



## **Středoškolská technika 2018**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

### **VÝROBA FOREM PRO ZPRACOVÁNÍ TERMOPLASTŮ**

**Petr Pastyřík**

Střední průmyslová škola a Obchodní akademie

Kavalcova 814/1, Bruntál

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Bruntále dne 28.3.2018 .....

Petr Pastyřík

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval zejména svému vedoucímu práce, Bc. Aleši Štěpaníkovi, za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a čas, který mi věnoval při zpracování této práce.

Dále bych chtěl poděkovat kolektivu zaměstnanců, jmenovitě panu Machů, firmy Linaset a.s. za konzultace a hodnotné rady.

## **Anotace**

Ve své práci jsem se zabýval návrhem a konstrukcí formy pro jednoduchý plastový výrobek. Vstřikovací forma je nástroj pro výrobu plastových výrobků. Teoretická část je zaměřena na popis technologií pro návrh vstřikovacích forem. V praktické části byl vytvořen model plastového výrobku. Pro výrobek byla navržena vstřikovací forma, pro níž byl navržen model a výkresová dokumentace.

## **Klíčová slova**

termoplasty, vstřikování, vstřikovací forma, CAM programování

## **Annotation**

In my work, I worked on the design and construction of a mold for a simple plastic product. Injection mold is a tool for making plastic products. The theoretical part focuses on the description of technologies for design of injection molds. In the practical part a plastic product model was created. An injection mold was designed for the product for which the model and drawing documentation was designed.

## **Keywords**

thermoplastics, injection, injection mold, CAM programming

# OBSAH

Úvod .....	7
1    TEORETICKÁ ČÁST .....	8
1.1 Polymery .....	8
1.1.1 Charakteristika termoplastů .....	8
1.1.2 Rozdělení termoplastů .....	8
1.2 Vstřikování .....	9
1.2.1 Vlivy na jakost výlisku .....	9
1.2.2 Příprava plastů před vstřikováním .....	9
1.2.3 Sušení termoplastů .....	10
1.2.4 Barvení termoplastů .....	10
1.2.5 Recyklace plastů .....	10
1.2.6 Vstřikování plastů .....	10
1.3 Vstřikovací stroj .....	11
1.4 Části formy .....	11
1.4.1 Pohyblivá část formy .....	12
1.4.2 Pevná část formy .....	12
1.4.3 Tvarové desky .....	12
1.4.4 Vyhadzování .....	13
1.4.5 Upínací desky .....	13
1.4.6 Vedení formy .....	13
1.4.7 Temperace .....	13
1.4.8 Středící kroužky .....	13
2    PRAKTICKÁ ČÁST .....	14
2.1 Zvolení výlisku .....	14
2.1.1 Návrh tvaru .....	14
2.1.2 Návrh dělicí roviny .....	15
2.1.3 Zkosení výlisku .....	15
2.1.4 Zaoblení hran .....	16
2.2 Návrh formy .....	16
2.2.1 Násobnost formy .....	16
2.2.2 Zvolení typu tvarových částí .....	16
2.2.3 Zaformování výlisku .....	17

2.2.4	Návrh dosedacích ploch.....	17
2.2.5	Návrh vedení formy .....	18
2.2.6	Upnutí tvarových desek .....	20
2.2.7	Návrh vyhazování výlisku.....	21
2.2.8	Návrh temperace formy.....	23
2.2.9	Návrh vtoku.....	24
2.2.10	Kompletace formy.....	26
3	VÝROBA .....	27
3.1	Kreslení výkresů.....	27
3.2	Volba polotovaru a materiálu.....	27
3.3	Zúhlování polotovaru .....	27
3.4	Volba nástrojů .....	28
3.5	Měření nástrojů .....	28
3.6	Psaní programu na CNC frézce.....	28
3.7	Spouštění programu .....	29
3.8	CAM programování .....	30
4	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PRÁCE .....	35
4.1	Výpočet práce na CNC frézce.....	35
4.2	Výpočet práce na CNC soustruhu .....	36
4.3	Celkové zhodnocení .....	37
	Závěr.....	38
	Seznam použité literatury .....	39
	Seznam zkratk a symbolů .....	40
	Seznam tabulek a obrázků .....	41
	Přílohy .....	44

# ÚVOD

Strojírenství obsahuje spoustu možností výroby a zpracování materiálů. Velkou část výrobků v dnešní době zaujímají zejména plastové výrobky, které jsou také hlavní téma této práce. Nejčastější metoda pro výrobu plastových dílů je vstřikování termoplastů. Pro tuto metodu se používá vstřikovací stroj a forma pro vstřikování termoplastů. V této práci se řeší návrh, konstrukce a výroba formy a jejich komponentů. Rozebereme zde teorii vstřikování termoplastů a nejčastěji používané termoplasty. Práce je zaměřena zejména na tvarové desky, jejich kompletní návrh a výrobu.

Popíšeme si zde návrh výrobku, jeho tvar, který se musí přizpůsobit technologii vstřikování. Dále navrhne dělicí roviny a zaformování výlisku. Hlavní část tvoří návrh tvarových desek, do kterých je důležité správně zakomponovat vstřik, vyhazování a také temperaci. Je zde k nahlédnutí kompletní sestavení a vysvětlena funkce různých komponentů.

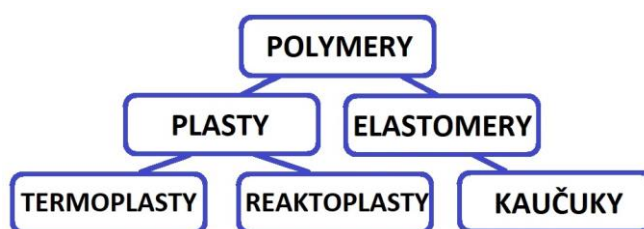
Zajímavou částí je také popis výroby. Ta probíhala na CNC strojích. Tvarová část v deskách byla naprogramována v CAM aplikaci.

Při konstrukci forem lze využít stavebnicového systému s určenými rozměry, například od firmy Meusburger. Hlavním pozitivem normalizace je zkrácení času při tvorbě návrhu a výrobě formy, která při sériové výrobě zajistí také menší náklady na formu oproti kusové výrobě.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Polymery

Polymery jsou v současné době jedny z nejpoužívanějších materiálů. Patří do rychle rozvíjející se skupiny nekovových materiálů. Většinu polymerů známe pod názvem plasty. Ve strojírenství se plasty používají hlavně kvůli jejich vlastnostem. Jsou lehce zpracovatelné, lehké a nepodléhají korozi. V této práci se budeme zabývat zejména termoplasty.



Obrázek 1: Rozdělení polymerů; Autor

### 1.1.1 Charakteristika termoplastů

Termoplasty patří do skupiny polymerů. Patří mezi nejrozšířenější plasty. Jsou snadno zpracovatelné tvářením za tepla a svařováním. Jsou charakteristické jejich snadnou tvárností při vyšší teplotě. Nejčastěji se zpracovávají pomocí vstřikování. Jejich vlastnosti se využívají při sériové výrobě různých výrobků žádaného tvaru. Tyto plasty jsou pevné pouze v chladném stavu. Můžeme je ohřívat a tvarovat opakovaně. Jejich opakem jsou reaktoplasty. Ty už po jejich vytvrzení nelze znovu uvést do tvárného stavu. [1]

### 1.1.2 Rozdělení termoplastů

- Polyvinylchlorid (PVC) je nejlevnější a nejpoužívanější. Dělí se na: tvrdý (pevný, křehký, používá se na potrubí, nádrže apod.) a měkčený (obsahuje změkčovadla, je ohebný).
- Polyetylén (PE) odolává kyselinám a rozpouštědlům do 75 °C. Má nízkou odolnost proti povětrnostním vlivům.
- Polypropylén (PP) je podobný tvrdému PE, ale odolává až teplotě 95 °C. Je vhodný například pro láhve, potrubí apod.



- Polybutylen (PB) je tvrdý a odolný proti chemickým vlivům. Vhodný na potrubí a trubky podlahového topení.
- Polystyrén (PS) je bezbarvý, tvrdý, křehký, dobře barvitelný a odolný do 75 °C.
- Akrylonitrilbutadienstyren (ABS) je tuhý, odolný proti vysokým i nízkým teplotám, také odolný proti kyselinám. Zpracovávat ho lze do teploty 280 °C.
- Polyamidy (PA) jsou pevné, velmi odolné proti opotřebení. Odolávají teplotám běžně do 80 °C, některé druhy až do 130 °C.
- Polykarbonát (PC) – pevný, průhledný, odolný do 120°C. Vhodný pro nerozbitné nádoby, kryty světel apod.
- Polyethyléntereftalát (PET) je odolný proti opotřebení, nad 100 °C mění rozměr. Vhodný na izolace kabelů apod.

[1]

## 1.2 Vstřikování

Vstřikování je nejpoužívanější metoda pro zpracování termoplastů. Je to poměrně složitý proces. Materiál se nejdříve dopraví v malých kuličkách ke vstřikovači, přičemž se nahřívá a stává se tekutým. Poté se pod vysokým tlakem vstříkne do dutiny, která je temperovaná.

### 1.2.1 Vlivy na jakost výlisku

- Rychlost plastikace,
- tekutost plastu,
- velikost vnitřního pnutí,
- smršťování plastů.

[4]

### 1.2.2 Příprava plastů před vstřikováním

Před používáním plastů na vstřikování se musí upravit v souladu s technologickým postupem určeným pro výrobek. Mezi procesy přípravy materiálu patří sušení, přimíchávání rozdrceného odpadu a barvení. Výsledkem má být materiál, který vyhovuje podmínkám daného výrobku.

### **1.2.3 Sušení termoplastů**

Většina plastů absorbuje vlhkost, proto je nutné je před použitím vysušit, protože vlhký materiál může při vstříku způsobit horší roztékavost. Mohou se vytvořit vady v místě vstříku. Také nedocílíme lesklého povrchu na výlisku. Výlisek se také hůře vyjímá z formy. Následně se materiál musí uchovávat v suchých skladech. [3]

### **1.2.4 Barvení termoplastů**

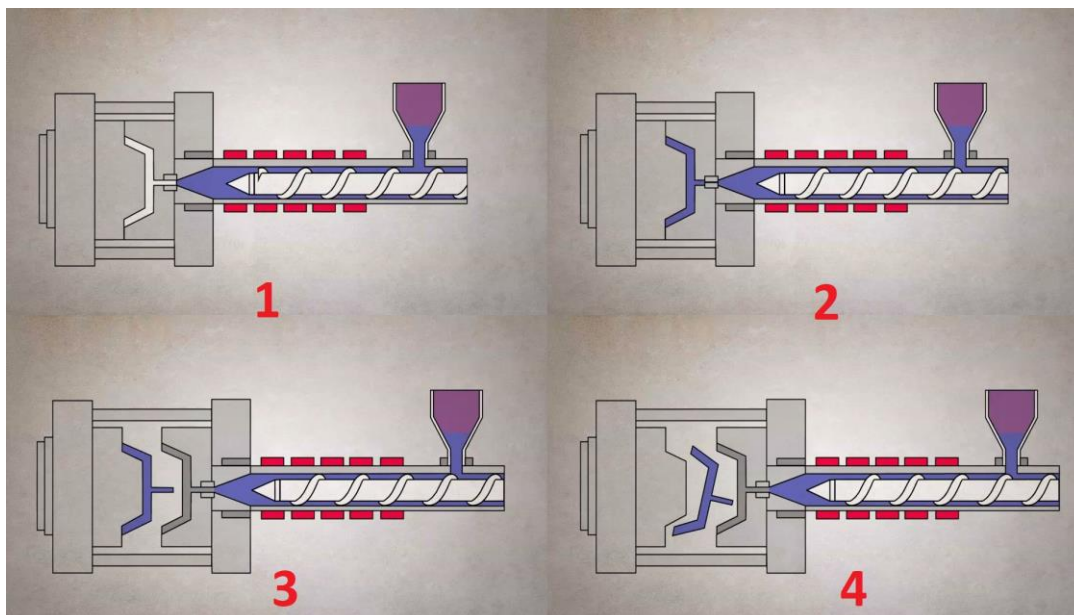
Barvení materiálu probíhá přidáváním barvy do granulátu před vstřikováním, nebo se provádí přímo na vstřikovacím stroji. Barviva se používají od různých výrobců. Barvivo se také musí uchovávat v suchých skladech. [3]

### **1.2.5 Recyklace plastů**

Mezi výhody patří také možnost vadné výlisky, nebo přebytky a odpad recyklovat a znovu použít. Tato možnost se často využívá. Například u malých výlisků bývá odpad velký. Pokud není odpad znečištěný, můžeme je rozdrtit. Poté se přimíchává k čistému materiálu. [3]

### **1.2.6 Vstřikování plastů**

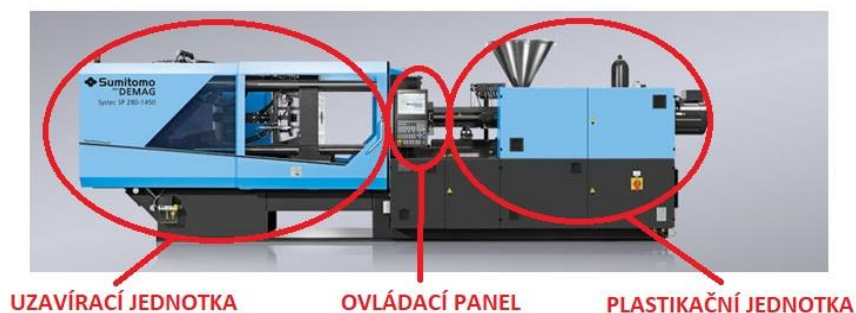
Jako první se musí forma uzavřít. Následně je přisunuta vstřikovací jednotka a začne plnění vstřikovací hmoty do dutiny v potřebném množství. Naplnění dutiny je provedeno pohybem šneku vpřed. Poté nastává tzv. doplnění. To se provádí kvůli udržení tlaku v dutině, protože se materiál může smrštit. Tlak v dutině i v hydraulice stoupne. Poslední fáze je otevření formy. Vstřikovací jednotka se odsune a vyhazovače vyhodí výlisek i s vtokem. [4]



Obrázek 2: Postup vstřikování; Vytvořeno z videa. Video převzato z <https://publi.cz/books/184/03.html>

### 1.3 Vstřikovací stroj

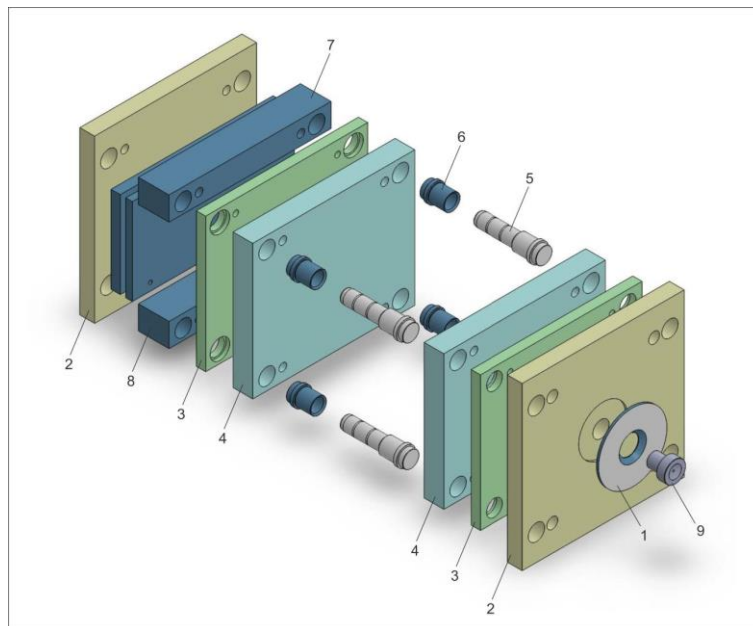
Vstřikovací stroj lze jednoduše rozdělit na tři části: uzavírací jednotka, plastikační jednotka a ovládání. Nejdůležitější vlastností stroje jsou uzavírací síla, vstřikovací síla, maximální rozměry formy, která lze upnout do stroje, dále zdvih, teplota, přesnost a ovládací program.



Obrázek 3: Vstřikovací stroj; Obrázek upraven a převzat z <http://www.esinte.eu/vstrikovaci-lisy-na-plasty-sumitomo-shi-demag/produkty/systec-sp-hybridni-vstrikovaci-lisy-na-plasty>

### 1.4 Části formy

Forma se skládá z desek, které jsou spojené nejčastěji pomocí šroubů. Dělí se především na pevnou a pohyblivou část.



Obrázek 4: Hlavní části formy; Obrázek převzat z <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/>

#### Hlavní části formy

1 - Středící kroužek, 2 - Kotevní desky, 3 - Podkladové desky, 4 -  
Tvarové desky, 5 - Vodící sloupky, 6- Pouzdra vodících sloupků, 7 -  
Podkladnice, 8 - Desky vyhazovačů, 9 - Vtoková hlavice

Obrázek 5: Popis hlavních částí forem; Obrázek převzat z <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/>

### 1.4.1 Pohyblivá část formy

Pohyblivá část formy se skládá z tvarové desky, vyhazování, upínací desky, vodících pouzder a dalších komponentů, jako jsou vedení, šrouby, středící důlek, izolační deska. Tato část formy se po výstřiku odsune od pevné části, přičemž se vysune vyhazování a vyhodí vylisek.

### 1.4.2 Pevná část formy

Pevná část formy se skládá pouze z tvarové desky, upínací desky, vodících sloupků a dalších komponentů, jako jsou středící důlek, šrouby, izolační deska. V této části je také umístěno vstřikování.

### 1.4.3 Tvarové desky

Ve tvarových deskách jsou umístěny buď vyměnitelné tvarové vložky, nebo jsou v nich přímo obrobene tvary. Pohyblivá část se nazývá tvárník a pevná část se nazývá tvárnice.

#### **1.4.4 Vyhazování**

Při vyhazování jsou desky k sobě spojené a mezi sebou svírají vyhazovače, které při pohybu vyhazují výlisek. Vyhazování také potřebuje vedení.

#### **1.4.5 Upínací desky**

Za upínací desky se část formy připevní ve vstřikovacím stroji. Upínací desky jsou vždy větší než tvarové desky nebo desky vyhazování. Díky tohoto přesahu můžeme sestavu formy jednoduše upnout do vstřikovacího stroje. V upínacích deskách jsou umístěny vodící sloupky a pouzdra.

#### **1.4.6 Vedení formy**

Vedení se skládá z vodících sloupků a vodících pouzder. Vedení musí být přesné, aby došlo k přesnému uzavření a dosednutí tvarových desek.

#### **1.4.7 Temperace**

Slouží k chlazení tvarové desky. Umisťuje se přímo do desky. Vyrábí se pomocí vrtání kanálků a vede se poté pomocí ucpávek. Umožňuje také rychlejší ochlazení vstřikovaného materiálu a vytvrzení výlisku.

#### **1.4.8 Středící kroužky**

Pomocí středících kroužků se střeďí dosedání vstřikovacího stroje, ovládání vedení vyhazovačů a jednoduše řečeno celé formy.

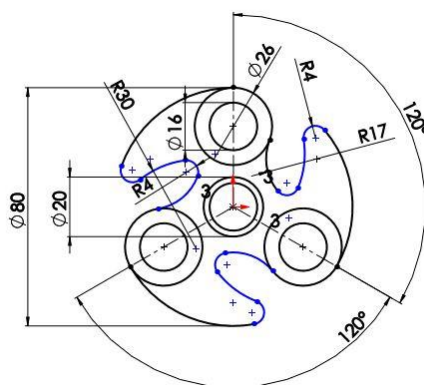
## 2 PRAKTICKÁ ČÁST

### 2.1 Zvolení výlisku

Než začneme navrhovat formu, je důležité si pořádně promyslet, jak ji budeme konstruovat a jaký výlisek budeme vstříkovat. Musíme dbát na velikost výlisku. Do mé práce jsem hledal jednoduchý tvar a jednoduchou dělicí rovinu. Pro tuto práci volíme tzv. fidget spinner, který je v dnešní době známý a oblíbený.

#### 2.1.1 Návrh tvaru

Tvar spinneru by měl nějakým způsobem zaujmout, proto se snažíme navrhnout tvar co nejzajímavěji. Nejdříve si načrtneme tvar na papír. Zhodnotíme možnosti a komplikace při výrobě a vybereme tvar. Po vybrání nejlepšího tvaru překreslíme návrh do programu Solidworks CAD.



Obrázek 6: Skica spinneru; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.



Obrázek 7: Model spinneru; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

## 2.1.2 Návrh dělicí roviny

Návrh dělicí roviny je jeden z nejdůležitějších úkonů. Dělicí rovina určuje, kde se bude forma rozdělovat a otevírat. Nejjednodušší by bylo vytvořit dělicí rovinu přímo ve středu tvaru, ale tímto způsobem by forma nefungovala správně. Hlavním účelem je, abychom docílili toho, aby výlisek po otevření zůstal v požadované části formy. Toho nedocílíme při zvolení dělicí roviny přesně ve středu, takže musíme dělicí rovinu posunout. Větší část výrobku by měla být v části formy, kde by měl výlisek zůstat. Abychom mohli výlisek bez problému vyhodit, musí se větší část výlisku nacházet ve tvárníku spolu s vyhazovači. Dělicí rovinu také přizpůsobíme k co nejjednodušší výrobě tvárníku a tvárnice. Nemělo by tam být příliš mnoho tvarů na výrobu, které by to mohly zkomplikovat.

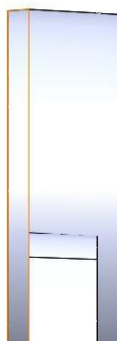


Obrázek 8: Návrh dělicí roviny; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

V tomto případě bylo nejvhodnější dělicí rovinu zvolit na boční ploše spinneru viz obrázek.

## 2.1.3 Zkosení výlisku

Po návrhu dělicí roviny musíme výlisek zkosit. Zkosení stran by mělo být alespoň  $3^\circ$ . Toto zkosení se provádí z důvodu správného otevření formy a bezproblémového vyhození výlisku. Kdyby se zkosení neudělalo, tak by se mohlo stát, že by výlisek zůstal v tvarové části a nešlo by jej vyhodit, což by při větší výrobě nebylo vhodné. Musel by formu vždy někdo rozebrat a opravit. Tím by se zvětšily náklady a forma by nebyla efektivní. Zkosení na hranách nelze viditelně poznat, takže nám u tohoto výrobku nevádí.



Obrázek 9: Zkosení výlisku; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

### 2.1.4 Zaoblení hran

K bezproblémovému vyhození vylisku také potřebujeme všechny hrany zaoblit nebo zkosit. Zaoblení volíme takové, aby se nám výrazně nezměnil tvar, a abychom při výrobě neměli problém. Je vhodné si určit nástroje, kterými budeme celé tvary vyrábět.



Obrázek 10: Zaoblení vylisku; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

## 2.2 Návrh formy

Když máme hotový návrh vylisku, je na řadě návrh formy. První si musíme ujasnit, kolik vylisků budeme vyrábět. Poté si zvolíme vstřikovací stroj a určíme si maximální velikosti formy. Všechny díly a desky můžeme nakoupit na [www.meusbarger.com](http://www.meusbarger.com). Zde si můžeme projít také katalogy, stáhnout modely všech možných prvků a s pomocí těchto dílů zkompletovat model formy, zjistit její nedostatky a ty také opravit.

### 2.2.1 Násobnost formy

Násobnost formy určuje, kolik vylisků vystříkneme za jeden zdvih. To znamená, že pokud máme dvojnásobnou formu, tak za jeden zdvih vystříkneme dva výrobky. Násobnost se volí vždy dle množství výrobků a požadavků. Vzhledem k tomu, že nepočítáme s velkou výrobou, tak volíme formu pouze pro jeden vylisek. Můžeme objednat menší tvarové desky, také můžeme formu upnout do menšího vstřikovacího stroje a náklady na výrobu formy nebudou tak vysoké.

### 2.2.2 Zvolení typu tvarových částí

Tvarová část desek může být řešena více způsoby. První a nejčastější je výroba tvarové vložky, která je však náročná na výrobu, ale její hlavní výhoda je možnost výměny celé vložky. V našem případě volíme obrobení tvarové části přímo do tvarových desek. Výroba je jednodušší a při předpokladu menší výroby také dostačující.



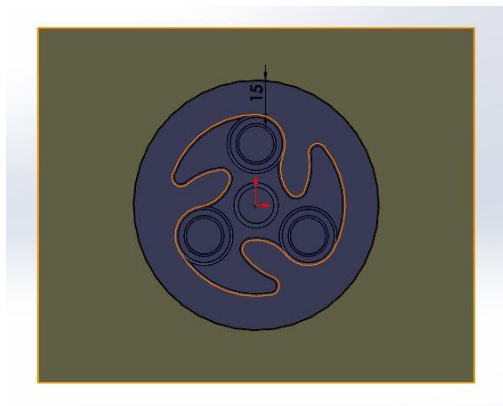
### 2.2.3 Zaformování výlisku

Výlisek zaformujeme pomocí programu Solidworks a funkce Formy. Forma se tvoří s pomocí vymodelovaného výlisku. Dělicí rovinu už máme zvolenou, tak nám zbývá jen zadat hodnoty, provést analýzu úkosu a můžeme vytvořit tvárník a tvárnici. Musíme se pouze podívat na rozměry udávané výrobcem a podle nich určit celkové rozměry desek, aby nám to sedělo s ostatními. Samostatné desky poté uložíme jako samostatné díly, abychom s nimi mohli později pracovat a upravovat je. Při dalším navrhování si necháváme prostor ve středu desek pro vytvoření vtoku a ostatní prvky vytváříme okolo.

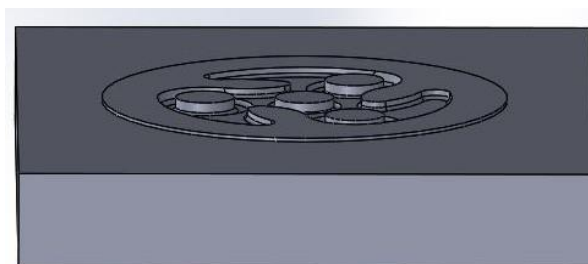
Desky vytvoříme o rozměrech 30 x 156 x 196 mm.

### 2.2.4 Návrh dosedacích ploch

Dosedací plochy volíme kolem tvarové části desky. V našem případě kružnice okolo tvaru vzdálená od nejbližšího bodu 15 mm. Okolní část desky se obrobí do hloubky 1 až 2 mm, kvůli odlehčení desky. Volíme odlehčení 1 mm.



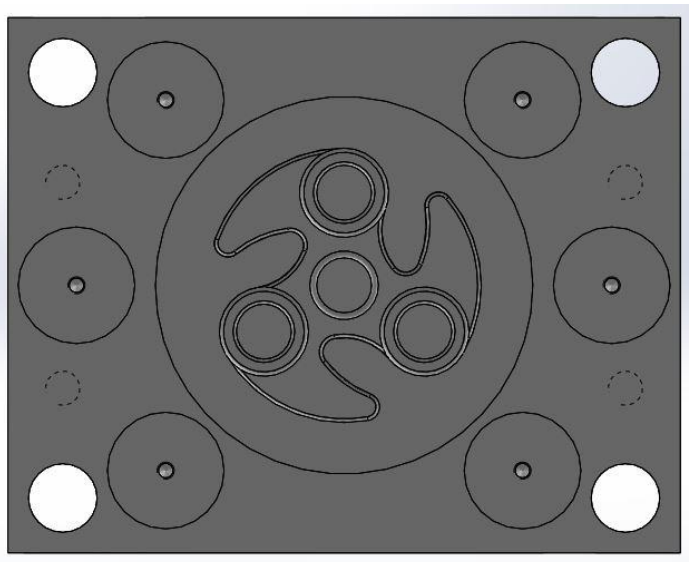
Obrázek 11: Dosedací plocha 1; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.



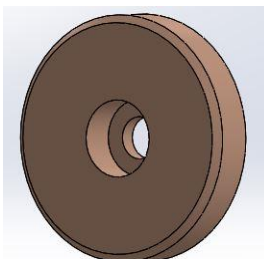
Obrázek 12: Dosedací plocha 2; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

Dosedací plocha se propočítá a zkontroluje na tlak. Musíme brát v potaz uzavírací sílu a vstřikovací tlak. Ten se určí při volbě vstřikovacího stroje. Při vstřiku nesmí dojít k odtlačení desek od sebe, ale také by se neměly deformovat. K lepšímu rozložení uzavírací síly se

používají také opěrky dělicí roviny. Na opěrku dělicí roviny je třeba udělat do tvarové desky vybrání. Opěrky se poté připevní pomocí šroubů. Volíme 6x kruhovou opěrku dělicí roviny o průměru 32 mm a rozmístíme ji ve volném prostoru. Pro správné dosedání ploch vyžadujeme přesnost všech dosedacích ploch 0,02 mm. Vybrání pro opěrky volíme průměr 34 mm.



Obrázek 13: Vybrání na opěrky dělicí roviny; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.



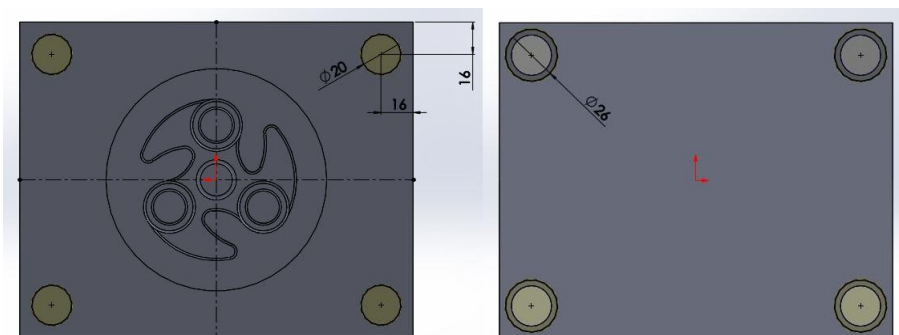
Obrázek 14: Opěrka dělicí roviny; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

### 2.2.5 Návrh vedení formy

Vedení formy umístíme zpravidla do rohů desek. Musíme určit vodící sloupky, jejich délku a průměr. Ty umístíme do pevné části formy. Poté k nim musíme určit také vodící pouzdra, které usazujeme do pohyblivé části formy. Zpravidla bývá průměr jednoho vodícího sloupku a pouzdra menší, aby při opravě formy nebo její kompletace nedošlo k otočení, a tím pádem špatnému dosedání dosedacích ploch. Pro vodící sloupky se musí vyvrtat nebo vyfrézovat díra, do které se sloupek usadí a opře o nákrůžek. Následně se opře a usadí o upínací desku. S vodícím pouzdrém je to podobně, ale opře se o lišty vyhazovačů. Pro naši formu volíme vodící sloupky a pouzdra o průměru 20 mm.



Obrázek 15: Vodící sloupek a vodící pouzdro; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.



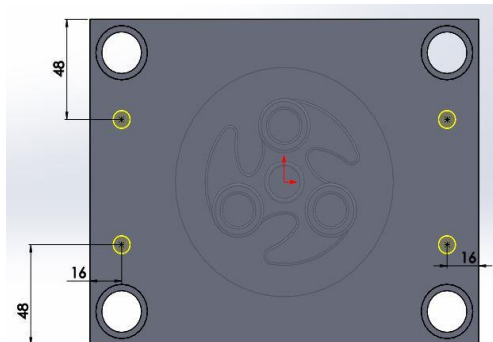
Obrázek 16: Ukázka vedení v deskách; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.



Obrázek 17: Sestavené vedení s deskami; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

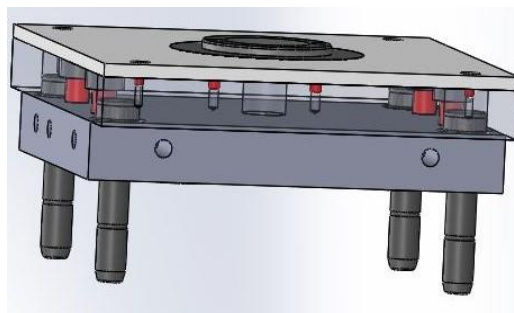
## 2.2.6 Upnutí tvarových desek

Musíme také vymyslet způsob upnutí desek k upínacím deskám. Musíme se přizpůsobit ostatním dílům. Volíme 4x závit pro šroub M10.



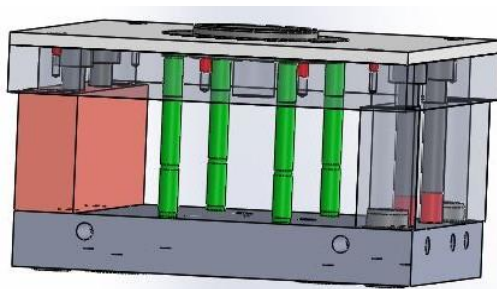
Obrázek 18: Návrh upnutí desek; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

Tvárnice se upne pomocí 4 kratších šroubů M10 k upínací desce.



Obrázek 19: Upnutí tvárnice; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

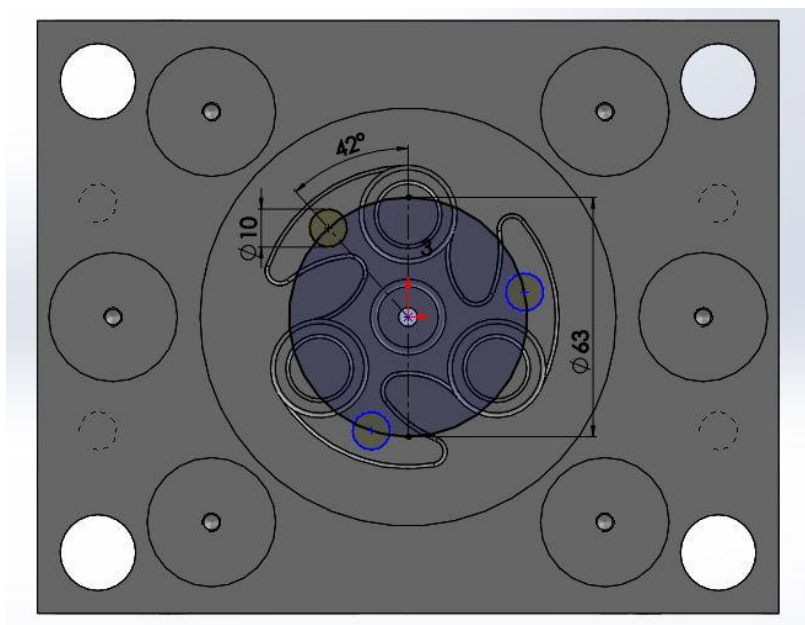
Tvárník se upne pomocí 4 delších šroubů M10 k upínací desce. Ty však vedou skrz lišty vyhazování.



Obrázek 20: Upnutí tvárníku; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

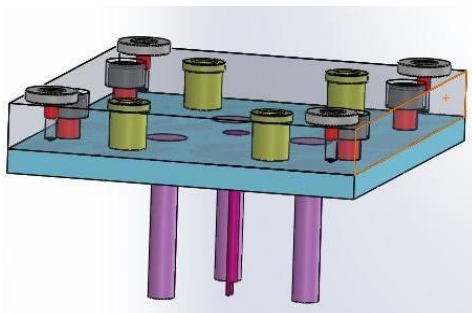
## 2.2.7 Návrh vyhazování výlisku

Vyhazování je velmi důležitá část formy. Vyhazování lze také navrhnout více způsoby. Můžeme zvolit více vyhazovačů s menším průměrem, nebo také můžeme zvolit méně větších vyhazovačů. V našem případě volíme větší vyhazovače o průměru 10 mm. Počet vyhazovačů určíme podle potřeby. Volíme tři vyhazovače a umístíme je po kružnici rovnoměrně po 120°.



Obrázek 21: Návrh vyhazování; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

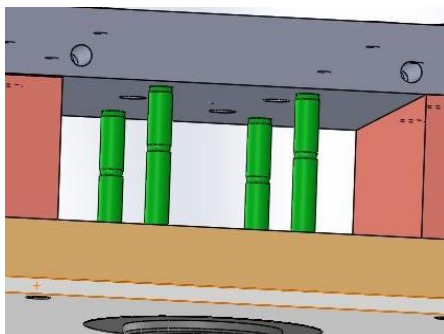
Když máme zvolené vyhazování, musíme určit vyhazovací desky. Vyhazovače mají zespodu nákržky, které se zapouští do vrchní desky vyhazování a zajistí se podobně jako vedení formy základní deskou vyhazování. Na základní desku vyhazování jsou připevněny také dosedací podložky.



Obrázek 22: Upnutí vyhazovačů; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

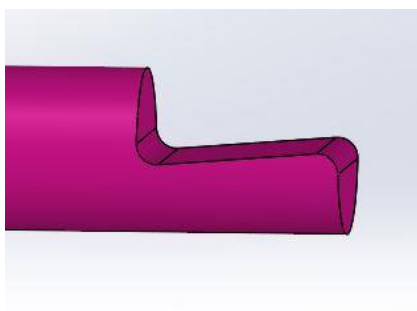
Vyhazování také potřebuje vedení, aby nedošlo k vyosení, či zpříčení vyhazovačů. Vedení vyhazovačů je podobné jako vedení formy, ale je menší. Vodící pouzdra zde zapouštíme do základní vyhazovací desky a částí do vrchní desky vyhazování. Vodící sloupky zapouštíme

s nákrůžkem do upínací desky částí konce také do tvarové desky, aby byl sloupek v ose. Také zde volíme jeden sloupek a pouzdro o něco menší, aby nedošlo k záměně.



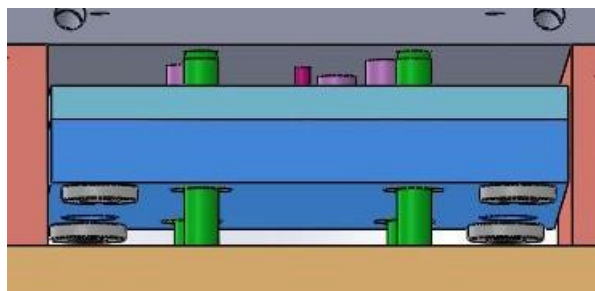
Obrázek 23: Vedení vyhazování; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

Důležitou částí vyhazování je také tzv. přídržovač vtoku. Přídržovač vtoku zajistí vytažení výlisku a následně jej vyhazovače vyhodí. Přídržovač lze vytvořit také ve tvarové desce vnitřním frézováním, ale vzhledem k možnostem technologií výroby musíme přídržovač vyrobit samostatně a přidat jej k vyhazovačům. Přídržovač je pouze tyč s vyfrézovaným zobáčkem na konci. Zobáček nemůže být vodorovný, musíme tam vytvořit sklon, aby mohl vytáhnout vtok. Přídržovač vtoku umístíme přímo do středu vtoku. Velikost přídržovače volíme průměr 5 mm.



Obrázek 24: Přídržovač vtoku; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

Kompletní vyhazování chodí mezi lištami, upínací deskou a tvarovou deskou. Pro ovládání vyhazování se do středu desky upevňuje vodící tyč, pomocí které se poté pohybuje vyhazováním.

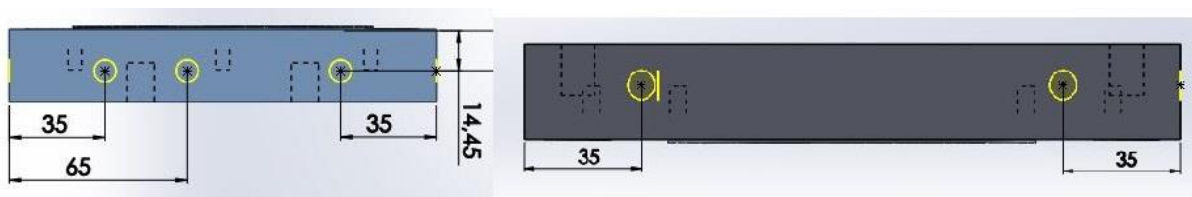


Obrázek 25: Sestava vyhazování; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

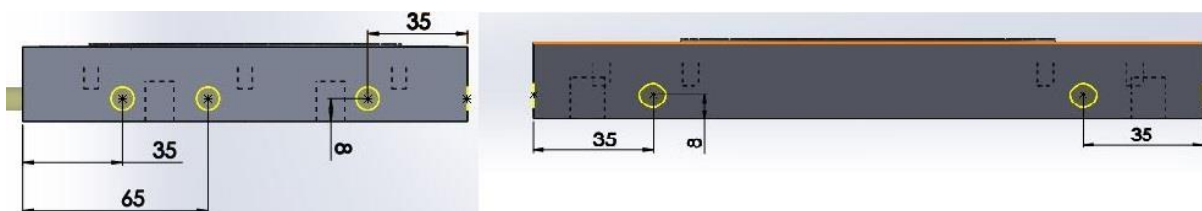
Nakonec nám zbývá určit jen délka vyhazovačů a přidržovače vtoku. Ta se musí změřit v sestavě. Měříme ji od bodu upnutí kdy je kompletní vyhazování zatažené po bod na tvarové desce tak aby zarovnal plochu.

## 2.2.8 Návrh temperace formy

Temperace formy se vede zpravidla volným místem tvarové desky a měla by být co nejvíce rovnoměrná v obou tvarových deskách. Pro větší výdrž desek se volí vzdálenosti od různých prvků formy 10 mm (vyhazování, vedení, závity atd.). Vzhledem k menším rozměrům formy jsme nuceni zvolit vzdálenosti menší. Průměr díry temperace formy jsme zvolili 8 mm a se závitem pro přípojky M10. Temperace se navrhuje vrtáním skrz formu, nebo podle potřeby. A tím se vrty protínají. Je potřeba navrhnout funkční a efektivní okruh, aby se nám tam chladicí kapalina nezastavovala a proudila bez odporu skrz desku. Volíme tři vrty z jedné strany a dva vrty z druhé viz obrázek. Na obou deskách se je snažíme vytvořit totožné. Z důvodu nepravidelného tvaru v deskách a zvolenému vyhazování jsme nuceni provést ve tvárníku odlišnou temperaci.

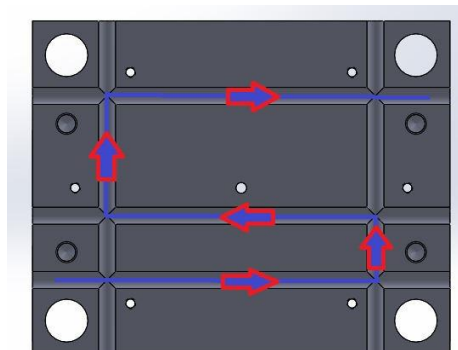


Obrázek 26: Návrh temperace ve tvárnici; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.



Obrázek 27: Návrh temperace ve tvárníku; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

Tok chladicí kapaliny určujeme pomocí záslepek s O-kroužkem. Přípojky potřebujeme vždy dvě. Jednu pro přívod chladicí kapaliny a druhou pro odvod chladicí kapaliny. Ty se přišroubují do určených závitů. Použijeme přípojku s těsnícím prostředkem.

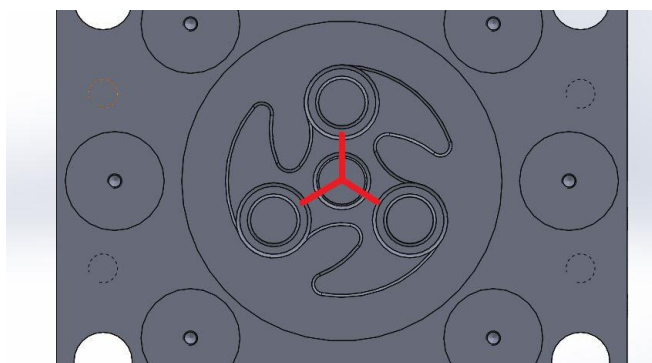


Obrázek 28: Schéma temperace; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

### 2.2.9 Návrh vtoku

Návrh vtoku je jeden z nejtěžších úkonů při navrhování formy. Vtok se nachází ve tvárnici. Umístíme jej přímo do tvarové desky. Vtok by se měl navrhnout tak, aby se při vstříku nejdříve o něco zastavil a poté roztékal rovnoměrně do celého tvaru. Nejideálnější je vést vtok středem z důvodu jednoduchého rozdělení a tažení vtoku středem desky a rozdělení v dělicí rovině umožňuje také jednodušší výrobu a je to efektivní způsob vzhledem k našemu zvolenému tvaru.

Při návrhu vtoku musíme nejprve určit materiál, ze kterého bude výlisek. Náš výrobek by měl být pevný a odolný, proto volíme materiál ABS. Po volbě materiálu je na řadě hrubý návrh vtoku. Jak jsem již zmínil, vzhledem k našemu tvaru je vhodné rozdělit vtok do tří bodů.



Obrázek 29: Návrh vtoku; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

Po hrubém návrhu bychom si měli určit, jaký průměr vtok bude mít. Zvolili jsme průměr 2 mm, který by měl být dostačující. Následně se před tvarem zmenší na 0,5 mm z důvodu jednoduchého odstranění vtoku po vstříknutí. Poté se musí udělat analýza vtoku a roztékavosti materiálu, která se provádí v CAD programu. Je to poměrně složitý proces a zabere hodně času.

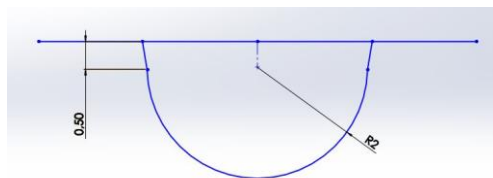


Tuto analýzu jsem neměl bohužel jak sám provést. Nedohledal jsem se nikde návodu nebo způsobu vytvoření analýzy. Po konzultaci s panem Machů z firmy Linaset, a.s. jsem se rozhodl analýzu neprovádět. Budeme tedy předpokládat, že je vše v pořádku. Můžeme tedy pokračovat v kompletním návrhu vtoku. Vtok by měl mít nejdříve při dělicí rovině náběh, do kterého se nakonec může vytvořit kanálek pro vtok. Tento náběh je jednoduše řečeno odebrání materiálu do hloubky 0,5 mm se zkosením hran pod 5°.



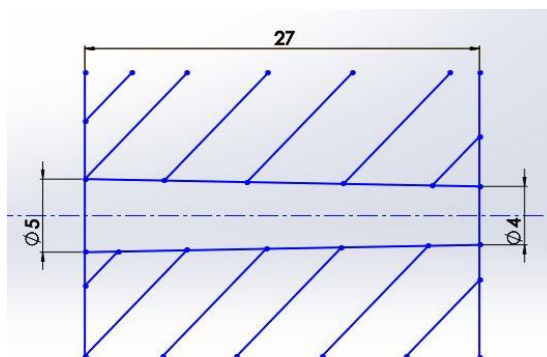
Obrázek 30: Náběh kanálku vstřikování; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

Do tohoto hotového náběhu můžeme teprve vytvořit kanálky. Celý tento proces se provádí opět z důvodu bezproblémového otevření a poté vyhození výlisku. Každý detail musí být proveden správně, proto poté musíme ještě všechny zbylé hrany zaoblit.



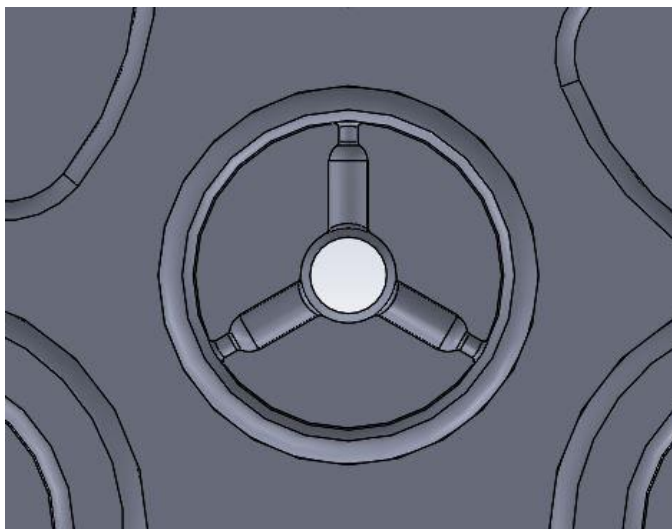
Obrázek 31 Kanálek vstřikování; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

Do středu desek přivedeme vtok středem skrz desku. Tento vtok se také musí speciálně navrhnout. Musíme docílit bezproblémového otevření a vyhození výlisku. To se řeší návrhem vtoku do kuželového tvaru. Díky tomuto tvaru není problém s následným vyhozením výlisku. Kdybychom to neprovedli, může se stát, že se vtok utrhne, ucpe, nebo také zůstane výlisek v pevné tvarové části. Tento vtok se vytváří také podle tabulek, které nemáme k dispozici. Navrhl jsem vtok teda tak, aby bylo možné ho vyhodit. Při vstupu volíme průměr 4 mm a při výstupu 5 mm.



Obrázek 32: Návrh vtoku; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

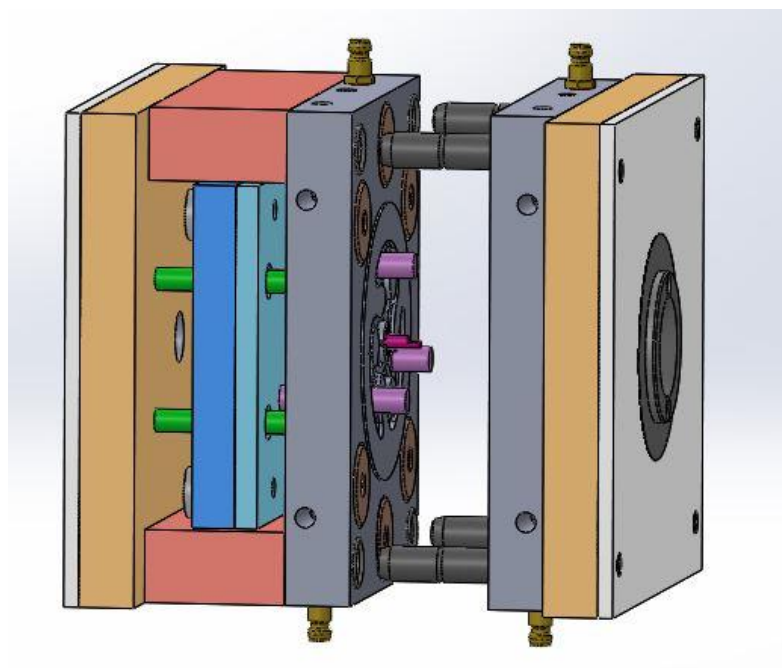
Ve tvárníku musíme vytvořit průchod pro přidržovač vtoku, který je vhodné umístit přímo v ose vtoku.



Obrázek 33: Detail návrhu vtoku; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

### 2.2.10 Kompletace formy

Do kompletní formy nám zbývá doplnit středící kroužky, izolační desky, těsnící kroužky, přípojky k chladicí kapalině a veškeré šrouby a podložky. Tyto díly zvolíme hotové z [www.meusburger.com](http://www.meusburger.com). Všechny navržené díly a zvolené díly sestavíme do funkční sestavy.



Obrázek 34: Sestava formy; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.

## **3 VÝROBA**

### **3.1 Kreslení výkresů**

Když máme navrhnutou formu, je na řadě výroba formy. Nezbytnou součástí výroby je kreslení výkresů. Pokud vyžadujeme určité geometrické tolerance, rozměrové tolerance nebo tolerance drsnosti povrchu, musíme je do výkresu zakreslit. Výkresy musí být přehledné a měly by se v nich rozměry kótovat tak, aby obráběč při výrobě nemusel rozměry dopočítávat. V našem případě je nulový bod uprostřed tvarových desek, od kterého se snažíme kótovat veškeré rozměry. Do výkresu také zapíšeme materiál určený pro výrobu a jeho polotovary.

### **3.2 Volba polotovaru a materiálu**

Volba polotovaru je také důležitá. Měl by se volit přídavek z důvodu zúhlování polotovaru a vzhledem k postupu výroby. Naše tvarová deska má rozměry 27 x 196 x 156 mm. Pro reálnou výrobu se desky objednají ze stránky [www.meusburger.com](http://www.meusburger.com). Bohužel tyto desky jsou příliš drahé pro možnosti školy. Proto vhodný materiál pro naše desky hledáme na internetu a ve firmách v okolí. Tvarové desky bývají z konstrukční oceli, přesněji 19 083. Pro naši výrobu zvolíme jako materiál dural, protože bude sloužit pouze jako model a nemusí se objednávat dražší nástrojová ocel, která se navíc hůře opracovává. Vhodný materiál jsem našel u firmy ALFUN, a. s. o rozměrech 30 x 200 x 160 mm. Tento polotovar je potřeba 2x.

### **3.3 Zúhlování polotovaru**

Když máme určené polotovary, je na řadě zúhlování polotovaru na požadované rozměry. Materiál zúhlujeme na rozměry 28 x 196 x 156 mm. Přídavek 1 mm na čelo si necháme z důvodu pozdějšího upínání výrobku a spouštění programu. Když bychom si tento přídavek nedali a neodebrali jej v programu při výrobě, nemuseli bychom docílit dokonale kolmých děr na dosedací plochu, což pro nás není vhodné. Polotovar si upneme co nejlépe to jde do svěráku a čelní frézou se dotkneme s otáčkami materiálu. Nastavíme nulový bod a odebereme 0,5 nebo 1 mm materiálu pouze pro srovnání strany. Poté odjedeme nástrojem do bezpečné vzdálenosti a vypneme otáčky. Polotovar vytáhneme, změříme vzdálenost dvou stran, které zrovna obrábíme. Pro jistotu změříme polotovar na více místech a do svěráku upneme obrobenu stranou dolů. Poté se znovu dotkneme roztočeným nástrojem, nastavíme požadovaný rozměr a obrobíme například na 198 mm. Následně znovu odjedeme do bezpečné vzdálenosti, vypneme otáčky stroje a změříme kus ve svěráku, jestli se shodují rozměry. Pokud se rozměry shodují, můžeme pokračovat dále. Tento postup opakujeme pro všechny strany.

### 3.4 Volba nástrojů

Když máme hotové a nachystané polotovary, je na řadě zvolení nástrojů. Nástroje si zvolíme předem a promyslíme si postup výroby. Nejdříve odebereme čelní plochu, nejvhodnější dostupný nástroj pro tento cyklus ve školní dílně je čelní fréza o průměru 32 mm. Poté bychom si měli předvrtat díry pro vedení. To provedeme vrtákem o průměru 15,5 mm. Následně tyto díry pro vedení rozfrézujeme válcovou frézou o průměru 16 mm. Následně odebereme vnější kapsu, která nám vytvoří kruh okolo dosedací plochy válcovou frézou o průměru 24 mm. Poté můžeme předvrtat díry pro závit vrtákem o průměru 4,2 mm a rozfrézovat je opět válcovou frézou o průměru 16 mm. Z druhé strany rozfrézujeme díry pro vedení také válcovou frézou o průměru 16 mm a předvrtáme díry pro závit vrtákem o průměru 8,5 mm. Tyto závity budeme řezat závitníkem M10.

### 3.5 Měření nástrojů

Po zvolení nástrojů musíme všechny nástroje upnout do CNC frézky. Nástroje zapíšeme do tabulky nástrojů, nastavíme jejich hlavní rozměry a uložíme. Tyto nástroje musíme také změřit, aby nám všechny rozměry vycházely. Měření prvně probíhá pomocí posuvného měřidla nebo metru pouze zhruba přímo na stroji. Tento rozměr se zapíše do tabulky rozměrů. Po tomto úkonu spustíme přesné měření pomocí cyklu. Stroj si odjede k dotykové sondě a změří nástroj přesně.

### 3.6 Psaní programu na CNC frézce

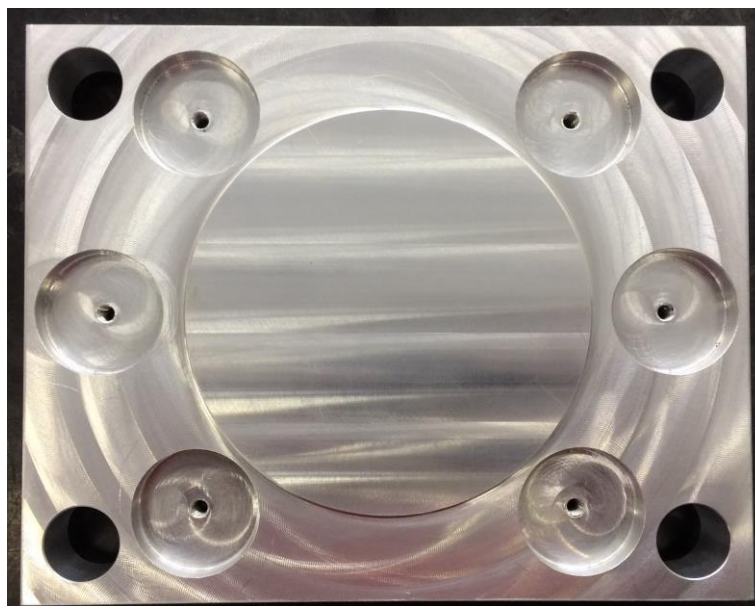
CNC frézky ve školních dílnách fungují na programu Heidenhain. Tento program umožňuje psaní programu intuitivně přímo na stroji a také lze vložit sepsaný program z počítače, kterému se budeme věnovat v dalším kroku.

Po vytvoření programu musíme nejprve zapsat tzv. BLK FORM (určení polotovaru). Na první řádek se píše menší hodnota a na druhý větší. Hodnoty musí být zadané ve všech osách X, Y, Z. Dalším krokem je vyvolání nástroje a zadání jeho otáček. Poté musíme napsat odjezd do bezpečné vzdálenosti rychloposuvem a roztočení otáček pomocí M3 nebo M13, která nám spustí i chladicí kapalinu. Po každém cyklu musíme znovu napsat odjezd do bezpečné vzdálenosti, zastavení otáček pomocí M5 a zastavení chladicí kapaliny pomocí M9. V našem případě přidáváme také funkci STOP, která zastaví čtení programu. To nám umožní zkontrolovat každý cyklus samostatně a také ho samostatně spouštět. Tento proces opakujeme u každého cyklu. První cyklus, který zvolíme, je čelní frézování (232), pomocí funkce CYCL DEF. Při definici cyklu dáváme pozor na bezpečné vzdálenosti, veškeré posuvy, které nám ovlivní povrch výrobku a také na definici cyklu samotného. Cyklus se spouští pomocí funkce CYCL CALL a za něj podle potřeby můžeme dopsat také M8, která spouští chladicí kapalinu.

Jako další musíme předvrtat díry pro vedení. Pro tento krok využijeme cyklus vrtání (200). Jeho spuštění provedeme napsáním lineárního posuvu do středu požadované díry (bez osy Z) rychloposuvem a funkce M99, která vyvolá cyklus. Tento posuv napíšeme pro každou díru samostatně. Následně vyvoláme cyklus 208 pro rozfrézování díry. Pro spuštění cyklu můžeme zkopírovat totožné posuvy s vrtáním. Dále musíme vytvořit vnější kruhovou kapsu pomocí cyklu 257. Tento cyklus vyvoláme opět lineárním posuvem přímo do středu desky. Poté napíšeme cyklus pro předvrtání děr pro závit M5 a ty následně rozfrézujeme dle výkresu. Tyto závity jsem se rozhodl řezat pomocí ručních závitníků z důvodu porovnání oproti CNC stroji. V dalším programu pro výrobu druhé strany desky napíšeme program pro rozfrézování děr a předvrtání děr pro závity. Vše se spouští dle zmíněného postupu. Řezání závitu provádíme podobně jako vrtání děr pouze zvolíme cyklus 207. Kompletní program je uveden v příloze.

### 3.7 Spouštění programu

Před spuštěním programu musíme upnout polotovár. Ten si podložíme přesnými podložkami pro správné upnutí, abychom při obrábění nebourali do svěráku. Polotovár si pomocí dotykové sondy naměříme a zadáme nulový bod viz výkres. Při prvním spuštění programu si musíme dávat pozor na pohyby, které chce stroj vykonávat. Ty si můžeme bezpečně zkontrolovat, když snížíme těsně před obrobkem posuv na nulu. Tím se stroj zastaví a zkontrolujeme hodnoty. Takto zkontrolujeme každý cyklus. Pokud vše proběhne správně, spustíme program na druhou tvarovou desku.



Obrázek 35: Přední strana tvarové desky; Autor

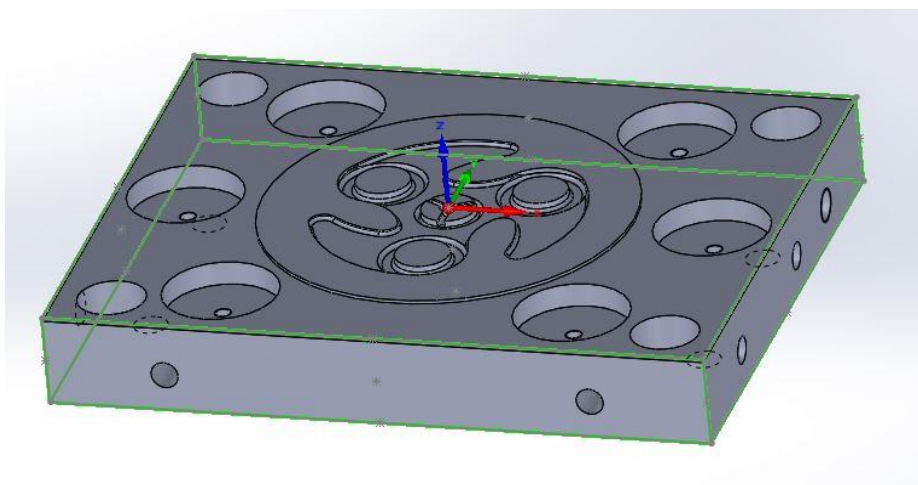


Obrázek 36: Zadní strana tvarové desky; Autor

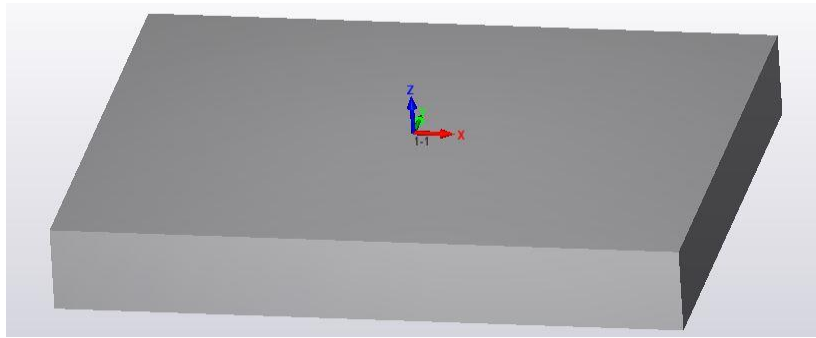
### 3.8 CAM programování

CAM programy umožňují jednodušší obrábění 3D tvarů. Díky těmto programům jednoduše naprogramujeme výrobu složitých 3D tvarů, které by byl problém vytvořit přímo na stroji. CAM programy umožňují různé obrábění, jako je například frézování nebo soustružení. Program také umožňuje 3D simulaci cyklů. Lze nastavit přídavky, tolerance, dráhy nástroje a příjezdy. Také nám program vypočítá dobu obrábění. Tyto vyhotovené programy poté uložíme do potřebného souboru, otevřeme na CNC stroji a spustíme.

V tomto programu si otevřeme vymodelovaný díl, který potřebujeme vyrobit. Po nastavení postprocesorů stroje, na kterém se bude vyrábět, nastavíme také nulový bod a polotovar.

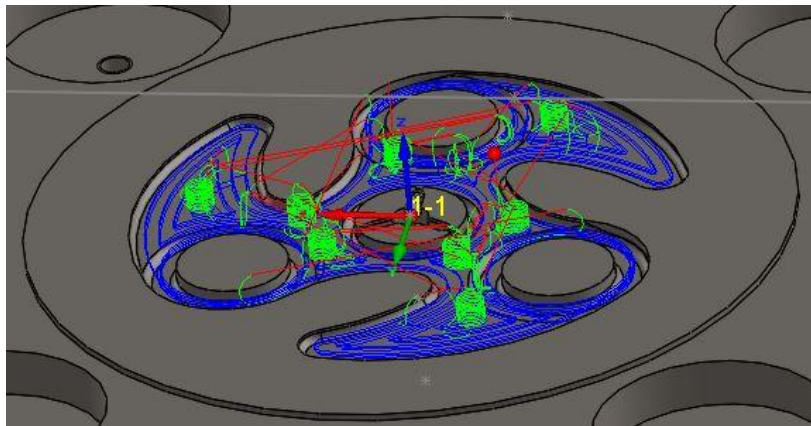


Obrázek 37: Ukázka nulového bodu; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAM 2016.



Obrázek 38: Ukázka nulového bodu na polotovaru; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAM 2016.

Dále musíme nastavit nástroje, kterými budeme tyto tvary obrábět. První cyklus je vyhrubování tvaru. Pro toto hrubování volíme válcovou frézu o průměru 4 mm. Nastavíme přídavek pro dokončení 0,2 mm, posuv na hloubku 0,4 mm a propočítáme cyklus. Tato fréza vyhrubuje vše okolo sloupků. Tento cyklus trvá přibližně 7 min.

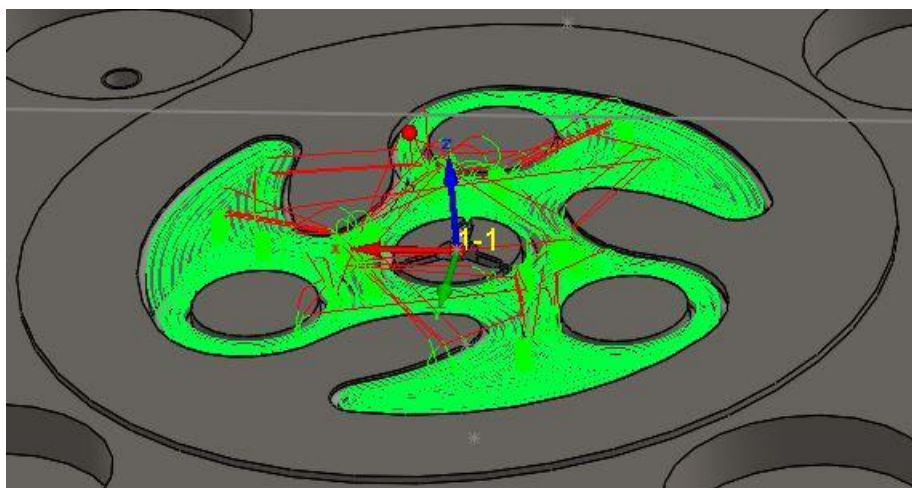


Obrázek 39: Cyklus hrubování ; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAM 2016.



Obrázek 40: Fotografie hrubování; Autor

Po vyhrubování základního tvaru volíme konturové hrubování tvaru. Tento cyklus nám již vyhrubuje i strany pod úhlem. Pro tento cyklus volíme válcovou frézu o průměru 2 mm, která se dostane i do vybrání okolo sloupků. Příklad pro dokončení volíme 0,2 mm a posuv na hloubku 0,3 mm. Tento cyklus trvá přibližně 7 min.



Obrázek 41 Cyklus konturového hrubování; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAM 2016.

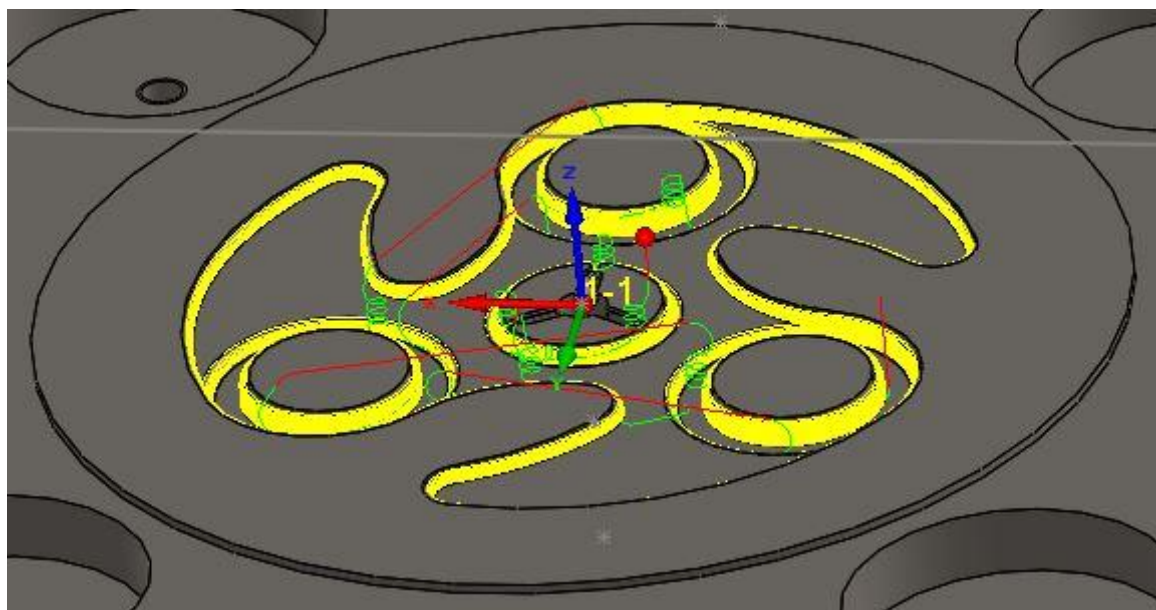


Obrázek 42: Fotografie konturového hrubování; Autor

Po vyhrubování kompletního tvaru, zbývá dokončení ploch a stěn. Tento cyklus nám dokončí povrch tvaru, pro vstřikování je důležitý pěkný povrch, tudíž tento cyklus nesmíme vynechat.

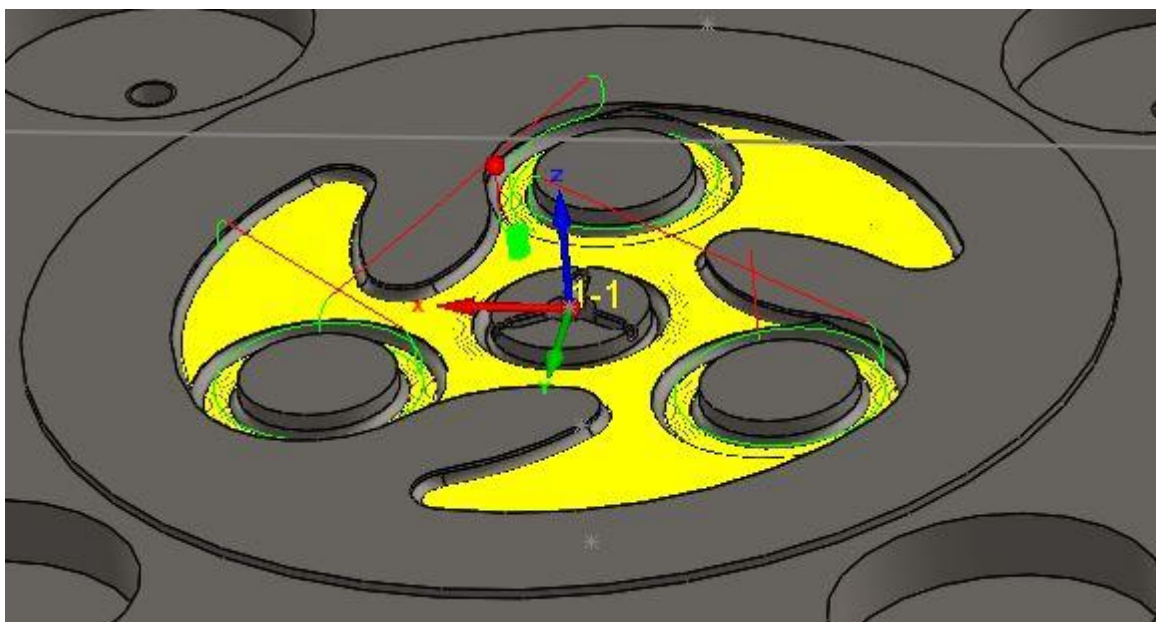


První volíme cyklus pro dokončení stěn. Pro tento cyklus volíme kulovou frézu o průměru 2 mm, posuv na hloubku volíme 0,1 mm. Tento cyklus trvá přibližně 25min.



Obrázek 43 Cyklus dokončení stěn ; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAM 2016.

Následně volíme cyklus pro dokončení ploch. Pro tento cyklus volíme kulovou frézu o průměru 2 mm, posuv na hloubku volíme 0,15 mm. Tento cyklus trvá přibližně 43min.



Obrázek 44 Cyklus dokončení ploch ; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAM 2016.

Vtok naprogramujeme pomocí pevných cyklů a obrobíme jej kulovou frézou o průměru 2 mm. Celkový čas pro výrobu tvárnice je přibližně 1 hod a 25 min. Pro výrobu tvárníku postupujeme obdobně, díry pro vyhazování a přidržovač vtoku vyvrtáme pomocí cyklů vrtání. Čas pro výrobu tvárníku je přibližně 1 hod a 45 min.



Obrázek 45: Fotografie hotové tvárnice; Autor



Obrázek 46: Fotografie hotového vtoku; Autor

## 4 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PRÁCE

Ekonomické zhodnocení bylo provedeno vyčíslením celkové částky za celý výrobek s komponenty. Cena byla vypracována s ohledem na práci, cenu za materiál a náklady za pronájem strojů. Ve výpočtech byly použity materiály pro reálnou výrobu, nikoliv materiály modelů vyrobených ve školních dílnách.

### 4.1 Výpočet práce na CNC frézce

#### Náklady na výrobu na CNC frézce.

Tabulka 1: Hlavní informace o CNC frézce

Cena CNC stroje	<b>2 500 000,00 Kč</b>	<b>Cs</b>	nákup od výrobce
náklady na pořízení	<b>50 000,00 Kč</b>	<b>N</b>	dovoz atd.
náklady na montáž	<b>50 000,00 Kč</b>	<b>M</b>	uvedení do provozu
likvidační hodnota	<b>100 000,00 Kč</b>	<b>L</b>	prodej stroje
doba upotřebitelnosti	<b>5 let</b>	<b>T</b>	doba odepisování

Tabulka 2: Výpočet roční práce na pracovišti

roční práce na pracovišti	<b>1 440 h/rok</b>	<b>Fef</b>	1 800 x 1 x 0,8
---------------------------	--------------------	------------	-----------------

Pracovní doba 1 800 h/rok x jedna směna x využitelnost stroje 80 %.

Tabulka 3: Výpočet hodinové mzdy

hodinová spotřeba	<b>300 Kč/h</b>	<b>Sf</b>	120 + 180
-------------------	-----------------	-----------	-----------

Mzda obsluhy 120 Kč, ostatní 180 Kč.

Tabulka 4: Výpočet nákladů frézky na hodinu

hodinové náklady na stroj	<b>Or</b>	<b>348,00 Kč</b>	$Or = \frac{Cs + N + M - L}{T * Fef} = \frac{5\,000\,000}{7\,200}$
náklady na hodinu práce stroje	<b>Nh</b>	<b>648,00 Kč</b>	$Nh = Sf + Or = 300 + 695$

Vypočítané náklady na stroj činí **648 Kč**.

[5]

## Cena za výrobu tvarových desek.

Tabulka 5: Výpočet nákladů na výrobu tvarových desek

1	cena materiálu	<b>1 050,00 Kč</b>	ocel 19 083
2	náklady stroje	<b>2 592,00 Kč</b>	4 hod x 648 Kč
3	režie 200 %	<b>5 184,00 Kč</b>	2 x 2 592 Kč
4	vlastní náklady výroby	<b>8 826,00 Kč</b>	součet položek 1 až 3
5	celkové náklady	<b>17 652,00 Kč</b>	2 ks x 12 990 Kč

Celková cena za práci na frézce činí **17 652 Kč**.

## 4.2 Výpočet práce na CNC soustruhu

### Náklady na výrobu na CNC soustruhu.

Tabulka 6: Hlavní informace o CNC soustruhu

cena CNC stroje	<b>2 500 000,00 Kč</b>	<b>Cs</b>	nákup od výrobce
náklady na pořízení	<b>50 000,00 Kč</b>	<b>N</b>	dovoz atd.
náklady na montáž	<b>50 000,00 Kč</b>	<b>M</b>	uvedení do provozu
likvidační hodnota	<b>100 000,00 Kč</b>	<b>L</b>	prodej stroje
doba upotřebitelnosti	<b>5 let</b>	<b>T</b>	doba odepisování

Tabulka 7: Výpočet roční práce na pracovišti

roční práce na pracovišti	<b>1 440 h/rok</b>	<b>Fef</b>	1 800 x 1 x 0,8
---------------------------	--------------------	------------	-----------------

Pracovní doba 1 800 h/rok x jedna směna x využitelnost stroje 80 %.

Tabulka 8: Výpočet hodinové mzdy

hodinová spotřeba	<b>300 Kč/h</b>	<b>Sf</b>	120 + 180
-------------------	-----------------	-----------	-----------

Mzda obsluhy 120 Kč, ostatní 180 Kč.

Tabulka 9: Výpočet nákladů soustruhu na hodinu

hodinové náklady na stroj	<b>Or</b>	<b>348,00 Kč</b>	$Or = \frac{Cs + N + M - L}{T * Fef} = \frac{2\,500\,000}{7\,200}$
náklady na hodinu práce stroje	<b>Nh</b>	<b>648,00 Kč</b>	$Nh = Sf + Or = 300 + 348$

Vypočítané náklady na stroj činí **648 Kč**.

[5]

### Cena za výrobu 4 vodících sloupků.

Tabulka 10: Výpočet nákladů na výrobu vodících sloupků

1	cena materiálu	<b>200,00 Kč</b>	Ocel 14 220
2	náklady stroje	<b>1 620,00 Kč</b>	2,5 hod x 648 Kč
3	režie 200 %	<b>3 240,00 Kč</b>	2 x 1 620 Kč
4	vlastní náklady výroby	<b>5 060,00 Kč</b>	součet položek 1 až 3

### Cena za výrobu 4 vodících pouzder.

Tabulka 11: Výpočet nákladů na výrobu vodících pouzder

1	cena materiálu	<b>100,00 Kč</b>	Ocel 14 220
2	náklady stroje	<b>1 944,00 Kč</b>	3 hod x 648 Kč
3	režie 200 %	<b>3 888,00 Kč</b>	2 x 1 944 Kč
4	vlastní náklady výroby	<b>5 932,00 Kč</b>	součet položek 1 až 3

### Cena za výrobu 12 opěrek dělicí roviny.

Tabulka 12: Výpočet nákladů na výrobu opěrek dělicí roviny

1	cena materiálu	<b>250,00 Kč</b>	ocel 14 220
2	náklady stroje	<b>648,00 Kč</b>	1 hod x 648 Kč
3	režie 200 %	<b>1 296,00 Kč</b>	2 x 648 Kč
4	vlastní náklady výroby	<b>2 194,00 Kč</b>	součet položek 1 až 3

Celková cena za práci na soustruhu činí **13 186 Kč**.

[5]

## 4.3 Celkové zhodnocení

Celková cena za výrobu tvarových desek, vodících sloupků, vodících pouzder a opěrek dělicí roviny činí **30 838 Kč**. Kdybychom tvarové desky objednali připravené pro výrobu s vyhotovenými dírami pro upnutí a pro vodící sloupky, museli bychom přesto obrobit tvarovou část, dosedací plochy, díry pro opěrky dělicí roviny atd. Tudíž by byla cena podobná, ne-li stejná. Pokud bychom měli vyrábět i vodící sloupky, vodící pouzdra a opěrky dělicí roviny, tak by byla cena několikanásobně větší. Tudíž předpokládáme, že se vyplatí vyrobít pouze tvarové desky a ostatní díly objednat.

## ZÁVĚR

V práci byly popsány základní termoplasty a byly rozděleny podle jejich vlastností. Byla zde popsána teorie vstřikovacích forem. Teorie se týkala hlavně popisu částí forem a vstřikovacího stroje. Také byl popsán princip vstřikování plastů a příprava materiálu před vstřikováním.

Konstrukční část obsahuje návrh formy pro vstřikování jednoho výrobku s jednoduchou dělicí rovinou. Byl popsán návrh výrobku, návrh dělicí roviny, chlazení formy, vyhazovací systém formy a také konstrukce vtokového zařízení. Konečný návrh byl složený v sestavě.

Výrobní část obsahuje popis přípravy polotovaru, přípravy stroje a nástrojů pro výrobu a popis programování a výroby na CNC frézce. Dále je zde popsán způsob psaní výrobních programů v CAD aplikaci.

Bylo provedeno také ekonomické zhodnocení práce, ve kterém jsou vyčísleny náklady na výrobu tvarových desek, opěrek dělicí roviny a vodících sloupků a pouzder.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Ing. Břetislav Půda – STROJÍRENSKÉ MATERIÁLY – 2009
- [2] Bc. Jan Blaťák – Konstrukční návrh vstřikovací formy pro dvoukomponentní vstřikování - Diplomová práce – UTB Zlín – 2012
- [3] Lukáš Labaj - Konstrukce vstřikovací formy – Bakalářská práce – UTB Zlín – 2008
- [4] Ondřej Suchánek – Konstrukce vstřikovací formy – Bakalářská práce – UTB Zlín – 2008
- [5] Ing. Miloslav Štulpa – CNC Obráběcí stroje a jejich programování – 2006 – ISBN 978-80-7300-207-7
- [6] SolidVision – příručka ke školení – základy SolidCAM
- [7] VSTŘIKOVACÍ FORMY PRO ZPRACOVÁNÍ TERMOPLASTŮ – Temperace vstřikovacích forem – <https://publi.cz/books/179/08.html>
- [8] VSTŘIKOVACÍ FORMY PRO ZPRACOVÁNÍ TERMOPLASTŮ – Technologie vstřikování plastů – <https://publi.cz/books/184/03.html>
- [9] VSTŘIKOVACÍ FORMY PRO ZPRACOVÁNÍ TERMOPLASTŮ – Vstřikovací forma a její funkce – <https://publi.cz/books/179/02.html>
- [10] VÝROBA FOREM PRO VSTŘIKOVÁNÍ TERMOPLASTŮ – <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/>

## SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

CNC	Computer numerical control (číslicové řízení počítačem)
CAD	Computer aided design (počítačem podporované projektování)
CAM	Computer aided manufacturing (počítačem podporovaná výroba)
X	Osa stroje X u frézky
Y	Osa stroje Y u frézky
Z	Osa stroje Z u frézky



## SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Rozdělení polymerů; Autor .....	8
Obrázek 2: Postup vstřikování; Vytvořeno z videa. Video převzato z <a href="https://publi.cz/books/184/03.html">https://publi.cz/books/184/03.html</a> .....	11
Obrázek 3: Vstřikovací stroj; Obrázek upraven a převzat z <a href="http://www.esinte.eu/vstrikovaci-lisy-na-plasty-sumitomo-shi-demag/produkty/systec-sp-hybridni-vstrikovaci-lisy-na-plasty">http://www.esinte.eu/vstrikovaci-lisy-na-plasty-sumitomo-shi-demag/produkty/systec-sp-hybridni-vstrikovaci-lisy-na-plasty</a> .....	11
Obrázek 4: Hlavní části formy; Obrázek převzat z <a href="http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/">http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/</a> .....	12
Obrázek 5: Popis hlavních částí forem; Obrázek převzat z <a href="http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/">http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/</a> .....	12
Obrázek 6: Skica spinneru; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	14
Obrázek 7: Model spinneru; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	14
Obrázek 8: Návrh dělicí roviny; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	15
Obrázek 9: Zkosení výlisku; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	15
Obrázek 10: Zaoblení výlisku; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	16
Obrázek 11: Dosedací plocha 1; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	17
Obrázek 12: Dosedací plocha 2; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	17
Obrázek 13: Vybrání na opěrky dělicí roviny; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	18
Obrázek 14: Opěrka dělicí roviny; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	18
Obrázek 15: Vodící sloupek a vodící pouzdro; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	19
Obrázek 16: Ukázka vedení v deskách; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	19
Obrázek 17: Sestavené vedení s deskami; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	19
Obrázek 18: Návrh upnutí desek; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	20
Obrázek 19: Upnutí tvárnice; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	20
Obrázek 20: Upnutí tvárníku; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	20
Obrázek 21: Návrh vyhazování; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	21
Obrázek 22: Upnutí vyhazovačů; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	21

Obrázek 23: Vedení vyhazování; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	22
Obrázek 24: Přidržovač vtoku; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.....	22
Obrázek 25: Sestava vyhazování; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	23
Obrázek 26: Návrh temperace ve tvárnici; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.....	23
Obrázek 27: Návrh temperace ve tvárníku; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	23
Obrázek 28: Schéma temperace; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	24
Obrázek 29: Návrh vtoku; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.....	24
Obrázek 30: Náběh kanálku vstřikování; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.....	25
Obrázek 31 Kanálek vstřikování; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017. ....	25
Obrázek 32: Návrh vtoku; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.....	25
Obrázek 33: Detail návrhu vtoku; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.....	26
Obrázek 34: Sestava formy; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAD 2017.....	26
Obrázek 35: Přední strana tvarové desky; Autor .....	29
Obrázek 36: Zadní strana tvarové desky; Autor.....	30
Obrázek 37: Ukázka nulového bodu; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAM 2016.....	30
Obrázek 38: Ukázka nulového bodu na polotovaru; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAM 2016. ....	31
Obrázek 39: Cyklus hrubování ; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAM 2016. ....	31
Obrázek 40: Fotografie hrubování; Autor .....	31
Obrázek 41 Cyklus konturového hrubování; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAM 2016. ....	32
Obrázek 42: Fotografie konturového hrubování; Autor .....	32
Obrázek 43 Cyklus dokončení stěn ; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAM 2016.....	33
Obrázek 44 Cyklus dokončení ploch ; Vytvořeno v aplikaci Solidworks CAM 2016.....	33
Obrázek 45: Fotografie hotové tvárnice; Autor .....	34
Obrázek 46: Fotografie hotového vtoku; Autor .....	34
Tabulka 1: Hlavní informace o CNC frézce .....	35

Tabulka 2: Výpočet roční práce na pracovišti .....	35
Tabulka 3: Výpočet hodinové mzdy .....	35
Tabulka 4: Výpočet nákladů frézky na hodinu .....	35
Tabulka 5: Výpočet nákladů na výrobu tvarových desek .....	36
Tabulka 6: Hlavní informace o CNC soustruhu .....	36
Tabulka 7: Výpočet roční práce na pracovišti .....	36
Tabulka 8: Výpočet hodinové mzdy .....	36
Tabulka 9: Výpočet nákladů soustruhu na hodinu .....	36
Tabulka 10: Výpočet nákladů na výrobu vodících sloupků .....	37
Tabulka 11: Výpočet nákladů na výrobu vodících pouzder .....	37
Tabulka 12: Výpočet nákladů na výrobu opěrek dělicí roviny .....	37

# PŘÍLOHY

Výkresy:

- Vstřikovaný díl
- Tvárnice
- Tvárník
- Přidržovač vtoku
- Ovládání vyhazování
- Vodící sloupky
- Vodící pouzdra
- Opěrka dělicí roviny
- Sestava
- Kusovník

Výrobní postupy:

- Tvarové desky
- Vodící sloupky
- Vodící pouzdra
- Opěrka dělicí roviny

Heidenhain programy

CD s elektronickým vyhotovením práce