



SREDNJA LESARSKA IN GOZDARSKA ŠOLA MARIBOR

IZDELAVA BOBNOV IZ MASIVNEGA LESA S CNC TEHNOLOGIJO ALI KAKO DRUGAČE?

Raziskovalno področje: Tehnika ali tehnologija

Raziskovalna naloga

Mentor:

Vladimir Stegne (univ.dilpl.inž.les.)

Avtor:

Miha Golob
Niko Horvat

Maribor, 2021

ZAHVALA

Zahvala gre podjetju M-VITA, d. o. o., ki nam je priskrbelo potreben material in omogočilo uporabo njihovih strojev in orodij. Prav tako se zahvaljujemo mentorju za pregled naloge.

Kazalo vsebine

1 UVOD	1
2 TEORETIČNI DEL	2
2.1 Mali boben	2
2.2 Sestavni deli bobna	2
2.3 Okovje bobna.....	2
2.3.1 Napetostne palice (<i>drum lugs</i>)	4
2.3.2 Obroči (<i>drum hoops</i>).....	4
2.3.3 Mrežica (<i>snare wire</i>)	5
2.3.4 Napenjalec mrežice (<i>snare strainer</i>)	5
2.4 Ogrodje bobna (<i>drum shell</i>)	5
2.4.1 Lesni materiali in drevesne vrste za izdelavo ogrodij.....	6
2.5 Kaj so CNC stroji?	7
2.5.1 Zgodovina CNC strojev.....	8
2.5.2 CNC tehnologija danes.....	8
2.6 Lesnoobdelovalni CNC stroji	9
2.6.1 V praktičnem delu uporabljen CNC stroj	10
2.7 Teorija izdelave ogrodja.....	11
2.7.1 Izdelava segmentov in lepljenje	11
2.7.2 Zaokroževanje ogrodja	11
3 EMPIRIČNI DEL	14
3.1 Raziskovalna vprašanja.....	14
3.2 Metode raziskovalnega dela	15
4 PRAKTIČNI DEL	17
4.1 Priprava obodov.....	17
4.1.1 Ogrodje iz furnirne plošče – kot, rezan s pomočjo formatne žage	17
4.1.2 Boben iz smrekovega lesa – kot, rezan s pomočjo rezkarja	19
4.2 CNC obdelava ogrodja	21
4.3 Obdelava ogrodja s pomočjo pripomočkov	24
4.3.1 Izdelava pripomočka za zunanjo obdelavo	25
4.3.2 Izdelava pripomočka za notranjo obdelavo.....	27
4.3.3 Obdelava ogrodja	27

4.4 Vrtanje lukenj za pritrditev okovja in rezkanje robov	30
4.5 Površinska obdelava in okovanje.....	31
5 REZULTATI IN OCENITEV RAZISKOVALNIH VPRAŠANJ.....	32
5.1 Analiza, opombe in predlogi	33
5.1 Družbena odgovornost	34
6 ZAKLJUČEK.....	35
7 VIRI IN LITERATURA.....	36
7.1 Literatura	36
7.2 Slikovni viri.....	37

Kazalo slik

Slika 1: Bobnarski set..	2
Slika 2: Okovje malega bobna..	3
Slika 3: Napetostne palice..	4
Slika 4: Obroč.....	5
Slika 5: Osnovni koordinatni sistem CNC strojev..	7
Slika 6: Uporaba CNC tehnologije v kovinoobdelovalni industriji.	9
Slika 7: Vrtalna enota na lesnoobdelovalnem CNC stroju.....	10
Slika 8: Zunanja obdelava ogrodja.....	12
Slika 9: Notranja obdelava ogrodja.	12
Slika 10: Furnirna plošča, uporabljena za izdelavo oboda.	17
Slika 11: Segmenti, narezani na končne dimenzije.....	18
Slika 12: Segmenti, razporejeni in zalepljeni v plašč.....	18
Slika 13: Zalepljen obod..	19
Slika 14: Debelinjenje trakov na enako širino..	20
Slika 15: Rezkanje kotov na trakovih z rezkarjem.....	20
Slika 16: Pritrditev vpenjalne plošče za obdelavo s CNC strojem.	21
Slika 17: Obod po prvi fazi obdelave s CNC strojem.....	22
Slika 18: Obod vpet pred drugo fazo obdelave s CNC strojem.	23
Slika 19: Vrtanje lukenj za okovje s CNC strojem.	23
Slika 20: Neusklajenost polovic pri obdelavi s CNC strojem..	24
Slika 21: Izrezana kroga za pomoč pri pritrditvi.....	25
Slika 22: Steber z nastavljivo višino.....	26
Slika 23: Obdelava zunanje površine.....	29
Slika 24: Obdelava notranje površine.	30
Slika 25: Plašč, ki smo ga uporabili kot pripomoček..	31
Slika 26: Končan mali boben iz orehovega lesa.....	35

Povzetek

V raziskovalni nalogi predstavimo dva različna postopka izdelave malega bobna. Opišemo ju tako v teoriji kot tudi v praktičnem delu. Mali boben je boben, ki ga lahko igramo samostojno, običajno pa je del bobnarskega kompleta.

Na kratko predstavimo teorijo o bobnu, nato pa se posvetimo teoriji izdelave bobna oz. lesenega ogrodja. Prvi način izdelave je z uporabo CNC tehnologije, drugi pa z uporabo pripomočkov, ki nam služijo pri obdelavi z ročnimi stroji.

V nadaljevanju začnemo z izdelovanjem obodov in potrebnih pripomočkov. Že med izdelavo pridemo do mnogih spoznanj in žal tudi težav. Le-te pa poskusimo tudi rešiti.

Ugotovimo, da kljub visokim pričakovanjem CNC tehnologija v danem primeru ni primerna za izdelavo takšnega bobna. V primeru uporabe doma izdelanih pripomočkov pa je izdelava razmeroma preprosta in natančna. Skozi celoten praktični del opisujemo tudi izdelavo in delovne procese.

Abstract

In our research we will introduce two different ways of making a snare drum. We will describe them in theory and then test them in practice. A snare is a small drum which is usually a part of a drum set but can also be played on individually.

We will shortly present some theory about a snare drum and then describe our plan for making its shell with the CNC machine and a more common and known way – using power hand tools.

In the continuation we will be making shells, needed jigs and testing our methods. We stumble upon many problems along the way, which we attempt to solve creatively.

Despite our high expectations from the CNC machine we discover that it is not the most effective way of making the shell of this kind. On the other hand we discover the common method, the use of jigs and power hand tools, to be accurate, effective and most importantly – simple. We describe our process of creation through the practical part of the research.

1 UVOD

V raziskovalni nalogi bomo predstavili izdelavo bobna, imenovanega mali boben, na dva zelo različna načina. Zanima nas domača izdelava glasbila. Predvsem nas zanima, kako zahtevna je izdelava takšnega izdelka ter kakšno znanje je za to potrebno. Poskusili bomo poiskati in uporabiti čim več različnih načinov izdelave in jih med seboj primerjati.

Vse te izzive in vprašanja bomo poskušali ugotoviti s to raziskovalno nalogo. Najprej bomo pregledali teorijo o tem, kar je o sami izdelavi glasbila že znanega in poskušali posamezne načine izdelave optimizirati. Opisali bomo teorijo o materialih, ki se za izdelavo uporabljajo. Ker je naloga v okviru lesarstva, se bomo tako pri teoriji kot pri praktičnem delu posvetili lesnim materialom.

V praktičnem delu bomo opisali izdelavo glasbila in natančno predstavili izbrane načine izdelave. V celotno nalogo bomo poskusili vključiti CNC tehnologijo in jo tudi preizkusiti kot enega možnih načinov izdelave. Opisali bomo vsa dognanja in izzive, ki jih ni malo.

Povzeli bomo vsa dognanja in ugotovitve, jih strnili in primerjali različne postopke izdelave glede na kakovost in natančnost izdelave. Seveda bomo predstavili tudi končne izdelke.

Na podlagi temeljnih vprašanj, ki smo si jih zadajali, smo zapisali naslednja raziskovalna vprašanja:

1. Ali je že znane načine izdelave malega bobna možno izboljšati ali optimizirati?
2. Ali je izdelava mogoča s pomočjo CNC tehnologije?
3. Ali je izdelava s pomočjo CNC tehnologije primerljiva z ostalimi metodami?
4. Ali je domača izdelava glasbila lahko poslovna priložnost?

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Mali boben

Mali boben (angl. *snare*) je sestavni del bobnarskega seta, imenovanega tudi baterija. Klasičen set je sestavljen iz malega bobna, prehodnih tomov, bas bobna in činel. Mali boben poleg bas bobna in »*hi-hata*« sestavlja ključni del kompleta. Tako je mali boben zelo pomemben in ključen del bobnarskega kompleta. ("Boben," 2020)



Slika 1: Bobnarski set. (Slikovni viri: Slika 1).

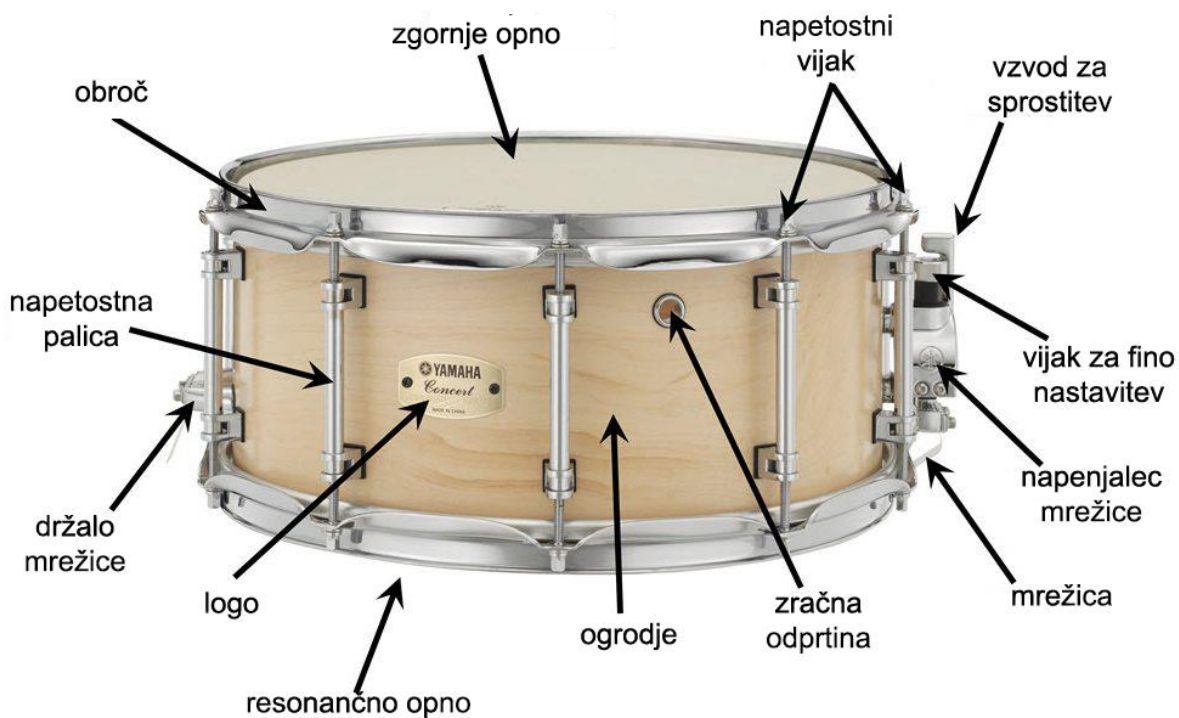
2.2 Sestavni deli bobna

Boben ima značilno zgradbo in sestavne dele. Tudi kakovost bobna je odvisna od vsakega posameznega dela. Običajno je sestavljen iz lesenega ogrodja, dveh open in veliko okovja.

2.3 Okovje bobna

Okovje, ki sestavlja mali boben, poimenujemo tudi hardver. Tudi okovje je zelo velik dejavnik, ki vpliva na končno kakovost in raznolikost med bobni. Je razmeroma drago in navadno je prav okovje največji finančni zalogaj pri izdelavi bobnov. Lahko je zelo različnega videza: različnih barv, sloga, sijaja in velikosti. Poleg slovenskega

poimenovanja smo napisali tudi angleške izraze, saj slovenska imena okovja niso dobro poznana. Navajamo imena po viru; ("Anatomija malega bobna," 2018).



Slika 2: Okovje malega bobna. (Slikovni viri: Slika 2).

2.3.1 Napetostne palice (*drum lugs*)

Napetostne palice so tisti deli, ki so pritrjeni na leseno ogrodje, da lahko s pomočjo vijakov, ki so privijačeni v napetostne palice, napenjamo opno. To pomeni, da morajo biti napetostne palice kakovostne, da lahko vzdržijo obremenitve, in tudi dobro pritrjene na ogrodje. Poznamo dvojne, ki povezujejo zgornjo in spodnjo opno (z dvema vijakoma), in enojne, ki povezujejo samo en vijak.



Slika 3: Napetostne palice. (Slikovni viri: Slika 3).

2.3.2 Obroči (*drum hoops*)

Obroč je tisti del bobna, ki napenja opno. Le-tega s pomočjo vijakov, ki so priviti v napetostne palice, pomikamo proti sredini bobna, kar napenja opno. Obroči morajo biti izdelani zelo kakovostno, da lahko enakomerno napenjamo opno, kar povzroči dober zvok. Poznamo več vrst obročev, od navadnih pa do takih, ki ohranjajo bobnarske palčke pred obrabo. Največji razliki med obroči sta premer in število vijakov, s katerimi je pritrjen.



Slika 4: Obroč. (Slikovni viri: Slika 4).

2.3.3 Mrežica (*snare wire*)

Mrežica je tisto, kar dela mali boben nekaj posebnega v primerjavi z ostalimi bobni. Z mrežico bobnu dodamo značilen zvok. Pritrjena je na spodnji strani bobna in pritiska ob spodnjo resonančno opno. Mrežice ločimo po kakovosti, dolžini in številu žic, iz katerih so izdelane.

2.3.4 Napenjalec mrežice (*snare strainer*)

Napenjalec mrežice je del, ki ga najdemo le pri malem bobnu. Njegova naloga je napenjanje mrežice, ki je na spodnjem delu bobna. Napenjalci imajo navadno tudi vzvod, s katerim lahko mrežico odmaknemo od opna in tako dobimo željen zvok brez mrežice. Nekateri bobni imajo tudi vijak za fino nastavitve mrežice in druge posebne funkcije. Torej na eni strani mrežico drži napenjalec, na drugi strani pa držalo mrežice.

2.4 Ogradje bobna (*drum shell*)

Ogradje bobna je zelo pomemben del vsakega bobna. Ogradje je tisti del, kjer se začne zvok, ko udarimo na opno, ne glede na to, ali je ogradje leseno, plastično ali kovinsko. Vse pri izdelavi ogradja vpliva na zvok, ki ga proizvede boben. (Azzarto, 2011)

Iz tega lahko sklepamo, da je sama izdelava ogradja za bobne zelo pomemben dejavnik pri končni kakovosti zvoka, ki ga boben proizvede. Torej mora biti izdelava ogradja kar se da natančna in dobro premišljena. Vsekakor pa to ni dovolj, če ne izberemo pravilnega materiala za izdelavo ogradja.

2.4.1 Lesni materiali in drevesne vrste za izdelavo ogrodij

Kot piše v zgornjem poglavju, poznamo veliko materialov za izdelavo ogrodij. Od lesa, plastičnih materialov do kovinskih ogrodij. Spodaj bomo zapisali le lesne materiale, polizdelke ter primerne drevesne vrste za izdelavo ogrodij.

Naj kot zanimivost zapišemo še to, da poznamo tudi ogrodja, ki so kombinirana na primer iz lesnih in kovinskih materialov. Tako zasnovanemu ogrodju rečemo hibridno ogrodje. ("Shell Materials," b. d.)

Najpogostejše drevesne vrste, ki se uporabljajo za izdelavo klasičnih bobnov, so:

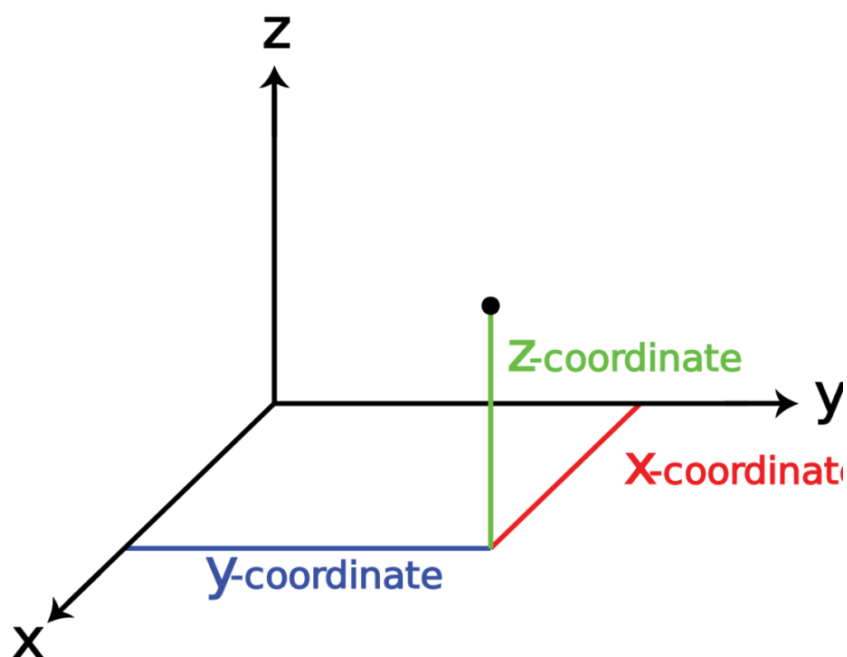
- breza,
- javor,
- mahagoni,
- oreh,
- hrast,
- bukev,
- češnja,
- jesen,
- druge eksotične drevesne vrste. (Ritz, 2014)

V proizvodnji se navadno proces začne s polizdelki. Običajno gre za ogrodja, ki so grajena kot vezana furnirna plošča. Proizvajalci uporabljajo furnirne liste, ki jih oblikujejo v želeno obliko in med sloji furnirja nanesejo lepilo. Nekateri uporabljajo že temu namenjene furnirne plošče – plošče za krivljenje.

V našem primeru gre za polizdelek – žagan les želene drevesne vrste.

2.5 Kaj so CNC stroji?

Kratica CNC v angleščini pomeni *Computer Numerical Control*, kar prevedemo v slovenščino kot *računalniško numerično krmiljenje*. CNC stroji so računalniško vodeni roboti, ki opravijo neko operacijo. V proizvodnjah najpogostejše srečujemo CNC obdelovalne stroje, ki z dodajanjem ali odvzemanjem materiala naredijo določen izdelek. Ti stroji najpogostejše delujejo na principu koordinatnega sistema s tremi osmi (X, Y in Z), s pomočjo katerih se stroj orientira v območju gibanja. (Deans, 2018)



Slika 5: Osnovni koordinatni sistem CNC strojev. (Slikovni viri: Slika 5).

Veliko CNC strojev pa ima tudi 4, 5 ali celo 9 osi. Te dodatne osi so v veliko pomoč pri proizvodnji kompleksnih izdelkov, saj se lahko orodja pomikajo pod sicer nedosegljivimi koti in obdelajo izdelek z vseh strani.

2.5.1 Zgodovina CNC strojev

Pred izumom računalnika smo poznali NC stroje, ki so bili prav tako vodeni, a ne računalniško. Prvi NC stroj se je pojavil okoli leta 1942, izdelalo pa ga je podjetje Parsons Corporation v Traverse City-ju, Michigan. Namenjen je bil izdelavi predlog za helikopterske krake. Ustanovitelj podjetja, John Parson, je razvil tehnologijo, ki je lahko izračunala koordinate in jih prenesla na luknjane kartice. Te je nato vstavil v švicarski vrtalni stroj, ki je kartice prebral in izvedel ukaze, ki so bili zapisani na kartici. ("CNC Machines," 2020)

Z razvojem računalniške tehnologije, ki je sledil v prihodnjih letih, se je razvijala tudi CNC tehnologija in stroji so začeli dobivati podobo, ki je veliko bolj podobna današnji. Luknjane kartice so nadomestili računalniški sistemi, ki so bili hitrejši in zanesljivejši. Stroji so postajali natančnejši, hitrejši in močnejši, da bi ugodili potrebam na trgu. ("CNC Machines," 2020)

2.5.2 CNC tehnologija danes

Danes je CNC tehnologija nepogrešljiva v mnogih industrijah, saj nudi potrebno natančnost, zmanjša čas in stroške proizvodnje. V tehničnem vidiku so stroji na vrhuncu po kakovosti, natančnosti in sposobnostih. Razvila se je tudi programska oprema, ki je sposobna vodenja 5 osi hkrati v izjemni natančnosti. Počasi prihaja tudi do pojava umetne inteligence, ki se skozi čas uči prilagajati procesu, ga optimizirati in skrajšati čas proizvodnje. ("Advantages of CNC Machining Over Traditional Machining," 2020)



Slika 6: Uporaba CNC tehnologije v kovinoobdelovalni industriji. (Slikovni viri: Slika 6).

2.6 Lesnoobdelovalni CNC stroji

V lesnoobdelovalni industriji so CNC stroji prilagojeni specifičnim zahtevam. Ker je les zelo mehek material, so potrebne večje rezalne hitrosti, kar zahteva močnejša vretena. Pogosto so CNC stroji uporabljeni za proizvodnjo pohištva, za katero je potrebnega veliko vrtanja za vezne elemente in okovje. V ta namen je mnogo CNC strojev opremljenih tudi z vrtnimi enotami, ki imajo posebno vreteno in so namenjene vrtanju z najrazličnejšimi svedri. ("CNC Routers: HOLZ-HER CNC Technology, Routers and Machining Centers for unlimited possibilities for panels, solid wood and composite material," 2020)



Slika 7: Vrtalna enota na lesnoobdelovalnem CNC stroju. (Slikovni viri: Slika 7).

2.6.1 V praktičnem delu uporabljen CNC stroj

Za naš izdelek bomo uporabili 5-osni CNC Pro-Master proizvajalca Holzher. Uvršča se med stroje višjega cenovnega razreda s prvovrstnimi sistemi. Stroj ima 12,5 kW glavno vreteno, ki je združljivo s HSK-F 63 sistemom vpenjanja orodja. Ima tudi vrtalno enoto s prostorom za 24 vrtalnih orodij, ki jo poganja 10 kW motor. Opremljen je tudi z avtomatskim menjalcem orodja, ki lahko nosi do 18 orodij in ima dodaten prostor za žago s premerom do 350 mm. Delovna miza deluje po sistemu vakuumskih prijemal, ki se po globini stroja nameščajo na konzole, ki so nastavljive po dolžini stroja. Za nameščanje le-teh ima stroj tudi dva laserja, ki pomagata pri natančni namestitvi prijemal. Stroj ima natančnost do 0,01 mm, za katero skrbijo motorji in pogonske enote Beckhoff. Za vodenje stroja skrbi Holzherjev programski komplet Campus v7. ("CNC machining center PRO-MASTER 7225: 5-axes - a new dimension in CNC wood machining," b. d.)

2.7 Teorija izdelave ogrodja

V naslednjih dveh poglavjih bomo opisali izdelavo ogrodja bobna v teoriji, torej kako smo si izdelavo predstavljali, preden smo se lotili dejanske izdelave.

Izdelavo bomo predstavili na dva različna načina. Drugi je nekoliko preprostejši in splošno razširjen, prvi pa predstavlja drugačen pristop, ki smo si ga zamislili sami. Le-ta opisuje izdelavo s pomočjo CNC tehnologije. Ker se oba postopka začneta na enak način, najprej opisujemo postopek, ki je enak obema pristopoma.

2.7.1 Izdelava segmentov in lepljenje

Pred izdelavo bomo najprej izdelali načrt in določili postopke. Pri načrtovanju bo treba upoštevati vse potrebne korake in razpoložljiva orodja, s katerimi bo mogoče izvesti postopek.

Za izdelavo bo najprej potreben načrt z vrisanimi segmenti z nadmero, na katerem bo možno izmeriti kot, ki bo potreben za odrez samih segmentov. Segmenti so sestavni deli neobdelanega oboda, v obliki enakokrakega trapeza, ki skupaj sestavljajo prizmo.

Odrez segmentov smo načrtovali s pomočjo krožne žage, pri kateri je možen nagib lista žage na točen kot. Torej bomo potrebovali žago, pri kateri je možno kot nastaviti elektronsko ali uporabiti druge posebne instrumente.

Odžagane segmente bo potrebno nato zlepiti v končno obliko kroga oz. večkotnika. Morda bo treba med lepljenjem segmente nekako fiksirati v končno obliko ali jih stiskati.

2.7.2 Zaokroževanje ogrodja

V tem delu bomo opisali, kako iz večkotnika, ki smo ga zlepili, dobimo obod valjaste oblike. Opisali bomo, kako zaokrožimo zunanjo in tudi notranjo stran ogrodja. Tukaj nastopi del, kjer se bosta procesa izdelave delila na dva dela. Prvi je splošni in drugi nekaj posebnega, z uporabo CNC tehnologije.

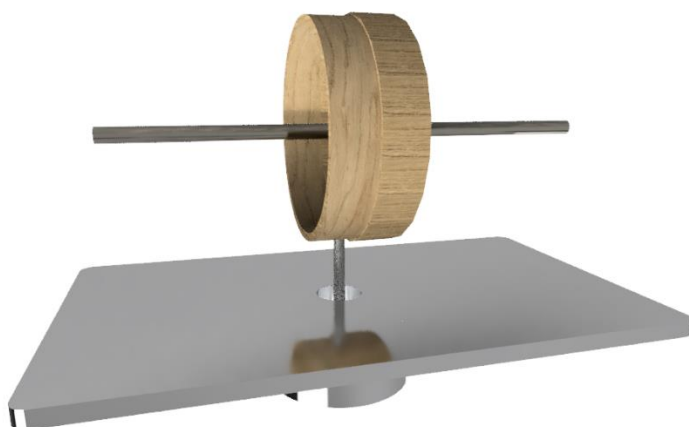
2.7.2.1 Zaokroževanje ogrodja po že znanem načinu

Pri tem načinu se je treba lotiti najprej zunanje strani. Lepljenemu ogrodju v obliki prizme bo potrebno dodati os, ki poteka skozi središče le-te.

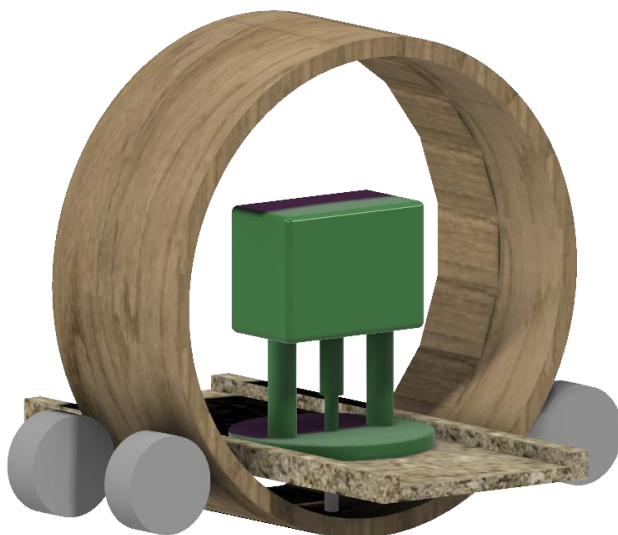
To bomo najverjetneje izvedli s pomočjo nekakšnih plošč, ki jih bomo izrezali v obliki osnovne ploskve prizme in ji določili sredino. Nato bomo dva takšna kroga fiksirali na osnovne ploskve prizme. Skozi središča krogov bomo napeljali gred. Nato bomo

dobljeno gred pritrdili na določeni višini. Pritrditi jo je potrebno tako, da se lahko prosto vrti ter pomika levo in desno. (Koko, b. d.)

Potem pod ali nad ogrodje pritrdimo rezkar ali nadrezkar s svedrom, ki mu lahko nastavljamo višino oziroma globino reza. Ko imamo vse pripravljeno, začnemo vrteti ogrodje nad svedrom in ga pomikamo levo in desno. S pomočjo dvigovanja svedra počnemo to tako dolgo, dokler ne dobimo želenega premera ogrodja oz. oboda.



Slika 8: Zunanja obdelava ogrodja. (Slikovni viri: Slika 8).



Slika 9: Notranja obdelava ogrodja. (Slikovni viri: Slika 9)

2.7.2.2 Zaokroževanje ogrodja s pomočjo CNC tehnologije

Pri obdelavi s CNC strojem pa bo prišlo do delitve obdelave po višini prizme. To bo potrebno zaradi pokončne postavitve prizme. Pokončna postavitve zahteva obdelavo od zgoraj, kar pa zahteva zelo dolgo orodje, ki ga nimamo na voljo, zato bomo obdelavo opravili v dveh fazah.

Prizmo bomo namestili na podstavek, ki bo v pomoč pri vpetju na delovno mizo. Pri tem bomo pazili, da se bo postavitve prizme skladala s pripravljenim programom.

Nato bo sledila obdelava zunanje in notranje strani. Tukaj se bo pojavila prej omenjena ovira, saj zaradi omejene dolžine orodja ne bo mogoča obdelava celotne višine prizme. To bomo rešili tako, da bomo obdelali zgornjo polovico prizme, nato pa jo obrnili in postopek ponovili z druge strani.

3 EMPIRIČNI DEL

Temo raziskovalne naloge – izdelavo malega bobna – smo si izbrali predvsem zaradi zanimanja o glasbilu in tudi zato, ker je sama izdelava nekaj posebnega, neobičajnega. Predvsem nas je zanimala izdelava ogrodja glasbila in optimizacija samega postopka izdelave. Ker imamo na voljo tudi CNC tehnologijo, smo se odločili preizkusiti izdelavo tudi s pomočjo le-te. Seveda pa nismo obšli niti ideje o poslovni priložnosti. Zanimale so nas cene takšnega izdelka na trgu in možnosti prodaje.

3.1 Raziskovalna vprašanja

Pred začetkom raziskovanja smo si zadali nekaj vprašanj, ki nam bodo koristila pri končnih raziskavah in ugotovitvah. Seveda smo si zadali takšna vprašanja, ki so nas resnično zanimala. Navedena raziskovalna vprašanja predstavljajo implicitne hipoteze.

1. Ali je že znane načine izdelave malega bobna možno izboljšati ali optimizirati?
2. Ali je izdelava mogoča s pomočjo CNC tehnologije?
3. Ali je izdelava s pomočjo CNC tehnologije primerljiva z ostalimi metodami?
4. Ali je domača izdelava glasbila lahko poslovna priložnost?

Pri prvem vprašanju nas zanima, ali je možno načine izdelave, ki so že poznani, optimizirati in izboljšati. Tukaj bo predvsem potreben dober pregled virov, ki opisujejo postopke. V mislih smo imeli predvsem zaokroževanje prizme in vrtanje lukenj za pritrditev okovja. Seveda pa ne izključujemo ostalih možnosti in idej, do katerih bomo gotovo prišli med izdelavo.

Drugo vprašanje ne potrebuje obširne obrazložitve. Zanima nas, ali je izdelava izdelka mogoča z uporabo CNC tehnologije in seveda v kakšni meri.

Pri tretjem vprašanju nas zanima, ali se bo izdelava s CNC tehnologijo lahko kosala z ostalimi postopki izdelave. V poštev pride skoraj vse: čas izdelave, natančnost, cenovne razlike, uporabnost ...

Pri zadnjem vprašanju bomo poskušali ugotoviti, ali je izdelava takšnih glasbil lahko poslovna priložnost. Vprašanje smo si zadali predvsem zato, ker smo pred raziskavo vedeli, da je takšen boben nekaj posebnega in cenjenega.

3.2 Metode raziskovalnega dela

Pri raziskovanju izbrane teme smo si pomagali z različnimi metodami:

- metodo dela z literaturo in viri,
- metodo obdelave podatkov in interpretacijo le-teh,
- metodo opazovanja in ugotavljanja,
- metodo preizkušanja in eksperimentiranja.

Pred začetkom raziskovanja smo imeli nekaj predznanja, tako da smo si že vnaprej zamislili potek raziskovanja in ključne postopke. Pred samo izdelavo smo pregledali že zapisano teorijo o ugotovitvah o bobnu in njegovi izdelavi. Večino podatkov smo našli na spletu, kjer so posamezni domači in profesionalni izdelovalci delili svoje izkušnje in znanja. Govorimo predvsem o izdelavi in postopkih izdelave. Bilo je veliko pregledovanja spletnih forumov, videoposnetkov in slik.

Tukaj je treba omeniti spletno stran <https://pdgood.us/>, kjer najdemo veliko zbranih podatkov in temeljnih odgovorov, vse od teorije do izdelave. Stran predlagamo vsakomur, ki bi se rad lotil izdelave bobnov. Prav tako je pri projektiranju in izdelavi v pomoč prišla stran <https://uniontownlabs.org/tools/stave/>, kjer nudijo »kalkulator«, v katerega vnesemo želene podatke (število segmentov, premer, debelina ...) in nam glede na vpisano poda vse informacije in izriše tloris bobna ter potrebne mere in kote. ("Drum builders manual," 2013; "The Uniontown Drum Co. Stave Calculator," 2019)

Pri prvem postopku izdelave smo se odločili združiti več idej z različnih virov in jih združiti še s prednostnimi lastnostmi. Tako upamo, da bo naša ideja pri izdelavi koristila še komu.

Pri postopku izdelave s CNC tehnologijo pa je bilo drugače, saj nismo našli veliko zapisanega o sami izdelavi. Tako da je šlo predvsem za predvidevanja, preizkušanja in opazovanja testnih primerkov.

Pri rezultatih in ugotovitvah smo poskušali opisati vsa dognanja, ki smo jih spoznali skozi teoretično in praktično raziskavo. Poskusili smo zapisati tudi vsa neuspela predvidevanja in jih opisati. Zapisali smo tudi predloge, ki bi jih ubrali pri nadaljnjem izdelovanju glasbila, in poskusili biti kritični do posameznih izbranih postopkov.

4 PRAKTIČNI DEL

4.1 Priprava obodov

Najprej bomo opisali, kako smo izdelali obode na različne načine in razlike med posameznimi postopki izdelave.

4.1.1 Ogrodje iz furnirne plošče – kot, rezan s pomočjo formatne žage

Za ta obod smo izbrali furnirno ploščo iz topolovega lesa debeline 20 mm. Plošča je bila dimenzij 500x830 mm in jo je bilo prvotno treba razrezati na trakove širine 56,6 mm s kotom 9° na obeh straneh. To smo storili na formatni krožni žagi proizvajalca Format4, ki ima računalniško voden nastavitev kota in širine odreza. Uporabili smo žagin list premera 300 mm z 48 zobmi, da bi dosegli kakovosten rez, primeren za lepljenje.



Slika 10: Furnirna plošča, uporabljena za izdelavo oboda. (Slikovni viri: Slika 10).

V sistem smo vnesli želene dimenzije in narezali trakove. Iz plošče smo dobili 4 trakove zelenih dimenzij. Preverili smo širino po celotni dolžini vsakega traku in ugotovili, da je prišlo do odstopanja širine vse do 1,2 mm. Trakove smo nato na isti žagi skrajšali še na zeleno dolžino. Iz vseh trakov smo tako dobili 24 segmentov zelenih dimenzij.



Slika 11: Segmenti, narezani na končne dimenzije. (Slikovni viri: Slika 11).

Sledilo je lepljenje. Na delovno mizo smo vpeli raven kos lesa, ki je služil poravnavi vseh segmentov v isto višino. 20 segmentov smo razporedili na mizo s širšimi stranmi navzgor in jih previdno stisnili skupaj, da so bili spoji zaprti. Nato smo z lepilnim trakom v dveh pasovih zlepili vse segmente v plašč.



Slika 12: Segmenti, razporejeni in zalepljeni v plašč. (Slikovni viri: Slika 12).

Tega smo nato obrnili in tako razkrili lepilno površino, na katero smo nanесли belo lepilo za les. Celoten plašč smo nato zložili in zaprli vse spoje, novo nastali obod pa še enkrat zlepili z lepilnim trakom. Obod smo postavili pokončno in pustili, da se lepilo posuši.



Slika 13: Zalepljen obod. (Slikovni viri: Slika 13).

4.1.2 Boben iz smrekovega lesa – kot, rezan s pomočjo rezkarja

Za drugi obod smo izbrali smrekov les. Na voljo smo imeli neobdelano desko dimenzij približno 3000x250x30 mm. Najprej smo jo na formatni krožni žagi po dolžini razrezali na 4 približno enako dolge kose. Uporabili smo žagin list premera 300 mm z malo zobmi, saj kakovost reza tokrat ni bila pomembna. Vse 4 kose smo nato na dveh straneh poravnali na poravnalnem skobeljnem stroju Proizvajalca Format4. Sledilo je debelinjenje na končno debelino segmentov. Material nam je tokrat dopuščal, da smo dosegli debelino segmentov 22 mm. Ko smo imeli vse kose ustrezno obdelane, smo se vrnili na formatno krožno žago, na katero smo namestili list premera 300 mm z več zobmi, saj smo tokrat potrebovali kakovosten rez. Narezali smo trakove širine 60 mm, ampak tokrat nismo rezali pod kotom 9°, saj smo želeli preizkusiti še eno metodo.



Slika 14: Debelinjenje trakov na enako širino. (Slikovni viri: Slika 14).

Narezane trakove smo nato prenesli na rezkalni stroj, ki ima možnost natančnega nastavljanja kota in vzdolžnega prislona. Na rezkalni stroj smo namestili rezkalno glavo z zadostno obdelovalno višino in ga nagnili pod kotom 9° . Nastavili smo tudi vzdolžni prslon in samodejni podajalec, ki bo poskrbel za stabilno rezkanje.

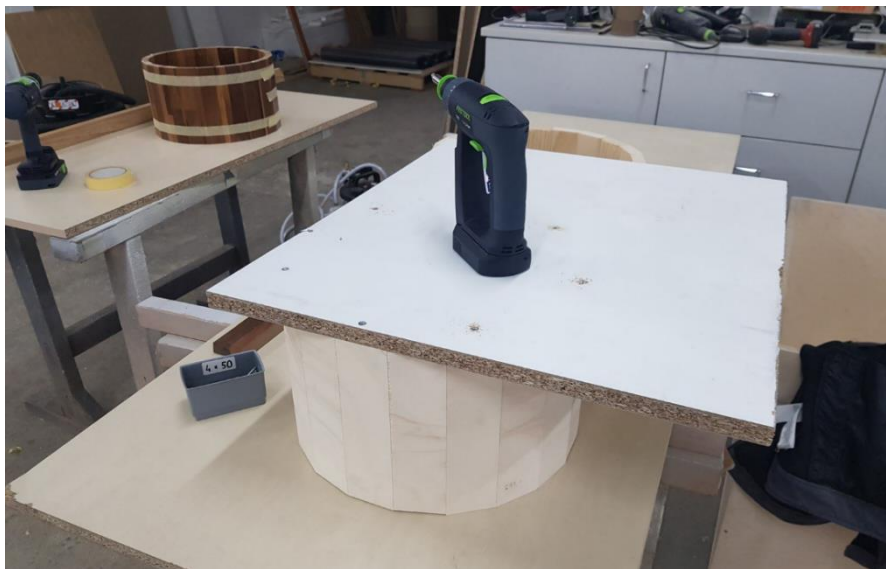


Slika 15: Rezkanje kotov na trakovih z rezkarjem. (Slikovni viri: Slika 15).

Vsak trak smo obdelali z obeh strani in preverili odstopanje širine, ki je tokrat znašalo največ 0,2 mm. Vse trakove smo nato po dolžini narezali na segmente in jih po enakem postopku kot pri obodu iz furnirne plošče zlepili.

4.2 CNC obdelava ogrodja

Zdaj smo imeli 2 oboda pripravljena za obdelavo. Največjo težavo je predstavljalo vpenjanje, saj naš CNC stroj deluje na sistemu vakuumskih prijemal, ki pa potrebujejo veliko ravno površino za uspešno vpetje. Obod nima take površine, zato smo se odločili, da mu jo dodamo. To smo storili tako, da smo ga privijačili na kos iverne plošče, ki je bila pravokotno obrezana in je v tem primeru služila kot vpenjalna plošča. To nam je sicer dodalo 19 mm višine, ampak ni bila težava, saj ima naš CNC dovolj obdelovalne višine. Dvome smo imeli le glede stabilnosti vpetja, za katerega nismo bili prepričani, ali je dovolj močno. Ker nismo našli boljše zamisli za vpetje, smo zaradi varnosti nekoliko zmanjšali hitrosti pomikanja orodja, da ne bi prišlo do izpetja.



Slika 16: Pritrditev vpenjalne plošče za obdelavo s CNC strojem. (Slikovni viri: Slika 16).

Sledila je priprava CNC programa za obrez prve polovice obodov. V programu NC Hops, razvijalca Direkt CNC systeme gmbh, prilagojenega našemu CNC stroju, smo pripravili program, ki bo poravnal zgornji rob oboda in obdelal notranji in zunanji del zgornje polovice oboda. Za ta proces smo potrebovali kratko in dolgo spiralno orodje

za grobo obdelavo, premera 16 mm. Postopek smo začeli s kratkim spiralnim orodjem, s katerim smo poravnali zgornji del oboda, da je bil poravnan z ravnino stroja. Orodje se je gibalo krožno po konturi oboda s postopnim pomikanjem navzdol po Z-osi, da je bila sila na obdelovanec čim manjša. Sledila je obdelava plašča. Za ta proces smo uporabili orodje dolžine 120 mm, da smo lahko obdelali vsaj polovico višine oboda. Tudi pri tem postopku je bilo pomikanje orodja krožno s stopnjevanjem v globino, da bi bil pritisk na obdelovanca čim manjši. Plašč smo obdelali znotraj in zunaj 5 mm čez polovico oboda in s tem zaključili prvo polovico obdelave.



Slika 17: Obod po prvi fazi obdelave s CNC strojem. (Slikovni viri: Slika 17).

Zdaj je bilo treba obod obrniti in ga obdelati še z druge strani. Odstranili smo vijake, obrnili obod in ga privijačili z druge strani. Pri tem procesu smo skušali biti čim bolj natančni, saj smo se želeli izogniti večjemu odstopanju pri obdelavi plašča.



Slika 18: Obod vpet pred drugo fazo obdelave s CNC strojem. (Slikovni viri: Slika 18).

Pri obdelavi druge polovice je bil proces enak, ampak želeli smo hkrati označiti tudi položaje lukenj, zato smo s pomočjo načrta razbrali vse kote in jih dodali v proces. Luknje smo vrtali s svedrom premera 6 mm s koničasto konico le do globine -2 mm, saj so nekatere luknje manjšega premera in smo jih po obdelavi prevrtali ročno.



Slika 19: Vrtanje lukenj za okovje s CNC strojem. (Slikovni viri: Slika 19).

Do težave je prišlo, kadar stroj ni mogel izvesti operacije vrtanja zaradi premajhnega prostora gibanja po Y-osi. Iz napake, ki jo je sporočal stroj, smo razbrali, da potrebuje dodatnih 40 mm prostora, kar smo rešili tako, da smo točko 0 v programu zamaknili za 50 mm pozitivno po Y-osi, obdelovanec pa na stroju mehansko pomaknili za enako razdaljo v enaki smeri s pomočjo natančno skobljanega kosa hrastovega lesa. Zaradi 5 osi je bilo vrtanje lukenj zelo hitro, predvsem pa natančno. Večja težava se je pojavila pri obdelavi plašča, saj se dve polovici nista popolnoma poravnali, kar je pomenilo, da je bilo pol oboda zamaknjena za približno 1 mm.



Slika 20: Neusklajenost polovic pri obdelavi s CNC strojem. (Slikovni viri: Slika 20).

4.3 Obdelava ogrodja s pomočjo pripomočkov

Če v spletnem iskalniku iščemo podatke za izdelavo takšnega bobna, bomo dokaj hitro našli različne verzije pripomočkov, ki nam omogočajo obdelavo prizme v potrebno obliko valja. Skoraj vse verzije, ki smo jih našli na spletu, delujejo na enak princip, ki smo ga opisali že v teoriji naloge. Torej je potrebna najprej obdelava zunanje površine in nato še notranje.

Sami smo pregledali veliko različnih modelov pripomočkov in verzij ter poskušali oblikovati pripomoček, ki bi združeval dobre lastnosti videnih na spletu.

4.3.1 Izdelava pripomočka za zunanjo obdelavo

Pred izdelavo smo pregledali veliko idej drugih izdelovalcev. Sami smo si zamislili pripomoček, ki lahko služi za večkratno uporabo. Torej ga lahko po izdelavi uporabimo za izdelavo več bobnov in celo bobnov različnih velikosti, seveda do neke meje.

Pripomoček smo si le zamišljali in tudi nismo izdelali nobenega načrta, razen nekaj preprostih prostoročnih skic z osnovnimi merami. Skice so nam kasneje olajšale izdelavo in prihranile čas.

Pripomoček je skoraj v celoti izdelan iz vezanega lesa debeline 20 mm, ki zadosti obremenitvam.

Najprej smo se lotili izrezovanja dveh krogov in plošče s pomočjo ročnega nadrezkarja in priloženim vodilom. Izrezali smo dva kroga premera okoli 370 mm. Pred vrtanjem v središča smo s šestilom narisali veliko krožnic raznih premerov, kar nam bo koristilo pri centriranju neobdelanega ogrodja bobna. Nato smo v označena središča izvrtali luknje premera 20 mm, kar nam bo služilo za pritrdjevanje gredi.

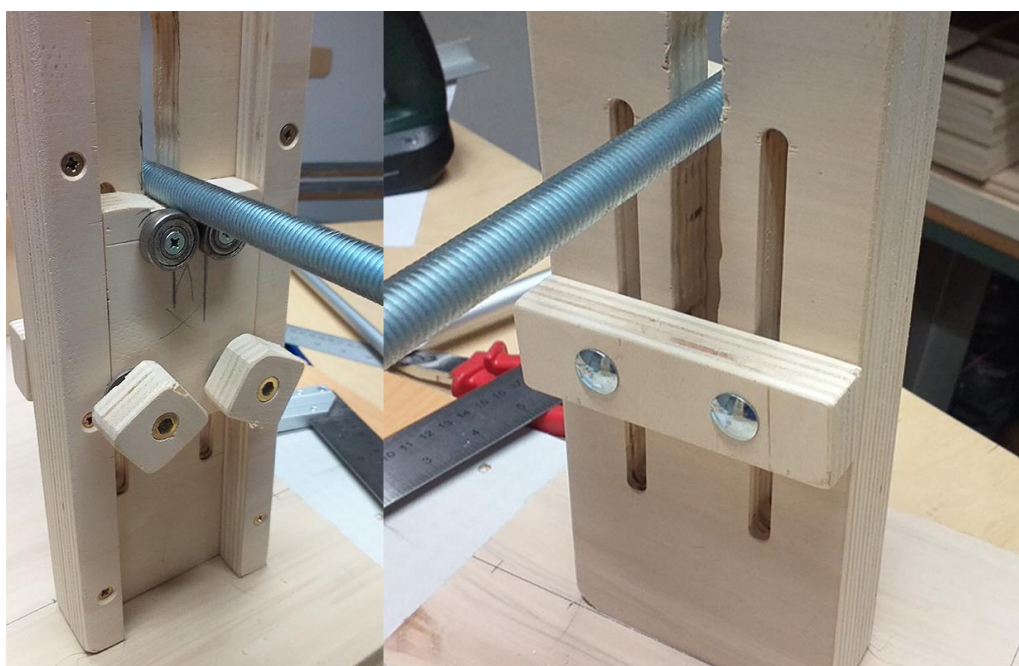


Slika 21: Izrezana kroga za pomoč pri pritrditvi. (Slikovni viri: Slika 21).

Zatem smo začeli z izdelavo neke vrste stojala, ki bo držalo ogrodje bobna, pritrjenega s krogoma na gred. Stojalo mora omogočati prosto vrtenje gredi, saj bomo le tako lahko iz prizme dobili okroglo obliko.

Izdelali smo dva stebra z dvema deščicama, pritrjenima ob straneh, ki služita kot glavna stebra in obenem kot vodilo, po katerem bomo lahko pomikali držalo gredi. Tako smo zaradi nadaljnje pritrditve in poteka osi morali na rezkalni mizi narediti še nekaj vzporednih rež. Dobljena stebra smo nato pod pravim kotom privijačili na ravno ploščo, katere dimenzije niso pomembne, pomembna pa je razdalja med stebroma, saj moramo mednju kasneje namestiti prizmo z osjo.

Nato je prišla na vrsto izdelava dveh enakih delov, ki bosta držala gred na določeni višini, kar bo omogočeno s pomikanjem po vodilih na stebrih. S krožno žago smo izrezali pravokotnike, ki se lahko gladko pomikajo med vodili. Z vbodno žago smo odstranili nekoliko odvečnega materiala, ki bi bil v napoto pri vrtenju gredi. Nato smo določili natančno lokacijo, kje bodo nameščeni ležaji, ki bodo omogočali popolno vrtenje prizme in tudi na splošno izboljšali kakovost izdelka. Prav ležaji so prednost, ki je nismo zasledili pri nobenem drugem izdelovalcu. Kasneje smo izvrtali le še nekaj lukenj za vijake, ki obdržijo pravokotnik pred zdrsom po vodilih.



Slika 22: Steber z nastavljivo višino. (Slikovni viri: Slika 22).

Pri svoji verziji pripomočka smo si zamislili, da bomo nadrezkar namestili na vrhu in ne na dnu, kakor je bilo opisano v teoriji. Da bi to lahko storili, smo morali narediti

nekakšna vodila, ki bodo nadrezkar držala na konstantni višini in obenem omogočala pomikanje levo in desno. To smo omogočili z dvema vzporedno pritrjenima aluminijastima profiloma v obliki črke L, ki smo ju pritrdili kar na stebra od zgoraj. Zaradi preozkih stebrov smo si pomagali z dodatnimi ploščicami. Razmik med profiloma je seveda odvisen od rezkarja, ki ga želimo uporabiti.

4.3.2 Izdelava pripomočka za notranjo obdelavo

Izdelava pripomočka za notranjo obdelavo je bila nekoliko manj zahtevna in ni zahtevala velikih priprav. Pripomoček je zasnovan skoraj enako kot je zapisano v teoriji. Tudi ta pripomoček nam omogoča obdelavo več izdelkov in je primeren za različne velikosti in vrste bobnov. Le-tega nismo veliko spreminjali in smo uporabili kar dobro znano obliko, ki jo zlahka zasledimo na spletu.

Kot je opisano v teoriji, pri tem pripomočku izkoriščamo okroglo površino, ki smo jo pridobili z obdelavo na pripomočku, opisanem zgoraj. Ta okrogla površina mora drseti po nečem gladkem. V ta namen smo nabavili štiri preprosta kolesa, ki smo jih obrnjena navzgor privijali na ravno podlago. Razporedili smo jih tako, da lahko ogrodje sedi na kolesih, vendar se ne dotika podlage.

Nato smo uporabili vodila za pritrditev nadrezkarja, ki smo jih naredili že pri prejšnjem pripomočku. Namestili smo jih tako, da potekajo skozi notranjost oboda in so nameščena dovolj nizko, da lahko sveder sega do obdelovanca – ogrodja. Seveda moramo pri tem misliti na velikost uporabljenega rezkarja, saj mora po višini ustrezati notranjemu premeru ogrodja. Pri namestitvi smo si pomagali s podlaganjem, da smo dosegli želeno višino vodil.

4.3.3 Obdelava ogrodja

Obdelavo bomo opisali od lepljenja naprej, saj je postopek izdelave ogrodja že opisan. Pri prvem ogrodju smo izbrali les javorja. Segmente smo rezali po opisanem postopku z uporabo krožne žage. Tokrat smo uporabili krožno žago, ki nima elektronsko nastavljivega nagiba žaginega lista in odmika. Uporabili smo digitalni instrument, s katerim lahko nastavimo kot 0° in nato nagnemo list pod želenim kotom.

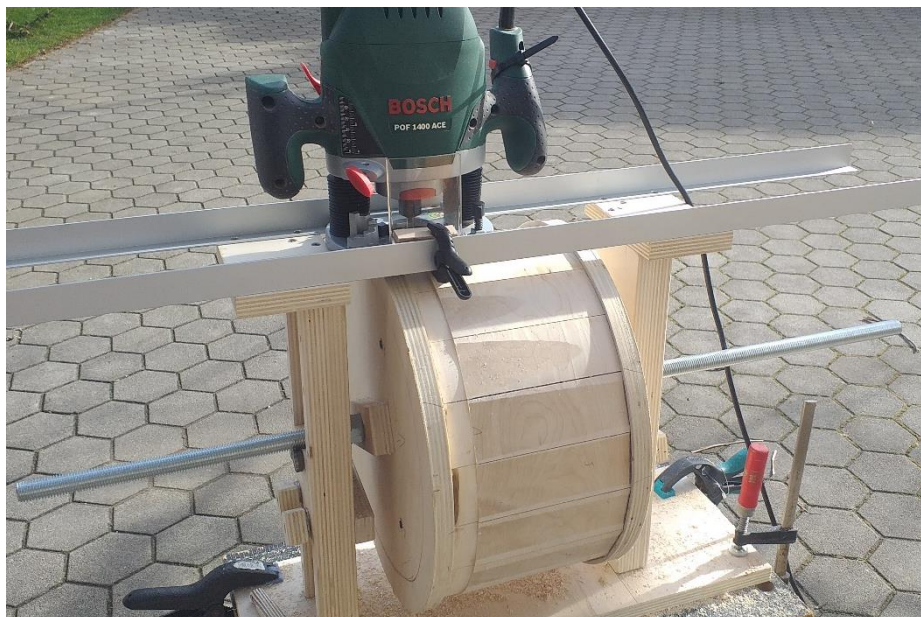
Začeli smo z brušenjem ene od osnovnih ploskev dobljene prizme. Ta postopek je zelo pomemben. Brusiti moramo tako dolgo, dokler se ne obrusi celotna spodnja površina.

V pomoč si s svinčnikom narišemo nekaj črt. Ko je brušenje končano, mora biti brušena površina čim bolj pravokotna na višino prizme – ogrodja.

Nato smo ogrodje vpeli med kroga, ki smo ju izdelali med izdelavo prvega pripomočka. Zdaj lahko brez težav centriramo ogrodje s pomočjo narisanih krožnic. Nato je treba kroga pritrditi in s tem tudi stisniti ogrodje med kroga, tako da se ne bo premikalo. To smo storili s pomočjo vijakov, ki smo jih iz obeh krogov privili v lesene palice, ki smo jih namestili med kroga. Za večjo trdnost smo to storili na več mestih.

Za tem smo prizmo postavili med stebra pripomočka, ki smo ga opisali zgoraj. Šele nato smo lahko skozi prizmo napeljali navojno palico. Za boljšo pritrditev smo prizmo zategnili tudi s pomočjo podložk in matic. Nato smo natančno dvignili prizmo na določeno višino, pri tem je bilo treba paziti, da je gred potekala vzporedno z vodili za nadrezkar.

Po nastavitvi višine smo lahko začeli z obdelavo ogrodja. Namestili smo nadrezkar na vodila, spustili sveder in začeli vrteti ogrodje. Kar hitro je postalo jasno, da je odrez veliko lepši, če ogrodje vrtimo v obratni smeri, kot se vrti sveder. Seveda smo sveder spuščali postopoma. Opozoriti je potrebno, da moramo med nastavitvijo rezkar ugasniti, saj lahko v nasprotnem primeru začne sveder vrteti prizmo, saj vemo, da se rezkarji vrtijo tudi po 20000 obratov na minuto. Sama obdelava zunanje površine je trajala približno 15 minut. Za naslednje ogrodje smo potrebovali približno 10 minut, ker smo poznali postopek in je šlo veliko hitreje. Medtem ko je obod vpet v pripomočku za zunanjo obdelavo, je težko natančno izmeriti premer bobna, zato se moramo zanesti na kroge, ki smo jih izrezali na končni potreben premer. V našem primeru je le-ta znašal 355 mm. Za zadnji odrez lesa smo si pustili le nekaj milimetrov in ga odvzeli kar se da hitro in tako dobili lepo površino, ki ni potrebovala skoraj nič brušenja.



Slika 23: Obdelava zunanje površine. (Slikovni viri: Slika 23).

Po obdelavi zunanje površine smo začeli z obdelavo notranjosti. Ta postopek sicer ne potrebuje toliko priprav, vendar je obdelava toliko bolj zahtevna. Ogrodje namestimo na kolesa na pripomočku in šele nato privijamo vodila za nadrezkar. Nato v notranjost namestimo nadrezkar in počasi vrtimo ogrodje okoli rezkarja. Pri obdelavi je nujno biti zelo osredotočen, saj je potrebno ogrodje trdno držati, vrteti in obenem pritiskati ob vsa štiri kolesa. Pri tem postopku lahko zelo hitro pride do neželenih napak ali neuspehov. Tudi za to obdelavo nismo potrebovali več kot 15 minut.



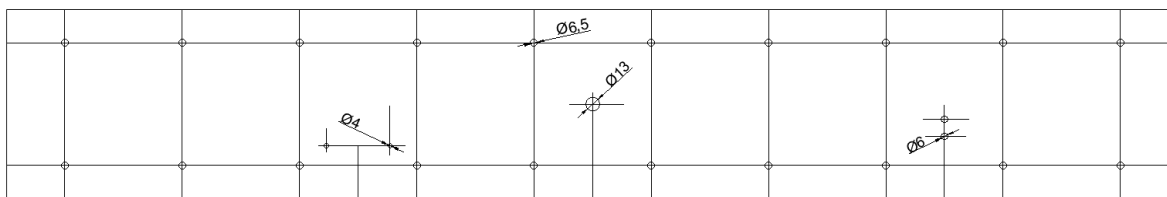
Slika 24: Obdelava notranje površine. (Slikovni viri: Slika 24).

Potem smo iz večkotnika dobili okroglo ogrodje z debelino, ki smo jo izbrali z nastavitvijo svedra. Zdaj smo s pomočjo krožne žage in prislona obrezali ogrodje na končno višino. Po odrezu smo odrezano površino še nekajkrat potegnili po brusnem papirju in s tem zagotovili popolno ravnino.

Z istim postopkom obdelave smo izdelali dva oboda, iz lesa javorja in ameriškega oreha.

4.4 Vrtanje lukenj za pritrditev okovja in rezkanje robov

Ker nekaj časa smo razmišljali, kako bi na ogrodje locirali luknje, ki jih je bilo potrebno izvrtati. Težavo smo rešili tako, da smo z uporabo programa *AutoCAD* narisali plašč ogrodja v realnem razmerju in nanj označili potrebna središča lukenj. Nato smo plašč razdelili, da smo ga lahko natisnili na tiskalniku in nato spet zlepili skupaj. Plašč smo potem enostavno zalepili na obod in imeli smo označena središča. Luknje smo zvrtili s pomočjo namiznega vrtalnika in svedrov različnih premerov.



Slika 25: Plašč, ki smo ga uporabili kot pripomoček. (Slikovni viri: Slika 25).

Po vrtanju lukenj za okovje smo morali še pravilno oblikovati robove bobna, kjer se bo napeto opno dotikalo ogrodja. V praksi se uporablja zelo veliko različnih oblik in vrst robov. Mi smo se odločili za najpogostejše uporabljeno verzijo. Rezanje smo opravili na rezkalni mizici, izdelani iz nadrezkarja. V notranjosti smo robove obdelali pod kotom 45° , na zunanji strani pa s svedrom za majhno okrogolino. Luknje smo nekoliko popravili tudi z ročnim brušenjem.

4.5 Površinska obdelava in okovanje

Pred začetkom okovanja smo bobnen površinsko obdelali z dvema nanosoma voska, ki je domače izdelave in je iz naravnih sestavin. Vosek je dal lesu lep sijaj in poudaril strukturo. Posebno pri orehovem ogrodju je bila razlika po voskanju velika.

Nato je prišlo na vrsto okovanje ogrodja. Naročili smo okovje le za en boben, saj je precej drago. Uporabljeno okovje smo naročili v spletni trgovini <https://www.a3drums.eu/>. Cena vsega okovja je v našem primeru znašala okoli 150 evrov. Odločili smo se za okovje visoke kakovosti. Ker smo luknje izvrtali zelo natančno, pri tem postopku ni prišlo do težav. V večini primerov okovje sede v izvrtane luknje, ki ga nato iz notranjosti zavijemo s strojnimi vijaki in podložkami.

5 REZULTATI IN OCENITEV RAZISKOVALNIH VPRAŠANJ

Osnovni cilj naloge je bil ugotoviti, kako zahtevna je izdelava bobnov iz masivnega lesa. Preizkusili smo dva načina izdelave in obdelave obodov. S pomočjo rezkarja in zastavljenega izziva, z uporabo CNC tehnologije.

1. Ali je že znane načine izdelave malega bobna možno izboljšati ali optimizirati?

Že ob prvem pregledu teorije o obdelavi oboda so se nam porajale ideje za izboljšavo postopka. Predvsem smo imeli več idej za oblikovanje pripomočkov za obdelavo oboda s pomočjo rezkarja. Kot je opisano smo oblikovali dva pripomočka, ki sta služila svojemu namenu. Vsekakor smo z dobrim oblikovanjem poskrbeli za bolj natančno in preprostejšo obdelavo. Načine izdelave smo izboljšali. Pri optimizaciji pa bi lahko še veliko dopolnili. Med oblikovanjem smo imeli tudi idejo o združitvi obeh pripomočkov v en sam pripomoček.

2. Ali je izdelava mogoča s pomočjo CNC tehnologije?

Porodila se nam je tudi ideja o drugačnem pristopu s CNC tehnologijo. Ker je za ta postopek dostopnih zelo malo podatkov, smo si način zamislili sami. Naš poskus izdelave je bil delno uspešen. Edna težava je bila omejitev obdelovalne višine, ki nam je preprečila obdelavo z enim vpetjem. Težavi bi se lahko izognili z izdelavo namenskega vpetja ali uporabno prilagojenega orodja. Menimo, da je izdelava s CNC strojem mogoča, če le imamo na voljo prava orodja za to.

3. Ali je izdelava s pomočjo CNC tehnologije primerljiva z ostalimi metodami?

V našem primeru in preizkusu smo ugotovili, da se obdelava s CNC tehnologijo ni kosala z drugim načinom obdelave. Vendar s tem ne izključujemo vseh prednosti CNC stroja. V našem primeru ne moremo primerjati obeh postopkov, saj žal nismo imeli na voljo orodja za CNC, ki bi nam zagotovil obdelavo brez posredovanja in obračanja oboda. Zdi se nam, da bi v tem primeru bila CNC tehnologija zelo primerna in uporabna, če bi jo imeli na voljo. V nasprotnem primeru pa drug način obdelave zadosti vsem zahtevam.

4. Ali je domača izdelava glasbila lahko poslovna priložnost?

Za raziskovalno nalogo smo se odločili tudi zato, ker smo izdelavo bobnov videli kot dobro poslovno priložnost. Na spletu smo zasledili, da so cene tako izdelanih bobnov precej visoke. Žal se za zdaj še nismo preizkusili na trgu. Ugotovili pa smo, da cena izdelave in nakupa okovja ni tako nizka, kot smo si predstavljali.

5.1 Analiza, opombe in predlogi

Po dveh obdelanih obodih na CNC stroju se je izkazalo, da CNC metoda izdelave v našem primeru in pogojih ni primerna. Do tega zaključka smo prišli predvsem zaradi težave z natančnostjo pri obračanju, saj mora biti obod popolnoma poravnana, da ne pride do zamika polovic. V dveh poskusih nam to ni uspelo do zadovoljive mere, zato smo nadaljnjo obdelavo opustili in se posvetili analizi opravljenega dela. Poleg težave z ujemanjem nas skrbi tudi moč vpetja, ki je zaradi vijakov zelo oslABLJENA. Do takega mnenja smo prišli, ker ima obod relativno tanko steno, za katero smo potrebovali vijake z majhnim premerom, ki niso dovolj močni za obremenitve, ki se pojavljajo pri CNC obdelavi. Mi smo izpetje preprečili z zmanjšanjem hitrosti pomikanja orodja, kar pa je močno podaljšalo čas proizvodnje.

Obdelava dveh obodov pa je prinesla tudi nekaj dobrih dognanj. Natančnost obdelave je bila zelo visoka, saj je pri obdelanem premeru prihajalo do razlike največ 0,05 mm. Težava je nastala, ko je bilo treba obod med obdelavo obrniti, saj smo s tem izgubili prednosti natančne obdelave CNC stroja. Poleg tega so bile luknje izvrtane z izredno visoko natančnostjo.

Ker se je drugi način izkazal za zelo učinkovitega, smo po tem postopku torej končali dve ogrodji. Vsekakor so v ta namen izdelani pripomočki služili svojemu namenu. Vendar imamo še nekaj predlogov za izboljšave. Pripomoček za zunanjo obdelavo bi lahko oblikovali tako, da bi ogrodje preprosteje namestili v pripomoček. Sedaj je bil ta postopek dolgotrajen, ker je potrebno navojno palico vrteti in obenem držati matice, da gred sede na želeno mesto.

5.1 Družbena odgovornost

Med raziskavo smo pomislili tudi na družbeno odgovornost. Za izdelavo nekaterih obodov smo uporabili odpaden les, ki smo ga dobili v podjetju, kjer smo tudi opravljali CNC obdelavo. Za površinsko obdelavo smo uporabili doma izdelan vosek iz naravnih sestavin.

Pri delu na strojih smo težili k temu, da so za naše potrebe čim manj časa v delovanju in jih nismo puščali v teku po nepotrebnem. Poleg tega ima CNC stroj, na katerem smo obdelovali obod, t. i. ECO Mode, ki poskrbi, da stroj preide v način mirovanja in ne porablja nepotrebnih količin energije, kadar ni v uporabi.

Vsekakor pa že z izdelavo tako raziskovalne naloge kot tudi izdelkov poskušamo pri sovrstnikih vzpodbuditi raziskovalno žilico, nove ideje ter inovativne pristope.

6 ZAKLJUČEK

Raziskovalna naloga je bila po našem mnenju zelo uspešno zastavljena in narejena, ter predvsem poučna, saj smo se skozi proces naučili veliko o kreativnem reševanju problemov, ki so nastajali znova in znova. Odkrili smo tudi nekaj novega o posledicah obdelave s posameznimi stroji, kar nam bo zagotovo prišlo prav tudi v prihodnje.

Nad rezultatom naloge smo presenečeni, saj so bila naša pričakovanja za obdelavo s CNC strojem visoka, ampak smo se morali sprijazniti z neuspelim poskusom. V bodoče bomo morda poskusili obdelavo s specializiranim orodjem ali vpetjem.

Upamo in si želimo, da bo ta naloga tudi v pomoč komu, ki bi si želel izdelati tovrsten boben ali išče dodatne informacije in ideje.

Končen izdelek se nam zdi estetsko lep v naravni barvi orehovega lesa. Vsekakor pomemben in potreben podatek pa je, da je mali boben v uporabi že dva meseca in z veseljem lahko napišemo, da je več kot odličen.



Slika 26: Končan mali boben iz orehovega lesa. (Slikovni viri: Slika 26).

7 VIRI IN LITERATURA

7.1 Literatura

Advantages of CNC Machining Over Traditional Machining. (2020). *Industry today*. Retrieved from <https://industrytoday.com/advantages-of-cnc-machining-over-traditional-machining/>

Anatomija malega bobna. (2018). Retrieved from <https://www.symphony.si/blog/anatomija-malega-bobna>

Azzarto, F. (2011). What You Need to Know About...Drum Shells. Retrieved from <https://www.moderndrummer.com/2015/02/need-know-drum-shells/>

Boben. (2020). *Wikipedia*. Retrieved from <https://sl.wikipedia.org/wiki/Boben>

CNC Machines. (2020). Retrieved from <https://www.cnc.com/machine/>

CNC machining center PRO-MASTER 7225: 5-axes - a new dimension in CNC wood machining. (b. d.). Retrieved from <https://www.weinig.com/en/panel-processing/cnc-machining-centers/pro-master-72-series/5-axis-cnc-router-and-machining-center-holzher-promaster-7225.html>

CNC Routers: HOLZ-HER CNC Technology, Routers and Machining Centers for unlimited possibilities for panels, solid wood and composite material. (2020). Retrieved from <https://www.weinig.com/en/panel-processing/cnc-routers-and-machining-centers.html>

Deans, M. (2018). CNC Milling Coordinate System Made Easy. Retrieved from <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/cnc-coordinate-system-made-easy/>

Drum builders manual. (2013). Retrieved from <https://pdgood.us>

Koko (b. d.). Re: Koko's stave drum without a lathe. Message posted to <https://pdgood.us/drumshed/koko.html>

Ritz, D. (2014). What is the Best Wood for Drum Shells. Retrieved from <https://www.thenewdrummer.com/best-wood-drum-shells/>

Shell Materials. (b. d.). Retrieved from https://www.thomannmusic.com/onlineexpert_page_snare_drums_shell_materials.html

The Uniontown Drum Co. Stave Calculator. (2019). Retrieved from <https://uniontownlabs.org/tools/stave/>

7.2 Slikovni viri

Slika 1: Bobnarski set. Dostop:

https://sites.google.com/site/drumeinc/_/rsrc/1429250654587/home/bobni%20za%20google%20sites.jpg

Slika 2: Okovje malega bobna. Dostop: <https://www.symphony.si/wp-content/uploads/2018/09/Mali-boben-in-njegovi-sestavni-deli.jpg>

Slika 3: Napetostne palice. Dostop:

<https://www.a3drums.eu/shops/a3drums/thumbs/drum-tube-lug-10088-chrome-drum-tube-lug-6050mm.jpg>; <https://www.a3drums.eu/shops/a3drums/drum-lug-se04-chrome-drum-lug-se04-chrome.jpg>

Slika 4: Obroč. Dostop: https://media.sweetwater.com/api/i/q-85__ha-47c2dd3eeba331a9__hmac-77e867988e77076b278c1d1587a61a90a2fa876c/images/items/1800/L1410SC-xlarge.jpg

Slika 5: Osnovni koordinatni sistem CNC strojev. Dostop:

<https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/wp-content/uploads/2018/07/4-datum-point-1024x857.png>

Slika 6: Uporaba CNC tehnologije v kovinoobdelovalni industriji. Dostop:

https://www.heller.biz/fileadmin/_processed_/2/a/csm_heller-5-achs-bearbeitungszentren-f-bearbeitung-1_69cc2b7b92.jpg

Slika 7: Vrtalna enota na lesnoobdelovalnem CNC stroju. Dostop:

https://www.heller.biz/fileadmin/_processed_/2/a/csm_heller-5-achs-bearbeitungszentren-f-bearbeitung-1_69cc2b7b92.jpg

Slika 8: Zunanja obdelava ogrodja. (Avtor naloge)

Slika 9: Notranja obdelava ogrodja. (Avtor naloge)

Slika 10: Furnirna plošča uporabljena za izdelavo oboda. (Avtor naloge)

Slika 11: Segmenti narezani na končne dimenzije. (Avtor naloge)

Slika 12: Segmenti razporejeni in zalepljeni v plašč. (Avtor naloge)

Slika 13: Zalepljen obod. (Avtor naloge)

Slika 14: Debelinjenje trakov na enako širino. (Avtor naloge)

Slika 15: Rezkanje kotov na trakovih z rezkarjem. (Avtor naloge)

Slika 16: Pritrditev vpenjalne plošče za obdelavo s CNC strojem. (Avtor naloge)

Slika 17: Obod po prvi fazi obdelave s CNC strojem. (Avtor naloge)

Slika 18: Obod vpet pred drugo fazo obdelave s CNC strojem. (Avtor naloge)

Slika 19: Vrtanje lukenj za okovje s CNC strojem. (Avtor naloge)

Slika 20: Neusklajenost polovic pri obdelavi s CNC strojem. (Avtor naloge)

Slika 21: Izrezana kroga za pomoč pri pritrditvi. (Avtor naloge)

Slika 22: Steber z nastavljivo višino. (Avtor naloge)

Slika 23: Obdelava zunanje površine. (Avtor naloge)

Slika 24: Obdelava notranje površine. (Avtor naloge)

Slika 2527: Plašč, ki smo ga uporabili kot pripomoček. (Avtor naloge)

Slika 26: Končan mali boben iz orehovega lesa. (Avtor naloge)