruhy, jeden v pravé části formy a druhý v levé části formy. Odvzdušnění formy nebylo zahrnuto do návrhu formy. Desky formy byly upravovány pro vhodné spojovací, vodící a středící součásti.

Součástí bakalářské práce jsou přiloženy náhledy do vstřikovací formy P1 a P2.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. SVOBODA, R. Základy technologie vstřikování plastů? S námi je zvládnete. In: *Factory automation.cz - časopis o automatizaci a robotice* [online]. 25. 2. 2016 [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/zaklady-technologie-vstrikovani-plastu-s-nami-je-zvladnete/>
2. BOBČÍK, L. *Formy pro zpracování plastů: I. díl - vstřikování termoplastů*. 2. upr. vyd. Brno: Pobočka Uniplast, 1999, 133 s..
3. BĚHÁLEK, L. In: *Polymery* [online]. 2016 [cit. 2016-12-18]. 23 kapitol. ISBN 978-80-88058-68-7
4. LOYDA, M. et al. *Svařování termoplastů*. 2. dopl. a rozšíř. vyd. Praha: UNO Praha, spol. s.r.o. 2011. ISBN 978-80-904949-9.
5. ZEMAN, L. *Vstřikování plastů..* Praha: Nakladatelství BEN - technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
6. LENFELD, P. In: *Technologie vstřikování* [online]. 2016 [cit. 2016-12-27]. 4 kapitoly. ISBN 978-80-88058-74-8
7. BOBEK, J. In: *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. 2016 [cit. 2017-01-02]. 16 kapitol. ISBN 978-80-88058-65-6
8. *Zápisy z přednášky předmětu konstrukce forem* [prezentace]. Zlín: [cit. 2016].
9. HYNEK, M. a KOLEKTIV. In: *Studené a živé vtokové systémy* [online]. 2013 [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf
10. HYNEK, M. In: *Horké vtoky* [online]. 2013 [cit. 2017-01-09]. Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Horke_vtoky.pdf
11. BĚHÁLEK, L. Vstřikovací formy - 3. temperační systém. In: *Katedry strojírenské technologie technologické univerzity v Liberci* [online]. [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c6/TS.pdf

12. BOBČÍK, L. *Formy pro zpracování plastů: II. díl - vstřikování termoplastů*. Brno: Pobočka Uniplast, 1999, 214 s..
13. *Alibaba* [online]. Dostupné také z: https://www.alibaba.com/product-detail/30-Glass-Fiber-Reinforced-UL94-FR_60390410894.html?spm=a2700.7724857.main07.54.54595b8apvmovf
14. *Arburg* [online]. [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/mediathek/technische_daten/arburg_allrounder_420c_golden_edition_td_523677_en_gb.pdf
15. *Wikipedia* [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/CATIA/>
16. *Technodat* [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.technodat.cz/reseni-a-sluzby/3d-plm/catia>
17. *Custompart.net*. Injection molding [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.custompartnet.com/wu/InjectionMolding>
18. KAZMER, D. O. *Injection Mold Design Engineering*. Vyd: Hanser. 13 kapitol. ISBN-10: 3-446-41266-2, ISBN-13: 978-3-446-41266-8

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

tj.	To je
Obr.	Obrázek
T _g	Teplota skelného přechodu (°C)
Tab.	Tabulka
apod.	A podobně
tzv.	Takzvaně
kN	Kilonewton
mm	Milimetr
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
SVS	Studený vtokový systém
resp.	Respektive
např.	Například
popř.	Popřípadě
3D	Trojrozměrný prostor
2D	Dvojrzměrný prostor
v	Výška
š	Šířka
d	Délka
kg	Kilogram
max.	Maximálně
min.	Minimálně
L/D	Délka/průměr
cm ³	Centimetr kubický
cm ²	Centimetr krychlový

s	Sekunda
°C	Stupně celsia
%	Procento
CAD	Počítačem podporované projektování
CAM	Počítačem podporovaná výroba
CAE	Počítačové inženýrství
PS	Polystyren
PVC	Polyvinylchlorid
PE	Polyetylen
PP	Polypropylen
PE	Polyester
ABS	Akrylonitrilbutadenstyren
EP	Epoxidová pryskyřice
PA	Polyesterová pryskyřice
POM	Polyoximetylen
PC	Polykarbonát
PMMA	Polymethylmetakrylát
PU	Polyuretan
PPO	Polyfenilénoxid
PSU	Polysuflon
PTFE	Tetrafluoretylen
PPS	Polyfenylénsulfid
PI	Polyimid
LDPE	Nízko hustotní polyetylen
HDPE	Vysoko hustotní polyetylen

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Základní rozdělení polymerů.....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 2. Vstřikovací stroj</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 3. Vstřikovací cyklus</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 4. Otevřená forma při vyhazování dílů.....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 5. Vtoková soustava</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 6. Vyhřívání trysky</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 7. Příklad rozváděcího bloku s tryskami</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 8. Princip funkce tepelné trubice.....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 9. Doporučená konstrukce odzdušňovacího kanálu</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 10. Vstřikovaný výrobek – pohledy.....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 11. Vstřikovací stroj Arburg Allrounder 420 C Golden Edition</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 12. Uložení tvárnic v hlavní dělicí rovině a zaformování výstřiku.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 13. Uložení tvárníků v hlavní dělicí rovině a zaformování výstřiku.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 14. Detail hlavní dělicí roviny ve tvarových vložkách.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 15. Detail bočního zaformování</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 16. Pružný přítlačný element.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 17. Systém bočního odformování.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 18. Vyhazovací systém</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 19. Vyhození výstřiku z formy.....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 20. Vyhřívání vtokový systém od firmy Hasco</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 21. Vtokový systém</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 22. Vizualizace temperačních kanálů ve tvarových vložkách.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 23. Temperace tvárnic</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 24. Temperace tvárníků.....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 25. Pohled na středící příruby.....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 26. Pohled na vodící, středící a spojovací prvky.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 27. Závěsný šroub s okem.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 28. Náhled do dělicí roviny v pevné části formy</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 29. Náhled do dělicí roviny v pohyblivé části formy</i>	<i>49</i>

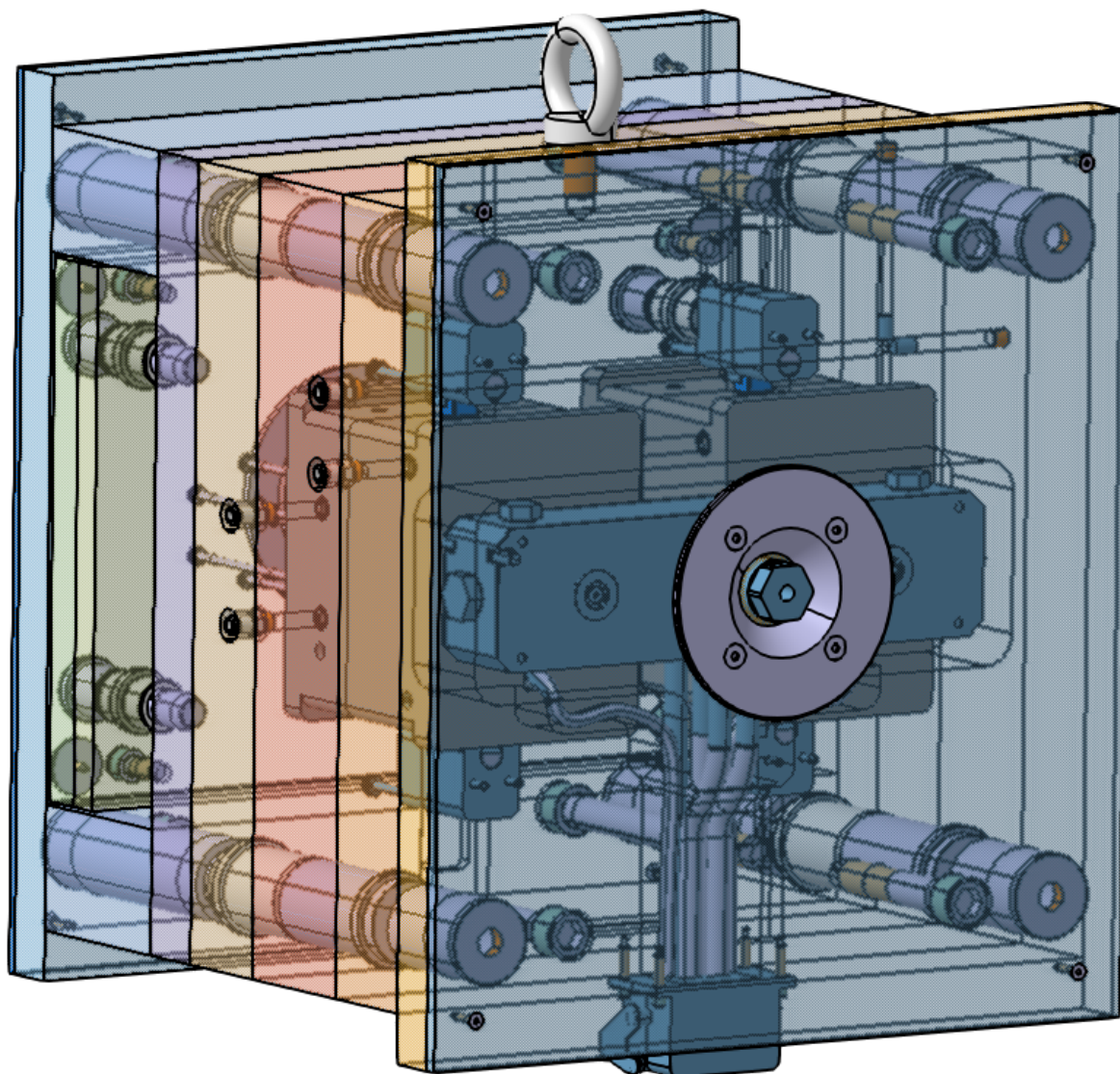
SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Velikost smrštění pro vybrané druhy termoplastu</i>	<i>15</i>
<i>Tab. 2. Fyzické a mechanické vlastnosti materiálu PA6 GF30 [13]</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 3. Technické parametry stroje [14].....</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 4. Technické parametry vstřikovací jednotky [14].....</i>	<i>35</i>

SEZNAM PŘÍLOH

- P I. Vstřikovací forma – pohled z pravé strany
- P II. Vstřikovací forma – pohled z levé strany
- P III. Výkres sestavy formy s kusovníkem
- P IV. CD obsahující
 - Bakalářskou práci v elektronické podobě
 - Sestavu formy ve 3D
 - Výkres sestavy formy s kusovníkem

**PŘÍLOHA P I: VSTŘIKOVACÍ FORMA – POHLED Z PRAVÉ
STRANY**



**PŘÍLOHA P II: VSTŘIKOVACÍ FORMA – POHLED Z LEVÉ
STRANY**

