



Eksperimentalna naloga

IZDELAVA MEHANSKEGA KOVAŠKEGA KLADIVA

Mentor: Martin KAVŠEK

Avtor: Jakob REBOLJ

S4Č

Šolsko leto 2021/2022

Kazalo

1. Uvod.....	3
2. Teoretičen del.....	3-15
2.1.Opis poteka konstruiranja.....	3
2.2.Opis poteka izdelave.....	3-13
2.3.Izračun prestavnega razmerja med motorjem in jermenico.....	14-15
3. Eksperimentalni del.....	15
4. Rezultati.....	15
5. Razprava.....	15-16
5.1.Uspešnost zastavljenih ciljev.....	16
5.2.Možnosti izboljšave končnega izdelka.....	16
6. Zaključek.....	16
7. Viri in literatura.....	16

1. UVOD

Cilj naloge je izdelati mehansko kovaško kladivo za domačo uporabo. Uporabljena je zasnova kjer se rotacijsko gibanje pretvori v linearno in je okvirno oblikovano glede na tovarniško izdelana kladiva, vendar je potrebno proces izdelave in samo obliko stroja prilagoditi glede na orodje in material, ki je na voljo. Glavni izziv je doseči zadovoljivo ravnotežje kladiva, da med obratovanjem konstrukcija ne niha preveč, ter splošno stabilnost konstrukcije. Poleg tega je zastavljen cilj, da je kladivo razstavljivo, kar bi pripomoglo k lažjemu transportu in da izdelava stane čim manj, torej da je finančno nezahtevno.

2. TEORETIČEN DEL

2.1. Opis poteka konstruiranja

Pri konstruiranju kladiva je potrebno upoštevati mnogo dejavnikov. Dosežena mora biti zadostna teža konstrukcija, da bo že stroj sam deloval kot protiutež samemu sebi, zato je na mnogih delih pločevina debelejša kot bi dejansko morala biti da bi dosegla zadostno trdnost. Večina te teže mora biti pri dnu konstrukcije, torej pri osi ročice. Cilj je postaviti elektromotor čim bližje tlom ter s tem zagotoviti protiutež. Prav tako je za podstavek nujen močan profil, ki bo absorbiral udarce kladiva in pripomogel k stabilnosti konstrukcije. Za steber nakovala velja enako, hkrati mora steber absorbirati tudi vibracije ki se pojavljajo od udarcih.

Spoji na katerih so pričakovane težke obremenitve je potrebno zavariti. Pri zvarjencih je potrebno upoštevati toplotne deformacije ki se pojavijo med varjenjem. Težava se pojavi pri ležajih in ohišjih ter pri pušah in ohišjih, med katerimi je tesen ujem kjer so mere na stotinko točne in se deformacije pri varjenju močno poznajo. Če obdelovanec to omogoča lahko deformirano mero popravimo po varjenju, sicer pa se je deformacijam možno izogniti s prekinjenim varom, ki zvarjenec obremeni manj kot neprekinjen var. Pri prekinjenem varu je toplotna obremenitev manjša, zato je manjši tudi vpliv toplote. Konstrukcija je zasnovana kot razstavljiva, da se olajša transport stroja, zato se, kjer se lahko, uporabi razstavljive zveze. Razstavljive zveze so uporabljene tudi za fiksiranje puš in ležajev, z namenom da se ob obrabi ali okvari posamezni deli lahko zamenjajo.

Na orodje in nakovalo med obratovanjem delujejo velike obremenitve, zato je zanj potreben material z veliko trdnostjo in odpornostjo na udarce. Sama oblika ekscentra prav tako vpliva na razmerje teže pri vrtenju. Če je teža pretežno na eni strani, ta deluje kot protiutež, vendar

vpliva na nihanje stroja med obratovanjem. Če je ekscenter okrogel je teža bolj enakomerno razporejena, kar pripomore k mirnejšem delovanju stroja, vendar ima enakomerno razporejena teža manjši vpliv kot protiutež. Prav tako je potrebno upoštevati vpliv mase batnice ki deluje na ekscentru in kako ta vpliva na moč, potrebno za obrat jermenice.

2.2. Opis poteka izdelave

Izdelava je potekala brez večjih zapletov, a kljub okvirnemu načrtu so se med samo izdelavo pojavile težave zaradi katerih je bilo načrt potrebno spremeniti. Predvsem so bile to manjše spremembe, saj so se med izdelavo stalno odpirale možnosti za izboljšave. Primer tega je ekscentrična os, s katero je možno regulirati hod kladiva. Največja sprememba je sledila nepričakovanim vibracijam med delovanjem stroja, to je dodajanje protiuteži na jermenico. S tem se je tek stroja umiril, prav tako je bilo nihanje manjše. Prav tako je bilo potrebno dvigniti ležišče motorja, ki je bilo sprva mišljeno direktno na podstavku stroja. Praktična izvedba tega ni bila mogoča, saj bi za to bil potreben jermen dolžine več kot treh metrov, zato se je prilagodilo ležišče z nosilcem motorja, da je ustrezalo jermenu na razpolago.

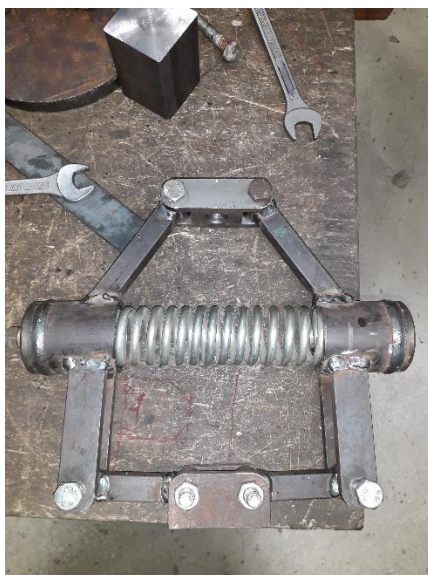
ROKA BATNICE

Izdelava se je začela z izdelavo roke, ki bo pritrjena na ekscenter, da omogoča gibanje batnice. Iz ploščatega jekla se izreže kose, na katerih bodo pritrjeni gibljivi delu. Iz okroglega jekla se izdelajo puše, ki bodo privarjene na teh kosih.

Nosilec rok, ki bo privijačen na ekscenter se z rezkarjem izreže iz 50x50 materiala, na ušesih pa se izvrtijo izvrtina premera $\varnothing 12$.



Pri držalu vzmeti je uporabljena cev premera $\varnothing 64$, s postruženim notranjim robom, da se prilega premeru vzmeti. Iz okroglega jekla se postruži 2 kosa ki bosta služila kot pokrova držala vzmeti. V sredini se vreže M12 navoj, ki bo deloval kot vodilo za reguliranje napetosti vzmeti. Dele se pripravi na varjenje in zvari.



VODILA BATNICE

Za vodilo batnice se izdelava bronasti puši, zaradi manjšega koeficienta trenja med batnico in bronom. Ohišje vodila batnice je izdelano iz cevi, zunanji premer se postruži, na notranjem pa se naredi zob, kjer bo nalegala bronasta puša, ter utor za vskočnik. Med ohišjem in pušama je tesen ujem, zato se ju vstavi na stiskalnici, vskočnik pa zagotavlja da je puša fiksirana.



Nosilec vodila se sestavi iz dveh 7 milimetrskih plošč. Med ploščama poteka kotni var. V ploščo ki bo slonela na steber se izvrti štiri izvrtine za pritrditev nosilca na konstrukcijo.

Vodilo in nosilec se zvari s prekinjenim zvarom, da se zmanjša vpliv toplotnih deformacij, ki bil lahko vplivale na prileganje bronastih puš v ohišje.

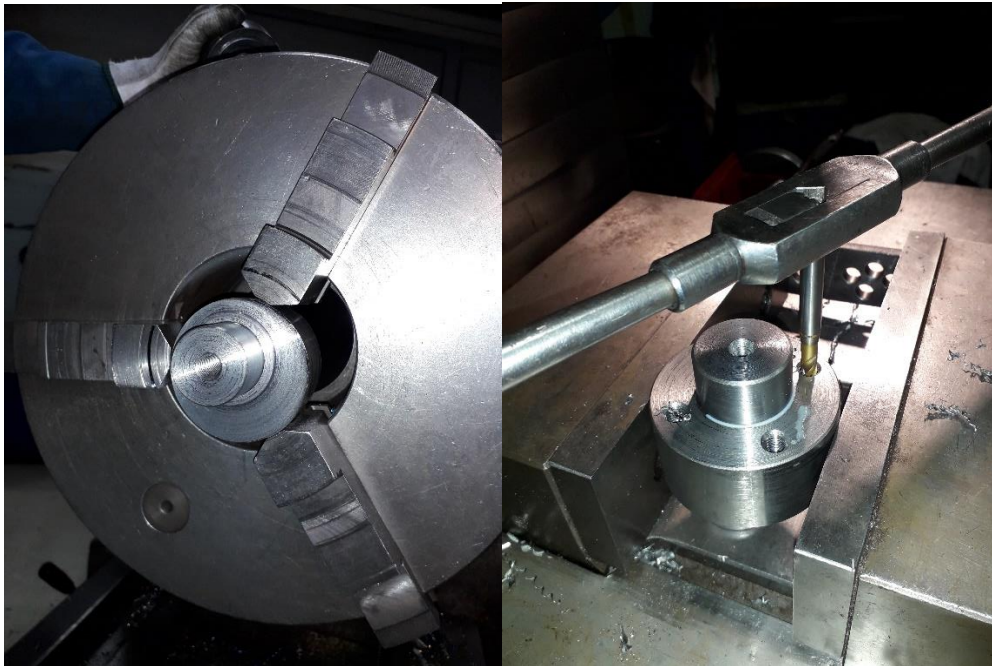
EKSCENTER

Ekscenter se s plazemskim rezalnikom izreže iz 20mm debele pločevine. Zaradi grobe obdelave se obod na stružnici dodatno obdeli na želen premer. Kos se čelno poravna, nato se na sredini izvrti $\varnothing 12$ izvrtino, ki bo služila za ujem plošče in pesta, po varjenju pa se izvrtino razširi na $\varnothing 30$. Iz okroglega jekla se odreže kos, iz katerega bo narejeno pesto ekscentra. Po varjenju se kos vpne v glavo stružnice in se s trnom za izdelavo utorov vreže utor za mozni. Globino in širino utora se glede na velikost gredi določi s KSP. Nasprotno od utora se na radiju $R=70\text{mm}$ naredi izvrtino premera $\varnothing 36$, v kateri bo privijačena ekscentrična os.



EKSCENTRIČNA OS

Ekscentrično os se izdelava na stružnici, zamik pa je omogočen s prestavljanjem čeljusti v glavi stružnice. Izdelana je z zamikom 10 milimetrov, kar omogoča dodatno reguliranje hoda batnice. Na čelu zamaknjene osi se izvrti izvrtino premera $\varnothing 8$ in se vanjo vreže navoj, ki bo služil za pritrditev ležaja. Na dolžini 20mm se vreže utor za mazanje ležaja.



OHIŠJE LEŽAJA NA EKCENTRU

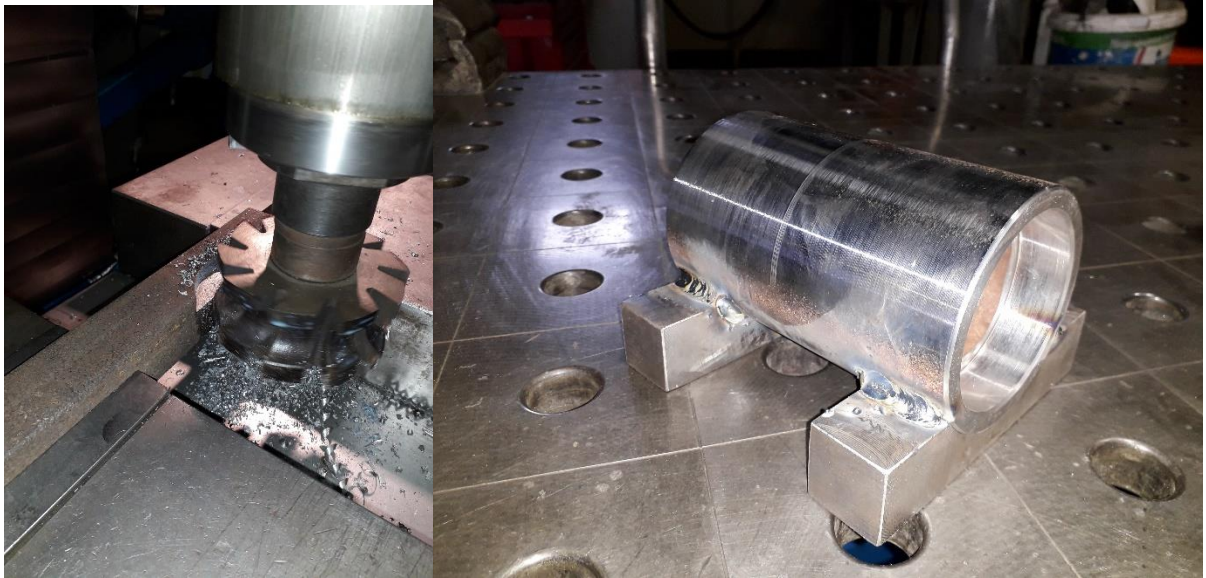
Ohišje ležaja na ekscentru je izdelano iz cevi premera $\varnothing 100$. Notranji premer je postružen na mero s 6 milimetrskim zobom za naleganje ležaja. V notranjem premeru se naredi utor za vskočnik, ki bo ležaj držal na mestu. Na zunanji obod se privari kos s privarjeno M24 navojno palico, na kateri bo privijačena roka kladiva.



OHIŠJE OSI

Ohišje osi se postruži iz cevi premera $\varnothing 90$. V notranjem premeru se postruži le zob, za naslon ležajev, ki bodo omogočali rotacijo osi in jermenic. Za vskočnike, ki bodo fiksirali ležaja, se naredi utor. Podstavek za ohišje osi se izdelava iz 30x30 ploščatega jekla. Izrezka se utor z radijem $R=44,6$, v katerega se privari ohišje. Na spodnjo stran podstavka se izvrtata slepi luknji in vanju vreže navoj. Slepni luknji služita pritrditvi ohišja na steber konstrukcije.

Ohišje in podstavek se zvari pred vstavitvijo ležajev, da so po varjenju možni popravki deformacij ki jih povzroči varjenje.



OS

Os se izdelava iz okroglega jekla. Na obeh koncih se na dolžini 80mm os postruži na premer $\varnothing 30$, na katerih bosta ekscenter in jermenica. Srednji del osi se postruži na premer $\varnothing 70$, ki bo deloval kot distančnik znotraj ohišja osi. Na obeh straneh osi se postruži utor za vskočnika, na koncih pa naredi izvrtine z vrezanimi navoji za fiksiranje jermenic. Z rezkarjem se naredi utor za moznik, katerega širino in globino se odčita iz KSP.



OKVIR KLADIVA

Za steber se uporabi I120 profil. V profil se na sprednji strani izvrti izvrtine na katerih se pritrdi nosilec vodila. Na zadnji strani se z rezkarjem naredi štiri dolge luknje dimenzij $\varnothing 13 \times 38$, kjer bo privijačen nosilec motorja. Dolge luknje omogočajo reguliranje višine motorja in s tem prilagajanje napetosti jermena v prostem teku.

Podstavka in steber nakovala se izdelata iz H100x10 profila. V podstavku se izvrti osem izvrtin premera $\varnothing 12$, kjer bosta pritrjena glavni steber kladiva in steber nakovala.

Iz 12 milimetrске pločevine se izdelata spodnja in zgornja plošča stebra. Pločevino se razreže na mero robove pa razigli. Na vsaki plošči se izvrti štiri izvrtine. Pri zgornji plošči se upošteva enako razmerje razdalj med luknjami kakor pri podstavku ohišja osi, pri spodnji plošči pa razmerje med luknjami v podstavku kladiva. Izvrtine se pogrezi.

Prav tako se iz 12 milimetrске pločevine izreže plošče za steber nakovala, spodnja z enakim razmerjem razdalj med luknjami kot pri podstavku. Na vrhno ploščo se izvrti le dve izvrtini, kjer bo pritrjeno nakovalo.

Plošče se privari na stebra.



NAKOVALO IN ORODJE

Nakovalo in orodje se izdelata iz manganovega jekla, ki se ob udarcih še utrdi, zato deformacij orodja in nakovala skoraj ni. V nakovalo se izvrtata dve slepi luknji in se vanju vreže navoj, s katerim se nakovalo pritrdi na steber. Površino se obdelata z rezkarjem, da se odstrani škajo. Orodje se odreže pod kotom in s tem zmanjša udarno površino. Ostre robove se pobrusi in zaobli zaradi razporeditve sil pri udarcu. Po diagonali se izvrtata skozi izvrtino in vanjo vreže M8 navoj. Na obeh straneh se izvrtino povrtata na premer $\varnothing 15$, kjer bo prostor za glave imbus vijakov. Glava kladiva je snemljiva, kar omogoča menjavo orodja po potrebi.



NAPENJALEC

Napenjalec se izdelata iz 7 milimetrске pločevine. Na eno stran se privari okroglo jeklo premera $\varnothing 10$, ki bo služilo kot gred valja. Z vrha se v gred izvrtata slepa luknja in vanj vreže M8 navoj za pritrditev valja. V pločevino se izvrtata izvrtina premera $\varnothing 12$, kateri bo privarjena gred. Izvrtino se pogrezi in pripravi na varjenje. Plastičen valj je dolžine 70mm, ima premer $\varnothing 70$, skozenj poteka luknja premera $\varnothing 10$. Plastiko se uporabi zaradi velikega koeficienta trenja med plastiko in usnjenim jermenom.

NOSILEC MOTORJA

Nosilec motorja se izdelava iz 5 milimetrovske pločevine. Z rezkarjem se izdelava dolge luknje, ki bodo služile za reguliranje pozicije motorja. Kosa se pravokotno zavari. Na strani se privarijo ojačitve za večjo stabilnost nosilca.



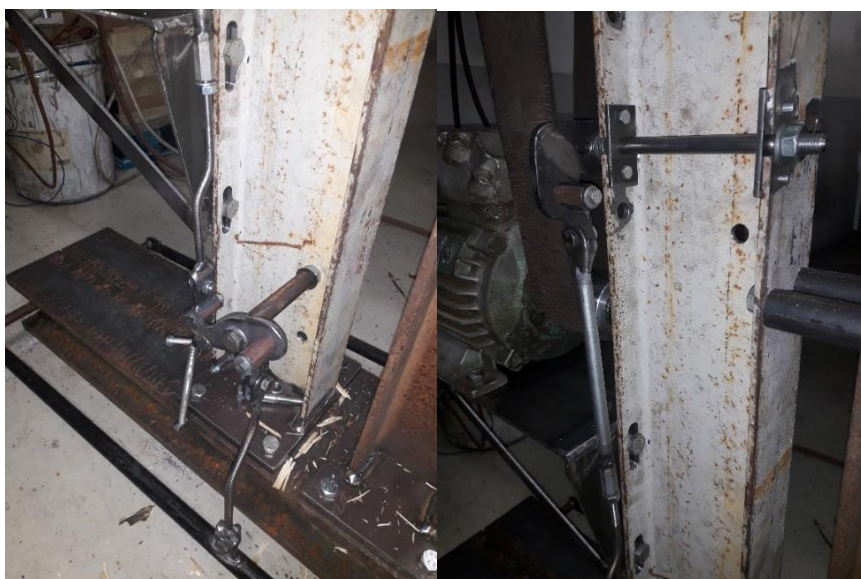
SKLOPKA

Pedal sklopke se izdelava iz $\frac{1}{2}$ colske cevi. Cev se zakrivi na dveh mestih pod kotom 90° , da prednji in oba stranska dela kladiva, kar omogoča nadzor delovanja stroja z vseh treh strani. Konce cevi se stisne s stiskalnico in nanje privari ušesa, skozi katera bo potekala gred.



MEHANIZEM SKLOPKE

Mehanizem se sestavi iz puš, osi in povezav med temi. Ker sta napenjalec in pedal sklopke na različnih oseh mora mehanizem prenašati gibanje v 4 smeri. Na stebru se izvrti luknja v kateri bo os previsa mehanizma, ki gibanje pedala navzdol pretvori v gibanje navzgor. Okroglo jeklo ki povezuje napenjalec in previs se zakrivi, da se prilega zamiku osi. Za reguliranje višine se uporabi dolgo matico.



2.3. Izračun prestavnega razmerja med motorjem in jermenico

Motor ima vrtilno frekvenco $n=690\text{min}^{-1}$, kar je za potrebe kladiva preveč, zato je bilo potrebno število obratov zmanjšati. Želeno število obratov je $n=200\text{min}^{-1}$. Izračuna se prestavno razmerje po enačbi:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{690}{200} = 3,45$$

S prestavnim razmerjem se izračuna potreben premer gnane jermenice, če ima gonilna jermenica premer $d=60\text{mm}$:

$$i = \frac{d_2}{d_1} \rightarrow d_2 = i \times d_1 = 3,45 \times 60 = 207\text{mm}$$

Za $n=200\text{min}^{-1}$ mora gnana jermenica imeti premer $d=207\text{mm}$.

Jermenico se izdelava iz cevi premera $\varnothing 220\text{mm}$. Notranji in zunanji rob se obdelava na stružnici. Iz 20 milimetrovske pločevine se s plazemskim rezalnikom izreže krog, ki se bo prilegal notranjemu premeru cevi. Krog se postuži na mero in po obodu privarja na cev. V sredini se izvrti izvrtina, ki bo služila centriranju pesta. Pesto se izdelava iz okroglega jekla in privarja na jermenico. Luknjo se s trnom razširi na premer $\varnothing 30$, nato se vreže utor za moznič. Globino in širino utora se glede na velikost gredi določi s KSP. Obod jermenice se bombira, postuži tako da je obseg na sredini jermenice za 1mm večji kot obseg na robu jermenice. To zagotavlja mirnejši in stabilnejši tek jermena. Da se doseže $n=200\text{min}^{-1}$ je potreben premer gnane jermenice $d=207\text{mm}$.



Zaradi razpoložljivega materiala ima gnana jermenica premer $d=220\text{mm}$, zato se število obratov spremeni. Dejansko prestavno razmerje je:

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{220}{60} = 3,67$$

Kar pomeni da je dejansko število obratov:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \rightarrow n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{690}{3,67} = 188,01 \rightarrow 188\text{min}^{-1}$$

3. Eksperimentalni del



Posnetek delovanja mehanskega kladiva.

4. Rezultati

Projekt je uspešen in stroj deluje brez večjih težav. Sila udarca je približno enaka sili udarca z roko, le da je frekvenca udarcev večja, zato je kovanje na mehanskem kladivu hitrejše.

Sklopka omogoča mirno in lepo vodljivo delovanje stroja, zato je možna uporaba tudi za fino obdelavo, ne le za grobo. Kratkoročno so vsi spoji, razstavljivi in nerazstavljivi, stabilni in ne kažejo poškodb ali deformacij. Dolgoročno bodo imele velik vpliv tudi bronaste puše, uporabljene za vodila batnice, ki se lahko ob obrabi ali poškodbi zamenjajo.

5. Razprava

5.1. Uspešnost zastavljenih ciljev

Cilji, zastavljeni na začetku izdelave se mi zdijo pretežno izpolnjeni. Stroj popolnoma razstavljiv, in ga je možno sestaviti v približno pol ure, kar močno olajša premikanje stroja, prav tako pa pripomore k lažjemu vzdrževanju, saj je ob obrabi možno zamenjati le en del, ne pa celotnega kladiva. Izdelano je iz odvečnega materiala, zato sama izdelava ni bila finančno zahtevna. Kladivo ima dobro ravnotežje, nihaji se pojavljajo le pri velikih obratih, torej ko je jermen najbolj napet, kar se da rešiti s pritrditvijo konstrukcije.

5.2. Možnosti izboljšave končnega izdelka

Čeprav je nihanje stroja minimalno, bi se vseeno dalo izboljšati. Os se vrti neenakomerno, zaradi velike teži orodja in relativno majhno težo ekscentra in jermenice. Glavni vzrok je teža roke, za katero je bil uporabljen predimenzioniran material in bi zadostovale manjše dimenzije. Uporabljena je votla batnica, z namenom manjšanja teže gibljivega dela stroja in posledično vpliva na nihaje. Po izdelavi se je roka z batnico vred vseeno izkazala za pretežko, zato je bilo ravnotežje potrebno uravnavati s protiutežmi na jermenici in ekscentru. Zaradi visoko ležeče osi deluje sila na veliki ročici, kar še poveča vpliv ekscentra, zaradi česar morajo kakršnekoli protiuteži ostati znotraj premera jermenice, saj bi odstopanja povzročila nihaje. Z dodajanjem polkrožnih uteži se je vrtenje izboljšalo, vendar je masa protiuteži kljub temu premajhna. Ob trenutni zasnovi protiuteži ni možnosti za večanje teže, zato bi za bolj enakomerno vrtenje bila potrebna sprememba vrste protiuteži. Najmirnejši tek bi dosegel z dodajanjem protiuteži, na jermenico, z enako težo in enakim gibanjem kakor orodje, torej rotacijsko v linerarno, da bi se gibanje uravnovesilo, kar pa bi pomenilo ponovno izdelavo vodil še na drugi strani stebra. Poleg teka stroja menim da veliko prostora za izboljšave ni in je projekt zelo uspešen.

6. Zaključek

Če bi se izdelave lotil znova, bi uporabil lažje materiale manjših dimenzij, saj je večina kosov predimenzioniranih in so za svojo nalogo premočni. Sama izdelava je trajala okoli 100 ur, brez načrtovanja in konstruiranja, vendar pa bi se je z načrti lahko lotil vsak z malo tehničnega znanja, kar dokazuje da je samo konstruiranje najbolj zahteven del večine projektov in je izdelava brez dobrih smernic in navodil skoraj nemogoča. Poleg tega pa se je mnogo idej za izboljšavo porodilo med izdelavo, kar je zahtevalo spremembo začetnih načrtov in porabilo več časa, vendar je za to ceno izboljšalo končni izdelek.

7. Viri in literatura

Krautov strojniški priročnik (KSP)

Strojno tehnološki priročnik (STP)