

UNIVERZA V MARIBORU
FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO

Branko EKSELENSKI

OBNOVA KOLESNIH DVOJIC TIRNIH VOZIL

Diplomsko delo
univerzitetnega študijskega programa Strojništvo

Maribor, junij 2012



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

OBNOVA KOLESNIH DVOJIC TIRNIH VOZIL

Diplomsko delo

Študent(ka): Branko EKSELENSKI
Študijski program: Univerzitetni; Strojništvo
Smer: Proizvodno strojništvo

Mentor: red. prof. dr. Jože Balič
Sommentor: red. prof. dr. Zoran Ren

Maribor, junij 2012



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

Številka: S-1661

Datum in kraj: 22.05.2012, Maribor

Na osnovi 330. člena Statuta Univerze v Mariboru (Ur. l. RS, št. 6/2012)
izdajam

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

BRANKU EKSELENSKEMU, študentu univerzitetnega študijskega programa **STROJNIŠTVO**, smer **PROIZVODNO STROJNIŠTVO**, se dovoljuje izdelati diplomsko delo pri predmetu **Inteligentni tehnološki sistemi**.

Mentor: red. prof. dr. Jože Balič

Somentor: red. prof. dr. Zoran Ren

Naslov diplomskega dela: **Obnova kolesnih dvojic tirnih vozil**

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku: **Renewal of train wheels**

Diplomsko delo je potrebno izdelati skladno z »Navodili za izdelavo diplomskega dela« in ga oddati v treh izvodih do **22.05.2013** v referatu za študentske zadeve članice.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na senat članice v roku 3 delovnih dni.

Dekan:

red. prof. dr. Niko Samec

Obvestiti:

- kandidata,
- mentorja,
- somentorja,
- odložiti v arhiv



Po pooblastilu dekana
prodekan
izr. prof. dr. Franc Zupanič

I Z J A V A

Podpisani, Branko Ekselenski, izjavljam, da:

- je bilo predloženo diplomsko delo opravljeno samostojno pod mentorstvom red. prof. dr. Jožeta Baliča in somentorstvom red. prof. dr. Zorana Rena;
- predloženo diplomsko delo v celoti ali v delih ni bilo predloženo za pridobitev kakršnekoli izobrazbe na drugi fakulteti ali univerzi;
- soglašam z javno dostopnostjo diplomskega dela v Knjižnici tehniških fakultet Univerze v Mariboru.

Maribor, 14.06.2012

Podpis: _____

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju red. prof dr. Jožetu Baliču in somentorju red. prof dr. Zoranu Renu za pomoč in vodenje pri opravljanju diplomskega dela. Zahvaljujem se tudi podjetju SŽ Centralne delavnice Ljubljana d.o.o., proizvodnja Ptuj, ki mi je omogočilo opravljanje diplomskega dela na tem področju in mi bilo na razpolago z vsemi potrebnimi informacijami.

Posebna zahvala velja staršem, ki so mi omogočili študij.

OBNOVA KOLESNIH DVOJIC TIRNIH VOZIL

Ključne besede:

kolesna dvojica, os, monoblok plošča, zavorni disk, zobnik, ležaji, struženje, naprešanje, povrtavanje, delovni potek, orodje, orodni list

UDK: 629.4.067.3:621.941(043.2)

POVZETEK

V diplomski nalogi je narejena primerjava obnove pogonske kolesne dvojice za potniško garnituro DMW 713/715 med postopkom, ki ga izvajajo v SŽ-Centralne delavnice Ljubljana, proizvodnja Ptuj in postopkom, na izbranih sodobnejših strojih. V SŽ-Centralne delavnice Ljubljana, proizvodnja Ptuj imajo velike probleme pri doseganju zahtevanih standardov, ki jih določajo kupci, oziroma jih zahtevajo stroga varnostna navodila, saj so stroji, na katerih poteka obnova kolesnih dvojic dokaj zastareli.

Cilj diplomske naloge je bil poiskati ustrezne sodobne obdelovalne stroje, s katerimi bi bila obnova kolesne dvojice kvalitetnejša, varnejša, predvsem pa hitrejša.

Diplomska naloga zajema opis postopka razstavitve kolesne dvojice, opis kontrole in obdelav posameznih komponent ter opis sestavitve oziroma naprešanja kolesne dvojice. Največ pozornosti je namenjene strojni obdelavi posameznih komponent in izračunu obdelovalnih časov na izbranih sodobnejših strojih. Narejena je tudi časovna primerjava med sedanjim postopkom obnove, ki poteka v SŽ-Centralne delavnice Ljubljana, proizvodnja Ptuj, in postopkom na izbranih sodobnejših strojih.

RENEWAL OF TRAIN WHEELS

Key words:

wheel set, axle, monoblock Panel, brake disc, chain wheel, bearings, turning, pressing, boring, working progress, tool, toolbar list

UDK: 629.4.067.3:621.941(043.2)

ABSTRACT

In this dissertation is made a comparison on reconstruction of a propelling wheel set for the series DMW 713/715 between processes used in SŽ-Central workshop in Ljubljana, production Ptuj and process used on selected modern machines. In SŽ -Central workshop in Ljubljana, production Ptuj have big problems with reaching required standards that are set by the costumers or are required by strict safety instructions, because machines, on which reconstruction of a propelling wheel takes place, are rather outdated.

The aim of my dissertation was to find suitable modern machines, with which the reconstruction of a propelling wheel would be higher quality, safer and mainly faster.

My dissertation describes the process of disassembly of propelling wheel, a description of the control and processing of individual components, and a description of preparation or pressing of propelling wheel. The most attention is dedicated to machining of components and calculation of machining time on selected modern machinery. It is also made a time comparison between the current procedure of reconstruction, which takes place in the SŽ-Central workshop, Ljubljana, the production Ptuj, and the process on selected modern machines.

KAZALO

1	UVOD.....	1
2	OPIS KOLESNE DVOJICE POTNIŠKE GARNITURE SERIJE 713/715	2
2.1	Potniška garnitura serije 713/715.....	2
2.2	Opis kolesne dvojice.....	3
2.2.1	Obraba kolesne dvojice.....	4
3	OPIS OBNOVE KOLESNE DVOJICE.....	6
3.1	Razprešanje kolesne dvojice	6
3.2	Kontrola ustreznosti osi.....	6
3.3	Obdelava osi.....	8
3.4	Obdelava sedežev zavornih diskov in monoblok plošč	8
3.5	Montaža delov osnega pogona na osi.....	10
3.6	Naprešanje kolesne dvojice.....	11
3.6.1	Sile naprešanja	13
3.6.2	Kontrola razmika notranjih površin kolesnih vencev	14
3.6.3	Diagram naprešne sile.....	15
4	POSTOPEK STROJNE OBDELAVE IN PREDLAGANE IZBOLJŠAVE.....	16
5	DOLOČITEV REZALNIH PARAMETROV IN IZRAČUN OBDELOVALNEGA ČASA.....	20
5.1	Razprešanje kolesne dvojice	20
5.1.1	Razprešanje monoblok plošče.....	20
5.1.2	Razprešanje zavornega diska	20
5.1.3	Razprešanje zobnika.....	20
5.2	Obdelava osi.....	20
5.2.1	Fino struženje sedeža zavornega diska	21
5.2.2	Fino struženje sedeža monoblok plošče	21
5.2.3	Povrtanje lukenj $\varnothing 20,6$ mm.....	22
5.3	Obdelava zavornega diska.....	23
5.3.1	Grobo struženje pesta zavornega diska	23
5.3.2	Fino struženje pesta zavornega diska	24
5.4	Obdelava pesta monoblok plošč	25
5.4.1	Grobo struženje pesta monoblok plošče	25
5.4.2	Struženje utora monoblok plošče	26
5.4.3	Struženje posnetja R1 monoblok plošče	27
5.4.4	Struženje posnetja R2,5 monoblok plošče	27

5.4.5	Fino struženje pesta monoblok plošče.....	28
5.5	Naprešanje kolesne dvojice.....	29
5.5.1	Naprešanje zavornega diska.....	29
5.5.2	Naprešanje monoblok plošče.....	30
6	PRIMERJAVA MED STARIM IN NOVIM POSTOPKOM	32
6.1	Primerjava časov	32
6.2	Prednosti in slabosti novega postopka	33
7	DELOVNI POTEK IN DELOVNE RISBE OBNOVE KOLESNE DVOJICE	34
8	STROJNI LISTI.....	45
9	SEZNAM ORODJA IN ORODNI LISTI	48
10	ZAKLJUČEK.....	57
11	SEZNAM UPORABLJENIH VIROV.....	58
	Priloga1: Delavniške risbe	60

UPORABLJENI SIMBOLI

a_p	[mm]	- globina rezanja
d	[mm]	- premer orodja
D	[mm]	- premer predhodno izvrtane izvrtine
f	[mm/vrt]	- podajanje
F_c	[N]	- glavna rezalna sila
i		- število rezov orodja v globino
k_c	[N/mm ²]	- specifična rezalna sila
J_{max}	[mm]	- maksimalni prileg
J_{min}	[mm]	- minimalni prileg
L	[mm]	- pot obdelave
n	[min ⁻¹]	- vrtilna hitrost
P_B	[W]	- bruto moč stroja
$P_{F max}$	[kN]	- maksimalna sila naprešanja
$P_{F min}$	[kN]	- minimalna sila naprešanja
R_{tt}	[μm]	- teoretična hrapavost površine
t_{pz}	[min]	- pripravljajalno – zaključni čas
t	[min]	- čas obdelave faze
r	[mm]	- radij zaokrožitve rezalne ploščice
v_c	[m/min]	- rezalna hitrost
v_f	[mm/min]	- podajalna hitrost
η		- izkoristek stroja

UPORABLJENE KRATICE

CNC - Computer Numerical Control

SŽ - Slovenske železnice

FS - Fakulteta za strojništvo

1 UVOD

V diplomskem delu sem raziskal proces obnove kolesne dvojice za potniško garnituro serije 713/715, ki ga izvajajo v SŽ-Centralne delavnice Ljubljana, proizvodnja Ptuj. Pri opazovanju postopka obnove kolesne dvojice sem namreč opazil, da so v uporabi zastareli stroji, ki ne omogočajo kvalitetne obdelave in težko dosežajo zahtevane tolerance. Prav tako podjetje ne razpolaga z vsemi potrebnimi stroji za obnovo, saj jim manjka obdelovalni stroj za povrtavanje lukenj prirobnice zobnika in zobnika. Te naloge prevzamejo zunanji izvajalci, do katerih je potrebno pripeljati kolesno dvojico, kar povzroči dodatne stroške in izgubo časa.

Zaradi tega sem se odločil proučiti, s katerimi sodobnejšimi stroji bi lahko nadomestili te že zastarele naprave in tako zagotovili celotno obnovo na enem mestu. S tehnološko sodobnejšimi napravami bi omogočili kvalitetno obdelavo, ki bi ustrezala strogim železniškim standardom in ob enem skrajšali čas obnove.

V uvodnem delu diplomske naloge je opis osnovnih pojmov, sledi opis postopka obnove kolesne dvojice. V praktičnem delu sem naštel stroje, na katerih se trenutno izvaja obnova v SŽ-Centralne delavnice Ljubljana, proizvodnja Ptuj, opisal probleme, do katerih prihaja med obdelavo in izbral ustrezne sodobne stroje. Opravil sem teoretično primerjavo časa obnove, med starimi in izbranimi sodobnejšimi stroji.

2 OPIS KOLESNE DVOJICE POTNIŠKE GARNITURE SERIJE 713/715

2.1 Potniška garnitura serije 713/715

Potniška garnitura serije 713/715 služi za prevoz potnikov na skoraj vseh Slovenskih neelektrificiranih progah. Ta serija je zamenjava za serijo 813-815. Ima dizel hidravlični pogon (ima samo en motor v primerjavi s serijo 711, ki ima enak pogon, vendar dva motorja) ki omogoča hitrejša speljevanja v primerjavi z dizel mehanskim pogonom (serija 813-815). Omenjeno serijo so izdelali v dveh verzijah, in sicer kot poslovni vlak 1. razreda (zeleni vlak) in v klasični verziji 2. razreda.



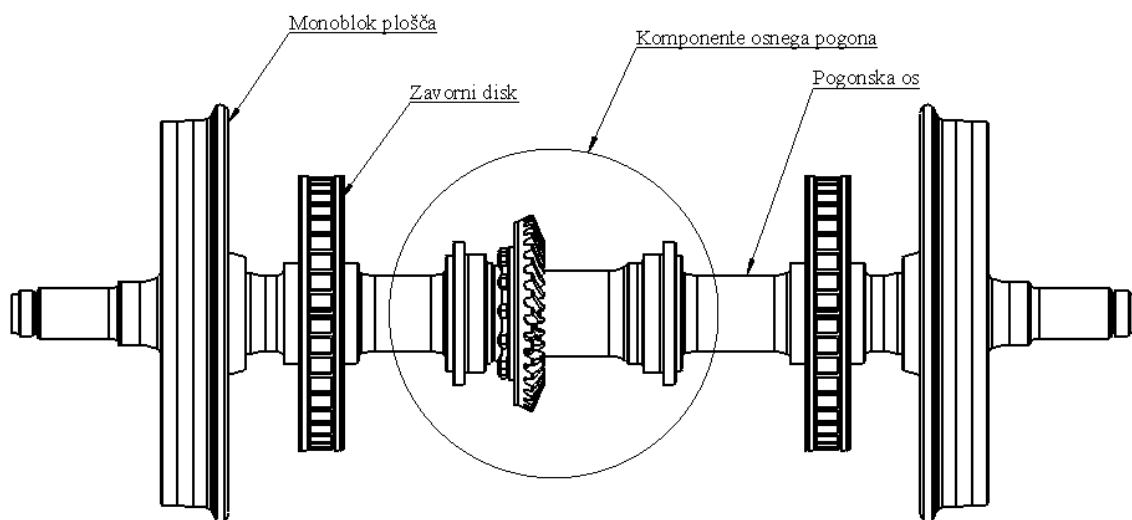
Slika 2.1: Potniška garnitura 713/713

Preglednica 2.1: Tehnični podatki za potniško garnituro serije 713/715

Proizvajalec	MBB Donauworth
Država	Nemčija / TVT Maribor Slovenija
Leto izdelave	1984-1986
Razpored osi	2'B'+2'2'
Rezervoar za nafto	1.050 l
Moč	375 kW
Največja hitrost	120 km/h
Teža	60 t (34 + 26)
Dolžina čez spenjačo	48 m
Širina	2,85 m
Osni pritisk	9,8 t / 7,8 t
Premer novih koles	770 mm
Budnik	impulzni EMG
Brzinomer	Hasler
ASN	60i SEL
Min. polmer loka proge	125 m
Število garnitur v spregi	4
Št. sedežev	128 (56 + 72)

2.2 Opis kolesne dvojice

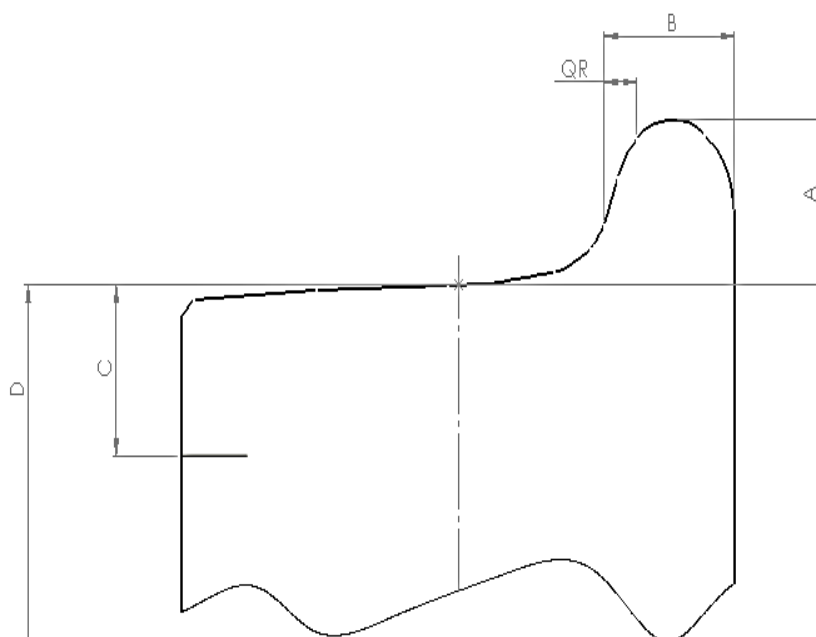
Pogonska kolesna dvojica za potniško garnituro serije 713/715, ki je pripravljena za obnovo, je sestavljena iz pogonske osi, dveh zavornih diskov, dveh koles in komponent osnega pogona, kot prikazuje slika 2.2. Pogonska os predstavlja povezavo med vozilom in kolesi, služi pa tudi za prenos vrtilnega momenta iz osnega pogona na kolesi. Kolesa za serijo 713/715 so izdelana kot monoblok plošče iz valjanega ali kovanega jekla in so s krčnim nasedom naprešana na pogonsko os. Za prenos vrtilnega momenta iz hidravličnega pogona na kolesno dvojico skrbi osni pogon, ki se po končani obnovi namesti na kolesno dvojico. Nekatere komponente osnega pogona je potrebno na kolesno dvojico namestiti pred naprešanjem zavornih diskov in monoblok plošč, saj v nasprotnem primeru montaža osnega pogona ni možna. Vozilo se zaustavlja s pomočjo dveh zavornih diskov, ki sta s krčnim nasedom naprešana na pogonsko os.



Slika 2.2: Kolesna dvojica

2.2.1 Obraba kolesne dvojice

Obraba kolesne dvojice je posledica trenja med tirnico in kotalno površino monoblok plošče. Zaradi obrabe je obratovalna doba kolesne dvojice omejena in jo je potrebno po določenem času zamenjati.



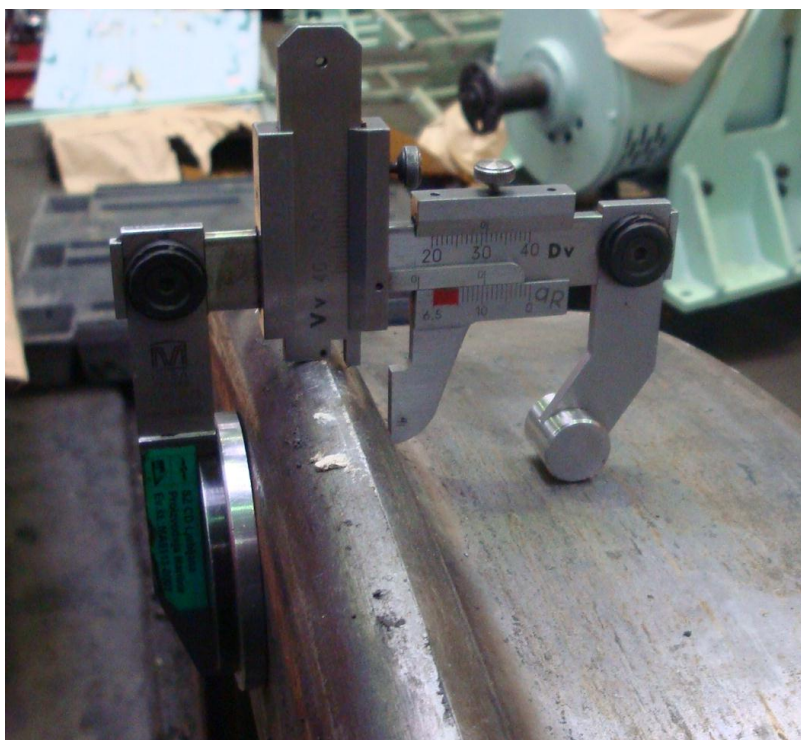
Slika 2.3: Karakteristične mere koles

Slika 2.3 prikazuje karakteristične mere koles, dopustne vrednosti teh mer pa so navedene v preglednici 2.2.

Preglednica 2.2: Dopustna karakteristične mere koles

	A	B	C	D	QR
Vrsta vozila	Višina sledilnega venca v mm	Debelina sledilnega venca v mm	Minimalna debelina monoblok plošče v mm	Minimalni premer monoblok plošče v mm	Ostrina sledilnega venca v mm
713/715	30 - 35	27,5 – 33	30	710	6,5 – 13

Sledilni venec vodi kolo po tirnici in se zaradi bočnega trenja obrablja. Prevelika obraba sledilnega venca lahko privede do iztirjenja vozila, zato je potrebna redna kontrola karakterističnih mer, kot prikazuje slika 2.4. Ko izmerjene vrednosti sledilnega venca presežejo dopustne vrednosti, in je monoblok plošča obrabljena do minimalnega dopustnega premera je potrebno monoblok ploščo zamenjati.

*Slika 2.4: Merjenje višine in ostrine sledilnega venca*

3 OPIS OBNOVE KOLESNE DVOJICE

Kolesne dvojice imajo pri vseh železniških vozilih prav poseben pomen, saj je od njihove kakovosti, neoporečnosti, namestitve in vzdrževanja odvisen miren tek, predvsem pa brezpogojna zanesljivost obratovanja vozil. Po izgradnji kolesne dvojice iz podstavnega vozička se iz kolesne dvojice izgradita osna okrova in osni pogon. Pred obdelavo se kolesna dvojica temeljito opere. Postopek obnove se prične na preši, kjer se kolesna dvojica razpreša.

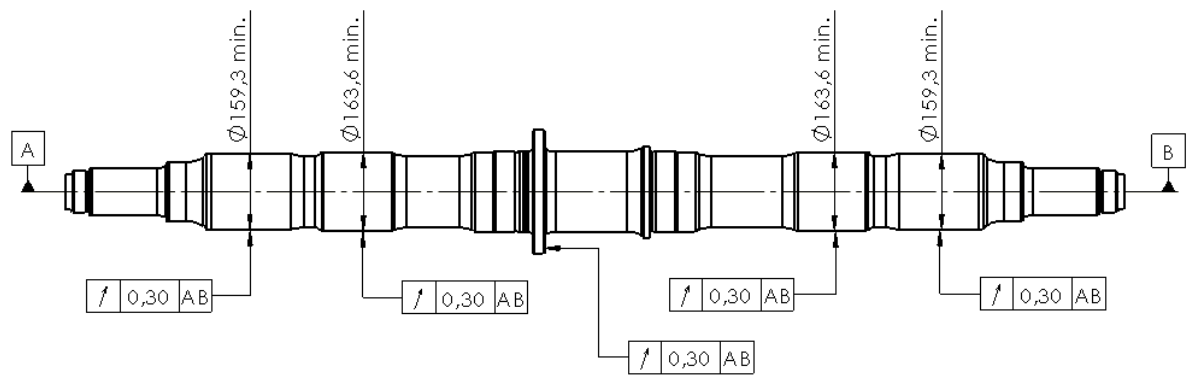
3.1 Razprešanje kolesne dvojice

Pri postopku razprešanja je potrebno kolesno dvojico na preši najprej centrirati in na čep natakni zaščitno pušo, da se os med delom ne poškoduje. Nato je potrebno odviti zaščitni čep mazalnega kanala med kolesno ploščo in osjo ter priviti cev visokotlačne črpalke v navojno odprtino mazalnega kanala. S pomočjo visokotlačne črpalke, ki doseže tlak 300 Mpa, se vtisne olje v mazalni kanal, da namaže krčni nased. Ko olje namaže krčni nased med monoblok ploščo in osjo, se lahko razpreša monoblok plošča iz osi. V nadaljevanju je potrebno razprešati še zavorni disk in zobnik, obrniti kolesno dvojico ter postopek razprešanja ponoviti na drugi strani. Če se monoblok plošča ne da razprešati v hladnem stanju, jo je potrebno prerezati od venca proti sedežu monoblok plošče na osi in nato razprešati. Pri rezanju monoblok plošče je potrebno paziti, da se os ne poškoduje, zato ostane pesto monoblok plošče okrog 10 mm ne prerezano.

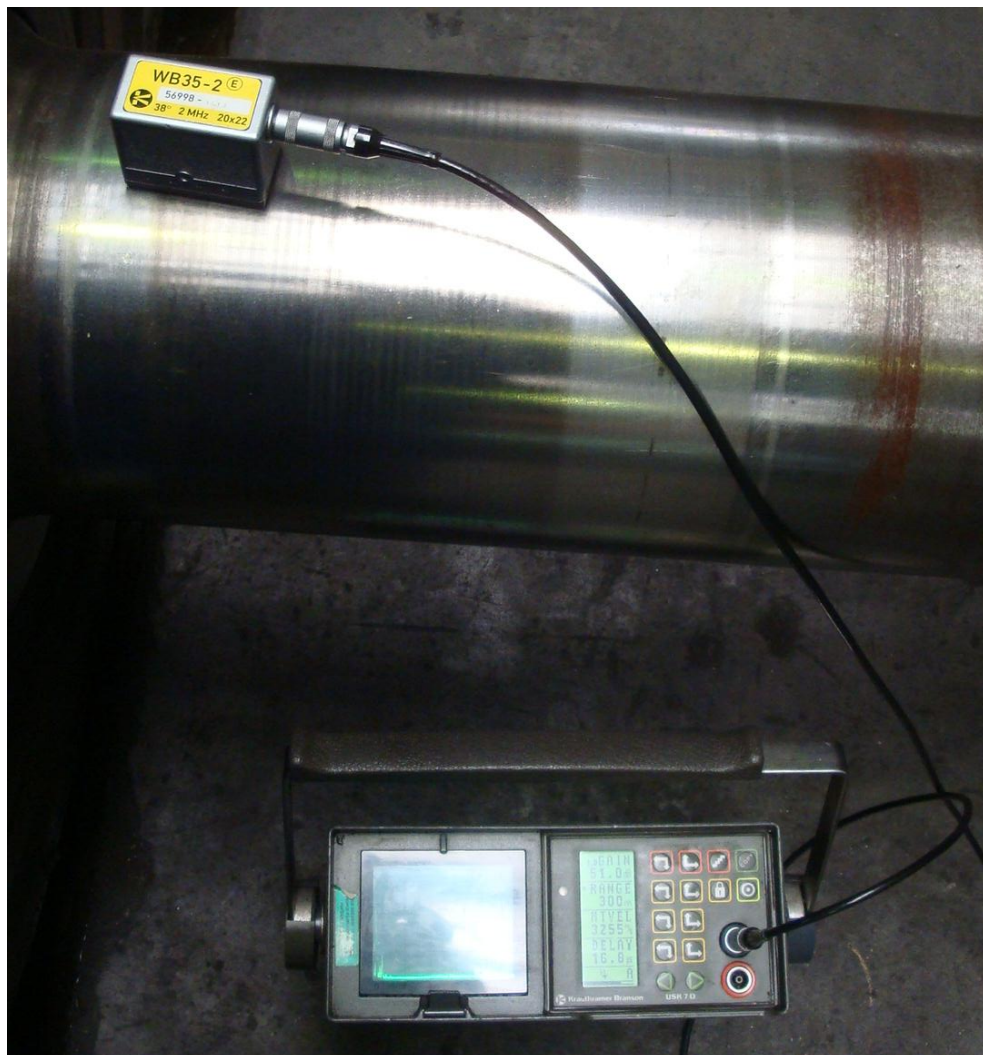
Po razprešanju je iz osi potrebno izgraditi pokrova osnega pogona, gredni tesnili in stožčasta kotalna ležaja skupaj z distančnima obročema. Ležaja je ob izgradnji potrebno segreti na 100 do 120° C.

3.2 Kontrola ustreznosti osi

Os se po razprešanju temeljito očisti in ultrazvočno pregleda, kot prikazuje slika 3.2, da se izključijo morebitne notranje napake, ki bi lahko vplivale na deformacijo osi med obratovanjem. Opravijo se meritve sedežev monoblok plošč in zavornih diskov ter preveri se centrotek osi, kot prikazuje slika 3.1 Če se ugotovi, da je os brez napak (razpok) in so mere znotraj predpisanih mej, oziroma so premeri sedežev večji od minimalnih dopustnih se os uporabi za nadaljno obdelavo, v nasprotnem primeru pa se zavrže. Prav tako se zavržejo monoblok plošči, zobnik in zavorna diska. V primeru, da se bo obdelava osi vršila šele po določenem času, je potrebno os zaščititi pred korozijo in mehanskimi poškodbami.



Slika 3.1: Kontrolne meritve osi



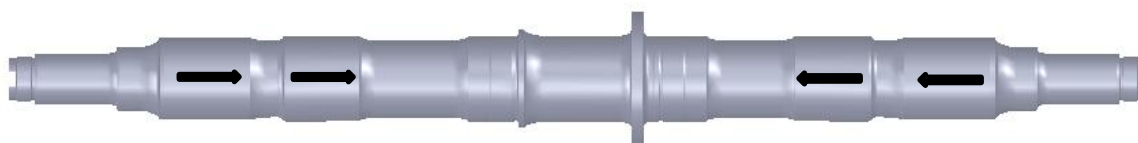
Slika 3.2: Ultrazvok osi

3.3 Obdelava osi

Na osi je potrebno obdelati sedeže zavornih diskov in monoblok plošč. Os namenjena za obdelavo mora biti na mestu za temperiranje najmanj 30 ur pred obdelavo. Obdelava sedežev mora potekati od konca proti sredini osi, kot prikazuje slika 3.3, da ne pride do težav pri naprešanju. Pri obdelavi sedežev pazimo, da se odstrani čim manj materiala (okrog 0,3 mm po premeru), saj s tem dosežemo daljšo uporabnost osi in da so sedeži obdelani na želeno hrapavost. Prav tako je potrebno povrtati luknje prirobnice zobnika in zobnika. Pred obdelavo je potrebno izmeriti premere lukenj, da se lahko določi premer novih lukenj. Pri obdelavi lukenj se izbere povrtalo, ki ima premer eno stopnjo večji od izmerjenega. Premeri lukenj prirobnice zobnika in zobnika so navedeni v preglednici 3.1. Po končani obdelavi se opravijo meritve, s pomočjo katerih določimo premere pest zavornih diskov in monoblok plošč.

Preglednica 3.1: Premer luknje prirobnice zobnika in zobnika glede na stopnjo obdelave

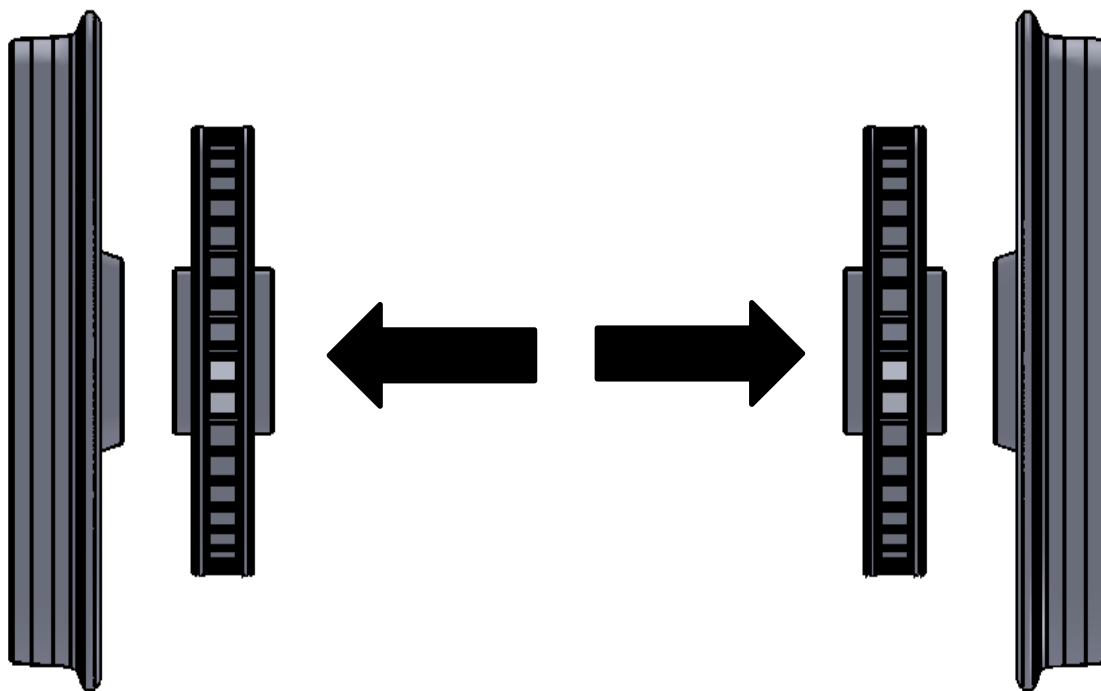
Stopnja obdelave	Premer luknje prirobnice zobnika in zobnika
1	Ø 20,6 mm
2	Ø 21,1 mm
3	Ø 21,6 mm



Slika 3.3: Smer obdelave sedežev na osi

3.4 Obdelava sedežev zavornih diskov in monoblok plošč

Pred obdelavo zavornih diskov, monoblok plošč je potrebno na podlagi meritev sedežev zavornih diskov, monoblok plošč na osi in predpisanih presežkov mer krčnih nasedov, določiti premere pest zavornih diskov in monoblok plošč. Minimalni ter maksimalni presežki mer se ne smejo prekoračiti. Zavorni diski in monoblok plošče namenjene za obdelavo morajo biti na mestu za temperiranje najmanj 30 ur pred obdelavo. Obdelava pest mora potekati v smeri naprešanja kot prikazuje slika 3.4, pri monoblok ploščah pa je potrebno doseči še zahtevano hrapavost. Po končani obdelavi se opravijo kontrolne meritve ustreznosti premerov pest monoblok plošč in zavornih diskov.



Slika 3.4: Smer obdelave pest zavornih diskov in monoblok plošč

Tolerance minimalnih presežkov mer zavornega diska izračunamo po enačbi (3.1) [2], pri čemer D predstavlja nazivni premer pesta zavornega diska:

$$J_{min} = 0,0009 \cdot D = 0,0009 \cdot 168,3 = 0,15 \text{ mm} \quad (3.1)$$

Tolerance maksimalnih presežkov zavornega diska izračunamo po enačbi (3.2) [2], pri čemer D predstavlja nazivni premer pesta zavornega diska

$$J_{max} = 0,0015 \cdot D + 0,06 = 0,0015 \cdot 168,3 + 0,060 = 0,31 \text{ mm} \quad (3.2)$$

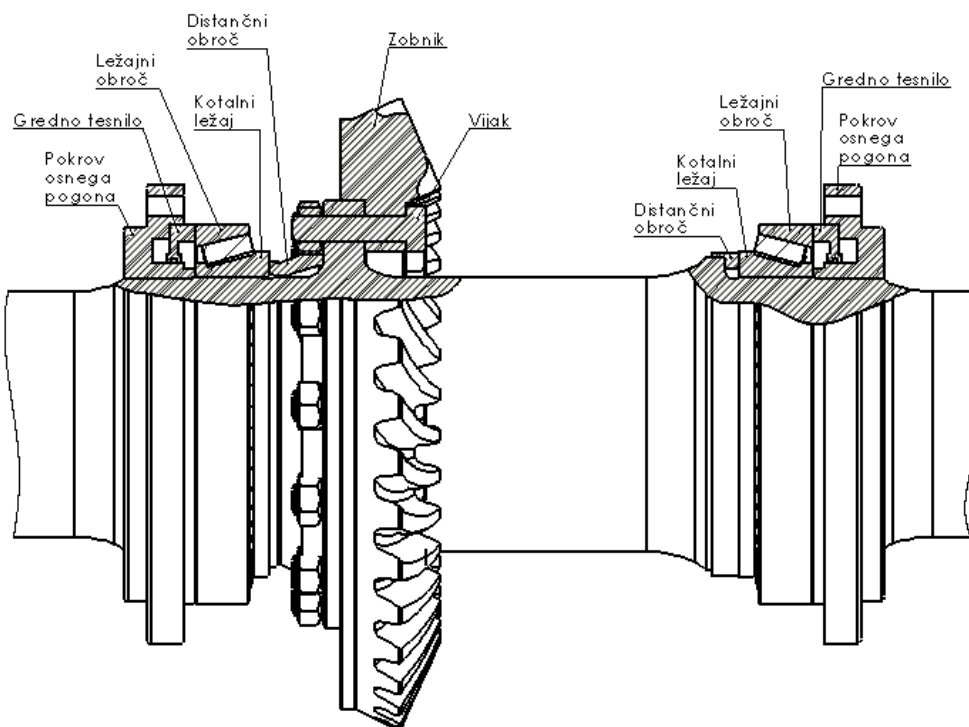
Minimalni in maksimalni prilegi monoblok plošče so predpisani s strani proizvajalca in so podani v preglednici 3.2.

Preglednica 3.2: Maksimalni in minimalni presežki mer pest zavornega diska in monoblok plošč

	D nazivni (mm)	Minimalni presežek mere (mm)	Maksimalni presežek (mm)
Monoblok plošča	165	0,2	0,29
Zavorni disk	168,3	0,15	0,31

3.5 Montaža delov osnega pogona na osi

Pred naprešanjem zavornih diskov in monoblok plošč je potrebno na os namestiti dele osnega pogona, ki so prikazani na sliki 3.5, saj je v nasprotnem primeru montaža onemogočena.



Slika 3.5: Montaža delov osnega pogona

Najprej se na os namesti zobnik. Zobnik je na prirobnico privit z dvanajstimi vijaki. Premer stebila vijaka je odvisen od premera luknje. Ker so premeri stebila vijaka večji, kot premeri lukenj prirobnice, je potrebno vijake pred montažo potopiti v tekoči dušik, da se skrčijo. Vijake je potrebno priviti z 330 Nm momenta. V preglednici 3.3 so podani premeri stebila vijaka, ki jih izberemo glede na premer lukenj prirobnice zobnika.

Preglednica 3.3: Premer stebila vijaka glede na premer lukenj prirobnice zobnika

Premer luknje prirobnice zobnika v mm	Premer stebila vijaka
Ø 20,6	Ø 21 k6
Ø 21,1	Ø 21,5 k6
Ø 21,6	Ø 22 k6



Slika 3.6: Segrevanje kotalnega ležaja

Pred montažo ležaja je potrebno odstraniti olje ali mast s sedežev na osi, saj s tem jamčimo neoporečno montažo. Novi valjni ležaji iz originalne embalaže se ne perejo. Pri vgradnji valjnega ležaja je potrebno paziti, da sta zunanji in notranji obroč enako oštevilčena, oziroma imata enake številke skupin ali črke, saj na ta način dosežemo predpisano zračnost ležaja. Na strani zobnika se pred montažo valjnega ležaja vstavi distančni obroč, ki služi tudi kot varovalka proti odvitju vijakov. Na nasprotni strani se prav tako vstavi distančni obroč. Ležaja se segrejeta od 100°C do 120°C , kot prikazuje slika 3.6 in se vstavita na os. Po montaži je potrebno os zaščititi pred korozijo in morebitnimi mehanskimi poškodbami.

3.6 Naprešanje kolesne dvojice

Naprešanje monobloka in zavornega diska na os se vrši s postopkom hidravličnega prešanja.

Pri izvajanju tega postopka moramo upoštevati naslednje zahteve:

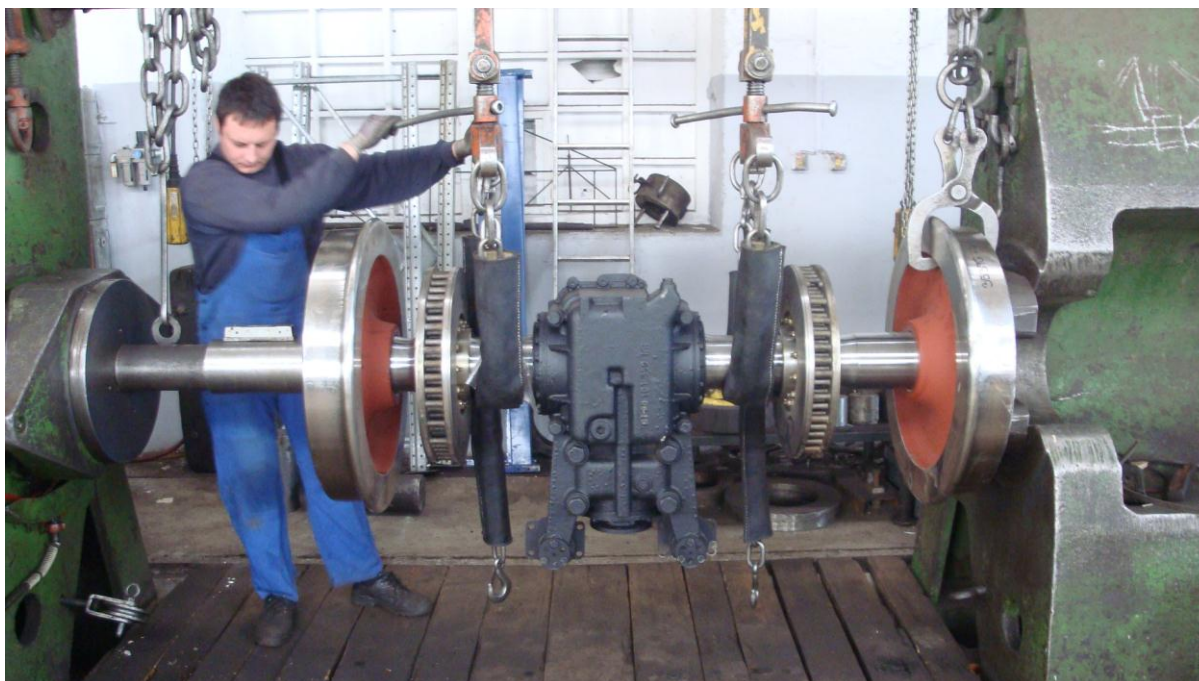
- Monoblok kolesa, zavorni disk in os naj imajo v času montaže enako temperaturo okolice

- Pesto monobloka, pesto zavornega diska in kolesni nased na osi je potrebno prevleči s tankim mazivnim filmom. Praviloma naj bi bilo uporabljeno eno izmed naslednjih maziv:
 - a) čisti loj
 - b) rastlinsko olje (laneno, repično, kolza)
 - c) rastlinsko olje in loj
 - d) molibden disulfid

Preglednica 3.4: Koeficient maziva

Mazivo	Koeficient a velja za vrednosti L/D = 0,8 do 1,1
olje	4,0 do 6,0
loj	3,0 do 5,5
MoS ₂	3,5 do 5,5

- Monoblok kolo ali zavorni disk se s hidravlično prešo počasi naprešajo na nasede. Potrebno je paziti, da se prepreči deformacija sestavnih elementov in poškodba obdelane površine, posebno krakov osi



Slika 3.7: Naprešanje kolesne dvojice

- Hitrost naprešanja se ravna po vrsti izvedbe kolesne dvojice, po uporabljenem mazivu in po preši (približna vrednost: 0,5 do 5 mm/sek)

- Preša mora biti opremljena s kalibrirnim, pisalnim tlakomernim instrumentom, ki med naprešanjem riše diagram naprešne sile kot funkcije relativnega premika kolesne plošče napram sedežu kolesa. Ta diagram se riše z netopljivim črnilom v merilu, ki je dovolj veliko, da omogoči točno določitev vrednosti naprešane sile na vsakem poljubnem mestu krivulje.



Slika 3.8: Hidravlična preša s kalibrirnim, pisalnim tlakomernim instrumentom

- Pred nanašanjem naprešne sile se nastavi tlakomerni instrument na nulo

3.6.1 Sile naprešanja

Minimalno silo naprešanja monoblok plošče izračunamo po enačbi (3.3) [2], pri čemer a predstavlja koeficient maziva, njegova vrednost je navedena v preglednici 3.4, D pa predstavlja nazivni premer pesta monoblok plošče.

$$P_{F \min} = a \cdot D = 4 \cdot 165 = 660 \text{ kN} \quad (3.3)$$

Maksimalno silo naprešanja monoblok plošče izračunamo po enačbi (3.4) [2], pri čemer a predstavlja koeficient maziva, njegova vrednost je navedena v preglednici 3.4, D pa predstavlja nazivni premer pesta monoblok plošče:

$$P_{F \max} = a \cdot D = 6 \cdot 165 = 990 \text{ kN} \quad (3.4)$$

Podatki za sile naprešanja zavornega diska so določeni s strani proizvajalca in so navedeni v preglednici 3.5.

Preglednica 3.5: Minimalna in maksimalna sila naprešanja zavornega diska in monoblok plošče ob uporabi lanenega olja

	Minimalna sila naprešanja (kN)	Maksimalna sila naprešanja (kN)
Monoblok plošča	660	990
Zavorni disk	380	470

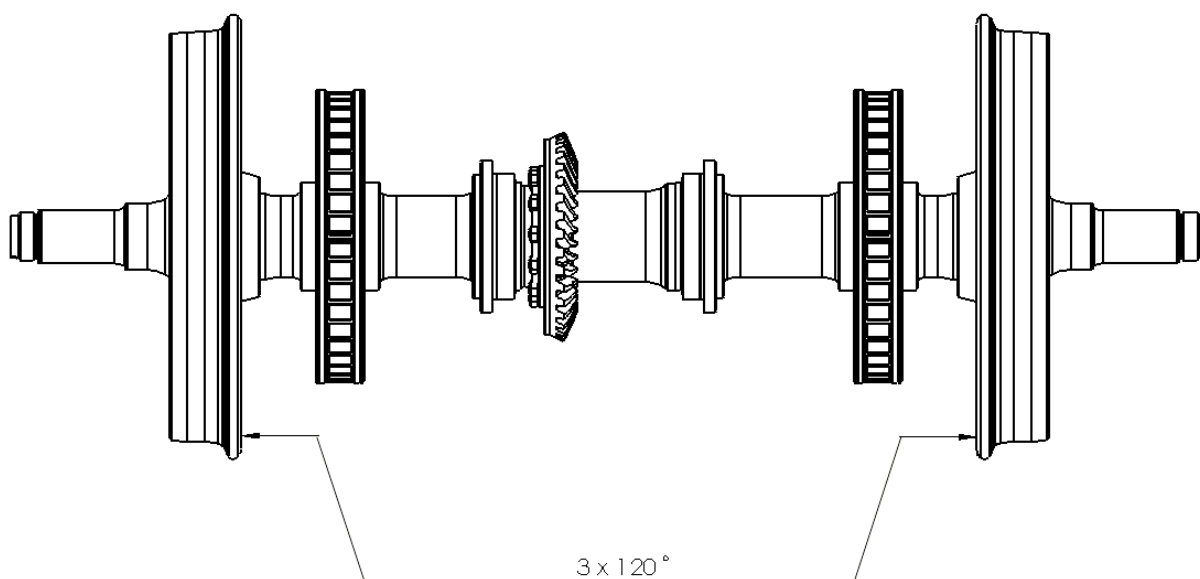
3.6.2 Kontrola razmika notranjih površin kolesnih vencev

Po končanem naprešanju je potrebno preveriti razmik notranjih površin kolesnih vencev, dovoljena spodnja in zgornja mera odstopanja je v preglednici 3.6.

Preglednica 3.6: Maksimalni in minimalni razmik notranjih površin kolesnih vencev

Maksimalni razmik notranjih površin kolesnih vencev v [mm]	Minimalni razmik notranjih površin kolesnih vencev [mm]
1363	1359

Razmik notranjih površin kolesnih vencev je potrebno preveriti na treh različnih mestih v razmaku 120° , kot prikazuje slika 3.9.

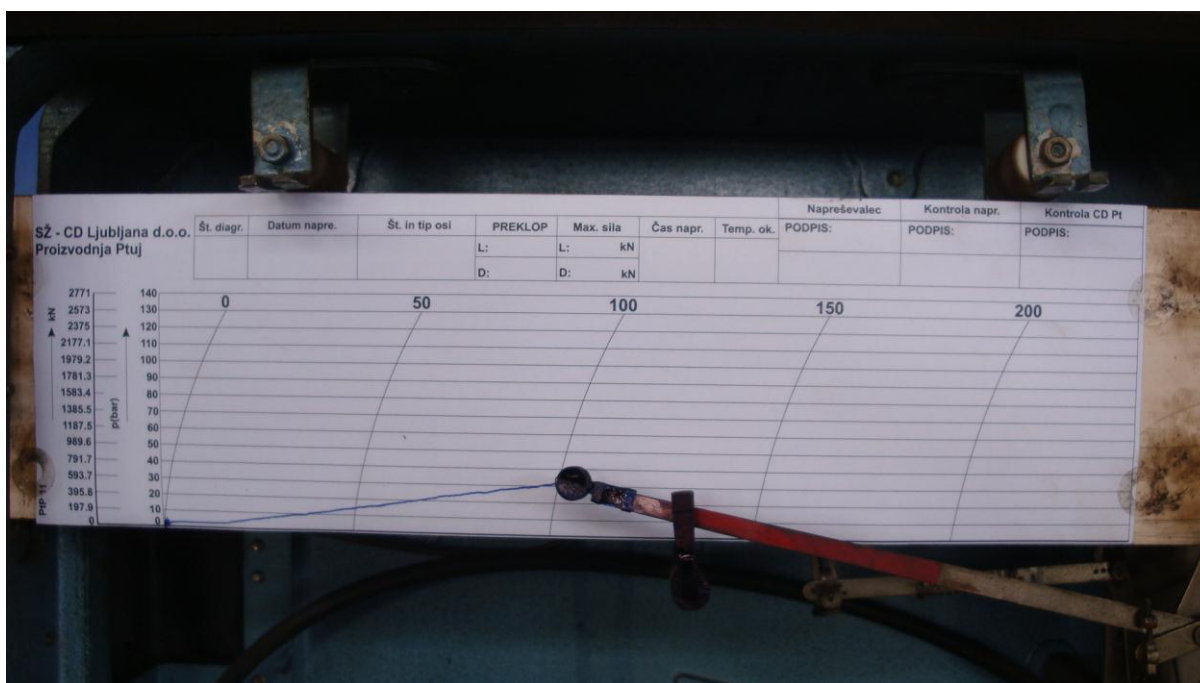


Slika 3.9: Kontrola razmika notranjih površin kolesnih vencev

3.6.3 Diagram naprešne sile

Diagram naprešne sile mora izpolnjevati naslednje zahteve:

1. Porast sile se vstavi preden je kolo pomaknjeno 20 mm na kolesni nased.
2. Naprešana sila se preša neprenehoma in enakomerno.
3. Pojemanje naprešne sile, ki nastopi v območju oljnega razprešanega utora je dovoljeno.
4. Končna vrednost naprešane sile ne sme dosegati vrednosti minimalne naprešne sile P_{Fmin} in ne sme prekoračiti vrednosti maksimalne naprešne sile P_{Fmax} . Prekoračitev maksimalne vrednosti naprešne sile P_{Fmax} do 10% je dovoljena, če se preizkus razprešanja izvrši s pozitivnim rezultatom
5. Pojemanje naprešne sile v zadnjih 25 mm ne sme presegati 50 kN
6. Na nobenem mestu diagrama ne sme naprešna sila prekoračiti 1,1 kratno vrednost maksimalne naprešne sile P_{Fmax} .



Slika 3.10: Diagram naprešne sile

4 POSTOPEK STROJNE OBDELAVE IN PREDLAGANE IZBOLJŠAVE

Postopek strojne obdelave kolesne dvojice se prične na hidravlični preši, ki je prikazana na sliki 4.1. Ker je hitrost naprešanja in razprešanja omejena ni potrebna zamenjava stroja, saj tudi z novim strojem ni možno bistveno privarčevati časa.



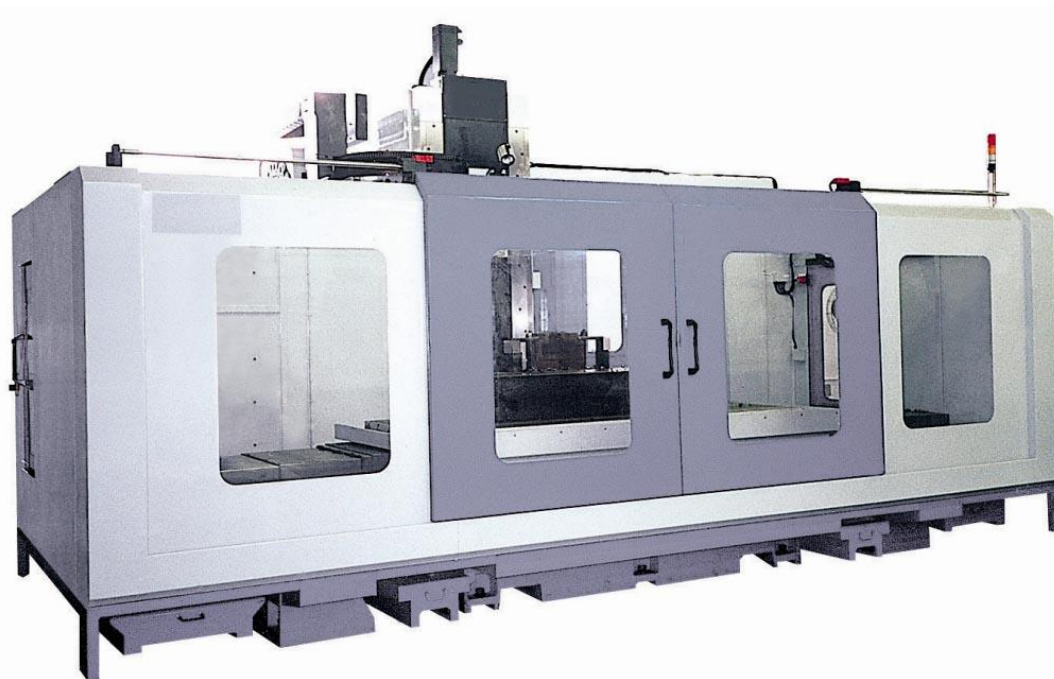
Slika 4.1: Hidravlična preša

Na osi je potrebno najprej preveriti centrotek, zato jo je potrebno vpeti v stružnico Potisje PA 1000R. Ker pa na tej stružnici ni možno obdelati sedežev zavornih diskov in monoblok, saj s to stružnico ni mogoče doseči zahtevane hrapavosti, je potrebno os nato obdelati na brusilnem stroju COPPARO. Brušenje na tem stroju je dolgotrajen postopek, natančnost obdelave pa je predvsem odvisna od delavca. Ta dva stroja bi lahko nadomestila CNC stružnica WD TEHNIK CST -50, ki je prikazana na sliki 4.2.



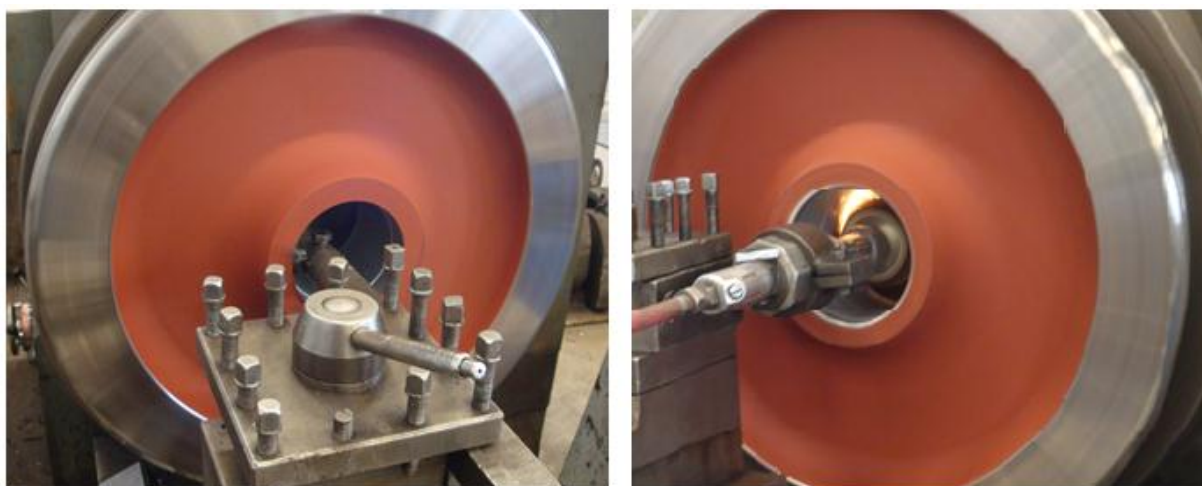
Slika 4.2: CNC stružnica WD TEHNIK CST -50 kot možna zamenjava za brusilni stroj COPPARO in stružnico Potisje PA 1000R

Povrtavanje lukenj prirobnice in zobnika opravlja zunanji izvajalec, ker v proizvodnji ni stroja, s katerim bi bilo možno opraviti to strojno obdelavo, zato se včasih pojavijo problemi s transportom in morebitna čakalna doba pri zunanjem izvajalcu. Po končani strojni obdelavi os odpeljejo na sestavitev osnega pogona, čeprav bi bilo potrebno na os pred naprešanjem namestiti le zobnik, distančna obroča, valjčna ležaja, ležajna obroča, gredni tesnili in pokrova osnega pogona. S tem zmanjšajo stroške prevoza, vendar je zaradi tega naprešanje kolesne dvojice težje, saj sestavljen osni pogon predstavlja dodatno nepotrebno težo. Za povrtavanje lukenj bi bilo potrebno nabaviti CNC obdelovalni center, ki je prikazan na sliki 4.3.



Slika 4.3: CNC obdelovalni center

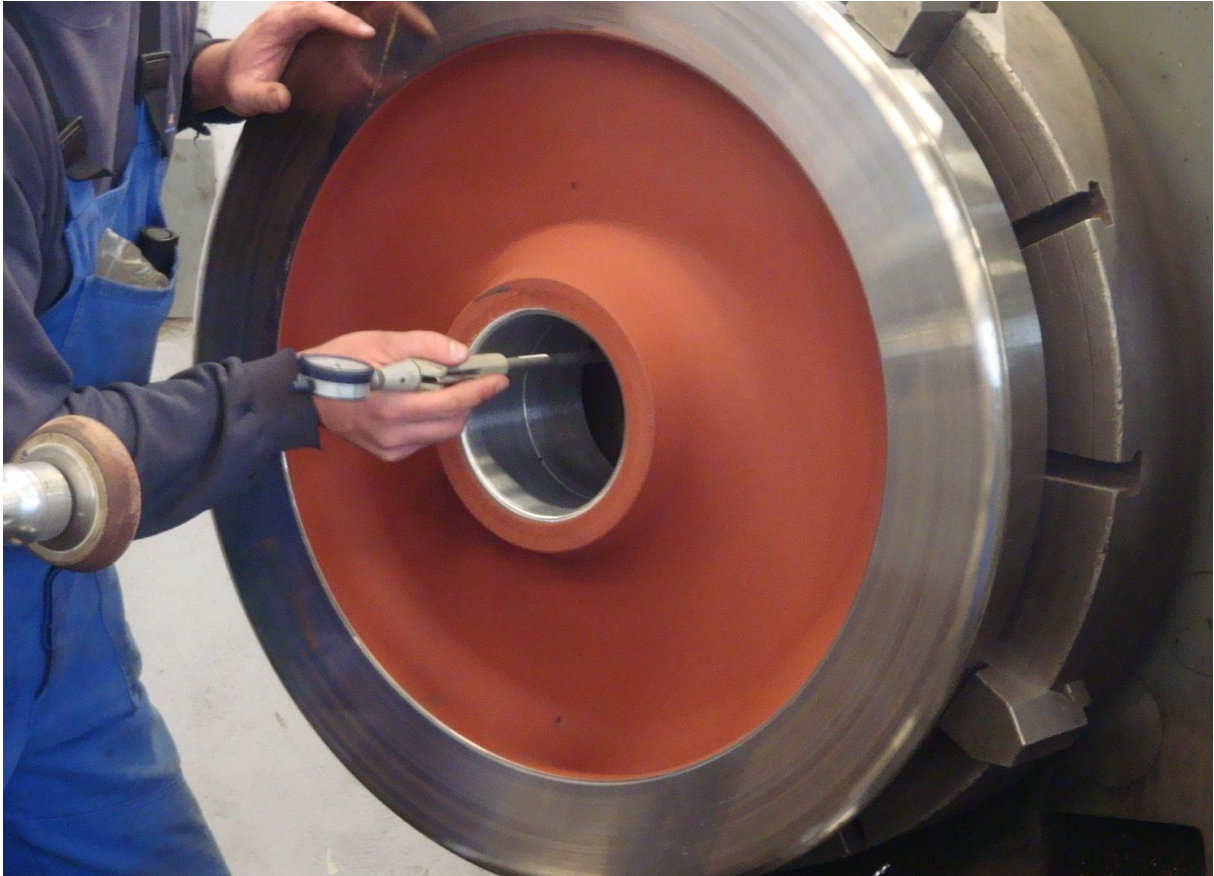
Obdelava pest zavornih diskov in monoblok plošč se izvaja na stružnici Potisje PA 1000R. S to stružnico je zelo težko zagotoviti zahtevano natančnost. Pesta se najprej grobo postružijo, za fino obdelavo pa se v stružnico vpne pnevmatska brusilka, kot prikazuje slika 4.4.



Slika 4.4: Struženje in brušenje pesta monoblok plošče

Za doseg želene mere, so pri optimalnih pogojih potrebni najmanj trije prehodi brušenja. Po vsakem prehodu delavec izmeri premer pesta, kot prikazuje slika 4.5. in na podlagi meritev nastavlja globino brušenja. Brušenje pest je dolgotrajen postopek, natančnost obdelave pa je v veliki meri odvisna od delavca. Ker je zahtevano kvaliteto površin zavornih diskov in monob-

lok plošč možno doseči s finim struženjem, pri čemer se izognemo brušenju, bi pesta lahko obdelali na CNC stružnici WD TEHNIK CST -50.



Slika 4.5: Medfazna kontrolna meritev pesta monoblok plošče

5 DOLOČITEV REZALNIH PARAMETROV IN IZRAČUN OBDELOVALNEGA ČASA

5.1 Razprešanje kolesne dvojice

Kolesna dvojica se razpreša na hidravlični preši. Maksimalna pritiska sila preše znaša 5000kN, pomična hitrost bata pa 0,5 mm/s do 5 mm/sek. Pri postopku razprešanja je potrebno kolesno dvojico na preši najprej centrirati in na čep natakni zaščitno pušo, da se os med delom ne poškoduje.

5.1.1 Razprešanje monoblok plošče

Pot, ki jo opravi bat pri razprešanju monoblok plošče znaša 170 mm, pomična hitrost bata znaša 0,9 mm/s.

Tehnološki čas razprešanja monoblok plošče izračunamo po enačbi (5.1)

$$t_1 = \frac{L}{v_f \cdot 60} = \frac{170}{0,9 \cdot 60} = 3,14 \text{ min} \quad (5.1)$$

5.1.2 Razprešanje zavornega diska

Pot, ki jo opravi bat pri razprešanju zavornega diska plošče znaša 150 mm, pomična hitrost bata znaša 0,9 mm/s.

Tehnološki čas razprešanja zavornega diska izračunamo po enačbi (5.2)

$$t_2 = \frac{L}{v_f \cdot 60} = \frac{150}{0,9 \cdot 60} = 2,8 \text{ min} \quad (5.2)$$

5.1.3 Razprešanje zobnika

Pot, ki jo opravi bat pri razprešanju zobnika znaša 30 mm. Tehnološki čas obdelave izračunamo po enačbi (5.3)

$$t_3 = \frac{L}{v_f \cdot 60} = \frac{30}{0,9 \cdot 60} = 0,56 \text{ min} \quad (5.3)$$

5.2 Obdelava osi

Os je iz jekla 25CrMo4, katerega natezna trdnost znaša 640 N/mm². Obdelava sedežev zavornih diskov in monoblok plošč se izvede na CNC stružnici CST – 50, povrtavanje lukenj prirobnice zobnika in zobnika pa na CNC horizontalnem obdelovalnem centru BM – 2600.

5.2.1 Fino struženje sedeža zavornega diska

Za obdelavo se uporabi orodje pod oznako T06. Priporočena rezalna hitrost rezalne ploščice s strani proizvajalca znaša 175 m/min, podajanje pa 0,2 mm/vrt. Da se zagotovi zahtevana hrapavost površine se podajanje zmanjša na 0,1 mm/vrt. Premer struženja je 168,3 mm.

Vrtilno hitrost izračunamo po enačbi (5.4)

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 175}{\pi \cdot 168,3} = 330,9 \text{ min}^{-1} = 331 \text{ min}^{-1} \quad (5.4)$$

Maksimalna vrtilna hitrost stružnice znaša 680 min^{-1} , kar omogoča izvajanje obdelave na tej stružnici pri izbranih parametrih.

Iz preglednice 4.1 [8] za legirano jeklo in podajanje 0,1 mm/vrt izberemo specifično rezalno silo k_c je 4610 N/mm^2 . Glavno rezalno silo izračunamo po enačbi (5.5)

$$F_c = A \cdot k_c = a_p \cdot f \cdot k_c = 0,15 \cdot 0,1 \cdot 4610 = 69,2 \text{ N} \quad (5.5)$$

Potrebno bruto moč stružnice izračunamo po enačbi (5.6)

$$P_B = \frac{F_c \cdot v_c}{\eta} = \frac{69,2 \cdot 175}{0,8 \cdot 60} = 350 \text{ W} \quad (5.6)$$

Bruto pogonska moč stružnice znaša 33,875 W, kar omogoča izvajanje obdelave na tej stružnici pri izbranih parametrih.

Rezalna ploščica ima radij zaokrožitve 1,2 mm. Glede na podajanje in zaokrožitev izračunamo teoretično hrapavost površine, enačba (5.7)

$$R_{tt} = \frac{f^2}{8 \cdot r} = \frac{0,1^2}{8 \cdot 1,2} = 1,1 \text{ } \mu\text{m} \quad (5.7)$$

Izračunana hrapavost R_{tt} ustreza, saj je manjša od zelene hrapavosti površine pesta, ki znaša $1,5 \text{ } \mu\text{m}$.

Sedež je potrebno stružiti v dolžini 150 mm. Tehnološki čas obdelave izračunamo po enačbi (5.8)

$$t_4 = \frac{L}{v_f} = \frac{L}{f \cdot n} = \frac{150}{0,1 \cdot 331} = 4,53 \text{ min} \quad (5.8)$$

5.2.2 Fino struženje sedeža monoblok plošče

Za obdelavo se uporabi orodje pod oznako T06. Priporočena rezalna hitrost rezalne ploščice s

strani proizvajalca znaša 175 m/min, podajanje pa 0,2 mm/vrt. Da se zagotovi zahtevana hrapavost površine se podajanje zmanjša na 0,1 mm/vrt. Premer struženja znaša 165 mm.

Vrtilno hitrost izračunamo po enačbi (5.9)

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 175}{\pi \cdot 165} = 328 \text{ min}^{-1} \quad (5.9)$$

Maksimalna vrtilna hitrost stružnice znaša 680 min^{-1} , kar omogoča izvajanje obdelave na tej stružnici pri izbranih parametrih.

Iz preglednice 4.1 [8] za legirano jeklo in podajanje 0,1 mm/vrt izberemo specifično rezalno silo k_c je 4610 N/mm^2 . Glavno rezalno silo izračunamo po enačbi (5.10)

$$F_c = A \cdot k_c = a_p \cdot f \cdot k_c = 0,15 \cdot 0,1 \cdot 4610 = 69,2 \text{ N} \quad (5.10)$$

Potrebno bruto moč stružnice izračunamo po enačbi (5.11)

$$P_B = \frac{F_c \cdot v_c}{\eta} = \frac{69,2 \cdot 175}{0,8 \cdot 60} = 252,3 \text{ W} \quad (5.11)$$

Bruto pogonska moč stružnice znaša 33,875 kW, kar omogoča izvajanje obdelave na tej stružnici pri izbranih parametrih.

Rezalna ploščica ima radij zaokrožitve 1,2 mm. Glede na podajanje in zaokrožitev izračunamo teoretično hrapavost površine, enačba (5.12)

$$R_{tt} = \frac{f^2}{8 \cdot r} = \frac{0,1^2}{8 \cdot 1,2} = 1,1 \mu\text{m} \quad (5.12)$$

Izračunana hrapavost R_{tt} ustreza, saj je manjša od želene hrapavosti površine pesta, ki znaša $1,5 \mu\text{m}$.

Sedež je potrebno stružiti v dolžini 170 mm. Tehnološki čas obdelave izračunamo po enačbi (5.13)

$$t_s = \frac{L}{v_f} = \frac{L}{f \cdot n} = \frac{175}{0,1 \cdot 328} = 5,34 \text{ min} \quad (5.13)$$

5.2.3 Povrtanje lukenj Ø20,6 mm

Povrtanje se bo izvedlo s povrtalom $\phi 20,6$, oznaka orodja je T08. Priporočeno rezalna hitrost s strani proizvajalca je 7 m/min in podajanje orodja 0,2 mm/vrt.

Vrtilno hitrost izračunamo po enačbi (5.14)

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 7}{\pi \cdot 20,6} = 108,2 \text{ min}^{-1} \approx 108 \text{ min}^{-1} \quad (5.14)$$

Izračunana vrtilna hitrost je manjša od maksimalne vrtilne hitrosti obdelovalnega centra.

Iz preglednice 4.22 [8] izberemo specifično rezalno silo, ki znaša 3580 N/mm^2 . Glavno rezalno silo pri povrtavanju izračunam po enačbi (5.15)

$$F_c = A \cdot k_c = \frac{(d - D) \cdot f}{2} \cdot k_c = \frac{(20,6 - 19) \cdot 0,2}{2} \cdot 3580 = 572,8 \quad (5.15)$$

Potrebno bruto moč obdelovalnega centra pri povrtavanju izračunam po enačbi (5.16)

$$P_B = \frac{F_c \cdot v_c}{2\eta} \cdot \frac{d + D}{d} = \frac{572,8 \cdot 108}{2 \cdot 0,8 \cdot 60} \cdot \frac{20,6 + 19}{20,6} = 1238,7 \text{ W} \quad (5.16)$$

Moč obdelovalnega centra zadostuje za povrtavanje izvrtine.

Delovni gib se začne 3mm pred izvrtino in je dolg 26 mm, tehnološki čas povrtavanja ene izvrtine izračunam po enačbi (5.17)

$$t_{6x} = \frac{L}{v_f} = \frac{L}{f \cdot n} = \frac{54}{0,2 \cdot 108} = 2,5 \text{ min} \quad (5.17)$$

Povrtati je potrebno 12 izvrtin. Tehnološki čas izdelave vseh izvrtin na osi izračunam po enačbi (5.18)

$$t_6 = t_{6x} \cdot x = 2,5 \cdot 12 = 30 \text{ min} \quad (5.18)$$

5.3 Obdelava zavornega diska

Pesto zavornega diska je iz jeklene litine GS-60,3. Obdelava pesta zavornega diska se izvede na CNC stružnici WD TEHNIK CST – 50. Pesto zavornega diska se obdela z grobim in finim struženjem, da se doseže zahtevana hrapavost

5.3.1 Grobo struženje pesta zavornega diska

Struženje se izvede s stružnim nožem pod oznako T05, maksimalna globina rezanja rezalne ploščice je 6 mm. Priporočena rezalna hitrost s strani proizvajalca znaša 345 m/min , podajanje pa znaša $0,4 \text{ mm/vrt}$. Premer pesta znaša 165 mm in se struži na $167,6 \text{ mm}$.

Vrtilno hitrost izračunamo po enačbi (5.19)

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 345}{\pi \cdot 167,6} = 655,2 \text{ min}^{-1} \approx 655 \text{ min}^{-1} \quad (5.19)$$

Maksimalna vrtilna hitrost stružnice znaša 680 min^{-1} , kar omogoča izvajanje obdelave na tej stružnici pri izbranih parametrih.

Iz preglednice 4.1 [8] za jekleno litino GS-60,3 in podajanje $0,4 \text{ mm/vrt}$ izberemo specifično rezalno silo k_c je 1865 N/mm^2 . Globina rezanja je $1,3 \text{ mm}$ in se izvede v enem globinskem prehodu.

Glavno rezalno silo izračunamo po enačbi (5.20)

$$F_c = A \cdot k_c = a_p \cdot f \cdot k_c = 1,3 \cdot 0,4 \cdot 1865 = 970 \text{ N} \quad (5.20)$$

Potrebno bruto moč stružnice izračunamo po enačbi (5.21)

$$P_B = \frac{F_c \cdot v_c}{\eta} = \frac{970 \cdot 345}{0,8 \cdot 60} = 6970 \text{ W} \quad (5.21)$$

Bruto moč stružnice znaša $33,875 \text{ kW}$, kar omogoča izvajanje obdelave na tej stružnici, pri izbranih parametrih.

Pesto je potrebno stružiti v dolžini 150 mm . Tehnološki čas obdelave izračunamo po enačbi (5.22)

$$t_7 = \frac{L}{v_f} = \frac{L}{f \cdot n} = \frac{150}{0,4 \cdot 655} = 0,57 \text{ min} \quad (5.22)$$

5.3.2 Fino struženje pesta zavornega diska

Uporabi se orodje pod oznako T06, priporočena rezalna hitrost ploščice je 175 m/min , globina rezanja pa $0,2 \text{ mm}$. Da se zagotovi zahtevana hrapavost površine se podajanje zmanjša na $0,1 \text{ mm/vrt}$, globina rezanja pa na $0,2 \text{ mm}$.

Vrtilno hitrost izračunamo po enačbi (5.23)

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 175}{\pi \cdot 168} = 332 \text{ min}^{-1} \quad (5.23)$$

Maksimalna vrtilna hitrost stružnice znaša 680 min^{-1} , kar omogoča izvajanje obdelave na tej stružnici pri izbranih parametrih.

Iz preglednice 4.1 [8] za jekleno litino GS-60,3 in podajanje $0,1 \text{ mm/vrt}$ izberemo specifično rezalno silo k_c je 3530 N/mm^2 .

Glavno rezalno silo izračunamo po enačbi (5.24)

$$F_c = A \cdot k_c = a_p \cdot f \cdot k_c = 0,2 \cdot 0,1 \cdot 3530 = 71 \text{ N} \quad (5.24)$$

Potrebno bruto stružnice izračunamo po enačbi (5.25)

$$P_B = \frac{F_c \cdot v_c}{\eta} = \frac{71 \cdot 175}{0,8 \cdot 60} = 259 \text{ W} \quad (5.25)$$

Bruto moč stružnice znaša 33,875 kW, kar omogoča izvajanje obdelave na tej stružnici, pri izbranih parametrih.

Rezalna ploščica ima radij zaokrožitve 0,8 mm. Glede na podajanje in zaokrožitev izračunamo teoretično hrapavost površine, enačba (5.26)

$$R_{tt} \frac{f^2}{8 \cdot r} = \frac{0,1^2}{8 \cdot 1,2} = 1,1 \mu\text{m} \quad (5.26)$$

Izračunana hrapavost R_{tt} ustreza, saj je manjša od zelene hrapavosti površine pesta, ki znaša $2,5 \mu\text{m}$,

Pesto je potrebno stružiti v dolžini 150 mm. Tehnološki čas obdelave izračunamo po enačbi (5.27)

$$t_8 = \frac{L}{v_f} = \frac{L}{f \cdot n} = \frac{150}{0,1 \cdot 322} = 4,7 \text{ min} \quad (5.27)$$

5.4 Obdelava pesta monoblok plošč

Monoblok plošča je iz legiranega jekla R7, katerega natezna trdnost znaša $820 - 940 \text{ N/mm}^2$. Pesto monoblok plošče se obdela z grobim in finim struženjem, da se doseže zahtevana hrapavost. Obdelava pesta zavornega diska se izvede na CNC stružnici CST – 50.

5.4.1 Grobo struženje pesta monoblok plošče

Premer pesta znaša 150 mm in se struži na 164,32 mm. Struženje se izvede s stružnim nožem pod oznako T05, maksimalna globina rezanja rezalne ploščice je 6 mm. Priporočena rezalna hitrost s strani proizvajalca znaša 345 m/min, podajanje pa znaša 0,4 mm/vrt.

Vrtilno hitrost izračunamo po enačbi (5.28)

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 345}{\pi \cdot 164,32} = 668 \text{ min}^{-1} \quad (5.28)$$

Maksimalna vrtilna hitrost stružnice znaša 680 min^{-1} , kar omogoča izvajanje obdelave na tej stružnici pri izbranih parametrih.

Iz preglednice 4.1 [8] za legirano jeklo in podajanje 0,4 mm/vrt izberemo specifično rezalno silo k_c je 2550 N/mm². Struženje se izvede v dveh prehodih globine 3,58 mm. Glavno rezalno silo izračunamo po enačbi (5.29)

$$F_c = A \cdot k_c = a_p \cdot f \cdot k_c = 3,58 \cdot 0,4 \cdot 2550 = 3652 \text{ N} \quad (5.29)$$

Potrebno bruto stružnice izračunamo po enačbi (5.30)

$$P_B = \frac{F_c \cdot v_c}{\eta} = \frac{3652 \cdot 345}{0,8 \cdot 60} = 26,2 \text{ kW} \quad (5.30)$$

Bruto moč stružnice znaša 33,875 kW, kar omogoča izvajanje obdelave na tej stružnici, pri izbranih parametrih.

Pesto je potrebno stružiti v dveh prehodih dolžine 170 mm, enačba (5.31)

$$t_9 = \frac{L \cdot i}{v_f} = \frac{L \cdot i}{f \cdot n} = \frac{170 \cdot 2}{0,4 \cdot 668} = 1,28 \text{ min} \quad (5.31)$$

5.4.2 Struženje utora monoblok plošče

Struženje se izvede s stružnim nožem pod oznako T07, maksimalna globina rezanja rezalne ploščice je 1,2 mm. Priporočena rezalna hitrost s strani proizvajalca znaša 225 m/min, podajanje pa znaša 0,1 mm/vrt. Utor se struži na premeru 165,25 mm.

Vrtilno hitrost izračunamo po enačbi (5.32)

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 225}{\pi \cdot 165,25} = 433 \text{ min}^{-1} \quad (5.32)$$

Maksimalna vrtilna hitrost stružnice znaša 680 min⁻¹, kar omogoča izvajanje obdelave na tej stružnici pri izbranih parametrih.

Iz preglednice 4.1 [8] za legirano jeklo in podajanje 0,1 mm/vrt izberemo specifično rezalno silo k_c je 4905 N/mm². Globina struženja je 0,5 mm.

Glavno rezalno silo izračunamo po enačbi (5.33)

$$F_c = A \cdot k_c = a_p \cdot f \cdot k_c = 0,5 \cdot 0,1 \cdot 4905 = 245 \text{ N} \quad (5.33)$$

Potrebno bruto moč stružnice izračunamo po enačbi (5.34)

$$P_B = \frac{F_c \cdot v_c}{\eta} = \frac{245 \cdot 225}{0,8 \cdot 60} = 1148 \text{ W} \quad (5.34)$$

Bruto moč stroja je dovolj velika.

Delovna pot orodja je 9 mm. Tehnološki čas obdelave izračunamo po enačbi (5.35)

$$t_{10} = \frac{L}{v_f} = \frac{L}{f \cdot n} = \frac{9}{0,1 \cdot 433} = 0,21 \text{ min} \quad (5.35)$$

5.4.3 Struženje posnetja R1 monoblok plošče

Struženje se izvede s stružnim nožem pod oznako T05, maksimalna globina rezanja rezalne ploščice je 6 mm. Priporočena rezalna hitrost s strani proizvajalca znaša 345 m/min, podajanje pa znaša 0,4 mm/vrt. Posnetje se struži na premeru 165 mm.

Vrtilno hitrost izračunamo po enačbi (5.36)

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 345}{\pi \cdot 165} = 665 \text{ min}^{-1} \quad (5.36)$$

Vrtilna hitrost stružnice zadošča.

Iz preglednice 4.1 [8] za legirano jeklo in podajanje 0,4 mm/vrt izberemo specifično rezalno silo k_c je 2550 N/mm². Globina struženja je 1 mm.

Glavno rezalno silo izračunamo po enačbi (5.37)

$$F_c = A \cdot k_c = a_p \cdot f \cdot k_c = 1 \cdot 0,4 \cdot 2550 = 1020 \text{ N} \quad (5.37)$$

Potrebno bruto moč stružnice izračunamo po enačbi (5.38)

$$P_B = \frac{F_c \cdot v_c}{\eta} = \frac{1020 \cdot 345}{0,8 \cdot 60} = 7331 \text{ W} \quad (5.38)$$

Bruto moč stružnice je dovolj velika za obdelavo pri izbranih parametrih

Orodje opravi pot dolžine 1mm. Tehnološki čas obdelave izračunamo po enačbi (5.39)

$$t_{11} = \frac{L}{v_f} = \frac{L}{f \cdot n} = \frac{1}{0,4 \cdot 665} = 0,04 \text{ min} \quad (5.39)$$

5.4.4 Struženje posnetja R2,5 monoblok plošče

Struženje se izvede s stružnim nožem pod oznako T05, maksimalna globina rezanja rezalne ploščice je 6 mm. Priporočena rezalna hitrost s strani proizvajalca znaša 345 m/min, podajanje pa znaša 0,4 mm/vrt. Posnetje se struži na premeru 165 mm.

Vrtilno hitrost izračunamo po enačbi (5.40)

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 345}{\pi \cdot 165} = 665 \text{ min}^{-1} \quad (5.40)$$

Vrtilna hitrost stružnice je dovolj velika za obdelavo pri izbranih parametrih.

Iz preglednice 4.1 [8] za legirano jeklo in podajanje 0,4 mm/vrt izberemo specifično rezalno silo k_c je 2550 N/mm². Globina struženja je 1 mm. Glavno rezalno silo izračunamo po enačbi (5.41)

$$F_c = A \cdot k_c = a_p \cdot f \cdot k_c = 2,5 \cdot 0,4 \cdot 2550 = 2550 \text{ N} \quad (5.41)$$

Potrebno bruto moč stružnice izračunamo po enačbi (5.42)

$$P_B = \frac{F_c \cdot v_c}{\eta} = \frac{2550 \cdot 345}{0,8 \cdot 60} = 18328 \text{ W} \quad (5.42)$$

Bruto moč stružnice je dovolj velika za obdelavo pri izbranih parametrih

Orodje opravi pot dolžine 2,5 mm. Tehnološki čas obdelave izračunamo po enačbi (5.43)

$$t_{12} = \frac{L}{v_f} = \frac{L}{f \cdot n} = \frac{2,5}{0,4 \cdot 665} = 0,94 \text{ min} \quad (5.43)$$

5.4.5 Fino struženje pesta monoblok plošče

Uporabi se orodje pod oznako T06, priporočena rezalna hitrost ploščice je 175 m/min, globina rezanja pa 0,2 mm. Premer struženja znaša 164,72 mm, da se zagotovi zahtevana hrapavost površine se podajanje zmanjša na 0,1 mm/vrt, globina rezanja pa na 0,2 mm.

Vrtilno hitrost izračunamo po enačbi (5.44)

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 175}{\pi \cdot 164,72} = 338,2 \text{ min}^{-1} \approx 338 \text{ min}^{-1} \quad (5.44)$$

Vrtilna hitrost stružnice je dovolj velika za obdelavo pri izbranih parametrih.

Iz preglednice 4.1 [8] za legirano jeklo in podajanje 0,1 mm/vrt izberemo specifično rezalno silo k_c je 4905 N/mm². Glavno rezalno silo izračunamo po enačbi (5.45)

$$F_c = A \cdot k_c = a_p \cdot f \cdot k_c = 0,2 \cdot 0,1 \cdot 4905 = 98,1 \text{ N} \quad (5.45)$$

Potrebno bruto moč stružnice izračunamo po enačbi (5.46)

$$P_B = \frac{F_c \cdot v_c}{\eta} = \frac{98,1 \cdot 175}{0,8 \cdot 60} = 357,7 \text{ W} \quad (5.46)$$

Bruto moč stružnice je dovolj velika za obdelavo pri izbranih parametrih

Rezalna ploščica ima radij zaokrožitve 1,2 mm. Glede na podajanje in zaokrožitev

izračunamo teoretično hrapavost površine, enačba (5.47)

$$R_{tt} = \frac{f^2}{8 \cdot r} = \frac{0,1^2}{8 \cdot 1,2} = 1,1 \mu m \quad (5.47)$$

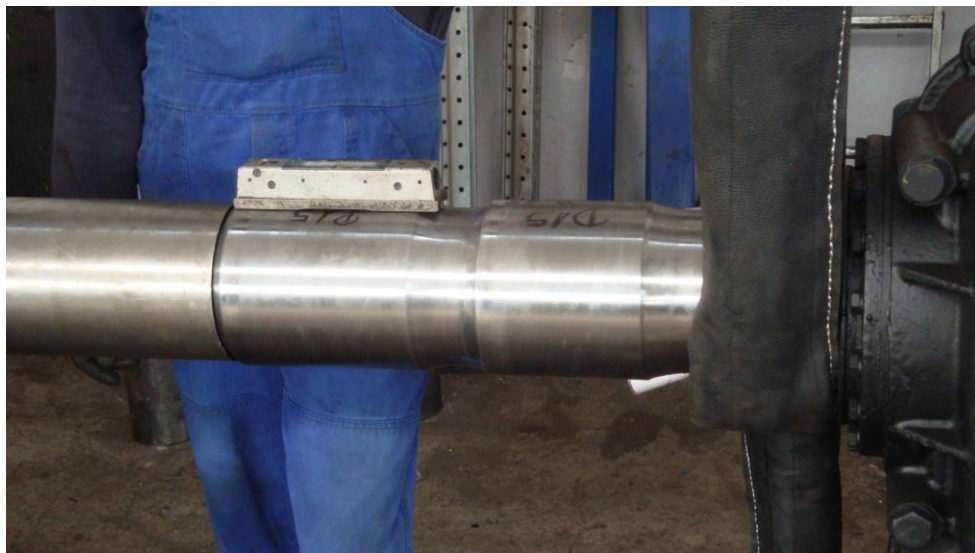
Izračunana hrapavost R_{tt} ustreza, saj je manjša od želene hrapavosti površine pesta, ki znaša $2,5 \mu m$.

Pesto je potrebno stružiti v dolžini 170 mm. Tehnološki čas obdelave izračunamo po enačbi (5.48)

$$t_{13} = \frac{L}{v_f} = \frac{L}{f \cdot n} = \frac{170}{0,1 \cdot 667} = 2,5 \text{ min} \quad (5.48)$$

5.5 Naprešanje kolesne dvojice

Kolesna dvojica se napreša na hidravlični preši. Pred naprešanjem je potrebno os centrirati na preši, kot prikazuje slika 5.1. Maksimalna pritiska sila preše znaša 5000kN, pomična hitrost bata pa 0,5 mm/s do 5 mm/sek. Za mazivo se uporabi laneno olje.



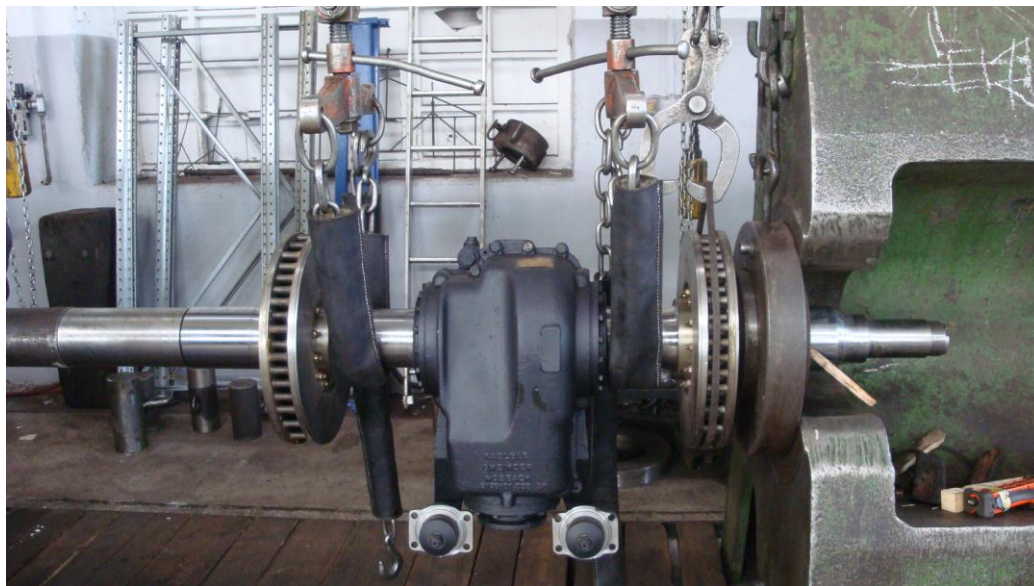
Slika 5.1: Centriranje kolesne dvojice

5.5.1 Naprešanje zavernega diska

Pot, ki jo opravi bat pri naprešanju zavernega diska znaša 150 mm, pomična hitrost bata znaša 0,9 mm/s. Naprešanje zavernega diska prikazuje slika 5.2. Pri naprešanju je potrebno doseči silo med 380 in 470 kN.

Tehnološki čas naprešanja izračunamo po enačbi (5.49)

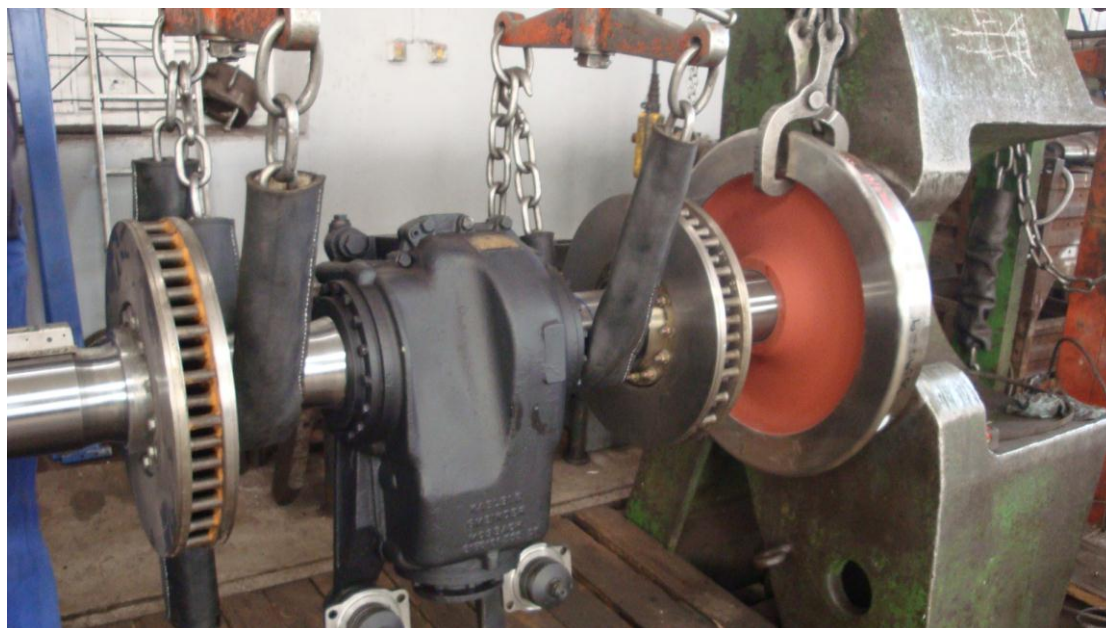
$$t_{14} = \frac{L}{v_f \cdot 60} = \frac{150}{0,9 \cdot 60} = 2,8 \text{ min} \quad (5.49)$$



Slika 5.2: Naprešanje zavrznega diska

5.5.2 Naprešanje monoblok plošče

Pot, ki jo opravi bat pri naprešanju monoblok plošče znaša 170 mm, pomična hitrost bata znaša 0,9 mm/s. Naprešanje monoblok plošče prikazuje slika 5.3. Pri naprešanju je potrebno doseči silo med 660 in 990 kN.

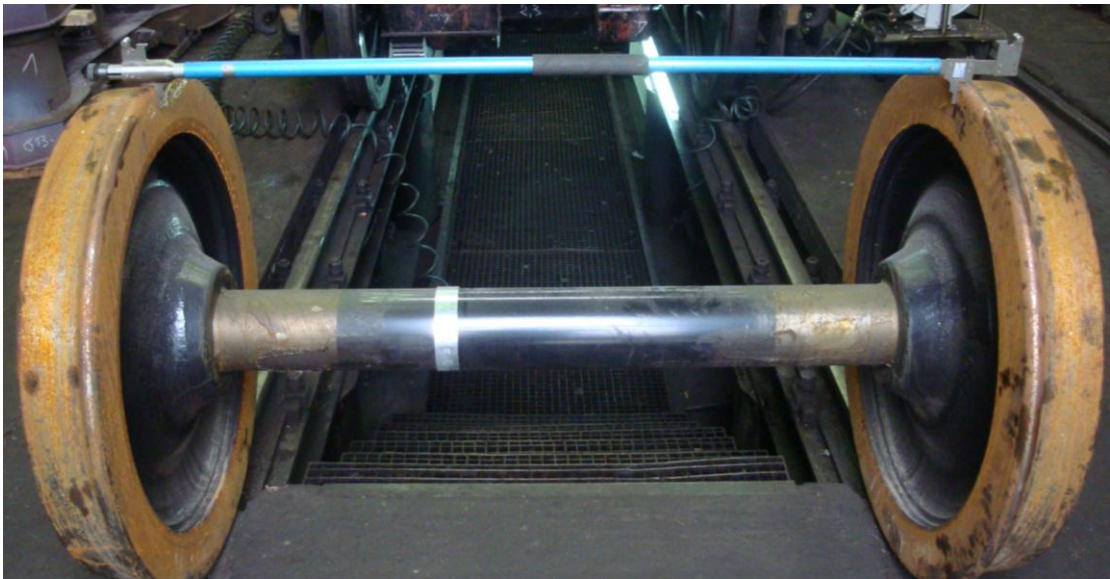


Slika 5.3: Naprešanje monoblok plošče

Tehnološki čas naprešanja monoblok plošče izračunamo po enačbi (5.50)

$$t_{15} = \frac{L}{v_f \cdot 60} = \frac{170}{0,9 \cdot 60} = 3,14 \text{ min} \quad (5.50)$$

Po končanem naprešanju monoblok plošč je potrebno preveriti razmik notranjih površin kolesnih vencev, kot prikazuje slika 5.4.



Slika 5.4: Kontrola razmika notranjih površin kolesnih vencev

6 PRIMERJAVA MED STARIM IN NOVIM POSTOPKOM

6.1 Primerjava časov

V preglednici 6.1 je narejena primerjava med pripravljajalno-zaključnimi in tehnološkimi časi starega in novega postopka.

Preglednica 6.1: Primerjava med pripravljajalno zaključnimi in tehnološkimi časi med starim in novim postopkom

Opis operacije	Stari postopek Pripravljajalno zaključni čas [min]	Novi postopek Pripravljajalno zaključni čas [min]	Stari postopek Tehnološki čas [min]	Novi postopek Tehnološki čas [min]
Centriranje kolesne dvojice	11,8	11,8		
Razprešanje desne monoblok plošče	13,2	13,2	3,14	3,14
Razprešanje desnega zavornega diska	11,3	11,3	2,8	2,8
Razprešanje zobnika	6,4	6,4	0,56	0,56
Obračanje kolesne dvojice	3,95	3,95		
Razprešanje leve monoblok plošče	13,2	13,2	3,14	3,14
Razprešanje levega zavornega diska	11,3	11,3	2,8	2,8
Vpenjanje osi	20,2	16,5		
Obdelava desnega sedeža monoblok plošče	6,3	1,2	27,6	10,68
Obdelava levega sedeža monoblok plošče	6,3	0,8	27,6	10,68
Obdelava desnega sedeža zavornega diska	5,5	1,2	25,2	9,06
Obdelava desnega sedeža zavornega diska	5,5	0,8	25,2	9,06
Vpenjanje zavornega diska	2 x 16,9	2 x 8,7		
Groba obdelava pesta zavornega diska	2 x 5,2	2 x 1,1	2 x 5,6	2 x 0,57
Fina obdelava pesta zavornega diska	2 x 24,5	2 x 1,1	2 x 20,8	2 x 4,7
Vpenjanje monoblok plošče	2 x 17,2	2 x 11,2		
Groba obdelava pesta monoblok plošče	2 x 12,6	2 x 1,1	2 x 18,9	2 x 1,28
Struženje utora monoblok plošče	2 x 5,8	2 x 1,1	2 x 0,6	2 x 0,21
Struženje posnetja R 1	2 x 3,4	2 x 1,1	2 x 0,07	2 x 0,04
Struženje posnetja R 2,5	2 x 4,8	2 x 0,8	2 x 0,17	2 x 0,09
Fina obdelava pesta monoblok plošče	2 x 28,3	2 x 1,1	2 x 23,6	2 x 2,5
Centriranje osi	11,8	11,8		
Naprešanje desnega zavornega diska	11,3	11,3	2,8	2,8
Obračanje kolesne dvojice	3,95	3,95		
Naprešanje levega zavornega diska	11,3	11,3	2,8	2,8
Naprešanje leve monoblok				

plošče	13,2	13,2	3,14	3,14
Obračanje kolesne dvojice	3,95	3,95		
Naprešanje desne monoblok plošče	13,2	13,2	3,14	3,14
Skupaj	421,05	214,95	269,4	82,58

Podatke za primerjavo sem pridobil z merjenjem časa operacije na stroju.

Preglednica 6.2: Primerjava med obdelovainimi časi med starim in novim postopkom

	Stari postopek Obdelovalni čas [min]	Novi postopek Obdelovalni čas brez povrtavanja lukenj [min]	Novi postopek Obdelovalni čas z povrtavanjem lukenj [min]
Skupaj	690,45	297,53	347,71

Prihranek časa po novem postopku znaša, enačba (6.1)

$$t = 690,45 - 297,53 = 392,92 \text{ min} \quad (6.1)$$

6.2 Prednosti in slabosti novega postopka

Prednosti novega postopka:

- možno je celotno kolesno dvojico obdelati na enem mestu
- natančnejša obdelava
- kvalitetnejša obdelava
- hitrejša obdelava
- manj nevarnosti za poškodbe delavca
- lažje naprešanje

Slabosti novega postopka.

- velik finančni vložek

7 DELOVNI POTEK IN DELOVNE RISBE OBNOVE KOLESNE DVOJICE

DELOVNI POTEK	Naziv izdelka		Tehnolog		Ekselenski		List	
	Kolesna dvojica		Izdelano dne		09.04.2012		1	
	Številka delavniške risbe		Pregledal				Listov	
			Popravlil				5	
Material /	Kodna številka izdelka		Število kosov v seriji 1		Rok izdelave od do			
Trdnost: /	Dimenzije surovca: Ø802 x2237		Masa surovca □kg□		Masa izdelka □kg□			
Toplotna obdelava: /	Predhodna obdelava: /		Bruto: 870,6		870,6			
Št. oper.	Opis operacije	Stroško- vno mesto □ števil- ka□	Tip stroja □ števil- ka□	Pomožna sredstva izdelave □ naziv, številka□	Plačilna skupina □ števil- ka□	Pripravl.- zaklj. čas □ min□ t _{pz}	Tehnološki čas □ min□ t	
	RAZPREŠANJE KOLESNE DVOJICE	1	1			11,8		
10	Razprešanje desne monoblok plošče	1	1			13,2	3,14	
20	Razprešanje desnega zavornega diska	1	1			11,3	2,8	
30	Razprešanje zobnika	1	1			6,4	0,56	
	OBRAČANJE KOLESNE DVOJICE	1	1			3,95		
40	Razprešanje leve monoblok plošče	1	1			13,2	3,14	
50	Razprešanje levega zavornega diska	1	1			11,3	2,8	

DELOVNI POTEK		Naziv izdelka		Tehnolog	Ekselenski	List	
		Os		Izdelano dne	09.04.2012	2	
		Številka delavniške risbe		Pregledal			Listov
		001		Popravlil			5
Material		Kodna številka izdelka		Število kosov v seriji	Rok izdelave od do		
25CrMo4				1			
Trdnost: 640 N/mm ²		Dimenzije surovca: Ø265 x2237		Masa surovca <input type="checkbox"/> kg <input type="checkbox"/>	Masa izdelka <input type="checkbox"/> kg <input type="checkbox"/>		
Toplotna obdelava: /		Predhodna obdelava: /		Bruto: 280	279,8		
Št. oper.	Opis operacije	Stroškovno mesto <input type="checkbox"/> številka <input type="checkbox"/>	Tip stroja <input type="checkbox"/> številka <input type="checkbox"/>	Pomožna sredstva izdelave <input type="checkbox"/> naziv, številka <input type="checkbox"/>	Plačilna skupina <input type="checkbox"/> številka <input type="checkbox"/>	Pripravl.-zaklj. čas <input type="checkbox"/> min <input type="checkbox"/> t _{pz}	Tehnološki čas <input type="checkbox"/> min <input type="checkbox"/> t
	STRUŽENJE OSI	2	2			16,5	
60	Struženje desnega sedeža monoblok plošče	2	2			1,2	10,68
70	Struženje levega sedeža monoblok plošče	2	2			0,8	10,68
80	Struženje desnega sedeža zavornega diska	2	2			1,2	9,06
90	Struženje levega sedeža zavornega diska	2	2			0,8	9,06
	POVRTAVANJE LUKENJ	3	3			16,5	
100	Povrtavanje lukenj prirobnice zobnika in zobnika	3	3			3,68	30

DELOVNI POTEK		Naziv izdelka		Tehnolog	Ekselenski		List
		Zavorni disk		Izdelano dne	09.04.2012		3
		Številka delavniške risbe		Pregledal			Listov
		002		Popravlil			5
Material GS-60,3		Kodna številka izdelka		Število kosov v seriji 2		Rok izdelave od do	
Trdnost:		Dimenzije surovca: Ø550x150		Masa surovca <input type="checkbox"/> kg <input type="checkbox"/>		Masa izdelka <input type="checkbox"/> kg <input type="checkbox"/>	
Toplotna obdelava: /		Predhodna obdelava: /		Bruto: 35		33,9	
Št. oper.	Opis operacije	Stroškovno mesto <input type="checkbox"/> številka <input type="checkbox"/>	Tip stroja <input type="checkbox"/> številka <input type="checkbox"/>	Pomožna sredstva izdelave <input type="checkbox"/> naziv, številka <input type="checkbox"/>	Plačilna skupina <input type="checkbox"/> številka <input type="checkbox"/>	Pripravl.-zaklj. čas <input type="checkbox"/> min <input type="checkbox"/> t _{pz}	Tehnološki čas <input type="checkbox"/> min <input type="checkbox"/> t
	STRUŽENJE ZAVORNEGA DISKA	2	2			8,7	
110	Grobo struženje pesta zavornega diska	2	2			1,1	0,57
120	Fino struženje pesta zavornega diska	2	2			1,1	4,7

DELOVNI POTEK		Naziv izdelka		Tehnolog	Ekselenski		List	
		Monoblok plošča		Izdelano dne	09.04.2012		4	
		Številka delavniške risbe		Pregledal			Listov	
		003		Popravlil			5	
Material		Kodna številka izdelka		Število kosov v seriji		Rok izdelave od do		
R7				2				
Trdnost: 820-940 N/mm ²		Dimenzije surovca: Ø802 x170		Masa surovca □kg□		Masa izdelka □kg□		
Toplotna obdelava: /		Predhodna obdelava: /		Bruto: 250		245,02		
Št. oper.	Opis operacije	Stroškovno mesto □številka□	Tip stroja □številka□	Pomožna sredstva izdelave □naziv, številka□	Plačilna skupina □številka□	Pripravl.-zaklj. čas □min□ t _{pz}	Tehnološki čas □min□ t	
	STRUŽENJE MONOBLOK PLOŠČE	2	2			11,2		
130	Grobo struženje pesta monoblok plošče	2	2			1,1	1,28	
140	Struženje utora monoblok plošče	2	2			1,1	0,21	
150	Struženje posnetja R1	2	2			1,1	0,04	
160	Struženje posnetja R2,5	2	2			0,8	0,09	
170	Fino struženje pesta monoblok plošče	2	2			1,1	2,5	

DELOVNI POTEK		Naziv izdelka		Tehnolog	Ekselenski	List	
		Kolesna dvojica		Izdelano dne	09.04.2012	5	
		Številka delavniške risbe		Pregledal		Listov	
				Popravlil		5	
Material /		Kodna številka izdelka		Število kosov v seriji 1		Rok izdelave od do	
Trdnost: /		Dimenzije surovca: Ø802 x2237		Masa surovca □kg□		Masa izdelka □kg□	
Toplotna obdelava: /		Predhodna obdelava: /		Bruto: 870,6		870,6	
Št. oper.	Opis operacije	Stroškovno mesto □ številka□	Tip stroja □ številka□	Pomožna sredstva izdelave □ naziv, številka□	Plačilna skupina □ številka□	Pripravl.-zaklj. čas □ min□ t _{pz}	Tehnološki čas □ min□ t
	NAPREŠANJE KOLESNE DVOJICE	1	1			11,8	
180	Naprešanje desnega zavornega diska	1	1			11,3	2,8
	OBRAČANJE KOLESNE DVOJICE	1	1			3,95	
190	Naprešanje levega zavornega diska	1	1			11,3	2,8
200	Naprešanje leve monoblok plošče	1	1			13,2	3,14
	OBRAČANJE KOLESNE DVOJICE	1	1			3,95	
210	Naprešanje desne monoblok plošče	1	1			13,2	3,14

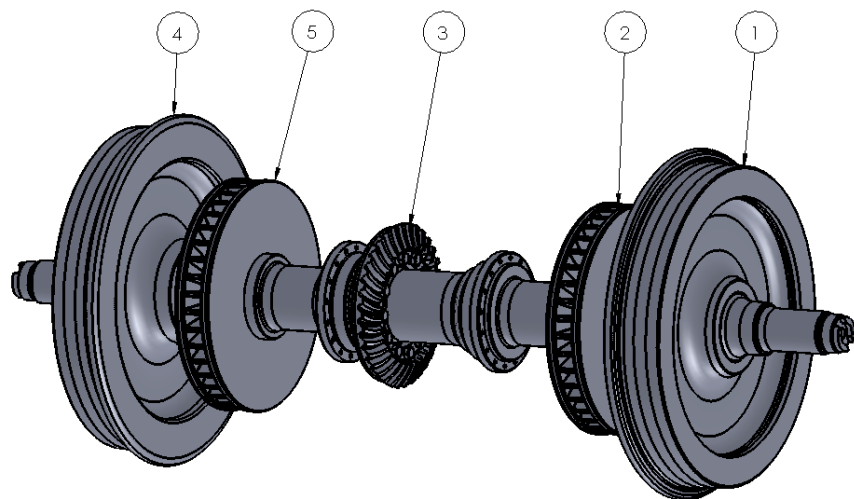
L=vzdolžna pot orodja [mm]
 B=pot orodja v širino [mm]
 i=število zapovrstnih rezov
 a =globina rezanja [mm]

v_c =rezalna hitrost [m/min]
 n=vrtlina hitrost obdelov./orodja [min^{-1}]
 f=podajanje [mm/vrt]
 v_f =podajalna hitrost [mm/min]

f_z =podajanje na rezilo [mm/zob]
 t_t '=tehnološki čas za fazo [min]
 t_{pz} =pripravljalno-zaključni čas stroj[min]
 t_p =pomožni čas [min]

t_t =tehnološki čas za operacijo [min]
 t_1 =norma za obdelovanec [min]
 t_N =čas za naročilo (serije) [min,h]
 Z_N =število obdelovancev v naročilu (seriji)[kos]

Faza	Postopek dela	Rezilno orodje		Pomožno orodje		Rezalni material	v_c	N	f	v_f	f_z	a	L	B	i	t_t
		Naziv	Številka	Naziv	Številka											
1	Razprešanje desne monoblok plošče			Bat, puša, nastavek 1	T01, T02, T03	/	/	/	/	0,015	/	/	170	/	/	3,14
2	Razprešanje desnega zavornega diska			Bat, puša, nastavek 1	T01, T02, T03	/	/	/	/	0,015	/	/	150	/	/	2,8
3	Razprešanje zobnika			Bat, puša, nastavek 1	T01, T02, T03	/	/	/	/	0,015	/	/	30	/	/	0,56
4	Razprešanje leve monoblok plošče			Bat, puša, nastavek 1	T01, T02, T03	/	/	/	/	0,015	/	/	170	/	/	3,14
5	Razprešanje levega zavornega diska			Bat, puša, nastavek 1	T01, T02, T03	/	/	/	/	0,015	/	/	150	/	/	2,8
6																
7																
8																
9																



Obdelovalni časi	t_{pz} = 28,4	t_1 = /	
	t_p = /	t_N = /	
Priprave	Naziv	Številka	
Merila	Vodna tehnica		
Material		Trdnost	
Dim.surovca	Ø802 x2237 mm	Masa	870,6 kg
Tehnolog	Ekselenski	Stroškovno mesto	Delovno mesto
Pregledal		1	1
Izdelano dne	14.04.2012		
Stroj	Naziv: Hidravlična preša	Pogonska moč [kW]	
	Tip in številka	Operacija	List 1
		10 - 50	Listov 6
Številka del. Risbe		Kod. št.izdelka	
Merilo	Naziv izdelka	DELOVNA RISBA k delovnemu poteku	
	Kolesna dvojica		

Št.	Znaki	Pomen	5	6	7	8	9	Opombe
1	△	smer vpenjanja	→	←	cent. vpen. zunaj	↔	centriranje od znotraj	
2	┌─┐	nal.-prilež.ploskev	▶	◀	centriranje od zunaj	┌─┐	aretiranje	
3	∇	nal.-prilež.prizma	←	→	cent.vpen.znotraj	⊕	opora, lineta	

L=vzdolžna pot orodja [mm]

v_c =rezalna hitrost [m/min]

f_z =podajanje na rezilo [mm/zob]

t_t =tehnološki čas za operacijo [min]

B=pot orodja v širino [mm] i=število zapovrstnih rezov a =globina rezanja [mm]		n=vrtlina hitrost obdelov./orodja [min ⁻¹] f=podajanje [mm/vrt] v _f =podajalna hitrost [mm/min]		t _t '=tehnološki čas za fazo [min] t _{pr} =pripravljajno-zaključni čas stroj[min] t _p =pomožni čas [min]		t ₁ =norma za obdelovanec [min] t _N =čas za naročilo (serije) [min,h] Z _N =število obdelovancev v naročilu (seriji)[kos]										
Faza	Postopek dela	Rezilno orodje		Pomožno orodje		Rezalni material	v _c	N	f	v _f	f _z	a	L	B	i	t _t '
		Naziv	Številka	Naziv	Številka											
1	Struženje desnega sedeža monoblok plošče	Stružni nož	T06			HB 7035	175	328	0,1	32,8	/	0,15	170	/	1	5,34
2	Struženje levega sedeža monoblok plošče	Stružni nož	T06			HB 7035	175	328	0,1	32,8	/	0,15	170	/	1	5,34
3	Struženje desnega sedeža zavornega diska	Stružni nož	T06			HB 7035	175	331	0,1	33,1	/	0,15	150	/	1	4,53
4	Struženje levega sedeža zavornega diska	Stružni nož	T06			HB 7035	175	331	0,1	33,1	/	0,15	150	/	1	4,53
5																
6																
7																
8																
9																

	Obdelovalni časi	t _{pr} = 18,6 t _p = / t _t = /	t ₁ = / t _N =/ Z _N =1
	Priprave	Naziv	Številka
	Merila	Mikrometer	
	Material	25CrMo4	Trdnost
Dim.surovca	Ø265 x2237 mm	Masa	279,8 kg
Tehnolog	Ekselenski	Stroškovno mesto	Delovno mesto
Pregledal		2	2
Izdelano dne	14.04.2012		
Stroj	Naziv:	Pogonska moč [kW]	
	CNC stružnica	33,875	
Stroj	Tip in številka	Operacija	List
	WD TEHNIK CST - 50	60 - 90	2
Stroj	Številka del. risbe	Kod. št.izdelka	DELOVNA RISBA
	001		
Merilo	Naziv izdelka	k delovnemu poteku	
	Os		

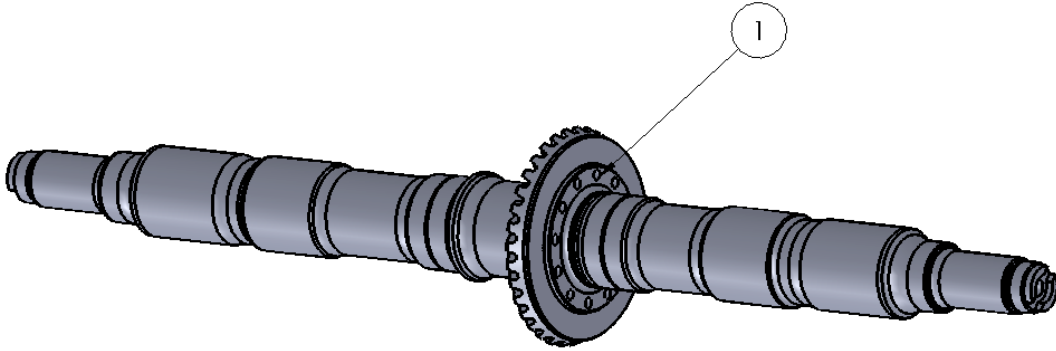
Št.	Znaki	Pomen	5	6	Opombe
1	△	smer vpenjanja	→	←	cent. vpen. zunaj
2	┌─┐	nal.-prilež.ploskev	▶	◀	centriranje od znotraj
3	∇	nal.-prilež.prizma	▶	◀	centriranje od zunaj
4	←─▶	cent.vpen.znotraj	≡	≡	opora, lineta

L=vzdolžna pot orodja [mm]
B=pot orodja v širino [mm]

v_c=rezalna hitrost [m/min]
n=vrtlina hitrost obdelov./orodja [min⁻¹]

f_z=podajanje na rezilo [mm/zob]
t_t'=tehnološki čas za fazo [min]

t_t=tehnološki čas za operacijo [min]
t₁=norma za obdelovanec [min]

i=število zapovrstnih rezov a =globina rezanja [mm]		f=podajanje [mm/vrt] v _f =podajalna hitrost [mm/min]		t _{pz} =pripravljalno-zaključni čas stroj[min] t _p =pomožni čas [min]		t _N =čas za naročilo (serije) [min,h] Z _N =število obdelovancev v naročilu (seriji)[kos]										
Faza	Postopek dela	Rezilno orodje		Pomožno orodje		Rezalni material	v _c	n	f	v _f	f _z	a	L	B	i	t _t
		Naziv	Številka	Naziv	Številka											
1	Povrtavanje luknje Ø20,6 mm	Povrtalo Ø20,6	T08			HSS	7	108	0,2	21,6	/	23	26	/	12	30
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
						Obdelovalni časi		t _{pz} = 17,45			t _t = /					
						Priprave		Naziv			Številka					
						Merila		Merilna ura								
						Material		25CrMo4			Trdnost		640 N/mm ²			
						Dim.surovca		Ø265 x2237 mm			Masa		279,8 kg			
						Tehnolog		Ekselenski			Stroškovno mesto		Delovno mesto			
						Pregledal					3		3			
						Izdelano dne		14.04.2012								
						Stroj		Naziv: CNC horizontalni obdelovalni center			Pogonska moč [kW] 19,36					
								Tip in številka WD TEHNIK BM - 2600			Operacija 100		List 3 Listov 6			
Številka del. risbe		001			Kod. št.izdelka											
Merilo		Naziv izdelka			Os			DELOVNA RISBA k delovnemu poteku								
Št.	Znaki	Pomen	5	→▶◀←	cent. vpen. zunaj	Opombe										
1	△	smer vpenjanja	6	◀▶	centriranje od znotraj											
2	—	nal.-prilež.ploskev	7	▶▶	centriranje od zunaj											
3	∇	nal.-prilež.prizma	8	—	aretiranje											
4	←▶	cent.vpen.znotraj	9	⊕	opora, lineta											

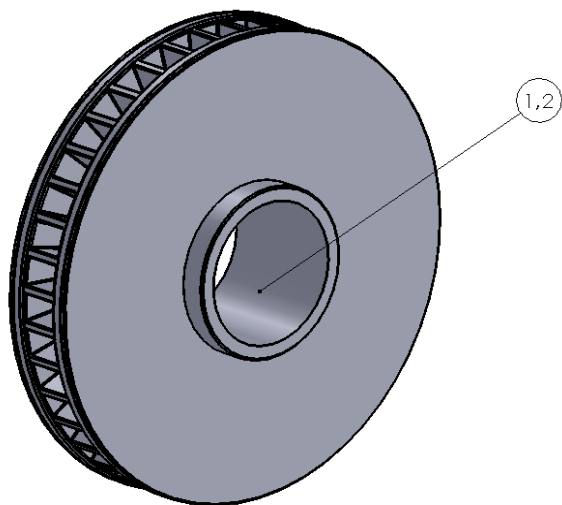
L =vzdolžna pot orodja [mm]
 B =pot orodja v širino [mm]
 i =število zapovrstnih rezov
 a =globina rezanja [mm]

v_c =rezalna hitrost [m/min]
 n =vrtlina hitrost obdelov./orodja [min^{-1}]
 f =podajanje [mm/vrt]
 v_f =podajalna hitrost [mm/min]

f_z =podajanje na rezilo [mm/zob]
 t_r =tehnološki čas za fazo [min]
 t_{pz} =pripravljalno-zaključni čas stroj[min]
 t_p =pomožni čas [min]

t_r =tehnološki čas za operacijo [min]
 t_1 =norma za obdelovanec [min]
 t_N =čas za naročilo (serije) [min,h]
 Z_N =število obdelovancev v naročilu (seriji)[kos]

Faza	Postopek dela	Rezilno orodje		Pomožno orodje		Rezalni material	v_c	n	f	v_f	f_z	a	L	B	i	t_r
		Naziv	Številka	Naziv	Številka											
1	Struženje pesta zavornega diska	Stružni nož	T05			HB 7035	345	655	0,4	262	/	1,3	150	/	1	0,57
2	Fino struženje pesta zavornega diska	Stružni nož	T06			HB 7035	175	332	0,1	33,2	/	0,2	150	/	1	4,7
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																



Obdelovalni časi	t_{pz} =18,6	t_1 =/	
	t_p =/	t_N =/	
	t_r =/	Z_N =2	
Priprave	Naziv	Številka	
Merila	Merilna ura		
	Mikrometer		
Material	GS-60,3	Trdnost	
Dim.surovca	Ø550x150	Masa	33,9 kg
Tehnolog	Ekselenski	Stroškovno mesto	Delovno mesto
Pregledal		2	2
Izdelano dne	14.04.2012		
Stroj	Naziv:	Pogonska moč [kW]	
	CNC stružnica	33,875	
	Tip in številka	Operacija	List
	WD TEHNIK CST - 50	110 - 120	Listov 4
			Listov 6
	Številka del. risbe	Kod. št.izdelka	
	002		
Merilo	Naziv izdelka	DELOVNA RISBA	
	Zavorni disk	k delovnemu poteku	

Št.	Znaki	Pomen	5	→◀◀◀←	cent. vpen. zunaj	Opombe
1	△	smer vpenjanja	6	◀▶	centriranje od znotraj	
2	┌─┐	nal.-prilež.ploskev	7	▶◀	centriranje od zunaj	
3	∇	nal.-prilež.prizma	8	┌─┐	aretiranje	
4	←◀▶→	cent.vpen.znotraj	9	≡≡	opora, lineta	

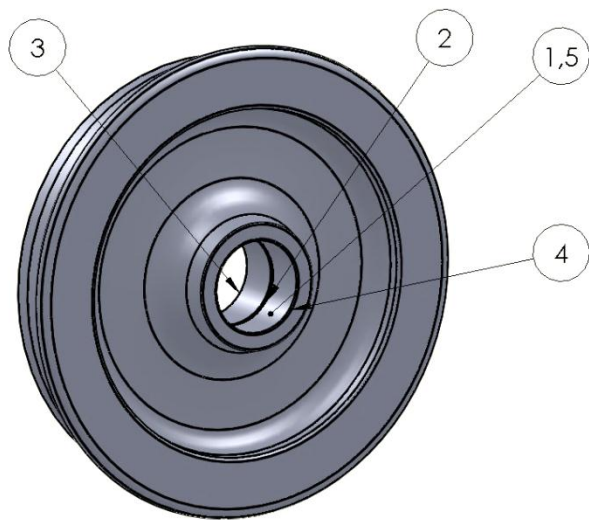
L=vzdolžna pot orodja [mm]
 B=pot orodja v širino [mm]
 i=število zapovrstnih rezov
 a=globina rezanja [mm]

v_c =rezalna hitrost [m/min]
 n =vrtlina hitrost obdelov./orodja [min^{-1}]
 f =podajanje [mm/vrt]
 v_f =podajalna hitrost [mm/min]

f_z =podajanje na rezilo [mm/zob]
 t_t '=tehnološki čas za fazo [min]
 t_{pz} =pripravljalno-zaključni čas stroj[min]
 t_p =pomožni čas [min]

t_t =tehnološki čas za operacijo [min]
 t_1 =norma za obdelovanec [min]
 t_N =čas za naročilo (serije) [min,h]
 Z_N =število obdelovancev v naročilu (seriji)[kos]

Faza	Postopek dela	Rezilno orodje		Pomožno orodje		Rezalni material	v_c	n	f	v_f	f_z	a	L	B	i	t_t
		Naziv	Številka	Naziv	Številka											
1	Struženje pesta monoblok plošče	Stružni nož	T05			HB 7035	345	668	0,4	267	/	3,58	170	/	2	1,28
2	Struženje utora monoblok plošče	Stružni nož	T07			HB 7035	225	433	0,1	43,3	/	0,5	9	/	1	0,21
3	Struženje posnetja R1	Stružni nož	T05			HB 7035	345	665	0,4	266	/	1	1	/	1	0,04
4	Struženje posnetja R2,5	Stružni nož	T05			HB 7035	345	665	0,4	266	/	2,5	2,5	/	1	0,09
5	Fino struženje pesta monoblok plošče	Stružni nož	T06			HB 7035	175	338	0,1	33,8	/	0,2	170	/	1	2,5
6																
7																
8																
9																



Obdelovalni časi	t_{pz} = 18,6	t_1 = /	
	t_p = /	t_N = /	
	t_t = /	Z_N =1	
Priprave	Naziv	Številka	
Merila	Merilna ura		
	Mikrometer		
Material	R7	Trdnost 820-940 N/mm ²	
Dim.surovca	Ø802 x170	Masa 245,02 kg	
Tehnolog	Ekselenski	Stroškovno mesto	
Pregledal			Delovno mesto
Izdelano dne	14.04.2012	2	2
Stroj	Naziv: CNC stružnica	Pogonska moč [kW] 33,875	
	Tip in številka WD TEHNIK CST - 50	Operacija 130 - 170	List 5 Listov 6
Številka del. risbe 003		Kod. št.izdelka	
Merilo	Naziv izdelka Monoblok plošča		DELOVNA RISBA k delovnemu poteku

Št.	Znaki	Pomen	5	→	←	Opombe
1	△	smer vpenjanja	6	◀	▶	cent. vpen. zunaj
2	┌─┐	nal.-prilež.ploskev	7	▶	◀	centriranje od znotraj
3	∇	nal.-prilež.prizma	8			aretiranje
4	←▶	cent.vpen.znotraj	9	⊕		opora, lineta

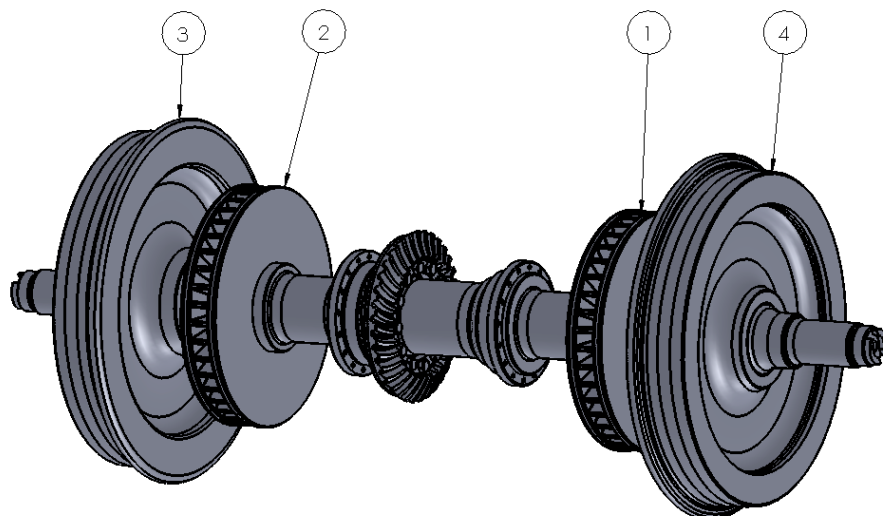
L=vzdolžna pot orodja [mm]
 B=pot orodja v širino [mm]
 i=število zapovrstnih rezov
 a =globina rezanja [mm]

v_c =rezalna hitrost [m/min]
 n=vrtilna hitrost obdelov./orodja [min^{-1}]
 f=podajanje [mm/vrt]
 v_f =podajalna hitrost [mm/min]

f_z =podajanje na rezilo [mm/zob]
 t_t' =tehnološki čas za fazo [min]
 t_{pz} =pripravljalno-zaključni čas stroj[min]
 t_p =pomožni čas [min]

t_t =tehnološki čas za operacijo [min]
 t_1 =norma za obdelovanec [min]
 t_N =čas za naročilo (serije) [min,h]
 Z_N =število obdelovancev v naročilu (seriji)[kos]

Faza	Postopek dela	Rezilno orodje		Pomožno orodje		Rezalni material	v_c	n	f	v_f	f_z	a	L	B	i	t_t'
		Naziv	Številka	Naziv	Številka											
1	Naprešanje desnega zavornega diska			Bat, puša, nastavek 2	T01, T02, T04	/	/	/	/	0,015	/	/	150	/	/	2,8
2	Naprešanje levega zavornega diska			Bat, puša, nastavek 2	T01, T02, T04	/	/	/	/	0,015	/	/	150	/	/	2,8
3	Naprešanje leve monoblok plošče			Bat, puša, nastavek	T01, T02, T03	/	/	/	/	0,015	/	/	170	/	/	3,14
4	Naprešanje desne monoblok plošče			Bat, puša, nastavek	T01, T02, T03	/	/	/	/	0,015	/	/	170	/	/	3,14
5																
6																
7																
8																
9																



Obdelovalni časi	t_{pz} = 28,4	t_1 = /	
	t_p = /	t_N = /	
	t_t = /	Z_N = 1	
Priprave	Naziv	Številka	
Merila	Kljukasto merilo		
	Vodna tehnica		
Material		Trdnost	
Dim.surovca	Ø802 x2237	Masa	870,6 kg
Tehnolog	Ekselenski	Stroškovno mesto	Delovno mesto
Pregledal		1	1
Izdelano dne	14.04.2012		

Stroj	Naziv:	Pogonska moč [kW]	
	Preša		
	Tip in številka	Operacija	List 6
		180 - 210	Listov 6

Številka del. risbe	Kod. št.izdelka	DELOVNA RISBA
Merilo	Naziv izdelka	
	Kolesna dvojica	k delovnemu poteku

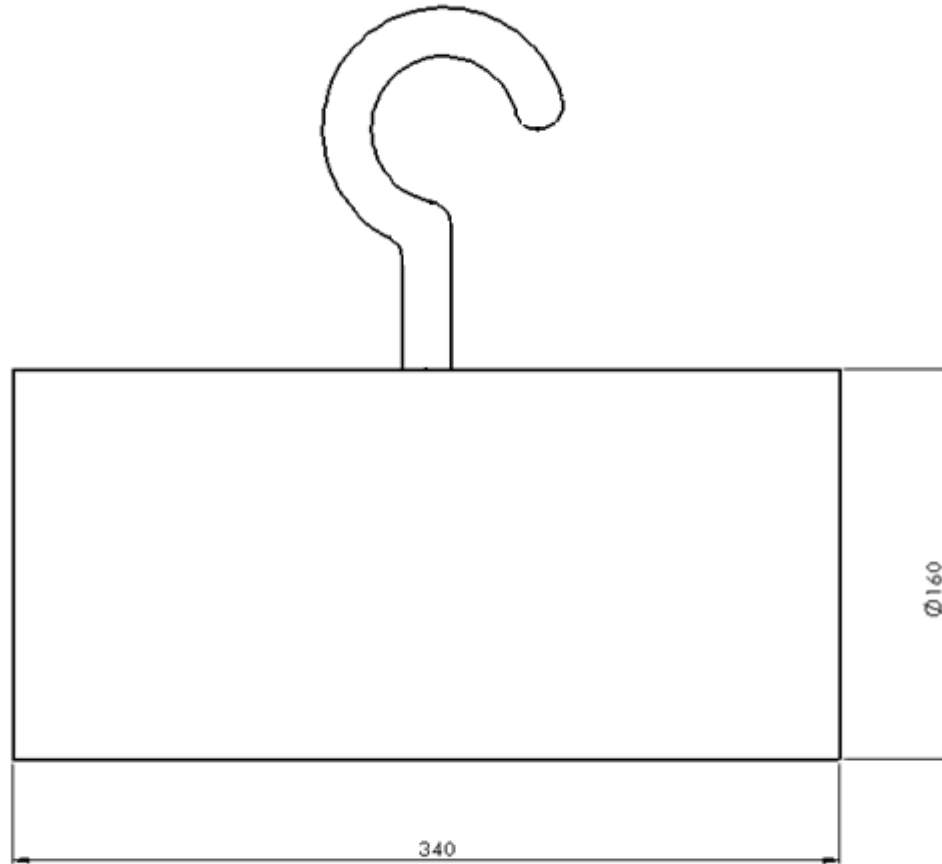
Št.	Znaki	Pomen	5	→	←	6	→	←	7	→	←	8	→	←	9	→	←
1	△	smer vpenjanja	6	→	←	cent. vpen. zunaj											
2	┌─┐	nal.-prilež.ploskev	7	→	←	centriranje od znotraj											
3	∇	nal.-prilež.prizma	8	→	←	centriranje od zunaj											
4	←	cent.vpen.znotraj	9	→	←	aretiranje											
				→	←	opora, lineta											

STROJNI LIST		Naziv: CNC horizontalni obdelovalni center		Tip: BM - 2600					
		Inv. št.		Nabavna cena		Kvalitet. stop.			
						Tovarn. št.			
						Prip. skupini	3		
Proizvajalec		WD TEHNIK		Leto izdelave		2012			
Dobavitelj				Leto dobave		2012			
Strošk. mesto				Mesto namešt.					
Dolžina	8000 mm	Vrsta pogona	Vrsta toka	Izmenični	Oznaka in dimenzije jermena				
Širina	4711 mm		Napetost	415 V					
Višina	3842 mm		Frekvenca	50 Hz					
Masa	23000 kg		Skupna moč	19,36 kW					
Motor za pogon		Tip motorja in številka	Izvedba	Priključna moč □kW□	Število vrtljajev	Zamenjan-popravljen, dne			
Pogonski motor vretena				18,5 kW					
Motor hladilne črpalke				0,86 kW					
Karakteristika stroja				Posebna oprema					
Delovno območje:									
X-os 2600 mm									
Y-os 1400 mm									
Z-os 1100 mm									
									
Podatki o vrtljajih, stopnjevanju in pomikih (vzdolžnih, prečnih, vertikalnih)									
Največje število vrtljajev n = 4000 vrt/min									
Delovni pomiki po X-, Y-, Z- osi 1 – 5000 mm/min									
Hitri pomiki po X-, Y-, Z- osi 10 m/min									
Planska vzdrževalna dela		Dne, opravil		Stroški		Izredni posegi		Stroški	
Pripombe						Kapaciteta			
						Izdelano dne		10.04.2012	
						Tehnolog		Ekselenski	

9 SEZNAM ORODJA IN ORODNI LISTI

SEZNAM ORODJA		Številka delavniške risbe		Kodna številka izdelka		List			Listov	
		Naziv izdelka		Število kosov v seriji		1			1	
		Kolesna dvojica		1		Tehnolog			Ekselenski	
						Izdelano dne			10.04.2012	
						Pregledal				
Številka operacije	Naziv orodja	Številka orodja	Material orodja	Količina za serijo.....	O	P	S	N	Termin naročila	
10, 20, 30, 40, 50, 180, 190, 200, 210	Pomožni bat Ø160	T01	Orodno jeklo							
10, 20, 30, 40, 50, 180, 190, 200, 210	Zaščitna puša Ø163	T02	Orodno jeklo							
10, 20, 30, 40, 50, 200, 210	Nastavek 1	T03	Orodno jeklo							
180, 190	Nastavek 2	T04	Orodno jeklo							
110, 130, 140, 150, 160	Stružni nož	T05	HB 7035							
60, 70, 80, 90, 120, 170	Stružni nož	T06	HB 7035							
140	Stružni nož	T07	HB 7035							
100	Povrtalo Ø20,6	T08	HSS							
Sprememba		Orodna služba		Orodno skladišče		Legenda				
Datum		Datum		Datum		O-obstoječe				
Podpis		Podpis		Podpis		P-ponaročilo				
						S-sprememba				
						N-novo				

	ORODNI LIST	Številka programskega lista:	Tehnolog: Ekselenski
	Naziv orodja: Pomožni bat Ø160	Številka orodja: T01	Datum: 10.04.2012

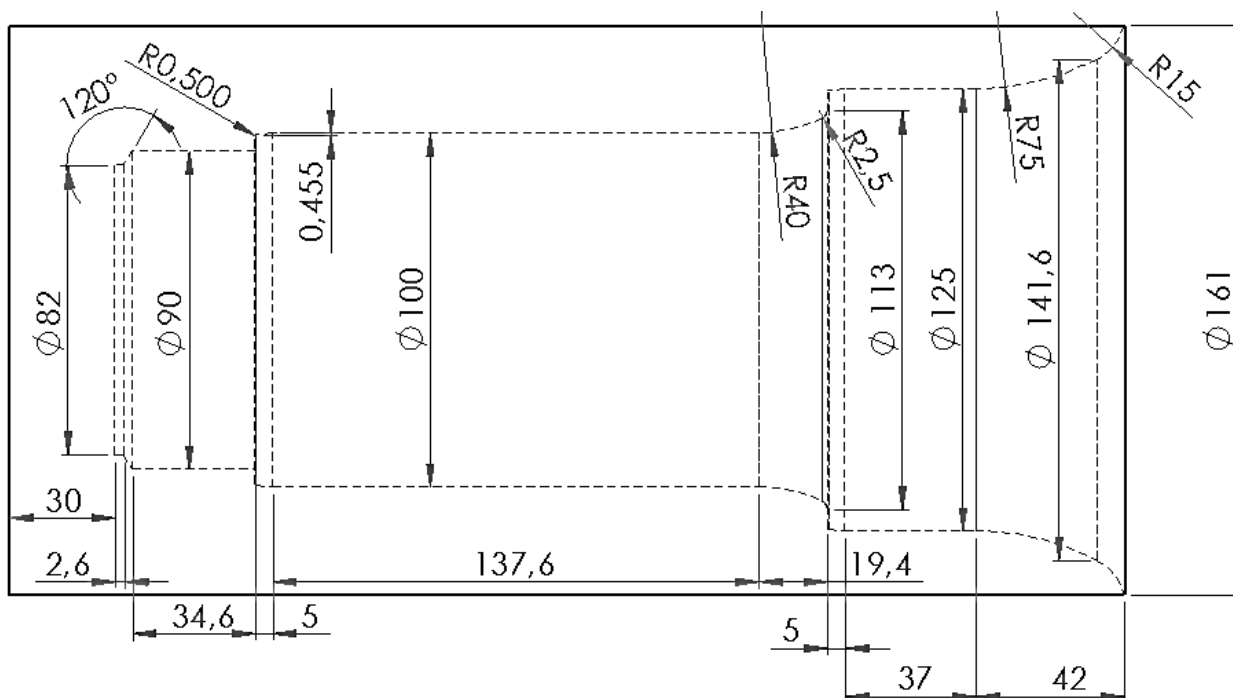


Material orodja: Orodno jeklo Število rezil: / Dolžina L: 340 Premer D: 160

STAVEK ORODJA

Poz.:	Kos:	Naziv	Koda:	Oz. Proizvajalca:
1	1	Pomožni bat	/	/

	ORODNI LIST	Številka programskega lista:	Tehnolog: Ekselenski
	Naziv orodja: Zaščitna puša Ø163	Številka orodja: T02	Datum: 10.04.2012

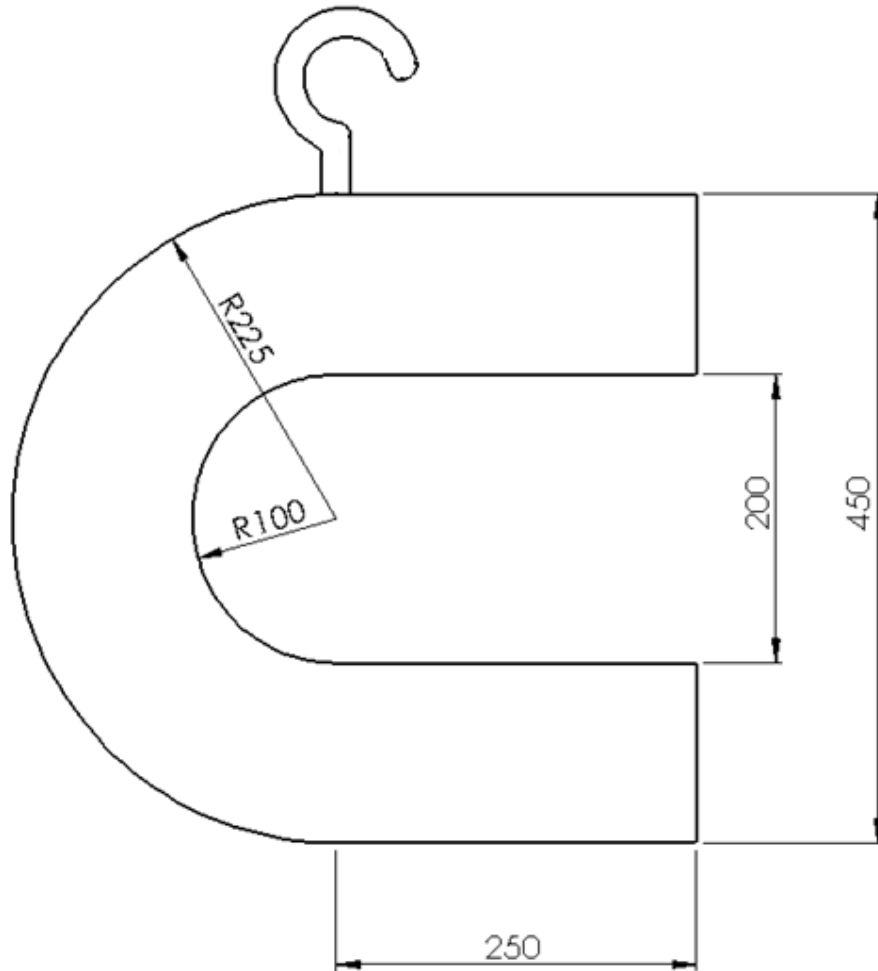


Material orodja: Orodno jeklo	Število rezil: /	Dolžina L: 300	Premer D: 163
-------------------------------	------------------	----------------	---------------

STAVEK ORODJA

Poz.:	Kos:	Naziv	Koda:	Oz. Proizvajalca:
1	1	Zaščitna puša	/	/

	ORODNI LIST	Številka programskega lista:	Tehnolog: Ekselenski
	Naziv orodja: Nastavek 1	Številka orodja: T03	Datum: 10.04.2012

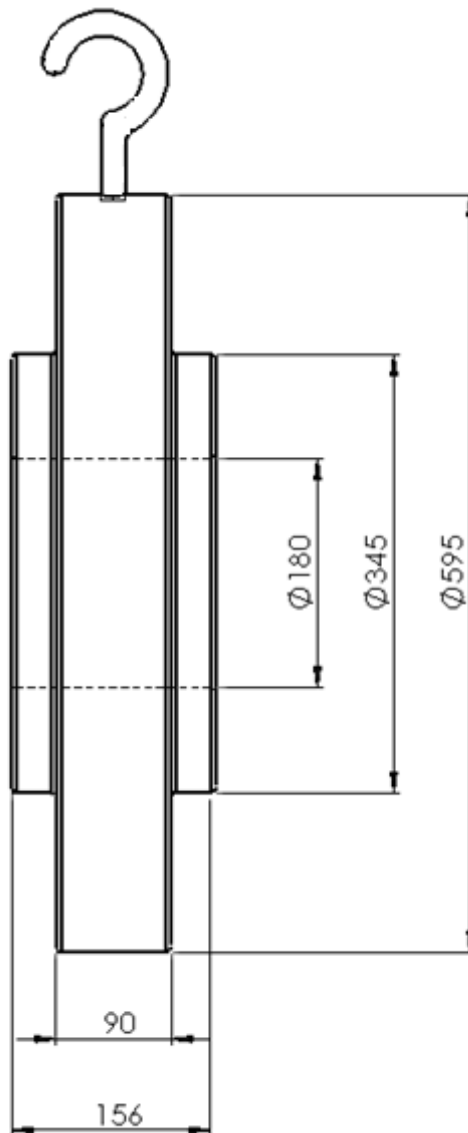


Material orodja: Orodno jeklo	Število rezil: /	Dolžina L: 160	Premer D: 595
-------------------------------	------------------	----------------	---------------

STAVEK ORODJA

Poz.:	Kos:	Naziv	Koda:	Oz. Proizvajalca:
1	1	Nastavek 1	/	/

	ORODNI LIST	Številka programskega lista:	Tehnolog: Ekselenski
	Naziv orodja: Nastavek 2	Številka orodja: T04	Datum: 10.04.2012

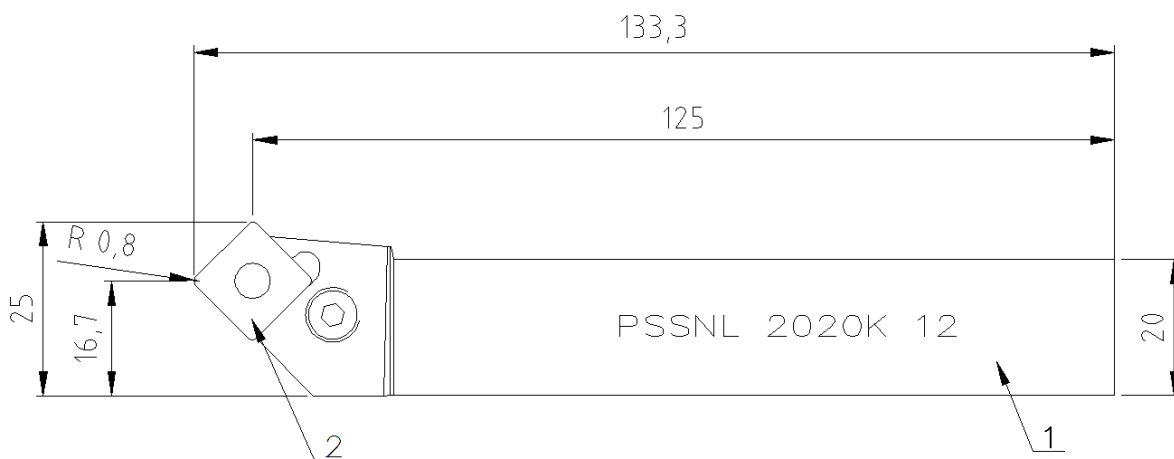


Material orodja: Orodno jeklo	Število rezil: /	Dolžina L: 160	Premer D: 595
-------------------------------	------------------	----------------	---------------

STAVEK ORODJA

Poz.:	Kos:	Naziv	Koda:	Oz. Proizvajalca:
1	1	Nastavek 2	/	/

	ORODNI LIST	Številka programskega lista:	Tehnolog: Ekselenski
	Naziv orodja: Stružni nož	Številka orodja: T05	Datum: 10.04.2012

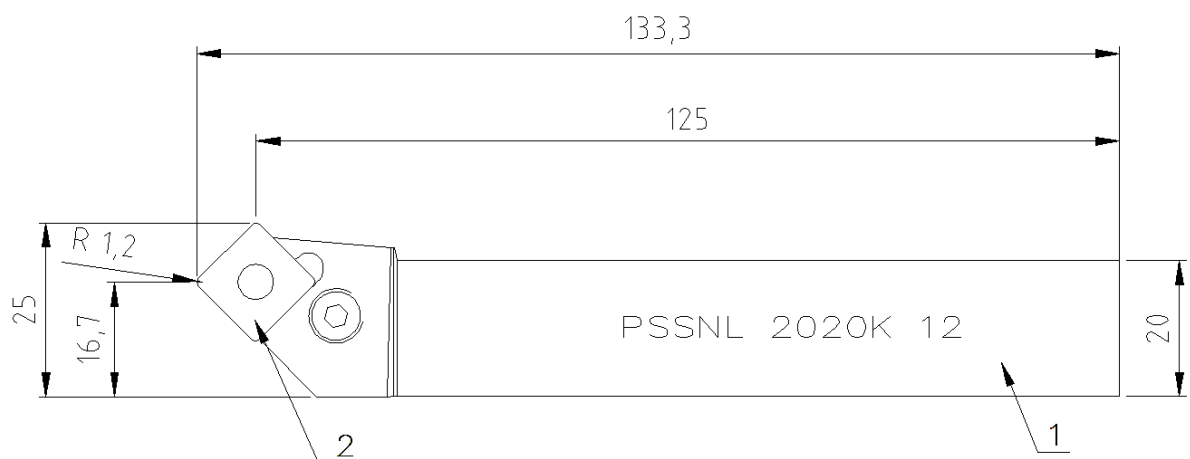


Rezalni material: HB 7035	Število rezil: 4	Dolžina L: 125	Premer D: /
---------------------------	------------------	----------------	-------------

STAVEK ORODJA

Poz.:	Kos:	Naziv	Koda:	Oz. Proizvajalca:
1	1	Držalo	PSSNL 2020K 12	Sandvik Coromant
2	1	Ploščica	SNMG 12 04 08-PM 4225	Sandvik Coromant

	ORODNI LIST	Številka programskega lista:	Tehnolog: Ekselenski
	Naziv orodja: Stružni nož	Številka orodja: T06	Datum: 10.04.2012

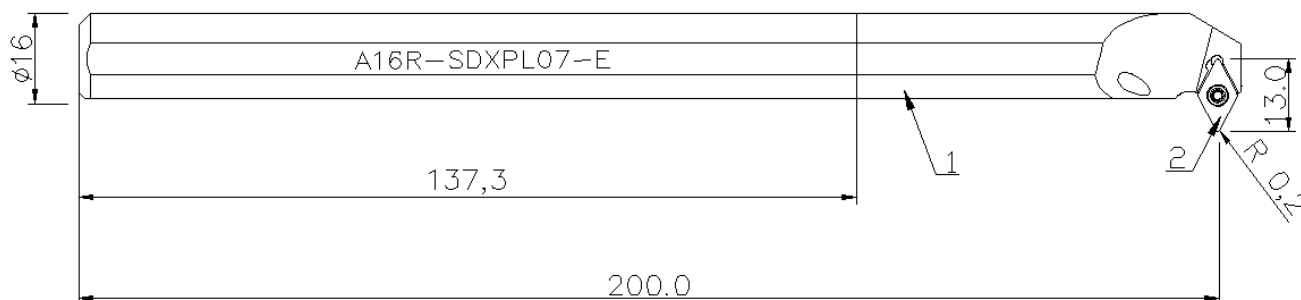


Rezalni material: HB 7035	Število rezil: 4	Dolžina L: 125	Premer D: /
---------------------------	------------------	----------------	-------------

STAVEK ORODJA

Poz.:	Kos:	Naziv	Koda:	Oz. Proizvajalca:
1	1	Držalo	PSSNL 2020K 12	Sandvik Coromant
2	1	Ploščica	SNGA120412S01030A 7015	Sandvik Coromant

	ORODNI LIST	Številka programskega lista:	Tehnolog: Ekselenski
	Naziv orodja: Stružni nož	Številka orodja: T07	Datum: 10.04.2012

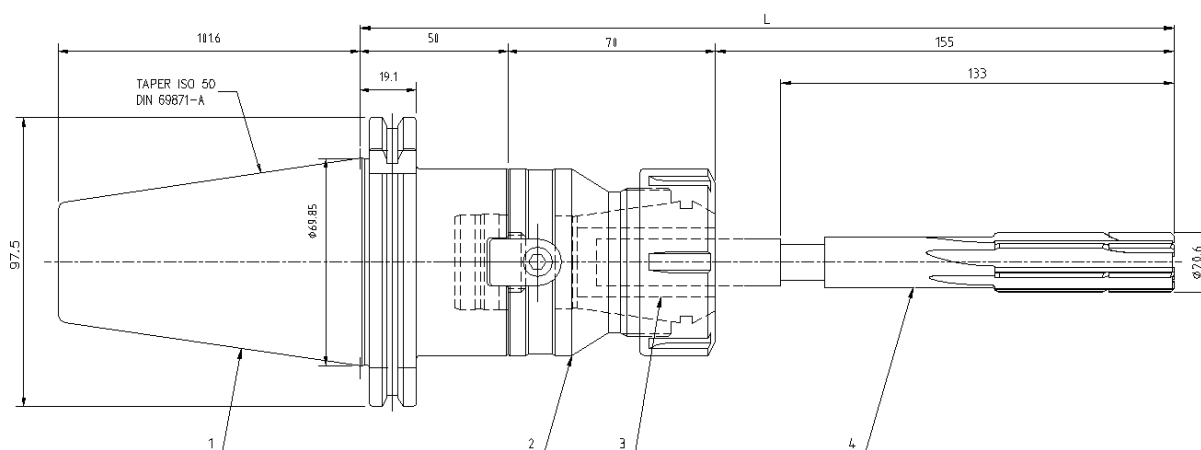


Rezalni material: HB 7035	Število rezil: 2	Dolžina L: 200	Premer D: /
---------------------------	------------------	----------------	-------------

STAVEK ORODJA

Poz.:	Kos:	Naziv	Koda:	Oz. Proizvajalca:
1	1	Držalo	A16R-SDXPL07-E	Sandvik Coromant
2	1	Ploščica	DPMT 07 02 02-MF 1025	Sandvik Coromant

	ORODNI LIST	Številka programskega lista:	Tehnolog: Ekselenski
	Naziv orodja: Povrtalo Ø20,6	Številka orodja: T07	Datum: 10.04.2012



Rezalni material: HSS Število rezil: 8 Dolžina L: 275 Premer D: 20,6

STAVEK ORODJA

Poz.:	Kos:	Naziv	Koda:	Oz. Proizvajalca:
1	1	Držalo	390.140-50 63 050	Sandvik Coromant
2	1	Vmesnik	391.14-40 63 070	Sandvik Coromant
3	1	Vložek	393.14-40 160	Sandvik Coromant
4	1	Povrtalo	163000 20,6	Garant

10 ZAKLJUČEK

Z novim postopkom obnove kolesnih dvojic za serijo DMW 713/715, lahko privarčujemo cca. 392,92minut, obenem pa je možno celotno strojno obdelavo izvesti na enem mestu in ni potrebno kolesne dvojice prevažati do zunanjih izvajalcev, kar omogoča neodvisnost med samo obdelavo ter s tem lažje zagotavljanje dogovorjenih rokov. Število obdelovalnih strojev bi se tako iz dosedanjih štirih zmanjšalo na tri, saj ne bi bilo več potrebe po obdelavi na brusilnem stroju, ker je zahtevano hrapavost mogoče doseči s finim struženjem. Za obdelavo komponent se sedaj na brusilnem stroju in stružnici porabi približno 526 minut, na CNC stružnici pa bi bilo za enako delo potrebnih le okrog 133 minut, zato bi nakup CNC stružnice za SŽ-Centralne delavnice Ljubljana, proizvodnja Ptuj pomenil velik napredek, saj so stružnice, ki so sedaj v uporabi že precej iztrošene, kvaliteta izdelka pa je v veliki meri odvisna od upravljalca stroja. Na CNC horizontalnem obdelovalnem centru je obdelovalni čas obnove ene pogonske kolesne dvojice 50,18 minut, medtem ko obdelava nepogonske kolesne dvojice na tem stroju ni potrebna, prav tako bi bil tak stroj pri obdelavi ostalih tipov kolesnih dvojic premalo izkoriščen in bi težko opravičil velik finančni vložek. Tak postopek dela pa je zelo težko realizirati v dejanskih pogojih dela, saj so serije takšnih kolesnih dvojic majhne, oziroma v SŽ-Centralne delavnice Ljubljana, proizvodnja Ptuj, poteka obnova različnih tipov kolesnih dvojic (644,664,915,911,813/814), kar otežuje avtomatizacijo postopka.

11 SEZNAM UPORABLJENIH VIROV

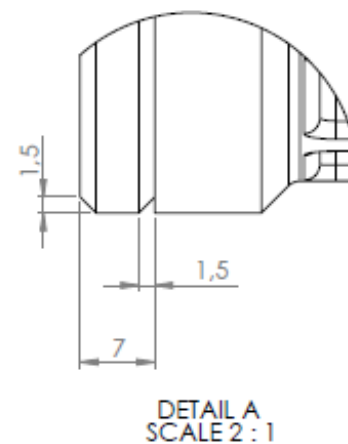
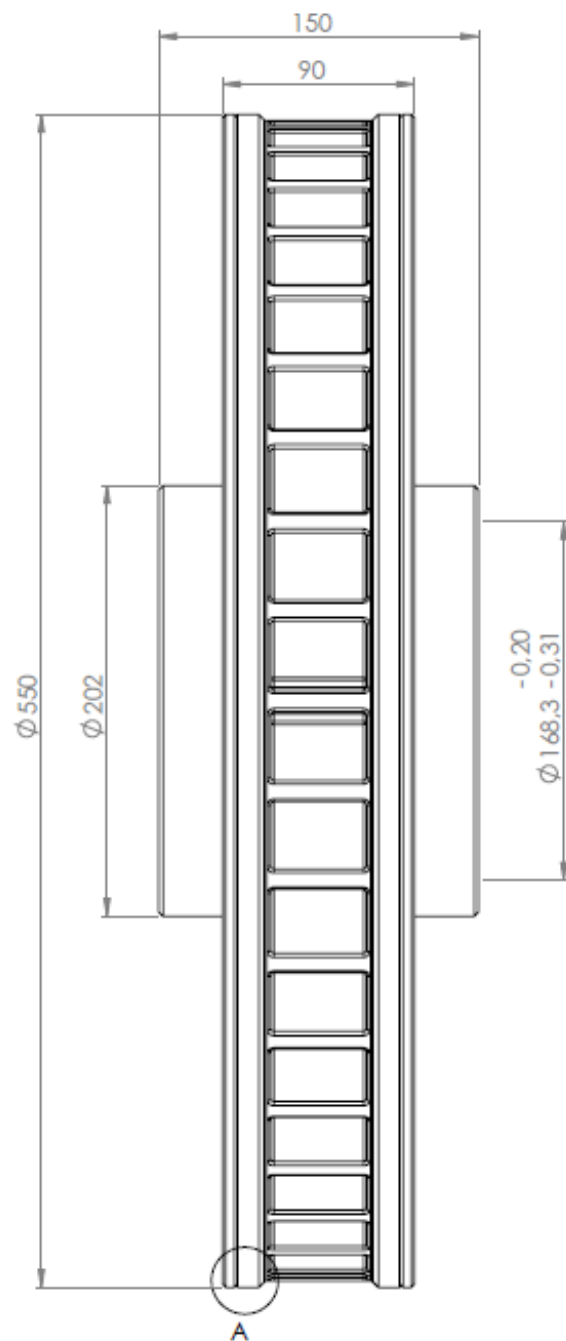
- [1] Borut Buchmeister, Andrej Polajnar. *Priprava proizvodnje za delo v praksi*. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2000.
- [2] Mednarodno železničarsko združenje, UIC-KODEKS 813, *Tehnični dobavni pogoji - kolesne dvojice za vlečna (pogonska) vozila in vagoni – tolerance in montaža*, 2. izdaja, december 2003.
- [3] Mednarodno železničarsko združenje, UIC-KODEKS 813, *Vagon: pogoji za uporabo koles različnih premerov v tekalnih sklopih različnih konstrukcij*, 4. izdaja, oktober 2002.
- [4] Kraut Bojan. *Krautov strojniški priročnik*, 14. slovenska izdaja, predelana / izdajo pripravila Jože Puhar, Jože Stropnik. Ljubljana: Littera picta, 2007.
- [5] *Sandvik Coromant: Online tool catalogues* [svetovni splet]. Dostopno na WWW: <http://www.coromant.sandvik.com/> [10.04.2012].
- [6] WD TEHNIK: CNC stroji [svetovni splet]. Dostopno na WWW: <http://www.wd-tehnik.si/> [10.04.2012].
- [7] Modular machining [svetovni splet]. Hoffmann Group. Dostopno na WWW: <http://www.hoffmann-group.com/uk/products/2-modular-machining.html> [10.04.2012].
- [8] Franci Čuš. *Tehnika odrezavanja*. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 1996.

Podjetje:

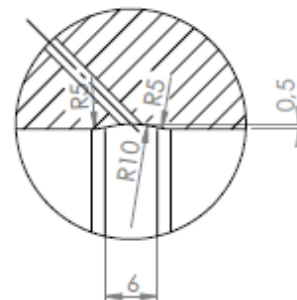
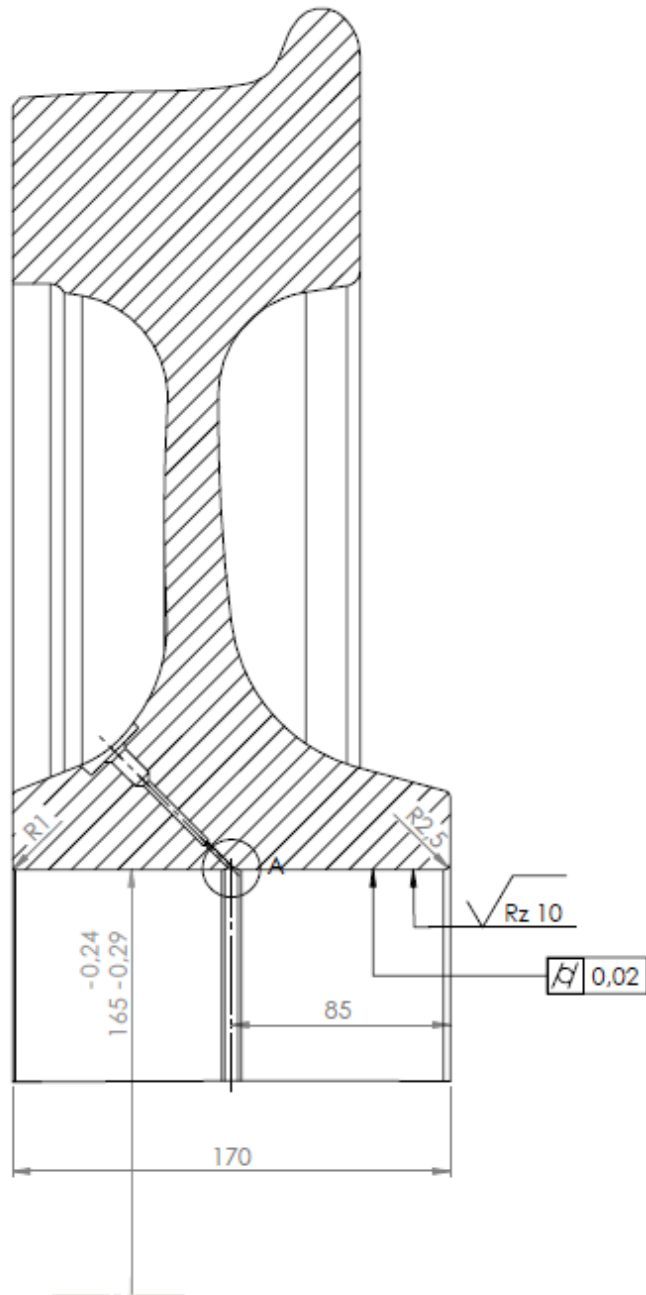
- [9] Interni zapisi podjetja SŽ-Centralne delavnice Ljubljana d.o.o., proizvodnja Ptuj
 - a. Potek obnove kolesne dvojice
- [10] Interni zapisi podjetja M Plus d.o.o.
 - a. Splošna navodila za izdelavo in montažo
- [11] Delavniške risbe podjetja Branko Žerak s.p.

- a. Delavniška risba pogonske kolesne dvojice
- b. Delavniška risba zavornega diska
- c. Delavniška risba monoblok plošče

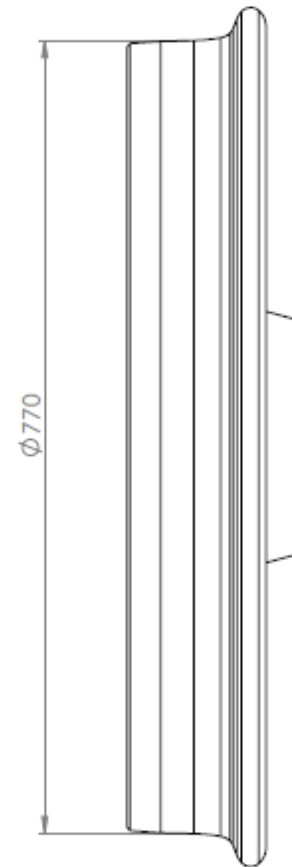
Priloga1: Delavniške risbe



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:	
CHKD	S. Eitelradl		17.3.2012			Zavorni disk	
APPVD						DWG NO.	002
MFG						SCALE:1:10	A3
Q.A.					MATERIAL:		
					Pesto je iz jeklene litine GS -60.3		
					WEIGHT: 35 kg		SHEET 1 OF 1



DETAIL A
SCALE 2 : 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:	
CHKD	S. Doležal		17.0012			Monoblok plošča	
APPVD						DWG NO.	003
MFG							A3
Q.A.				MATERIAL:	R 7		
				WEIGHT:	250 kg	SCALE: 1:20	SHEET 1 OF 1