

Optimalizace výroby rotační součásti ve strojírenské firmě.

Bc. František Prášil

Diplomová práce
2018

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. František Prášil**

Osobní číslo: **T15707**

Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Výrobní inženýrství**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Optimalizace výroby rotační součásti ve strojírenské firmě**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární rešerše na dané téma.
2. Analýza současného stavu.
3. Návrh optimalizace výroby.
4. Zhodnocení jednotlivých návrhů.
5. Závěr.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Bednařík, Ph.D.
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

2. února 2018

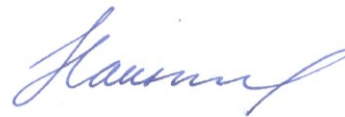
Termín odevzdání diplomové práce:

18. května 2018

Ve Zlíně dne 2. února 2018



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



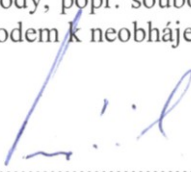
prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 18.5.2018



.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá výrobou rotační součásti metodou obrábění. Cílem práce je návrh technologického postupu a následné optimalizace výroby konkrétního výrobku ve firmě Kovoobráběčství Jiří Prášil, a tedy v daných, specifických podmínkách. Byly porovnány dvě možnosti výroby obrobku – dorazu axiálního vřetene pletacího stroje. První byla zvažována na vačkovém automatu, druhá varianta popisuje výrobu produktu na CNC soustruhu. Následně bylo zhotoveno technologicko – ekonomické zhodnocení a provedeno rozhodnutí, která technologie bude použita.

Klíčová slova: Obrábění, soustružení, CNC, vačkový soustruh, optimalizace, náklady

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on the production of a rotational component with machining method. The main aim of the thesis is to propose the technological procedure and consequently the optimization of the product manufacturing in the company Kovoobráběčství Jiří Prášil. Two manufacturing possibilities for axial spindle stopper have been evaluated. The first manufacturing approach considers utilization of the cam lathe. The second approach discovers the advantages of the CNC machines for the axial spindle stopper production. Subsequently a technological – economic evaluation has been performed to investigate the optimal production layout.

Keywords: Machining, turning, CNC, cam lathe, optimization, costs

Děkuji tímto Ing. Martinu Bednařkovi, Ph.D z Fakulty technologické, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a Ing. Michalovi Porhanslovi za cenné rady a připomínky při vypracování diplomové práce.

Dále děkuji pracovnímu kolektivu firmy Kovoobráběčství Jiří Prášil za poskytnutí možnosti aplikace projektu v jejich firmě.

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

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	ZAMĚŘENÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	11
	TEORETICKÁ ČÁST	12
3	PODSTATA SOUSTRUŽENÍ, DRUHY SOUSTRUHŮ	13
3.1	PODSTATA SOUSTRUŽENÍ	13
3.1.1	Základní charakteristiky soustružení	14
3.2	NÁSTROJE PRO SOUSTRUŽENÍ	17
3.2.1	Konstrukce soustružnických nožů	18
3.2.2	Soustružnické nože	19
3.2.3	Břítové destičky	20
3.3	UPÍNÁNÍ NÁSTROJŮ A OBROBKŮ	21
3.3.1	Nástrojové materiály	23
3.4	SOUSTRUHY A JEJICH ROZDĚLENÍ	27
3.4.1	Hrotové soustruhy	27
3.4.2	Revolverové soustruhy	29
3.4.3	Svislé soustruhy	31
3.4.4	Mechanizace a automatizace soustruhů	33
3.4.5	Poloautomatické soustruhy	35
3.4.6	Automatické soustruhy	36
3.4.7	CNC soustruhy	39
3.5	VÝROBA NA AUTOMATICKÝCH SOUSTRUŽÍCH	40
3.5.1	NC a CNC stroje	41
4	TECHNICKO-EKONOMICKÉ PROPOČTY VÝROBY	42
4.1	SPOTŘEBA MATERIÁLU	42
4.2	SKLADBA VÝROBNÍCH ČASŮ	42
4.3	OPTIMALIZACE ŘEZNÝCH PODMÍNEK	43
4.3.1	Trvanlivost břitu a řezná rychlost	43
4.3.2	Výrobní náklady	44
	PRAKTICKÁ ČÁST	47
5	VÝROBA ROTAČNÍ SOUČÁSTI	48
5.1	PŘEDSTAVENÍ FIRMY A VÝROBNÍCH MOŽNOSTÍ	48
5.1.1	Strojový park	48
5.1.2	Portfolio vyráběných součástí	50
5.2	PŘEDSTAVENÍ VYRÁBĚNÉ SOUČÁSTI	51
5.2.1	Konstrukční rozbor součásti	52
5.2.2	Materiál a jeho vlastnosti	53
5.2.3	Manipulace s materiálem	54
6	SOUČASNÝ STAV- VÝROBA NA KŘIVKOVÝCH AUTOMATECH	55

6.1	SOUSTRUŽNICKÝ JEDNOVŘETENOVÝ AUTOMAT A20B.....	56
6.2	PŘEDSTAVENÍ VÝROBY DÍLCE NA AUTOMATU A20B.....	57
6.2.1	Popis automatického cyklu stroje.....	58
6.2.2	Nástrojový list	58
6.3	SEŘIZOVACÍ LIST	59
7	NÁVRH ŘEŠENÍ – VÝROBA DÍLCE NA CNC SOUSTRUHU	61
7.1	VÝBĚR STROJE	61
7.2	PŘÍRAZENÍ NÁŘADÍ A MĚŘIDEL	63
7.2.1	Nástroje pro soustružnické operace	64
7.2.2	Potřebná měřidla	66
8	OPTIMALIZACE OPERAČNÍCH VÝROBNÍCH NÁKLADŮ.....	67
8.1	EKONOMICKÁ ANALÝZA VÝROBNÍHO PROGRAMU Č. 1	67
8.1.1	Předpoklady pro výrobní program č. 1	69
8.1.2	Výpočet optimálních trvanlivostí nástrojů a řezných rychlostí.....	70
8.1.3	Stanovení optimální řezné rychlosti a trvanlivosti.....	71
8.1.4	Ekonomické vyhodnocení varianty č. 1	72
8.2	EKONOMICKÁ ANALÝZA VÝROBNÍHO PROGRAMU Č. 2	74
8.2.1	Předpoklady pro výrobní program č. 2	76
8.2.2	Výsledné opt. trvanlivosti nástrojů a řezných rychlostí pro variantu 2.....	76
8.2.3	Ekonomické vyhodnocení varianty č. 2	77
9	ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH NÁVRHŮ	79
9.1	SPOTŘEBA MATERIÁLU JEDNOTLIVÝCH VÝROB VARIANTY 1 A 2	80
9.2	SROVNÁNÍ VÝROBNÍCH VARIANT	81
9.2.1	Programování varianty č. 2 na soustruhu Tornos ENC 164.....	81
9.3	VÝLEDNÉ VÝROBNÍ ŘEŠENÍ	82
9.4	VÝPOČET VÝROBY NA VAČKOVÝCH AUTOMATECH	82
9.4.1	Výpočet kusů automatové výroby:.....	82
9.5	VÝPOČET VÝROBY NA CNC AUTOMATOVÉM SOUSTRUHU TORNOS ENC 164.....	82
9.5.1	Výpočet kusů výroby na CNC automatovém soustruhu-varianta II.....	83
9.6	ROČNÍ VÝROBNÍ PRODUKCE ZVOLENÝCH VARIANT	83
	ZÁVĚR	84
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	86
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	89
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	93
	SEZNAM TABULEK	95
	SEZNAM PŘÍLOH.....	96

1 ÚVOD

Strojírenský průmysl má v České Republice dlouholetou tradici. Najdeme u nás nespočet firem od komplexních strojírenských závodů s celosvětovou produkcí (TOS KUŘIM), až po malé, mnohdy rodinné, firmy (Kovo Ropák s.r.o.), aj. Výroba strojních součástí je v Česku založená na nabytých zkušenostech, s důrazem na kvalitu a přesnost výroby, s odpovídající cenou výrobku.

Technologické zpracování rotačních součástí bývá ve strojírenských firmách realizováno mnoha způsoby. V první řadě hraje zásadní roli vybavenost firmy, neboli strojový park se strojovým a nástrojovým příslušenstvím a v druhé řadě jsou to požadavky ze strany zákazníka, které mnohdy rozhodují o tom, zda je výroba produktu realizovatelná, případně za jakých podmínek. Komplikace, které vznikají nedostatečným výrobním vybavením, výrobu mnohdy značně komplikují nebo prodražují.

Vývoj v oblasti soustružnictví zaznamenal během posledního staletí obrovský pokrok, a to nejen u samotných obráběcích strojů, ale také v dostupném nářadí s vynikajícími technologickými vlastnostmi, přípravky a měřidly bez kterých se soustružení neobejde, automatizací procesů apod. Rozmanitost strojírenství přináší obsáhlou škálu možných řešení při výrobě daného produktu. V současné době se nejvíce uplatňují pro malo i velkosériovou výrobu CNC stroje. Jejich výhoda oproti dříve používaným vačkovým soustruhům, spočívá hlavně ve velké technologické variabilnosti stroje, plné automatizaci, rychlosti nastavení stroje pro daný obrobek a v neposlední řadě v samotné rychlosti obrábění. Vysoká produktivita práce s důrazem na požadovanou kvalitu a přesnost, je klíčem k úspěchu, a to nejen u výroby kusové, ale také u výroby sériové nebo hromadné.

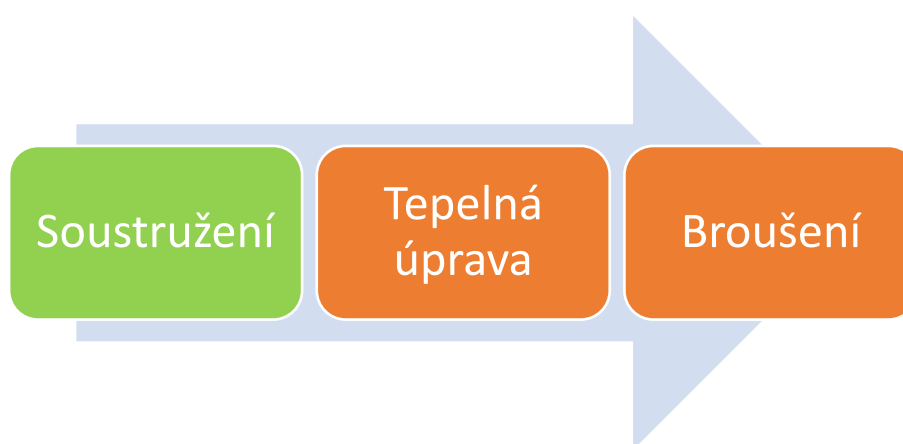


Obr. 1 Obrábění tvrzené oceli na CNC soustruhu pomocí keramické destičky. [1]

2 ZAMĚŘENÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomová práce se zaměřuje na optimalizaci výroby rotační součásti v sériové výrobě o velikosti 2 000 000 ks/rok. Dle výkresu uvedeného v příloze P1 je zřejmé, že se výrobní proces skládá z několika na sebe navazujících úseků.

V první fázi výroby probíhá obrábění součástí pomocí soustružení. Následuje tepelná úprava součásti kalením a popouštěním. Poslední částí výrobního procesu je broušení, kterým se docílí potřebné struktury povrchu a požadovaných rozměrových tolerancí.



Obr. 2 fáze výroby dorazu axiálního vřetene.

Práce je vypracována ve spolupráci s firmou Jiří Prášil Kovoobráběčství, která získala zakázku na první část uvedeného výrobního postupu. Diplomová práce je zaměřena na operaci soustružení zmíněné součásti.

V současné době je součást vyráběna na vačkových automatech. Cílem práce je v první řadě analýza současného výrobního programu.

Následně budou navrženy možnosti optimalizace výroby se zaměřením na volbu strojů, nástrojů a na nastavení výrobního procesu.

Analýza současného výrobního programu bude v závěru použita jako reference pro zhodnocení přínosu jednotlivých optimalizačních návrhů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

3 PODSTATA SOUSTRUŽENÍ, DRUHY SOUSTRUHŮ

Soustružení se jako výrobní metoda datuje již před naším letopočtem. Mezi prvními konstruktéry soustruhu patřil i Leonardo da Vinci, jehož soustruh byl tomu dnešnímu velmi podobný. [3] Jednalo se o šlapací soustruh se setrvačnickem, který byl vynalezen kolem roku 1500 n. l.. Soustruh je znázorněn na obrázku č. 3. [2]

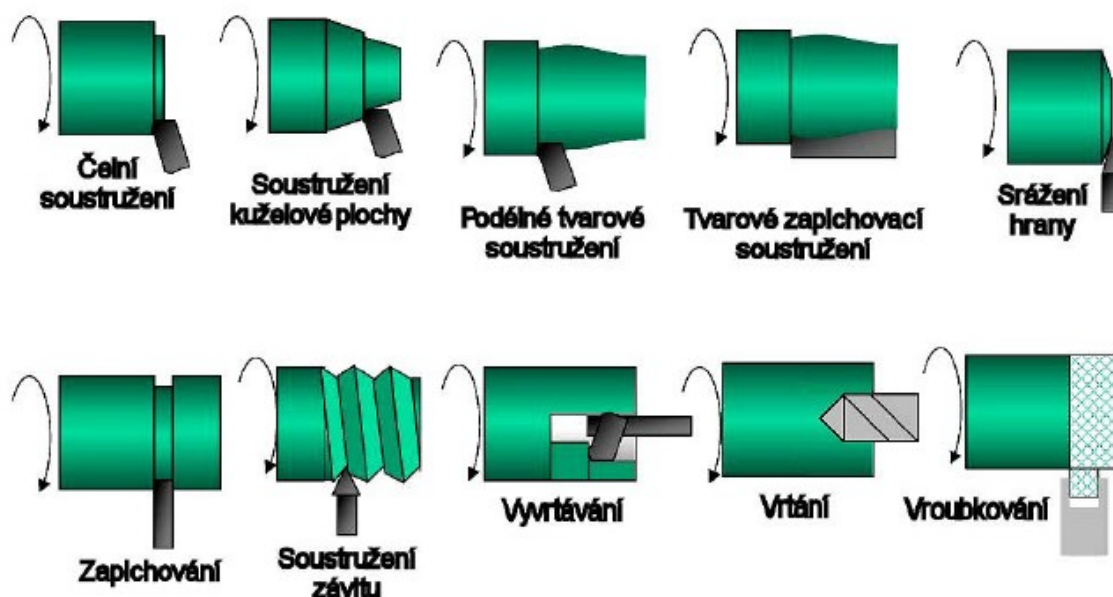


Obr. 3 Šlapací soustruh se setrvačnickem [2].

Z technologického hlediska je možné soustružení pokládat za základní způsob obrábění, a to z důvodu vysokého podílu ve strojírenském průmyslu. Následující kapitoly budou zaměřeny na podstatu soustružení, dále pak na základní rozdělení a druhy soustruhů.

3.1 Podstata soustružení

Soustružení je obráběcí metoda používaná pro zhotovení součástí rotačních tvarů, při níž se většinou používají jednobřité nástroje různého provedení. [4] Soustružením lze obrábět vnější a vnitřní válcové, kuželové i tvarové plochy, zarovnávat rovinné čelní plochy a zá-pichy (vnitřní nebo vnější), provádět upichování i řezání závitů. Na soustruzích lze dále vrtat, vyvrtávat, vroubkovat, válečkovat, hladit nebo leštit, vyrábět hřbetní plochy tvarových fréz a pod. Soustružení je velmi frekventovaná metoda ve strojírenství a z mnoha hledisek představuje nejjednodušší způsob obrábění. Na obrázku 4 jsou znázorněny základní procesy soustružnického charakteru. [4]



Obr. 4 Znárodnění základních procesů soustružnického charakteru. [4]

Obrábění se uskutečňuje v soustavně stroj – nástroj – obrobek. Soustružení je prováděno na stoji – soustruhu, kde hlavní pohyb je **rotační** a koná ho *obrobek* v kombinaci s pohybem **přímočarým**, který koná *nástroj*. Řezný pohyb se při obrábění válcové plochy realizuje po šroubovici, soustružení čelní plochy po Archimedově spirále.

Dosahované kvalitativní parametry při soustružení jsou uvedeny v tabulce č. 1:

Tab. 1 Dosahované kvalitativní parametry při soustružení. [6]

Druh procesu	IT	Ra [μ]
Hrubování	11 - 14	12,5 - 100
Obrábění na čisto	9 - 11	1,6 – 12,5
Jemné obrábění slinutými karbidy	7 - 8	0,4 – 1,6
Obrábění diamantem	5 - 6	0,2 – 0,8
Obrábění na přesných revolverových soustruzích a automatech	7 - 9	1,6 – 6,3

3.1.1 Základní charakteristiky soustružení

K základním geometrickým veličinám charakterizujícím řezný proces patří kinematické veličiny, posuv, ostří nástroje, záběr, průřez třísky, úběr a výkonnost obrábění. [5]

Hodnoty řezné rychlosti v_c , posuvové rychlosti v_f a rychlosti řezného pohybu v_e se vyjádří na základě vztahů (standartní podmínky pro soustružení platí, že $v_f \ll v_c \ll a$ a $f \ll \pi D$ takže $v_e \cong v_c$) [4]:

Výpočet řezné rychlosti:

$$v_c = \pi * D * n * 10^{-3} \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (3.1)$$

Výpočet posuvové rychlosti:

$$v_f = f * n \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (3.2)$$

Výpočet rychlosti řezného pohybu:

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (3.3)$$

kde:

D – průměr obráběné plochy [mm],

n – otáčky obrobku [ot.min⁻¹],

f – posuv na otáčku obrobku [mm.ot⁻¹].

Výpočet otáček:

$$n = \frac{10^3 * v_c}{\pi * D} \quad (3.4)$$

Šířka záběru třísky se určí ze vztahu:

a) pro podélné soustružení:

$$a_p = \frac{D-d}{2} \text{ [mm]} \quad (3.5)$$

b) pro čelní soustružení:

$$a_p = L - l \text{ [mm]} \quad (3.6)$$

Jmenovitá tloušťka třísky:

$$h_D = f * \sin \kappa_r \quad (3.7)$$

kde:

κ_r - nástrojový úhel nastavení hlavního ostří [°],

f – posuv na otáčku [mm.ot⁻¹].

Jmenovitá šířka třísky:

$$b_D = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \quad (3.8)$$

kde:

a_p – šířka záběru ostří [mm].

Jmenovitý průřez třísky:

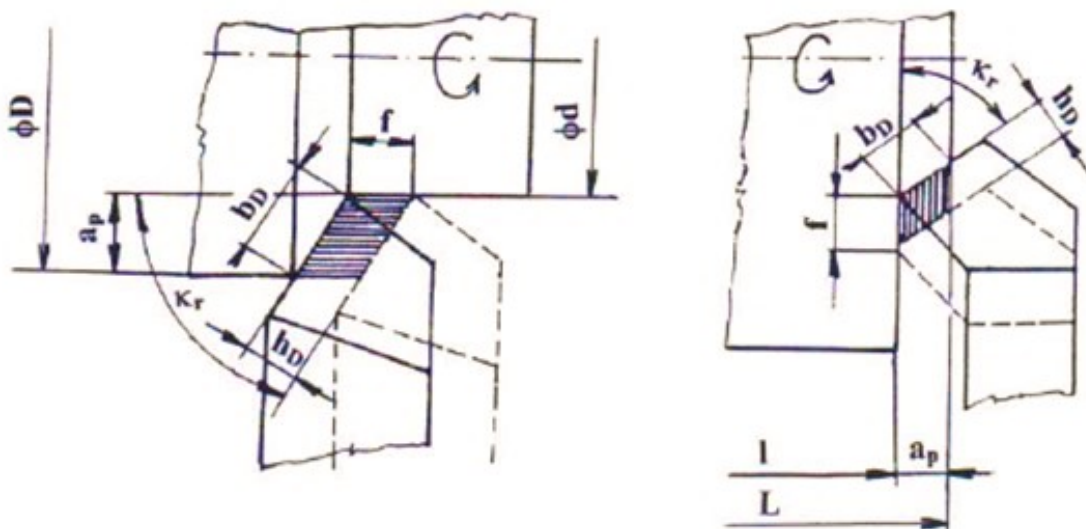
$$A_D = h_D * b_D \quad (3.9)$$

kde:

A_D - jmenovitý průřez třísky [mm²],

h_D – jmenovitá tloušťka třísky [mm],

b_D – jmenovitá šířka třísky [mm].



Obr. 5 Identifikace průřezu třísky při soustružení. [4]

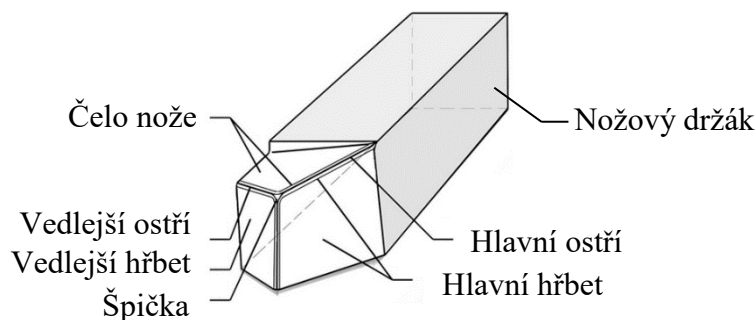
Legenda:

a) válcová plocha, **b)** čelní plocha, a_p - šířka záběru ostří, b_D - jmenovitá šířka třísky,

h_D - jmenovitá tloušťka třísky, κ_r - nástrojový úhel nastavení hlavního ostří, D - průměr obráběné plochy, d - průměr obrobené plochy, L - délka obráběné plochy, l - délka obrobené plochy.

3.2 Nástroje pro soustružení

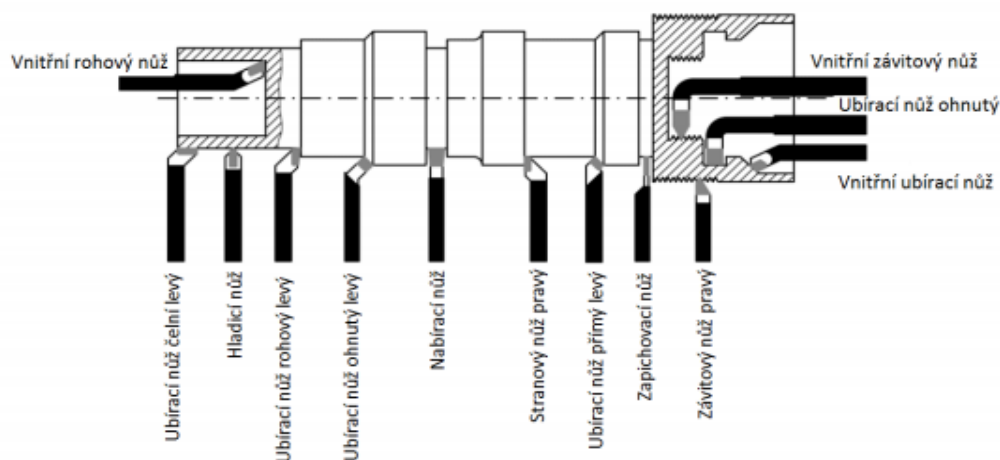
Jako soustružnické nástroje se používají soustružnické nože, které mají upínací a pracovní část. Rozlišují se na nože radiální, prizmatické, kotoučové, tangenciální a nože s vyměnitelnými pracovními destičkami. Popis soustružnického nože je znázorněn na obrázku č. 6.



Obr. 6 Popis soustružnického nože. [7]

Soustružnické nože se řídí podle normy ČSN 22 0110 – základní rozdělení:

- dle materiálu: celistvý z rychlořezné oceli, s břitovými destičkami (pevné, přiletované),
- dle druhu obráběcího stroje,
- dle charakteru obrábění: hrubovací, hladicí,
- dle způsobu obrábění: ubírací, zapichovací a upichovací, vyvrtávací a tvarové,
- dle tvaru těles nože: přímé, ohnuté, prohnuté a osazené,
- dle polohy hlavního ostří: pravé, levé, souměrné,
- dle požadavku výroby: komunální, operační,
- dle základního názvosloví: pravé, levé, souměrné, osazené.



Obr. 7 Schematické znázornění tvarů soustružnických nožů z rychlořezné oceli.

3.2.1 Konstrukce soustružnických nožů

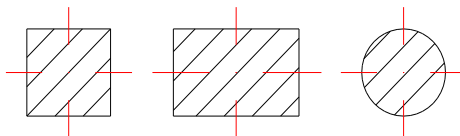
Vzhledem ke způsobu upnutí se u soustružnických nožů počítá namáhání vetknutého nosníku s ohybovým zatížením. Spočítaný průřez nože je přibližný, protože se neuvažuje zvýšení řezného odporu v průběhu otupování nástroje, vliv geometrie břitu a řezných podmínek a zatížení složkami řezného odporu. Na obrázku č. 8 je znázorněn tvar soustružnického nože a jeho průřez je na obrázku č. 9.

Tvar soustružnického nože:



Obr. 8 Tvar soustružnického nože.

Průřez soustružnického nože:



Obr. 9 Průřez soustružnického nože.

Musí být splněna podmínka maximálního ohybového napětí $\sigma_o \leq \sigma_{D,o}$:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_z r}{W_o} \leq \sigma_{D,o} \quad (3.10)$$

pro konstrukční ocel $\sigma_{D,o} = 200-250$ MPa

$$M_o = F_z r \quad (3.11)$$

$$W_o = \frac{a^2 \cdot b}{6} \quad (3.12)$$

$$F_z = S \cdot p = t \cdot s \cdot 4,5 \cdot \sigma_{P,t} \quad (3.13)$$

3.2.2 Soustružnické nože

Slouží k vyrobení tvarové plochy najednou. Používají se v sériové výrobě na klasických soustružnických automatech. Tvarové soustružnické nože se rozdělují na:

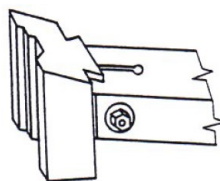
1) Radiální – jdou kolmo k povrchu materiálu

- Ploché

Klasický nůž s destičkami, jejichž ostří (břit) má profil požadovaného tvaru. Používá se pro malý počet vyráběných kusů a omezené délky tvarového profilu. Břítová destička bývá přiletovaná, použijeme-li výměnnou destičku, musíme počítat s tím, že je na jedno použití (z cenových důvodů se nepoužívá).

- Hranolové (prizmatické)

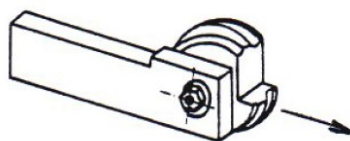
Používají se pro automatické soustruhy, CNC. Upínají se do ryby. Mezi jejich výhody patří jednoduchá výroba ostření. Po přebroušení se musí nástroj nastavit do původní polohy. [4]



Obr. 10 Schematický náčrt prizmatického soustružnického nože. [4]

- Kotoučové

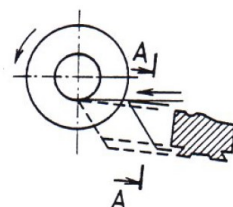
Používají se pro vnitřní i vnější soustružení, automaty, závitořezy, obyčejné soustruhy s držákem, revolverové soustruhy. Profil je na obvodu kotouče. Broušení je dáno úhlem zoubku pro zajištění polohy nástroje. Výhody: stálé nastavení nástroje řezu, po přestření se v držáku pouze otočí. Brousíme čelo úhlovou bruskou. Nevýhoda: profil na obvodu je zkreslený (neodpovídá obrobku). U tvarových nástrojů se nemění šířka profilu, mění se hloubka na nástroji oproti profilu obrobku (bude nižší než požadovaný). [4]



Obr. 11 Znárodnění kotoučového soustružnického nože. [4]

2) Tangenciální – jdou tečně k povrchu materiálu

Tyto nože se používají jako nože tvarové, nejčastěji při soustružení na revolverových soustruzích.



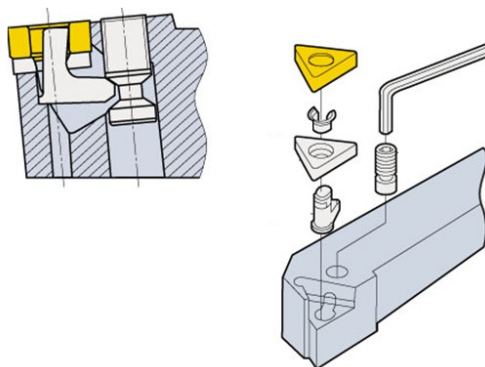
Obr. 12 Znárodnění tangenciálního soustružnického nože. [4]

3.2.3 Břítové destičky

V prvních aplikacích byly břítové destičky vyrobeny ze slinutých karbidů a pájeny do ocelových držáků. V polovině 50. let se z pájeného spoje přešlo k mechanickému upnutí destičky, což umožnilo využít i materiály jako cermety a řeznou keramiku, které jdou obtížně pájet. Tento přechod měl obrovský význam ve vývoji řezné techniky a je považován za první novodobou ‚revoluci‘ v řezných materiálech. [9]

Vyměnitelné destičky se vyrábějí z celé řady materiálů – ze slinutých karbidů, řezné keramiky, cermetů, polykrystalického kubického nitridu boru, polykrystalického diamantu. Mezi hlavní výhody destiček patří rychlá a snadná výměna, předlisovaný utvařecí třísky, variabilnost ve formě využití dalšího břitu po otupení (až 8 břitů na jedné destičce).

Vývoj nových řezných materiálů s vyšší odolností proti opotřebení a vydrolování jde ruku v ruce s požadavky na stále se zvyšující řezné rychlosti. V dnešní době existuje celá řada typů břítových destiček, proto se tvary a další vzájemné odlišnosti řídí normou ISO. Systém značení břítových destiček a nožů je uveden v příloze 2.



Obr. 13 Schéma montáže břítové destičky k tělu nástroje. [10]

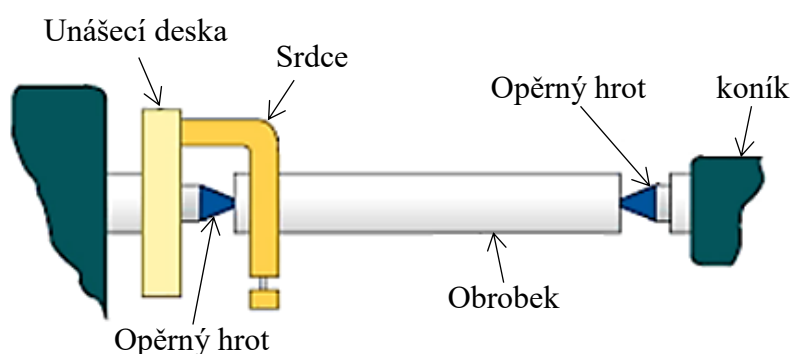
3.3 Upínání nástrojů a obrobků

Způsob upnutí obrobku by měl být jednoznačný a spolehlivý s dostatečnou tuhostí, která zajistí jednoznačnou polohu obrobku vůči funkčním částem obráběcího stroje. Způsob upnutí obrobku závisí na jeho tvaru a hmotnosti, požadované přesnosti obrábění a na tvaru obrobku. [9]

Mezi základní způsoby upínání obrobků na soustruzích patří:

1. Upínání mezi hroty

Používá se pro obrobky s poměrem délky a průměru větším $2 \div 3$. Ve vřetenu je většinou pevný hrot a v koníku otočný, přičemž krouticí moment se převádí na obrobek unášecí deskou a srdcem, které je pevně připevněno na začátek obrobku (viz obrázek 14). Těžší obrobky s větším poměrem délky k průměru se upínají do sklíčidla, které je nasazené na konci pracovního vřetena (na druhé straně je hrot koníku).



Obr. 14 Schematické znázornění upnutí obrobku mezi hroty. [4]

2. Upínání do sklíčidla

Tento způsob patří k nejpoužívanějším. Využívá se jak pro kratší obrobky (letmé upínání), tak pro obrobky delších rozměrů, pro které je ale třeba použít dvoustranné upnutí. Díky třem nebo čtyřem čelistem sklíčidla, které se pohybují nejčastěji ručně (popřípadě pneumaticky, hydraulicky nebo elektronicky), lze upnout obrobky za vnitřní i vnější průměr.



Obr. 15 Znázornění upnutí obrobku do univerzálního tří čelistového sklíčidla.

3. Univerzální upínací deska

Využívá se k upínání těžších, nepravidelných obrobků, které nelze upnout do sklíčidla. Deska má samostatně stavitelné čelisti.



Obr. 16 Geometrie univerzální upínací desky. [11]

4. Upínání do pouzder (kleštin)

Je vhodné pro tyčový materiál středních a menších průměrů, kdy se za pomoci přesných pouzder a následného vtahování tyče do kuželové dutiny pouzdra, docílí přesného upnutí obrobku.



Obr. 17 Vyobrazení geometrie kleštiny. [12]

5. Lunety

Využívají se při obrábění dlouhých tenkých hřídelů, kdy je nutné zajistit dostatečnou stabilitu obrobku, aby nedocházelo k prohýbání.



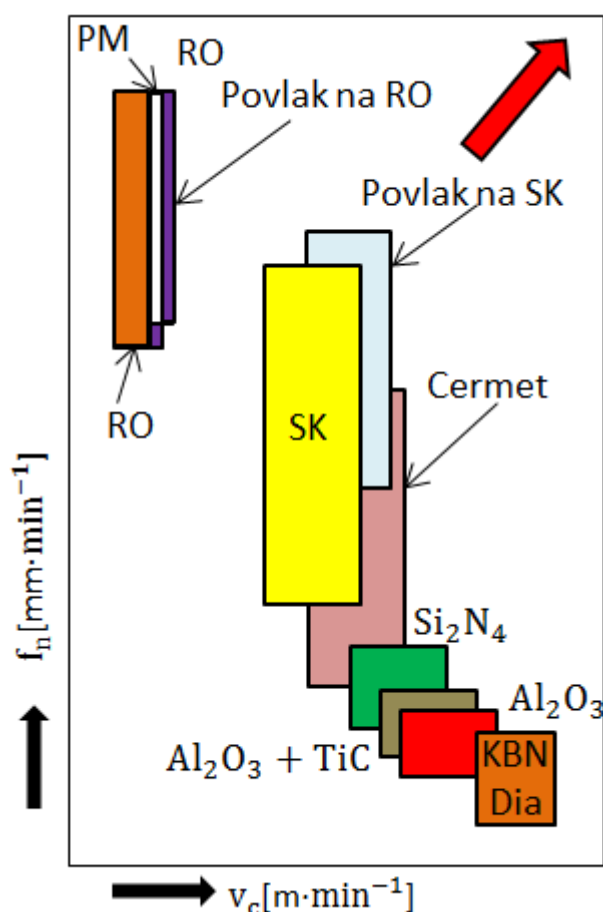
Obr. 18 Na levé straně obrázku je luneta, na pravé straně je sestava lunety, obrobku a stroje. [13]

3.3.1 Nástrojové materiály

Nástrojový materiál s ideální řezivostí vyžaduje:

- vysokou tvrdost a pevnost při pracovních teplotách, potřebnou odolnost vůči opotřebení a deformaci břitu,
- vysokou houževnatost, eliminující křehké poškození břitu,
- chemickou stálost, zaručující odolnost proti difúzi a oxidaci,
- odolnost proti teplotnímu rázu. [14]

Jak je vidět na obrázku číslo 19, žádný materiál není schopný zaručit všechny požadované vlastnosti. Při vysoké houževnatosti lze použít vysoké posuvy, odolnost proti otěru naopak zajišťuje vyšší řezné rychlosti.



Obr. 19 Trend vývoje nástrojových materiálů pro obráběcí nástroje. Na ose x – odolnost proti otěru, na ose y houževnatost daného materiálu. [14]

Zlepšení materiálových vlastností lze dosáhnout úpravou povrchů. Díky povrchovým vrstvám je povrch břitu nebo nástroje pevný, tvrdý a otěruvzdorný, vnitřní vrstva zůstane naopak dostatečně houževnatá. Na povlakování se používají dvě základní technologie: [14]

- Chemické povlakování (Chemical Vapor Deposition - CVD)
- Fyzikální povlakování (Physical Vapor Deposition - PVD)

Přehled používaných nástrojových materiálů:

a) *Nástrojové oceli*

Jako řezný materiál se vesměs používají na ruční nářadí.

b) *Rychlořezné oceli*

V porovnání s ostatními materiály mají RO velmi dobrou houževnatost a odolnost proti adhezivnímu opotřebení. Nevýhodou je ztráta pevnostních charakteristik při teplotě nad 600°C. Lze je používat na starších a méně tuhých obráběcích strojích. Limitujícím faktorem je nízká pracovní rychlost pod 60 m·min⁻¹. V tabulce níže jsou uvedeny nejpoužívanější RO.

Tab. 2 Chemické složení nejvíce používaných rychlořezných ocelí pro obráběcí stroje. [14]

Sk	ČSN	Směrné chemické složení [%]					DIN	Symbol
	PN	C	W	Mo	V	Co		
1	19 830	0,9	6,0	5,0	1,8	-	S 6-5-1	Dmo5 (HSS)
	19 852	0,9	6,0	5,0	1,8	5,0	S 6-5-2-5	Emo5Co5 (HSS-E)
	~ 19 851	1,1	1,5	9,5	1,2	8,0	S 2-10-1-8	M42
	-	1,3	6,4	5,0	3,1	8,5	-	ASP 30
2	~19 810	1,3	12,0	1,0	4,0	-	S 12-1-4	EV4
	~19 829	1,2	6,0	5,0	3,0	-	S 6-5-3	Emo5V3 (HSS-E)
	19 858	1,4	12,0	1,0	4,0	5,0	S 12-1-4-5	EV4 Co
	19 861	1,3	9,5	3,5	3,0	10,0	S 10-4-3-10	EW9 Co (HSS-E)

c) *Slinuté karbidy*

Jsou tvořeny tvrdými karbidovými částicemi v kovové vazbě a jsou vyráběny za pomoci technologie práškové metalurgie. Z hlediska použití existují tři skupiny s mezinárodním označením K, P, M.

Skupina K (základní složení – WC + Co) zahrnuje nevíce houževnaté SK, které ale mají s tím spojenou nižší odolnost proti difúznímu otěru. Jsou určeny především k obrázení šedé litiny a tvrdého bronzu.

Skupina P (základní složení – WC + TiC + Co) zahrnuje SK s vyšší tvrdostí a odolností proti otěru, s náchylností na křehký lom (ve srovnání se SK skupiny K). Jsou vhodné k obrábění ocelí, litých ocelí, tvárných litin a lehkých kovů.

Skupina M je určena především k obrábění těžkoobrobitelných ocelí a těžkoobrobitelných slitin.

d) Povlakované slinuté karbidy

Do této skupiny patří povlakované destičky z SK. Povlaky dovolují zvýšit řeznou rychlost až o 200 – 300% oproti nepovlakovaným druhům. Lze je použít pro téměř všechny soustružnické operace, v dnešní době se používají odhadem pro 75% soustružnických prací a 40% frézovacích operací.

e) Cermety

Cermet je tvrdý materiál, který obsahuje částice (TiC, TiN, TiCN) v kovovém pojivu (Ni, Mo, Co) vyrobený práškovou metalurgií. Cermety mají velmi dobrou odolnost proti opotřebení, vysokou pevnost za tepla a chemickou stabilitu. Oproti SK mají menší houževnatost a odolnost proti teplotnímu rázu. [14]



Obr. 20 Cermetové destičky se speciálním materiálem s vysokou tuhostí vyvinutým Japonskou firmou Tungaloy. [15]

f) Keramika

Má několik základních druhů s odlišným chemickým složením a mikrostrukturou. Vyniká nízkou houževnatostí, odolností proti teplotnímu rázu a opotřebením, chemickou stálostí. Používá se spolu s cermety pro aplikace dříve obráběné SK, je tedy vhodná na obrábění šedé litiny, žárupevných a žáruvzdorných slitin, zušlechťených ocelí, tvárné temperované litiny, do jisté míry i ocelí. Řezné rychlosti se pohybují v rozmezí 400 – 600 m.min⁻¹.

g) Polykrystalický kubický nitrid boritý

KBN je synteticky vyrobený materiál. Vyniká vysokou pevností, výbornou odolností proti opotřebením, vysokou pevností za tepla a chemickou stabilitou. Břitové destičky s vysokým podílem KBN jsou vhodné pro obrábění superslitin, slinutých karbidů a tvrzených litinových válců.

h) Diamanty

Diamant je nejtvrdší známý materiál, který vyniká vysokou tvrdostí, výbornou odolností proti abrazivnímu opotřebením, dobrou tepelnou vodivostí a nízkým koeficientem tření. Jejich nevýhodou je křehkost. Nástroje osazené monokrystalickým diamantem jsou vhodné pro přesné obrábění neželezných kovů a nekovových materiálů, dále jsou vhodné pro obrábění velmi tvrdých materiálů. [14]

3.4 Soustruhy a jejich rozdělení

Soustružnické stroje představují největší podíl strojírenské obráběcí techniky. [3] Soustruhy se rozdělují podle dvou základních hledisek:

1. Konstrukčně – technologické hledisko

- a. Hrotové
- b. Revolverové
- c. Svislé
- d. Speciální

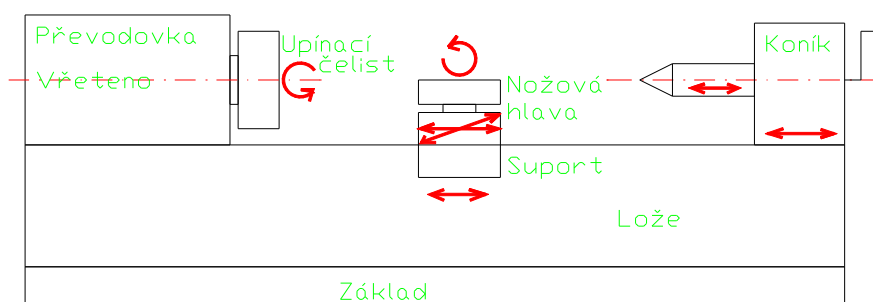
2. Stupeň automatizace

- a. Ručně ovládané
- b. Poloautomatické
- c. Automatické

3.4.1 Hrotové soustruhy

Jsou univerzální soustruhy, které se používají hlavně v kusové a malosériové výrobě pro soustružení hřídelových a přírubových součástí. Hrotové soustruhy se rozdělují na *univerzální* a jednoduché, označované jako *produkční*. Univerzální rotační soustruhy mají vodicí šroub a lze na nich obrábět vnější i vnitřní rotační plochy, čelní plochy, zapichovat, řezat závity závitovým nožem, soustružit kuželové i tvarové plochy. [5] Produkční, jednoduché, soustruhy nemají vodicí šroub a jsou opatřeny elektromotorem o vyšším výkonu. Mají menší rozsah posuvů a otáček a používají se hlavně pro hrubovací práce.

Základní části univerzálního hrotového soustruhu jsou lože, vřeteník, koník, suport, suportová skříň, posuvová a závitová převodovka, elektromotor. Schéma hrotového soustruhu je na obrázku č. 21. Suport se pohybuje po loži buď pomalým, nebo závitovým pohybem, lze obstarat i příčný posuv.



Obr. 21 Schéma univerzálního hrotového soustruhu.

Velikost hrotových soustruhů se posuzuje většinou podle maximálního průměru obrobku, který je na nich možno obrobit. Do malých hrotových soustruhů lze upnout obrobek o průměru do 250 mm, do středních 600 mm – 900 mm a do velkých nad 1 000 mm. Další parametr posouzení velikosti soustruhů je například maximální délka obrobku.

Na obrázku 22 je znázorněn Hrotový soustruh SV 18 RA. Ve strojírenství se jedná o velice žádaný obráběcí stroj. Je vysoce přesný a výkonný pro univerzální použití v kusové i sériové výrobě. Je vhodný k obrábění ocelí, neželezných kovů, ale také řezání všech druhů závitů.



Obr. 22 Hrotový soustruh SV 18 RA. [16]

Technické údaje soustruhu SV 18 RA jsou uvedeny v tabulce 3. Mezi zvláštní příslušenství patří kopírovací zařízení IKIS 1 na podélné soustružení, které umožňuje výrobu velice složitých tvarových obrobků konvexních a konkávních tvarů jak kopírováním mezi hroty koníků IKIS, tak podle plechové šablony. [36]

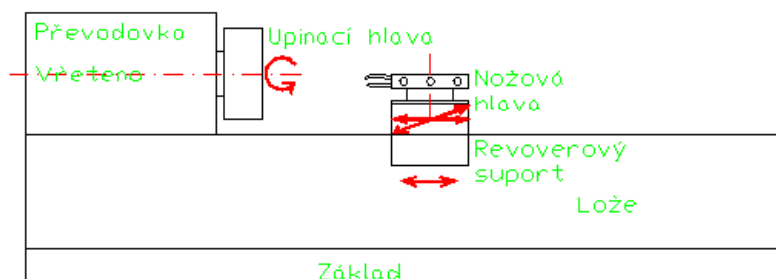
Tab. 3 Technické údaje hrotového soustruhu SV 18 RA. [17]

Veličina		jednotky	hodnota		
Oběžný průměr nad ložem		mm	380		
Oběžný průměr nad suportem		mm	215		
Vzdálenost hrotů		mm	750	1000	1250
Vrtání vřetena		mm	41		
Kužel ve vřetenu		metrický	50		
Kužel hrotů		Morse	4		
Průměr upínací desky		mm	320		
Průměr sklíčidla		mm	160	200	250
Největší hmotnost obrobku		kg	300		
Největší průřez nože		mm	22x22		
Otáčky vřetena	Počet stupňů		21		
	Rozsah	min ⁻¹	14-2800		
Posuvy	Podélné v rozsahu	mm.ot ⁻¹	0,02-5,6		
	Příčné v rozsahu	mm.ot ⁻¹	0,01-2,8		
Závity	Metrické se stoupáním	mm	0,2-140		
	Whitworthovy	závitů/1''	140-1/5		
	Modulové	modul	0,2-140		
	Diametral Pitch	DP	1-224		
Vodící šroub – stoupání		závitů/1''	4		
Elektromotor pro pohon vřeteníku		kW	6	-	
Rozměry stroje: šířka x délka		mm	950x2520	950x720	950x3020
Hmotnost stroje		kg	1730	1800	1830

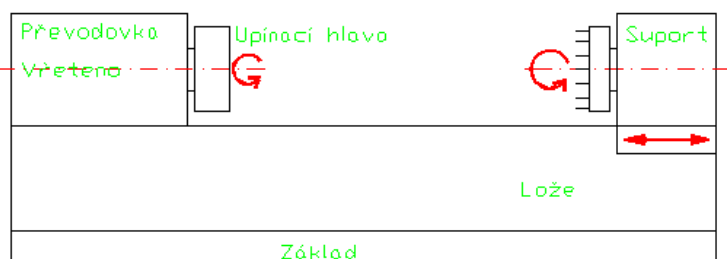
3.4.2 Revolverové soustruhy

Revolverové soustruhy se používají v sériové výrobě. K obrábění lze využít větší počet nástrojů, které jsou upnuty v revolverové hlavě, jde především o nástroje pro obrobení povrchů a děr. Tento systém umožňuje provést více operací na jedno upnutí obrobku i obrábění několika nástroji současně. V porovnání s hrotovými soustruhy je docíleno vyšší přesnosti nastavení vzhledem k upnutému obrobku a s tím spojené rychlosti obrobení. Revolverové soustruhy jsou často vybaveny číslicovým řízením a proces je ovládán předvolbou nebo řízen programem.

Podle osy otáčení revolverové hlavy se tyto soustruhy dělí na soustruhy s vodorovnou osou a na soustruhy se svislou osou revolverové hlavy. Na obrázcích 23 a 24 je zobrazeno zjednodušené schéma těchto soustruhů.



Obr. 23 Schéma svislého revolverového soustruhu.



Obr. 24 Schéma vodorovného revolverového soustruhu.

Na obrázku 25 je Revolverový soustruh R5, který je určen pro sériovou výrobu součástí z tyčového materiálu, ale i pro soustružení jednotlivých kusů upnutých ve sklíčidle. Četné příslušenství umožňuje nejrozmanitější práce a způsoby upínání materiálu i nástrojů. Technické údaje jsou uvedeny v tabulce 4.



Obr. 25 Revolverový soustruh R5. [18]

Tab. 4 Technické údaje revolverového soustruhu R5. [17]

Veličina		jednotky	hodnota
Oběžný průměr nad ložem		mm	510
Oběžný průměr nad podélnými saněmi		mm	450
Oběžný průměr nad příčným suportem		mm	255
Vrtání vřetena		mm	53
Největší průchod materiálu		mm	50
Otáčky vřetena	Počet stupňů		18
	Rozsah	ot.min ⁻¹	28-1400
Přední suport:			
Největší podélný pohyb saní		mm	660
Největší příčný pohyb saní		mm	250
Posuvy	Počet stupňů		12
	Podélné v rozsahu	mm.ot ⁻¹	0,045-2
	Příčné v rozsahu	mm.ot ⁻¹	0,045-2
Revolverový suport:			
Délka soustružení revolverovou hlavou		mm	250
Největší vzdálenost revolverové hlavy od vřetena		mm	800
Posuvy	Počet stupňů		12
	Rozsah	mm.ot ⁻¹	0,045-2
Závity řezané patronou	14 metrických se stoupáním	mm	1-7
	14 Whitworthových	Závitů/1''	19-4
	Délka řezaného závitu	mm	100
Elektromotor k pohonu vřetena		kW	7,5
Rozměry stroje: délka x šířka x výška		mm	2435 x 1360 x 1245
Hmotnost stroje		kg	1800

3.4.3 Svislé soustruhy

Svislé soustruhy se používají v kusové, malosériové výrobě a lze je využít i pro soustružení velkých rotačních součástí s malým poměrem délky vzhledem k průměru. Svislá osa umožňuje lepší manipulaci s obrobkem. Hlavní částí soustruhů je otočný stůl, otočný stojan a příčníky se suporty. Dělí se na malé o průměru stolu do 1200 mm (jednostojanové) a velké o průměru stolu do 18000 mm (doustojanové).

Na svislých soustruzích lze obrábět vnější a vnitřní válcové plochy, kuželové plochy, řezat závity případně s kopírovacím zařízením soustružit tvarové plochy. Někdy jsou vybaveny indikací polohy, číslicovým zařízením nebo naklápěcím brousicím vřeteníkem pro broušení vnitřních a vnějších povrchů. [17]

Na obrázku 26 je znázorněn Jednostojanový svislý soustruh SJK 8 C. Stroj je určen pro hrubování i soustružení načisto vnějších a vnitřních válcových i kuželových ploch, soustružení čelních ploch konstantní řeznou rychlostí, soustružení metrických a Whitworthových závitů. [17]

Technické údaje jsou uvedeny v tab. 5.



Obr. 26 Jednostojanový svislý soustruh SJK 8 C. [19]

Tab. 5 Technické parametry jedno stojanového svislého soustruhu SJK 8 C. [17]

Veličina	jednotky	hodnota		
Největší průměr soustružení příčnickovým suporem	mm	950		
Největší výšková vzdálenost od upínací desky k revolverové hlavě příčnickového suportu	mm	750	970*	1070*
Svislý pohyb smýkadla příčnickového suportu	mm	750	850*	
Největší výška obrobku	mm	630	850*	
Průměr upínací desky	mm	800		
Největší oběžný průměr	mm	1050		
Největší hmotnost obrobku (do 140 otáček za minutu)	kg	2000		
Největší krouticí moment na upínací desce pro normální provedení	do 30 ot.min ⁻¹	Nm	7500	
	do 40 ot.min ⁻¹	Nm	5500	
	do 20 ot.min ⁻¹	Nm	9000	
Největší rozměr lože	mm	40x40		
Otáčky upínací desky plynule měnitelné	normální	min ⁻¹	3-304	
	zvýšené*	min ⁻¹	4,5-400*	
	snížené*	min ⁻¹	2,5-225*	
Posuvy plynule měnitelé	mm/ot	0,05-10		
Dohlížecí posuv	mm min ⁻¹	1,8-150		
Rychloposuv	mm min ⁻¹	2000		
Elektromotor pro pohon upínací desky	kW	3-30		
Elektromotor pro pohon generátoru	kW	40		
Půdorysná plocha stroje	mm	2800-2300		
Výška stroje	mm	3600 (3850)		
Hmotnost stroje	kg	9000		

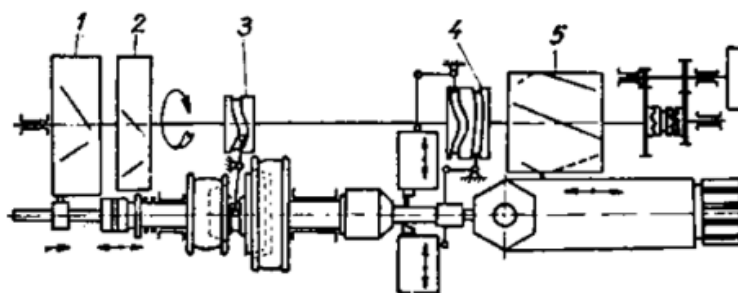
3.4.4 Mechanizace a automatizace soustruhů

Mechanizace je nahrazení ruční práce obsluhy obráběcích strojů a automatizace je nahrazení pracovního cyklu. [5] Mechanizovat a automatizovat lze všechny úkoly obsluhy, jako např. upnutí nástroje, upnutí obrobku, nastavení požadovaných řezných podmínek, ale i samotný proces obrábění – přísuv nástroje do pracovní polohy, provedení řezného pohybu, návrat nástroje do výchozí polohy. Soustruhy mohou být automatizovány plně, nebo částečně. U plně automatizovaných soustruhů probíhá proces výroby bez zásahu obsluhy

(výměna obrobku, výměna nástrojů, apod.). U částečně automatizovaných soustruhů je automatizován pouze vlastní cyklus obrábění, obsluha musí vyměnit obráběnou součást a spustit stroj.

Jako další hodnocení stupně automatizace se používá čas potřebný k seřízení stroje v poměru k celkovému času výroby. Podle tohoto kritéria se stroje dělí na stroje s **tvrdou** a **pružnou** automatizací:

- Stroje s tvrdou automatizací vyžadují dlouhé seřizovací časy, proto se hodí spíše pro velkosériovou výrobu. Automatizace je realizována pomocí vačkových a narážkových mechanismů, obr. 27: víceřivkový automat.
- Stroje s pružnou automatizací lze seřadit v krátkém čase a není vyžadována výměna žádných prvků. Nositelem informace je děrná páska, disketa, CD, USB, atd., obr. 28: Display z CNC zařízení.



Obr. 27 Obr. Víceřivkový automat. [5]

Legenda: 1 – podávací zařízení, 2 - upínací zařízení, 3 – vřeteno, 4 – suport, 5 – revolverová hlava.

Tento automat má na rozvodové hřídeli bubny a vačky, které ovládají podávací a upínací zařízení.



Obr. 28 Display z CNC zařízení. [21]

3.4.5 Poloautomatické soustruhy

Uplatňují se převážně ve velkosériové výrobě. Výchozím polotovarem jsou převážně tyče, jejichž obrábění probíhá automaticky. K opakování automatického cyklu je však nutný zásah obsluhy, obvykle při vyjmutí hotového obrobku a upnutí nového polotovaru. Automatizace pracovního cyklu se dosahuje použitím křivkových kotoučů, kopírovacích zařízení nebo zvláště pak aplikací CNC. [6]

Rozdělení poloautomatických soustruhů:

- a) Hrotové soustruhy – mají 2 – 3 suporty, které mohou pracovat současně. K automatizaci se využívá převážně kopírovací zařízení.
- b) Revolverové soustruhy – mají revolverovou hlavu. Automatický cyklus je řízen vačkami.
- c) Svislé soustruhy, tzv. karusely – slouží k obrábění větších přírubových dílů. Automatický cyklus je řízen programem CNC nebo NC děrnou páskou.
- d) Několikavřetenové soustruhy – lze na nich obrábět více součástí současně, upnutých ve 4 – 8 vřetenách.

Na obrázku 29 je Soustružnický poloautomat s číslicovým řízením SPT 16 N. Je určen pro obrábění tvarově složitějších hřídelových i přírubových součástí, které jsou upínány mezi hroty, nebo ve sklíčidle. Je vhodný pro kusovou, nebo malosériovou výrobu. Možnost soustružení vnějších i vnitřních ploch válcových a kuželových, soustružení kulových a čelních ploch, vrtání a vystružování otvorů, řezání vnitřních i vnějších závitů. Stroj je vybaven dvouosým souřadnicovým číslicovým řízením. Programování je přírůstkové na osmistopé děrné pásce v kódu EIA, nebo ISO. Technické parametry jsou v tabulce 6. [17]



Obr. 29 Soustružnický poloautomat s číslicovým řízením SPT 16 N. [22]

Tab. 6 Technické parametry soustružnického poloautomatu SPT 16 N. [17]

Veličina	jednotky	hodnota	
Největší soustružený průměr hřídelových součástí	mm	160	
Největší soustružený průměr přírubových součástí	mm	200	
Největší soustružená délka hřídelových součástí	mm	500	
Největší soustružená délka přírubových součástí	mm	120 (160)	
Největší průměr obráběné tyče (vnější podávání)	mm	40 (50)	
Největší délka podání	mm	90	
Největší délka tyče	mm	3000	
Rozsah otáček pracovního vřetena	min ⁻¹	28 - 3150	
Počet stupňů otáček řazených v automatickém cyklu		8	
Výkon hlavního elektromotoru	kW	11	
Rozsah posuvů	mm min ⁻¹	5 - 1000	
Rychloposuv podélný	mm min ⁻¹	5000	
Největší posuvová síla podélná	N	15000	
Průměr objímky koníku	mm	100	
Přítlačná síla koníku regulovaná v mezích	N	2000 – 11000	
Nejmenší odměřovaná délka	mm	0,005	
Opakovaná přesnost najíždění	mm	±0,01	
Půdorysné rozměry stroje: délka x šířka	mm	3910 x 2362	
Hmotnost stroje bez řídicího systému	SPT 16 N	kg	3280
	SPT 16 N – R	kg	3200
	SPT 16 N - A	kg	3300

3.4.6 Automatické soustruhy

Slouží k obrábění složitých rotačních součástí. Pracovní cyklus i výměna obrobků je plně automatizována. Automatické soustruhy se dělí: [6]

- podle počtu vřeten – jednovřetenové, vícevřetenové,
- podle použitého systému automatizace – křivkové, bezkřivkové, CNC,
- podle konstrukčního uspořádání – revolverové, zapichovací.

Na obrázku 30 je znázorněn jednovřetenový soustružnický revolverový automat, který je určen k přesnému obrábění složitých součástí z tyčového materiálu ve velkosériové a hromadné výrobě. Při použití zásobníku s podavačem lze obrábět v automatickém cyklu i přesné odlitky a výkovky. Velký rozsah otáček dovoluje obrábět ocel, neželezné kovy, i hliníkové slitiny. Tuhá konstrukce umožňuje použít vyšších posuvů při obrábění a plné využití nástrojů se slinutými karbidy. Jednou sadou křivkových kotoučů s využitím rychloběhu rozvodového hřídele je možno obrábět různé součásti odlišných tvarů, takže se stroj dá využít i při menších výrobních sériích. Pracovní možnosti stroje rozšiřuje řada přídatných přístrojů a zařízení, kterých lze použít pro rychlé vrtání, příčné vrtání, frézování drážek, vrtání ze strany úpichu, řezání vnitřních i vnějších závitů apod. [17]

Technické parametry stroje jsou v tabulce 7.



Obr. 30 Jednovřetenový soustružnický revolverový automat A20B.

Tab. 7 Technické parametry jednovřetenového soustružnického automatu A20A. [17]

Veličina		jednotky	hodnota
Největší průměr soustružení		mm	22
Největší rozměr tyče při vnějším podávání		mm	66
Největší posuv tyčového materiálu		mm	63
Otáčky vřetena	Dosažitelný počet stupňů otáček		168
	Celkový rozsah pro soustružení	ot.min ⁻¹	66 - 4094
	Celkový rozsah pro řezání závitů	ot.min ⁻¹	26 - 1605
	Počet řaditelných otáček v cyklu při soustružení		2
	Počet řaditelných otáček v cyklu při řezání závitů		2
Průměr revolverové hlavy		mm	125
Pracovní zdvih revolverového suportu		mm	60
Změna polohy revolverového suportu	plynulou regulací	mm	22,5
	přesazením	mm	12,5
Vzdálenost revolverové hlavy od vřetena	nejmenší	mm	60
	největší	mm	155
Průměr nástrojových otvorů	Šestipolohové revolver. hlavy	mm	25 (1'')
	Osmipolohové revolver. hlavy	mm	20 (3/4'')
Pracovní zdvih příčných suportů		mm	35
Plynulá změna polohy	Vodorovných suportů - radiálně	mm	13
	Svislých suportů - radiálně	mm	6
	Svislých suportů - podélně	mm	10
Hlavní elektromotor		kW	4
Výrobní čas jednoho cyklu		s	3,82 – 223
Rozměry stroje: délka x šířka x výška		mm	1745 x 800 x 1600
Hmotnost stroje		kg	1265

3.4.7 CNC soustruhy

CNC je zkratkou anglického „Computer Numerical Control“, která znamená "počítačem řízený obráběcí stroj". Jedná se o obráběcí stroje využívající počítač, neboli "CNC řídicí systém" k tomu, aby dokázaly obrábět výrobek dle předem připravených technologických NC programů. Tvorba NC („Numerical Control“ – číslicově řízený) programů může probíhat přímo na stroji, nebo mimo stroj, což přináší celou řadu výhod.

Počátky vývoje číslicově řízených strojů se datují během 50.let 20.století v Americe, kdy byly vyvinuty první numericky řízené stroje. Největší progres rozvoje CNC zařízení je ale spojený s rozvojem výpočetní techniky v období 70.let. Dnešní CNC stroje se od svých předchůdců výrazně liší. Vynikají především stále se zkracujícími rychloposuvy, vysokými otáčkami, rychlostí výměny nástrojů, disponují velkokapacitními zásobníky nástrojů, přesností výroby (až 0,001mm) a kontroly, výroby složitějších součástí, opakovatelnosti, programové variabilnosti a v neposlední řadě třískovým hospodářstvím. [23]

Na obrázku 31 je znázorněn CNC soustruh. Jedná se o dvouosý revolverový CNC soustruh. Základní technické parametry jsou uvedeny v tabulce 8.



Obr. 31 Dvouosý revolverový CNC soustruh Hyundai WIA. [22]

Tab. 8 Technické parametry stroje E200C Hyundai WIA. [22]

Veličina	jednotky	hodnota
Největší průměr soustružení	mm	65
Průměr sklíčidla	['']	8
Otáčky vřetene	ot.min ⁻¹	4000
Zdvih (X/Z)	mm	210/330
Rychloposuvy (X/Z)	m.min ⁻¹	36/36
Hmotnost stroje	kg	3900

3.5 Výroba na Automatických soustruzích

Pojem automatický obráběcí stroj (automat) nese schopnost pracovat v automatickém cyklu, tzn., že vykonává při obrábění součásti samočinně všechny pracovní a pomocné pohyby potřebné k provedení předepsaného sledu úkonů, přičemž se tento pracovní cyklus samočinně bez zásahu obsluhy opakuje. [6]

Způsoby řízení drah nástrojů pro obrobení požadovaného tvaru:

- Váčkové řízení: je velmi jednoduché a spolehlivé i při automatizaci velmi složitých cyklů. Tvar vačky určuje dráhu i průběh rychlosti pohybu. Mezi nevýhody patří možnost přenášení jen menší síly, a to dokonce při nevelkých zrychleních. Konstrukce, výroba a seřízení vaček pro řízení stroje předurčují využití tohoto principu hlavně ve velkosériových a hromadných výroбах.
- Narážkové řízení: je využíváno pro jednoduché i velmi složité cykly. [6]

Rozdělení soustružnických automatů:

Spočívá v dělení dle mnoha kritérií. Dle konstrukčního řešení se dělí na jednovřetenové, vícevřetenové, vodorovné a svislé, dle systému řízení se dělí na křivkové a bezkřivkové.

3.5.1 NC a CNC stroje

Řízení NC obráběcích strojů probíhá pomocí programu zaznamenaného nejčastěji na děrné pásce, která je vložena do čtecího zařízení. Do paměti systému se načítá pouze jedna věta, která se vykoná. Realizována je jedním řádkem na děrné pásce. Jakmile je aktuální věta provedená, načítá se nová a stávající obsah paměti se přemaže. Při dokončení celého programu je nutné pásku převinout na začátek z důvodu znovuspuštění programu. Klíčovou nevýhodou programování pomocí děrné pásky změnou programu je podmíněna změna děrné pásky, neboli proděrování nové. Pro výrobu to znamená zbytečné prostoje a prodloužení výrobního času. [23]

Funkční charakter CNC obráběcích strojů spočívá v obrovském pokroku, v možnosti, kdy řízení stroje přebírá řídicí počítač. Načítání programu do paměti probíhá z načítacího média (disketa, flash disk), nebo pomocí síťového připojení (LAN). Ve srovnání s NC stroji není interpolátor softwaru záležitostí hardwarovou, tzn., že je možné měnit vlastnosti řídicího systému a doplňovat různé funkce bez zásahu do hardwarové struktury zařízení. Ke generování dráhy nástroje, nebo obrobku je možné využití přímého matematického popisu tvaru dráhy programem. Lze generovat křivky, jako např. paraboly, hyperboly, cykloidy, spline apod. Dále lze provádět kruhovou interpolaci v prostoru s možností využití dalších os. [23]

Výhody CNC řízení těmto strojům dává nové technologické a ekonomické možnosti, kterými jsou:

- velká výrobnost,
- vysoká kvalita obráběných dílů,
- nižší zmetkovitost,
- použití i pro menší série,
- rychlá změna programu, příp. osazení nástrojů,
- zpracování programů vytvořených CAD/CAM systémech (nutný postprocesor),
- velká spolehlivost a životnost,
- minimalizace spotřeby energie aj.

4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ PROPOČTY VÝROBY

4.1 Spotřeba materiálu

Ekonomické hodnocení výrobního programu je silně spjato s výrobním časem součástí. Delší výrobní časy implikují vyšší náklady na stroj a práci. Tato závislost však platí pouze do určité míry. Zkrácení výrobních časů je docíleno například vyšší řeznou rychlostí. Vyšší řezná rychlost ale vede k vyššímu opotřebení nástroje a vyšším nárokům na obsluhu. Proto je nezbytné zvolit pro výpočet strojních časů jednotlivých variant vhodné řezné podmínky. [14]

4.2 Skladba výrobních časů

Výrobní časy se dají rozdělit do tří základních skupin:

- t_A čas jednotkový, představuje celkový čas na výrobu jedné součásti,
- t_B čas dávkový, představuje součet časů vztažených k jedné výrobní dávce,
- t_C čas směnový, představuje čas na změnu směny.

Pro zjednodušení nákladových kalkulací se využívá přírážka směnového času k_C k času jednotkovému a dávkovému.

$$t_{AC} = t_A \cdot k_C \quad (4.1)$$

$$t_{BC} = t_B \cdot k_C \quad (4.2)$$

- kde: t_{AC} čas jednotkový s přírážkou směnového času,
- t_{BC} čas dávkový s přírážkou směnového času,
- k_C přírážka směnového času.

Čas jednotkový lze vyjádřit jako součet jednotkového strojního času, jednotkového vedlejšího času a jednotkového času na výměnu nástroje.

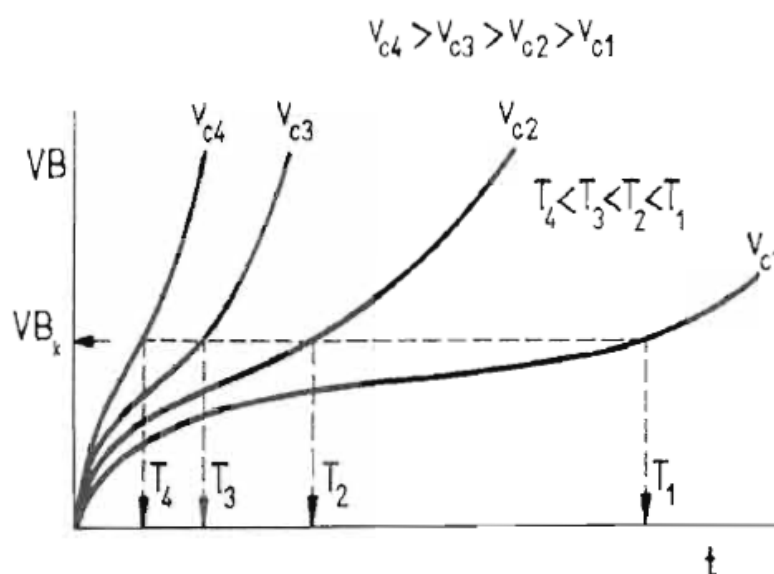
$$t_A = t_{As} + t_{Av} + t_{vn} \cdot z_v \quad (4.3)$$

- kde: t_{As} jednotkový čas strojní,
- t_{Av} jednotkový čas vedlejší,
- t_{vn} čas na výměnu nástroje,
- z_v počet výměn nástroje za čas t_{As} .

4.3 Optimalizace řezných podmínek

4.3.1 Trvanlivost břitu a řezná rychlost

Trvanlivost břitu T silně ovlivňuje materiál destiček a jejich povrchová úprava, ale také řezné podmínky. V následujícím obrázku je znázorněn vliv řezné rychlosti na opotřebení a trvanlivost nástroje.



Obr. 32 Šířka plochy opotřebení VB v závislosti na čase t . [14]

Při vyšších řezných rychlostech se snižuje trvanlivost nástroje, ale na druhou stranu se snižuje výrobní čas a náklady na strojní práci.

Závislost trvanlivosti na řezné rychlosti lze vyjádřit Taylorovým vztahem.

$$T = \frac{C_T}{v_c^m} \quad (4.4)$$

C_T a m jsou empirické konstanty.

Tab. 9 Koeficient m Taylorova vztahu.

Materiál nástroje	Koeficient m Taylorova vztahu
Nástrojové oceli	10 – 8
Rychlořezné oceli	8 – 5
Slinuté karbidy	5 – 2,5
Řezná keramika	2,5 – 1,5

Koeficient C_T vychází z koeficientu C_v a m .

$$C_T = C_v^m \quad (4.5)$$

Tab. 10 Souhrn konstant pro výpočet řezné rychlosti. [24]

Obráběný materiál	Druh řezného materiálu	C_v	m		x_v		y_v		Otupení [mm]
			T	m	Rozsah h [mm]	x_v	Rozsah s [mm.ot-1]	y_v	
Ocel skupiny obrábitelnosti 14b	RO malé stroje s chlazením	60	Rozsah trvanlivosti ostří vždy 30 – 480 min	0,17	$h \leq 1,5$	0,10	$s \leq 0,5$	0,33	0,4
		64		0,17	$h > 1,5$ $h \leq 12$	0,26	$s < 0,8$	0,33	0,8
	RO malé stroje bez chlazení	54		0,17	$h \leq 1,5$	0,10	$s \leq 0,5$	0,25	0,4
		58		0,17	$h = 1,5$ $h \leq 12$	0,26	$s < 0,8$	0,25	0,8
	RO velké stroje bez chlazení	94		0,17	$h \geq 5$ $h \leq 50$	0,38	$s \geq 0,5$ $s \leq 1,25$	0,33	1,2
		100		0,17	$h \leq 5$ $h \leq 50$	0,38	$s > 1,25$ $s < 4$	0,64	1,2
	P10 bez chlazení	600		0,32	$h \leq 12$	0,18	$s \leq 0,3$	0,24	0,8
		460		0,26	$h \leq 15$	0,18	$s > 0,5$ $s \leq 1,2$	0,24	0,8
	P20 bez chlazení	1250		0,50	$h \leq 18$	0,18	$s \leq 0,3$	0,10	0,8
		420		0,31	$h \leq 25$	0,18	$s > 0,3$ $s < 2,0$	0,30	0,8
	P30 bez chlazení	400		0,34	$h \geq 5$ $h \leq 40$	0,2	$s > 0,35$ $s < 2,5$	0,48	0,8
	P40 bez chlazení	500		0,40	$h \geq 5$ $h < 45$	0,22	$s \geq 0,5$ $s < 3$	0,17	0,8
Litina skup. Obrab. 11a	RO bez chlazení	42	0,14	$h \leq 12$	0,18	$s \leq 0,3$	0,32	0,8	
		39	0,14	$h \leq 40$	0,25	$s > 0,3$	0,45	1,6	
	K10 bez chlazení	165	0,26	$h \leq 12$	0,16	$s \leq 0,3$	0,26	0,8	
		125	0,20	$h \leq 40$	0,25	$s > 0,3$	0,35	0,8	

4.3.2 Výrobní náklady

Pro účel této diplomové práce je využit postupný způsob optimalizace řezných podmínek.

Celkové výrobní náklady lze vyjádřit následujícím vztahem:

$$N = N_s + N_{nv} + N_v \quad (4.6)$$

kde N_s jsou náklady na strojní práci, N_{nv} jsou náklady na nástroje a jejich výměnu a N_v náklady na vedlejší práci. Všechny uvedené nákladové položky jsou vztaženy na jeden kus.

Náklady na nástroje a jejich výměnu jdou dále rozdělit dle následující rovnice:

$$N_{nv} = N_{vn} + N_n \quad (4.7)$$

kde N_{vn} jsou náklady na výměnu nástroje a N_n náklady na nástroje za kus.

Celkové výrobní náklady lze tedy vyjádřit jako

$$N = N_s + N_{vn} + N_n + N_v \quad (4.8)$$

kde

$$N_s = t_{As} \cdot N_{sm} \quad (4.9)$$

$$N_{vn} = t_{vn} \cdot N_{vnm} \cdot z_v \quad (4.10)$$

$$N_n = N_{nT} \cdot z_v \quad (4.11)$$

$$N_v = t_{Av} \cdot N_{vm} \cong t_{Av} \cdot N_{sm} \quad (4.12)$$

kde N_{sm} jsou náklady na strojní práci v Kč/min,

N_{vnm} jsou náklady na výměnu nástroje v Kč/min,

N_{nT} jsou náklady na nástroj v Kč,

N_{vm} jsou náklady na vedlejší práci Kč/min.

Počet výměn nástroje z_v lze vyjádřit jako

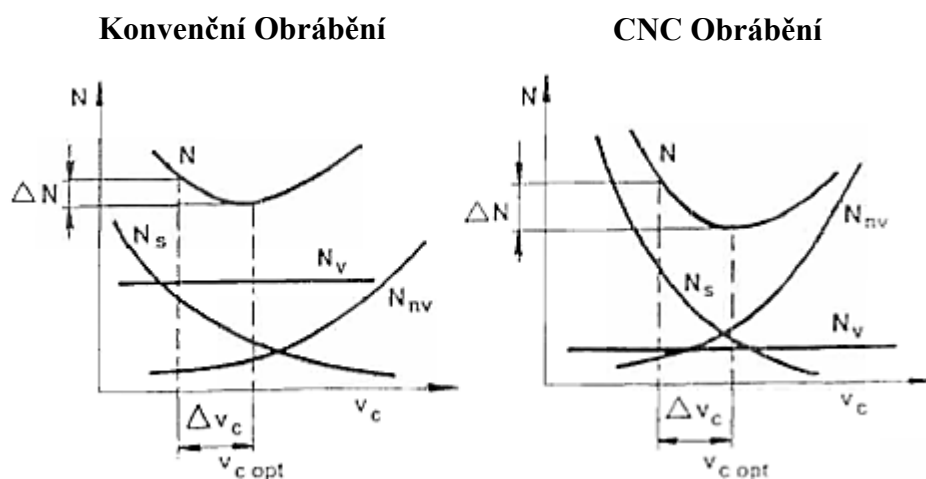
$$z_v = \frac{t_{As}}{T} \cdot \tau \quad (4.13)$$

kde τ je poměr skutečného času záběru nástroje ke strojnímu času.

Po rozepsání jednotlivých členů nákladové funkce do úvodní rovnice lze vyjádřit vztah pro výpočet celkových nákladů na kus.

$$N = t_{As} \cdot N_{sm} + N_{nT} \cdot \frac{t_{As}}{T} \cdot \tau + t_{vn} \cdot N_{vnm} \cdot \frac{t_{As}}{T} \cdot \tau + t_{Av} \cdot N_{vm} \quad (4.14)$$

Na obrázku 33 je schematicky znázorněný průběh nákladů pro konvenční a CNC obrábění. Průběh nákladové křivky podtrhuje důležitost optimalizace řezných podmínek u CNC obrábění. Nevhodná volba řezných podmínek zde vede k velkému navýšení nákladů. Naproti tomu citlivost nákladů na řeznou rychlost u konvenčního obrábění je nízká.



Obr. 33 Výrobní náklady na kus v závislosti na řezné rychlosti. [14]

Optimální trvanlivost je dána minimem nákladové funkce.

Lokální extrém nákladové rovnice lze identifikovat pomocí první derivace podle proměnné T :

$$\frac{dN}{dT} = 0 \quad (4.15)$$

$$N = \frac{K_1}{v_c} \cdot N_{sm} + N_{nT} \cdot \frac{K_1}{T \cdot v_c} \cdot \tau + t_{vn} \cdot N_{vnm} \cdot \frac{K_1}{T \cdot v_c} \cdot \tau + t_{Av} \cdot N_{vm} \quad (4.16)$$

K_1 je konstanta

Optimální trvanlivost z hlediska nákladů lze proto vyjádřit jako:

$$T_{optN} = \frac{N_{nT} + t_{vn} \cdot N_{vnm}}{N_{sm}} \cdot (m - 1) \cdot \tau \quad (4.17)$$

$$T_{optN} = \frac{60 \cdot N_T}{D_S} \cdot (m - 1) \cdot \tau \quad (4.18)$$

kde N_T jsou náklady na nástroj a výměnu nástroje,

D_S jsou náklady na strojní práci v Kč/hod,

m konstanta Taylorova vztahu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 VÝROBA ROTAČNÍ SOUČÁSTI

Výroba rotační součásti probíhá již řadu let na vačkových automatových soustruzích. Z důvodu nedostatečné kapacity výroby je nutné výrobu rozšířit i na CNC obráběcí automatový soustruh. V první řadě je nutné zvolit vhodný obráběcí stroj, nástroje a měřidla. Při návrhu výroby na CNC soustruhu bude kladen důraz na optimální možnosti obrábění s ohledem na cílené množství 2 000 000 ks/rok. Výsledkem návrhu by měl být závěr, který stanoví optimální řešení při výrobě zadaného dílce.

5.1 Představení firmy a výrobních možností

V následující kapitole je představeno základní strojové vybavení firmy a pro představu výrobních možností, jsou v kapitole 5.1.2 prezentovány běžně vyráběné výrobky. Na obrázku 34 je znázorněno logo firmy.



Obr. 34 Logo firmy.

5.1.1 Strojový park

Jednotlivé stroje jsou ve firmě uspořádány na základě své účelnosti. Z tohoto důvodu jsou výroby členěny na jednotlivé výrobní úseky a uspořádány do jednotlivých výrobních dílen:

- dílna č. 1 obsažena klasickými obráběcími stroji:
 - Soustruh SV 18 RA,
 - Frézka FNK 25 A,
 - Vrtačka VS 32 B,
 - Dvoukotoučová bruska BNT 34.N.

Jednotlivé stroje jsou využívány při údržbách, opravách, výrobě pracovních přípravků, či v kusové výrobě. Základní klasické obráběcí stroje jsou uvedeny na obrázku č. 35. V neposlední řadě je tato dílna vybavena různým dílenským nářadím a přípravky, které jsou nezbytné jak pro provoz jednotlivých obráběcích strojů, tak i dílny jako takové: (pásová pila, ruční nářadí, ruční vrtačka, úhlová bruska aj...).



Obr. 35 Univerzální hrotový soustruh SV 18 RA a Frézka FNK 25 A.

dílna č. 2: vybavena Vačkovými soustruhy (automatová výroba):

- Revolverový soustruh A20B, 2x,
- Dlouhotočný soustruh AD 6, 2x.

Automatové soustruhy jsou využity pro sériovou výrobu. Jedná se o poslední vačkové automaty ve firmě. Ponížení těchto strojů je způsobeno přechodem na stroje moderní s CNC řízením, které jsou umístěny v dílně č. 3.

- dílna č. 3: CNC automatové soustruhy (sériová výroba):
 - Hanwha XP 20S,
 - PolyGim CSL 32,
 - PolyGim Mini 88,
 - Tornos ENC 74 3x, ENC 75 3x, ENC 164 2x.

CNC soustruhy jsou od počátku vzniku firmy stále doplňovány. Vlivem navyšování stávajících zakázek, zakázek nových, případně získávání nových zákazníků, jsou kapacity stávajících výrob téměř zaplněné. Pro pořízení dalších obráběcích strojů je firma již omezena výrobními plochami. Zástupci CNC obráběcích strojů jsou na obrázku č. 36.



Obr. 36 vybrané CNC soustruhy.

5.1.2 Portfolio vyráběných součástí

Firma se zaměřuje na zakázkovou, sériovou výrobu rotačních součástí pro automobilový a zdravotní průmysl a dodává výrobky pro nářadí a spojovací materiál. [25]

Současný strojový park umožňuje výrobu rotačních součástí o průměru 2 až 32 mm s maximální délkou 210 mm.

Mezi standardní obráběné materiály patří automatová ocel, automatová nerezová ocel, bronz a titan.

Následující obrázky představují portfolio v minulosti vyráběných součástí a designové prvky, které je firma schopna technologicky obsáhnout. Vyráběné dílce jsou vyobrazeny na obrázku 37 a obrázku 38.



Obr. 37 Portfolio firmy I.

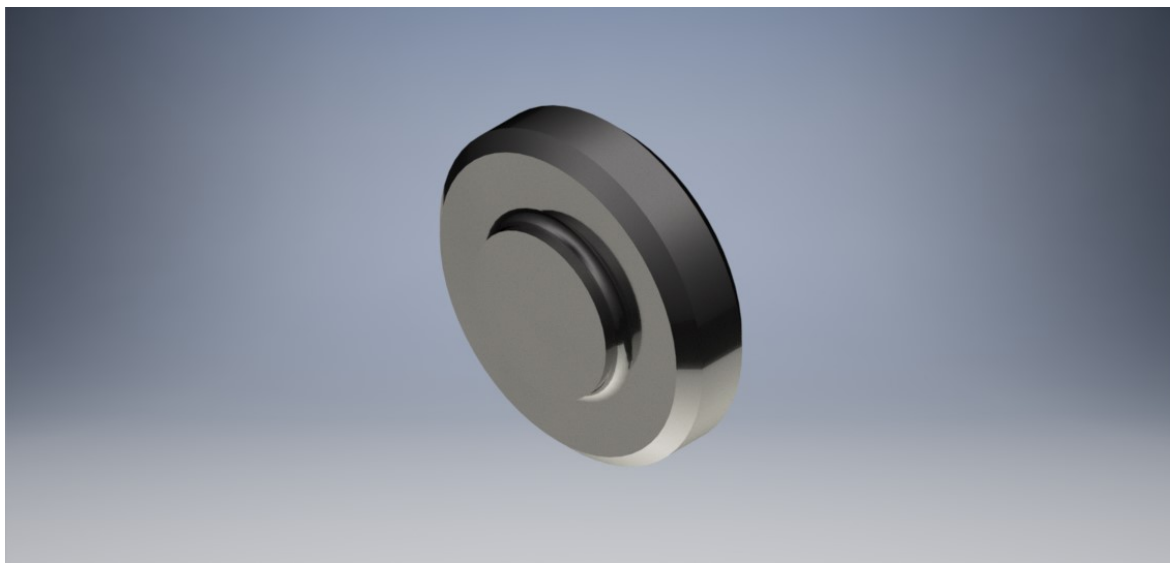


Obr. 38 Portfolio firmy II.

5.2 Představení vyráběné součásti

Obráběným dílcem je doraz axiálního vřetene pletacího stroje, který je znázorněn na obrázku č. 39 v měřítku 16:1. Jedná se o součást, která je namáhána cyklickými, mechanickými rázy, což vede ke značnému opotřebení, na jehož základě je často měněna pro přesný chod zařízení. Sériovost 2 000 000 ks/rok, je schopna vykryt požadavky ze strany zákazníka, které se na stávající hodnotu v poslední době několikanásobně navýšily a z tohoto důvodu je nutné i navýšení výrobních kapacit.

Pro firmu se jedná o zakázkovou výrobu, kde zaštiťuje pouze obrobení součásti soustružením. Ostatní opracování je prováděno na základě výkresové dokumentace uvedené v příloze č. 1. Veškeré další výrobní operace finálního výrobku probíhají mimo firmu Koovobráběčství Jiří Prášil. Operace soustružení je realizována na vačkových automatech na základě operačních návodů a výkresové dokumentace v kapitole 6. Důraz na kvalitu ze strany firmy je kladen na dodržení stanovených rozměrů, požadovanou jakost povrchu a splnění termínů dodávek ze strany zákazníka.



Obr. 39 Doraz axiálního vřetene.

5.2.1 Konstrukční rozbor součásti

Doraz axiálního vřetene má největší průměr 8 mm. Tento průměr je dán výchozím polotovarem, neobrábí se a jeho hodnota je rovna průměru polotovaru, kterým je tyč kruhového průřezu taženým za studena s normovým označením EN 10278 s úchylkou h9 (hmr = 0, dmr = -0,036 mm). [26]. Obráběná součást je z obou stran asymetrická. Čela dorazu jsou broušeny z důvodu rovinnosti a jsou navzájem rovnoběžné v geometrické toleranci 0,02 mm a struktuře povrchu 0,4 μ m. Obě čelní plochy mají průměr $4 \pm 0,1$ mm ve vzdálenosti 0,55 mm od čel a do další plochy navazují poloměrem o hodnotě 0,3 mm. Výsledný přechod do největšího průměru tvoří sražení $0,4 \times 45^\circ$.

Při obrobení dílce soustružením ve strojírenské firmě bude zanechán přídavek na čelních plochách z důvodu operace broušení. Na základě technologie broušení je nutné stanovit technologický postup tak, aby při upichování na čelech nezůstal zbytkový materiál z důvodu přesnosti upnutí na magnetický stůl brusky. Zbytkový materiál v ose obrobku by znemožňoval přesné upnutí a následné obroušení. Eliminace zbytkového materiálu bude realizována vhodným výběrem nástrojů pro obrábění a naprogramováním dráhy těchto nástrojů.

Délka polotovaru je stanovena na 3000 mm. Jedná se o sériovou výrobu realizovanou na soustruzích s podavači, ať už vačkových (zásobník na jeden kus tyče), nebo CNC automatových soustruzích (zásobník až na 24 tyčí), kde je možné právě 3000 mm tyče podávat. Využití materiálu tyče bude pro jednotlivé druhy výrob kalkulováno pro finální srovnání, včetně zbytků tyčí vzniklých při obrábění.

Polotovar je do firmy dodáván zákazníkem a je opatřen náběhem $2 \times 45^\circ$ pro možnost navedení do kleštin. Z tohoto důvodu je také nutné dbát na správnou orientaci polotovaru v zásobnících, protože náběh je pouze z jedné strany tyče.

Jelikož se firma zabývá pouze obrobením obrobku soustružením, bude práce na tuto operaci zaměřena. Materiálové vlastnosti jsou uvedeny v kapitole 5.2.2.

5.2.2 Materiál a jeho vlastnosti

Obráběným materiálem pro výrobu Dorazu axiálního vřetene je ocel 100Cr6 dle EN 10089, nebo 14 109.3 dle ČSN EN 10020. Na základě značení ocelí se jedná o konstrukční ocel nízkolegovanou, žíhanou na měkko. [27]

Nízkolegované konstrukční oceli třídy 14, jejich složení a tepelné zpracování [28]:

- tyto oceli jsou legovány chromem, případně chromem a manganem, nebo křemíkem a hliníkem,
- jsou to nejvíce používané slitinové oceli, které umožňují dosáhnout velmi dobrých vlastností bez použití nedostatkových prvků,
- obvykle se cementují, zušlechťují, kalí, některé jsou určeny k nitrídování,
- chromové oceli jsou vhodné na součásti kuličkových a valivých ložisek (zde je kladen velký požadavek na mikročistotu materiálu.

Základní vlastnosti oceli 100Cr6:

Ocel je tvárná za tepla a obrobiteľnosť je dobrá. Odolnosť proti korozi je normálna. Je vhodná k výrobe kuličiek do 25 mm, válečků a kuželů do průměru 18 mm a kroužků valivých ložisek do tloušťky stěny 18 mm. Mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce č. 11 a chemické složení jsou uvedeno v tabulce 12. [28]

Tab. 11 Mechanické vlastnosti materiálu. [27],[29]

MECHANICKÉ VLASTNOSTI OCELI 100Cr6	
Materiál	100Cr6
Mez pevnosti v tahu R_m	628÷765 MPa
Mez kluzu R_e	441 MPa
Tvrđost	max. 225 HB
Plocha průřezu	50,27 mm ²
Třída odpadu	021

Tab. 12 Chemické složení oceli 100Cr6. [29]

CHEMICKÉ SLOŽENÍ [hm%]							
C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S
0,90-1,10	0,30-0,50	0,15-0,35	1,30-1,65	max. 0,30	max 0,50	max 0,027	max 0,030

Tepelné zpracování: [29]

- kování 1050 až 850 °C,
- normalizační žihání 720 až 780 °C,
- kalení do vody 790 až 820 °C,
- kalení do oleje 820 až 840 °C,
- popouštění 120 až 170 °C.

5.2.3 Manipulace s materiálem

Jak již bylo zmíněno v kapitole 5.2.1, materiál pro výrobu obráběné součásti je dodáván zákazníkem. Způsob dodání materiálu je realizován ve dřevěných přepravních bednách, popřípadě v balících na volný způsob. Skládání je dále realizováno vysokozdvížným vozíkem DESTA, kterým firma disponuje. Uskladněný materiál, přeprava materiálu a vysokozdvížný vozík jsou znázorněny na obrázku 40.



Obr. 40 Způsoby manipulace a uskladnění dodaného materiálu.

6 SOUČASNÝ STAV-VÝROBA NA KŘIVKOVÝCH AUTOMATECH

Stávající výroba dorazu axiálního vřetene je zaštitěna dvěma vačkovými soustruhy A20B. Výroba je takto praktikována již několik let. Od počátku výroby do současnosti proběhlo několik různých zlepšení a optimalizací, díky kterým došlo k výraznému času obrábění z počátečních 23 sekund na 15,7 sekund.

V současné době se již na další optimalizace a zrychlování neklade důraz. Jednak je to z důvodu časových, ale také technologických, kde hraje zásadní roli omezení obráběcích strojů, nebo častější opotřebení rezných nástrojů. Při posledním zrychlování výroby docházelo k výrazně nevhodnému nakládání s reznými nástroji, a tak se od zrychlování upustilo.

Jelikož jsou požadavky ze strany zákazníka, co se týká kvality a požadovaného množství výrobků stále vyšší, přichází na řadu možnost tento výrobek obrábět i na CNC automatických soustruzích, kterými je v současné chvíli firma vybavena.

Následující kapitola popisuje výrobu na soustružnických, křivkových automatech. Aplikace výroby a následná optimalizace výroby na CNC soustruzích bude realizována v kapitole 7. Křivkový, vačkový automatický soustruh je znázorněn na obrázku č. 41.



Obr. 41 Křivkový vačkový automatický soustruh A20B.

6.1 Soustružnický jednovřetenový automat A20B

Soustružnický jednovřetenový automat je určen pro sériovou výrobu v automatickém cyklu. Bez přídatných přístrojů lze opracovávat tažené tyče kruhového profilu, šestihranného a čtvercového profilu. Obráběná součást je kruhového profilu s průměrem 8 mm. Délka polotovaru je 3000 mm a je uložen v podávacím zařízení. Automat je vybaven čtyřmi příčnými suporty, které jsou osazeny jak nástroji s připájenými destičkami z tvrdokovů, tak i nástroji s vyměnitelnými destičkami ze slinutých karbidů. [30]

Výroba dorazu axiálního vřetene probíhá na dvou jednovřetenových soustružnických automatech, které byly zakoupeny v roce 2006. Jedná se o stroje vyrobené v roce 1982 společností Kovosvit. Základní technické parametry jsou uvedeny v tabulce 13.

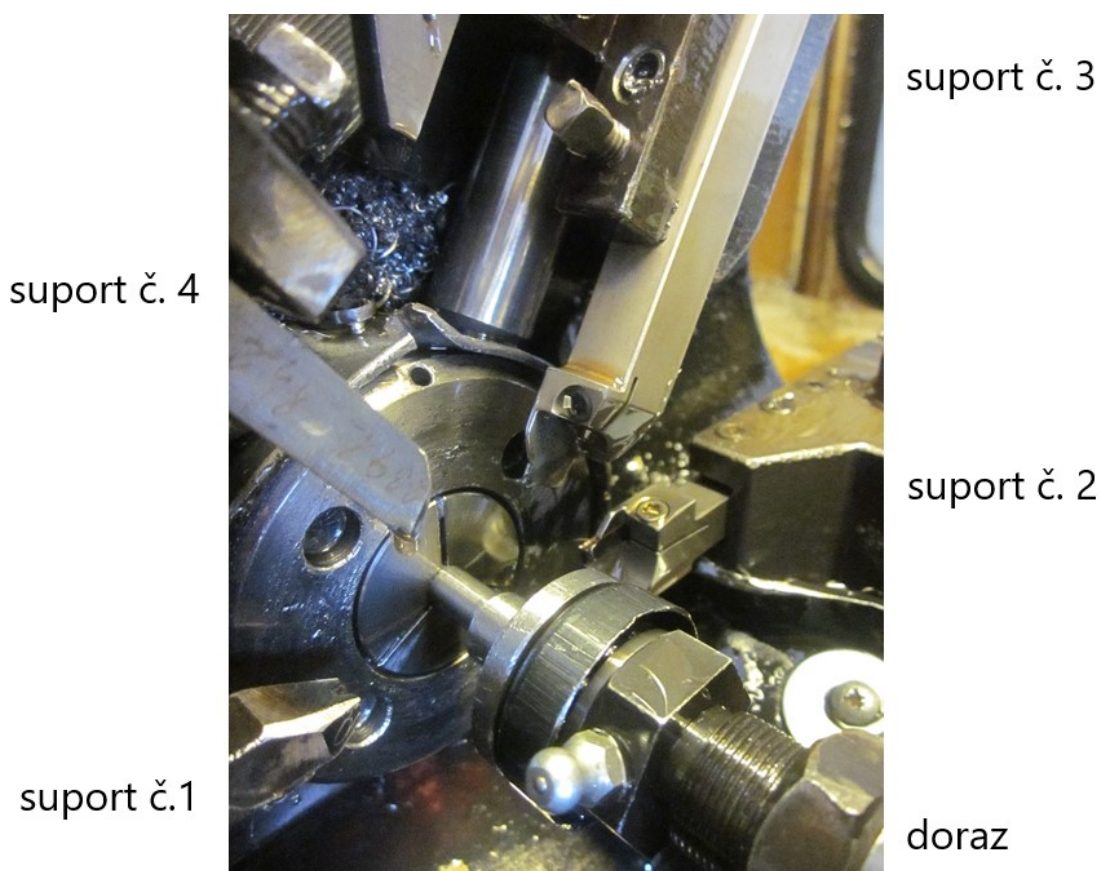
Tab. 13 Technické údaje stroje A20B. [30]

Druh stroje	Automat soustružnický jednovřetenový revolverový
Typ	A20B
Maximální průměr	20 mm
Maximální délka obrábění	64 mm
Počet vřeten	1
Počet nástrojů revolverové hlavy	6
Počet nožových suportů	4
Otáčky vřetena základní řady	max. 4457 ot.min ⁻¹
Výkon elektromotoru	4 kW
Hmotnost	1480 kg
Rozměry	1840x880x1766 mm
Rok výroby	1982
Výrobce	Kovosvit n.p. Sezimovo ústí závod Písek

6.2 Představení výroby dílce na automatu A20B

Upnutí obráběné tyče je realizováno pomocí upínací kleštiny ve vřetenu. Podávací zásobník je určen pouze na jeden kus tyče, která má od dodavatele zhotovený náběh $2 \times 45^\circ$ a to z důvodu optimálního navedení do vřetene. Nabití tyče do zásobníku je prováděno vždy obsluhou. V případě, kdy zbytek předchozího materiálu měří 40 mm, stroj přestává takto krátký tyčový materiál podávat a je nutné přebítí.

Výsledná obráběná délka je stanovena osovým dorazem, který je umístěn v revolverové hlavě soustruhu. Aplikace dorazu udává první krok automatického cyklu stroje, kdy dojde k nabití materiálu. Následuje obrábění čtyřmi řeznými noži, které jsou uvedeny v příloze č. 3. Tyto nástroje jsou umístěny ve čtyřech příčných suportech, které svým nastaveným vyjetím umožňují obrobení výsledné součásti. Vyjetí nožů je realizováno pomocí vačkových kotoučů, které určují dráhy jednotlivých nožů. Suportová hlava s osazenými nástroji je na obrázku 42.



Obr. 42 Nástrojové osazení stroje.

6.2.1 Popis automatického cyklu stroje

Automatický cyklus stroje je dán pomocí vačkových kotoučů (vaček). Následující popis cyklu je zahrnut do tří kroků, ve kterých dojde po kompletnímu obrobení součásti a následnému nabití. Popis jednotlivých kroků:

- 1. krok: nabití tyče na doraz,
- 2. krok: nástroje T2 (hrubování zápichu) + T1 (zápich načisto),
- 3. krok: nástroje T4 (sražení hran) + T3 (upíchnutí obrobku).

Sled jednotlivých úkonů je realizován postupně a bez prostojů, kde by docházelo k nevhodným časovým prodlevám v příjezdu nožů.

Automatický cyklus je realizován vždy do stavu, kdy dojde materiál. Jelikož se jedná o automatický cyklus, obsluha stroje provádí pouze přebíjení materiálu a potřebná měření obrobků, (měřidla jsou znázorněna v kapitole 7.2.2). Tyto měřidla jsou využívána i pro výrobu na dlouhotočných automatických soustruzích s CNC řídicím systémem.

Aplikované nástroje a jejich parametry jsou uvedeny v příloze č. 3. Jejich pohyb je přímočarý vratný a je dán tvarem vačky pro jednotlivý suport, tedy nástroj.

6.2.2 Nástrojový list

Osazení nástrojových suportů je uvedeno v příloze č. 3. Jelikož se jedná o obrábění vnějších rotačních ploch, jsou k tomu nástroje uzpůsobeny. Označení nástrojů v tabulce odpovídá označení suportů z obrázku č. 42.

Aplikované nástroje jsou různého charakteru. Popis nástrojů jednotlivých operací:

- pro hrubování zápichu je aplikován nástroj firmy SUMITOMO (T₂),
- pro soustružení čela obrobku s osazením byl nástroj vyroben (T₁),
- nástroj pro sražení vnějších hran 0,4x45° byl vyroben (T₄),
- upíchnovací nůž byl volen firmou ISCAR (T₃).

Nástroje T₁ a T₄ jsou přípravkové a vyrobené na míru. Jedná se o tvarové nože s průřezem 10 x 10 mm. Řezná část nástroje je realizována připájenou destičkou z tvrdokovu a finální tvar nože je vyroben EDM metodou, případně dovybroušen.

6.3 Seřizovací list

V následující kapitole je seřizovací list vačkového automatu A20B, (tab. 14). Tento seřizovací list obsahuje výkres součásti, podle které je zhotoven výrobní cyklus stroje uveden v tabulce č. 15 – výpis operací. Celkový čas výrobního cyklu je 15,7 s.

Tab. 14 Seřizovací list automatu A20B.

A20B/207		Seřizovací list		Výtisk č:		List 1/1		
Název obrobku			Číslo výkresu		Skupina		Materiál	
Doraz axiálního vřetene			UTB-DP-01		Prášil		14 109.3	
					Neřízená dokumentace (jen pro informaci)		Třída obrob.	
Řezné rychlosti [m/min]			Otáčky vřetene					
Úpich/zapichování 51.5			n1:	2242 L				
			n2:	888 P				
			n3:	471 L				
			n4:	187 P				
			n5:	0 L				
			n6:	0 P				
			Výměnná kola					
			Času	Vřetene				
			V:30	A:76				
			X:95	B:45				
			Y:101	C:21				
			Z:25	D:100				
Životnost		[min]	[ks]					
Suport 1		62	667					
Suport 2		62	695					
Suport 3		150	1261					
Suport 4		62	1853					
Čas cyklu [s]:		15,7		Zpracoval:		Alexandr Koten		
Ks/hod [100%]:		229		Datum:		27.1.2014		
Ks/7,5(8)hod[80%]:		1377 (1469)		Revize:		28.1.2014		
				Vytištěno dne:		7.4.2018		

Tab. 15 Výpis operací výrobního cyklu.

A20B/207

Výpis operací

Výtisk č:

List 1/1

Název obrobku		Číslo výkresu		Skupina		Materiál - Polotovar				Třída obrob.	
Doraz axiálního vřetene		UTB-DP-01		Prášil		14 109.3 Ø8 – 3000 EN 10278				12b	
Supň	Název operace + komentář	Průměr	Dřáha	JP	Posuv	Vřez	Čas oper.	Čas celk.	R vátky	Otáčky	Dílky od-do
1RH	Podání materiálu 3,2+1,4 upichováč						0.50	0.50	90.00	2242	0.0 – 3.2
1RH	Prodleva prodloužení 30 %						0.15	0.65	90.00	2242	3.2 – 4.1
1RH	Sestup		10.00				0.32	0.97	80.00	2242	4.1 – 6.2
1RH	Prodleva						14.42	15.39	80.00	2242	6.2 – 98.2
1RH	Nástup		10.00				0.28	15.67	90.00	2242	98.2 – 100.0
Sp1	Prodleva						0.64	0.64	35.00	2242	0.0 – 4.1
Sp1	Nástup		22.50				0.97	1.61	57.50	2242	4.1 – 10.3
Sp1	Standardní zápich d4symetr. načisto	8	2.50	1	0.012	51	5.58	7.19	60.00	2242	10.3 – 45.9
Sp1	Zachlazení						0.08	7.27	60.00	2242	45.9 – 46.4
Sp1	Sestup		25.00				0.83	8.10	35.00	2242	46.4 – 51.7
Sp2	Prodleva						0.00	0.00	35.00	2242	0.0 – 0.0
Sp2	Nástup		22.60				0.97	0.97	57.60	2242	0.0 – 6.2
Sp2	Standardní zápich d4, 2sym. Hrubuje	8	2.40	2	0.012	51	5.35	6.32	60.00	2242	6.2 – 40.3
Sp2	Sestup		25.00				0.83	7.15	35.00	2242	40.3 – 45.6
Sp3	Prodleva						7.05	7.05	35.00	2242	0.0 – 45.0
Sp3	Nástup		21.80				0.95	8.00	56.80	2242	45.0 – 51.1
Sp3	Standardní zápich ÚPICH š.1,4/15°	4.00	3.20	2	0.012	28	7.14	15.14	60.00	2242	51.1 – 96.6
Sp3	Sestup		25.00				0.83	15.97	35.00	2242	96.6 – 101.9
Sp4	Prodleva						7.28	7.28	35.00	2242	0.0 – 45.6
Sp4	Nástup		24.10				1.00	8.29	59.10	2242	46.5 – 52.9
Sp4	Standardní zápich SrHr 0,4x45°sym.	8	0.90	2	0.012	51	2.01	10.29	60.00	2242	52.9 – 65.7
Sp4	Zachlazení						0.08	10.37	60.00	2242	65.7 – 66.2
Sp4	Sestup		25.00				0.83	11.20	35.00	2242	66.2 – 71.5
Vysvětlivky: Průměr=max. obráběný průměr pro výpočet Vřez, JP=jakost povrchu[1-velmi dobrá, 2-normální, 3-hrubá], Vřez=fezná rychlost											
Vytvořeno/Revize/Tisk: 27.1.14/28.1.14/7.4.18 Čas cyklu: 15.7s Ks/hod [100%]: 230 Ks/7,5(8)hod [80%]: 1378 (1470)											

7 NÁVRH ŘEŠENÍ – VÝROBA DÍLCE NA CNC SOUSTRUHU

Z důvodu nízkých výrobních kapacit vačkových soustruhů A20B a prudkého navýšení výroby ze strany zákazníka je nutné výrobu navýšit. Variantou, která se nabízí, je aplikovat stávající výrobu na CNC obráběcí stroje s kombinovanou automatovou výrobou tak, aby se dostalo požadavkům zákazníka.

Cílem návrhu by měl být ekonomický výstup sestaven z programovacích možností, nebo vhodného výběru náradí tak, aby byl proces výroby produktu co nejefektivnější. V následujících kapitolách je navržena technologie výroby obrobku na CNC stroji v závislosti na optimálních řezných podmínkách.

7.1 Výběr stroje

K výrobě dorazu axiálního vřetene je vybrán CNC automatický soustruh Tornos ENC 164, který je na obrázku 43. Stroj byl pořízen před pěti lety od jiné firmy v České Republice a disponuje podávacím zařízením. V současné době je využíván k obrábění již čtyř výrob, kterými ovšem není plně využit, proto byl pro výrobu zvolen. Základní technické parametry a údaje o stroji jsou uvedeny v tabulce č. 16.

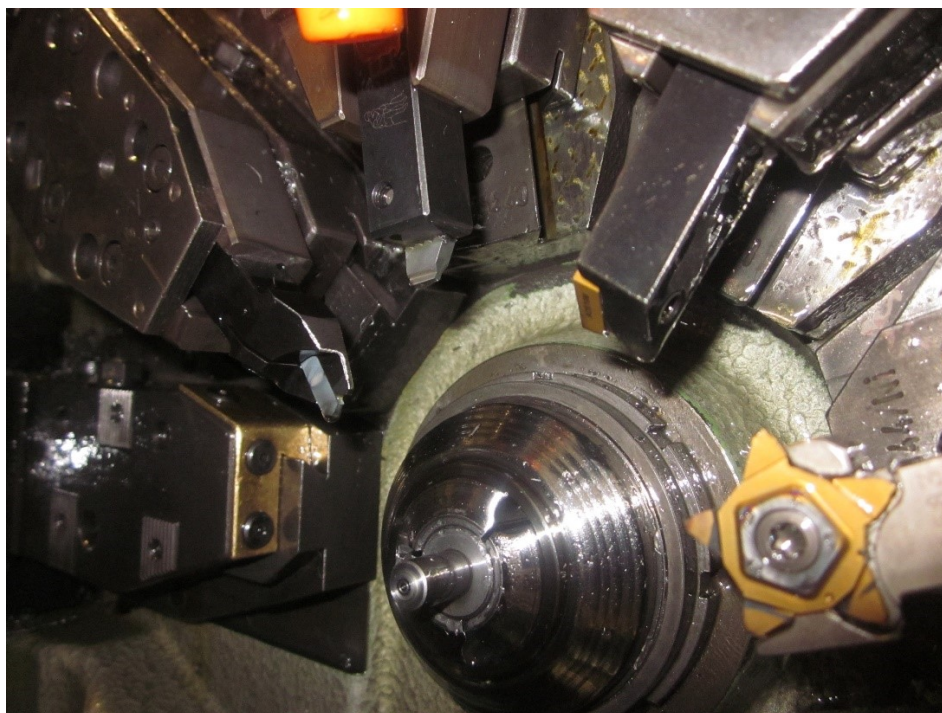


Obr. 43 CNC soustruh Tornos ENC 164.

Tab. 16 Technické údaje stroje Tornos ENC 164. [31]

Řídicí systém	FANUC O-TT
Maximální průměr	16 mm
Maximální délka obrábění	135 mm
Počet vřeten	2
Počet osových nástrojů	6
Počet nožových suportů	5
Rychlost vřetena	8000 ot.min ⁻¹
Hmotnost	2500 kg
Rozměry	2000x1500x1800 mm
Rok výroby	1994

Automatový CNC soustruh Tornos ENC 164 je pro výrobu dorazu axiálního vřetene, co se týká technických parametrů stroje předběžně vhodný. Stroj disponuje podávacím zařízením s možností automatického podávání materiálu. Do zásobníku lze naplnit až 24 ks tyčí. Na obsluze zařízení tedy spočívá průběžné doplňování materiálu, případná výměna VBD, nebo seřízení. Opatření nástrojů je patrné změnou rozměrů dílce, nebo zhoršením jakosti povrchu. Osazení nástrojů je uvedeno na obrázku č. 44.



Obr. 44 Nástrojové osazení stroje Tornos ENC 164.

7.2 Přiřazení nářadí a měřidel

V této kapitole je uveden rozbor nástrojů pro soustružnické operace a seznam potřebných měřidel. Veškeré nástrojové vybavení a měřidla jsou vybavením firmy, což je pro výrobu klíčové. Mezi nástrojový sortiment a měřidla patří výrobky dodavatelů nástrojů, jako jsou:

- Pramet Tools s.r.o.,
- ISCAR ČR s.r.o.,
- Walter CZ spol. s.r.o.,
- Applitec Mountier S. A.,
- Mitutoyo Česko s.r.o.,
- aj.

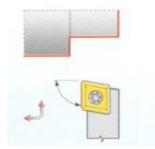
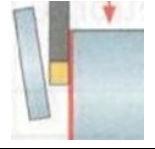
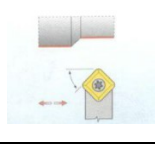
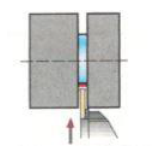


Obr. 45 Výrobci nástrojů a měřidel.

7.2.1 Nástroje pro soustružnické operace

Výběr nástrojů pro soustružnické operace je ze sortimentu několika různých výrobců. Pro CNC soustružení budou uvažovány 2 výrobní programy, tedy 2 výrobní možnosti, na základě kterých bude posuzováno ekonomické hledisko, dle optimální možnosti výroby. Přiřazení nářadí bude dostupné z firemního vybavení. V tabulce 17 jsou uvedeny nástroje pro výrobní program č. 1 a v tabulce č. 18 jsou uvedeny nástroje pro výrobní program č. 2.

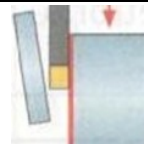
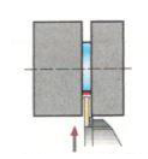
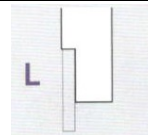
Tab. 17 Nástroje pro soustružnické operace výrobního programu č. 1 [32], [33], [34].

Název dílce		Výroba		Stroj			
Doraz axiálního vřetene		Sériová		TORNOS ENC 164			
Číslo nástroje	Schéma nástroje	Název nástroje	Název držáku nástroje	Rádus	Posuv/ot		VBD
		Výrobce	Název VBD	r_e	f_{min}	f_{max}	
T ₁		Ubírací nůž	SCACL 1212 F 09	0,4	0,08	0,30	T8330
		PRAMET	CCMT 09T302E-FM				
T ₂		Upichovací nůž	PENTACUT PCHL 12-24	0,06	0,02	0,06	IC1008
		ISCAR	PENTA 24L/100J15D				
T ₃		Srážecí nůž	SSDCN 1212 F09	0,4	0,08	0,30	8030
		PRAMET	SCMT 09T304E-UR				
T ₄		Zapichovací nůž	XLDEL1212K-GX16-1	0,2	0,1	0,15	WSM33
		WALTER	GX09-1E200N020-UF4				

Nástrojové osazení výrobního programu č. 1 je realizováno značkami obráběcích nástrojů, jako jsou:

- Dormer PRAMET,
- ISCAR,
- WALTER.

Tab. 18 Nástroje pro soustružnické operace výrobního programu č. 2. [33], [34], [35]

Název dílce		Výroba		Stroj			
Doraz axiálního vřetene		Sériová OPT		TORNOS ENC 164			
Číslo nástroje	Schéma nástroje	Název nástroje	Název držáku nástroje	Rádus r_e	Posuv/ot		VBD
		Výrobce	Název VBD		f_{min}	f_{max}	
T ₁		Upichovací nůž	PENTACUT PCHL 12-24	0,06	0,02	0,06	IC1008
		ISCAR	PENTA 24L/100J15D				
T ₂		Zapichovací nůž	XLDEL1212K -GX16-1	0,2	0,06	0,15	WSM33S
		WALTER	GX16-1E200N020-UF4				
T ₃		Tvarový nůž	EKO-LINE 250-10 L	0,3	0,01	0,2	AP 302
		APPLITEC	251-E-N				

Pro výrobní program č. 2 jsou voleny nástroje dodavatelů:

- ISCAR,
- WALTER,
- APPLITEC.

Tvorba výrobního programu č. 2 (OPTIMALIZACE) je realizována pouze pro 3 obráběcí nástroje. Mezi klíčové zefektivnění výroby a snížení výrobních časů patří volba nástroje od výrobce APPLITEC. Vyměnitelná břitová destička je upravena metodou EDM, na základě výkresové dokumentace uvedené v příloze č. 4. (výkres slouží jako informativní). Tvar takto upravené VBD umožňuje obrábění hned několika tvarových ploch najednou.

Výsledný způsob obrábění jednotlivými nástroji je uveden v kapitole 8.1 a 8.2, kde jsou vyobrazeny jednotlivé úseky výrobních programů, tedy kontury pro jednotlivé nástroje.

7.2.2 Potřebná měřidla

Měření výrobku je prováděno na základě výkresových rozměrů součásti. Z technologického hlediska se nejedná o složitou součást, není tedy zapotřebí složitějších a přesnějších měřidel.

Mezi základní používaná měřidla patří:

- Posuvné měřítko Mitutoyo ABSOLUTE s rozsahem měření 0-150 mm.
- Brinellova lupa se stupnicí.

Brinellova kovová měřicí lupa (obr. 46), se zvětšením 10x s plynulým nastavením ohniska, se stupnicí 10 mm, s dělením 0,1 mm.



Obr. 46 Brinellova měřicí lupa.

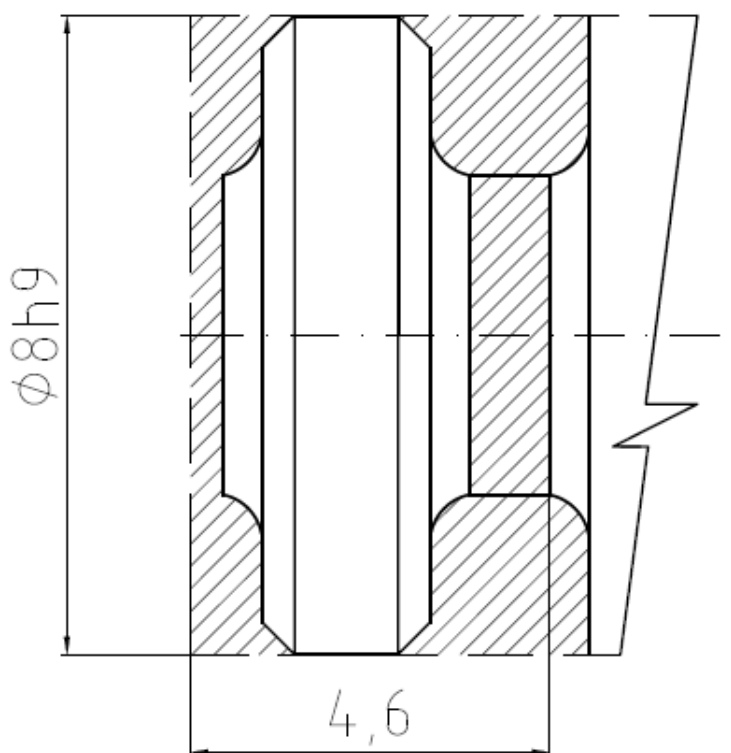
8 OPTIMALIZACE OPERAČNÍCH VÝROBNÍCH NÁKLADŮ

Optimalizace operačních výrobních nákladů je realizována v počítačovém programu Microsoft Excel, ve kterém jsou provedeny jednotlivé výpočty. Výpočetní vzorce jsou uvedeny v teoretické části této práce a v kapitole 8.1. V následující kapitole budou vyhodnocovány výsledky jednotlivých variant, ze kterých budou vyvozeny výsledky pro řezné podmínky výrobních programů a případné ekonomické závěry.

8.1 Ekonomická analýza výrobního programu č. 1

Na obrázku č. 47 je vyobrazen způsob obrábění zvoleného dílce. Šrafovaní vyznačuje odebraný materiál. Úběr materiálu, neboli vlastní obrábění, je realizováno na pět výrobních úseků, aplikací čtyř nástrojů, které jsou uvedeny v kapitole 7.

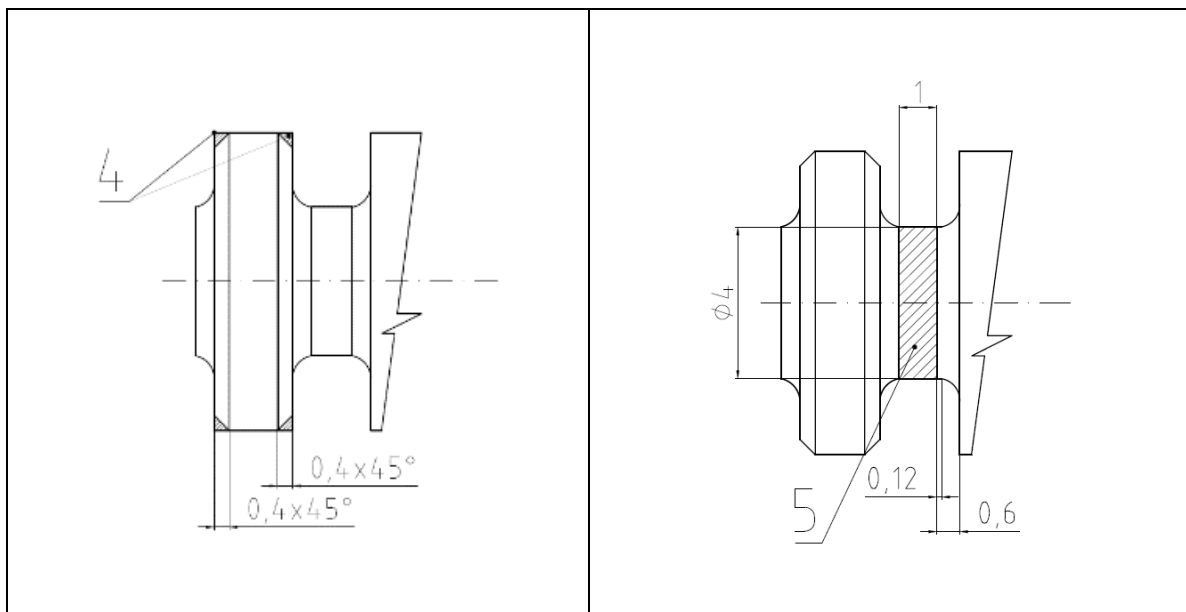
Způsob obrábění jednotlivých úseků je vyobrazen spolu s výkresem součásti v operační návodce I, (tabulka 19). Kótovaný rozměr 4,6 mm udává hodnotu úbytku materiálu pro 1. výrobní cyklus. Následující hodnota bude aplikována pro výpočet využití materiálu.



Obr. 47 Způsob obrobení rotační součásti Varianta I.

Tab. 19 Operační návodka pro výrobní program č. 1.

OPERAČNÍ NÁVODKA I			
Součást: DORAZ AXIÁLNÍHO VŘETENE		Stroj: TORNOS ENC 164	Číslo operace: 10
Výroba: SÉRIOVÁ	Sestava: PLETACÍ STROJ	Podsestava: VŘETENO AXIÁLNÍ	Číslo výkresu: UTB – DP - 01



Popis výrobních úseků:

- úsek 1: soustružení čela a R0,3 načisto,
- úsek 2: hrubování zápichu s R0,2 dle nože,
- úsek 3: tvarový zápich s R0,3 načisto,
- úsek 4: sražení hran 0,4x45°,
- úsek 5: upíchnutí obrobku.

8.1.1 Předpoklady pro výrobní program č. 1

- Výrobní program č. 1 je realizován čtyřmi reznými nástroji (tab. 17),
- obráběným materiálem je ocel: 100Cr6, (14 109.3),
- polotovarem je ocel kruhová tažená za studena Ø8-3000,
- náklady na hodinu strojní práce $D_s = 456,62$ Kč,
- náklady na minutu strojní práce $N_{sm} = 7,61$ Kč/min,
- čas na výměnu nástroje $T_{vn} = 5$ min,
- náklady na výměnu nástroje $N_{vnm} = 6,25$ Kč/min,
- náklady na hodinu vedlejší práce $D_v = 375$ Kč.
- náklady na jednotlivé nástroje jsou voleny, N_{nt} v tabulce č. 20.

8.1.2 Výpočet optimálních trvanlivostí nástrojů a optimálních rezných rychlostí

Tab. 20 Aplikované hodnoty pro výpočty empirických hodnot výrobního programu č. 1

ÚSEK	τ [-]	n [-]	m [-]	C_v [-]	N_{nt} [Kč]	C_T [-]	N_T [-]	Náběh [mm]	Přeběh [mm]	L záběru [mm]	f_{ot} [ot.min ⁻¹]
1	0,51	0,32	3,13	600	110	$4,81 \cdot 10^8$	141,25	2	2	4,17	0,05
2	0,48	0,26	3,85	460	160	$1,74 \cdot 10^8$	191,25	2,1	0	1,9	0,1
3	0,42	0,32	3,13	600	160	$4,81 \cdot 10^8$	191,25	2	1	2,17	0,05
4	0,22	0,26	3,85	460	140	$1,74 \cdot 10^8$	171,25	2	2	1,12	0,1
5	0,40	0,32	3,13	460	180	$2,09 \cdot 10^8$	211,25	2	1	2	0,05

Délka τ byla odvozena na základě záběru nástroje a jeho celkové trajektorie pro všechny úseky. Koeficient Taylorova vztahu m (n) a konstanta C_v byly zvoleny dle tabulky 21 pro ocel skupiny obrobitelnosti 14b v kombinaci s břitovými destičkami skupiny P10. Konstanty m a C_v byly zvoleny zvlášť pro obrábění na hrubo a na čisto.

Tab. 21 Aplikované konstanty pro výpočet rezné rychlosti a trvanlivosti varianty č. 1. a 2.

Obráběný materiál	Druh rezného materiálu	C_v	m		x_v		y_v		Otupení [mm]
			T	m	Rozsah h [mm]	x_v	Rozsah s [mm.ot-1]	y_v	
Ocel skupiny obrobitelnosti 14b	RO malé stroje s chlazením	60	Rozsah trvanlivosti ostří vždy 30 – 480 min	0,17	$h \leq 1,5$	0,10	$s \leq 0,5$	0,33	0,4
		64		0,17	$h > 1,5$ $h \leq 12$	0,26	$s < 0,8$	0,33	0,8
	RO malé stroje bez chlazení	54		0,17	$h \leq 1,5$	0,10	$s \leq 0,5$	0,25	0,4
		58		0,17	$h = 1,5$ $h \leq 12$	0,26	$s < 0,8$	0,25	0,8
	RO velké stroje bez chlazení	94		0,17	$h \geq 5$ $h \leq 50$	0,38	$s \geq 0,5$ $s \leq 1,25$	0,33	1,2
		100		0,17	$h \leq 5$ $h \leq 50$	0,38	$s > 1,25$ $s < 4$	0,64	1,2
	P10 bez chlazení	600		0,32	$h \leq 12$	0,18	$s \leq 0,3$	0,24	0,8
		460		0,26	$h \leq 15$	0,18	$s > 0,5$ $s \leq 1,2$	0,24	0,8

	P20 bez chlazení	1250		0,50	$h \leq 18$	0,18	$s \leq 0,3$	0,10	0,8
		420		0,31	$h \leq 25$	0,18	$s > 0,3$ $s < 2,0$	0,30	0,8
	P30 bez chlazení	400		0,34	$h \geq 5$ $h \leq 40$	0,2	$s > 0,35$ $s < 2,5$	0,48	0,8
	P40 bez chlazení	500		0,40	$h \geq 5$ $h < 45$	0,22	$s \geq 0,5$ $s < 3$	0,17	0,8
Litina skup. Ob-rob. 11a	RO bez chlazení	42		0,14	$h \leq 12$	0,18	$s \leq 0,3$	0,32	0,8
		39		0,14	$h \leq 40$	0,25	$s > 0,3$	0,45	1,6
	K10 bez chlazení	165		0,26	$h \leq 12$	0,16	$s \leq 0,3$	0,26	0,8
		125		0,20	$h \leq 40$	0,25	$s > 0,3$	0,35	0,8

Konstanta C_T vychází z konstant C_v a m dle vztahu uvedeného v teoretické části diplomové práce.

8.1.3 Stanovení optimální řezné rychlosti a trvanlivosti – ukázkový výpočet

Na základě konstant a charakteristik odvozených v předchozí kapitole byla vypočtena optimální řezná rychlost a optimální trvanlivost nástroje.

Následující rovnice představuje ukázkový výpočet výše uvedených parametrů pro první úsek varianty 1.

Prezentace výpočtu platí i pro variantu č. 2 a v kapitole 8.2 nebude prezentována.

$$v_{coptN} = \left[\frac{C_T \cdot N_{sm}}{(m-1) \cdot \tau \cdot N_T} \right]^{\frac{1}{m}} = \left[\frac{4,81 \cdot 10^8 \cdot 7,61}{(3,13-1) \cdot 0,51 \cdot 141,25} \right]^{\frac{1}{3,13}} = 229,52 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$T_{opt} = \frac{(m-1) \cdot \tau \cdot N_T}{N_{sm}} = \frac{(3,13-1) \cdot 0,51 \cdot 141,25}{7,61} = 20,13 \text{ min}$$

8.1.4 Ekonomické vyhodnocení varianty č. 1

Vypočítané hodnoty optimální řezné rychlosti a trvanlivosti nástroje jsou uvedené v tabulce 22.

Zvolená optimální řezná rychlost klade, z důvodu proměnného průměru obrobku, požadavek na proměnné otáčky obrobku. Variabilní otáčky však nejsou strojem Tornos ENC 164 podporovány, a proto musí být pro každou operaci zvoleny konstantní otáčky.

Vypočítaná optimální řezná rychlost však požaduje pro všechny operace otáčky vyšší, než umožňuje stroj. Z toho důvodu byla pro všechny operace zvolená maximální rychlost stroje 8000 ot.min⁻¹.

Tab. 22 Výsledné hodnoty optimální řezné rychlosti a trvanlivosti nástroje pro var. č. 1.

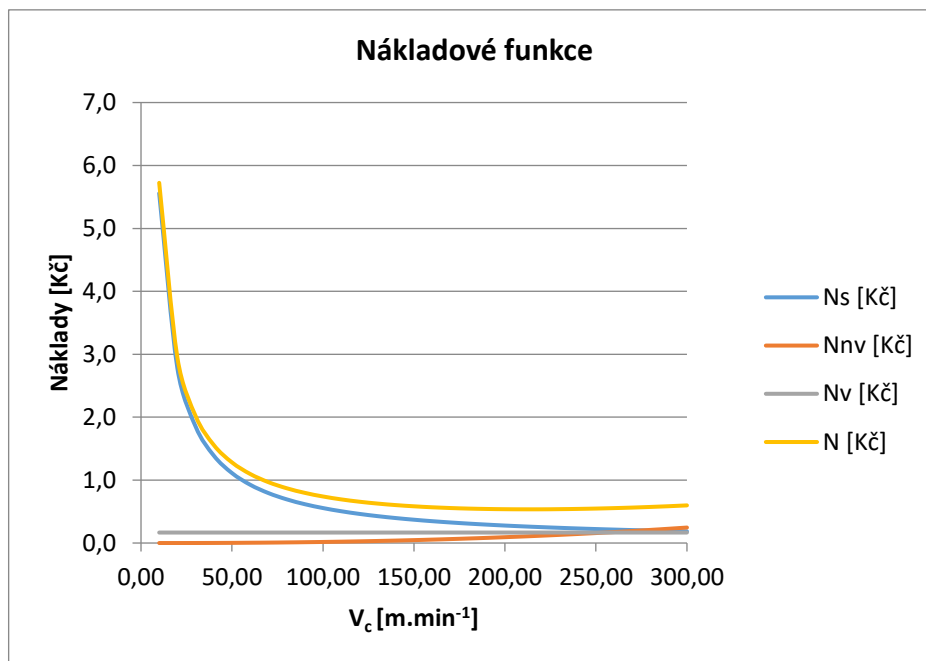
ÚSEK [i]	T _{opt} [min]	V _{copt} [m.min ⁻¹]	Min. n _{obr} [ot.min ⁻¹]	Max. n _{obr} [ot.min ⁻¹]	Výsl. n _{obr} [ot.min ⁻¹]	Výsl. T [min]	t _{AS} [min]
1	20,13	229,56	9134	18267	8000	74,86	2,04.10 ⁻²
2	33,97	183,93	7318	14637	8000	72,94	5,00.10 ⁻³
3	22,42	221,79	8824	17649	8000	74,86	1,29.10 ⁻²
4	14,01	231,57	9213	9699	8000	26,59	6,40.10 ⁻³
5	23,59	167,29	13312	Inf.	8000	1009,98	1,25.10 ⁻²

Na obrázku 48 a 49 jsou uvedené grafy Nákladových funkcí. Na ose x je znázorněna řezná rychlost v_c a na ose y jsou náklady v Kč.

Následující tabulka představuje vypočítané výrobní náklady na kus pro optimální řezné podmínky. Celkové výrobní náklady na kus jsou 0,66 Kč.

Tab. 23 Výsledné hodnoty výrobních nákladů pro var. č. 1.

ÚSEK [i]	N _s [Kč/ks]	N _v [Kč/ks]	N _{nv} [Kč/ks]	N [Kč/ks]
1	0,16	0,06	0,02	0,24
2	0,04	0,02	0,01	0,06
3	0,10	0,04	0,01	0,15
4	0,05	0,02	0,01	0,08
5	0,10	0,04	0,00	0,13
Součet výrobních nákladů	0,44	0,17	0,05	0,66



Obr. 48 Nákladové funkce.

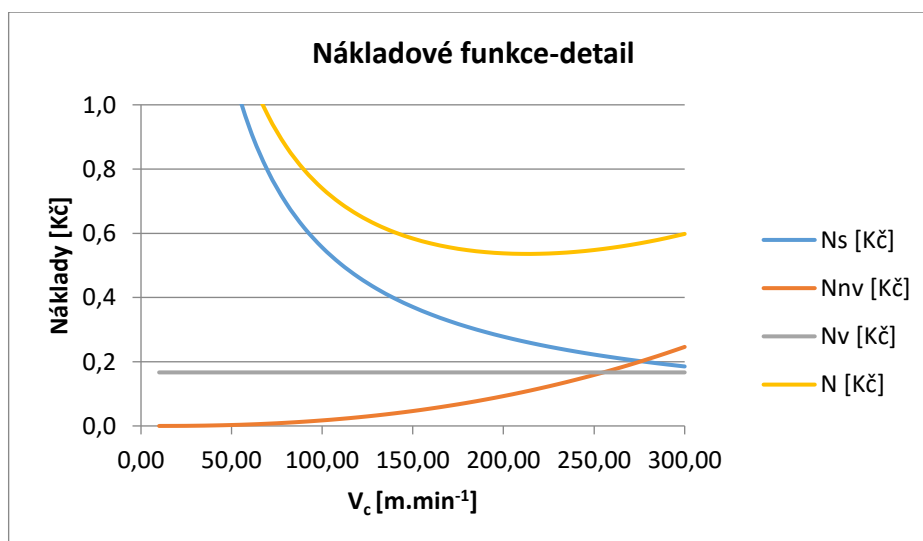
Legenda: N_s – náklady na strojní práci [Kč/ks],

N_{nv} – náklady na nástroje a jejich výměnu [Kč/ks],

N_v – náklady na vedlejší práci (např. upínání, odebrání obrobku...) [Kč/ks],

N – celkové výrobní náklady na jeden kus [kč].

Detail průběhu nákladových funkcí ukazuje, že průměrná optimální řezná rychlost je 210 m/min. Pro tuto řeznou rychlost by byly dosaženy jednotkové výrobní náklady na 0,54 Kč. Z důvodu rychlostního omezení stroje však jednotkové náklady vzrostly na 0,66 Kč.

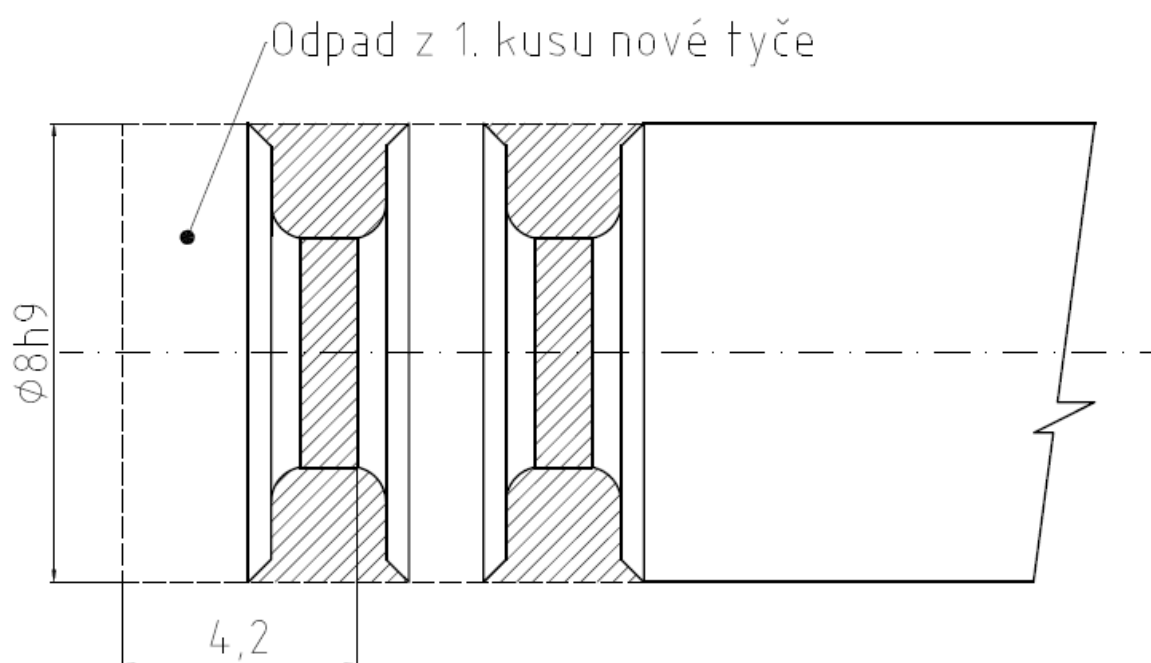


Obr. 49 Nákladové funkce – detail.

8.2 Ekonomická analýza výrobního programu č. 2

Na obrázku č. 50 je vyobrazen způsob obrábění zvoleného dílce dle výrobního programu č. 2. Odebraný materiál řeznými nástroji je vyznačen šrafy. Při nabití nové tyče je vždy 1. kus neshodný s výkresovou dokumentací, protože je obroben pouze z jedné strany. Výhodou programu č. II je: nižší počet nástrojů a výroba dvou dílců v jednom výrobním cyklu. Program je vytvořen na základě výrobních nástrojů, které jsou uvedeny v kapitole 7.

Kótovaný rozměr 4,2 udává spotřebu materiálu na jeden kus. V porovnání s programem č. 1 se jedná o úsporu materiálu o 0,4 mm na jednom kusu. Nevýhodou je ovšem ztráta kusu prvního. Kalkulace spotřeby materiálu jsou uvedené v kapitole 9.1 v tabulce 30.



Obr. 50 Způsob obrábění rotační součásti Varianta II.

Popis výrobních úseků:

- úsek 1: hrubování zápichu (odlehčení pro tvarový nůž),
- úsek 2: soustružení tvarového zápichu,
- úsek 3: upíchnutí.

Detailní popis obrábění je znázorněn v operační návodce v Tab. 24.

Tab. 24 Operační návodka pro výrobní program č. 2.

OPERAČNÍ NÁVODKA II - OPTIMALIZACE			
Součást: DORAZ AXIÁLNÍHO VŘETENE		Stroj: TORNOS ENC 164	Číslo operace: 10
Výroba: SÉRIOVÁ	Sestava: PLETACÍ STROJ	Podsestava: VŘETENO AXIÁLNÍ	Číslo výkresu: UTB – DP - 01

Poznámka:

- Tvar výrobku je vyhotoven zapichovacím způsobem. Obrobené čelo z levé strany na obrázcích je vytvořené vždy v předchozí operaci,
- při naražení nové tyče je vždy první kus neshodný s výkresovou dokumentací, protože nemá obrobené čelo,
- jedním výrobním cyklem dochází k výrobě dvou kusů.

8.2.1 Předpoklady pro výrobní program č. 2

- Výrobní program č. 2 je realizován třemi řeznými nástroji (tab. 17, kap. 7.2.1.),
- obráběným materiálem je ocel: 100Cr6, (14 109.3),
- polotovarem je ocel kruhová tažená za studena Ø8-3000,
- náklady na hodinu strojní práce $D_s = 456,62$ Kč,
- náklady na minutu strojní práce $N_{sm} = 7,61$ Kč/min,
- čas na výměnu nástroje $T_{vn} = 5$ min,
- náklady na výměnu nástroje $N_{vnm} = 6,25$ Kč/min,
- náklady na hodinu vedlejší práce $D_v = 375$ Kč.
- náklady na jednotlivé nástroje jsou voleny, N_{nt} v tabulce č. 25.

8.2.2 Výsledné optimální trvanlivosti nástrojů a optimálních řezných rychlostí pro variantu 2

V tabulce č. 25 jsou výsledné hodnoty empirických hodnot. Charakteristika výpočtů je realizována na základě postupů v kapitole 8.1.

Tab. 25 Aplikované hodnoty pro výpočet empirických hodnot variantu 2.

ÚSEK	τ [-]	n [-]	m [-]	C_v [-]	N_{nt} [Kč]	C_r [-]	N_r [-]	Náběh [mm]	Přeběh [mm]	L záběru [mm]	f_{ot} [ot.min ⁻¹]
1	0,46	0,26	3,85	460	160	$1,74 \cdot 10^{10}$	191,25	2	2,5	3,8	0,10
2	0,67	0,32	3,13	600	250	$4,81 \cdot 10^8$	281,25	2	2,5	9,32	0,05
3	0,47	0,32	3,13	600	180	$4,81 \cdot 10^8$	211,25	2	2,5	4	0,05

Realizace výpočtu :

- odvození délky τ na základě záběru nástroje a jeho celkové trajektorie pro všechny úseky,
- koeficient Taylorova vztahu m (n) a konstanta C_v byly zvoleny z tabulky č. 21 pro ocel obrobitelnosti 14b v kombinaci s břitovými destičkami P10,
- konstanty m a C_v byly zvoleny zvlášť pro obrábění nahrubo a načisto.

8.2.3 Ekonomické vyhodnocení varianty č. 2

Vypočítané hodnoty optimálních řezných rychlostí a trvanlivostí nástrojů jednotlivých výrobních úseků varianty č. 2 jsou uvedené v tabulce č. 26.

Pro výrobní program č. 2 je určen stejný obráběcí stroj, Tornos ENC 164. Výsledné otáčky pro obrábění jsou tedy konstantní.

Tab. 26 Výsledné hodnoty optimálních řezných rychlostí a trvanlivostí nástrojů pro var. č2

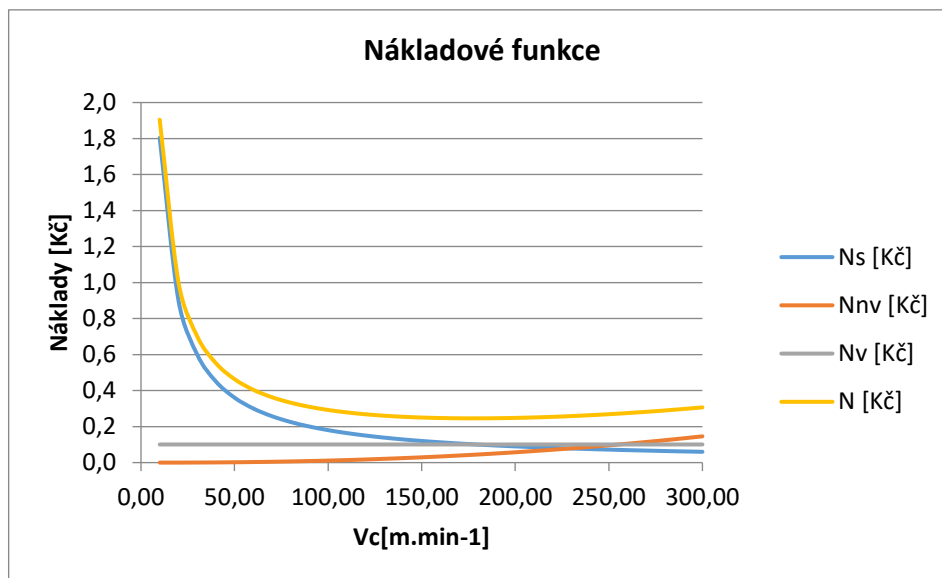
ÚSEK [i]	T_{opt} [min]	V_{copt} [m.min ⁻¹]	Min. n_{obr} [ot.min ⁻¹]	Max. n_{obr} [ot.min ⁻¹]	Výsl. n_{obr} [ot.min ⁻¹]	Výsl. T [min]	t_{AS} [min]
1	32,75	185,70	7389	14417	8000	70,65	$1,04 \cdot 10^{-2}$
2	52,97	168,45	6702	13404	8000	74,86	$3,46 \cdot 10^{-2}$
3	27,76	207,14	16484	Inf.	8000	2316,94	$2,13 \cdot 10^{-2}$

Na obrázku 51 a 52 jsou uvedené grafy nákladových funkcí. Na ose x je znázorněna řezná rychlost v_c a na ose y jsou náklady v Kč. Náklady v Kč vychází z tabulky č. 27.

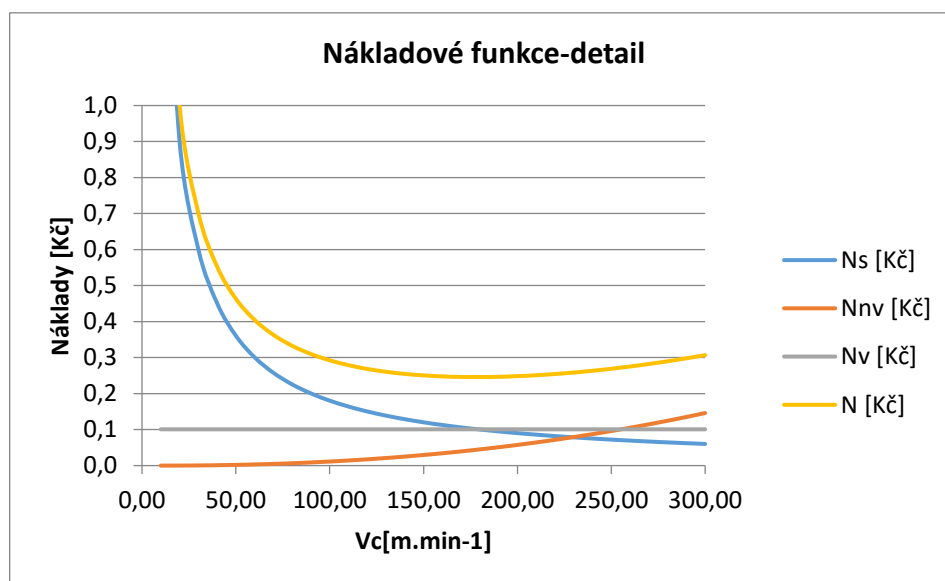
Následující tabulka představuje vypočítané výrobní náklady výrobní varianty č. 2 na kus pro optimální řezné podmínky. Celkové výrobní náklady na kus jsou 0,38 Kč.

Tab. 27 Výsledné hodnoty výrobních nákladů pro variantu č. 2.

ÚSEK [i]	N_s [Kč/ks]	N_v [Kč/ks]	N_{nv} [Kč/ks]	N [Kč/ks]
1	0,04	0,02	0,00	0,06
2	0,13	0,05	0,03	0,21
3	0,08	0,03	0,00	0,11
Součet výrobních nákladů	0,25	0,10	0,03	0,38



Obr. 51 Nákladové funkce varianty 2.



Obr. 52 Nákladové funkce varianty 2 – detail.

Popis grafů:

Detail nákladových funkcí svým průběhem ukazuje, že je průměrná optimální řezná rychlost 190 m.min⁻¹. Pro tuto řeznou rychlost by byly dosaženy jednotkové výrobní náklady na 0,31 Kč. Omezením obráběcího stroje však jednotkové náklady vzrostly na 0,38 Kč.

9 ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH NÁVRHŮ

Výsledné řezné podmínky pro varianty I a II jsou uvedeny v tabulce 28 a v tabulce 29. Na základě výpočtů v kapitole 8.1 a 8.2 byly stanoveny optimální řezné podmínky pro výrobu daného dílce. Volba otáček v tabulkách vychází z maximálních otáček zvoleného obráběcího stroje. Tyto otáčky není možné při obrábění v závislosti na průměru plynule měnit, jsou tedy konstantní. Posuvy jednotlivých nástrojů jsou voleny z nástrojových listů, průměry a délka obrábění jsou stanoveny z operačních návodků, které jsou uvedené v kapitolách 8.1 a 8.2.

Tab. 28 Výpočet strojního času pro operační návodku č. 1.

Úsek	i	V_{cmax}	n	D_{max}	f	l	t_{as}	t_{av}	Číslo nástroje
		V_{cmin}		D_{min}					
		[m.min ⁻¹]	[ot.min ⁻¹]	[mm]	[mm.ot ⁻¹]	[mm]	[min]	[min]	
Soustružení čela a R0,3 načisto	1	201,06	8000	8	0,05	4,17	$10,4 \cdot 10^{-3}$	$4,16 \cdot 10^{-3}$	T ₁
		100,5		4					
Hrubovat zápich R0,2 dle nože	2	201,06	8000	8	0,1	1,9	$2,38 \cdot 10^{-3}$	$9,52 \cdot 10^{-4}$	T ₄
		100,5		4					
Tvarový zápich s R0,3, na 4 mm	3	201,06	8000	8	0,05	2,17	$5,43 \cdot 10^{-3}$	$2,17 \cdot 10^{-3}$	T ₄
		100,5		4					
Sražení hran (2x) 0,4x45°	4	201,06	8000	8	0,1	1,12	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$1,12 \cdot 10^{-3}$	T ₃
		191		7,6					
Upíchnutí obrobku	5	100	8000	4	0,05	2	$5 \cdot 10^{-3}$	$3,02 \cdot 10^{-3}$	T ₂
		0,03		0,001					
Σ							0,026	0,02	0,046

Tab. 29 Výpočet strojního času operační návodku č. II

Úsek	i	V _{cmax}	n	D _{max}	f	l	t _{as}	t _{av}	Číslo nástroje
		V _{cmin}		D _{min}					
		[m.min ⁻¹]	[ot.min ⁻¹]	[mm]	[mm.ot ⁻¹]	[mm]	[min]	[min]	
Hrubování zápichů	1	201,06	8000	8	0,1	3,8	1,04.10 ⁻²	4,15.10 ⁻³	T ₂
		103,04		4,1					
Tvar obrobku načisto (2x)	2	201,06	8000	8	0,05	9,32	3,46.10 ⁻²	1,38.10 ⁻²	T ₃
		100,53		4					
Upíchnutí dvou kusů	3	100,53	8000	4	0,05	4	2,13.10 ⁻²	8,50.10 ⁻³	T ₁
		0,03		0,001					
Σ							0,066	0,027	0,093

9.1 Spotřeba materiálu jednotlivých výrob varianty 1 a 2

V této kapitole jsou realizované výpočty spotřeby materiálu výrobních variant programu č. 1 a programu č. 2. Při každé výrobě zbyde nějaký zbytkový materiál (odpad). V tabulce č. 30 jsou uvedeny výsledné hodnoty spotřeby materiálu při obou variantách.

Tab. 30 Spotřeba materiálu jednotlivých výrob.

	Varianta I	Varianta II
Délka polotovaru, L _p [mm]	3000	3000
Délka obrobku, L _o [mm]	3,2	3,2
Začištění čela, Z _č [mm]	0,4	0
Šířka úpichu, Š _p [mm]	1	1
Odpad z tyče, O _t [mm]	260	260
Odpad z 1. kusu, O _{1k} [mm]	0	3,2
Počet vyrobených kusů z tyče, P _k [ks]	595,7	651,6

Realizace výpočtu spotřeby materiálu:

$$P_{kvar I} = \frac{(L_p - O_t - O_{1k})}{(L_o + Z_{\check{c}} + \check{S}_p)} = \frac{(3000 - 260 - 0)}{(3,2 + 0,4 + 1 + 0)} = 595,7 \text{ ks}$$

$$P_{kvar II} = \frac{(3000 - 260 - 3,2)}{(3,2 + 0 + 1)} = 651,6 \text{ ks}$$

Na základě výpočtu jednotlivých variant vyšla lépe varianta výrobního programu č. 2, kterou je možné vyrobit o 55 kusů z jedné tyče více, než u varianty č. 1.

9.2 Srovnání výrobních variant

Klíčové hodnoty pro srovnání jednotlivých variant výrob na CNC soustruhu jsou uvedeny v tabulce č. 31. Výhodnější varianta bude aplikována pro výrobu na CNC stroji.

Tab. 31 Srovnání výrobních variant pro CNC stroj.

	Počet výrobních nástrojů [ks]	Počet kusů z tyče [ks]	Náklady na kus N [Kč]	Jednotkový strojní čas T_{As} [s]
Varianta I	4	595	0,66	0,026
Varianta II	3	651	0,38	0,033

Jak je patrné z tabulky 31., varianta č. 2 vyšla z několika základních parametrů pro firmu nejlépe a bude tedy pro výrobu dorazu axiálního vřetene aplikována

9.2.1 Programování varianty č. 2 na soustruhu Tornos ENC 164

Veškeré CNC obráběcí stroje jsou ve firmě programovány pomocí ručního programování přímo na stroji. Pro tvorbu programu dorazu axiálního vřetene byly použity nástroje z tabulky č. 18, z kapitoly 7.2.1. Řezné podmínky jsou aplikovány na základě výsledků propočtů s ohledem na optimální řezné podmínky a optimální trvanlivosti nástrojů.

Omezení stroje v podobě nízkého rozsahu maximálních otáček však přináší z praktického hlediska snížení výrobního času, obrábění za horších řezných podmínek a tím i snížených hodnot trvanlivostí nástrojů.

Výsledný reálný čas pro výrobu jednoho dílce činí: S tímto časem bude dále kalkulováno v kapacitních propočtech výrob.

9.3 Výsledné výrobní řešení

Požadavky ze strany zákazníka, jak již bylo zmíněné v průběhu diplomové práce, činí 2 000 000 ks/rok a je patrné, že tento objem výrobků i nadále poroste. Vyhodnocení roční výroby bude provedeno na základě výrobního plánu firmy pro rok 2018.

Počet pracovních dní v roce 2018: 250 dní

9.4 Výpočet výroby na vačkových automatech

Struktura výroby na vačkových automatech, (dílňa č. 2):

- 1. směnný provoz,
- 5 pracovních dní,
- 2 obráběcí automatové soustruhy.

Dosavadní výroba zadaného dílce probíhá celoročně na dvou soustružnických automatech A20B. Výrobní čas jednoho dílce je 15,7 s.

9.4.1 Výpočet kusů automatové výroby:

- Počet kusů za hodinu: $P_h = \frac{3600}{15,7} = 229 \text{ ks}$,
- Počet kusů za směnu: $P_s = 7,5 \cdot 229 = 1717 \text{ ks}$,
- Počet kusů za 250 pracovních dní: $P_{kr} = 250 \cdot 1717 = 429\,250 \text{ ks}$,
- Počet kusů při výrobě na dvou strojích: $P_{c2} = 429\,250 \cdot 2 = 858\,500 \text{ ks}$,
- Roční výroba 80%(prostoje, přebití apod.): $P_{c80} = 858\,500 \cdot 0,8 = 686\,800 \text{ ks}$.

Při výrobě na dvou automatových soustružích lze dosáhnout roční produkce s úvahou 80-ti % výroby, (20 procent z výroby je uvažováno na přebití materiálu, seřízení stroje, či drobné opravy) celkem 686 800 ks.

9.5 Výpočet výroby na CNC automatovém soustruhu Tornos ENC 164

Struktura výroby na CNC soustruhu, (dílňa č. 3):

- 2. směnný provoz,
- 5 pracovních dní,
- 1 obráběcí stroj

Nová výroba na CNC obráběcím stroji bude kalkulována z naměřeného času pro jeden vyrobený kus. Pro upřesnění, v jednom výrobním cyklu dochází k výrobě kusů dvou, naměřená hodnota 12,4 s je tedy pro jeden kus poloviční s výslednou hodnotou 6,2 s.

9.5.1 Výpočet kusů výroby na CNC automatovém soustruhu-varianta II

- Počet kusů za hodinu: $P_h = \frac{3600}{6,2} = 580 \text{ ks}$,
- Počet kusů za den: $P_s = 15 \cdot 580 \text{ ks} = 8700 \text{ ks}$,
- Počet kusů za 250 pracovních dní: $P_{kr} = 250 \cdot 8700 = 2\,175\,000 \text{ ks}$,
- Roční výroba při 80-ti %: $P_{c80} = 2\,175\,000 \cdot 0,8 = 1\,740\,000 \text{ ks}$.

9.6 Roční výrobní produkce zvolených variant

Mezi zvolené výrobní varianty je zařazena výroba, která je realizována na dvou vačkových automatech s uvažovaným ročním vyrobeným množstvím při 80-ti % výrobnosti 686 800 ks. V kombinaci spolu s náběhovou výrobou na CNC soustruhu, která činí při 80-ti % výrobnosti roční produkci 1 740 000 ks, by bylo možné cílových požadavků ze strany zákazníka dostát.

ZÁVĚR

Diplomová práce řeší problematiku nedostatečné výrobní kapacity vyráběného dílce – do-razu axiálního vřetene, ve strojírenské firmě Jiří Prášil Kovoobráběčství. Dosavadní výroba byla realizována na dvou obráběcích strojích, na kterých při neustálém navyšování požadavků ze strany zákazníka, již není možné dostat výrobním objemům v požadovaném čase. Jelikož se jedná o stroje s tvrdou automatizací s omezenou výrobní kapacitou, je hlavní myšlenkou diplomové práce výrobu aplikovat i na CNC obráběcí stroje, kterými firma disponuje.

Aplikace stávající výroby na CNC obráběcí stroj přináší zásadní úvahu optimalizace řezných podmínek. Jelikož se jedná o poměrně drahé výrobní zařízení je optimalizace řezných podmínek vzhledem k výrobním nákladům významným a vítaným krokem.

Na základě výkresové dokumentace byly vytvořeny 2 varianty výrobních programů spolu s ekonomickou analýzou a výpočty optimálních řezných podmínek, trvanlivostí nástrojů a nákladů na vyrobený kus.

Na základě propočtů byl vybrán pro provoz CNC stroje výrobní program číslo 2. Ve srovnání s programem číslo jedna došlo ke snížení výrobních nákladů na jeden kus - až o 42%. Tato výrazná redukce nákladů je spojená se snížením počtu operací, kterého bylo dosaženo navrhnutím tvarového nože s VBD upravenou metodou EDM, na základě jehož parametrů lze definovat tvar obrobku. Došlo tedy i ke snížení počtu potřebných nástrojů. Další výhodou pracovního postupu číslo 2 je obrábění dvou kusů obrobku na jeden záťah. Díky této modifikaci technologického procesu dojde ke zvýšení využitelnosti tyčového materiálu o 9% kusů obrobků na tyč v porovnání s výrobním programem číslo 1.

Z výsledků propočtů optimálních řezných podmínek bylo mimo jiné zjištěno, že optimální otáčky CNC stroje jsou vyšší, než stroj umožňuje. Z tohoto důvodu není možné obrábět v ideálních řezných podmínkách. Stroj nedisponuje možností proměnných otáček vzhledem k průměru obrobku, takže volba otáček byla stanovena jako konstantní, k horní hranici limitu stroje.

Po navržení vhodného technologického postupu pro CNC soustruh, bylo posouzeno ekonomické shodnocení, kombinované výroby obrobku v sestavě křivkový vačkový automatický soustruh v jednosměnném provozu a CNC soustruh ve dvousměnném provozu, což byl požadavek firmy. Výsledkem kalkulací, s využitím daných strojů a nástrojů, kterými disponuje firma Kovoobráběčství Jiří Prášil, bylo docíleno snížení času výroby jednoho

obrobku o 61% (z původních 15,7s na 6,2s) oproti původní výrobě pouze na vačkových soustruzích.

Aplikací výrobního programu číslo 2 v kombinaci se stávající výrobou je možné splnit roční zakázku na 2 000 000ks, i přes úvahu 20% ponížení produkce, z možných důvodů seřizování nebo odstávky strojů.

Realizovaná myšlenka diplomové práce nabídla výrobcí možnost využít optimalizovanou výrobu, která by přinesla do firmy nemalé úspory jak ve výrobních časech, tak ve využití materiálu. V současné době se kombinovaná výroba s aplikací výrobního programu číslo 2 zavádí do sériové produkce.

Pokud by do budoucna bylo možné stávající výrobu dále optimalizovat, lze navrhnout následné doporučení. Pořízení CNC stroje s vyššími maximálními otáčkami a s otáčkami proměnnými, čímž by došlo k výraznému snížení vedlejších výrobních časů a dále ke snížení výrobní ceny produktu využitím optimálních řezných podmínek stroje.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *WMC INC* [online]. [cit. 2018-04-03]. Dostupné z:
<http://www.wmcinc.net/machining-in-progress/>.
- [2] *Nápady, konstrukce a vynálezy Leonarda da Vinci*. [online], [cit. 2018-04-19].
Dostupné z: <http://leonardo.cadtip.eu/2012/10/31/soustruh/>
- [3] *Strojírenská technologie II: pro 2. ročník středních průmyslových škol strojnických*. SNTL, 1985.
- [4] HUMÁR, Anton, *Technologie I: Technologie obrábění-I.část* [online]. [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf
- [5] KOČMAN, Karel, 2005. *Technologie obrábění*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 80-214-3068-0.
- [6] MÁDL, Jan et al., 2007. *Technologie obrábění 2.díl*. ČVUT v Praze Fakulta strojírenství: Nakladatelství ČVUT.
- [7] *Soustružení: Základní soustružnické nože a jejich popis* [online],[cit. 2018-05-15].
Dostupné z:
<https://www.osu.cz/dokumenty/proportal/pdf/kpv/soustruzeni/lekce3.htm>
- [8] Mercatelo, *Der Drehmeißel* [online]. München [cit. 2018-04-18]. Dostupné z:
[http://www.mercateo.com/kw/drehmei\(df\)el/drehmeissel.html%20http://docplayer.cz/8221206-Kontrola-reznych-nastroju.html](http://www.mercateo.com/kw/drehmei(df)el/drehmeissel.html%20http://docplayer.cz/8221206-Kontrola-reznych-nastroju.html)
- [9] HUMÁR, Anton, 2008. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM Publishing. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [10] *Nástrojové systémy*, Winter Servis [online]. Plzeň [cit. 2018-04-18]. Dostupné z:
<http://www.winter-servis.cz/obrazy/taegutec/sud/P-2.jpg>
- [11] *Soustružení, Gear design* [online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z:
<http://mlgeardesigns.blog.cz/1503/soustruzeni-pri-slozitem-upnuti-obrobkuv>
- [12] *Pro export plus* [online], [cit. 2018-05-15]. Dostupné z:
http://www.proexport.cz/katalog/upinaci-klestiny/klestiny-er/er11-5_klestina-din6499b/

- [13] Soustružení, Gear design [online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://mlgeardesigns.blog.cz/1503/soustruzeni-pri-slozitem-upnuti-obrobkuv>
- [14] MÁDL, Jan et al., 2007. *Technologie obrábění 1.díl*. ČVUT v Praze Fakulta strojí: Nakladatelství ČVUT.
- [15] Cermety s vysokou tuhostí [online], [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/cermety-s-vysokou-tuhosti.html>
- [16] TRIMA [online], 2008. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://www.trima-edm.cz/maschiren.html>
- [17] ŠTRAJBL, Jan, 1979. *Obráběcí stroje*. 3. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. Řada strojírenské literatury.
- [18] Stroje Svoboda [online], Blansko [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://www.strojesvoboda.cz/katalog.php?lang=1&page=DETAIL&katalog=Stroje/Soustruh/Revolverov%C3%BD/ostatn%C3%AD&id=1119&o=1>
- [19] Stroje Svoboda [online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://strojesvoboda.cz/katalog.php?page=DETAIL&katalog=Stroje/Karusel&key=&id=12691&ids=12710&o=1>
- [20] BÉKÉS, J. et al., 1962. *Obrábanie kovov*. 2. Bratislava: SVTL.
- [21] AutoCont [online], 2018. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://www.accs.cz/produkty-mitsubishi-electric/cnc-systems/m70v>
- [22] 2018. *Profika CZ: Obráběcí stroje* [online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://www.profika.cz/cnc-stroje/dlouhotocne-automaty-swiss>.
- [23] *Obecný úvod do problematiky CNC programování: část první* [online], 75 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: http://www.sosbites.cz/images/stories/Prostudenty/studijni-materialy/VUKOV_TEXT_-_1.ST.pdf
- [24] JERSÁK, Jan, *Navrhování hospodárných podmínek obrábění: Projekt Educom* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/236508-Technologie-iii-obrabeni.html>
- [25] *JiPr Kov* [online], Rozsochy [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://jipr-kov.cz>
- [26] Feron online - Tyč kruhová tažená za studena, EN 10278, úchylka h9,|průměr|8. *Feron online* [online]. Praha, 2017 [cit. 2018-05-09]. Dostupné

- z: <https://online.ferona.cz/detail/26139/tyc-kruhova-tazena-za-studena-en-10278-uchylka-h9-prumer-8>
- [27] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA, 2008. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra. ISBN isbn978-80-7361-051-7.
- [28] Oceli Třídy 14. | TumliKOVO:Technologie strojního obrábění kovů. *Technologie strojního obrábění kovů a broušení nástrojů* [online]. 2010 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/rubriky/materialy/konstrukcni-oceli/oceli-tridy-14/>
- [29] CHROMOVÁ OCEL PRO VALIVÁ LOŽISKA. In: *Ložiskové kuličky, Ložisková kulička, ČSN ISO 3290, Kuličky, Ložiska, Ocelové kuličky* [online]. Napajedla [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: http://kulicky.wbs.cz/14_109.pdf
- [30] KOVOSVIT N.P. SEZIMOVO ÚSTÍ, *A 20 B Návod k obsluze I: pro automat soustružnický, jednovřetenový, revolverový*, závod Písek - ČSSR.
- [31] TORNOS BECHLER S.A., *ENC - 164 Bedienung: NC FANUC*, Moutiery.
- [32] PRAMET TOOLS, S.R.O., *Soustružení*, 2008. Šumperk, 340 s.
- [33] ISCAR ČR S.R.O., *Nástroje pro zapichování*, 2012. Plzeň.
- [34] WALTER CZ SPOL.S.R.O., *Souhrnný katalog 2012: přehled kompetencí v obrábění*, 2012. Kuřim.
- [35] APPLITEC S.A., *Applitec swiss tooling 2015 - 2017*, 2015. Moutier.
- [36] *Tumlikovo: Hrotový soustruh SV 18RA* [online], [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/hrotovy-soustruh-sv18-ra/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Jednotka	Popis
a	[mm]	Délka průřezu
A_D	[mm ²]	Jmenovitý průřez třísky
a_p	[mm]	Šířka záběru třísky
b	[mm]	Šířka průřezu
b_D	[mm]	Jmenovitá šířka třísky
C_T	[-]	Empirická konstanta
C_V	[-]	Empirická konstanta
d	[mm]	Průměr obrobeneé plochy
D	[mm]	Průměr obrobku
D_{max}	[mm]	Maximální průměr
D_{min}	[mm]	Minimální průměr
D_s	[kč]	Náklady na strojní práci
f_{ot}	[mm.ot ⁻¹]	Posuv na otáčku obrobku
F_z	[N]	Zatěžovací síla
h_d	[mm]	Jmenovitá tloušťka třísky
i	[-]	Výrobní úsek
K_1	[-]	Konstanta
k_c	[-]	Přirážka směnového času
Kč	[Kč]	Koruna česká
ks	[ks]	Počet kusů
l	[mm]	Změna délky obrobku
L	[mm]	Délka obrobeneé plochy
L_o	[mm]	Délka obrobku
L_p	[mm]	Délka polotovaru

m	[-]	Empirická konstanta
n	[ot.min ⁻¹]	Otáčky
N	[kč]	Celkové náklady
N _{nv}	[kč]	Náklady na nástroje
N _s	[kč]	Náklady na strojní práci
N _{vm}	[kč]	Náklady na vedlejší práci
N _{vn}	[kč]	Náklady na výměnu nástroje
O _t	[mm]	Odpad tyče
O _{1k}	[mm]	Odpad z jednoho kusu
p	[Mpa]	Tlak
P _{c2}	[ks]	Počet kusů ze dvou strojů
P _{C80}	[ks]	Roční výroba 80 %
P _h	[ks/hod]	Počet kusů za hodinu
P _k	[ks]	Počet kusů z tyče
P _{kr}	[ks]	Počet kusů za 250 pracovních dní
P _{kvar1}	[ks]	počet kusů varianta 1
P _{kvar2}	[ks]	Počet kusů varianta 2
P _s	[ks]	Počet kusů za směnu
r	[mm]	Délka ramena
r _e	[mm]	Rádus
R _e	[Mpa]	Mez kluzu
R _m	[Mpa]	Mez pevnosti v tahu
S	[mm ²]	Plocha průřezu
T	[min]	Trvanlivost nástroje
t _a	[min]	Čas jednotkový
t _b	[min]	Čas dávkový

t_c	[min]	Čas směnový
t_{ac}	[min]	Jednotkový čas spřirážkou sm. času
t_{as}	[min]	Jednotkový strojní čas
t_{av}	[min]	Jednotkový čas vedlejší
t_{bc}	[min]	Dávkový čas s přirážkou sm. času
t_{vn}	[min]	Čas na výměnu nástroje
T_{opt}	[min]	Optimální trvanlivost
V_c	[m.min ⁻¹]	Řezná rychlost
V_{cmax}	[m.min ⁻¹]	Maximální řezná rychlost
V_{cmin}	[m.min ⁻¹]	Minimální řezná rychlost
V_{coptN}	[m.min ⁻¹]	Optimální řezná rychlost
v_e	[m.min ⁻¹]	Rychlost řezného pohybu
v_f	[m.min ⁻¹]	Posuvová rychlost
W_o	[m ³]	Průřezový modul v ohybu
Z_v	[n]	Počet výměn nástrojů
π	[-]	Poissonovo číslo
χ_f	[°]	Úhel nastavení hlavního ostří
σ_{Do}	[Mpa]	Povolené napětí
σ_o	[Mpa]	Ohybové napětí
τ	[-]	Poměr skutečného času záběru nástroje

Zkratka	Popis
CNC	Computer Numerical Control
CVD	Chemical vapour deposition
ČSN	Československá státní norma
ČSN EN	Evropská norma převzatá do národního systému norem ČR
DIN	Deutsches Institut für Normung
EIA	Enviromental Impact Assesment
h9	Toleranční úchylka jmenovitého hřídele
ISO	Internation Organization for Standartization
KNB	Kubický nitrid boritý
NC	Numerical Control
PM	Povlakované materiály
PVD	Physial Vapour Deposition
RO	Rychlořezná ocel
SK	Slinutý karbid
VBD	Vyměnitelná břitová destička

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1</i> Obrábění tvrzené oceli na CNC soustruhu pomocí keramické destičky	10
<i>Obr. 2</i> fáze výroby dorazu axiálního vřetene.....	11
<i>Obr. 3</i> Šlapací soustruh se setrvačником.....	13
<i>Obr. 4</i> Znázornění základních procesů soustružnického charakteru	14
<i>Obr. 5</i> Identifikace průřezu třísky při soustružení.....	16
<i>Obr. 6</i> Popis soustružnického nože	17
<i>Obr. 7</i> Schematické znázornění tvarů soustružnických nožů z rychlořezné oceli.....	17
<i>Obr. 8</i> Tvar soustružnického nože	18
<i>Obr. 9</i> Průřez soustružnického nože	18
<i>Obr. 10</i> Schematický náčrt prizmatického soustružnického nože.....	19
<i>Obr. 11</i> Znázornění kotoučového soustružnického nože	19
<i>Obr. 12</i> Znázornění tangenciálního soustružnického nože.....	20
<i>Obr. 13</i> Schéma montáže břitové destičky k tělu nástroje	20
<i>Obr. 14</i> Schematické znázornění upnutí obrobku mezi hroty	21
<i>Obr. 15</i> Znázornění upnutí obrobku do univerzálního tří čelistového sklíčidla.....	21
<i>Obr. 16</i> Geometrie univerzální upínací desky	22
<i>Obr. 17</i> Vyobrazení geometrie kleštiny.....	22
<i>Obr. 18</i> Luneta, sestava lunety	22
<i>Obr. 19</i> Trend vývoje nástrojových materiálů pro obráběcí stroje	23
<i>Obr. 20</i> Cermetové destičky se speciálním materiálem s vysokou tuhostí.....	25
<i>Obr. 21</i> Schéma univerzálního hrotového soustruhu.....	27
<i>Obr. 22</i> Hrotový soustruh SV 18 RA	28
<i>Obr. 23</i> Schéma svislého revolverového soustruhu	30
<i>Obr. 24</i> Schéma vodorovného revolverového soustruhu	30
<i>Obr. 25</i> Revolverový soustruh R5	30
<i>Obr. 26</i> Jednostojanový svislý soustruh SJK 8 C	32
<i>Obr. 27</i> Obr. Vícekřivkový automat.....	34
<i>Obr. 28</i> Display z CNC zařízení	34
<i>Obr. 29</i> Soustružnický poloautomat s číslicovým řízením SPT 16 N.....	35
<i>Obr. 30</i> Jednovřetenový soustružnický revolverový automat A20B	37
<i>Obr. 31</i> Dvouosý revolverový CNC soustruh Hyundai WIA	39
<i>Obr. 32</i> Šířka plochy opotřebení VB v závislosti na čase t.....	43

<i>Obr. 33 Výrobní náklady na kus v závislosti na řezné rychlosti</i>	46
<i>Obr. 34 Logo firmy</i>	48
<i>Obr. 35 Univerzální hrotový soustruh SV 18 RA a Frézka FNK 25 A</i>	49
<i>Obr. 36 vybrané CNC soustruhy</i>	49
<i>Obr. 37 Portfolio firmy I</i>	50
<i>Obr. 38 Portfolio firmy II</i>	50
<i>Obr. 39 Doraz axiálního vřetene</i>	51
<i>Obr. 40 Způsoby manipulace a uskladnění dodaného materiálu</i>	54
<i>Obr. 41 Křivkový vačkový automatický soustruh A20B</i>	55
<i>Obr. 42 Nástrojové osazení stroje</i>	57
<i>Obr. 43 CNC soustruh Tornos ENC 164</i>	61
<i>Obr. 44 Nástrojové osazení stroje Tornos ENC 164</i>	62
<i>Obr. 45 Výrobci nástrojů a měřidel</i>	63
<i>Obr. 46 Brinellova měřicí lupa</i>	66
<i>Obr. 47 Způsob obrobení rotační součásti Varianta I</i>	67
<i>Obr. 48 Nákladové funkce</i>	73
<i>Obr. 49 Nákladové funkce – detail</i>	73
<i>Obr. 50 Způsob obrobení rotační součásti Varianta II</i>	74
<i>Obr. 51 Nákladové funkce varianty 2.</i>	78
<i>Obr. 52 Nákladové funkce varianty 2 – detail.</i>	78

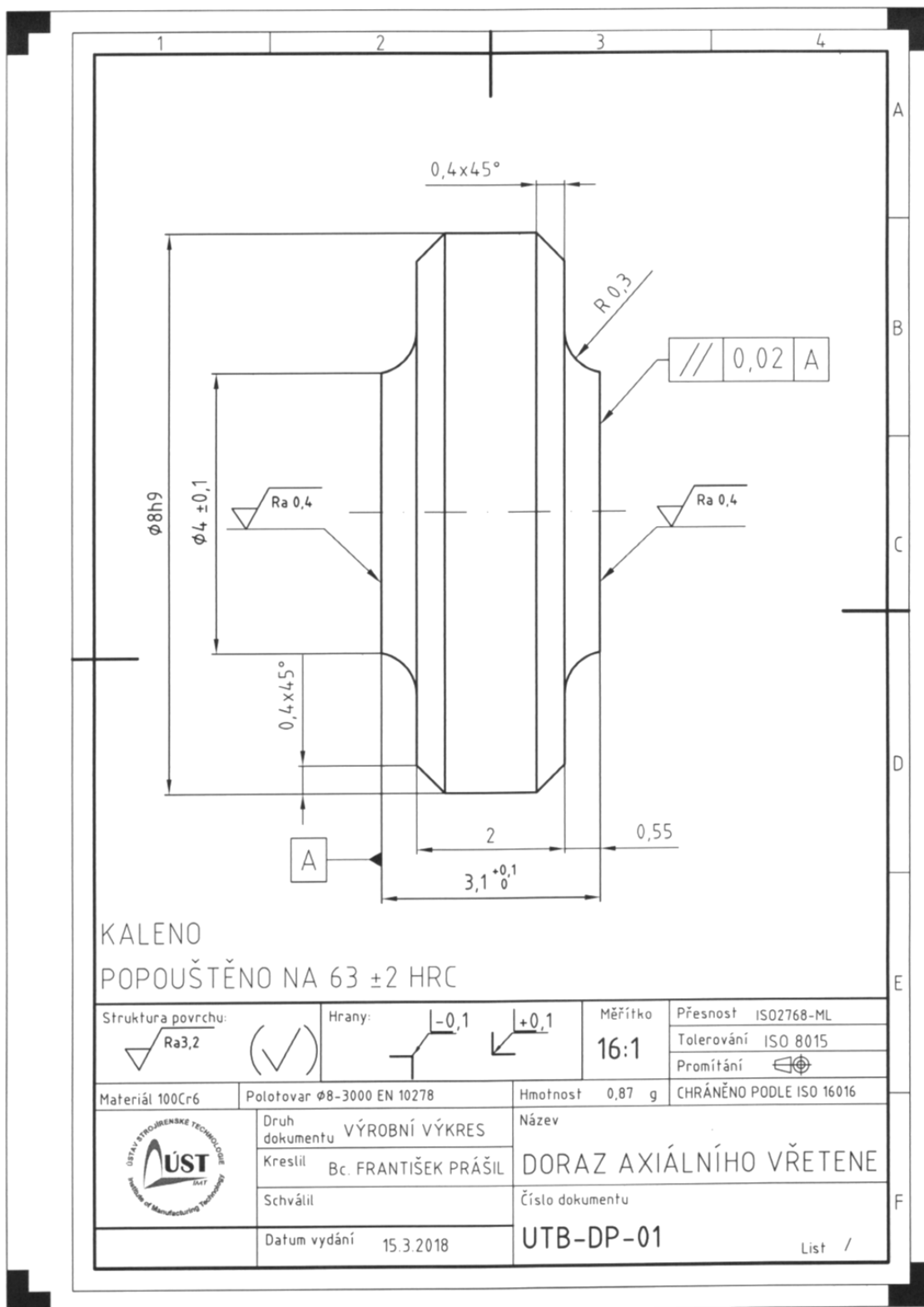
SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Dosahované kvalitativní parametry při soustružení.....</i>	14
<i>Tab. 2 Chemické složení nejvíce používaných rychlořezných ocelí pro obr. stroje</i>	24
<i>Tab. 3 Technické údaje hrotového soustruhu SV 18 RA.....</i>	29
<i>Tab. 4 Technické údaje revolverového soustruhu R5</i>	31
<i>Tab. 5 Technické parametry jednostojanového svislého soustruhu SJK 8 C</i>	33
<i>Tab. 6 Technické parametry soustružnického poloautomatu SPT 16 N.....</i>	36
<i>Tab. 7 Technické parametry jednovřetenového soustružnického poloautomatu A20A</i>	38
<i>Tab. 8 Technické parametry stroje E200C Hyundai WIA</i>	40
<i>Tab. 9 Koeficient m Taylorova vztahu</i>	43
<i>Tab. 10 Souhrn konstant pro výpočet řezné rychlosti.....</i>	44
<i>Tab. 11 Mechanické vlastnosti materiálu</i>	53
<i>Tab. 12 Chemické složení oceli 100Cr6</i>	54
<i>Tab. 13 Technické údaje stroje A20B</i>	56
<i>Tab. 14 Seřizovací list automatu A20B.....</i>	59
<i>Tab. 15 Výpis operací výrobního cyklu</i>	60
<i>Tab. 16 Technické údaje stroje Tornos ENC 164.....</i>	62
<i>Tab. 17 Nástroje pro soustružnické operace výrobního programu č. 1</i>	64
<i>Tab. 18 Nástroje pro soustružnické operace výrobního programu č. 2</i>	65
<i>Tab. 19 Operační návodka pro výrobní program č.....</i>	68
<i>Tab. 20 Aplikované empirické hodnoty výrobního programu č.1.....</i>	70
<i>Tab. 21 Aplikované konstanty pro výpočet řezné rychlosti a trvanlivosti</i>	70
<i>Tab. 22 Výsledné hodnoty optimální řezné rychlosti a trvanlivosti nástroje.....</i>	72
<i>Tab. 23 Výsledné hodnoty výrobních nákladů pro var. č. 1</i>	72
<i>Tab. 24 Operační návodka pro výrobní program č. 2</i>	75
<i>Tab. 25 Aplikované hodnoty pro výpočet empirických hodnot varianta 2</i>	76
<i>Tab. 26 Výsledné hodnoty optimálních řezných rychlostí a trvanlivostí nástrojů</i>	77
<i>Tab. 27 Výsledné hodnoty výrobních nákladů pro variantu č. 2</i>	77
<i>Tab. 28 Výpočet strojního času pro operační návodka č. I</i>	79
<i>Tab. 29 Výpočet strojního času operační návodka č. II</i>	80
<i>Tab. 30 Spotřeba materiálu jednotlivých výrob.....</i>	80
<i>Tab. 31 Srovnání výrobních variant pro CNC stroj</i>	81

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výrobní výkres
Příloha 2	Systém značení nožů a VBD, PRAMET
Příloha 3	Nástrojový list vačkového soustruhu A20B
Příloha 4	Výkres upraveného VBD pro tvarový nůž APPLITEC

PŘÍLOHA 1: VÝROBNÍ VÝKRES



PŘÍLOHA 2 ZNAČENÍ NOŽŮ A VBD

1	2	3	4
Způsob upínání Spôsob upínania	Tvar destičky Tvar doštičky	Tvar nože - úhel nastavení Tvar noža - uhol nastavenia	Úhel hřbetu Uhol chrbta
C 	S C 	A B C D D 	α_n N $\alpha_n=0^\circ$ C $\alpha_n=7^\circ$ P $\alpha_n=11^\circ$
D 	T 	E F G H J 	5 Směr řezu Smer rezu
P 	R 	K L M N P 	R
M 	W V 	Q R S S T 	L
S 	L 	U V W X Y 	N
X 	X Speciál Speciál	Z 	
G 			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
P	C	L	N	R	-	32	25	L	12	-	S

6	7	8	9
Výška držáku [mm] Výška držiaka [mm]	Šířka držáku [mm] Šírka držiaka [mm]	Celková délka Celková dĺžka	Velikost destičky Veľkosť doštičky
08 10 12 16 20 25	08 10 12 16 20 25	 l ₁ [mm]	S C D V K W T R
32 38 40 45 50 60	32 38 40 45 50 60	D 60 E 70 F 80 H 100 J 110 K 125 L 140 M 150 N 160 P 170 Q 180 R 200 S 250 T 300 U 350 V 400 W 450 X Spec. Y 500	d [mm] 6,00 6,35 8,00 9,525 10,00 12,00 12,70 15,875 16,00 19,05 20,00 25,00 25,40 38,10
10 Údaje výrobce Údaje výrobcu			
M	Způsob upínání "S" s podložkou Spôsob upínania "S" s podložkou		
S	Se seřizovacími šrouby S nastavovacími skrutkami		

1
Tvar destičky / Tvar doštičky

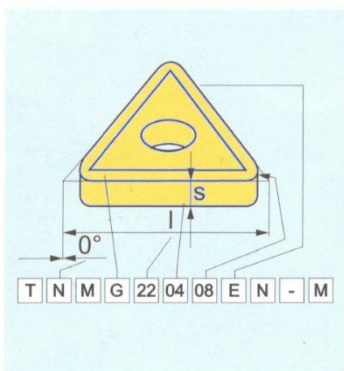
H	O	P	R
S	T	C	D
E	M	V	W
L	A	B	K

2
Úhel hřbetu / Uhol chrbtá

A	B
C	D
E	F
G	N
	Speciální Špeciálny
P	O

4
Provedení / Prevedenie

N	R
F	A
M	G
W	T
	Speciální Špeciálne
Q	X



ISO kód

ANSI kód

1	2	3	4
T	N	U	N
T	N	M	G
1	2	3	4
T	N	U	N
T	N	M	G

3
Tolerance / Tolerancia

Označení / Označenie	Tolerance / Tolerancia [mm]			Tolerance / Tolerancia [Palce]		
	m (±)	s (±)	d = I.C. (±)	m (±)	s (±)	d = I.C. (±)
A	0,005	0,025	0,025	0,0002	0,001	0,0010
F	0,005	0,025	0,013	0,0002	0,001	0,0005
C	0,013	0,025	0,025	0,0005	0,001	0,0010
H	0,013	0,025	0,013	0,0005	0,001	0,0005
E	0,025	0,025	0,025	0,0010	0,001	0,0010
G	0,025	0,130	0,025	0,0010	0,005	0,0010
J	0,005	0,025	0,05 + 0,13	0,0002	0,001	0,002 + 0,005
K	0,013	0,025	0,05 + 0,13	0,0005	0,001	0,002 + 0,005
L	0,025	0,025	0,05 + 0,13	0,0010	0,001	0,002 + 0,005
M	0,08 + 0,18	0,130	0,05 + 0,13	0,003 + 0,007	0,005	0,002 + 0,005
N	0,08 + 0,18	0,025	0,05 + 0,13	0,003 + 0,007	0,001	0,002 + 0,005
U	0,05 + 0,38	0,130	0,08 + 0,25	0,005 + 0,015	0,005	0,003 + 0,010

5							
Délka řezné hrany / Dĺžka reznej hrany							
d=I.C.	R	S	T	C	D	V	W
mm	Palce						
3,97	5/32"			06			
5,00		05					
5,56	7/32"			09			03
6,00		06					
6,35	1/4"			11	06	07	04
8,00		08					
9,525	3/8"	09	09	16	09	11	16
10,0		10					
12,0		12					
12,7	1/2"	12	12	22	12	15	08
15,875	5/8"	15	15	27	16		
16,0		16					
19,05	3/4"	19	19	33	19		
20,0		20					
25,0		25					
25,4	1"	25	25		25		
31,75	1 1/4"	31					
32,0		32					
38,1	1 1/2"	38					

6		
Tloušťka / Hrúbka		
Označ.	mm	Palce
01	1,59	1/16"
T1	1,98	
02	2,38	3/32"
03	3,18	1/8"
T3	3,97	5/32"
04	4,76	3/16"
05	5,56	
06	6,35	1/4"
07	7,94	5/16"
09	9,52	3/8"

7		
Rádus špičky / Rádus špičky		
Označ.	mm	Palce
00	0	0"
02	0,2	
04	0,4	1/64"
08	08	1/32"
12	1,2	3/64"
16	1,6	1/16"
24	2,4	3/32"
32	3,2	1/8"
Kruhové destičky / Kruhové doštičky		
d=I.C.	Označ.	
Palce	00	
mm	M0	

5
22
22

6
04
04

7
08
08

8
E

9
N

10
-
M

5A
4
4

6A
3
3

7A
2
2

8
E

9
N



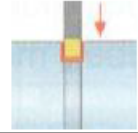

10
-
M

ANSI kód					
Vepsaná kružnice Vpísaná kružnica	Tloušťka Hrúbka	Rádus špičky Rádus špičky			
Označ.	d = I.C.	Označ.	s	Označ.	r _ε
	mm	mm	Palce		mm
1	3,175	1	1,588	0	0,050
(1.2)	3,969	(1.2)	1,984	(0.2)	0,099
(1.5)	4,763	(1.5)	2,381	(0.5)	0,198
(1.8)	5,556	2	3,175	1	0,397
2	6,350	(2.5)	3,969	2	0,794
(2.5)	7,938	3	4,763	3	1,191
3	9,525	(3.5)	5,556	4	1,588
4	12,700	4	6,350	5	1,984
5	15,875	5	7,938	6	2,381
6	19,050	6	9,525	7	2,778
7	22,225	7	11,113	8	3,175
8	25,400	8	12,700	10	3,969
10	31,750	9	14,288	12	4,763
		10	15,875	14	5,556
				16	6,350
				x	ostatní

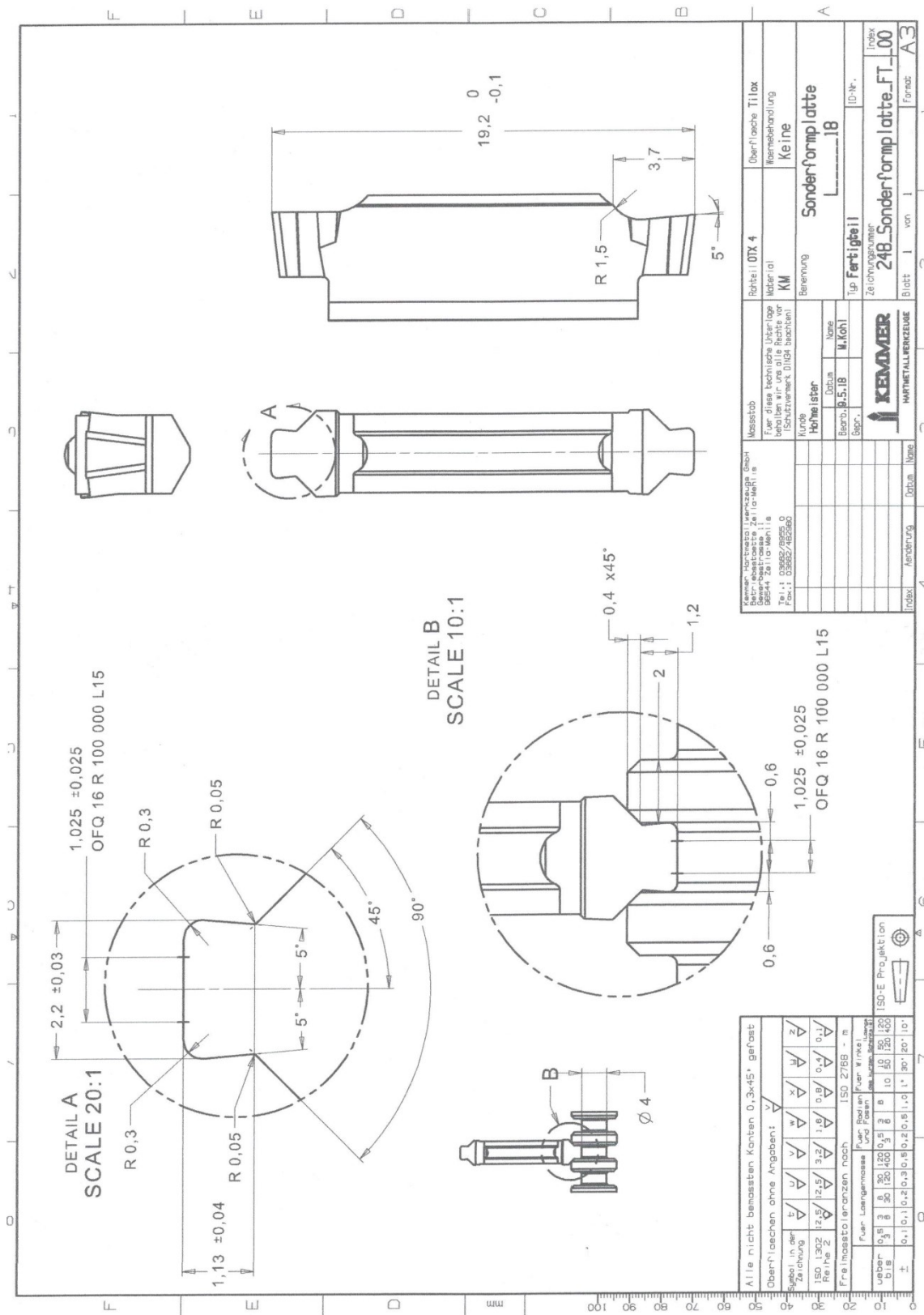
8	
Provedení řezné hrany / Prevedenie reznej hrany	
F Ostré hrany Ostré hrany	E Zaoblené hrany Zaoblené hrany
T Hrany s fazetkou Hrany s fazetkou	S Zaoblené hrany s fazetkou Zaoblené hrany s fazetkou
K Hrany s dvojitou fazetkou Hrany s dvojitou fazetkou	P Zaoblené hrany s dvojitou fazetkou Zaoblené hrany s dvojitou fazetkou
9	
Směr posuvu / Smer posuvu	
R	N
L	
10	
Utvařeč / Utvárač	

PŘÍLOHA 3

Nástrojový list soustružnického automatu A20B.

Název dílce		Výroba		Stroj			
Doraz axiálního vřetene		Sériová		A20B			
Číslo nástroje	Schéma nástroje	Název nástroje	Název držáku nástroje	Rádus	Posuv/ot		VBD
		Výrobce	Název VBD	r_e	f_{\min}	f_{\max}	
T ₁		Tvarový nůž	Přípravkový nástroj	0,3	0,12	0,16	P10
		Externí firma	FP1 3777 1010				
T ₂		Hrubovací nůž	GNDL 1010 JX 210	0,3	0,05	0,15	AC 530U
		SUMITOMO	GCMN2002GF				
T ₃		Upichovací nůž	DGTL 1010-2	0,16	0,03	0,12	IC 328
		ISCAR	DGL 1400JS-15D				
T ₄		Srážecí nůž	Přípravkový nástroj	0,4	0,12	0,16	P10
		Externí firma	FP2 3777 1010				

PŘÍLOHA 4



Messstab Für diese technische Überlage behalten wir uns die Rechte vor (Schutzmerkmal DIN 154 beachten)		Oberflächennachbearbeitung Keine	
Kunden Herr/Herrchen Datum Bearb. 05.18 Gepr.		Zeichnungsnummer 248_Sonderformplatte_FT_00	
Index Änderung Datum Menge		Blatt 1 von 1	
Formel M. K. H.		Formart A3	

Alle nicht benannten Konten 0,3x45° gefast		ISO 2768 - m	
Oberflächen ohne Angaben		Für Bearb.	
Symbol in der Zeichnung		Unt. Präzision	
Reihe 2		Fein	
Freimessungen		ISO 2768 - m	
über 300		30 120 0,5 3 B	
über 100		10 50 120 0,5 3 B	
über 50		10 50 120 0,5 3 B	
über 10		10 50 120 0,5 3 B	

