



ŠOLSKI CENTER CELJE  
Poklicna in tehniška strojna šola

Raziskovalna naloga

# PREDELAVA VRETENA FREZALNEGA STROJA

Avtor: Damjan Rogan

4. letnik

Mentor: g. Roman Zupanc, inž.

Področje: strojništvo

Šol. leto: 2005/2006

**KAZALO**

<b>KAZALO VSEBINE .....</b>	<b>2</b>
<b>KAZALO SLIK .....</b>	<b>3</b>
<b>KAZALO PRILOG .....</b>	<b>3</b>

**KAZALO VSEBINE**

<b>POVZETEK.....</b>	<b>4</b>
<b>1 UVOD .....</b>	<b>5</b>
1.1 Hipoteza.....	5
1.2 Namen in cilj raziskovalne naloge.....	5
<b>2 PREDSTAVITEV PROBLEMA.....</b>	<b>6</b>
<b>3 KAJ JE KONUS .....</b>	<b>9</b>
<b>4 RAČUNALNIŠKO KONSTRUIRANJE CAD.....</b>	<b>10</b>
4.1 Programska oprema PRO/ENGINEER .....	11
<b>5 IZBIRA MATERIALA .....</b>	<b>12</b>
<b>6 POSTOPKI OBDELAVE .....</b>	<b>12</b>
6.1 Priprava materiala.....	13
6.2 Grobo struženje.....	13
6.3 Napetostno žarjenje .....	16
6.4 Fino struženje .....	17
6.5 Frezanje utorov za mozниke.....	18
6.6 Ogljičenje vretena (z granulatom) .....	19
6.7 Struženje navojev .....	21
6.8 Kaljenje.....	22
6.9 Popuščanje .....	23
6.10 Brušenje .....	24
<b>7 VIJAK, KLJUČ IN KLADICE .....</b>	<b>28</b>
<b>8 MERITVE IN PREIZKUS .....</b>	<b>29</b>
<b>9 ZAKLJUČEK .....</b>	<b>31</b>
<b>10 ZAHVALA .....</b>	<b>32</b>
<b>11 VIRI IN LITERATURA .....</b>	<b>33</b>

**KAZALO SLIK**

Slika 1: Z rdečo povdarjen morse konus v starem vretenu.....	7
Slika 2: Prikaz sestavitve sklopa .....	8
Slika 3: Staro vreteno .....	8
Slika 4: Izračun konusa.....	9
Slika 5: Označevanje konusa.....	9
Slika 6: Surovec za vreteno .....	12
Slika 7: Surovec za pritrdilni vijak .....	12
Slika 8: Razrez materiala s tračno žago.....	13
Slika 9: Začetek grobega struženja.....	14
Slika 10: Vreteno po končanem grobem struženju.....	15
Slika 11: Grobo struženje vijaka .....	15
Slika 12: Napetostno žarjenje vretena in vijaka .....	16
Slika 13: Obdelovanec med obdelavo finega struženja s podporo konice .....	17
Slika 14: Vreteno in pritrdilni vijak po končanem finem struženju .....	17
Slika 15: Frezanje utorov za kladici .....	18
Slika 16: Priprava škatle in zasipanje obdelovanca z granulatom.....	19
Slika 17: Zatesnitev robova z ilovico .....	20
Slika 18: Stanje v peči pred in po ogljičenju .....	20
Slika 19: Ohlajanje razgretrega obdelovanca .....	20
Slika 20: Struženje navojev na vretenu .....	21
Slika 21: Merjenje trdote .....	23
Slika 22: Brušenje med konicami.....	25
Slika 23: Končno brušenje zunanjih površin .....	25
Slika 24: Merjenje med in po končanem brušenju .....	25
Slika 25: Vpenjanje v lineto .....	27
Slika 26: Brušenje s pinolo .....	27
Slika 27: Poravnavanje čelne ploskve vretena .....	27
Slika 28: Pehanje štirikotne oblike v glavo ključa in priprave za varjenje.....	28
Slika 29: Ključ po varjenju in niklanju.....	28
Slika 30: Izdelava glave vijaka in preizkušanje navoja vijaka s počjo vpenjalne glave .....	29
Slika 31: Kladici po končani obdelavi.....	29
Slika 32: Kontrola centričnosti vretena .....	30
Slika 33: Stotinska meritna ura.....	31
Slika 34: Mikronska meritna ura .....	31
Slika 35: Sestavljen končni izdelek .....	32

**KAZALO PRILOG**

Priloga 1: Staro vreteno
Priloga 2: ISO vreteno
Priloga 3: Ključ
Priloga 4: Vijak
Priloga 5: Kladica

## POVZETEK

V raziskovalni nalogi je predstavljen problem s standardi v strojništvu, konkretno pri trnih rezkalnih strojih. Na podlagi poznavanja problema z Morse konusom smo se odločili za predelavo oz. izdelavo novega vretena z ISO 40 konusom.

Na podlagi poznavanja problema smo skonstruirali novo gred.

Opisani so vsi vmesni postopki izdelave, ki so bili uporabljeni za izdelavo končnega izdelka. Za izdelavo je bila uporabljena večina strojev, ki je na razpolago na ŠC Celje. Priložene so tudi slike postopkov med izdelavo in tehnična dokumentacija.

Preizkus vretena je bil uspešno opravljen, v uvodu zastavljena hipoteza pa potrjena. Rezultati dela so izdelano novo vreteno z ISO 40 konusom, nov pritrdilni vijak, kladice, pogonski moznik, ključ za pritrditev in naročnikovo zadovoljstvo zaradi cenejše rešitve.

## 1 UVOD

S to nalogo skušamo raziskati, ali je možna predelava vretena frezalnega stroja, ki ima morse 4 vpetje v ISO 40 standard. Problem vretena je v tem, da v sodobnem času ni več možno kupiti orodja z morse konusom oz. je redko dobavljivo. Da bi problem popravili, smo se lotili iskanja že obstoječih rešitev, ki bi omogočile enostavno pretvorbo konusa. Iskanje obstoječih rešitev je bilo oteženo, saj je izdelava takšnega vretena zapletena in nevsakdanja. Na novejših napravah se problem z orodjem ne pojavlja več, saj so vretena izdelana po ISO standardu. Po preračunih in ogledu konkretnega primera smo se odločili izdelek tudi izdelati.

### 1.1 *Hipoteza*

Na podlagi poznavanja problema, možnih postopkov obdelave in posvetovanja z mentorjem je hipoteza raziskovalne naloge sledeča:

Ali je možna predelava morse konusa v ISO konus brez dodatnih sprememb na samem stroju?

### 1.2 *Namen in cilj raziskovalne naloge*

Namen moje raziskovalne naloge je poiskati primerno rešitev in postopke izdelave novega vretena z ISO-konusom.

Najdena rešitev naj bi bila:

- univerzalna;
- enostavna za izdelavo;
- dobro skonstruirana;
- natančno izdelana;
- cenovno dovolj ugodna.

Preizkus izdelka bo pokazal, ali je uspelo doseči zastavljen cilj (pretvorba vretena).

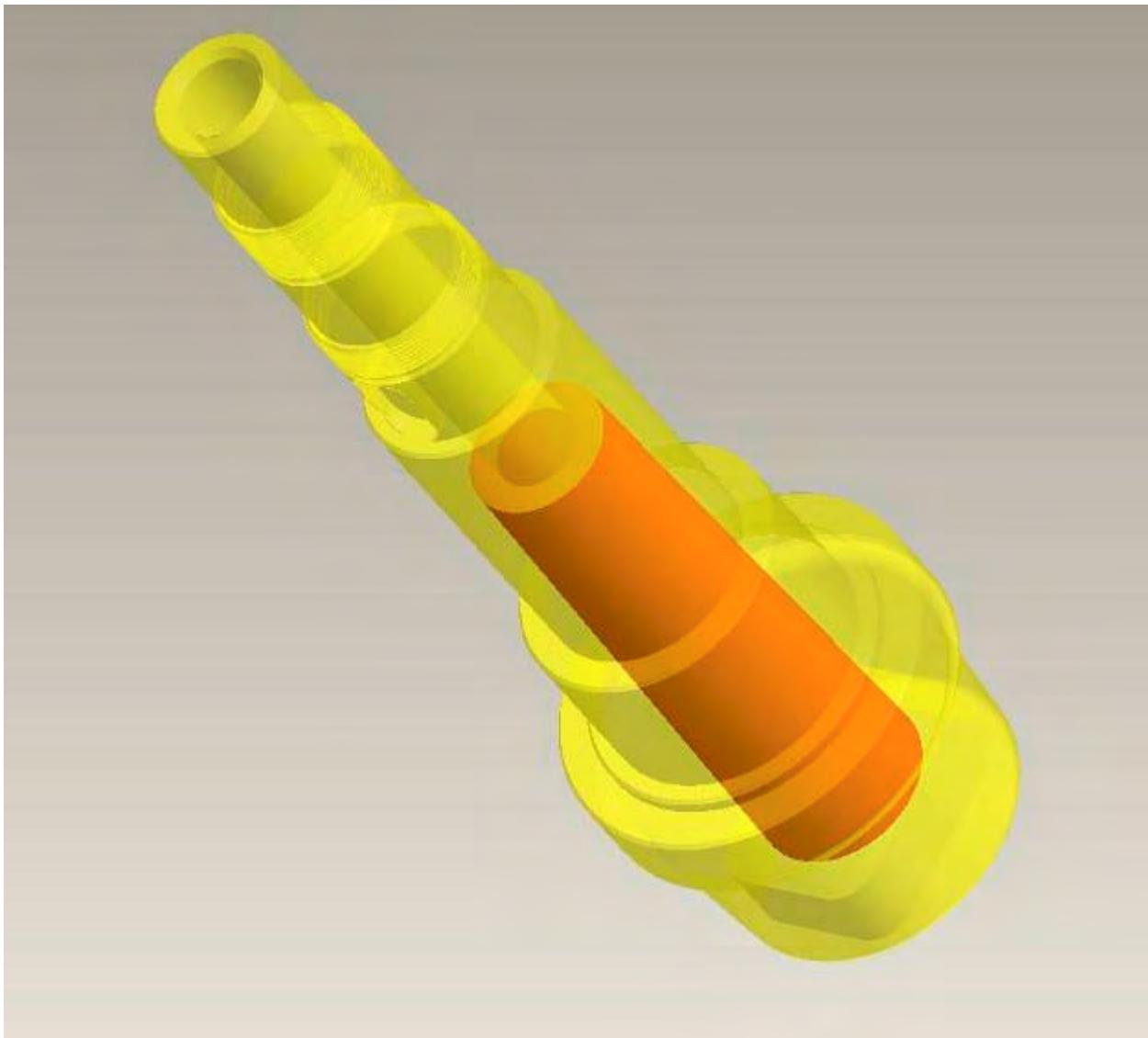
## 2 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Problem predstavlja Morse konus, v katerega ni možno vpeti novejših orodij, narejenih po ISO-standardu, ker imajo drugačen kot konusa in dodatni kladici na vrhu vretena, ki preprečujejo vrtenje vpenjalne glave ob primeru slabega privitja vijaka. Posledično s tem tehnologija prisili lastnike strojev, da v celoti investirajo v novejšo tehnologijo. Ker nekaterim finančna sredstva tega ne dopuščajo, smo se odločili, da bomo poizkušali problem rešiti v okviru raziskovalne naloge. V primeru celotne posodobitve z novimi stroji bi proizvodnja mirovala dlje časa kot samo z menjavo vretena, saj bi za nove stroje bilo potrebno pripraviti nove betonske temelje, potrebna pa bi bila tudi ponovna namestitev strojev. Z menjavo vretena vse omenjeno delo izpustimo in se osredotočimo zgolj na problem, ki nastane pri želeni uporabi ISO-orodij.

Če pogledamo na konuse iz strani zasnove, vidimo:

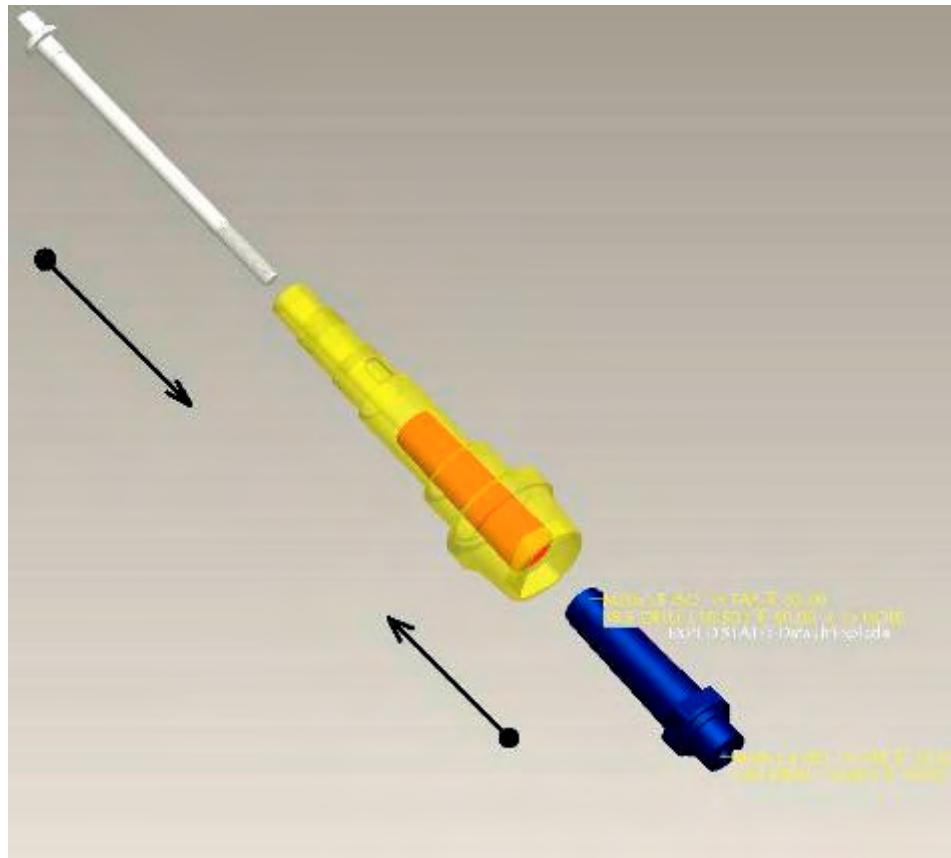
- da velik problem pri Morse konusu predstavlja samozaporni kot, ki povzroči težavno izbijanje orodja in poškodbe na njem;
- konuse, narejene po ISO standardu, lahko menjujemo iz stroja v stroj brez težav;
- ISO-konus omogoča uporabo predpriprav, ki nam omogočajo uporabo hitrega vpetja;
- dobavljiva so tudi ISO-držala, ki imajo Morse konus 1, 2, 3 ali 4.

Iz teh primerov je razvidno, da je ISO 40 konus uporabniku prijaznejši kot Morse 4 konus.



Slika 1: Z rdečo poudarjen morse konus v starem vretenu

Praktična montaža je zelo enostavna, saj vpenjalno glavo samo vstavimo v trn in jo od zgoraj privijemo z vijakom, za katerega je narejena luknja vzdolž aksialne osi vretena.



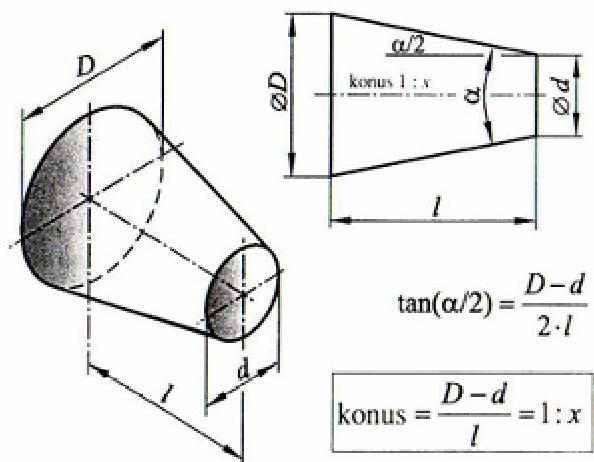
Slika 2: Prikaz sestavitve sklopa



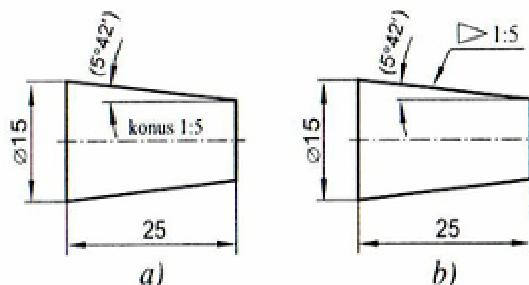
Slika 3: Staro vreteno

### 3 KAJ JE KONUS

Risanje, kotiranje in toleriranje konusa je standardizirano po SIST ISO 3040. Izraz konus uporabljamo pri delih orodij, oseh, gredeh in podobnih elementih, ki imajo obliko prisekanega stožca.



Slika 4: Izračun konusa



Slika 5: Označevanje konusa

Na tehniških risbah podajamo konus podobno kot zoženje (npr. konus 1 : 5 za primer na sliki 2/a). Namesto besede konus lahko uporabimo tudi znak za konus, katerega konica kaže vedno v smeri konusa (slika 2/b). Če na risbi dodatno podamo še kot konusa, ki ustreza kotu nastavitev pri struženju, je to pomožna mera, zato jo damo v oklepaj.

V praksi se največ uporabljo normirani metrski konusi. Za konična držala orodij se poleg metrskega konusa 1 : 20 uporabljo še konusi Morse 0 do 6, ki so standardizirani po SIST ISO 1119.

## 4 RAČUNALNIŠKO KONSTRUIRANJE CAD

CAD je okrajšava za angleški izraz »Computer Aided Design«. CAD je uporaba vrste računalniških orodij, ki pomagajo arhitektom, oblikovalcem in inženirjem strojništva pri njihovi zasnovi izdelkov. CAD se uporablja za razvoj izdelkov, ki jih bodo uporabljali potrošniki ali bodo uporabljeni kot gradniki za druge izdelke. CAD se prav tako uporablja za konstruiranje strojev in orodij. Moderna CAD programska okolja vključujejo konstruiranje, dizajniranje, izmenjavo podatkov, shranjevanje itd.

V današnjem času večina CAD računalniških sistemov bazira na Windows operacijskem sistemu. CAD je lahko uporabljen za ustvarjanje risb od že obstoječih modelov, uporaben pa je tudi za izdelavo načrtov za proizvodne procese.

#### **4.1 Programska oprema PRO/ENGINEER**

Modeliranje s programsko opremo Pro/ENGINEER je postopek računalniškega oblikovanja modela izdelka v tridimenzionalni obliki in je najpopolnejši prikaz dejanske podobe kasnejšega izdelka. Sama programska oprema je izdelana na osnovi tridimenzionalnih gradnikov, ki delujejo po treh sistemih. Prvi je metoda končnih elementov, kjer model pozna samo mrežno povezavo mejne točke. Ta metoda temelji na gradnji površin, ki se med seboj povezujejo v sklop. S tem postopkom je mogoče izdelati izredno zahtevne oblike, kot so avtomobilski karoserijski deli, ki vsebujejo veliko število negeometrijskih oblik. Površinski model pozna vse točke na njegovi površini, sposoben je izračunati težišča površin in tudi celotnega modela. Danes se veliko uporablja v najrazličnejših delovnih procesih, njegova slabost pa je, da ga parametrično ni mogoče spremenjati, ker ne prepozna svojega volumna. Tretja generacija so volumski modelirniki, ki so se razvili iz površinskih. Pri gradnji se uporablja princip dodajanja in odvzemanja. Osnovni gradniki za delo v uporabniškem vmesniku so: poteg oblike v prostor, vrtenje okrog osi, sleditev oblike po dani osi in spremembu preseka. Vsebuje tudi pomožne gradnike, kot so posnetja, zaokrožitve, luknje ipd. Poleg tega uporabljam enako kot pri površinskih modelirnikih tudi površine za delo z negeometrijskimi oblikami. Kot že samo ime pove, izhajajo iz volumna. Zanje sta znana tako površina kot volumen, za katerega se določa masa, če je znan material. Če poteka delo s površinami, se tudi te pretvorijo v volumen. Ti modelirniki dopuščajo parametrične spremembe oz. manipulacijo, ob tem pa volumen še vedno prepozna.

S tega vidika imajo največjo prednost pred ostalimi modelirniki, ki bodo sčasoma tudi izpodrinjeni.

## 5 IZBIRA MATERIALA

Pravilna izbira materiala je nujno potrebna, saj odraža vse lastnosti, ki jih bo material kasneje lahko imel. Glede na funkcije, obremenitve in postopke obdelave vretena smo se odločili za material 16MnCr5 oz. za jeklo za cementiranje, ker bo s svojimi mehanskimi lastnostmi pri obdelavi najbolj ustrezeno. Za pritrdilni vijak smo izbrali material 31CrV3 oz. jeklo za poboljšanje, ker bo po topotni obdelavi s svojo predvideno dopustno napetostjo  $1200 \text{ N/mm}^2$  dobro preprečeval lom vijaka pri zatezanju vpenjalne glave. Za moznika, ki sta tudi potrebna pri rekonstrukciji vretena, narejenega v ISO-standardu, smo uporabili material 30MnV8 oz. merilo (orodno jeklo). Navedena moznika se nahajata v spodnjem delu trna in preprečujeta vrtenje vpenjalne glave ob primeru premajhnega privitja vijaka ali umazanije znotraj konusa. Vse omenjene oznake materialov so navedene v DIN-standardu.



Slika 6: Surovec za vreteno



Slika 7: Surovec za pritrdilni vijak

## 6 POSTOPKI OBDELAVE

Za vreteno, ki ga želimo pretvoriti, da bo imelo ISO-konus, smo predvideli, struženje, vrtanje, toplotno obdelavo, brušenje in niklanje. Glede na teoretične izkušnje iz odrezavanja in toplotne obdelave ter praktične zmožnosti izvedbe projekta, smo se lotili izdelave.

Postopki so v nadaljevanju navedeni po vrsti, kot so si sledili med izdelavo vretena, zaradi boljše kronološke predstave uporabe postopkov.

### ***6.1 Priprava materiala***

Za vreteno in vijak smo najprej izbrali surovec primerne dolžine ter debeline in ga položili na mizo tračne žage.

Za tračno žago smo se odločili, ker je najbolj produktivna, naredi kakovosten rez in je bila edina na razpolago. Ponavadi so tračne žage popolnoma avtomatizirane, zato je potrebna samo nastavitev dolžine, ki jo želimo dobiti z žaganjem.

Odmerili smo predvideno zahtevano dolžino in upoštevali dodatek, da ob morebitnih kasnejših napakah ne bi zmanjkalo materiala. S postopkom struženja bomo kasneje naredili končno mero dolžine vretena.

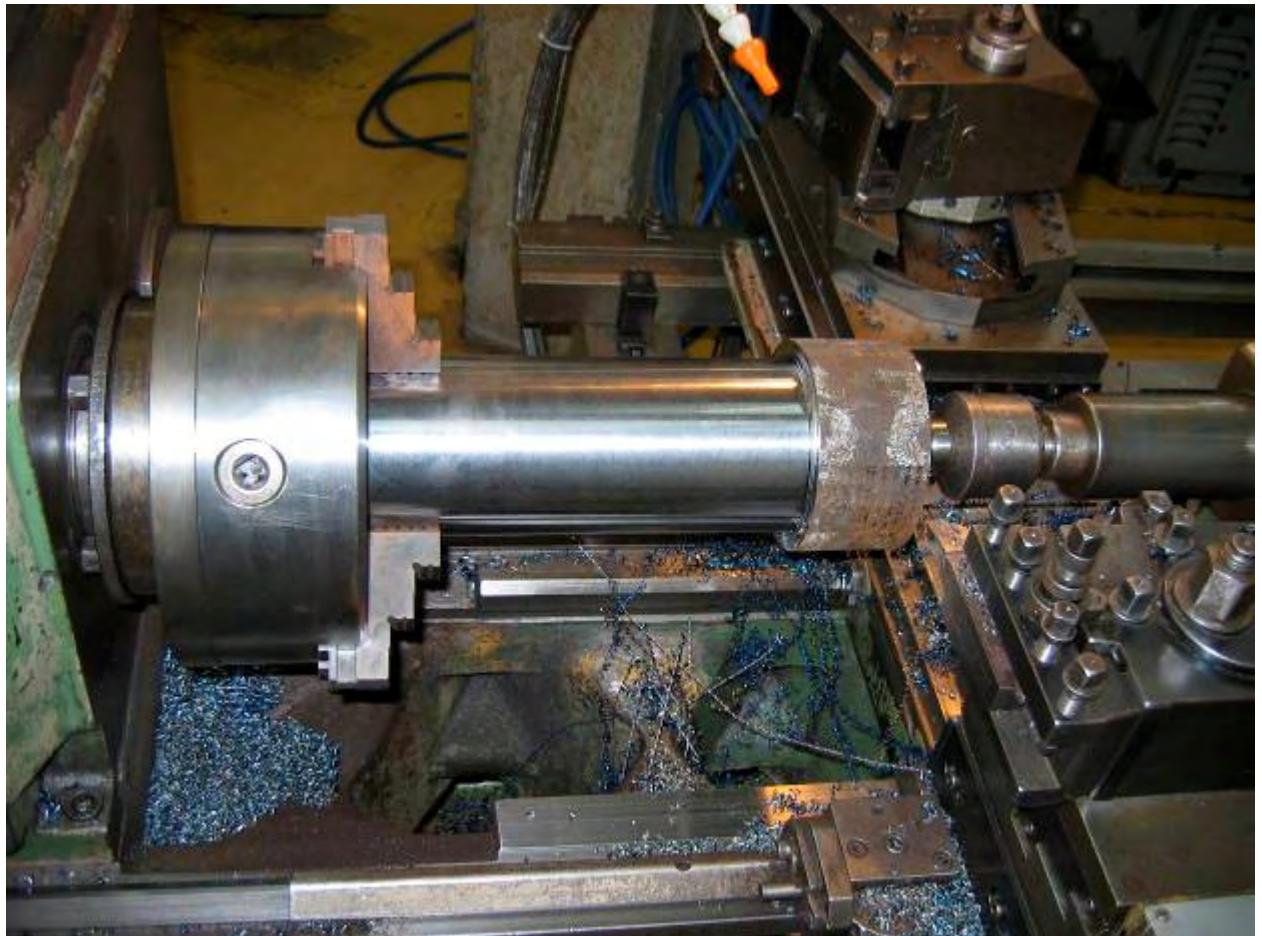


Slika 8: Razrez materiala s tračno žago

### ***6.2 Grobo struženje***

Struženje je postopek obdelave z odrezovanjem materiala, uporablja se predvsem za izdelavo valjastih idelkov. Zaradi številnih prednosti in cenovne ugodnosti se struženje od vseh ostalih vrst odrezovanja najpogosteje prakticira. Glavno gibanje opravlja vreteno z vpetim obdelovancem, podajalno gibanje pa orodje. Pri vzdolžnem struženju je os podajalnega gibanja vzporedna z osjo obdelovanca.

Po končanem razrezu materiala smo surovec vpeli v amerikansko glavo univerzalne stružnice, s katero smo jo nato na grobo postružili, s čimer smo se približali končni obliki.



Slika 9: Začetek grobega struženja



Slika 10: Vreteno po končanem grobem struženju



Slika 11: Grobo struženje vijaka

### 6.3 Napetostno žarjenje

Namen tega žarjenja je, da zmanjšamo notranje napetosti v obdelovancu. Razni tehnološki postopki, kot je tudi struženje, povzročijo nastanek napetosti v materialu. Napetosti so vzrok za kasnejše deformacije izdelkov in celo razpoke v njih. Za žarjenje prihaja v poštev temperaturno območje, v katerem sta meji elastičnosti in plastičnosti močno znižani, prekristalizacija pa se še ne prične. Za konstrukcijska jekla je to območje med 550-600 °C, za orodna jekla med 600-650 °C in za hitrezna jekla okrog 700 °C. Med žarjenjem se notranje napetosti sproščajo in izdelki so kasneje stabilni. Material počasi segrevamo na žarilno temperaturo, žarjenje traja več ur (ponavadi od dve do šest ur). Žarimo od 1-1,5 minute za vsak milimeter debeline ali premera predmeta, najmanj pa dvajset minut. Da pri ponovnem ohlajanju ne bi nastale notranje napetosti, hladimo zelo počasi ( $20-30\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ ), vedno do temperature okolice.

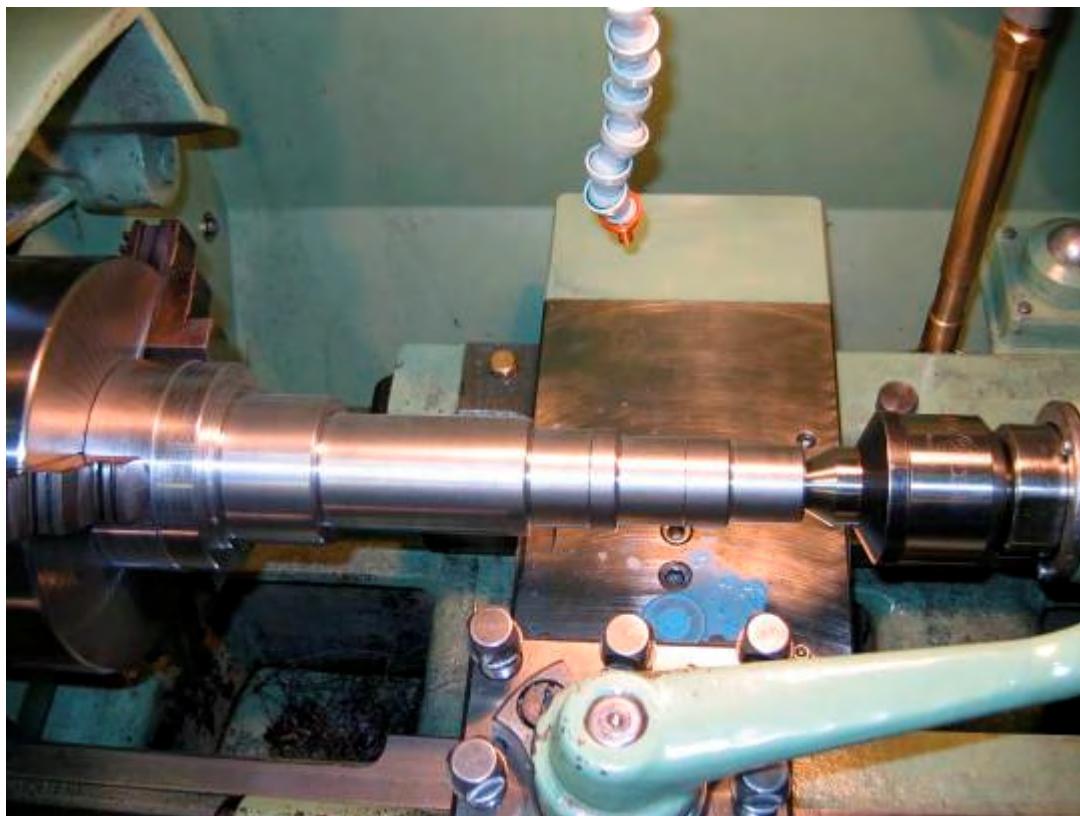
Po postopku grobega struženja smo trn in pritrdilni vijak napetostno žarili 2 uri v peči pri temperaturi 650-700 °C. Po končanem žarjenju smo pustili obdelovanca v peči, da sta se skupaj z njo počasi ohlajevala.



Slika 12: Napetostno žarjenje vretna in vijaka

#### 6.4 Fino struženje

Po končanem napetosnem žarjenju je bilo potrebno fino struženje, pri katerem smo morali upoštevati brusni dodatek, prav tako smo morali pustiti še dodatek za navoje (1-2 mm), ki bodo postruženi po ogljičenju.



Slika 13: Obdelovanec med obdelavo finega struženja s podporo konice



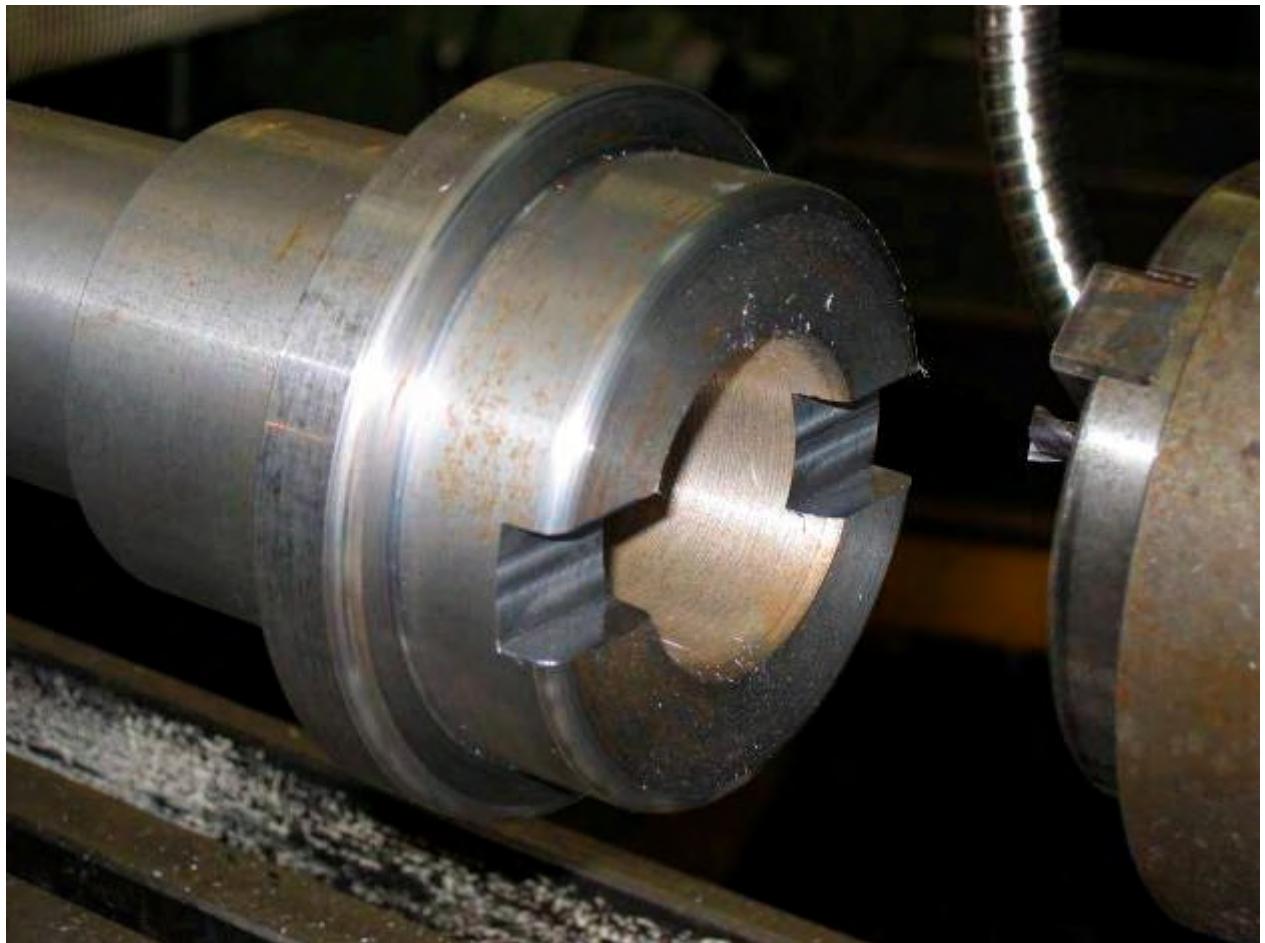
Slika 14: Vreteno in pritrdilni vijak po končanem finem struženju

### 6.5 Frezanje utorov za moznike

Frezanje lahko imenujemo tudi rezkanje. Frezanje je mednarodni izraz, gre za obdelavo z odrezovanjem. Značilnost je, da nastajajo odrezki. Poznamo protismerno in istosmerno frezanje. Pri protismernem frezanju je groba površina, obdelava je hitrejša. Pri istosmernem frezanju je ravno obratno. Vibracije pri istosmernem frezanju so dosti manjše in obstojnost rezalnega orodja je dosti daljša.

Ker imajo vretena, narejena po ISO-standardu določeno, da sta na vrhu dva moznika oz. kladici, ki varujeta pred vrtenjem vpenjalne glave ob primeru preslabega privitja pritrdilnega vijaka, smo morali tudi našemu vretenu pofrezati dva utora, da bo ustrezal ISO-standardu.

Ker sta kladici priviti na trn, je bilo potrebno še izvrtati dve luknji Ø5 dolžine 20 mm, da bomo kasneje po ogljičenju lahko vrezali navoje.



Slika 15: Frezanje utorov za kladici

## 6.6 Ogljičenje vretena (z granulatom)

Trdna sredstva so sestavljena iz snovi, ki vsebuje ogljik (lesno oglje, koks, premog, smole), in aktivacijskih snovi, kot so oksidi, karbonati ali kloridi. Najučinkovitejši aktivator je ( $\text{BaCO}_3$ ), nekoliko slabši so karbonati in oksidi, kloridi pa so najmanj učinkoviti. Mešalno razmerje lesnega oglja in  $\text{BaCO}_3$  je 60 : 40. Oglje mora biti v zrnih velikosti 2 do 6 mm in brez prahu, ki povzroča neenakomernost ogljičenja.

Temparature ogljičenja so med 880-950 °C. Globina naogljičenja je med 0,15 in 1,8 mm in je odvisna od časa (približno 0,1 do 0,15 mm/h).

Pri tem postopku sem obdelovanec položili v pločevinasto posodo, narejeno po meri posebej za naše vreteno. Posoda je odporna proti visoki temperaturi, ker je narejena iz odpornega materiala proti ognju. Obdelovanec smo prekrili s cementacijskim granulatom in aktivatorjem (lesno oglje in barijev karbonat). Nato smo posodo zaprli in zatesnili z ilovico, ki je odporna proti ognju, in posodo poližili v peč.

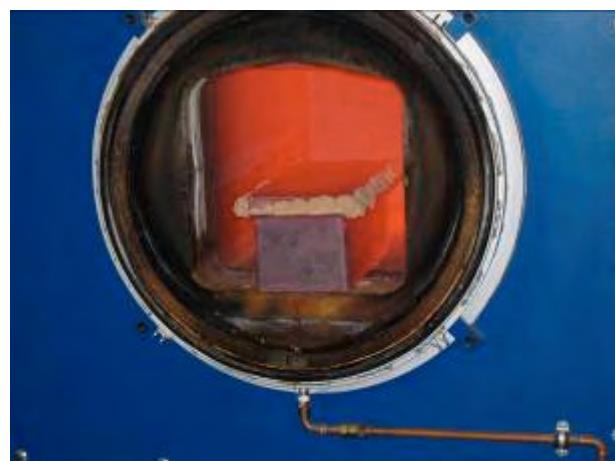
Ogljičili smo približno šest ur pri temperaturi 880 °C. Po končanem ogljičenju smo obdelovanec vzeli iz peči in ga pustili, da se ohladi.



Slika 16: Priprava škatle in zasipanje obdelovanca z granulatom



Slika 17: Zatesnitev robov z ilovico



Slika 18: Stanje v peči pred in po ogljičenju



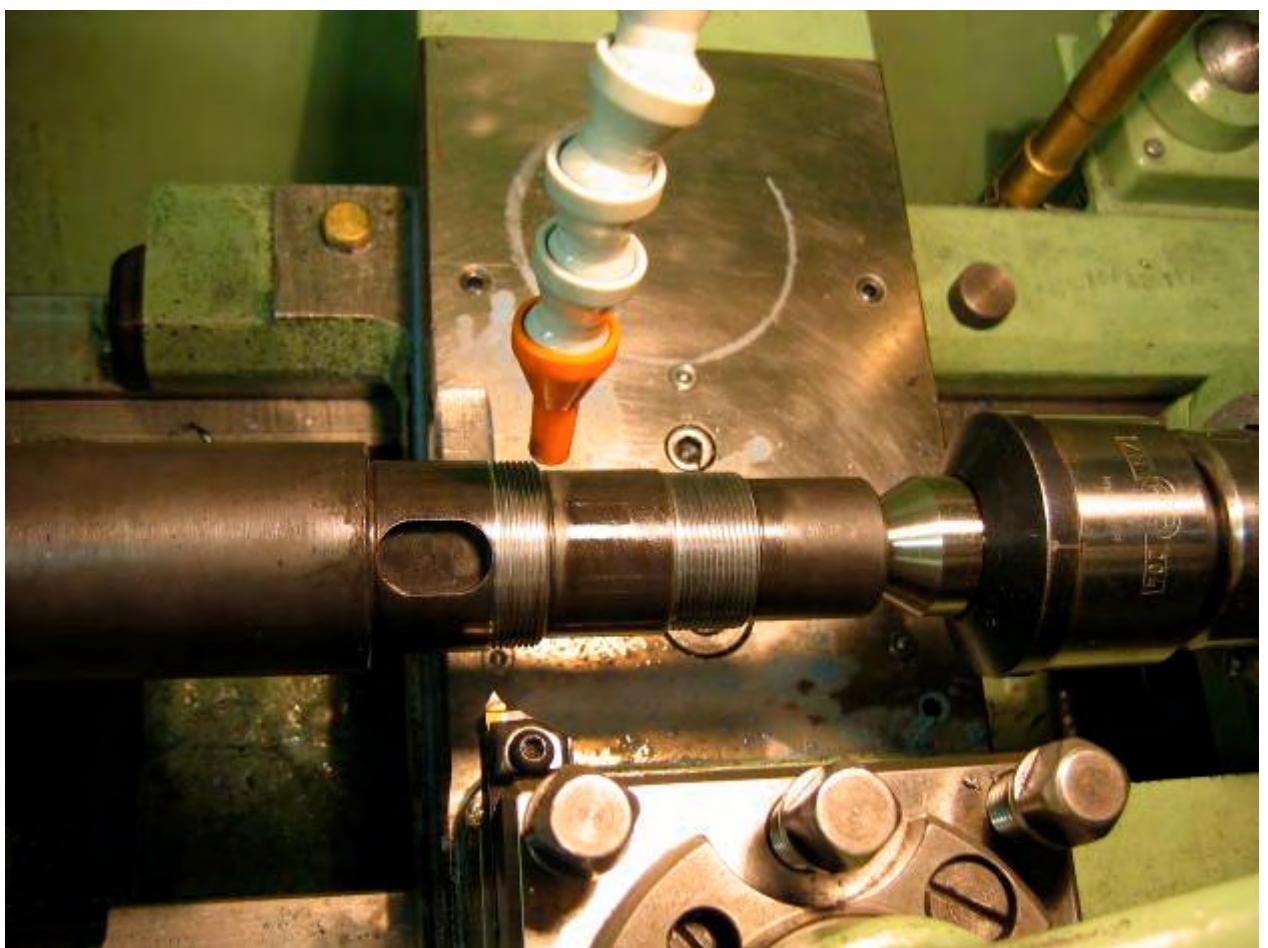
Slika 19: Ohlajanje razgrevetega obdelovanca

## 6.7 Struženje navojev

Pri struženju navoja mora biti vrtenje obdelovanca usklajeno s pomikom, tako da se pri enem vtljaju nož pomakne za korak navoja naprej. Pri CNC-strojih je ta sinhronizacija elektronska, medtem ko sta pri univerzalnih stružnicah glavno in navojno vreteno povezani z ustreznimi zobniki, ki tvorijo določeno prestavno razmerje.

Obdelovanec smo vpeli z amerikansko glavo stružnice in konico na drugi strani, da smo preprečili vibracije in možen izmet obdelovanca iz amerikanske glave.

Nato smo postružili navoja M45 in M39 za matici, ki držita pogonski zobnik in ležaj na svojem mestu.



Slika 20: Struženje navojev na vretenu

## 6.8 Kaljenje

Kaljenje obsega segrevanje, ustrezno dolgo zadrževanje obdelovancev na kalilni temperaturi in nato gašenje. S kaljenjem dobi jeklo martenzitno strukturo. Dosegljiva trdota je odvisna od vsebnosti ogljika in od dimenzij obdelovanca. Da bi dosegli največjo trdoto jekla, mora jeklo vsebovati 0,8 % ogljika. Jekla z manj kot 0,2 % ogljika niso primerna za kaljenje, ker je vpliv ogljika premajhen, zato ne moremo dovolj hitro ohlajati, da bi nastal martenzit (ne dosežemo kritične hitrosti ohlajanja).

Segrevanje na kalilno temperaturo mora potekati enakomerno in globinsko. Praviloma položimo predgreti obdelovanec v peč za kaljenje, ki je že segreta do kalilne temperature. Ogljik, ki je potreben za kaljenje, je pred kaljenjem vezan v karbidih, ki se morajo pri zadrževanju na kalilni temperaturi raztopiti. Topnost karbidov je različna in je odvisna od njihove sestave.

Kalilna temperatura vseh jekel mora biti vsaj 30 °C nad premensko točko. Veliko pozornosti je treba posvetiti zadrževalnemu času na temperaturi kaljenja. Predolgi zadrževalni časi povzročijo večje spremembe dimenzij in grobejšo zrnatost, prekratki zadrževalni časi pa ne zadoščajo, da bi se raztopili vsi karbidi. Posledica tega je, da je trdota po gašenju nižja. V današnji praksi poznamo različne tehnologije kaljenja. Segrevanje se vrši v električno in plinsko kurjenih pečeh ali v solnih kopelih.

Izvrtine navojev za pritrdiritev kladic sem zaščitili z azbestno maso. Tako smo preprečili prekalitev navojev. Ko je bila gred pripravljena smo jo v peči predgrevali na 600 °C, potem sem jo prestavili v drugo peč, ki je bila že na delovni temperaturi kaljenja (860 °C), in jo na tej temperaturi segrevali 45 min. Ko je bila dosežena temperatura kaljenja, smo vreteno ohladili v oljni kopeli, ki ima nekoliko manjšo ohlajevalno moč od vode. Vreteno smo v kopeli premikali, da se je enakomerno ohladilo in je bila struktura enakomerna. Pred ohlajanjem smo morali biti izredno pazljivi, da smo vreteno vertikalno potopili v kalilno olje. S tem smo preprečili prekomerno deformacijo pri kaljenju (zaradi centričnosti). Če bi prišlo do prekomerne deformacije, bi jo lahko lokalno plamensko segreli (točkovno) in tako izenačili notranje napetosti, s čimer bi dosegeli boljšo centričnost. V nasprotnem primeru bi dobili ob preveliki deformaciji pri končni obdelavi brušenja samo delno zbrušene površine zaradi necentričnosti, kar bi pomenilo, da je izdelek neuporaben. Pri tem kaljenju je bila dosežena trdota 63 HRC.

## 6.9 Popuščanje

Kljub pravilno izbranemu načinu kaljenja ne moremo povsem preprečiti nastanka notranjih napetosti. Zato je potrebno popuščanje po postopku kaljenja, ki nastale napetosti nekoliko zmanjša. Za popuščanje segrejemo predmet do temperature, pri kateri martenzit še ne razpada, to je do približno 200 °C za C-jekla. Za primerno popuščanje so primerne oljne ali solne kopeli s temparaturno kontrolo. Kaljene predmete potopimo v kopel in jih pustimo v njej tudi po več ur.

Po kaljenju je bilo potrebno še popuščanje, da se strukturne napetosti izenačijo. Temparature za toplotne obdelave smo izbrali s pomočjo strojniškega priročnika in priročnikov proizvajalca materiala (železarna Ravne). Popuščali smo 1 uro in pol pri temparaturi 150-180 °C. Po popuščanju smo izmerili trdoto, ki je bila od 58 do 59 HRC. Izmerjena trdota na vzorcu novega vretena je tako bila identična trdoti na starem vretenu z morse 4-vpetjem.



Slika 21: Merjenje trdote

## 6.10 Brušenje

Brušenje je postopek obdelave, ki sledi struženju ali frezanju. Značilnosti brušenja so:

- dobra obdelava trdih teles,
- velika natančnost dimenzij in oblike (IT5, IT6),
- majhna valovitost in hrapavost ( $R_z = 1\text{-}3 \mu\text{m}$ ),
- delovno (glavno) gibanje opravlja orodje, podajalno pa obdelovanec

Postopek brušenja ločimo glede na:

- obliko obdelovalne površine na obdelovancu (planu, okroglo in odvalno brušenje, brušenje vijačnic, profilov in oblik);
- položaj obdelovalne površine na obdelovancu (notranje in zunanje brušenje);
- položaj delovne površine na orodju (obodno in stransko brušenje);
- kinematiko postopka odrezovanja (prečno, vzdolžno in poševno brušenje, brušenje prostih oblik (navadno ali NC) ...).

Ko je bila končana topotna obdelava, smo očistili tekalne površine, ki se pri postopku brušenja med konicami dotikajo z vpenjalnimi konicami. Po vpetju vretena med konici (pogon s stružnim srcem) smo s centrirno uro preverili centričnost gredi na sredini in na obeh koncih vretena. Ker je bil dodatek 0,4 mm na premer, oplet pa od 0,15 do 0,25 mm, ni bilo potrebno dodatno ravnjanje. Tako smo lahko takoj začeli z brušenjem. Zelo pomembna je bila pravilna izbira brusa (2B 60 J V35) za brušenje cementiranega jekla. Najprej smo vse površine grobo zbrusili z dodatkom 0,05 mm na premer obdelovanca, nato smo brus naostrili (z diamantnim poravnalom) in brusili na končne dimenzijske površine za ležaje – k6) po vzorcu stare gredi. Zaradi velikih drsnih površin med konicami smo morali paziti, da je bilo na teh površinah vedno prisotno mazanje (trenje – prenašanje resonance na obdelovanec – slaba kakovost obdelave). Ker imamo pri brušenju nepravilno obliko rezalnega klina, se med brusom in obdelovancem pojavlja veliko trenje, kar posledično pomeni močno segrevanje obdelovanca, zato je potrebno tudi izdatno hlajenje. Omenjena bdelava je potekala na stroju za okroglo brušenje.



Slika 22: Brušenje med konicami



Slika 23: Končno brušenje zunanjih površin



Slika 24: Merjenje med in po končanem brušenju

Po končanem brušenju zunanjih površin vretena smo pripravili univerzalni orodni brusilni stroj za brušenje ISO 40 konusa. Na vzdolžno mizo sem najprej pritrdili vpenjalno pripravo za vpenjanje in za pogon. Ta priprava ima brezstopenjsko regulacijo vrtljajev od 50-800 vrt/min, kar je zelo ugodno pri samem delu s strojem. Na mizo smo pritrdili fiksno lineto z enotretjinskim odpiranjem.

Tanjši del vretena ( $\varnothing 35$  mm) sem pazljivo vpeli v vpenjalno glavo, debelejšega ( $\varnothing 54$  mm) pa v fiksno lineto. Za vpetjem smo morali obvezno nacentrirati centričnost osi v vpenjalni glavi, pri podpiranju s togo lineto pa smo morali biti izredno pazljivi na silo (če je prevelika sila, lahko zablokira vodilnih drsnih čepov (pomembno je mazanje).

Ko je bil obdelovanec ustrezno vpet in scentriran, smo nastavili približen nastavni kot ( $8^\circ$ ). Za tem smo pripravili pinolo za notranje okroglo brušenje. Nastavili smo ustrezne vrtljaje in izbrali ustrezno brusno telo (plemeniti korund). Nato smo preizkusili zagon pinole (pazimo na varstvo pri delu – visoki vrtilna hitrost brusa) in nastavili položaj in dolžino brušene površine.

Konus smo najprej grobo zbrusili in že med grobim brušenjem poizkušali doseči pravilen kot nastavitev. Pri finem brušenju smo s pomočjo tuširanja dosegeli točen kot, ki ustreza ISO 40 standardu za vretena. Pri tuširanju smo si pomagali z indigo papirjem in po možnosti z novim ISO 40 konusom, v bistvu smo ga s konusom kalibrirali. Ko je popolnoma ustreza standardu ISO 40, smo dokončno pobrusili večji premer konusa na  $\varnothing 44,5$  mm. Na koncu smo z brušenjem še izravnali čelno ploskev vretena. Med samim brušenjem smo večkrat preveril obdelovanec z merilno uro, pazili smo tudi na drsno površino med lineto in vretenom.



Slika 25: Vpenjanje v lineto



Slika 26: Brušenje s pinolo



Slika 27: Poravnavanje čelne ploskve vretena

## 7 VIJAK, KLJUČ IN KЛАDICE

Ker med vijaki starega in novega vretena ni bilo bistvene razlike, razen dolžine stebla in obrabljenosti, smo naredili preprosto kopijo starega vijaka s podaljšanim steblom. Za zatezni ključ je bilo potrebo pehanje notranje štirikotne oblike na vertikalnem pehalnem stroju, ki jo ima vijak na glavi. Glava ključa je bila narejena nekoliko večja, da se usede na rob, ki je izdelan posebej s tem namenom in preprečuje poškodbe na glavi vijaka. Potem smo izdelali zvarni žleb na glavi ključa. Ključ smo po končani izdelavi glave zvarili z ročajem, ki smo ga predhodno oblikovali v končno obliko. Zvar sem nato zbrusili. Zaradi stalnega stika z rokami osebe, ki bo upravljal stroj, je bil ključ odnešen še na niklanje, s čimer se prepreči korozija ključa. Kladici smo razrezali in ju z rezkalnim strojem oblikovali na približno mero. Potem smo ju še zbrusili na mero, da sta ustrezali utoru, ki jima je namenjen. Ker sta kladici priviti z imbus vijakom, je bilo potrebno izvrtati še luknjo Ø6 mm za vijak in Ø14 mm za glavo vijaka.



Slika 28: Pehanje štirikotne oblike v glavo ključa in priprave za varjenje



Slika 29: Ključ po varjenju in niklanju



Slika 30: Izdelava glave vijaka in preizkušanje navoja vijaka s pomočjo vpenjalne glave



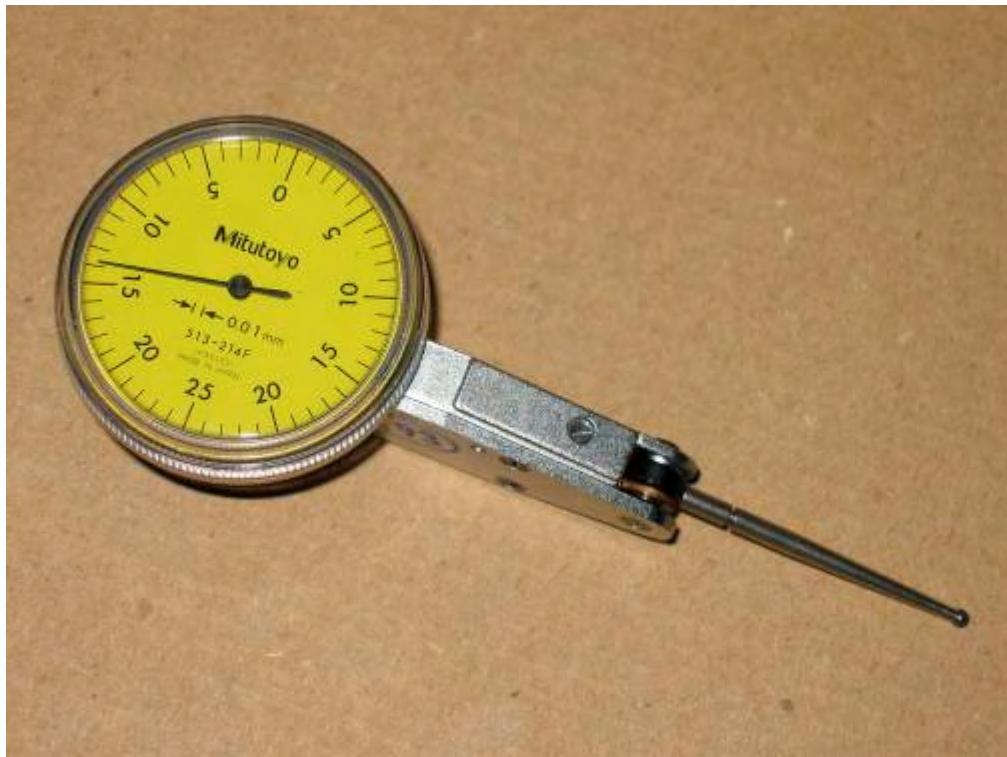
Slika 31: Kladici po končani obdelavi

## 8 MERITVE IN PREIZKUS

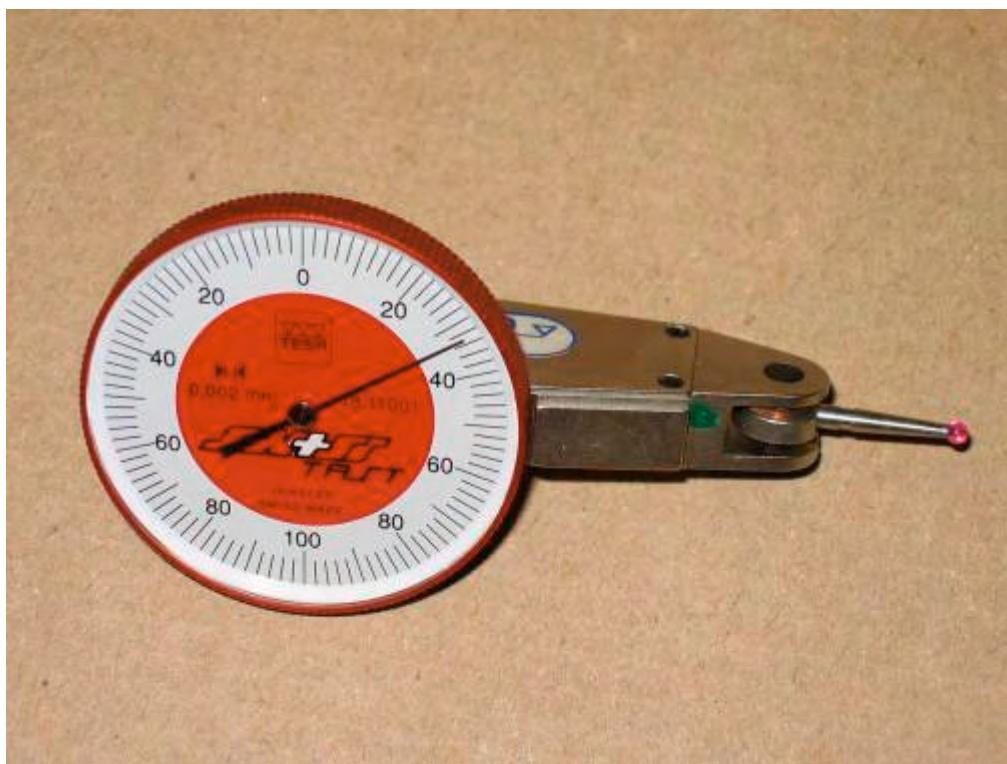
Ko je bila gred dokončno izdelana, jo je naročnik vgradil nazaj v frezalno glavo. Po pogovoru z naročnikom ni bilo nobenih težav z vgradnjo, kar dokazuje, da je bila gred kakovostno izdelana. Po montaži vretena smo za prvo merjenje uporabili magnetno stojalo s stotinsko merilno uro. Ura je pri preizkušanju pokazala zelo majheno odstopanje znotraj enega razdelka; Ker so bile pri tej uri črtice preveč zgoščene, nismo zaznali nobene napake. Za preizkušanje smo uporabili še stotinsko uro z večjim razdelkom, ki še vedno ni dala dovolj jasne slike. Zato smo se poslužili mikronske merilne ure, ki je pokazala do 0,002 mm odstopanja.



Slika 32: Kontrola centričnosti vretena



Slika 33: Stotinska merilna ura



Slika 34: Mikronska merilna ura

## 9 ZAKLJUČEK

Raziskovalna naloga je omogočila uporabo teorije, naučene skozi vsa šolska leta. Naloga je predstavljala velik zalogaj za srednješolsko znanje, ampak uspelo nam uspešno izdelati novo vreteno z ISO 40 konusom in dodatke, ki so bili potrebni prenove. Z nalogo smo tako dokazali, da je možno predelati vreteno frezalnega stroja in s tem odgovorili pritrdilno na uvodno zastavljeni vprašanje.

Naloga je bila prvotno razdeljena med tri dijake, toda zaradi spleta okoliščin je pričujoča raziskovalna naloga delo enega dijaka.



Slika 35: Sestavljen končni izdelek

## 10 ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju gospodu Romanu Zupancu za vso njegovo predanost, trud, čas, potrpljenje in zaupanje, ki mi ga je izkazal med izdelavo te naloge. Od njega sem se med izdelavo naloge veliko naučil in spoznal mnogo uporabnega, kar bi koristilo vsakemu strojnemu tehniku. Z njegovo pomočjo mi je bilo omogočeno poglobljeno poznavanje poklica, ki me v prihodnosti čaka.

Zahvalo izrekam tudi prof. Simoni Črep za lektoriranje raziskovalne naloge.

Velika zahvala pripada tudi vsem ostalim profesorjem ŠC Celje, ki so mi na kakršen koli način pomagali pri nastajanju raziskovalne naloge.

## 11 VIRI IN LITERATURA

- Krautov strojniški priročnik

Avtorja: Bojan Kraut,

Jože Puhar

Izdaja: Tehniška založba Slovenije, 2002

Strani: 562-565, 579-583

- Tehnologija spajanja in preoblikovanja

Avtorica: Darja Čretnik

Izdaja: Tehniška založba Slovenije, 1999

Strani: 44, 49, 60-61, 71-72

- Tehnologija

Avtor: Ivan Gubenšek

Izdaja: Interno gradivo (ŠC Celje), 2004

Stran: 163

- Pro/Engineer Wildfire

Avtor: Samo Čretnik

Izdaja: Založba Pasadena, 2005

- Uvod v Pro/ENGINEER

Avtor: AUDAX

Izdaja: Ljubljana 2000

- <http://www.big-builders.com>

**Priloga 1:** Staro vreteno

**Priloga 2:** ISO vreteno

**Priloga 3:** Ključ

**Priloga 4:** Vijak

**Priloga 5:** Kladica