

Návrh vstřikovací formy pro součást podsedlovky motocyklu

Jakub Veselský

Bakalářská práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Jakub Veselský
Osobní číslo:	T18055
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Návrh vstřikovací formy pro součást podsedlovky motocyklu

Zásady pro vypracování

- 1) Vypracujte literární studii na dané téma
- 2) Nakreslete model daného dílu ve 3D
- 3) Provedte konstrukci vstřikovací formy pro daný díl
- 4) Nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy

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

Seznam doporučené literatury:

ZEMAN, L. 2009. Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů. Praha: BEN.

DUCHÁČEK, V. Polymery-výroba, vlastnosti, zpracování, použití. Praha: VŠCHT v Praze, 2006

KERKSTRA, Randy a Steve BRAMMER. Injection molding advanced troubleshooting guide. Munich: Hanser Publishers, 2018

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vojtěch Šenkeřík, PhD.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **5. ledna 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2021**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

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

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – 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);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem 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.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

V této bakalářské práci je popsána konstrukce vstřikovací formy pro konkrétní plastový díl. Úvod teoretické části obsahuje základní shrnutí polymerů a jejich přísad pro zlepšení zpracování. Dále se teoretická část zabývá samotnou konstrukcí formy. V praktické části je navrhnutá vstřikovací forma pro díl podsedlovky z polymeru ABS.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, polymer

ABSTRACT

This Bachelor's thesis describes the construction of an injection mold for a specific plastic part. The introduction to the theoretical part contains the basic summary of polymers and their additives to improve processing. Furthermore, the theoretical part deals with the design form itself. In the practical part, an injection mold is designed for the seat part made of ABS polymer.

Keywords: injection molding, injection mold, polymer

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Vojtěchu Šenkeříkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, ale hlavně za čas a pozornost, kterou mi věnoval při vypracování a korektuře této bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 POLYMERY	11
1.1 ROZDĚLENÍ POLYMERŮ	11
1.2 MODIFIKÁTORY ZPRACOVÁNÍ	12
2 VSTŘIKOVÁNÍ	15
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	15
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJE.....	16
3 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY VSTŘIKOVANÉHO DÍLU	18
3.1 TLOUŠŤKA STĚN	18
3.2 ZAOBLNĚNÍ.....	19
3.3 NÁLITKY	19
3.4 ŽEBRA	19
3.5 ODVZDUŠNĚNÍ.....	20
4 VÝROBA FOREM	21
4.1 MATERIÁLY	21
4.2 TECHNOLOGIE	23
5 ČÁSTI FORMY	25
5.1 SESTAVA DESEK FORMY	25
5.2 VTOKOVÉ SYSTÉMY	26
5.2.1 Studený vtokový systém	26
5.2.2 Horký vtokový systém	27
5.3 TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	28
5.4 VYHAZOVAČÍ SYSTÉM.....	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	30
6 STANOVENÍ CÍLŮ V PRAKTICKÉ ČÁSTI	31
7 CAD SOFTWARE	32
7.1.1 Catia	32
7.1.2 Inventor	32
8 VSTŘIKOVANÝ DÍL	33
8.1 MATERIÁL VÝROBKU	33
9 NÁVRH KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	35
9.1 NÁSOBNOST FORMY	35
9.2 ZAFORMOVÁNÍ.....	35

9.3	TVAROVÉ VLOŽKY	35
9.4	SESTAVA DESEK	36
9.5	HORKÝ A STUDENÝ VTOKOVÝ SYSTÉM.....	37
9.6	TEMPERACE.....	39
9.7	ODVZDUŠNĚNÍ.....	40
9.8	VYHAZOVAČE	40
9.9	ELEKTROINSTALACE	41
9.10	MANIPULACE	42
10	VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	43
	ZÁVĚR	45
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	46
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	48
	SEZNAM OBRÁZKŮ	49
	SEZNAM PŘÍLOH.....	50

ÚVOD

Plastové výrobky se v dnešní době hojně využívají v různých odvětvích průmyslu a to zejména díky jejich specifickým vlastnostem. Tato bakalářská práce se zabývá dílem ze skupiny plastové kapotáže motocyklů. V případě konkrétního použití pro mx nebo enduro se volí plasty právě díky jejich houževnatosti a nízké hmotnosti.

V minulosti všechny krycí díly včetně kapot byly vyráběny z kovu. Postupem času, jak se stal zpracovatelský průmysl plastů rozšířenějším a dostupnějším, drtivá většina výrobců nahradila v rámci vývoje kov právě plastem. Nejčastěji využívané polymery v tomto odvětví jsou ABS a HDPE, které jsou zpracovávány vstřikováním.

Hlavním nástrojem používaným při vstřikování je speciální forma, která definuje finální tvar výrobku. Pro usnadnění konstrukce a samotné výroby formy se může využít předdefinovaných stavebnicových prvků, například od výrobců jako jsou DME, Meusburger, Hasco. Při konstrukci formy pro dílec, který je předmětem této práce, byly použity zejména normálie od společnosti Hasco, které byly nainportovány do softwaru Inventor. Tento CAD systém disponuje nástavbou Mold tooling usnadňující konstrukci forem.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

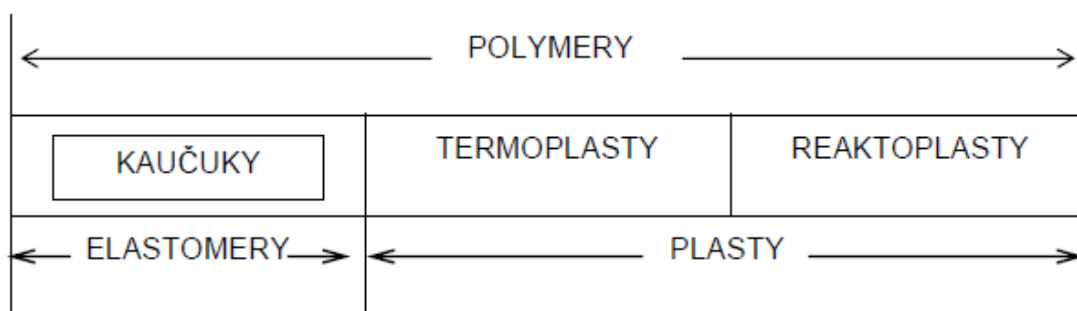
Polymery jsou chemické látky, které mají široké spektrum vlastností. Ve svých obrovských molekulách většinou obsahují atomy uhlíku, vodíku a kyslíku. Často také dusík, chlor a jiné prvky. Polymery jsou ve formě výrobku prakticky v tuhém stavu, ale v určitém stádiu zpracování jsou ve stavu v podstatě kapalném, dovolujícím, většinou za zvýšené teploty a tlaku, udělit budoucímu výrobku nejrůznější tvar. [1]

1.1 Rozdělení polymerů

Elastomer je vysoce elastický polymer, který můžeme za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení, přičemž deformace je převážně vratná. Do elastomerů patří zejména kaučuky, ze kterých se vyrábí pryž.

Plasty jsou polymery za běžných podmínek většinou tvrdé, často i křehké. Při zvýšené teplotě se stávají plastickými a tvarovatelnými. Opakovatelně jsou schopné přecházet z plastického do tuhého stavu **termoplasty**. Pokud jde o změnu nevratnou (neopakovatelnou), protože je výsledkem chemické reakce (často za zvýšené teploty), mluvíme o **reaktoplastech**. [1]

Termoplastické elastomery obsahují elastické polymerní řetězce (zvulkanizované), které jsou integrovány do polymerní matrice. Tato integrace je pouze fyzikální. [2]



Obr.1 Grafické znázornění rozdělení polymerů [1]

1.2 Modifikátory zpracování



Obr.2 Grafické znázornění rozdělení modifikátorů zpracování [3]

Nadouvadla

Nadouvadla jsou materiály, které způsobují napěnění materiálu a vznik strukturní pěny. Proces pěnění závisí na viskozitě a schopnosti plastů expandovat. Interakce nadouvadla a plastu je nejdůležitější fází zpracování pro vytvoření buněčných struktur. Při přímém pěnění expanze nadouvadla v tavenině začne ihned po smísení s taveninou. Takto vzniklou směsí se dutina formy plní pouze do 80 %. Zbýlých 20 % se vyplní díky expanzi plynu (růst buněk). Celý proces zvětšování objemu zastaví až chladnutí taveniny. [3]

Fyzikální nadouvadla

Jedná se o vstřikování se sycením plynem. Používá se k tomu vstřikovací stroj s kontrolovanou pozicí šneku a zvýšeným výkonem. Plyn se vstřikuje přímo do taveniny plastu. Šnek vytváří z obou složek homogenní směs. Zpětný ventil ve střední části šneku zabraňuje předčasné expanzi směsi taveniny a plynu ve směru vstupu materiálu. Na přední straně je pohyb taveniny omezen uzavíratelnou tryskou. Jako nadouvadlo se používá dusík nebo CO₂. [4]

Chemická nadouvadla

Chemická nadouvadla jsou pevná nebo kapalná aditiva, které se za určitých podmínek rozkládají za vzniku plynů. Tyto plyny v tavenině polymeru vytváří napěněnou strukturu. Většina chemických nadouvaladel jsou jemně rozmělněné pevné látky, které se rozkládají v určitém teplotním rozmezí. Teplota rozkladu těchto přísad by měla být ve stejném rozmezí

jako teplota tavení zpracovávaného polymeru. Tím je zajištěno, že nadouvadlo se předčasně nerozloží a zároveň, že rozklad bude kompletní. [5]

Sítovací prvky

Sítovací činidla jsou molekuly, které mají dvě nebo více skupin schopných reakce s funkčními skupinami polymerních řetězců. Proces roubování se provádí reakcí volných radikálů mezi anhydridem a kaučukem s přídavkem iniciátoru benzoylperoxidu.

Komerčně jsou používány tři různé způsoby sesítování: peroxid, silan a záření. Vzniklá struktura snižuje smršťování a zlepšuje tepelnou a chemickou odolnost. Nejdůležitější metodou je sesítování vyvolané peroxidem. Chemické sesítování pomocí peroxidu se používá například při zpracování polyethylen a PVC. [3]

Tepelné stabilizátory

Tepelné stabilizátory se používají k zabránění degradace materiálů během jejich zpracování, kde mohou být vystaveny teplu, anebo mohou být použity také k prodloužení životnosti konečných produktů, kterých jsou součástí. Z hlediska spotřeby stabilizátoru, musí být zohledněna doba a také teplota ohřevu.

Plastifikátory

Změkčovadla se přidávají do plastových směsí pro zlepšení toku a usnadnění zpracování. Používají se k úpravě a umocnění přirozených vlastností polymerů. Pomáhají také vyvíjet nové nebo vylepšené vlastnosti, kterými polymery v základu nedisponují.

Plastifikátory také snižují deformační napětí, tvrdost, hustotu, viskozitu a elektrostatický náboj polymeru. Naopak zvyšují pružnost polymerního řetězce a odolnost vůči lomu. Ovlivněny jsou však další vlastnosti, jako je stupeň krystalinity, optická čistota, elektrická vodivost, chování při požáru a odolnost proti biologickému rozkladu. Plastifikátory mají tyto vlastnosti:

- viskozitní vlastnosti,
- vynikající odolnost proti znečištění,
- vynikající odolnost proti extrakci,
- vynikající odolnost proti oděru.

Plastifikátory se dělí na vnější a vnitřní. Vnější změkčovadla jsou málo těkavé látky, s kterými interagují polymerní řetězce. Nejsou však k nim chemicky připojeny primárními vazbami. Proto se ztrácejí odpařováním, migrací nebo extrakcí.

Vnitřní změkčovadla jsou nedílnou součástí molekul polymeru. Stávají se součástí produktu tak, že kopolymerují do polymerní struktury nebo reagují s původním polymerem. Obecně mají objemné struktury. Poskytují polymerům více prostoru pro pohyb. Zároveň zabraňují tomu, aby se polymery přiblížily k sobě, a proto měknou při snížené teplotě skelného přechodu (T_g). Díky tomu redukuje modul pružnosti. [3]

Přísady zlepšující zpracování

Pomocné látky pro zpracování se často používají z důvodu zlepšení tavení a promísení polymeru. Účinky pomocných látek:

- podporují fúzi,
- zvyšují lesk povrchu,
- zvyšují pevnost taveniny,
- zlepšují vzhled PVC pěn.

Při vstřikování podporují zpracovatelské prostředky lepší tok materiálu ve formě, vytváří části s nižší hustotou a lepší strukturu buněk. Hlavním přínosem pomocné látky pro zpracování je poskytování dramaticky rychlejších cyklů bez ztráty hustoty nebo kvality dílu. V měkčených pěnách umožňují výrobu pěn majících širokou škálu tvrdosti a odolnosti proti deformaci. Pomocné látky pro zpracování se používají hlavně na podporu fúze, pevnosti v tavenině, disperze a kvality povrchu. [3]

Maziva

Maziva se používají ke zlepšení toku taveniny zpracovávaného polymeru, aniž by to mělo nepříznivý vliv na mechanické vlastnosti a tepelnou stabilitu daného polymeru. Plasty vyžadují ke změně zdánlivé viskozity taveniny právě maziva. Využívají se také jako pomocné zpracovatelské prostředky ke zlepšení promíchání různých polymerů, anebo k recyklaci polyetylenových polymerů. [3]

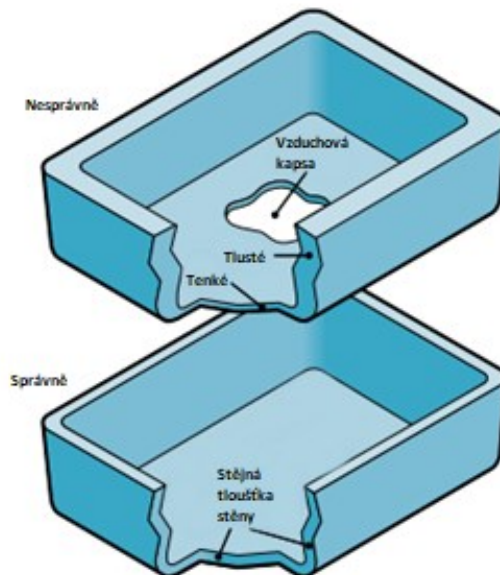
3 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY VSTŘIKOVANÉHO DÍLU

3.1 Tloušťka stěn

Tloušťka stěny silně ovlivňuje mnoho klíčových charakteristik vstřikovaného dílu, včetně mechanických vlastností, vzhledu, tvarovatelnosti a hospodárnosti. Optimální tloušťka je často rovnováhou mezi protichůdnými tendencemi, jako je pevnost versus redukce hmotnosti nebo trvanlivost versus cena. [11]

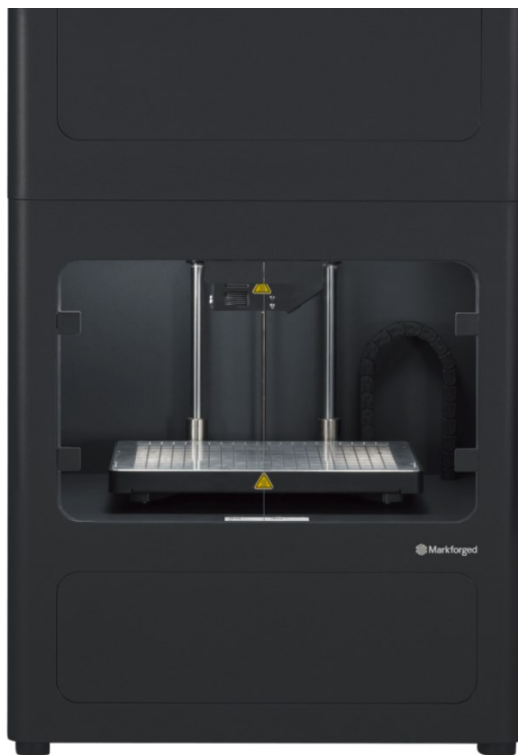
U nerovnoměrných stěn by změna tloušťky neměla přesáhnout 15 % hlavní stěny a měla by přecházet postupně. Rohy by měly být vždy navrženy s minimálním poloměrem zaoblení, který je roven 50 % tloušťky stěny a vnějším poloměrem 150 % tloušťky stěny, aby byla zachována jednotná tloušťka. [12]

V jednoduchých částech výrobku, kde se vyskytují rovné stěny, poskytuje každé 10% zvýšení tloušťky stěny přibližně 33% zvýšení tuhosti. Zvyšující se tloušťka stěny také zvyšuje hmotnost dílu, dobu cyklu a náklady na materiál. [11]



Obr. 6 Znárodnění vlivu tloušťky stěn na dotečení výrobku [11]

Jednou z cest je generativní tvorba forem. Společným znakem generativních metod je to, že obrobek je formován přidáváním materiálu nebo přechodem materiálu z kapalného nebo práškového stavu do pevného, nikoli však odstraněním materiálu, jako je tomu u běžné metody výroby (obrábění). Všechny zde zahrnuté procesy byly vyvinuty z metod RP (např. Selektivní laserové slinování, 3D tisk, kovová LOM (Laminated Object Manufacturing), nebo využívají konvenční techniky rozšířené o vrstvené strukturování (laserem generovaný RP, kontrolované vrstvení kovů). Při selektivním laserovém slinování (SLS) kovů laserový paprsek taví výchozí vrstvy práškových materiálů, přičemž tloušťka vrstvy se mění od 0,1 do 0,4 mm v souladu s velikostí částic kovového prášku. Forma je tedy generována vrstvu po vrstvě. [13]



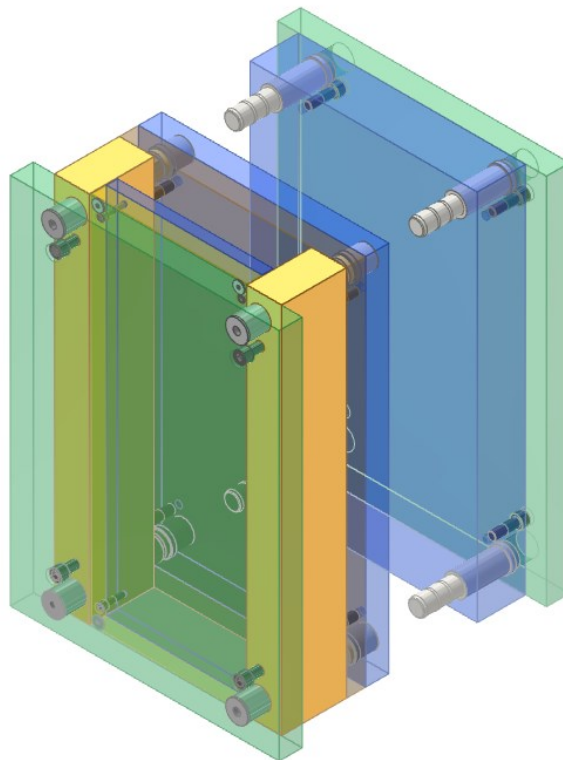
Obr. 10 3D tiskárna Markforged určená k tisku kovů [23]

5 ČÁSTI FORMY

5.1 Sestava desek formy

Rám formy představuje skupinu vzájemně spojených desek s vodícím, středícím a spojovacím příslušenstvím. Spojený celek tvoří funkční nosič tvarových dutin a vtoků, vypracovaných přímo v deskách, nebo ve zvláštních vložkách. Rám doplněný o další funkční celky pak tvoří kompletní formu s požadovanou funkcí. Mimo uvedené činnosti musí rám umožnit:

- správné ustavení na vstřikovacím stroji,
- dokonalé a bezpečné upnutí na stroji,
- přesné vedení pohyblivých dílů formy,
- snadné upevnění tvarových vložek a ostatních funkčních dílů,
- vhodné umístění temperačního a vyhazovacího systému.



Obr. 11 Sestava desek

Dnešní doba umožňuje využívání normálií souboru stavebnicových prvků. Je to významná cesta k urychlení a zdokonalení konstrukce i výroby formy. Soubor představuje typizaci dílů, větších celků, rámu forem i různého příslušenství v širokých řadách rozměrů. Ze souboru normalizovaných stavebnicových prvků je možné sestavovat a kombinovat díly tak, že vznikají různé velikostní i funkční typy rámu. Tyto díly se používají už jako hotové, nebo jako polotovary, které se podle potřeby dokončují.

Ekonomické přínosy při využívání normálií vznikají nejen v oblasti konstrukce, ale i především slouží pro urychlení a zdokonalení výroby forem a tím také výstřiků. [14]

5.2 Vtokové systémy

Vtokový systém je definován jako řada kanálů, které směřují roztavený polymer z vtokové vložky do vtokového ústí. Při navrhování vtokových systémů je třeba vzít v úvahu dva klíčové faktory. První úvahou je navrhnout systém kanálu tak, aby se materiál dostal do dutiny nejkratší a nejpřímější cestou a vyhnul se mnoha ohybům a kroucením při své cestě k vtokovému ústí. Dalším faktorem, který je třeba vzít v úvahu, je vyváženost systému. V tomto případě se vyvažováním rozumí směřování toku roztaveného polymeru do dutiny tak, aby se všechny části výstřiku vyplňovaly současně, aniž by se některé části plnily příliš rychle nebo příliš pomalu. [15]

5.2.1 Studený vtokový systém

Studené vtokové systémy by měly být navrženy tak, aby měly vysoký poměr objemu k povrchu. Takový průřez bude minimalizovat tepelné ztráty, předčasné ztuhnutí roztaveného polymeru a pokles tlaku ve vtokovém systému. Kruhový průřez je neúčinnější, a proto je i široce používán. Kruhový průřez lze snadno vyjmout z formy a také se snadno obrábí pomocí standardní stopkové frézy. Tento typ vtoku však musí být obroběn do obou polovin formy a to může být nákladnější. Pro funkčnost tohoto designu je rozhodující také slícování obou polovin kanálů. [15]

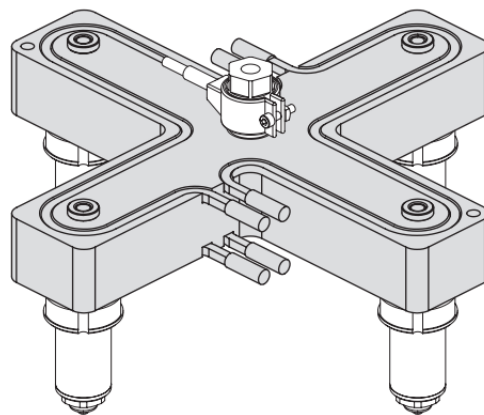
Obecným pravidlem je, že studený vtokový systém by měl mít průměr rovný maximální tloušťce stěny dílu, ale také musí být v rozmezí 4 až 10 mm. Vtokový systém by měl být dostatečně velký, aby minimalizoval tlakovou ztrátu, a přesto dostatečně malý, aby udržel uspokojivou dobu cyklu. Menší průměry mimo jiné nesmírně pomáhají udržovat teplotu taveniny a zvyšovat tok roztaveného polymeru. [15]

5.2.2 Horký vtokový systém

Hlavní nevýhodou studených vtokových systémů je, že po odformování výrobku jsou vyhozeny z formy jako odpad. Systémy s horkými kanály se liší od systémů se studenými tím, že prodlužují trysku vstřikovacího stroje. Horký vtokový systém udržuje hlavní část roztaveného polymerního materiálu přibližně na stejné teplotě a viskozitě jako polymer v hlavní části plastikátoru. Existují dva obecné typy systémů horkých vtoků, izolované a konvenční. [15]

Vyhřívaný vtokový systém

Vyhřívaný vtokový systém umožňuje zvýšenou kontrolu nad teplotou taveniny a dalšími podmínkami zpracování, jakož i zvýšenou volnost při navrhování, zejména při designování velkých multikanálových forem. Systémy horkých kanálů si zachovávají některé výhody izolovaného systému oproti studeným vtokovým kanálům a zároveň eliminují některé z nevýhod. Například rozbíhací postupy jsou jednodušší než u izolovaných systémů. U vyhřívaných vtoků jsou však zvýšeny náklady v důsledku složitějšího návrhu, výroby a provozu formy.



Obr. 12 Blok rozdělovače horkého vtoku [20]

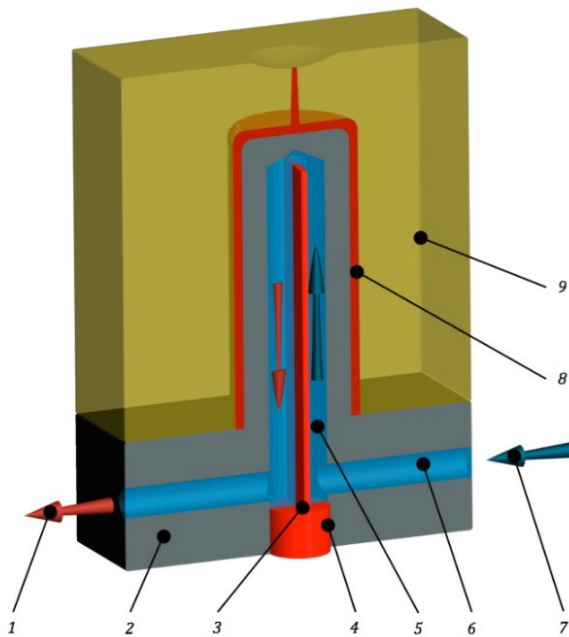
Tento typ vtoků můžeme vnímat jako prodloužení válce vstřikovacího stroje, a to hlavně díky tomu, že udržuje úplně roztavený materiál od trysky až po vtokové ústí. Tomuto napomáhá zejména to, že rozdělovač obsahuje topné a ovládací prvky pro udržování taveniny na požadované teplotě. Instalace a ovládání topných těles je obtížné. Izolace zbytku formy od horkého bloku je také docela obtížná. Úkolem izolace je udržet teplo rozdělovače mimo dosah cyklického ochlazování dutiny, aniž by to ovlivnilo celkovou dobu cyklu. [15]

5.3 Temperační systém

Temperace formy slouží k udržování konstantního teplotního režimu. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Tyto požadavky jsou zabezpečovány jak vyhříváním, tak případně ochlazováním.

Pokud má forma dostatečnou hmotnost a dobře řešený temperační systém, zvýší se její tepelná a tím i rozměrová stabilita a sníží se i nebezpečí deformace, při vysokých vstřikovacích tlacích.

Lokální nerovnoměrné rozložení teplot ve formě má za následek zvětšení rozměrových a zejména tvarových úchylek výstřiku. Někdy se však záměrně temperují různé části formy odlišně, aby se eliminovaly tvarové deformace způsobené anizotropií smrštění plastu.



Obr. 13 Tepelná trubice [6]

(1-výstup temperačního média, 2-pohyblivá část formy, 3-plochá přepážka, 4-úložná plocha přímé přepážky, 5-vedlejší temperační kanál, 6-hlavní temperační kanál, 7- vstup temperačního média, 8-vstřikovaný díl, 9-pevná část formy)

Jeden z typů temperace jsou tepelné trubice. Řadí se mezi pasivní temperační prostředky. Jsou to zařízení, umožňující intenzivní přenos tepla z oblasti vyšší teploty do oblasti o nižší teplotě i při malém rozdílu. Trubice jsou naplněny vhodnou látkou, která se při ohřevu na jedné straně vypařuje a přitom odebírá množství tepla z tepelného zdroje.

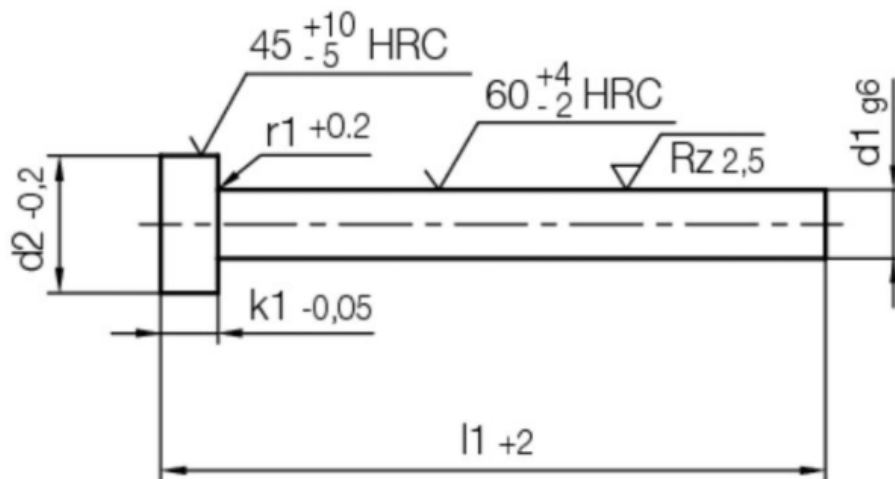
Vzniklé páry proudí vnitřním evakuovaným prostorem trubice do opačné chlazené části, kde kondenzují a tím předávají teplo chladnějšímu prostředí. [14]

5.4 Vyhazovací systém

Jednou ze součástí vyhazovacího systému jsou vyhazovací desky. Tyto desky slouží k ukotvení, vedení, ovládní a zajištění vyhazovačů v jejich pracovním i zpětném pohybu. Používají se obvykle v uspořádání jako deska kotevní a opěrná. Vyhazovací desky, především kotevní mohou mít své vlastní vedení.

Další částí jsou již zmíněné vyhazovače. Vyhazovače musí výstřík vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Základní podmínkou dobrého vyhazování výstříku je hladký povrch a úkosovitost stěn ve směru vyhazování.

Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. Mohou se využít k vytvoření funkční dutiny nebo také jako část tvárníku. U hlubokých tvarů je třeba počítat s jejich zavzdušněním. Mimo výstříku se vyhazuje i vtokový zbytek. Při vhodném uspořádání se může vtokový zbytek od výstříku záměrně oddělit již ve formě.



Obr. 14 Vyhazovač s válcovou hlavou [16]

Jeden z používaných způsobů je také pneumtické vyhazování. Je to metoda vhodná pro vyhazování tenkostěnných výstříků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Pneumatické vyhazování zavádí vzduch mezi výstřík a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstříku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou na výstříku stopy po vyhazovačích. Lze jej skombinovat i s mechanickým vyhazovacím systémem. [14]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 STANOVENÍ CÍLŮ V PRAKTICKÉ ČÁSTI

Cíle praktické části bakalářské práce byly zvoleny následující:

- zpracování 3D modelu dílu, pro který bude forma konstruována
- návrh vstřikovací formy s využitím poznatků z předchozí teoretické studie
- vyhotovení 2D výkresové dokumentace pro sestavu formy

Na základě předchozí části bakalářské práce, která obsahuje potřebné teoretické znalosti, byl vypracován návrh výrobku a později jeho vstřikovací forma. Pro vizualizaci těchto návrhů bylo nutné seznámení s různými specializovanými nástroji obsaženými v softwarech k tomu určených. Dále praktická část popisuje konkrétní postup při tvorbě formy včetně použitých dílů.

7 CAD SOFTWARE

Pro vypracování praktické části byly použity dva různé CAD systémy. První z nich je Catia, ve které byl vymodelován samotný plastový díl a to z toho důvodu, jelikož disponuje kvalitním prostředím pro práci s plochami.

Sestava formy byla navržena pomocí Inventoru a jeho nástavby Mold Tooling. Tento doplněk umožňuje částečně automatizované modelování díky rozsáhlým knihovnám se stavebními prvky, ale i dalšími díly často používaných pro designování forem.

7.1.1 Catia

Catia byla vyvinuta společností Dassault Systèmes. Ta byla založena v roce 1981 Marcelem Dassaultem. Tým inženýrů měl vyvinout 3D počítačově podporovaný designový software (Catia, pak nazývaný CATI) jen pro své potřeby, inženýři však rozšířili rozsah této mise na poskytování pomoci dalším průmyslovým odvětvím.

V průběhu let došlo ke spolupráci Dassault Systèmes a IBM. Mezitím IBM začalo prodávat Catii jako svůj produkt. Tento CAD se postupně prosazoval i v jiných odvětvích mimo letecký design, zejména v automobilovém průmyslu (BMW, Mercedes a Honda). V pozdějších letech Dassault Systèmes vylepšila svůj software a rozšířila se do USA, Japonska a Německa. [17]

7.1.2 Inventor

Inventor je produktem firmy Autodesk. Tuto společnost založil John Walker v roce 1982. O deset let později byla do čela společnosti jmenována Carol Bartzová, která nasměřovala cíle firmy právě k vývoji CAD systému. První verze Inventoru zvaná Mustang přišla v roce 1999.

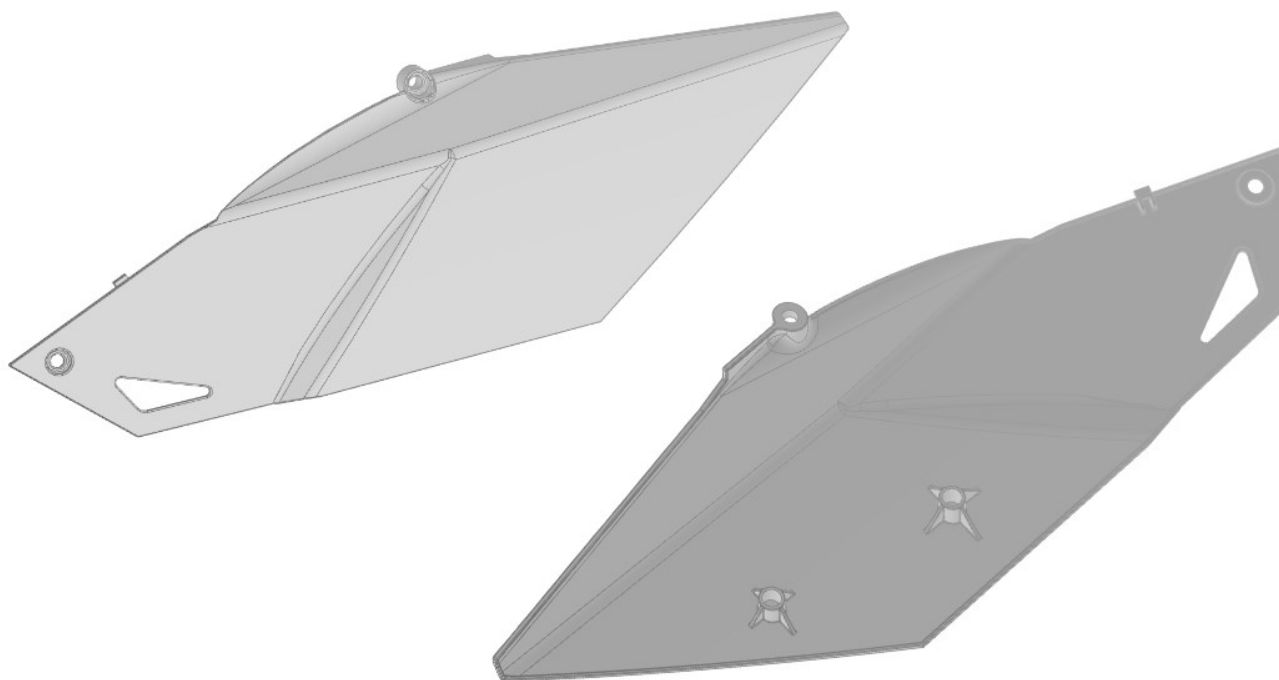
Už od prvopočátku si jeho tvůrci zakládali na intuitivním ovládní a přívětivém uživatelském prostředí. Specializované funkce urychlují navrhování plastových součástí a plechových dílů. Snadno použitelné nástroje navíc usnadňují postup při tvorbě sestav tak, aby do sebe všechny díly a součásti správně zapadaly. Velkou předností Inventoru je technologie iLogic, která dramaticky zjednodušuje navrhování založené na pravidlech. Pomáhá jim definovat komplexní konfigurace výrobků, zvyšovat produktivitu vývoje a optimalizovat návrhy. [18]

8 VSTŘIKOVANÝ DÍL

Díl, pro který je forma vypracována, je jedním ze sady plastové části těla všech motocyklů řady MX. Tyto motocykly se používají v extrémních podmínkách, z čehož plynou i nároky na jejich konstrukci. Jejich plastové kryty musí odolávat nejen tepelnému namáhání, ale především nárazům různých předmětů a taktéž do jisté míry i častým pádům motocyklu. Konkrétně tyto podsedlové boční číselné tabulky chrání koncovou část výfuku před porušením a zároveň samotného jezdce před teplem sálajícím z tohoto žhavého dílu.

Vesměř jsou si všechny tyto díly velice podobné napříč výrobci motocyklů. Tovární díly jsou většinou v barvách dané značky, ale na trhu jsou i různé barevné modifikace od jiných výrobců, kterými jsou zejména UFO, Acerbis a Racetech.

Hlavní rozměry tohoto konkrétního dílu jsou 560x165x85 mm. Tloušťka stěny je 2 mm a celkový objem 518,87 cm³.



Obr. 15 Model podsedlové boční číselné tabulky

8.1 Materiál výrobku

Materiál zvolený pro tento díl je akrylonitril-butadien-styren, který je jedním z materiálů dostupných již od roku 1948. ABS je široce používán jako inženýrský termoplast kvůli dobrým mechanickým vlastnostem a chemické odolnosti. Díky své dobré rovnováze vlastností, houževnatosti / pevnosti / teplotní odolnosti spolu se snadným formováním a

vysokou kvalitou povrchu má ABS velmi širokou škálu aplikací. Akrylonitril-butadienstyren má elastické vlastnosti zejména díky butadienovým segmentům molekul. [3]

Jako konkrétní typ by se dal použít materiál Lustran PG298 dodávaný firmou Avient. Jeho vlastnosti jsou: [19]

- Hustota 1,06 [g/cm³]
- Index toku taveniny 19 [g/10min]
- Smrštění ve směru toku 0,40 [%]
- Modul pružnosti 2,77 [GPa]
- Tvrdost Rockwell 110



Obr. 16 Motocykl Honda CRF, pro jehož modelovou řadu je tento díl určen [26]

9 NÁVRH KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

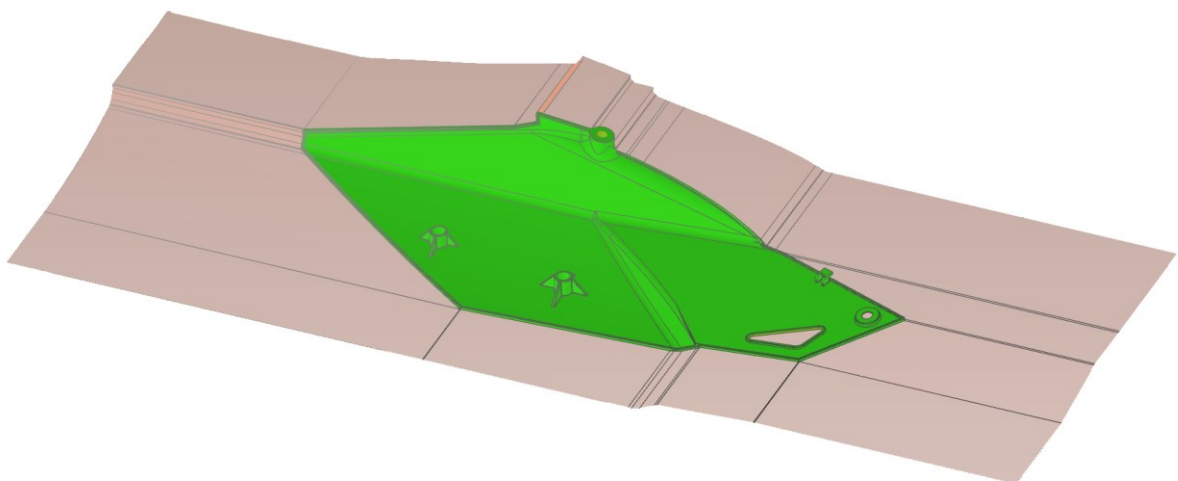
V této kapitole je popsána konstrukce formy po jednotlivých částech, které jsou nezbytné pro její funkčnost. Pro zvýšení efektivity práce a do jisté míry i zlevnění výroby byla snaha při tomto návrhu využívat co nejvíce normálií od různých výrobců.

9.1 Násobnost formy

Násobnost formy lze určit například podle předpokládaného počtu vyrobených kusů, což ovlivňuje i ekonomičnost výroby. Dále je nutné zvážit také rozměry, požadovanou kvalitu, přesnost a dostupný vstřikovací stroj. V tomto případě padlo rozhodnutí pro dvojnásobnou formu.

9.2 Zaformování

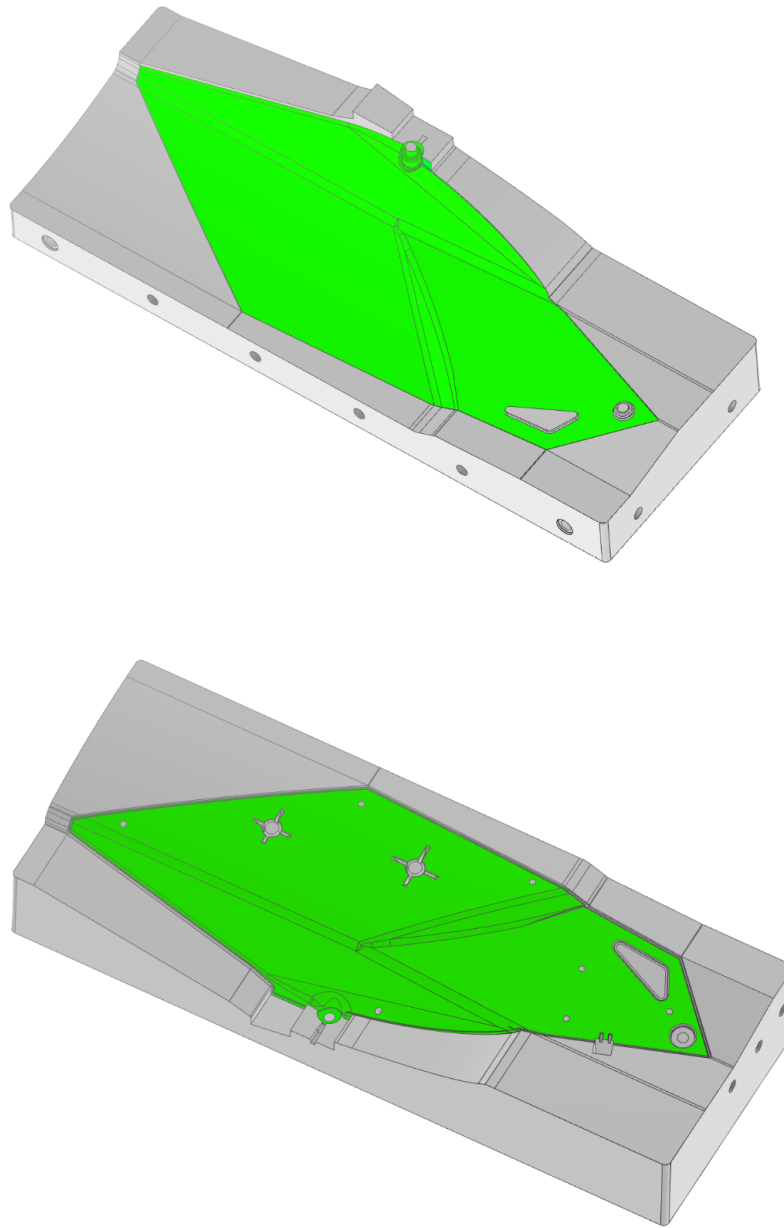
První krok při řešení samotné konstrukce formy byl návrh dělicí roviny. Základní snaha byla, aby výrobek po jeho odformování zůstal na pohyblivé straně formy, odkud bude později vyhozen pomocí vyhazovacího systému. Kvůli tvarové složitosti dílce se muselo vzít v úvahu i boční odformování. To bylo zde vyřešeno pomocí šikmého vyhazovače.



Obr. 17 Zaformování dílu

9.3 Tvarové vložky

Pro každý díl byla vyhotovena dvojice tvarových vložek, která se skládá z tvárníku a tvárnice. Finální vstřikované díly budou odpovídat těmto vzniklým dutinám jak tvarem, tak i kvalitou povrchu. Při jejich návrhu je nutné brát v úvahu i zvětšení dutiny o hodnotu smrštění polymeru při chladnutí výrobku ve formě.

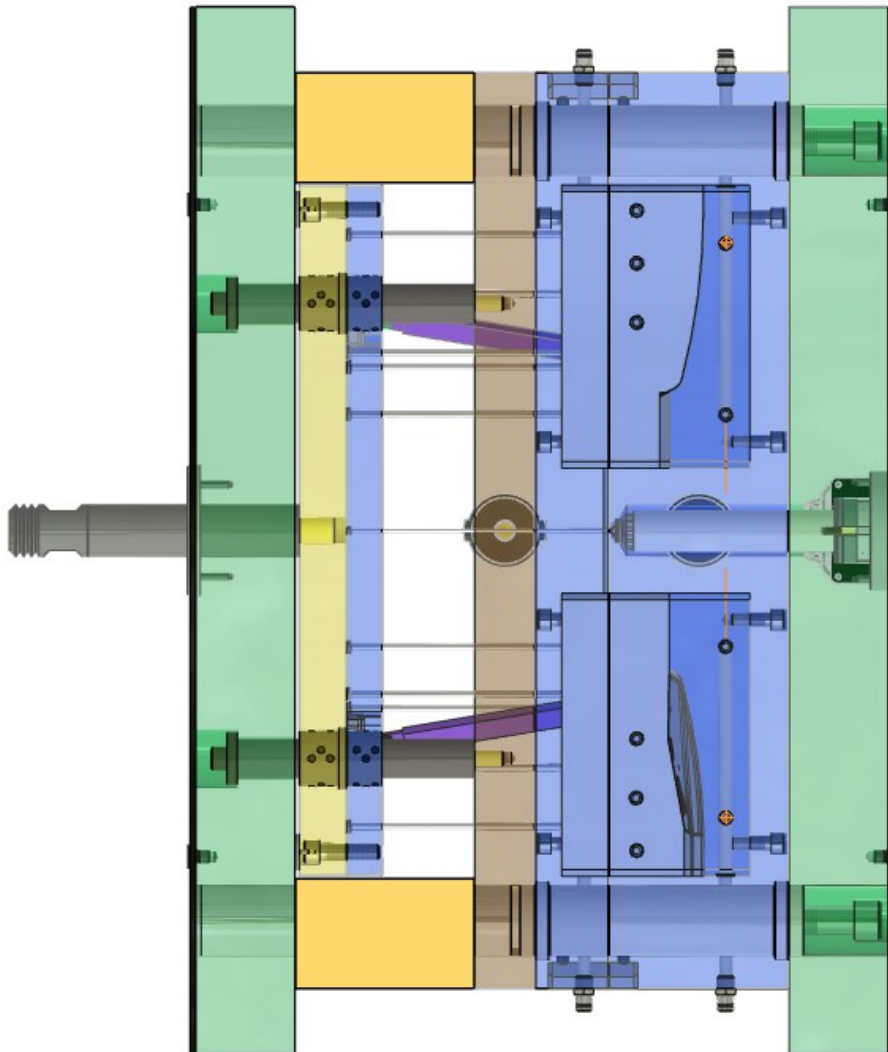


Obr. 18 Tvarové vložky

9.4 Sestava desek

Pro takto navrhnuté tvarové vložky byla následně vygenerována sestava desek pomocí nástroje Mold Base. V tomto nástroji jsou předdefinované různé sestavy desek, které jsou rozděleny podle výrobců a následně podle počtu dělicích rovin. Samozřejmostí je možnost dodatečné úpravy této sestavy, a to díky funkci výběru konkrétní varianty každého zde použitého dílu. V tomto případě byla zvolena sestava desek s jednou dělicí rovinou.

Rozměry desek jsou 796x796 mm a 696x796 mm. Celkový rozměr formy je 796x796x534 mm.

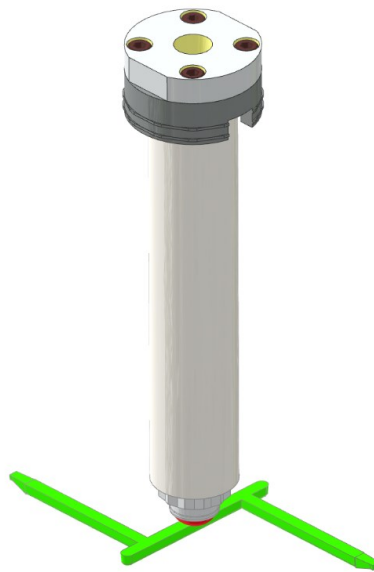


Obr. 19 Kompletní sestava desek včetně dalších komponent

9.5 Horký a studený vtokový systém

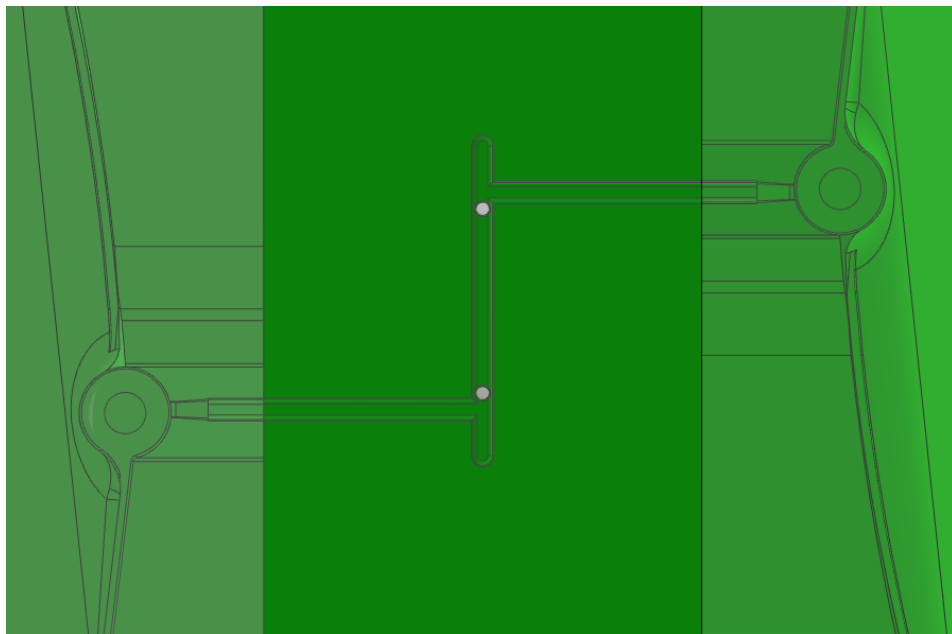
Tato forma byla navržena s hybridním vtokovým systémem. Díky tomu se zmenšilo množství odpadu v podobě zatuhlého vtokového zbytku. Pro horkou část vtoku je zde zvolena tryska od společnosti Hasco, konkrétně H61301 50x200. Byla vybrána na základě parametru vstříkované hmotnosti plastu. [20]

Tato tryska je upevněna do opěrné desky. Zhora ji z části zakrývá středící kroužek, spolu s kterým později přicházejí do kontaktu se vstříkovací jednotkou.



Obr. 20 Hybridní vtokový systém

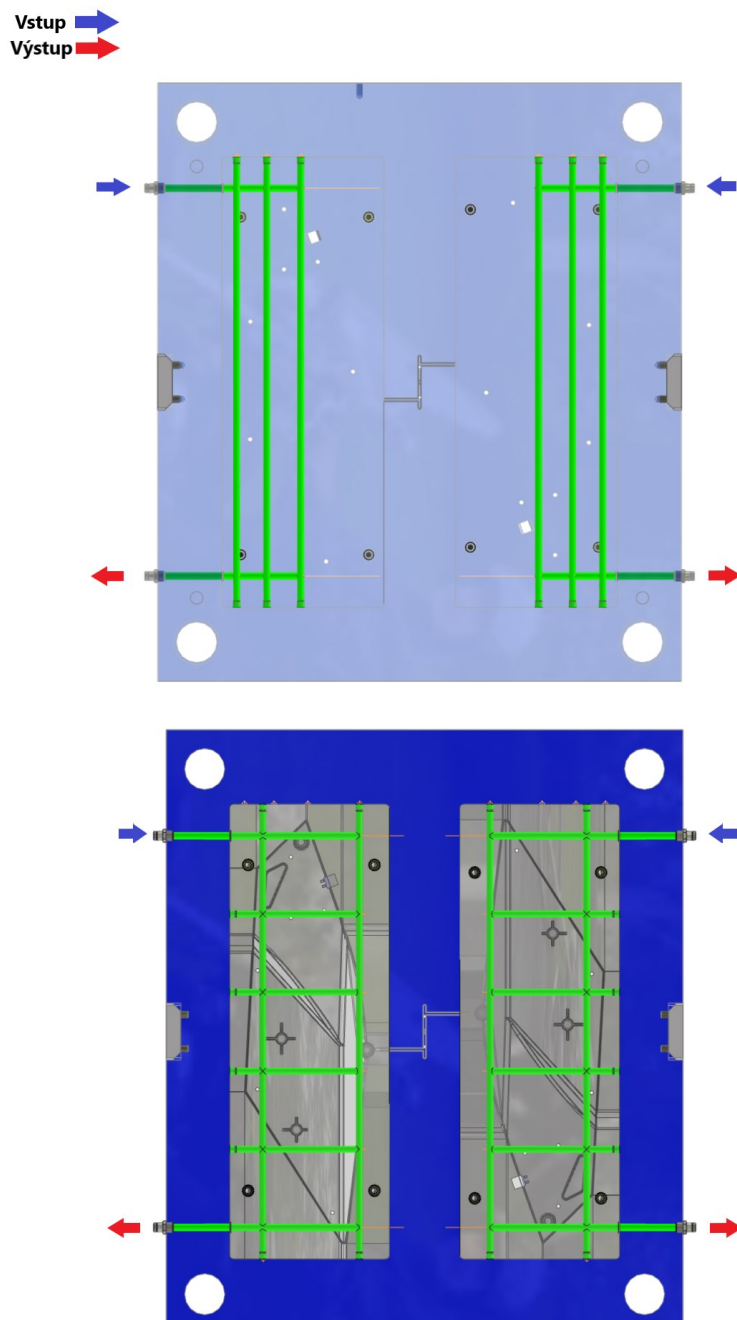
Roztavený polymer vycházející z horké trysky je dále rozváděn do tvarových dutin pomocí studených rozvodných kanálů, které mají lichoběžníkový průřez. Tento typ průřezu byl zvolen zejména z důvodu, že způsobuje malé teplotní a tlakové ztráty. V místech, kde se předpokládá změna směru proudění taveniny, byly vytvořeny jímky. Ty zde mají za úkol zachytit chladné čelo proudu taveniny. Studený vtokový systém je zde zakončen vtokovým ústím, ze kterého tavenina proudí do nejsilnějšího místa výrobku.



Obr. 21 Rozvodné kanály studené části vtokového systému

9.6 Temperace

Temperace této formy je řešena pomocí propojených kanálů, které jsou vyvrtány do tvarových vložek a formovacích desek. Průměr těchto kanálů byl zvolen 10 mm. Průtok těmito kanály je usměrněn pomocí ucpávek uzavírajících nepotřebné výstupy média. Pro vstup a výstup jsou zde použity vsuvky, pomocí kterých se bude systém připojovat k hnanému okruhu temperačního média. Přechody mezi formovacími deskami a tvarovými vložkami jsou zde utěsněny pomocí O-koružků. Doporučený interval, ve kterém by se teplota formy pro ABS měla pohybovat, je 50-85 °C.



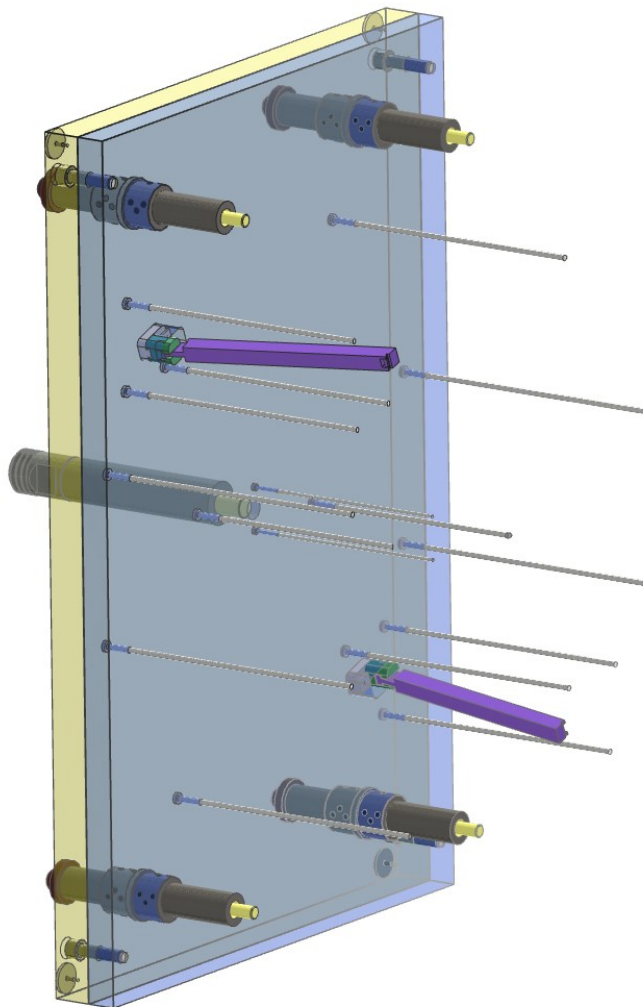
Obr. 22 Tvarové vložky s temperačními kanály

9.7 Odvzdušnění

Jak už bylo popsáno v teoretické části práce, při plnění formy hraje důležitou roli její odvzdušnění. Nedostatečné odvzdušnění může způsobit nedostříknutí výrobku z důvodu nepřekonání tlaku v dutině formy nebo naopak jeho extrémní zvýšení, které vede ke vzniku spálení polymeru tzv. Dieselova efektu. V tomto případě vzduch z formy může do jisté míry unikat dělicí rovinou nebo vůli v uložení vyhazovačů. Problémy s odvzdušněním klesají s postupným opotřebováváním formy.

9.8 Vyhazovače

Vyhození výrobků obstarává skupina vyhazovačů různých průměrů a tvarů. Pro každý dílec je zde sedm válcových vyhazovačů o průměru 5 mm. Zbytek studené části vtokového systému mají na starosti dva taktěž válcové vyhazovače o průměru 4 mm. Výše zmíněné díly byly převzaty z naimportované knihovny firmy Hasco.

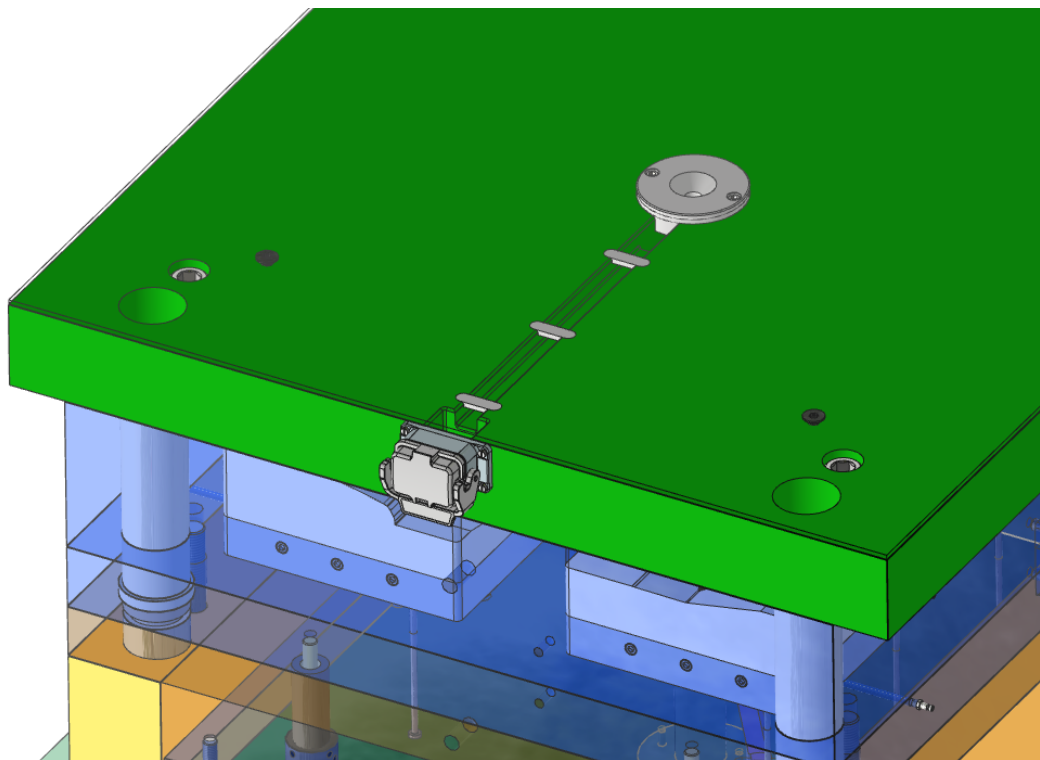


Obr. 23 Vyhazovací systém

Dále je zde použit šikmý vyhazovač, který plní funkci jak vyhození výstřiku, tak i odformování složité tvarové části výrobku pomocí svého specifického zakončení. Všechny tyto vyhazovače jsou upevněny v kotevní desce, která je spojena s opěrnou deskou. Zdvih vyhazovacího systému je v tomto případě 40 mm a je realizován pomocí spojovacího čepu, taktéž od firmy Hasco, který je našroubován do opěrné vyhazovací desky.

9.9 Elektroinstalace

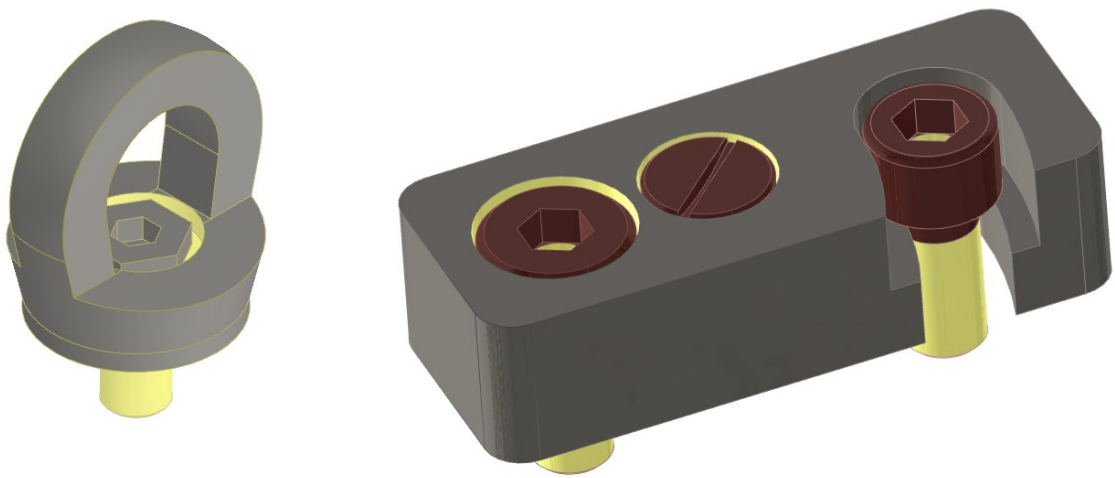
Kvůli použití horké trysky bylo nutné formu vybavit také zásuvkou, která slouží k jejímu napájení. Kabeláž trysky je vedena drážkou v upínací desce přímo k zásuvce. Hrany drážky, které mohou dojít do styku s kabelem, musí být sraženy nebo zaobleny z důvodu možnosti prodření izolační vrstvy kabelu. Úlohu zafixování pozice kabelu v drážce zde plní magnetické destičky, konkrétně od výrobce Cumsa. [21] Drážku ještě kompletně překryje izolační deska, která je pomocí šroubů připevněna k upínací desce.



Obr. 24 Elektrický přívod horké trysky

9.10 Manipulace

Pro bezpečnou manipulaci s formou byl z horní strany navržen pár závěsných ok, jejichž rozměry byly zvoleny podle předpokládané hmotnosti formy. Nečekanému otevření formy při manipulaci brání transportní pojistka, která je v tomto případě umístěna na horní straně formy.



Obr. 25 Součásti zabezpečující bezpečnou manipulaci

10 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Ke zvolení příslušného vstřikovacího stroje je nutné si předem definovat určité parametry následujícími výpočty:

Určení množství potřebného plastu: [14]

$$M = 1,2 * (G * n + A) * \frac{\alpha_x}{\alpha_p} [g]$$

$$M = 1,2 * (550 * 2 + 15) * \frac{103}{100} = 1378[g]$$

G-hmotnost výrobku [g], n-počet vstřikovaných dílu (násobnost) [-], A-hmotnost vtokových kanálů [g], $\frac{\alpha_x}{\alpha_p}$ -poměr vstřikovaného plastu k polystyrenu [-]

Plastikační doba jednoho cyklu: [14]

$$t_{pl} = \frac{3,6 * M}{Q} [s]$$

$$t_{pl} = \frac{3,6 * 1378}{1469} = 3,4[s]$$

Q-plastikační výkon stroje[kg/hod]

Orientační uzavírací síla: [7]

$$F = p * S[kN]$$

$$F = 3 * 2 * 550 = 3300[kN]$$

p-předpokládaný tlak v dutině pro ABS [kN/cm²], S-plocha výrobku v dutině [cm²]

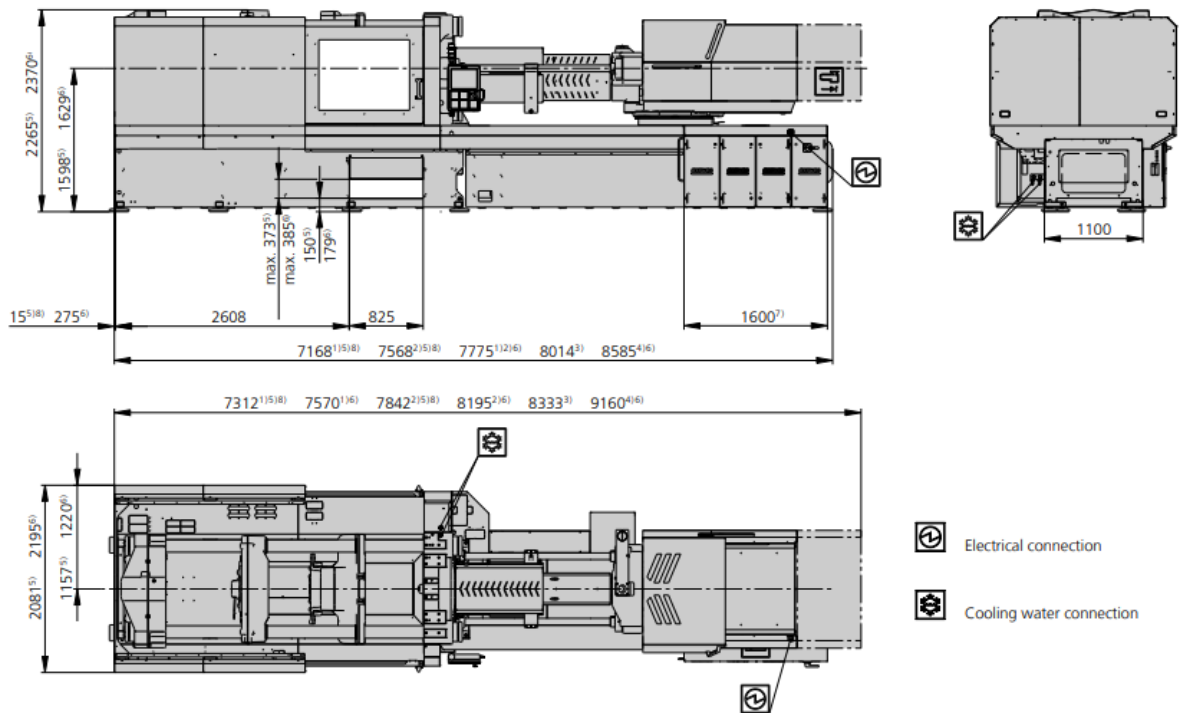
Po porovnání vypočtených parametrů byl vybrán stroj značky Arburg, model Allrounder 820 S (4000-3200). Parametry tohoto stroje jsou následující: [22]

Uzavírací jednotka:

- Uzavírací síla max 4000 [kN]
- Vyhazovací síla 100 [kN]
- Výška formy 350-850 [mm]
- Vzdálenost mezi vodícími sloupky 820x820 [mm]
- Velikost upínací desky 1171x1171 [mm]

Vstřikovací jednotka: [22]

- Průměr šneku 80 [mm]
- Parametr šneku L/D 20
- Hmotnost vstřikovaného polymeru max 1469 [g]
- Vstřikovací tlak max 200 [MPa]
- Síla přítlaku trysky max 110 [kN]
- Retrakční zdvih 600 [mm]



Obr. 26 Schéma vstřikovacího stroje Arburg Allrounder 820 S [22]

ZÁVĚR

Výstup z této bakalářské práce je vypracovaným návrhem vstřikovací formy pro již existující díl. Cílem bylo co nejlíže se přiblížit původnímu vzhledu a zároveň vypracovat originální řešení pro možnou reprodukci dílu.

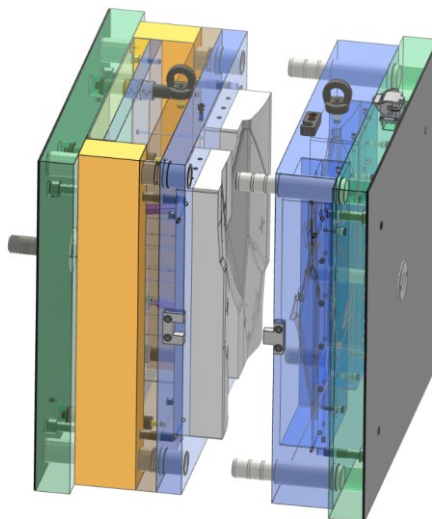
První část bakalářské práce obsahuje teoretické shrnutí problematiky týkající se polymerů, technologie vstřikování a vstřikovaných dílů. Výběr témat pro jednotlivé kapitoly byl koncipován tak, aby vytvořil teoretický podklad pro vypracování praktické části. Kromě konstrukčních zásad pro navrhování vstřikovaných dílů, jsou zde popsány základní části forem, materiály forem a technologie používané pro jejich výrobu.

Na základě těchto informací byla vypracována praktická část. Pro tvorbu 3D modelu byl použit program Catia V5R20, ze kterého byla data později přenesena do Inventoru 2020, kde proběhl návrh formy za pomoci naimportovaných knihoven od společností Hasco, DME atd.

Jako materiál výrobku byl zvolen ABS a to zejména kvůli konečnému využití dílce. Forma byla konstruována jako dvojnásobná s kombinací horkého a studeného vtoku. Z těchto parametrů se vycházelo při výběru vstřikovací stroje, kterým byl zvolen Arburg Allrounder 820 S.

Mimo jiné vyhazovací systém zde obsahuje nejen válcové, ale i šikmé vyhazovače. Ty zde slouží jak pro vyhození výrobku z formy, tak i pro odformování tvarové složitosti dílce.

Z takto vytvořeného 3D modelu vstřikovací formy byla vypracována výkresová dokumentace, která je přiložena k této bakalářské práci.



Obr. 27 Kompletní sestava formy

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-708-0617-6.
- [2] ZEMAN, Lubomír. *Vstříkovaní plastů: úvod do vstříkovaní termoplastů*. 1. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [3] MURALISRINIVASAN, Natamai Subramanian. *Plastics additives and testing*. 1st ed. Salem: Scrivener, 2013. ISBN 978-1-118-11890-0.
- [4] Vstříkovaní termoplastů s napěňováním - úspory díky metodě MuCell. In: <https://www.plasticportal.cz/> [online]. České Budějovice: KUBOUŠEK, 2014 [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://www.plasticportal.cz/cs/vstrikovani-termoplastu-s-napenovanim-uspory-diky-medode-mucell/c/2416/>
- [5] LEE, S. *Foam Extrusion: Principles and Practice*. 1st ed. Florida: CRC Press LLC, 2000. ISBN 1-56676-879-9.
- [6] BOBEK, Jiří. *Vstříkovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. 12. Liberec: www.publi.cz, 2015 [cit. 2021-02-23]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Cover.html>
- [7] SEIDL, Martin. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů* [online]. 17. Liberec: www.publi.cz, 2015 [cit. 2021-02-23]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: <https://etul.publi.cz/?book=181-stroje-pro-zpracovani-polymernich-materialu>
- [8] LENFELD, Petr. *Technologie II: Část II - Zpracování plastů: Vstříkovaní plastů. Technologie II* [online]. Liberec, 2005 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [9] KREBS, Stefan. *Technologie zpracování plastů a kompozitů: Vstříkovaní plastů – technologie*. In: <https://docplayer.cz/> [online]. Praha, 2018 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/48058573-Technologie-zpracovani-plastu-a-kompozitu-vstrikovani-plastu-technologie.html>
- [10] *Plasty a technologie jejich zpracování* [online]. 2009, [cit. 2021-03-23]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/konstrucni-provedeni-vstrikovacich-lisu>
- [11] *Part and Mold Design: a Design Guide*. Pittsburgh, 2000. Dostupné také z: <http://pmirim.com/wp-content/uploads/2017/04/Part-and-Mold-Design.pdf>
- [12] *Design Solutions Guide*. Ludwigshafen, 2007. Dostupné také z: <http://hankyan.com/design%20guide%20BASF.pdf>
- [13] MENGES, Georg, Walter MICHAELI a Paul MOHREN. *How to Make Injection Molds*. 3rd ed. Munich: Hanser Publisher, 2001.
- [14] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: II. díl- Vstříkovaní termoplastů*. 1. vydání. Brno: Uniplast Brno, 1999.
- [15] HARPER, Charles A. *Handbook of plastic processes*. 1st ed. New Jersey: Wiley, 2006. ISBN 978-0-471-66255-6.
- [16] HASCO: Vyhazovače. *Hasco* [online]. Lüdenscheid, 2021 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: https://www.hasco.com/cs/Z-norm%C3%A1lie/Vyhazov%C3%A1n%C3%AD/Vyhazova%C4%8D/Vyhazova%C4%8De/p/Z40_d1x11

- [17] Dassault Systemes SA history. *CompaniesHistory.com* [online]. Alba Iulia, 2021 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://www.companieshistory.com/dassault-systemes/>
- [18] Inventor. *IC Pro* [online]. Praha [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://www.1cpro.cz/inventor.php>
- [19] Avient Lustran PG298 Datasheet. *PROTOLABS* [online]. Minneapolis [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: <https://catalog.ides.com/Datasheet.aspx?I=35388&FMT=PDF&E=51045&SKEY=35388.1481112.159754952%3A17e12669-aceb-42ce-a6d5-2544ffda1728&CULTURE=en-US&>
- [20] HASCO hot runner. *HASCO* [online]. Guntramsdorf, 2019 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: https://media.hasco.com/marketing/Content/HotRunner/H4000_PRO_DE%2BEN%2BFR.pdf
- [21] Cumsa. *Cumsa* [online]. Žďár nad Sázavou [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.cumsa.com/cs/prislusenstvi/3871-prichytka-kabelu-40x12.html>
- [22] Arburg Allrounder 820 S. *Arburg* [online]. Lossburg, 2021 [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische_Daten/ARBURG_ALLROUNDER_820S_TD_525003_en_GB.pdf
- [23] *Markforged: Printers* [online]. Massachusetts, 2013 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://markforged.com/3d-printers/metal-x>
- [24] BASF. *Injection-Molding Problems in Engineering Thermoplastics: Causes and Solutions* [online]. Ludwigshafen, 2009 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://documents.basf.com/1fdf0b89ed395774ae8ea1db681ad9af7ec5c7f0?response-content-disposition=inline>
- [25] *Arburg: Hydraulické stroje* [online]. Lossburg, 2021 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: [https://www.arburg.com/cs/cz/spektrum-sluzeb/vstrikovani/vstrikovaci-stroje/hydraulicke-stroje/#!/prettyPhoto\[pp_gal\]/2/](https://www.arburg.com/cs/cz/spektrum-sluzeb/vstrikovani/vstrikovaci-stroje/hydraulicke-stroje/#!/prettyPhoto[pp_gal]/2/)
- [26] *Motorkáři.cz* [online]. 2017 [cit. 2021-05-07]. Dostupné z: <https://www.motorkari.cz/clanky/moto-novinky/honda/honda-crf450r-2018-s-elektrickym-starterem-v-zakladu-36588.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

%	Procenta
°C	Stupeň Celsia
3D	Trojrozměrný prostor
ABS	Akrylonitril butadien styren
CAD	Počítačem podporované projektování
CO ₂	Oxid uhličitý
F	Uzavírací síla [N]
g	Gram
HDPE	Vysoko hustotní polyethylen
HSC	Vysokorychlostí obrábění
HRC	Tvrdost podle Rockwella
kN	Kilonewton
LOM	Výroba laminovaných předmětů
M	Množství potřebného plastu [g]
mm	Milimetr
MN	Meganewton
MPa	Megapascal
MX	Motrokros
cm ³	Centimetr krychlový
PVC	Polyvinylchlorid
RT	Rapid tooling
SLS	Selektivní laserové slinování
t	Tuna
t _{pl}	Plastikační doba jednoho cyklu [s]
T _g	Teplota skelného přechodu

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Grafické znázornění rozdělení polymerů [1].....</i>	11
<i>Obr. 2 Grafické znázornění rozdělení modifikátorů zpracování [3]</i>	12
<i>Obr. 3 Schéma vstřikovacího cyklu [7].....</i>	15
<i>Obr. 4 Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací [9]</i>	16
<i>Obr. 5 Hydraulický horizontální vstřikovací stroj od firmy Arburg [25].....</i>	17
<i>Obr. 6 Znázornění vlivu tloušťky stěn na dotečení výrobku [11].....</i>	18
<i>Obr. 7 Grafické znázornění závislosti velikosti rádiusu na koncentraci napětí [11]</i>	19
<i>Obr. 8 Příklady konstrukce žeber [11].....</i>	20
<i>Obr. 9 Dieselův efekt [24].....</i>	20
<i>Obr. 10 3D tiskárna Markforged určená k tisku kovů [23]</i>	24
<i>Obr. 11 Sestava desek</i>	25
<i>Obr. 12 Blok rozdělovače horkého vtoku [20].....</i>	27
<i>Obr. 13 Tepelná trubice [6].....</i>	28
<i>Obr. 14 Vyhazovač s válcovou hlavou [16]</i>	29
<i>Obr. 15 Model podsedlové boční číselné tabulky</i>	33
<i>Obr. 16 Motocykl Honda CRF, pro jehož modelovou řadu je tento díl určen [26].....</i>	34
<i>Obr. 17 Zaformování dílu</i>	35
<i>Obr. 18 Tvarové vložky</i>	36
<i>Obr. 19 Kompletní sestava desek včetně dalších komponent</i>	37
<i>Obr. 20 Hybridní vtokový systém</i>	38
<i>Obr. 21 Rozvodné kanály studené části vtokového systému</i>	38
<i>Obr. 22 Tvarové vložky s temperačními kanály</i>	39
<i>Obr. 23 Vyhazovací systém</i>	40
<i>Obr. 24 Elektrický přívod horké trysky.....</i>	41
<i>Obr. 25 Součásti zabezpečující bezpečnou manipulaci</i>	42
<i>Obr. 26 Schéma vstřikovacího stroje Arburg Allrounder 820 S [22].....</i>	44
<i>Obr. 27 Kompletní sestava formy</i>	45

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Výkres sestavy formy

Příloha P II: Kusovník sestavy formy