VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

IZBOLJŠANJE KONTROLE PRI IZDELAVI VRVNEGA BOBNA

Kandidat: Rok Lampreht

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor – predavatelj: dr. Darko Friščić

Mentor v podjetju: Franci Rečnik

Lektorica: Jasmina Vajda Vrhunec, prof. slov.

Maribor, 2019

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Rok Lampreht sem avtor diplomskega dela z naslovom Izboljšanje kontrole pri izdelavi vrvnega bobna, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Darka Friščića.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Rače, november 2019 Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju dr. Darku Friščiću in somentorju Darku Dajčmanu, dipl. inž., za vso pomoč in vodenje pri pisanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi Višji strokovni šoli Academia Maribor, ki mi je omogočila študij in me podpirala na študijski poti.

Posebna zahvala velja zaročenki, ki me je spodbujala in podpirala pri pisanju diplomskega dela.

POVZETEK

V diplomskem delu je predstavljeno izboljšanje in olajšanje kontrole pri izdelavi vrvnega bobna za dvigalo. Poudarek je na osnovah strojništva, ki so potrebne za razumevanje izdelave vrvnega bobna. S predstavitvijo dveh bobnov, ki sta morala imeti enak notranji premer vijačnice, se je zahtevnost izdelave izredno dvignila. Vrvna bobna sta morala biti enaka zaradi skupnega nameščanja na en sam elektromotor, medtem ko je v primerjavi s klasičnim postopkom nameščen samo en elektromotor, kar je omogočalo precizno nastavljanje vrtilnih in s tem obodnih hitrosti s pomočjo elektromotorja. V primeru, ko sta dva bobna nameščena na en sam elektromotor, da bobna ne bi imela enake notranje mere v vijačnici, bi lahko prišlo do manjših težav, kot so: zatikanje vrvi, rahlo preskakovanje in rahlo vlečenje na stran. V najhujših primerih bi to predstavljalo tudi smrtno nevarnost v primeru trganja vrvi. Zaradi tega je bila odgovornost še toliko večja. Podrobneje so opisani načini in merilne naprave, s katerimi lahko merimo vse od začetka izdelave do konca. Poleg merjenja so zajete tudi merilne napake, ki so lahko prisotne pri merjenju, in posledice, ki lahko nastanejo v primeru, da imamo kolute različnih dimenzij, kar je prikazano s praktičnim preizkusom. Opisani so tudi CNC-stroji, podrobneje CNC-struženje, na katerem se izdeluje ta vrvni boben, in vse prednosti, ki nam jih je tehnološki napredek omogočil z možnostjo obdelave s CNC-programiranjem, na katerem temelji celotno diplomsko delo. Prikazan je celoten potek izdelave vrvnega bobna, to je od odreza, kjer se material dobavi in razreže na specifične dimenzije s plazemskim rezalnikom, prek vseh vmesnih predobdelav, kjer se začenjajo na obdelovancu prikazovati rezultati vseh obdelav ter se vsi vmesni deli pripravijo na sestavljanje in varjenje, do končne izdelave, ki tvori celoten obdelan boben. Poleg opisa težave in vseh zapletov, ki nam jih prinaša klasično izdelovanje vrvnega bobna za en elektromotor, je na koncu predstavljena lastna rešitev, ki je bila iznajdena, da so se vse te napake med obdelavo in merjenjem lahko odpravile. Rešitev je bila v dejanskem pomenu besede izredno enostavna, prinaša pa izredno veliko pozitivnih stvari in prav nobene negativne. Pozitivne stvari, ki nam jih ta metoda prinaša, so izboljšanje mer obdelovanca, izboljšanje kakovosti površine, varnejša izdelava vrvnega bobna in skrajšanje obdelovalnega časa.

Ključne besede: merjenje, struženje, CNC-stroji, merilne naprave, merilne tehnike.

ABSTRACT

IMPROVING CONTROL IN THE PRODUCTION OF THREADED REEL

The diploma thesis represents improvement and simplification of control in the production of rope drum for the lift. In my diploma work I have devoted myself to the basics of mechanical engineering, which are necessary for understanding the rope drum production itself. With the introduction of two drums, which had to have the same internal diameter of the helix, the complexity of the production increased tremendously. The rope drums, however, had to be the same because of their joint mounting on a single electric motor, compared to the conventional procedure, where only one was mounted on the electric motor, which allowed for precise adjustment of the rotational and thus circumferential speeds by means of the electric motor. In this case, when two drums are mounted on a single electric motor so that the drums do not have the same internal dimensions in the helix, there may be minor problems such as: jamming the rope, slightly skipping, pulling slightly to the side. In the worst cases, it would also be a life-threatening event in the event of a cord breaking. This made the liability even greater. We describe in more detail the methods and measuring devices that can be measured from the beginning of production to the end. In addition to measuring, the task also covers measurement errors that may be present in measuring what the consequences may be in the case of discs of different dimensions, which will also be shown by practical testing. I will also describe CNC machines, more specifically the CNC turning machine on which this rope drum is made, and all the advantages that technological advancements have afforded us with the ability to process CNC programming on which our entire thesis is based. The course of rope drum production will be shown throughout the course from the cut where the material is delivered and cut to specific dimensions with a plasma cutter, to all intermediate pretreatments, where the results of all machining starts to be displayed on the workpiece, and all intermediate parts are prepared for assembly and welding. All the way to the finished work, which forms the entire machined drum. In addition to describing the problem, as well as all the complications that a classic rope drum machine makes for one electric motor, I will end up presenting a solution that I had to come up with in this case to eliminate all these errors during processing and measurement. The solution, in the real sense of the word, was extremely easy, but it did bring about a lot of positive things, without any negative. All of these positive things this method brings to us, such as improving workpiece dimensions, improving surface quality, making rope drum safer, and reducing processing time.

Keywords: Measuring, turning, cnc machines, measuring devices, measuring techniques

KAZALO VSEBINE

1 UVOD 8

1.1 Opis področja in opredelitev problema 8

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve 9

1.3 Predpostavke in omejitve 9

1.4 Uporabljene raziskovalne metode 9

2 OSNOVE MERJENJA 11

2.1 Merjenje 11

2.1.1 Dolžina 11

2.2 Odstopanje pri merjenju 12

2.3 Vrste merilnih naprav 13

2.4 Tolerance 17

3 OBDELOVALNI STROJ 19

3.1 CNC-stroji 19

3.2 Struženje 21

3.2.1 CNC-programiranje 24

3.2.2 Vrste orodij in materialov 26

3.2.3 Uporabljeni stružni noži 29

4 IZDELAVA VRVNEGA BOBNA 32

4.1 Predstavitev vrvnega bobna 32

4.1.1 Standard za boben 32

4.1.2 Napake stroja 35

4.1.3 Izboljšanje kakovosti 36

4.2 Predobdelava 37

4.2.1 Boben 37

4.2.2 Stranica bobna 38

4.2.3 Zunanja ojačitev 39

4.2.4 Sredinska puša 39

4.2.5 Notranji nosilci 40

4.3 Končna obdelava 40

5 SKLEP 44

6 VIR, LITERATURA 46

KAZALO SLIK

Slika 1: Primer oblikovnega kalibra 15
Slika 2: Digitalno pomično merilo 15
Slika 3: Vijačno merilo z zvitim držalom 16
Slika 4: Merilna ura 17
Slika 5: Vrste ujemov 18
Slika 6: Primer CNC-stružnice FCL 40120 22
Slika 7: Konjiček 23
Slika 8: Sestava stružnega noža 27
Slika 9: Nož iz hitroreznega jekla 28
Slika 10: Nož s prispajkano rezalno ploščo 28
Slika 11: Stružni noži z vpeto rezalno ploščico 29
Slika 12: Zunanji stružni nož 29
Slika 13: Notranji stružni nož 30
Slika 14: Čelni stružni nož z vpeto stružno ploščico 31
Slika 15: Prikaz končno obdelanega in še neobdelanega vrvnega bobna 32
Slika 16: Boben v prerezu in 3D-obliki 38
Slika 17: Pokrov v prerezu in 3D-obliki 38
Slika 18: Ojačevalec v prerezu in 3D-obliki 39
Slika 19: Sredinska puša v prerezu in 3D-obliki 39
Slika 20: Notranji nosilci v prerezu in 3D-obliki 40
Slika 21: Kotirana vijačnica 42
Slika 22: Končno izdelan vrvni boben 42
Slika 23: Prikaz oblikovnega kalibra na vijačnici 43

KAZALO TABEL

Tabela 1: Odstopanje mere v milimetrih pri strojnem hodu v referenčno točko 36

1 UVOD

V diplomskem delu bom predstavil osnove strojništva, ki so potrebne za razumevanje tematike meritev in proizvodnega strojništva. Opisal bom merilna orodja, ki jih uporabljam pri izdelavi obdelovanca. Poleg merilnega orodja bom še predstavil pomen toleranc, ki se jih moram držati in nam jih merilna orodja omogočajo. Opisal bom delovni stroj (CNC-stružnico), s katerim izdelujem vrvni boben, in postopek obdelave vrvnega bobna. Naštel in opisal bom tudi tri stružne nože, s katerim boben obdelujem od predobdelave do končne izdelave. Prav tako bom predstavil problem, s katerim sem se srečal v službi. Izdelava vrvnega bobna ni pretirano zahtevna, a ob zahtevi, ki določa, da mora biti dno navoja enega bobna tolerančno glede na dno navoja drugega, se je celotna zadeva precej otežila. Zaradi tega se je enkrat pojavila interna reklamacija bobna, saj dno med bobnoma ni imelo enakega premera. Obdelovanca sta se vrtela z različnima obodnima hitrostma. Čeprav so bile te napake izredno majhne, na oko se jih namreč ni dalo videti, smo se odločili za popravilo večjega bobna. Da se te napake ne bi pojavljale, merjenje pa ne bi bilo tako zahtevno in dolgotrajno, je bilo treba iznajti nov način, kako kontrolirati orodje in obdelovanec med izdelavo vrvnega bobna. Iznajden način je bil tako preprost, da sem bil sprva tudi sam skeptičen glede njegove učinkovitosti. Na stružni glavi se je s papirjem odvzel rahel dotik orodja, na zaslonu pa smo odčitali mero, ki je bila dana. To mero smo si nato zapisali. Ustvarila se je neke vrste fizična referenčna točka, ki bi v primerih obrabe orodja, loma ploščice in izpada električne energije še vedno obstajala. Ploščica bi se preprosto zamenjala in umerila na točki, kjer smo vzeli referenčno točko na stružni glavi. Izničile bi se vse merske napake, ki bi nastajale med merjenjem, prav tako strojna napaka (senzorska referenčna točka), kajti specificirane mere vijačnice niso bile tako pomembne kot enakost globine navoja med dvema bobnoma. Tako ne bi bilo potrebno tako pretirano merjenje obdelovanca.

1.1 Opis področja in opredelitev problema

V diplomskem delu se bom posvetil praktičnemu problemu, ki je izhajal iz mojega delovnega okolja. Težave, s katerimi sem se moral soočati, so bile izredno zapletene, saj sta morala biti dva obdelovanca simetrična, z edino razliko v smeri navoja. Težava, ki je morala biti odpravljena, je bil notr10anji premer, ki določa, da je v obeh vijačnicah enak. Merjenje v dno navoja pa je bilo s klasičnim orodjem na tako velikem premeru praktično nemogoče. Točnost merilnega orodja je bila premajhna, kajti uporabljati sem moral klasično pomično merilo. Zaradi velikosti obdelovanca in pomičnega merila je bilo merjenje zelo oteženo. Zraven

navedenega so na točnost mere vplivali še čistoča in temperatura v proizvodnji ter človeški pregrešek (jaz). Tako so bili merilni pregreški preveliki, da bi ustrezali zahtevam, in sem moral najti rešitev, s katero so se te napake odpravile oziroma tako minimalizirale, da ustrezajo vsem dolžinskim zahtevam, ki so predpisane. Prikazanih bo več vrst napak, ki izvirajo iz same meritve obdelovanca, in napake, ki izhajajo iz obdelovalnega stroja. Med napake delovnega stroja spada več dejavnikov, kot so čistost vodil, temperatura, občutljivost končnih stikal. Med njimi bi izpostavil končno stikalo, saj najbolj vpliva na točnost. V diplomskem delu bo prikazana tudi tabela, iz katere so razvidne te napake. Izrednega pomena, je, da sta oba obdelovanca v določenem tolerančnem območju (medsebojno ujemanje je pomembnejše od same mere), Ker se oba bobna poganjata z enim elektromotorjem, bi lahko na primer ob obdelovancu, ki ima večji premer, pričakovali večjo obodno hitrost, s tem pa tudi hitrejše navijanje ali odvijanje vrvi. V primeru prehitrega navijanja/odvijanja bi prišlo do vlečenja bremenskega kavlja v eno stran, vrv bi se zaradi trenja na vrvenicah hitreje obrabila.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je najti način, kako izboljšati zanesljivost, natančnost in tudi hitrost izdelave vrvnih bobnov.

Cilj diplomskega dela je prikazati napake, ki lahko nastanejo pri izdelavi vrvnega bobna. Z njimi želim zagotoviti predpisano natančnost izdelave, skrajšati obdelovalni čas po odstranitvi zahteve po težkem in zahtevnem merjenju ter zagotoviti zanesljivost v nepredvidenih situacijah.

Trditev diplomskega dela je, da referenčna točka na stružni glavi nima tako velikega odstopanja, kot so ga zagotavljali prejšnji postopki merjenja vrvnega bobna.

1.3 Predpostavke in omejitve

Omejitev diplomskega dela predstavljajo poslovne skrivnosti organizacije, kar omejuje prikaz dejanskega delovnega načrta oziroma dimenzij v diplomskem deli. Vendar pa je bil odobren prikaz oblike izdelka in tudi vseh segmentov, vendar z drugačnimi merami.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Uporabljene raziskovalne metode so: metoda opazovanje (predstavitev lastnih opažanj in pridobljenih izkušenj med delom na CNC-stružnici, narejenih napak in pridobljenih znanj), metoda eksperimentiranja, ki prikazuje težave, ki se včasih pojavijo med proizvodnim

procesom in se jih ne da odpraviti s klasičnimi obdelovalnimi ali merilnimi metodami, in eksperimentalna metoda, ki je omogočila dokaj preprosto rešitev za problem v zvezi s točnostjo izdelave navojnega koluta.

2 OSNOVE MERJENJA

2.1 Merjenje

Merjenje je skupek opravil za določanje velikosti predmeta, kot je dolžina ali masa telesa. Merjenje lahko torej razumemo kot primerjavo veličin med merjeno in določeno veličino. Proizvodna merilna tehnika je del merilne tehnike, ki se uporablja v proizvodnem procesu. Ta merilna tehnika je izrednega pomena, še posebej v zadnjih časih, ko je opazna selitev kontrole iz merilnic na stroje (v proizvodnjo). S tem se omogočata večja samokontrola ter občutek za odgovornost in kakovost. Vseeno pa se pojavljajo težave, saj meritve potekajo v prostorih, ki nimajo enakih kontroliranih pogojev (temperature, čistoče, svetlobe, izobrazbe ljudi). Merilne naprave, ki jih izbiramo, morajo izpolnjevati določene pogoje:

1. zagotavljajo zahtevano točnost merjenja;
2. zagotavljajo stabilnost (rezultati, ki jih dobimo, se morajo ponavljati);
3. zagotavljati morajo zahtevano hitrost merjenja;
4. imeti morajo predpisano občutljivost glede na veličino, ki se meri;
5. biti morajo majhnih dimenzij in teže ter enostavni za umerjanje in vzdrževanje.

Merilna orodja se morajo uporabljati samo za delo, ki je navedeno v navodilih. Z njim moramo ravnati v skladu s predpisi in ga varovati pred zunanjimi vplivi, ki bi lahko delovali njegovo točnost in življenjsko dobo. Nad vso merilno opremo pa je potreben reden nadzor. Ta nadzor vključuje: umerjanje, preglede funkcionalnosti in dokumentacije o merilni opremi. Zaradi standarda ISO 9001:2015, ki zahteva sistem vodenja, moramo izdelati:

- odgovornosti za nadzor;
- sistem dokumentacije nadzora;
- navodila za interno in eksterno umerjanje, kjer je cilj zagotavljanje sledljivosti;
- postopek in navodila za nadzor nad merilno opremo.

2.1.1 Dolžina

Ena izmed prvih količin, ki so jih ljudje merili, je dolžina. Prve dolžinske mere so izhajale iz dolžinskih delov človeškega telesa in njegovih zmogljivosti. Tako so osnovne dolžinske mere postale prst, pedenj, laket, seženj, čevelj, korak itd., večje razdalje pa so določili z dnevi hoje. Za trgovanje to ni bilo ravno ugodno (kupec, ki ima dolge roke, je kupoval pri trgovcu, ki ima

kratke roke), saj so vsako pleme, naselbina, narod, država imeli svojo mersko enoto. Ker so želeli imeti poenotene dolžine, so uvedli enotno mersko enoto za dolžino (razdaljo) – meter. Palico, ki se imenuje parameter, hranijo v kraju Sevres pri Parizu. Tako je še danes osnovna merska enota za dolžino meter. Tudi priprava, s katero merimo dolžino, se imenuje meter. Merjenje dolžine je dandanes prisotno v vsakdanjem življenju, v industriji, prometu, zdravstvu, trgovini itd. (Dobovišek & Černej, 1981)

V industriji so dolžine razvrščene v naslednje skupine:

1. zunanje višinske in globinske mere;
2. velikosti dolžine;
3. hrapavost in valovitost;
4. površinske mere;
5. oblika in položaj (premost in ravnost, krožnost in valjnost, vzporednost in pravokotnost itd.).

2.2 Odstopanje pri merjenju

1. Merilne napake zaradi oblikovnega odstopanja

Oblika merjenega predmeta vedno odstopa od idealne geometrijske oblike. Pri merjenju gredi na primer vpliva na rezultat krožnost. V primeru, da je obdelovanec ovalen, lahko v različnih merilnih smereh dobimo različne rezultate merjenja. (Ačko, 2011)

2. Odstopanje zaradi spreminjanja oblike

Pojavlja se predvsem zaradi sploščitve, ki je lahko posledica prevelike sile pri dotiku merilnega orodja z obdelovancem. V tem primeru ima odstopanje negativni predznak (izmerjene vrednosti so manjše od dejanskih). Ta vpliv lahko zmanjšamo z uporabo manjše sile pri merjenju. V veliko sodobnih merilnih orodjih pa je že vgrajeno varovalo, ki nam vedno omogoča merjenje pri konstantni sili.

3. Odstopanje zaradi temperaturnega vpliva

Temperatura ima pri merjenju dolžine velik vpliv. Sprememba dolžine pa je sorazmerna z dolžino merjenca. Vse dolžine se merijo pri referenčni temperaturi 20 °C. Vsakršna temperaturna razlika je razlika med dejansko (ob času merjenja) in referenčno temperaturo. Lep primer vpliva temperature na dolžino so daljnovodi (ob vročih dneh so kabli povešeni).

4. Slabo odčitavanje

Ta pregrešek gre v večini pripisati človeškemu dejavniku. Vrednost kazalcev moramo razbrati pravokotno na ravnino skale, v nasprotnem primeru se pojavi pregrešek razbiranja. Kadar pa je kazalec nekje vmes med dvema črtama na skali, pa se lahko pojavi pregrešek zaradi napačne ocenitve.

2.3 Vrste merilnih naprav

ETALON

Etalon spada med najpomembnejša sredstva za umerjanje merilnih orodij. Je opredmetena mera, ki ima fiksno določeno mero. Namen etalona je ohranjanje in reproduciranje neke enote. Etaloni niso posebna oblika merilne opreme, temveč je pomemben njihov namen. V industriji in laboratorijih se uporabljajo kot referenca za umerjanje. Nanj pa se lahko umerjajo vsi merilni instrumenti, tudi drugi etaloni. Poznamo več vrst etalonov: merilne kladice, nastavni obroč, stopničasto merilo, etalonska krogla, etalonski valj. Ko uporabimo več etalonov, hkrati govorimo o etalonskem nizu. Dober primer je set merilnih kladic, ko več teh kladic sestavimo skupaj, da dobimo neko drugo mero. (Ačko, 2011)

Ločimo:

1. mednarodne etalone: ti etaloni so mednarodno priznani in se uporabljajo kot merilna podlaga za vrednotenje vseh drugih etalonov;
2. nacionalne etalone: za te etalone je z državnim odlokom priznano, da se na njih ugotavljajo vrednosti drugih etalonov v določeni državi;
3. primarne etalone: to so vsesplošno priznani etaloni z največjo meroslovno kakovostjo. Njihova vrednost je sprejeta brez sklicevanja na druge etalone enake velikosti;
4. sekundarne etalone: njihovo vrednost ugotavljamo s primerjavo primarnih etalonov enake veličine;
5. referenčne etalone: so etaloni, ki imajo največjo natančnost v nekem kraju ali podjetju in so osnova za merjenje na tem mestu;
6. delavne etalone: običajno so uporabljeni za umerjanje drugih merilnih naprav ali referenčnih materialov.

KALIBRI

Kalibri so sredstva za preizkušanje mere in oblike obdelovancev. Z njimi lahko preverjamo, ali so preizkušani obdelovanci v predpisanih tolerancah in pravih oblik. Z njimi pa ne moremo določiti velikosti odstopanja od dopuščene vrednosti. Poznamo oblikovne, merske in posebne kalibre. Preprost kaliber je kaliber »gre« oziroma »ne gre«. Za preverjanje lege glede na tolerančno območje imamo dva kalibra »gre« in »ne gre«. Če sta dva kalibra združena v enega, pa to imenujemo mejni kalibri. Imamo tri klasifikacije na osnovi preizkušanja s kalibri (Hočevar, 2009):

- dober kaliber, ko lahko obdelovanec brez naporov spravimo v ujem s kalibrom »gre«. Ujema s kalibrom »ne gre« pa ne moremo dobiti;
- dodelavo dobimo, če ne moremo dobiti ujema s kalibrom »gre«;
- izmet pa dobimo, ko ima obdelovanec ujem na oba kalibra, torej »gre« in »ne gre«.

Oblike in mere kontrolnih kalibrov določa Taylorjev zakon: *»S kalibrom -gre- preverjamo mero celotne preverjane površine v enem hodu, s kalibrom -ne gre- pa vsako točko preverjane površine posebej.«*

Zaradi zmanjšanja proizvodnih stroškov so kontrolne površine na kalibrih »ne gre« precej manjše od kalibrov »gre«. Kalibre delimo na več vrst (Ačko, 2011; Dunn, Ilic, & Howey, English for Mechanical Engineering Course Book, 2008):

1. kalibri za preizkušanje izvrtin se uporabljajo kot pripomoček za preverjanje prizmatičnih zarez, stožcev, navojev itd. Dopustna merska odstopanja delimo na tri kakovostne razrede:
   - razred kakovosti 0: dovoljeno odstopanje 0,3 mm;
   - razred kakovosti 1: dovoljeno odstopanje 1 mm;
   - razred kakovosti 2: dovoljeno odstopanje 2 mm.

   Za preizkušanje majhnih izvrtin pa so pomembni trni (od 0,05 mm do 1 mm);
2. kalibri za preizkušanje čepov se uporabljajo skupaj s Taylorjevim zakonom. V praksi mora kaliber »gre« z lastno težo tekoče zdrsniti prek čepa, kaliber »ne gre« pa se mora zatakniti;
3. oblikovne kalibre uporabljamo za vizualni pregled uhajanja svetlobe v reži med obema površinama. Kontrolna površina ima nasprotno obliko od profila preizkušanca. Za

oblikovne kalibre se lahko uporabljajo kalibri za radije, kotne kalibre, kalibre za navoje.



Slika 1: Primer oblikovnega kalibra

Vir: (Lasten vir)

POMIČNA MERILA

Pomična merila spadajo med dolžinska merila, ki imajo glavno skalo, vodilno ravnilo, pomični del in nonij. Z vsemi pomičnimi merili lahko izmerimo dolžine, zunanje in notranje premere. Na pomičnem delu je nonij, ki je pomožna skala, njegova naloga je prikazovanje vrednosti, ki so manjše od razmika na glavni skali. Nonij lahko ima različno število razdelkov: deset (1/10), dvajset (1/20), petdeset (1/50). Zaradi veliko lažjega odčitavanja se vse pogosteje uporabljajo pomična merila, ki imajo digitalni merski prikaz. Pomična merila imajo maksimalno merilno območje, in sicer 3000 mm. (Godina, 2013)

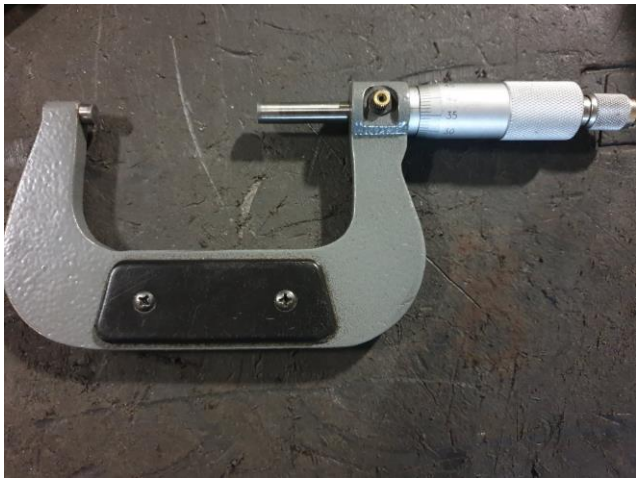


Slika 2: Digitalno pomično merilo

Vir: (Lasten vir)

VIJAČNA MERILA

Vijačna merila so mehanične merilne naprave za merjenje dolžin z višjo stopnjo natančnosti, pri katerih služi kot merilna normala natančno izdelano navojno vreteno z matico s korakom navoja 0,5 mm ali 1 mm. Dolžina navojnega vretena je omejena na 25 mm. Pri koraku navoja 0,5 mm ima merilni boben 50 razdelkov in na tulki skalo, ki ima milimetrsko in polmilimetrsko razdelbo. Natančnost teh meril je od 0,01 mm do 0,001 mm. Merilne površine imajo premer 6,5, 7,5 ali 8 mm. V večini so izdelana iz karbidne trdnine. Vijačna merila imajo tudi sklopko, ki omejuje vrtilni moment in omogoča merjenje s konstantno silo 5 N in 10 N. (Hočevar, 2009)



Slika 3: Vijačno merilo z zvitim držalom

Vir: (Lasten vir)

MERILNA TIPALA (SENZORJI)

Tipala pretvorijo merjeno veličino v obliko, ki jo lahko razberemo (premik kazalca). Poznamo več vrst zaznavanja signalov: mehanskega, električnega, pnevmatskega. Te naprave se ne dajo uporabljati same, temveč jih moramo uporabljati skupaj z dodatnimi pripravami, kot so držala in stojala. Tipično merilno tipalo na mehanski prenos v proizvodnji je merilna ura.

Merilno uro sestavljajo trije sklopi:

- ohišje z vodilno pušo za vpetje merilnega tipala,
- zobniški prenos,
- plošča skale s pripadajočimi kazalci, zaščitnim steklom in nastavljivo oznako tolerance.

Gibanje tipala se s pomočjo zobatega droga prenese na zobniški prenos merilne ure. Pri struženju si z merilno uro pomagamo pri centriranju okroglih obdelovancev, preverjanju njihove okroglosti in koničnosti, ki bi se lahko pojavila med obdelavo. Merilne ure so izredno natančne. Čeprav je na primer na merilnem območju 10 mm najmanjša delitev 0,01 mm, je možno odčitavanje tudi manjše tolerance, vse do 0, 002 mm (Godina, 2013)



Slika 4: Merilna ura

Vir: (Lasten vir)

2.4 Tolerance

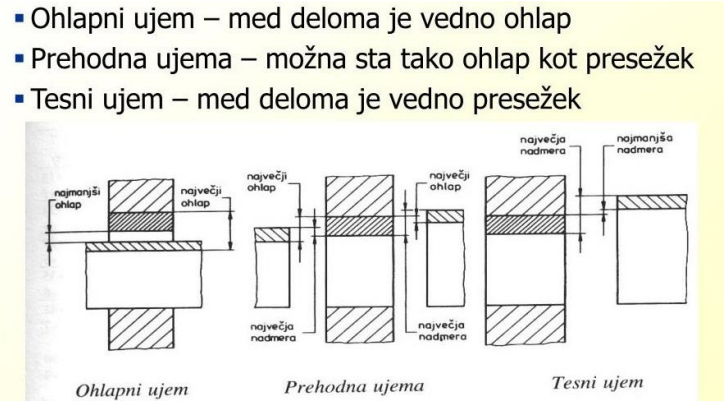
ISO-ujemi in tolerance

Med deli z zunanjo obliko oziroma deli z notranjo obliko oziroma mero tvorimo ujeme oziroma prilege, s katerimi dosežemo ustrezno funkcijo v sestavu. Ujem je lahko ohlapen, prehoden oziroma vmesen in tesen. ISO-ujemi se tvorijo tako, da je imenska oziroma teoretična mera čepa in luknje vedno enaka.

Ohlapni ujem – med čepom in luknjo vedno obstaja ohlap oziroma »zračnost«, ujem je vedno preprosto sestavljiv.

Vmesni ali prehodni ujem – med čepom in luknjo lahko vedno obstaja majhen ohlap, lahko pa tudi majhen presežek, ujem je lahko v eni skrajnosti sestavljiv, v drugi pa z uporabo (majhne) sile.

Tesni ujem – med čepom in luknjo je vedno presežek, dela sta trdno spojen, za sestavljanje je potrebna večja do velika sila ali temperaturna razlika (Hočevar, 2009)



Slika 5: Vrste ujemov

Vir: (https://image.slideserve.com/541494/6-ujemi-vrste-l.jpg)

3 OBDELOVALNI STROJ

3.1 CNC-stroji

Kratici NC (Numerical Control) in CNC (Computer Numerically Controlled) izhajata iz angleščine ter pomenita: NC – numerično krmiljenje in CNC – računalniško numerično krmiljenje. CNC je sodobna različica NC-krmiljenja.

Pri razvoju CNC-krmiljenja so glavni cilji:

- povečana produktivnost,
- izboljšana kakovost,
- natančna izdelava izdelkov,
- zmanjšanje proizvodnih stroškov.

Krmilja so se z razvojem elektronike v realnem svetu fizično izredno zmanjšala. Hkrati pa so se ponujale večje možnosti/funkcije krmiljenja. Krajšal se je čas, ki je bil potreben za izdelavo določenih izdelkov, zmanjševal se je tudi strošek proizvodnje v posamični, maloserijski in srednjeserijski proizvodnji, še posebej z uvajanjem visoko avtomatiziranih CNC-strojev. Ko so klasična NC-krmilja zamenjali s CNC-krmilji, ki imajo vgrajen računalnik, je bil narejen ogromen razvojni preskok v industriji. CNC-krmilje opravlja podobne naloge kot NC-krmilje, vendar lahko ta vgrajeni računalnik opravlja vrsto različnih posebnih nalog, kot so: višje možnost interpolacije, programsko povezana krmilje in stroj, izboljšanje radija rezalnega roba.

Glavna prednosti CNC-obdelovalnih in predelovalnih strojev pred starejšimi klasičnimi stroji je obdelava z večstopenjskimi CNC-stroji, ki imajo veliko prednosti: veliko delovnih operacij opravimo z enim samim vpenjanjem na samo enem stroju, od 5-krat pa vse do 11-krat večja produktivnost kot pri klasični obdelavi, za uporabo stroja je potreben en delavec, kakovost obdelave in natančnost dimenzij sta neodvisni od razpoloženja delavca, servis kompletnega stroja opravlja ena oseba, obdelovancev med posameznimi fazami obdelave ni treba skladiščiti, izredno kratki pripravni časi, enostavna in hitra priprava tehnoloških parametrov, prilagajanje tehnoloških parametrov med delovnimi operacijami, visoka stopnja varnosti pri delu, možnost obdelave več različnih obdelovancev na isti delovni mizi z enim vpetjem, ponovljivost delovnih operacij tudi po daljšem časovnem obdobju z enako natančnostjo, prihranek delovnega prostora zaradi zamenjave večjega števila klasičnih strojev z enim

samim. Pri CNC-stroju ločimo mehanski in krmilni del. Mehanski del je podoben klasičnemu delu stroja, vendar ima ogromno izboljšav (Dunn, Ilic, & Hovey, 2008):

1. možnost brezstopenjskega krmiljenja števila vrtljajev glavnega vretena;
2. avtomatska in programsko vodena menjava oziroma priprava orodij (revolverska glava ali shramba orodij);
3. zelo natančno merjenje položaja med gibanjem v smeri osi s pomočjo vgrajenega merilnega sistema (direktno ali indirektno merjenje položaja);
4. elektromotor daje vrtilno gibanje, ki se ga pretvarja v podajalno s pomočjo krogličnega vijačnega vretena in matice, ki omogoča zelo veliko natančnost pozicioniranja delovne mize in orodja;
5. stroji so bolj togi, kar odpravlja vibracije stroja in posledično veča točnost izdelave.

Krmilni del stroja, ki ima vgrajen računalnik, vsebuje (Pahole & Balič, Obdelovalni stroji: univerzitetni učbenik, 2003):

1. vhodno enoto za vnašanje podatkov oziroma programa. Podatke oziroma program lahko vnašamo direktno s tipkovnico ali pa ga prenesemo prek USB-ključka ali kabla iz računalnika (običajno prek prenosnega računalnika);
2. obdelovalno enoto, ki te pridobljene podatke (programe) obdeluje, jih shranjuje, pošilja signale – ukaze prek izhodne enote v mehanski del in dobiva povratne informacije o njihovi izvedbi itd.;
3. izhodno enoto, ki pošilja podatke krmilnim elektromotorjem, prek katerih se nato izvajata gibanje in obdelava na samem stroju. CNC-stroji lahko dandanes v svoj pomnilnik v večini shranijo en ali več programov. Od velikosti pomnilnika je odvisno, kakšno število programov lahko ima shranjeno v pomnilniku. Da lahko programe ločimo med seboj, ima vsak program drugačno/svoje ime. S krmilniki lahko popravljamo programe, ki so shranjeni v pomnilniku. Sodobnejši krmilniki so tisti, ki omogočajo interaktivno programiranje s pomočjo »čarovnika«. Ta nam pomaga pri izdelavi programa in nas vodi v sistem meni, sistem vprašanj in sistem odgovorov. Ena izmed pomembnih funkcij, ki jih krmilnik omogoča, so grafične simulacije programov na zaslonu. Značilno je samodejno preverjanje delovanja krmilnega sistema.

Med izhodne enote spada tudi zaslon, ki ga imajo že vsi CNC-stroji. Programer (operator) lahko na enostaven način komunicira s strojem s pomočjo zaslona prek sistema menijev. Na zaslonu lahko vidimo trenutno pozicijo orodja, vrtljaje vretena, spremenljivke in razne alarme, ki nas opozorijo na napake. Še preden dejansko izvedemo program, lahko na zaslonu vidimo grafično simulacijo programa.

Pri sodobnih CNC-strojih uporabljamo orodja, ki jih sestavljata dva dela, in sicer držalni in rezalni del.

Med držalna orodja spadajo:

- vpenjala za orodje: v primerjavi s klasičnimi vpenjali so oblikovana tako, da nam omogočajo dvojni kontakt: na konusu in na samem obroču vpenjala, kar pripomore k večji togosti orodja, manjšim vibracijam in podaljša življenjsko dobo orodja;
- hladilno-mazalni sistem hlajenje ali mazanje orodja je običajno speljano kar skozi orodje oziroma neposredno na orodje, do predela, ki ga je treba hladiti ali mazati – zrak, ki ob vpenjalu priteka iz šob, služi za odnašanje odrezkov in hladilno-mazalnih sredstev;
- vpenjalna glava: mora biti zaradi visokih vrtilnih hitrosti zelo natančno prilagojena in uravnotežena. Po navadi je samo mesto vpenjanja izdelano na sredini osi elektromotorja, ko ta poganja vpenjalno glavo;
- direktni linearni pogoni: pri VHO-strojih direktni pogoni nadomestijo krogličnа vijačna vretena in matice, ker omogočajo večje pospeške, hitrosti in visoko natančnost.

Med rezalna orodja spadajo različne vrste rezalnih ploščic. Grafična simulacija programa nam na zaslonu prikaže, kakšna bo pot orodja in kako naj bi se izdelek izdeloval. Ponudi nam možnost popravljanja napak, ki lahko nastanejo pri pisanju ali spreminjanju programa. Senzorji spremljajo in nam sporočajo čisto vsak pomik in vsako gibanje po krmilni enoti. Ta pa na podlagi teh informacij vodi in upravlja celoten proces izdelave izdelka.

3.2 Struženje

OSNOVNA DEFINICIJA STRUŽENJA

Struženje je postopek odrezovanja, pri katerem glavno krožno gibanje opravlja obdelovanec. Vzdolžna podajalna gibanja pa upravlja orodje. Med obdelovancem in orodjem pri struženju

zagotavljamo glavno krožno gibanje, ne glede na to, kdo opravlja struženje. S struženjem so obdelovanci narejeni večinoma osnosimetrično, kar je posledica osnovnega krožnega gibanja obdelovanca, rezultat njihove oblike pa je rotacija. Sodobne stružnice omogočajo izdelovanje zelo zahtevnih strojnih delov, saj imajo možnost omogočanja večjih kombinacij gibanja na večjih prostorskih oseh. (Pahole & Balič, Obdelovalni stroji: univerzitetni učbenik, 2003)

ORODJA ZA STRUŽENJE

- Orodja za struženje so sestavljena iz treh delov (Šolski center Velenje, 2018):
- rezalnega dela – služi odrezovanju materiala,
- držala orodja – služi za pričvrstitev rezalnega dela,
- povezovalnega dela – služi za povezavo z vpenjalom za orodja.

Stružnica, s katero obratujem jaz, se imenuje Chevalier fcl 40120. Z njo je možno stružiti obdelovance premera (os X) do 1015 mm in dolžine (os Z) do 2920 mm. Moč stroja je 29,8 kW.



Slika 6: Primer CNC-stružnice FCL 40120

Vir: (Lasten vir)

GLAVNI SESTAVNI DELI STRUŽNICE:

1. Postelja

Povezuje vse glavne dele v celoto. V večini primerov je iz sive litine, ker ima ta material dobre lastnosti litja. Ker ima material ogljik v obliki grafita, daje dobre lastnosti drsenja. Na postelji sta dve vrsti ploskev: drsne in nosilne ploskve. Drsne ploskve so vodila, na katerih so sani s suporti in na drugi strani konjiček. Vodila morajo biti tudi ustrezno termično obdelana, da so dovolj toga. Vodila pa morajo biti zaščitena pred odrezki. Izredno pomembno je redno čiščenje in mazanje vodil.

2. Konjiček

Pri izdelavi vrvnega bobna si močno pomagam s konjičkom. Konjiček je pritrjen na posteljo v stroju. Omogoča podpiranje daljših in težjih obdelovancev. V konjiček lahko vpnemo tudi svedre in s tem na stružnici tudi vrtamo. Po postelji je premičen po posebnih vodilih, kar mu omogoča podpiranje različno dolgih obdelovancev. Ko obdelovanec nastavim na obdelovalne čeljusti, konjiček zapeljem bližje obdelovancu in ga zategnem. Konjiček nato prislonim na obdelovanec (sredinsko pušo) in ga rahlo pritegnem. S tem onemogočim premikanje ali pa celo izpad obdelovanca. Sama obdelava pa poteka hitreje in varneje. (Šolski center Novo mesto – Višja strokovna šola, 2019)



Slika 7: Konjiček

Vir: (Lasten vir)

3. Pogon stružnice

Stružnice so v sodobnem času vedno gnane s pomočjo elektromotorja in jermenov, kar nam omogoča, da se jermeni po potrebi primerno zategnejo, da se vibracije motorja ne prenašajo na stroj.

4. Vretenjak

V vretenjaku je glavno vreteno z lastnimi ležaji. To vreteno dobiva pogon iz menjalnika. Najpogostejši menjalniki so menjalniki s pomičnimi zobmi, ker so najcenejši in potrebujejo malo moči. Na stružnici je tudi poseben mehanizem, s katerim lahko izbiramo vrtljaje. Ta mehanizem je lahko mehanski ali pa električen. Ležaji glavnega vretena so v večini primerov kotalni, saj omogočajo večjo natančnost.

5. Sani s suporti

Sani drsijo po ustreznih vodilih na postelji. Omogočajo nam različna gibanja noža, ki je vpet na vrhu križnega suporta. Sani in suporti omogočajo premikanje vpenjalnega sistema z orodji

proti obdelovancu. Sistem za vzdolžno premikanje imenujemo sani, za prečno premikanje pa suport. Na stružnici lahko imamo več sani in suportov. (Pahole & Balič, Obdelovalni stroji: univerzitetni učbenik, 2003)

6. Vpenjalna glava

Za hitro vpenjanje na stružnici uporabljamo tri- ali pa štiričeljustno glavo. Vpenjanje je hitro, a ni najnatančnejše. V notranjosti vpenjalne glave je Arhimedova spirala, ki pomika čeljusti. Slabost te spirale je, da se sčasoma obrabi in postane manj točna, prednost pa je, da omogoča veliko vpenjalno silo.

7. Lineta

Linete uporabljamo za vmesno podporo pri struženju daljših obdelovancev. Dodatna podpora omogoča natančnejše delo, saj bistveno zmanjšamo upogibne napetosti, ki se pojavijo pri daljših obdelovancih. Lineta je lahko premična skupaj s sanmi ali pa jo samostojno namestimo in z njo podpiramo obdelovanec. (Pahole & Balič, Obdelovalni stroji: univerzitetni učbenik, 2003)

3.2.1 CNC-programiranje

CNC-programiranja so zaporedja programskih ukazov, ki v našem konkretnem primeru CNC-stroja v stružnici določajo vsa zaporedja postopkov, kjer se izvajajo delovne operacije za izdelavo določenega izdelka.

Na CNC-stroju je postopek obdelave opisan v CNC-programu s krmilnimi ukazi:

- geometrijskimi – ta določajo relativni položaj med orodjem in obdelovancem (gib osi);
- tehnološkimi–- ti so kot določitve podajne in rezalne hitrosti;
- definicijami orodij;
- pomožnimi funkcijami – ta določajo smer vrtenja, hlajenje, vklop/izklop.

Izvajanje celotnega postopka operacij izdelave na stroju torej poteka popolnoma avtomatično. Na podlagi delavniške risbe obdelovanca je programiranje postopek izdelave opisanega zaporedja ukazov. Programi so sestavljeni iz posameznih programskih stavkov, ti pa opisujejo vsako gibanje oziroma operacijo na stroju. Ti programski stavki se sestavljajo iz določenih informacij, ki so sestavljene in opisane z besedami. Besede sestavljajo naslov in pripadajoče številke z ustreznim predznakom (vrednost). Na začetku besede je vedno prvo naslov, to pa so

tiste črke, ki predstavljajo določene funkcije. Vrstni red vseh besed je običajno predpisan v programskem stavku. Pri daljših programih pa vstavljamo opis faze posamezne obdelave med vrstice zaradi boljše preglednosti. Opis faze se začne z oklepajem, za njim lahko sledijo poljubni znaki, kot na primer: (opis XX. Zaklepaja NE postavljamo. Kadar delamo korekcijo programov, lahko pred tiste programske stavke, pri katerih ne želimo, da jih stroj zazna, postavimo oklepaj, kot na primer: (G101X5Y5. Paziti pa moramo, da pri vsaki spremembi v programu, preden program izberemo in poženemo na stroju, spremembo v programu shranimo. (Pahole, Ficko, & Balič, Programiranje numerično krmiljenje strojev – struženje, 2014; Pahole & Ficko, Programiranje numerično krmiljenje strojev - struženje, 2004)

Poznamo več načinov programiranja CNC-obdelovalnih strojev:

a) ročno programiranje: pri ročnem programiranju je programer tisti, ki določi in opiše operacijski postopek obdelave na CNC-stroju glede na delavniško risbo ter napiše CNC-program; tudi vse izračune naredi sam;

b) ročno programiranje neposredno na stroj: modernejši krmilniki imajo vgrajeno programsko podporo za programiranje; programer programira stroj prek sistema menijev in opcij, ki so na razpolago; sprotna kontrola vhodnih podatkov proti programskim napakam; obstaja možnost grafične simulacije poti orodja na ekranu;

c) programiranje s pomočjo računalnika: programer s pomočjo sistema CAD-CAM vnese risbo v računalnik in program na osnovi risbe in dialoga programer – računalnik ter na osnovi lastne baze tehnoloških podatkov orodja in materiala izdela NC-kodo oziroma program za določeni tip CNC-stroja. Program CAD-CAM ima podatke o orodju, ponuja optimalne tehnološke parametre obdelave, analizira in izračuna čas izdelave. Program se shrani in nato prenese na stroj. Na stroju se še enkrat izvede simulacija programa in se pristopi k izdelavi izdelka.

Koordinatni sistem uporabljamo v programu pri določanju geometrijskih podatkov. Kartezični koordinatni sistem se definira kot dve oziroma tri med seboj pravokotne osi, ki pa sekajo skupno sečišče, ki se imenuje izhodišče koordinatnega sistema. Kartezični koordinatni sistem je lahko ravninski ali prostorski. Uporabnejši koordinatni sistem je ravninski, saj se ga lahko uporablja za obdelavo na stružnicah in podobnih strojih. V smeri glavnega vrtenja stroja je os »Z« standardno določena. Gibanja orodja in oblike obdelovanca na vrtalno-frezalnih strojih, obdelovalnih celicah oziroma centrih opisuje prostorski koordinatni sistem. Ko opisujemo CNC-stroje, govorimo o krmilnih oseh, ki pa jih mnogokrat tako tudi imenujemo – na primer

triosni, petosni in podobno. Krmilno gibanje smeri gibljivih se delov stroja predstavljajo na stroju krmiljene osi. Vsaka os ima dve možni smeri gibanja: + (plus) in – (minus). Predznak določa smer gibanja orodja oziroma mize. Vsi stroji se gibljejo po eni oziroma po več oseh: X – levo, desno; Y – naprej, nazaj; Z – gor, dol. V našem primeru struženja imamo samo dve osi: X in Y. (Đorovic, 2008; Pahole & Ficko, Programiranje numerično krmiljenje strojev - struženje, 2004)

Pri CNC-strojih imamo več koordinatnih sistemov, kar pomeni, da se srečujemo tudi z večjim številom izhodišč. Vsak CNC-stroj ima lastno referenčno točko (R) in strojno ničelno točko (M). Te točke imenujemo fiksne točke pri stroju, ki jih določi proizvajalec stroja. Pred vključitvijo stroja mora operater najprej postaviti stroj v referenčno točko. S tem damo stroju vedeti, kje je njegovo izhodišče. To v bistvu pomeni, da je stroj pozicioniran v ničelni točki po vseh koordinatnih oseh. Z mehanskimi končnimi stikali postavimo vse te točke. Ko so dosežena mejna stikala stroja, ta registrira dano lokacijo kot osnovno začetno/startno točko. Ta točka ostane v spominu stroja, dokler se ga ne izklopi. Izhodiščna točka koordinatnega sistema je ničelna točka stroja (M) in hkrati začetna točka vsem drugim koordinatam:

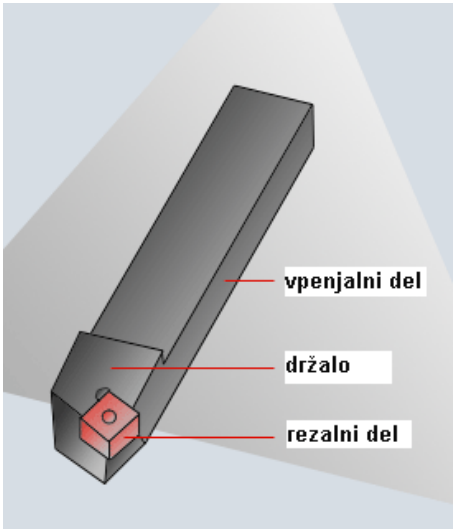
- palec v smeri pozitivne osi X;
- kazalec v smeri pozitivne osi Y;
- sredinec v smeri pozitivne osi Z.

Izhodišča in referenčne točke stroja: glede njihove lege pravila ni in so odvisne od proizvajalca. Izhodišče koordinatnega programa je postavljeno v ničelno točko obdelovanca (W). Vse ostale točke, ki jih moramo doseči med obdelavo z orodjem, so določene glede na položaj ničelne točke. Ničelna točka je običajno napisana in določena na vogalu obdelovanca. Izhodiščno lego orodja popisuje izhodiščna točka konice orodja (B). Krmilnik mora poznati koordinate izhodiščne točke konice orodja še pred obdelavo. V (B) točki se nahaja konec rezilnega dela orodja. Najlažje si zapomnimo vse tri pozitivne smeri koordinatnega sistema s pomočjo pravila desne roke, ki nam vizualno prikaže smeri gibanja. (Đorovic, 2008)

3.2.2 Vrste orodij in materialov

Za struženje je bilo razvitih zelo veliko orodij. To je posledica različnih del, ki jih lahko opravljamo s struženjem. Stružni nož iz hitroreznega jekla (HSS) se vse bolj zamenjuje z orodji, ki imajo prispajkano rezalno ploščico iz karbidne ali druge trdine. Specialna držala predstavljajo največ orodij za struženje, ker z različnimi vpenjalnimi sistemi omogočajo

vpenjanje različnih ploščic. Še vedno pa se ponekod srečujemo s posebnimi stružnimi noži, ki se izdelujejo za točno določen namen.



Slika 8: Sestava stružnega noža

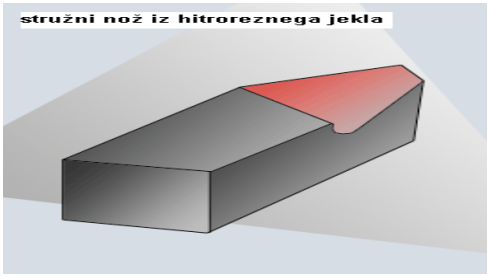
Vir: (http://egradivo.ecnm.si/ODR/4f524f444a455f5a415f53545255c5bd454e4a455f2d5f53455354415641.GIF)

Orodna jekla (OJ)

Orodna jekla prenesejo temperaturo do 250 °C, pri višji temperaturi pa zelo hitro zmanjšajo trdoto. Zato veljajo za neprimerne za obdelavo pri veliki hitrosti in se dandanes pri odrezovanju skoraj več ne uporabljajo. Primerna so predvsem za ročna orodja, kot so pile, sekači, žagini listi itd., ter za nože, za rezanje papirja, tobaka itd.

Hitrorezna jekla (HSS)

S hitroreznimi jekli lahko obdelujemo do petkrat hitreje kot z navadnimi orodnimi jekli, zato so jih poimenovali hitrorezna jekla. Izboljšane imajo rezalne sposobnosti, so bistveno boljša kot orodna jekla, imajo večjo mero obstojnosti, in kar najpomembnejše, imajo večjo trdoto pri povišanih temperaturah. V tehniki odrezovanja (stružni nož, svedri, rezkala itd.) in tehniki preoblikovanja lahko uporabimo za vsa orodja hitrorezna jekla. Pri hitroreznih jeklih imamo tudi možnost, da si orodje za obdelavo lahko izdelamo sami. To se uporablja predvsem pri specifičnih oblikah obdelovanca, ki jih s klasičnimi orodji ne bi bilo možno izdelati.

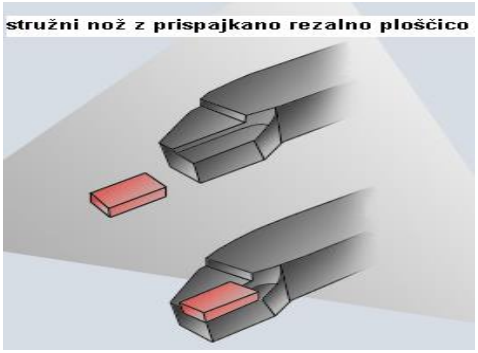


Slika 9: Nož iz hitroreznega jekla

Vir: (http://egradivo.ecnm.si/ODR/4f524f444a455f5a415f53545255c5bd454e4a455f485353.GIF:)

Stružni noži z lotano karbidno trdnino

Stružni noži z lotano karbidno trdino so podobni nožem, ki so izdelani iz hitroreznega jekla. Rezalno ploščico iz karbidne trdnine spajkamo na končni del osnovnega držala. Stružni noži s prispajkano karbidno trdino imajo večjo obrabno odpornost kot klasični noži iz hitroreznega jekla.



Slika 10: Nož s prispajkano rezalno ploščo

Vir: (https://studentski.net/gradivo/vis_scv_meh_tpr_sno_odrezavanje__struzenje_01)

Stružni noži z vpeto rezalno ploščico

Za vse rezalne ploščice, ki so iz keramike ali pa iz karbidne kovine, se uporabljajo posebna stružna orodja (držala). Na držalu je poseben sistem, ki pozicionira in vpelje rezalne ploščice. Ta sistem ima funkcijo omogočanja enostavnega obračanja rezalnih ploščic. Držala so po DIN 4984 deljena glede na osnovno obliko rezalne ploščice (trikotnik, kvadrat, romb itd.) ter tudi po njihovi geometrični razporeditvi in po tem, kaj bomo z nožem odrezovali. Rezalne ploščice so najpogostejše pri sodobnih obdelovalnih procesih, saj nam omogočajo izredno hitre in natančne reze. So izredno trpežne in odporne proti visoki temperaturi. Ploščice so tudi relativno poceni in se jih da izredno hitro zamenjati. Dobiti pa se jih da tudi za obdelavo različnih materialov. Sam v proizvodnji večino časa uporabljam prav nože z vpeto rezalno ploščico. (Radial Rotary Method, 2008)



Slika 11: Stružni noži z vpeto rezalno ploščico

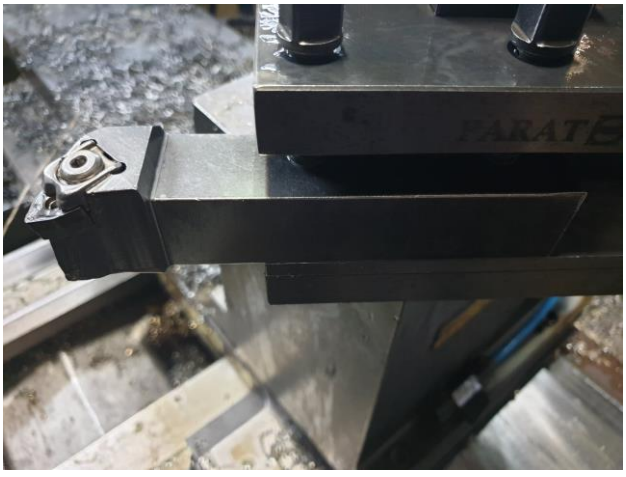
Vir: (Lasten vir)

3.2.3 Uporabljeni stružni noži

Za celoten proces izdelave vrvnega bobna potrebujem tri orodja. Vsako orodje ima svoje specifične lastnosti in oblike:

- Zunanji stružni nož z vpeto rezalno ploščico

  Je izredno močno orodje, ki zdrži izredne obremenitve. Ploščica je z vijakom pritrjena na držalo, to pa je vstavljeno v primež, ki ga vstavimo v stroj. Zaradi vijakov lahko to ploščico hitro zamenjamo ali pa obrnemo, saj je na eni ploščici kar šest uporabnih rezalnih konic, s katerimi lahko odrezujemo material. S tem tipom stružnega noža obdelujem vse zunanje premere in dolžine v postopku predobdelave vrvnega bobna.



Slika 12: Zunanji stružni nož

Vir: (Lasten vir)

- Notranji stružni nož z vpeto rezalno ploščico

Notranji stružni nož je zelo podoben zunanjemu, na njem lahko uporabljamo tudi enake rezalne ploščice. Edina razlika med tema nožema je, da je ta nož namenjen obdelavi notranjih premerov na obdelovancu. Ta nož prav tako uporabljam pri predobdelavi vrvnega bobna. Nož skupaj s ploščico je dolg 300 mm, vendar je njegova maksimalna učinkovita globina rezanja nekje 250 mm, kajti upoštevati še moramo vpetje orodja v držalo. Z zmanjšanjem dolžine prijema orodja, ki ga drži držalo, se pojavljajo tudi druge težave, kot so vibracije, nenatančnost, slaba kakovost površine.



Slika 13: Notranji stružni nož

Vir: (Lasten vir)

- Čelni stružni nož z vpeto okroglo stružno ploščico

Čelni stružni nož nam omogoča vpetje dveh različnih stružnih ploščic: ploščice z ravno površino in ploščice z okroglo površino, kot je prikazano na sliki. Ti ploščici imata le dve rezalni konici, s katerima lahko stružimo. Namen tega stružnega noža je predvsem izdelava raznih utorov, zunanjih in notranjih (ob ustreznem držalu), odrezovanje obdelovancev in tudi zunanje struženje. Z njim končno stružim zunanje premere vrvnega bobna in tudi sam navoj bobna.



Slika 14: Čelni stružni nož z vpeto stružno ploščico

Vir: (Lasten vir)

Vsa ta tri orodja imajo vpeto rezalno ploščico z vijakom. Stružne ploščice so sestavljene iz karbidne trdnine. Kot že omenjeno, so ploščice izredno trpežne, vendar je lom ploščic vseeno mogoč. Pogost je pri pred obdelavi v primeru, ko je bil material slabo odrezan (ovalno, ima zareze zaradi plazme), in pri struženju zvarov na obdelovancu. Zvari material otrdijo, poleg otrditve pa so prisotni še: slabo, prekomerno in ovalno varjenje. V teh primerih ploščico obrnemo šele, ko je zvar lepo okroglo postružen.

4 IZDELAVA VRVNEGA BOBNA

4.1 Predstavitev vrvnega bobna

Vrvni boben, ki ga izdelujem, je kompleksna zadeva, ki sestoji iz več delov in je ni možno izdelati iz enega samega velikega surovca. Ti deli so: zunanji boben, pokrov, zunanja ojačitev, sredinska puša in šest notranjih nosilcev. Na obodu bobna je vijačnica, v katero se kasneje navija jeklena vrv premera Ø 24 mm. Ti vrvni bobni se uporabljajo pri izdelavi industrijskih dvigal, katerih standardi predpisujejo dovoljena odstopanja.

Izdelava vrvnega bobna se sicer začne z razrezom materiala, material, ki je uporabljen, pa je strukturno jeklo z oznako S235. Sledijo še predobdelava, sestava, varjenje in končno struženje. Vsi segmenti imajo v mero že vštet dodatek za predobdelavo. Dodatek od končne mere je vedno nekje od 3 mm do 5 mm na zunanji polmer. Dodatek za dolžino obdelovanca pa znaša 4 mm. Vsi neobdelani segmenti imajo skupno težo približno 625 kg, končno obdelani vrvni kolut pa ima 320 kg. Bobni nato grejo v merilno kontrolo, po njej na barvanje in nato končno v montažo, kjer se vrvni boben namesti na dvigalo.



Slika 15: Prikaz končno obdelanega in še neobdelanega vrvnega bobna

Vir: (Lasten vir)

4.1.1 Standard za boben

Obratovalni razredi dvigal so določeni s standardom JUS M.D1.020. Oceni pa se glede na namen uporabe dvigala ali žerjava:

- 1. obratovalni razred: dvigala, ki obratujejo redko in s precej majhno obremenitvijo (žerjavi v energetskih obratih, ročna dvigala, žerjavi za skladišča);

- 2. obratovalni razred: dvigala in žerjavi za zmerno splošno uporabo v industrijskih obratih in skladiščih;
- 3. obratovalni razred: dvigala in žerjavi, ki se pogosto uporabljajo in so zelo obremenjeni (mostni žerjavi v raznih livarnah, valjarnah, jeklarnah). Pri izbiri obratovalnega razreda standarda JUS je treba upoštevati več različnih dejavnikov, ki bi lahko vplivali na izbiro, vendar v končni fazi obsega samo štiri razrede. Standard SIST – DIN 15020 pa upošteva manj dejavnikov, vendar so ti dejavniki bolj podrobni, zaradi česar je razredov (pogonskih skupin) devet.

ISO 16625:2013(E)

Ta mednarodni standard določa različne praktične dejavnike oblikovanja za različne klasifikacije mehanizmov, vrvi, dolžine vrvi in vrste tuljave ter prikazuje, kako se uporabljajo pri določanju najmanjše sile loma žične vrvi. Določa izbirne dejavnike za bobne in snope za različne klasifikacije mehanizmov, vrste vrvi in vrvi ter pojasnjuje, kako se uporabljajo pri določanju najmanjših praktičnih premerov bobnov in snopov, ki delujejo v povezavi z izbrano žično vrvjo.

Standardi za žične vrvi:

- ISO 2408, Jeklene žične vrvi za splošne namene – Minimalne zahteve;
- ISO 4309, Žerjavi – Žične vrvi – Nega in vzdrževanje, pregled in zavrženje;
- ISO 10425, Jeklene žične vrvi za industrijo nafte in zemeljskega plina – Minimalne zahteve in pogoji za sprejem;
- ISO 17893, Vrvi iz jeklene žice – besedišče, poimenovanje in razvrstitev.

Izbira vrvi

Vrsta in konstrukcija izbrane žične vrvi morata ustrezati ISO 2408 ali ISO 10425. Najmanjša sila loma vrvi, Fmin, se izračuna po formuli:

$Fmin \geq S \times Zp$

Pri tem je za dvižne vrvi S največja napetost vrvi v kN, dobljena z upoštevanjem:

- nazivne delovne obremenitve naprave;
- mase bloka in/ali drugih dvižnih nastavkov;
- mehanske prednosti žita;

– učinkovitosti pritrditve (npr. učinkovitost ležaja);

– povečana sile v vrvi, ki je posledica naklona vrvi v zgornjem skrajnem položaju kljuke, če naklon glede na os bobna presega 22,5°.

Pri stacionarnih vrveh pa je S največja napetost vrvi v kN, dobljena z upoštevanjem statičnih in dinamičnih sil, in kjer je Zp najmanjši konstrukcijski dejavnik. V okoliščinah, ko se vrvi, odporne proti vrtenju, uporabljajo za dviganje masa masnega sklopa in drugih dvižnih nastavkov, izkoristka žleba pa ni treba upoštevati, je konstrukcijski dejavnik najmanj 5. Pri napravah s kavlji, kjer masa bremena ni vedno enakomerno porazdeljena med zapiralnimi in držalnimi vrvmi v celotnem ciklu, se vrednost S, ki se uporabi, določi na naslednji način:

a) če dvižni mehanizem samodejno zagotovi enako delitev obremenjenega dvigala med zapiralnimi in zadrževalnimi vrvmi in je vsaka razlika med obremenitvama vrvi omejena na kratko obdobje na koncu zapiranja ali na začetku odprtja:

   1) za zapiranje vrvi S = 66 % mase obremenjenega prijema, deljeno s številom zapiralnih vrvi;

   2) za držanje vrvi S = 66 % mase obremenjenega vrvi, deljeno s številom držalnih vrvi;

b) če dvižni mehanizem ne zagotavlja samodejne enake porazdelitve bremena med zapiralnimi in držalnimi vrvmi med dviganjem dvigala in je v praksi skoraj vsa obremenitev zapirala:

   1) za zapiranje vrvi, S = skupna masa obremenjenega prijema, deljena s številom zapiralnih vrvi;

   2) za držanje vrvi S = 66 % celotne mase naloženega prijema, deljeno s številom držalnih vrvi.

V postopku izbire žične vrvi za izpolnitev zahteve glede minimalne sile lahko pride do situacije, ko iz praktičnih razlogov (npr. razpoložljivost, velikosti) najmanjša sila loma presega zahtevano minimalno vrednost, kar vodi do višjega dejavnika od načrtovanega najnižjega. V takih primerih je treba pri izračunu premera snopov in bobnov uporabiti izbrani premer žice vrvi. Nazivni premer določene vrste vrvi, konstrukcije ali razreda, najmanjše sile loma, in če je primerno, razreda, določi proizvajalec vrvi.

Enoslojno navitje bobna

Kadar je tuljava na bobnu enoslojna, je izbira materiala za sito lahko kritična, saj je poslabšanje žične vrvi najverjetneje posledica utrujenosti pri upogibanju. Če so vsi snopi izdelani iz polimernega materiala ali imajo oblogo iz polimernega žleba, obstaja možnost, da se notranja poškodba zaradi utrujenosti materiala pri uporabi v glavnem ne opazi, razen če povečamo pogostost pregleda materiala oziroma vrv menjamo večkrat, kot bi bilo to potrebno po navodilih. Takšni ureditvi se je treba na splošno izogibati.

Večslojno navijanje

Če je tuljava na bobnu večslojna, je mogoče pričakovati, da bo okvara žične vrvi največja na tistih odsekih, ki sovpadajo s križnimi conami bobna, ne pa na tistih odsekih, ki preprosto tečejo skozi snope. V takih primerih se lahko uporabijo polimerni snopi ali snopi, ki imajo oblogo iz polimernega žleba, kot tudi jekleni snopi, a pod pogojem, da za izbrani material ne presežejo drugih lastnosti, kot so omejevalni radialni tlaki.

Izredni pogoji

Za izjemne pogoje, kot so ravnanje s staljeno kovino, zelo umazano in/ali jedko okolje:

a) se ne uporablja nobena razvrstitvena skupina, nižja od M5;

b) vrednost Zp se poveča za 25 %, do največ 9,0.

Vzdrževanje, pregled in zavrženje

Izbira vrvi, bobnov in snopov po tem mednarodnem standardu ne more sama zagotoviti varne uporabe vrvi za nedoločen čas. Pri bobnih in vrveh je treba upoštevati navodila proizvajalca o negi in vzdrževanju, pregledu in zavrženju. Za žične vrvi velja ISO 4309.

4.1.2 Napake stroja

Zaradi potrebe po izredni točnosti se je pogosto dogajalo, da se stroj sploh nisem ugašal. S tem se onemogoči napaka, ki se je pojavljala pri pošiljanju stroja v referenčno točko. Velikokrat sem opazil, da stroj, ki ga ponovno pošljem v referenčno točko, spreminja mero na obdelovancih. Zaradi tega sem se odločil narediti analizo napake. Stroj sem desetkrat poslal samo v referenčno točko, med vsakim pošiljanjem pa sem ga umerjal na vrh konjička, pri katerem je mera natančno Ø 170 mm. Povprečno odstopanje je kar 0,136 mm, kar je izredno veliko pri tako zahtevnem obdelovancu. Pri tej napaki lahko imajo svoj vpliv še zunanji dejavniki, kot so temperatura (na primer stroj se postavlja v referenco ob različnih časih, kar

vpliva na temperaturo), čistost stroja (umazanija na končnemu stikalu), okvarjeno ali manj občutljivo stikalo.

Tabela 1: Odstopanje mere v milimetrih pri strojnem hodu v referenčno točko

Število preizkusov	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	**Seštevek**	**Povprečno odstopanje**
Dobljeno odstopanje	0,14	0,17	0,09	0,2	0,15	0,16	0,1	0,08	0,12	0,15	1,36	0,136

Vir: (lasten vir)

4.1.3 Izboljšanje kakovosti

Izboljšanje kakovosti pri izdelavi vrvnega bobna je bilo nujno potrebno. V primerjavi s predhodnimi bobni je kupec zahteval precejšnjo natančnost. Poleg te natančnosti pa je bilo treba še poskrbeti za izgled vrvnega bobna. To v praksi pomeni, da se je moral poboljšati tudi vizualni izgled bobna (površina obdelave), ki je dal končnemu izdelku tudi sijoč videz. Ta sijoči videz se je dosegel z izmenjavo rabljene čelne ploščice z novo in manjšim povečanjem vrtljajev pri zadnjih delih obdelave. Površina je na videz postala lepo sijoča, na otip pa je bila precej gladka, brez kakršnihkoli zarez ali drugih nepravilnosti. Vendar je bila ta menjava ploščice med obdelavo vrvnega bobna pred novim načinom umerjanja orodja na stroju precej rizična. Rizična pa je bila zaradi nemožnosti sprotnega preverjanja mer in njihove zanesljivosti. Vrvni boben se izdeluje ciklično, kar pomeni, da se program, ki je napisan, postopoma zamika z osjo X, dokler ne pridemo do želene globine. To zamikanje nam omogoča, da lahko isti program uporabljamo za vijačnice različnih globin, vendar enakih drugih specifikacij (hod navoja in dolžine). Nov pristop, pri katerem se na neko fiksno točko (v našem primeru čeljustno glavo) umeri orodje. To točko se označi, mere iz zaslona pa se zapišejo. Tako lahko v primeru loma ploščice ali pa menjave le-te (v primeru kakovosti površine) preprosto zamenjamo in ponovno umerimo na dani točki na stroju. Ta novi pristop izredno pozitivno vpliva na potek izdelave in tudi končno kakovost. Pred uporabo te referenčne točke (ko še ni bilo potrebe po tako točni izdelavi) so imeli vrvni bobni precej večja medsebojna odstopanja, vse od 0,5 mm do 1 mm. A kot sem že navedel, takrat ta odstopanja niso nikakor vplivala na končni izdelek. Vendar pa bi bilo to odstopanje v sedanjem primeru preveliko. S to novo tehniko, ki se je uporabila, se je točnost izdelave poboljšala, v merilnici, kjer se potem bobna končno izmerita, pa je bila razlika manj kot 0,1 mm, kar je v dovoljenem odstopanju. Ta pristop, kot sem že omenil, ne vpliva samo na natančnost, temveč tudi na kakovost površine in sam čas izdelave vijačnice. V primeru, da je

globina vijačnice 4 mm, to globino porazdelimo z 0,5 mm, kar nam pove, da bi morala biti vijačnica gotova nekje v devetih ciklih. En cikel predstavlja en zamik programa za 0,5 mm v globino, plus končni fini spust – če upoštevamo, da cikel programa potrebuje nekje od 20 minut pa vse do 40 minut (pri tem je veliko odvisno od hoda navoja, dolžine obdelovanca in premera). Za devet ciklov po 20 minut pa bi morala biti vijačnica na bobnu v idealnih razmerah gotova nekje v 180 minutah (3 urah). Seveda ima velik vpliv na ta čas tudi obdelovanec.

V primeru, da se pojavijo vibracije, se morajo zmanjšati vrtljaji ali pa se morajo ti cikli še bolj porazdeliti. V primeru 0,25 mm globine na cikel lahko to privede tudi do 18 ciklov za izdelavo enega bobna. V našem primeru bi to pomenilo 6 ur obdelave. Skupaj z merjenjem in sprotnim čiščenjem odrezkov je ta čas hitro dosegel 8–9 ur. Z izboljšavo pa se je obdelovalni čas skrajšal za nekje 30 minut, saj je postalo težavno merjenje nepotrebno. V primeru vibracij se je čas skrajšal tudi za 2 uri, kajti obdelovanec se je kljub vibracijam normalno izdeloval, to je po 0,5 mm na cikel. Zadnji milimeter se je ploščica zamenjala z novo, ta milimeter pa se je porazdelil na 0,25 mm na cikel. S tem se vibracije odpravijo, površina pa se poboljša. Skupni čas izdelave v primeru izboljšave je nekje 6 ur. Edini zanesljiv način, kako izboljšati oziroma obdržati natančnost in zanesljivost stroja, sta reden servis in redno čiščenje. V primeru manj rednih servisov se lahko zgodi, da določeni senzorji postanejo manj zanesljivi ali pa da ne odčitavajo več tako natančno. Ta primer je prikazan v tabeli 1, kjer je prikazana nezanesljivost končnih stikal stroja.

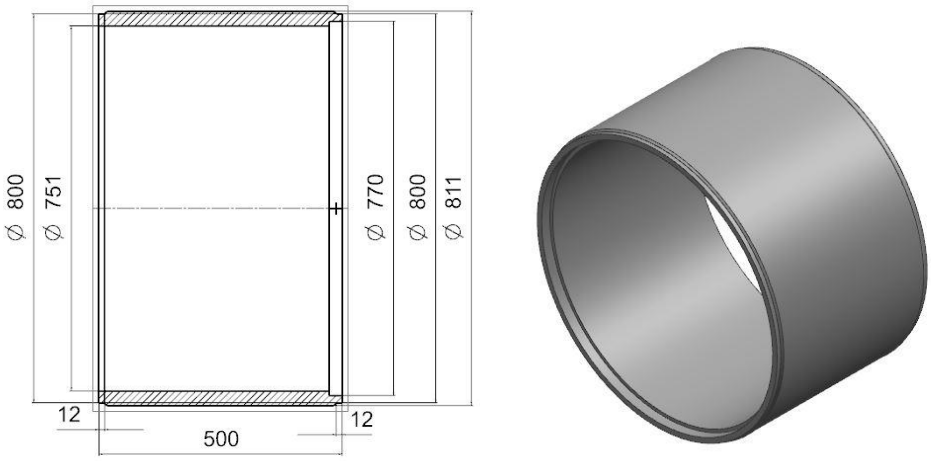
4.2 Predobdelava

Sledi predobdelave teh segmentov na tolerančne mere z dodatkom, saj še gredo po struženju na sestavo in varjenje. Čeprav je to samo predobdelava segmentov in so njihovi surovci, ki so prišli iz razreza, v večini primerov konični, zviti in ovalni, je pomembno, da se izdelajo kolikor se da točno, saj to zagotavlja boljšo sestavo teh elementov. V predobdelavi obdelam vse segmente na stružnici sam, razen notranjih nosilcev, ki niso okrogli.

4.2.1 Boben

Na sliki je prikazan boben, kakršen je po predobdelavi. Izdelava bobna je dokaj zahtevna, saj je stena tanka in se ob morebitnem pretiranem zategovanju čeljusti zvije. Za preprečitev zvijanja v sredino namestimo tudi stružni križ. To je četrti stranski križ, ki ga vstavimo v odprtino bobna vodoravno s čeljustmi, ima na vsaki izmed štirih strani vijak, ki ga nato pritegnemo v nasprotno smer čeljusti. Ti vijaki delujejo s silo v nasprotni smeri zategnjenih

čeljusti – tako onemogočimo pretirano zvijanje tankih okroglih obdelovancev. Čeprav mere v tem sklopu niso tolerančne, mere na obeh nasadih premera Ø 800 mm izdelujem v – 0,1 mm, mero Ø 770 mm pa v +0,1 mm. To kasneje izredno olajša sestavo koluta.

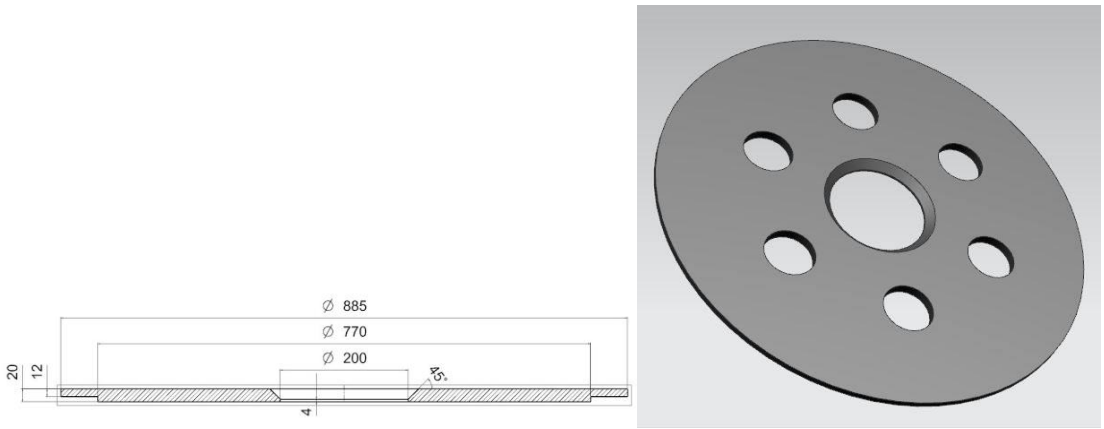


Slika 16: Boben v prerezu in 3D-obliki

Vir: (Lasten vir)

4.2.2 Stranica bobna

Tukaj pa se mera Ø 770 mm izdeluje v –0,1 mm. Tako dobimo ohlapni ujem med bobnom in pokrovom. Na njem naredimo v luknji veliko posnetje, ki kasneje služi za varjenje sredinske puše. Sam pokrov ima na površini še šest lukenj Ø 100 mm, porazdeljenih pod kotom 60°, kar zmanjša težo celotnega obdelovanca, vendar ne vpliva na njegove statične sposobnosti. Točno na sredini teh šestih lukenj (30° zamik glede na vsako luknjo) pa pridejo privarjeni notranji nosilci.

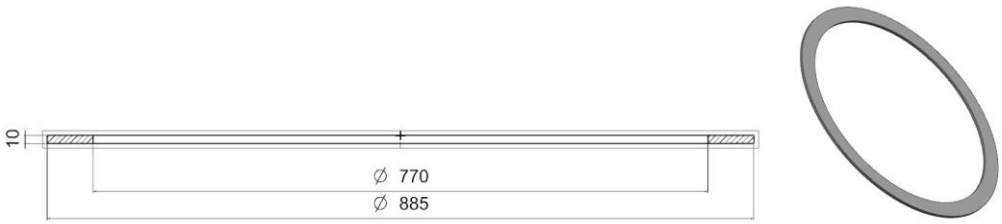


Slika 17: Pokrov v prerezu in 3D-obliki

Vir:(Lasten vir)

4.2.3 Zunanja ojačitev

Kakor na pokrovu je tudi notranji premer narejen v –0,1 mm zaradi lažjega nasada. Ker je ta obdelovanec izredno tanek in občutljiv na zvijanje, uporaba stružnega križa pa je v tem primeru nemogoča, ga pritegnemo čisto rahlo. Debelino obdelovanca naredimo na 11 mm, saj nam ta služi kot dodatek za končno obdelavo, ko je boben zvarjen. Ojačitev ima samo eno nalogo, to je, da ojača zunanji del bobna. Brez njega bi bil boben ovalen.

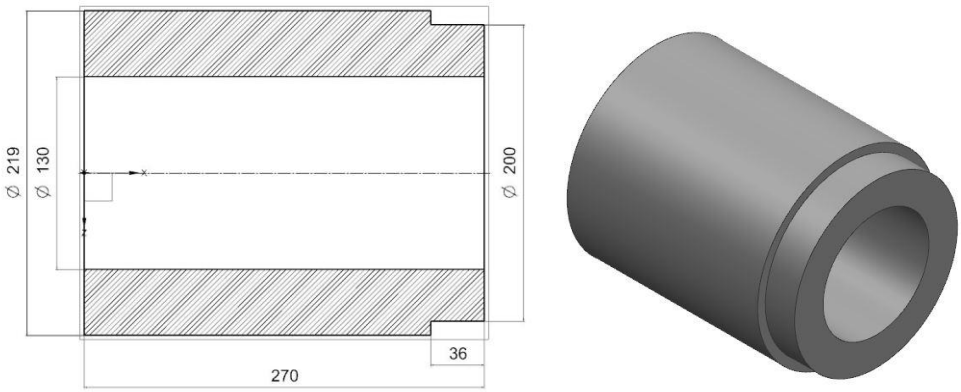


Slika 18: Ojačevalec v prerezu in 3D-obliki

Vir:(Lasten vir)

4.2.4 Sredinska puša

Najlažja za izdelavo je sredinska puša. Kot surovec prispe polni material z merami Ø 225 mm in dolžino 274 mm. Obdelovanec primemo s čeljustmi in mu obdelamo zunanje površine. Ker je obdelovanec poln, ga še moramo vrtati. To storimo s topovskim svedrom, ki nam omogoča vrtanje premera Ø 115 mm brez večjih težav. Ostanek mere do premera Ø 130 mm pa postružimo z notranjim stružnim nožem. Na premer Ø 200 mm pride privarjen pokrov, na katerega je privarjen boben. Šest notranjih nosilcev pa pride privarjenih na zunanji premer, premer sredinske puše Ø 219 mm in notranjo steno bobna. Ti nosilci so privarjeni tako na pokrov kot na notranjo stran bobna. Vsak izmed nosilcev je zamaknjen za 60°.

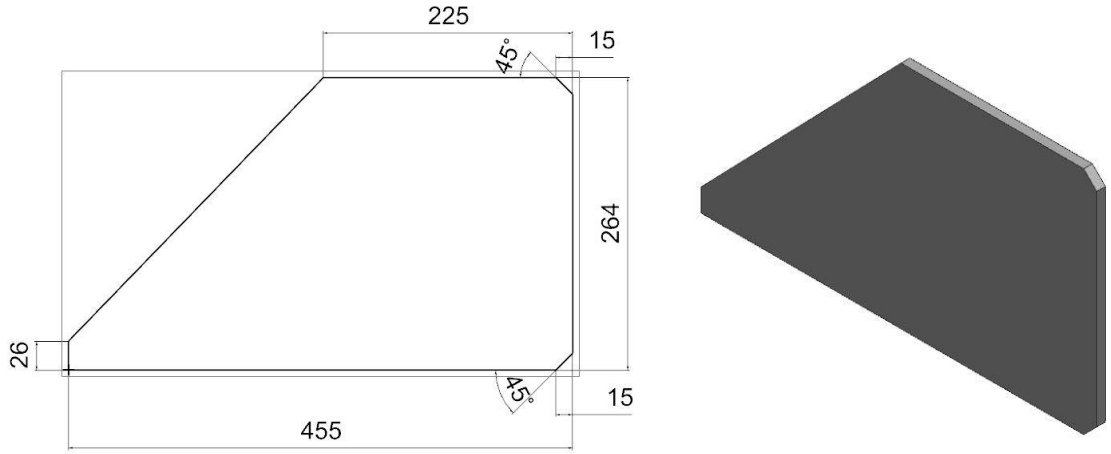


Slika 19: Sredinska puša v prerezu in 3D-obliki

Vir: (Lasten vir)

4.2.5 Notranji nosilci

Notranji nosilci služijo ojačanju strukture bobna in navojnega koluta. Zaradi ojačane strukture je končni proces struženja mnogo lažji, saj preprečuje zvijanje in tresenje. Ima pa še tudi naslednje pozitivne lastnosti: preprečuje izpad obdelovanca zaradi močnejšega vpetja čeljusti (kar poveča varnost na delovnem mestu), omogoča večje rezalne hitrosti (manjši obdelovalni čas). Ti notranji nosilci so končno odrezani že s plazemskim rezalnikom, tako da nadaljnja obdelava na stroju ni potrebna. Krajši del dolžine 225 mm pride privarjen na zunanjo površino sredinske puše (Ø 219 mm). Daljši del pride privarjen na notranjo steno bobna (Ø 751 mm). Stranski del dolžine 264 mm pa pride privarjen na stranico bobna. Velike faze na obeh robovih služijo lažjemu sestavljanju.



Slika 20: Notranji nosilci v prerezu in 3D-obliki

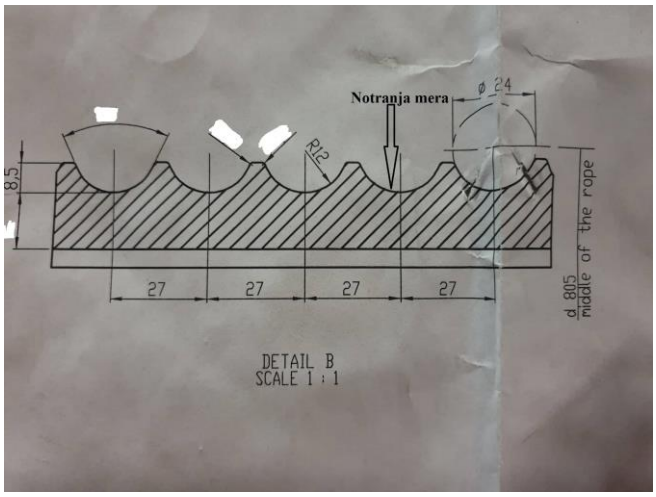
Vir: (Lasten vir)

4.3 Končna obdelava

Po končani predobdelavi, sestavljanju in varjenju pride končno struženje. Med obdelovanec in čeljusti vstavim distančnike. Stranico bobna, debelina katere je 12 mm, pa primem s čeljustmi. Zaradi izredno ojačane stranice lahko čeljusti močno zategnem. Čeljustna stružna glava ima štiri čeljusti, katere vsaka čeljust se zateguje posebej. S tem mi je omogočeno, da obdelovanec precizno centriram. Navojni kolut ima lahko dve vrsti navojev, in sicer levi ali desni navoj. Za izdelavo desnega navoja potrebujemo vrtenje v nasprotni smeri urinega kazalca, rezalno orodje (pri izdelavi vijačnice uporabljam okrogli čelni stružni nož Ø 6 mm) pa se more gibati proti stružni glavi (z desne proti levi). Izdelave levega navoja se lahko lotimo s preprostim zasukom orodja za 180° in spremenjeno smerjo vrtenja (v smeri urinega kazalca). Najboljše pri tem pa je, da lahko uporabimo enak program, s katerim smo izdelovali

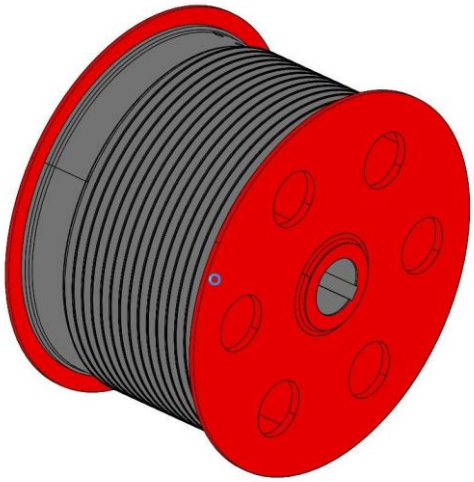
desni navoj. CNC-stružnica ima krmilje Siemens Sinumerik 828d, kar omogoča hitro pisanje ciklov. Programskih ciklov, ki izdelujejo vijačnico, je več zaporedoma, vsak izmed njih pa reže bolj globoko. Pred izboljšavo se je orodje umerjalo na obdelovanec, kar je bilo pri izdelavi samo enega vrvnega bobna tudi zadostno. Pri teh bobnih so bile pomembnejše mere navoja vijačnice, medtem ko se je hitrost vrtenja lahko spreminjala z elektromotorjem. V primeru sinhronega vrtenja dveh bobnov na enem elektromotorju pa ta način ni zadostoval. Tukaj je bilo pomembneje, da je bila globinska mera v vijačnici popolnoma enaka oziroma v toleranci do 0,1 mm od drugega bobna. Zato sem za umerjanje orodja izbral točko na stružni glavi (z orodjem se rahlo dotaknem stružne glave, da se ploščica ne poškoduje, pa uporabim papir, ki ga vstavim med ploščico in stružno glavo ter ga premikam, dokler ne začutim, da ga je nož zgrabil – meri, ki je zapisana na zaslonu, odštejem še 0,14 mm, ker vem, da je papir debel 0,07 mm, upoštevati pa je treba premer, ki se pomnoži z 2). Mero, ki sem jo dobil, si skrbno zapišem. S tem pridobim fiksno točko na stroju, ki je ne morem spreminjati. Ko delamo drugi boben, vsake toliko časa preverimo orodje (naredimo dotik s papirjem), da vidimo, ali je še umerjeno. To storimo tudi v primeru loma ploščice in drugih nevšečnosti, ki bi se lahko zgodile (izpad električne energije, okvara stroja itd.) V primeru, da se ta natančnost ne bi upoštevala, bi lahko nesinhrono vrtenje vijačnic povzročilo neenakomerno navijanje vrvi na boben. S tem bi ena vijačnica hitreje navijala ali odvijala od druge, vrv pa bi se lahko zapletla. V primeru, da bi se to ponavljalo dlje časa, bi se vrv na eni vijačnici obrabila hitreje kot na drugi (tudi če ima vrv predpisan daljši čas uporabe). To lahko privede do pretrganja vrvi in hude delavne nesreče, kasneje pa tudi tožbe.

Na sliki je prikazana kotirana vijačnica, ki jo izdelam. Po njej se navija in odvija vrv. Zaradi varstva podatkov je nekaj mer izbrisanih. Pri končni obdelavi in končnem preverjanju obdelovanca uporabljam oblikovna merila. Ker vem, da mora v vijačnico sesti vrv premera Ø 24 mm, sem si postružil manjši kos železa, kot je razvidno na sliki 23. Ta kos železa služi kot oblikovni kaliber. Z njim preverim, kako se bo vrv prilagajala vijačnici.



Slika 21: Kotirana vijačnica

Vir: (Podjetje Kostroj strojegradnja, d. o. o.)



Slika 22: Končno izdelan vrvni boben

Vir: (Lasten vir)

Obliko vijačnice preverim z lastno izdelanim oblikovnim kalibrom. Postružil sem si kos železa na predpisano mero vrvi, ki znaša Ø 24 mm. Ta kaliber med celotnim procesom izdelave vrvnega bobna uporablja in preverja obliko vijačnice. Ko je vijačnica končno obdelana, preverimo količino svetlobe, ki uide spodaj med kalibrom in obdelovancem, manj svetlobe uide skozi med tema dvema deloma, boljši sta kakovost in točnost vijačnice. Čisto na koncu še s finim brusnim papirjem pobrusimo celotno vijačnico, še posebej vrhnje dele vijačnice – tako dobimo lepo svetlečo površino, brez hrapavosti.



Slika 23: Prikaz oblikovnega kalibra na vijačnici

Vir: (Lasten vir)

5 SKLEP

V sodobnem času si proizvodnje brez CNC-strojev skoraj ne moremo predstavljati. Industrija in tehnologija se hitro razvijata, prav tako nova merilna orodja in merilne tehnike. Skupaj z že vpeljanimi tehnikami in standardi so velikokrat določene obdelave in zahteve obdelovancev že skorajda samoumevne. Kljub temu se včasih še srečujemo z različnimi izzivi, kot so zahtevne oblike obdelovanca, izredno majhne tolerance, nove vrste materiala – še posebej v obratih, kjer se izdelujejo individualni izdelki in ni serijske proizvodnje. Takrat je treba poiskati nove pristope ter načine kontrole in obdelave, ki zahtevajo mišljenje zunaj nekih že predpostavljenih postopkov obdelave in načinov merjenja. V mojem primeru sta bila to vrvna bobna, ki imata na sredini vijačnico. S predstavitvijo dveh bobnov, ki sta morala imeti enak notranji premer vijačnice, se je zahtevnost izdelave izredno dvignila. Do tistega trenutka so vsi vrvni bobni bili izdelani individualno, kajti vsak vrvni boben je prišel pritrjen na svoj električni motor, ki ga je nato poganjal. Čeprav v tem primeru bobna ne bi imela enakih mer, bi se lahko obodna hitrost, ki je izredno pomembna, v našem primeru regulirala s faznim regulatorjem, na katerem se je nastavila hitrost vrtenja elektromotorja, s tem pa tudi obodna hitrost. V našem primeru, če bobna ne bi imela enake notranje mere, bi lahko prišlo do manjših težav, kot so: zatikanje vrvi, rahlo preskakovanje, rahlo vlečenje na stran. V najhujših primerih pa bi predstavljala tudi smrtno nevarnost v primeru trganja vrvi. Zaradi tega je bila odgovornost še toliko večja. Edino merilno orodje, s katerim sem lahko meril zunanji premer, je bilo klasično pomično merilo, ki pa ni bilo dovolj natančno, zato sem moral najti nov način, s katerim bi lahko dobesedno »kopiral« drugi obdelovanec od prvega. Z dejstvom, da višina vijačnice ni bila tako pomembna kot središčna globina, sem prišel na idejo, da si lahko z orodjem, ki izdeluje vijačnico po končani prvi vijačnici, naredim fiksno referenčno točko, tako da orodje umerim v stružno glavo. To mero si nato zapišem in vedno izhajam iz te mere. Ta tehnika je neverjetno olajšala delo. Tudi če bi se obdelovalna ploščica izrabila ali zlomila, bi jo preprosto zamenjal, se z orodjem dotaknil točke, ki sem si jo izbral in umeril orodje. To mi je omogočilo, da sem lahko blizu konca izdelave vijačnice ploščico obrnil in jo preprosto preveril, če je še v redu. S tem sem pridobil tudi na kakovosti površine, saj mi je to omogočalo izmenjavo že iztrošenega dela ploščice. Pri končanem postopku obdelave so se vse mere izmerile, tudi globina in oblika vijačnice, ki sta se tudi vizualno pregledali z oblikovnim kalibrom lastne izdelave, ki je predstavljal debelino jeklene vrvi, ki naj bi bila med montažo nameščena na vrvni boben. Ko je bilo vse preverjeno, sem v roke vzel še zelo fini brusni papir in z vklopljenimi vrtljaji na stružnici z rokami zbrusil oziroma spoliral

površino še vseh majhnih nepravilnosti, da je bil rezultat lepa, gladka in sijoča površina, ki zagotavlja nemoteno vrtenje jeklene vrvi po bobnu. Poleg vseh teh prednosti pa je ena najpomembnejša: zaradi lažjega preverjanja in brez velike skrbi v primeru loma ploščice se je čas obdelave skrajšal za več kot eno uro v primerjavi s predhodnim načinom obdelave vrvnega bobna, s čimer pa se je izredno izboljšala tudi produktivnost, ki sem jo dosegel v svoji izmeni. Sedaj ta postopek s sodelavcem uveljavljava še pri mnogih drugih projektih in obdelovancih, kjer je kontrola izrednega pomena, a je samo merjenje obdelovancev oteženo zaradi njihovih premerov ali oblik. S tem sem dokazal tezo, da je lahko včasih najpreprostejša stvar tudi najboljša.

Kljub veliko komplikacijam in preglavicam pred to preprosto rešitvijo sem vesel, da sem jo izkusil. Mislim, da je včasih zanimivo malce razmisliti, razviti in preizkusiti kakšne nove stvari oziroma tehnike obdelave in merjenja, še posebej, če na prvi pogled niso preveč enostavne. S tem pa sem pridobil tudi veliko lastnih izkušenj, ki mi bodo v prihodnje prišle zelo prav.

6 VIRI, LITERATURA

Ačko, B. (2011). *Proizvodni merilni sistemi: Skripta.* Maribor: Fakulteta za strojništvo.

Dobovišek, Ž., & Černej, A. (1981). *Tehniške meritve v strojništvu.* Maribor: Visoka tehniška šola Maribor.

Đorovic, A. (21. april 2008). *Učbenik za CNC tehnologijo – CNC stroji*. Pridobljeno iz Srednja tehniška šola Koper: http://www2.sts.si/arhiv/cncpro/cncstr.htm

Dunn, M., Ilic, A., & Hovey, D. (2008). *English for Mechanical Engineering Course Book.* Reading: Garnet Publishing Ltd.

Dunn, M., Ilic, A., & Howey, D. (2008). *English for Mechanical Engineering Course Book.* Reading: Garnet Publishing Ltd.

Godina, A. (2013). *Tehniške meritve – meritve dimenzij Praktikum.* Maribor: Fakulteta za strojništvo.

Hočevar, M. (januar 2009). *Tehnične meritve – predavanja.* Pridobljeno iz Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo: http://lab.fs.uni-lj.si/lvts/datoteke/tehnicne%20meritve%20predavanja.pdf

Pahole, I., & Balič, J. (2003). *Obdelovalni stroji: univerzitetni učbenik.* Maribor: Fakulteta za strojništvo.

Pahole, I., & Ficko, M. (2004). *Programiranje numerično krmiljenje strojev – struženje.* Maribor: Fakulteta za strojništvo.

Pahole, I., Ficko, M., & Balič, J. (2014). *Programiranje numerično krmiljenje strojev – struženje.* Maribor: Fakulteta za strojništvo.

Radial Rotary Method. (26. februar 2008). Pridobljeno iz Iscar - Member IMC group: https://www.iscar.com/newarticles.aspx/CountryId/1/newarticleid/1834

Šolski center Novo mesto – Višja strokovna šola. (2019). *Struženje*. Pridobljeno iz Šolski center Novo mesto – Višja strokovna šola: http://egradivo.ecnm.si/ODR/struenje.html