

# Optimalizace výroby dílu pro tlumení torzních kmitů ve spojivém kotouči

Tomáš Kovářik

---

Bakalářská práce  
2023

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Tomáš Kovářik
Osobní číslo:	T20193
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Optimalizace výroby dílu pro tlumení torzních kmitů ve spojivém kotouči

## Zásady pro vypracování

1. Teoretická studie na téma soustružení a CNC obrábění
2. Uvedení výpočtové části
3. Zpracování modelové části / výkresové části
4. Návrh technologie výroby
5. Zhotovení výrobku

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

**Seznam doporučené literatury:**

WALKER, John R. a Bob DIXON. *Machining fundamentals*. 10th edition. Tinley Park, IL: The Goodheart-Willcox Company, [2019], xxii, 650 s. ISBN 9781635632088.

VASILKO, Karol a Jan MÁDL. *Teorie obrábění*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2012, 2 sv. (298 s., s. 303-526). ISBN 9788074144592.

BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS. *Výrobní inženýrství a technologie*. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2014, 173 s. ISBN 9788074544712.

ŠTULPA, Miloslav. *CNC: Programování obráběcích strojů*. Grada, 2014, 1 online zdroj (244 stran). ISBN 978-80-247-9608-6. Dostupné také z: <https://www.bookport.cz/AccountSaml/SignIn/?idp=https://shibboleth.utb.cz/idp/shibboleth&returnUrl=/kniha/cnc-1204/>

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2023**

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

L.S.

**Ing. Martin Bednařík, Ph.D. v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 7. února 2023

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá výrobou rotační součásti na CNC soustruhu s pořadovým značením 15620. Jedná se o optimalizaci výroby tlumiče torzních kmitů jako součást spojky v převodovkách automobilů pro firmu ZF Sachs, která sídlí v Německu, ale má spoustu poboček i v České republice. Hlavním cílem bakalářské práce bude převést výrobu komponentu, který se doposud vyráběl pouze na klasickém soustruhu na tři upnutí, na zautomatizovaný soustruh EMAG, kde by se součást vyráběla pouze na dvě upnutí. Tím se zvýší efektivita sériové výroby. Tato práce se bude soustředit na optimalizaci výroby související se soustruhem.

Klíčová slova: soustruhu, optimalizace výroby, CNC, tlumiče torzních kmitů, spojky, sériová výroba, zvýší efektivita

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the production of a rotary part on a CNC lathe with serial marking 15620. It is an optimization of the production of torsion shock absorber as part of a clutch in car transmissions for ZF Sachs, which is based in Germany but has plenty of branches in the Czech Republic as well. The main goal of the bachelor thesis will be to convert the production of a component, which was previously produced only on a conventional lathe, on three clamping, to an automated lathe EMAG, where the component would be produced only on two clamping. This will increase the efficiency of mass production. This work will concentrate on the optimization of lathe-related production.

Keywords: lathe, optimization of the production, CNC, torsion shock absorber, clutch, mass production, increase the efficiency.

Děkuji tímto doc. Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D. z Fakulty technologické, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně za cenné rady a připomínky při vypracování bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům firmy CV Machining s.r.o. za poskytnutí možnosti podílet se na vývoji a projektech výroby v jejich firmě.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 TECHNOLOGIE SOUSTRUŽENÍ</b> .....	<b>11</b>
1.1 PROCES SOUSTRUŽENÍ .....	11
1.1.1 Pracovní pohyby nástroje a obrobku.....	11
1.1.2 Řezné síly .....	12
1.1.3 Řezné podmínky.....	13
1.1.4 Řezný výkon.....	14
1.1.5 Příkon elektromotoru .....	14
1.1.6 Strojní čas.....	15
1.2 ZPŮSOBY OBRÁBĚNÍ NA SOUSTRUHU .....	15
1.2.1 Soustružení válcových ploch.....	16
1.2.2 Čelní soustružení .....	17
1.2.3 Soustružení vnitřních válcových ploch .....	18
1.2.4 Vrtání děr na soustruhu .....	19
1.2.5 Výroba závitů na soustruhu.....	20
1.2.6 Upichování .....	22
<b>2 STAVBA A ROZDĚLENÍ SOUSTRUŽNICKÝCH STROJŮ</b> .....	<b>23</b>
2.1 HROTOVÉ SOUSTRUHY .....	24
2.2 ČELNÍ SOUSTRUHY .....	25
2.3 REVOLVEROVÉ .....	26
2.4 SVISLÉ SOUSTRUHY .....	27
2.5 POLOAUTOMATICKÉ A AUTOMATICKÉ SOUSTRUHY .....	28
2.6 ČÍSLICOVĚ ŘÍZENÉ SOUSTRUHY .....	29
<b>3 NÁSTROJE PŘI OBRÁBĚNÍ</b> .....	<b>30</b>
3.1 SOUSTRUŽNICKÝ NŮŽ.....	30
3.1.1 Základní prvky nástroje.....	30
3.1.2 Plochy nástroje .....	31
3.2 ÚHLY NA NOŽI.....	32
3.3 DRUHY NOŽŮ .....	34
<b>4 ZPŮSOB PROGRAMOVÁNÍ ČÍSLICOVĚ ŘÍZENÝCH STROJŮ</b> .....	<b>37</b>
4.1 HISTORIE CNC STROJŮ .....	37
4.2 RUČNÍ PROGRAMOVÁNÍ.....	37
4.2.1 Programování – základní funkce a příkazy .....	38
4.3 PROGRAMOVÁNÍ POMOCÍ CAD/CAM SYSTÉMŮ .....	39
<b>5 KONSTRUKČNÍ PRVKY MOTOROVÝCH VOZIDEL</b> .....	<b>41</b>
5.1 SPOJKA.....	41

5.1.1	Spojkové kotouče .....	42
<b>6</b>	<b>SHRnutí TEORETICKÉ ČÁSTI.....</b>	<b>45</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>47</b>
7.1	PŘEDSTAVENÍ FIRMY .....	47
7.1.1	Strojní vybavení firmy .....	48
7.1.2	Vyráběné součásti .....	49
7.2	INFORMACE O VYRÁBĚNÉM DÍLE .....	50
7.2.1	Materiál a vlastnosti .....	51
<b>8</b>	<b>PŮVODNÍ TECHNOLOGIE VÝROBY NA SOUSTRUHU OKUMA GENOS L250II-E .....</b>	<b>53</b>
8.1	SOUSTRUH OKUMA GENOS L250II-E .....	53
8.2	ZHOTOVENÍ VÝROBKU NA OKUMA GENOS L250II-E.....	54
8.2.1	Nástrojový list .....	60
8.2.2	Seřizovací list .....	61
8.3	DATA VÝROBY .....	63
<b>9</b>	<b>OPTIMALIZOVANÝ NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY NA EMAG VL4 .....</b>	<b>66</b>
9.1	SOUSTRUH EMAG VL4 .....	67
9.2	ZHOTOVENÍ VÝROBKU NA EMAG VL4.....	68
9.2.1	Nástrojový list .....	71
9.2.2	Seřizovací list .....	72
9.3	DATA VÝROBY .....	73
<b>10</b>	<b>ZHODNOCENÍ OPTIMALIZACE – POROVNÁNÍ.....</b>	<b>76</b>
10.1	ŘEŠENÍ VÝROBY DO BUDOUCNA .....	77
10.2	VÝPOČET VÝROBY NA STROJI OKUMA GENOS L250II-E .....	77
10.3	VÝPOČET VÝROBY NA EMAG VL4 .....	78
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>79</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>80</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>83</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>86</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>88</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>89</b>



## ÚVOD

Bakalářská práce se bude zabývat výrobou dílu pro tlumení torzních kmitů ve spojkách vozidel, přesněji tedy se jedná o díl, který je součástí spojkového kotouče. Díl je zatím v procesu optimalizování a zlepšování výrobních možností v průběhu psaní bakalářské práce.

Cílem je dosáhnout snadnějšího a levnějšího procesu výroby tohoto dílu, bude snaha také o urychlení výrobního procesu. Původně se součást vyráběla na klasickém soustruhu, na kterém se součást vyráběla na tři upnutí, po optimalizaci bude součást vyráběna na soustruhu EMAG, který sám o sobě disponuje paletovým systémem, který si sám dopraví součást po páse a pomocí kleští si těleso posune, případně otočí, tím se počet upnutí sníží na dvě. Soustruh EMAG také disponuje vlastní měřicí sondou, která rovněž naměří rozměry výrobku. Kvůli tomu se bude muset upravit program, tím upravit použité nástroje, ale získáme tím také čas navíc, který by musel být investován do dalšího upnutí.

Téma jsem si vybral, protože jsem na pracovní stáži ve firmě CV Machining s.r.o. a na doporučení kolegů jsem si zvolil právě návrh optimalizace výroby dílu pro spojkový kotouč. S prací jsem obeznámen, protože jsem již několikrát vypracovával podobné protokoly do školy, proto mi práce přišla blízká a chtěl jsem se také blíže dozvědět proces výroby a jeho bližší použití v provozu.

Bakalářská práce bude obsahovat bližší seznámení se základy soustružení, jejími formy použití, které budou v praktické části využity, dále různé typy soustruhů, které se základem moc neliší ovšem mají mnoho různých možností, jak je použít. Třetí kapitola bude věnována různým typům soustružnických nástrojů a jejich důležitou konstrukcí počínaje jejími úhly. Čtvrtá kapitola přiblíží historii a přestup moderní výroby na počítačem řízené stroje, částečně programování a jen informačně uvede různé funkce a příkazy. Poslední kapitolou bude uzavřena teoretická část a bude přiblížena funkce dílu pro tlumení torzních kmitů ve spojkových kotoučích.

Čerpal jsem z mnoha vhodných webových stránek, které jsem si doplnil studiem z odborných knih ať už českých tak i zahraničních. I přes to že mnoho z knížek obsahovalo podobný obsah snažil jsem se porovnávat spoustu informací a použít ty nejspolehlivější, které jsem dohledal.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TECHNOLOGIE SOUSTRUŽENÍ

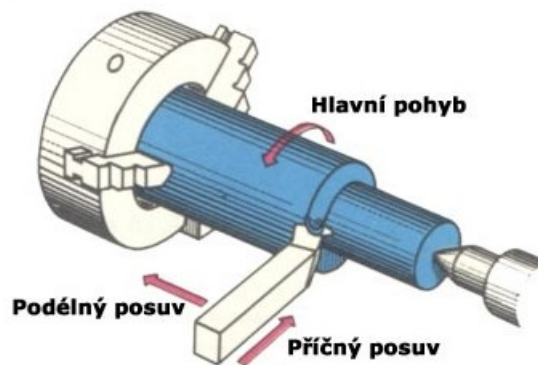
Soustružení je jednou z nejstarších ne-li nejstarší formou obrábění materiálu. V dnešní době se stále objevuje v bezmála dvaceti procentech průmyslového odvětví. Vzhledem k pohybu konaného obrobkem se právě nejvíce hodí pro obrábění rotačních součástí.

## 1.1 Proces soustružení

Soustružení je forma obrábění, proces odstraňování materiálu, který se používá k vytváření rotačních dílů odříznutím nežádoucího materiálu. Proces soustružení vyžaduje soustruh, obrobek, přípravek a řezný nástroj. Obrobek je kus materiálu, který je připevněn k přípravku, který je sám připevněn k soustružnickému stroji a může se otáčet vysokou rychlostí. [11,15]

### 1.1.1 Pracovní pohyby nástroje a obrobku

Soustružení je technologie třískového obrábění, hlavní řezný pohyb vykonává obrobek a je rotační, vedlejší pohyby (nejčastěji přímočaré) koná nástroj. Tyto pohyby jsou lépe znázorněny na obrázku 1. [1]



Obr. 1 - Základní pracovní pohyby [1]

Vedlejší pohyby nám zařídí plynulý proces odebrání třísky z uchyceného materiálu.

Dělíme je na:

- Podélný posuv = je to dráha, kterou nástroj urazí za jednu otáčku. Vztah pro posuvovou rychlost v závislosti na otáčkách je potom: [1,2,11]

$$v_f = f \cdot n \quad (1)$$

Kde:  $v_f$  ... rychlost posuvu [mm/min]

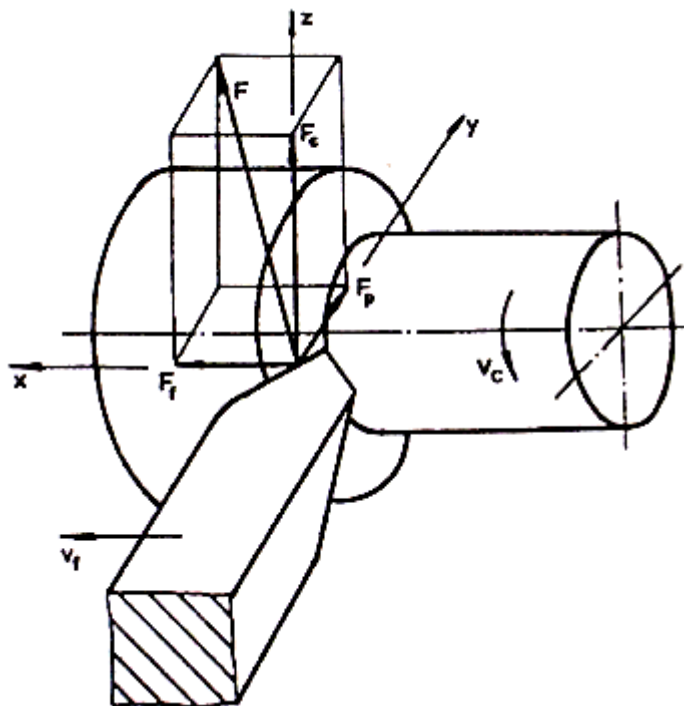
$f$  ... posuv [mm/otáčku]

$n$  ... otáčky [ $\text{min}^{-1}$ ]

- Příčný posuv = vedlejší pohyb nástroje k obrobku, který nám určuje hloubku odřezávané třísky

### 1.1.2 Řezné síly

Mají vliv na spotřebu energie procesu. Řezné síly omezují prvky obrábitelnosti. Vysoká řezná síla pro nás znamená vysoký výkon, který je vždy omezen v použitelném výkonu. Vysoké řezné síly zapříčiní větší deformaci řezných nástrojů a obrobků, což může způsobit deformace a vibrace obrobku (ztrátu tolerance). Kromě toho, pokud budou použité řezné síly nadměrně vysoké, může nastat zkrácení životnosti nástroje (zlomení břitu). [2,11,15]



Obr. 2 - Složky síly při soustružení [4]

Materiál klade odpor proti vnikání nástroje a během oddělování třísky, jako je ukázáno v obrázku 2 – vzniká řezná síla  $F_c$ , kterou působí nástroj na obrobek.

$F_c$ : Řezná síla (Main cutting force)

$F_f$ : Síla posuvu (Feed force)

$F_p$ : Pasivní síla (Passive force)

Poměr  $F_c: F_p: F_f = 1: 0,4: 0,25$

Vzhledem k tomu, že řezná složka je ve mnohem větším poměru, často nám stačí zanedbat zbylé dvě síly a počítat jen s řeznou složkou, je ovšem nutné zmínit a uvědomit si výskyt těchto sil. Rozhodující velikost řezné síly nám udávají vlastnosti obráběného materiálu.

Každá forma obrábění je vlastně úsilí k odebrání třísky, určené na základě řezného odporu jeho vzorec vypadá následovně:

$$k_c = \frac{F_c}{A_D} \quad (2)$$

Kde:  $k_c$  ... řezný odpor [MPa]

$F_c$  ... řezná síla [N]

$A_D$  ... průřez třísky [mm<sup>2</sup>]

### 1.1.3 Řezné podmínky

Řezné podmínky jsou velmi důležité pro chod procesu obrábění, zejména řezná rychlost, kterou volíme podle metody obrábění či volbou obráběného materiálu. [2,16]

Řezné podmínky jsou zejména:

- $v_c$  ... řezná rychlost [m/min]
- $f$  ... posuv [mm/otáčku]
- $a_p$  ... hloubka řezu [mm] (velikost neboli hloubka odebíraného materiálu, tato složka je kolmá na směr posuvu)

U starých strojů se musela propočítávat řezná rychlost pomocí vzorce:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (3)$$

Kde  $v_c$  ... řezná rychlost [m/min]

$D$  ... průměr materiálu, který obrábíme [mm]

$n$  ... otáčky [min<sup>-1</sup>]

1000 ... Je koeficient, který nám vyjadřuje přepočítání jednotek z milimetrů na metry, tak aby se mohl průměr  $D$  dosazovat do vzorce v milimetrech

U současných moderních CNC strojů stačí zadat požadovanou rychlost do programu stroje, která je většinou uvedená v katalogu nástrojů od výrobce nebo si ji firmy trochu upravují, aby se docílilo optimálního používání. Stroj si potom automaticky při procesu přepočítá potřebné otáčky pomocí polohy špičky bříty. [5,14,15]

Ze vzorce po úpravě lze vyčíst, že pokud soustružíme obrobek, tak se při zmenšování obráběného průměru zvyšují otáčky. Aby nedošlo k zvyšování otáček, které by zapříčinily negativní jevy jako jsou vibrace stroje zapříčiněné materiálem (nerovný materiál v určitých úsecích předchozím zpracováním, dlouhá tyč nebo výkovek) je nutné tyto otáčky nějak omezit. Omezit se dají jednoduše i přímo v programu pro CNC soustruh, přesněji řečeno v jeho automaticky vygenerovaném kódu, který technolog dále upravuje.

Na obrázku 3 jsou například uvedeny otáčky 2000 [ $\text{min}^{-1}$ ], což znamená, že po dosažení těchto otáček se otáčky ustálí a budou konstantní až do středu osy rotace do té doby, než jsou dalšími příkazy změněny. [14,16]

G92 S2000	G92 - omezující otáčky; S - otáčky za minutu
G96 S200	G96 - konstantní řezná rychlost; S - velikost řezné rychlosti

Obr. 3 - Příklad dvou bloků z CNC programu [16]

#### 1.1.4 Řezný výkon

Je nutnost vypočítat řezný výkon pro určení podmínek obrábění daného materiálu.

$$P = F_c \cdot \frac{v_c}{60} \quad (4)$$

Kde  $P$  ... řezný výkon [W]

$F_c$  ... řezná síla [N]

$v_c$  ... řezná rychlost [m/min]

60 ... případný přepočet ze sekund na minutu

#### 1.1.5 Příkon elektromotoru

Je potřebný pro zajištění dostatečných otáček a dosažení potřebného řezného výkonu.

$$P_{el} = \frac{P}{\eta} = \frac{F_c \times v_c}{60 \times \eta} \quad (5)$$

Kde  $P_{el}$  ... příkon [W]

$P$  ... řezný výkon [W] [ $P = F_c \times v_c$ ]

$\eta$  ... účinnost motoru [%]

Účinnost se zpravidla pohybuje kolem hodnot 0,5 až 0,8.

### 1.1.6 Strojní čas

Čas, který zabere proces obrábění, závisí na dané operaci a stroje, který se k ní používá. Zde používáme soustruh a základní vzorec pro jeho zjištění je:

$$t = \frac{L}{n \cdot f} \quad (6)$$

$t$  ... čas obrábění [min]

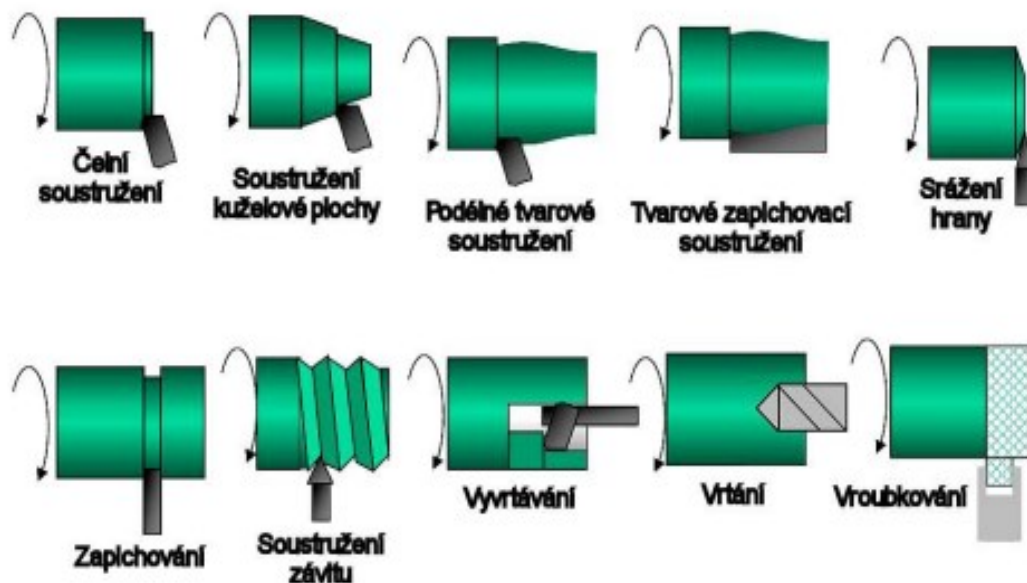
$n$  ... otáčky obrobku [ $\text{min}^{-1}$ ]

$f$  ... posuv [mm/otáčku]

$L$  ... délka soustružené plochy [mm]

## 1.2 Způsoby obrábění na soustruhu

Obrobek může být po celou dobu výrobního cyklu podroben řadě postupů za účelem vytvoření požadovaného tvaru dílu. Tyto operace lze klasifikovat jako vnější nebo vnitřní. Zatímco vnitřní operace mění vnitřní průměr obrobku, vnější operace mění vnější průměr obrobku. Následující operace na obrázku 4 jsou definovány typem použitého nože a dráhou, který tento nůž odebírá materiál z obrobku:



Obr. 4 – Základní operace na soustruhu [10]

### 1.2.1 Soustružení válcových ploch

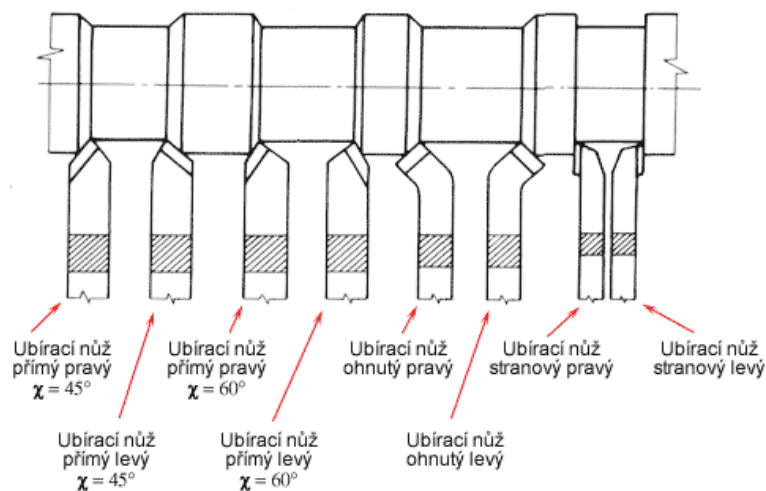
Tělesa šroubů, různá pouzdra, hřídele a čepy jsou nejčastějšími součástmi, u nichž se obrábí vnější válcové plochy, jako můžeme vidět na obrázku číslo 5. Při soustružení používáme hrubování a soustružení na čisto, jakožto druhou základní operaci. [1,8]



Obr. 5 – Soustružení  
podélných/válcových ploch [12]

#### Hrubování:

Cílem hrubování je co nejrychleji odstranit co nejvíce materiálu z obrobku a zároveň ponechat část výrobku pro následné procesy. Při hrubování nestanovujeme žádné zvláštní požadavky na hrubost, protože těmito postupy se zabýváme u soustružení na čisto. Maximální optimální hloubka řezu pro hrubování se pohybuje kolem 1,5 [mm]. Pro odebírání materiálu formou hrubování jsou nejčastěji použity nože na obrázku 6: [1,8]



Obr. 6 - Různé typy nožů používané pro hrubování válcových  
ploch [1]



**Soustružení na čisto:**

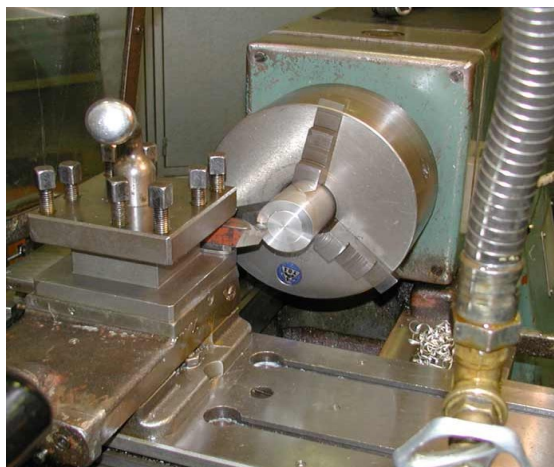
Při tomto procesu obrábění se odstraňuje zbytek přídavku z hrubování a poskytuje obrobku jeho konečnou podobu s požadovanými rozměry a kvalitou výrobku. Aby byl povrch hladký, musí se při vyšší řezné rychlosti odstranit tříska malého příčného průřezu. Na obrázku 7 je vidět nůž určený pro dokončovací operace. [8]



Obr. 7 - Typ ubíracího nože pro dokončovací operace [9]

**1.2.2 Čelní soustružení**

Proces probíhá na čele obráběného dílce, jak napovídá název, kde se materiál opracovává a tvaruje. Nástroj by se měl teoreticky pohybovat kolmo po konci obráběného dílu a směrem k jeho středové ose. Na obrázku 8 lze vidět odebrání materiálu na čele. [1,16]



Obr. 8 – Čelní soustružení [1]

Průměr obrobku (mm)	5 - 6	8 - 25	27 - 50	55 - 70	70 - 150
Přídavek (mm)	2	3	4	5	6

Průměr obrobku (mm)	Délka obrobku (mm)					
	do 18	19 - 50	51 - 120	121 - 260	261 - 500	nad 501
- 30	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2
30 - 50	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
50 - 120	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3
120 - 260	0,7	0,8	1,0	1,0	1,0	1,2

Obr. 9 - Velikost přídavku na hrubování čelních ploch [1]

Pro menší čelní plochy se používají stranové ubírací nože a pro větší čelní plochy se používají přímé ubírací nože.

### 1.2.3 Soustružení vnitřních válcových ploch

Pokud vrtáním nebo hrubováním nelze dosáhnout požadované přesnosti rozměrů otvoru, používá se soustružení vnitřních válcových ploch. Vyvrtání otvoru do materiálu a jeho následné stočení nebo soustružení do hrubého otvoru, který je již v odlitku přítomen, je způsob, jakým se vyrábějí přesné otvory. Na obrázku 10 najdeme vnitřní soustružnický nůž. [1,4,8]



Obr. 10 – Vnitřní soustružnický nůž [9]

Problém nastává u odvodu třísek, kde se dlouhé třísky namotávají na nástroj a ty krátké s větším posuvem vyvolávají velkou sílu, pro takovýto typ soustružení se zejména vyplatí článková tříska. Pohled na vzhled těchto třísek najdeme na obrázku 11. [1]



Obr. 11 – Tři základní vzhledy třísek [13]

Třísky by se takhle mohly zaseknout v dutině otvoru a mohly by překážet nástroji v průběhu operace, to by zapříčinilo tvorbu nerovností na povrchu obráběného materiálu a vedlo by ke zhoršení kvality povrchu.

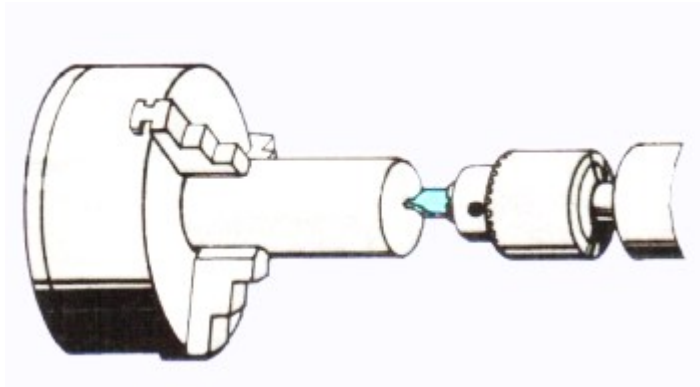
Odvádění třísek můžeme zařídit přívodem řezné kapaliny, která třísky postupně v průběhu odplavuje, lze také využít stlačeného vzduchu, který nám třísky z dutiny vyfoukne ven. [5,14]

#### 1.2.4 Vrtání děr na soustruhu

Vrták provede axiální vstup do konce obrobku a vytvoří otvor o stejném průměru jako nástroj. Obrázek 12 znázorňuje tuto operaci pro lepší představení. [16]

Tato operace není jedna z více používaných, protože pokud se vyžaduje vnitřních oblastí, je tak většinou už opatřeno při odlévacím procesu kde se vytvoří tzv. kapsa, která je

dále na soustruhu obráběna pomocí metody vnitřních válcových ploch (samozřejmě pokud vezmeme v potaz, že vlastníme nůž, který je pro takovou operaci uzpůsoben).

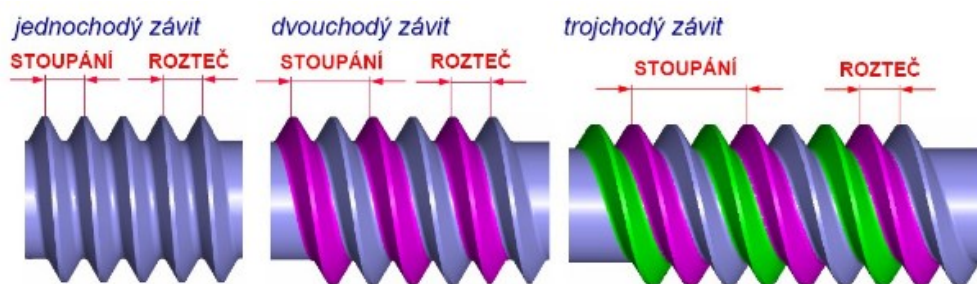


Obr. 12 – Vrtání děr na soustruhu [3]

### 1.2.5 Výroba závitů na soustruhu

Na základním válcovém tělese hřídele šroubu nebo v otvoru matice je vytvořena šroubovitá drážka, která vytváří závit. V důsledku toho dělíme závity na vnější a vnitřní. [18]

Často řežeme velmi přesné závity strojních součástí, závity pro závitové třmeny a závity pro přesné pohybové šrouby na soustruhu. Použití soustruhu s posuvným šroubem s lichoběžníkovým závitem zajišťuje přesnost výroby. Jeho otáčení je koordinováno s otáčením vřetena kolem obrobku. Obrázek 13 znázorňuje vícechodé závity. [18]

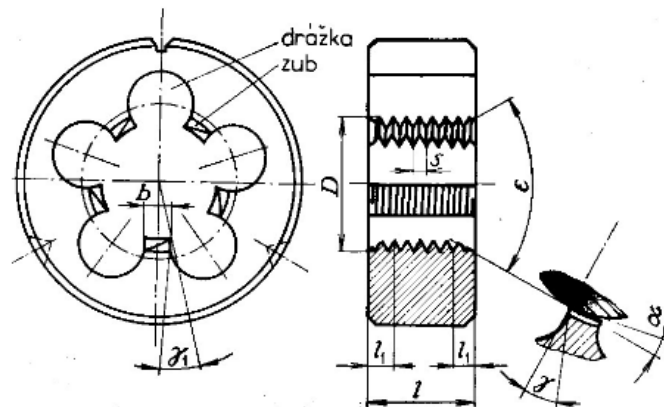


Obr. 13 – Jednochodý a vícechodé závity [18]

Pro menší průměry závitů se využívá ručních čelistí či závitníků. Pro větší průměry nám slouží soustruh a jeho části důležité pro jejich tvorbu jako je koník a pinola, které se vyskytují u starších NC soustruhů, kde musí být tato operace prováděna z části manuálně.

**Závitové čelisti:**

Pro méně přesné otáčení můžete řezat buď kruhové závity, nebo závitové čelisti. Kruhové závitové čelisti podobné maticím mají vyvrtané otvory, které zajišťují odvod třísek. Závitové čelisti mají tři nebo více zubů v závislosti na množství vyvrtaných otvorů. První zuby slouží pouze k vedení, mají naostřený řezný kužel o délce 1,5 až 2 otáčky. Závitové čelisti se vyrábí pro rozměry závitu M1 až M60. [18]



Obr. 14 – Závitová čelist [18]

**Závitníky:**

Závitníky se používají k vytvoření vnitřních závitů ve dně a otvorech kanálů. Mají drážky pro odvod třísek, které mohou být rovné nebo ve šroubovici, a jsou tvarovány jako šrouby. Geometrie nástroje je rovněž určena tvarem drážek. Tvar řezného kužele s řeznými zuby způsobuje postupné odvádění třísek. Závitník v díře je veden vodící částí, která je válcová. [18]

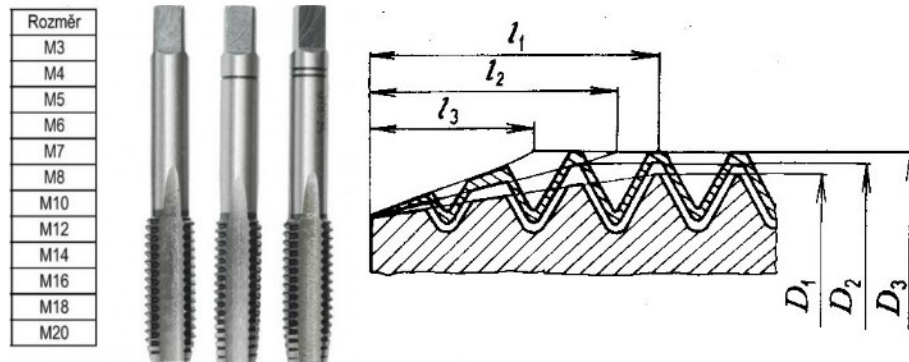
Podle použití rozlišujeme závitníky:

- Ruční
- Strojní
- Tvářecí
- Maticové
- Speciální

Čtyřhran je umístěn na stopce závitníku, a je připevněn k vratidlu. Ruční závitníky se obvykle vyrábějí v sadách po třech. Každá z nich má odlišnou délku řezného kužele a

využívá pouze část průřezu závitu. První délka je 4násobkem stoupání závitu, druhá 2,5násobkem a třetí jen 1,25 až 2násobkem. [18]

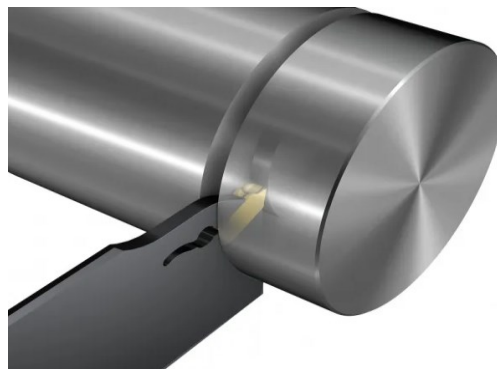
Strojní závitníky se naopak dělají pouze v jednom provedení, které má 3,5 až 4násobek stoupání závitů s kratším řezným kuzelem. Díky tomu má závitová díra velmi dobré opracování a tento způsob je také mnohem více produktivní. Na obrázku 15 jsou rozdíly mezi jednotlivými závitníky ve skupině. [18]



Obr. 15 – Sadové závitníky [18]

### 1.2.6 Upichování

Upichování je také jedním ze základních operací vykonávaných na soustruhu, kde se odděluje hotový výrobek od základního polotovaru, zejména se využívá při soustružení kulatin a tyčí různých délek, kde je zapotřebí využít také podavač, který kulatinu soustruhem „protahuje a podává“. Používá se hlavně v hromadné výrobě. Operace je jednou z posledních, tudíž je u ní bezpečnost velmi důležitým faktorem, který ovlivňuje hodnotu obrobku. Obrázek 16 znázorňuje proces upichování. [17]



Obr. 16 – Upichovací nůž [17]

## 2 STAVBA A ROZDĚLENÍ SOUSTRUŽNICKÝCH STROJŮ

Soustruh je právě jeden z nejzákladnějších strojů pro obrábění materiálu, jeho složení je docela jednoduché a skládá se z:

### **Lože:**

Je v podstatě základ nebo hlavní podpora, na které sedí suport a koník, musí být tuhá, aby odolala chvění, mohla zachycovat řezné síly a hmotnost obrobku. Vodící plochy se kalí, tím získají ořezuvzdornost. Žihá se v peci a poté se obrobí na požadované rozměry a vybrousí se vodící plochy. [12,10]

### **Vřeteníku:**

Zajišťuje uložení a pohon vřetena, je v něm upnut obrobek. U menších soustruhů obsahují vřetena valivá ložiska a u větších se používá ložisek kluzných. Vřeteno se nesmí nijak chvět, na přední části vřetena se upevňuje upínací deska a sklíčidlo. Čelisti jsou ovládány pomocí klíče, které se vkládá do stěny sklíčidla kde se následně utahují či povolují.

[12]

### **Převodové skříň:**

Její úkolem je přenos rotačního pohybu od motoru k suportu a vřetenu. Převody slouží k manipulaci a změně otáček, na obrázku 17 lze vidět převodovou skříň hrotového soustruhu.



Obr. 17 – Převodová skříň [19]

**Posuvové skříně:**

Neboli skříně závitová, obsahuje potřebné převody pro změnu posuvů a řezání závitů. Má stupňovité soukolí určené pro řezání závitů, jako jsou klasické metrické či např. Whitworthovy. Také dokážou změnit smysl otáčení řezání závitů, pravé a levé. [1,10]

**Suportů:**

Je složen ze suportové skříně, dále má dvě saně, příčné a podélné, otočnou část, horní saně a držák nožů. Suport mimo jiné zachycuje síly, které při soustružení působí na nástroj. Suportová skříně je uložena v přední části podélných saní a zajišťuje podélný a příčný posuv. [1,16]

Podélné saně jsou základnou pro příčné saně a pohybují se po loži soustruhu. Příčné se pohybují na podélných saních po prizmatickém vedení. Na příčných saních leží otočná hlava připevněná pomocí čepu a na ní je jednoduchá držáková plocha, kde se uchycují nástroje pro obrábění. Držáky jsou většinou jednoduché čtyřhranné. [1,16]

**Koníku:**

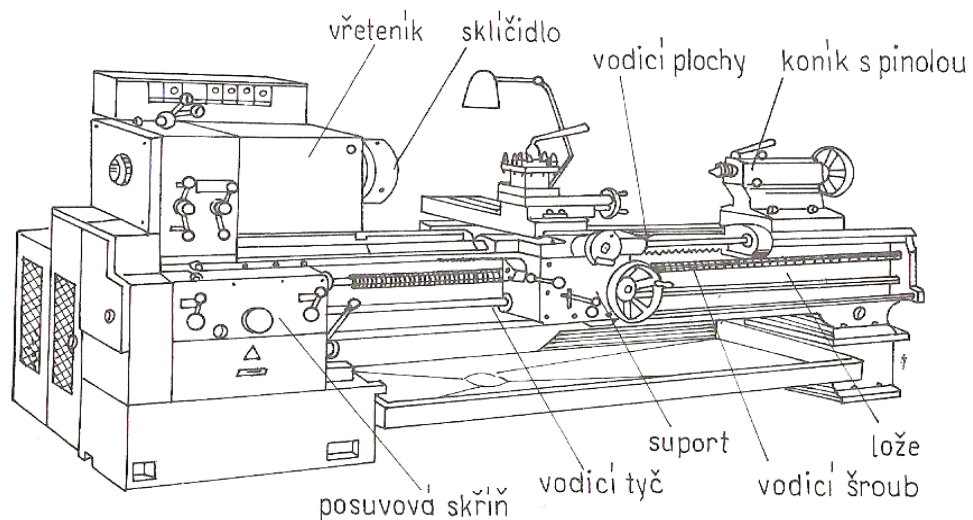
Koník má funkci velice podobnou vřetenu, a to je upevnění obrobku, také slouží pro jeho vystředění. Jeho poloha se musí ztotožňovat s vřetenem a jeho vysouvací část neboli „Pinola“ nesmí mít vůli. U menších soustruhů se koník představuje po loži ručně, u větších je využito převodů. [1,16]

**2.1 Hrotové soustruhy**

Základní části, které hrotový soustruh obsahuje jsou již zmíněny na začátku této kapitoly, ale v rychlosti jsou to: Lože, Vřeteník, Koník s pinolou, Supporty a jejich skříně, Posuvová a převodová skříně a nakonec elektromotor, který nám soustruh pohání.

Lze na nich vykonávat téměř všechny způsoby soustružení od obrábění vnitřních a vnějších válcových ploch až po řezání závitů, které nám zajistí vodící šroub. Na obrázku 18 lze vidět stručný popis hrotového soustruhu. [18,10]





Obr. 18 – Hrotový soustruh [18]

## 2.2 Čelní soustruhy

Čelní soustruhy se používají pro soustružení obrobků se zdatně většími průměry oproti jejich délce, jako je ukázáno na obrázku 17. Obrobek je upnut na lícní desku, která má po svém průměru drážky. Typickým obrobkem, na který se tento soustruh využívá jsou ozubené kola o velkém průměru. Tento soustruh nemá koníka a lože se suportem jsou samostatná jednotka. [1,19,20]

Čelní soustruhy jsou velmi podobné soustruhům svislým, rozdíl je v tom, že pořizovací cena je nižší díky své jednoduché konstrukci.

- **Výhody:** Levnější, snadnější přístup k obráběcímu prostoru
- **Nevýhody:** Ložisko na vřetenu je obrovsky namáháno kvůli konstrukci stroje, jak může být viděno na obrázku 19, horší uchopení a ustanovení obrobků [1,19,20]



Obr. 19 – Čelní soustruh [1]

### 2.3 Revolverové

Revolverové soustruhy se většinou využívají pro malé a střední sériové výroby, unikátní součástí tohoto stroje je jeho revolverová hlava, která je vidět na obrázku 20, ve které se může upnout až na 16 různých nožů. Soustruhy se dělí podle největšího průměru válcové tyče obrobku a obrobky jsou obráběny postupně několika noži při jednom upnutí, nože jsou upnuty v otvorech revolverové hlavy, ale také v nožové hlavě na suportech, soustruží se několik různých průměrů a díry. [1,19,20]

Soustruh je podobný hrotovému, ale na revolverovém se může dělat několik operací na jedno upnutí pomocí nožů v různých polohách. Operace neprobíhají na jednou, ale po každém konci jedné se pouze otočí revolverová hlava a proces pokračuje s jiným nožem. [19,20]



Obr. 20 – Revolverový soustruh [19]

## 2.4 Svislé soustruhy

Svislý soustruh neboli karusel se hodí k obrábění velkých a středních dílů, funguje na stejném principu jako čelní soustruh, ale obrobek je upnut podle svislé osy, tím pádem na ložiska vřetena nepůsobí takové zatížení. Provádí se zde soustružení vnějších i vnitřních ploch, kuželových a čelních ploch, řezání závitů a občas i soustružení tvarových ploch, na které je ale potřeba aby byl svislý soustruh opatřen kopírovacím zařízením. Na soustruhu lze dokonce i brousit plochy, pokud má soustruh naklápěcí brousící vřeteník. [1,19,20]

Hlavní řezný pohyb koná obrobek, který je upnut na otočném stole o výrazně malých otáčkách.

Karusely se vyrábí ve dvou provedeních, jednosloupové, viz. obrázek 21, do průměru stolu 1500 [mm] a dvousloupové do průměru stolu až 18 000 [mm]. To samozřejmě závisí na největším průměru obráběného dílce, typickým dílcem obráběným na svislém soustruhu jsou velké ozubená kola, skříně a setrvačníky. [19,1]



Obr. 21 – Karusel jednosloupcový  
[19]

## 2.5 Poloautomatické a automatické soustruhy

Jsou to ve zkratce zautomatizované soustruhy, viz. obrázek 22, název sice říká, že u automatických soustruhů není třeba obsluhy, ovšem to se nevztahuje na vytvoření samotného programu pro soustruh, někdy se samozřejmě musí provést kontrola od mechaniků seřizovačů. [21]



Obr. 22 – Poloautomatický soustruh [1]

Rozdíl mezi těmito soustruhy je ten, že automatický soustruh si zvládne udělat všechny hlavní procesy obrábění sám, většinou obsahuje automatickou revolverovou hlavu, která sama mění nástroje, ale dílce určené k obrábění si sám bere z nějakého úložiště, tím pádem je prostoj stroje skoro minimální. U poloautomatického soustruhu musí být dílec upnut automaticky operátorem stroje. [21]

Poloautomaty se dělí na hrotové, sklíčidlové a několika vřetenové

- **Hrotové** – mají až 3 suporty, které se pohybují najednou, slouží k obrábění hřidel a krátké přírubové součásti upnuté ve sklíčidle.
- **Sklíčidlové** – určeny právě pro přírubové součásti.
- **Několikavřetenové** – sériová a hromadná výroba součástí z polotovarů, výlisků a výkovek, obvykle jsou čtyř až osmi vřetenová.

Automaty se dělí opět podle počtu vřeten na jednovřetenové a vícevřetenové. [19]

## 2.6 Číslicově řízené soustruhy

Neboli zkratkou NC (Numerical Control), tj. číslicově řízené, jsou řízené číslicově skrz příkazy, které jsou zaznamenány děrováním na speciálních děrné papírové pásce nebo jsou uloženy ve vnitřní paměti stroje. Dalším vylepšením je takzvaný CNC soustruh, který je ovládán počítačem (Computer Numerical Control), výhoda CNC stroje je, že se dá program psát v překrytém čase obrábění. Na obrázku 23 najdeme moderní CNC soustruh. [10,20]



Obr. 23 – CNC-Soustruh ACLK6156 FANUC / SIEMENS [22]

### 3 NÁSTROJE PŘI OBRÁBĚNÍ

Obrábění materiálu může být uskutečněno několika různými způsoby, všechny tyto způsoby závisí na zvolené operaci a jí přílehlý typ nástroje, ať už se jedná o soustružnický nůž pro soustružení, fréza pro frézování, či brusný kotouč pro broušení ploch obrobku.

V moderní době se používá vyměnitelných břitových destiček, které jsou levnější z důvodu rychlé výměny na noži, tím pádem se nemusí kupovat celý nový nůž, pouze se destička po opotřebení či uštípnutí vymění a proces může pokračovat.

V této kapitole se blíže podíváme na konstrukci soustružnického nože a jeho důležitých úhlů, nakonec si uvedeme nože z různých materiálů.

#### 3.1 Soustružnický nůž

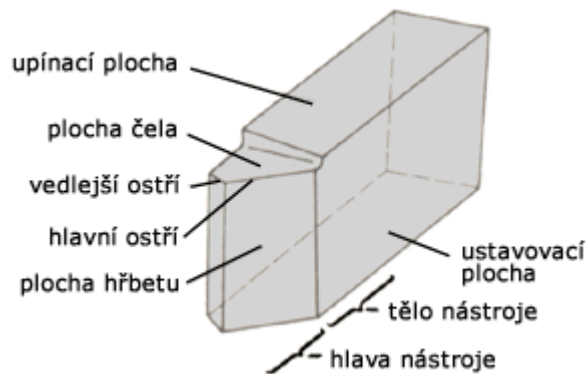
Je potřeba k základní práci řezání materiálu na soustruhu. Každý soustružnický nůž je v podstatě jiný, i když se jedná o jednu operaci, liší se svými úhly. Soustružnický nůž má dva hlavní segmenty: upínací část, za kterou je nůž uchycen nejčastěji do nějaké nožové hlavy a činnou část, ta obsahuje všechny důležité úhly nástroje, které řežou materiál. [1,23]

##### 3.1.1 Základní prvky nástroje

- **Těleso** – část, na které jsou upevněny hlavní elementy ostří.
- **Stopka** – část, za kterou se nůž upíná do upínací hlavy.
- **Osa nástroje** – teoretická přímka s definovanou geometrií ke stanovenému povrchu, používá se při ostření, výrobě či upínání nástroje. Z většiny případů je kolmá nebo rovnoběžná k danému povrchu nástroje.
- **Řezná část** – činná část nástroje, obsahuje prvky pro tvorbu třísky, patří zde hlavně ostří, čelo a hřbet nástroje. Jedná-li se o vícezubý nástroj, tak každá jeho část má svou řeznou část.
- **Základna** – slouží k umístění a orientaci nástroje při jeho výrobě, při ostření a kontrolování nástroje.
- **Břit** – je část ohraničená hřbetem a čelem nástroje, bývá spojen s hlavním a vedlejším ostřím.

### 3.1.2 Plochy nástroje

Na průsečnici čela a hřbetu se nachází hlavní a vedlejší ostří. Hlavní ostří je nasměřováno ke směru pohybu a vedlejší ostří je k němu připojené. Průnik obou hřbetů s čelem nazýváme špičkou nože a spodní plochu, která dosedá na nožovou hlavu základnou. Na obrázku 24 najdeme základní popis kostry soustružnického nože. [1]



Obr. 24 – Plochy nože [1]

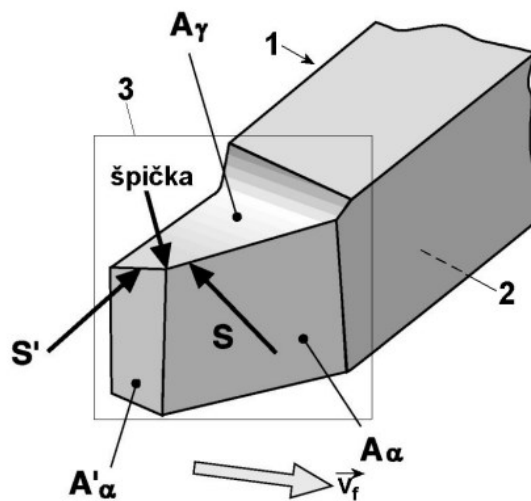
Plochy přilehlé k povrchu řezné části se označují symbolem A, k němu je připojen symbol řecké abecedy, který nám určuje, o jaký druh plochy se jedná (např.  $A\gamma$  – čelo). Plochy, které jsou přiřazeny k vedlejšímu ostří se opět značí písmenem A a opět je k němu připojen symbol řecké abecedy, ale zde se rozlišuje právě čárkou nad symboly (např.  $A\alpha'$ ). [1,10,23]

- **Čelo  $A\gamma$**  – je plocha po které primárně odchází tříska, tvar čela nám určuje křivka, která je vytvořena průsečíkem požadované roviny s plochou čela a dále je tento tvar definován a měřen v nástrojové rovině ostří. [10,23]
- **Lamač třísek** – je část na čelní ploše určená pro lámání nebo svinování odvedených třísek při řezání materiálu, princip spočívá v tom, aby se nám třísky nemotaly do prostoru kontaktní plochy obrobku s nástrojem, což by mohlo zapříčinit zhoršení kvality obrobku, proto je tříska lámána a následně padá do odpadu. Obrázek 25 znázorňuje právě takový lamač třísek. [10,23]



Obr. 25 – Břitová destička s lamačem třisek [24]

- **Hřbet  $A\alpha$**  – Plocha nebo souhrn ploch, které směřují směrem k ploše obrobku, hlavní hřbet  $A\alpha$  směřuje k přechodové ploše obrobku a vedlejší hřbet  $A\alpha'$  směřuje na stranu obrobku. Bližší pohled na plochy hřbetu lze vidět na obrázku 26. [10]



Obr. 26 – Prvky a plochy nástroje (1-těleso, 2-základna, 3-řezná část) [10]

### 3.2 Úhly na noži

Ostří je velmi důležitou částí nože, musí se pečlivě používat a často kontrolovat jinak by došlo k poruchám obrobku ať už nesprávným rozměrům, oděrům či uštípnutým částím.

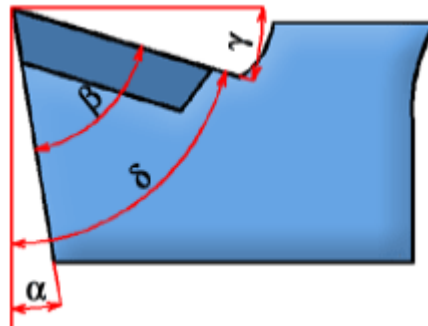
Hlavními řeznými úhly jsou:

- **Hlavní úhel hřbetu** – značíme  $\alpha$ , velikost úhlu má vliv na tření, které vzniká mezi nožem a řeznou plochou obrobku, je to úhel mezi hlavním hřbetem a tečnou k řezné



ploše obrobku. Čím větší bude úhel, tím menší tření nám vzniká a nůž se bude méně zahřívat. Úhel se volí v rozmezí  $6^{\circ}$ - $10^{\circ}$ . [1,23]

- **Úhel břitu** – značí se řeckým písmenem  $\beta$  a svírá úhel mezi čelem a hlavním hřbetem nástroje, jeho velikost bývá  $45^{\circ}$ - $90^{\circ}$ . Menší úhel volíme pro měkčí materiály a větší pro tvrdší volíme větší, protože s menším úhlem nám nůž lépe vniká do materiálu, ale na druhou stranu je takto méně pevný a rychleji se zahřívá, tím se zmenšuje trvanlivost a hrozí ulomení. [1,23]
- **Úhel čela** – značíme  $\gamma$ , úhel mezi čelem a rovinou, která prochází hlavním ostřím nože a je kolmá k řezné ploše obrobku. Tento úhel je dosti podobný úhlu břitu, menší úhly volíme pro obrábění měkčích materiálů a větší pro tvrdší materiály. Mají vliv na odvod třísek, čím větší je úhel  $\gamma$  tím snáze se třísky odvádějí a obrobek nemá takový odpor proti vnikajícímu noži. U měkkých materiálů se úhel volí až  $40^{\circ}$ , ale lze vidět i nože se záporným úhlem čela, těmi jsou pouze nože z SK (slnutých karbidů), které se používají na obrábění těch nejtvrdších a nejpevnějších materiálů. [1,10,23]



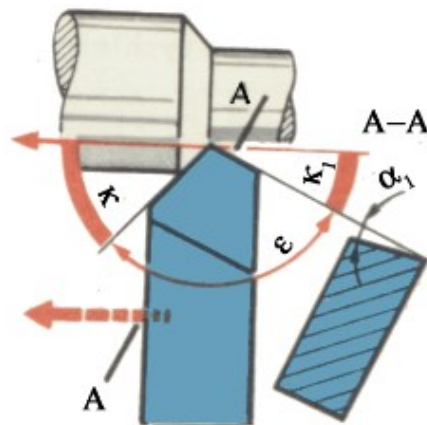
Obr. 27 – Hlavní řezné úhly [1]

- **Úhel řezu** – značíme  $\delta$ , jedná se o úhel mezi čelem nože a tečnou k řezné ploše obrobku. Bývá obvykle menší než  $90^{\circ}$  a je součtem břitu a hlavního hřbetu. Jeho volba opět spočívá ze stejných zásad jako z úhlu břitu. Hlavní řezné úhly viz. obrázek 27. [1]

Vedle těch nejdůležitějších řezných úhlů existují i další úhly, viz. obrázek 28:

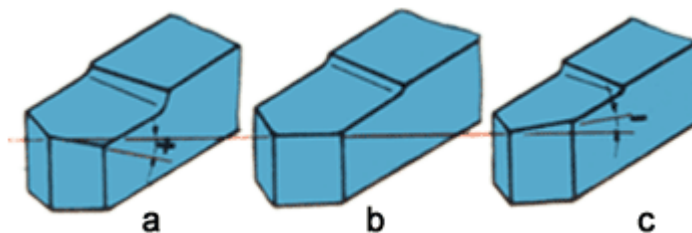
- **Hlavní úhel nastavení** –  $\kappa$ , úhel mezi hlavním ostřím a směrem posuvu nože.
- **Vedlejší úhel nastavení** –  $\kappa_1$ , úhel mezi vedlejším ostřím a směrem posuvu nože, ovlivňuje třetí vedlejšího hřbetu nože o obráběný materiál.

- **Úhel špičky** –  $\varepsilon$ , úhel mezi hlavním a vedlejším ostrím nože, jeho velikost má dopad na opotřebení nože, čím větší tím méně se opotřebovává.
- **Vedlejší úhel hřbetu** –  $\alpha_1$ , úhel mezi rovinou vedenou vedlejším ostrím kolmo k ložné ploše nože a vedlejším hřbetem nože, má stejný vliv na tření jako vedlejší úhel nastavení. [1,10,23]



Obr. 28 – Vedlejší úhly nože [1]

- **Úhel sklonu hlavního ostří** –  $\lambda$ , úhel může být jak kladný, tak nulový, ale i záporný a svírá úhel mezi rovinou rovnoběžnou s ložnou plochou nože, která prochází jeho špičkou a hlavním ostrím. Úhel má vliv na směr odchodu třísek z místa obrábění. Obrázek 29 znázorňuje všechny 3 jeho typy. [1]



Obr. 29 – Úhel sklonu hlavního ostří: a-kladný, b-nulový, c-záporný [1]

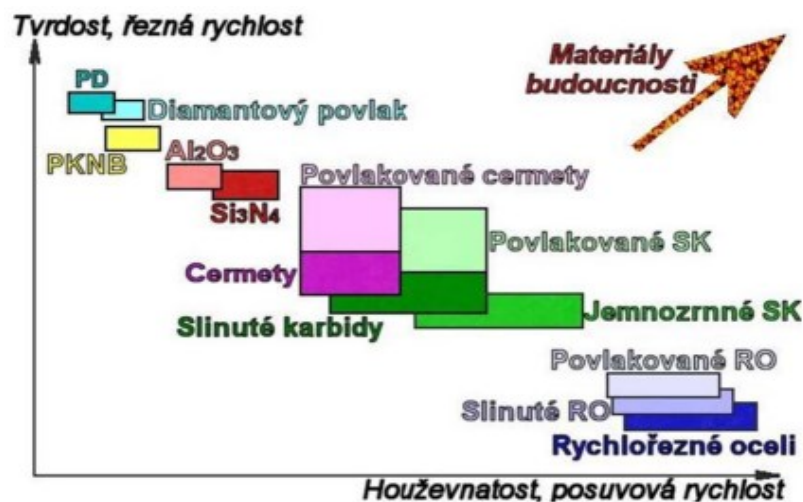
### 3.3 Druhy nožů

Použití správného nože zajistí správné provedení operace a zároveň se minimalizuje jeho opotřebení. Technologie a objevy nových materiálů jsou stále v pohybu, ačkoliv perfektní materiál pro výrobu nožů neexistuje používají se v dnešní době jim hodně podobné. Nejrozšířenějším a nejspolehlivějším materiálem jsou Slinuté Karbidy SK. [25,26]

Hlavním faktorem, které musí materiál nože splňovat je vysoká trvanlivost, houževnatost, chemická odolnost, teplotní odolnost, dostupnost a cena.

Obecně rozděluje nástrojový materiál na následující:

- Rychlořezné oceli
- Slinuté karbidy
- Cermety
- Řezná keramika
- Supertvrdé materiály



Obr. 30 – Vliv mechanických vlastností materiálů na pracovní podmínky [25]

Dále nástrojové materiály dělíme do 6 aplikačních skupin, které jsou odlišeny vlastním písmenem a přiřazenou barvou podle normy ISO 513. [26]

- **Skupina P** – má modrou barvu, určena pro obrábění materiálu, které tvoří dlouhou třísku jako například oceli ze slitin, uhlíkové oceli, nerezové oceli. [26]
- **Skupina M** – má žlutou barvu, universální použití, je určena pro obrábění materiálu, který tvoří středně dlouhé třísky jako například lité oceli a tvárné oceli. [26]
- **Skupina K** – má červenou barvu, určena pro kratší drobné třísky, například litiny nebo temperované litiny. [26]

- **Skupina N** – má zelenou barvu, je určena pro obrábění neželezných kovů jako je hliník a jeho slitiny. [26]
- **Skupina S** – má hnědou barvu, určena pro tepelně odolné slitiny železa, kobaltu, niklu a titanu. [26]
- **Skupina H** – má šedou barvu, vhodná pro vysoce tvrdé a kalené oceli. [26]

## 4 ZPŮSOB PROGRAMOVÁNÍ ČÍSLICOVĚ ŘÍZENÝCH STROJŮ

V novodobém průmyslu se nejčastěji můžete setkat s nějakou formou CNC stroje, protože právě tento typ stroje dokáže zužitkovat veškeré vědomosti, zkušenosti a zručnost operátora tím, že je všechny přesune na programátora a tím do jeho programu. [27]

To však znamená, že musí vědět, jak vlastně CNC stroj funguje, jaké jsou možnosti daného stroje, které se u každého liší. Totéž ovšem platí pro obsluhu stroje, která se stará o jeho údržbu. [27]

Následující kapitola slouží k seznámení se dvěma základními rozděleními způsobu programování trochu spjatou s její historií.

### 4.1 Historie CNC strojů

Počínaje 19. stoletím neboli stoletím páry se průmysl začal výrazně rozvíjet a urychlovat. Do tohoto století také patří vznik metody třískového obrábění, která vnukla první myšlenku pro moderní CNC programování. [28]

V 70. letech 20.století se prvně začalo aplikovat kuličkové, valivé a hydrostatické vedení. Americká firma Westinghouse přidala do NC strojů paměťové a funkční systémy pro editaci programu, ovšem první zásadní krok pro CNC stroje učinila Japonská firma FANUC, která v roce 1972 založila první obráběcí centrum založené na kontrole a ovládání pomocí počítače. [28]

V Japonsku se nadále firma FANUC soustředila na vývoj robotů, které usnadňují všechny procesy obrábění a odstraňují jednu ze zásadních chyb, které mohou při něm nastat, a to je člověk. Ať už se jedná o manipulaci, či o následné měření, daný program je vždy přesnější.

Robot byl poprvé nainstalován do průmyslových závodů v Japonsku rokem 1974 a v Evropě tomu bylo o deset let později. [28]

### 4.2 Ruční programování

V současnosti se převážně používá kód ISO v popsaném absolutním programování.

Přírůstkové programování je starší typ a jeho znalost byla nutná pro NC stroje řízené děrovací páskou. Tento kód ISO má za úkol zjednodušit, zpřehlednit, ale hlavně urychlit tvorbu programu. [7,27]

Je výhodné, aby zvlášť náročné programy vytvářel programátor mimo stroj na počítači, který disponuje příslušným softwarem řídicího systému, ve kterém se dá daný program odladit.

Výhoda je zejména ekonomická, protože náklady, který bychom museli vynaložit na neobrábějí stroj ve kterém by se program vytvořil jsou mnohonásobně vyšší než náklady na program tvořené na počítači. Na stroji se se v současné době programuje zřídka, protože programování na počítači je znatelně rychlejší a jednodušší. [7,27]

#### 4.2.1 Programování – základní funkce a příkazy

Začátek programu před prvním blokem obsahuje znak %, za znakem je uvedeno číslo programu. Před tímto znakem lze psát informace spojené s programem daným pro určitý výrobek. Tyto informace obsažené před znakem % nejsou strojem zpracovány, jedná se čistě o poznámky. Mohou se umístit i za znak, ale v tom případě musí být umístěny do závorek. Potřebné poznámky se obvykle značí v programu funkcí G jako je vidět na obrázku 31 a 32. [27]

Označení funkce	Název funkce	Použití		
G00	Lineární interpolace	Rychloposuvy	V souřadnicích jednotlivých os se uvádí cílový bod, číslo funkce G a další adresy.	
G01		Pracovní posuvy		
G02	Kruhová interpolace (zhotovení rádiusů)	Ve směru		hodinových ručiček
G03		Protí směru		
<i>U rádiusů je nutno rozlišit směr pohledu: soustruh – pohled za osu rotace, frézka – ze strany plusové osy Z (shora)</i>				
G17	Pracovní rovina	X-Y	Určení roviny, ve níž se provádí pracovní posuvy a rychloposuvy (použití u frézek, soustruhů s poháněnými nástroji, u obráběcích center).	
G18		Z-X		
G19		Y-Z		
G33	Řezání závitů	Programátor určuje v programu v bloku každou třísku její rozdílnou hloubkou.		
<i>Autoři softwarů poskytují i cykly pro řezání závitů – programování je jednodušší, nabízí více vhodných strategií pro řezání závitů. Cykly a jejich způsob programování je různý podle jednotlivých autorů softwaru.</i>				
G40	Zrušení korekcí	Vypnutí matematického aparátu výpočtu ekvidistanty.		
G41	Zapnutí korekce rádiusů	Výpočet dráhy nástroje, její ekvidistanty.	Ekvidistanta, nástroj vlevo od kontury.	
G42			Ekvidistanta, nástroj vpravo od kontury.	
<i>Určující je směr pohledu – dívat se ve směru pohybu nástroje.</i>				
G45, 46, 47*	Tečné (tangenciální) nájezdy a odjezdy	Pro plynulý tečný (tangenciální) nájezd do požadovaného bodu na (vnější nebo vnitřní) kontuře obrobku a pro odjezd nástrojem – realizuje se v přímce, rádiusu, oblouku.		
G53	Zrušení posunu nulového bodu	Používá se tehdy, když za posledním posunem pokračuje pohyb v původních souřadnicích.		

Obr. 31 - Základní funkce a příkazy 1/2 [7]

G54–59*	Posuny nulového bodu	Posuny absolutně (dřve i přírůstkové), na začátku i v průběhu programu.			
<i>G540 až G599 se používá na přípravcích s více kusy – provádí se posun nulového bodu z jednoho kusu na další.</i>					
G90	Absolutní	Programování – popis drah nástroje v souřadnicové soustavě.			
G91	Přírůstkové	Programování – popis dráhy nástroje, o kolik se nástroj posune v osách X, Y, Z.			
G92*	Omezení otáček (podle řídicího systému)	Stanoví maximální velikost otáček, které neohrozí bezpečný chod stroje, v závislosti na konkrétním stroji, obrobku – použití spolu s G96.			
G96	Konstantní řezná rychlost	Je zadána řezná rychlost, mění se otáčky vřetene se změnou průměru, na kterém obrábí špička nástroje (užití při soustružení).			
G97	Přímé programování otáček	Ukončuje konstantní řeznou rychlost. Programuje se např. takto: G97 S1500 M4			
G94	Pracovní posuv v	mm × min <sup>-1</sup>	Neuvádí se, je dáno konfigurací	Frézka	Uvádí se u obráběcích center, kde se na rovinách G17–19 obrábí různými technologiemi.
G95		mm × ot. <sup>-1</sup>		Soustruh	
M00	Zastavení stroje, programu, otáček	Použití v samostatném bloku programu. Po stisknutí tlačítka Start obrábění pokračuje. Příklad: lze použít pro odstranění třísek.			
M03	Otáčky vřetene	CW	Ve směru hodinových ručiček.	Při pohledu do vřetene stroje (ze zadní strany), nikoli ze strany obsluhy.	
M04		CCW	Proti směru hodinových ručiček.		
M05	Zastavení vřetene	Použití při ručním ovládní stroje, společně s M3, M4 – např. seřizování nástrojů – korekce.			
M06	Výměna nástroje	Používá se často při ruční výměně nástroje, v případě zásobníků nebývá povinná.			
M07, M08	Zapnutí čerpadla	Chlazení, mazání obrobku při obrábění (možnost použití více čerpadel).			
M09	Vypnutí čerpadla				
M17	Konec podprogramu	Vrací do hlavního programu (hlavní programy mohou používat podprogramy, v těchto je příslušnou funkcí příkaz na vyvolání podprogramu).			
M30	Konec hlavního programu	Návrat na začátek hlavního programu.			
G10, G11*	Polární souřadnice, rychloposuv a posuv	Z cílového bodu předchozí funkce se stanoví úhel a vzdálenost do cílového bodu.			
G110, G111*		Z nulového bodu se stanoví cílový bod nástroje – nástroj vykoná pohyb z předchozího CB.			

Obr. 32- Základní funkce a příkazy 2/2 [7]

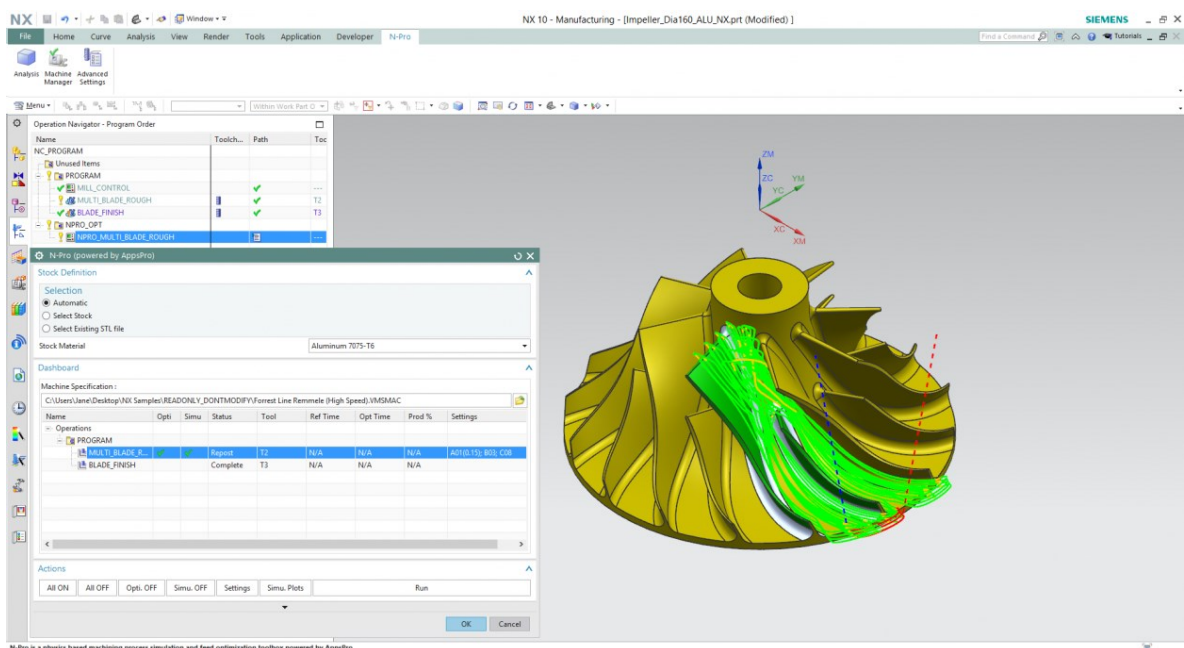
### 4.3 Programování pomocí CAD/CAM systémů

Rychlejší a produktivnější způsob programování než ruční programování. Provádí se pomocí systémů CAD/CAM, které si pomocí postprocesoru přeloží daný program přímo pro řídicí systém daného stroje. [27]

Nabídka trhu uvádí a poskytuje CAD/CAM systémy pro stejnou technologii od různých firem, většinou bývají odlišné v rozhraní, hlavně ceně a také komfortu. Nabídky panelů jsou řešeny různými způsoby, protože prakticky neexistuje žádná norma, která by sjednotila postup práce a obsah příkazů. Příkazy jsou na obrazovce většinou vyjádřeny jedním nebo dvěma slovy. V modulech CAM jsou také řešeny sdružené operace, které obsahují obráběcí centra, to znamená, že na jednom stroji lze jak soustružit, tak i frézovat. [27]

CAD/CAM systémy jsou systémy realizující vyšší stupeň počítačové podpory programování, než je u ručního programování. Výkres vytvořený v systému CAD se zkopíruje a je použit pro další práci v modulech CAM. Základní programátorské příkazy není třeba uvádět, protože se automaticky generují při zadávání kontur ve 2D systémech výkresu nebo při modelu ve 3D. [27]

Obecně je dáno, že čím kvalitnější zkušenosti s ovládáním CAD/CAM systému člověk má tím kvalitnější bude daný program, zkušenější programátoři vytvoří na jeden daný výrobek hned několik různých provedení a z nich si nadále vybírá ten nejkvalitnější. Základním určovacím parametrem je čas. Programátor vybírá program, který trvá co nejkratší dobu, ale zároveň přihlíží, aby se nešlo cestou, která by například značně opotřebovala nástroj, či nějak neohrozila stroj obecně. V následujícím obrázku 33 lze vidět lopatkové kolo, pro které je tvořen program v systému NX. [27]



Obr. 33 – Rozhraní systému NX [29]

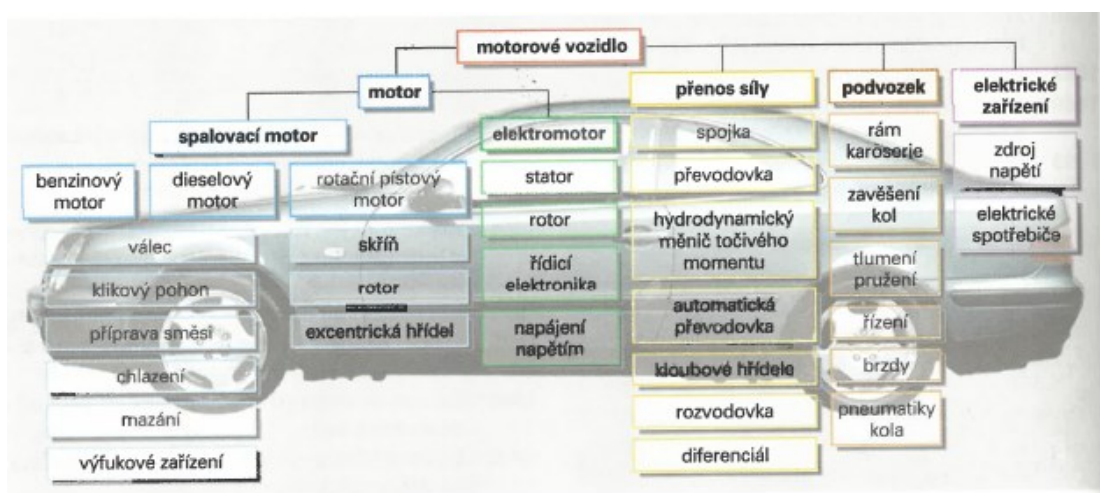


## 5 KONSTRUKČNÍ PRVKY MOTOROVÝCH VOZIDEL

Kapitola představuje stručný souhrn rozdělení prvků v motorových vozidlech a zaměří se okrajově na popis dílu spojky, na kterém je tato bakalářská práce založena.

Motorové vozidlo je děleno na 2 základní skupiny a ty jsou motorová vozidla a přívěsná vozidla. Motorové vozidlo má vždy nějakou formu pohonu. Do motorových vozidel je zahrnuto každé vozidlo vybaveno pro provoz na silnicích a nepotřebují k tomu koleje. [30]

Motorové vozidla se dělí do jednotlivých stavebních částí, které spadají pod své stavební skupiny. Je mnoho způsobů, jak tyto skupiny popsat, ale tohle rozdělení bude odpovídat z konkrétního zdroje č.30. Jedna z mnoha možností nám konstrukci motorového vozidla rozděluje na: motor, přenos síly, podvozek a elektrické zařízení. Jejich následné podskupiny jsou znázorněny na obrázku 34. [30]



Obr. 34 – Konstrukční prvky motorového vozidla [30]

### 5.1 Spojka

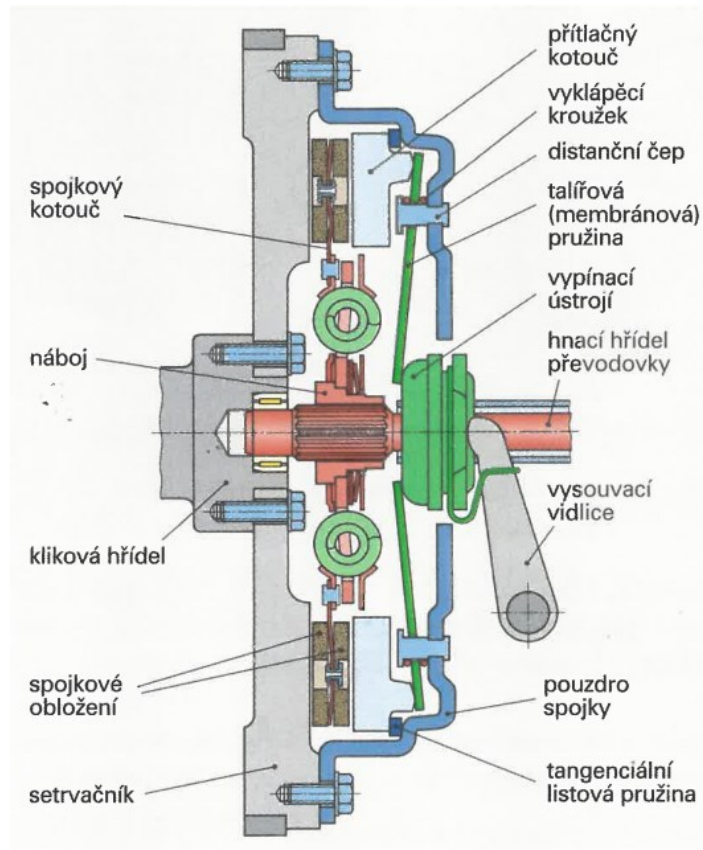
Spojka je rozpojitelný spojovací člen mezi převodovkou a motorem, umístěna ve vedení pohonu motorových vozidel.

Má za úkol:

- Přenášet točivý moment tvořený motorem k převodovce
- Zajistit třením pohodlné a netrhavé rozjíždění
- Rušit a aktivovat tok síly mezi motorem a převodovkou

- Tlumit torzní kmity
- Ochrana motoru před přetížením

Spojky se dále dělí na třecí, hydrodynamické, viskózní, elektromagnetické. [30]



Obr. 35 – Konstrukce jednokotoučové spojky [30]

Protože jsou spojky podstatně širokým tématem, bude se následující kapitola zaměřovat pouze na spojkové kotouče, což je vlastně kapitola spjatá s optimalizovaným dílcem.

### 5.1.1 Spojkové kotouče

Konstrukce spojkového kotouče se skládá z unášecího kotouče, jakožto nosič obložení, náboj s přírubou a profilem, spojkové obložení, pružení obložení a tlumič torzních kmitů. [30]

Spojkové obložení je třecí prvek, který přenáší energii z motoru, leží mezi třecími plochami přítlačného kotouče a setrvačnicku. Dále musí mít dobrou tepelnou odolnost, vysokou odolnost vůči opotřebení a vysoký součinitel tření, který zůstává konstantní i při vysokých teplotách. [30]

Dělí se na

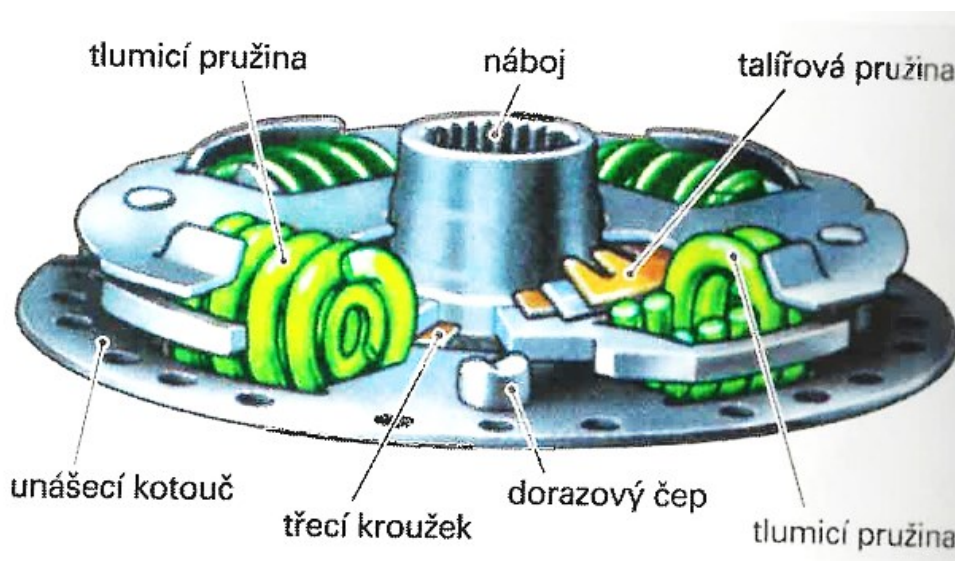
- Organické obložení
- Kovové obložení
- Keramické slinované obložení

Pružení obložení nám zajišťuje netrhavý a klidný rozjezd vozidla, je umístěno mezi třecím obložím. Axiální pružení je konstruováno tak aby při rozjíždění měkce zabralo a v plně zapojeném stavu přiléhalo na ploše třecího obložení. [30]

Dělí se na

- Jednoduché segmentové pružení
- Dvousegmentové pružení
- Meziplechové pružení a lamelové pružení

Torzní tlumič slouží k tlumení torzních kmitů, které přicházejí mezi motorem a převodovkou, skládá se z torzního pružení a třecího zařízení, které jdou vidět na obrázku 36.



Obr. 36 – Torzní tlumič [30]

U torzního pružení náboj leží otočně a opírá se o nábojovou přírubu a několik pružin naproti unášecímu kotouči a protikotouči. Důležité je, aby byl točivý moment určovaný pružinami větší než ten, který přichází z motoru, aby se zamezilo dorazu nábojové příruby na dorazový čep.

Třecí zařízení se skládá až z několika třecích kroužků, talířových pružin pružinového a opěrného kotouče. Talířová pružina nám generuje potřebnou přítláčnou axiální sílu pro tření.

Společným působením třecího zařízení a torzního pružení dosahujeme tlumení torzních kmitů. Vlastnosti tlumení můžeme libovolně měnit použitím jiných typů třecích kroužků a různých pružin. [30]

## 6 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

První kapitola obsahovala základní informace o soustružení a jejich typech. Druhá kapitola je spjata s rozdělením jednotlivých typů strojů a základním popisem hrotového soustruhu.

Třetí kapitola byla věnována různým typům soustružnických nástrojů a jejich důležitou konstrukcí počínaje jejími úhly.

Čtvrtá kapitola přiblížila historii a přechod na moderní počítačem řízenou výrobu, formy programování a informovat o základních funkcích a příkazech pro číslicově řízené obráběcí stroje.

Pátá kapitola pojednává o funkci dílu pro tlumení torzních kmitů ve spojkových kotoučích.

Teoretická část se věnovala nutným zprostředkováním informací potřebným k porozumění, jak funguje proces soustružení, jeho typy a prostředky kterými lze soustružit. Důležité bylo také ovšem se zmínit o samotném výrobku a jeho funkci v automobilech.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Výroba dílu probíhala od roku 2021 na soustruhu Okuma Genos L250II-e. Z důvodu malého množství pracovníků a zefektivnění výroby se firma nadále snaží, co nejvíce zautomatizovat veškerou dosavadní výrobu. Cílem bakalářské práce je převést výrobu dílu ze staršího typu Okuma Genos L250II-e na automatický soustruh Emag VL4 disponující paletovým systémem, zároveň byl dosavadní požadavek vyrobených kusů 30 000 ročně, který byl do konce roku 2021 plněn pomocí práce na klasickém soustruhu. Aktuálně je Emag VL4 schopen roční produkce až 60 000 kusů ročně. Do budoucna firma plánuje ještě větší navýšení produkce, ke které je ale zapotřebí zakoupit dvouvřetenový soustruh např. Emag VL3 Duo nebo Muratec. V momentální době firma nemá vyhrazený dostatek financí k jeho zakoupení.

V následujících kapitolách bude kladen důraz na to popsat:

- Dosavadní výrobu
- Optimalizace výroby
- Porovnání obou způsobů

### 7.1 Představení firmy

V kapitole 8.1.1 je popsáno strojové vybavení firmy a pro představu budou v kapitole 8.1.2 uvedeny některé výrobky a firmy pro které firma plní zakázky. Na obrázku 37 jde vidět vstup do hlavní budovy CV Machining. Areál sídlí na ulici Vavrečkova 5333 ve Zlíně.



Obr. 37 - Budova CV Machining

### 7.1.1 Strojní vybavení firmy

Stroje ve firmě jsou uspořádány hlavně na základě jejich velikosti, ale i tak se snaží z části uspořádat stejné stroje do stejných stanišť budovy. V hlavní budově nalezneme většinou část všech strojů, ať už se jedná o soustruhy, frézky, protahovací stroj, stanoviště s laserem. Firma dokonce disponuje pěti stanovišti s robotickou automatizací, čtyři z toho pro výrobu a jedna pro balící a dokončovací stanoviště.

Aktuální obsazení strojů pro konec roku 2022 je:

- 10 CNC frézovacích center
- 11 CNC soustružnických center
- 1 Protahovací stroj
- 2 Průmyslové pračky
- 5 Robotizovaných pracovišť
- 1 3D laboratorní měřicí přístroj
- Kontrolní pracoviště (drsnoměr, konturograf, Duramax 3D...)

Na obrázku 38 je náhled na dosavad používaný soustruh pro výrobu dílu.



Obr. 38 – Soustruh Okuma Genos L250II-e



Od začátku fungování firmy je počet strojů stále navyšován podle počtu zakázek. V dnešní době je problém s nekompletním zaplněním stanovišť, a proto se firma zaměřuje na upgrade výroby v podobě plně automatizovaných linek a stanovišť.

Výroba byla koncem roku 2022 plně přenesena na automatický soustruh Emag VL4 s paletovým systémem, který lze vidět na obrázku 39.



Obr. 39 – Soustruh Emag VL4

### 7.1.2 Vyráběné součásti

Firma se zaměřuje na sériovou výrobu rotačních i nerotačních součástí pro automobilový průmysl, důlní průmysl, zemědělství, stavebnictví a pro hydraulické systémy.

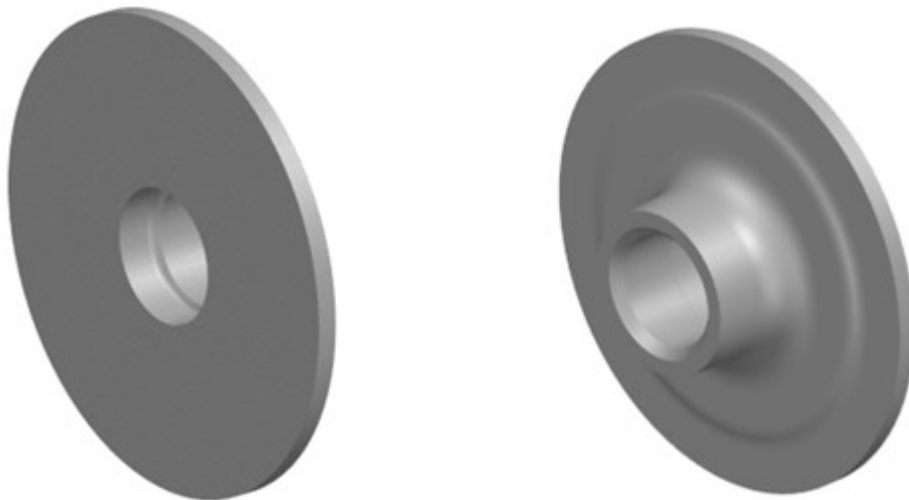
Ročně se odhaduje množství vyrobených kusů na až 2 000 000 kusů a každým rokem číslo stoupá. Firma obrábí více než 150 různých druhů dílců.

Hlavní materiál, který se ve firmě obrábí, je nelegovaná ocel 12050 podle ČSN, dále to může být 14220 a 12040.

Firma obrábí pro další nadnárodní firmy jako Scania, Volvo nebo Bosh Rexroth.

## 7.2 Informace o vyráběném díle

Obráběným dílcem je spojkový kotouč zabraňující torzní kmity, který jde vidět na obrázku 40 (část po prvním a druhém obrábění soustružením). Jelikož se spojkové kotouče otáčejí s vysokými otáčkami, dochází k velkému namáhání odstředivou silou, tato síla způsobuje značná namáhání v třecím obložení, které je většinou nanýtováno nebo nalepeno na spojkovém kotouči a zajišťuje přenos síly třecím stykem. Firma je v dnešní době schopna plnit požadovaný počet kusů ročně což je 50 000 kusů. Nevýhodou před optimalizací bylo to, že se musely vyhradit dva soustruhy pro danou zakázku a na to je potřeba přiřadit obsluhu, kterou firma v poslední době postrádá. Směny se taktéž mění, takže se jedná o střídání jedná a dvou směn v jeden den. Jelikož se jedná o sériovou zakázku, dostává firma od své mateřské společnosti Kovárna VIVA vykované přípravky, které se ve CV Machining obrobí a následně se odesílají pro firmu ZF Sachs.



Obr. 40 – Obrobený dílec

Bakalářská práce je zaměřena na optimalizaci soustružnických operací. Je předpokládáno, že každým rokem množství požadovaných kusů poroste, proto se výroba převádí na modernější soustruhy. Hlavním požadavkem je důraz na kvalitu obrobeného dílce, jeho jakost, rozměry a splnění termínů dodání ze strany zákazníka.

Spojkový kotouč má největší průměr 141 [mm] tolerovaným o půl milimetru do mínusu, pro následné usazení do spojkového kotouče. U největšího průměru je tloušťka výrobku 6 [mm], na které bude při následných operacích (operace po soustružení) obrobena 8 děr na následující tloušťce 8 [mm], které si jde povšimnout na obrázku 40. Bude taktéž obrobena 8 děr většího průměru tyhle kroky ovšem spadají pod frézování. Pro zajímavost bude vnitřní průměr ještě protahován, aby mohl být nasazen na drážkovanou hřídel.

Vnitřní průměr na dvě části, přední bude protahovaná na průměru 35 [mm] a zadní 40 [mm], který bude sedět na ložisku, přechod mezi nimi je zaoblen na R2.

Největší tloušťka výrobku má 35 [mm] a čelo přední části je obrobena do kužele s úhlem 3°. Díl byl vyráběn doposud na tři upnutí, na novějším soustruhu tomu tak bude na dvě upnutí. Každé upnutí bylo realizováno obrobením na hrubo s přídavkem půl milimetru a následným obrobením na čisto.

Podrobnější pohled na výkres lze najít na obrázku č. 43 nebo v příloze číslo 1, která obsahuje celou výkresovou dokumentaci.

### 7.2.1 Materiál a vlastnosti

Díl pro tlumení torzních kmitů je vyroben z oceli C35E dle ISO 683-1 nebo 12040 dle ČSN 10020. Dle značení se jedná o uhlíkovou nelegovanou jakostní ocel používanou v normalizovaném, tvrzeném a kaleném stavu. Oproti C35 poskytuje ušlechtilá C35E vyšší a rozsáhlejší jakostní záruky a mimo jiné i záruku prokalitelnosti, značení C35R poté je vyráběna se zvýšenou spodní hranicí obsahu síry pro lepší obrobitelnost. [31]

Používá se k výrobě lehce namáhaných strojních součástí, náprav, hřídelí, klikových hřídelí, pák, válců, pístních tyčí, ozubených kol, klínů a spojovacího materiálu. Mechanické vlastnosti materiálu jsou uvedeny v tabulce č. 1 a chemické v tabulce č. 2. [31]

#### Tepelné zpracování: [31]

- normalizační žihání 860 až 900 °C
- kalení do vody nebo oleje 840 až 880 °C
- popouštění 550 až 660 °C

Tab. 1 - Mechanické vlastnosti materiálu [31]

Mechanické vlastnosti pro ocel C35E	
Materiál	C35E
Mez pevnosti v tahu $R_m$	500 MPa
Mez kluzu $R_e$	245 MPa
Tvrdość (Rockwell)	51÷58 HRC
Prodloužení při lomu	19 %

Tab. 2 - Chemické složení oceli [31]

Chemické složení oceli C35E [hmotnostní podíl %]								
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu
0,32-0,39	0,10-0,40	0,50-0,80	0,045	0,045	0,40	0,10	0,40	0,30

## 8 PŮVODNÍ TECHNOLOGIE VÝROBY NA SOUSTRUHU OKUMA GENOS L250II-E

Původně byl výrobek zakomponován do výroby na soustruhu Okuma Genos L250II-e, japonského původu, z důvodu jeho kvalitních parametrů a přesností obrábění, ačkoliv slouží spíše pro výrobky menších rozměrů, byl pro tento díl značně dostačující a dá se s ním obrábět většinu zakázek, které firma přijme.

Nevýhodou tohoto soustruhu je jeho zastaralost a neúplné zautomatizování výroby, dílec se zde musel vyrábět na tři upnutí, což je z časového hlediska značný nedostatek. První dvě směny se díl obráběl pouze na jedno upnutí, další dvě směny se musel stroj a program seřadit a pokračovalo obrobení na druhé upnutí, následovalo třetí (kontrola na rovinnost). Z tohoto důvodu a také z důvodu neustále větší poptávky a kvalit ze směru zákazníka byl schválen projekt, kde je přesunuto vyrobení na jiný soustruh.

### 8.1 Soustruh Okuma Genos L250II-e

Stroje řady GENOS LII jsou cenově dostupné, základní multifunkční soustruhy. Tyto stroje jsou postaveny na jednodílné litinové základně s horizontálním systémem, ručně škrábanými dosedacími plochami vřeteníku, koníkem a poskytují stabilitu, tuhost a přesnost pro nejrůznější aplikace. Řada GENOS LII má různé varianty pro vysokou produktivitu a uživatelsky přívětivý design, který přináší velkou kvalitu výroby. [32]

Výroba kotouče probíhala od roku 2021, stroj byl firmou zakoupen v roce 2014.

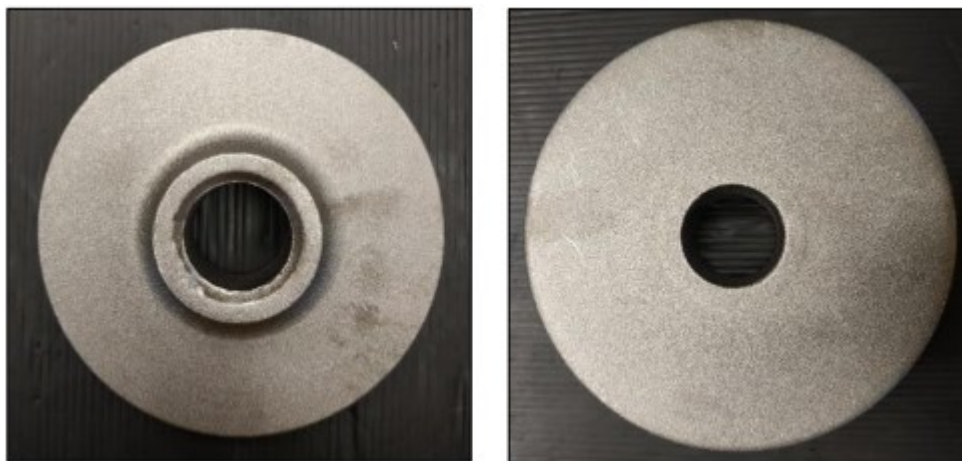
Tab. 3 - Parametry soustruhu Okuma Genos L250II-e

CNC soustruh jednovřetenový s revolverovou hlavou	
Typ	GENOS L250II-e
Maximální obráběný průměr	220 mm
Maximální obráběná délka	290 mm
Otáčky vřetena	4500 min <sup>-1</sup>
Výkon elektromotoru	7,5 kW
Počet vřeten	1
Počet nástrojů v hlavě	12
Hmotnost	3800 kg
Rok výroby	2013
Místo výroby	New Taipei City, Taiwan

Pozn.: Výkon elektromotoru je uveden s hodnotou, která odpovídá 30 minutám po startu neboli 40% využití, průměrný výkon na celou směnu se pohybuje kolem 7,5 [kW].

## 8.2 Zhotovení výrobku na Okuma Genos L250II-e

Nejprve obsluha CNC stroje identifikuje díl a porovná, jestli je paletová průvodka shodná s výrobním příkazem. Na obrázku č. 41 lze vidět výkovek dílu s označením 15620.



Obr. 41 – Výkovek 15620

Původní obal zůstává označen „Kartou výkovku do CV Machining“. Obsluha připraví pro obrobené díly identický obal, který přilepí přidělenou paletovou průvodkou.

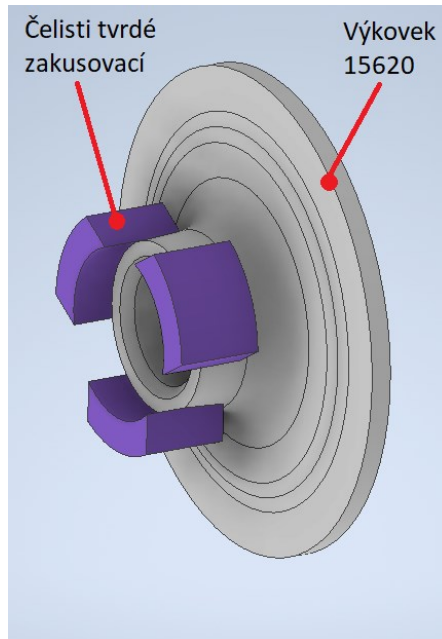
Následuje první obrábění neboli soustružení na první upnutí.

Před upnutím výkovku musí obsluha provést několik příprav:

- Čištění dosedací a upínací plochy od třísek a nečistot, musí být naprosto čisté
- Provádí vizuální kontrolu dílu

Postup vložení a upnutí:

1. Výkovek je vložen do upínacích čelistí stranou s úkosem a dorazí na podpěrné kolíky
2. Upne se za vnější průměr
3. Pootočením sklíčidla se zkontroluje, zda výkovek dosedá na všechny dosedací plochy rovnoměrně

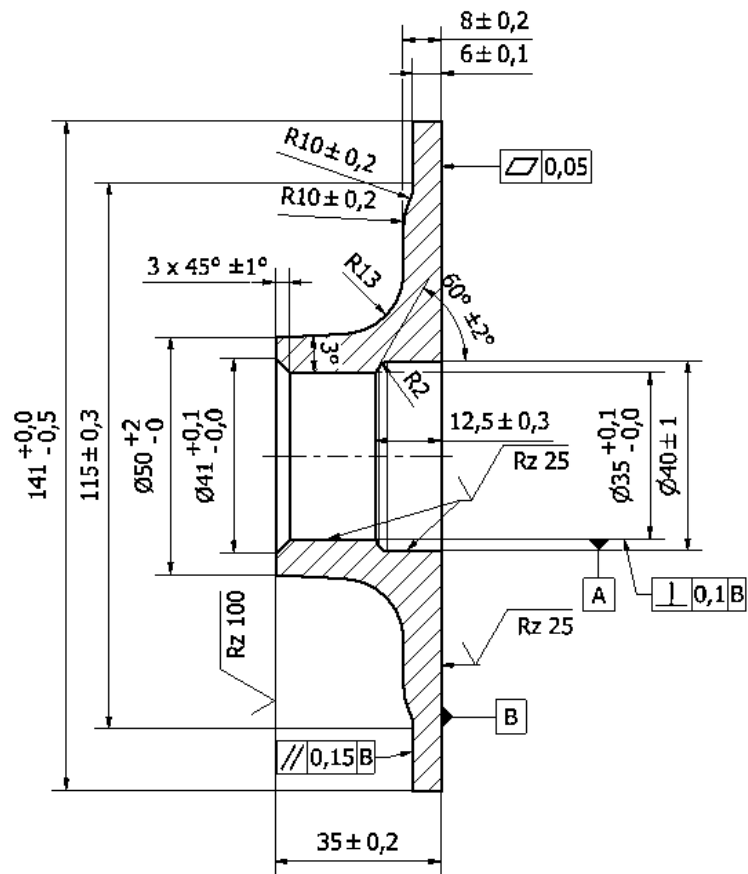


Obr. 42 – Znázornění prvního upnutí na stroji Okuma Genos L250II-e

Pracovní prostor se uzavře a spustí se obráběcí cyklus dle nastaveného programu.

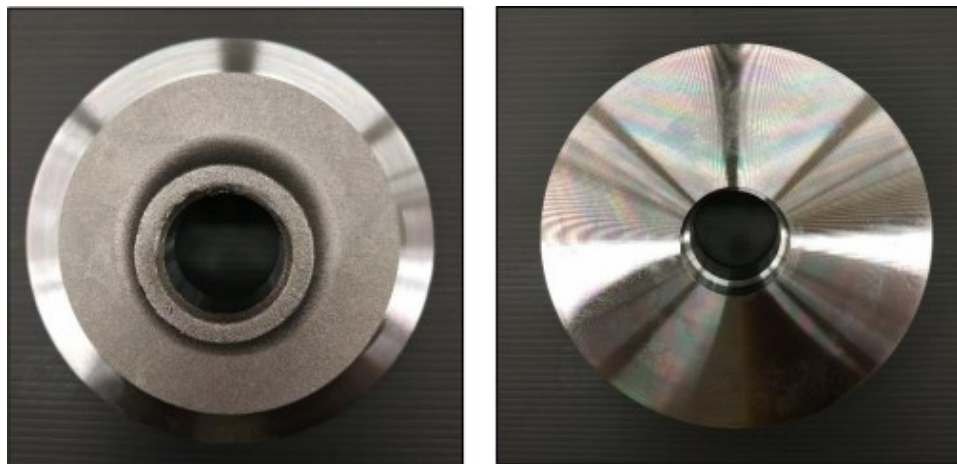
- T1 provede hrubování vnějšího tvaru na průměr 141 [mm], což je největší vnější průměr obrobku.
- T2 vnitřní hrubovací nůž, obrobí na vnitřní část dílu, který je rozdělen na dva průměry, a to je průměr 35 [mm] a 40 [mm].
- T3 provede hrubování zadního čela zapichovacím nožem.
- T4 dokončí vnější tvar a T5 obrobí vnitřní část díry na čisto.
- T6 zakončí první upnutí obrobením na čisto pomocí zpětného nože zadní plochu.

Jednotlivé typy nožů lze vidět v nástrojovém listu. Na následujícím obrázku je pohled na obrobek v řezu.



Obr. 43 - Výkres dílu v řezu

Osoustružený díl obsluha očistí od třísek a zbytků provozních kapalin.



Obr. 44 – Obrobek po prvním upnutí

Po prvním upnutí obsluha provede mezioperační kontrolu dle měřicího plánu. Záznam do měřicího plánu provádí:



- V předepsaných četnostech
- Při každé výměně nástroje/VBD

Obrobky obsluha ukládá do velké Mars přepravky viz. obrázek č.45. Na dno přepravky a mezi patra dává černou plastovou proložku. Dílce se skládají naležato vedle sebe.



Obr. 45 – Mars přepravka

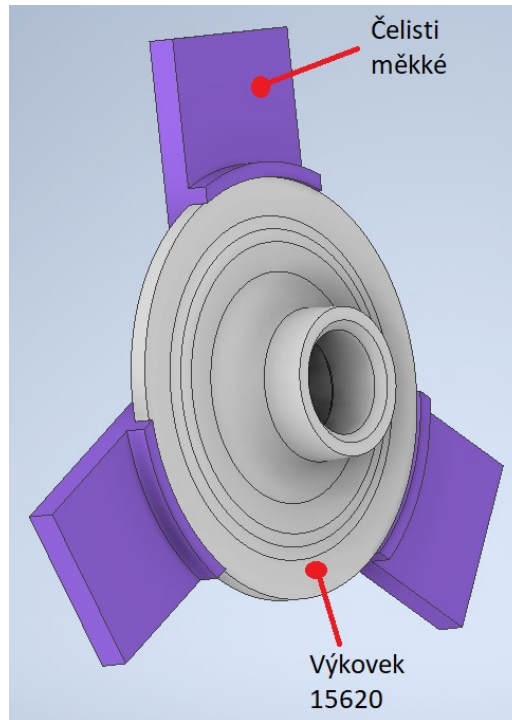
S nástupem další směny nebo po dohodnutém počtu dílců se stroj seřídí a připraví na druhé upnutí.

Opět se prvně provede identifikace dílů, jestli je paletová průvodka shodná s výrobním příkazem. Původní obal zůstává označen paletovou průvodkou. Obsluha připraví pro obrobené díly identický obal, na který přilepí přidělenou paletovou průvodku.

Následuje přepnutí obrobku do druhého upnutí. Je nutností před upnutím provést očištění dosedacích a upínacích ploch, očištění od třísek a nečistot.

Postup pro vložení a upnutí:

1. Obrobek se vloží a dorazí do upínacích čelistí
2. Upne se za obrobený průměr z prvního upnutí
3. Pootočením sklíčidla se zkontroluje, zda obrobek dosedá na všechny tři dosedací plochy rovnoměrně



Obr. 46 - Znázornění druhého upnutí  
na Okuma Genos L250II-e

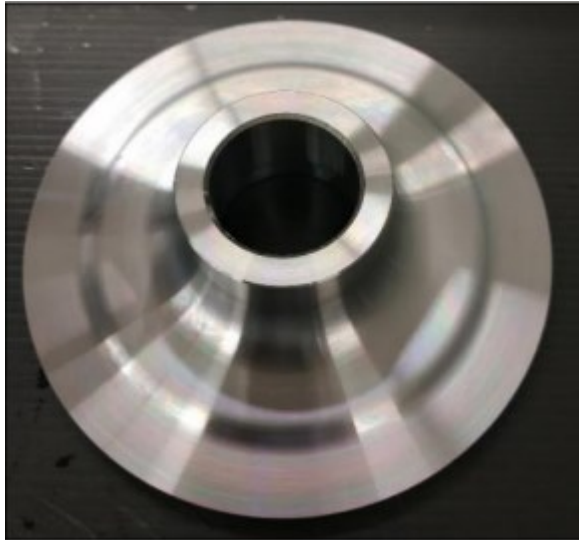
Pracovní prostor se uzavře a spustí se obráběcí cyklus dle nastaveného programu.

- T7 provede hrubování vnějšího tvaru s přídavkem 0,2 [mm], zároveň srazí přední čelo.
- T8 dokončí vnější tvar a T9 udělá sražení  $3 \times 45^\circ$  [mm] a obrobí čelo na čisto, tím si program hlídá pozici v ose Z.

Jednotlivé rozměry lze dohledat viz. obrázek číslo 43.

Obrobí se zbytek přední strany dílce na hrubo a následně na čisto. Obrobí se čelo dílu a jeho přilehlé zkosení u díry.

Třetí upnutí zde rozvedeno nebude, ale je nutné podotknout, že obrobek je upnut stejně jako při prvním upnutí, nyní již za obrobenou plochu a je používán nůž T10 pro kontrolu rovinnosti. Na následujícím obrázku lze vidět přední osoustružená plocha obrobku.



Obr. 47 – Obrobek po druhém upnutí

Obsluha provede mezioperační kontrolu dle měřícího plánu

- V předepsaných četnostech
- Při každé výměně nástroje/VBD

Obrobky se ukládají do velké Mars přepravky. Na dno a mezi patra se vkládá plastová proložka. Dílce se skládají opět vedle sebe.

Plná Mars přepravka je následně přesunuta vysokozdvižným vozíkem na expedici, kde se přepravka na úplný konec překontroluje a s ní i několik kusů dle protokolu. Přepravka se připraví na odvoz pro zákazníka.

Obsluha provádí péči o:

- Obráběcí nástroje
- Upínací přípravky dle seřizovacího listu
- V případě komplikací s kvalitou obrábění nebo funkčností přípravku obsluha postupuje dle eskalační matice
- Stroje a pracoviště dle plánu autonomní údržby

### 8.2.1 Nástrojový list

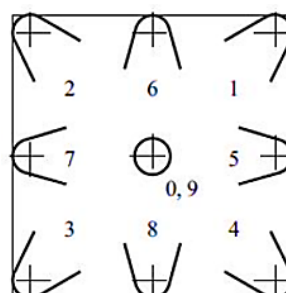
ID nože odpovídá jednotlivému označení T použitého v kapitole 8.2.

Každý nůž je použit pro jeden typ operace, proto mají například některé stejné nože rozdílnou životnost, protože jsou rozděleny pro hrubování a pro dokončování.

Nástroj			VBD			Schéma nástroje
ID	Název nástroje	Označení nástroje	Označení plátku	Orientace špičky	Životnost (ks)	
T1	NŮŽ R0.8 VNĚJŠÍ	PWLNL 08	WNMG080408	3	80	
T2	NŮŽ R0.4 VNITŘNÍ	A25 PWLNL 08	WNMG080404	2	80	
T3	NŮŽ ZAPICHOVACÍ 5 VNĚJŠÍ S VBD	GHDR-5	GIP-5.00	8	100	
T4	NŮŽ R0.4 VNĚJŠÍ	PWLNL 08	WNMG080404	3	150	
T5	NŮŽ R0.4 VNITŘNÍ	A25 PWLNL 08	WNMG080404	2	150	
T6	NŮŽ R0.4 VNĚJŠÍ	SDJCL 11	DCMT11T304	3	100	
T7	NŮŽ R0.8 VNĚJŠÍ	PWLNL 08	WNMG080408	3	80	
T8	NŮŽ R0.8 VNĚJŠÍ	PWLNL 08	WNMG080408	3	150	
T9	NŮŽ R0.4 VNITŘNÍ	A25 PWLNL 08	WNMG080404	2	300	
T10	NŮŽ R0.4 VNĚJŠÍ	PWLNL 08	WNMG080404	3	300	

Obr. 48 – Nástrojový list stroje Okuma Genos L250II-e

Jednotlivé vyměnitelné břitové destičky odpovídají orientaci špičky dle následujícího obrázku č. 49.



Obr. 49 – Orientace špičky VBD

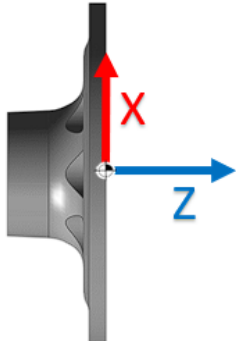
### 8.2.2 Seřizovací list

V seřizovacím listu je stručně popsán způsob, jakým jsou provedena jednotlivá upnutí.

K prvnímu upnutí slouží tříčelist'ové univerzální sklíčidlo o průměru 210 [mm], tlak je dimenzován na přibližně 1,8 [MPa]. Další potřebné komponenty pro upnutí jsou čelisti RBC3A14B-K.

První upnutí je provedeno uchopením za venkovní výkovkový průměr 52,3 [mm], čelo je dotlačeno na dosedací plochu.

Na obrázku č. 50 lze vidět umístění nulového bodu.

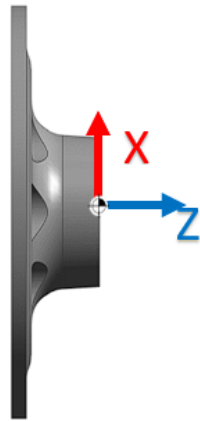
Číslo upnutí:	1	Kód:	G54	Popis:	Obrobková čelní plocha
Souřadnice	<b>Z</b>				
Nulový bod výkovku pro obrábění			Nulový bod na obrobkové čelní ploše:		
			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dotyk nožem na čelní výkovkové ploše</li> <li>2. Zadání polohy v ose Z = 1 mm</li> <li>3. Spuštění obráběcího programu</li> <li>4. Odměření a kontrola hodnot</li> <li>5. Posunutí nulového bodu v Z dle naměřených hodnot</li> </ol>		

Obr. 50 – Nulový bod pro první upnutí

K druhému upnutí slouží tříčelist'ové univerzální sklíčidlo o průměru 210 [mm], tlak je dimenzován na přibližně 0,8 [MPa]. Další potřebné komponenty pro upnutí jsou čelisti Schunk KM-WB 88.

Druhé upnutí je provedeno uchopením za vnější již obrobený průměr 141 [mm] z prvního upnutí.

Na obrázku č. 51 lze vidět umístění nulového bodu.

Číslo upnutí:	2	Kód:	G54	Popis:	Obrobková čelní plocha
Souřadnice	Z				
Nulový bod výkovku pro obrábění			Nulový bod na obrobkové čelní ploše: 1. Dotyk nožem na čelní výkovkové ploše 2. Spuštění obráběcího programu 3. Doměření na výkresový rozměr 4. Posunutí bodu v Z dle naměřených hodnot		

Obr. 51 – Nulový bod pro druhé upnutí

### 8.3 Data výroby

Byla zjištěna data pro rok 2021 což je poslední rok, který program na daném stroji fungoval bez nového stroje Emag VL4 před nástupem optimalizace. Je důležité uvést původní investici, pomocí které porovnáme roční výdělek pro firmu a následnou návratnost výdělku. Z tabulky č. 4 lze vidět kolik byla původní investice pro výrobu dílu 15620.

Tab. 4 - Původní investice do stroje a nástrojů na výrobu na stroji Okuma Genos L250II-e

Okuma L250	Cena [Kč]
Stroj	3 500 000
Čelisti tvrdé zakusovací	9 000
Čelisti měkké	5 000
Čelisti měkké	3 500
Nůž T1	3 081
Nůž T2	5 063
Nůž T3	5 982
Nůž T4	3 081
Nůž T5	5 063
Nůž T6	1 540
Nůž T7	3 081
Nůž T8	3 081
Nůž T9	5 063
Nůž T10	3 081
<b>Celkem</b>	<b>3 555 616</b>

Každý nůž je určen přesně pro jednu část obrobení, tím se rozloží opotřebení SK destiček. Je počítáno s tím, že nůž vydrží kalkulovaný objem 50 000 kusů ročně s předpokladem, že se nezničí.

Tab. 5 - Strojní čas operací na Okuma Genos L250II-e

Okuma L250	Strojní čas [s]
1.upnutí	150 + 20
2.upnutí	120 + 20
3.upnutí	40 + 20
<b>Celkem</b>	<b>370</b>

K jednotlivým upnutím je zapotřebí připočíst +20 [s], což je průměrný čas pro výměnu jednoho kusu.

Z obrovského uložení dat byly následně propočteny výrobní náklady pro 1 kus, cena, která odpovídá spotřebě nástrojů a jednotlivých VBD bez marže a bez režie.

- Podíl nástrojů pro 1 kus byl vypočten na 5,36 [Kč].
- Cena zjištěná za první upnutí činí 15,4 [Kč]
- Cena za druhé upnutí 12,68 [Kč]
- Cena za třetí upnutí 5,43 [Kč]

To vše celkem činí 38,87 [Kč], což je cena, kterou firmu stojí vyrobení jednoho kusu.

S připočtenou marží a režii to činí 86,11 [Kč], což je cena za spotřebu elektřiny, cena za spotřebu chladících a mazných tekutin, náklady na operátora výroby atd. Tato cena se bude hodit v následujícím výpočtu pro roční návratnost. Odhadovaná cena za jeden kus je 188 [Kč].

Následovně bude vypočtena celková potřebná cena pro odhadovaný roční objem kusů:

$$A_o = P_o \cdot K \quad (7)$$

$$A_o = 86,11 \text{ Kč} \cdot 50000 \text{ ks} = 4\,305\,500 \text{ Kč}$$

$A_o$  – Cena vyrobení kusů u Okuma Genos L250II-e [Kč]

$P_o$  – Cena jednoho kusu s marží a režii pro Okuma Genos L250II-e [Kč]

$K$  – Počet kusů kalkulovaných na jeden rok [ks]



Další výpočet bude určovat kolik je schopná si firma ročně na zakázku vydělat:

$$C_o = C_k \cdot K \quad (8)$$

$$C_o = 188 \text{ Kč} \cdot 50000 \text{ ks} = 9\,400\,000 \text{ [Kč]}$$

$C_o$  – Roční výdělek firmy [Kč]

$C_k$  – Prodejní cena jednoho kusu [Kč]

$K$  – Počet kusů kalkulovaných na jeden rok [ks]

Z výsledku lze zjistit, že roční obrát za rok 2021 činil 5 094 500 [Kč] což dokonce pokryje celou investici zakoupení stroje a potřebných nástrojů pro danou výrobu.

Dalším určitě důležitým faktorem je zjistit kolik obráběcích nástrojů se muselo použít při obrábění obrobku a přepočítat její hodnotu na data za celý rok. Je to totiž jedna z hlavních částí, kterou bude firmu zajímat, ať už kvůli zlepšení jejich životností, ale také po ekonomické stránce.

Pořadí destiček v následující tabulce č.9 přesně koreluje s pořadím nožů v kapitole 8.2.1 – Nástrojový list.

Tab. 6 - Spotřeba a cena VBD pro verzi před optimalizací

NŮŽ	Cena jedné VBD [Kč]	Počet hran u jedné VBD	Životnost hrany VBD [ks]	Celková životnost jedné destičky [ks]	Nutný počet destiček na 50000 ks [ks]	Odhadnutá cena destiček za jeden rok [Kč]
T1	149	6	80	480	105	15 645
T2	149	6	80	480	105	15 645
T3	351	2	100	200	250	87 750
T4	149	6	150	900	56	8344
T5	149	6	150	900	56	8344
T6	266	4	100	400	125	33 250
T7	149	6	80	480	105	15 645
T8	149	6	150	900	56	8344
T9	149	6	300	1800	28	4172
T10	149	6	300	1800	28	4172
Celkem					914	201 311

## 9 OPTIMALIZOVANÝ NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY NA EMAG VL4

Jak již bylo několikrát zmíněno, požadavky ať už na počet kusů, či na kvalitu a přesnost výroby se každým rokem stupňují, a proto je snaha o co největší přesun k automatizované výrobě bez chyb a tou je v tomto případě člověk, i když je u obou strojů zapotřebí. U Emag VL4 se značně sníží potřebná manipulace s výrobkem ze strany operátora, ať už jde o úpravu parametrů přímo při výrobě nebo počet upnutí a upínání výrobku samo o sobě. Emag totiž zvládne to, co bylo potřeba udělat na tři upnutí pouze za dvě upnutí, následné přehození si stroj zařídí automaticky, to lze vidět na obrázku č.52.



Obr. 52 - Rameno na přehození výrobku

Při výběru optimalizace se jako jediný hodil tento stroj právě díky paletovému systému a rychlou a návaznou manipulací s výrobkem. Jedná se o vertikální soustruh. Firma v tento moment disponuje dvěma soustruhy Emag VL4. Výhoda oproti předchozímu soustruhu je možnost přehození dílu na druhý stroj, kde již probíhá druhý program.

## 9.1 Soustruh Emag VL4

Vertikální soustružnické centrum VL 4 je schopno obrábět obrobky o maximálním průměru až 200 [mm]. VL 4 je jedním z modulárních soustružnických center EMAG, která vynikají velmi kompaktní konstrukcí. Stejně jako všechna vertikální soustružnická centra této řady je i VL 4 vybaveno integrovaným systémem automatizace sběrače. [33]

Základna stroje z polymerbetonu MINERALIT umožňuje obrábění s nízkými vibracemi a zajišťuje dlouhou životnost nástroje i velmi vysokou kvalitu obrábění při soustružení obrobků. Hlavní vřeteno je upevněno na přední straně pomocí složené kluzné opěrky a umožňuje dynamický pohyb podél os X a Z. Volitelně je k dispozici osa Y pro složité geometrie. [33]

K vlastnímu obrábění se používá dvanáctistojanová nástrojová revolverová hlavička, která se vyznačuje velmi krátkými časy výměny a vynikající stabilitou. Vynikající přístupnost obráběcího prostoru a nástrojové revolverové hlavy umožňuje provést repasování vertikálního soustružnického centra ve srovnatelně krátkém čase. [33]

Pro vertikální soustružnická centra řady VL je volitelně k dispozici měřicí stanice mimo obráběcí prostor. Měřicí stanice se instaluje mezi oblast obrábění a sběrací stanici. Měření se tak provádí během nakládání/vykládání, což výrazně šetří čas. [33]



Obr. 53 – Automatický podavač dílů [33]

Na obrázku č.53 lze vidět podavač soustružnického centra, který si sám odebírá díly z integrovaného stolu dílů pomocí integrovaného automatického systému odebírání. To má

dvě výrazné výhody: Na jedné straně jsou neproduktivní časy zkráceny na absolutní minimum, protože místo nakládání se nachází přímo vedle obráběcího prostoru obráběcího stroje. Na druhé straně lze integrovat libovolné automatizační řešení pro zásobování vertikálního soustružnického centra surovými díly. [33]

Technické parametry soustruhu:

Tab. 7 - Parametry soustruhu Emag VL 4

CNC vertikální soustružnické centrum VL 4	
Typ	VL 4
Maximální obráběný průměr	200 mm
Maximální obráběná délka	200 mm
Otáčky vřetena	4500 min <sup>-1</sup>
Výkon elektromotoru	25 kW
Počet vřeten	1
Počet nástrojů v hlavě	12
Hmotnost	10 000 kg
Rok výroby	2015
Místo výroby	Salach, Německo

Pozn. Výkon elektromotoru je uveden s hodnotou, která odpovídá 30 minutám po startu neboli 40% využití, průměrný výkon na celou směnu se pohybuje kolem 18 [kW].

## 9.2 Zhotovení výrobku na Emag VL4

Obsluha CNC stroje identifikuje a porovná, jestli se paletová průvodka shoduje s výrobním příkazem. Podle ní zjistí, jestli byla vykonána předchozí operace. Prvotním vstupním dílem je opět výkovek 15620, který byl již zmíněn na obrázku č. 41.

Původní obal zůstává označen „Kartou výkovku do CV Machining“. Obsluha připraví pro obrobené díly identický obal, který přilepí přidělenou paletovou průvodkou.

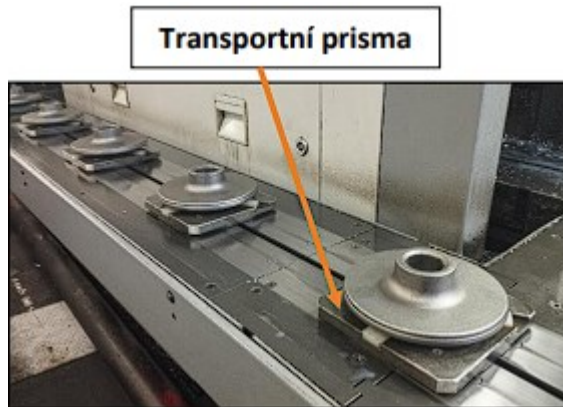
Následuje první obrábění neboli soustružení na první upnutí.

Před upnutím výkovku musí obsluha provést několik příprav:

- Čištění dosedací a upínací plochy od třísek a nečistot (musí být naprosto čisté)
- Provádí vizuální kontrolu dílu

Postup vložení a upnutí:

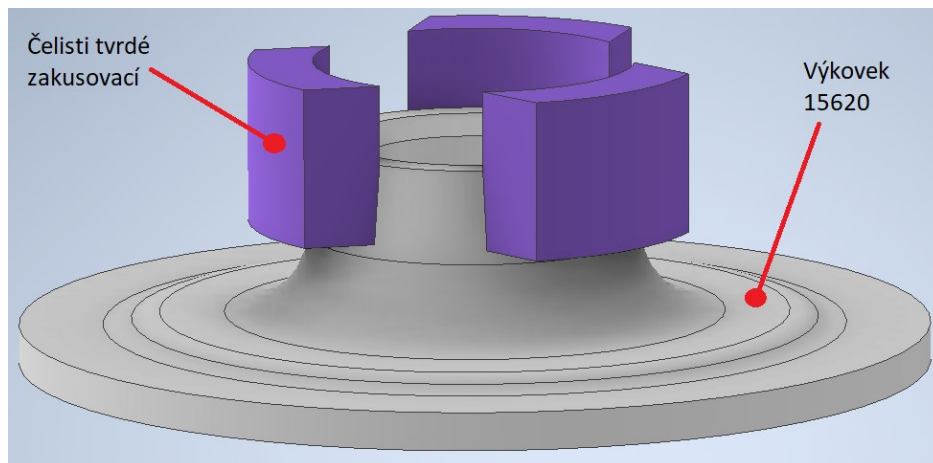
1. Výkovky obsluha stroje vyskládá plochou stranou na středící kroužky umístěné na transportních prismatech – dle schématu na následujícím obrázku.



Obr. 54 – Transportní prisma pro kontinuální výrobu

2. Po spuštění programu se výkovky posouvají do přepínacího prostoru, kde si je univerzální sklíčidlo vřeteníku upíná, výkovek je obroben a změřen sondou. Poté je odložen zpět na transportní prisma a připraven k další operaci.

Díky vertikálnímu sklíčidlu a sondě se zde proces skládá pouze ze dvou upnutí



Obr. 55 - Znázornění prvního upnutí na stroji Emag VL4

- T1 obrobí vnější tvar výkovku na průměr 141 [mm] i s čelem.
- T2 vnitřní hrubovací nůž obrobí na vnitřní část dílu, který je rozdělen na dva průměry, a to je průměr 35 [mm] a 40 [mm].

- T3 provede dokončení vnějšího tvaru
- T4 dokončí vnitřní díru

Po prvním upnutí osoustružený díl obsluha očistí od třísek a zbytků provozních kapalin. Následuje mezioperační kontrola dle měřicího plánu a záznam do měřicího plánu provádí:

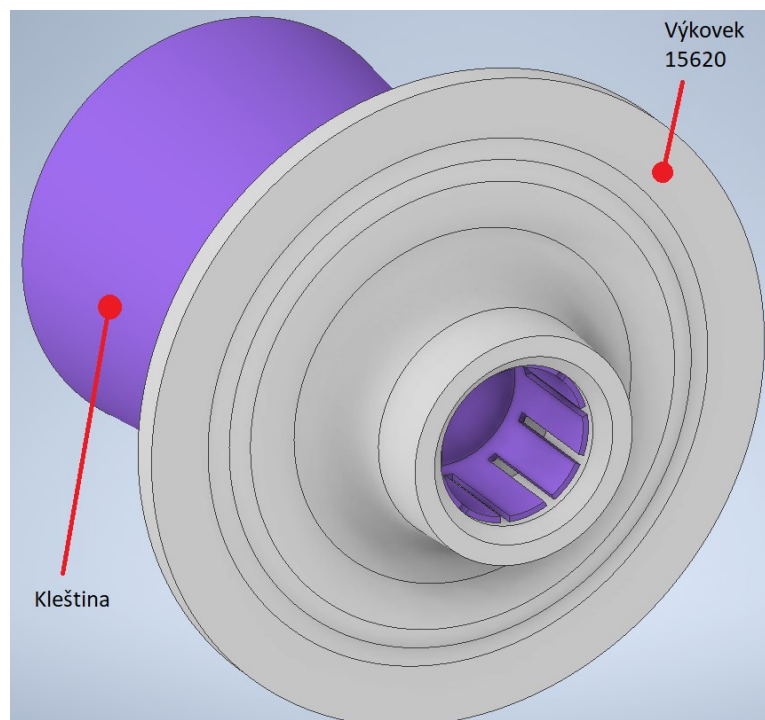
- V předepsaných četnostech
- Při každé výměně nástroje/VBD

Změnu polohy obrobku pro druhé upnutí provádí automatizovaný překladač stroje viz. obrázek č. 52.

Před upnutím obrobku musí být dosedací a upínací plochy naprosto čisté. Očištění provede automatický oplach a ofuk před nájezdem a upnutím obrobku do sklíčidla vřeteníku nebo obsluha přerušením cyklu při zajištění výskytu nadbytečného množství třísek.

Postup vložení a upnutí:

1. Obrobek se upne po aktivování cyklu – spuštěním programu za obrobený vnitřní průměr z prvního upnutí do čelistí sklíčidla
2. Realizováno upnutím do kleštiny za obrobený průměr 35 [mm]



Obr. 56 - Znázornění druhého upnutí do kleštiny na stroji Emag VL4

- T5 obrobí přední stranu dílu s přídavkem pro následující operaci 0,2 [mm]
- T6 dokončí vnější tvar dílu
- T7 překontroluje obrobenou vnitřní plochu a ještě jednou ji obrobí se zaměřením na vnitřní sražení a rádius, nakonec se obrobí  $3 \times 45^\circ$  na předním čele

Po druhém upnutí osoustružený díl obsluha opět očistí od třísek a zbytků provozních kapalin.

Následuje opět mezioperační kontrola, při které záznam do měřicího plánu provádí obsluha:

- V předepsaných čestnostech
- Při každé výměně nástroje/VBD
- Provádí se 100% vizuální kontrola dílu dle katalogu vad pro obrábění

Osoustružené dílce obsluha ukládá do velkých Mars přepravek. Na dno a mezi patra dává černou plastovou proložku.

Obsluha provádí péči o:







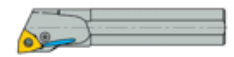
- Obráběcí nástroje
- Upínací přípravky dle seřizovacího listu – v případě komplikací s kvalitou obrábění nebo funkčností přípravku obsluha postupuje dle eskalační matice
- Stroje a pracoviště dle plánu autonomní údržby

### 9.2.1 Nástrojový list

ID nože odpovídá jednotlivému označení T použitého v kapitole 9.1.

Každý nůž je použit pro jeden typ operace, proto mají například některé stejné nože rozdílnou životnost, protože jsou rozděleny pro hrubování a pro dokončování.

Jednotlivé vyměnitelné břitové destičky odpovídají orientaci špičky dle obrázku č. 45. S optimálnějším řešením výroby se zde používá o tři nástroje méně a opotřebenění destiček se po celkové kontrole snížil o přibližně 40 %.

Nástroj			VBD			Schéma nástroje
ID	Název nástroje	Označení nástroje	Označení plátku	Orientace špičky	Životnost (ks)	
T1	NŮŽ R1.2 VNĚJŠÍ	PWLNL 2525	WNMX 080712	3	180	
T2	NŮŽ R1.2 VNITŘNÍ	A25L PCLXL	CXMG 12T512	3	180	
T3	NŮŽ R1.2 VNĚJŠÍ	PWLNL 2525	WNMX 080712	3	250	
T4	NŮŽ R1.2 VNITŘNÍ	A25L PCLXL	CXMG 12T512	3	250	
T5	NŮŽ R1.2 VNĚJŠÍ	PWLNL 2525	WNMX 080712	3	180	
T6	NŮŽ R1.2 VNĚJŠÍ	PWLNL 2525	WNMX 080712	3	250	
T7	NŮŽ R1.2 VNITŘNÍ	A25 PWLNL	WNMG 080412	2	350	

Obr. 57 – Nástrojový list pro stroj Emag VL4

### 9.2.2 Seřizovací list

V seřizovacím listu je stručně popsán způsob, jakým jsou provedena jednotlivá upnutí. K prvnímu upnutí slouží tříčelist'ové univerzální sklíčidlo o průměru 210 [mm], tlak je dimenzován na přibližně 3,5 [MPa]. Další potřebné komponenty pro upnutí jsou čelisti RBC3A14B-K.

První upnutí je provedeno uchopením za venkovní výkovkový průměr 52,3 [mm], čelo je dotlačeno na dosedací kolík.

K druhému upnutí slouží kleštinový upínač HAINBUCH, tlak je dimenzován na přibližně 3 [MPa]. Kleština pro upnutí má průměr 35,09 [mm].

Druhé upnutí je provedeno uchopením do kleštiny za vnitřní obrobený průměr 35 [mm].

Nulové body se nijak neliší od původního nastavení na stroji Okuma, lze si je tedy důkladněji prostudovat na obrázcích č. 50 a 51.



### 9.3 Data výroby

Byla zjištěna data pro rok 2022 což je rok, ve kterém byl program pro výrobu dílu přenesen na soustruh Emag VL4. Z tabulky č. 8 lze vidět kolik byla původní investice pro výrobu dílu 15620 na novém stroji.

Tab. 8 - Investice pro výrobu na Emag VL4

Emag VL4	Cena [Kč]
Stroj 2x	13 000 000
Čelisti tvrdé zakusovací	9 000
Kleštinový upínač	68 000
Paletový systém EMAG	25 000
Nůž T1	3 157
Nůž T2	3 808
Nůž T3	3 157
Nůž T4	3 808
Nůž T5	3 157
Nůž T6	3 157
Nůž T7	5 063
Celkem	13 127 307

Oproti staršímu modelu výroby je investice mnohem vyšší, na druhou stranu budou výtěžky několikanásobně vyšší a po návratnosti, kdy bude celá investice zaplácena, značně vzroste celoroční výtěžek.

Vzhledem k předcházející výrobě je zde potřebný počet nástrojů snížen na 7 a v následující tabulce je čas jednotlivých upnutí.

Tab. 9 - Čas výroby dílu na Emag VL4

Emag VL4	Strojní čas [s]
1.upnutí	123
2.upnutí	108
<b>Celkem</b>	<b>231</b>

Zde jsou již připočteny 3 sekundy, což je čas, který potřebuje stroj pro uchycení obrobku a jeho nastavení do polohy potřebné pro soustružení.

Z obrovského uložště dat byly následně propočteny výrobní náklady pro 1 kus, cena, která odpovídá spotřebě nástrojů a jednotlivých VBD bez marže a bez režie.

- Podíl nástrojů pro 1 kus byl vypočten na 2,56 [Kč]
- Cena zjištěná za první upnutí činí 11,14 [Kč]
- Cena za druhé upnutí 9,78 [Kč]

To vše celkem činí 23,48 [Kč], což je cena, kterou firmu stojí vyrobení jednoho kusu.

S připočtenou marží a režii to činí 52,92 [Kč], což je cena za spotřebu elektřiny, cena za spotřebu chladících a mazných tekutin, náklady na operátora výroby atd. Oproti původní verzi je to o 37,3 % levnější proces, který šetří nejenom na opotřebení nástrojů, ale také na spotřebě energie a ostatních věcí.

Následovně bude vypočtena celková potřebná cena pro odhadovaný roční objem kusů:

$$A_e = P_e \cdot K \quad (9)$$

$$A_e = 52,92 \text{ Kč} \cdot 50000 \text{ ks} = 2\,646\,000 \text{ Kč}$$

$A_e$  – Cena vyrobení kusů na Emag VL4 [Kč]

$P_e$  – Cena jednoho kusu s marží a režii pro Emag VL4 [Kč]

$K$  – Počet kusů kalkulovaných na jeden rok [ks]

Další výpočet bude určovat kolik je schopná si firma ročně na zakázku vydělat:

$$C_o = C_k \cdot K \quad (10)$$

$$C_o = 188 \text{ Kč} \cdot 50000 \text{ ks} = 9\,400\,000 \text{ Kč}$$

$C_o$  – Roční výdělek firmy [Kč]

$C_k$  – Prodejní cena jednoho kusu [Kč]

$K$  – Počet kusů kalkulovaných na jeden rok [ks]

Z výsledku lze zjistit, že roční obrat za rok 2022 činil 6 754 000 [Kč], což je schopná firma během dvou let pokrýt a navrátit výdělkem původní investici.

Dalším určitě důležitým faktorem je zjistit kolik obráběcích nástrojů se muselo použít při obrábění obrobku a přepočítat její hodnotu na data za celý rok. Je to totiž jedna z hlavních částí, kterou bude firmu zajímat, ať už kvůli zlepšení jejich životností, ale také po ekonomické stránce.

Pořadí destiček v následující tabulce č.10 přesně koreluje s pořadím nožů v kapitole 9.2.1 – Nástrojový list.

Tab. 10 - Spotřeba a cena VBD po optimalizaci

NŮŽ	Cena jedné VBD [Kč]	Počet hran u jedné VBD	Životnost hrany VBD [ks]	Celková životnost jedné destičky [ks]	Nutný počet destiček na 50000 kusů [ks]	Vypočtená cena destiček za jeden rok [Kč]
T1	225	6	180	1080	47	10 575
T2	211	4	180	720	70	14 770
T3	225	6	250	1500	34	7650
T4	211	4	250	1000	50	10 550
T5	225	6	180	1080	47	10 575
T6	225	6	250	1500	34	7650
T7	194	6	350	2100	24	4656
Celkem					306	66 426

## 10 ZHODNOCENÍ OPTIMALIZACE – POROVNÁNÍ

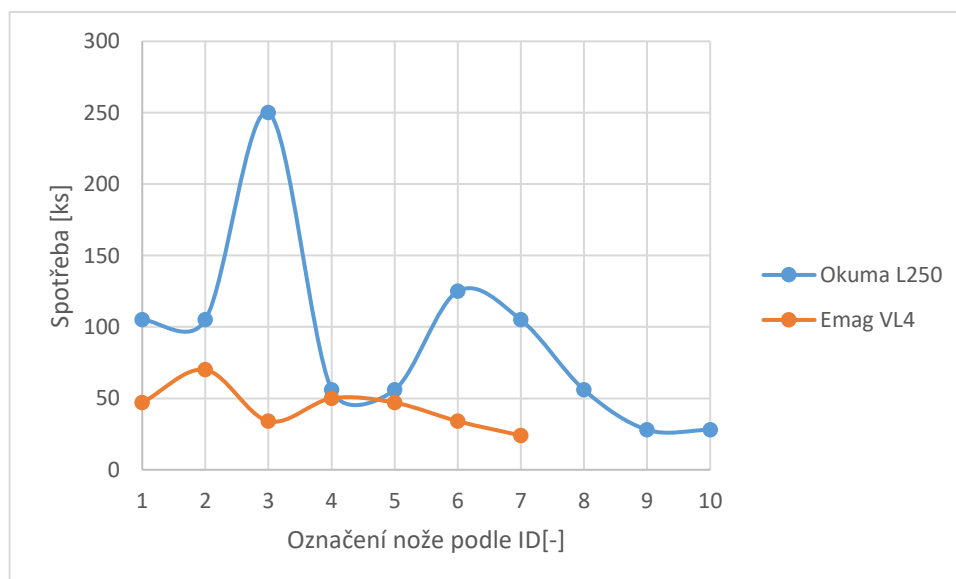
Díky průzkumům bylo zjištěno několik důležitých vylepšení a porovnání v cenové šíři. Například bylo zjištěno, že je zapotřebí mnohem vyšší investice, na kterou si firma zpět vydělá během dvou let, to je o rok více než při předchozím obrábění. Po dvou letech, ale výtěžky exponenciálně vzrostou, a to ani není počítáno s uvolněním výroby pro ostatní zakázky.

Tab. 11 - Porovnání časů u jednotlivých strojů

Strojní čas [s]	Okuma Genos L250II-e	Emag VL4
1.upnutí	170 s	123 s
2.upnutí	140 s	108 s
3.upnutí	60 s	---
<b>Celkem</b>	<b>370 s</b>	<b>231 s</b>

Bylo zjištěno, že novému stroji bude trvat vyrobit jeden kus 231 sekund, to je zhruba o 37 % kratší proces než u původní metody.

- Celková původní investice vzrostla z 3 555 616 [Kč] na 13 127 307 [Kč]
- Celková vypočítaná cena za spotřebu destiček se snížila z 201 311 [Kč] na 66 426 [Kč] za rok



Obr. 58 – Graf spotřeby destiček pro jednotlivé stroje

Z dat byl zjištěn výrazný pokles ve výměně destiček, jejich životnost byla v určitých operacích až dvojnásobná. V následující tabulce je shrnutí zbylých důležitých parametrů.

Tab. 12 - Shrnutí optimalizace mezi způsoby výroby

	Roční spotřeba VBD [ks]	Počet výrobních nástrojů [ks]	Celkové náklady na vyrobení 1 kusu [Kč]	Roční zisk [Kč]
Okuma Genos L250II-e	914	10	86,11	5 094 500
Emag VL4	306	7	52,92	6 754 000

Na první pohled se zisk nemusí zdát tak vysoký, je ale nutno vědět, že výpočty byly kalkulovány na 50 000 kusů pro obě metody s novou optimalizací je schopna firma vyrábět 1,6násobek původního počtu kusů.

## 10.1 Řešení výroby do budoucna

V průběhu vypracování bakalářské práce se kladl požadavek ze strany zákazníka na 50 000 kusů ročně a je patrné, že v následujících letech požadavky určitě porostou. Proto je v dohledné době plánované pořízení ještě modernějšího dvouvretenového typu Emag VL3 DUO nebo Muratec. V následujících dvou kapitolách bude vyhodnocena roční výroba na základě dat získaných z roku 2021 a 2022.

## 10.2 Výpočet výroby na stroji Okuma Genos L250II-e

Základní parametrická struktura výroby na Okuma Genos L250II-e:

- 2 směnný provoz
- 5 pracovních dní v týdnu
- Čas výroby jednoho dílce je 370 s
- Rok 2021 měl 252 pracovních dní a reálný počet dnů bez závad či odstávky byl 241 dní

Výpočet kusů vyrobených za rok na Okuma Genos L250II-e:

- Počet kusů vyrobených za hodinu  $K_h = \frac{3600\text{ s}}{370\text{ s}} = 10\text{ [ks]}$
- Počet kusů vyrobených za 1 den  $K_d = 15\text{ h} \cdot 10\text{ ks} = 150\text{ [ks]}$
- Počet kusů vyrobených za 1 pracovní rok  $K_r = 241\text{ dní} \cdot 150\text{ ks} = 36150\text{ [ks]}$

Původní požadavek od zákazníka před zvýšením požadavku byl 30 000 kusů, s přebytkem asi 6 000 kusů. Po dohodě se zákazníkem byl změněn požadavek na 50 000 kusů, což požadovalo určitou investici do lepšího obráběcího centra.

### 10.3 Výpočet výroby na Emag VL4

Základní parametrická struktura výroby na Emag VL4:

- 2 směnný provoz
- 5 pracovních dní v týdnu
- Čas výroby jednoho dílce je 231 s
- Rok 2022 měl 252 pracovních dní a reálný počet dnů bez závad či odstávky byl 247 dní

Výpočet kusů vyrobených za rok na Emag VL4:

- Počet kusů vyrobených za hodinu  $K_h = \frac{3600\text{ s}}{231\text{ s}} = 16\text{ [ks]}$
- Počet kusů vyrobených za 1 den  $K_d = 15\text{ h} \cdot 16\text{ ks} = 240\text{ [ks]}$
- Počet kusů vyrobených za 1 pracovní rok  $K_r = 247\text{ dní} \cdot 240\text{ ks} = 59280\text{ [ks]}$

Díky investici a přesunu výroby na Emag VL4 se lehce dosáhlo požadavků od zákazníka, tím se uvolnil prostor pro jiné zakázky na starém soustruhu. Do budoucna je určitě počítáno s navýšením počtu kusů, ten má v plánu zatím firma vyřešit investicí do dvou strojů Emag VL3 DUO, které by ještě teoreticky zdvojnásobily dosavadní výrobu.

## ZÁVĚR

Bakalářská práce řešila problematiku nedostatku výrobních kapacit, přehlcení starého typu stroje zakázkami a zvyšováním nároků ze strany zákazníka. Práce byla vypracována na zázemí firmy CV Machining s.r.o., která je dceřiná společnost od firmy Kovárna Viva, se kterou úzce spolupracuje. Výroba byla realizována na jednovřetenovém horizontálním soustruhu Okuma Genos L250II-e do roku 2022, zároveň byla výroba v provozu na novém soustružnickém centru Emag VL4, jedná se o vertikální soustružnické centrum s vlastním paletovým systémem, automatickým podávacím systémem a zabudovanou měřicí sondou.

Řešení obsahovalo především zoptimalizování výrobních časů a spotřebu obráběcích nástrojů (VBD).

Vzhledem ke konstrukční stránce dílce a vysokého požadavku na rovinnost zadního čela firma vybrala právě tento soustruh s mnohými patrnými upgrady. Zároveň má již firma dlouholetou zkušenost s firmou Emag, a proto se rozhodla pořídit si stroj na optimalizaci výroby právě od ní.

Na základě výpočtů bylo zjištěno, že se celkový výrobní čas zkrátí o 37 % a taktéž se cena na výrobu 1 kusu se započtenou marží a režii sníží o stejných 37 %. Zároveň je zakomponováno o 3 nástroje méně, čímž se lépe bude provádět jejich kontrola a následná výměna. Cena jednotlivých destiček byla v průměru asi o 60 korun dražší, byla ale vykompenzována zvýšenou životností díky pečlivosti stroje.

Bylo zjištěno že se za rok vyrobí o 1,6násobně více kusů a uvolní se výroba pro jiné zakázky na předchozích soustruzích.

Do budoucna má firma v plánu pořídit novější typ Emagu, který má 2 vřetena, to by výrobu dále zdvojnásobilo. Na další pořízení strojů musí firma ovšem důkladně rozplánovat jejich umístění a vzhledem k nynějšímu růstu firmy se volné pracovní prostory rychle zužují. S aktuální smlouvou je ovšem po optimalizaci firma plnohodnotně schopná kompletace zakázky.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] *Soustružení: Základní pojmy*. *Osu.cz* [online]. [cit. 2022-10-04]. Dostupné z: <https://www.osu.cz/dokumenty/proportal/pdf/kpv/soustruzeni/lekce1.htm>
- [2] *Průručka pro technology - Jak je to s řeznými silami?* [online], 2012. MM Průmyslové spektrum [cit. 2022-09-30]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/prirucka-pro-technology-jak-je-to-s-reznymi-silami>
- [3] *Vrtání otvorů na soustruhu* [online]. [cit. 2022-10-20]. Dostupné z: [https://coptel.cz/pluginfile.php/16864/mod\\_resource/content/1/Vrt%C3%A1n%C3%AD%20otvor%C5%AF%20na%20soustruhu.pdf](https://coptel.cz/pluginfile.php/16864/mod_resource/content/1/Vrt%C3%A1n%C3%AD%20otvor%C5%AF%20na%20soustruhu.pdf)
- [4] ITO, Yoshimi a Takashi MATSUMURA, 2017. *Theory and Practice in Machining Systems*. Switzerland: Springer International Publishing. ISBN 978-3-319-53900-3.
- [5] ISAKOV, Edmund, c2009. *Cutting data for turning of steel*. New York: Industrial Press. ISBN 978-0-8311-3314-6.
- [6] EVANS, Kenneth W.; POLYWKA, John; GABREL, Stanley, 2001. *Programming of computer numerically controlled machines*. Industrial Press Inc. ISBN 0831131292.
- [7] ŠTULPA, Miloslav, 2015. *CNC: programování obráběcích strojů*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5269-3.
- [8] *Turning* [online], c2022. CustomPartNet [cit. 2022-10-04]. Dostupné z: <https://www.custompartnet.com/wu/turning>
- [9] *Iscar turning lines: Metric Catalog*. [online]. [cit. 2022-10-04]. Dostupné z: [https://www.iscar.cz/Catalogs/flipview/flipview2022/english-1/TURNING-CATALOG-42\\_2022-p001-120/index.html](https://www.iscar.cz/Catalogs/flipview/flipview2022/english-1/TURNING-CATALOG-42_2022-p001-120/index.html)
- [10] HUMÁR, Anton, 2003. *TECHNOLOGIE I* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TI\\_TO-1cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TI_TO-1cast.pdf)
- [11] BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS, 2014. *Výrobní inženýrství a technologie*. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati. ISBN 978-807-4544-712.
- [12] *Seco Industries: Soustružení* [online]. [cit. 2022-10-04]. Dostupné z: <https://www.seco-slevarna.cz/soustruzeni/>



- [13] ŠKODA Akademie: KNVF - *ŘEZNÉ PODMÍNKY PŘI OBRÁBĚNÍ* [online]. [cit. 2022-10-20]. Dostupné z: <https://az749841.vo.msecnd.net/sitescszcsou/alv1/5acc43e2-4b7d-4d0e-ad8d-407526016e71/Rezne-podminky-pri-obrabeni.f1029a8cc71987e310d080ceb061141f.pdf>
- [14] VASILKO, Karol a Jan MÁDL, 2012. *Teorie obrábění*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem. ISBN 978-80-7414-459-2.
- [15] WALKER, John R. a Bob DIXON, [2019]. *Machining fundamentals*. 10th edition. Tinley Park, IL: The GoodheartWillcox Company, XXII, 650 s. ISBN 9781635632088.
- [16] ŠTULPA, Miloslav, 2022. *Technologie obrábění: CNC soustružení, frézování, vrtání pro praxi*. Grada, 1 online zdroj (160 stran). ISBN 978-80-271-4588-1. Dostupné také z: <https://www.bookport.cz/AccountSaml/SignIn/?idp=https://shibboleth.utb.cz/idp/shibboleth&returnUrl=/kniha/technologie-obrabeni-10995/>
- [17] *Sandvik Coromant: Upichování* [online]. [cit. 2022-10-07]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/parting-grooving/pages/parting-off.aspx>
- [18] *Řezání závitů na soustruhu* [online]. [cit. 2022-10-20]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/107336622-Rezani-zavitu-na-soustruhu.html>
- [19] *Tumlikovo: SOUSTRUHY* [online]. [cit. 2022-10-20]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/prevodovka-go-schaublin-sv-102-vm/>
- [20] *Soustružnické stroje* [online]. [cit. 2022-10-20]. Dostupné z: <http://techstroj.g6.cz/S/S13.pdf>
- [21] *What is the difference between automatic and semi automatic lathes?* [online]. [cit. 2022-10-20]. Dostupné z: <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-automatic-and-semi-automatic-lathes>
- [22] *Atol: CNC soustruh Fanuc / Siemens* [online]. [cit. 2022-10-20]. Dostupné z: <https://www.stroje-atol.cz/cnc-soustruh-fanuc-siemens/cnc-soustruh-aclk6156-fanuc-siemens/>
- [23] KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie výroby II: Řešené příklady* [online]. [cit. 2022-10-21]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TechnVyroby\\_II.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TechnVyroby_II.pdf)

- [24] *Dovavanik.cz: plátky SK soustružnických nožů* [online]. [cit. 2022-10-21]. Dostupné z: <http://www.dovavanik.cz/platky-SK-soustrznickych-nozu.html?vyhledavani=&vsude=&list=&xmlid=2117929>
- [25] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [26] *Nástrojové materiály*. u12134.fsid.cvut [online]. 2013 [cit. 2022-10-21]. Dostupné z: [http://u12134.fsid.cvut.cz/podklady/ON/2013\\_1\\_Nastrojove\\_materialy.pdf](http://u12134.fsid.cvut.cz/podklady/ON/2013_1_Nastrojove_materialy.pdf)
- [27] ŠTULPA, Miloslav, 2006. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. Praha: BEN - technická literatura. ISBN 978-80-7300-207-7.
- [28] *Factoryautomation.cz* [online]. [cit. 2022-11-04]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/10-dat-z-historie-obrabeni-na-cnc-strojich-kam-saha-historie-cnc-obrabeni/>
- [29] *Malinc.com* [online]. [cit. 2022-11-04]. Dostupné z: <https://www.malinc.com/products/npro-nx-plugin/>
- [30] GSCHEIDLE, Rolf, 2001. *Příručka pro automechanika*. Praha: Sobotáles. ISBN 80-859-2076-X.
- [31] *Steelnumber: European Steel and Alloy Grades* [online], 2011- 2022. [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: [http://www.steelnumber.com/en/steel\\_composition\\_eu.php?name\\_id=182](http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=182)
- [32] *Okuma: Genos L* [online]. [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: <https://www.okuma.eu/products/by-process/turning/genos-l-series/genos-l250ii-e/>
- [33] *Emag* [online]. [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: <https://www.emag.com/products-services/machines/turning-machines/modular-v1/v1-4/>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Jednotka	Popis
$A_d$	[mm <sup>2</sup> ]	Průřez třísky
$A_e$	[Kč]	Cena vyrobení kusů na Emag VL4
$A_o$	[Kč]	Cena vyrobení kusů na Okuma Genos L250II-e
$a_p$	[mm]	Hloubka řezu
$A_\alpha$	[-]	Hřbet nože
$A_{\alpha'}$	[-]	Vedlejší hřbet nože
$A_\gamma$	[-]	Čelo nože
$C_o$	[Kč]	Roční výdělek firmy
$C_k$	[Kč]	Prodejní cena jednoho kusu
$D$	[mm]	Průměr materiálu
$f$	[mm/otáčku]	Posuv
$F_c$	[N]	Řezná síla
$F_f$	[N]	Síla posuvu
$F_p$	[N]	Pasivní síla
$K$	[ks]	Počet kusů kalkulovaných na jeden rok
$k_c$	[MPa]	Řezný odpor
$K_d$	[ks]	Počet kusů vyrobených za den
$K_h$	[ks]	Počet kusů vyrobených za hodinu
$K_r$	[ks]	Počet kusů vyrobených za pracovní rok
$L$	[mm]	Délka soustružené plochy
$n$	[min <sup>-1</sup> ]	Otáčky
$P$	[W]	Řezný výkon
$P_e$	[Kč]	Cena kusu s marží a režií pro Emag VL4
$P_{el}$	[W]	Příkon

---

$P_o$	[Kč]	Cena kusu s marží a režii pro Okuma Genos L250II-e
$t$	[min]	Čas obrábění
$v_c$	[m/min]	Řezná rychlost
$v_f$	[mm/min]	Rychlost posuvu
$\alpha$	[°]	Hlavní úhel hřbetu
$\alpha_1$	[°]	Vedlejší úhel hřbetu
$\beta$	[°]	Úhel břitu
$\gamma$	[°]	Úhel čela
$\delta$	[°]	Úhel řezu
$\varepsilon$	[°]	Úhel špičky
$\eta$	[%]	Účinnost motoru
$\kappa$	[°]	Hlavní úhel nastavení
$\kappa_1$	[°]	Vedlejší úhel nastavení
$\lambda$	[°]	Úhel sklonu hlavního ostří
$\pi$	[-]	Ludolfovo číslo

---

<b>Zkratka</b>	<b>Popis</b>
C35/E/R	Typ ušlechtilé oceli
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CNC	Computer Numerical Control
ČSN	Československá státní norma
ID	Identifikační číslo
ISO	Internation Organization for Standartization
NC	Numerical Control
NX	Komerční CAD/CAM/CAE program
PD	Polykrystalický diamant
PKNB	Polykrystalický kubický nitrid boru
RO	Rychlořezné oceli
SK	Slinuté karbidy
VBD	Vyměnitelná břitová destička
VL	Vertical lathe

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 - Základní pracovní pohyby [1] .....	11
Obr. 2 - Složky síly při soustružení [4].....	12
Obr. 3 - Příklad dvou bloků z CNC programu [16] .....	14
Obr. 4 – Základní operace na soustruhu [10].....	15
Obr. 5 – Soustružení podélných/válcových ploch [12].....	16
Obr. 6 - Různé typy nožů používané pro hrubování válcových ploch [1].....	16
Obr. 7 - Typ ubíracího nože pro dokončovací operace [9] .....	17
Obr. 8 – Čelní soustružení [1].....	17
Obr. 9 - Velikost přídatku na hrubování čelních ploch [1] .....	18
Obr. 10 – Vnitřní soustružnický nůž [9] .....	18
Obr. 11 – Tři základní vzhledy třísek [13].....	19
Obr. 12 – Vrtání děr na soustruhu [3] .....	20
Obr. 13 – Jednochodý a vícechodé závity [18].....	20
Obr. 14 – Závitová čelist [18] .....	21
Obr. 15 – Sadové závitníky [18] .....	22
Obr. 16 – Upichovací nůž [17] .....	22
Obr. 17 – Převodová skříň [19] .....	23
Obr. 18 – Hrotový soustruh [18].....	25
Obr. 19 – Čelní soustruh [1] .....	26
Obr. 20 – Revolverový soustruh [19] .....	27
Obr. 21 – Karusel jednosloupcový [19].....	28
Obr. 22 – Poloautomatický soustruh [1] .....	28
Obr. 23 – CNC-Soustruh ACLK6156 FANUC / SIEMENS [22] .....	29
Obr. 24 – Plochy nože [1] .....	31
Obr. 25 – Břitová destička s lamačem třísek [24].....	32
Obr. 26 – Prvky a plochy nástroje (1-těleso, 2-základna, 3-řezná část) [10].....	32
Obr. 27 – Hlavní řezné úhly [1] .....	33
Obr. 28 – Vedlejší úhly nože [1].....	34
Obr. 29 – Úhel sklonu hlavního ostří: a-kladný, b-nulový, c-záporný [1] .....	34
Obr. 30 – Vliv mechanických vlastností materiálů na pracovní podmínky [25] .....	35
Obr. 31 - Základní funkce a příkazy 1/2 [7] .....	38
Obr. 32- Základní funkce a příkazy 2/2 [7] .....	39
Obr. 33 – Rozhraní systému NX [29] .....	40
Obr. 34 – Konstrukční prvky motorového vozidla [30] .....	41

Obr. 35 – Konstrukce jednokotoučové spojky [30] .....	42
Obr. 36 – Torzní tlumič [30].....	43
Obr. 37 - Budova CV Machining.....	47
Obr. 38 – Soustruh Okuma Genos L250II-e.....	48
Obr. 39 – Soustruh Emag VL4 .....	49
Obr. 40 – Obrobený dílec .....	50
Obr. 41 – Výkovek 15620.....	54
Obr. 42 – Znázornění prvního upnutí na stroji Okuma Genos L250II-e .....	55
Obr. 43 - Výkres dílu v řezu .....	56
Obr. 44 – Obrobek po prvním upnutí .....	56
Obr. 45 – Mars přepravka .....	57
Obr. 46 - Znázornění druhého upnutí na Okuma Genos L250II-e .....	58
Obr. 47 – Obrobek po druhém upnutí.....	59
Obr. 48 – Nástrojový list stroje Okuma Genos L250II-e .....	60
Obr. 49 – Orientace špičky VBD.....	60
Obr. 50 – Nulový bod pro první upnutí .....	61
Obr. 51 – Nulový bod pro druhé upnutí.....	62
Obr. 52 - Rameno na přehození výrobku.....	66
Obr. 53 – Automatický podavač dílů [33] .....	67
Obr. 54 – Transportní prisma pro kontinuální výrobu.....	69
Obr. 55 - Znázornění prvního upnutí na stroji Emag VL4 .....	69
Obr. 56 - Znázornění druhého upnutí do kleštiny na stroji Emag VL4.....	70
Obr. 57 – Nástrojový list pro stroj Emag VL4 .....	72
Obr. 58 – Graf spotřeby destiček pro jednotlivé stroje.....	76

**SEZNAM TABULEK**

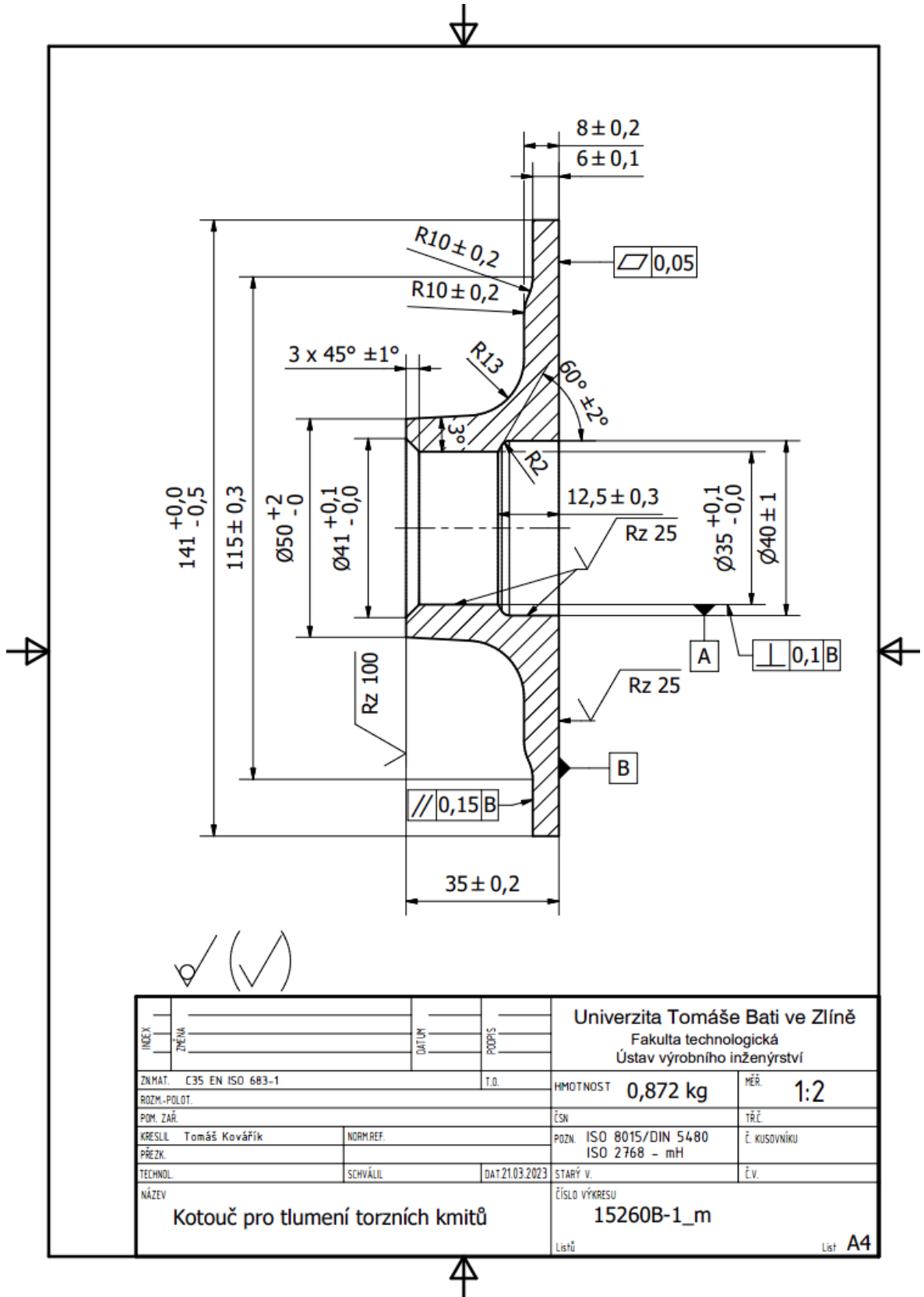
Tab. 1 - Mechanické vlastnosti materiálu [31] .....	52
Tab. 2 - Chemické složení oceli [31] .....	52
Tab. 3 - Parametry soustruhu Okuma Genos L250II-e .....	53
Tab. 4 - Původní investice do stroje a nástrojů na výrobu na stroji Okuma Genos L250II-e .....	63
Tab. 5 - Strojní čas operací na Okuma Genos L250II-e .....	64
Tab. 6 - Spotřeba a cena VBD pro verzi před optimalizací .....	65
Tab. 7 - Parametry soustruhu Emag VL 4 .....	68
Tab. 8 - Investice pro výrobu na Emag VL4 .....	73
Tab. 9 - Čas výroby dílu na Emag VL4 .....	73
Tab. 10 - Spotřeba a cena VBD po optimalizaci .....	75
Tab. 11 - Porovnání časů u jednotlivých strojů .....	76
Tab. 12 - Shrnutí optimalizace mezi způsoby výroby .....	77



## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P 1: Výrobní výkres

# PŘÍLOHA P 1: VÝROBNÍ VÝKRES



INDEX	ZMĚNA	DATA	POPIS	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství	
ZNMAT. C35 EN ISO 683-1		T.O.	HMOTNOST	0,872 kg	MĚR. 1:2
ROZM.-POLOT.		ESN	POZN.	ISO 8015/DIN 5480 ISO 2768 - mH	TŘ.Č. ě. KUSOVNÍKU
POM. ZAŘ.	KRESLIL Tomáš Kovářik	NORM. REF.	STARÝ V.	Š. V.	
PRÉZK.	TECHNOL.	SCHVÁLIL	DATA 21.03.2023	ČÍSLO VÝKRESU	15260B-1_m
NÁZEV			Kotouč pro tlumení torzních kmitů		
			Listů 1 List A4		