



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 TĚLESA VÁLEČKU

SUGGESTION OF TECHNOLOGY FOR ROLLER BODY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADIM DRMELA

VEDOUCÍ PRÁCE

ING. OSKAR ZEMČÍK, Ph.D.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

SUPERVISOR

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/14

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Radim Drmela

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 tělesa válečku

v anglickém jazyce:

Suggestion of technology for roller body

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Seznámení s problematikou výroby zadané součásti. Návrh technologie zvoleného dílu zařízení vzhledem k vybavení výroby. Návrh variantního řešení. Zhodnocení navržené technologie. Doporučení do budoucna.

Cíle bakalářské práce:

- úvod do zadané problematiky
- návrh výrobní technologie
- návrh variantní výrobní technologie
- technicko-ekonomické zhodnocení

Seznam odborné literatury:

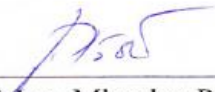
1. BILÍK, Oldřich a Martin VRABEC. Vrabec Martin Technologie obrábění s využitím CAD/CAM systémů. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univ., 2002, 128 s. ISBN 80-248-0034-9.
2. GRZESIK, Wit. Advanced machining processes of metallic materials: modelling and applications. 1. vyd. Oxford: Elsevier, 2008, 446 s. ISBN 9780080445342.
3. CHANG, Tien-Chien, Richard WYSK a Hsu-Pin WANG. Computer-Aided Manufacturing. 3. vyd. New Jersey: Prentice Hall, 2005, 684 s. ISBN 0-13-142919-1.
4. KAFKA, J. a M. VRABEC. Technologie obrábění. Praha: ČVUT, 2006, 120 s. ISBN 80-01-01355-3.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

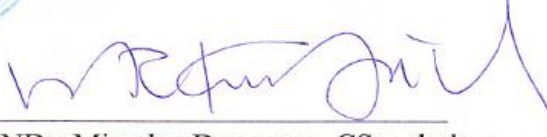
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 4.11.2013





prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu



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

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá technologií výroby tělesa válečku ve firmě Kovo Šmerda. První část práce je zaměřena na rozbor technologičnosti. Druhá část práce, praktická, objasňuje technologii výroby tělesa válečku do důlních vozíků. V praktické části je uveden technologický postup výroby, výrobní návodky. Je zde také uvedeno technicko-ekonomické zhodnocení a CNC program.

Klíčová slova

technologický postup, návodka, strojní čas, náklady, CNC program

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the technology of manufacturing roller body in Kovo Šmerda company. The first part is focused on the analysis of technology. The second part is practical, explains the technology of manufacturing for roller body, used in mine carts. The practical part contains the technological process of manufacturing, manufacturing instruction cards. It also shows the techno-economic evaluation and CNC program.

Key words

technological proces, production instruction cards, machine time, costs, CNC program

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Drmela, Radim. *Návrh technologie výroby tělesa válečku*. Brno 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 53 s. 9 příloh. Ing. Oskar Zemčík, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Návrh technologie výroby tělesa válečku** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Radim Drmela

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Oskarovi Zemčíkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

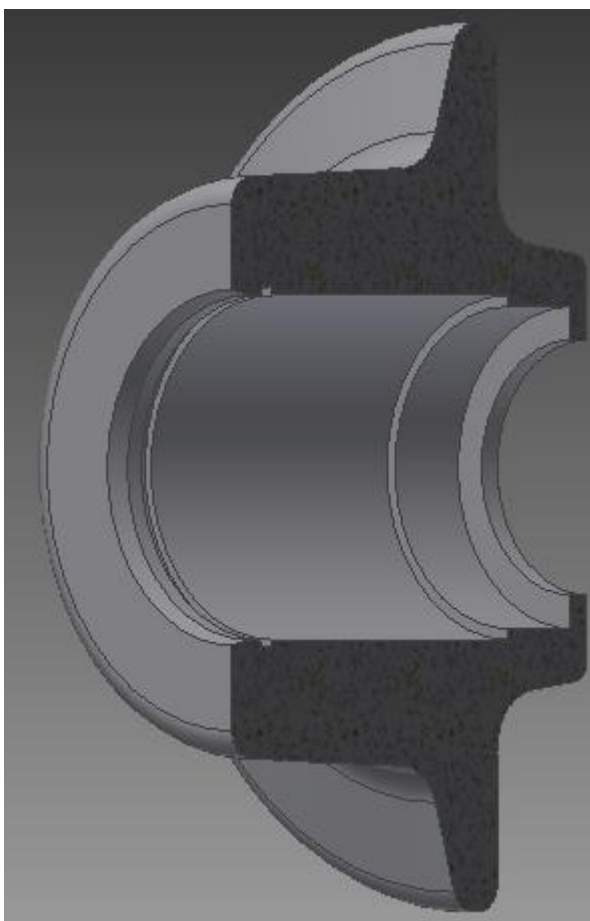
Dále děkuji firmě Kovo Šmerda s.r.o. za poskytnutí spolupráce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	8
1 KOVO ŠMERDA	9
1.1 Zaměření firmy	9
1.2 Strojový park.....	9
1.3 Volba stroje.....	9
2 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE.....	10
3 INDUKČNÍ KALENÍ.....	13
3.1 Využití indukčního kalení.....	13
4 TECHNOLOGICKÝ POSTUP	14
4.1 Nástrojový list.....	14
4.2 List měřidel a pomůcek.....	14
5 VÝROBNÍ NÁVODKY	20
5.1 Operace 01/01.....	22
5.1.1 Vnější	22
5.1.2 Vnitřní	23
5.2 Operace 04/04.....	24
6 NÁVRH VARIANTNÍHO VÝROBNÍHO ŘEŠENÍ	27
7 TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	29
7.1 Ukazatele technologičnosti	29
7.2 Ekonomické ukazatele	30
ZÁVĚR	34
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	35
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	37
SEZNAM PŘÍLOH.....	39

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem vhodné technologie výroby pro těleso válečku na CNC soustruhu ve firmě Kovo Šmerda. Historie firmy Kovo Šmerda s.r.o. se datuje od roku 1993, kdy začal Jan Šmerda podnikat pod svým jménem, postupně začal přestavovat hospodářské budovy rodinného domu na dílenské prostory a kupovat první stroje. První CNC soustruh byl pořízen v roce 2003. V roce 2005 vznikla firma Kovo Šmerda s.r.o., která se nachází v areálu ZD v Královopolských Vážanech nedaleko Rousínova. Jelikož vývojovým trendem ve strojírenství je snaha nahradit lidskou činnost automatizovanou výpočetní technikou – řídicím systémem, jsou obráběcí stroje firmy vybaveny CNC řídicími systémy, které umožňují dodržení tvarové i rozměrové přesnosti zadané výrobcem. Ke standardnímu vybavení firem dnes patří také CAM systémy, které dokáží v efektivním čase napomoci technologovi k vytvoření programu vedoucímu k vyrobění součásti. Řešením této bakalářské práce je problematika technologie výroby 10 000 ks válečků ročně. Tento váleček (viz obr. 1) je využíván jako kolo vozíku, vozíčího suť z dolů po kolejích.



Obr. 1 Model tělesa válečku vyhotovený v programu Autodesk Inventor 2014.

1 KOVO ŠMERDA

1.1 Zaměření firmy

Firma se zabývá především kusovou a malosériovou výrobou, opracováním kovů i nekovů a to zejména frézováním, soustružením, broušením na plocho i na kulato, dále pak CNC obráběním na soustružnických a frézovacích centrech. Mezi hlavní náplně firmy patří oprava polygrafických válců, které se vyváží do celé Evropy pro firmu Böttcher s.r.o. Dalšími důležitými zákazníky jsou firmy Bomar s.r.o. (výroba pásových pil), Siemens Turbomachinery Brno s.r.o. (energetika), Baumüller s.r.o. (výroba elektromotorů).

1.2 Strojový park

Ve firmě se nachází několik klasických hrotových soustruhů a konzolových frézek. Také je zde jeden CNC soustruh a dvě CNC frézky. Všechny stroje, kterými firma disponuje, jsou sepsány v příloze 2.

1.3 Volba stroje

Těleso válečku bude vyráběno na CNC soustruhu Taiwan Takisawa Ex-310 (viz obr. 2) jelikož se jedná o nejvýkonnější CNC soustruh, kterým firma disponuje. CNC soustruh disponuje osou X, Z a navíc i s rotační osou C. Řídicí systém stroje je Fanuc s dílenským programováním Manual Guide i. Nástrojová hlava obsahuje čtyři poháněče nástrojů (dva pro osu X a dva pro osu Z). Technické parametry stroje a příklady výrobků, které je možno vyrobit na tomto stroji jsou uvedeny v příloze 1.



Obr. 2 CNC soustruh Taiwan Takisawa Ex-310.

2 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE

Technologičnost konstrukce je dána souhrnem vlastností technicko-ekonomického charakteru, které mají zajistit optimální podmínky nejen z hlediska funkce, spolehlivosti, životnosti výrobku a jeho jednotlivých součástí, ale musí také zohledňovat efektivitu výroby. Rozbor technologičnosti je proveden podle literatury [1].

Tvar součásti - vyráběné těleso válečku o délce 90 mm a maximálním průměru 160 mm.

Volba vhodného materiálu - těleso je vyráběné z oceli ČSN 1.7225. Tato ocel je vhodná k zušlechťování a k povrchovému kalení, pro velké výkovky. Ocel je dobře tvářitelná za tepla, ve stavu žíhaném na měkko dobře obrobitelná. Užívá se především pro velmi namáhané strojní součásti a součásti silničních motorových vozidel, kde se požaduje vysoká pevnost i houževnatost, převážně hřídele a spojovací součásti. Kalí se do méně razantního kalicího prostředí z důvodu náchylnosti ke vzniku kalicích trhlin v místech s vrubovým účinkem nebo povrchových vad. V kaleném stavu dobře odolává opotřebení. Obrobitelnost materiálu je 14b [2]. Chemické složení oceli je uvedeno v tabulce 1, v tabulce 2 je pak uvedena ocel ve vybraných normách a mechanické vlastnosti oceli jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab. 1 Chemické složení oceli 1.7225 (15 142) [3].

Značka oceli	Chemické složení v [hm. %]							
	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni max.	P max.	S max.
1.7225	0,38-0,45	0,5-0,8	0,17-0,37	0,9-1,2	0,15-0,3	0,5	0,035	0,035

Tab. 2 Normy oceli [4].

Norma	Označení
ČSN	15 142
Německo DIN	42CrMo4
Francie AFNOR	42CD4
Velká Británie BS	708M40
Itálie UNI	42CrMo4
Švédsko SS	2244
Španělsko UNE	42CrMo4
USA AISI/SAE	4140
Japonsko JIS	SCM440(H)

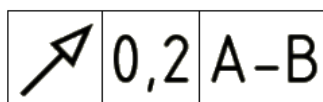
Tab. 3 Mechanické vlastnosti oceli 1.7225 [3].

Průměr [mm]	R_e min. [MPa]	R_m [MPa]	A min. [%]	Z min. [%]	KV [J]
$16 < d \leq 40$	750	1000-1200	11	45	35
$40 < d \leq 100$	650	900-1100	12	50	35
$100 < d \leq 160$	550	800-950	13	50	35
$160 < d \leq 250$	500	750-900	14	55	35

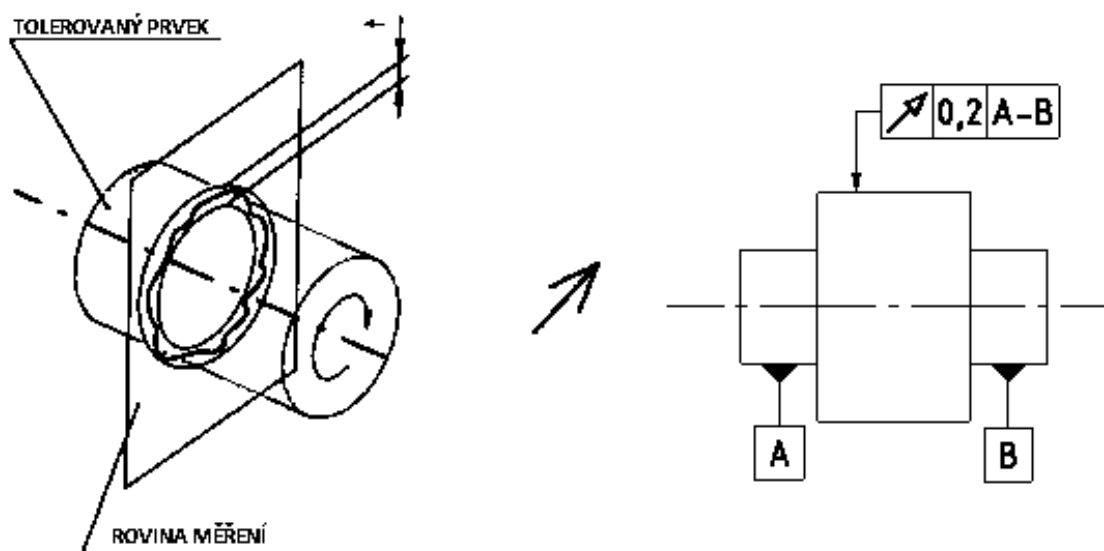
Součást má mít co nejméně a co nejmenší obrobené plochy – z tohoto důvodu budou na výkovku obráběny jen plochy, které plní funkci v provozu. Na tělese se na vnější straně nachází dvě kuželové plochy, přičemž jedna bude obráběna a druhá neobráběná, kuželová plocha, bude později indukčně kalena (viz kapitola 3). Uvnitř tělesa se nachází čtyři odstupňované průměry, kuželová plocha a jedna drážka pro pojistný kroužek. Těleso je nejdříve obrobeno z vnějšku, poté posláno k indukčnímu kalení a nakonec je doobrobena vnitřní část.

Obráběné plochy musí být co nejpřístupnější pro obrábění – obráběné plochy na tělese válečku jsou lehce přístupné a tím je minimalizována potřeba použití speciálních a tvarových nástrojů.

Konstrukce má být řešena s ohledem na použití vhodných ploch jako základů – pro první operaci soustružení je upnutí voleno na neopracované ploše. Pro operaci čtvrtou je upnutí voleno právě za místo již obrobené, abychom docílili požadovanou toleranci kruhového obvodového házení (viz obr. 3). Toleranční pole kruhového obvodového házení v kterékoli rovině kolmé k ose je omezeno dvěma soustřednými kružnicemi, vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance házení t (viz obr. 4), jejichž středy leží na základní ose [5]. Kruhové obvodové házení na obrázku 4 nesmí být větší než 0,2 mm v kterékoliv rovině měřené v průběhu jedné otáčky kolem společné osy A-B.



Obr. 3 Výkresová tolerance kruhového obvodového házení.



Obr. 4 Tolerance obvodového kruhového házení [5].

Přesnost a drsnost nemají být voleny větší, než je nezbytně nutné pro zajištění provozu výroby. Na konstrukci tělesa se nenachází žádné extrémně složité ani velmi přesné výrobní prvky. Lze proto její obráběnou část výroby pokrýt pouze na CNC soustruhu Taiwan Takisawa Ex-310. Tento zvolený stroj zvládne obrobit drsnost povrchu Ra 1,0 – Ra 1,2 (dokončování), Ra 6,3 Ra 12,5 (hrubování), tudíž výroba nejnižší požadované drsnosti na výkrese Ra 3,2 nebude problémem. Dále se na tělese nachází funkční plocha Ø58 J8, tento otvor má toleranci $\text{Ø}58_{-0,018}^{+0,028}$ [6]. Otvor Ø58 J8 je programován na střed tolerance $\text{Ø}58^{0,005}$.

3 INDUKČNÍ KALENÍ

Tento proces vytvrzení povrchu využíváný zejména ke zvýšení odolnosti vůči opotřebení, povrchové tvrdosti. Povrchové kalení laserem je jedním z moderních způsobů tepelného zpracování materiálu, vedoucího ke zvýšení životnosti zatěžovaného povrchu. Základní princip laserového kalení spočívá v působení laserového paprsku na povrchovou vrstvu kaleného materiálu, ta se rychle ohřeje na určitou teplotu, většinou těsně pod bod tání ($900 - 1400^{\circ} \text{C}$). Ve struktuře materiálu dochází k austenitizaci při této teplotě. Zahřátá místa se velmi rychle ochladí okolním materiálem a paprsek mezitím kalí dále ve směru posuvu. Tomuto kalení se říká samokalení, přičemž materiál uvnitř zůstává studený a odvod tepla vedením je dostatečný (není třeba chladit povrch kapalinou). Z toho lze předpokládat, že přeměna nejprve začíná probíhat uvnitř materiálu a postupuje směrem ven, povrch tedy chladne naposled. Díky vysoké rychlosti ohřevu a rychlému ochlazení vznikají ve struktuře velmi jemné karbidy, dochází ke zvýšení tvrdosti povrchové vrstvy, při zachování houževnatosti jádra a nedochází ke vzniku trhlin. Na rozdíl od klasického kalení, kdy vzniká vysoký teplotní gradient (rozhraní chladicí kapalina – zahřátá vrstva), který má za následek velká tahová pnutí, což způsobuje tvorbu povrchových trhlin. Naopak při kalení laserem postupnému vyrovnávání teplot zevnitř (odvod tepla začíná odvodem do studené matrice), čímž dochází k minimalizaci pnutí a nedochází tak k praskání. Tepelně ovlivněná oblast je velice úzká a ovlivnění okolního nekaleného materiálu je minimální. Těleso válečku je indukčně kaleno laserem do hloubky 4 až 5 mm na tvrdost 600 až 700 HV [7].

3.1 Využití indukčního kalení

Indukční kalení se využívá zejména pro zlepšení mechanických vlastností ocelových součástí v určitých místech ocelového dílu. Tento typ kalení je preferovaný pro komponenty vystavené vysokému zatížení jako například převodová kola, hnací ústrojí, závěsy kol, ražené díly či vřetena a komponenty motoru. Mez únavy je zvýšena u těchto součástí díky dosažení měkkého jádra obklopeného mimořádně pevnou vnější vrstvou. Tyto vlastnosti jsou požadovány zejména u součástí namáhaných krutem a u povrchů podléhajících nárazovým silám. Mezi primární využití patří výhody zlepšení tvrdosti a odolnosti vůči únavě, bez nutnosti přepracování celé komponenty [8]. Indukční kalení lze využít i u oprav poruch v terénu, které se provádí přenosným indukčním indikátorem.

4 TECHNOLOGICKÝ POSTUP

Postup výroby součástí se skládá z mnoha operací vhodně zvolených v logickém pořadí. Takto zvolený sled operací tvoří technologický postup, pro těleso válečku je vypracován technologický postup v tabulce 4. V průběhu obrábění bude použita procesní kapalina Waylube 68.

4.1 Nástrojový list

V nástrojovém listu (viz tabulka 5) jsou uvedeny všechny nástroje, které jsou použity k výrobě při soustružnických operacích. Nástroje jsou v technologickém postupu značeny písmenem T, pozice nástrojů, které se následně shodují s označením ve stroji, jsou velmi důležitá k nastavení stroje.

4.2 List měřidel a pomůcek

Z důvodu kontroly požadovaných údajů výroby je nutno do technologického postupu též začlenit měřidla, za pomoci kterých bude výroba tělesa válečku kontrolována. Všechna měřidla a pomůcky jsou značeny písmenem M a jsou uvedeny v tabulce 6. Rovněž mezi pomůcky patří ohradová paleta, která se ale již ve skladovém parku nachází, tato paleta je pak k vidění v příloze 3.

Tab. 4 Technologický postup výroby tělesa válečku.

Bakalářská práce		Technologický postup		Datum	21. 4. 2014
Vyhotovil	Drmela Radim	Název součástky	Těleso válečku	Číslo listu	1/2
Číslo operace	Název stroje, zařazení pracoviště	Dílna	Popis práce v operaci	Výrobní nástroje, pomůcky, měřidla	
01/01	CNC soustruh Taiwan Takesiwa	Obrobna	Dorazit na čelo, upnout za kužel Ø104,5 - 108	-	
			Soustružit - hrubovat vnější konturu dle programu	T1	
			Soustružit - dokončit vnější konturu dle programu	T2	
			Soustružit – hrubovat vnitřní konturu dle programu	T3	
			Soustružit – dokončit vnitřní konturu dle programu	T4	
			Kontrola rozměru (Ø160, délka 90, Ø46 ^{+0,2}) obsluhou, četnost 20 %	M1	
02/02	09626	Obrobna	Čistit, konzervovat, balit	-	
03/03	09913	Balárna	Skládat do bedny po 198 ks, předat na expedici	-	
xx/xx	Externí firma Böhler Vyškov		Povrchové indukční kalení		

Tab. 4 Technologický postup výroby tělesa válečku – pokračování.

Bakalářská práce		Technologický postup		Datum	21. 4. 2014
Vyhotovil	Drmela Radim	Název součástky	Těleso válečku	Číslo listu	2/2
Číslo operace	Název stroje, zařazení pracoviště	Dílna	Popis práce v operaci	Výrobní nástroje, pomůcky, měřidla	
04/04	CNC soustruh Taiwan Takesiwa	Obrobna	Dorazit na vnější čelo, upnout za Ø160	-	
			Soustružit – hrubovat vnitřní konturu dle programu	T3	
			Soustružit vnitřní zápich dle programu	T4	
			Soustružit – dokončit vnitřní konturu dle programu	T5	
			Kontrola vizuální 100%	-	
05/05	Oddělení technické kontroly	Kontrola	Kontrolovat vnitřní $\text{Ø}65_{-0,02}^{+0}$ četnost 100%	M2	
			Kontrolovat šířku zápichu 2,5 mm	M3	
			Kontrolovat kruhové obvodové házení 0,2 A-B četnost 10 %	M4	
06/06	09626	Obrobna	Čistit, konzervovat, balit	-	
07/07	09913	Balárna	Skládat do bedny po 30 ks, předat na expedici	-	

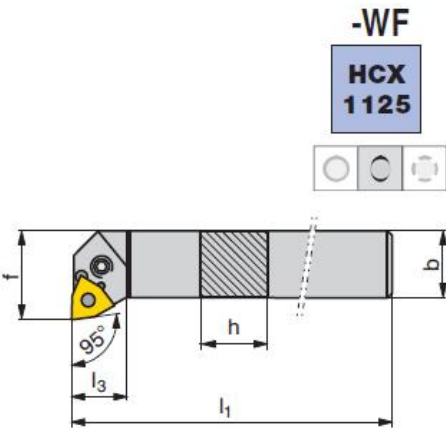
Tab. 5 Nástrojový list pro soustružnické operace.

Bakalářská práce	Nástrojový list			Datum	21. 4. 2014
Vyhotovil	Drmela Radim	Název součástky	Těleso válečku	Číslo listu	1/3
Pozice nástroje	Název VBD	Výrobce	Objednávací číslo	Materiál	
	Název nože				
Znázornění					
T1	WNMG – WF, $r = 0,8$ mm	WNT [9]	76 170 518	HCX 1125	
	PWLN R 2525 M08	WNT [9]	70 542 025	-	

Hrubovací nůž vnější

-WF

HCX 1125



WNT [9]

WNMG

Označení ISO	h mm	b mm	l_1 mm	l_3 mm	f mm
PWLN R/L 2525 M06	25	25	150	25	32

DCMT – SMF, $r = 0,2$ mm

WNT [9]

70 265 898

CWC 10

SDJC R 2525 M11

WNT [9]

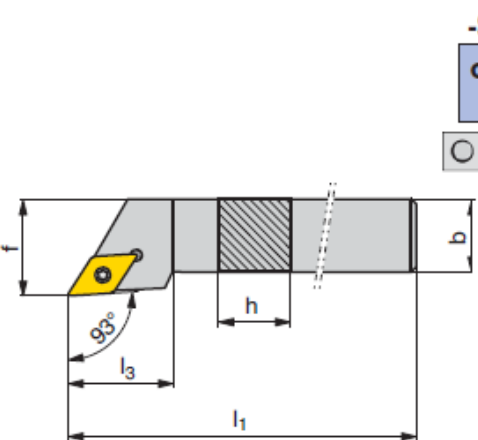
70 684 025

-

Dokončovací nůž vnější

-SMF

CWC 10



WNT [9]

CERMET DCMT

Označení ISO	h mm	b mm	l_1 mm	l_3 mm	f mm
SDJC R/L 2525 M11	25	25	150	21,5	32

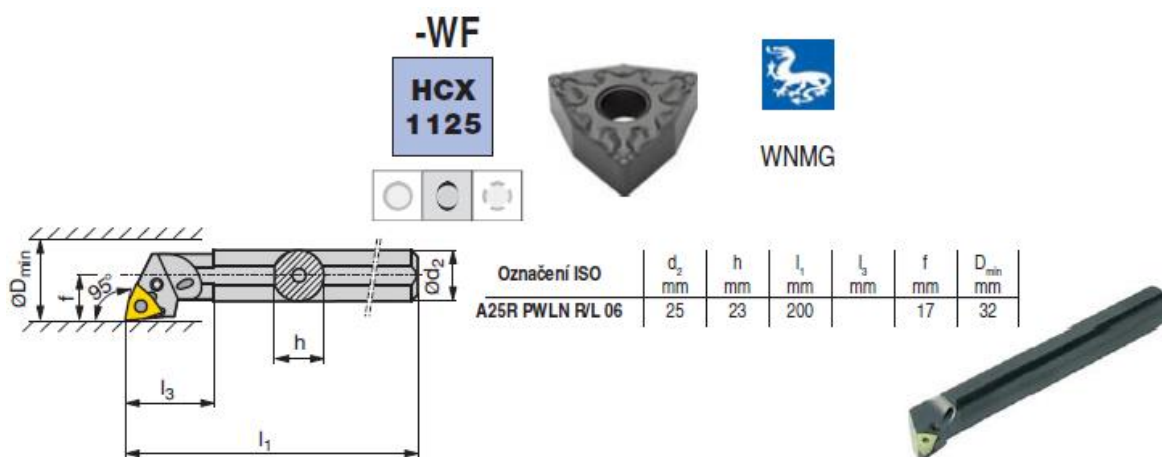
Tab. 5 Nástrojový list pro soustružnické operace - pokračování.

Bakalářská práce	Nástrojový list			Datum	21. 4. 2014
Vyhotovil	Drmela Radim	Název součástky	Těleso válečku	Číslo listu	2/3
Pozice nástroje	Název VBD	Výrobce	Objednávací číslo	Materiál	
	Název nože				
Znázornění					
T3	WNMG – WF, r = 0,8 mm	WNT [9]	76 170 518	HCX 1125	
	A25R PWLN R 06	WNT [9]	70 572 125	-	

Hrubovací nůž vnitřní

-WF

HCX 1125



Označení ISO	d ₂ mm	h mm	l ₁ mm	l ₃ mm	f mm	D _{min} mm
A25R PWLN R/L 06	25	23	200		17	32

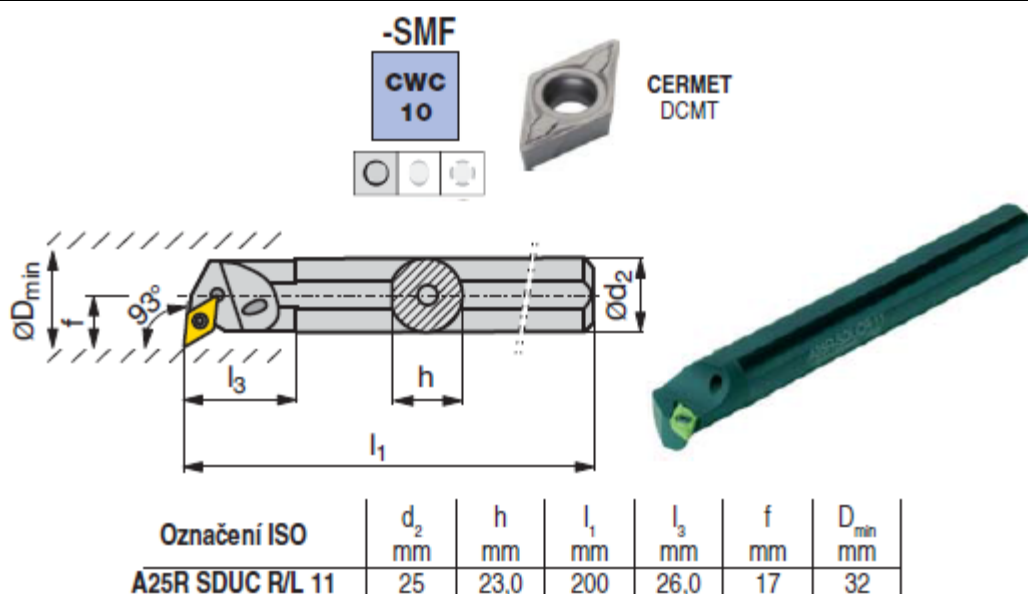
WNMG

T4	DCMT – SMF r = 0,2 mm	WNT [9]	73 265 898	CWC 10
	A25R SDUC R 11	WNT [9]	73 736 325	-

Dokončovací nůž vnitřní

-SMF

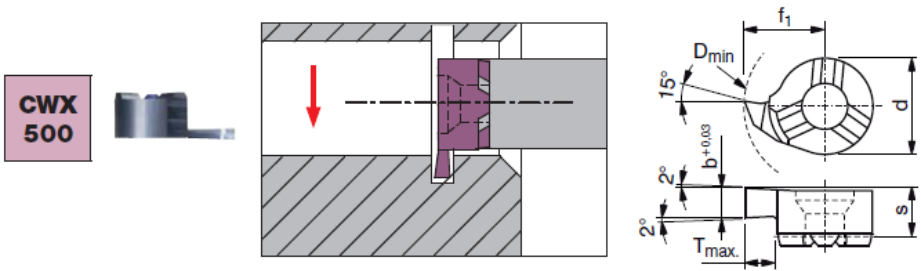
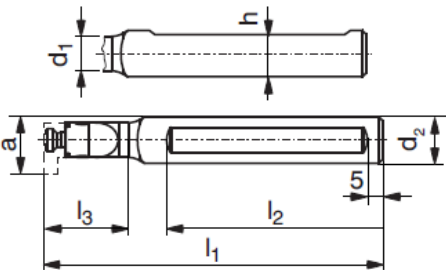
CWC 10




Označení ISO	d ₂ mm	h mm	l ₁ mm	l ₃ mm	f mm	D _{min} mm
A25R SDUC R/L 11	25	23,0	200	26,0	17	32

CERMET
DCMT

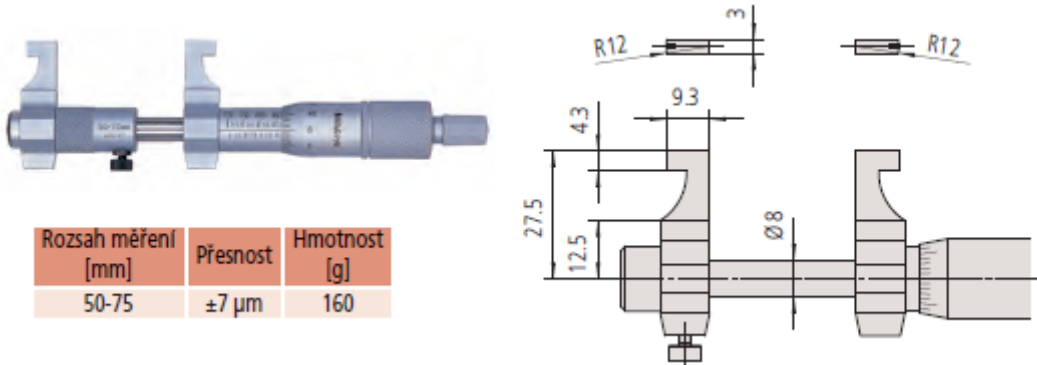
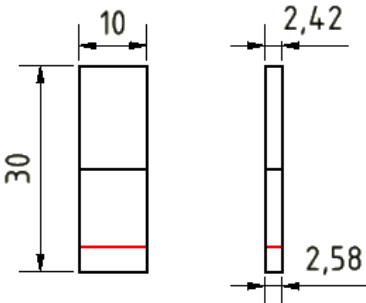

Tab. 5 Nástrojový list pro soustružnické operace - pokračování.

Bakalářská práce	Nástrojový list			Datum	21. 4. 2014																		
Vyhotovil	Drmela Radim	Název součástky	Těleso válečku	Číslo listu	3/3																		
Pozice nástroje	Název VBD	Výrobce	Objednávací číslo	Materiál																			
	Název nože																						
Znázornění																							
T5	14,00. R.2,50.5,5	WNT [9]	70 370 525	CWX 500																			
	14,00/16.N.18.1,0	WNT [9]	70 522 018	-																			
Zapichovací nůž vnitřní - MiniCut																							
																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Velikost</th> <th>Označení</th> <th>D_{min} mm</th> <th>b mm</th> <th>$T_{max.}$ mm</th> <th>s mm</th> <th>f_1 mm</th> <th>d mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>14,00. R/L .2,50.5,5</td> <td>16</td> <td>2,5</td> <td>5,5</td> <td>5,2</td> <td>10,5</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table>						Velikost	Označení	D_{min} mm	b mm	$T_{max.}$ mm	s mm	f_1 mm	d mm	12	14,00. R/L .2,50.5,5	16	2,5	5,5	5,2	10,5	9		
Velikost	Označení	D_{min} mm	b mm	$T_{max.}$ mm	s mm	f_1 mm	d mm																
12	14,00. R/L .2,50.5,5	16	2,5	5,5	5,2	10,5	9																
																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Velikost</th> <th>Označení</th> <th>a mm</th> <th>$d_{2.17}$ mm</th> <th>l_1 mm</th> <th>l_2 mm</th> <th>l_3 mm</th> <th>d_1 mm</th> <th>h mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>14,00/16.N.18.1,0</td> <td>13,8</td> <td>16</td> <td>100</td> <td>60</td> <td>18</td> <td>11</td> <td>14,5</td> </tr> </tbody> </table>						Velikost	Označení	a mm	$d_{2.17}$ mm	l_1 mm	l_2 mm	l_3 mm	d_1 mm	h mm	14	14,00/16.N.18.1,0	13,8	16	100	60	18	11	14,5
Velikost	Označení	a mm	$d_{2.17}$ mm	l_1 mm	l_2 mm	l_3 mm	d_1 mm	h mm															
14	14,00/16.N.18.1,0	13,8	16	100	60	18	11	14,5															

Tab. 6 List měřidel a pomůcek.

Bakalářská práce	List měřidel a pomůcek			Datum	21. 4. 2014																		
Vyhotovil	Drmela Radim	Název součástky	Těleso válečku	Číslo listu	1/3																		
Pozice	Název		Výrobce	Objednávací číslo																			
M1	Posuvné měřítko		Mitutoyo [10]	500-707-11																			
																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rozsah měření [mm]</th> <th>Hloubkoměr</th> <th>Výstup dat</th> <th>L [mm]</th> <th>a [mm]</th> <th>b [mm]</th> <th>c [mm]</th> <th>d [mm]</th> <th>Hmotnost [g]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-200</td> <td>Ploché</td> <td></td> <td>290</td> <td>50</td> <td>24,5</td> <td>20</td> <td>16</td> <td>194</td> </tr> </tbody> </table>						Rozsah měření [mm]	Hloubkoměr	Výstup dat	L [mm]	a [mm]	b [mm]	c [mm]	d [mm]	Hmotnost [g]	0-200	Ploché		290	50	24,5	20	16	194
Rozsah měření [mm]	Hloubkoměr	Výstup dat	L [mm]	a [mm]	b [mm]	c [mm]	d [mm]	Hmotnost [g]															
0-200	Ploché		290	50	24,5	20	16	194															

Tab. 6 List měřidel a pomůcek – pokračování.

Bakalářská práce		List měřidel a pomůcek		Datum	21. 4. 2014																				
Vyhotovil	Drmela Radim	Název součástky	Těleso válečku	Číslo listu	2/3																				
Pozice	Název		Výrobce	Objednávací číslo																					
M2	Mikrometr s čelistmi pro měření vnitřních rozměrů		Mitutoyo [10]	145-187																					
 <table border="1" data-bbox="363 786 722 882"> <thead> <tr> <th>Rozsah měření [mm]</th> <th>Přesnost</th> <th>Hmotnost [g]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50-75</td> <td>$\pm 7 \mu\text{m}$</td> <td>160</td> </tr> </tbody> </table>						Rozsah měření [mm]	Přesnost	Hmotnost [g]	50-75	$\pm 7 \mu\text{m}$	160														
Rozsah měření [mm]	Přesnost	Hmotnost [g]																							
50-75	$\pm 7 \mu\text{m}$	160																							
M3	Broušený plochý kalibr		Kovo Šmerda	-																					
																									
M4	Číselníkový úchylkoměr s magnetickým stojánkem		Mitutoyo [10]	1040S, 7011S																					
 <table border="1" data-bbox="347 1877 1353 1948"> <thead> <tr> <th>Rozsah měření [mm]</th> <th>Rozsah měření/ot.</th> <th>Dělení stupnice</th> <th>Stupnice</th> <th>Hmotnost s/bez očka [g]</th> <th>Celková výška [mm]</th> <th>Jemné dostavení [mm]</th> <th>Akční rádius [mm]</th> <th>Závít ramene/podstavce</th> <th>Hmotnost [kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3,5</td> <td>0,5 mm</td> <td>0,01 mm</td> <td>0-50 (50-0)</td> <td>90/70</td> <td>235</td> <td>Ano</td> <td>160</td> <td>M8 x 1.25</td> <td>1,45</td> </tr> </tbody> </table>						Rozsah měření [mm]	Rozsah měření/ot.	Dělení stupnice	Stupnice	Hmotnost s/bez očka [g]	Celková výška [mm]	Jemné dostavení [mm]	Akční rádius [mm]	Závít ramene/podstavce	Hmotnost [kg]	3,5	0,5 mm	0,01 mm	0-50 (50-0)	90/70	235	Ano	160	M8 x 1.25	1,45
Rozsah měření [mm]	Rozsah měření/ot.	Dělení stupnice	Stupnice	Hmotnost s/bez očka [g]	Celková výška [mm]	Jemné dostavení [mm]	Akční rádius [mm]	Závít ramene/podstavce	Hmotnost [kg]																
3,5	0,5 mm	0,01 mm	0-50 (50-0)	90/70	235	Ano	160	M8 x 1.25	1,45																

5 VÝROBNÍ NÁVODKY

Výrobní návodky slouží k podrobnějšímu popsání výrobních operací z technologického postupu. Popisují jak dosáhnout z výkovku tělesa válečku (příloha 4) požadovaný tvar obrobku (příloha 5). Návodky dále obsahují náskres součástí v rozpracovaném stavu včetně znázornění odebíraných třísek (viz obr. 5, 6, 7). Pro vnější operaci soustružení 01/01 je zpracována návodka v tabulce 7, pro vnitřní soustružení operace 01/01 je pak zpracována tabulka 8. Pro vnitřní soustružení (operace 04/04) z levé strany je zpracována návodka v tabulce 9. Způsob upnutí při těchto operacích je načrtnut v příloze 6 (pro operaci 01/01), v příloze 7 pro operaci 04/04).

Ve výrobních návodkách jsou uvedeny délky automatického posuvu (L), které byly vypočteny za pomoci programu Autodesk Inventor 2014. Dále pak otáčky, jejichž výpočet byl spočten podle vztahu (1), zohledňující řeznou rychlost doporučenou výrobcem nástrojů. Rovněž jsou zde uvedeny také jednotkové strojní časy, které byly spočteny podle vztahu (2). Strojní čas pro dokončovací operace byl stanoven jako součet strojních časů pro podélné soustružení a čelní soustružení při konstantních otáčkách. Výpočet strojního času pro čelní soustružení při konstantních otáčkách je spočten podle vztahu (3). Jednotkový vedlejší čas je spočten podle vztahu (4), poslední vedlejší čas všech soustružnických operací a každý vedlejší čas před výměnou nástroje zahrnuje odjezd do bodu výměny nástroje $x200$ z200.

Výpočet otáček vřetene:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \quad (1)$$

kde: v_c [$m \cdot \min^{-1}$]-řezná rychlost,

D [mm]-průměr obrobku,

n [\min^{-1}]-otáčky obrobku.

$$n = \frac{1000 \cdot 200}{\pi \cdot 160,5} \cong 397 \min^{-1}$$

Výpočet jednotkového strojního času pro soustružení válcové plochy při konstantních otáčkách [11]:

$$t_{ASn} = \frac{l + l_n + l_p}{n \cdot f} \quad (2)$$

kde: t_{ASn} [min]-jednotkový strojní čas při konstantních otáčkách,

l [mm]-délka soustružené plochy,

l_n [mm]-délka náběhu,

l_p [mm]-délka přeběhu,

f [mm]-posuv na otáčku.

$$t_{AS} = \frac{11,5 + 2 + 2}{386 \cdot 0,3} = 0,134 \text{ min}$$

Výpočet jednotkového strojního času pro čelní soustružení při konstantní řezné rychlosti [11]:

$$t_{AS_v} = \frac{\pi \cdot (D_v^2 - d_v^2)}{4 \cdot 10^3 \cdot f \cdot v_c} \quad (3)$$

kde: t_{AS_v} [min]-jednotkový strojní čas pro konstantní řeznou rychlost,

D_v [mm]-větší průměr obrobku,

d_v [mm]-menší průměr obrobku.

$$t_{AS_v} = \frac{\pi \cdot (71^2 - 37^2)}{4 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 250} = 0,115 \text{ min}$$

Výpočet vedlejšího strojního času [12]:

$$t_{AV} = \frac{L_{RX}}{v_{fRX}} + \frac{L_{RZ}}{v_{fRZ}} \quad (4)$$

kde: t_{AV} [min] - vedlejší strojní čas,

L_{RX} [mm] - délka rychloposuvu v ose x,

L_{RZ} [mm] - délka rychloposuvu v ose z,

v_{fRX} [mm·min⁻¹] - rychloposuv v ose x,

v_{fRZ} [mm·min⁻¹] - rychloposuv v ose z.

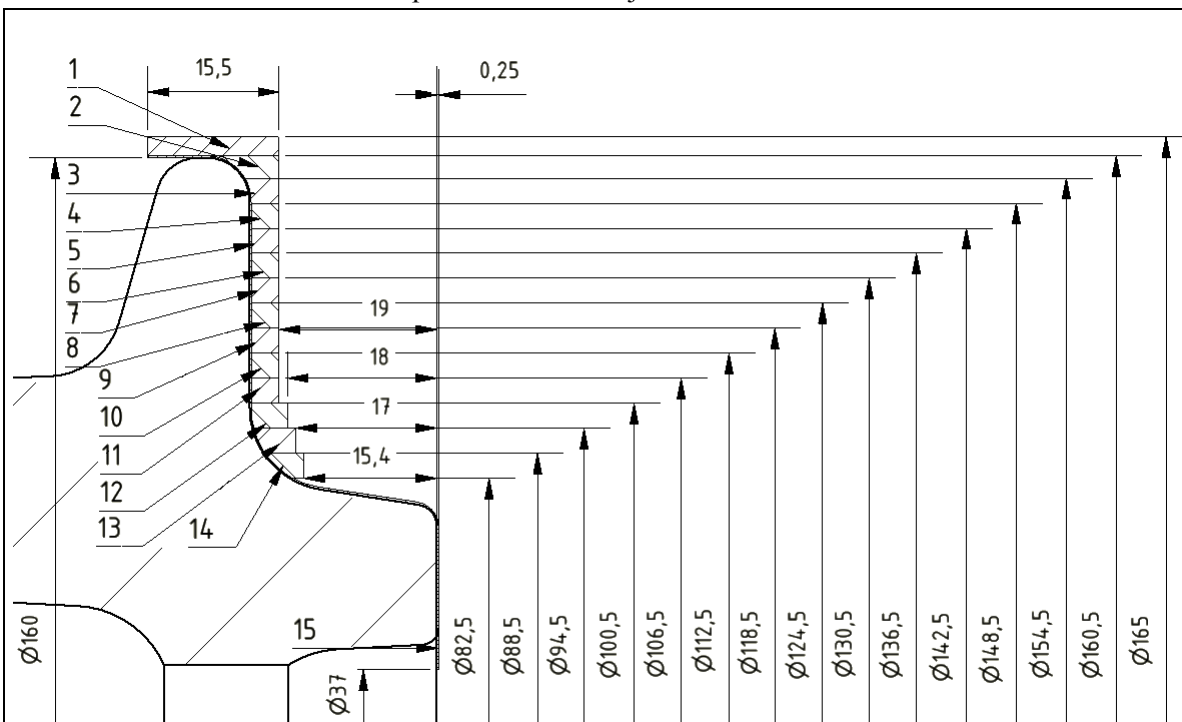
$$t_{AV} = \frac{19,75}{16000} + \frac{219}{20000} = 0,0122 \text{ min}$$

Další výpočty byly provedeny v programu Microsoft Excel 2010 a výsledné časy jsou uvedeny ve výrobních návodkách. Celkový čas jednotkové práce byl spočten podle vztahu (4).

5.1 Operace 01/01.

5.1.1 Vnější

Tab. 7 Návodka na soustružnické operace 01/01 - vnější.



Obr. 5 Detailní pohled na operaci 01/01 - vnější, více v příloze 6.

Výrobní návodka

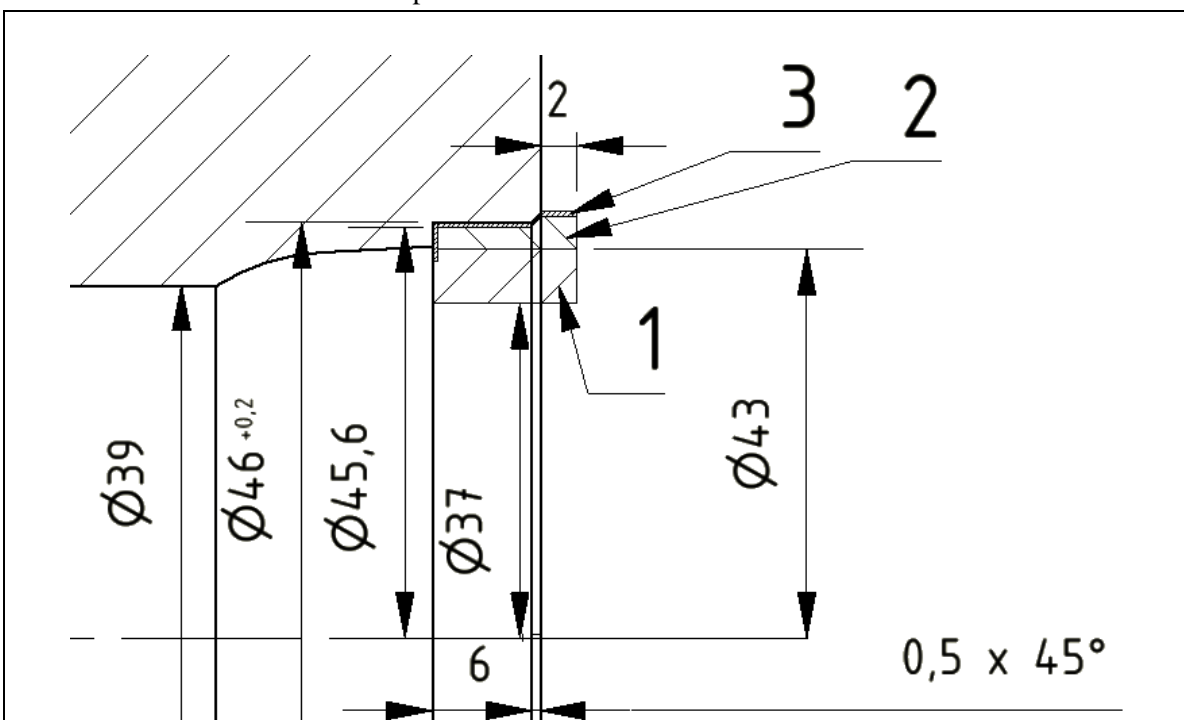
Bakalářská práce	Těleso válečku		CNC soustruh: Taiwan Takesiwa					Číslo operace: 01/01	
Úsek	i	v_c [m · min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]	L [mm]	t_{AS} [min]	t_{AV} [min]	Výrobní nástroj
Hrubovat	1	200	397	0,3	2,25	15,5	0,137	0,012	T1
Hrubovat	2	200	412	0,3	3	9,5	0,083	0,001	T1
Hrubovat	3	200	429	0,3	3	6,5	0,056	0,001	T1
Hrubovat	4	200	447	0,3	3	3,25	0,028	0,001	T1
Hrubovat	5	200	466	0,3	3	3,25	0,027	0,001	T1
Hrubovat	6	200	488	0,3	3	3,25	0,026	0,001	T1
Hrubovat	7	200	511	0,3	3	3,25	0,025	0,001	T1
Hrubovat	8	200	537	0,3	3	3,25	0,024	0,001	T1
Hrubovat	9	200	566	0,3	3	3,25	0,023	0,001	T1
Hrubovat	10	200	598	0,3	3	3,25	0,022	0,001	T1
Hrubovat	11	200	633	0,3	3	3,25	0,021	0,001	T1

Tab. 7 Návodka na soustružnické operace 01/01 - vnější - pokračování.

Výrobní návodka									
Bakalářská práce	Těleso válečku			CNC soustruh: Taiwan Takesiwa				Číslo operace: 01/01	
Úsek	i	v_c	n	f	a_p	L	t_{AS}	t_{AV}	Výrobní nástroj
		[m · min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]	[min]	
Hrubovat	12	200	674	0,3	3	8	0,045	0,001	T1
Hrubovat	13	200	719	0,3	3	8	0,042	0,001	T1
Hrubovat	14	200	771	0,3	3	6,5	0,033	0,001	T1
Dokončovat	15	250	-	0,1	0,25	85,2	1,116	0,043	T2
Navrhl	Drmela Radim			Celkem			1,708	0,068	

5.1.2 Vnitřní

Tab. 8 Návodka na soustružnické operace 01/01 - vnitřní.



Obr. 6 Detailní pohled na operaci 01/01 - vnitřní, více v příloze 7.

Výrobní návodka

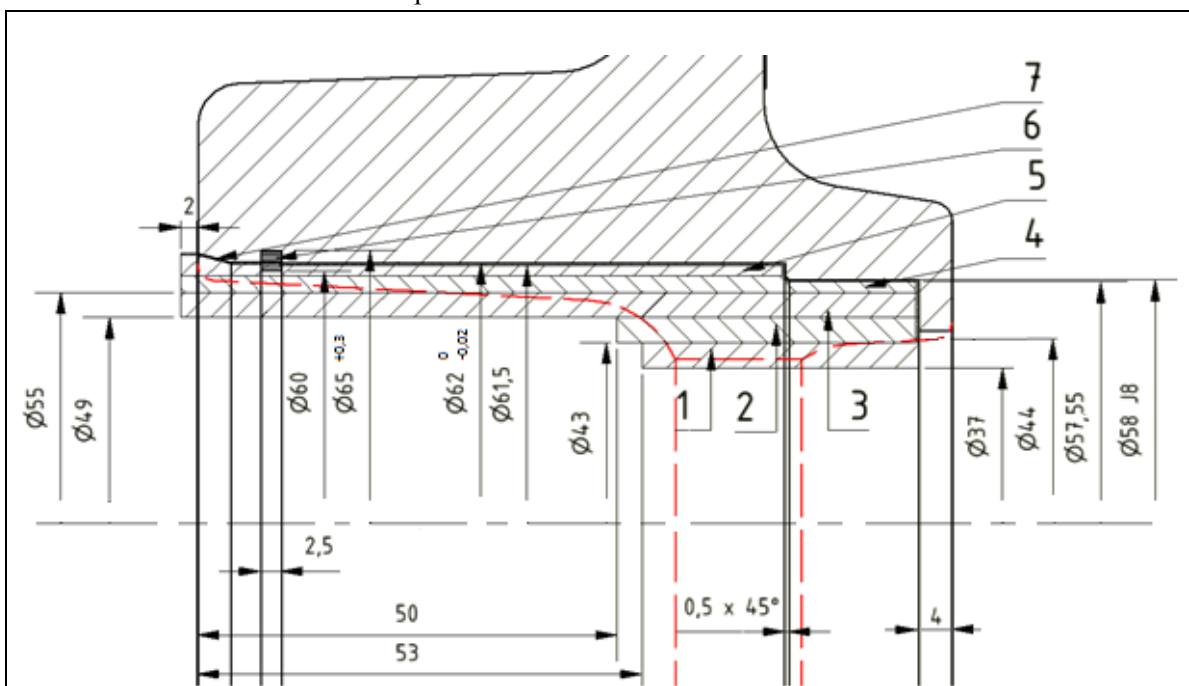
Bakalářská práce	Těleso válečku			CNC soustruh: Taiwan Takesiwa				Číslo operace: 01/01	
Úsek	i	v_c	n	f	a_p	L	t_{AS}	t_{AV}	Výrobní nástroj
		[m · min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]	[min]	
Hrubovat	1	200	1481	0,3	3	10	0,018	0,015	T3

Tab. 8 Návodka na soustružnické operace 01/01 – vnitřní - pokračování.

Výrobní návodka									
Bakalářská práce	Těleso válečku			CNC soustruh: Taiwan Takesiwa				Číslo operace: 01/01	
Úsek	i	v_c [m · min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]	L [mm]	t_{AS} [min]	t_{AV} [min]	Výrobní nástroj
Hrubovat	2	200	1381	0,3	1,55	10,2	0,021	0,001	T3
Dokončovat	3	250	-	0,1	0,25	10,2	0,052	0,045	T4
Navrhl	Drmela Radim			Celkem			0,091	0,061	

5.2 Operace 04/04.

Tab. 9 Návodka na soustružnické operace 04/04.



Obr. 7 Detailní pohled na operaci 04/04, více v příloze 8.

Výrobní návodka

Bakalářská práce	Těleso válečku			CNC soustruh: Taiwan Takesiwa				Číslo operace: 04/04	
Úsek	i	v_c [m · min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]	L [mm]	t_{AS} [min]	t_{AV} [min]	Výrobní nástroj
Hrubovat	1	200	1481	0,3	3	33	0,067	0,018	T3
Hrubovat	2	200	1299	0,3	3	36	0,084	0,002	T3
Hrubovat	3	200	1157	0,3	3	88	0,229	0,005	T3

Tab. 9 Návodka na soustružnické operace 04/04 – pokračování.

Výrobní návodka									
Bakalářská práce	Těleso válečku			CNC soustruh: Taiwan Takesiwa				Číslo operace: 04/04	
Úsek	i	v_c	n	f	a_p	L	t_{AS}	t_{AV}	Výrobní nástroj
		[m · min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]	[min]	
Hrubovat	4	200	1044	0,3	1,775	88,2	0,257	0,004	T3
Hrubovat	5	200	1003	0,3	2,675	72,25	0,211	0,015	T3
Zapichovat	6	80	-	0,03	5	5	0,205	0,033	T5
Dokončovat	7	250	-	0,1	0,25	102,8	0,602	0,038	T4
Navrhl	Drmela Radim			Celkem			1,655	0,115	

Výpočet celkového jednotkového času práce [13]:

$$t_A = \sum t_{AS} + \sum t_{AV} + \left(\sum t_{Ax} \right) \cdot t_{ch} + t_{vks} \quad (5)$$

- kde: t_A [min] - celkový jednotkový čas,
 t_{Ax} [min] - celkový čas na výměnu nástroje,
 t_{ch} [-] - počet výměn nástroje,
 t_{vks} [min] - čas na výměnu a upnutí dalšího kusu (zde je zahrnut i čas odpovídající na výměnu VBD).

$$t_A = 1,708 + 0,091 + 1,655 + 0,068 + 0,061 + 0,115 + 0,025 \cdot 7 + 0,42 = 4,293 \text{ min}$$

Při dodržení řezných podmínek doporučených firmou WNT lze stanovit hodnota trvanlivosti jednoho ostří na $T = 30$ min pro hrubování, $T = 35$ min pro dokončování a $T = 30$ min pro zapichování. Tyto hodnoty byly stanoveny z katalogu firmy WNT a za pomoci již nabytých zkušeností. Celkový počet VBD je pak určen vztahem (6). V tabulce 11 je pak určeno celkové množství VBD pro výrobu 10 000 ks tělesa válečku.

Výpočet počtu kusů VBD pro jedno těleso válečku [12]:

$$P_{VBD} = \frac{t_{AS}}{x \cdot T} \quad (6)$$

- kde: P_{VBD} [ks] - počet kusů VBD pro výrobu jednoho tělesa válečku,
 x [-] - počet ostří VBD,
 T [min] - trvanlivost jednoho ostří.

$$P_{VBD} = \frac{0,887}{6 \cdot 30} = 0,0050 \text{ ks}$$

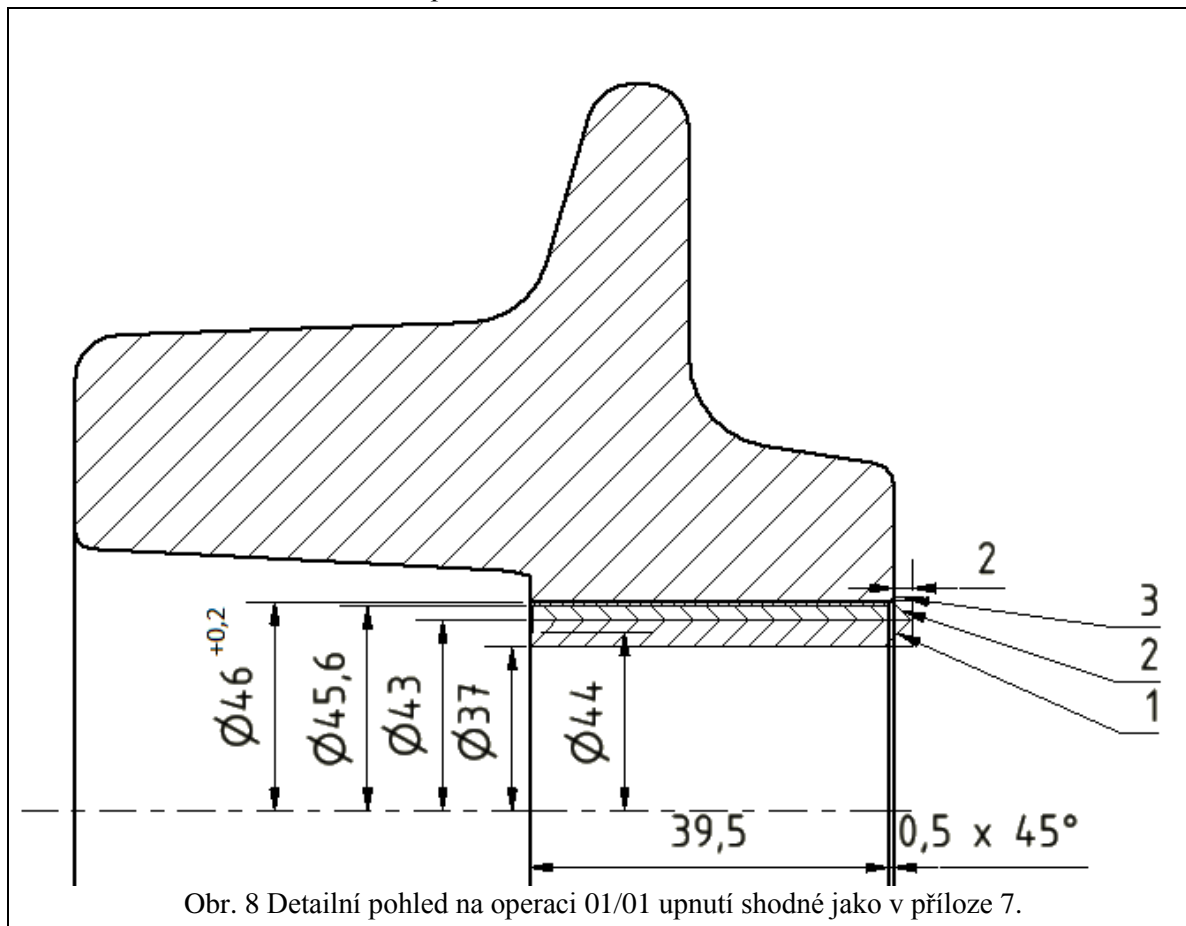
Tab. 10 Informace o počtu VBD při výrobě.

Označení VBD	t_{AS}	x	T	P_{VBD}	Celková počet VBD pro výrobu 10 000 ks těles válečků
	[min]	[-]	[min]	[ks]	[ks]
WNMG – WF vnitřní	0,887	6	30	0,0050	50
WNMG – WF vnější	0,592	6	30	0,0033	33
DCMT – SMF vnější	1,116	2	35	0,0160	160
DCMT – SMF vnitřní	0,654	2	35	0,0094	94
14,00. R.2,50.5,5 zapichovací	0,205	1	30	0,0069	69

6 NÁVRH VARIANTNÍHO VÝROBNÍHO ŘEŠENÍ

Návrh variantního výrobního řešení bude spočívat ve změně obráběcích postupů pro vnitřní soustružení (jak operace 01/01 tak i 04/04). Z důvodu partnerského vztahu s firmou WNT budou ponechány stejné nástroje i VBD.

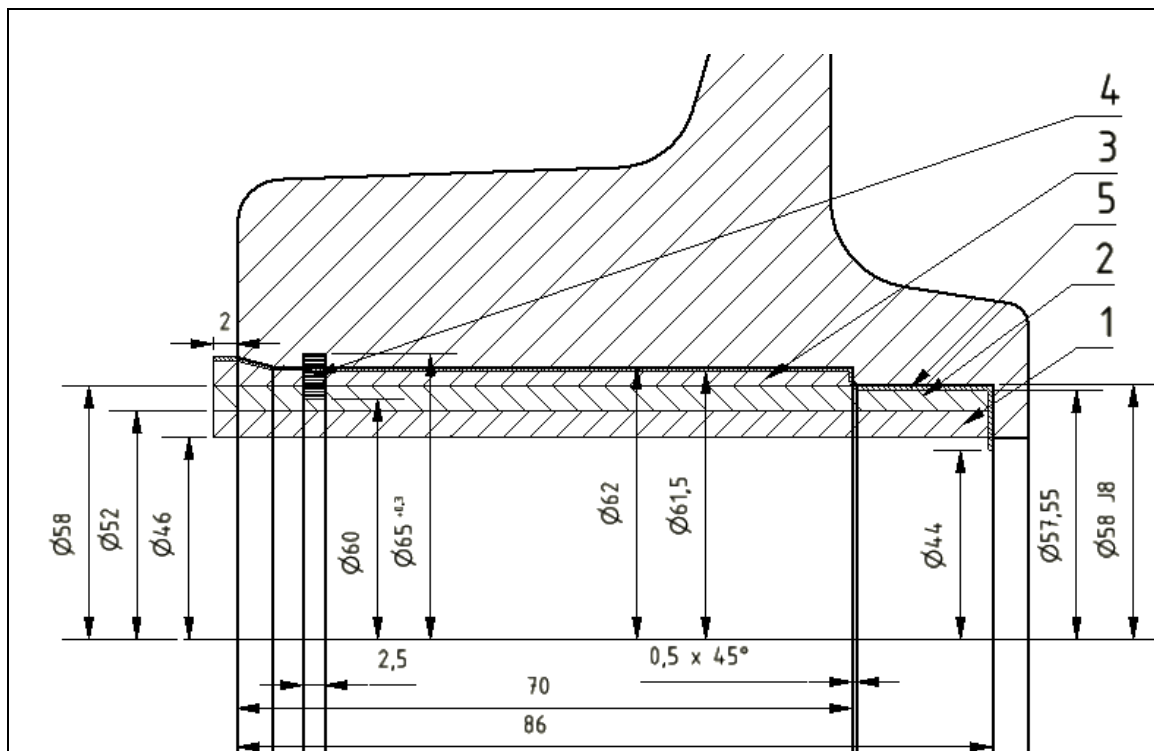
Tab. 11 Návodka na soustružnické operace 01/01 – vnitřní.



Výrobní návodka

Bakalářská práce	Těleso válečku		CNC soustruh: Taiwan Takesiwa					Číslo operace: 01/01	
Úsek	i	v_c [m · min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]	L [mm]	t_{AS} [min]	t_{AV} [min]	Výrobní nástroj
Hrubovat	1	200	1481	0,3	3	42	0,079	0,015	T3
Hrubovat	2	200	1381	0,3	1,55	42,5	0,080	0,002	T3
Dokončovat	3	250	-	0,1	0,25	44,5	0,282	0,061	T4
Navrhl	Drmela Radim		Celkem				0,441	0,078	

Tab. 12 Návodka na soustružnické operace 04/04.



Obr. 9 Detailní pohled na operaci 04/04 upnutí shodné jako v příloze 8.

Výrobní návodka

Bakalářská práce		Těleso válečku		CNC soustruh: Taiwan Takesiwa				Číslo operace: 04/04	
Úsek	i	v_c [m · min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]	L [mm]	t_{AS} [min]	t_{AV} [min]	Výrobní nástroj
Hrubovat	1	200	1225	0,3	3	88	0,240	0,012	T3
Hrubovat	2	200	1098	0,3	3	88,5	0,268	0,003	T3
Hrubovat	3	200	995	0,3	3	72,2	0,296	0,018	T3
Zapichovat	4	80	-	0,03	5	5	0,205	0,033	T5
Dokončovat	5	250	-	0,1	0,25	100,8	0,583	0,038	T4
Navrhl	Drmela Radim			Celkem			1,592	0,104	

Tab. 13 Informace o počtu VBD při výrobě variantním způsobem.

Označení VBD	t_{AS}	x	T	P_{VBD}	Celková počet VBD pro výrobu 10 000 ks těles válečků
	[min]	[-]	[min]	[ks]	
WNMG – WF vnitřní	0,963	6	30	0,0054	54
DCMT – SMF vnitřní	0,865	2	35	0,0124	124
14,00. R.2,50.5,5 zapichovací	0,205	1	30	0,0069	69

7 TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

7.1 Ukazatele technologičnosti

Veškeré teoretické výpočty byly provedeny dle literatury [11, 13]. Souhrn ukazatelů je pak shrnut v tabulce 14. V příloze 9 je pak uveden výrobní CNC program.

Výpočet hmotnosti výkovku:

$$m_v = \rho \cdot V_v \quad (7)$$

kde: m_v [kg] - váha výkovku,
 ρ [kg · m⁻³] - hustota materiálu,
 V_v [m³] - objem výkovku zjištěn v programu Autodesk Inventor 2014.

$$m_v = 7850 \cdot 7,380 \cdot 10^{-4} = 5,793 \text{ kg}$$

Obdobně je spočtena hmotnost obrobku.

$$m_o = 7850 \cdot 6,027 \cdot 10^{-4} = 4,731 \text{ kg}$$

kde: m_o [kg]-váha obrobku.

Výpočet využití ukazatele materiálu:

$$U_m = \frac{m_o}{m_v} \cdot 100 \quad (8)$$

kde: U_m [%] - ukazatel využití materiálu.

$$U_m = \frac{4,731}{5,793} \cdot 100 = 81,7 \%$$

Výpočet ukazatele jakosti povrchu obráběné plochy:

$$U_k = \frac{\sum_{i=1}^k H_i \cdot n_{ip}}{np} \quad (9)$$

kde: U_k [μm] - ukazatel jakosti povrchu,
 H_i [μm] - střední aritmetická odchylka Ra,
 n_{ip} [-] - četnost výskytu dané hodnoty Ra,
 np [-] - četnost výskytu všech hodnot Ra.

$$U_k = \frac{(3,2 \cdot 7) + (25 \cdot 3)}{10} = 9,74 \text{ μm}$$

Výpočet ztráty materiálu na jednici:

$$z_{mj} = m_v - m_o \quad (10)$$

kde: z_{mj} [kg] - ztráta materiálu jednoho kusu tělesa válečku vzniklá obráběním.

$$z_{mj} = 5,793 - 4,731 = 1,062 \text{ kg}$$

Tab. 14 Souhrn vypočtených hodnot technologických ukazatelů.

Ukazatel využití materiálu	$U_m = 81,7 \%$
Ukazatel jakosti povrchu	$U_k = 9,74 \mu m$
Ztráta matice na jednici	$z_{mj} = 1,062 \text{ kg}$

7.2 Ekonomické ukazatele

Náklady na nakoupení VBD jsou shrnuty v tabulce 15 a v tabulce 16 (pro variantní výrobní technologii).

Tab. 15 Náklady na soustružnické nože a VBD.

Označení	Počet kusů pro výrobu 10000ks tělesa válečku [ks]	Cena [Kč]
WNMG – WF	83	$301 \cdot 83 = 24\,983$
DCMT – SMF	254	$175 \cdot 254 = 44\,450$
14,00. R.2,50.5,5 zapichování	69	$426 \cdot 69 = 29\,394$
PWLN R 2525 M08	1	2 181
SDJC R 2525 M11	1	2 181
A25R PWLN R 06	1	5 509
A25R SDUC R 11	1	3 505
14,00/16.N.18.1,0	1	2 363
Celkově	-	114 566

Tab. 16 Náklady na soustružnické nože a VBD pro variantní výrobní technologii.

Označení	Počet kusů pro výrobu 10000ks tělesa válečku [ks]	Cena [Kč]
WNMG – WF	87	301·87 = 26 187
DCMT – SMF	284	175·284 = 49 700
14,00. R.2,50.5,5 zapichování	69	426·69 = 29 394
PWLN R 2525 M08	1	2 181
SDJC R 2525 M11	1	2 181
A25R PWLN R 06	1	5 509
A25R SDUC R 11	1	3 505
14,00/16.N.18.1,0	1	2 363
Celkově	-	121 020

Dále je využita pouze výhodnější výrobní varianta, což je varianta první.

Výpočet počtu kusů vyrobených v první směně:

$$P_{ps} = \frac{(s_{\xi} - t_{ps}) \cdot 60}{t_A} \quad (11)$$

kde: P_{ps} [ks]-počet vyrobených kusů v první směně,

s_{ξ} [h]-čas jedné směny (8 + 0,5[pauza]),

t_{ps} [h]-čas na první seřízení stroje.

$$P_{ps} = \frac{(8 - 1) \cdot 60}{4,293} = 97 \text{ ks}$$

Výpočet počtu kusů vyrobených v ostatních směních:

$$P_{os} = \frac{(s_{\xi} - t_{ds}) \cdot 60}{t_A} \quad (12)$$

kde: P_{os} [ks]-počet vyrobených kusů v ostatních směních,

t_{ds} [h]-čas na každodenní seřízení stroje.

$$P_{os} = \frac{(8 - 0,25) \cdot 60}{4,293} = 108 \text{ ks}$$

Tab. 17 Znázornění počtu kusů v jednotlivých směních.

Směna	Výrobků ve směně	Pracovní čas ve směně
První směna	97 ks	480 min
Ostatní směny	108ks	480 min (91x)
Poslední směna	75ks	323 min
Celkem	97+108·91+75 = 10000ks	44 483 min

Výpočet spotřeby procesní kapaliny:

$$N_{pk} = p_s \cdot s_{pk} \cdot c_{lpk} \quad (13)$$

kde: N_{pk} [Kč]-náklady na procesní kapalinu,

p_s [-]-počet směn,

s_{pk} [Kč]-spotřeba procesní kapaliny za jednu směnu (poměr 1: 100),

c_{lpk} [Kč]-cena za litr procesní kapaliny.

$$N_{pk} = 93 \cdot 0,075 \cdot 124 = 865 \text{ Kč}$$

Výpočet celkových nákladů:

$$N_c = c_{vč} \cdot (N_s + N_v) + N_N + N_{pk} \quad (14)$$

kde: N_c [Kč]-celkové náklady,

$c_{vč}$ [h]-celkový výrobní čas 44 483 min zaokrouhlený na 742 h,

N_s [Kč]-hodinová sazba stroje včetně odebrané elektřiny,

N_v [Kč]-náklady vedlejší (pracovník),

N_N [Kč]-náklady na nákup (VBD, soustružnické nože).

$$N_c = 742 \cdot (500 + 140) + 114566 + 865 = 590 311 \text{ Kč}$$

Výpočet hrubého zisku:

$$Z_h = v_{jk} \cdot 10 000 + z_{VBD} \cdot m_{VBD} \quad (15)$$

kde: Z_h [Kč] - hrubý zisk,

v_{jk} [Kč] - výdělek za výrobu jednoho kusu,

z_{VBD} [Kč] - cena za výkup jednoho kilogramu VBD,

m_{VBD} [kg] - hmotnost všech VBD potřebných na soustružnické operace.

$$Z_h = 150 \cdot 10 000 + 350 \cdot 12,18 = 1 504 263 \text{ Kč}$$

Výpočet celkového zisku:

$$Z_c = Z_h - N_c \quad (16)$$

kde: Z_c [Kč] - čistý zisk.

$$Z_c = 1 504 263 - 590 311 = 913 952 \text{ Kč}$$

Výpočet ekonomického hlediska pro variantní řešení byl spočten podle stejných vztahů:

$$t_A = 4,586 \text{ min}$$

$$P_{ps} = \frac{(8 - 1) \cdot 60}{4,586} = 91 \text{ ks}$$

$$P_{os} = \frac{(8 - 0,25) \cdot 60}{4,586} = 101 \text{ ks}$$

Tab. 18 Znáornění počtu kusů v jednotlivých směnách.

Směna	Výrobků ve směně	Pracovní čas ve směně
První směna	91 ks	480 min
Ostatní směny	101ks	480 min (98x)
Poslední směna	5ks	38 min
Celkem	$97+101 \cdot 98+5 = 10000$ ks	47 558 min

$$N_{pk} = 100 \cdot 0,075 \cdot 124 = 930 \text{ Kč}$$

$$N_c = 793 \cdot (500 + 140) + 121020 + 930 = 629 470 \text{ Kč}$$

$$Z_h = 150 \cdot 10000 + 350 \cdot 12,3 = 1 504 305 \text{ Kč}$$

$$Z_c = 1 504 305 - 629 470 = 874 835 \text{ Kč}$$

ZÁVĚR

V této bakalářské práci byla navržena technologie výroby tělesa válečku pro důlní vozíky z materiálu 1.7225 (15 142). Návrh technologie byl soustředěn na soustružnické operace ve firmě Kovo Šmerda.

- V první navržené technologii je zapotřebí nakoupit 83 hrubovacích VBD, 254 dokončovacích VBD a 69 zapichovacích VBD Minicut,
- strojní čas na výrobu jednoho kusu v první variantě je 4,293 min,
- celkové náklady první navržené technologie činí 590 311 Kč, přičemž hrubý zisk činí 1 504 263 Kč, čistý zisk pak je 913 952 Kč
- Ve variantním výrobním řešení je zapotřebí nakoupit 87 hrubovacích VBD, 284 hrubovacích VBD a 69 zapichovacích VBD Minicut,
- strojní čas variantního řešení je 4,586 min;
- celkové náklady variantního řešení činí 629 470 Kč, přičemž hrubý zisk činí 1 504 305 Kč, čistý zisk pak odpovídá 874 835 Kč.

Pro výrobu 10 000 kusů tělesa válečku je doporučena výroba první navržené varianty, která má o 39 117 Kč větší zisk. Tento výdělek odpovídá 105% zisku v porovnání s variantním výrobním návrhem. Navíc strojní čas první varianty odpovídá 93,6 % času strojního času pro variantní výrobní technologii. První výrobní variantu je možno vyrobit během 93 směn, zatímco k variantní výrobní technologii je zapotřebí 100 směn, tímto je zřejmé ušetření 7 směn.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Ing. ZEMČÍK, Oskar, CSc. *Technologické procesy: část obrábění*. Vysoké učení technické v Brně. Faulta strojního inženýrství.
2. JKZ Bučovice a.s.: Ocel k zušlechťování. [online]. [vid. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://jkz.cz/produkty/ocel-k-zuslechtovani-15-142>
3. Bohdan Bolzano s.r.o. Kladno, Česká republika. *Technická příručka: Přehled vlastností oceli 42CrMo4* [online]. 2004 [vid. 2014-4-20]. Dostupné z: http://prirucka.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/techprirI/tycovaocel/EN10083/Prehled_vlast_42CrMo4/
4. OCTOPUS Tools: Převody materiálů DIN - ČSN - W.Nr. [online]. [vid. 2014-05-4]. Dostupné z: http://www.octopustools.com/normy_materialu.php
5. SVOBODA, Pavel. *Základy konstruování*. Vyd. 5. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 236 s. ISBN 978-80-7204-839-7.
6. LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006, xiv, 914 s. ISBN 80-736-1033-7.
7. *POVRCHOVÉ KALENÍ OCELÍ VLÁKNOVÝM YBYAG LASEREM*. Diplomová práce. Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce RNDr. Libor Mrňa, Ph. D.
8. Bodycote: Indukční kalení. [online]. [vid. 2014-05-4]. Dostupné z: <http://www.bodycote.cz/cs-CZ/services/heat-treatment/harden-and-temper/induction-hardening.aspx>
9. WNT Total tooling: Soustružnické nože. [online]. [vid. 2014-03-8]. Dostupné z: <http://www.wnt.de/cs-cs/WNT-Multimedia-stahovani.htm>
10. Mitutoyo CZ-18001: Katalog měřících přístrojů. [online]. 2013/2014. Teplice [vid. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.mitutoyo.cz/files/cz-18001.pdf>
11. Prof. Ing. KOČMAN, Karel, DrSc a doc. Ing. Jartoslav PROKOP, CSc. *Technologie obrábění*. AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s. r. o. Brno, 2001. ISBN 80-214-1996-2.
12. BAKLÍK, Lukáš. *SESTAVENÍ TECHNOLOGICKÉHO PROCESU OBSAHUJÍCÍHO CNC STROJ*. Vysoké učení technické v Brně, 2013. Bakalářská práce. Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Milan Kalivoda.
13. HUMÁR, Doc. Ing. Anton. *Technologie I: Výpočtová cvičení, studijní opory pro magisterskou formu studia*. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE, 2003.

14. Ohradová paleta. [online]. [cit. 2014-05-4]. Dostupné z:
<http://www.emporo.cz/ohradova-paleta-kovova-s-vikem-1200x800-mm-4-plne-bocnice-nosnost-1000-kg-seda-ral7005/d-84474-c-6190/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CNC	[-]	computer numeric control
HV	[HV]	tvrdost dle Vickerse
VBD	[-]	vyměnitelná břitová destička

Symbol	Jednotka	Popis
D	mm	průměr obrobku
D_v	mm	větší průměr obrobku
H_i	μm	střední aritmetická odchylka Ra
L_{RX}	mm	délka rychloposuvu v ose x
L_{RZ}	mm	délka rychloposuvu v ose z
N_c	Kč	celkové náklady
N_N	Kč	náklady na nákup (VBD, soustružnické nože)
N_{pk}	Kč	náklady na procesní kapalinu
N_s	Kč	hodinová sazba stroje včetně odebrané elektřiny
N_v	Kč	náklady vedlejší (pracovník)
P_{os}	ks	počet vyrobených kusů v ostatních směnách
P_{ps}	ks	počet vyrobených kusů v první směně
P_{VBD}	ks	počet kusů VBD pro výrobu jednoho tělesa válečku
T	min	trvanlivost jednoho ostří
U_k	μm	ukazatel jakosti povrchu,
U_m	%	ukazatel využití materiálu
V_v	m^3	objem výkovku zjištěn v programu Autodesk Inventor 2014
Z_c	Kč	čistý zisk
Z_h	Kč	hrubý zisk

c_{lpk}	Kč	cena za litr procesní kapaliny
$c_{vč}$	h	celkový výrobní čas 44 483 min zaokrouhlený na 742 h
f	mm	posuv na otáčku

l	mm	délka soustružené plochy
l_n	mm	délka náběhu
l_p	mm	délka přeběhu
m_o	kg	váha obrobku
m_v	kg	váha výkovku
m_{VBD}	kg	hmotnost všech VBD potřebných na soustružnické operace
n	min^{-1}	otáčky obrobku
n_{ip}	-	četnost výskytu dané hodnoty R_a
n_p	-	četnost výskytu všech hodnot R_a
p_s	-	počet směn
$s_{\check{c}}$	h	čas jedné směny
s_{pk}	Kč	spotřeba procesní kapaliny za jednu směnu
t_A	min	celkový jednotkový čas
t_{AS_n}	min	jednotkový strojní čas při konstantních otáčkách
t_{AS_v}	min	jednotkový strojní čas pro konstantní řeznou rychlost
t_{AV}	min	vedlejší strojní čas
t_{Ax}	min	celkový čas na výměnu nástroje
t_{ds}	h	čas na každodenní seřízení stroje
t_{ch}	-	počet výměn nástroje
t_{ps}	h	čas na první seřízení stroje
t_{vks}	min	čas na výměnu a upnutí dalšího kusu (zde je zahrnut i čas odpovídající na výměnu VBD)
v_c	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$	řezná rychlost
v_{fRX}	$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$	rychlouposuv v ose x
v_{fRZ}	$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$	rychlouposuv v ose z
v_{jk}	Kč	výdělek za výrobu jednoho kusu
x	-	počet ostří VBD
z_{mj}	kg	ztráta materiálu jednoho kusu tělesa válečku vzniklá obráběním
z_{VBD}	Kč	cena za výkup jednoho kilogramu VBD
ρ	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	hustota materiálu

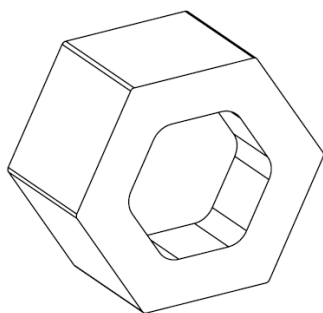
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Technické parametry stroje Taiwan Takisawa Ex-310 310 a příklad vyrobitelných výrobků.
Příloha 2	Strojový park firmy Kovo Šmerda s.r.o.
Příloha 3	Ocelová ohradová paleta firmy Emporo.
Příloha 4	Výkres výkovku.
Příloha 5	Výkres obrobku.
Příloha 6	Náčrt upnutí tělesa pro operaci 01/01 včetně detailu pro výrobní návodku.
Příloha 7	Náčrt upnutí tělesa pro operaci 01/01 včetně detailu pro výrobní návodku.
Příloha 8	Náčrt upnutí tělesa pro operaci 04/04 včetně detailu pro výrobní návodku.
Příloha 9	CNC program.

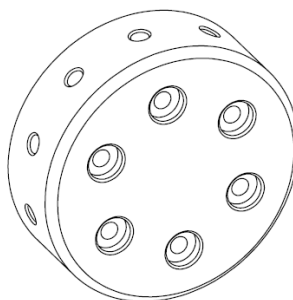
PŘÍLOHA 1

Technické parametry stroje Taiwan Takisawa Ex-310 a příklad vyrobitelných výrobků.

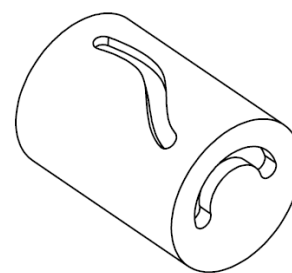
Parametr	Specifikace	Jednotky	Hodnota
Kapacita	max. průměr soustružení	mm	350
	max. délka soustružení	mm	710
Vřeteno	počet vřeten	-	1
	rozsah otáček vřetene	min ⁻¹	35-3500
Posuv	rychloposuv osy X	m · min ⁻¹	16
	rychloposuv osy Z	m · min ⁻¹	20
	pracovní posuv osy X	mm · min ⁻¹	0-1260
	pracovní posuv osy Z	mm · min ⁻¹	0-1260
Motor	vřeteno	kW	15/22
	motor posuvu osy X	kW	1,2
	motor posuvu osy Z	kW	2,5
Nádrž	nádrž hydraulického oleje	l	40
	nádrž chladicí kapaliny	l	230
Velikost	délka	mm	2890
	šířka	mm	2020
	výška	mm	1855
	hmotnost	kg	5600
CNC řízení	FANUC 21iTB	-	-



a)



b)



c)

a) frézování tvarových ploch v ose Z (n-úhelníky, excentry atd.), b) vrtání, řezání závitu, frézování zhloubení mimo osu i na obvodu, c) drážkování na čele i obvodu.

PŘÍLOHA 2

Strojový park firmy Kovo Šmerda s.r.o.

Soustruhy	SV-18x1250
	SUI-40x1500
	SU-50x2000
	SN-71x4000
	SU-100x3000
Frézky	FNK25
	FA3V
	FA4V
	FA3H
Vyvrtačka	H63
Brusky	BHU40x2000
	5Ux2000
Segmentová bruska	BPV-300x1500
CNC obráběcí centra	DMU 835V
	DMU60 eVo
	STYLE HIGHTECH BT1500-E
CNC soustruhy	Alpha 1500s
	Takishawa EX-310

PŘÍLOHA 3

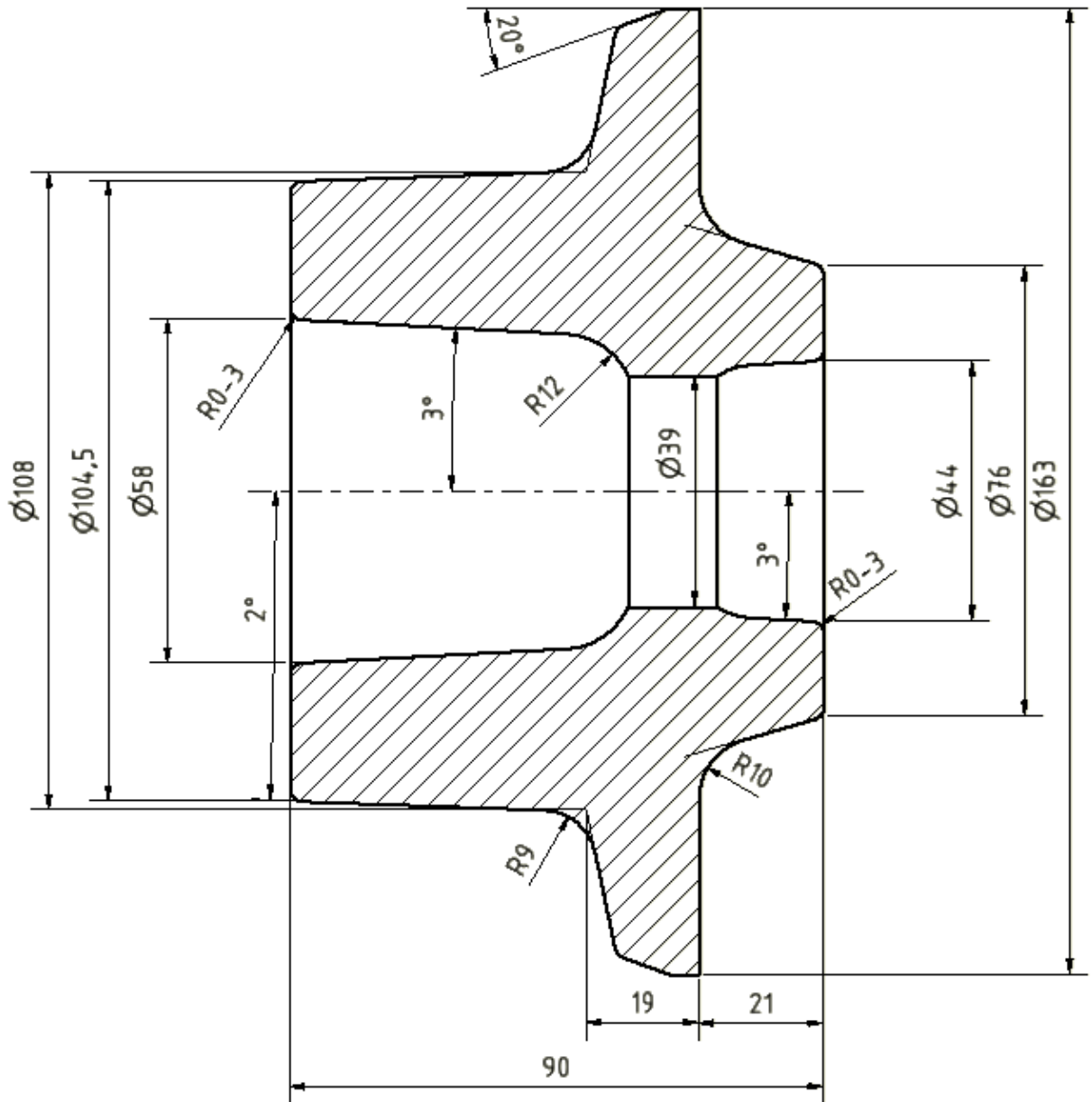
Ocelová ohradová paleta firmy Emporo [14].



délka x šířka	mm	1200 x 800
max. délka x šířka	mm	1240 x 840
výška celková	mm	600
výška stohovací	mm	536
nosnost	kg	1000
stohování	ks	11
hmotnost	kg	68
povrchová úprava		lak šedý RAL7005

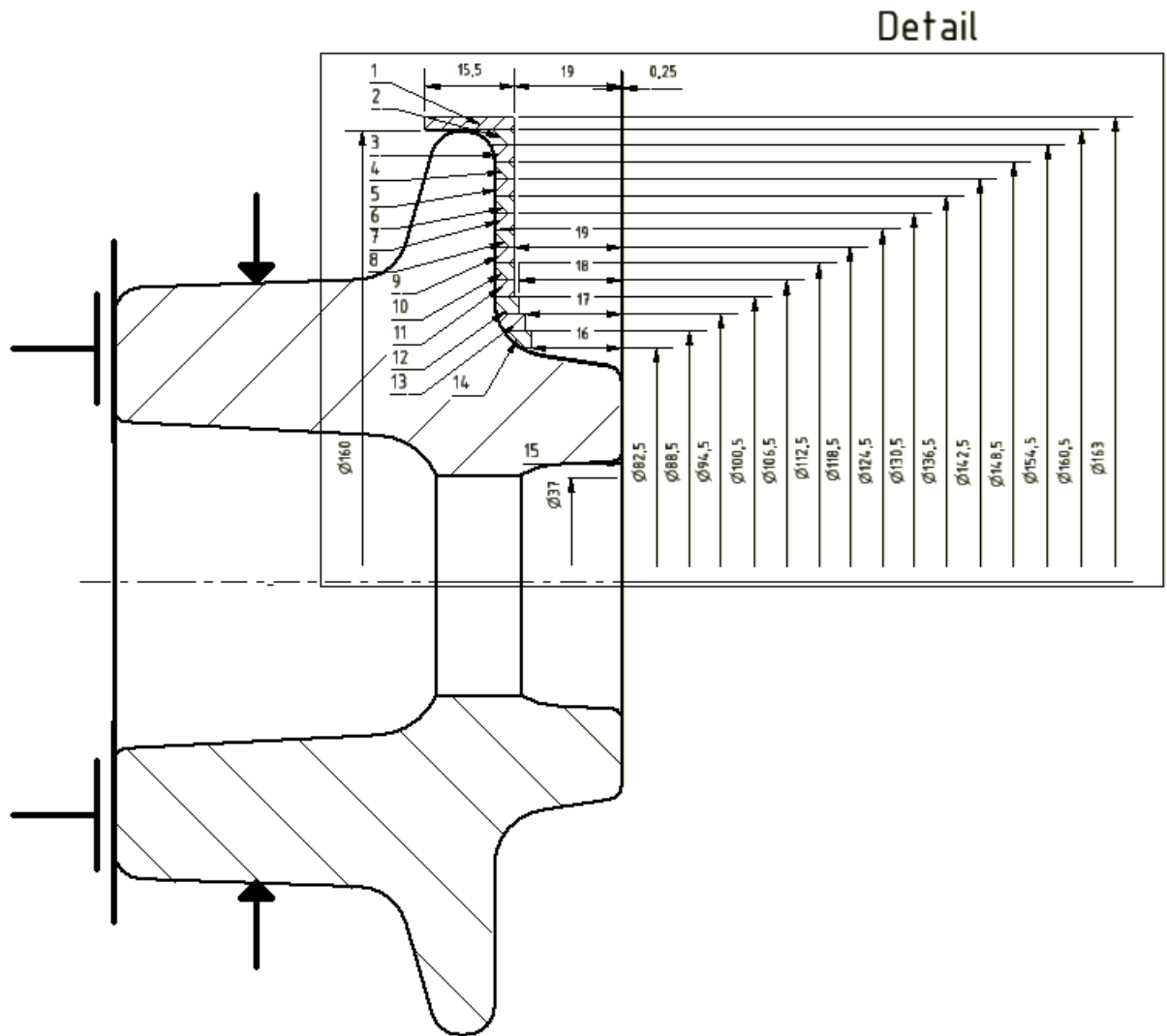
PŘÍLOHA 4

Výkres výkovku.



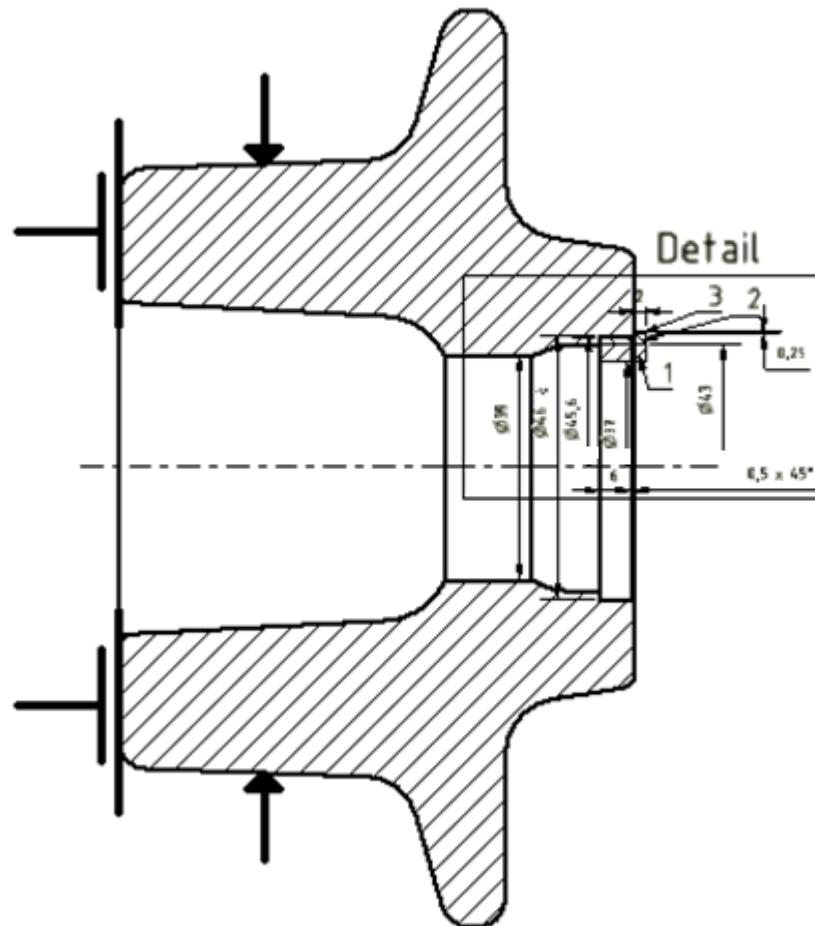
PŘÍLOHA 6

Náčrt upnutí pro operaci 01/01 včetně detailu pro výrobní návodku.



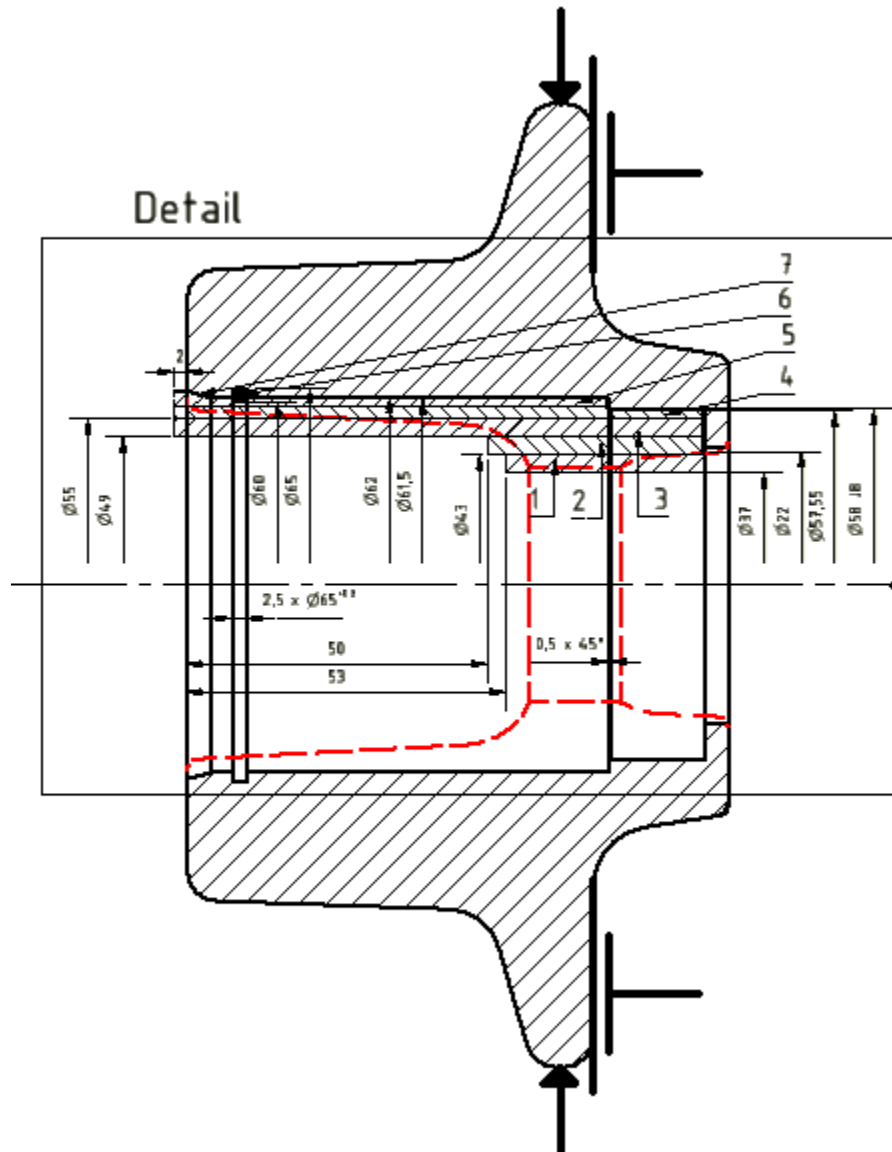
PŘÍLOHA 7

Náčrt upnutí tělesa pro operaci 01/01 včetně detailu pro výrobní návodku.



PŘÍLOHA 8

Náčrt upnutí tělesa pro operaci 04/04.



PŘÍLOHA 9

CNC program pro operaci 01/01.

N001 (VYKOVEK-PR.163X90-CV.30152031/DIRA);
N002 G1900 D163 L90 K0.5;
N003 G00 X200 Z200;
N004 T0101; (01 - ČÍSLO NÁSTROJ, 01 - ČÍSLO KOREKCÍ)
N005 G96 S200;
N006 M03;
N007 M08; (ZAPNUTÍ PROCESNÍ KAPALINY)

N008 G1120 P1 Q3 H100 C0.5 D0.25 F0.3 E0.3 V0.3 K100 W2 U0.1 L0.3 M1 Z10;
N009 G1450 H-15.4 V41.25 A0;
N010 G1452 H-22.5 V51.5 R10 I-15.522665 J50.827105 C-22.5 D51.5 E10 L0 M0 T1;
N011 G1451 H-27.5 V75 K3 D80 L0 M0 T1;
N012 G1455 H-27.5 V80 R5 I-27.5 J75 K3 T1;
N013 G1451 H-34.5 V80 K5 C-34.5 L0 M0 T1;
N014 G1451 H-34.5 V81.5 K3 D81.5 L0 M0 T1;
N015 G1451 H-15.4 V81.5 K1 C-15.4 D81.5 L0 M0 T2;
N016 G1451 H-15.4 V41.25 K7 C-15.4 D41.25 L0 M0 T2;
N017 G1456;
N018 T0202;
N019 G96 S250;
N020 M03;
N021 M08;
N022 G1126 P2 F0.1 L0.3 M1 Z10;
N023 G1450 H0 V18.5 A0;
N024 G1451 H0 V38.75 K3 D41.25 L0 M0 T1;
N025 G1455 H-2.5 V41.25 R2.5 I-2.5 J38.75 K3 T1;
N026 G1451 H-15.4 V41.25 K5 C-15.4 L0 M0 T1;
N027 G1452 H-22.5 V51.5 R10 I-12.522665 J50.827105 C-22.5 D51.5 E10 L0 M0 T1;
N028 G1451 H-22.5 V75 K3 D80 L0 M0 T1;
N029 G1455 H-27.5 V80 R5 I-27.5 J75 K3 T1;
N030 G1451 H-34.5 V80 K5 C-34.5 L0 M0 T1;
N031 G1451 H-34.5 V81.5 K3 D81.5 L0 M0 T1;
N032 G1451 H0 V81.5 K1 C0 D81.5 L0 M0 T2;
N033 G1451 H0 V18.5 K7 C0 D18.5 L0 M0 T2;
N034 G1456
N035 T0303;
N036 G96 S200;
N037 M03;
N038 M08;
N039 G00 X43 Z2;
N040 G01 Z-6 F0.3;
N041 G01 X35;

N042 G00 Z2;
N043 G00 X46.6;
N044 G01 Z0;
N045 G01 X45.6 Z-0.5;
N046 Z-6
N047 X42;
N048 G00 Z2;
N049 M09;
N050 G00 X200 Z200;
N051 T0404;
N052 G96 S250;
N053 M03;
N054 M08;
N055 G00 X47.1 Z2;
N056 G01 Z0 F0.1;
N057 G01 X46.1 Z-0.5;
N058 G01 Z-6;
N059 X42;
N060 G00 Z2;
N061 M09;
N062 G00 X200 Z200;
N063 M30

CNC program pro operaci 04/04.

N001 (VYKOVEK-PR.163X90-CV.30152031/DIRA);
N002 G1900 D163 L90 K0;
N003 G00 X200 Z200;
N004 T0303;
N005 G96 S200;
N006 M03;
N007 M08;
N008 G1121 P1 Q3 H100 C0.25 D0.25 F0.3 E0.3 V0.3 K100 W1 U0.1 L0.3 M1 Z11;
N009 G1450 H-86 V19.5 A0;
N010 G1451 H-86 V29.0025 K3 D29.0025 L0 M0 T1;

N011 G1451 H-70 V29.0025 K5 D30.995 L0 M0 T1;
N012 G1451 H-70 V30.995 K3 D30.995 L0 M0 T1;
N013 G1451 H-10 V30.995 K1 C-10 L0 M0 T1;
N014 G1451 H-8 V31.125 K2 C-8 D31.125 L0 M0 T1;
N015 G1451 H0 V32.17 K2 C0 D32.17;
N016 G1451 H0 V29 K7 D29 L0 M0 T2;
N017 G1451 H-55 V26.117572 K6 C-55 A3 L0 M0 T2;
N018 G1453 H-60 V19.5 R12 I-48.515543 J16.020453 C-60 D19.5 E12 L0 M0 T2;
N019 G1451 H-86 V19.5 K5 C-86 L0 M0 T2;
N020 G1456;
N021 M09;
N022 T0505;
N023 G96 S80;
N024 M03;
N025 M08;
N026 G00 X60 Z2;
N027 G00 Z-10;
N028 G01 X65.15 F0.03;
N029 G00 X60;
N030 G00 Z2;
N031 M09;
N032 G00 X200 Z200;
N033 T0404;
N034 G96 S250;
N035 M03;
N036 M08;
N037 G1127 P1 F0.1 L0.3 M1 Z11;
N038 G1450 H-86 V19.5 A0;
N039 G1451 H-86 V29.0025 K3 D29.0025 L0 M0 T1;
N040 G1451 H-70 V29.0025 K5 C-70 L0 M0 T1;
N041 G1451 H-70 V30.995 K3 D30.995 L0 M0 T1;
N042 G1451 H-10 V30.995 K1 C-10 L0 M0 T1;
N043 G1451 H-8 V31.125 K2 C-8 D31.125 L0 M0 T1;
N044 G1451 H0 V32.17 K2 C0 D32.17 L0 M0 T1;

N045 G1451 H0 V29 K7 D29 L0 M0 T2;
N046 G1451 H-55 V26.117572 K6 C-55 A3 L0 M0 T2;
N047 G1453 H-60 V19.5 R12 I-48.515543 J16.020453 C-60 D19.5 E12 L0 M0 T2;
N048 G1451 H-86 V19.5 K5 C-86 L0 M0 T2;
N049 G1456;
N050 M09;
N051 M30;