

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ, PROJEKTOVÁNÍ A METROLOGIE



NÁVRH A VÝROBA STOJANU NA MĚŘENÍ ZBYTKOVÉHO  
NAPĚTÍ

DESIGN AND MANUFACTURE OF STAND FOR MEASUREMENT OF RESIDUAL VOLTAGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR:	KAREL GEBHART
VEDOUCÍ PRÁCE:	ING. ZDENĚK PITRMUC
STUDIJNÍ PROGRAM:	VÝROBA A EKONOMIKA VE STROJÍRENSTVÍ
STUDIJNÍ OBOR:	TECHNOLOGIE, MATERIÁLY A EKONOMIKA STROJÍRENSTVÍ

PRAHA, 2022

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Gebhart** Jméno: **Karel** Osobní číslo: **491742**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**  
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**  
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Návrh zařízení pro měření zbytkových napětí**

Název bakalářské práce anglicky:

**Design of measuring equipment for residual stress**

Pokyny pro vypracování:

1. Rozbor funkce zařízení a definice požadavků
2. Tvorba koncepčního návrhu, návrh materiálů
3. CAD model zařízení
4. Rámcový technologický postup vybrané součásti zařízení
5. Potřebné výrobní technologie

Seznam doporučené literatury:

OVERBY, Alan. CNC machining handbook: building, programming, and implementation. New York: McGraw-Hill, c2011. ISBN 978-0-07-162301-8.  
NECKÁŘ, Ferdinand a Ivo KVASNIČKA. Vybrané statě z úběru materiálů. Vyd. 1. Praha: Ediční středisko ČVUT, 1991, 88 s. ISBN 80-010-0696-4.  
DAVIM, J. P., ed. Modern machining technology: a practical guide. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011. Woodhead Publishing in mechanical engineering. ISBN 978-0-85709-099-7.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Zdeněk Pitrmuc ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

\_\_\_\_\_

Datum zadání bakalářské práce: **17.03.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **29.07.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

Ing. Zdeněk Pitrmuc  
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Libor Beránek, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.  
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně. Dále prohlašuji, že jsem všechny použité zdroje správně a úplně citoval a uvádím je v příloženém seznamu použité literatury.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této závěrečné práce ve smyslu §60 zákona č. 121/2000Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění. Souhlasím také s případnou publikací výsledků bakalářské práce nebo její podstatné části, pokud budu uveden jako její spoluautor.

V Praze dne:

Podpis:

### **Anotace:**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a výrobou stojanu pro měření zbytkového napětí. Teoretická část se zabývá zbytkovým napětím, co to je, jak se měří, jak vzniká a co způsobuje, a technologiemi potřebné na výrobu stojanu. Praktická část se zabývá návrhem stojanu, volbou materiálů na jeho výrobu a technologickým postupem na výrobu komponent stojanu.

### **Klíčová slova:**

Zbytkové napětí, technologie, návrh, výroba, konstrukce

**Annotation:**

This bachelor thesis deals with the design and manufacture of a stand for measuring residual voltage. The theoretical part deals with the residual stress, what it is, how it is measured, how it arises and what it causes, and the technologies needed to make the stand. The practical part deals with the design of the stand, the choice of materials for its production and the technological process to produce stand components.

**Keywords:**

Residual stress, technology, design, production, construction

## **Poděkování:**

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Zdeňkovi Pitrmucovi za jeho rady a připomínky při návrhu stojanu i při samotném sepisování práce. V neposlední řadě pak své rodině a přátelům za pomoc a morální podporu při psaní práce i po celou dobu studia.

# Obsah

1. Úvod.....	10
2. Zbytkové napětí .....	11
2.1. Vznik.....	11
2.1.1. Zatížení tlakové .....	11
2.1.2. Zatížení tlakové a tepelné.....	12
2.2. Měření.....	13
2.2.1. Metoda odstraňování vrstev .....	13
2.2.2. Dělicí metoda .....	13
2.2.3. Metoda trhlin.....	13
2.2.4. Odvrtávací metoda .....	13
2.2.5. Piezospektroskopická metoda .....	14
2.2.6. Rentgenografická metoda .....	14
2.2.7. Ultrazvuková metoda.....	14
2.3. Vlivy.....	14
2.3.1. Vliv na pevnost povrchu .....	14
2.3.2. Vliv na korozi.....	15
3. Použité technologie .....	16
3.1. Soustružení.....	16
3.1.1. Upínání.....	17
3.1.2. Nástroje.....	17
3.1.3. Stroje.....	19
3.2. Frézování .....	20
3.2.1. Upínání.....	20
3.2.2. Nástroje.....	21
3.2.3. Stroje.....	21
3.3. Vrtání.....	21
3.3.1. Upínání.....	22
3.3.2. Nástroje.....	22
3.3.3. Stroje.....	23
3.4. Výroba závitů.....	23
3.4.1. Nástroje.....	24
3.4.2. Ruční výroba .....	24

3.4.3.	Strojní výroba.....	25
3.5.	Řezné podmínky.....	26
4.	Návrh konstrukčního řešení.....	28
4.1.	Starý stojan.....	28
4.2.	Nový stojan.....	29
4.2.1.	Ergonomie.....	29
4.2.2.	Bezpečnost.....	31
4.2.3.	Obsluha.....	32
4.2.4.	Konstrukce.....	32
4.2.5.	Pevnostní analýzy.....	32
4.3.	Volba materiálů.....	34
4.3.1.	Ocel.....	35
4.3.2.	Měď.....	36
4.3.3.	Hliník.....	36
4.3.4.	Polytetrafluoretylen (PTFE).....	37
4.3.5.	Polyoxymetylen (POM).....	37
4.3.6.	Polymerní samoopravné povlaky.....	38
4.4.	Model, výkresy.....	38
5.	Rámcový technologický postup.....	40
5.1.	Podstavec.....	40
5.2.	Stojan 1.....	42
5.3.	Stojan 2.....	44
5.4.	Stojan 3.....	46
5.5.	Upevnění 1.....	47
5.6.	Upevnění 2.....	48
5.7.	Upevnění 3.....	49
5.8.	Upevnění 4.....	50
5.9.	Horní upnutí 1.....	51
5.10.	Horní upnutí 2.....	52
5.11.	Horní upnutí 3.....	53
5.12.	Domeček.....	56
5.13.	Izolace 1.....	58
5.14.	Šroub.....	59



5.15.	Posuv 1.....	60
5.16.	Posuv 2.....	61
5.17.	Svorka 1 .....	63
5.18.	Svorka 2 .....	64
5.19.	Trubka.....	65
5.20.	Kryt 1.....	65
5.21.	Kryt 2.....	67
5.22.	Kryt 3.....	68
5.23.	Kryt 4.....	69
5.24.	Rameno 1.....	70
5.25.	Rameno 2.....	71
5.26.	Rameno 3.....	73
5.27.	Rameno 4.....	75
5.28.	Rameno 5.....	78
5.29.	Čep.....	80
5.30.	Izolace 2 .....	81
5.31.	Katoda.....	82
6.	Závěr .....	83
7.	Zdroje.....	84
8.	Seznam příloh .....	87

# 1. Úvod

Zbytkové napětí je nedílnou součástí každé operace působící na povrch součásti. Je nutné s ním počítat a umět se vyvarovat jeho nežádoucím účinkům. Proto je nutné umět ho změřit a zdokumentovat.

Tato práce se věnuje návrhu stojanu pro měření zbytkového napětí metodou elektrochemického odstraňování vrstev. V teoretické části se práce věnuje zbytkovému napětí, jeho vzniku, jeho významu, jak se měří a co způsobuje v součásti. Dále se také zabývá technologiemi potřebnými pro výrobu stojanu, jejich definici, nástrojům, upínání atd. V praktické části se vyhodnocují nedostatky starého stojanu a konstrukce nového, počínaje modelem, výkresem a rozbohem konstrukce, ergonomie a bezpečnosti. Práce se dále věnuje volbě vhodných materiálů na konstrukci stojanu a návrhem výrobního postupu pro jednotlivé díly stojanu.

## 2. Zbytkové napětí

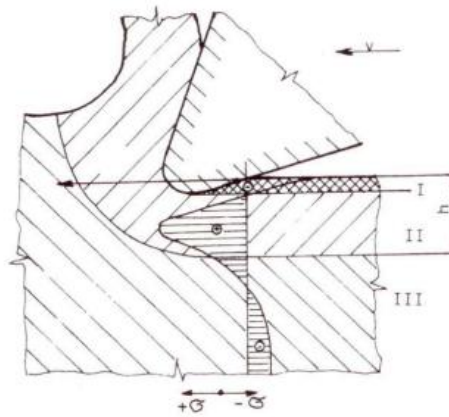
Při obrábění nástroj svým ostřím odebírá materiál z obrobku. Při tomto procesu vzniká teplo a tlak. Ty způsobí, že na obrobeném povrchu vzniká plastická a elastická deformace. Podle vzniklé deformace na povrchu vznikne tahové či tlakové napětí. Cílem obrábění je vznik tlakového napětí, jelikož při obrábění na povrchu vznikají vruby, které mohou snížit pevnost, houževnatost a korozivzdornost obrobené plochy. Tlakové napětí tyto vruby uzavírá a tím zlepšuje vlastnosti plochy. Naopak tahové napětí tyto vruby roztahuje, a tím zvyšuje pravděpodobnost vzniku trhlin a dalších nežádoucích procesů. [1; 2; 3]

### 2.1. Vznik

Povrchová vrstva může být při obrábění zatěžována tlakově nebo kombinací tlakové zátěže a tepla. Při každé z těchto variant vzniká jiný průběh deformace a jiné vnitřní napětí v povrchové vrstvě.

#### 2.1.1. Zatížení tlakové

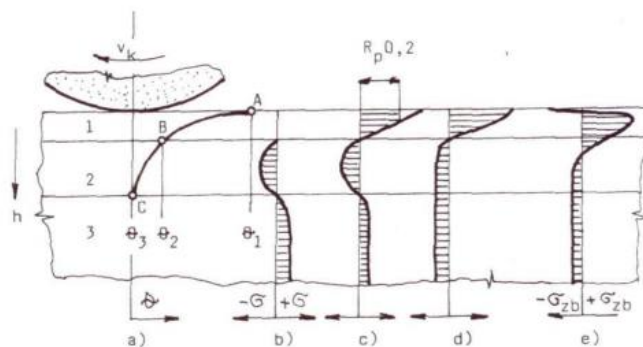
Toto zatížení vzniká běžně při soustružení či frézování. Během oddělování třísky vzniká v místě řezu celková deformace. Tato deformace je pružně-plastická a zasahuje i pod obrobený povrch. Zároveň dochází k pěchování povrchové vrstvy z důvodu nedokonalosti ostří nástroje. Zbytkové napětí následně vznikne z důvodu změny hustoty a nárůstu měrného objemu obrobené plochy. V důsledku toho vznikne zbytkové napětí tlakové. V případě obrábění materiálu, který tvoří elementární třísky, jeho vzniku také napomáhají třecí síly mezi nástrojem a obrobkem, jelikož třecí síly na hřbetu nástroje prodlužují zrna v povrchové vrstvě, čímž se zvětší povrch. Tomu brání níže položené vrstvy, které nejsou obráběním ovlivněny. V případě obrábění houževnatých materiálů vzniká plynulá tříška, zrna se neprodlužují, ale deformují. V důsledku této deformace se zrna přeorientují, obrobená plocha se snaží zmenšit svůj objem a vzniká napětí tahové. Příklad průběhu zbytkového napětí za působení tlakového zatížení je vidět na obrázku 1. [1; 3]



Obrázek 1. - Schéma vzniku zbytkového napětí v povrchové vrstvě [1]

### 2.1.2. Zatížení tlakové a tepelné

Toto zatížení vzniká nejčastěji při broušení, kde se téměř celá práce, nutná k oddělení materiálu, přemění na teplo. To v místě styku z velké části přechází do obrobku a ovlivňuje tak povrchovou vrstvu. Při broušení zbytkové napětí vzniklé mechanickým zatížením je zásadně ovlivněno teplem, které změní jeho průběh. Různě teplotně ovlivněné vrstvy se různě deformují, vzniklé napětí je kombinace tlakových a tahových napětí ve vrstvách a výsledné zbytkové napětí je závislé na řezných podmínkách broušení. Tedy na velikosti vzniklého tepla a tlaku. Průběhy zbytkového obrábění jsou patrné na obrázku 2. [1; 3]



Obrázek 2. - Zbytkové napětí po broušení [1]

## 2.2. Měření

Pro měření zbytkového napětí existuje několik metod. Tyto metody se obecně rozdělují do tří skupin, a to na destruktivní, semidestruktivní a nedestruktivní. Destruktivní metody znehodnotí součást takovým způsobem, že již není možné ji použít. Semidestruktivní metody mechanicky ovlivní jen malou část součásti a ta může být opět použita, případně se na ní provede malá úprava. Nedestruktivní zkoušky nijak neznehodnocují součást, a ta může být použita bez nutnosti úprav. [1; 3; 4]

### 2.2.1. Metoda odstraňování vrstev

Při této metodě se postupně odstraňují povrchové vrstvy ze součásti, během toho se mění vnitřní síly v povrchu součásti a součást se začne deformovat. Tuto deformaci změříme a na jejím základě vyhodnotíme zbytkové napětí v povrchu. Povrchová vrstva se odstraňuje chemicky či elektrochemicky, aby do povrchu nevstupovalo další napětí. Touto metodou se nejčastěji měří desková a prutová tělesa. [1; 3]

### 2.2.2. Dělicí metoda

Při této metodě je zkoumaná součást rozřezána nebo v ní jsou naříznuty drážky. Řezáním se uvolní zbytkové napětí, které zdeformuje součást. Tato deformace se změří a z naměřených hodnot se vyhodnotí zbytkové napětí součásti. Pro výpočet se používá například metoda konečných prvků. [1]

### 2.2.3. Metoda trhlin

Ve zkoumané součásti se vytvoří trhlina, která způsobí uvolňování zbytkového napětí v jejím okolí. Tuto změnu sledujeme pomocí optických metod jako například holografickou interferometrií nebo Electronic Speckle Pattern Interferometers. [1]

### 2.2.4. Odvrtávací metoda

Do povrchu součásti se vyvrtá malý otvor, který uvolní zbytkové napětí v povrchu, a to způsobí deformace povrchu v okolí otvoru. Tyto deformace se změří a následně vyhodnotí zbytkové napětí. Při měření deformace se měří dvouosá napjatost. Lze tuto metodu zařadit do skupiny semidestruktivních metod. [1; 3; 5]

#### 2.2.5. Piezospektroskopická metoda

Tato metoda využívá Ramanova jevu. Jedná se o nedestruktivní zkoušku, při které na zkoušený povrch dopadne laserový paprsek, který rozkmitá atomy v povrchu. Ten se odrazí a ze zachyceného světla je možné vyčíst chemické složení povrchu a fyzikální vlastnosti povrchu. Tedy i zbytkové napětí.

#### 2.2.6. Rentgenografická metoda

Jde o tradiční, nedestruktivní metodu k zjišťování zbytkového napětí. Na povrch měřené součásti se dopadá rentgenové záření, které se odráží. Následně se změří Braggovy úhly odraženého záření a za pomoci Hookova zákona se vypočítá zbytkové napětí v součásti. Touto metodou lze změřit jen elastické zbytkové napětí.

#### 2.2.7. Ultrazvuková metoda

Tato metoda využívá akusticko-elastického jevu. Měření spočívá v změření rychlosti šíření ultrazvukových vln povrchem součásti. Tato rychlost je závislá na objemové napjatosti povrchu. Měření se provádí v několika směrech pro zajištění přesnosti a pro každý materiál je nutná kalibrace. [1; 3; 4]

### 2.3. Vlivy

Se vznikem zbytkového napětí souvisí změny povrchové vrstvy součásti. Tyto změny hlavně závisí na druhu zbytkového napětí, zda je tlakové či tahové. Tyto změny mohou být výhodné a mohou zlepšit vlastnosti povrchu součásti nebo mohou být škodlivé pro součást a mohou způsobit její předčasné selhání.

#### 2.3.1. Vliv na pevnost povrchu

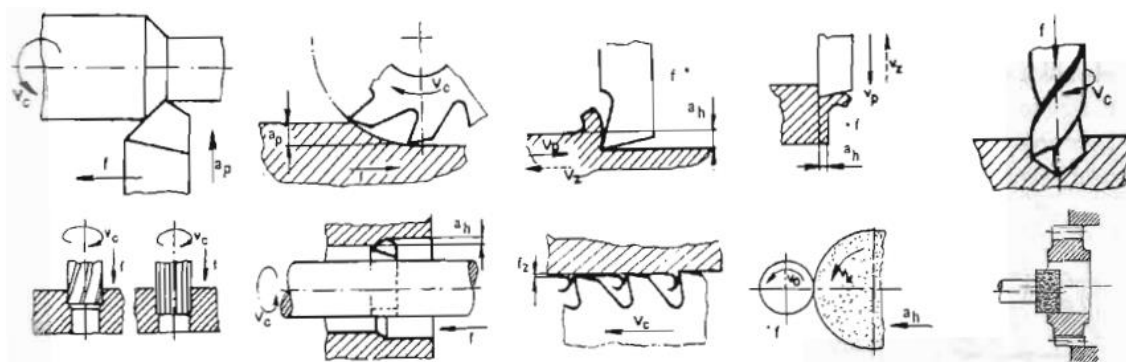
Vruby v povrchu součásti jsou přirozený jev po obrábění, nicméně je snaha je eliminovat, jelikož mohou způsobit trhliny, které způsobí porušení součásti. Vzniku vrubů a trhlin nelze zcela zabránit, ale za pomoci zbytkového napětí je možné jejich negativní účinky snížit. Pokud po obrábění vznikne tlakové napětí v povrchu, toto napětí povrch deformuje tak, že zacelí vzniklé vruby, a tak zabrání vzniku trhlin. To zvýší nejen životnost povrchu ale i jeho mechanické vlastnosti. Naopak tlakové napětí vruby rozšíří a napomůže vzniku trhlin, proto je snaha zabránit vzniku tahového napětí. [1; 6; 7]

### 2.3.2. Vliv na korozi

Z mnoha pokusů a experimentů vyplývá, že tlakové zbytkové napětí má pozitivní vliv na korozivzdorné vlastnosti povrchu součásti. Zbytkové napětí usnadňuje vznik pasivačního filmu i u materiálů s nízkou proudovou hustotou. Tento jev je závislý především na materiálu součásti a jeho vlastnostech, například u nanokrystalického povlaku, Co a Co-P se odolnost proti korozi zvyšuje závisle na zvyšování zbytkového tlakového napětí, ale jakmile dosáhne 450–500 MPa vzrůstat přestane, a naopak může začít klesat. Naopak u austenitické nerezové oceli se korozivzdornost v závislosti na zbytkovém napětí zvyšuje bez rizika poklesu, ale proudová hustota povrchu dramaticky klesá a může klesnout až o 70 %. [7; 8; 9]

## 3. Použité technologie

Technologie, které budou primárně využívány, lze obecně nazvat jako třískové obrábění. Obrábění spočívá v odebrání materiálu z polotovaru pomocí řezného nástroje, který svým ostřím odděluje přídavek z polotovaru a mění jej na třísku. Máme mnoho technologií obrábění, jako například frézování, soustružení, vrtání, broušení a další, viz. obr. 3. Zároveň máme několik metod obrábění, hrubování odebrá velkou třísku a je velmi rychlé, ale vytvoří hrubší povrch. Naopak dokončování je pomalé s malým přídavkem, ale obrobený povrch má nízkou drsnost a vysokou přesnost. Řezné nástroje mají specifickou geometrii pro danou technologii a metodu. Tato geometrie značně ovlivňuje řezné podmínky. Řezné podmínky jsou dále ovlivněny řezným prostředím, materiálem obrobku, materiálem nástroje a strojem.



Obrázek 3. - Základní metody obrábění [10]

### 3.1. Soustružení

Používá se pro výrobu vnějších a vnitřních rotačních ploch. Hlavní řezný pohyb vykonává obrobek, řezný nástroj vykonává vedlejší řezné pohyby. Stroje se nazývají soustruhy. Upínat obrobek můžeme do sklíčidla, mezi hroty, kleštiny a atd. Nástroje se upínají do nožové či revolverové hlavy, v případě vrtáků je možné využít i koník. Na soustruhu můžeme také obrábět závit, kužele, zápichy, tvarové plochy, vrtat díry, vystružovat, válečkovat atd. Jako nástroje se používají soustružnické nože, tvarové nože a vrtáky. U CNC soustruhů s poháněnými nástroji je možné také použít frézy pro obrábění rovinných ploch. Při hrubování lze dosáhnout přesnosti IT 11-14 a drsnosti Ra 12. Dokončováním lze dosáhnout lepších výsledků, přesnost IT 9-11 a drsnost Ra 1,6.



### 3.1.1. Upínání

K upínání obrobků se nejčastěji používá sklíčidlo, to má tři a více čelistí, mezi které se upne polotovar. Díky tomuto upnutí je možné obrábět vnější i vnitřní rotační plochy a čelo v celém průměru. Pomocí sklíčidla lze přenášet velký výkon, je tu ale nebezpečí vtisku čelistí do obrobku a nelze obrábět polotovar v celé délce. Je nutné obrobek vyjmout a otočit, což může způsobit nesouosost.

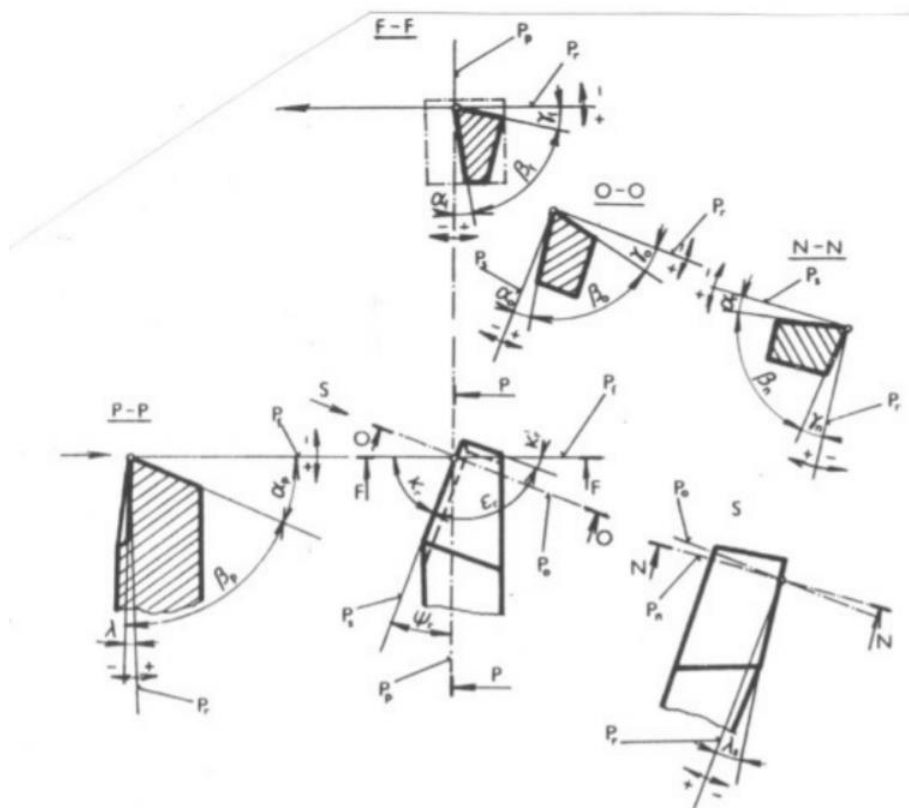
To lze vyřešit použitím upínání mezi hroty. To funguje tak, že do koníku se dá otočný hrot a do vřetene se upne pevný hrot. Na vřeteno se našroubuje unášecí deska, která má na sobě kolík, o který se opře unášecí srdce, které je pomocí šroubu připevněno k obrobku. Nevýhodou této metody je přenos menších výkonů a nutnost navrtání důlků v čelech pro hroty.

Pro velmi přesné obrobky se používá upínání do kleštiny. To spočívá ve vložení kuželové kleštiny do vřetena soustruhu, z druhé strany se kleština přichytí šroubem skrze vřeteno. Pomocí utahování tohoto šroubu je kleština vtahována do kuželového vřetena, tím se kleština stahuje. Takto to je funguje např. u soustruhu SV18, u moderních strojů je kleština ovládaná hydraulicky a může být tažná či tlačná. Lze takto upínat pouze malé obrobky, ale tyto obrobky jsou velmi přesné. Na soustruhu lze také upínat nerotační obrobky pomocí lícni desky, která má několik samostatně pohyblivých čelistí. Po upnutí obrobku je nutné desku vyvážit, aby nedocházelo k házení.

### 3.1.2. Nástroje

Jako nástroje na soustruzích se používají soustružnické nože. Ty mohou být monolitní či s vyměnitelnými břitovými destičkami (VBD). Na monolitní nástroje se používá rychlořezná ocel, které je velmi houževnatá, ale má nižší tvrdost. Proto jsou dnes nahrazeny noži s vyměnitelnými destičkami. Ty se skládají z držáku, který může být z konstrukční oceli a destičky, která je ze slinutého karbidu, keramiky, diamantu atd. Tím je nástroj mnohem efektivnější, jelikož při poničení ostří není potřeba vyrábět či přeastřovat celý nástroj, ale jen se vymění destička, která je přesně usazena pomocí šroubu a lůžka, a nástroj může ihned znovu obrábět. Tím se značně zrychlí výroba. Zároveň destičky jsou z pevnějšího materiálu, než je rychlořezná ocel, a díky tomu můžeme obrábět za vyšší rezné rychlosti. Máme mnoho typů nožů, jelikož každý se

používá na specifickou operaci a má tím pádem i specifickou geometrii. Máme nože na závity, zápichy, hrubování, dokončování atd. Geometrie ostří nástroje viz. obr. 4., případně vyměnitelné břitové destičky, značně ovlivňuje tvar třísky, zatížení ostří, drsnost a přesnost povrchu, teplotu při obrábění a tuhost ostří. [10; 11; 12; 13; 14; 15; 16]



Obrázek 4. - Geometrie soustružnického nože [17]

Tvar vyměnitelné břitové destičky je klíčový pro danou operaci a daný nástroj. Existuje několik přesně definovaných tvarů destiček. Při volbě tvaru destičky je nutné dodržet několik zásad. Destičky, které mají větší úhel špičky, mají vyšší pevnost, ale je nutný větší výkon stroje a často dochází k vibracím při obrábění. Naopak destičky s menším úhlem špičky značně trpí na teplo. Dále mohou být destičky tzn. pozitivní či negativní, pozitivní mají úhel břitu menší než  $90^\circ$  a negativní naopak větší jak  $90^\circ$ . Negativní destičky mají vysokou pevnost břitu, nulový úhel hřbetu, upínají se pod úhlem a používají se na hrubování vnějších ploch. Pozitivní destičky snesou nižší řezné rychlosti, ale mají vyšší přesnost a používají se na vnější i vnitřní plochy. Každý tvar destičky má jiný počet

řezných hran, jiný tvar řezných hran a tím pádem také jinou hloubku řezu. Základní tvary destiček jsou definovány normou ISO. Máme tvary R, S, C, W, T, D, V. Jejich rozdíly použití jsou shrnuty v tabulce 1., která je z katalogu společnosti Sandvik Coromant. [18]

Označení základního tvaru, úhel špičky	R	S 90°	C 80°	W 80°	T 60°	D 55°	V 35°
Hrubování (pevnost)	●	●	●	○	○		
Lehké hrubování/polodokončování (počet břitů)		○	●	●	●	●	
Dokončování (počet břitů)			○	○	●	●	●
Podélné soustružení (směr posuvu)			●	○	○	●	●
Tvarové obrábění (schopnost přístupu)			○	○	○	●	●
Obrábění čelních ploch (směr posuvu)	○	●	●	●	○	○	
Univerzálnost použití	○		●	○	○	●	○
Omezený výkon stroje			○	○	●	●	●
Sklony k vibracím				○	●	●	●
Tvrký materiál	●	●					
Obrábění s přerušovaným řezem	●	●	○	○	○		
Velký úhel nastavení			●	●	●	●	
Malý úhel nastavení	●	●		●	●		

● Nejvhodnější      ○ Vhodné

Tabulka 1. - Vlastnosti VBD od společnosti Sandvik Coromant [18]

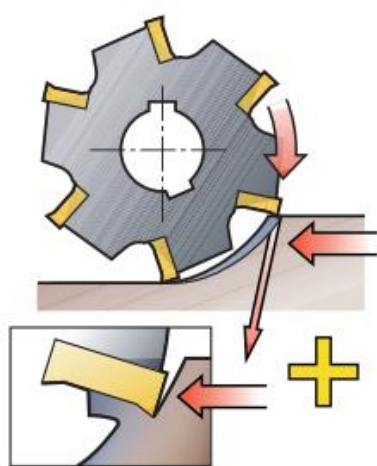
### 3.1.3. Stroje

Stroje pro soustružení se nazývají soustruhy. Máme hrotové soustruhy, čelní soustruhy, revolverové soustruhy, svislé soustruhy, poloautomatické a automatické soustruhy. Nejběžněji se vyskytujícími soustruhy byly hrotové soustruhy, kvůli jejich univerzálnosti, dnes jsou nahrazovány počítačově řízenými stroji. Jejich hlavní části se nazývají lože, vřeteník, koník a suport. Lože jsou základ celého stroje, na ložích je umístěn suport, koník i vřeteník. Zároveň lože slouží k vedení suportu a koníku, jsou broušeny a mají zajistit přesnost. Do koníku se upínají vrtáky či kužele a je souosý s vřeteníkem. Vřeteník je na druhé straně loží, v něm je vřetení, ke kterému se upínají obrobky. Vřetení je spojeno pomocí řemene s převodovkou a motorem, které jsou v noze soustruhu. Suport slouží k pohybu nástrojů, které jsou upnuty v nástrojové či revolverové hlavě. Na suportu je většina ovládacích prvků, zároveň skrz něj vede šroub, který zajišťuje strojní posuv a možnost vyrábět závit. [10]

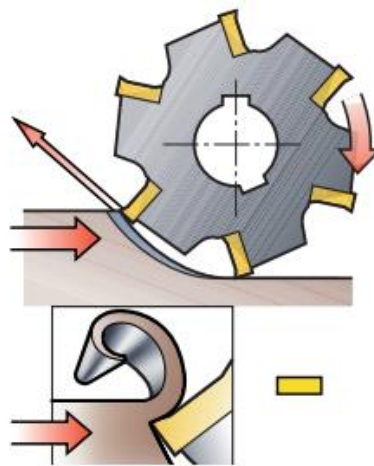
## 3.2. Frézování

Frézování slouží převážně k výrobě rovinných a tvarových ploch, ozubených kol, drážek atd. Stroje se nazývají frézky a nástroje frézy. Hlavní řezný pohyb vykonává nástroj a vedlejší řezné pohyby vykonává obrobek. Obrábět lze obvodem či čelem nástroje a zároveň sousledně viz obrázek 5. nebo nesousledně viz. obrázek 6. Při sousledném frézování se obrobek posouvá po směru otáčení nástroje, dochází k rázům, jelikož nástroj ihned zabírá maximální třísku. Nástroj se neopotřebuje tak rychle jako u nesousledného a nejsou potřeba tak velké upínací síly. Naopak nesousledné frézování vyžaduje vyšší upínací síly, břit nástroje má nižší životnost, obrobek se posouvá proti otáčení nástroje. Při frézování se preferuje sousledné obrábění až na případy využívání VBD z keramiky, která je citlivá na rázy.

Na frézkách je také možnost vrtat, obrážet či řezat závity, ale na to je nutné, aby byla frézka uzpůsobena nebo měla přídatné vybavení. Hrubováním lze na frézkách dosáhnout přesnosti IT 10 a drsnosti Ra 6,3. Obráběním na čisto naopak dosáhneme přesnosti IT 7 a Ra 1,6.



Obrázek 5. - Sousedné frézování [18]



Obrázek 6. - Nesousledné frézování [18]

### 3.2.1. Upínání

Obrobky se připevňují na stůl frézky pomocí svěráku, upínek či případně dělicím přístrojem. Ve stole jsou T-drážky, ke kterým se pomocí šroubů a matic připevní svěrák, dělicí přístroj či upínky. Svěrák musí být řádně vyrovnán vůči frézce pomocí úchytkoměru, aby byla zajištěna přesnost obrábění. Následně obrobek upneme do

svěráku klasickým způsobem. Naopak upínky slouží čistě k připevnění obrobku přímo na stůl. Díky tomu lze obrábět velké díly. Dělicí přístroj slouží k obrábění rotačních součástí, kdy potřebujeme obrobek obrobit na obvodu o určitý úhel.

### 3.2.2. Nástroje

Na frézkách jako nástroje používáme čelní válcové frézy, stopkové frézy, kotoučové frézy, frézovací hlavy atd. Většinou tyto nástroje obrábějí svým obvodem, případně některé mohou obrábět i čelem. Ty většinou slouží pro výrobu děr a drážek. Po obvodu nástrojů jsou břity, které mohou obrábět v celé své délce. Tříska odchází po čele řeznou drážkou, kudy také proudí chladicí kapalina. Používají se monolitní nástroje i nástroje s VBD. Ty se ale používají hlavně na frézovacích hlavách a nástrojích o větších rozměrech. Zároveň nástroje nemusejí být rovinné, ale máme také úhlové, tvarové či speciální frézy pro specifické úkony. [9, 11, 13, 15, 16, 17, 18]

### 3.2.3. Stroje

Stroje sloužící k frézování se nazývají frézky, umožňují obrábění ve třech osách, v případě počítačově řízených strojů s pohyblivým stolem až v pěti osách. Hlavní řezný pohyb vykonává nástroj upnutý v hlavě frézky, které je vřeteníkem spojena s převodovkou a motorem. Vedlejší řezné pohyby vykonává buď stůl, na kterém je upnutý obrobek, nebo v případě nástrojařských frézek, kombinace pohybu stolu v osách x, z a pohyb vřeteníku v ose y. Univerzální frézky mají dvě převodovky a dva motory, jedna slouží k změně otáček nástroje a druhý ke změně rychlosti posuvu. Automaticky řízené stroje mají pro každý posuv zvlášť motor, což jim dodává větší možnosti pohybu. Do vřetená, které je v hlavě lze upnout nástroje pomocí kuželu a šroubu, obrobky upínáme na stůl frézky. U některých frézek lze odejmout hlavu s vřeteníkem a na její místo umístit jinou hlavu, která umožní např. obrážení. [19]

## 3.3. Vrtání

Touto metodou se vyrábějí otvory pomocí vrtáků. Hlavní řezný pohyb vykonává nástroj a ve většině případů vykonává i vedlejší řezný pohyb. Můžeme vrtat krátké, ale i velmi dlouhé díry o relativně velkých průměrech. Kratší díry do 10 D se vrtají většinou na vrtačkách se svislou osou, delší díry do 20 D se mohou vrtat na stejných strojích, jen

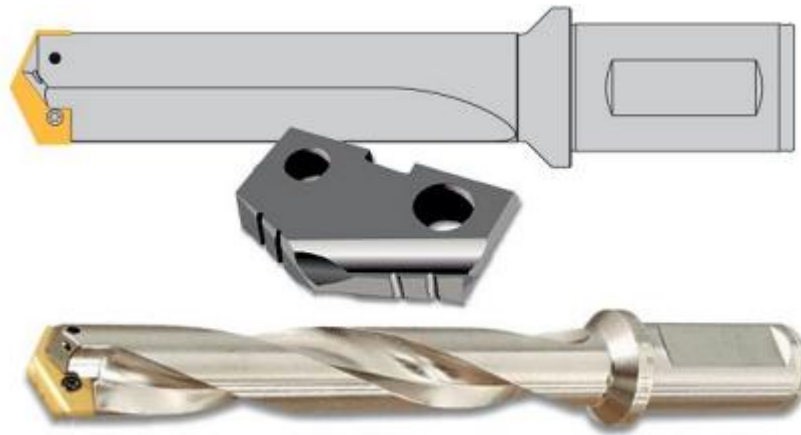
s menší úpravou a speciálními nástroji. Při vrtání je obzvláště důležité mít správná přísun řezné kapaliny, jelikož při vrtání vzniká velké teplo a je nutné dostatečně vyplavovat třísky, aby se nepřipekli k vrtáku či obrobku a nezničili nástroj. Vrtání je hrubovací operace, pokud chceme mít díru přesnou a s dobrou drsností je nutné použít dokončovací operaci, např. vyhrubování a vystružování, neboť přesnost vrtání je IT 11 a Ra 3,2, ale vystružováním lze dosáhnout přesnosti IT 5 a Ra 0,4.

### 3.3.1. Upínání

Upínání na vrtačkách je podobné tomu jako na frézkách, používají se svěráky a upínky. Ty se pomocí šroubů připevní ke stolu vrtačky, který má v sobě obdobně jako frézka T-drážky. Upevnění musí být dostatečně pevné, neboť při vrtání vznikají velké řezné síly a mohlo by se stát, že se nástroj tzv. kousne a roztočí obrobek, který by pak mohl zranit obsluhu.

### 3.3.2. Nástroje

Jako nástroje při vrtání se používají vrtáky, ty mohou být šroubovitě, kopinaté, dělové, ejektorové nebo můžeme používat vrtací hlavy. Zároveň mohou být monolitní či s vyměnitelnými destičkami. Šroubovitě vrtáky mají drážku do šroubovice, ta slouží k přívodu řezné kapaliny a odvodu třísky. Na jednom konci je upínací prvek, kužel či stopka. Na druhém konci je hrot, kde jsou dvě hlavní ostří se dvěma špičkami. Tyto vrtáky mohou být z rychlořezné oceli či slinutých karbidů. Dnes přicházejí ve větší oblibu vrtáky s VBD, ty kombinují vlastnosti vrtáku a nástroje s VBD. [18] Není nutné je přeostřovat, ale stačí jen vyměnit VBD. Kopinatý vrták také spadá do této skupiny, ale rozdíl je ten, že je zde jen jedna velká VBD viz. obr. 7., na které jsou všechny úhly ostří. Pro vrtání hlubokých děr používáme dělové či ejektorové vrtáky. Ty jsou většinou jedno či dvojbřité, s pájenými destičkami a vedením. Řezná kapalina se přivádí vnitřkem či vnějškem nástroje.



Obrázek 7. - Kopinatý vrták [20]

### 3.3.3. Stroje

Stroje pro vrtání se nazývají vrtačky, máme ruční, stolní, sloupové, montážní a speciální vrtačky. Hlavní i vedlejší řezný pohyb vykonává nástroj, obrobek je upnutý ke stolu vrtačky. Většinou mají svislou osu vřetene, které je přes převodovku spojeno s motorem pomocí řemenů, které také slouží k převodu pomocí různých řemenic. Nejpoužívanější jsou stále stolní či sloupové vrtačky. Rozdíl mezi nimi není velký, sloupová vrtačka stojí sama o sobě. Má velké závaží na zemi, sloup, na kterém je pohyblivý stůl, a na vrchu je strojní část, motor, převodovka atd. Naopak stolní je výškově přibližně poloviční a je nutné ji umístit na nějaký stůl či rám, aby byla v pracovní výšce. Stůl může být pohyblivý, ale u starších strojů není. Strojní část vrtačky je ale shodná jako u sloupové. Vrtat se dá také na soustruzích a frézkách, ale jejich použití je omezené. [9, 12, 13, 15, 16, 17, 20]

## 3.4. Výroba závitů

Závity jsou tvarové prvky, mohou být vnitřní či vnější a navzájem do sebe zapadají. Díky tomu mohou sloužit ke spojování prvků či k pohybu. Existuje několik typů závitů, ty se odvíjejí od jejich použití či jejich tvaru. Také může být pravotočivý či levotočivý závit. Základním typem je pravotočivý metrický závit, dále ale máme trubkový, lichoběžníkový, lichoběžníkový rovnoramenný, oblý a Whitworthův. Zároveň máme závity s hrubou roztečí, ale můžeme mít i s jemnou roztečí. Na rozteči taky závisí, zda je šroub spojovací nebo pohybový. Jde o to, že když je rozteč dost velká, tak se ze samosvorného závitu stane nesamosvorný závit. Docílí se toho tak, že úhel tření je menší než úhel stoupání šroubovice závitu. Tyto závity se používají například v posuvech strojů.

### 3.4.1. Nástroje

Pro výrobu závitů se používají závitníky, čelisti, závitové nože a závitové frézy. Závit se mohou vyrábět ručně či strojně. Pro ruční výrobu se používají závitníky či čelisti a pro strojní výrobu závitníky, závitové nože a závitové frézy.

Závitníky slouží pro výrobu vnitřních závitů. Ruční závitníky se skládají ze sady většinou třech závitníků, kdy každý vykonává danou část procesu. První závitník závit před řezává, druhý dořezává a třetí kalibruje. S tím je spojeno i množství odebíraného materiálu. Naopak strojní závitník je pouze jeden, má krátký náběhový kužel a velkou drážku pro odvod třísek a přívod procesní kapaliny. Drážka může být přímá nebo do šroubovice. Volba správného závitníku záleží především na materiálu, který obrábíme. Dále existují také maticové závitníky, určené primárně na výrobu matic. Tyto závitníky mají dlouhý kuželovitý tvar, díky kterému mohou vyrobit závit na jeden průchod. A dále také tvářecí závitníky, které závit neřezou, ale tváří. Ty se využívají ve strojní sériové výrobě. [10; 20; 21]

Závitové čelisti slouží k řezání vnějších závitů malých průměrů, jsou obousměrné, na krajích mají krátký náběhový kužel. Jsou kruhové či šestihranné, upínají se do vratidel a mají několik ostří a drážek na třísky.

Závitové nože se mohou použít na konvenčních strojích i CNC. Jejich tvar odpovídá tvaru závitů a nůž profil závitů postupně vyřezává. Závitové frézy vypadají podobně, mají ostří ve tvaru závitů a používají se na CNC strojích. Nože i frézy mohou mít VBD, které opět odpovídají tvaru závitů.

### 3.4.2. Ruční výroba

Pro ruční výrobu vnitřních závitů používáme závitníky a pro výrobu vnějších závitů čelisti (očka). Hlavní řezný pohyb vykonávají nástroj upnutý v přípravku. Tímto přípravkem otáčí obsluha. Obrobek je upnut nejčastěji ve svěráku. Tato metoda je nepřesná, namáhavá, pomalá a hrozí zničení nástroje. Výroba závitů do slepých děr je velmi obtížná a často se nástroj zničí, jelikož odvod třísek není dobrý. A pokud nástroj dojde na konec otvoru, obsluha to neví a nezastaví, dojde k zalomení závitníku. Pro výrobu slepých děr se používají speciální závitníky, které mají šroubovitý tvar a kratší náběh, aby se využilo



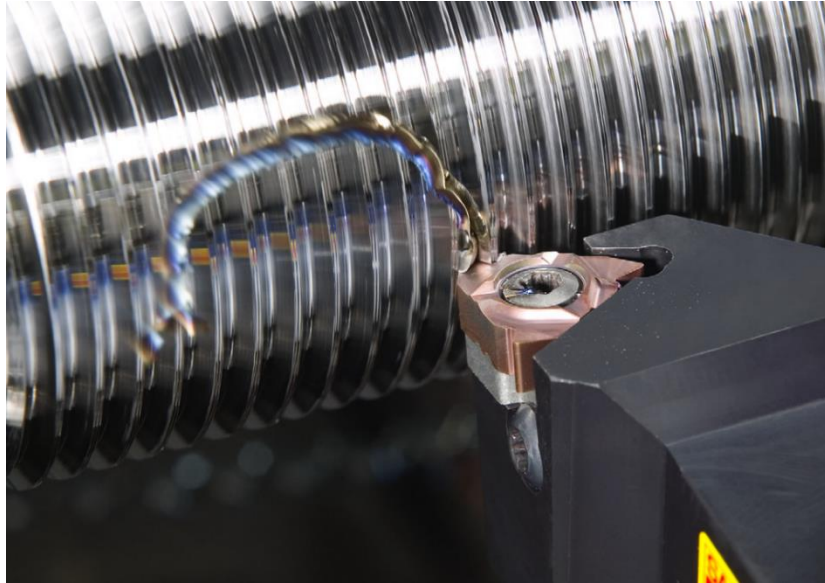
co nejvíce rozměru díry. Mazání při řezání závitu je také ruční a nemusí být dostatečné, což přináší také značné problémy.

### 3.4.3. Strojní výroba

Závity lze strojně vyrábět na univerzálních soustruzích, závitořezech, a také na CNC strojích, které mohou využívat speciálních strategií. Univerzální soustruhy jsou pro výrobu závitu přizpůsobeny už od výroby, stačí správně zkombinovat posuv nástroje a otáčky. K tomu slouží převodní tabulky, co jsou k těmto strojům dodávány. Je možné obrábět vnější i vnitřní závity. Také je nutné použít správný soustružnický nůž, případně vhodnou destičku, jelikož nástroj udává tvar závitu.

Závitořezy fungují podobně, jako ruční čelisti na vnější závity. Obrobek se upne do sklíčidla, v nástrojové hlavě bývají čtyři nože, každý s trochu jiným rozměrem, které postupně odebírají materiál a vytváří tak závit. Otáčí se obrobek ve sklíčidle a posuv většinou vykonává nástrojová hlava. Zároveň některé stroje umí i srazit vnější a vnitřní hrany.

Na CNC strojích výroba závitů probíhá za využití speciálních strategií a nástrojů, které mají zajistit zefektivnění výroby. Na CNC soustruzích se závity vyrábějí obdobným způsobem jako na univerzálních, ale používají se speciální destičky viz. obr. 8. a speciální strategie. Díky tomu se výrobní časy značně zkrátí a celá výroba zefektivní. U CNC fréz lze také vyrábět vnitřní a vnější závity, používají se k tomu stopkové frézy s VBD, vrtací závitové frézy nebo kotoučové závitové frézy. Opět je k tomu za potřebí využít speciálních strategií, které CNC nabízí. Nástroj se totiž musí točit a zároveň se pohybovat po šroubovici závitu. Výhody výroby závitů na CNC jsou, jedním nástrojem je možné vyrábět několik velikostí závitu, je možné vyrábět stejným nástrojem různá stoupání závitu, jedním nástrojem se vyvrtá díra a zároveň vyřízne závit. [10; 18; 20]



Obrázek 8. - Soustružení závitu [18]

### 3.5. Řezné podmínky

Pro obrábění je nutné si zvolit vhodné řezné podmínky, aby byly docíleny požadované parametry výrobku. Je nutné určit otáčky, posuv, řeznou rychlost, výkon a další, jelikož bez těchto informací nejsme schopni určit stroj, který můžeme použít, a nejsme schopni stroj nastavit. Tyto hodnoty se odvíjejí od obráběného materiálu, použitého nástroje a použité technologie. Některé hodnoty jsou pro materiál a nástroj definované ale jiné je nutné dopočítat.

Hodnoty, jako řezná rychlost, posuv a odebíraná vrstva, udává výrobce nástroje, jde o specifikace pro materiál nástroje a jeho konstrukci. Rozměry obrobku či nástroje zjistíme z výkresu či jeho specifikací a hodnoty obráběného materiálu zjistíme ve strojírenských tabulkách nebo katalogu dodavatele. Všechny ostatní hodnoty je nutné dopočítat. Těmi hodnotami jsou otáčky  $n$ , rychlost posuvu  $v_f$ , průřez třísky  $A_D$ , řezná síla  $F_C$  a výkon  $P_C$ . Následující vzorce pro tyto hodnoty jsou určeny pro výpočet řezných podmínek pro soustruh. Zároveň tyto hodnoty mají velký vliv na trvanlivost nástroje. Pokud nejsou zvoleny správně, může vznikat velké teplo či tlak, který nástroj zničí.

Otáčky  $n$  spočítáme z řezné rychlosti  $v_c$  a průměru obrobku či nástroje  $D$  dle rovnice 1.1.

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D \cdot \pi} \text{ [ot/min]} \quad (1.1)$$

Posuvovou rychlost  $v_f$  vypočítáme z posuvu  $f$  a otáček  $n$  dle rovnice 1.2.

$$v_f = f \cdot n \text{ [m/min]} \quad (1.2)$$

Průřez třísky  $A_D$  se spočítá z posuvu  $f$  a šířky záběru třísky  $a_p$  dle rovnice 1.3.

$$A_D = a_p \cdot f \text{ [mm}^2\text{]} \quad (1.3)$$

Řezná síla  $F_c$  se vypočítá z průřezu třísky  $A_D$  a měrné řezné síly  $k_c$  dle rovnice 1.4.

$$F_c = A_D \cdot k_c \text{ [N]} \quad (1.4)$$

Posuvovou sílu  $F_f$  vypočteme tak, že řeznou sílu  $F_c$  vydělíme dvěma a celkový výkon  $P_c$  potřebný k obrábění spočítáme z řezné rychlosti  $v_c$  a řezné síly  $F_c$  dle rovnice 1.5. [11; 12]

$$P_c = \frac{v_c \cdot F_c}{60\,000} \text{ [kW]} \quad (1.5)$$

## 4. Návrh konstrukčního řešení

### 4.1. Starý stojan

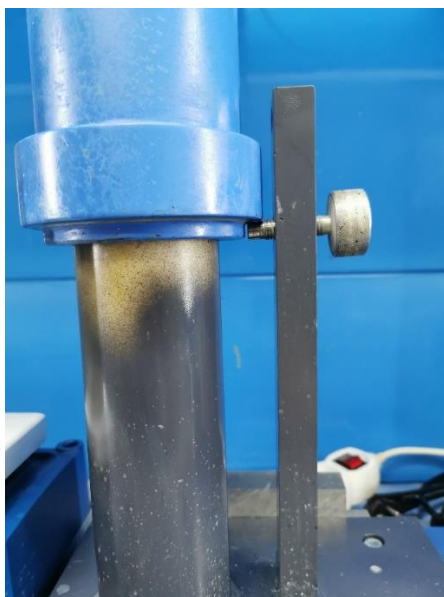
Stojan, který se dosud používal k měření zbytkových napětí je v provozu přibližně 10 let. Za tu dobu byl několikrát upravován, jelikož jeho rozměry nevyhovovaly a nebylo na něm možné pracovat, tak jak bylo potřeba. Práce na něm byla také obtížná, jelikož neměl nic, co by pomohlo obsluze nadzvednout vrchní část, a tak ho umístit na pracovní pozici. Nebylo na něm ani madlo, za které by ho bylo možné držet. Zajištění horní pozice bylo pomocí šroubu, který musela obsluha zašroubovat a poté zase vyšroubovat. To trvalo dlouho a obsluha musela vrchní část stojanu celou dobu držet zvednutou. Ovládání výsuvu měřicího čidla bylo také nevhodným způsobem umístěno. Původně bylo zřejmě umístěno dobře, ale jak se přístroj upravoval, došlo k jeho tzv. utopení, a tím se snížil přístup k němu. Kabely byly vedeny vnějškem přístroje a byly navíc v některých místech bez izolace, což bylo velmi nebezpečné. Navíc v pracovním prostoru kabely volně visely, což mohlo způsobit jejich zachycení a vytrhnutí. Zároveň přístroj neměl žádné zabezpečení proti pootočení ramena a zvrhnutí nádoby s kyselinou, což by mohlo vážně ohrozit obsluhu. Při práci na přístroji se stávalo, že se olověná katoda vychylovala, jelikož se pod ní dostával vosk a nečistoty a ona nebyla dostatečně přichycena. Všechny problémy jsou vidět na obrázcích 9.– 11.



Obrázek 9. - Kolečko k ovládání senzoru



Obrázek 10. - Pohled na přední rameno, katodu a elektro rozvod



Obrázek 11. - Zajištění horní polohy

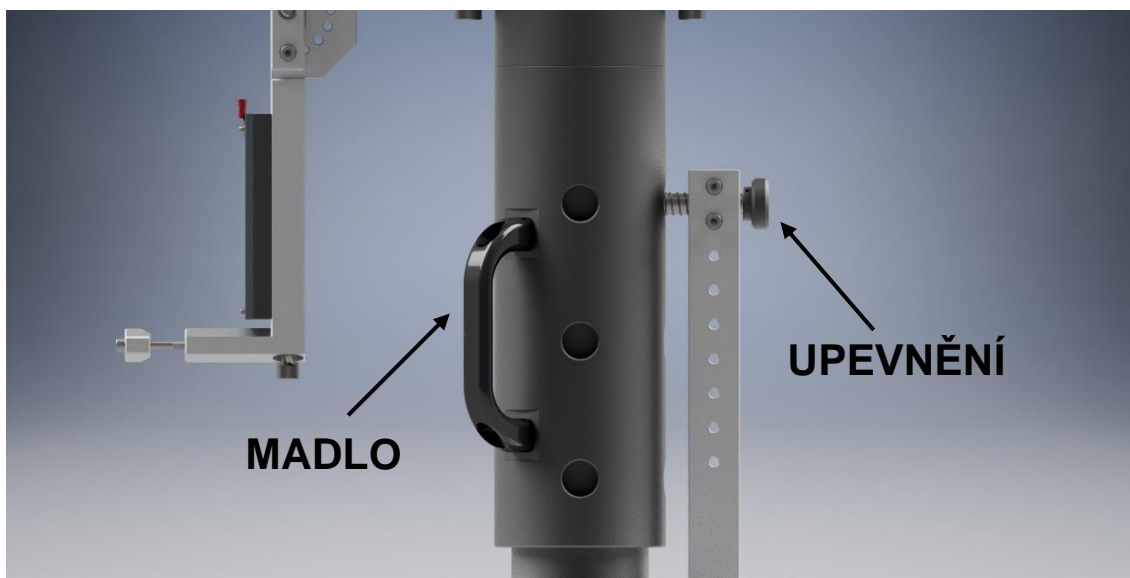
## 4.2. Nový stojan

### 4.2.1. Ergonomie

U návrhu nového stojanu byla snaha eliminovat veškeré ergonomické problémy starého stojanu. Primární problém bylo ovládání. To je vyřešeno madlem, pomocí kterého bude obsluha stojan ovládat. Jeho umístění je řešeno tak, aby nepřekáželo upevňovacím prvkům, ale zároveň bylo dostupné a dalo se dobře držet viz. obrázek 12.

Další problém byla váha vrchní části stojanu. Tu je eliminována pomocí pružiny uvnitř stojanu. Účelem této pružiny je pomoci pracovníkovi nadzvednou horní část, jelikož síla, kterou pružina vygeneruje, odpovídá váze vrchní části. Díky tomu pracovník bude zvedat jen minimální váhu.

Zajištění vrchní polohy a pracovní polohy je pomocí kolíku upevnění viz. obrázek 12., ten se zasune do definované díry, která brání pohybu horní části přístroje. Kolík je opatřen pružinou, která zajistí jeho neustálé vysunutí. Aby bylo možné přístrojem pootočit, bude muset obsluha kolík zasunout.



Obrázek 12. - Manipulační prvky

Upevnit stojan lze pomocí děr na šrouby, kterými je možné přístroj přišroubovat k desce či závaží, nebo pomocí T-drážek. Ty jsou na základní desce ze všech stran, pro zvýšení variability upnutí.

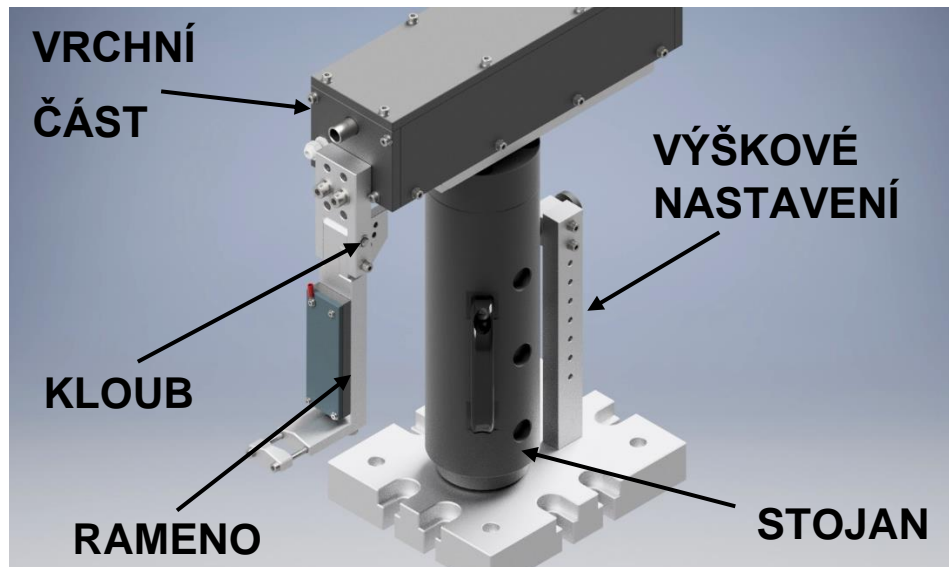
Výškový rozsah je zajištěn kombinací otvorů ve stojanu a rozsahem upevňovacího prvku viz. obrázek 13. Lze tak měnit vrchní polohu i pracovní polohu. Stačí jen povolit šrouby u upevňovací části a přesunout ji do nižší či vyšší polohy. Zároveň ale musí pasovat do jedné ze třech na výšku umístěných děr, které brání otáčení přístroje a zajišťují bezpečnost.

Rameno je také možné odsunout dále od stojanu díky pohyblivé vrchní části stojanu. Ta se může umístit do tří poloh a v poloze je zajištěna dvěma šrouby. Ty se v případě změny polohy povolí. Vrchní část přístroje drží u stojanu pomocí tvarového spoje, vrchní část se posune a šrouby se opět našroubují, a tak zajistí polohu.

Měření probíhá pomocí indukčního senzoru, který je umístěn v ocelové trubce, která ho chrání a zároveň je spojena s pojezdem, který zajistí jeho vysunutí a zasunutí. K pohybu dochází díky šroubu, kterým otáčí obsluha přístroje.

Rameno stojanu je možné pomocí kloubu natáčet až o úhel  $90^\circ$  od stojanu a o  $45^\circ$  ke stojanu viz. obrázek 13., což umožní měření větší škály komponentů. Úhel je zajištěn pomocí šroubu a komponentu ramena, ve kterém jsou díry se závit, do kterých se šroub šroubuje. Díry v tomto komponentu jsou odstupňované po  $22,5^\circ$ , lze ho otočit, aby se

rameno mohlo otáčet na obě strany. Pokud by byly vyžadovány jiné úhly, musí se tento komponent vyrobit znovu s jiným odstupňováním, tím se zvýší možnosti přístroje.



Obrázek 13. - Možnosti přístroje

Také je možné rameno posunout níže či výše, bez nutnosti změny pracovní polohy stojanu. Toho je docíleno dvěma šrouby, které drží rameno připevněné ke stojanu, ty lze povolit a rameno posunout o otvor níže či výše.

#### 4.2.2. Bezpečnost

Bezpečnost na starém stojanu byla značně nedostatečná, proto bylo nutné ji co možná nejvíce zlepšit. Původně stojan nebyl zajištěn proti otočení, což mohlo způsobit vylití kyseliny, pokud by došlo k nějakému nebezpečnému pohybu. U nového stojanu je tomuto zamezeno pomocí upevňovací části, kde kolík přímo zapadne do předem definované díry a nemůže tak dojít k nekontrolovanému otočení přístroje a vylití kyseliny na zem či obsluhu.

Dalším problémem starého stojanu byly kabely, které byly volně připevněny k přístroji lepicí páskou. U nového stojanu jsou vedeny vnitřkem horní části, aby byly co nejvíce skryty. Kabel do vrchní části stojanu a z vrchní části stojanu prochází skrze elektrikářské průchodky a je ke stojanu připevněn nalepovacími držáky k tomu určenými. Kabel od senzoru je veden trubkou, ve které se senzor nachází. Následně je volně umístěn ve vrchní části stojanu, aby bylo možné senzorem pohybovat a následně vychází svou průchodkou ven jako kabel s elektrickým proudem.

#### 4.2.3. Obsluha

Práce na starém stojanu byla značně obtížná a nebezpečná. Při návrhu nového byla snaha toto nebezpečí eliminovat a obsluze práci se stojanem co možná nejvíce zjednodušit. Práce se stojanem bude probíhat takto. Primární poloha je taková, kdy rameno přístroje směřuje k obsluze. V této poloze je přístroj zajištěn proti otočení a obsluha umístí do přístroje měřený díl s příslušenstvím, obalí část ramena voskem a připraví přístroj na měření. Poté obsluha umístí přístroj pomocí madla a odjištěného upevnění do vrchní poloh. Tam opět zajistí polohu kolíkem a otočí stojan tak, aby rameno bylo nad nádobou s kyselinou. Následně uvolní upevnění a stojan přesune opět pomocí madla do pracovní polohy. Jak bylo zmíněno dříve, tyto polohy lze nastavovat. Pokud je nutné z důvodu rozměrů dílu změnit polohu ramene, použije se kloub či jedna ze tří poloh horní části přístroje. Lze toho docílit povolením šroubů a přesunem ramena či vrchní části stojanu. Tyto úpravy se ale musejí provádět výhradně v primární poloze a před měřením. Při měření prochází částí konstrukce stojanu elektrický proud, proto obsluha musí být v bezpečné vzdálenosti, případně za zábranou. Pokud bude stojan umístěn na místě starého stojanu, je obsluha v jiné místnosti u počítače, kde dochází k vyhodnocování dat na počítači.

#### 4.2.4. Konstrukce

Konstrukce nového stojanu je velmi podobná tomu starému. Je to zapříčiněno tím, že při návrhu nového stojanu bylo vycházeno z konstrukce toho starého. Vycházet ze starého stojanu bylo výhodné, jelikož byl roky používán a jeho tvar byl odzkoušen. Navrhovat stojan zcela od začátku by bylo nevýhodné, jelikož by jeho tvar nemusel být optimální. Nový stojan tedy čerpá ze starého, ale vylepšuje ho a eliminuje jeho nedostatky. Hlavní změnou je možnost různých rozměrových nastavení, zvýšení bezpečnosti a lepší ovladatelnosti stojanu. Tvar je stále sloupcový s ramenem, které se bude ponořovat do nádoby s kyselinou.

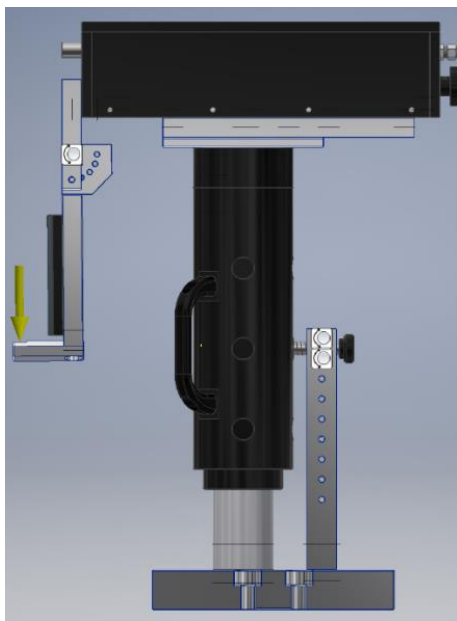
#### 4.2.5. Pevnostní analýzy

Při práci se stojanem se na něj upne nejen měřená součást, ale i přípravky pro její upnutí a měření, to zatíží stojane a může dojít ke zkroucení či případně k poškození stojanu.

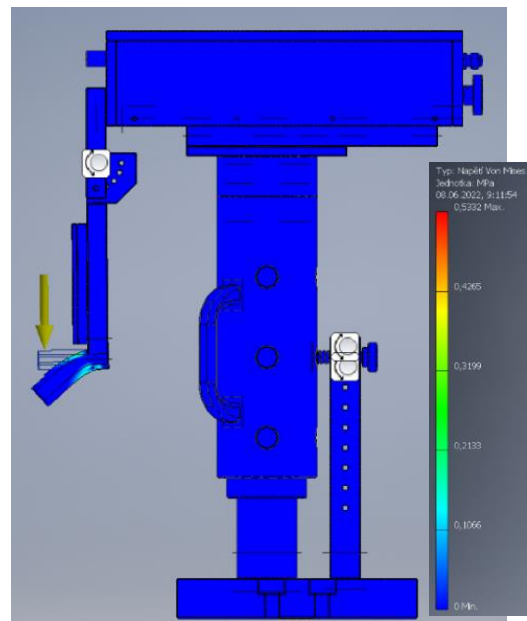


Pomocí programu Invertor 2019 jsem nasimuloval toto zatížení, abych zjistil, zda stojan vydrží toto zatížení. Zkušební síly jsem předdimenzoval, aby byla zajištěna bezpečnost.

Při první simulaci jsem umístil zkušební sílu pouze na rameno stojanu viz obr. 14. Zatěžující síla měla hodnotu 100 N. Tato zatěžující hodnota je značně předdimenzovaná, obvyklá váha vzorků je maximálně 0,5 Kg, tedy 5 N. 100 N bylo zvoleno pro maximalizování bezpečnosti.

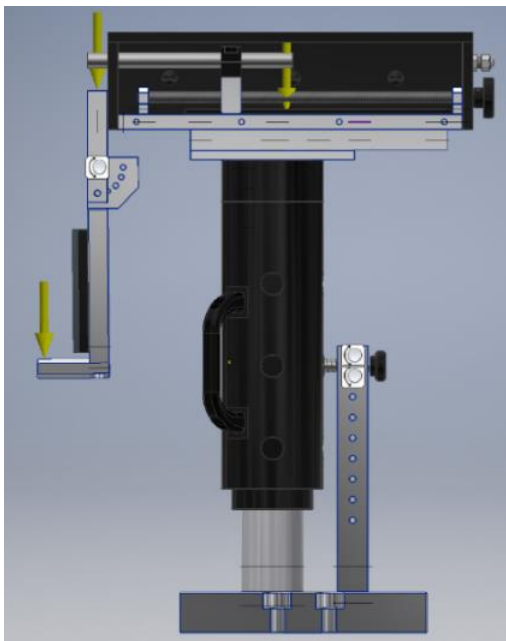


Obrázek 14. - Simulace 1

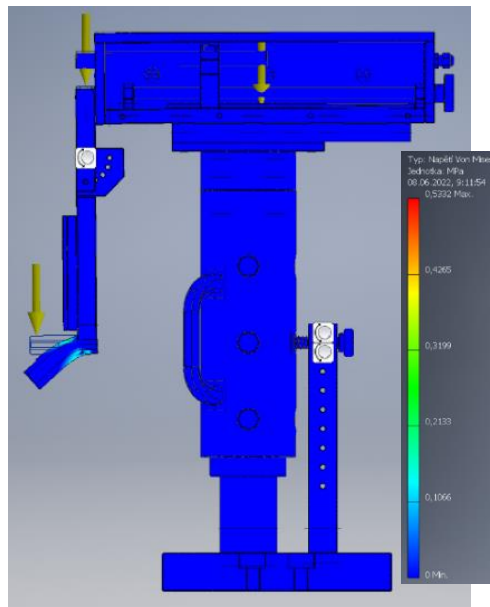


Obrázek 15. - Výsledek simulace 1

Na obrázku 15. můžeme vidět projev zatěžující síly. K posunu a zkroucení došlo pouze v místě *Rameno 4*. Zbytek stojanu nebyl zatížením ovlivněn. To je z konstrukčního hlediska dobré, ale při provozu může dojít i k jinému zatížení a dále jsou nutné odzkoušet i další funkční komponenty, proto jsem provedl simulaci 2. V této simulaci jsem strategicky rozmístil síly viz obr. 16. tak, aby byly zatíženy všechny funkční prvky a spoje. Každá ze zatěžujících sil má hodnotu 100 N.

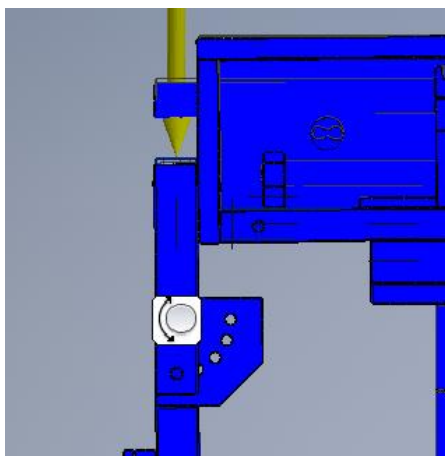


Obrázek 16. - Simulace 2

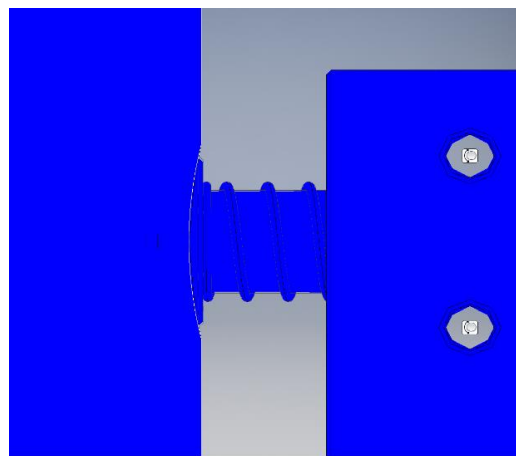


Obrázek 17. - Výsledek simulace 2

Na obrázku 17. můžeme vidět projev zatěžujících sil. K velkému zkroucení došlo pouze u *Ramene 4* jako v předešlé simulaci. V jiných dílech nedošlo k výrazné deformaci, pouze drobnému posunu. Tento posun je patrný na obrázcích 18. – 19.



Obrázek 18. - Posunutí uchycení ramene



Obrázek 19. - Posunutí kolíku

Součinitel bezpečnosti celé konstrukce nebyl nižší jak hodnota 12.

### 4.3. Volba materiálů

Volbu materiálu jsem provedl na základě několika kritérií, na základě obrobiteľnosti, vodivosti a odolnosti vůči kyselinám. Při práci se stojanem se používá 70% kyselina

chloristá, která je rozředěná alkoholem, proto části stojanu, které jsou v kontaktu s kyselinou, musí být z materiálu, který je vůči této kyselině odolný. Zároveň část stojanu, která slouží jako anoda, musí být také z materiálu s dobrou vodivostí. Navíc celá horní část stojanu by měla být co nejlehčí, aby bylo možné ji zvednout a manipulovat s ní. Proto jsem vyřadil z výběru materiálů oceli a mědi, jelikož jejich vlastnosti nejsou dostatečné.

#### 4.3.1. Ocel

Oceli jsou slitiny železa, uhlíku a dalších prvků. Některé přídavné prvky jsou škodlivé, těch se snažíme zbavit, a některé je výhodné ve slitině mít, jelikož kladně ovlivňují vlastnosti materiálu. Někdy tyto prvky přidáváme, tzv. legujeme ocel, aby měla lepší vlastnosti. Nelegované oceli mají horší vlastnosti, většinou se používají jako konstrukční materiály, ale jsou levnější. Legované materiály naopak mají dobré vlastnosti, jako korozivzdornost, lepší houževnatost, pevnost, obrobitelnost a další. Také jsou ale dražší.

##### **Nelegované oceli**

Tyto oceli mají velmi malé procento přídavných prvků a lze je zcela austenitizovat. Vlastnosti těchto ocelí udává převážně obsah uhlíku, čím více uhlíku, tím roste pevnost, ale klesá houževnatost, plasticita, tvářitelnost a svařitelnost. Jejich odolnost proti kyselinám a jejich vodivost jsou nízké.

##### **Legované oceli**

Tyto oceli mají větší množství přídavných prvků. Dle jejich množství je dělíme na nízko legované a vysoko legované oceli. Nízko legované oceli mají lepší vlastnosti než nelegované, takže se používají na náročnější součásti, kde jsou vyžadovány lepší vlastnosti. Nicméně nemají potřebnou odolnost proti kyselinám. Tu mají vysoko legované oceli. V těchto ocelích je velké množství přídavných prvků, které zajistí potřebnou odolnost. Největší odolnost proti kyselinám mají korozivzdorné oceli chromové či chromoniklové. Chromové oceli obsahují až 12 % chromu, který zvýší elektrochemický potenciál. Chromoniklové oceli jsou legovány až do 25 % chromu a až do 40 % niklu. Dále obsahují další přídavné materiály, ale ty jsou obsazeny v malých procentech. Jejich ceny jsou ale velmi vysoké a jejich vodivost je nízká.

#### 4.3.2. Měď

Měď a její slitiny jsou jedny z nejdůležitějších materiálů na světě pro jejich konduktivitu. Jsou dominantními materiály v elektrotechnickém průmyslu. Čistá měď má dobrou tepelnou a elektrickou vodivost, ale je měkká a tvárná. Proto máme její slitiny jako je mosaz nebo bronz. Mosazi obsahují zinek, jehož obsah může být až 35 %, ten zvyšuje pevnost a tažnost materiálu. Mosazi také mají velmi dobrou tvářitelnost a korozivzdornost. Dalším slitinám mědi se říká bronz. Jelikož bronz je slitina mědi a dalších přídavných materiálů krom zinku, označují se za pomoci hlavního přídavného prvku. Máme například cínové bronz, ty jsou neznámější a nejrozšířenější, hliníkové bronz a další. Obecně mají bronz velmi dobrou vodivost, korozivzdornost, malý koeficient tření a dobrá tvářitelnost. Odolnost mědi proti kyselinám je bohužel nižší, rozpouští se v oxidačních kyselinách, ale např. v zředěném roztoku kyseliny chromovodíkové se nerozpouští. Hlavní problém mědi a jejích slitin je jejich cena, která je vysoká. [22; 23]

Další materiál vhodný pro konstrukci stojanu je hliník a jeho slitiny.

#### 4.3.3. Hliník

Hliník spadá do kategorie lehké kovy, má nízkou hustotu a nízkou teplotu tavení. Má také vysokou tvářitelnost za studena, která ale závisí na velikosti zrn a čistotě kovu. Má velmi dobrou konduktivitu, díky které se používá v elektrotechnice tam, kde nezáleží na rozměrech vodiče. Pro tyto funkce byli vyvinuty speciální slitiny s vyšší pevností, a ještě vyšší vodivostí. Hliník má také vysokou tepelnou vodivost, korozivzdornost, odolnost proti organickým kyselinám atd. Čistý hliník se používá převážně v potravinářství, pro ostatní použití se spíše používají jeho slitiny. Neznámější slitinou pro technické použití je Al-Cu-Mg, jinak také známá jako Dural. Tato slitina se vytvrzuje přirozeným stárnutím, má nižší tvářitelnost za tepla, ale má vyšší pevnost a obrobitelnost. Bohužel jeho korozivzdornost je nižší. Další podstatnou slitinou hliníku jsou tzv. automaty. To jsou slitiny hliníku, které zlepšují jeho obrobitelnost. Příkladem takové slitiny je například AlZn5,5Mg1,5. Hliník a jeho slitiny mají vyšší cenu, ale jsou levnější než např. měď. [22; 23]

Slitiny hliníku mají potřebné vlastnosti, které jsou potřeba pro konstrukci stojanu. Na základě specifikací jednotlivých slitin jsem vybral následující materiály. Na rameno ponořené do roztoku volím materiál EN AW-6082. Jde o slitinu hliníku s velmi dobrou vodivostí a odolností proti kyselinám. Na zbylé nosné komponenty, jako podstavec, horní upnutí, domečky a další, jsem zvolil jinou slitinu hliníku, a to materiál AW-2024. Ten je odolný proti korozi a má velmi dobrou obrobiteľnosť. Tento materiál jsem zvolil, jelikož díly z něho vyrobené jsou náročné na obrábění a není v přímém kontaktu s roztokem. Díly, jako šrouby, trubka a kolík, jsou z oceli 11 500. Na katodu je vyhovujícím materiálem olovo, má vysokou vodivost a korozivzdornost. Izolant mezi katodou a anodou musí mít také vysokou odolnost proti kyselinám a musí být nevodivý, proto jsem použil plast PTFE. Jeho vlastnosti jsou vhodné pro toto využití. Na zbylé krycí či funkční díly, u kterých je nutná nízká hmotnost, snadná obrobiteľnosť a chemická odolnost jsem se rozhodl použít plast POM-C.

#### 4.3.4. Polytetrafluoretylen (PTFE)

Tento materiál je spíše známý pod názvem Teflon. Jde o jeden z nejdostupnějších polymerních materiálů na trhu. Běžně se používá chemickém a farmaceutickém průmyslu, jelikož má vysokou odolnost proti kyselinám. Má jeden z nejnižších koeficientů tření. Jako ostatní plasty je nevodivý, odolává teplotám až do teploty 400 °C, Zároveň ale odolává i nízkým teplotám a povětrnostním vlivům. Bohužel má ale špatné mechanické vlastnosti. [22; 24]

#### 4.3.5. Polyoxymetylen (POM)

Jde o jeden z nejdůležitějších konstrukčních plastů, má vysokou pevnost, tvrdost a rázovou houževnatost, proto má velký význam v technickém použití. Má také vysokou odolnost proti otěru a dobré tribologické vlastnosti. Je odolný vůči rozpouštědlům a některým kyselinám. Používá se na ložiska, ozubená kola, šrouby, v potravinářském průmyslu atd. [22; 25]

Zvolené materiály mají velmi dobré antikorozi vlastnosti, ale prostředí, ve kterém stojan bude, je vysoce korozi a antikorozi vlastnosti materiálů by nemusely být dostatečné. Proto jejich antikorozi vlastnosti je nutné zvýšit, a to pomocí povrchových úprav. Pro tuto konstrukci jsou vhodné nátěry a laky, které se nanesou na komponenty

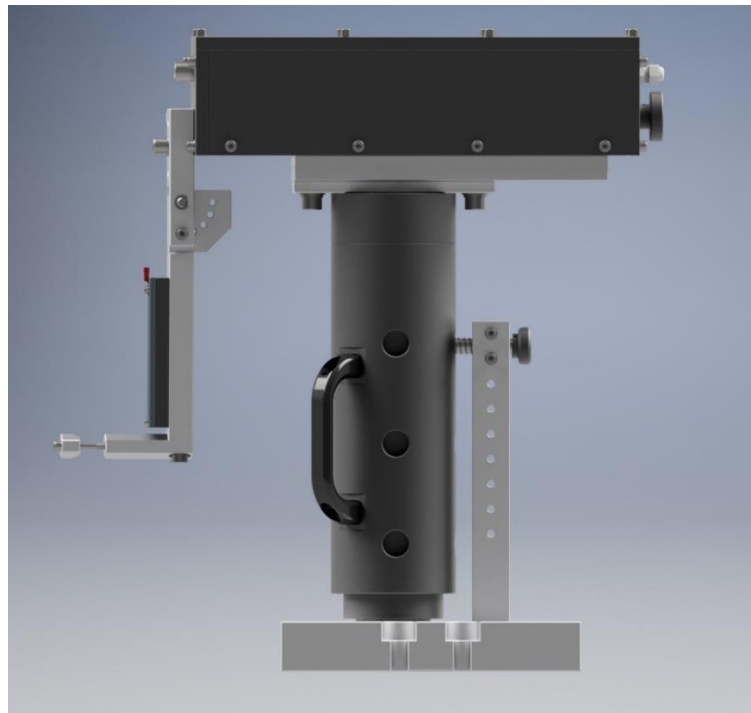
stojanu. Pro tuto konstrukci je vhodný polymerní samoopravný povlak PVDF. Tímto povlakem se pokryje většina stojanu až na rameno, které se pokryje voskem před každým použitím.

#### 4.3.6. Polymerní samoopravné povlaky

Tyto povlaky jsou určeny pro použití na antikorozní ochranu. Především jsou určeny k ochraně před kyselinami, kdy kyselina poškodí povlak a ten následně s kyselinou zareaguje a vytvoří ochranný film. Jedním ze zástupců této skupiny povlaků je polyvinylidenfluorid (PVDF). [26; 27]

### 4.4. Model, výkresy

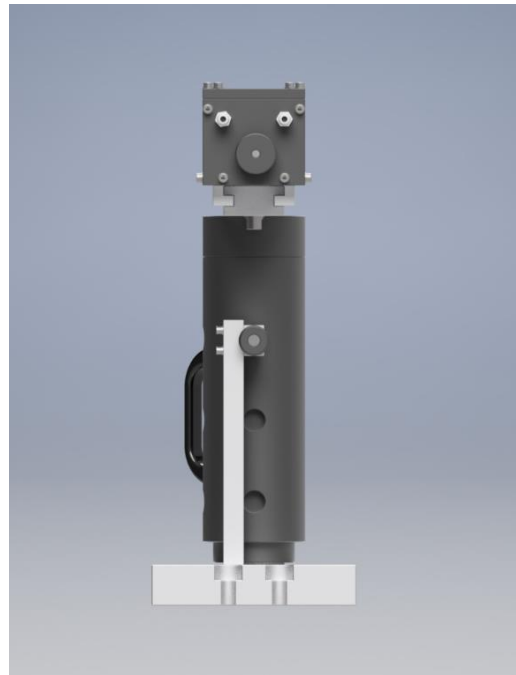
Model byl první částí praktické části této práce. Byl vytvořen v programu Invertor 2019. Hlavním účelem byla vizualizace přístroje. Z modelu byly následně vygenerovány výkresy a kusovník. Ty ale nebyly vytvořeny v programu Invertor, ale v AutoCad Mechanical 2019. Důvodem bylo, že v AutoCadu je tvorba výkresů jednodušší a rychlejší. Výkresů je celkem 31, jedna sestava a tři listy kusovníku. Sestava má téměř 60 druhů komponent z toho 31 vyráběných. Všechny výkresy, včetně sestavy a kusovníku, jsou v příloze k této práci. Z modelu jsou vygenerovány obrázky viz. obrázek 20-22.



Obrázek 20. - Model přístroje z boku



Obrázek 21. - Model přístroje zepředu



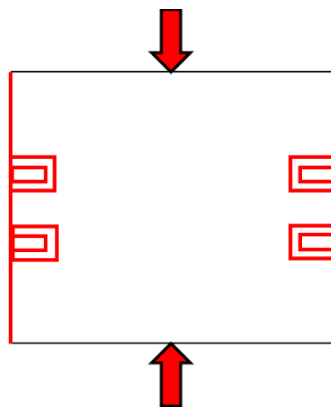
Obrázek 22. - Model přístroje zezadu

## 5. Rámcový technologický postup

Technologický postup pro všechny díly je koncipovaný na hrotový soustruh SV-18RA, nástrojovou frézku FNGJ 32 a sloupovou vrtačku V20-TOS. Výroba závitů bude ruční, případně za pomoci přípravků na frézce. Celý technologický postup je navržený pro kusovou výrobu.

### 5.1. Podstavec

- Obrobek upnout na frézce do svěráku viz. obr. 23.
- Frézovat plochu 200x40 mm viz. obr. 23.  
(fréza válcová dlouhá  $\varnothing 13 \times 52$  mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 250$  mm/min,  $a_p = 1$  mm, chlazení emulzí)
- Obrobit drážky 13x20 mm viz. obr. 23.  
(fréza válcová dlouhá  $\varnothing 13 \times 52$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)
- Obrobit drážky 26x20 mm viz. obr. 23.  
(válcová fréza  $\varnothing 26 \times 45$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)



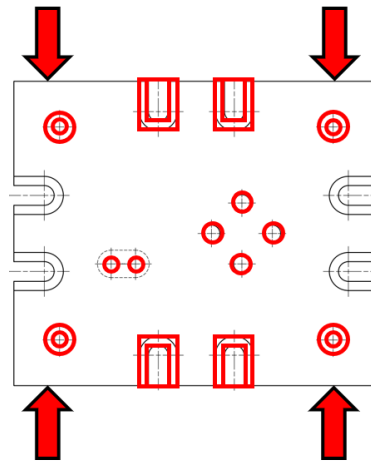
Obrázek 23. – Podstavec, operace 1.

- Přeupnout obrobek mezi dva svěráky viz. obr. 24.
- Obrobit drážky 13x20 mm viz. obr. 24.  
(válcová fréza dlouhá  $\varnothing 13 \times 52$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)
- Obrobit drážky 26x20 mm viz. obr. 24.



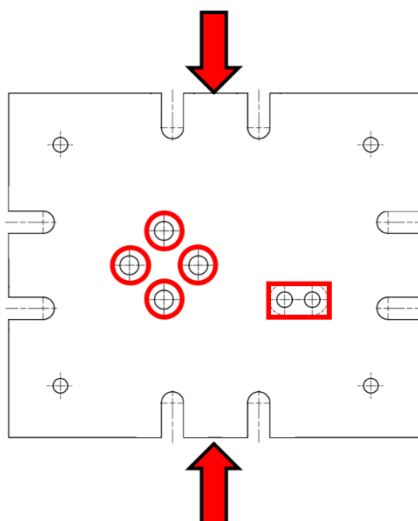
(válnová fréza  $\varnothing 26 \times 45$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)

- Vrtat díry  $\varnothing 9$  mm viz. obr. 24.  
(vrták  $\varnothing 9$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1000$  ot/min)
- Vrtat díry  $\varnothing 11$  mm viz. obr. 24.  
(vrták  $\varnothing 11$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1000$  ot/min)
- Zhloubit otvory  $\varnothing 18$  mm viz. obr. 24.  
(válnová čelní fréza  $\varnothing 18 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)



Obrázek 24. – Podstavec, operace 2.

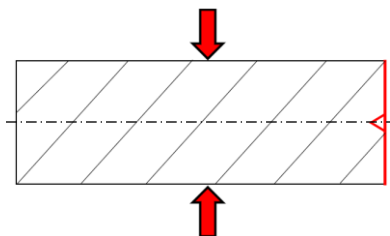
- Obrobek přeupnout viz. obr. 25.
- Zhloubit otvory  $\varnothing 22$  mm viz. obr. 25.  
(válnová čelní fréza  $\varnothing 22 \times 38$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min)
- Obrobit drážku  $18 \times 16$  mm. viz. obr. 25.  
(válnová čelní fréza  $\varnothing 18 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 25. – Podstavec, operace 3.

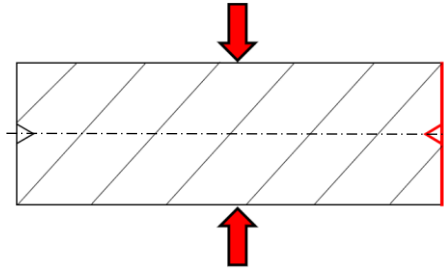
## 5.2. Stojan 1

- Upnout obrobek do sklíčidla na soustruhu viz. obr. 26
- Obrobit čelo obrobku, srazit hranu viz. obr. 26  
(čelní soustružnický nůž,  $n = 1250 \text{ ot/min}$ ,  $v_f = 0,2 \text{ mm/ot}$ ,  $a_p = 1 \text{ mm}$ )
- Navrtat středící důlek viz. obr. 26  
(navrtávací vrták 2x5 mm,  $n = 1250 \text{ ot/min}$ )



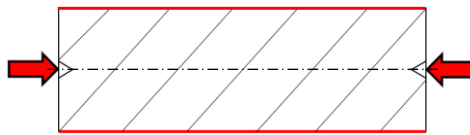
Obrázek 26. - Stojan 1, operace 1

- Přeupnout obrobek viz. obr. 27
- Obrobit čelo obrobku viz. obr. 27  
(čelní soustružnický nůž,  $n = 1250 \text{ ot/min}$ ,  $v_f = 0,2 \text{ mm/ot}$ ,  $a_p = 1 \text{ mm}$ )
- Navrtat středící důlek viz. obr. 27  
(navrtávací vrták 2x5 mm,  $n = 1250 \text{ ot/min}$ )



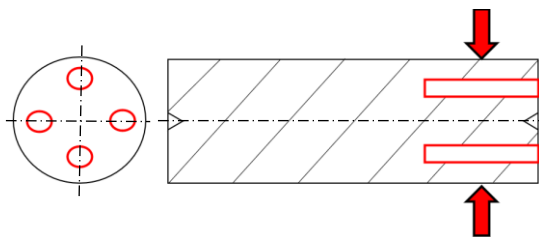
Obrázek 27. - Stojan 1, operace 2

- Přeupnout mezi hroty viz. obr. 28
- Obrobit průměr  $\varnothing 60$  mm viz. obr. 28  
(stranový soustružnický nůž,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 0,2$  mm/ot)



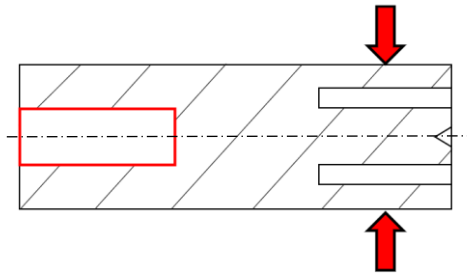
Obrázek 28. - Stojan 1, operace 3

- Přeupnout do svěráku vrtačky, čelo obrobku rovnoběžně s plochou stolu vrtačky, sražení dole viz. obr. 29
- Vrtat díry pro závity M10 ( $\varnothing 8,4$  mm) viz. obr. 29  
(vrták  $\varnothing 8,4$  mm,  $n = 450$  ot/min)
- Vyříznout závity M10 (ručně) viz. obr. 29  
(závitník M10, řezný olej)



Obrázek 29. - Stojan 1, operace 4

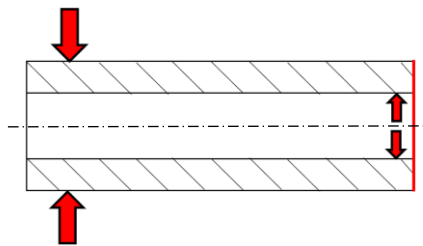
- Přeupnout do svěráku na frézce, čelo s dírami dole, čelo rovnoběžně s plochou stolu viz. obr. 30
- Obrobit díru  $\varnothing 28$  mm viz. obr. 30  
(čelní válcová dlouhou fréza  $\varnothing 28 \times 90$  mm,  $n = 1000$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 30. - Stojan 1, operace 5

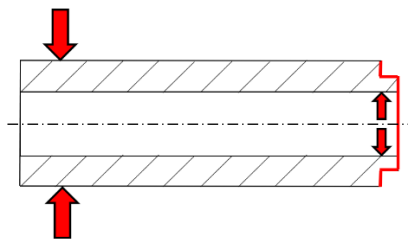
### 5.3. Stojan 2

- Obrobek upnout do sklíčidla soustruhu a do otočného sklíčidla v koníku viz. obr. 31
- Obrobit čelo obrobku viz. obr. 31  
(čelní soustružnický nůž,  $n = 1250 \text{ ot/min}$ ,  $v_f = 0,2 \text{ mm/ot}$ ,  $a_p = 1 \text{ mm}$ )



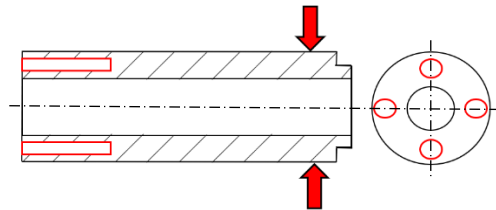
Obrázek 31. - Stojan 2, operace 1

- Přeupnout, otočit o  $180^\circ$ , do sklíčidla soustruhu a do otočného sklíčidla v koníku viz. obr. 32
- Obrobit čelo obrobku viz. obr. 32  
(čelní soustružnický nůž,  $n = 1250 \text{ ot/min}$ ,  $v_f = 0,2 \text{ mm/ot}$ ,  $a_p = 1 \text{ mm}$ )
- Obrobit sražení  $\varnothing 80 \text{ mm}$  viz. obr. 32  
(stranový soustružnický nůž,  $n = 1250 \text{ ot/min}$ ,  $v_f = 0,2 \text{ mm/ot}$ ,  $a_p = 5 \text{ mm}$ )



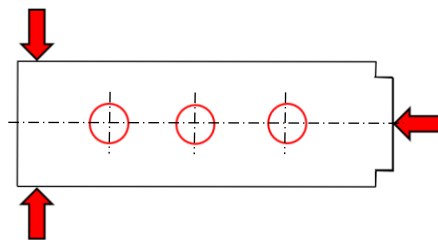
Obrázek 32. Stojan 2, operace 2

- Přeupnout do svěráku vrtačky, čelo obrobku rovnoběžně s plochou stolu vrtačky, sražení dole viz. obr. 33
- Vrtat díry pro závity M8 ( $\varnothing 6,7$  mm) viz. obr. 33  
(vrták  $\varnothing 6,7$  mm,  $n = 710$  ot/min)
- Vyříznout závity M8 (ručně) viz. obr. 33  
(závitník M8, řezný olej)



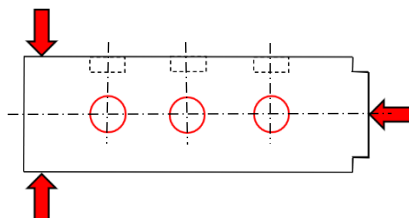
Obrázek 33. Stojan 2, operace 3

- Přeupnout do dělicího přístroje a kužele v koníku na frézce viz. obr. 34
- Obrobit díry  $\varnothing 20$  mm viz. obr. 34  
(válcová čelní fréza  $\varnothing 20 \times 38$  mm,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min)



Obrázek 34. - Stojan 2, operace 4

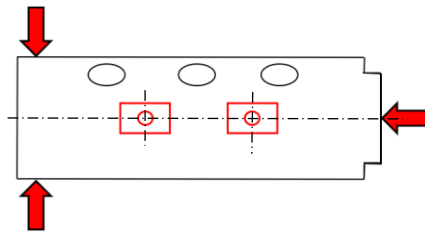
- Pootočít obrobek o  $90^\circ$  viz. obr. 35
- Obrobit díry  $\varnothing 20$  mm viz. obr. 35  
(válcová čelní fréza  $\varnothing 20 \times 38$  mm,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min)



Obrázek 35. Stojan 2, operace 5

- Pootočít obrobek o  $45^\circ$  viz. obr. 36

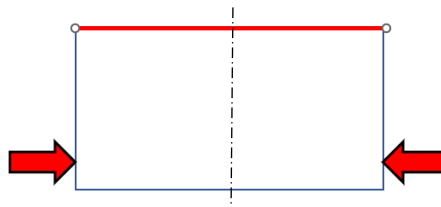
- Obrobit plochu 30x2 mm viz. obr. 36  
(válnová fréza  $\varnothing 30 \times 45$  mm,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 2$  mm)
- Vrtat díry pro závity M8 ( $\varnothing 6,7$  mm) viz. obr. 36  
(vrták  $\varnothing 6,7$  mm,  $n = 710$  ot/min)
- Vyříznout závity M8 (ručně) viz. obr. 36  
(závitníkem M8, řezným olej)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 36. Stojan 2, operace 6

#### 5.4. Stojan 3

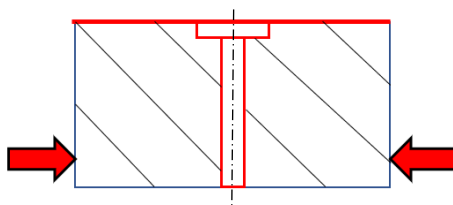
- Upnout obrobek do sklíčidla na soustruhu viz. obr. 37
- Obrobit čelo viz. obr. 37  
(čelní soustružnický nůž,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 0,2$  mm/ot,  $a_p = 1$  mm)



Obrázek 37. - Stojan 3, operace 1

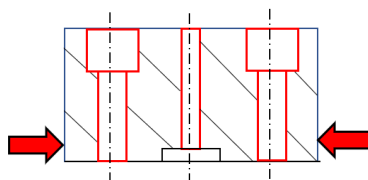
- Přeupnout obrobek, obrobené čelo ke sklíčidlu viz. obr. 38
- Obrobit čelo viz. obr. 38  
(čelní soustružnický nůž,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 0,2$  mm/ot,  $a_p = 1$  mm)
- Navrtat důlek viz. obr. 38  
(navrtávací vrták  $\varnothing 4$  mm,  $n = 1250$  ot/min)
- Vrtat otvor pro závit M10 ( $\varnothing 8,5$  mm) viz. obr. 38  
(vrták  $\varnothing 8,5$  mm,  $n = 1250$  ot/min)
- Obrobit zahloubení  $\varnothing 28 \times 5$  mm viz. obr. 38

(soustružnický nůž vnitřní úběřový,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 0,2$  mm/ot,  $a_p = 5$  mm)



Obrázek 38. Stojan 3, operace 2

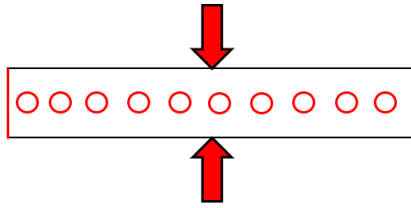
- Obrobek upnout do svěráku na frézce viz. obr. 39
- Vrtat otvory pro závit M10 ( $\varnothing 8,5$  mm) viz. obr. 39  
(vrták  $\varnothing 8,5$  mm,  $n = 1250$  ot/min)
- Vrtat otvory  $\varnothing 8,5$  mm viz. obr. 39  
(vrták  $\varnothing 8,5$  mm,  $n = 1250$  ot/min)
- Zhloubit díry  $\varnothing 18$  mm viz. obr. 39  
(válnová čelní fréza  $\varnothing 18 \times 32$  mm,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min)
- Vyříznout závity M10 viz. obr. 39  
(závitník M10 (ručně), řezný olej)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 39. - Stojan 3, operace 3

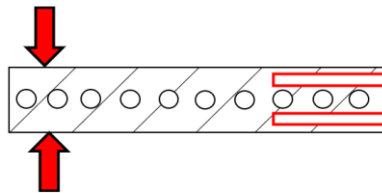
## 5.5. Upevnění 1

- Polotovar upnout do svěráku frézy viz. obr. 40
- Obrobit plochy po řezání ( $30 \times 20$  mm) viz. obr. 40  
(válnovou frézou  $\varnothing 18 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  
 $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)
- Vrtat otvory  $\varnothing 5,5$  mm viz. obr. 40  
(vrták  $\varnothing 5,5$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)



Obrázek 40. - Upevnění 1, operace 1

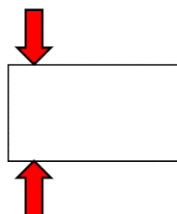
- Přeupnout obrobek na stojato, plocha 30x20 mm rovnoběžně s plochou stolu viz. obr. 41
- Vrtat otvory pro závity M8 ( $\varnothing 6,8$  mm) viz. obr. 41  
(vrták  $\varnothing 6,8$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závity M8 (ručně) viz. obr. 41  
(závitníkem M8, řezný olej)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 41. - Upevnění 1, operace 2

## 5.6. Upevnění 2

- Upnout polotovár do sklíčidla na frézce, plocha 30x20 mm rovnoběžně s plochou stolu a plocha 32x20 mm rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 42
- Obrobit plochu 32x20 mm viz. obr. 42  
(fréza válcová  $\varnothing 18 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)

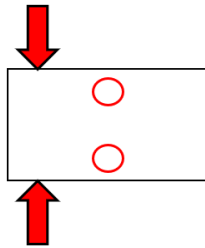


Obrázek 42. - Upevnění 2, operace 1

- Přeupnout obrobek o 180 stupňů viz. obr. 43

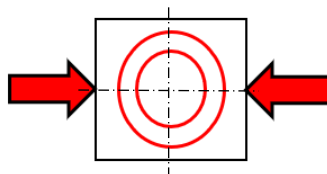


- Obrobit plochu 32x20 mm viz. obr. 43  
(válcovou frézou  $\varnothing 18 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)
- Vrtat otvory pro závity M5 ( $\varnothing 4,2$  mm) viz. obr. 43  
(vrták  $\varnothing 4,2$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyrobit závity M5 (ručně) viz. obr. 43  
(závitníkem M5, řezný olej)



Obrázek 43. - Upevnění 2, operace 2

- Přeupnout obrobek, plocha 30x20 mm rovnoběžně s plochou stolu frézky viz. obr. 44
- Vrtat otvor  $\varnothing 12$  mm viz. obr. 44  
(vrták  $\varnothing 12$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min)
- Zhloubit otvor  $\varnothing 16$  mm viz. obr. 44  
(válcová čelní fréza  $\varnothing 16 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat

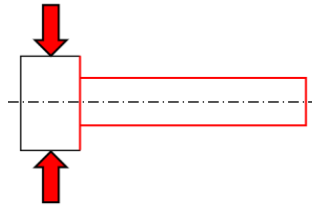


Obrázek 44. - Upevnění 2, operace 3

## 5.7. Upevnění 3

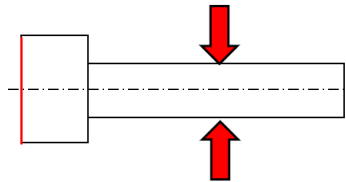
- Upnout do sklíčidla za 10 mm délky viz. obr. 45
- Obrobit čelo obrobku viz. obr. 45  
(čelní soustružnický nůž s VBD,  $n = 1400$  ot/min,  $v_f = 0,1$  mm/ot,  $a_p = 1$  mm)

- Obrobit průměr  $\varnothing 12$  mm na délce 60 mm viz. obr. 45  
(stranový soustružnický nůž,  $n = 1400$  ot/min,  $v_f = 0,06$  mm/ot,  $a_p = 2$  mm)



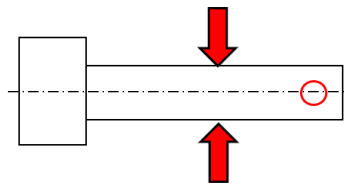
Obrázek 45. - Upevnění 3, operace 1

- Přeupnout obrobek, otočit ho o  $180^\circ$  viz. obr. 46
- Obrobit čelo a srazit hranu viz. obr. 46  
(čelní soustružnický nůž s VBD,  $n = 1400$  ot/min,  $v_f = 0,06$  mm/ot,  $a_p = 1$  mm)



Obrázek 46. - Upevnění 3, operace 2

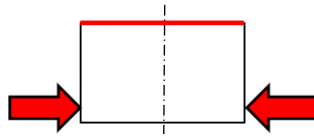
- Upnout do svěráku na frézce, osa obrobku vodorovně s plochou stolu frézky viz. obr. 47
- Vrtat otvor  $\varnothing 3$  mm viz. obr. 47  
(vrták  $\varnothing 3$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 47. - Upevnění 3, operace 3

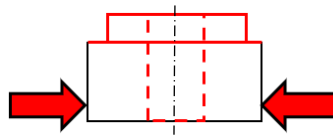
## 5.8. Upevnění 4

- Upnout do sklíčidla za 10 mm délky viz. obr. 48
- Obrobit čelo, srazit hranu viz. obr. 48  
(čelní soustružnický nůž s VBD,  $n = 1400$  ot/min,  $v_f = 0,2$  mm/ot,  $a_p = 1$  mm)



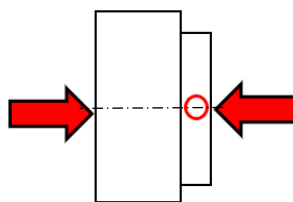
Obrázek 48. - Upevnění 4, operace 1

- Přeupnout obrobek, otočit o  $180^\circ$  viz. obr. 49
- Obrobit čelo viz. obr. 49  
(čelní soustružnický nůž s VBD,  $n = 1400$  ot/min,  $v_f = 0,2$  mm/ot,  $a_p = 1$  mm)
- Obrobit sražení  $\varnothing 20$  mm viz. obr. 49  
(stranový soustružnický nůž s VBD,  $n = 1400$  ot/min,  $v_f = 0,2$  mm/ot,  $a_p = 5$  mm)
- Vrtat díru  $\varnothing 12$  mm viz. obr. 49  
(vrták  $\varnothing 12$  mm,  $n = 1400$  ot/min)



Obrázek 49. - Upevnění 4, operace 2

- Upnout do svěráku na frézce, čela rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 50
- Vrtat otvor  $\varnothing 3$  mm viz. obr. 50  
(vrták  $\varnothing 3$  mm,  $n = 1600$  ot/min)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat

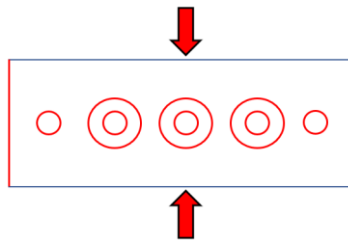


Obrázek 50. - Upevnění 4, operace 3

## 5.9. Horní upnutí 1

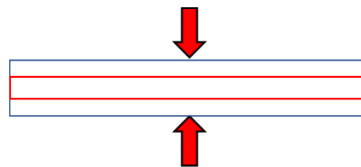
- Upnout polotovar do svěráku frézky, plocha  $60 \times 162$  mm rovnoběžně s plochou stolu, plocha  $30 \times 162$  mm rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 51
- Obrobit plochy  $30 \times 60$  mm viz. obr. 51  
(válcová fréza  $\varnothing 20 \times 38$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)

- Vrtat otvory  $\varnothing 10,5$  mm viz. obr. 51  
(vrták  $\varnothing 10,5$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min)
- Zhloubit otvory  $\varnothing 22$  mm viz. obr. 51  
(válnová čelní fréza  $\varnothing 22 \times 38$  mm, chlazení emulzí  $n = 1250$  ot/min,  
 $v_f = 100$  mm/min)



Obrázek 51. - Horní upnutí 1, operace 1

- Přeupnout obrobek, plocha  $30 \times 160$  rovnoběžně s plochou stolu, plocha  $60 \times 160$  rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 52
- Obrobit drážku 10 mm viz. obr. 52  
(válnová fréza  $\varnothing 10 \times 22$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 80$  mm/min,  
 $a_p = 10$  mm)
- Otočit obrobek o  $180$  stupňů, plocha  $30 \times 160$  mm s drážkou rovnoběžně s plochou stolu viz. obr. 52
- Obrobit drážku 10 mm viz. obr. 52  
(válnová fréza  $\varnothing 10 \times 22$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 80$  mm/min,  
 $a_p = 10$  mm)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 52. - Horní upnutí 1, operace 2

## 5.10. Horní upnutí 2

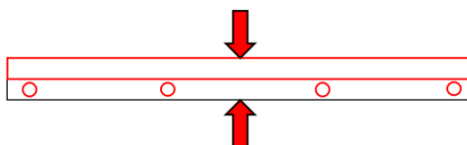
- Upnout polotovár do svěráku frézky na délku, plocha  $20 \times 20$  mm kolmo ke stolu i čelisti svěráku viz. obr. 53
- Obrobit plochy  $20 \times 20$  mm viz. obr. 53

(válnová fréza  $\varnothing 16 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)

- Obrobit schod  $10 \times 10$  mm viz. obr. 53

(válnová fréza  $\varnothing 16 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 80$  mm/min,  $a_p = 10$  mm)

- Vrtat díry pro závity M5 ( $\varnothing 4,2$  mm) viz. obr. 53  
(vrták  $\varnothing 4,2$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závity M5 (ručně) viz. obr. 53  
(závitník M5, řezný olej)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat

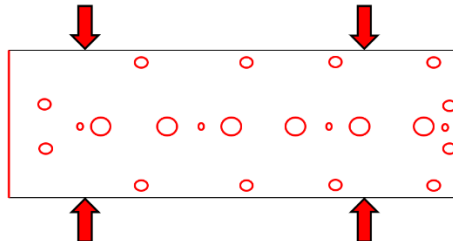


Obrázek 53. - Horní upnutí, operace 1

### 5.11. Horní upnutí 3

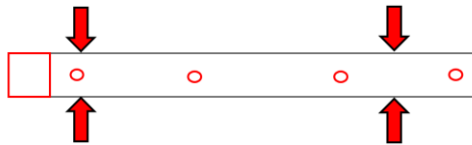
- Polotovar upnout do svěráku na frézce, plocha  $345 \times 80$  rovnoběžně s plochou stolu, plocha  $345 \times 15$  rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 54
- Obrobit plochy po řezání ( $80 \times 15$ ) viz. obr. 54  
(válnová fréza  $\varnothing 16 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)
- Vrtat otvory pro závity M4 ( $\varnothing 3,3$  mm) viz. obr. 54  
(vrták  $\varnothing 3,3$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závity M4 (strojně) viz. obr. 54  
(závitník M4, řezný olej)
- Vrtat otvory pro závity M5 ( $\varnothing 4,2$  mm) viz. obr. 54  
(vrták  $\varnothing 4,2$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závity M5 (strojně) viz. obr. 54  
(závitník M5, řezný olej)
- Vrtat otvory  $\varnothing 5,5$  mm viz. obr. 54  
(vrták  $\varnothing 5,5$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)

- Vrtat otvory pro závity M10 ( $\varnothing 8,4$  mm) viz. obr. 54  
(vrták  $\varnothing 8,4$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min)
- Vyříznout závity M10 (strojně) viz. obr. 54  
(závitník M10, řezný olej)



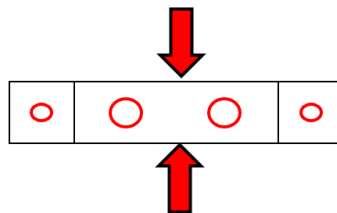
Obrázek 54. - Horní upnutí 3, operace 1

- Přeupnout obrobek, plocha 15x345 rovnoběžně se stolem a plocha 80x345 rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 55
- Vrtat otvory pro závity M5 ( $\varnothing 4,2$  mm) viz. obr. 55  
(vrták  $\varnothing 4,2$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závity M5 (strojně) viz. obr. 55  
(závitník M5, řezný olej)
- Obrobit schod 20x10 viz. obr. 55  
(válnová fréza  $\varnothing 16 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 125$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)
- Přeupnout obrobek o 180 stupňů, plocha 15x345 mm rovnoběžně se stolem a plocha 80x345 mm rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 55
- Vrtat otvory pro závity M5 ( $\varnothing 4,2$  mm) viz. obr. 55  
(vrták  $\varnothing 4,2$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závity M5 (strojně) viz. obr. 55  
(závitník M5, řezný olej)
- Obrobit schod 20x10 viz. obr. 55  
(válnová fréza  $\varnothing 16 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 125$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)



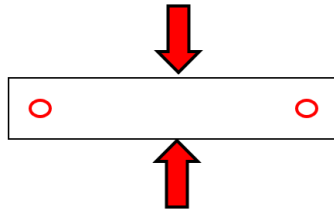
Obrázek 55. - Horní upnutí 3, operace 2 a 3

- Přeupnout obrobek, plocha 80x15 mm rovnoběžně se stolem a plocha 80x345 mm rovnoběžně s čelistí, obrobené schody jsou nahoře viz. obr. 56
- Vrtat otvory pro závity M5 ( $\varnothing 4,2$  mm) viz. obr. 56  
(vrták  $\varnothing 4,2$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závity (strojně) viz. obr. 56  
(závitník M5, řezný olej)
- Vrtat otvory pro závity M8 ( $\varnothing 6,7$  mm) viz. obr. 56  
(vrták  $\varnothing 6,7$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závity M8 (strojně) viz. obr. 56  
(závitník M8, řezný olej)



Obrázek 56. - Horní upnutí 3, operace 4

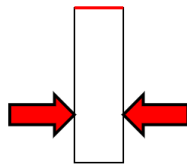
- Přeupnout obrobek o 180 stupňů, plocha 80x15 mm rovnoběžně se stolem a plocha 80x345 mm rovnoběžně s čelistí, obrobené schody jsou dole viz. obr. 57
- Vrtat otvory pro závity M5 ( $\varnothing 4,2$  mm) viz. obr. 57  
(vrták  $\varnothing 4,2$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závity M5 (strojně) viz. obr. 57  
(závitník M5, řezný olej)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 57. Horní upnutí 3, operace 5

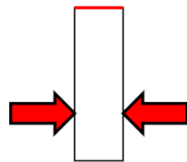
## 5.12. Domeček

- Upnout do svěráku na frézce, plocha 45x30 mm rovnoběžně s čelistí a plocha 45x10 mm rovnoběžně se stolem frézky viz. obr. 58
- Obrobit plochu 45x10 mm viz. obr. 58  
(válnová fréza  $\varnothing 16 \times 45$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)



Obrázek 58. - Domeček, operace 1

- Přeupnout otočením o 180 stupňů, plocha 45x30 mm rovnoběžně s čelistí a plocha 45x10 mm rovnoběžně se stolem frézky viz. obr. 59
- Obrobit plochu 45x10 mm viz. obr. 59  
(válnová fréza  $\varnothing 16 \times 45$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)

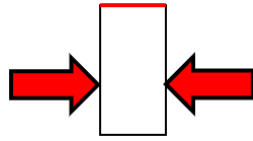


Obrázek 59. - Domeček, operace 2

- Přeupnout otočením o 90 stupňů, plocha 45x26 mm rovnoběžně s čelistí a plocha 10x26 mm rovnoběžně se stolem frézky viz. obr. 60
- Obrobit plochu 26x10 mm viz. obr. 60

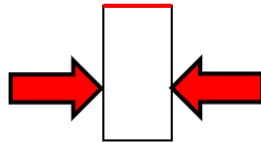


(válnová fréza  $\varnothing 16 \times 45$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)



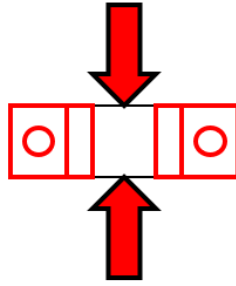
Obrázek 60. - Domeček, operace 3

- Přeupnout otočením o 180 stupňů, plocha 45x30 mm rovnoběžně s čelistí a plocha 26x10 mm rovnoběžně se stolem frézky viz. obr. 61
- Obrobit plochu 26x10 mm viz. obr. 61  
(válnová fréza  $\varnothing 16 \times 45$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)



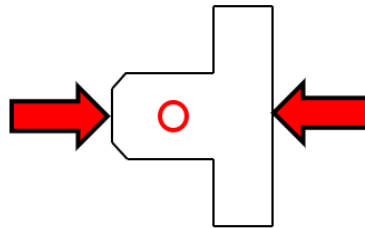
Obrázek 61. - Domeček, operace 4

- Přeupnout obrobek, plocha 44x26 rovnoběžně s čelistí, plocha 44x10 mm rovnoběžně se stolem, svěrák drží obrobek za 9,5 mm viz. obr. 62
- Obrobit schody 16x12 mm viz. obr. 62  
(válnová fréza  $\varnothing 16 \times 45$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 4$  mm)
- Srazit hrany viz. obr. 62  
(úhlová fréza 45° s VBD,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min)
- Vrtat otvory  $\varnothing 6$  mm viz. obr. 62  
(vrták  $\varnothing 6$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)



Obrázek 62. - Domeček, operace 5

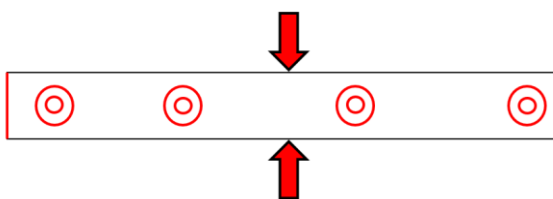
- Přeupnout, plocha 44x26 mm rovnoběžně se stolem, plocha 44x10 mm rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 63
- Vrtat díru  $\varnothing 10$  mm viz. obr. 63  
(vrták  $\varnothing 10$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 63. - Domeček, operace 6

### 5.13. Izolace 1

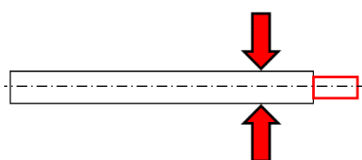
- Upnout do svěráku na frézce, plocha 20x262 mm rovnoběžně s plochou stolu, plocha 5x262 mm rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 64
- Obrobit plochu po řezu (20x5 mm) viz. obr. 64  
(válnová fréza  $\varnothing 10 \times 22$  mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 300$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)
- Vrtat díry  $\varnothing 4,5$  mm viz. obr. 64  
(vrták  $\varnothing 4,5$  mm,  $n = 1600$  ot/min)
- Zhloubit kužel viz. obr. 64  
(vrták  $\varnothing 10$  mm o vrcholovém úhlu  $90^\circ$ ,  $n = 1600$  ot/min)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 64. - Izolace 1, operace 1

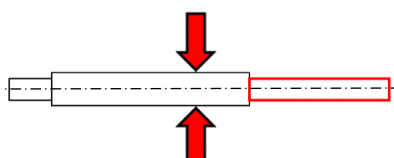
## 5.14. Šroub

- Upnout šroub do sklíčidla, ze sklíčidla vysunout 15 mm viz. obr. 65
- Obrobit čelo šroubu viz. obr. 65  
(čelní soustružnický nůž s VBD,  $n = 1210$  ot/min,  $v_f = 0,08$  mm/ot,  $a_p = 1$  mm)
- Obrobit průměr  $\varnothing 8 \times 10$  mm viz. obr. 65  
(stranový soustružnický nůž s VBD,  $n = 1210$  ot/min,  $v_f = 0,06$  mm/ot,  $a_p = 2$  mm)



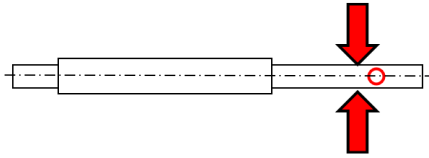
Obrázek 65. - Šroub, operace 1

- Přeupnout šroub, otočit ho ve sklíčidle, ze sklíčidla vysunout 45 mm viz. obr. 66
- Obrobit čelo šroubu viz. obr. 66  
(čelní soustružnický nůž s VBD,  $n = 1210$  ot/min,  $v_f = 0,08$  mm/ot,  $a_p = 1$  mm)
- Obrobit průměr  $\varnothing 8 \times 40$  mm viz. obr. 66  
(stranový soustružnický nůž s VBD,  $n = 1210$  ot/min,  $v_f = 0,06$  mm/ot,  $a_p = 1$  mm)



Obrázek 66. - Šroub, operace 2

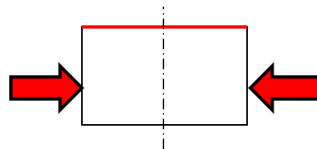
- Upnout do svěráku na frézce viz. obr. 67
- Vrtat díru  $\varnothing 3$  mm viz. obr. 67  
(vrták  $\varnothing 3$  mm, chlazení emulzí,  $n = 900$  ot/min)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 67. - Šroub, operace 3

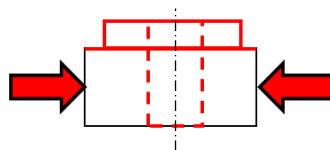
## 5.15. Posuv 1

- Upnout polotovár do sklíčidla, ze sklíčidla bude vysunuto 11 mm viz. obr. 68
- Obrobit čelo a srazit hranu obrobku viz. obr. 68  
(čelní soustružnický nůž s VBD,  $n = 1400$  ot/min,  $v_f = 0,2$  mm/ot,  $a_p = 1$  mm)



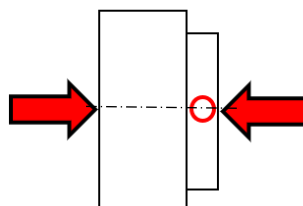
Obrázek 68. - Posuv 1, operace 1

- Přeupnout obrobek, otočit ho, vysunuto ze sklíčidla 12 mm viz. obr. 69
- Obrobit čelo obrobku viz. obr. 69  
(čelní soustružnický nůž s VBD,  $n = 1400$  ot/min,  $v_f = 0,2$  mm/ot,  $a_p = 1$  mm)
- Obrobit průměr  $\varnothing 20 \times 10$  mm a srazit hrany viz. obr. 69  
(stranový soustružnický nůž s VBD,  $n = 1400$  ot/min,  $v_f = 0,2$  mm/ot,  $a_p = 2$  mm)
- Vrtat díru  $\varnothing 8$  mm viz. obr. 69  
(vrták  $\varnothing 8$  mm,  $n = 1400$  ot/min)



Obrázek 69. - Posuv 1, operace 2

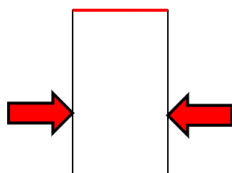
- Upnout do svěráku na frézce, čelo rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 70
- Vrtat díru  $\varnothing 3$  mm viz. obr. 70  
(vrták  $\varnothing 3$  mm,  $n = 1600$  ot/min)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 70. - Posuv 1, operace 3

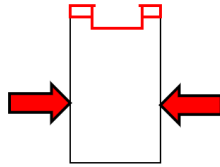
## 5.16. Posuv 2

- Upnout obrobek do svěráku frézky, plocha 40x20 mm je rovnoběžně s plochou stolu, plocha 38x40 mm je rovnoběžná s čelistí svěráku viz. obr. 71
- Obrobit plochu 40x20 mm viz. obr. 71  
(válnová fréza  $\varnothing 22 \times 38$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)



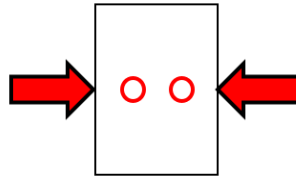
Obrázek 71. - Posuv 2, operace 1

- Přeupnout obrobek, otočit o  $180^\circ$ , plocha 40x20 mm je rovnoběžně s plochou stolu, plocha 38x40 mm je rovnoběžná s čelistí svěráku viz. obr. 72
- Obrobit plochu 40x20 mm viz. obr. 72  
(válnová fréza  $\varnothing 22 \times 38$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)
- Obrobit drážku 30x6 mm viz. obr. 72  
(válnová fréza  $\varnothing 22 \times 38$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 3$  mm)
- Srazit hrany viz. obr. 72  
(úhlová fréza  $45^\circ$  s VBD,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min)



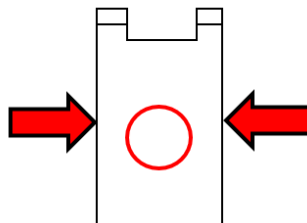
Obrázek 72. - Posuv 2, operace 2

- Přeupnout obrobek, otočit o 180°, plocha 40x20 mm je rovnoběžně s plochou stolu, plocha 38x40 mm je rovnoběžná s čelistí svěráku viz. obr. 73
- Vrtat otvory pro závity M4 ( $\varnothing 3,3$  mm) viz. obr. 73  
(vrták  $\varnothing 3,3$  mm, chlazení emulzí,  $n = 2000$  ot/min)
- Vyříznout závity M4 (ručně) viz. obr. 73  
(závitník M4, řezný olej)



Obrázek 73. - Posuv 2, operace 3

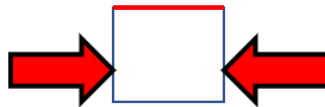
- Přeupnout obrobek, plocha 40x36 mm rovnoběžně se stolem, plocha 20x36 mm rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 74
- Vrtat díru pro závit M12 ( $\varnothing 10,4$  mm) viz. obr. 74  
(vrták  $\varnothing 10,4$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min)
- Vyříznout závit M12 (ručně) viz. obr. 74  
(závitník M12, řezný olej)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 74. - Posuv 2, operace 4

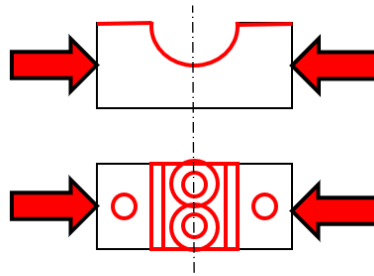
## 5.17. Svorka 1

- Upnout do svěráku na frézce, plocha 40x20 mm rovnoběžně s plochou stolu frézky, plocha 40x18 mm rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 75
- Obrobit plochu 40x20 mm viz. obr. 75  
(válnová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)



Obrázek 75. - Svorka 1, operace 1

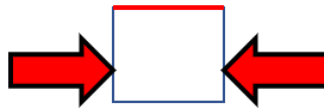
- Přeupnout, otočit o  $180^\circ$ , plocha 40x20 mm rovnoběžně s plochou stolu frézky, plocha 40x18 mm rovnoběžně s čelistí svěráku za 7 mm viz. obr. 76
- Obrobit plochu 40x20 mm viz. obr. 76  
(válnová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)
- Obrobit drážku 10x7,5 mm viz. obr. 76  
(válnová fréza  $\varnothing 10 \times 22$  mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 4$  mm)
- Obrobit kruhovou drážku  $\varnothing 16$  mm viz. obr. 76  
(kopírovací fréza dvoubřítá  $\varnothing 16 \times 19$  mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 7$  mm)
- Vrtat otvory pro závity M5 ( $\varnothing 4,2$  mm) viz. obr. 76  
(vrták  $\varnothing 4,2$  mm,  $n = 1600$  ot/min)
- Vrtat otvory  $\varnothing 4,5$  mm viz. obr. 76  
(vrták  $\varnothing 4,5$  mm,  $n = 1600$  ot/min)
- Zhloubit kužely u otvorů  $\varnothing 4,5$  mm viz. obr. 76  
(vrták  $\varnothing 10$  mm s vrcholovým úhlem  $90^\circ$ ,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závity M5 (ručně) viz. obr. 76  
(závitník M5, řezný olej)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 76. - Svorka 1, operace 2

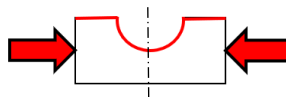
## 5.18. Svorka 2

- Upnout do svěráku na frézce, plocha 40x20 mm rovnoběžně s plochou stolu frézky, plocha 40x18 mm rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 77
- Obrobit plochu 40x20 mm viz. obr. 77  
(válcová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)



Obrázek 77. - Svorka 2, operace 1

- Přeupnout, otočit o  $180^\circ$ , plocha 40x20 mm rovnoběžně s plochou stolu frézky, plocha 40x18 mm rovnoběžně s čelistí svěráku za 7 mm viz. obr. 78
- Obrobit plochu 40x20 mm viz. obr. 78  
(válcová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)
- Obrobit kruhovou drážku  $\varnothing 16$  mm viz. obr. 78  
(kopírovací fréza dvoubřitá  $\varnothing 16 \times 19$  mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 80$  mm/min,  $a_p = 7$  mm)



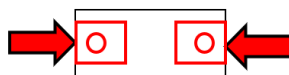
Obrázek 78. - Svorka 2, operace 2

- Přeupnout, otočit o  $180^\circ$ , plocha 40x20 mm rovnoběžně s plochou stolu frézky, plocha 40x18 mm rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 79
- Vrtat otvory  $\varnothing 5,5$  mm viz. obr. 79  
(vrták  $\varnothing 5,5$  mm,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyfrézovat drážku 12x5 mm viz. obr. 79



(válcová fréza  $\varnothing 12 \times 26$  mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)

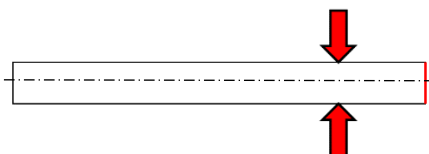
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 79. - svorka 2, operace 3

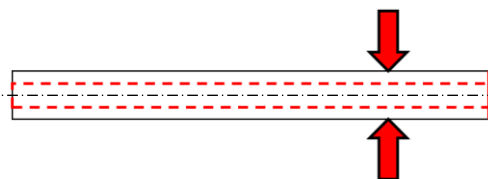
## 5.19. Trubka

- Trubku upnout do sklíčidla na soustruhu viz. obr. 80
- Srazit čelo a hranu viz. obr. 80  
(čelní soustružnický nůž,  $n = 1210$  ot/min)



Obrázek 80. - Trubka, operace 1

- Trubku přeupnout o  $180^\circ$  viz. obr. 81
- Srazit čelo a hranu viz. obr. 81  
(čelní soustružnický nůž,  $n = 1210$  ot/min)
- Vyrobit vnitřní závit M12 viz. obr. 81  
(prodloužený závitník M12, řezný olej)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat

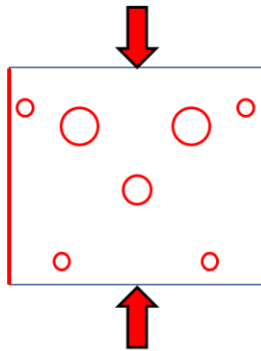


Obrázek 81. - Trubka, operace 2

## 5.20. Kryt 1

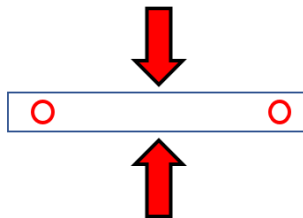
- Upnout obrobek do svěráku frézky, plocha  $100 \times 85$  mm je rovnoběžně s plochou stolu, plocha  $100 \times 10$  mm je rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 82
- Obrobit plochy  $85 \times 10$  mm (po řezání) viz. obr. 82  
(válcová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)

- Vrtat díry  $\varnothing 5,5$  mm viz. obr. 82  
(vrták  $\varnothing 5,5$  mm,  $n = 1600$  ot/min)
- Vrtat díru  $\varnothing 8,2$  mm viz. obr. 82  
(vrták  $\varnothing 8,2$  mm,  $n = 1250$  ot/min)
- Vrtat díru pro závity M12 ( $\varnothing 10,4$  mm) viz. obr. 82  
(vrták  $\varnothing 10,4$  mm,  $n = 1250$  ot/min)
- Vyříznout závity M12 (ručně) viz. obr. 82  
(závitník M12, řezný olej)



Obrázek 82. - Kryt 1, operace 1

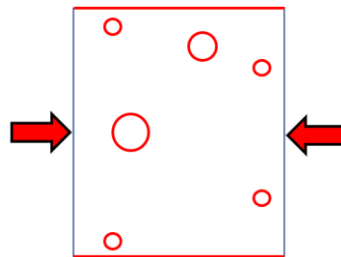
- Přeupnout obrobek, plocha  $100 \times 85$  mm rovnoběžně s čelistí svěráku, díry s M12 nahoře viz. obr. 83
- Vrtat otvor pro závity M5 ( $\varnothing 4,2$  mm) viz. obr. 83  
(vrták  $\varnothing 4,2$  mm,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závity M5 (ručně) viz. obr. 83  
(závitník M5, řezný olej)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 83. - Kryt 1, operace 2

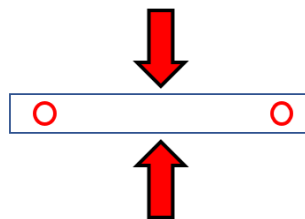
## 5.21. Kryt 2

- Upnout obrobek do svěráku frézky, plocha 100x85 mm je rovnoběžně s plochou stolu, plocha 100x10 mm je rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 84
- Obrobit plochy 85x10 mm (po řezání) viz. obr. 84  
(válnová fréza 22x32 mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)
- Vrtat díry  $\varnothing 5,5$  mm viz. obr. 84  
(vrták  $\varnothing 5,5$  mm,  $n = 1600$  ot/min)
- Vrtat díry pro závit M12 ( $\varnothing 10,4$  mm) viz. obr. 84  
(vrták  $\varnothing 10,4$  mm,  $n = 1250$  ot/min)
- Vyříznout závit M12 (ručně) viz. obr. 84  
(závitník M12, řezný olej)
- Vrtat díru  $\varnothing 16,2$  mm viz. obr. 84  
(vrták  $\varnothing 16,2$  mm,  $n = 1000$  ot/min)



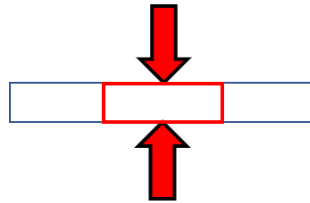
Obrázek 84. - Kryt 2, operace 1

- Přeupnout obrobek, plocha 100x85 mm rovnoběžně s čelistí svěráku, díra  $\varnothing 16,2$  mm je nahoře viz. obr. 85
- Vrtat otvory pro závity M5 ( $\varnothing 4,2$  mm) viz. obr. 85  
(vrták  $\varnothing 4,2$  mm,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závity M5 (ručně) viz. obr. 85  
(závitník M5, řezný olej)



Obrázek 85. - Kryt 2, operace 2

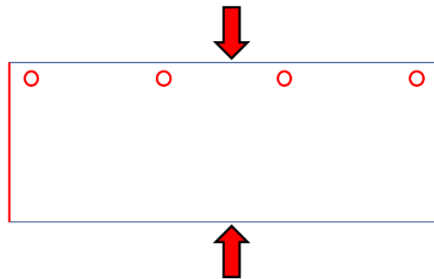
- Přeupnout, otočit o 180°, díra  $\varnothing 16,2$  mm je dole viz. obr. 86
- Vyfrézovat drážku 40x15 mm viz. obr. 86  
(válnová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 86. - Kryt 2, operace 3

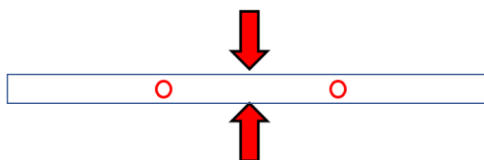
## 5.22. Kryt 3

- Upnout obrobek do svěráku frézky, plocha 335x85 mm je rovnoběžně s plochou stolu, plocha 335x10 mm je rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 87
- Obrobit plochy 85x10 mm (po řezání) viz. obr. 87  
(válnová fréza 22x32 mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)
- Vrtat díry  $\varnothing 5,5$  mm viz. obr. 87  
(vrták  $\varnothing 5,5$  mm,  $n = 1600$  ot/min)



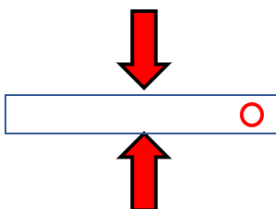
Obrázek 87. - Kryt 3, operace 1

- Přeupnout obrobek, plocha 335x85 mm rovnoběžně s čelistí, díry  $\varnothing 5,5$  mm jsou dole viz. obr. 88
- Vrtat otvory pro závity M5 ( $\varnothing 4,2$  mm) viz. obr. 88  
(vrták  $\varnothing 4,2$  mm,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závity M5 (ručně) viz. obr. 88  
(závitník M5, řezný olej)



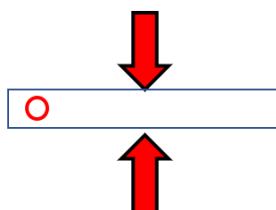
Obrázek 88. - Kryt 3, operace 2

- Přeupnout, otočit se o 90° viz. obr. 89
- Vrtat otvor pro závit M5 (Ø4,2 mm) viz. obr. 89  
(vrták Ø4,2 mm, n = 1600 ot/min)
- Vyříznout závit M5 (ručně) viz. obr. 89  
(závitník M5, řezný olej)



Obrázek 89. - Kryt 3, operace 3

- Přeupnout, otočit se o 180° viz. obr. 90
- Vrtat otvor pro závit M5 (Ø4,2 mm) viz. obr. 90  
(vrták Ø4,2 mm, n = 1600 ot/min)
- Vyříznout závit M5 (ručně) viz. obr. 90  
(závitník M5, řezný olej)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



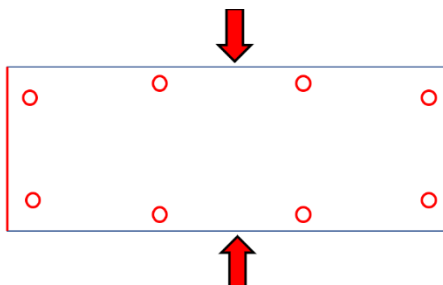
Obrázek 90. - Kryt 3, operace 4

### 5.23. Kryt 4

- Upnout obrobek do svěráku frézky, plocha 355x100 mm je rovnoběžně s plochou stolu, plocha 355x10 mm je rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 91
- Obrobit plochy 100x10 mm (po řezání) viz. obr. 91

(válnová fréza 22x32 mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)

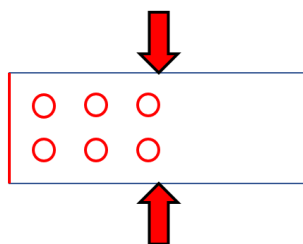
- Vrtat díry  $\varnothing 5,5$  mm viz. obr. 91  
(vrták  $\varnothing 5,5$  mm,  $n = 1600$  ot/min)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 91. - Kryt 4, operace 1

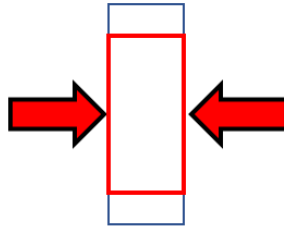
## 5.24. Rameno 1

- Upnout obrobek do svěráku frézky, plocha 110x50 mm je rovnoběžně s plochou stolu, plocha 110x20 mm je rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 92
- Obrobit plochy 50x20 mm (po řezání) viz. obr. 92  
(válnová fréza 22x32 mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 150$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)
- Vrtat díry  $\varnothing 8,5$  mm viz. obr. 92  
(vrták  $\varnothing 8,5$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min)



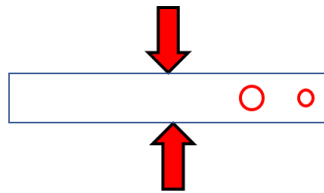
Obrázek 92. - Rameno 1, operace 1

- Přeupnout, plocha 50x20 mm rovnoběžně s plochou stolu, plocha 110x50 mm rovnoběžně s čelistí svěráku, díry  $\varnothing 8,5$  mm dole viz. obr. 92
- Vyfrézovat drážku 47x30 mm viz. obr. 92  
(válnová čelní dlouhá fréza  $\varnothing 16$ x63 mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 80$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)



Obrázek 93. - Rameno 1, operace 2

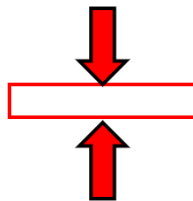
- Přeupnout, plocha 110x20 mm rovnoběžně se stolem, plocha 110x50 mm rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 93
- Vrtat díru  $\varnothing 8$  mm viz. obr. 93  
(vrták  $\varnothing 8$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1000$  ot/min)
- Vrtat díru  $\varnothing 5,5$  mm viz. obr. 93  
(vrták  $\varnothing 5,5$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 94. - Rameno 1, operace 3

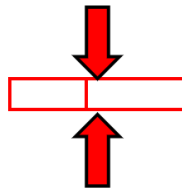
## 5.25. Rameno 2

- Upnout do svěráku na frézce, jedna plocha po řezání (50x10 mm) nahoru, plocha 50x52 mm rovnoběžně se svěrákem viz. obr. 95
- Obrobit plochu 50x10 mm (po řezání) viz. obr. 95  
(válnová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 125$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)



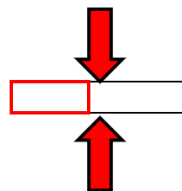
Obrázek 95. - Rameno 2, operace 1

- Přeupnout, otočit o  $180^\circ$ , obráběná plocha v předchozím kroku je dole, rovnoběžně se stolem frézky, za plochu 50x50 mm svěrák drží 25 mm obrobku viz. obr. 96
- Obrobit plochu 50x10 mm (po řezání) viz. obr. 96  
(válnová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 125$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)
- Obrobit zub 20x20 mm viz. obr. 96  
(válnová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 125$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)



Obrázek 96. - Rameno 2, operace 2

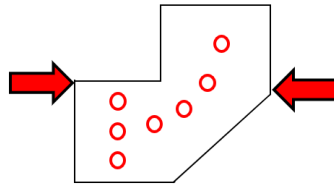
- Přeupnout, otočit se o  $135^\circ$ , roh naproti zubu je nahoře, příprava na obrábění sražení viz. obr. 97
- Obrobit sražení 20x45° mm viz. obr. 97  
(válnová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 125$  mm/min)



Obrázek 97. - Rameno 2, operace 3

- Přeupnout, plocha 50x50 mm rovnoběžně s plochou stolu viz. obr. 98
- Vrtat díry pro závity M5 ( $\varnothing 4,2$  mm) viz. obr. 98  
(vrták  $\varnothing 4,2$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závity M5 (ručně) viz. obr. 98  
(závitník M5, řezný olej)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat

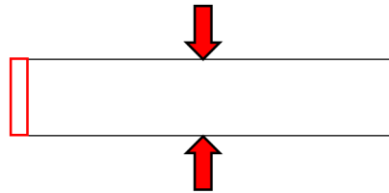




Obrázek 98. - Rameno 2, operace 4

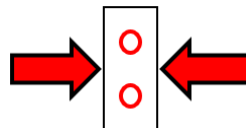
## 5.26. Rameno 3

- Upnout do svěráku frézky, plocha 200x40 mm rovnoběžně s plochou stolu, plocha 200x20 mm rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 99
- Obrobit plochy 40x20 mm viz. obr. 99  
(válnová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 125$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)
- Obrobit roh  $5 \times 45^\circ$  viz. obr. 99  
(úhlová fréza  $45^\circ$  s VBD, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min)



Obrázek 99. - Rameno 3, operace 1

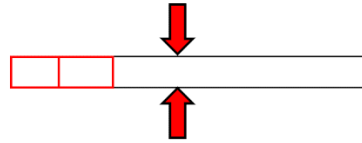
- Přeupnout, plocha 40x20 mm rovnoběžně s plochou stolu, sražená hrana dole viz. obr. 100
- Vrtat díry pro závity M8 ( $\varnothing 6,7$  mm) viz. obr. 100  
(vrták  $\varnothing 6,7$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min)
- Vyříznout závity M8 (ručně) viz. obr. 100  
(závitník M8, řezný olej)



Obrázek 100. - Rameno 3, operace 2

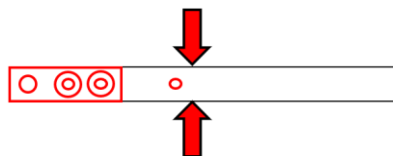
- Přeupnout, plocha 200x40 mm rovnoběžně s čelistí svěráku, sražení nasměrované k obsluze, uchyceno za 20 mm viz. obr. 101

- Obrobit schod 50x5 mm a drážku 30x15 mm viz. obr. 101  
(válnová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 80$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)



Obrázek 101. - Rameno 3, operace 3

- Přeupnout o  $180^\circ$ , plocha  $200 \times 40$  mm rovnoběžně s plochou čelisti svěráku, sražený roh směrem k frézce viz. obr. 102
- Obrobit schod 50x5 mm viz. obr. 102  
(válnová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 125$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)
- Vrtat díru  $\varnothing 8$  mm viz. obr. 102  
(vrták  $\varnothing 8$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min)
- Vrtat díry  $\varnothing 5,5$  mm viz. obr. 102  
(vrták  $\varnothing 5,5$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)
- Vrtat díru pro závit M4 ( $\varnothing 2,5$  mm) viz. obr. 102  
(vrták  $\varnothing 2,5$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závit M4 (ručně) viz. obr. 102  
(závitník M4, řezný olej)
- Zahloubit díru  $\varnothing 5,5$  mm viz. obr. 102  
(vrták  $\varnothing 10,5$  mm s vrcholovým úhlem  $45^\circ$ , chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min)



Obrázek 102. - Rameno 3, operace 4

- Přeupnout, plocha  $200 \times 40$  mm rovnoběžně s plochou stolu, sražený roh dole, uchyceno čelistmi za 10 mm viz. obr. 103
- Stazít hrany  $2 \times 45^\circ$  viz. obr. 103

(úhlová fréza 45° s VBD,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 250$  mm/min)

- Stazit hranu 5x45° viz. obr. 103

(úhlová fréza 45°, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min)

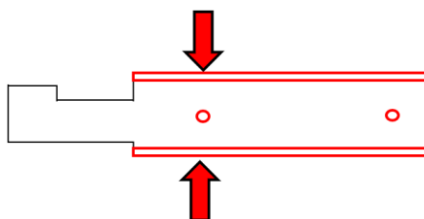
- Vrtat díry pro závity M5 ( $\varnothing 4,2$  mm) viz. obr. 103

(vrták  $\varnothing 4,2$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)

- Vyříznout závit M5 (ručně) viz. obr. 103

(závitník M5, řezný olej)

- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



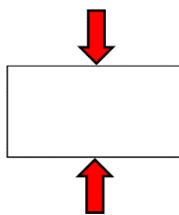
Obrázek 103. - Rameno 3, operace 5

## 5.27. Rameno 4

- Upnout polotovar do svěráku frézky, plocha 70x40 mm rovnoběžně s plochou stolu, plocha 70x20 mm rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 104

- Obrobit plochu 40x20 mm viz. obr. 104

(válcová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)



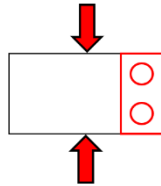
Obrázek 104. - Rameno 4, operace 1

- Přeupnout, otočit o 180°, plocha 70x40 mm rovnoběžně s plochou stolu, plocha 70x20 mm rovnoběžně s čelistí svěráku, chyceno za 12 mm viz. obr. 105

- Obrobit plochu 40x20 mm viz. obr. 105

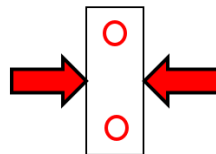
(válcová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)

- Obrobit schod 20x5 mm viz. obr. 105
- (válcová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)
- Vrtat díry  $\varnothing 8,5$  mm viz. obr. 105  
(vrták  $\varnothing 8,5$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1000$  ot/min)



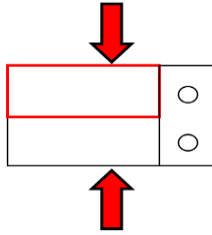
Obrázek 105. - Rameno 4, operace 2

- Přeupnout obrobek na výšku, plocha 40x20 mm rovnoběžně s plochou stolu, schod je dole viz. obr. 106
- Vrtat díry pro závit M5 ( $\varnothing 4,2$  mm) viz. obr. 106  
(vrták  $\varnothing 4,2$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závity M5 viz. obr. 106  
(závitník M5, řezný olej)



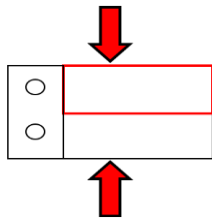
Obrázek 106. - Rameno 4, operace 3

- Přeupnout, plocha 70x40 mm rovnoběžně s plochou stolu, plocha 40x20 mm rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 107
- Vyosít vřeteník frézky pod úhlem  $14^\circ$
- Obrobit šikminu 20x5 mm viz. obr. 107  
(válcová fréza  $\varnothing 32 \times 53$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)



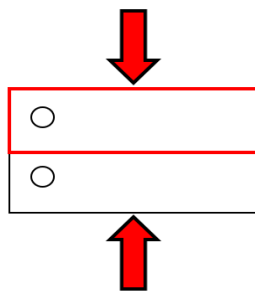
Obrázek 107. - Rameno 4, operace 4

- Přeupnout, otočit o 180° kolem vertikální osy viz. obr. 108
- Obrobit šikminu 20x5 mm viz. obr. 108  
(válnová fréza  $\varnothing 32 \times 53$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)



Obrázek 108. - Rameno 4. operace 5

- Přeupnout, otočit o 180° kolem horizontální osy viz. obr. 109
- Obrobit šikminu 20x5 mm viz. obr. 109  
(válnová fréza  $\varnothing 32 \times 53$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)

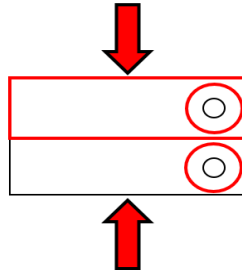


Obrázek 109. - Rameno 4, operace 6

- Přeupnout, otočit o 180° kolem vertikální osy viz. obr. 110
- Obrobit šikminu 20x5 mm viz. obr. 110  
(válnová fréza  $\varnothing 32 \times 53$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)
- Zhloubit díry  $\varnothing 8,5$  mm viz. obr. 110

(válcová čelní fréza  $\varnothing 18 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 80$  mm/min)

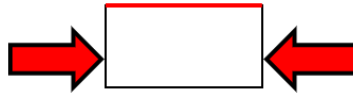
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat
- Ručně obrousit hrany  $2 \times 45^\circ$  ručním pilníkem



Obrázek 110. - Rameno 4, operace 7

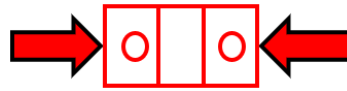
## 5.28. Rameno 5

- Upnout do svěráku frézky, plocha  $40 \times 15$  mm rovnoběžně s plochou stolu frézky viz. obr. 111
- Obrobit plochu  $40 \times 20$  mm viz. obr. 111  
(válcová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 150$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)



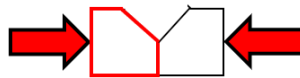
Obrázek 111. - Rameno 5, operace 1

- Přepnout, otočit o  $180^\circ$ , obrobená plocha je dole, uchycení za 12 mm viz. obr. 112
- Obrobit plocha  $40 \times 20$  mm viz. obr. 112  
(válcová fréza  $\varnothing 22 \times 32$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 150$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)
- Vrtat díry  $\varnothing 5,5$  mm viz. obr. 112  
(vrták  $\varnothing 5,5$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min)
- Obrobit vrub viz. obr. 112  
(tvarová fréza s vrcholovým úhlem  $127^\circ$ , chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 80$  mm/min)



Obrázek 112. - Rameno 5, operace 2

- Přeupnout, plocha 40x20 mm rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 113
- Vyosít vřeteník frézky pod úhlem 14°
- Obrobit šikminu 20x5 mm viz. obr. 113  
(válnová fréza  $\varnothing 32 \times 53$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)



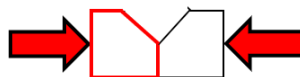
Obrázek 113. - Rameno 5, operace 3

- Přeupnout, otočit o 180° kolem vertikální osy viz. obr. 114
- Obrobit šikminu 20x5 mm viz. obr. 114  
(válnová fréza  $\varnothing 32 \times 53$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)



Obrázek 114. - Rameno 5, operace 4

- Přeupnout, otočit o 180° kolem horizontální osy viz. obr. 115
- Obrobit šikminu 20x5 mm viz. obr. 115  
(válnová fréza  $\varnothing 32 \times 53$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)



Obrázek 115. - Rameno 5, operace 5

- Přeupnout, otočit o 180° kolem vertikální osy viz. obr. 116
- Obrobit šikminu 20x5 mm viz. obr. 116

(válnová fréza  $\varnothing 32 \times 53$  mm, chlazení emulzí,  $n = 1250$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 5$  mm)

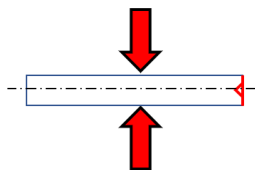
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat
- Ručně obrousit hrany  $2 \times 45^\circ$  ručním pilníkem



Obrázek 116. - rameno 5, operace 6

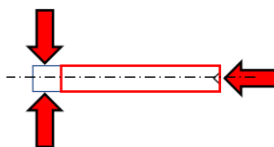
## 5.29. Čep

- Upnout do sklíčidla na soustruhu obrobek viz. obr. 117
- Obrobit čelo viz. obr. 117  
(čelní soustružnický nůž s VBD,  $n = 1400$  ot/min)
- Navrtat důlek na kužel viz. obr. 117  
(navrtávací vrták,  $n = 1400$  ot/min)



Obrázek 117. - Čep, operace 1

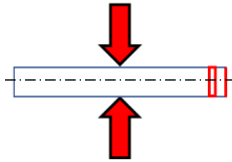
- Přeupnout do sklíčidla a kužele v koníku viz. obr. 118
- Obrobit na průměr  $\varnothing 6$  mm viz. obr. 118  
(stranový soustružnický nůž s VBD,  $n = 1400$  ot/min,  $v_f = 80$  mm/min,  $a_p = 2$  mm)



Obrázek 118. - Čep, operace 2

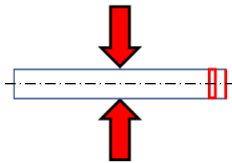
- Přeupnout do sklíčidla viz. obr. 119
- Obrobit čelo (odstraním středící důlek) a srazit hranu viz. obr. 119  
(čelní soustružnický nůž s VBD,  $n = 1400$  ot/min)
- Obrobit zápich viz. obr. 119  
(upichovací soustružnický nůž,  $n = 1400$  ot/min)





Obrázek 119. - Čep, operace 3

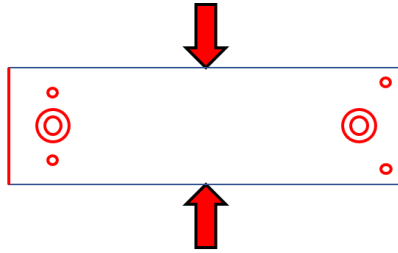
- Přeupnout, otočit obrobek ve sklíčidle (otočím o 180°) viz. obr. 120
- Obrobit čelo a srazit hranu viz. obr. 120  
(čelní soustružnický nůž s VBD,  $n = 1400$  ot/min)
- Obrobit zápich viz. obr. 120
- (upichovací soustružnický nůž,  $n = 1400$  ot/min)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 120. - Čep, operace 4

### 5.30. Izolace 2

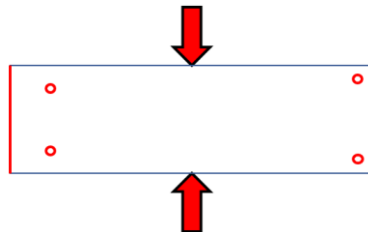
- Upnout do svěráku frézky, plocha 120x40 mm rovnoběžně se stolem frézky, plocha 120x10 mm rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 121
- Obrobit plochy 40x10 mm viz. obr. 121  
(válnová fréza  $\varnothing 22 \times 36$  mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 200$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)
- Vrtat díry  $\varnothing 5,5$  mm viz. obr. 121  
(vrták  $\varnothing 5,5$  mm,  $n = 1600$  ot/min)
- Zhloubit díry  $\varnothing 5,5$  mm viz. obr. 121  
(čelní válková fréza  $\varnothing 10 \times 22$  mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min)
- Vrtat díry pro závit M3 ( $\varnothing 2,5$  mm) viz. obr. 121  
(vrták  $\varnothing 2,5$  mm,  $n = 1600$  ot/min)
- Vyříznout závit M3 (ručně) viz. obr. 121  
(závitník M3, řezný olej)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 121. - Izolace 2, operace 1

### 5.31. Katoda

- Upnout do svěráku frézky, plocha 120x40 mm rovnoběžně se stolem frézky, plocha 120x5 mm rovnoběžně s čelistí svěráku viz. obr. 122
- Obrobit plochy 40x5 mm viz. obr. 122  
(válnová fréza  $\varnothing 22 \times 36$  mm,  $n = 1600$  ot/min,  $v_f = 100$  mm/min,  $a_p = 1$  mm)
- Vrtat díry  $\varnothing 3,5$  mm viz. obr. 122  
(vrták  $\varnothing 3,5$  mm,  $n = 1600$  ot/min)
- Obrobek vyjmou, odhrotit, zkontrolovat



Obrázek 122. - Katoda, operace 1

## 6. Závěr

Cílem bakalářské práce byl rozbor jedné z laboratorních metod měření zbytkových napětí a konstrukční návrh inovovaného měřicího zařízení.

V teoretické části této práce je popsáno zbytkové napětí, jeho problematika, příčiny, mechanismy vzniku, možnosti měření a jeho vlivy na strojní součásti. Dále jsou v teoretické části rozebrány technologie obrábění, které jsou použity pro navržený rámcový technologický postup inovovaného zařízení, včetně upínání, nástrojů a strojů. Na konci teoretické části je rozbor řezných podmínek, které je potřeba určit či spočítat.

V praktické části je proveden rozbor starého stojanu, jeho nedostatků a problematiky, ale také jeho funkce a výhody. Na základě poznatků ze starého stojanu je navrhnut nový stojan, který řeší nedostatky toho starého. Konkrétně ergonomii a bezpečnost. Dále byla provedena pevnostní analýza stojanu za využití programu Invertor 2019 a byly zvoleny materiály na konstrukci stojanu. Celý stojan je zdokumentován na 31 výrobních výkresech, sestavě a 3 kusovnících. Ty jsou v příloze k této práci. Pro všech 31 výrobních výkresů byly vytvořeny rámcové výrobní postupy, které jsou koncipovány pro kusovou výrobu a dle nich jsou všechny díly vyrobitelné na konvenčních strojích. Stojan nebyl vyroben, jelikož výroba prototypu stojanu by přesahovala časový i nákladový rámec bakalářské práce.

## 7.Zdroje

1. **Bakalova, Ing. Totka.** *Vliv materiálových a technologických parametrů obrábění na napětí v povrchové vrstvě a vlastnosti dynamicky namáhaných strojních součástí.* Liberec : Technická univerzita Liberec, 2010.
2. **Denkena, B., Boehnke, D. & de León, L.** Machining induced residual stress in structural aluminum parts. *Production Engineering.* 2008, Sv. 2.
3. **doc. Ing. F. Neckář CSc., doc. Ing. I. Kvasnička CSc.** *Vybrané statě z úběru materiálu.* Praha : STK Praha, 1991. 80-01-00696-4.
4. **E.Brinksmeier, J.T.Cammatt, W.König, P.Leskovar, J.Peters, H.K.Tönshoff.** Residual Stresses — Measurement and Causes in Machining Processes. *CIRP Annals.* 2008, Sv. 31, 2.
5. **Ing. Tomáš Skopeček, Ph.D., doc. Ing. Petr Hofmann, CSc.** Zbytková pnutí při vysokorychlostním frézování. *MM Průmyslové spektrum.* 23. 05. 2007, Sv. 5, 70517.
6. *Weld residual stress effects on fatigue crack growth behaviour of aluminium alloy 2024-T351.* **C.D.M. Liljedahl, J. Brouard, O. Zanellato, J. Lin, M.L. Tan, S. Ganguly, P.E. Irving, M.E. Fitzpatrick, X. Zhang, L. Edwards.** 6, místo neznámé : International Journal of Fatigue, 2009, Sv. 31. ISSN 0142-1123.
7. **Robert Samuel, Srinivasan Chandrasekar, Thomas N. Farris, Robert H. Licht.** Effect of Residual Stresses on the Fracture of Ground Ceramics. *Journal of the American Ceramic Society.* 10, 1989, Sv. 72.
8. *Effect of Residual Stress on the Corrosion Behavior of Austenitic Stainless Steel.* **Osamu Takakuwa, Hitoshi Soyama.** 1, Sendai : Katedra nanomechaniky, Graduate School of Engineering, Univerzita Tohoku, Sendai, Japonsko, 2015, Sv. 5. 2160-0406.
9. **Nayef M. Alanazi, A.M. El-Sherik, Saleh H. Alamar and Shouwen Shen.** Influence of Residual Stresses on Corrosion and Wear Behavior. *International Journal of ELECTROCHEMICAL SCIENCE.* 2013, Sv. 8.
10. **prof. Ing. Jan Mádl CSc., Doc. Ing. Jindřich Kafka CSc., Ing. Martin Vrabec CSc., Ing. Rudolf Dvořák CSc.** *Technologie obrábění 3. díl.* Praha : ČVUT, 2007. 978-80-01-03752-2.
11. **Doc. Ing. Anton Humár, CSc.** *TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 1. část.* Brno : VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, 2003.
12. **Hluchý, Miroslav.** *Strojírenská technologie 2, 2. díl.* Praha : Scientia, 1998. 80-7183-245-6.
13. **Scallan, Peter.** Workholding devices. *Process Planning.* Riyadh : University of Paisley, 2007.
14. **ASM Handbook Volume 16: Machining.** 1989. ISBN: 978-0-87170-022-3.

15. Shaw, Milton C. *Metal Cutting Principles*. místo neznámé : Oxford University Press, 2004. ISBN-13: 978-0195142068.
16. Davim, J. Paulo. *Modern Machining Technology*. Cambridge : Woodhead Publishing, 2011. ISBN 978-0-85709-099-7.
17. Doc. Ing. Ivo Kvasnička CSc., Ing. Vladimír Slavík, Ing. Lubomír Štajnochr. *Obráběcí nástroje*. Praha : ČVUT, 1998. 80-01-01755-9.
18. *Technical guide: metal cutting technology : turning, milling, drilling, boring, tool holding*. místo neznámé : Sandvik Coromant, 2012.
19. Štulpa, Ing. Miloslav. *Programování obráběcích strojů*. Praha : Grada Publishing a.s., 2015. ISBN 978-80-247-5269-3.
20. Doc. Ing. Anton Humár, CSc. *TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 2. část*. Brno : VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, 2004.
21. Netinvent Studio, s.r.o. Promacz. [Online] Proma, 2022. [Citace: 21. 2 2022.] <https://www.promacz.cz/obrabeci-stroje-na-kov/strojni-vrtacky-prumyslove>.
22. spol, Prof. Ing. Karel Macek DrSc. a. *Nauka o materiálu*. Praha : ČVUT Praha, 1999. 80-01-01507-6.
23. Mgr. Jan Janovec, Ph.D. *Technické materiály v primárním a preprimárním vzdělání*. Ústí nad Labem : Pedagogická fakulta Univerzity J.E.Purkyně, 2013.
24. 6 Acid Resistant Materials That Can Be Used Effectively in a Lab. *iPolymer*. [Online] iPolymer, 3. 10 2017. [Citace: 8. 3 2022.] <https://www.ipolymer.com/blog/6-acid-resistant-materials-that-can-be-used-effectively-in-a-lab/>.
25. GEHR POM-C. *GEHR*. [Online] GEHR, 11. 2 2017. [Citace: 9. 3 2022.] <https://www.gehrplastics.com/products/semifinishedproducts/gehr-pom/gehr-pom-c/>.
26. *Self-healing coatings in anti-corrosion applications*. Stankiewicz, A., Szczygieł, I. & Szczygieł, B. 2013, Journal of Materials Science, Sv. 48, stránky 8041–8051.
27. *Study on the interface of PVDF coatings and HF-treated AZ31 magnesium alloy: Determination of interfacial interactions and reactions with self-healing properties*. Thiago F. da Conceicao, N. Scharnagl, W. Dietzel, D. Hoeche, K.U. Kainer. 2, 2011, Corrosion Science, Sv. 53, stránky 712-719.
28. Geistová, M. *Základy výroby. Střední průmyslová škola Ostrava - Vítkovice*. [Online] 9. 3 2013. [Citace: 20. 2 2022.] <https://www.spszengrova.cz/wp-content/uploads/2020/04/ZAV2-Soustru%C5%BEen%C3%AD-UT.pdf>.
29. Alan, Overby. *CNC Machining Handbook*. New York : McGraw-Hill, 2011. ISBN 978-0-07-162301-8.

**30. NECKÁŘ Ferdinand, Ivo KVASNIČKA. *Vybrané statě z úběru materiálu. Vyd. 1.*  
Praha : Ediční středisko ČVUT, 1991. ISBN 80-010-0696-4.**

## 8. Seznam příloh

1. Měřicí přístroj
2. Kusovník – list 1
3. Kusovník – list 2
4. Kusovník – list 3
5. Podstavec
6. Stojan 1
7. Stojan 2
8. Stojan3
9. Upevnění 1
10. Upevnění 2
11. Upevnění 3
12. Upevnění 4
13. Horní upnutí 1
14. Horní upnutí 2
15. Horní upnutí 3
16. Domeček
17. Izolace 1
18. Šroub
19. Posuv 1
20. Posuv 2
21. Svorka 1
22. Svorka 2
23. Trubka
24. Kryt 1
25. Kryt 2
26. Kryt 3
27. Kryt 4
28. Rameno 1
29. Rameno 2
30. Rameno 3
31. Rameno 4
32. Rameno 5
33. Čep
34. Izolace 2
35. Katoda