



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OBRÁBĚNÍ HŘÍDELE NA CNC STROJI

SHAFT MACHINING ON A CNC MACHINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

František PRÁŠIL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Milan KALIVODA

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/14

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): František Prášil

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Obrábění hřídele na CNC stroji

v anglickém jazyce:

Shaft Machining on a CNC Machine

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod.
2. Představení obráběného dílce.
3. Výběr stroje.
4. Přiřazení náradí.
5. Sestavení NC programu.
6. Výroba vzorku.
7. Technicko-ekonomický propočet.
8. Ekologické podmínky.
9. Diskuze.
10. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Technologický projekt výroby standardní rotační součásti. Doložení vyrobeným vzorkem, ekonomickým a ekologickým zhodnocením dle podmínek ve strojírenské firmě.

Seznam odborné literatury:


1. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
2. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing, s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
3. ZEMČÍK, Oskar. Technologická příprava výroby. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
4. ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
5. SUCHY, Ivana. Handbook of die design. 2nd edition. New York: McGRAW-HILL, 2006. P. 730. ISBN 0-07-146271-6.
6. Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.
7. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda


Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 27.11.2013





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem a následnou výrobou rotační součásti - hřídele šnekového kola z řízení kolového traktoru Zetor 25A, za pomoci CNC soustruhu. Jedná se o obrábění, s možností využití frézování poháněnými nástroji. V rámci bakalářské práce je sestavena rešerše CNC zařízení strojového parku, kde bude obrobek vyroben, zpracována technologie výroby dílce, navržena technická dokumentace s ekonomickým závěrem.

Klíčová slova

Technologie obrábění, hřídel šnekového kola, CNC soustruh, obráběcí nástroje, NC program

ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on design and subsequent production of a rotational component - a worm shaft for tractor Zetor 25A steering. The technology chosen for this purpose is machining with assistance of driven tool milling on CNC lathe. Within this bachelor thesis an investigation of CNC machines available in the production company has been performed. Furthermore a proposal of production technology process of the component has been carried out along with a technical report containing economical assessment.

Keywords

Machining technology, worm shaft, CNC lathe, machining tools, NC script

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PRÁŠIL, František. *Výroba hřídele na CNC stroji*. Brno 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 41 s. 7 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Obrábění hřídele na CNC stroji** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

František Prášil

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi z VUT v Brně za cenné rady a připomínky při vypracování bakalářské práce.

Dále děkuji Jaroslavu Tesařovi ze Střední školy technické v Jihlavě a Antonínu Tomanovi z firmy Žďas a.s. za praktické rady při výrobě vzorku.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	6
PODĚKOVÁNÍ	7
OBSAH.....	8
ÚVOD.....	10
1 ČÍSLICOVĚ ŘÍZENÉ OBRÁBĚCÍ STROJE	11
1.1 Základní části CNC obráběcího stroje	11
1.2 Souřadnicový systém stroje	12
1.3 Vztažné body na CNC strojích	12
2 PŘEDSTAVENÍ OBRÁBĚNÉHO DÍLCE	13
2.1 Řízení traktoru	13
2.2 Konstrukční rozbor vyráběné součásti.....	14
2.3 Materiál.....	14
2.3.1 Volba materiálu.....	14
2.3.2 Rozměry polotovaru	15
3 VÝBĚR STROJE.....	16
3.1 Strojové vybavení dílny	16
3.1.1 Pásová pila	16
3.1.2 CNC Soustruh EMCO PC TURN 155.....	17
3.1.3 CNC Soustruh TRAUB TNA 400	18
3.1.4 CNC Soustruh GILDEMEISTER CTX 210	19
4 PŘÍRAZENÍ NÁŘADÍ.....	20
4.1 Volba nástrojů.....	20
4.1.1 Nástroje pro operace 30-50.....	20
4.2 Volba měřidel	22
5 SESTAVENÍ NC PROGRAMU	23
5.1 Pracovní postup-rámcový	23
5.2 Operační návodky	25
5.2.1 Vztahy určené pro výpočet operačních návodek	25
5.2.2 Vybrané výpočty operačních návodek.....	25
5.3 Tvorba NC programu.....	26
5.4 Stanovení pracovních režimů.....	29
6 VÝROBA VZORKU.....	30
7 TECHNICKO-EKONOMICKÝ PROPOČET	32

7.1 Výrobní časy	32
7.2 Celkový čas výroby uvažované dávky.....	32
7.3 Spotřeba energie	33
8 EKOLOGICKÉ PODMÍNKY	34
8.1 Třídění odpadu ve firmě	34
9 DISKUZE	35
ZÁVĚR	36
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	37
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	39
SEZNAM PŘÍLOH.....	41

ÚVOD

Historie CNC (Computer Numeric Controls) strojů sahá až do 40. let minulého století. Rozvoj NC strojů byl závislý nejen na rozvoji počítačové techniky, ale také na prvním mechnickém pohonu stroje. Již od roku 1950 se jako pohonové jednotky začaly používat řízené hydromotory a později byly aplikovány elektricky řízené motory. Pro odměřování při polohování obrobku byly nutné znalosti optických principů. Jedna z prvních významných firem v ranném rozvoji CNC techniky byla například společnost Kearney&Trecker z USA, která uvedla v roce 1960 na trh první obráběcí centrum. [1]

Značný rozvoj obráběcí techniky nastal ve 20. století, kdy se do procesů třískového obrábění zaváděly prvky řízení a automatizace. V dnešní době rozvoj CNC techniky nezpomaluje. Neustálým pokrokem dochází k cílenému zvyšování řezných rychlostí, následnému snižování výrobních časů a tím i k jiným, mnohdy příznivějším ekonomickým ukazatelům. [1]

Obrábění hřídele na CNC stroji přináší celou řadu možných výhod v porovnání s výrobou na klasických, obráběcích strojích, jako je například Univerzální hrotový soustruh. Hlavním rozdílem je snížení času výroby, zvýšení kvality opracování povrchu, nebo například i schopnost obrábění složitých tvarových ploch, nejen v ose obrábění, za pomoci poháněných nástrojů. Tento proces vede mnohdy ke snižování počtu operací, nižším výrobním nákladům a v mnoha případech i ke snížení zaměstnanců ve strojírenských firmách, nebo jejich přeškolení na modernější metody obrábění.

Myšlenkou bakalářské práce je výroba klasické rotační součásti soustružením, s prvky mimoosého obrábění - frézováním poháněnými nástroji, na vybraném CNC soustruhu. Dle obráběného dílce bude navržen technologický postup, přiřazeno dostupné nářadí a vyroben vzorek dle sestaveného NC programu.

Cílem bakalářské práce je výroba náhradního dílu do zemědělského zařízení. Dle vybavení dílny není možné tento dílec zcela vyrobit, tudíž budou některé operace řešeny kooperčně. Polotovarem pro výrobu bude záměrně materiál předem zušlechťený, protože není dostupná možnost tepelného zpracování.



Obr. 1 CNC soustruh firmy PROFIKA s.r.o. [2]

1 ČÍSLICOVĚ ŘÍZENÉ OBRÁBĚCÍ STROJE

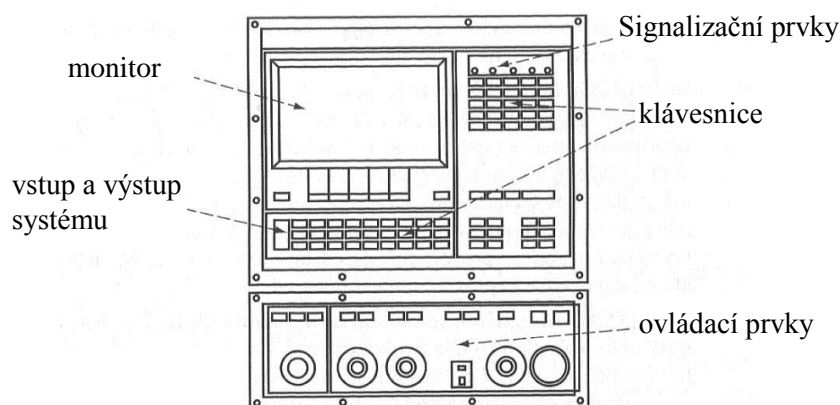
Definice číslicově řízených strojů vychází z pojmu „Computer Numerical Control“. V překladu se jedná o počítačem číslicově řízený stroj, nebo stroje. Tyto CNC výrobní stroje jsou charakteristické tím, že ovládání pracovních funkcí stroje je prováděno řídicím systémem pomocí vytvořeného programu. Informace o požadovaných činnostech jsou zapsány v programu pomocí alfanumerických znaků. Program se skládá ze skupin znaků, které jsou uspořádány po řádcích ve větách nebo blocích. Jinými slovy, blok je tvořen větami, věty slovy a slova znaky. Program je určen pro řízení silových prvků stroje a zaručuje, aby proběhla výroba požadované naprogramované součásti. [3]

Uplatnění CNC obráběcích strojů je ve všech oblastech strojírenské výroby. Mezi nejznámější CNC stroje patří stroje obráběcí, tvářecí, montážní a měřicí. Tyto stroje jsou „pružné“ – to znamená, že je lze rychle přizpůsobit k jiné (obdobné) výrobě. [3]

1.1 Základní části CNC obráběcího stroje

Mezi hlavní prvky CNC stroje patří:

- Počítač – Skládá se z obrazovky a řídicího panelu. V počítači je nahrán řídicí systém, díky kterému lze vytvářet a modifikovat požadovaný NC program.
- Řídicí obvody – Převádějí logické signály na elektrické, kterými se ovládají jednotlivé části stroje (motory včetně, posuvů, apod.).
- Interpolátor – Řeší dráhu nástroje, která je zadána geometrií obrobku. Interpolátor zaručuje geometrickou přesnost obrobku.
- Porovnávací obvod – Zpětnou vazbou je přenášena informace o dosažených geometrických hodnotách suportů v jednotlivých bodech dráhy pohybu. Tyto informace jsou porovnány s CNC programem a upraveny v interpolátoru. Při zjištění rozdílu dostanou pohony posuvů povel k dosažení požadovaných hodnot souřadnic.
- Řídicí panel – Dle obrázku 1.1 je dělen na několik charakteristických částí CNC stroje. Řídicí panel je tvořen monitorem, klávesnicí, signalizačními prvky, ovládacími prvky stroje a částí se vstupem a výstupem systému. [3]

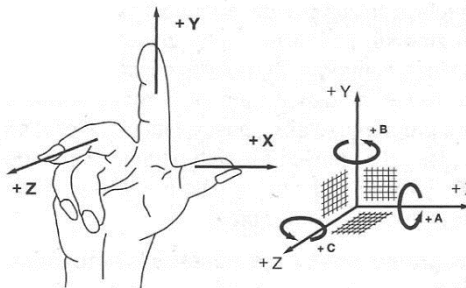


Obr. 1.1 Řídicí panel CNC stroje. [3]

1.2 Souřadnicový systém stroje

Souřadnicový systém stroje, který je na obrázku 1.2 tvoří kartézský systém souřadnic. Systém je pravotočivý, pravouhlý s osami X, Y, Z. Otáčivé pohyby kolem těchto os jsou označeny jako osy A, B, C.

Kartézský systém souřadnic je nutný pro řízení stroje. Dle řídicího panelu CNC stroje, nebo CNC programu se v něm pohybuje nástroj. Je také nezbytný pro měření nástrojů. Souřadnicový systém lze podle potřeby posouvat a otáčet. [3]



Obr. 1.2 Pravotočivá soustava kartézského souřadnicového systému. [3]

Kartézský souřadnicový systém je důležitý, mimo jiné, pro tvorbu programů. V jeho souřadnicových osách je popsán tvar výrobku. Programování stroje zajišťuje programátor, který vkládá počátek souřadnicového systému do nejvýhodnějšího místa na obrobku – do tak zvaného nulového bodu. Výhodné umístění tohoto bodu pak zjednodušuje vyčítání jednotlivých geometrických souřadnic na obrobku. [3]

Stanovení nulového bodu obrobku je ovlivněno:

- kótováním na výkrese,
- souměrností výrobku,
- programátorskými zvyklostmi.

1.3 Vztažné body na CNC strojích

Jedná se o nulové body, které jsou orientované k souřadnicovému systému obráběcího stroje. Názvy nulových bodů jsou podle použití. Mezi základní nulové body patří:

- M – nulový bod stroje: je stanovený výrobcem. Výchozí bod pro další souřadnicové systémy a vztažné body,
- W – nulový bod obrobku: nastavuje ho programátor. Slouží pro odměřování geometrie od nulového bodu obrobku,
- R – referenční bod stroje: je nastavený výrobcem a realizovaný koncovými spínači. Slouží k orientaci odměřování dráhy každé osy,
- P – bod špičky nástroje: je nutný pro stanovení délkové a rádiusové korekce nástroje,
- E – nulový bod nástroje: definuje ho výrobce. Od tohoto bodu se seřizují korekce nástrojů, tj. vzdálenost řezné části nástroje od nulového bodu nástroje. [3]

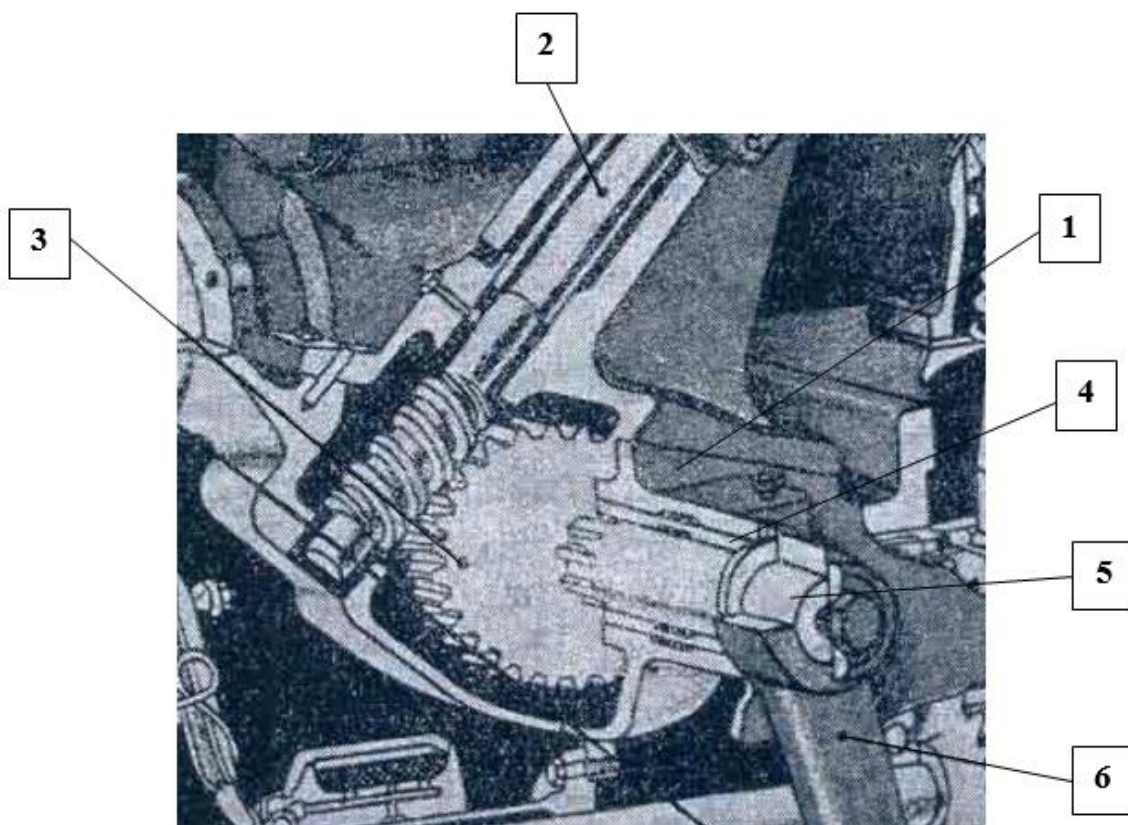
2 PŘEDSTAVENÍ OBRÁBĚNÉHO DÍLCE

Obráběným dílcem je hřídel šnekového kola z řízení kolového traktoru ZETOR 25A z roku 1953. Tento traktor podstupuje v současné době generální opravu, tudíž i opravu řízení, které je za roky provozu značně opotřebené. Vlastní hřídel šnekového kola je po předchozí opravě upravena – přesoustružena tak, že zanikla kapsa na zásobu maziva, a tudíž nedochází k potřebnému promazávání kluzného uložení. Oprava řízení stroje bude spočívat ve výměně bronzových pouzder a stávající hřídele za novou.

2.1 Řízení traktoru

Traktor Zetor 25 je vybaven osmikloubovým mechanismem řízení, který zprostředkovává pohyb předních kol traktoru. Vlastní řízení je šnekové (obrázek 2.1), umístěné ve skříni spojky. Skládá se v podstatě ze šnekového kola řízení, šneku řízení a hřídele šnekového kola. Snadné ovládání mechanismu řízení umožňuje velkou pohyblivost traktoru. [4]

Převod pohybu z volantu je přenášen šnekem řízení na šnekové kolo, které je upevněno na hřídeli, přes kterou se přenáší rotační pohyb na páku řízení, ze které je pohyb přenášen na nápravu řízení. [4]



Obr. 2.1 Mechanismus řízení traktoru. Legenda: 1 – skříň řízení; 2 – šnek řízení; 3 – šnekové kolo řízení; 4 – excentrické pouzdro hřídele; 5 – hřídel šnekového kola; 6 – páka řízení. [4]

Demontáž šnekového převodu je znázorněna v příloze 7.

2.2 Konstrukční rozbor vyráběné součásti

Celková délka hřídele je 250,5 mm s největším průměrem 58 mm. Dále jsou zde průměry 36 mm, které jsou broušené, protože slouží k uložení v kluzných pouzdech. Průměr 35 mm slouží jako mazací kapsa pro mazací tuk, který je z kapsy veden do pouzder mazací drážkou.

Drážkování na hřídeli slouží k nasazení šnekového kola, které je dotaženo pomocí matice na závitu M24x1,5. Dle výkresové dokumentace je drážkování broušené. Z druhé strany hřídele je dále broušený samosvorný kužel a drážka pro pero, která je určena k aretaci a přesnému zapolohování páky řízení, kterou se do hřídele přenáší mazivo. Z čela hřídele je osou provrtaný kanálek, kterým se mazivo dostává až do mazací kapsy. Páka řízení je upevněna pomocí vnitřního závitu šroubem z téže strany.

Na průměru 36 mm je do hloubky 1,5 mm podélně vyfrézovaná mazací drážka. Tato drážka je polohována vůči drážce pro pero s úhlovým natočením o 180°. Do této drážky je mazivo přivedeno otvorem o průměru 4 mm. Tento otvor je přímo v mazací drážce a vede do mazacího kanálku v ose hřídele. Do mazacího kanálku je mazivo přivedeno druhým otvorem o průměru 4 mm, který je souběžný s mazací drážkou a ústí na samosvorný kužel.

2.3 Materiál

Původní materiál hřídele není znám, proto bude zapotřebí navrhnout vhodný materiál jak pro funkčnost hřídele, tak pro vhodnou a námi dostupnou technologii výroby.

2.3.1 Volba materiálu

Zvoleným materiálem pro obrábění je nízkolegovaná, ušlechtilá, chrom-molybdenová ocel k zušlechtění. Dle označení 42CrMo4 (ČSN EN 10083-1), nebo 15 142 dle ČSN. Jedná se o ocel s vyšší prokalitelností pro výše namáhané strojní díly. Po zakalení dosahuje tvrdost přibližně 58 HRC. Do průměru 100 mm lze po zušlechtění docílit pevnosti nad 1000 MPa. V kaleném stavu dobře odolává opotřebení. Patří k nejčastěji používané oceli k zušlechtování. Další mechanické vlastnosti vybrané oceli jsou v tabulce 2.1. [5],

Pro vlastní obrábění bude dodán materiál předem zušlechtěný s označením 42CrMo4+Qt. (ČSN EN 10083-3). Poptávána bude tyč válcovaná za tepla EN 10060, průměr 60 dle dodavatele FERONA a.s. [6]

Tab. 2.1 Vlastnosti vybraného materiálu (příloha 2). [5], [6], [7]

Materiál	42CrMo4 + Qt
Mez pevnosti v tahu R_m	900÷1100 MPa
Mez kluzu R_e	650 MPa
Tvrdost	241 HB
Plocha průřezu	28,3 cm ²
Hmotnost	22,2 kg/m
Třída odpadu	035

2.3.2 Rozměry polotovaru

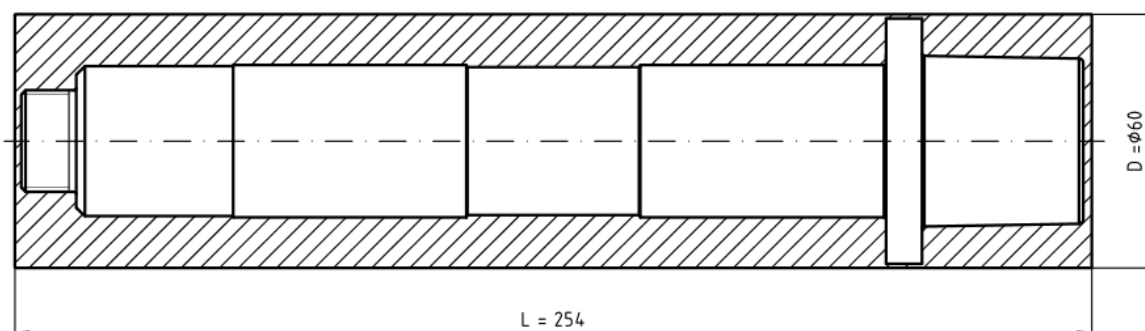
Navržený polotovar bude obráběn soustružením. Výsledný přídavek na průměr bude volen dle empirického vzorce (2.1). Přídavek na délku se stanoví 2÷4 mm. [8]

$$p = 0.05 * d + 2 \text{ [mm]} \quad (2.1)$$

Rozměry polotovaru výpočet:

$$p = 0.05 * 58 + 2 = 4,9 \text{ mm}$$

Přídavek na průměr je tedy 4,9 mm. Při největším průměru hřídele 58 mm by bylo zapotřebí polotovaru o průměru 62,9 mm. Nejbližším možným polotovarem je polotovar o průměru 65 mm. Vzhledem k tomu, že největší průměr 58 mm není funkční, tak budou na přídavek stačit 2 mm. Pro výrobu bude zakoupen polotovar (obrázek 2.2) o průměru 60 mm a délce $254^{+0,1}$ mm.



Obr. 2.2 Nákras polotovaru a obráběné součásti.

Výpočet objemu polotovaru [8]:

$$V_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l \text{ [mm}^3\text{]} \quad (2.2)$$

$$V_p = \frac{\pi \cdot 60^2}{4} \cdot 254 = 718168,1 \text{ mm}^3$$

Výpočet hmotnosti polotovaru [8]:

$$Q_p = V_p \cdot \rho \text{ [kg]} \quad (2.3)$$

$$Q_p = 718168,1 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 5,64 \text{ kg}$$

Hmotnost výrobku byla vypočítána programem SolidWorks 2014. Konečná hmotnost součásti je 1,897 kg.

3 VÝBĚR STROJE

Výroba zadaného dílce bude probíhat převážně ve strojírenské firmě o střední velikosti, ve které je požadovaný strojový park pro výrobu. Pro upřesnění, zde bude probíhat pouze výroba soustružením a frézováním poháněnými nástroji, na vybaveném CNC soustruhu. Vyráběný dílec bude pouze jeden. Dílec bude zhotoven podle technologického postupu, vytvořeného NC programu a následného odladění na vybraném stroji. Zbytek obráběcích a dokončovacích operací bude z důvodu nedostatečného strojového vybavení prováděno kooperačně.

3.1 Strojové vybavení dílny

Strojové vybavení dílny je určeno převážně pro soustružnické operace. Z hlediska strojů se uplatňují modernější metody obrábění, protože je převážná část tvořena CNC stroji. Na obrázcích 3.1 – 3.4 jsou prezentovány vybrané stroje, ze kterých jsou na základě technických parametrů vybrány ty, na kterých bude výroba probíhat.

3.1.1 Pásová pila

Na obrázku 3.1 je pásová pila PRH – 250A, pomocí které bude dělen materiál pro obrábění. Vybrané technické parametry najdeme v tabulce 3.1. [9]



Obr. 3.1 Pásová pila PRH – 250A.

Tab. 3.1 Vybrané technické parametry stroje. [9]

Maximální Ø obrobku	250 mm
Velikost pilového listu	400x32x2 mm
Rozměry stroje	1430x845x1100 mm
Hmotnost	435 kg

3.1.2 CNC Soustruh EMCO PC TURN 155

Jedná se o moderní stroj osazený řídicím systémem Sinumerik Siemens 810D. Na stroji lze obrábět poháněnými nástroji jak axiálními, tak radiálními. Parametry stroje jsou v tabulce 3.1:

- Omezení: Stroj je určen k obrábění drobných dílců, tudíž nebyl při výrobě použit.



Obr. 3.2 soustruh EMCO CONCEPT PC TURN 155.

Tab. 3.2 Vybrané technické parametry stroje EMCO PC TURN 155. [10]

Řídicí systém	Sinumerik 810D
Oběžný Ø nad ložem	250 mm
Maximální délka soustružení	245 mm
Maximální průměr soustružení	85 mm
Rozměry stroje	1628x1174x1750 mm
Hmotnost stroje	700 kg

3.1.3 CNC Soustruh TRAUB TNA 400

Na obrázku 3.3 je CNC soustruh TRAUB TNA 400. Jedná se o soustruh s největším pracovním prostorem na dílně. Na soustruhu je možné obrábět poháněnými nástroji jak radiálními, tak axiálními:

- omezení: Z důvodu nízkého nástrojového vybavení pro stroj (nedostupnost VDI držáků) není možné obrábět poháněným nástroji.

Na tomto soustruhu bylo soustruženo pouze zarovnání čela obrobku a osazení pro upnutí obrobku do soustruhu GILDEMEISTER CTX 210.



Obr. 3.3 Soustruh TRAUB TNA 400.

Tab. 3.3 Technické parametry stroje TRAUB TNA 400. [11]

Řídicí systém	Mitsubishi TX8H
Oběžný Ø nad ložem	665 mm
Maximální délka soustružení	750 mm
Maximální průměr soustružení	-
Rozměry stroje	4592x1821x2005 mm
Hmotnost stroje	6200 kg

3.1.4 CNC Soustruh GILDEMEISTER CTX 210

Nejnovějším CNC soustruhem na dílně je soustruh GILDEMEISTER CTX 210, který je na obrázku 3.4. Je to moderní stroj osazený řídicím systémem Siemens 840D. Na tomto soustruhu je možné obrábět poháněnými nástroji jak axiálními, tak radiálními. Za pomoci tohoto soustruhu bylo realizováno obrábění hřídele na tři operace, viz kapitola 5 a 6. Parametry stroje jsou v tabulce 3.3.



Obr. 3.4 GILDEMEISTER CTX 210.

Tab. 3.3 Technické parametry stroje GILDEMEISTER CTX 210, (příloha 3). [12]

Řídicí systém	Siemens 840D
Oběžný Ø nad ložem	290 mm
Maximální délka soustružení	305 mm
Maximální průměr soustružení	160 mm
Rozměry stroje	2885x1720x1670 mm

4 PŘÍŘAZENÍ NÁŘADÍ

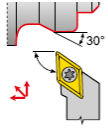
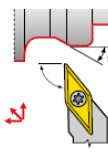
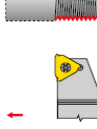
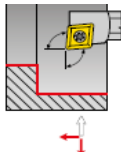
4.1 Volba nástrojů

Veškeré nástroje pro soustružnické operace byly použity z vybavení dílny. Pouze u frézování mazací drážky na hřídeli byl zapůjčen nástroj z firmy, ze Žďáru nad Sázavou. Jedná se o speciální kulovou frézu navrženou pro frézování mazacích drážek. Výsledný tvar frézované drážky tímto nástrojem je rádiusový a nemá ostrou hranu. Nevýhoda ostré hrany mazací drážky spočívá ve stahování maziva z povrchu mazaného pouzdra, tím pádem nedochází k potřebnému a účinnému mazání uložení. Z tohoto důvodu byla pro výrobu navržena a následně frézována drážka rádiusová.

Prezentované nástroje jsou určeny pro operace 30-50 ve stroji GILDEMAISTER CTX 210 a operace 10-20 ve stroji TRAUB TNA 400. V tabulce 4.1 jsou soustružnické nože s VBD firmy PRAMET. V tabulce 4.2 - 4.3 najdeme nástroje pro frézovací, vrtací operace a řezání vnitřního závitu. Tyto nástroje jsou od firmy HOFFMANN GROUP.

4.1.1 Nástroje pro operace 30-50





Tab. 4.1 Soustružnické nástroje ve stroji GILDEMEISTER CTX 210, (příloha 4). [13]

Soustružnické nože s VBD								
Číslo nástroje	Schéma nástroje	Název nástroje	Rádus	Šířka záběru ostří		Posuv/ot		VBD
		Název držáku nástroje		r_e	a_{pmin}	a_{pmax}	f_{min}	
		Název VBD						
		Výrobce						
T ₁		Hrubovací nůž	0,8	0,8	3,0	0,10	0,35	T9325
		SDJCL 2020 K11-M-A						
		DNMG 110408E-FM						
		PRAMET						
T ₂		Dokončovací nůž	0,4	0,4	2,0	0,10	0,20	T8330
		SVJCL 2020 K16-M-A						
		VCMT 160404-E-FM						
		PRAMET						
T ₃		Závitovací nůž	1,50	-	-	-	-	T8330
		SER 2020 K16						
		TN 22ER – R150						
		PRAMET						
T ₄		Vnitřní nůž	0,8	0,8	2,0	0,08	0,50	T8330
		S08F-SCLCR 06						
		CCMT 060208E-UR						
		PRAMET						




Legenda:
PRAMET = Pramet Tools s.r.o.

V tabulce 4.2 a 4.3 jsou nástroje pro vrtací operace, řezání závitu a frézování drážek.

Tab. 4.2 nástroje pro vrtací operace. [14]

Nástroje pro vrtací operace							
Číslo nástroje	Vyobrazení nástroje	Název nástroje	Vrcholový úhel	Řezná rychlost [m.min ⁻¹]	Norma dle DIN	Povlak	Materiál
		ISO KÓD					
		Výrobce					
T ₅		Středící vrták A3,2	60°	25	333	-	HSS
		111000-3,15					
		GARANT					
T ₆		Vrták Ø 4	135°	25	338	-	HSS/E
		114470-4					
		GARANT					
T ₇		Vrták Ø 9	130°	35	338	TiAlN	HSS/PM
		114620-9					
		GARANT					
T ₈		Vrták Ø 14	118°	10	338	-	HSS
		114150-14					
		GARANT					

Tab. 4.3 nástroje pro frézování a řezání závitu. [14]

Nástroje pro frézování, řezání závitu						
Číslo nástroje	Vyobrazení nástroje	Název nástroje	Řezná rychlost [m.min ⁻¹]	Norma dle DIN	Povlak	Materiál
		ISO KÓD				
		Výrobce				
T ₉		Závitník M16	8	371	TiCN	HSS/E
		132700-16				
		GARANT				
T ₁₀		Fréza 10P9	70	6527	-	HSC
		202370-10				
		HOLEX				
T ₁₁		Kulová fréza	90	-	-	HSS
		-				

Legenda:




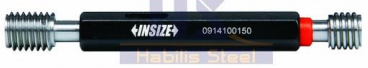
HOLEX, GARANT = Hoffmann Group

4.2 Volba měřidel

K obrábění hřídele budou stačit běžně dostupná dílenská měřidla. V následující tabulce 4.3 budou vybrána měřidla nabízená prodejci podle výběru z katalogů.

Používaná měřidla se neshodují s vybavením dílny, ale jejich přesnost by měla vyhovovat potřebnému měření. Nejpoužívanější měřidlem je posuvné měřítko a třmenový mikrometr pro přesnější měření. Pro soustružení je dále potřeba závitových kalibrů, jak pro vnější, tak pro vnitřní závit. Délková měřidla byla vybrána podle elektronických katalogů od firmy MITUTOYO [15], MT nástroje [16] a firmy Habilis Steel [17].

Tab. 4.3 Volby vybraných měřidel. [15], [16], [17]

Číslo měřidla	Obrázek	Název/ označení	Obj. číslo
M1		Posuvné měřítko MITUTOYO 0 ÷ 300 mm	500-708-11
M2		Posuvné měřítko MITUTOYO 0 ÷ 150 mm	500181-20
M3		Třmenový mikrometr MITUTOYO 25 ÷ 50 mm	103-130
M4		Závitový kalibr – Kroužek dobrý M24x1,5-6g	13KZ- M24x1,5/6g
M5		Mezní závitový trn METRICKÝ M16x2 INSIZE 4130-16	HS-H-01604

Legenda:

MITUTOYO = Mitutoyo Česko s.r.o.

MT nástroje = Radoslav Šnajdr – MT nástroje

Habilis Steel = Habilis Steel s.r.o.

5 SESTAVENÍ NC PROGRAMU

5.1 Pracovní postup-rámcový

Pracovní postup rámcový je vypracován pro celou technologii výroby hřídele. Pro výrobu jednoho kusu bude polotovár objednán vhodným dodavatelem na základě vypočítaných rozměrů z kapitoly 2.3.2. Operace 00/00 bude tedy vynechána.

Na zvolené dílně budou probíhat pouze dostupné soustružnické a frézovací operace podle možností vybraných strojů. Operace, pro které není strojové vybavení, budou probíhat v externí firmě formou kooperace.

Tab. 5.1 Pracovní postup – rámcový (1 z 2).

Pracovní postup – rámcový					
Název dílce: HŘÍDEL			Číslo výkresu: ÚST – BAK – 01		
Materiál: 42CrMo4+Qt	Polotovár: Tyč ocelová kruhová Ø60-254 ČSN 10083-3		Počet kusů: 1	Hmotnost	
				Čistá: 1,897 kg	Hrubá: 5,64 kg
Číslo operace	Číslo pracoviště	Operace	Stoje/měřidla	Popis práce	
00/00	01233	Dělení materiálu	Pásová pila PRH - 250A, Posuvné měřítko (M1)	Řezat na délku 254 ^{+0,1} mm, měřit délku polotovaru.	
10/10	34422	Soustružení	TRAUB TNA 400	Upnout obrobek do sklíčidla, zarovnat čelo, navrtat středící důlek.	
20/20	34422	Soustružení	TRAUB TNA 400, Posuvné měřítko (M1), (M2)	Otočit obrobek, upnout, soustružit osazení Ø45-25 mm, měřit celkovou délku, měřit osazení	
30/30	34422	Soustružení	GILDEMEISTER CTX 210, Posuvné měřítko (M2), Mikrometr (M3), Závitový kroužek (M4).	Upnout za osazení do vybraných čelistí do sklíčidla, opřít otočným hrotem. Soustružit dle programu: 1_levá strana.	

Tab. 5.1 Pracovní postup – rámcový (2 z 2).

Číslo operace	Číslo pracoviště	Operace	Stoje/měřidla	Popis práce
40/40	34422	Soustružení	GILDEMEISTER CTX 210, Posuvné měřítko (M2), Mezní závitový trn (M5).	Upnout do sklíčidla za $\varnothing 36,3$ mm, dorazit na čelo $\varnothing 58$ mm, soustružit dle programu 2_pravá strana
50/50	09863	OTK	Měřidla M1-M5	Měřit obrobené plochy dle výkresové dokumentace.
60/60	34422	Frézování	GILDEMEISTER CTX 210, Posuvné měřítko (N2)	Upnout do sklíčidla za $\varnothing 35,8$ ve vzd. 50 mm, opřít otočným hrotem. Frézování drážek dle programu 3_frézování. Měřit frézované rozměry.
70/70	05226	Frézování	Kooperace	Frézování drážkového profilu s přídavkem pro broušení.
80/80	05522	Broušení	Kooperace	Broušení drážkového profilu šnekového kola dle výkresové dokumentace.
90/90	05522	Broušení	Kooperace	Broušení rotačních ploch dle výkresové dokumentace.
100/100	09913	Konzervace a balení.	Balící dílna	Konzervovat olej, balit do antikorozního papíru.

5.2 Operační návodky

Operační návodky byly vytvořeny pro operaci 10/10 a 20/20 pro stroj TRAUB TNA 400. Jedná se o obrábění pro upnutí ve stroji GILDEMEISTER CTX 210, tedy o sražení čela a navrtání středického důlku a z druhé strany o soustružení osazení pro upnutí ve sklíčidle do vybraných čelistí.

Řezná rychlost pro výpočet operačních návodek je dána výběrem nástrojů. Pro stroj TRAUB TNA 400 jsou použity nástroje z kapitoly 4. Jedná se o nástroje T1 a T5. Výpočet operačních návodek je realizován pomocí vztahů 5.1 – 5.5. Operační návodky jsou v příloze 5 a v příloze 6. [18]

5.2.1 Vztahy určené pro výpočet operačních návodek

Výpočet řezné rychlosti a otáček

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} [m \cdot min^{-1}] \quad (5.1)$$

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} [ot \cdot min^{-1}] \quad (5.2)$$

Výpočet jednotkového strojního času

$$t_{as} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{(l + l_n + l_p)}{n \cdot f} [min] \quad (5.3)$$

Stanovení průřezu třísky pro podélné soustružení

$$a_p = 0,5 \cdot (D - d) [mm] \quad (5.4);$$

Stanovení průřezu třísky pro příčné soustružení

$$a_p = L - l [mm] \quad (5.5)$$

5.2.2 Vybrané výpočty operačních návodek

Vypočítané hodnoty operačních návodek jsou uvedeny v příloze 5 a v příloze 6. Ukázka realizovaných výpočtů:

- výpočet otáček pro zarovnání čela operace 10/10,

$$n = \frac{1000 \cdot 210}{\pi \cdot 60} = 1114,08 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

- výpočet jednotkového strojního času operace 10/10,

$$t_{as} = \frac{30,5}{1114 \cdot 0,3} = 0,09 \text{ min}$$

- výpočet otáček pro soustružení osazení operace 20/20,

$$n = \frac{1000 \cdot 195}{\pi \cdot 45} = 1379,3 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

- výpočet průřezu třísky pro operaci 20/20,

$$a_p = 0,5 \cdot (60 - 45) = 7,5 \text{ mm}$$

- výpočet jednotkového strojního času operace 20/20.

$$t_{as} = \frac{20,5}{1379 \cdot 0,2} = 0,074 \text{ min}$$

Obrábění osazení u operace 20/20 bylo realizováno na tři úběry. Z tohoto důvodu je jednotkový strojní čas třikrát delší, než vypočítaný.

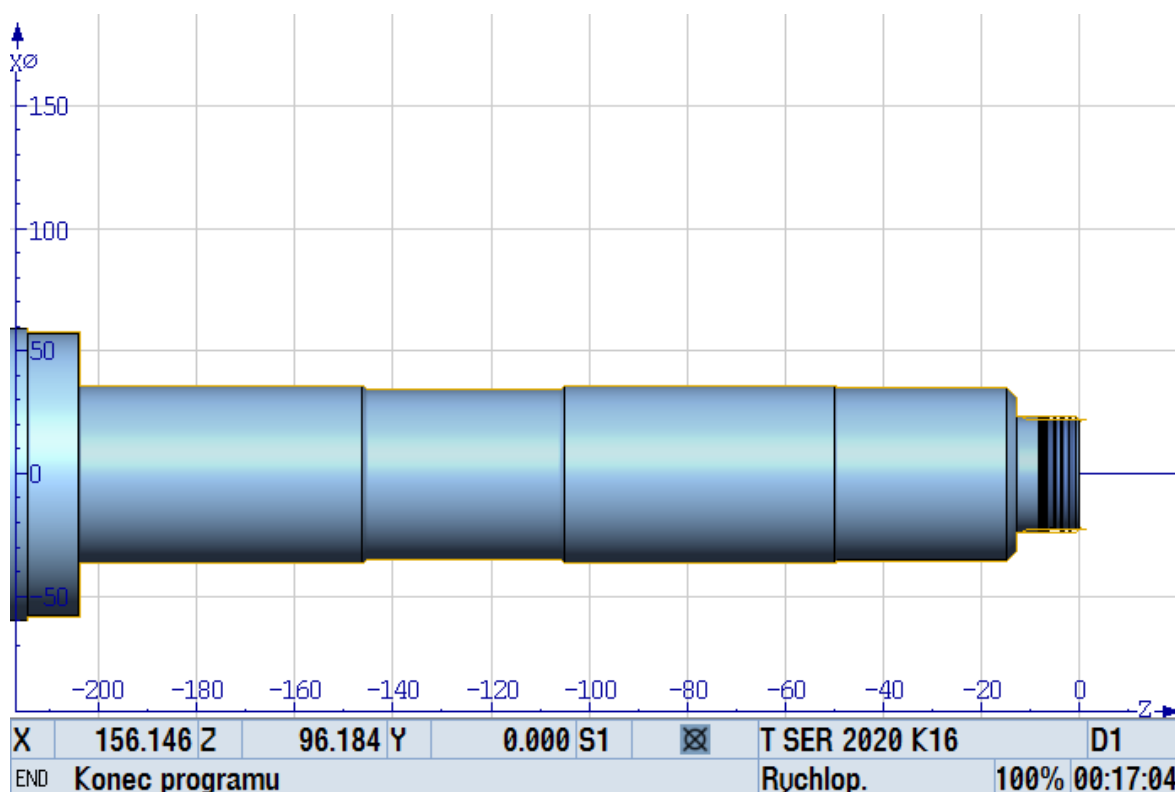
5.3 Tvorba NC programu

Tvorba NC programů byla realizována přímo na obráběcích strojích. Výsledná prezentace je vytvořena v programovacím softwaru Sinu Train for Sinumerik Operate V4.5, který slouží k programování a simulaci mimo obráběcí stroj. Na obrázcích 5.1 - 5.6 jsou vybrané prezentace výrobních programů pro stroj GILDEMEISTER CTX 210. V hlavičce programu je definovaný nástroj, řezné podmínky pro dané obrábění a výsledný čas obrábění. Pracovní režimy jsou stanovené v kapitole 5.4.

Operace 30/30, výrobní program: 1_levá strana:

P	Hlavička programu	Uálec G54	
	Kontura	KONTURA1	
	Oddělování třísky	▼	T=SDJCL_20_20 F0.16/ot. U=180m
	Odstr. zbyt. mat.	▼	T=SUJCL_20_20 F0.16/ot. U=100m
	Oddělování třísky	▼▼▼	T=SUJCL_20_20 F0.08/ot. U=140m
	Závit podélný	▼+▼▼▼	T=SER 2020 K16 M10 S=600ot. unější X0=24
END	Konec programu		
	Celkový čas: 17:05.0		

Obr. 5.1 Operace 30/30, výrobní program: 1_levá strana.

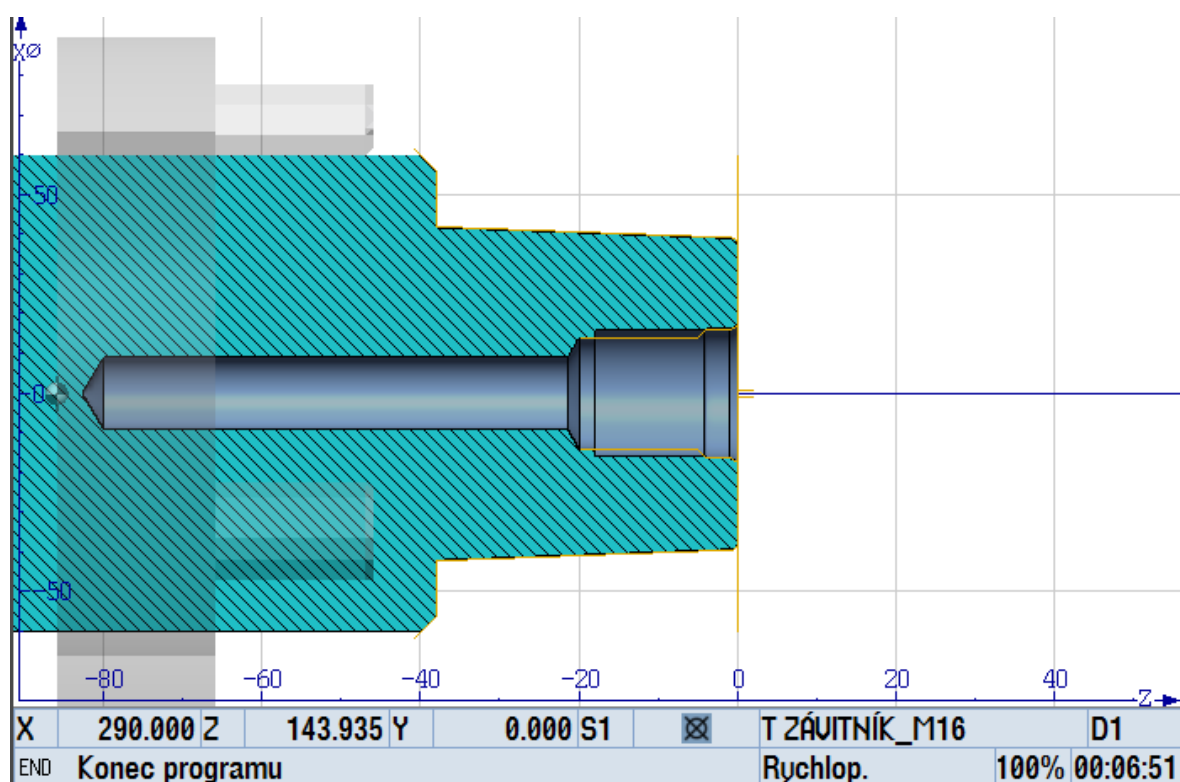


Obr. 5.2 Simulace operace 30/30, výrobní program: 1_levá strana.

Operace 40/40, výrobní program: 2_pravá strana:











P	Hlavička programu	Uálec G54
	Oddělování třísky	T=SDJCL_20_20 F0.15/ot. U=140m příčné X0=60
	Kontura	KONTURA1
	Oddělování třísky	T=SDJCL_20_20 F0.18/ot. U=140m
	Oddělování třísky	T=SUJCL_20_20 F0.08/ot. U=200m
	Středové vrtání	T=NAURTAUÁK_A3.2 F0.04/ot. U=25m Z1=-4
	Středové vrtání	T=URTÁK 9 F0.1/ot. U=23m Z1=-80
	Středové vrtání	T=URTÁK 14 F0.13/ot. U=60m Z1=-20
	Nastavení	S1: Návrat
	Kontura	KONTURA2
	Oddělování třísky	T=S-06K-SCLCR-06 F0.1/ot. U=140m
	Oddělování třísky	T=S-06K-SCLCR-06 F0.08/ot. U=160m
	Urtání závitu	T=ZÁVITNÍK_M16 M16 S=160ot. Z1=-18
	001: Polohy	Z0=0 X0=0 Y0=0
END	Konec programu	
	Celkový čas: 06:52.2	

Obr. 5.3 Operace 40/40, výrobní program: 2_pravá strana.

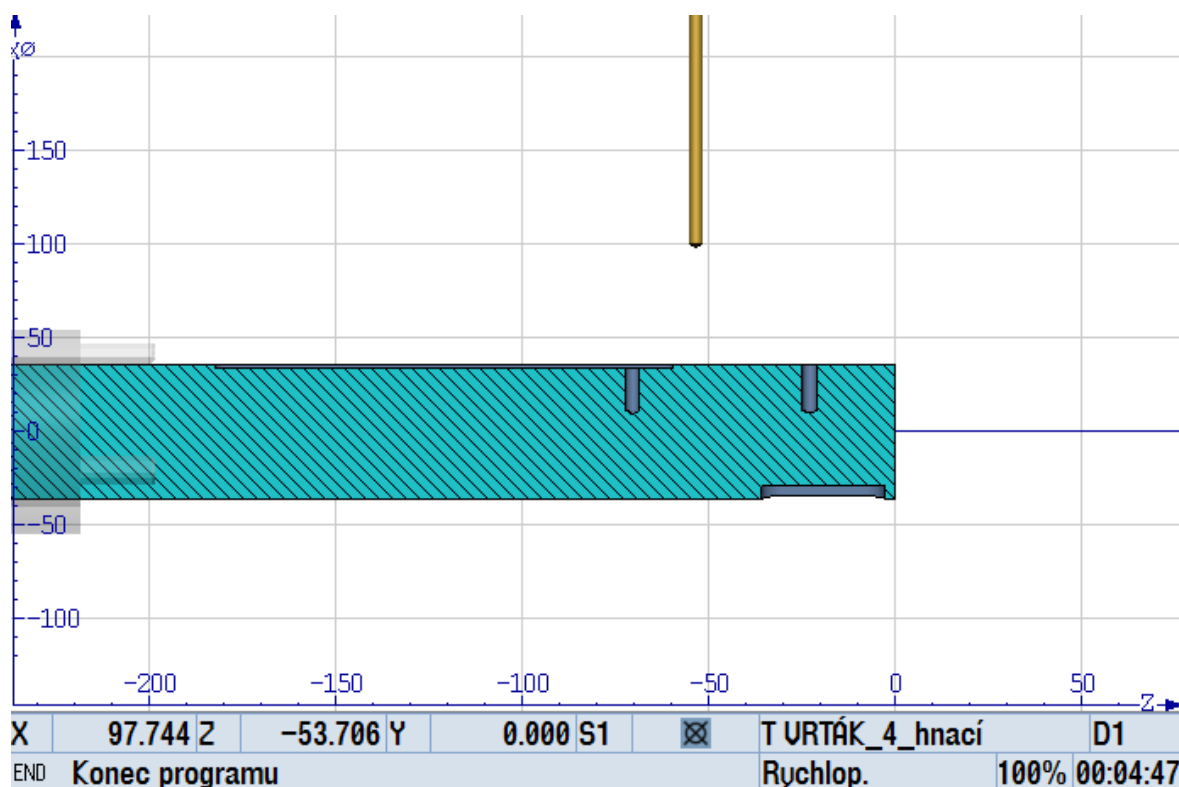


Obr. 5.4 Simulace operace 40/40, výrobní program: 2_pravá strana.

Operace 60/60, výrobní program: 3_frézování drážek:

P	Hlavička programu	Uálec G54
	Podélná drážka	▽▽▽ T=FRÉZA4 F0.03/Z U=90m Y0=0 Z0=-121
	Podélná drážka	▽ T=FRÉZA_pohon_10 F0.04/Z U=90m C0=0
	Podélná drážka	▽▽▽ T=FRÉZA_pohon_10 F0.03/Z U=90m C0=0
	Urtání hlub. děr	☞ T=navrtávák 3.15 F0.04/ot. S=1400ot. X1=-3ink
	001: Polohy	☞ X0=39.3 Y0=0 Z0=-23
	Urtání hlub. děr	☞ T=navrtávák 3.15 F0.04/ot. S=1400ot. X1=-3ink
	002: Polohy	☞ X0=28.3 Y0=0 Z0=-70.5
	Urtání hlub. děr	☞ T=URTÁK_4_hnací F0.04/ot. S=1592ot. X1=8.8
	003: Polohy	☞ X0=39 Y0=0 Z0=-23
	Urtání hlub. děr	☞ T=URTÁK_4_hnací F0.04/ot. S=1592ot. X1=8.8
	004: Polohy	☞ X0=28.3 Y0=0 Z0=-70.5
END	Konec programu	
	Celkový čas: 04:47.4	

Obr. 5.5 Operace 60/60, výrobní program: 3_frézování drážek.



Obr. 5.6 Simulace operace 60/60, výrobní program: 3_frézování drážek.

5.4 Stanovení pracovních režimů

Dle vztahů z kapitoly 5.2.1 byly stanoveny řezné podmínky pro obrobení hřídele. Tyto řezné podmínky byly zaneseny do programovacího softwaru a následně byla provedena simulace obrobení, podle zanesených rozměrů, s přídavkem pro broušení. Jedná se tedy o tři pracovní programy. Výsledný čas obrobení je u jednotlivých programů generován. Tyto časy nebyly tudíž propočítány a v ekonomických závěrech jsou považovány za časy výrobní.

Operace 30/30, výrobní program: 1_levá strana:

- ukázkový výpočet otáček pro řezání vnějšího závitu,

$$n = \frac{1000 \cdot 45}{\pi \cdot 24} = 596,83 \text{ ot. min}^{-1}$$

Řezná rychlost pro řezání vnějšího závitu byla volena na základě praktických zkušeností. Při dvojnásobných rychlostech, které jsou stanoveny výrobcem VBD by mohl být problém z dobrzdováním posuvu a konci závitu. Z tohoto důvodu byla volena řezná rychlost $45 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a výsledné otáčky byly vypočítány a zaokrouhleny na $600 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$.

Operace 40/40, výrobní program: 2_pravá strana:

- ukázkový výpočet otáček závitníku M16

$$n = \frac{1000 \cdot 8}{\pi \cdot 16} = 159,15 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

Zaokrouhlením spočítané hodnoty $159,15 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ byly stanovené a dosažené otáčky pro řezání závitu závitníkem na hodnotu $160 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$.

Operace 60/60, výrobní program: 3_frézování drážek:

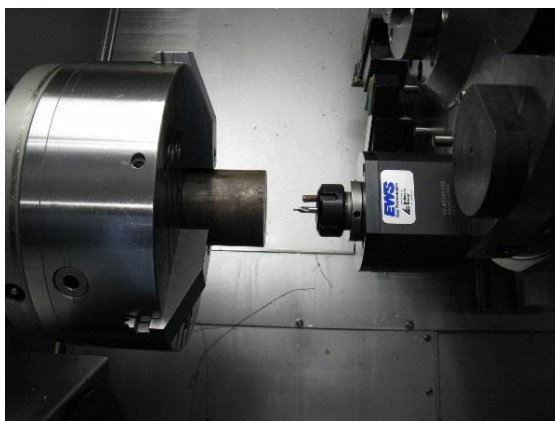
- Ukázkový výpočet otáček vrtáku Ø4 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 20}{\pi \cdot 4} = 1591,5 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

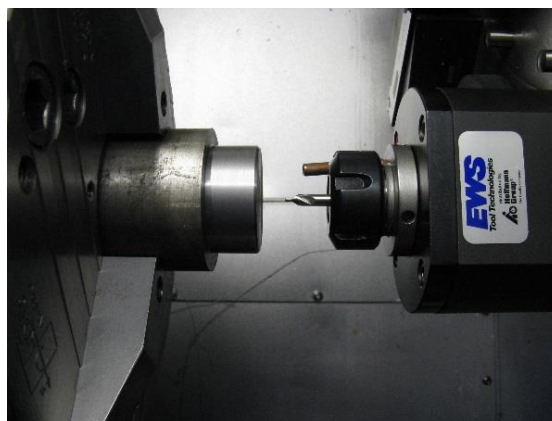
U vrtání vrtákem Ø4 mm byla snížena řezná rychlost na $20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Doporučená hodnota stanovená výrobcem nástroje je sice vyšší, ale na základě materiálu o vyšší pevnosti byla řezná rychlost nepatrně snížena.

6 VÝROBA VZORKU

Na základě výpočtů a vytvoření NC programů z kapitoly 5, byla na obráběcích strojích realizována výroba vzorku. Vlastní výroba nebyla nějak problematická. Na obrázcích 6.1 a 6.2 je znázorněno obrobení dodaného polotovaru pro upnutí v následující operaci. Nejčastěji se tato příprava realizuje na klasických, univerzálních soustruzích. Vzhledem k tomu, že takové zařízení nebylo k dispozici, bylo řešeno obrobení pomocí CNC soustruhu, na kterém bylo možné polotovaz upnout. Na obrázcích 6.3 - 6.6 je znázorněno obrábění v CNC soustruhu GILDEMEISTER CTX 210, kde proběhla většina obráběcích operací podle možností strojového parku na dílně. Další operace, jak již bylo zmíněno, probíhaly kooperačně v externí firmě. Jednalo se o frézování drážkování pro šnekové kolo, následné broušení drážek, dále rotačních ploch a kužele.

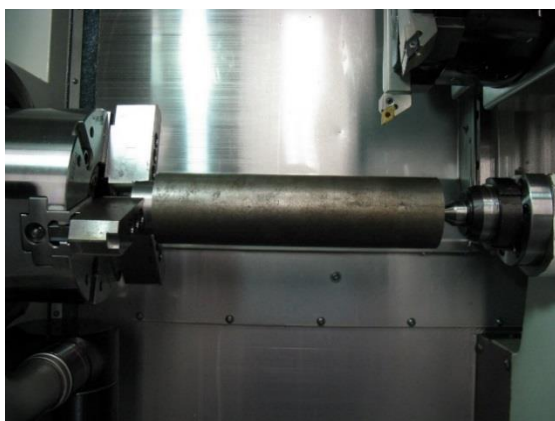


Obr. 6.1 Zarovnání čela.

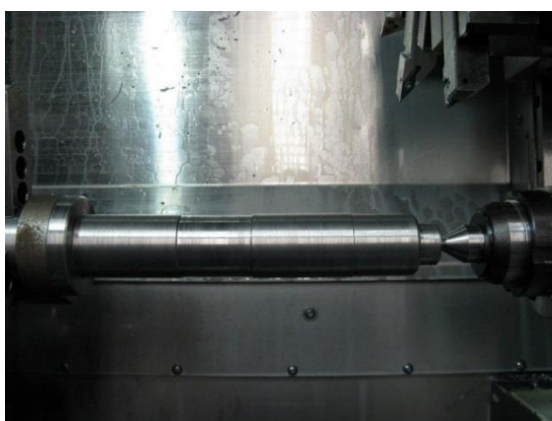


Obr. 6.2 Soustružení osazení pro upnutí.

Na obrázku 6.1 je zachyceno zarovnání čela obrobku pro opnutí pomocí opěrného hrotu. Osazení pro upnutí do vybraných čelistí je na obrázku 6.2.

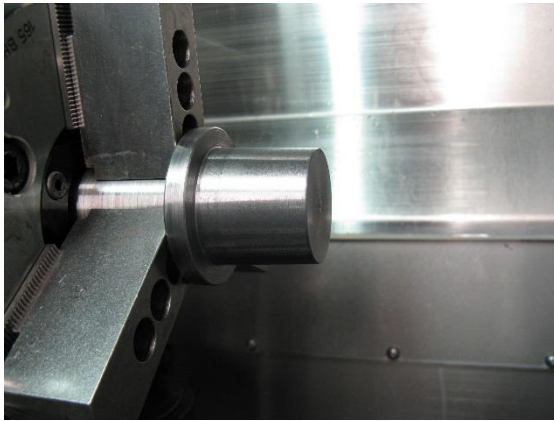


Obr. 6.3 Upnutí do vybraných čelistí.

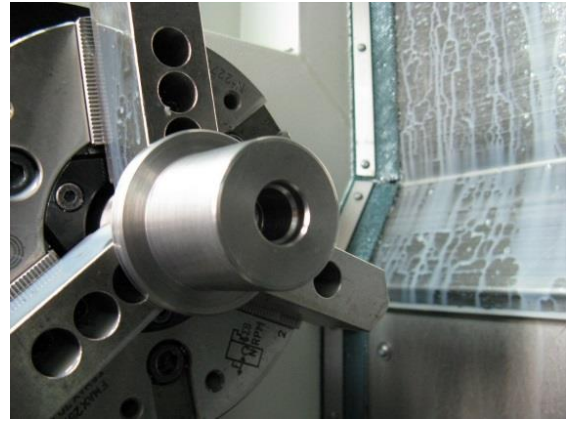


Obr. 6.4 Soustružení první strany hřídele.

Na obrázcích 6.3 a 6.4 je vidět obrobení dle prvního programu. Upnutí je realizováno pomocí osazení z předešlé operace do vybraných čelistí. Na základě parametrů stroje a jeho vybavenosti by nebylo možné jiným způsobem obrobek upnout.

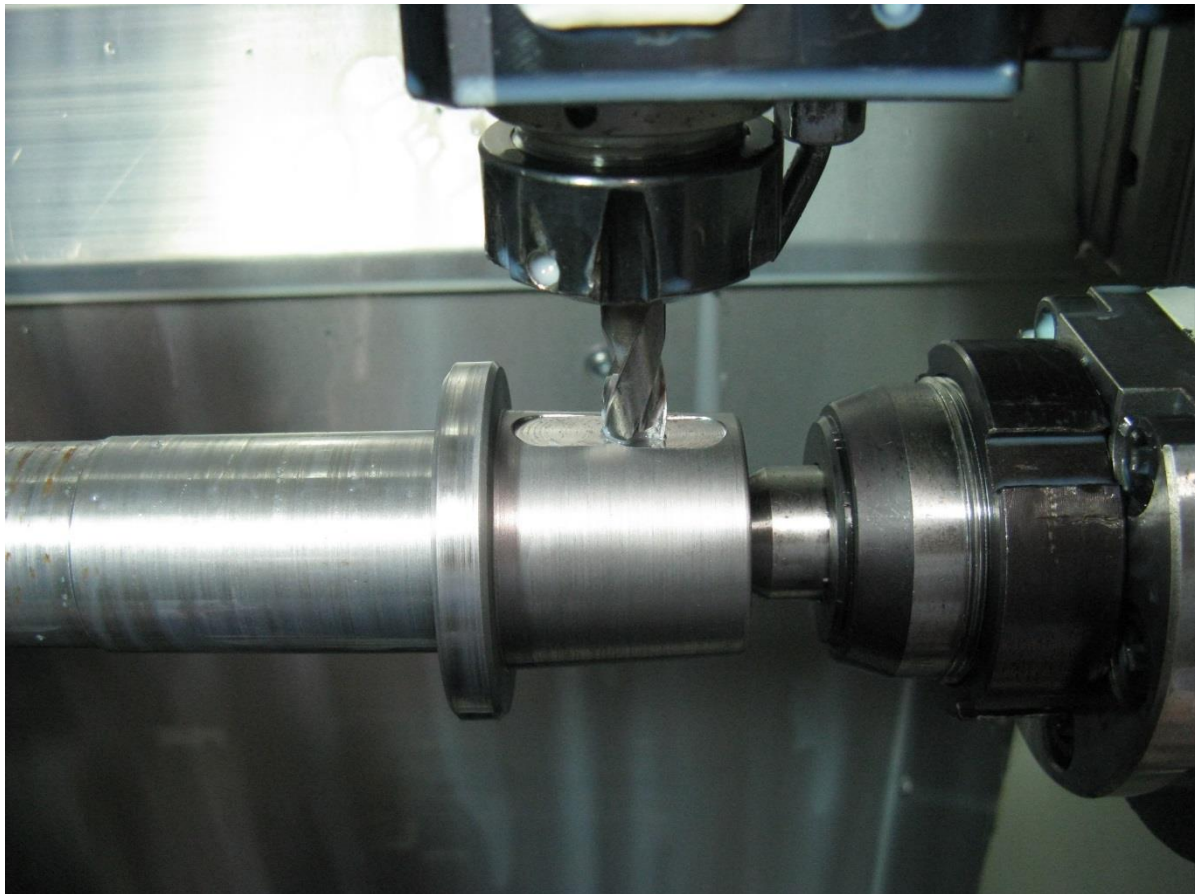


Obr. 6.4 Soustružení kužele.



Obr. 6.5 Soustružení otvoru pro závit.

Na obrázcích 6.4 a 6.5 je vidět soustružení druhé strany na základě druhého programu, tedy soustružení kužele, celkové délky hřídele a soustružení vnitřních otvorů.



Obr. 6.6 Soustružení drážky pro pero.

Na obrázku 6.6 je znázorněna část třetího programu. Jedná se o frézování drážky pro pero v CNC soustruhu poháněným nástrojem. Zvolená možnost této technologie nahrazuje obrábění, které by bylo běžně realizováno na klasické frézce. Vzhledem k vybavenosti stroje bylo obrábění drážek realizováno tímto způsobem. Součástí upnutí bylo realizováno frézování mazací drážky kulovou frézou a vrtání dvou otvorů o $\varnothing 4$ mm. Zde muselo být zaručeno přesné natočení obrobku o 180° .

7 TECHNICKO-EKONOMICKÝ PROPOČET

7.1 Výrobní časy

Výrobní časy pro obrábění hřídele byly stanoveny jako součet strojních časů pro jednotlivé operace. U operace 10/10 a 20/20 byl tento čas naměřen stopkami a u operací 30/30, 40/40 a 60/60 je čas generován, viz kapitola 5.3 - tvorba NC programu. Jedná se o časové intervaly, které začínají spuštěním výrobního programu a končí koncem výrobního programu. K výrobnímu času ve strojích je třeba přičíst čas na vedlejší práce, jako je například upínání a mezioperační měření. Výsledný čas obrábění hřídele je uveden v tabulce 7.1.

Tab. 7.1 Výrobní čas hřídele.

Číslo operace	Výrobní čas [min]
10/10	0,61
20/20	1,25
30/30	17,00
40/40	6,68
60/60	4,79
Σ	30,51

7.2 Celkový čas výroby uvažované dávky

Technicko-ekonomický propoččet byl v rámci srovnání kalkulován pro výrobu dávky dvaceti kusů obrobků. Celkový strojní čas výroby hřídele je 30,5 min. V tomto čase, ale nejsou zahrnuty časy pro mezioperační měření a časy na upnutí obrobku. Do následujícího výpočtu se tedy bude uvažovat, že celkový čas obrábění, včetně mezioperačního měření a upnutí je 35 min.

$$t_{dávky} = \frac{N \cdot t_{celk}}{60} \text{ [hod]} \quad (7.1)$$

$$t_{dávky} = \frac{20 \cdot 35}{60} = 11,6 \text{ hod}$$

Celkový strojní čas výroby 20-ti kusů trvá ve strojích přibližně 11,6 hodin. Délka směny je 7,5 hod. Při úklidu pracoviště, zapnutí a vypnutí obráběcích strojů, lze předpokládat snížení fondu pracovní doby na 6,5 hod. Při tomto čase je možné zhotovit 20 kusů po dobu dvou pracovních směn.

7.3 Spotřeba energie

Při spotřebě energie bylo vycházeno z příkonu strojů udávaných výrobcem. U stroje GILDEMEISTER CTX 210 je příkon 10 kW a u stroje TRAUB TNA 400 je příkon 22 kW. Pro výrobu jednoho kusu lze spotřebu energie uvažovat ze součtu spotřeby energií jednotlivých strojů. Spotřeba energie a náklady na energii jsou uvedeny v tabulce 7.2. Výsledné hodnoty jsou udány na základě výpočtů:

- vztah pro výpočet spotřeby elektrické energie,

$$E_c = P_c \cdot t_{výr} [kWh] \quad (7.2)$$

- vztah pro výpočet nákladů na energii.

$$N_{energie} = P \cdot \eta \cdot t_{výr} \cdot C_e \cdot n [kč] \quad (7.3)$$

Po vyčíslení nákladů byly v tabulce 7.2 srovnány náklady pro výrobu jednoho a dvaceti kusů obrobku na vybrané dílně. Účinnost strojů byla volena 0,85%, a cena energie 6 Kč/kWh.

Tab. 7.2 Spotřeba a náklady na energii.

Spotřeba a náklady na energii			Σ	
Stroj		TRAUB TNA 400	GILDEMEISTER CTX 210	-
Příkon stroje [kW]		22	10	-
Čas obrábění [h]		0,031	0,4745	0,51
Spotřeba energie [kWh]	1 ks	0,682	4,745	5,43
	20 ks	13,64	94,9	108,5
Náklady na energii [Kč]	1 ks	3,50	24,20	27,7
	20 ks	70	484	554

Technicko-ekonomický propoččet byl zaměřen na vyčíslení ceny elektrické energie při obrábění na vybraných strojích. Počet kusů byl zvolen tak, aby pokryl skladové zásoby na následný prodej obrobku, jako náhradního dílu. Jelikož se jedná o součást, která se v současné době používá v historických zařízeních, nepředpokládá se požadavek, na velkou sériovou výrobu obrobku – například 50 000 kusů a více.

8 EKOLOGICKÉ PODMÍNKY

Odpadem při obrábění hřídele jsou ocelové třísky, které jsou zachyceny v odpadovém prostoru stroje - tzv. „vaně“. Jelikož nejsou stroje vybavené pásovým dopravníkem, je zapotřebí čas od času tyto vany vybrat.

8.1 Třídění odpadu ve firmě

K vybírání odpadu z prostoru stroje dochází ve dvou případech:

1. Dojde-li k naplnění prostoru stroje odpadem, je obsluha povinna tento odpad vybrat.
2. Dojde-li k obrábění jiného druhu materiálu vzhledem k předchozímu, je obsluha povinna stávající odpad vybrat a současný druh materiálu oddělit a zařadit do správného druhu odpadu.

Základní třídění odpadových materiálů se ve strojírenské firmě dělí do několika kategorií:

- ocel, slitiny oceli,
- litina, slitiny litin,
- hliník, slitiny hliníku,
- mosaz, slitiny mosazi,
- měď, slitiny mědi,
- ostatní odpadové materiály.

Na obrázku 7.1 je odpadový prostor stroje GILDEMEISTER CTX 210. Při vybrání „vany“ se přesune odpad do kontejneru znázorněného na obrázku 7.2. Při naplnění tohoto kontejneru je odpad připraven k následnému převozu a ekologické recyklaci ve výkupu barevných kovů.



Obr. 7.1 Odpadový prostor stroje.



Obr. 7.2 Kontejner na ocelový odpad.

9 DISKUZE

V rámci diplomové práce byla řešena problematika technologického postupu při výrobě hřídele šnekového soukolí z řízení kolového traktoru 25A, který prochází generální opravou. Jelikož se jedná o opravu ojedinělého, téměř historického zařízení, byla uvažována pouze kusová výroba obrobku.

Výkres součásti byl vytvořen na základě reálného, demontovaného dílce. Volba materiálu byla závislá na okrajových podmínkách výroby. S ohledem na požadavek nízkých výrobních nákladů, při výrobě jednoho kusu hřídele, a nedostupnosti výrobních strojů pro tepelné zpracování byl zvolen předem zušlechtný materiál.

Technologický postup výroby obrobku byl zvolen s ohledem na strojové a nástrojové vybavení firmy. I přesto musely být některé obráběcí operace provedeny formou kooperace s externí firmou. Z důvodu nízkého nástrojového vybavení stroje TRAUB TNA 400 nedošlo k jeho úplnému využití. Proto bylo na CNC soustruhu provedeno pouze opracování materiálu pro upnutí ve stroji GILDEMEISTER CTX 210, kde bylo realizováno obrábění rotačních ploch, dle výkresové dokumentace, a frézování drážek poháněnými nástroji. Sestavení NC programu, pro použité CNC soustruhy, bylo realizováno pomocí softwaru Sinu Train for Sinumerik Operate V4.5. V tomto programu byl současně generován strojní čas na výrobu obrobku, na jehož základě bylo vypracováno technicko-ekonomické zhodnocení.

Na základně navrženého technologického postupu a následném odlazení NC programu byla úspěšně obrobena hřídel řízení s přídatky pro broušení rotačních ploch a pro výrobu drážkování šnekového kola.

ZÁVĚR

V případě starších strojů a zařízení bývá obtížné pořídit nový náhradní díl, a tak je nutné jej unikátně vyrobit. Cílem bakalářské práce bylo vypracovat technologický postup a následně vyrobit hřídel šnekového kola z řízení Zetoru 25A z roku 1953, který prochází v současné době generální opravou.

Po seznámení se s dílcem a rešerší dostupných strojů s daným nástrojovým vybavením, ve strojovém parku firmy, byla navržena technická dokumentace a technologický postup obrobku. Prvotní myšlenka obrábění na CNC soustruhu byla zaměřena na obrábění poháněnými nástroji, kde bylo tímto způsobem realizováno frézování drážky pro pero a drážky mazací. Konstruktivním vylepšením vyráběného dílce byla modifikace tvaru mazací drážky. Ve spolupráci s externí firmou byla zapůjčena speciálně tvarovaná fréza, pro vytvoření rádiusového tvaru hrany drážky, díky kterému nedochází ke strhávání maziva z funkčního povrchu ložiska, jako u mazacích drážek s ostrou hranou.

Kooperační řešení pokrylo nedostatky ve strojovém parku. Z důvodu absence univerzálního hrotového soustruhu se musela zarovnat čela a navrtat středící důlek na CNC soustruhu. Tyto operace jsou pro numericky řízené stroje časově velice zdlouhavé a nevýhodné.

Značným omezením strojového parku je nízké nástrojové vybavení stroje TRAUB TNA 400. Pokud by bylo nástrojové vybavení pro obrábění poháněnými nástroji dostačující, byl by soustruh GILDEMEISTER CTX 210 vynechán a nebyl by při výrobě použit.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Historie CNC strojů: Projekt: Inovace oboru Mechatronik pro Zlínský kraj* Registrační číslo: CZ.1.07/1.1.08/03.0009 [online]. [vid. 2015-05-20]. Dostupné z: <file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/dic%C3%AD%20syst%C3%A9my.pdf>
- [2] CNC soustruh L210A | PROFIKA s.r.o. *PROFIKA s.r.o.* [online]. 2015 [vid. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.profika.cz/cnc-stroje/cnc-soustruh-l210a>
- [3] ŠTULPA, Miloslav. 2006. *CNC: obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 126 s. ISBN 80-730-0207-8.
- [4] ANDERT, Antonín a František MACHÁČEK. *Využití traktorů Zetor 25, Z-25A, Z-25K v zemědělství*. 1. Praha: SNZ, 1958
- [5] Bolzano | Přehled vlastností ocelí 42CrMo4. *Bolzano | Úvod* [online]. 2015 [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/oceli-k-zuslechtovani-podle-en-10083-1/prehled-vlastnosti-oceli-42crmo4>
- [6] Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060, průměr 60 - Feron a.s. - hutní materiál, velkoobchod s hutním materiálem. *Feron a.s. - hutní materiál, velkoobchod s hutním materiálem: Sortimentní katalog* [online]. 2015 [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=22787>
- [7] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4. dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008, xiv, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [8] KOČMAN, K., PERNIKÁŘ, J. *Ročníkový projekt II - obrábění*. [online]. [vid. 2015-05-16]. Studijní opory pro kombinovanou formu bakalářského studia v oboru 23-07-7Strojírenská technologie. ÚST, FSI-VUT v Brně, 2002, 27 s. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/RocnikovyProjekt/II-obrabeni.pdf>
- [9] PRIVATEX SPOL.,S.R.O. *Píla rámová hydraulická PRH-250A: Návod na použitie*
- [10] EMCO: *Knowledge skills for CNC-metal machining* [online]. [vid. 2015-05-15]. Dostupné z: http://home.zcu.cz/~radekv/%C5%A1kola/the%20School/CNC/WinNC/SINUMERIK_840D_&_3D_VIEW_2004/Concept/AAGESEN.PDF
- [11] TRAUB TNA 400: *Universal CNC Turning machine* [online]. [vid. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.index-werke.de/mediadata/tna400-0040e.pdf>

- [12] CNC - Universal Lathes CTX 10 Series. In: [online]. [vid. 2015-05-15]. Dostupné z:
http://www.exapro.fr/product/2011/11/P11101063/a4db2613091cc3496/abfefc9ae1bccf7/CTX10er_final_uk-2.pdf
- [13] PRAMET TOOLS, s.r.o. *Soustružení* [online]. [vid. 2015-05-15]. Dostupné z:
<http://www.pramet.cz/download.php?id=629>
- [14] Hoffman Group: *Hlavní katalog 2011/2012*, 1456 s. [vid. 2015-05-16]
- [15] MITUTOYO ČESKO s.r.o. *Katalog měřících přístrojů 2013/2014*. [online]. [vid. 2015-05-15]. Dostupné z:
<http://kubousek.com/katalogy/Mitutoyo/CZ18001/CZ-18001-/Mitutoyo---Katalog-mericich-pristroju-2013-2014.pdf#page=14>
- [16] Kalibry a měrky | Závitový kalibr-kroužek dobrý M24x1,5 - 6g | www.mt-nastroje.cz. *Www.mt-nastroje.cz* [online]. [vid. 2015-05-04]. Dostupné z:
<http://www.mt-nastroje.cz/i-zavitniky/eshop/12-1-Kalibry-a-merky/0/5/8621-Zavitovy-kalibr-krouzek-dobry-M24x1-5-6g>
- [17] Mezní závitový trn metrický M16x2 (dobrý/zmetkový) INSIZE 4130-16 | Habilis Steel - kovoobrabeci-nastroje.cz. *Kovoobrabeci-nastroje.cz | Habilis Steel - kovoobrabeci-nastroje.cz* [online]. © 2015 [vid. 2015-05-04]. Dostupné z:
<http://www.kovoobrabeci-nastroje.cz/katalog/meridla-13/kalibry-1397/zavitove-1398/insize-4130-mezni-zavitove-trny-iso-pro-zavit-/metricke-1409/mezni-zavitovy-trn-metricke-m16x2-dobryzmetkovy-/insize-413016-14663.html>
- [18] HUMÁR, Anton. *Technologie obrábění – 1. část: Studijní opory pro magisterskou formu studia* [PDF]. Vysoké učení technické v Brně Fakulta strojního inženýrství Ústav strojírenské technologie, 2003 [vid. 2015-05-22].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CNC	[-]	Computer Numeric Controls – počítačem číslicově řízené
ČSN	[-]	Česká technická norma
ČSN EN	[-]	Evropská norma
Cr	[-]	Chrom
DIN	[-]	Deutsche Industrie-Norm
EN	[-]	Evropská norma
HB	[-]	Tvrдость podle Brinella
HSC	[-]	High speed cutting
HSS	[-]	High Speed Steel – rychlořezná ocel
HRC	[-]	Tvrдость podle Rockwella
ISO	[-]	International Organization for Standardization
Mo	[-]	Molybden
OTK	[-]	Odbor technické kontroly
USA	[-]	United States of America
VBD	[-]	Vyměnitelná břitová destička
VUT	[-]	Vysoké učení technické

Symbol	Jednotka	Popis
a_p	[mm]	Hloubka záběru
a_{pmin}	[mm]	Minimální hloubka záběru ostří
a_{pmax}	[mm]	Maximální hloubka záběru ostří
C_e	[Kč]	Cena energie
d	[mm]	Průměr obráběné plochy hřídele

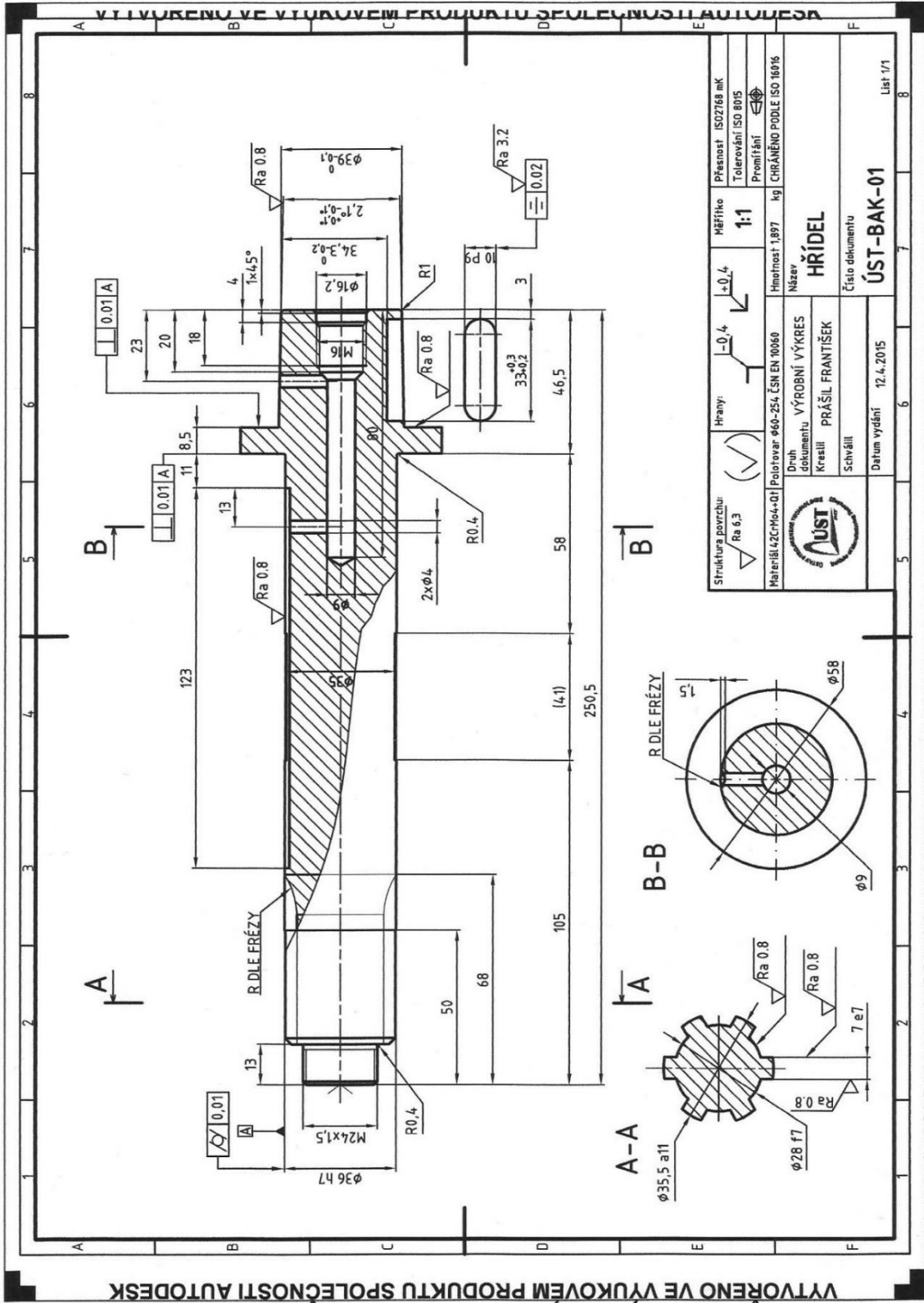
D	[mm]	Průměr obráběné plochy hřídele
E_c	[kWh]	Energie
f	[mm]	Posuv na otáčku
f_{min}	[mm]	Minimální posuv na otáčku
f_{max}	[mm]	Maximální posuv na otáčku
L	[mm]	Dráha nástroje ve směru posuvové rychlosti
L	[mm]	Dráha nástroje ve směru posuvové rychlosti
l_n	[mm]	Délka náběhu
l_p	[mm]	Délka přeběhu
N	[-]	Počet obrobků
N	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky obrobku
N_{energie}	[Kč]	Náklady na energii
P	[mm]	Přídavek na průměr hřídele
P_c	[watt][$\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$]	Celkový výkon stroje
Q_p	[kg]	Hmotnost polotovaru
r_e	[mm]	Poloměr špičky
t_{as}	[min]	Jednotkový strojní čas
t_{celk}	[min]	Celkový strojní čas
$t_{dávky}$	[min]	Strojní čas dvaceti kusů
$t_{výr}$	[min]	Strojní čas výroby
v_c	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$	Řezná rychlost
V_p	$[\text{mm}^3]$	Objem polotovaru
P	$[\text{kg} \cdot \text{mm}^3]$	Hustota materiálu

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres součásti
- Příloha 2 Přehled vlastností oceli 42CrMo4
- Příloha 3 Technická data GILDEMEISTER CTX 10
- Příloha 4 Tabulka pro volbu Řezných podmínek – PRAMET
- Příloha 5 Operační návodka, operace 10/10
- Příloha 6 Operační návodka, operace 20/20
- Příloha 7 Demontáž šnekového převodu

PŘÍLOHA 1

Výkres součásti



Struktura povrchu Ra 0.3	(✓)	Hraný: ± 0.4	Měřítko 1:1	Přesnost ISO 2768 mK
Materiál: 42CrMo4-01	✓		Hmotnost: 1,997 kg	Tolerování ISO 8015
Druh dokumentu Kreslil	✓		Název HRÍDEL	Průmítání
Popis Schválil	✓		Číslo dokumentu ÚST-BAK-01	CHMÁŘENO PODLE ISO 8016
Datum vydání	12.4.2015			
				List 1/1

PŘÍLOHA 2

Přehled vlastností oceli 42CrMo4

Přehled vlastností oceli 42CrMo4 (42CrMoS4)										1.7225 (1.7227)																		
Druh oceli	Nizkolegovaná ušlechtilá chrom - molybdenová ocel k zušlechťování																											
TDP	ČSN EN 10083-3: 2007																											
Dřívější označení	42CrMo4 (42CrMoS4) podle ČSN EN 10083-1: 1991+A1: 1996; 42CrMo4 (42CrMoS4) podle DIN 17200, 15 142 podle ČSN																											
Použití	Ocel s vyšší prokalitelností pro výše namáhané strojní díly. Po zakalení dosahuje tvrdosti přibližně 58 HRC. Do průměru 100 mm lze po zušlechťení docílit pevnosti nad 1000 MPa při ještě dostatečné houževnatosti. Není náchylná k popouštění křehkosti. Kalí se do méně razantního kalicího prostředí, poněvadž je náchylná ke vzniku kalicích trhlin v místech s vrubovým účinkem nebo povrchových vad. V kaleném stavu dobře odolává opotřebení. Patří k nejčastěji používané oceli k zušlechťování.																											
Chemické složení v hmot. % (rozbor tavby)	C	Si max.	Mn	P max.	S max. ¹⁾	Cr	Mo	Ni	V																			
	0,38 – 0,45	max. 0,40	0,60 – 0,90	max. 0,025	max. 0,035	0,90 – 1,20	0,15 – 0,30	-	-																			
Složení hotového výrobku ²⁾	0,36 – 0,47	max. 0,43	0,56 – 0,94	max. 0,030	max. 0,040	0,85 – 1,25	0,12 – 0,33	-	-																			
Mechanické vlastnosti v zušlechťeném stavu. ³⁾	Průměr mm		R _e min. MPa	R _m MPa		A min. %		Z min. %		KV min. J																		
	d ≤ 16		900	1100 - 1300		10		40		-																		
	16 < d ≤ 40		750	1000 - 1200		11		45		35																		
	40 < d ≤ 100		650	900 - 1100		12		50		35																		
	100 < d ≤ 160		550	800 - 950		13		50		35																		
160 < d ≤ 250		500	750 - 900		14		55		35																			
Maximální hodnoty tvrdosti pro stav :	Zpracováno na stříhatelnost			Žiháno na měkko				Povrchově kaleno (tvrdost povrchu)																				
	HB max. 255			HB max. 241				HRC min. 53																				
Prokalitelnost ⁴⁾	Vzdálenost od plochy kaleného čela zkušebního tělesa v mm																											
	Tvrdost v HRC																											
	⁵⁾ Mez													1,5	3	5	7	9	11	13	15	20	25	30	35	40	45	50
	+H	max.											61	61	61	60	60	59	59	58	56	53	51	48	47	46	45	
		min.											53	53	52	51	49	43	40	37	34	32	31	30	30	29	29	
	+HH	max.											61	61	61	60	60	59	59	58	56	53	51	48	47	46	45	
		min.											56	56	55	54	52	48	46	44	41	39	38	36	36	35	34	
	+HL	max.											58	58	58	57	56	54	53	51	49	46	44	42	41	40	40	
		min.											53	53	52	51	49	43	40	37	34	32	31	30	30	29	29	

Popouštěcí křivka (referenční vzorek průměr 30 mm)

Y-axis: MPa (400 to 2200). X-axis: Teplota popouštění (100 to 700 °C). Legend: Rm (black line), Rp0,2 (red line).

Křivky prokalitelnosti

Y-axis: Tvrdost v HRC (10 to 70). X-axis: Vzdálenost od kaleného čela (1,5 to 50 mm). Legend: H max HH max (black), H min HL min (red), HH min (yellow), HL max (blue).

Technologické vlastnosti						
Tváření za tepla	Doporučené rozmezí teplot pro tváření za tepla : 1100 až 850 °C					
Teplné zpracování	Normalizační žihání °C	Žihání na měkko °C	Isotermické žihání °C	Teplota kalení °C	Kalicí prostředí	Zkouška kalením čela °C
	850 až 880	680 až 720	800 až 900 670 - 3 hod.	820 až 860	olej nebo voda	540 až 680 850 ± 5
Obrobitelnost	Uvedené podmínky jsou doporučeny s výjimkou zkoušky kalení čela (zkouška prokal.). Jako kalicí prostředí se s ohledem na náchylnost ke kalicím trhlinám doporučují syntetické polymery a olej. K docílení rovnoměrných hodnot po zušlechťení u větších průměrů (zejména kovaných) přispívá normalizační žihání před zušlechťením. Body přeměny : Ac ₁ = 745°C, Ac ₃ = 790°C, Ms = 300°C					
Stříhatelnost	Obrábí se ve stavu žíhaném na měkko. Při nižších pevnostech lze obrábět i ve stavu zušlechťeném. Zlepšenou obrobitelnost vykazuje ocel 42CrMoS4 se zvýšeným obsahem S. Díly, které se zušlechťují na vyšší pevnost se nejprve předhrubují ve stavu žíhaném a dokončí po zušlechťení. Pro docílení tvrdosti vhodné pro stříhání se ocel žihá nebo řízeně vychlazuje.					

¹⁾ obsah síry u oceli 42CrMoS4 je 0,020 až 0,040 % s dovolenou odchylkou v hotovém výrobku ± 0,005 %.

²⁾ u jedné tavby smí být překročena horní nebo spodní hranice rozmezí, ale nikoliv obě současně.

³⁾ uvedené hodnoty musí být dosažitelné po odpovídajícím tepelném zpracování (zušlechťení) též u oceli dodávané ve stavu po válcování nebo ve stavu měkce žíhaném. Prokazují se na referenčním vzorku odpovídajícího průměru. Zkušební tělesa pro stanovení mechanických hodnot musí být odebrána v souladu s předpisem normy TDP.
R_e – mez kluzu, R_m – pevnost v tahu, A – tažnost (počáteční délka L₀ = 5,65√S₀), Z – kontrakce, KV – nárazová práce, zkušební těleso ISO s V-vrubem (průměr ze tří naměřených hodnot, z nichž žádná nesmí být menší než 70% minimální střední hodnoty).

⁴⁾ pro ocel objednanou bez požadavků na prokalitelnost jsou hodnoty prokalitelnosti pouze informativní.

⁵⁾ +H – normální hodnoty pro celý pás prokalitelnosti, +HH – zúžený pás prokalitelnosti směrem k horní hranici, +HL – zúžený pás prokalitelnosti směrem ke spodní hranici.

PŘÍLOHA 3

Technická data GILDEMEISTER CTX 10

Technical Data for CTX 10 series

Machine type		CTX 210	CTX 310
Work area			
Swing diameter, max.	mm	380	505
Swing diameter above cross guideway	mm	290	375
Cross travel (X)	mm	151.5	213 / 140 ⁽²⁾
Vertical travel (Y)	mm	–	± 40
Longitudinal travel (Z)	mm	339	450
Main spindle		integr. spindle drive	integr. spindle drive
Spindle head (flat flange)	mm	120h5	140h5
Bar capacity	mm	45	51 / 65 ⁽¹⁾
Spindle diameter in the front bearing	mm	90	100
Chuck ⁽¹⁾	mm	140 / 165	170 / 210
Drive power (40 / 100% DC)	kW (AC)	10 / 7.5	16 / 12
Max. torque (40 / 100% DC)	Nm	79 / 72	153 / 115
Rotational speed range	rpm	20 – 6,000	25 – 6,000
Counter spindle⁽¹⁾		–	integr. spindle drive
Spindle head (flat flange)	mm	–	140h5
Spindle bore	mm	–	44
Spindle diameter in the front bearing	mm	–	90
Chuck ⁽¹⁾	mm	–	170
Drive power (40 / 100% DC)	kW (AC)	–	16.2 / 12.6
Max. torque (40 / 100%)	Nm	–	62 / 48
Rotational speed range	rpm	–	31 – 6,000
Feed drive AC			
Rapid traverse X / Y / Z	m/min	20 ⁽³⁾ / – / 30	24 / 10 / 30
Tool mount			
No. of tool stations,		12	12
of these, powered tool stations ⁽¹⁾	mm	12	12
Shaft diameter (according to DIN 69880)	mm	30	30
Drive power (40% DC)	kW	3.7 ⁽⁴⁾	9 / 6.7 ⁽⁵⁾
Max. torque (40% DC)	Nm	23.5 ⁽⁵⁾	20 / 16 ⁽⁵⁾
Max. rotational speed	rpm	4,500 / 5,000 ⁽⁵⁾	4,500 / 4,000 ⁽⁵⁾
Max. clamping diameter of the powered tools	mm	16	16
Tailstock			
Tailstock stroke (automatically traversable)	mm	370	450
Centre punch fitting	MK	3	4
Quill diameter / stroke	mm	–	–
Max. tailstock power	daN	600	400
Machine weight with chip conveyor	kg	4,000 ⁽⁶⁾	3,500 / 3,700 ⁽²⁾

Controls

DMG SlimLinePanel with 15"-TFT-Screen

Siemens 840D, Heidenhain Plus iT, Fanuc 32i

PŘÍLOHA 5

Operační návodka, operace 10/10

OPERAČNÍ NÁVODKA										
VUT-FSI-ÚST	Součást: HŘÍDEL		Stroj: TRAUB TNA 400 CNC		Číslo operace: 10/10					
	Sestava: ZETOR 25A		Podsestava: SKŘÍŇ ŘÍZENÍ		Číslo výkresu: ÚST – BAK – 01					
Úsek	i	V_c	n	D	f	a_p	l	t_{as}	t_{av}	Číslo nástroje
		[m.min ⁻¹]	[ot.min ⁻¹]	[mm]	[mm.ot ⁻¹]	[mm]	[mm]	[min]	[min]	
Zarovnat čelo	1	210	1115	60	0,3	2	30,5	0,09	-	T2
Navrtat středící důlek	2	25	2490	3,2	0,04	-	6	0,07	-	T5
Σ								0,16		
Datum: 20.5.2015				Navrhl: Prášil				Schválil:		

PŘÍLOHA 6

Operační návodka, operace 20/20

OPERAČNÍ NÁVODKA										
VUT-FSI-ÚST	Součást: HRÍDEL		Stroj: TRAUB TNA 400 CNC		Číslo operace: 20/20					
	Sestava: ZETOR 25A		Podsestava: SKŘÍŇ ŘÍZENÍ		Číslo výkresu: ÚST – BAK – 01					
Úsek	i	V_c	n	D	f	a_p	l	t_{as}	t_{av}	Číslo nástroje
		[m.min ⁻¹]	[ot.min ⁻¹]	[mm]	[mm.ot ⁻¹]	[mm]	[mm]	[min]	[min]	
Zarovnat čelo	1	195	1034	60	0,3	1	30,5	0,1	-	T1
Soustružit osazení	2	195	1379	45	0,2	3	20,5	0,22	-	T5
Σ								0,32		
Datum: 20.5.2015				Navrhl: Prášil				Schválil:		

PŘÍLOHA 7

Demontáž šnekového převodu.

