



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY HŘÍDELE S VYUŽITÍM ZAPICHOVACÍCH CYKLŮ CNC SOUSTRUHU.

SOLUTION TECHNOLOGY OF PRODUCTION PART WITH CNC MACHINE.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VÍT SZLAUR

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. MILAN KALIVODA

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2009/10

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Szlaur Vít

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:

Návrh technologie výroby hřídele s využitím zapichovacích cyklů CNC soustruhu.

v anglickém jazyce:

Solution technology of production part with CNC machine.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Řešení dané technologie včetně porovnání se standardním způsobem odběru třísek z polotovaru. Minimalizování počtu nástrojů.

Cíle bakalářské práce:

Vymezení podmínek pro srovnatelnost metod v závislosti na definovaném procesu (polotovar, stroj, nástroje) v kusové a malosériové výrobě.

Seznam odborné literatury:

1. CIHLÁŘOVÁ, P., HILL, M. and PÍŠKA, M. Fundamentals of CNC Machining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
2. KOČMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
5. HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

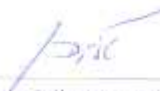
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 19.11.2009

L.S.




prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu


doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce je tvořena souhrnem teoretických a výpočtových poznatků pro zpracování návrhu výroby hřídele. Práce obsahuje kompletní návrh výroby, jak pro sériovou výrobu tak pro kusovou výrobu, včetně ekonomického zhodnocení obou variant a celkového porovnání obou variant.

Klíčová slova

Obrábění, soustružení, technologie výroby, břitová destička, strojní čas, řídicí systém.

ABSTRACT

This essay is totalled by summary of theoretical and computational knowledge for processing the design of shaft production. Essay provides entire design of production both for serial and unit production, including economic evaluation of both options and the total comparison of serial and supplementary production.

Key words

Cutting operation, turning, production technology, cutting tip, machine time, control system.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SZLAUR, Vít. *Návrh technologie výroby hřídele s využitím zapichovacích cyklů CNC soustruhu: Bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. s 36., příloh 9. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh technologie výroby hřídele s využitím zapichovacích cyklů CNC soustruhu vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 25.5 2010

.....
Vít Szlaur

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

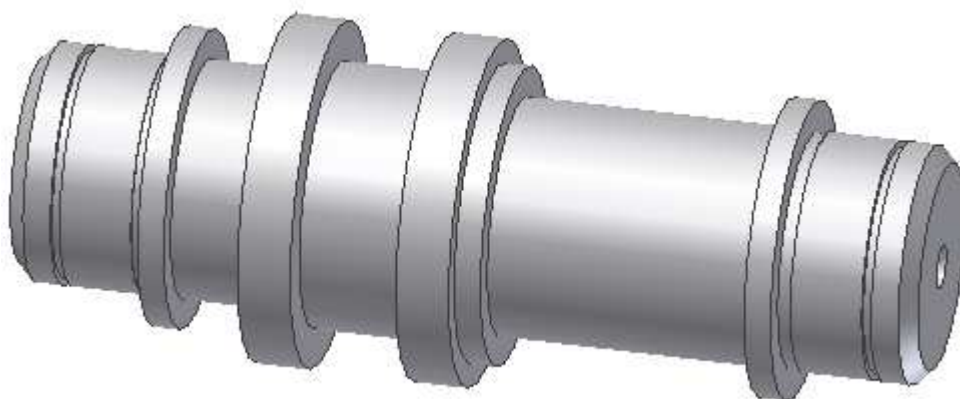
Abstrakt	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah	7
Úvod	8
1 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI	9
1.1 Výkres součásti	9
1.2 Polotovar	9
1.3 Použité technologie výroby pro danou součást	9
1.4 Výrobní stroje.....	9
2 POUŽITÉ NÁSTROJE PRO CNC OBRÁBĚNÍ.....	10
3 TECHNOLOGICKÝ POSTUP PRO SÉRIOVOU VÝROBU.....	11
4 POPIS ŘÍDICÍHO SYSTÉMU SINUMERIK 810 D A JEHO CYKLŮ	14
4.1 Výroba tvarových ploch pomocí cyklů	14
4.1.1 Zapichovací cyklus - CYCLE93	14
4.1.2 Odlehčovací zápichy - CYCLE94	16
5 SROVNÁNÍ VÝROBNÍHO POSTUPU U ZAPICHOVÁNÍ NA CNC SOUSTRUHU A NA UNIVERZÁLNÍM SOUSTRUHU.	17
5.1 Výroba zápichů na CNC soustruhu.....	17
5.1.1 Návodka pro zapichování na CNC soustruhu	18
5.1.2 Výpočet výrobních časů	19
5.2 Výroba zápichů na univerzálním soustruhu.....	20
5.2.1 Popis pracovního postupu výroby zápichů	21
5.2.2 Použité nástroje u obrábění zápichů na univerzálním soustruhu.....	22
5.2.3 Návodka pro zapichování na univerzálním soustruhu	23
5.3 Shrnutí poznatků z této kapitoly	23
6 PROPOČTY PRO SÉRIOVOU A DOPLŇKOVOU VÝROBU.	24
6.1 Využití materiálu.....	24
6.2 spotřeba materiálu na rok.....	26
6.3 cena materiálu na rok.....	26
6.4 Výpočet kusového času	27
6.5 Nářadí	27
6.6 Výpočet strojů a energie	29
6.7 Výpočet mzdy pro obsluhu stroje	31
6.8 Srovnání sériové a doplňkové výroby.....	31
Závěr	33
Seznam použitých zdrojů	34
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	35
Seznam příloh	36

ÚVOD

Vývoj v oblasti výrobních strojů ve strojírenství je v současnosti z velké části dán využitím výpočetní techniky. Řízení a automatizace strojů při použití PC a příslušných softwarů zvyšuje zásadním způsobem jejich technickou hodnotu tím, že provádí rychle, přesně a spolehlivě opakované činnosti, nahrazuje ruční práci člověka, tedy zvyšuje produktivitu práce.

Klasické obráběcí stroje se postupně z dílen vytrácejí, uplatnění najdou výhledově pouze v opravárenství. Tím vznikají i nové požadavky na kvalifikaci nebo rekvalifikaci pracovníků. Je požadována znalost obsluhy moderních obráběcích strojů, kde je nutné používat výpočetní techniku pro řízení CNC obráběcího stroje. Nelze však zapomínat ani na znalosti technologické. U obráběčů je to zejména správná strategie obrábění, volba nástrojů a volba řezných podmínek. Bez těchto znalostí je nemožné dosáhnout požadovaných výsledků.

V předložené práci je řešeno srovnání výrobního postupu hřídele (viz obr. 1) na CNC soustruhu pro sériovou výrobu a na univerzálním soustruhu pro doplňkovou výrobu. Protože je předložená práce zaměřena na využití zapichovacích cyklů, je řešeno srovnání výrobního postupu v hlavních výhodách a úsporách, které tyto cykly přinesly.



Obr. 1 Model součásti - hřídel

1 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI

Návrhy, které jsou obsaženy v této kapitole jsou stejné jak pro sériovou výrobu tak pro doplňkovou výrobu, s výjimkou podkapitoly 1. 4. V této podkapitole bude rozdíl pouze v použití soustruhů. Pro sériovou výrobu se použije CNC soustruh SF 55 CNC a pro doplňkovou výrobu bude použit univerzální soustruh INTURN 400.

1.1 Výkres součásti

Při posouzení technologičnosti součásti se na výkrese nevyskytly žádné chybějící kóty (výkres součásti je zobrazen v příloze číslo 1), na průměrech 45 k6 budou nasazeny ložiska 6009 ČSN 02 4630, které budou uchycené pomocí pojistných kroužků 45 ČSN 02 2930.

1.2 Polotovar

Součást bude vyráběna z výchozího tyčového polotovaru o průměru 70 mm a délce 3 m. Materiál je volen 12020 dle ČSN. Konstrukční ocel k chemicko-tepelnému zpracování, cementování. Ocel se střední pevností v jádře po kalení. Na méně namáhané strojní součásti silničních motorových vozidel určené k cementování se střední pevností v jádře po kalení. Například méně namáhaná ozubená kola, vačkové hřídele, řetězová kola, vodítka apod.

1.3 Použité technologie výroby pro danou součást

Třískové:

- dělení materiálu (řezání),
- soustružení,
- broušení.

Tepelné:

- cementování,
- kalení.

Režijní (nevýrobní):

- kontrola,
- pračka,
- konzervace.

Obsah práce je převážně zaměřen na soustružnické operace, ostatní operace budou v práci zmíněny jen okrajově.

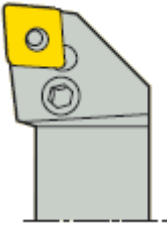
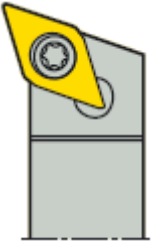
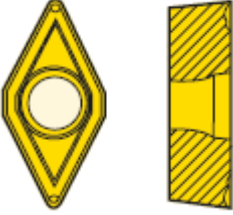
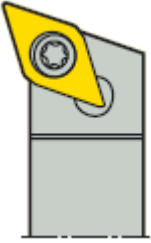
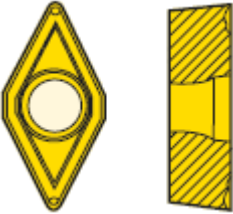
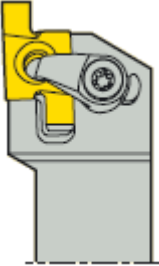
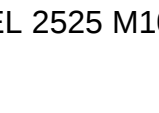
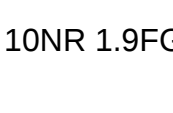
1.4 Výrobní stroje

Stroje použité v této práci jsou zobrazeny i se svými technickými parametry v návodkách číslo 5, 6, 7, 8, 9.

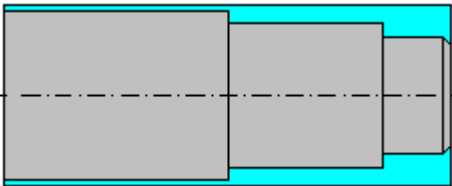
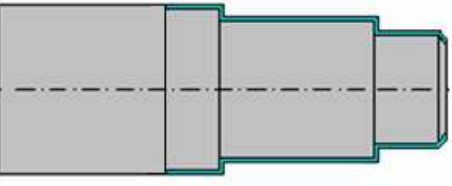
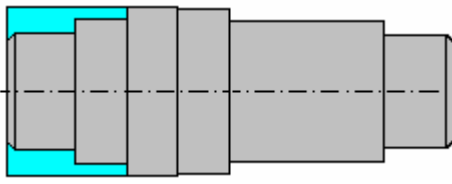
2 POUŽITÉ NÁSTROJE PRO CNC OBRÁBĚNÍ

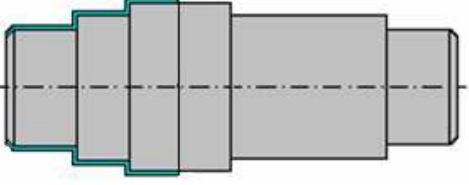
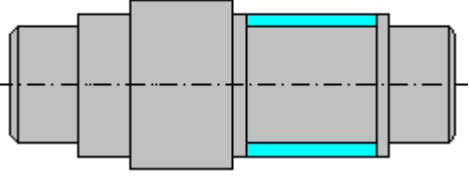
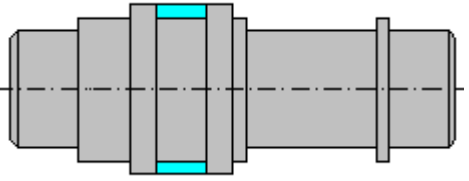
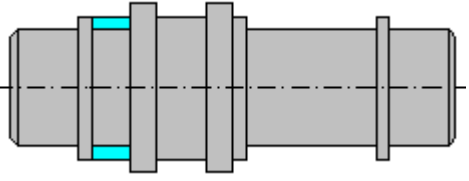
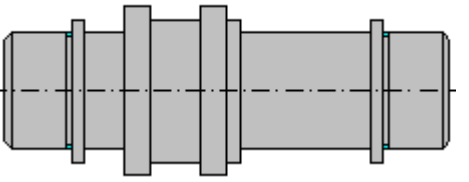
Všechny nástroje jsou vybrány od firmy Seco. Švédská společnost Seco Tools AB je předním světovým výrobcem v oblasti vývoje a výroby řezných nástrojů pro obrábění kovů. V tab. 2. 1 je zobrazeno jen pravostranné provedení soustružnických nožů.

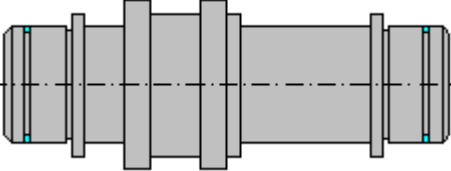
Tab. 2. 1 Použité nástroje u CNC obrábění

Druh operace	Držák	Vyměnitelná břitová destička
Hrubování vnějšího průměru	PCLNR/L 2525 M12 	CNMG 120404-M5 
Dokončování vnějšího průměru	SDHCR/L 2525 M11 	DCMT 11302-F2 
Soustružení zápichů F 2.5 x 0.3	SDHCR/L 2525 M11 	DCMT 11302-F2 
Soustružení zápichů	CER/L 2525 M26Q 	26ER/NR 10.0FG 
Soustružení zápichů 1.75	CEL 2525 M10D 	10NR 1.9FG 

3 TECHNOLOGICKÝ POSTUP PRO SÉRIOVOU VÝROBU

Čís. oper.	Pracoviště	Popis práce:	Nástroj, měřidlo
	Tř. č.		
01.01	Pásová pila ARG 300 STANDART 05961	Řezat tyč ϕ 70 na délku $l = 175-0,3\text{mm}$	Posuvné měřítko 200 ČSN 25 1238
02.02	Soustruh : SF 55 CNC 34422	Zarovnat čela na $l = 172\text{ mm}$;navrtat středící důlky 	<i>nástroj</i> : hrubovací nůž <i>držák</i> : PCLNR/L M12 <i>destička</i> :CNMG 120404-M5 Posuvné měřítko 200 ČSN 25 1238
03.03	Soustruh : SF 55 CNC 34422	Upnout mezi hroty a hrubovat na ϕ 66 do délky 172; ϕ 56 do délky $l = 85,5\text{ mm}$; ϕ 46,5 do délky $l = 25,5\text{ mm}$ a srazit hranu $3,75 \times 45^\circ$ 	<i>nástroj</i> : hrubovací nůž <i>držák</i> : PCLNL M12 <i>destička</i> :CNMG 120404-M5 Posuvné měřítko 200 ČSN 25 1238
	Soustruh : SF 55 CNC 34422	Dokončit hranu $3,25 \times 45^\circ$; ϕ 45,5-0,15 do délky $l = 26\text{ mm}$; čelo ϕ 55,5/ ϕ 45,5; ϕ 55 do délky $l = 86\text{ mm}$; čelo ϕ 65,5/ ϕ 55; ϕ 65 do délky $l = 20\text{ mm}$ 	<i>nástroj</i> : hladící nůž <i>držák</i> : SDHCL M11 <i>destička</i> : DCMT 11302 F2 Posuvné měřítko 200 ČSN 25 1238
	Soustruh : SF 55 CNC 34422	Hrubovat na ϕ 56 do délky $l = 45,5\text{ mm}$; ϕ 46,5 do délky $l = 25,5\text{ mm}$ a srazit hranu $3,75 \times 45^\circ$ 	<i>nástroj</i> : hrubovací nůž <i>držák</i> : PCLNR M12 <i>destička</i> :CNMG 120404-M5 Posuvné měřítko 200 ČSN 25 1238

Soustruh : SF 55 CNC 34422	Dokončit hranu 3,25 x 45°; ϕ 45,5-0,15 do délky $l = 26$ mm; čelo ϕ 55,5/ ϕ 45,5; ϕ 55 do délky $l = 46$ mm; čelo ϕ 65,5/ ϕ 55; ϕ 65 do délky $l = 20$ mm 	<i>nástroj</i> : hladící nůž <i>držák</i> : SDHCR M11 <i>destička</i> : DCMT 11302 F2 Posuvné měřítko 200 ČSN 25 1238
Soustruh : SF 55 CNC 34422	Zapichovat na ϕ 45 v šířce 50 	<i>nástroj</i> : zapichovací nůž <i>držák</i> : CEL2525M26Q <i>destička</i> : 26NR 10.0FG Posuvné měřítko 200 ČSN 25 1238
Soustruh : SF 55 CNC 34422	Zapichovat na ϕ 50 v šířce 20 	<i>nástroj</i> : zapichovací nůž <i>držák</i> : CEL2525M26Q <i>destička</i> : 26NR 10.0FG Posuvné měřítko 200 ČSN 25 1238
Soustruh : SF 55 CNC 34422	Zapichovat ϕ 45 v šířce 15 	<i>nástroj</i> : zapichovací nůž <i>držák</i> : CER2525M26Q <i>destička</i> : 26ER 10.0FG Posuvné měřítko 200 ČSN 25 1238
Soustruh : SF 55 CNC 34422	Zápich F 2,5 x 0,3 pro ϕ 45 k6 u čela ϕ 55/ ϕ 45,4 	<i>nástroj</i> : hladící nůž <i>držák</i> : SDHCR/L M11 <i>destička</i> : DCMT 11302 F2 Posuvné měřítko 200 ČSN 25 1238

	Soustruh : SF 55 CNC 34422	Zápich 1,75 H13 na délce 10 na $\phi 42,5h12$ 	<i>nástroj</i> : zapichovací nůž <i>držák</i> : CERL2525M10D <i>destička</i> : 10ER/NR 1.9FG Posuvné měřítko 200 ČSN 25 1238
04.04	Pračka 16361	Očistit a odmastit	
05.05	OTK 09863	Kontrolovat 2 x $\phi 45,5-0,15$ Četnost 30%	Posuvné měřítko 200 ČSN 25 1238
06.06	Cementační pec 11725	Cementovat plochy $\phi 45,5-0,15$ do hloubky 0,5 -0,7 mm ,ostatní plochy chránit (pastou)	
07.07	Kalící pec 51711	Kalit na 60^{-3} HRC	
08.08	Ruční dílna 9614	Očistit po tepelném zpracování	
09.09	Pračka 16361	Očistit a odmastit	
10.10	Bruska BUA 25 B Practic 05511	Upnout mezi hroty a brousit 2x $\phi 45$ k6 na délce 26 mm.	Třmenový kalibr 45 k6
11.11	Pračka 16361	Očistit a odmastit	
12.12	OTK 09863	Kontrolovat 2 x $\phi 45$ k6 Četnost 100%	Třmenový kalibr 45 k6
13.13	Expedice 09626	Konzervovat,zabalit do voskovaného papíru a uložit do palet	

4 POPIS ŘÍDICÍHO SYSTÉMU SINUMERIK 810 D A JEHO CYKLŮ

Plně digitální CNC řídicí systém je konstruován pro vysokou produktivitu. Je určen pro řízení obrábění tvarově jednoduchých i složitých dílů v sériové i malosériové výrobě. (7)

4.1 Výroba tvarových ploch pomocí cyklů

Při obrábění je mnoho pohybů předem určeno zvolenou technologií. Například upichování předpokládá posuv nástroje pouze přímočarý vratný. Programování výroby závitů i mnoho dalších ploch je tak možno zjednodušit. Definujeme koncový bod pohybu nebo konečný tvar obrobku a způsob, jakým má obrábění probíhat. Dodatečné úpravy programovaných rezných podmínek (např. šířka záběru) jsou velice snadné. Výrazné zkrácení programu a zrychlení programování je rovněž výhodné. (7)

Tab. 4. 1 Soustružnické cykly (7)

Název	Význam
CYCLE 93	Zapichovací cyklus
CYCLE 94	Odlehčovací zápich tvaru E a F podle DIN
CYCLE 95	Odběr třísky
CYCLE 96	Odlehčovací zápich tvaru A,B,C a D podle DIN
CYCLE 97	Řezání závitů
CYCLE 98	Řetězení závitů

4.1.1 Zapichovací cyklus - CYCLE93

Programování některých zápichů nenormalizovaných tvarů je možno zjednodušit využitím cyklu. Zapichovací cyklus CYCLE93 umožňuje výrobu zápichů na vnitřních i vnějších válcových nebo kuželových plochách. Definováním parametrů je možno zhotovit symetrické i nesymetrické zápichy podélným nebo příčným soustružením.

Sled operací při zapichování je určen automaticky podle tvaru zápichu a rozměrů nástroje. Před spuštěním cyklu je však nutno aktivovat "dvoubřítý" nástroj. Šířka odebírané třísky je rozdělena rovnoměrně a obrábění probíhá směrem ke dnu zápichu. Každý záběr je rozdělen na úseky podle definované velikosti přísuvu. Po vykonání jednoho přísuvu následuje pohyb zpět o 1mm. Dojde k oddělení třísky (zlomení) a nástroj opět pokračuje do řezu.

Pohyb nástroje do řezu je realizován pracovním posuvem. Rychlost zpětného pohybu je určena nastavenou hodnotou (proměnnou) stroje. Pokud jsou stěny definovaného zápichu výrazně zkoseny, probíhá obrábění boků na více záběrů. Dno zápichu je nakonec dokončováno pohybem nástroje směrem od okraje ke středu zápichu.

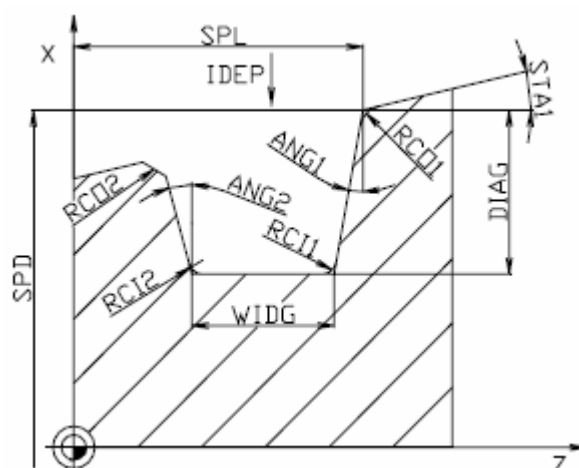
Před provedením cyklu se aktivuje automatická kontrola tvaru kontury. Jsou-li nastavené nesprávné nebo nesmyslné parametry, např. příliš velké sražení na dně zápichu, je provádění cyklu zastaveno s vypsáním alarmu. (7)

Obecný zápis bloku:

CYCLE93 (SPD, SPL, WIDG, DIAG, STA1, ANG1, ANG2, RCO1, RCO2, RCI1, RCI2, FAL1, FAL2, IDEP, DTB, VARI)

Tab. 4. 2 Vysvětlení instrukcí zapichovacího cyklu (7)

Název	Význam
SPD	Počáteční bod v ose X (zadávat bez znaménka)
SPL	Počáteční bod v ose Z
WIDG	Šířka zápichu (zadávat bez znaménka)
DIAG	Hloubka zápichu (zadávat bez znaménka)
STA 1	Uhel mezi konturou a podélnou osou
ANG 1	Vrcholový uhel 1: Na straně zápichu, která je určena počátečním bodem (zadávat bez znaménka)
ANG 2	Vrcholový uhel 2: na druhé straně (zadávat bez znaménka)
RCO 1	Zaoblení (+) / sražení (-) 1, vnější: Na straně určené počátečním bodem
RCO 2	Zaoblení (+) / sražení (-) 2, vnější
RCI 1	Zaoblení (+) / sražení (-) 1, vnitřní: na straně počátečního bodu
RCI 2	Zaoblení (+) / sražení (-) 2, vnitřní
FAL 1	Přídavek na dokončení na dně zápichu
FAL 2	Přídavek na dokončení na bocích
IDEP	Velikost přísuvu (zadávat bez znaménka)
DTB	Časová prodleva na dně zápichu
VARI	Způsob opracování 1 ÷ 8 : CHF – sražení konturového rohu (délka sražení), 11 ÷ 18 : CHR - sražení konturového rohu (délka sražení ve směru pohybu)



Obr. 4. 1 Grafické znázornění instrukcí zapichovacího cyklu (7)

4.1.2 Odlehčovací zápichy - CYCLE94

Odlehčovací zápichy mají normou přesně definované rozměry. Cyklus umožňuje výrobu odlehčovacích zápichů tvaru E a F podle normy DIN509. Při programování se definuje pouze pozice zápichu na válcové ploše součásti o min. $\phi 3$ mm a označení tvaru zápichu. Počáteční bod je volen automaticky 2 mm od konečného průměru a 10 mm od konečného rozměru v podélné ose. Do tohoto bodu je nástroj přemísťován rychloposuvem, a proto je nutno volit předcházející bod tak, aby nedošlo ke kolizi.

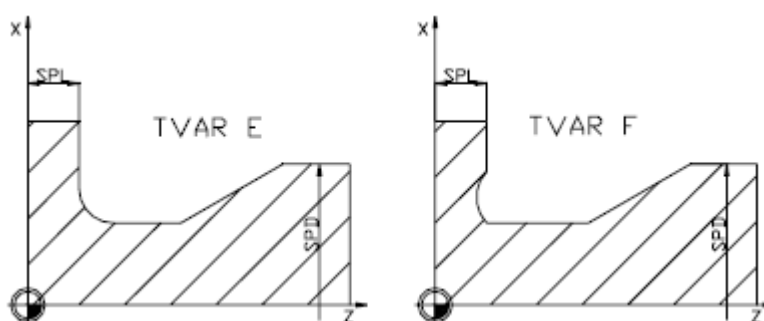
Automatickým kontrolováním tvaru kontury s tvarem nástroje jsou hlídány kolizní stavy a pokud nástroj neumožňuje obrobení požadovaného tvaru zápichu, je cyklus přerušen a následuje výpis alarmu (hlášení o chybě). (7)

Obecný zápis bloku:

CYCLE94 (SPD, SPL, FORM)

Tab. 4.3 Vysvětlení instrukcí cyklu - Odlehčovací zápichy (7)

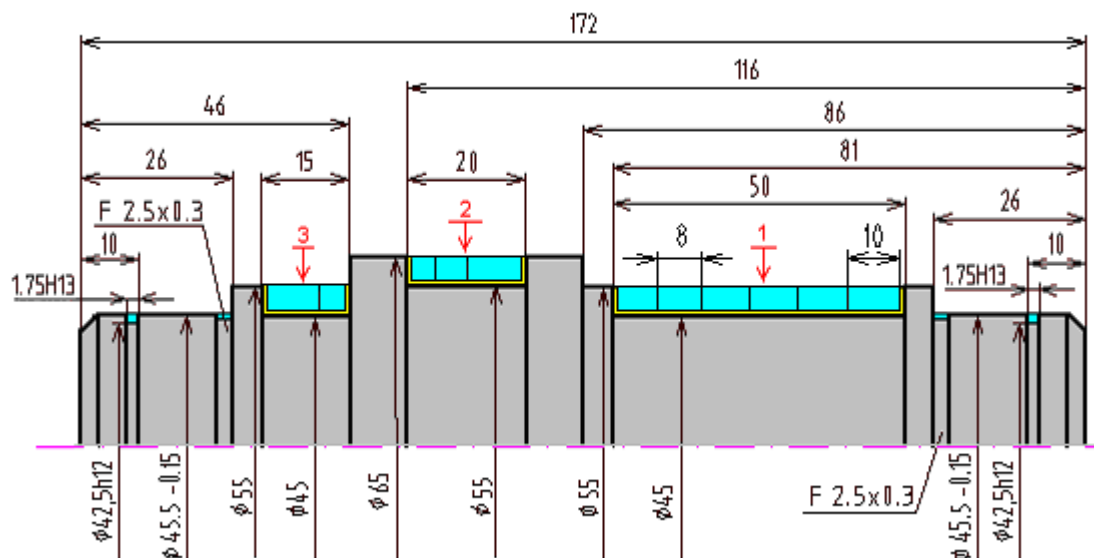
Název	Význam
SPD	Počáteční bod v lící ose (zadávat bez znaménka)
SPL	Počáteční bod kontury v podélné ose (zadávat bez znaménka)
FORM	Definice tvaru zápichu (E nebo F)



Obr. 4. 2 Grafické znázornění instrukcí cyklu – Odlehčovací zápichy (7)

Zapichovací cyklus - CYCLE93

5.1.1 Návodka pro zapichování na CNC soustruhu



Obr. 5. 3 Obrábění zápichů na CNC stroji

Tab. 5. 1 Teoretické hodnoty pro obrábění zápichů

	Operace	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	D [mm]	f [mm]	l [mm]	i	t_{AS} [min]
1	Zapichování 1	120	694	55	0,2	4,8	6	0,20
2	Zapichování 2	120	587	65	0,2	4,8	3	0,12
3	Zapichování 3	120	694	55	0,2	4,8	2	0,07
4	Dokončování 1	120	694	55	0,2	60	1	0,43
5	Dokončování 2	120	587	65	0,2	30	1	0,25
6	Dokončování 3	120	694	55	0,2	25	1	0,18
7	Zapichování F 2,5x0,3	375	2629	45.4	0,2	2,5	2	0,01
8	Zapichování 1.75	120	841	45.4	0,1	1,5	2	0,03

t_{AS} - Celkový strojní čas pro zapichování na CNC soustruhu je 1.29 min.

5.1.2 Výpočet výrobních časů

Strojní čas pro tuto návodku je řešen náhradním teoretickým výpočtem a jeho přesnou hodnotu je třeba určit simulací nebo přímo v pracovním procesu.

Strojní čas t_{AS} [min]:

$$t_{AS} = \frac{(L \cdot i)}{n \cdot f} \quad (5.1)$$

kde: notáčky obrobku [min-1]

Ldélka obráběné plochy [mm]

fposuv [mm]

ipočet třísek

Vzorový výpočet t_{AS} pro operaci 1(zapichování 1) pro tab. 4. 1:

- výpočet otáček,

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{10^3} \Rightarrow n = \frac{10^3 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \quad (5.2)$$

kde: v_cřezná rychlost [m x min-1]

Drozměr obráběného průměru[mm]

$$n = \frac{10^3 \cdot 120}{\pi \cdot 55} = 694 \text{ min}^{-1}$$

- výpočet t_{AS} .

$$t_{AS} = \frac{(4,8 \cdot 6)}{694 \cdot 0,2} = 0,20 \text{ min}$$

Kusový čas t_A [min]:

$$t_A = t_{AS} + t_{AV} \quad (5.3)$$

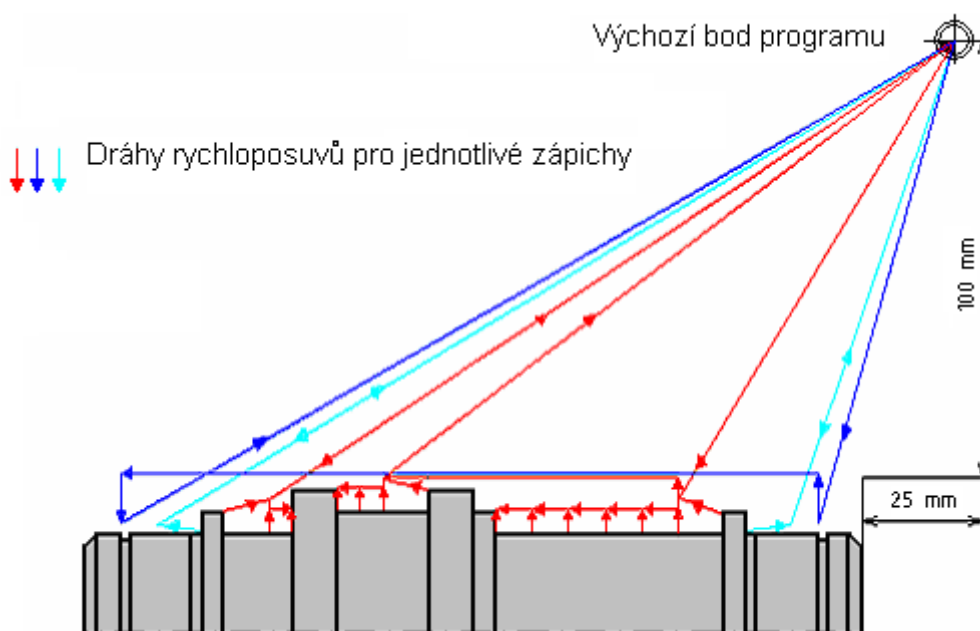
kde: t_{AV}čas vedlejší [min]

Vedlejší strojní čas pro CNC stroj je určen pomocí drah nástrojů zakreslených v obr. 4. 3, který je proveden v AutoCADu 2002, je také pouze teoretický a jeho přesnou hodnotu je třeba určit simulací nebo přímo v pracovním procesu.

$$t_A = 1,29 + 0,37 = 1,7 \text{ min}$$

Kusový čas pro zapichování na CNC soustruhu vyšel 1,7 min.

Návodky pro čelní a podélné obrábění byly vypracovány stejným způsobem jako návodka pro zapichování a jsou vypracovány v příloze číslo 2,3,4.



Obr. 5. 4 Dráhy rychloposuvů pro výpočet t_{AV}

Vedlejší strojní čas:

$$v = \frac{s}{t} \Rightarrow t = \frac{s}{v} \quad (5.4)$$

kde: vRychlost rychloposuvu (15 m x min-1)

sDráha rychloposuvu (m)

tČas (min)

Do výpočtu vedlejšího strojního času byla zahrnuta i výměna nástrojů. Čas výměny nástroje technické údaje stroje neobsahují a proto byla použita teoretická hodnota 3 sekundy. Nástroj se v průběhu zapichování vymění pětkrát. Celková dráha rychloposuvů v obr. 5. 4 vyšla 1,798 m.

$$t_{AV} = \frac{1.798}{15} + \frac{3 \cdot 5}{60} = 0,37 \text{ min}$$

5.2 Výroba zápichů na univerzálním soustruhu

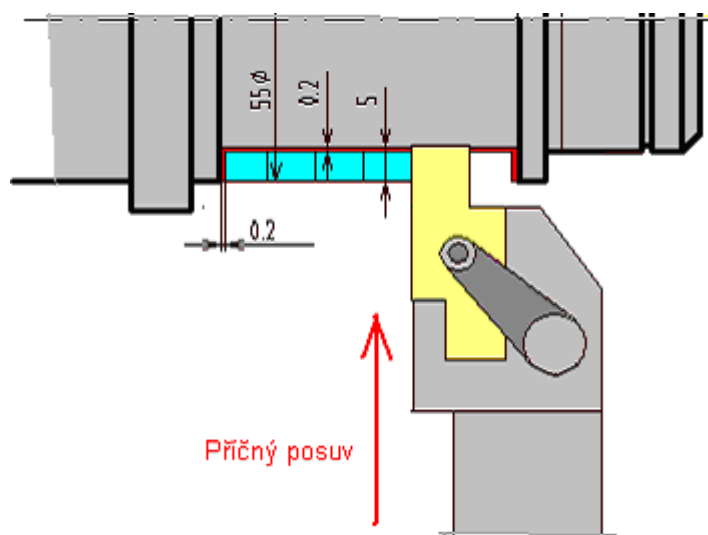
Univerzální soustruh nemá možnost použít zapichovací cykly ani žádné jiné cykly. Nelze zde naprogramovat posloupnost celého obrábění pomocí PC jako u CNC strojů. Takže člověk, který tento stroj obsluhuje musí velice složitě najíždět na souřadnice, které jsou u CNC strojů naprogramovány a vlivem rychloposuvu, kterým na tyto souřadnice CNC stroj najíždí jsou vedlejší strojní časy u CNC strojů mnohonásobně menší než u univerzálních soustruhů.

Vedlejší strojní časy u univerzálního soustruhu proto nemohou být řešeny pomocí drah nástrojů zakreslených v AutoCADu. Celkové strojní časy pro univerzální soustruh by bylo možné získat přímo ve výrobě. Vícenásobným měřením času celého procesu obrábění. Tyto hodnoty by se následně zprůmětovaly.

5.2.1 Popis pracovního postupu výroby zápichů

Při výrobě zápichů na univerzálním soustruhu nebude stačit jeden zapichovací nůž, tak jako u CNC obrábění. Pro obsluhu stroje by bylo velice složité kdyby se zápichy vyráběly stejným způsobem jako u CNC zapichovacích cyklů.

Hlavním problémem by pro obsluhu stroje bylo uhlídání příčných pohybů o malých vzdálenostech, u kterých by bylo zapotřebí dodržovat přídavek na dokončovací operaci, který by měl mít konstantní velikost přibližně 0.2 mm, což by při výrobě mohlo způsobovat potíže (možnost poškození výrobku). Tato situace je znázorněna na obr. 5. 5.

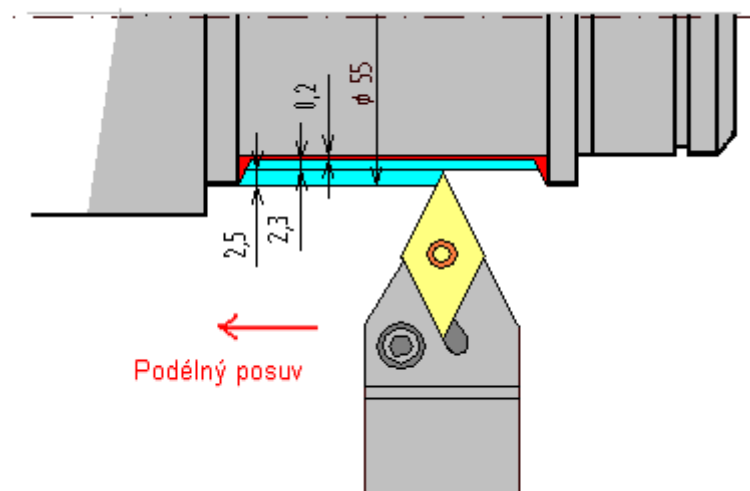


Obr. 5. 5 Poškození obrobku při výrobě zápichu příčným posuvem

Proto bude lepší použít na výrobu zápichů na univerzálním soustruhu jeden nástroj na hrubování zápichů a druhý na dokončování zápichů. Hlavní rozdíl nastane u hrubování, kde místo pohybu příčného, bude nástroj konat pohyb podélný. Tato situace je zobrazena na obr. 5. 6.

Po hrubování zůstane na dně zápichů požadovaná hodnota na dokončování. Tvar hrubovacího nože neumožňuje pravoúhlé zakončení zápichů. Přídavek materiálu, který po hrubování zůstane na dokončování je na obr. 5. 6 znázorněn červeně.

Na dokončovací operaci bude použit zapichovací nůž. Tímto nožem se nejprve obrobí strany zápichů příčným posuvem a pak dno zápichů podélným posuvem.



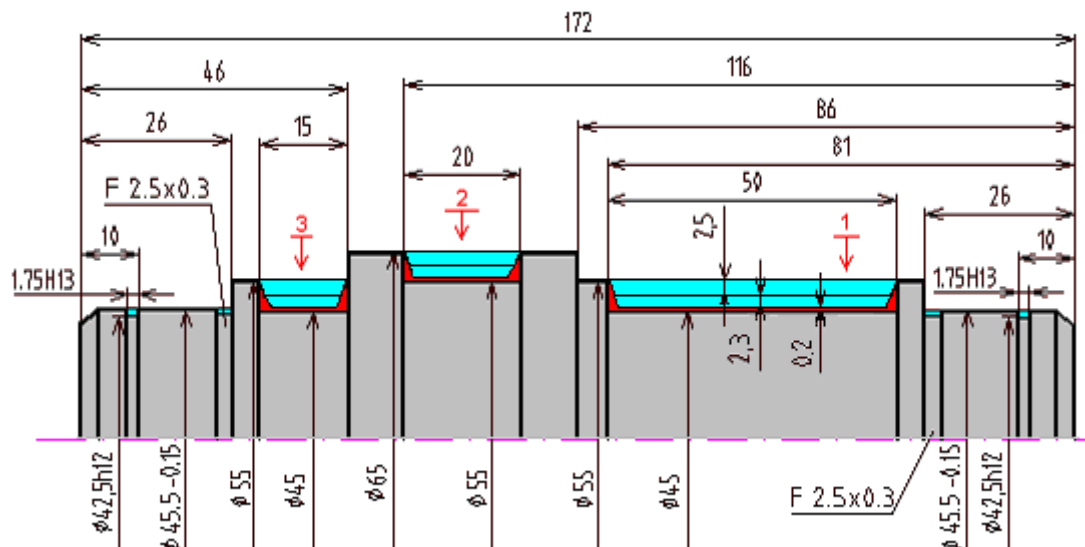
Obr. 5. 6 Hrubování zápichu podélným posuvem

5.2.2 Použité nástroje u obrábění zápichů na univerzálním soustruhu

Tab. 5. 2 Použité nástroje pro výrobu zápichů na univerzálním soustruhu

Druh operace	Držák	Vyměnitelná břitová destička
Hrubování zápichů	PDNNR 2525 M15 	DNMG 150404-M5 
Soustružení zápichů F 2.5 x 0.3	SDHCR/L 2525 M11	DCMT 11302-F2
Dokončování zápichů	CER/L 2525 M26Q	26ER/NR 10.0FG
Soustružení zápichů 1.75	CER 2525 M10D	10ER 1.9FG

5.2.3 Návodka pro zapichování na univerzálním soustruhu



Obr. 5. 7 Obrábění zápichů na univerzálním stroji

Tab. 5. 3 Teoretické režimy pro obrábění zápichů

	Operace	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	D [mm]	f [mm]	l [mm]	i	t_{AS} [min]
1	Hrubování 1	235	1360	55	0,4	50	2	0,18
2	Hrubování 2	235	1150	65	0,4	20	2	0,08
3	Hrubování 3	235	1360	55	0,4	15	2	0,05
4	Dokončování 1	120	694	55	0,2	60	1	0,43
5	Dokončování 2	120	587	65	0,2	30	1	0,25
6	Dokončování 3	120	694	55	0,2	20	1	0,15
7	Zapichování F 2,5x0.3	375	2629	45.4	0,2	2,5	2	0,01
8	Zapichování 1.75	120	841	45.4	0,1	1,5	2	0,03

t_{AS} -Strojní čas pro zapichování na univerzálním soustruhu je 1.18 min.

5.3 Shrnutí poznatků z této kapitoly

Při srovnání výroby na CNC soustruhu a na univerzálním soustruhu rozhodují z velké části vedlejší časy (doba pojezdů rychloposuvem, doba výměny nástrojů, doba výměny obrobků, jejich upínání, měření, pootočení

a jiné). U univerzálního soustruhu tyto časy mohou být až deseti násobkem vedlejších časů na CNC soustruhu, což výrazně ovlivňuje kusový čas.

Pro představu byla v Tab. 5. 4 u univerzálního soustruhu použita teoretická hodnota deseti násobku vedlejšího času, který vyšel u výroby zápichů na CNC soustruhu.

Tab. 5. 4 Teoretické režimy pro obrábění zápichů

Stroj	t_{AS} [min]	t_{AV} [min]	t_A [min]
CNC	1,29	0,37	1,66
Univerzální	1,18	3,7	4,88

6 PROPOČTY PRO SÉRIOVOU A DOPLŇKOVOU VÝROBU.

Pro sériovou výrobu byl stanoven počet kusů vyrobených za rok na 4 000 kusů za rok a pro doplňkovou na 200 kusů za rok.

Propočty využití materiálu jsou stejné jak pro sériovou tak pro doplňkovou výrobu.

6.1 Využití materiálu

Počet kusů polotovarů z jedné tyče

$$n = \frac{L_{\text{tyče}}}{L_{\text{polotovarů}}} \quad (6.1)$$

$$n = \frac{3000}{175} = 17,14 \Rightarrow 17 \text{ kusů}$$

Objem jednotlivých průměrů

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \quad (6.2)$$

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 45^2}{4} \cdot 117 = 186080,5 \text{ mm}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 55^2}{4} \cdot 35 = 83154 \text{ mm}^3$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 65^2}{4} \cdot 20 = 66366,1 \text{ mm}^3$$

Celkový objem hotové součásti

$$V_{výrobku} = V_1 + V_2 + V_3 \quad (6.3)$$

$$V_{výrobku} = 335600,6 \text{ mm}^3 = 3,356006 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Hmotnost součásti

$$m_{výrobku} = V_{výrobku} \cdot \rho \quad (6.4)$$

hustota oceli je $\rho = 7800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$$m_{výrobku} = 3,356006 \cdot 10^{-4} \cdot 7800 = 2,62 \text{ kg}$$

Objem polotovaru

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \quad (6.5)$$

$$V_{poloto \text{ var } u} = \frac{\pi}{4} 70^2 \cdot 175 = 673478,9 \text{ mm}^3 = 6,734789 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Hmotnost polotovaru (ocelová tyč $\varnothing 70$)

$$m = V_{poloto \text{ var } u} \cdot \rho \quad (6.6)$$

$$m_{poloto \text{ var } u} = 6,734789 \cdot 10^{-4} \cdot 7800 = 5,2 \text{ kg}$$

Využití materiálu

$$VM = \frac{m_{výrobku}}{m_{poloto \text{ var } u}} \cdot 100\% \quad (6.7)$$

$$VM = \frac{2,62}{5,2} \cdot 100\% = 50\%$$

Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na jednici

$$q_K = \frac{Q_K}{n} \quad (6.8)$$

$$q_K = \frac{0,75}{17} = 0,04 \text{ kg}$$

Ztráta materiálu vzniklá dělením tyče připadající na jednici

$$q_U = \frac{n_{průřře} \cdot u}{n} \quad (6.9)$$

$$q_U = \frac{17 \cdot 0,015}{17} = 0,015 \text{ kg}$$

Ztráta materiálu vzniklá obráběním přídatku

$$q_O = Q_P - Q_S \quad (6.10)$$

$$q_O = 5,2 - 2,62 = 2,58 \text{ kg}$$

Celkové ztráty materiálu

$$Z_m = q_K + q_U + q_O \quad (6.11)$$

$$Z_m = 0,04 + 0,015 + 2,58 = 2,635 \text{ kg}$$

Norma spotřeby materiálu

$$N_m = Q_S + Z_m \quad (6.12)$$

$$N_m = 2,62 + 2,6 = 5,3 \text{ kg}$$

Stupeň využití materiálu

$$k_m = \frac{Q_S}{N_m} \quad (6.13)$$

6.2 spotřeba materiálu na rok

$$Sp_{rok} = N_m \cdot N \quad (6.14)$$

Pro sériovou výrobu :

$$Sp_{rok} = 5,3 \cdot 4000 = 21200 \text{ kg}$$

Pro doplňkovou výrobu :

$$Sp_{rok} = 5,3 \cdot 200 = 1060 \text{ kg}$$

6.3 cena materiálu na rok

Cena tyče je 2500 korun za metr. Délka polotovaru je 0.0172 m. Cena jednoho polotovaru je proto 43 Kč.

$$cena_{mat.} = cena_{pol} \cdot N \quad (6.15)$$

Pro sériovou výrobu :

$$cena_{mat.} = 4000 \cdot 43 = 172000 \text{ Kč}$$

Pro doplňkovou výrobu :

$$cena_{mat.} = 200 \cdot 43 = 8600 \text{ Kč}$$

6.4 Výpočet kusového času

Technologický postup je pro doplňkovou výrobu stejný jako pro výrobu sériovou s výjimkou výroby zápichů (viz kapitola č. 4). Proto se hodnoty strojního času liší pouze u zapichování a pro vedlejší strojní časy u univerzálního soustružení platí teoretická hodnota desetinásobku vedlejších strojních časů, které vyšly pro CNC výrobu.

Celkový čas soustružení jedné součásti pro obě varianty je znázorněn v tab. 5. 1. Návodky podle kterých byl tento čas vypočítán jsou zobrazeny v přílohách číslo 2, 3 a v kapitole č. 4. Dráhy rychloposuvů pro CNC výrobu jsou znázorněny v návodce č. 4 a v kapitole č. 4.

Tab. 6. 1 Celkové výrobní časy pro operaci 03.03

Stroj	t_{AS} [min]	t_{AV} [min]	t_A [min]
CNC	2,95	0,76	3,71
Univerzální	2,84	7,6	10,44

6.5 Nářadí

Potřebný počet VBD byl stanoven z celkového potřebného času na provedení daného úkonu (hrubování, dokončování atd.) u všech kusů za rok a trvanlivosti jedné destičky. Trvanlivost břitů nástroje je 15 min.

Spotřeba vyměnitelných břitových destiček

$$Sp = \frac{t_{AS}}{\text{trvanlivost}} \quad (6.16)$$

Pro sériovou výrobu :

Hrubování (CNMG 120404-M5):

$$Sp = \frac{4000 \cdot 1,29}{8 \cdot 15} = \frac{5160}{120} = 43 \text{ ks}$$

Dokončování (DCMT 11302-F2) :

$$Sp = \frac{4000 \cdot 0,37}{2 \cdot 15} = \frac{1480}{30} = 49,3 \Rightarrow 50 \text{ ks}$$

Zapichování (26ER/NR 10.0FG):

$$(\text{pravé}) Sp = \frac{4000 \cdot 0,25}{2 \cdot 15} = \frac{1000}{30} = 33,3 \Rightarrow 34 \text{ ks}$$

$$(\text{levé}) Sp = \frac{4000 \cdot 1}{2 \cdot 15} = \frac{4000}{30} = 133,3 \Rightarrow 134 \text{ ks}$$

zápich 1.75 (10NR 1.9FG):

$$Sp = \frac{4000 \cdot 0,03}{2 \cdot 15} = \frac{120}{30} = 4 \text{ ks}$$

Pro doplňkovou výrobu :

Hrubování (CNMG 120404-M5):

$$Sp = \frac{200 \cdot 1,29}{8 \cdot 15} = \frac{258}{120} = 2,15 \Rightarrow 3 \text{ ks}$$

Dokončování (DCMT 11302-F2) :

$$Sp = \frac{200 \cdot 0,37}{2 \cdot 15} = \frac{74}{30} = 2,4 \Rightarrow 3 \text{ ks}$$

Hrubování zápichů (DNMG 150404-M5):

$$Sp = \frac{200 \cdot 0,31}{4 \cdot 15} = \frac{62}{60} = 1,03 \Rightarrow 2 \text{ ks}$$

Dokončování zápichů (26ER/NR 10.0FG):

$$(pravé) Sp = \frac{200 \cdot 0,68}{2 \cdot 15} = \frac{136}{30} = 4,5 \Rightarrow 5 \text{ ks}$$

$$(levé) Sp = \frac{200 \cdot 0,15}{2 \cdot 15} = \frac{30}{30} = 1 \text{ ks}$$

zápich 1.75 (10NR 1.9FG):

$$Sp = \frac{200 \cdot 0,03}{2 \cdot 15} = \frac{6}{30} = 0,2 \Rightarrow 1 \text{ ks}$$

Spotřeba držáků

Pro omezení prodlevy výroby při případném poškození držáku je třeba objednat náhradní držáky pro každý kus. Dále je třeba počítat s tím, že u některých operací je potřeba jak levostranného tak pravostranného držáku. Cena držáku je odhadem stanovena na 2000 Kč za kus.

Tab.6. 2 Spotřeba a cena držáků pro sériovou výrobu

Držák	Spotřeba [ks]	Cena [Kč]
PCLNR/L 2525 M12	4	8000
SDHCR/L 2525 M11	4	8000
CER/L 2525 M26Q	4	8000
CEL 2525 M10D	2	4000
CELKEM	14	28000

Tab. 6. 3 Spotřeba a cena držáků pro doplňkovou výrobu

Držák	Spotřeba [ks]	Cena [Kč]
PCLNR/L 2525 M12	4	8000
SDHCR/L 2525 M11	4	8000
CER/L 2525 M26Q	4	8000
CEL 2525 M10D	2	4000
PDNNR 2525 M15	2	4000
CELKEM	16	32000

Cena destiček

Orientační cena jedné destičky:

200 Kč/ks (hrubování a zapichování.)

300 Kč/ks (dokončování)

Tab. 6. 4 Celková cena destiček pro sériovou výrobu

Operace	Spotřeba [ks]	Cena [Kč]
Hrubování a Zapichování	215	43000
Dokončování	50	15000
CELKEM	265	58000

Tab. 6. 5 Celková cena destiček pro doplňkovou výrobu

Operace	Spotřeba [ks]	Cena [Kč]
Hrubování a Zapichování	12	2400
Dokončování	3	900
CELKEM	15	3300

6.6 Výpočet strojů a energie

Potřebný počet strojů byl stanoven z celkového potřebného času na provedení dané operace u všech kusů za rok a času který máme k dispozici na jednom stroji za rok.(6)

Počet strojů pro operaci 03.03

$$P_{th03.03} = \frac{t_{k03.03} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} \quad (6.17)$$

Roční fond strojního pracoviště je stanoven z počtu pracovních dnů v kalendářním roce (tj. 253) a délky směny (tj. 8). Vzhledem k možným opravám se hodnota E_S snižuje o 11 procent.(6)

kde: E_S roční fond strojního pracoviště [hod · rok-1]

S_Ssměnnost strojního pracoviště

k_{pns}koeficient překračování norem

Pro sériovou výrobu :

$$P_{th03.03} = \frac{3,71 \cdot 4000}{60 \cdot 1801,36 \cdot 1 \cdot 1,2} = \frac{14840}{129697,92} = 0,12$$

$$P_{th03.03} = 0,12 \Rightarrow P_{sh03.03} = 1 \text{ stroj}$$

Pro doplňkovou výrobu:

$$P_{th03.03} = \frac{10,44 \cdot 200}{60 \cdot 1801,36 \cdot 1 \cdot 1,2} = \frac{2088}{129697,92} = 0,016$$

$$P_{th03.03} = 0,016 \Rightarrow P_{sh03.03} = 1 \text{ stroj}$$

Využití strojů

$$\eta_{03.03} = \frac{P_{th03.03}}{P_{sh03.03}} \cdot 100 \quad (6.18)$$

Pro sériovou výrobu:

$$\eta_{03.03} = \frac{0,12}{1} \cdot 100 = 12 \%$$

Pro doplňkovou výrobu:

$$\eta_{03.03} = \frac{0,016}{1} \cdot 100 = 1,6 \%$$

Výpočet příkonu stroje

$$P_{CSP} = P_{SP} \cdot t_{AC03,03} \quad (6.19)$$

CNC soustruh SF 55 CNC (celkový příkon stroje 30 kW)

Doba realizace operace 03.03 na CNC soustruhu je 3,71 minut. Při výrobě celé série 4000 kusů je pro uskutečnění operace 03.03 zapotřebí:

$$t_{AC03,03} = 4000 \cdot 3,71 = 14840 \text{ min} = 247,3 \text{ hod}$$

$$P_{CSP} = 30 \cdot 247,3 = 7419 \text{ kWh}$$

Univerzální soustruh INTURN 400 (celkový příkon stroje 5 kW)

Doba realizace operace 03.03 na univerzálním soustruhu je 10,44 minut.
Při doplňkové výrobě 200 kusů je pro uskutečnění operace 03.03 zapotřebí:

$$t_{AC03,03} = 200 \cdot 10,44 = 2088 \text{ min} = 34,8 \text{ hod}$$

$$P_{CSP} = 5 \cdot 34,8 = 174 \text{ kWh}$$

cena energie

$$cena_{en.} = P_{CSP} \cdot PT \quad (6.20)$$

Průmyslový tarif kWh je 5 Kč

pro CNC soustruh SF 55 CNC:

$$cena_{en.} = 7419 \cdot 5 = 37095 \text{ Kč}$$

pro univerzální soustruh INTURN 400:

$$cena_{en.} = 174 \cdot 5 = 870 \text{ Kč}$$

6.7 Výpočet mzdy pro obsluhu stroje

Mzdy pro pracovníky:

$$N_{03,03} = mzda \cdot t_{AC03,03} \quad (6.21)$$

Mzda operátora na CNC stroji činí 120 Kč za hodinu práce. Z těchto údajů je stanovena výše nákladů na pracovníka v operaci 03.03 pro sériovou výrobu:

$$N_{03,03} = 120 \cdot 247,3 = 29676 \text{ Kč}$$

Mzda obsluhy univerzálního soustruhu činí 90 Kč za hodinu práce. Z těchto údajů je stanovena výše nákladů na pracovníka v operaci 03.03 pro doplňkovou výrobu:

$$N_{03,03} = 90 \cdot 34,8 = 3132 \text{ Kč}$$

6.8 Srovnání sériové a doplňkové výroby

Tab. 6. 6 Celková cena

Vstupující činitelé	Sériová výroba	Doplňková výroba
Cena nástrojů [Kč]	86000	35300
Cena energie [Kč]	37095	870
Náklady na pracovníka [Kč]	29676	3132
Cena materiálu [Kč]	172000	8600
CELKEM [Kč]	324771	47902

Na cenu jednoho výrobku budou mít vliv hodnoty vypočítané a uvedené v projektu. Do ceny jednoho výrobku uvedené v tabulce 5. 8 jsou zahrnuty pouze náklady, které se týkají obrábění. Náklady na ostatní operace (kalení, cementování, broušení atd.) nebyly v tomto projektu řešeny z důvodu rozsahu práce.

Tab. 6. 7 Celková cena jednoho výrobku

Vstupující činitelé	Sériová výroba	Doplňková výroba
Celková cena [Kč]	324771	47902
Cena jednoho výrobku [Kč]	81,2	239,5

Do ceny jednoho výrobku je třeba také započítat zisk podniku, ten by měl být alespoň 10 % což je znázorněno v tabulce 5. 9.

Tab. 6. 8 zisk podniku na jedné součásti

Vstupující činitelé	Sériová výroba	Doplňková výroba
Zisk podniku [kč]	8,12	23,95

ZÁVĚR

V této práci byl řešen technologický postup výroby hřídele pro sériovou a doplňkovou výrobu. Srovnáním těchto dvou variant se zjistilo, že při obrábění na CNC soustruhu se dosáhne mnohem kratších výrobních časů a také spotřeba nástrojů bude menší než při obrábění na univerzálním soustruhu.

Největší rozdíl nastane při srovnání vedlejších strojních časů, které budou u CNC soustruhu mnohem menší díky naprogramování celé posloupnosti výrobního postupu na PC narozdíl od univerzálního soustruhu, kde musí člověk, který tento stroj obsluhuje velice složitě najíždět pomocí ručního kolečka, CNC soustruh má určitě mnoho dalších výhod, které se ale v teoretickém zhodnocení neprojeví tak, jako přímo v pracovním procesu.

Z těchto důvodů je jasné, že CNC soustruhy se hodí pro větší výrobu, kde se jejich použití vyplatí na rozdíl od univerzálních soustruhů, které se hodí spíše pro kusovou výrobu nebo pro použití v opravárenství. Toto je dáno velkým rozdílem v pořizovacích cenách těchto strojů.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. KOCMAN, K. a PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
2. ŠTULPA, M. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
3. ZEMCÍK, O. *Technologické procesy* [online]. [cit. 2010-12-05]. Dostupný na World Wide Web:
<http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory>
4. SVOBODA, P. BRANDEJS, J. PROKEŠ, F. *Základy konstruování*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 199 s. ISBN 80-7204-458-3.
5. SVOBODA, P. BRANDEJS, J. KOVAŘÍK, R. SOBEK, E. *Základy konstruování*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 288 s. ISBN 80-7240-214-9
6. *Technologický projekt dílny* [online]. [cit. 2010-12-05]. Dostupný na World Wide Web:
<http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/?page=opory>
7. PÍŠKA, M. POLZER, A. *Popis poloautomatického soustruhu SPN 12 CNC s řídicím systémem 810 D*. [online]. [cit. 2010-12-05]. Dostupný na World Wide Web:
http://cadcam.fme.vutbr.cz/sinutrain/SPN12CNC_Sinumerik810D.pdf

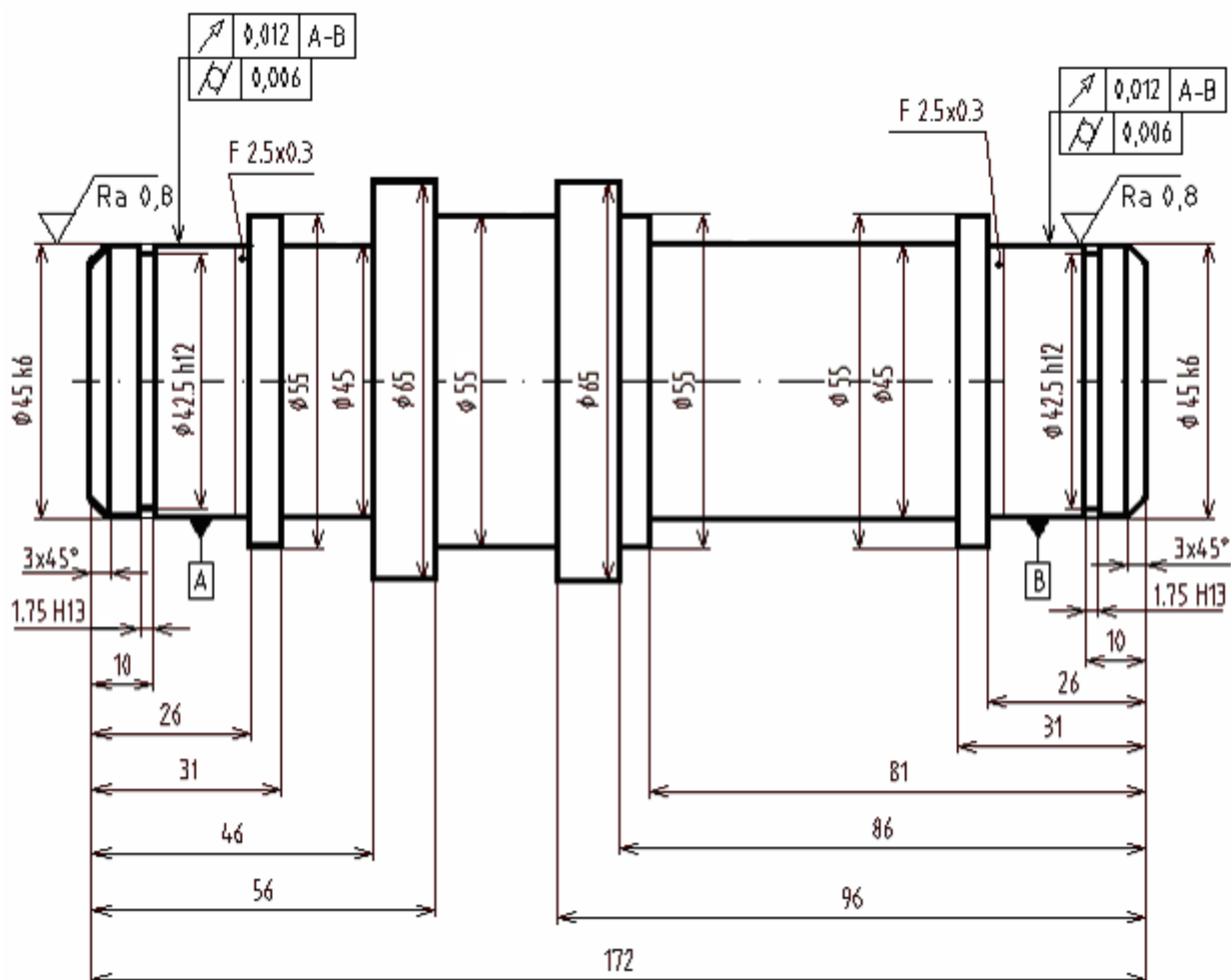
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

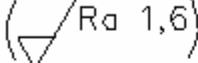
Zkratka/Symbol	jednotky	Popis
a_p	mm	hloubka řezu
d	mm	průměr
D	-	průměr
CNC	mm	Computer Numerical Control
f	mm.ot ⁻¹	posuv
i	-	počet třísek
l	mm	délka obráběné plochy
n	ks	počet kusů z jedné tyče
n	min ⁻¹	otáčky
N	ks	počet výrobků za rok
N_m	kg	norma spotřeby materiálu
$\eta_{\text{přířez}}$	-	počet řezů
π	-	Ludolfovo číslo
P_{SP}	kW	příkon stroje
P_T	kč	průmyslový tarif
P_{th}	-	teoretický počet strojů
P_{sh}	-	skutečný počet strojů
q_k	kg	ztráta materiálu
Q_k	kg	ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče
q_o	kg	ztráta vzniklá obráběním přídavek
Q_p	kg	hmotnost přířezu
Q_{pc}	kg	hmotnost celé tyče
Q_s	kg	hmotnost hotové součásti
q_u	kg	ztráta materiálu vzniklá dělením tyče
ρ	kg.m ⁻³	připadající na jednici
S_s	-	hmotnost materiálu
Sp_{rok}	kg	směnnost
t_a	min	spotřeba materiálu
t_{as}	min	kusový čas
t_{av}	min	strojní čas
u	mm	strojní čas vedlejší
V	m ³	velikost prořezu
VBD	-	objem
v_c	m.min ⁻¹	výměnná břitová destička
Z_m	kg	řezná rychlost
		celkové ztráty materiálu na jednici

SEZNAM PŘÍLOH

- | | |
|-----------|--|
| Příloha 1 | Výkres součásti |
| Příloha 2 | Návodka pro operaci 02.02 (zarovnání čel) |
| Příloha 3 | Návodka pro operaci 03.03 (hrubování a dokončování) |
| Příloha 4 | Dráhy rychloposuvů pro obrábění čela, hrubování a dokončování |
| Příloha 5 | Obrázek CNC soustruhu SF 55 CNC a jeho nástrojové hlavy |
| Příloha 6 | Tabulka technických parametrů CNC soustruhu SF 55 |
| Příloha 7 | Obrázek univerzálního soustruhu INTURN 400 a jeho technické parametry |
| Příloha 8 | Obrázek pásové pily na kov ARG 300 STANDARD a její technické parametry |
| Příloha 9 | Obrázek brusky BUA 25 B Practic a její technické parametry |

Výkres součásti

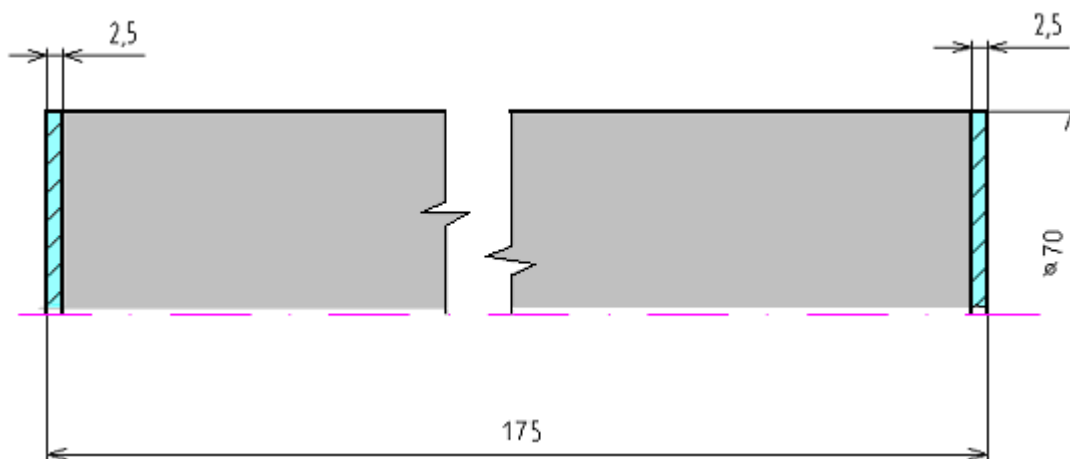


Struktura povrchu: 		Hrany: 		Měřítka 		Přesnost ISO2768-MH Tolerování ISO8015 Promítání 	
Materiál 12020		Polotovary Ø 70 /175		Hmotnost 2,62 kg		CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016	
		Druh dokumentu VÝKRES SOUČÁSTI		Název HŘÍDEL			
		Kreslil SZLAUR					
		Schválil		Číslo dokumentu 3-3P/1-01/00			
		Datum vydání 17.05.2010					
List 1/1							

Příloha 2

Návodka pro operaci 02.02 (zarovnání čel)

VUT FSI BRNO	NÁVODKA	HŘÍDEL	Číslo výkresu : 3-3P/1-01/00
			Číslo operace : 02.02



Strojní časy pro všechny návodky jsou řešeny náhradním teoretickým výpočtem a jeho přesnou hodnotu je třeba určit simulací nebo přímo v pracovním procesu. Vedlejší strojní časy jsou řešeny pomocí drah nástrojů nakreslených v AutoCadu.

	operace	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	D [mm]	f [mm]	l [mm]	t_{AS} [min]
1	Hrubování	235	1068	70	0,4	35	0,08
2	Hrubování	235	1068	70	0,4	35	0,08

t_{AS} -Strojní čas pro hrubování čela je 0,16 min.

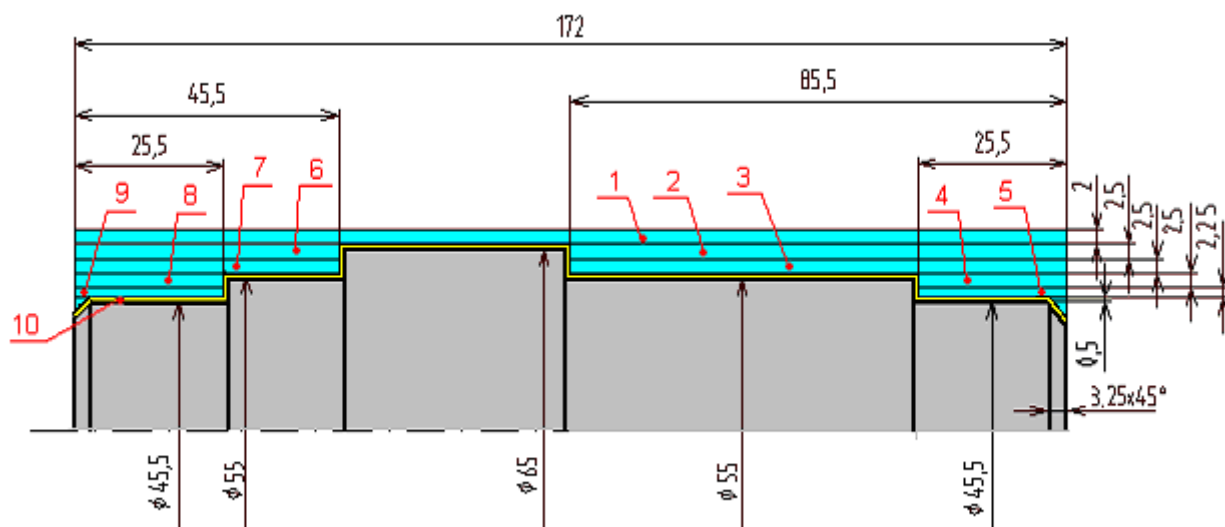
Vyhotovil : SZLAUR VÍT	Upnuto kusů : 1 Obsahuje stroje : 1	Název stroje : SF 55 CNC	
Datum : 20.12.2008			

Příloha 3

Návodka pro operaci 03.03 (hrubování a dokončování)

VUT FSI BRNO	NÁVODKA	HŘÍDEL	Číslo výkresu : 3-3P/1-01/00
			Číslo operace : 03.03

Popis práce :



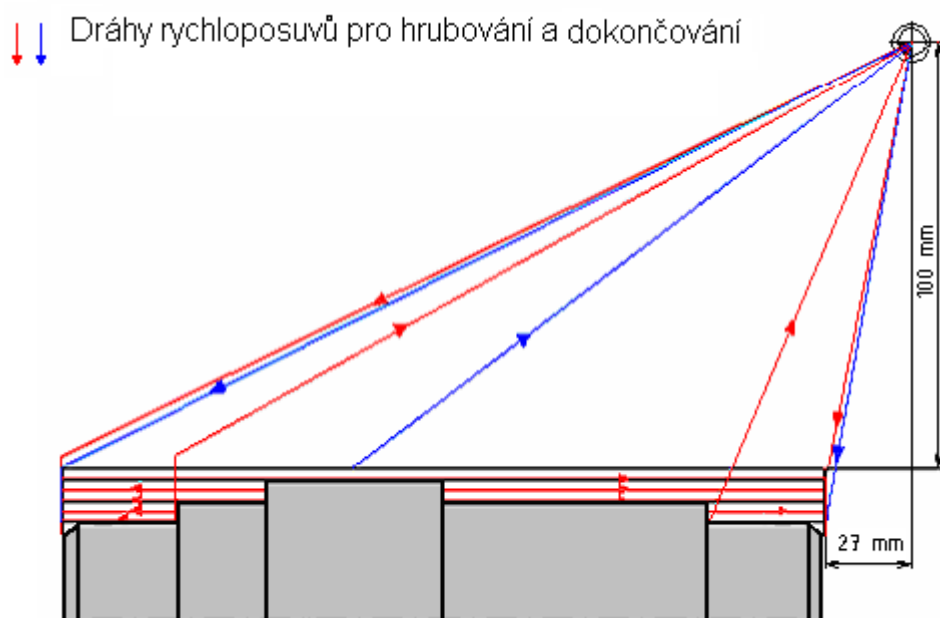
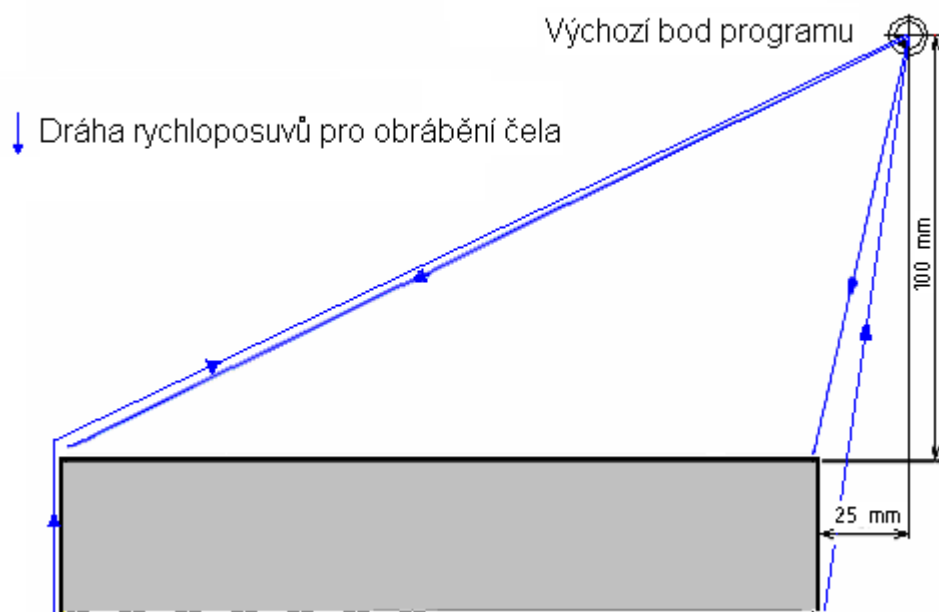
	operace	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	D [mm]	f [mm]	l [mm]	t_{AS} [min]
1	Hrubování	235	1068	70	0,4	172	0,4
2	Hrubování	235	1133	66	0,4	85,5	0,19
3	Hrubování	235	1226	61	0,4	85,5	0,17
4	Hrubování	235	1335	56	0,4	25,5	0,05
5	Hrubování	235	1467	51	0,4	25,5	0,04
6	Hrubování	235	1133	66	0,4	45,5	0,1
7	Hrubování	235	1226	61	0,4	45,5	0,09
8	Hrubování	235	1335	56	0,4	25,5	0,05
9	Hrubování	235	1467	51	0,4	25,5	0,04
10	Dokončování	375	2567	46,5	0,2	192	0,37

t_{AS} -Strojní čas pro hrubování a dokončování je 1,5 min.

Vyhotoval : SZLAUR VÍT	Upnuto kusů : 1	Název stroje :	
	Obsahuje stroje : 1	SF 55 CNC	

Příloha 4

Dráhy rychloposuvů pro obrábění čela, hrubování a dokončování



Velikost dráhy rychloposuvů pro obrábění čela vyšla 0,708 metrů a pro hrubování a dokončování 1,125 metrů.

Příloha 5

Obrázek CNC soustruhu SF 55 CNC a jeho nástrojové hlavy



8-pozicová nástrojová hlava TB-160 s diskem VDI-40



Příloha 6

Tabulka technických parametrů CNC soustruhu SF 55

Parametry	Jednotky	SF 55/1000 CNC
Oběžný průměr bez vyjímatelného můstku lože	[mm]	790
Oběžný průměr nad ložem	[mm]	550
Oběžný průměr nad suportem	[mm]	310
Šířka vyjímatelného můstku	[mm]	283
Max. točná délka	[mm]	1000
Max. hmotnost obrobků podepřených koníkem	[kg]	2000
Zdvih		
Osa X	[mm]	300
Osa Z	[mm]	1150
Vřeteno		
Zakončení vřetena dle DIN 55026	-	A1-8
Vrtání vřetena(manuální/hydraulické sklíčidlo)	[mm]	82/69 (106/91)
Otáčky vřetena	[ot./min]	80-3500 (80-2400)
Výkon motoru (S1/S6)	[kW]	11/15.5
Zvýšený výkon motoru	[kW]	15/22
Nástrojová hlava		
Počet pozic nástrojové hlavy	-	8(12)
Průřez těla nástroje □	[mm]	25x25(20x20)
Typ držáku nástroje	[mm]	VDI-40 (VDI-30)
Doba indexování-nástroj-nástroj	[s]	0,79(LS160), 0,42(TB160,TBMA 160)
Osy		
Kuličkový šroub osy X	-	Ø32x5-C5
Rychloposuv osy X	[m/min]	15
Kuličkový šroub osy Z	-	Ø45x10-C5
Rychloposuv osy Z	[m/min]	15
Přesnost		
Polohování	[mm]	0,005/300
Opakování	[mm]	0,005

Příloha 7

Obrázek univerzálního soustruhu INTURN 400 a jeho technické parametry



Technické parametry univerzálního soustruhu INTURN 400

PRACOVNÍ ROZSAH		INTURN 400
Oběžný průměr nad ložem	mm	400
Oběžný průměr nad suportem	mm	250
Vzdálenost mezi hroty	mm	1000
Max. hmot. obrobku v hrotech	kg	150
VŘETENO		
Vrtání	mm	50
Otáčky vřetena	1/min	40-3 000
STROJ		
Celkový příkon	kVA	5

Příloha 8

Obrázek pásové pily na kov ARG 300 STANDARD a její technické parametry



Technické parametry pásové pily ARG 300 STANDART

	90°	+45°	+60°
●	300	240	160
■	300	230	150
■	370x220	250x140	150x150
■	340x300	210x300	150x150

Příloha 9

Obrázek brusky BUA 25 B Practic a její technické parametry



Technické parametry	
Oběžný Ø	250, 315 mm *
Vzdálenost mezi hroty max.	500, 750, 1250 mm
Hmotnost obrobku upnutého:	
v hrotech max.	250 kg
letmo, včetně upínače, max.	50 kg