

Konstrukce vstřikovací formy pro součástku jističe

Jiří Sekanina

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: **Jiří Sekanina**
Osobní číslo: **T14127**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro součástku jističe**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Nakreslete model daného dílu ve 3D.
3. Provedte 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, PhD.
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2018

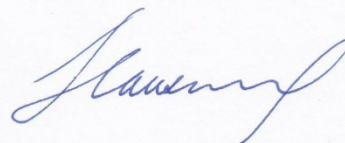
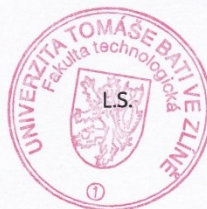
Termín odevzdání bakalářské práce:

18. května 2018

Ve Zlíně dne 28. února 2018



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



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

Příjmení a jméno: SEKANINA JIRÍ

Obor: TECHNOLOGICKÁ ZAKL. ZEM.

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 2.5.2018

Sekanina

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, užíje-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 udělení 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 přihlídá k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Práce je zaměřena na návrh a konstrukci formy pro díl elektrického jističe.

Teoretická část popisuje jednotlivé části formy, technologie zpracování polymerů a postup při návrhu formy pro vstřikování.

V praktické části byl vytvořen zadaný plastový díl, na který byla vytvořena forma v programu CATIA.

Klíčová slova: Forma, vstřikování, polymer

ABSTRACT

The bachelor's thesis focus on design and construction of injection mold for part of circuit breaker.

The theoretical part describe each part of the Injection mold, technologies focused on manufacturing polymers and operating procedure at design of injection mold for injection.

The practical part focus on design and creation of assigned plastic part and injection mold on this part in program CATIA.

Keywords: Injection Mold, Injection, Polymer

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Vojtěchu Šenkeříkovi, Ph.D. za odborné vedení, rady a návrhy při vypracovávání mé bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POLYMERNÍ MATERIÁLY	12
1.1 POLYMERY	12
1.1.1 Termoplasty.....	12
1.1.2 Reaktoplasty.....	12
1.1.3 Elastomery.....	12
1.2 VLASTNOSTI POLYMERŮ.....	13
2 TECHNOLOGIE NA ZPRACOVÁNÍ POLYMERŮ	14
3 VSTŘIKOVÁNÍ	15
3.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	15
3.2 VSTŘIKOVACÍ STROJE.....	16
3.2.1 Šnekové vstřikovací stroje	16
4 NÁVRH A KONSTRUKCE VÝROBKU	17
4.1 VADY VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ.....	17
5 VSTŘIKOVACÍ FORMA	18
5.1 MATERIÁLY VSTŘIKOVACÍCH FOREM	19
5.2 NÁSOBNOST FORMY	19
5.3 SMRŠTĚNÍ VÝROBKU	19
5.4 NÁVRH FORMY	20
5.5 VYHAZOVCÍ SYSTÉM.....	20
5.5.1 Mechanické vyhazovače	21
5.5.2 Pneumatické vyhazovače	21
5.5.3 Hydraulické vyhazovače	22
5.6 TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	22
5.7 VTOKOVÉ SYSTÉMY	23
5.7.1 Studené vtokové systémy (SVS).....	23
5.7.2 Vtoková ústí	24
5.7.3 Vyhřívané vtokové systémy (VVS)	25
II PRAKTICKÁ ČÁST	27
6 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	28
7 MODEL A MATERIÁL VÝROBKU	29
7.1 MODEL VÝROBKU	29
8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	30
8.1 ODFORMOVÁNÍ VÝROBKU	30
8.2 FORMA	30
8.3 PRAVÁ ČÁST FORMY.....	32
8.3.1 Izolační deska.....	33
8.3.2 Upínací deska.....	33
8.3.3 Opěrná deska	34
8.3.4 Pojistná deska.....	34

8.3.5	Kotevní deska.....	35
8.3.6	Tvarová vložka (tvárnice)	35
8.3.7	Vyhřívaný vtokový systém	36
8.3.8	Kabeláž a elektrická koncovka.....	36
8.4	LEVÁ ČÁST FORMY	37
8.4.1	Kotevní deska.....	38
8.4.2	Tvarová vložka (tvárník).....	39
8.5	ODFORMOVÁNÍ.....	40
8.6	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	42
8.7	TEMPERAČNÍ OBVOD	42
8.8	ODVZDUŠNĚNÍ.....	44
9	POUŽITÝ SOFTWARE	45
9.1	DS CATIA V5/R19	45
9.2	HASCO DACO MODUL.....	45
	ZÁVĚR	46
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	47
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	49
	SEZNAM OBRÁZKŮ	50
	SEZNAM TABULEK.....	52
	SEZNAM PŘÍLOH.....	53

ÚVOD

Polymery zaujímají na trhu stále větší a větší podíl. Díky svým vlastnostem, zpracováním a dostupností vytlačují materiály jako kov, keramiku, sklo. Největší procento ve výrobě a zpracování polymerních výrobků zaujímá vstřikování. Vstřikování jako technologie využívá formy.

Výroba forem zahrnuje technologické postupy a zásady pro vytvoření fungující formy. Pro každý výrobek se musí vytvářet nová forma. Každá forma je unikátní. Skládá se z různých částí. Z finančního hlediska je výroba forem a všech její částí finančně náročné. Proto se na trhu objevili firmy specializující se na výrobu normalizovaných částí forem jako Hasco, Strack, DME. To umožnilo snížení nákladů na výrobu forem a umožnilo menším firmám zpřístupnit technologii vstřikování.

Vývoj 3D a CAD programů umožnilo zjednodušit a zkvalitnit konstruování forem a vytvoření 2D dokumentace z těchto programů. Také se pomocí programů dá ověřit správná funkčnost jednotlivých součástí forem jako je analýza toku taveniny ve formě, účinnost temperačního systému a zamezení výroby chybných nebo špatně fungujících částí formy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERNÍ MATERIÁLY

Pro vstřikování se využívají polymery, které jsou tvořeny makromolekulárními látkami. Označují skupinu syntetických nebo polysyntetických polymerních materiálů.

1.1 Polymery

Polymery můžeme rozdělit podle několika kritérií. Základní rozdělení je na plasty a elastomery. Plasty se dále dělí na termoplasty a reaktoplasty. Polymery lze vzájemně mísit a přidávat různé plniva pro zlepšení jejich vlastností. Což rozšiřuje ještě více použitelnost polymerů v průmyslu. [1, 22]

1.1.1 Termoplasty

Materiály, které po zahřátí přechází do plastického stavu (měknou) a lze je dále tvářet. K tavení dochází při zahřátí termoplastů nad teplotu tání, po ochlazení pod tuto teplotu opět tuhnou a stávají se opět tuhými. Při tomto procesu nedochází k chemickým změnám v termoplastu. Dochází pouze ke změnám fyzikálním a tím je tento proces vratný a jsme jej schopni opakovat (teoreticky do nekonečna). Termoplasty mohou být jak amorfní, tak i semikrystalické. Typické termoplasty jsou PVC, PE, PP, PS, POM a další. [1, 22]

1.1.2 Reaktoplasty

Tyto materiály jsou tavitelné a tvarovatelné pouze určitou dobu po zahřátí. Při zahřívání nebo použitím katalyzátorů dochází k chemické změně neboli zesíťování molekul uvnitř reaktoplastu. Díky zesíťování dochází k vytvrzení plastu. Na rozdíl od termoplastů nelze tento proces opakovat a po vytvrzení už nelze nadále tvářet ani tavit. Výrobky z reaktoplastu se vyznačují vysokou chemickou i tepelnou odolností. [1, 22]

1.1.3 Elastomery

Materiály, které jsou velice pružné a vyznačují malou tuhostí. Lze je deformovat bez trvalého poškození a většinou je deformace vratná, což ve výsledku znamená, že po zdeformování se vrátí do původního tvaru. Nejčastější elastomer je kaučuk. Chemickým zesíťováním (vulkanizací, nejčastěji pomocí síry) vznikne materiál zvaný pryž. [1, 22]

1.2 Vlastnosti polymerů

Na světovém trhu je k dostání hodně typů polymerů. Z velké části se v praxi využívá pouze malá část těchto polymerů. Nabídka polymerů se neustále mění díky vývoji nových anebo modifikací stávajících polymerů. Vývoj a změna je způsobena neustálými požadavky na výsledné výrobky z plastů, zlepšování jejich vlastností a stále většímu nahrazování kovů právě polymery.

Mezi vlastnosti většiny polymerů patří malá měrná hmotnost, což ve výsledku znamená, že výrobky z polymerů jsou lehčí než stejné výrobky z kovů a v mnoha případech také levnější. Mezi další vlastnosti patří odolnost proti korodování. Jsou elektricky a tepelně nevodivé, jsou výborně zpracovatelné. Mohou se upravovat vstříkáním, válcováním, svařováním, stříkáním, lisováním, vytlačováním nebo obráběním. Některé polymery nebo jejich směsi dosahují podobných nebo stejných vlastností jako samy kovy.

Mezi negativní vlastnosti patří stárnutí polymerů v čase a náchylnost na vnější vlivy jakožto vítr, déšť, sluneční svit. Při dlouhodobém používání klesají mechanické vlastnosti výrobků z polymeru. S výjimkou termoplastů, které mohou být následně opět recyklovány, vzniká problém s odpadem. [2, 22, 26]

2 TECHNOLOGIE NA ZPRACOVÁNÍ POLYMERŮ

Pro zpracování plastů můžeme zvolit několik technologií. Výběr technologie závisí na vlastnostech vstříkovaného polymeru, tvaru finálního výrobku a jeho pracovní podmínky, které musí splnit během své životnosti. Tyto technologie lze rozdělit na tvářecí, tvarovací a doplňkové technologie.

Tvářecí technologie jsou technologie, které přetváří pevný materiál na taveninu za působení teploty a tlaku. Mezi tyto technologie patří vstříkování, lisování, válcování, vytlačování a další.

Tvarovací technologie přetváří polotovary do finálního výrobku. Mezi tyto technologie lze zařadit jakékoli následné operace s polotovarem ohýbání, sekání, obrábění, řezání.

Doplňkové technologie, do kterých se řadí jakákoliv úprava materiálu před jeho zpracováním jako míchání, sušení, granulace. Řadí se tu také úpravy finálních výrobků jako leštění a lakování.

Samotné zpracování probíhá při podmínkách, které nám umožňují dodat výrobku výsledný tvar bez ovlivnění jejich vlastností. Zvolená technologie zpracování ovlivňuje cenu a produktivitu. Proto musíme zvolit nejvhodnější technologii k výrobě daného výrobku. [2]

3 VSTŘIKOVÁNÍ

Jedná se o nejvíce rozšířenou technologii na zpracování plastů. Vstřikování je cyklická tvářecí technologie pro zpracování polymerů. Při vstřikování se vyrábí jak konečné výrobky, polotovary nebo díly na následné zkompletování. Výrobky vyrobené vstřikováním jsou tvarově a rozměrově velmi přesné a jsou schopni vyrábět výrobky se stejnými fyzikálními i mechanickými vlastnostmi. Vstřikováním se dá zpracovat většina termoplastů. V menší míře se využívá pro vstřikování reaktoplastu a kaučuků.

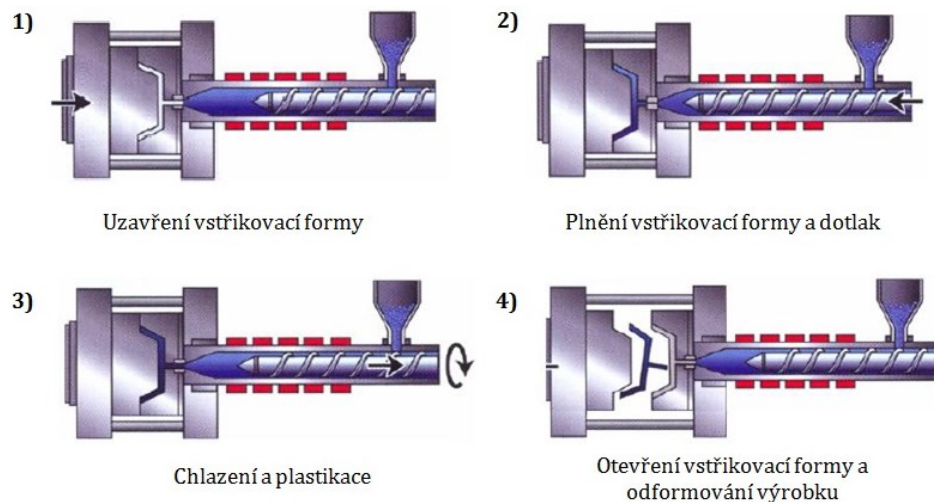
Principem vstřikování je převedení granulátu polymeru do tekutého stavu tzv. taveniny, která je následně vstříknuta vysokou rychlostí do vnitřní dutiny formy pomocí šneku nebo pístu. Následně díky chlazení tavenina ztuhne a vznikne tak výsledný výrobek kopírující dutinu formy se smrštěním způsobené chladnutím polymerní taveniny.

Mezi výhody vstřikování patří malý čas jednoho cyklu, možnost výroby složitých výrobků s dobrou rozměrovou přesností a povrchovou úpravou, která ovšem závisí na kvalitě povrchu dutiny formy. Díky vstřikování do formy můžou odpadnout dokončovací práce jako broušení a leštění.

Nevýhodou vstřikování je nutnost návrhu a konstrukce samotné formy, která je mnohem větší a složitější než samotný výrobek. Vysoké vstupní náklady, které jsou způsobené nutností návrhu, konstrukce, montáží jednotlivých dílů formy, přípravou formy a zkoušek před spuštěním samotné výroby. [2, 26]

3.1 Vstřikovací cyklus

Jedná se o sled vzájemně propojených a navazujících kroků při vstřikování Obr. 1. Granulát je zpracováván ve vstřikovací stroji. Dochází k uzavření formy a příjezdu vstřikovací jednotky. Po příjezdu vstřikovací jednotky dochází ke vstříknutí taveniny do formy a následný dotlak ke snížení smrštění způsobené chlazením. Následuje chlazení a odjezd plastifikační jednotky. V plastifikační jednotce dochází k plastifikaci další dávky pro další vstřikování. Po chlazení následuje otevření formy, vyhození výrobku a prodleva v plastifikační jednotce. Následně se celý proces opakuje. Nejdelší časový úsek zaujímá chlazení a dotlak. Při výrobě výrobku ve formě dochází ke smrštění výrobku 90 % z celkového smrštění. [2, 9]



Obr. 1 Vstřikovací cyklus [13]

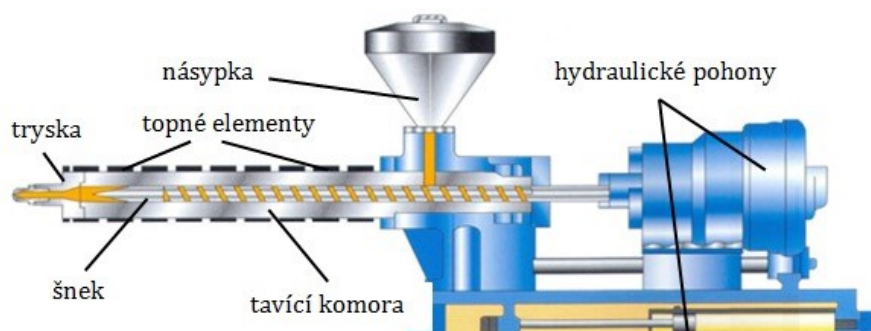
3.2 Vstřikovací stroje

Zařízení určené k plastifikaci potřebné dávky polymeru a následné vstříknutí do vnitřní dutiny uzavřené formy. Vstřikovací stroje můžeme rozdělit do několika skupin. Podle typu pohonu, zpracovávaného polymeru, pracovní části uvnitř stroje, počtu šneků a podobně.

Vstřikovací stroje jsou poháněny hydraulickými, elektrickými nebo kombinací těchto dvou typů motorů. Mezi výhody hydraulického motoru patří plynulost pohybu, rychlý start nebo ukončení pohybu. Elektrické motory jsou snadno ovladatelné, přesné s vysokou tuhostí. [3]

3.2.1 Šnekové vstřikovací stroje

Pracují na stejném principu jako pístové vstřikovací stroje. Místo pracovního členu v podobě pístu je využíván šnek. Díky svému tvaru, rotaci, zpracování šneku a válce dochází k lepším homogenizaci směsi než v pístových vstřikovacích strojích pomocí torpéda. Při posunu granulátu šnekem dochází k tavení působením tření spolu s topnými patronami umístěnými na válci. [3]



Obr. 2 Šnekový vstřikovací stroj [14]

4 NÁVRH A KONSTRUKCE VÝROBKU

Tvar a vlastnosti výrobku musí odpovídat zvolenému polymeru a technologii. Daný výrobek musí být co nejsnadněji vyrobitelný zvolenou technologií a musí být ekonomicky výhodné ho touto technologií vyrábět.

Při výrobě složitých výrobků, je náročnější dodržet požadované rozměry. K výrobě potřebujeme složitější nástroj a tím rostou náklady na výrobu samotného výrobku. Na druhou stranu u jednodušších výrobků se zlepšují pevnostní podmínky, snadněji se dodržují požadované rozměry a snižuje se cena výroby.

Vstříkované výrobky nelze vyrobit ve stejné kvalitě a jakosti jako kovové výrobky. Rozměry výrobku jsou hlavními ukazateli přesnosti. Běžná přesnost u polymerních výrobků se pohybuje v rozmezí IT 12 až IT 15. Zvýšená přesnost rozměrů v rozmezí IT 9 až IT 10. [5, 9]

Konstrukce výrobku musí odpovídat a zohledňovat vhodnou polohu dělicí roviny, způsob jakým bude výrobek zaformován, vyhazovací a vtokový systém, odvodušnění a úkosy. Při konstrukci by se měl konstruktér vyvarovat náhlým přechodům v tloušťkách stěn. Na výrobku by se neměli nacházet ostré hrany. Místo plných výrobků by se mělo snažit využít žebrování, které zabrání vadám jako jsou propadliny a zvýší celkovou pevnost a tuhost výrobku. Využití úkosů ke snadnějšímu vyjmutí výrobku s formy bez případného poškození. Dodržení těchto zásad by mělo zamezit k nechtěným vadám ve výrobku. [5, 6, 9]

4.1 Vady vstříkovaných výrobků

Nedodržování zásad při návrhu výrobku a špatným technologickým podmínkám může dojít k vadám na vstříkovaném výrobku. Mezi technologické podmínky se řadí vstříkovací tlak, teplota samotné taveniny, teplota formy a rychlost vyplnění dutiny formy. Špatně zvolené technologické podmínky a jejich následné odstranění způsobí zpoždění výroby, možné poškození částí formy a tím i prodražení celé výroby a formy. Některé vady jsou popsány níže.

Lámavost materiálu může být způsobena nedostatečným vysušením materiálu nebo jeho degradací. K **deformaci** samotného výrobku dochází při nedostačující době chlazení, špatně zvoleném vyhazovacím systému nebo materiálu. **Bublíny** vznikají špatným odvodušněním formy, nízkým vstříkovacím tlakem, nízkou teplotou formy nebo špatnou

konstrukcí výrobku. **Propadliny** vznikají při nízkém vstřikovacím tlaku, při vysoké teplotě formy, špatnému odvodu tepla, malém vtoku nebo délce toku taveniny. **Přetoky** vznikají při nedostačující uzavírací síle, vysokém vstřikovacím tlaku, znečištěném povrchu dělicí roviny nebo vysokou teplotou taveniny při zpracování. [5, 6, 9]

5 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Forma je nástroj sestavená z mnoha součástí a dává vstřikované tavenině konečný vzhled výrobku. Formu jako celek můžeme pravou a levou část kdy levá strana je pohyblivá. Na levé straně se také nachází vyhazovací systém a je nutné, aby po otevření formy zůstal výrobek na levé straně a mohl být z formy vyhozen bez jakéhokoli poškození. Z důvodu vysoké ceny výroby jsou některé části normalizované a dají se koupit u specializovaných prodejců. Koupě normalizovaných součástí snižuje výslednou cenu formy. Také odpadá nutnost vlastní výroby většiny částí formy a stačí si vybrat požadované součásti z katalogu zmíněných firem. Při poškození některé části formy a objednáním nové části si můžeme být jistí, že dodaná součást bude fungovat a pasovat k ostatním součástem formy jako ta původní. V případě neodpovídajícím výběru rozměrů z normalizovaných součástí u výrobců, nezbyvá nic jiného než celou formu vyrobít. K výrobě formy je potřeba velký počet strojů. Mezi tyto stroje řadíme CNC frézka, soustruh, bruska, pila, vrtačka. Náklady na pořízení jednotlivých strojů a obsluhu s praxí nejsou zrovna malé. [9, 23]



Obr. 3 Vstřikovací forma [4]

5.1 Materiály vstřikovacích forem

Formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných součástí. Od formy se očekává požadovaná kvalita a životnost za nízkých nákladů. S tímto souvisí volba správného materiálu na základě provozních podmínek. Provozní podmínky závisí na použitém polymeru, přesnosti výrobku, typem vstřikovacího stroje a podmínkami samotného vstřikování. Tímto se nám výběr materiálu zúží na užší sortiment materiálu o potřebných vlastnostech. Upřednostňujeme materiály s univerzálními vhodnými vlastnostmi. Tyto materiály jsou nejčastěji oceli, slitiny kovů jako měď a hliník. Izolační materiály nebo materiály s nízkou tepelnou vodivostí.

Kvalitu vstřikovací formy ovlivňuje několik faktorů jako samotná konstrukce formy, zacházení s formou v průběhu výrobního provozu a zvolený materiál, z kterého je forma vyrobena.

Jednotlivé části formy plní rozličné úkoly a jsou na ně kladené jiné požadavky. Materiály pro jednotlivé díly musí splňovat různé vlastnosti jako dobrá obrobiteľnosť, vhodné fyzikální vlastnosti, odolnosť proti oděru, korodování a samotnému vlivu vstřikovaného polymeru. [9, 23]

5.2 Násobnosť formy

Násobnosť formy určuje kolik má forma tvarových dutin a tím pádem kolik výrobků se vyrobí při jednom průběhu cyklu. Násobnosť volíme podle složitosti a tvaru výrobku, kapacity plastifikační jednotky, požadavku na výrobu počtu kusů a především cena samotné formy. [7]

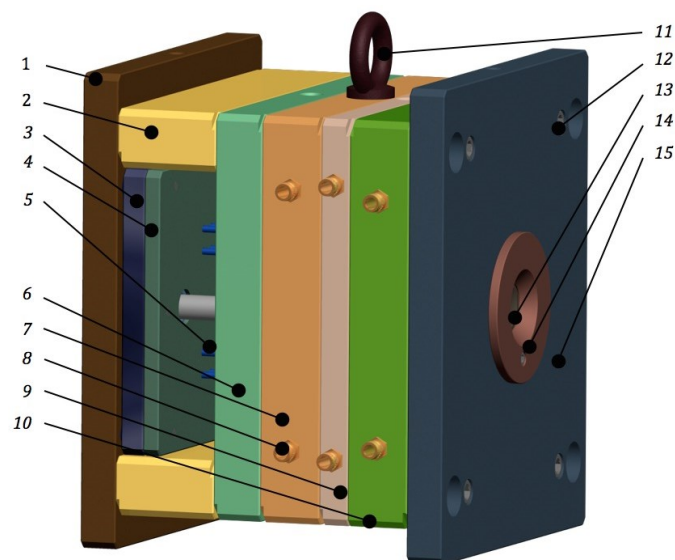
5.3 Smrštění výrobku

Smrštění se udává v procentech a jedná se o změnu skutečného rozměru k rozměru dutiny formy. Výrobní smrštění je přibližně 90% z celkového smrštění a dodatečné smrštění 10%. Smrštění závisí na tvaru výrobku a není ve všech směrech stejné. Nastavení rozměru formy není jednoduchá záležitost, jelikož smrštění se mění v závislosti na směru toku tavení, orientaci molekul, plnivy a tvarem. [9]

5.4 Návrh formy

Při návrhu formy vycházíme z výkresové dokumentace výrobku dle jeho tvaru, rozměrů a technologických podmínek. Dobrá spolupráce mezi návrhářem a konstruktérem formy je k úspěšnému dokončení kvalitní formy klíčová. [9]

Postup návrhu formy by měl začínat posouzením výkresu. Dále zvolení dělicí roviny. V případě potřeby i vedlejší dělicí roviny. Dimenzování vnitřní dutiny formy a stanovení rozložení temperančního a vtokového systému. Navržení samotného rámu formy pro správnou funkčnost a bezpečnost. [9, 23]



Obr. 4 Jednotlivé části formy [15]

- 1) upínací deska levé strany formy, 2) rozpěrná deska, 3) vyhazovací deska opěrná,
- 4) vyhazovací deska kotevní, 5) vyhazovač, 6) opěrná deska, 7) kotevní deska levá,
- 8) přípojka chlazení, 9) „C“ deska, 10) kotevní deska pravá, 11) manipulační oko,
- 12) hlavní montážní šrouby, 13) vtoková vložka, 14) středící kroužek, 15) upínací deska pravá

5.5 Vyhazovací systém

Vyhazovače mají za úkol vytlačit výrobek i vtokový zbytek z formy. Samotný proces se dělí na pohyb vpřed a na pohyb zpět. Pohybem vpřed dochází k samotnému vyhazování. Pohybem vzad se vyhazovače vrací do původní polohy. Pro snadné vyhození výrobku se doporučuje dodržovat zásady. Mezi zásady patří úkosovitost výrobku alespoň $0^{\circ}30'$ ve směru vyhazování. Vyhazovací síla by měla působit na výrobek rovnoměrně a stopa po vyhazovači by měla být co nejmenší. Musíme zajistit potřebnou vyhazovací sílu. Velikost vyhazovací síly závisí na velikosti smrštění, tvaru a složitosti výrobku, na stavu dutiny

formy, technologickým podmínkám. Dá se zjistit pomocí tlaku způsobeného smrštěním ve formě vyvolávající tření. V praxi se tato hodnota nezjišťuje, hodnota vyhazovací síly je vždy předdimenzována nebo odzkoušena. Ve většině případů jsou vyhazovače umístěny ve vyhazovacích deskách, které jsou vedeny vodícími čepy ve vodících pouzdrech. Proti dosednutí v krajní pozici jsou zabezpečeny dorazy. Můžeme mít několik typů vyhazovacího systému. Ty hlavní způsoby vyhazování můžeme rozdělit na mechanické vyhazovače, pneumatické a hydraulické vyhazovače. [8, 9]

5.5.1 Mechanické vyhazovače

Vyhazovací kolíky

Nejčastější a nejlevnější způsob vyhazování výrobků. Výrobně jednoduché a funkčně zaručené. Umístění kolíků proti nepohledové stěně nebo proti žebro, které se nesmí deformovat při vyhazování. Správná volba typu kolíku a jeho umístění umožní správnou funkčnost a vyhození výrobku bez zbytečného poškození. [9, 10]

Stírací desky

Stírací deska působí po celém obvodu výrobku. Z toho vyplývá velká styčná plocha, která nezanechává stopy na výrobku. Deformace je minimální a vyhazovací síla je velká. Využívá se především u velkých výrobků a vícenásobných forem. Použití je omezeno tvarem výrobku. Dosedací plocha musí být rovnoběžná se stírací deskou. [9, 10]

Šikmé vyhazovače

Jedná se o speciální formu mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky jsou usazeny pod různými úhly k dělicí rovině. Využívá se pro výrobky se zápichy bez nutnosti využívání čelistových mechanismů. [9]

Vícestupňové vyhazování

Umožňuje nám vyhazovat výrobek v různém časovém úseku vyhazování.

5.5.2 Pneumatické vyhazovače

Vyhazování probíhá za pomoci stlačeného vzduchu. Mezi hlavní výhody patří rovnoměrné rozložení vzduchu při oddělování výrobku a stopy po vyhazovači. Lze je používat na některé tvary výrobku. [9, 10]

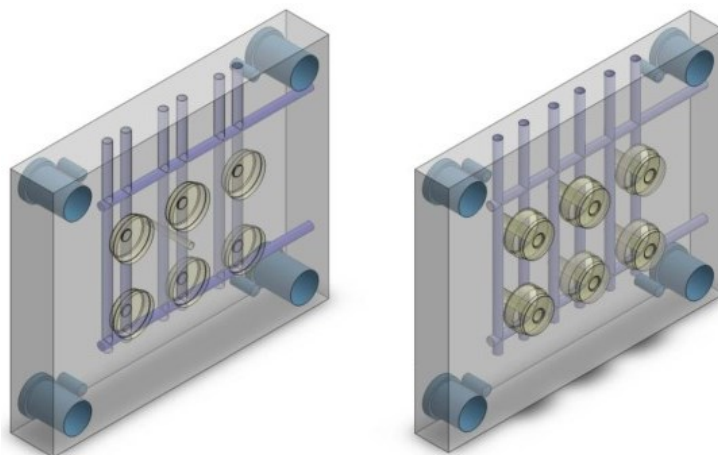
5.5.3 Hydraulické vyhazovače

Využívá se k ovládní mechanických vyhazovačů, čelistí a ovládní těžkých jader. Hydraulické vyhazovače jsou zabudovány v určených místech formy. [9, 10]

5.6 Temperační systém

Temperace slouží k udržování stálé teploty formy v průběhu výrobního cyklu. Před začátkem procesu vstřikování se forma musí vyhřát do pracovní teploty. Teplota formy je vyšší než teplota pokojová a menší než teplota vstřikovací. Tavenina proudící ve formě předává část své teploty do formy a ta musí být odvedena z formy pryč pomocí temperačního systému. Temperační systém je soustava kanálků, v kterých proudí kapalina nebo vzduch. Umístění kanálků musí být v dostatečné blízkosti ke tvarové dutině formy bez ohrožení tuhosti formy. Soustava kanálků musí zajistit dostatečný odvod nebo přívod tepla z nebo do formy. Chladicí kapalina by měla proudit od nejteplejšího k nejchladnějšímu místu formy a v oblasti vtokových ústí a trysek. U ohřevu opačně. [9, 11, 25]

Ve směru toku média se nesmí vytvářet mrtvé kouty, kde by se mohli usazovat nečistoty. Samotný průměr kanálků by neměl být menší než 6 mm kvůli zamezení ucpávání. Pravidelnou údržbou kanálků se dosáhne velmi vysoké účinnosti. Konstrukce kanálků je nutno konstruovat tak, aby se dali vzájemně propojovat a vytvořit tak okruh pro proudící médium. V praxi se navrhuje převážně podle zkušeností konstruktéra. Zvýšení výkonu temperačního systému lze dosáhnout změnou vzdálenosti kanálků, zvolením materiálu s větší teplotní prostupností nebo přidáním dalších větví do obvodu. [9, 11, 25, 25]



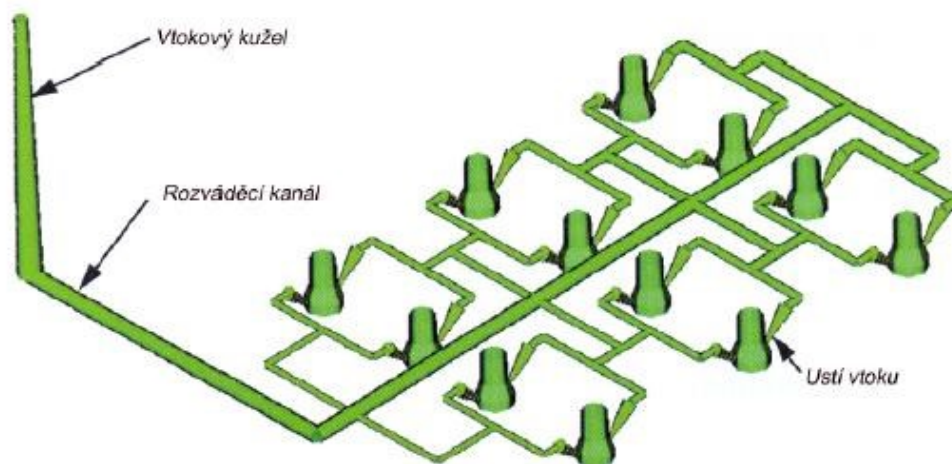
Obr. 5 Temperační systém [8]

5.7 Vtokové systémy

Jedná se o systém vzájemně propojených kanálů spojující ústí vstřiku s vnitřními dutinami formy. Úkolem vtokového systému je co v nejkratším čase a minimálním odporem naplnit vnitřní dutiny taveninou. Musí zajistit plnění všech dutin taveninou polymeru ve stejný čas. Konstrukce vtokového systému ovlivňuje výslednou kvalitu výrobku. Tvar, umístění a rozměry vtokového systému ovlivňuje samotný tvar a vzhled výrobku. Špatné umístění vtokového systému způsobí další dodatečné operace jako začišťování a další opracování. Zvolením správného typu vtokového systému můžeme výrazně ovlivnit spotřebu materiálu. Vtokové systémy můžeme rozdělit na dva základní systémy. [8, 9]

5.7.1 Studené vtokové systémy (SVS)

U SVS zůstává vtokový zbytek. Tento zbytek je potřeba při otevírání a vyhazování výrobku taktéž odstranit. K odstranění vtokového zbytku může docházet přímo při otevírání formy za pomoci různých konstrukčních prvků formy. Další možností je manuálně odstraňovat vtokový zbytek z výrobku. Tato možnost ovšem vyžaduje další čas k zhotovení finálního výrobku, pracovníka a zvyšuje tím konečnou cenu. Proto se využívá určitých konstrukčních prvků k oddělení vtokového zbytku při otevírání formy. [8, 9]

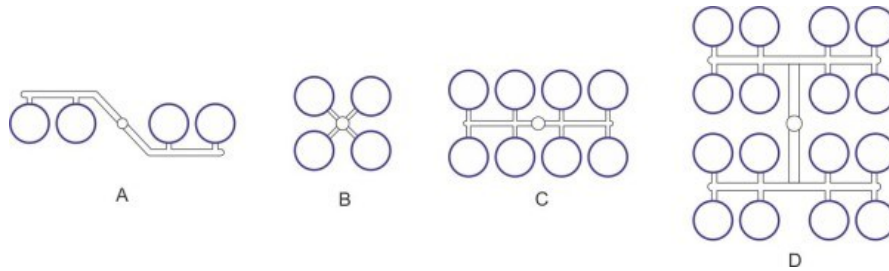


Obr. 6 Studený vtokový systém

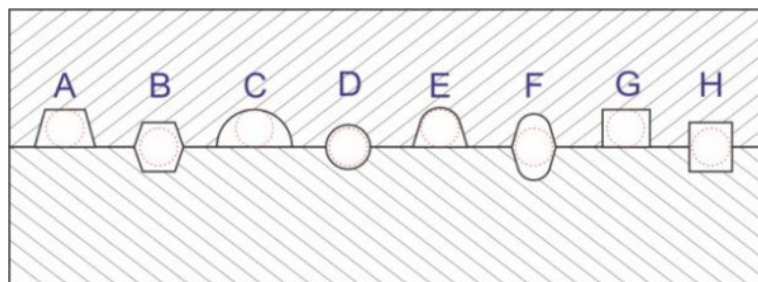
Konstrukce SVS

Při vytváření SVS musíme zaručit malý odpor při průtoku taveniny. Délka kanálů by měla být co nejmenší. V případě vícenásobných forem musíme rozvrhnout vtokový systém tak, aby se tavenina dostala ke každé dutině ve stejný čas a pod stejným tlakem. Správné rozložení vtokového systému nám zajistí stejné technologické podmínky pro všechny

výrobky ve formě. Nejvhodnější rozmístění je proto tvaru hvězdy nebo kříže. SVS je vhodný pro menší série. Průřezy A, C, E, G, jsou konstrukčně vhodné. [8, 9, 16]



Obr. 7 Uspořádání vtoků [8]

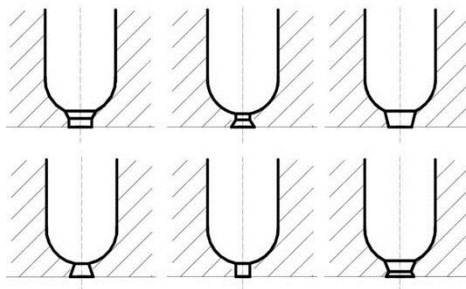


Obr. 8 Průřezy vtoků [8]

5.7.2 Vtoková ústí

Bodový vtok

Zúžením vtokového kanálu vytvoříme vtokové ústí. Toto zúžení přispívá ke zvýšení teploty taveniny, které v průběhu toku ztrácí svoji teplotu. Vyžaduje třídeskový systém formy. [8, 9]



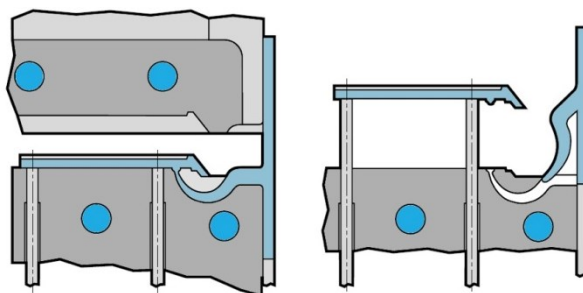
Obr. 9 Bodové vtokové ústí

Tunelový vtok

Jedná se speciální případ bodového vtoku, mezi které se řadí i srpkovitý (banánový) vtok. K oddělení vtokového zbytku dochází při otevření formy. Odpadá nutnost konstrukce třídeskového systému formy. [9]

Srpkovitý vtok

Používá v případě kdy je kladen důraz na kvalitu povrchu a stopa po vtoku nesmí být na pohledové straně. Není vhodný pro křehké materiály. [9]



Obr. 10 Srpkovitý vtok [15]

Boční vtok

Nejrozšířenější a nejpoužívanější vtokové ústí. Vtokové ústí leží v dělicí rovině. Při odformování nedochází ve většině případů k jeho oddělení. [9]

Filmový vtok

Volí pro výrobky s požadavkem na vyšší kvalitu. Rozvod taveniny do dutiny není rovnoměrné. [8, 9]

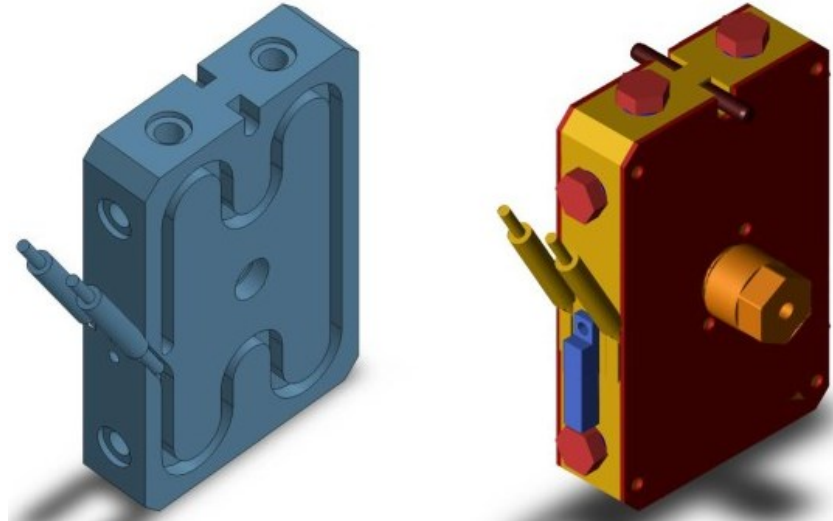
5.7.3 Vyhřívání vtokové systémy (VVS)

VVS se využívá u složitějších forem pro velké výrobní série. Formy využívající VVS musí být robustnější a tím i dražší. Využívá se pro větší série. Oproti SVS nevzniká vtokový zbytek, odpadají problémy s manipulací a recyklací vtokových zbytků, umožňuje automatizaci výroby (zkrácení výrobního cyklu). Systém má vlastní regulaci teploty, snadnou montáž a údržbu. Technologicky jsou náročnější a dražší. Využívá se systém vyhřívání bloků a trysek k rozvodu taveniny. [9]

Vyhřívání rozvodné bloky

Slouží k rozvodu taveniny pro vícenásobné formy. Využívá se v kombinaci s vyhříváními nebo izolovanými tryskami. Vyhřívání rozvodný blok musí být rovnoměrně vytápěn

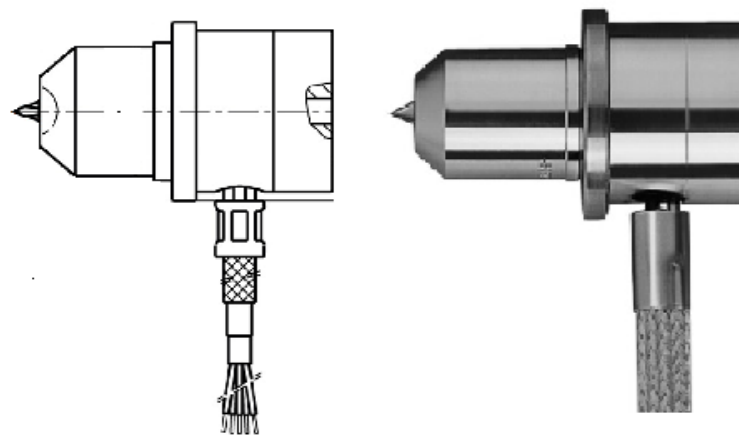
k dosažení maximální efektivity a je uložen v pravé straně formy. Konstrukce je vyráběn ve tvaru písmen I, H, X, Y, hvězdy. Vyhřívání je zajištěno pomocí topných hadů, patron podobně, záleží dle preferencí výrobce. [9, 24]



Obr. 11 Vyhřívání blok [8]

Vyhřívání trysky

Konstrukce vstřikovací trysky umožňuje spojení vstřikovacího stroje s vnitřní dutinou formy a dokonalou izolaci trysky. Tryska má vlastní zdroj tepla a regulaci a zlepšuje technologické podmínky. Trysku spolu s vyhříváními rozvodnými bloky lze koupit od specializovaných výrobců s velkou škálou výběru. [9]



Obr. 12 Vyhřívání tryska [12]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cíle bakalářské práce:

- 1) Vypracovat literární studii na téma konstrukce vstříkovací formy dle zadané literatury.
- 2) Vytvořit model zadaného dílu ve 3D.
- 3) Zkonstruovat formu pro zadaný díl ve 3D.
- 4) Posledním cílem je vytvořit výkresovou dokumentaci k vytvořené vstříkovací formě.

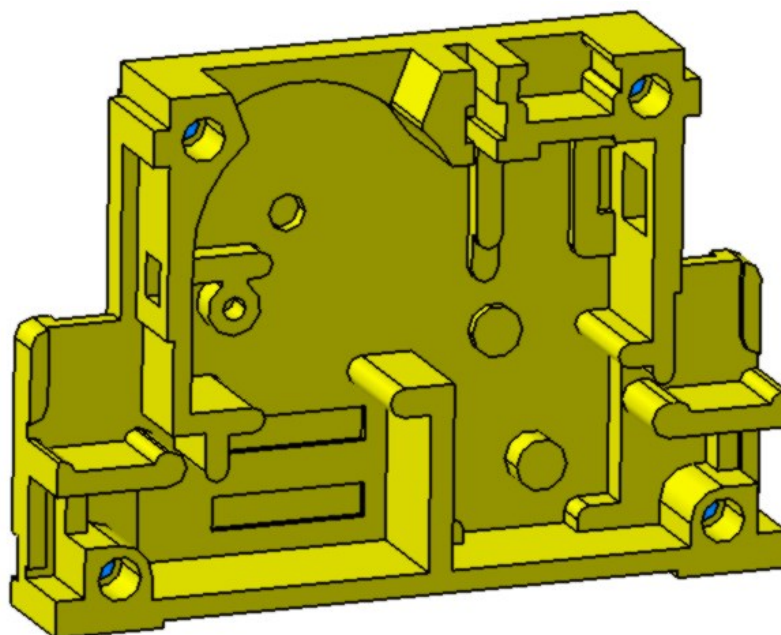
Teoretická část bakalářské práce byla věnována problematice konstrukce formy, vstříkovaním polymerů, jednotlivým materiálům, vadám výrobků při nesprávné konstrukci formy a zásadám při konstrukci forem.

V praktické části bakalářské práce byl za cíl vypracovat model daného dílu ve 3D. Pro vytváření 3D modelu byl zvolen program CATIA V5/R19. Následně byl vytvořen návrh a konstrukce vstříkovací formy ve 3D pro zadaný díl ve stejném programu. Posledním cílem bylo vytvořit výkresovou dokumentaci k vytvořené formě. Při vytváření formy byl rovněž využit program na generování normálii Hasco Dako Modul.

7 MODEL A MATERIÁL VÝROBKU

7.1 Model výrobku

Vzorový výrobek je součástí krytu elektrického jističe, který byl inspirací pro vytváření 3D model, na který byl vytvořen 3D sestava vstřikovací formy.



Obr. 13 3D model elektrického jističe

Tab. 1 Vybrané rozměry modelu výrobku

Rozměr	Hodnota	Jednotka
Výška	102,4	mm
Délka	72,2	mm
Šířka	19,2	mm
Objem	43,15	cm ³
Hmotnost	0,045	kg

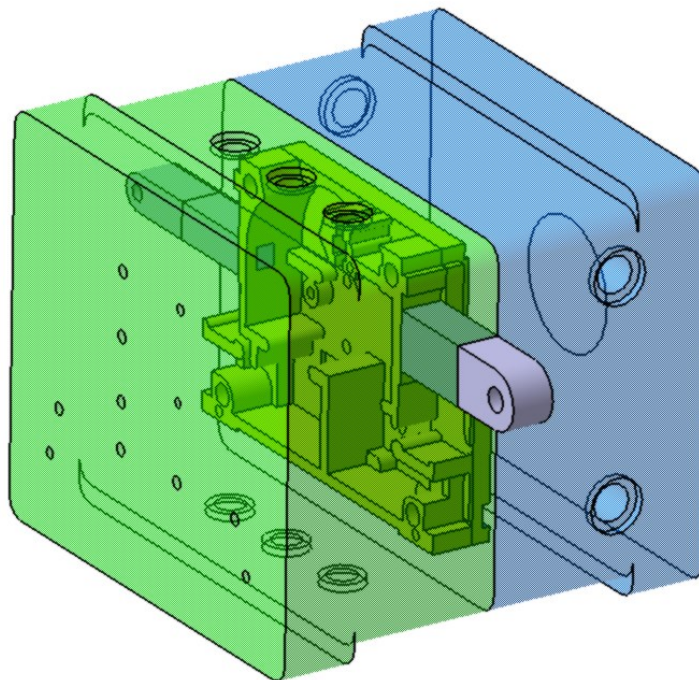
Vypočtená hmotnost je pro materiál akrylonitril-butadién-styrén (ABS) s hustotou $1,04 \text{ g.cm}^{-3}$. ABS je termoplast, který vzniká polymerizací styrenu a akrylonitrilu za přítomnosti polybutadienu. Značí velmi dobrou odolností proti nárazům, pevností a teplotní odolností. Teplota tavení popřípadě zesklotnění je $110 \text{ }^\circ\text{C}$. Lze ho použít v rozmezí teplot od -20 do $80 \text{ }^\circ\text{C}$. 3D model části jističe byl vytvořen v programu CATIA V5/R19. [19]

8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Byla zvolena čtyřnásobná vstřikovací forma. Forma se skládá z nepohyblivé vstřikovací (pravé) strany a pohyblivé vyhazovací (levé) strany a vyhazovacího systému. Byl zvolen vyhřívaný vtokový systém (VVS) se čtyřmi tryskami. Samotné odformování a vyhození nám zajišťují vyhazovače a šikmé vodící kolíky s bočním oformováním.

8.1 Odformování výrobku

Při vstřikování taveniny do dutiny formy a následnému chlazení taveniny dochází k odformování výrobku. Odformování výrobku dle požadavků, které byly stanoveny při návrhu 3D modelu výrobku, zajišťuje tvárník a tvárnice spolu s bočním odformováním viz. obr 14.



Obr. 14 Odformování výrobku

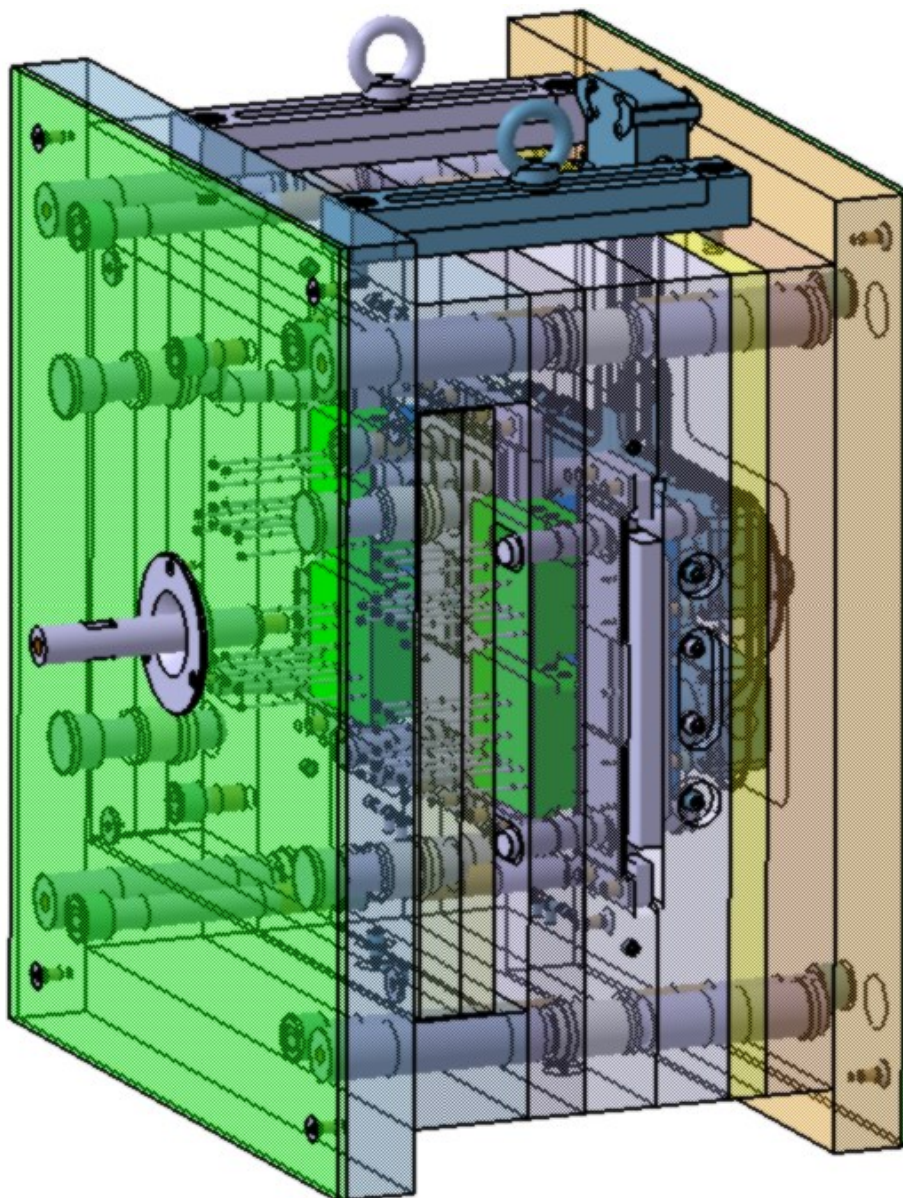
8.2 Forma

Velikost samotné formy ovlivnila především násobnost formy, velikost samotného výrobku a způsob, kterým byl následně vstřík odformován. Jednotlivé desky byly vycentrovány pomocí vodících čepů a pouzder. Desky jsou spojené pomocí šroubů s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem. K přesnému umístění a připojení ke vstřikovacímu stroji slouží středící kroužek, který se nachází jak na vstřikovací straně

(pravé), tak i na straně vyhazovací (levé). Ke snadnější manipulaci s formou byl na horní část umístěn závěsný systém, sloužící k manipulaci s formou. A to k jejímu uskladnění a především ke správnému umístění formy při připojování ke vstřikovacímu stroji. [15, 16, 21]

Tab. 2 Rozměry formy

Rozměry formy	
Osa	(mm)
x	475
y	746
z	646

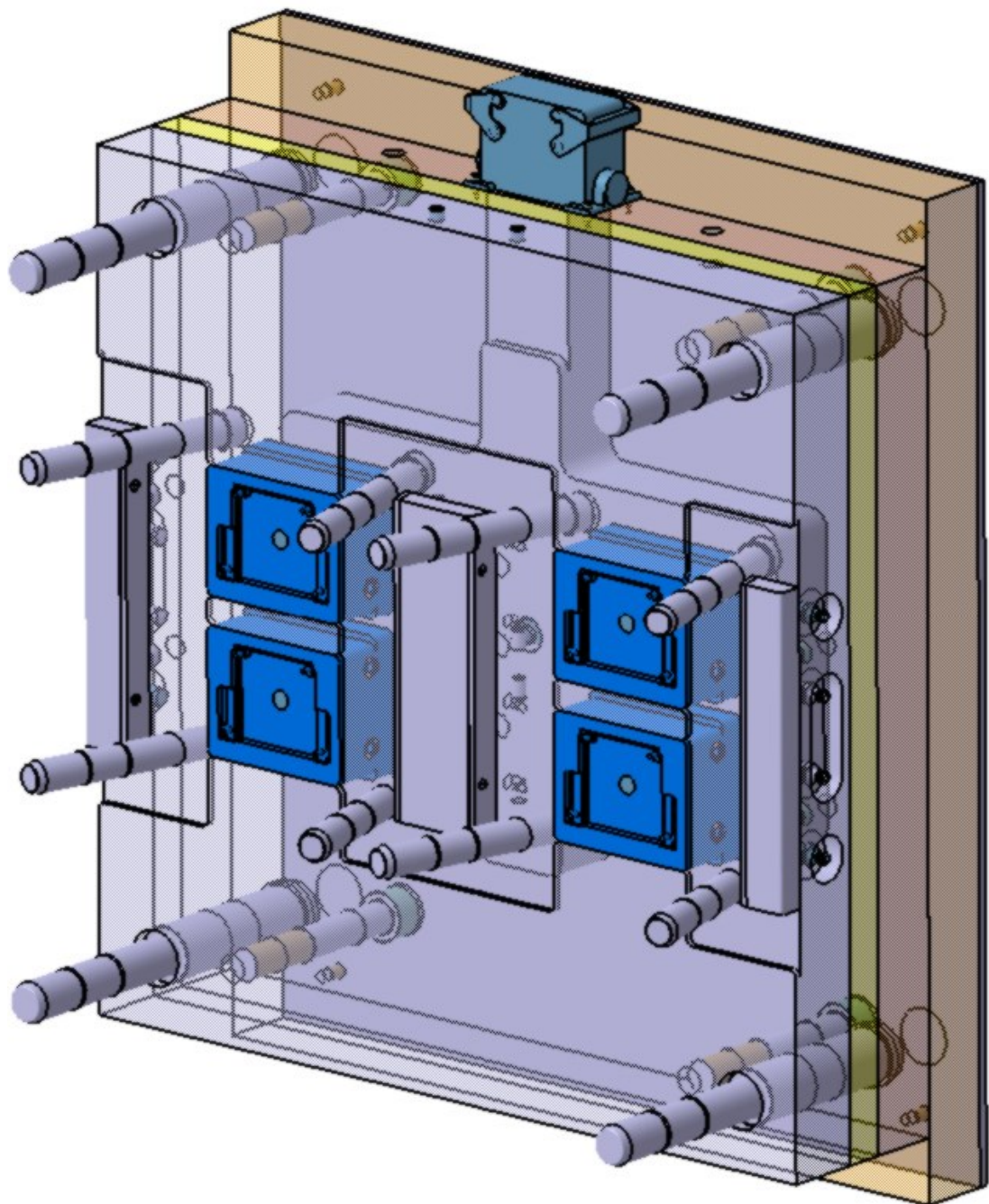


Obr. 15 3D model formy

8.3 Pravá část formy

Vstřikovací (pravá) část formy se skládá z pěti desek: izolační deska, upínací deska, opěrná deska, pojistná deska, kotevní deska.

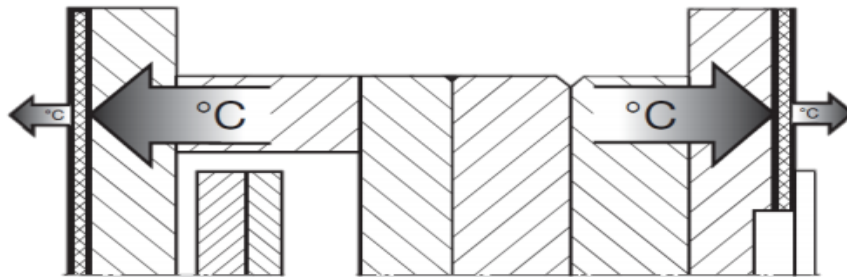
Jako další ji tvoří čtyři vodící čepy, čtyři trysky, horký vtokový blok, tvárnice, zásuvka pro kabely, tři dorazy s kluznými deskami a osm šikmých kolíků sloužící k vedení posuvných desek při otevírání formy.



Obr. 16 Pravá strana

8.3.1 Izolační deska

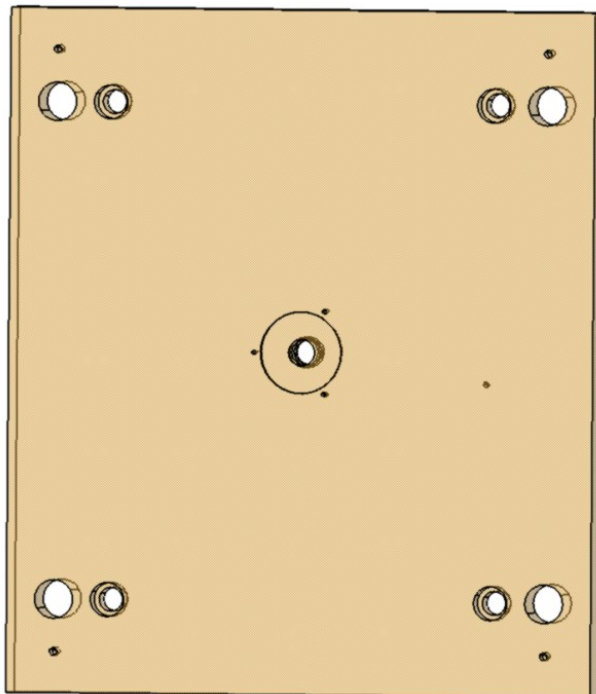
Izolační deska slouží k zabránění nežádoucímu přenosu tepla z formy do okolí a tím udržuje teplotu formy. Vyrábí se z takových materiálů, které mají nízkou tepelnou vodivost, neboli špatně vedou teplo. Nejčastěji se jedná o materiály, jako jsou pryskyřice s příměsí skelných vláken.



Obr. 17 Funkce izolační desky [12]

8.3.2 Upínací deska

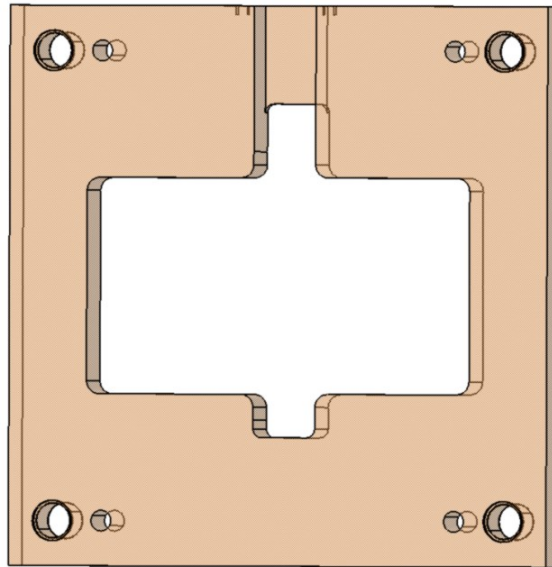
V upínací desce jsou umístěny vodící prvky. Za pomoci šroubů spojuje všechny desky pravé strany. Materiál upínací desky je ocel 11600.



Obr. 18 Upínací deska pravá

8.3.3 Opěrná deska

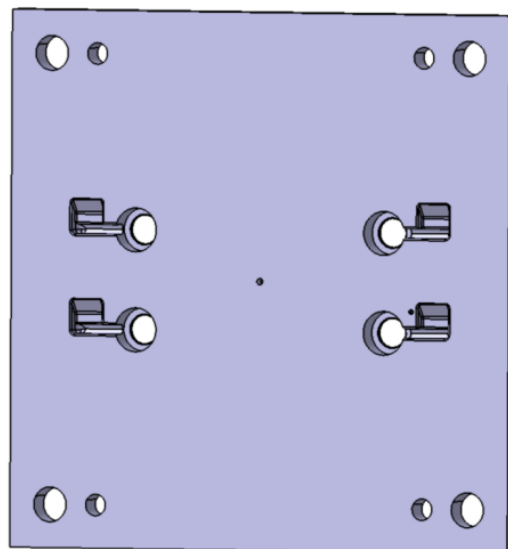
V opěrné desce se nachází horký blok spolu s kabely vedoucími od trysek umístěných v pojistné desce a ze samotného horkého bloku. Z horní části je k ní upevněna zásuvka na kabely horkého bloku a trysek. Materiál opěrné desky je ocel 11600.



Obr. 19 Opěrná deska pravá

8.3.4 Pojistná deska

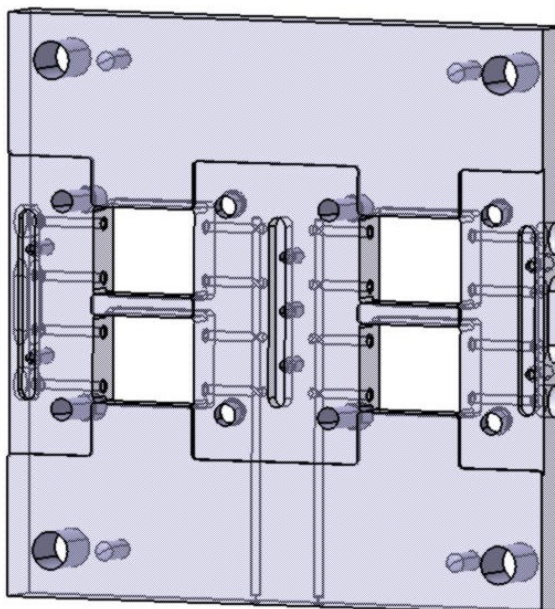
Z důvodu zajištění šikmých vodících kolíků byla mezi kotevní desku a opěrnou desku vložena další deska. Zároveň jsou v ní umístěny trysky a od nich vedoucí kabely. Vyrobená z materiálu 11600.



Obr. 20 Pojistná deska

8.3.5 Kotevní deska

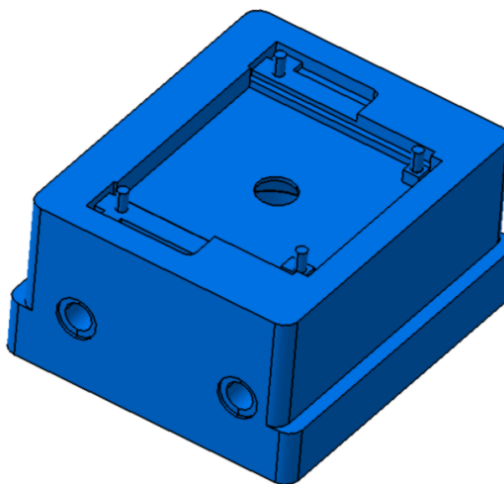
V kotevní desce jsou upevněny tvarové vložky (tvárnice) spolu s dorazy pro posuvné zámky a vodící šikmé kolíky. Nachází se zde temperační obvod, který vede temperační médium skrze tvarovou vložku a zajišťuje tak temperaci formy.



Obr. 21 Kotevní deska pravá

8.3.6 Tvarová vložka (tvárnice)

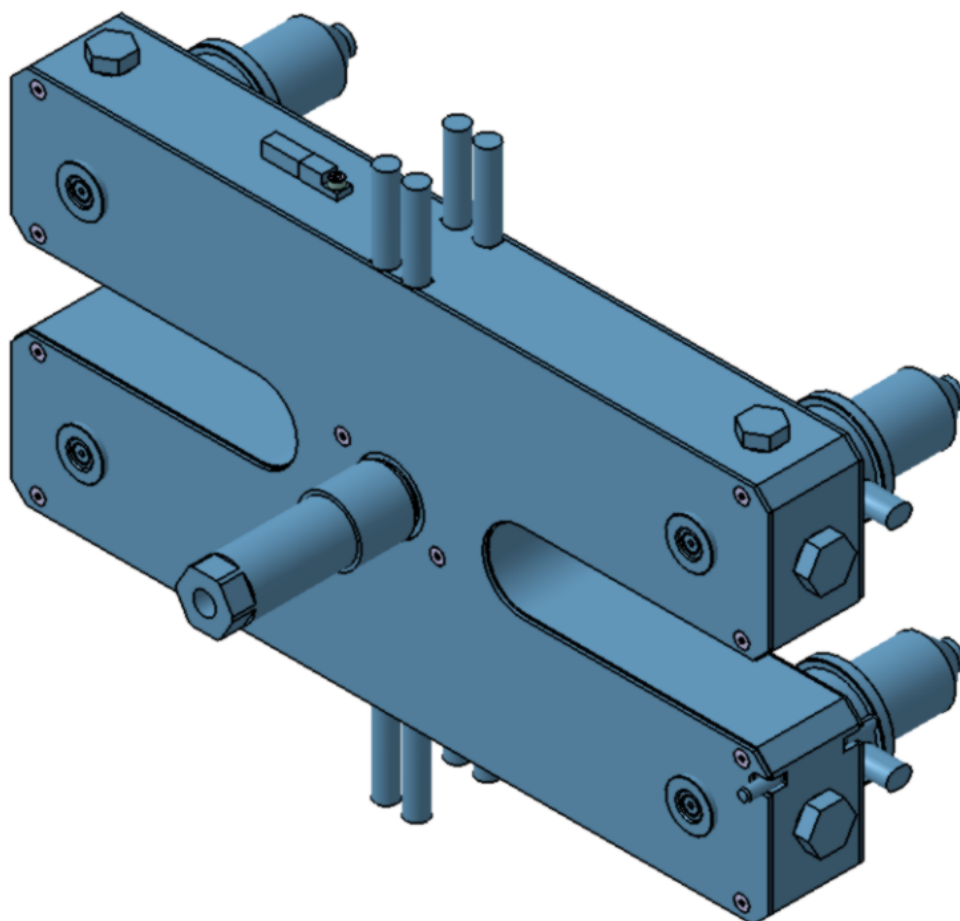
Tvárnice má vyvrtané dva kanálky temperačního obvodu o průměru 10 mm, kterým proudí temperační médium. Z důvodu správného umístění tvárnice do kotevní desky a zabránění případnému posunutí tvárnice mimo požadovanou pozici je na tvárnici vytvořeno osazení. Vyrobeno z nástrojové oceli 19552.



Obr. 22 tvárnice

8.3.7 Vyhřívaný vtokový systém

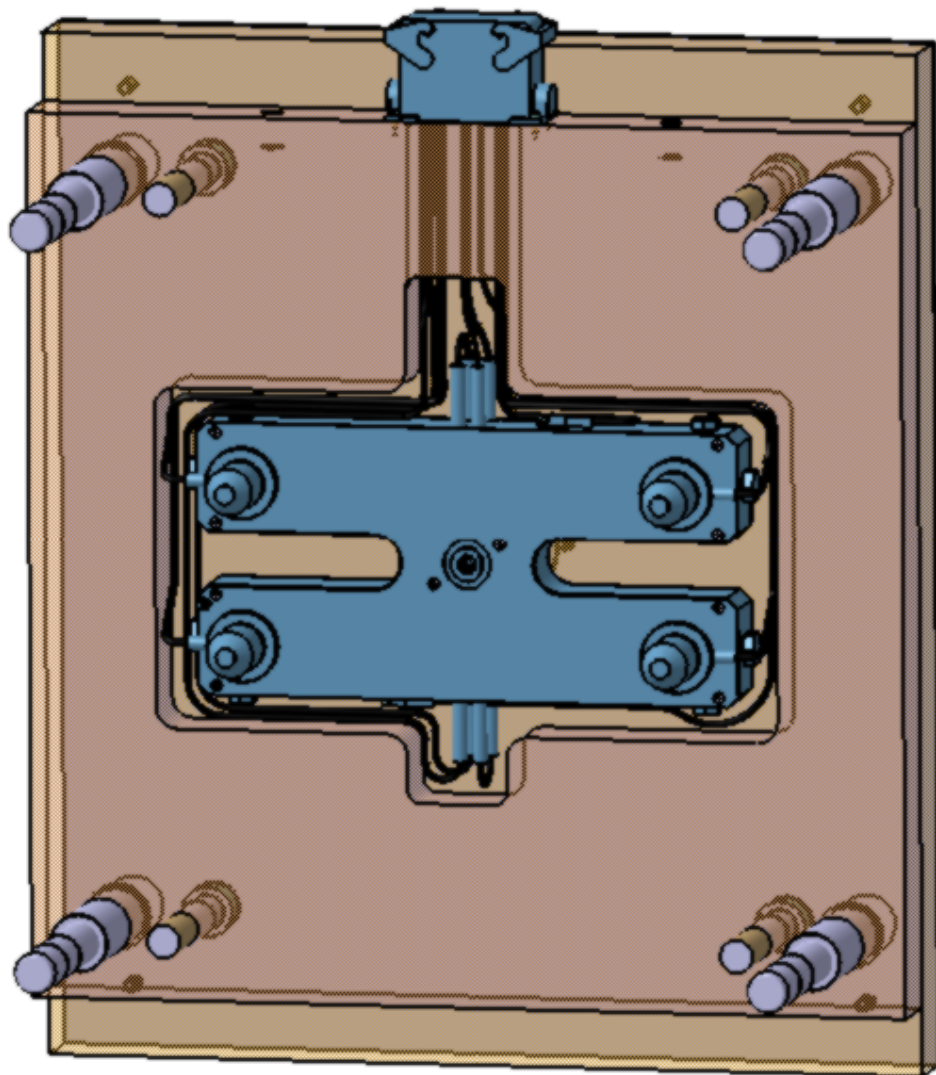
Do formy byl zvolen vyhřívaný vtokový systém. Kvůli vícenásobné formě musel být do opěrné desky umístěn rozvodný blok se čtyřmi tryskami o průměru 7 mm. Vyhřívaný vtokový systém byl vybrán z Hasco katalogu pod objednávacím číslem H106/2/200 x 400/46. Výhodou koupě celého vyhřívaného vtokového systému je zajištěna kompatibilita všech částí. Při případné poruše jakékoli součásti vyhřívaného vtokového systému by byla zajištěna snadná a rychlá výměna. [24]



Obr. 23 Vyhřívaný vtokový systém

8.3.8 Kabeláž a elektrická koncovka

Od vyhřívaného horkého bloku a od trysek vedou elektrické kabely nejčastěji z PVC materiálu do elektrické koncovky, která je umístěna na pravé straně formy a přišroubována pomocí šroubů k opěrné desce. Koncovka byla vybrána z katalogu Hasco pod označením Z1228/16/16.

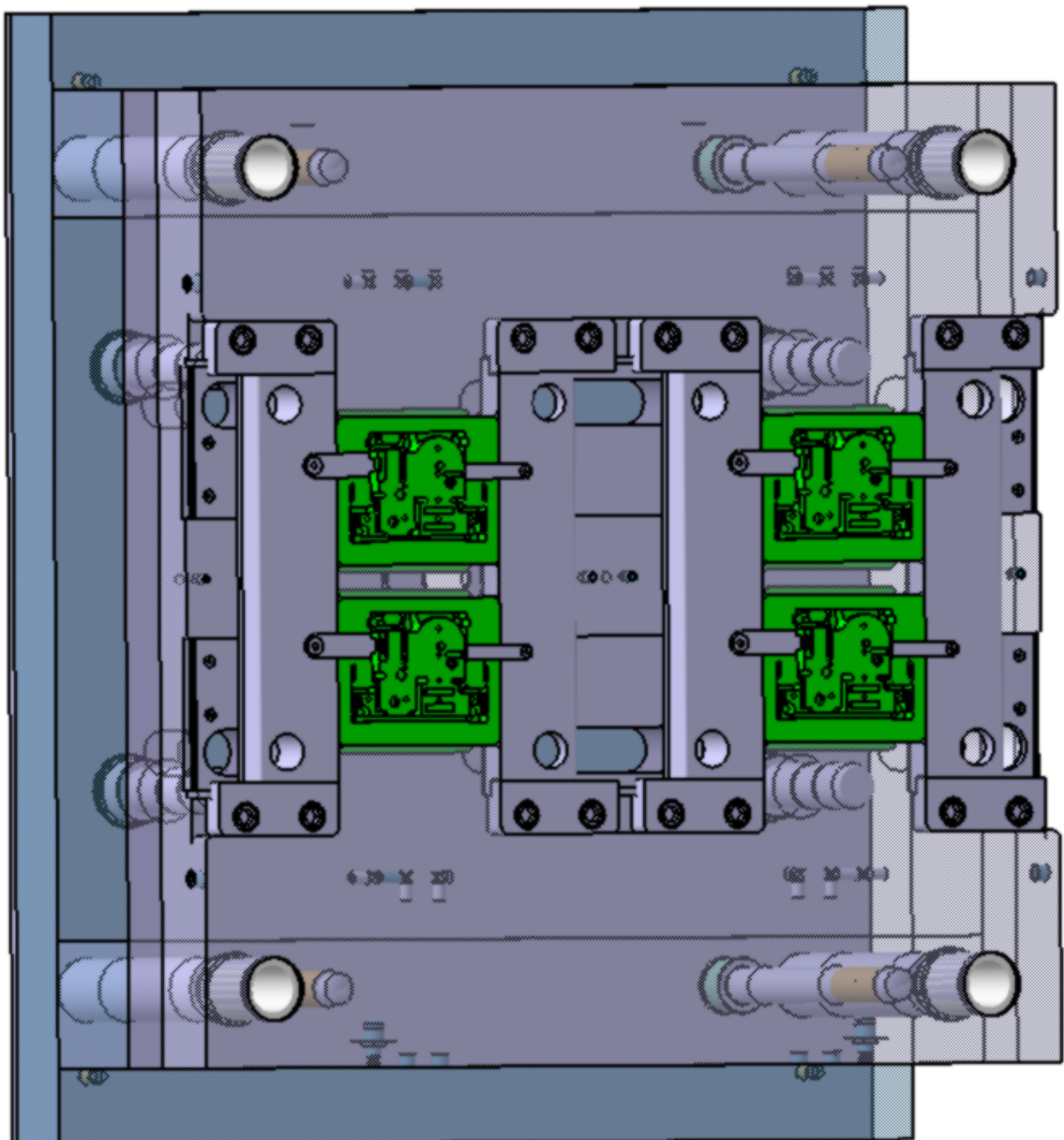


Obr. 24 Umístění kabeláže a elektrické koncovky

8.4 Levá část formy

V levé části (vyhazovací) se nachází stejná izolační deska, upínací deska a opěrná deska. Levá strana se liší v jiné kotevní desce a není tu pojistná deska jako u strany pravé.

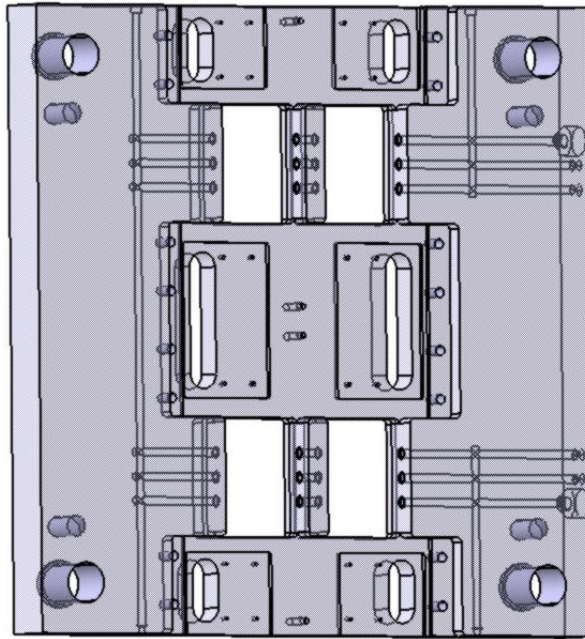
Jako další ji tvoří tři posuvné desky, ke kterým je upevněno boční odformování. Toto odformování slouží k vytvoření bočních otvorů na výrobku. Kluzné desky, kolíky s kuličkou k zajištění posuvných desek v otevřené poloze. Dále tvárnice, pojistné lišty, a šrouby spojující všechny desky a jednotlivé součásti dohromady. Materiály jednotlivých desek jsou stejné jako u desek v pravé části formy.



Obr. 25 levá strana formy

8.4.1 Kotevní deska

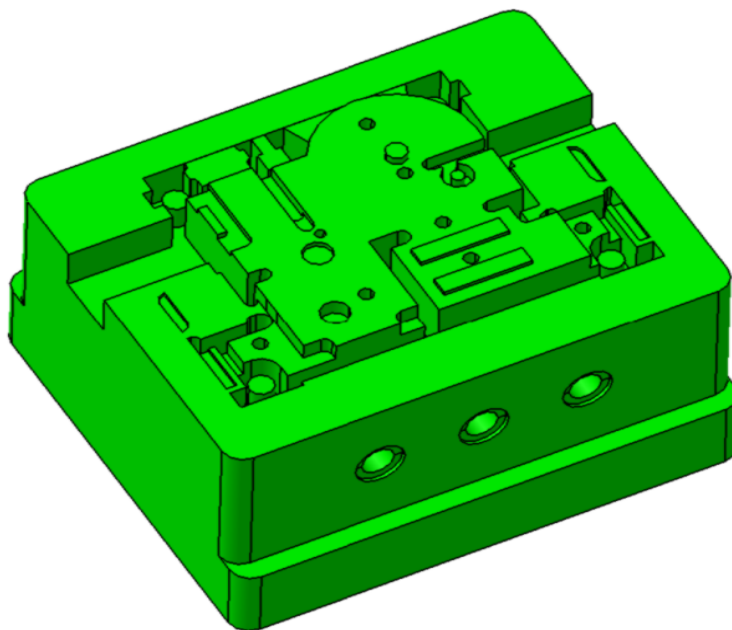
V kotevní desce jsou upevněny tvárníky. Je tu vytvořen prostor pro vodící šikmé kolíky, vodící čepy, pojistné lišty, kluzné desky a vytvořeny temperační kanálky k vedení temperačního média.



Obr. 26 Kotevní deska levá

8.4.2 Tvarová vložka (tvárník)

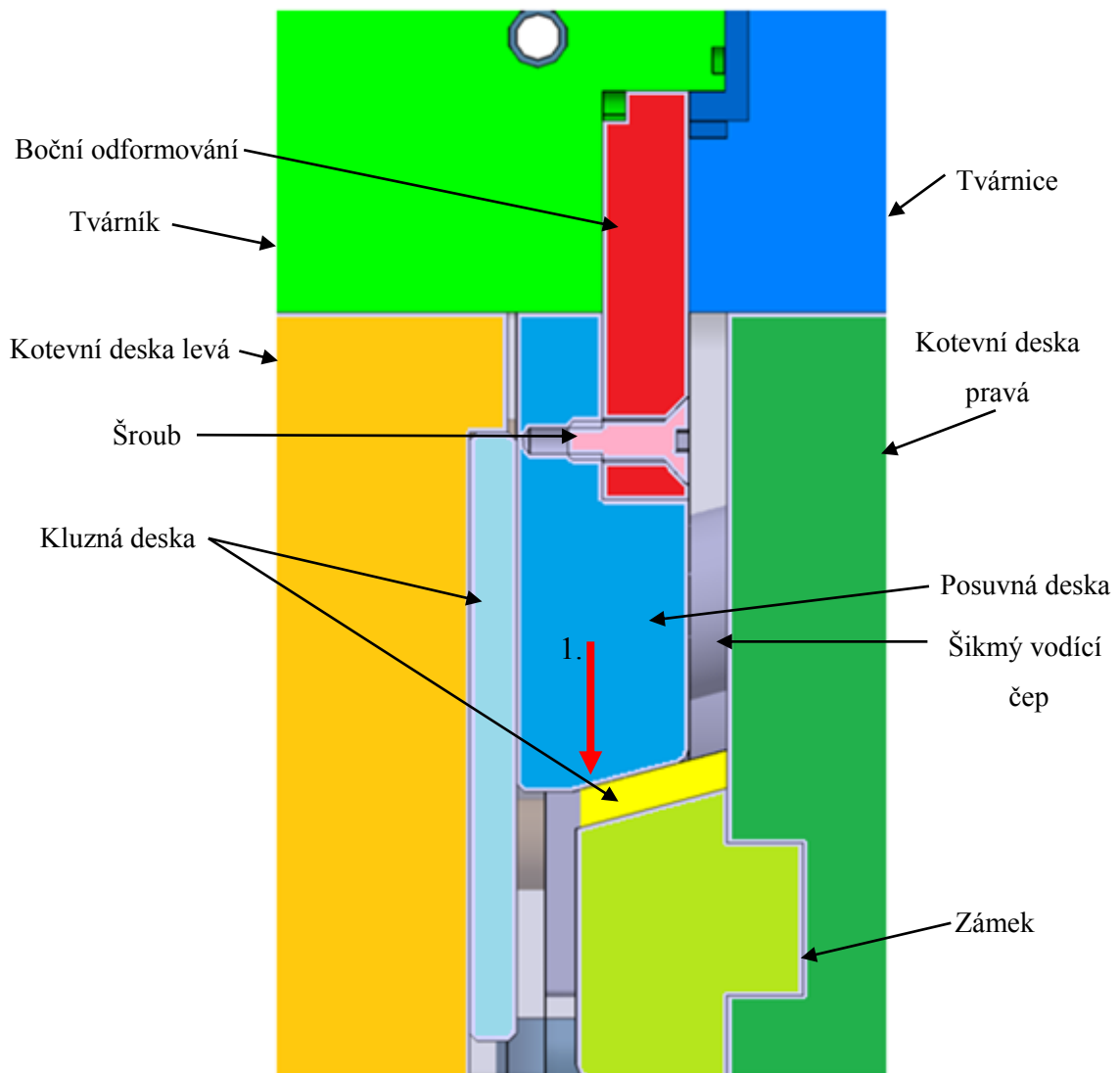
Tvárnice má vyvrtané tři kanálky temperačního obvodu o průměru 8 mm, kterým proudí temperační médium. Z důvodu správného umístění tvárnice do kotevní desky a zabránění případnému posunutí tvárnice mimo požadovanou pozici je na tvárnici vytvořeno osazení. Na bocích tvárníku byla odfrézované prostory pro vedení bočního odformování. Vyrobená z nástrojové oceli 19552.



Obr. 27 Tvárník

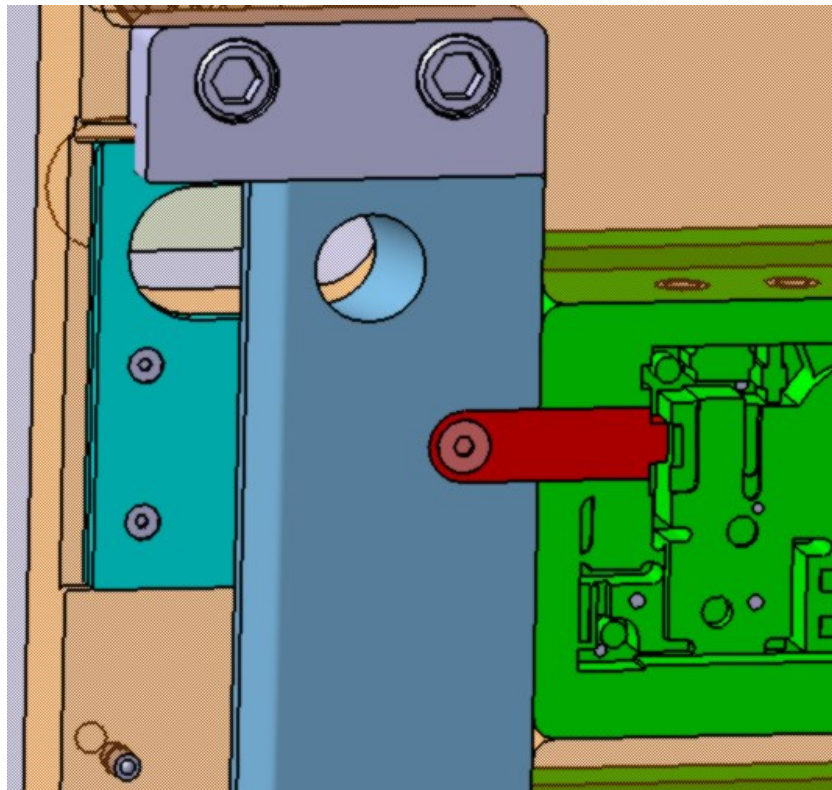
8.5 Odformování

Za pomoci bočního odformování, které je spojeno s posuvnou deskou šroubem, dochází k odformování bočních otvorů ve výrobku. Při otevírání formy dochází za pomoci šikmých vodících čepů k odsunu posuvné desky a tím i bočního odformování od tvárníku. Takto posunutá boční odformování nadále nebrání ve vyhození samotného výrobku po otevření formy. Posuvné desky se pohybují po kluzných deskách. Z boku jsou zajištěny v posuvných lištách, které umožňují pohyb pouze v daném směru od tvárníku. Posuvná deska je zajištěna v otevřené poloze pomocí šroubu s kuličkou. V uzavřené poloze je zajištěna pomocí kluzné desky připevněné k zámku viz obr. 28.

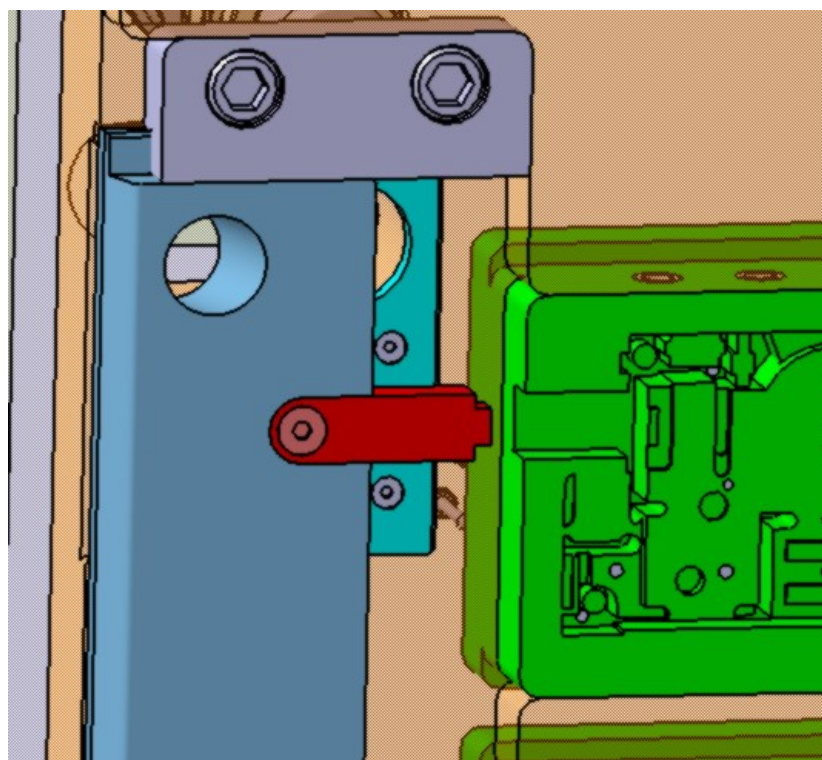


Obr. 28 Princip odformování (uzavřená forma)

1. směr odsunu posuvné desky spolu s bočním odformováním při otevírání formy za pomoci šikmého vodícího čepu



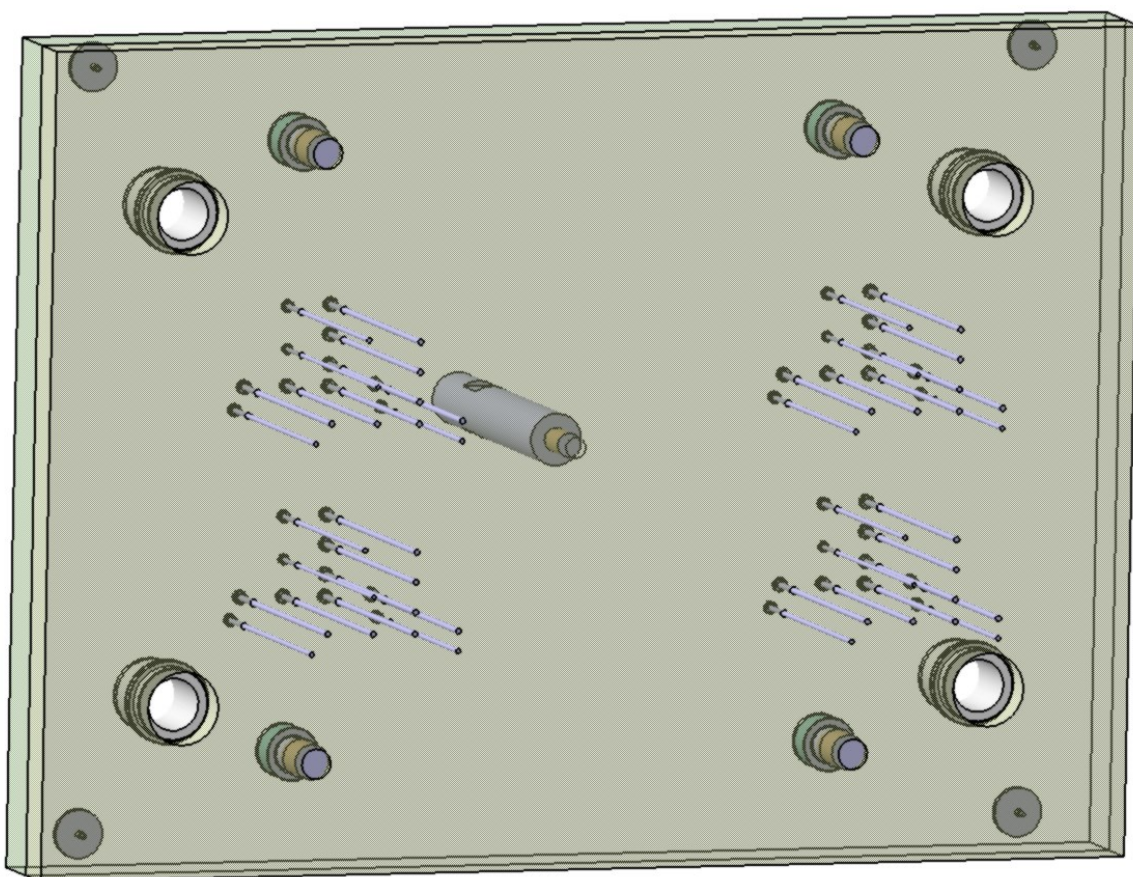
Obr. 29 3D náhled na levou stranu uzavřené formy a polohu bočního odformování výrobku



Obr. 30 3D náhled na levou stranu otevřené formy a polohu bočního odformování

8.6 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém tvoří dvě desky, vyhazovací deska opěrná a vyhazovací deska kotevní spolu se sedmi válcovými vyhazovači o průměru 3,5 mm, třemi vyhazovači o průměru 3 mm a jedním vyhazovačem o průměru 2,5 mm pro vyhození každého výrobku. Na zadní části vyhazovací desky opěrné jsou připevněny čtyři distanční podložky. Obě desky jsou spojeny čtyřmi šrouby s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem. Vyhazovací systém je ovládán vyhazovací tyčí upevněnou ve vyhazovací desce opěrné. Přesné vedení obou desek je zajištěno čtyřmi vodícími pouzdry.

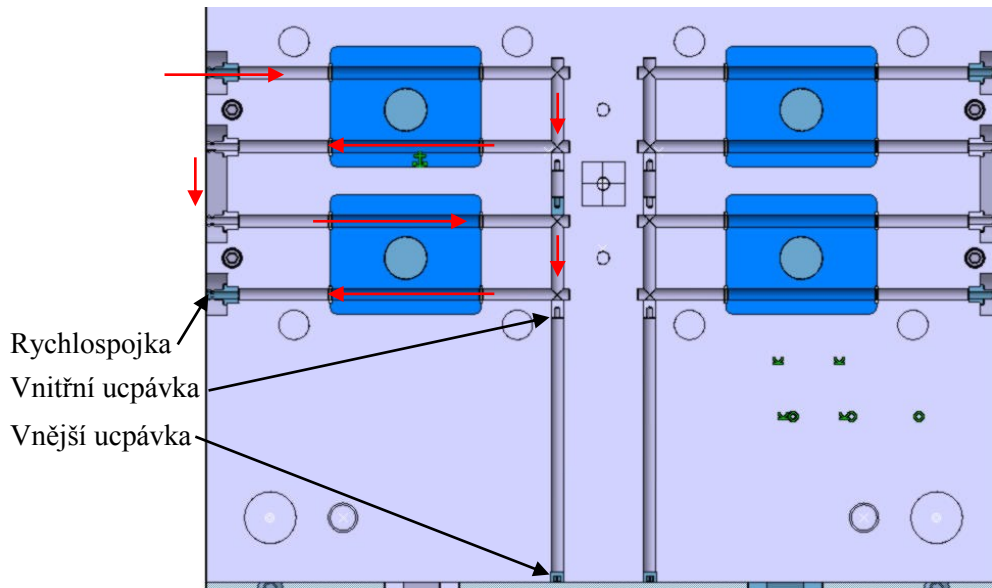


Obr. 31 Vyhazovací systém

8.7 Temperační obvod

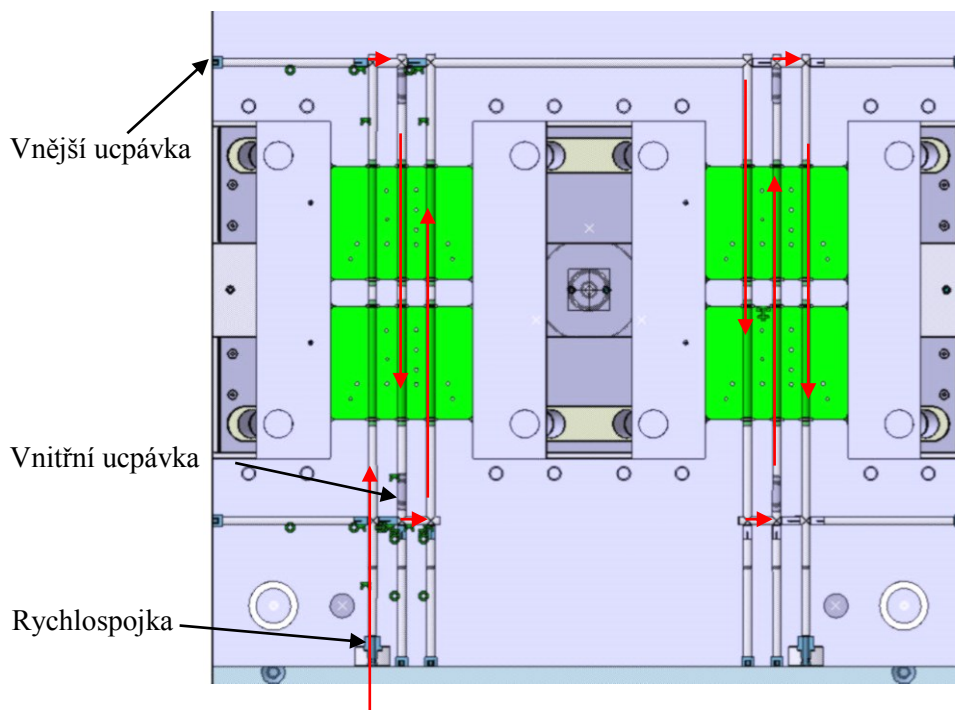
Správně zvoleným a navrhnutým temperačním obvodem lze dosáhnout zkrácení vstřikovacího cyklu, který ve značné míře ovlivňuje právě rychlost temperace. Kvalita temperace ovlivňuje také kvalitu samotného vstřikovaného výrobku.

V pravé části formy zajišťují temperaci dva temperační obvody s kanálky o průměru 10 mm.



Obr. 32 Temperační okruh pravé strany

V levé části formy zajišťuje temperaci jeden temperační obvod s kanálkem o průměru 8 mm. Rozdíl v průměru kanálků oproti pravé straně byl zvolen tak, aby byla možnost zachovat počet tři větví kanálků vedoucí přes tvárník a zároveň možnost umístění více vyhazovačů umístěných ve vyhazovacím systému.



Obr. 33 Temperační okruh levé strany

Pro vytvoření temperačního okruhu v soustavě kanálků byly do slepých ramen vloženy vnitřní ucpávky, které zabraňují průchodu temperačního média tam kam se nesmí temperační médium dostat. Vnější ucpávky zabraňují vstupu nečistot do jednotlivých

kanálků. Pro napojení hadic s temperančním médiem byly zvoleny rychlospojky, které jsou umístěny a zapuštěny v kotevních deskách.

8.8 Odvzdušnění

Odvzdušnění formy slouží k tomu, aby měl vzduch možnost z formy uniknout. Při nedostatečném odvzdušnění dochází ke stlačení vzduchu za vysokého tlaku a teploty. Dochází tak k vadám na výrobku. Mezi tyto nedostatky a vady patří spáleniny, místa kde chybí materiál v důsledku vzniku kapsle vzduchu. U velkoplošných výrobků může dojít k rozptýlení vzduchových bublin do výrobku a následné snížení jeho mechanických vlastností. Ve formě je předpokládán únik vzduchu zajištěn přes dělicí rovinu a vůlemi mezi vyhazovacími kolíky a kotevní deskou. Při zkoušce formy by se ukázalo, jestli by bylo nutné dodatečně vytvořit odvzdušnění ve tvarových vložkách.

9 POUŽITÝ SOFTWARE

9.1 DS CATIA V5/R19

Jedná se o software využívající CAD/CAM/CAE technologie, který lze využít pro analýzu kompletního životního cyklu výrobku ve virtuálním prostředí. Což znamená možnost vytvořit součástky od samotného návrhu, konstrukci, analýzu, optimalizaci, tvorbu výkresové dokumentace po samotný proces výroby daného výrobku. Lze ji proto využít v různých oblastech průmyslu například v automobilovém nebo leteckém průmyslu. Díky velké nabídce modulů lze vytvářet různá řešení dle požadavků a podmínek uživatelů. [20]

9.2 HASCO DACO MODUL

Jedná se o produkt od společnosti Hasco, která se zabývá výrobou normálií. V tomto softwaru se nachází katalog s jednotlivými normáliemi. Hlavní výhodou je možnost exportování modelu vybrané normálie do formátu pro softwary sloužící ke konstruování (SolidWorks, CATIA, Autodesk Inventor apod.). [12]

ZÁVĚR

V teoretické části bakalářské práce byly popsány polymerní materiály používané pro vstřikování plastů, samotná technologie. Popsána byla technologie vstřikování její princip, výhody a nevýhody. Dále byly popsány jednotlivé postupy pro návrh vstřikovací formy a její jednotlivé konstrukční části.

V praktické části bylo cílem vytvořit 3D model výrobku dle vzorového dílu. V tomto případě se jednalo o vnější kryt elektrického jističe. Na tento výrobek byl vytvořen návrh vstřikovací formy a následně provedena konstrukce 3D vstřikovací formy v programu CATIA. Byla zvolena čtyřnásobná forma kvůli relativně snadnému odformování daného výrobku. Ze sestavy formy byla vytvořena výkresová dokumentace spolu s pozicemi jednotlivých součástí vstřikovací formy. Jednotlivé celky byly popsány v praktické části bakalářské práce spolu s obrázky daných součástí.

Největší problém byl s konstrukčním návrhem temperančního systému pro levou stranu spolu s vyhazovacím systémem, který omezoval pozici jednotlivých temperančních kanálek a naopak temperační kanálky omezovaly možnosti umístění jednotlivých vyhazovačů. Proto musel být zvolen nějaký kompromis. Odformování výrobku je zajištěno pomocí tvárníku, tvárnice a posuvné desky s přišroubovaným bočním odformováním pro dva boční otvory ve výrobku. Byl zvolen vyhřívaný vtokový systém. Vyhřívaný blok byl zvolen z katalogu společnosti Hasco pod sjednávacím číslem H106/2/200 x 400/46 se čtyřmi vstřikovacími tryskami. Vyhazování zajišťuje jedenáct válcových vyhazovačů pro každý výrobek. Z toho sedm vyhazovačů o průměru 3,5 mm, tři vyhazovače o průměru 3 mm a jeden vyhazovač o průměru 2,5 mm.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BĚHÁLEK, Luboš. *Polymery: Rozdělení a charakteristika polymerů* [online]. [cit. 2017-01-25]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/04.html>
- [2] LENFELD, Petr. *Katedra strojírenské technologie - Oddělení tváření kovů a plastů: Technologie II – Část II - Zpracování plastů* [online]. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm. Technická univerzita Liberec
- [3] SEIDL, Martin. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů: Základní dělení a funkce vstřikovacích strojů* [online]. [cit. 2017-01-30]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/01.html>
- [4] *Rostra: Reference* [online]. [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: <http://www.rostra.cz/?page=produkty/reference&fgal2cat=9>
- [5] NEUHÄUSL, Emil. Vady výstřiků – 1. díl: Příčiny vzniku vad a studené spoje. *MM Průmyslové spektrum* [online]. [cit. 2017-01-30]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vady-vystriku-1-dil-priciny-vzniku-vad-a-studene-spoje.html>
- [6] NEUHÄUSL, Emil. Vady výstřiků – 2. díl: Vady tvaru a rozměrové vady. *MM Průmyslové spektrum* [online]. [cit. 2017-01-30]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vady-vystriku-2-dil-vady-tvaru-a-rozmerove-vady.html>
- [7] ŘEHULKA, Zdeněk. Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů: polymery. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 230, 28 s. ISBN 978-80-7204-833-5.
- [8] Tváření plastů a výroba forem II. *14220: Technologie* [online]. 2014, (08) [cit. 2017-12-18]. <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-form-ii/>
- [9] Přednášky z předmětu T5KF
- [20] BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů: Vyhazovací systém* [online]. [cit. 2017-02-01]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/07.html>
- [31] BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů: Temperace vstřikovacích forem* [online]. [cit. 2017-02-01]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/08.html>
- [12] *HASCO* [online]. [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: <https://www.hasco.com/hasco/en/>

- [13] SEIDL, Martin. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů: Technologie injekčního vstřikování* [online]. [cit. 2017-01-30]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/02.html>
- [14] SEIDL, Martin. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů: Vstřikovací jednotka* [online]. [cit. 2017-01-30]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/03.html>
- [45] BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů: Vstřikovací forma a její funkce* [online]. [cit. 2017-02-01]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/02.html>
- [16] GASTROW, Hans. *Injection Molds: 130 proven designs*. 3rd ed. Munich: Hanser Publisher, 2002. 313 s. ISBN 3-446-21448-8.
- [17] *Technodat* [online]. [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: <https://www.technodat.cz/reseni-a-sluzby/3d-plm/catia>
- [18] HYNEK, Martin a kol. *KA 05 - Plastové díly: HORKÉ VTOKY* [online]. [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-verfin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Horke_vtoky.pdf
- [19] Acrylonitril/Butadien/Styren (ABS). *LPM* [online]. [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <http://lpm.cz/cgi-bin/riweta.cgi?nr=2110&lng=1>
- [20] Dassault Systemes: CATIA. *Dassault Systemes* [online]. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <https://www.3ds.com/products-services/catia/>
- [21] 1422: *Tváření plastů a výroba forem II*. [online]. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/>
- [22] VESELÝ, Karel. *Polymery - struktura, syntézy, vlastnosti, zpracování*. Brno: Česká společnost průmyslové chemie, 1992. ISBN ISBN80-02-00951-7.
- [23] PÖTSCH, Gerd a Walter MICHAELI. *Injection molding: an introduction*. Cincinnati: Hanser/Gardner Publications, 1995, 195 s. ISBN 15-699-0193-7
- [24] Horký rozvodný blok [online]. [2018-2-5]. Dostupný z WWW: <https://www.i-mold.de/en/>
- [25] *Temperace vstřikovacích forem - důležitá podmínka výroby výstřiků z termoplastů, 3. část* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.plasticportal.cz/cs/temperace-vstrikovacich-forem-dulezita-podminka-vyroby-vystriku-z-termoplastu-3-cast/c/3087/>
- [26] Ducháček V.: *Polymery - výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2006. ISBN 80-7080-617-6

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SVS	Studený vtokový systém.
VVS	Vyhřívaný vtokový systém.
2D	Dvourozměrný systém.
3D	Trojrozměrný systém.
mm	Milimetr
g.cm^{-3}	Gram na centimetr krychlový
kg	Kilogram
%	Procento
ABS	Akrylonitril-butadién-styrén
DS	Dassault Systemes
°C	Stupně celsia

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vstřikovací cyklus [13]	16
Obr. 2 Šnekový vstřikovací stroj [14].....	16
Obr. 3 Vstřikovací forma [4]	18
Obr. 4 Jednotlivé části formy [15].....	20
Obr. 5 Temperační systém [8]	22
Obr. 6 Studený vtokový systém.....	23
Obr. 7 Uspořádání vtoků [8]	24
Obr. 8 Průřezy vtoků [8]	24
Obr. 9 Bodové vtokové ústí	24
Obr. 10 Srpkovitý vtok [15].....	25
Obr. 11 Vyhřívání blok [8]	26
Obr. 12 Vyhřívání tryska [12].....	26
Obr. 13 3D model elektrického jističe	29
Obr. 14 Odformování výrobku	30
Obr. 15 3D model formy.....	31
Obr. 16 Pravá strana.....	32
Obr. 17 Funkce izolační desky [12].....	33
Obr. 18 Upínací deska pravá.....	33
Obr. 19 Opěrná deska pravá	34
Obr. 20 Pojistná deska	34
Obr. 21 Kotevní deska pravá	35
Obr. 22 tvárnice	35
Obr. 23 Vyhřívání vtokový systém.....	36
Obr. 24 Umístění kabeláže a elektrické koncovky	37
Obr. 25 levá strana formy	38
Obr. 26 Kotevní deska levá.....	39
Obr. 27 Tvárník.....	39
Obr. 28 Princip odformování (uzavřená forma)	40
Obr. 29 3D náhled na levou stranu uzavřené formy a polohu bočního odformování výrobku.....	41
Obr. 30 3D náhled na levou stranu otevřené formy a polohu bočního odformování	41
Obr. 31 Vyhazovací systém	42

Obr. 32 Temperační okruh pravé strany 43
Obr. 33 Temperační okruh levé strany 43

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Vybrané rozměry modelu výrobku.....	29
Tab. 2 Rozměry formy.....	31

SEZNAM PŘÍLOH

PI: Sestava

PII: Kusovník

PIII: CD Disk:

- Text bakalářské práce
- Model formy s výkresovou dokumentací v CATIA V5