

UNIVERZA V NOVI GORICI
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

**AVTOMATIZACIJA STROJA ZA REZANJE
JERMENSKIH ROKAVOV**

DIPLOMSKO DELO

Kevin Kornhausler

Mentor: doc. dr. Miha Kovačič

Nova Gorica, 2014

ZAHVALA

Zahvaljujem se podjetju Tehimpex d.o.o., ker mi je omogočilo uporabo fotografij iz internega gradiva v diplomskem delu.

NASLOV

Avtomatizacija stroja za rezanje jermenskih rokavov

IZVLEČEK

Podjetje Tehimpex d.o.o. se ukvarja s prodajo in storitvami na področju pogonske tehnike, kot so verižni in jermenski prenosi, reduktorji, ležajna tehnika ter elektromotorji. Zaradi večje prepoznavnosti na področju jermenske tehnike se je podjetje odločilo, da bo avtomatiziralo stroj za rezanje jermenskih rokavov. V diplomskem delu je predstavljen projekt avtomatizacije stroja z vidika konstruiranja strojnih delov in pridobitve oznake CE (fra. Conformité Européenne – evropska skladnost). Opisan je postopek prilagajanja obstoječih elementov stroja in dodajanje njegovih novih delov ter postopek pridobitve potrdila o skladnosti končnega izdelka. Diplomsko delo se osredotoča na konstruiranje sprememb elementov stroja v programskem orodju AutoCAD ter sestavi seznama potrebnih delov za fizično izvedbo. Predmet dela je tudi izdelava tehnične dokumentacije za stroj, ki je potrebna za pridobitev potrdila o skladnosti izdelka (CE).

KLJUČNE BESEDE

Jermenski rokav, jermen, rezalnik jermenov, tehnična dokumentacija, varnost strojev, oznaka CE.

TITLE

Automation of belt sleeves cutting machine

ABSTRACT

Company Tehimpex d.o.o. provides sales and services in the domain of drive technology including chain and belt transmissions, gearboxes, bearings and electric motors. In order to enhance its visibility in the field of belt technology, the company decided to automate its belt sleeve cutting machine. The project of belt sleeve cutting machine automation, which encompasses design of machine parts and CE (Conformité Européenne - European Conformity) marking procedure is first presented. Then the procedure for adaptation of the existing machine elements, upgrade with new parts and the procedure for obtaining the certificate of conformity for end-products are described in detail. The work is focused on the design of the modified machine elements using AutoCAD software and the preparation of a list of items needed for the physical implementation. Preparation of the technical documentation, which is mandatory to obtain the certificate of conformity (CE) for the product, is described as well.

KEYWORDS

Belt sleeve, belt, belt cutting machine, technical documentation, machine safety, CE marking.

KAZALO

1	UVOD.....	1
2	OPIS OBSTOJEČEGA STROJA ZA REZANJE JERMENSKIH ROKAVOV ..	4
3	KOMPONENTE SISTEMA VODENJA STROJA ZA REZANJE JERMENSKIH ROKAVOV	6
3.1	Ključni elementi stroja in sistema vodenja	8
3.1.1	Trifazni asinhronski elektromotor.....	8
3.1.2	Servomotor.....	8
3.1.3	Frekvenčni regulator	9
3.1.4	Elektromehanski valj.....	10
3.1.5	LCD prikazovalnik.....	10
3.1.6	Linearno vodilo	10
3.1.7	Kroglično navojno vreteno.....	11
3.1.8	Induktivno bližinsko tipalo	12
3.1.9	Končna stikala.....	12
3.1.10	Programirljivi logični krmilnik.....	12
3.2	Primerjava stroja s podobnimi stroji.....	14
4	DOPOLNITEV STROJA IN SISTEMA VODENJA	15
4.1	Prilagoditev obstoječih in vgradnja novih delov stroja	15
4.1.1	Sklop pomika rezalnega dela	15
4.1.2	Rezalni sklop.....	25
4.1.2.1	Način postavitve elektromehanskega valja za delovni gib rezalnega noža	26

5	PRIDOBITEV OZNAKE CE.....	34
5.1	Postopek pridobitve oznake CE.....	34
5.2	Uporaba direktiv in standardov.....	35
5.3	Uvrstitev obdelovalnega stroja glede na prilogo IV. Direktive o varnosti strojev.....	36
5.4	Preizkus proizvoda in izdelava ocene tveganja	36
5.5	Tehnična dokumentacija	45
5.5.1	Ureditev in izris delavniških ter sestavnih risb	45
5.5.2	Identifikacija proizvoda	46
5.5.3	Navodila za uporabo in vzdrževanje	46
5.5.4	ES izjava o skladnosti	47
6	NAMESTITEV OZNAKE CE NA STROJ	49
7	ZAKLJUČEK.....	50
8	LITERATURA	51

KAZALO SLIK

Slika 1: Stroj za rezanje jermenskih rokavov z nameščenim obdelovancem.....	3
Slika 2: Obstoječi stroj za rezanje jermenskih rokavov	4
Slika 3: Rezalni sklop.....	5
Slika 4: Splošni diagram poteka delovanja stroja	7
Slika 5: Skica gredne vezi	17
Slika 6: Možne izvedbe postavitve elektromotorja za pogon navojnega vretena	20
Slika 7: Postavitev nosilca elektromotorja na okvir.....	23
Slika 8: Postavitev volana za ročno upravljanje	24
Slika 9: Dimenzije, ki določajo velikost podpornih elementov	25
Slika 10: Vodoravna postavitev z delovnim gibom naprej	26
Slika 11: Vodoravna postavitev z delovnim gibom nazaj.....	27
Slika 12: Navpična postavitev z delovnim gibom navzdol.....	28
Slika 13: Navpična postavitev za ogrođjem stroja.....	29
Slika 14: Obstoječi način pomika rezalnega noža.....	31
Slika 15: Celoten rezalni sklop	33
Slika 16: Identifikacijska ploščica z oznako CE	49

KAZALO TABEL

Tabela 1: Vrednosti za ocenjevanje tveganja.....	40
Tabela 2: Elementi tveganja.....	41
Tabela 3: Elementi tveganja po postopku zmanjševanja tveganja.....	44
Tabela 4: Razlaga označevanja risb	46

1 UVOD

Podjetje Tehimpex d.o.o. je bilo ustanovljeno leta 1991 v Ajdovščini z namenom združitve izdelkov svetovnih proizvajalcev na področju pogonske tehnike. Pridobili so zastopstva priznanih svetovnih proizvajalcev kot so SKF, Gates, Bonfiglioli Group, Neri Motori, Tellure Rota, Chiaravalli Group, Regina, Beta, Iko, Cemp, Systemplast, Angst+Pfister, Roll-Ven idr. Zaradi povečanja obsega dela in artiklov, so se leta 2004 preselili v nove prostore v Vipavi, kjer poleg prodaje in skladiščenja izvajajo tudi servisne storitve na področju ležajne tehnike, diagnostike in nadzora stanja strojev, pogonske tehnike, ki obsega jermenske in verižne prenose ter reduktorje; prav tako pa njihove servisne storitve vključujejo tudi področje elektromotorjev in frekvenčnih regulatorjev, ter področje transportne in tesnilne tehnike (Tehimpex, 2014). Podjetje danes zaposluje 25 – 30 delavcev. Največji delež prodaje podjetja Tehimpex d.o.o. predstavlja prodaja ležajev, ki jih dobavljajo različnim podjetjem v Sloveniji.

Vsi proizvajalci jermenov izdelujejo industrijske jermene, ki so vedno v obliki jermenskih rokavov. Izjema so le jermeni za avtomobilsko industrijo - ti imajo točno določene specifikacije. Jermenski rokavi se uporabljajo na najrazličnejših področjih v industriji in tako je lahko vsak jermen drugačen, odvisno od potrebe naročnikov. Proizvajalci jermenskih rokavov težijo k temu, da imajo distributerji v svojih distribucijskih centrih lastne stroje za razrez jermenov. Na tak način imajo proizvajalci na zalogi le različne vrste jermenskih rokavov in ne tudi posameznih jermenov. Glede na želje naročnikov, se v distribucijskih centrih razreže jermene po želenih specifikacijah. V primeru, da bi distribucijski centri imeli na zalogi vse možne izvedbe jermenov, bi bile te zaloge težko obvladljive. Prednosti takšnega načina delovanja distribucijskih centrov so v večji prilagodljivosti strankam ter boljši optimizaciji skladišča.

Podjetje Tehimpex d.o.o. je konstruiralo in izdelalo stroj za ročno rezanje jermenskih rokavov. Zaradi želje po večji prepoznavnosti na trgu s področja jermenske tehnike se je podjetje odločilo, da bo delovanje stroja avtomatiziralo. To se lahko doseže z vgraditvijo servomotorjev, ki opravijo premike med rezanjem, kar je bilo pri predhodni različici stroja potrebno izvajati ročno. V primeru avtomatizacije stroja je treba spremeniti določene dele konstrukcije stroja in namestiti programirljive

krmilnike elektromotorjev. Za prodajo strojev na območju Evropske unije podjetje potrebuje izdelano ustrezno dokumentacijo za stroj, ki jo lahko pristojni organi zahtevajo v pregled. Ta dokumentacija vsebuje splošni in tehnični del. Splošni del obsega osnovne podatke o proizvajalcu, opis in osnovne tehnične podatke proizvoda, seznam uporabljenih harmoniziranih standardov in tehničnih rešitev, navodila za uporabo ter izjavo o skladnosti proizvoda. Tehnični del dokumentacije vsebuje celoten načrt proizvoda in podrobne načrte sestavnih delov skupaj z načrti krmilnih vezij ter razlago za razumevanje načrtov. V tem delu dokumentacije mora biti podana tudi ocena tveganja in opis ukrepov za zmanjšanje tveganja. Po ustrezno izpolnjeni dokumentaciji sledi še ugotavljanje skladnosti z notranjim preverjanjem izdelave strojev, s čimer proizvajalec zagotavlja in izjavlja, da bo hranil tehnično dokumentacijo še vsaj deset let po datumu proizvodnje stroja in jo bo ob zahtevi predložil na vpogled pristojnim organom. Ker obravnavani stroj ni naveden v prilogi IV. Direktive o varnosti strojev kot nevaren stroj, zanj dokumentacije s te priloge ni bilo treba obravnavati.

Namen diplomskega dela je predstaviti konstrukcijske spremembe stroja za pripravo na avtomatizacijo. Hkrati je namen tudi prikaz urejanja dokumentacije za pridobitev potrdila o skladnosti izdelka (CE) za obravnavani obdelovalni stroj.

Na sliki 1, ki je na naslednji strani je prikazana ena izmed izvedenk obstoječega stroja za rezanje jermenskih rokavov z nameščenim obdelovancem – jermenskih rokavom (Tehimpex, 2010).



Slika 1: Stroj za rezanje jermenskih rokavov z nameščenim obdelovancem

Cilj diplomske naloge je priprava stroja za avtomatizacijo in ureditev dokumentacije za pridobitev potrdila o skladnosti izdelka (CE). Namen je, da se komponente stroja ter tudi stroj kot celoto izriše v programskem orodju tako, da bo na podlagi delavniških risb nato možna tudi fizična izvedba stroja.

2 OPIS OBSTOJEČEGA STROJA ZA REZANJE JERMENSKIH ROKAVOV

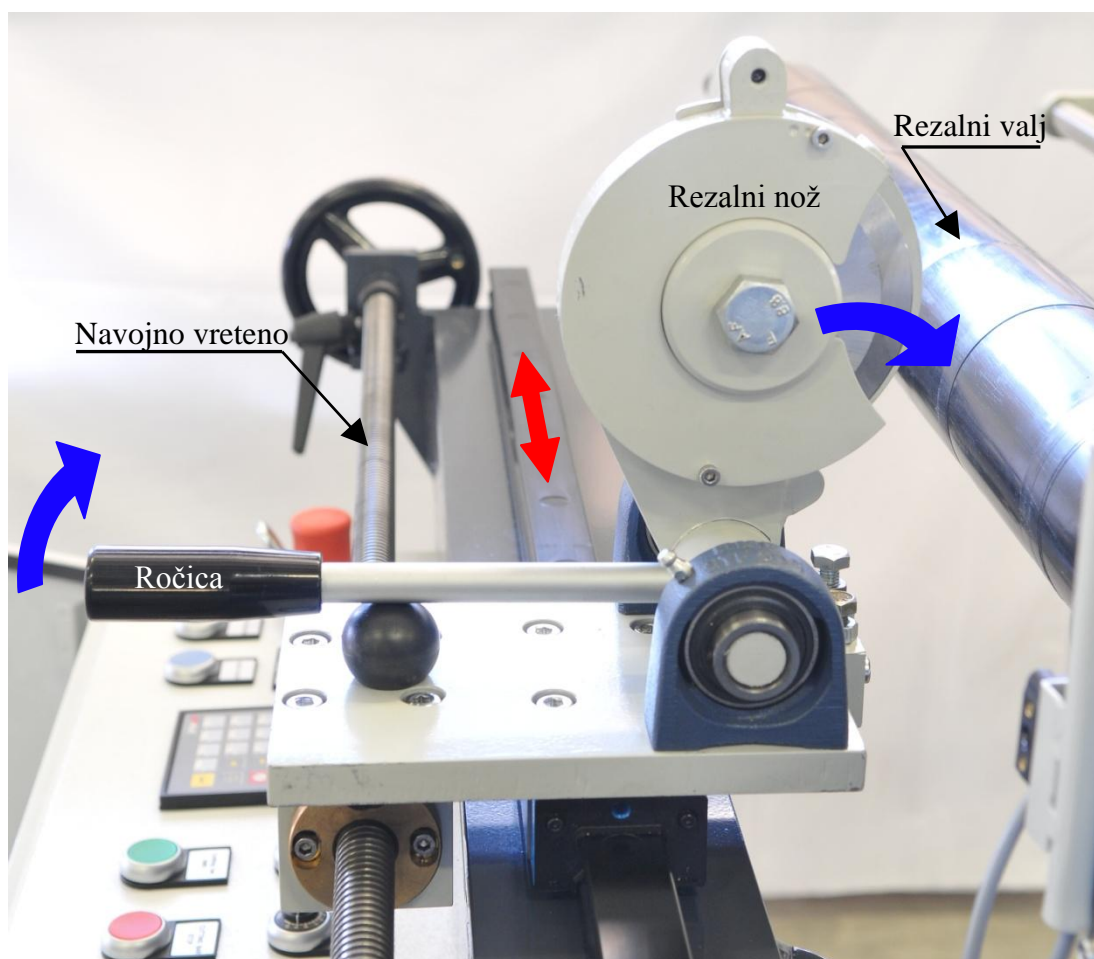
V nadaljevanju je opisan obstoječi stroj za rezanje jermenskih rokavov. Osnovne sklope stroja prikazuje slika 2 (Interno gradivo Tehimpex d.o.o., 2010).



Slika 2: Obstoječi stroj za rezanje jermenskih rokavov

Stroj za rezanje jermenskih rokavov je namenjen rezanju zobatih, ploščatih in poly-V jermenskih rokavov, ki vsebujejo steklena in aramidna vlakna ter jekleno pletenico. Jermenski rokav je nataknen na dveh valjih – rezalnemu in napenjalnemu. Napenjalni valj služi za napenjanje jermenskega rokava. Ta mora biti dovolj napet, zato da se zagotovi pravilen odrez jermena. Napenjanje izvrši elektromotor, ki pomakne napenjalni valj za tolikšno razdaljo od rezalnega valja, da je obdelovanec

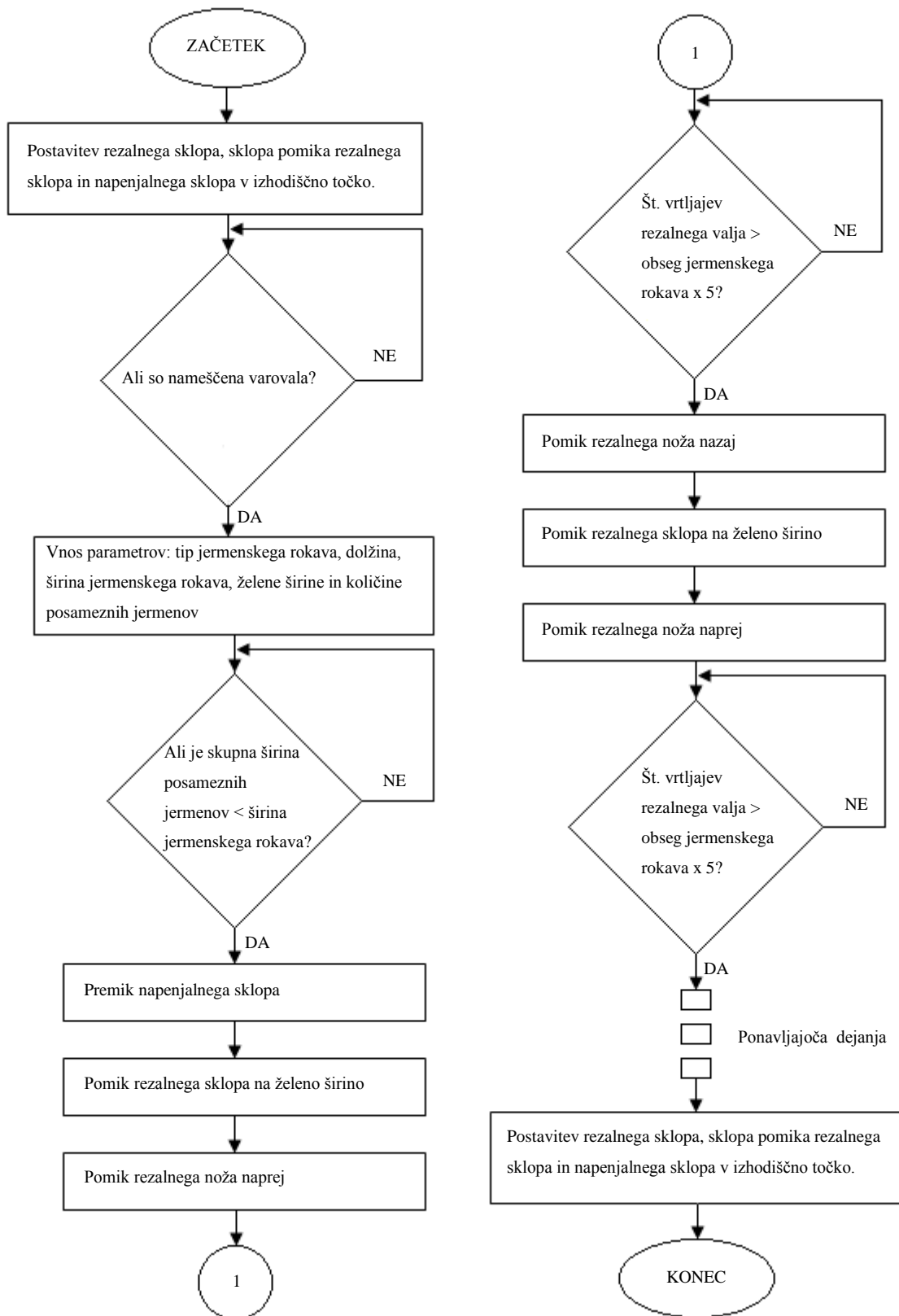
dovolj napet. Rezalni valj služi za pogon jermenskega rokava ter nudi podporo pri rezanju, saj rezalni nož pritiska na jermenski rokav. Širino odreza se nastavlja z vrtenjem navojnega vretena, ki premika navojno matico in linearne vozičke, na katerih je pritrjena plošča z rezalnim nožem. Premik v milimetrih je prikazan na zaslonu, ki je na elektro omari. Z dvigom ročice – vzvodom premaknemo rezalni nož naprej preko osovine, ki je uležajena v dveh ležajih, in tako odrežemo jermen. Na sliki 3 je prikazan rezalni sklop z glavnimi elementi. Modro obarvani puščiči prikazujeta smer premika rezalnega noža glede na premik ročice – vzvoda, rdeče obarvana puščica pa prikazuje možne smeri pomika rezalnega sklopa po linearnem vodilu.



Slika 3: Rezalni sklop

3 KOMPONENTE SISTEMA VODENJA STROJA ZA REZANJE JERMENSKIH ROKAVOV

Pri stroju za razrez jermenskih rokavov je željeno samodejno delovanje razreza jermenskega rokava na posamezne jermene. To se je izvedlo z namestitvijo servomotorjev, ki opravljajo ključne premike. Premika, ki se izvajata samodejno sta pomik širine odreza in potisk rezalnega noža skozi jermenski rokav. Ker se iz enega jermenskega rokava lahko odreže tudi več kot 50 posameznih jermenov, se na takšen način zelo skrajša čas razreza jermenskega rokava. Celoten sistem vodi krmilnik, kateremu mora upravljavec stroja pred pričetkom dela preko grafičnega vmesnika podati zahtevane podatke. Splošni diagram poteka delovanja stroja je prikazan na sliki 4.



Slika 4: Splošni diagram poteka delovanja stroja

3.1 Ključni elementi stroja in sistema vodenja

3.1.1 Trifazni asinhronski elektromotor

Trifazni asinhronski elektromotor se na obravnavanem stroju uporablja za pogon rezalnega valja. Na podlagi preteklih izkušenj je najprimernejše število vrtljajev za odrez jermenskih rokavov med 300 in 400 min^{-1} . Ker se različni jermenski rokavi različno obnašajo pri določenem številu vrtljajev, se število vrtljajev elektromotorja spreminja z uporabo frekvenčnega regulatorja. Načeloma se pri višjem številu vrtljajev reže manjše, pri nižjem številu vrtljajev pa večje jermenske rokave. Pri preizkusu z elektromotorjem moči 2,2 kW se je ugotovilo, da je ta pri rezanju najzahtevnejšega obdelovanca prešibak. Ker je preizkus z eno stopnjo močnejšim elektromotorjem dal zadovoljive rezultate, se za projekt uporabi elektromotor moči 3,0 kW pri nazivnem številu vrtljajev 900 min^{-1} . Za prenos vrtenja z izhodne gredi elektromotorja na gnani rezalni valj se uporabi zobati jermen in dve zobati jermenici s številom utorov v razmerju 1:2. Tako se rezalni valj vrti s 450 min^{-1} .

3.1.2 Servomotor

Servomotor je elektromotor, ki omogoča natančen nadzor kotnega položaja, hitrosti in pospeška gredi rotorja. Sestavljen je iz elektromotorja, ki je spojen s tipaloma za hitrost in pozicijo, ki dajeta krmilniku povratno informacijo (<http://sl.wikipedia.org/wiki/Elektromotor>). V projektu avtomatizacije stroja za rezanje jermenskih rokavov smo uporabili tri servomotorje – enega za pogon navojnega vretena, ki skrbi za premik rezalnega noža po širini obdelovanca, drugega za pogon elektromehanskega valja za delovni premik rezalnega noža, tretji servomotor pa se je na stroju za rezanje jermenskih rokavov uporabil za napenjanje obdelovanca.

Servomotor za pogon navojnega vretena je izbran na podlagi izračuna potrebnega vrtilnega momenta za vrtenje navojnega vretena. Z merjenjem sile na ročici dolžine 10 cm od središča navojnega vretena je ugotovljeno, da je potrebna sila za zasuk vretena, ki znaša 2 N. Na podlagi teh podatkov se izračuna vrtilni moment M po naslednji enačbi:

$$M = F \cdot r \quad (1)$$

$$M_1 = 2 \text{ N} \cdot 0,1 \text{ m}$$

$$M_1 = 0,2 \text{ Nm}$$

Pri tem je treba upoštevati faktor varnosti f_v , ki znaša 1,5.

$$M = f_v \cdot M_1$$

$$M = 1,5 \cdot 0,2 \text{ Nm}$$

$$M = 0,3 \text{ Nm}$$

Pri čemer je M vrtilni moment, f_v faktor varnosti in r dolžina ročice.

Z izračunanim vrtilnim momentom iz kataloga proizvajalca servomotorjev je izbran servomotor z enakim ali večjim vrtilnim momentom. Ustreza servomotor moči 210 W in 0,45 Nm nazivnega vrtilnega momenta.

Servomotor za pogon elektromehanskega valja smo izbrali glede na potreben elektromehanski cilindar. Sama izbira elektromehanskega valja je opisana v podpoglavju 3.1.4. Proizvajalec elektromehanskega valja priporoča njegovo uporabo v kombinaciji s 400 W servomotorjema, zato se za ta namen uporabi servomotor moči 400 W z nazivnim vrtilnim momentom 0,84 Nm.

Zaradi večjih sil, ki so potrebne za zadostno napetost obdelovanca, mora biti servomotor za napenjanje obdelovanca močnejši od drugih dveh. Servomotor je bil izbran na podlagi preizkusov. Servomotor moči 1,79 kW se je pri preizkusu izkazal kot prešibak, saj ni zmožal pravilno napeti najupornejšega obdelovanca. Kot bolj ustrezen se je izkazal naslednji močnejši servomotor moči 2,76 kW in 5,7 Nm nazivnega vrtilnega momenta.

3.1.3 Frekvenčni regulator

Frekvenčni regulator regulira hitrost vrtenja asinhronskega elektromotorja s spreminjanjem frekvence f in napetosti u po funkciji $\frac{u}{f} = \text{konstanta}$. Frekvenčni regulator se izbere glede na nazivno moč motorja, in sicer mora biti močnejši ali

enako močan kot elektromotor. Za avtomatizacijo stroja za rezanje jermenskih rokavov potrebujemo štiri frekvenčne regulatorje, za vsak elektromotor svojega. Za servomotorja moči 210 W in 400 W se uporabi frekvenčni regulator moči 550 W, za servomotor moči 2,76 kW ter asinhronski elektromotor moči 3 kW pa frekvenčni regulator moči 4 kW.

3.1.4 Elektromehanski valj

Elektromehanski valj je komponenta stroja, ki opravlja funkcijo premika rezalnega noža. Poganja ga servomotor. Tip elektromehanskega valja se izbere glede na največjo silo, s katero je elektromehanski valj sposoben premagati upor najzahtevnejšega materiala pri rezanju jermenskega rokava. Materiali iz katerih so jermenski rokavi izdelani, so različni. Za določitev potrebne sile rezanja se upošteva silo upora pri rezanju najzahtevnejšega materiala jermenskega rokava, ki je namenjen razrezu na tem stroju. V našem primeru smo izbirali med tremi različicami elektromehanskih valjev proizvajalca SKF, ki se razlikujejo po velikosti in največji zmogljivosti: 600 N, 2375 N in 5400 N sile. Predvidevamo, da je potrebna sila za potisk noža skozi najzahtevnejši jermenski rokav okrog 800 N. Iz tega sledi sklep, da je za obravnavani stroj ustrezna različica elektromehanskega valja CASM-40, ki premore silo 2375 N.

3.1.5 LCD prikazovalnik

Prikazovalnik služi kot vmesnik med človekom in strojem. S pritiskom na zaslon na dotik dajemo ukaze komponentam stroja. Zaradi želje po boljšem estetskem videzu stroja in lažjem komuniciranju človek–stroj smo izbrali LCD barvni prikazovalnik.

3.1.6 Linearno vodilo

Sistem linearnega vodila je sestavljen iz vodila in vozička, v katerem jeklene kroglice neskončno krožijo, kar omogoča teoretično neskončno dolžino linearnega vodila. Kroglice krožijo v utoru na vodilu in vozičku, tako da se lahko voziček na vodilu prosto premika v obe smeri (http://www.nskamericas.com/cps/rde/xbcr/na_en/Linear_Guide_Tutorial.pdf). Za naš projekt se uporabijo štiri linearna vodila, po dve enaki. Dve vodili služita kot

vodili za pomik rezalnega sklopa po širini rezanja in ne prenašata nobenih večjih obremenitev. Njuno velikost, ki znaša 20 mm se je določilo na podlagi vizualne skladnosti z ostalimi strojnimi deli na tem delu stroja. Širši linearni vodili imata vlogo vodil za pomik napenjalnega sklopa, kjer prihaja do večjih obremenitev, zato se je preračunalo, če izbrana velikost vodila prenaša največje možne obremenitve, ki se pojavijo med delovanjem stroja. Za izračun smo uporabili podatke za linearno vodilo velikosti 30 mm. Na podlagi računskega postopka, ki je zapisan v katalogu proizvajalca linearnih vodil in izmerjenih podatkov s stroja se je najprej izračunalo posamezne vsote momentov na središče plošče, ki povezuje vozičke. Momenti delujejo v tri smeri: x, y iz z. Nato se z uporabo izračunanih momentov izračuna sile, ki delujejo na posamezen voziček. Ker sta po dva vozička na vsakem vodilu, se iz tega izračuna sile na vsako vodilo. Z množenjem izračunanih sil in faktorja, ki ga izberemo iz tabele glede na smer obremenitve izračunamo statični ekvivalent obremenitve za vsak voziček posebej. Tisti voziček, ki je najbolj obremenjen se upošteva za izračun statičnega faktorja varnosti po enačbi (2).

$$f_s = \frac{C_o}{P} \quad (2)$$

Pri čimer je:

- f_s statični faktor varnosti,
- C_o največja statična obremenitev, ki jo posamezna velikost vodila prenese,
- P statični ekvivalent obremenitve najbolj obremenjenega vozička.

Z izračunom se je ugotovilo, da je vrednost izračunanega statičnega faktorja varnosti 3,045. Varnostni faktor za linearno vodilo pri normalnih delovnih pogojih je 2,5. Ker je izračunani statični faktor varnosti večji od minimalnega varnostnega faktorja, lahko na podlagi tega sklepamo, da je izbrana velikost linearne vodila primerna.

3.1.7 Kroglično navojno vreteno

"Kroglično vreteno je izjemno učinkovito podajalno vreteno s kroglico, pri katerem se kroglica kotali med osjo vijaka in matico" (<http://www.thk.com/?q=si/node/9722>). Njegova vloga na obravnavanem stroju je premik rezalnega sklopa, kar omogoča

nastavljanje širine rezanja. Tip krogličnega navojnega vretena se ne spremeni, ampak ostane enak kot že na predhodnih različicah tega stroja – tj. kroglično vreteno premera 20 mm, s korakom navoja 5 mm.

3.1.8 Induktivno bližinsko tipalo

"Induktivno tipalo je senzor, ki deluje brez dotika. Sestavljeno je iz treh delov: oscilatorja, stikalne stopnje in izhodne ojačevalne stopnje. Oscilator proizvaja magnetno polje, ki izžareva skozi aktivno ploskev senzorja. Ko približamo aktivni ploskvi kovinski predmet, se v njem inducirajo vrtnični tokovi, ki zadušijo oscilator. To zazna stikalna stopnja, ki da signal za preklop stikala" (<http://www.fbselektronik.com/induktivni-senzorji.html>).

Na stroju za rezanje jermenskih rokavov smo uporabili induktivna tipala za ustavitev pogona elektromotorja na končnih točkah – tj. pri minimalnem in maksimalnem pomiku napenjalnega sklopa. Nameščena so tudi na tistih delih stroja, ki jih je treba odstraniti, če želimo, da se stroj ročno vodi. V tem primeru služijo kot varnostni element, da se tisti sklop, ki se želi ročno upravljati, ne more hkrati voditi samodejno.

3.1.9 Končna stikala

Končna stikala se na obravnavanem stroju uporabljajo za enak namen kot induktivna tipala, le da so postavljena iz varnostnih razlogov, če katero od induktivnih tipal ne bi pravilno delovalo. V tem primeru bi premikajoč se sklop povozil mehansko delujoče končno stikalo in bi se tako sprožil signal za ustavitev pogona elektromotorja.

3.1.10 Programirljivi logični krmilnik

Za krmiljenje servomotorjev in sprejemanje signalov stikal in tipal smo uporabili krmilnik s 16 vhodi in 16 izhodi. V nadaljevanju so podani vhodi in izhodi krmilnika, ki so potrebni za pravilno delovanje obravnavanega stroja.

Vhodi:

- izhodni signal (ali 0 ali 1) vsakega izmed servomotorjev (1+1+1),
- pri servomotorju za napenjanje obdelovanca je potreben še dodaten vhod v krmilnik, kjer spremljamo podatek o električnem toku, ki določa silo napenjanja obdelovanca,
- stikala za končno in izhodiščno pozicijo napenjalnega valja potrebujejo vsako po en vhod (1+1),
- induktivna tipala potrebujejo vsako po en vhod (1+1),
- stikalo za ročni pomik rezalnega noža (1),
- končni stikali na sklopu pomika rezalnega dela (1+1),
- varnostno stikalo na pokrovčku osi navojnega vretena (1),
- varnostno stikalo podporne ročice rezalnega valja (1),
- rezervni vhod.

Izhodi:

- regulirni izhod vsakega izmed servomotorjev (1+1+1),
- opozorilna lučka za napako (1),
- rezervni izhod.

3.2 Primerjava stroja s podobnimi stroji

Če obstoječi stroj za rezanje jermenskih rokavov primerjamo s konkurenčnimi stroji na trgu, lahko ugotovimo, da so si osnovne karakteristike strojev zelo podobne, saj stroji delujejo po skoraj enakem principu. Stroj podjetja Tehimpex d.o.o. se v primerjavi z ostalimi bistveno razlikuje v vgrajenih strojnih elementih. Ti so najvišjega cenovnega in kakovostnega razreda, pri čemer pa je potrebno omeniti, da je prodajna cena stroja nižja od prodajnih cen konkurenčnih strojev. Obravnavani stroj se razlikuje tudi v tem, da je bolj prilagodljiv, saj lahko na njem režejo različne vrste jermenskih rokavov različnih dolžin z minimalno količino dodatnega pribora. Nekateri proizvajalci uporabljajo za pogon nekaterih komponent stroja stisnjen zrak, kar je slabost, saj nimajo vsi uporabniki možnosti priklopa na kompresor. Za pridobivanje stisnjenega zraka se porablja dodatna električna energija za pogon kompresorja, ki je velik potrošnik električne energije, medtem ko stroj za rezanje jermenskih rokavov podjetja Tehimpex d.o.o. sestavljajo izključno električne komponente. Trdimo lahko, da je obravnavani obstoječi stroj konkurenčen ostalim strojem na trgu, vendar pa podjetje z njim še nima uveljavljenega imena.

4 DOPOLNITEV STROJA IN SISTEMA VODENJA

4.1 Prilagoditev obstoječih in vgradnja novih delov stroja

Pri načrtovanju in konstruiranju kateregakoli dela stroja, je vedno treba upoštevati varnost. Stroj mora imeti varnost sistemsko vgrajeno, kar pomeni, da mora biti stroj zasnovan tako, da je njegovo delovanje varno za upravljavca. To se izvede z uporabo ustreznih varoval in varnostnih naprav.

4.1.1 Sklop pomika rezalnega dela

Za pomik rezalnega dela v vodoravni smeri smo uporabili kroglično navojno vreteno, ki ima prednapeto matico. Prednapetje matice krogličnega navojnega vretena je potrebno zato, da matica na vretenu nima zračnosti s čimer je zagotovljeno natančno pozicioniranje. Na matico navojnega vretena je pritrjena plošča rezalnega dela, na kateri je pritrjen rezalni nož. Z vrtenjem krogličnega navojnega vretena se premika matica na njem, posledično pa se premika tudi rezalni nož.

V nadaljevanju so predstavljene tri možne variante za izvedbo sklopa pomika rezalnega dela. Variante smo analizirali in naposled izbrali najbolj primerno.

Varianta 1

Najbolj primerna varianta za izvedbo sklopa pomika rezalnega dela je pogon navojnega vretena preko zobatega jermena. Gred elektromotorja in gred navojnega vretena bi bili postavljeni vzporedno. Na vsaki izmed njiju je nameščena zobata jermenica, ki je pritrjena na gred.

Prednosti te izvedbe so:

- prihranek prostora,
- ni potrebna večja rekonstrukcija gredi navojnega vretena,
- jermen deluje kot sklopka in ublaži sunke,
- ne prihaja do neosnosti kot pri togi gredni zvezi.

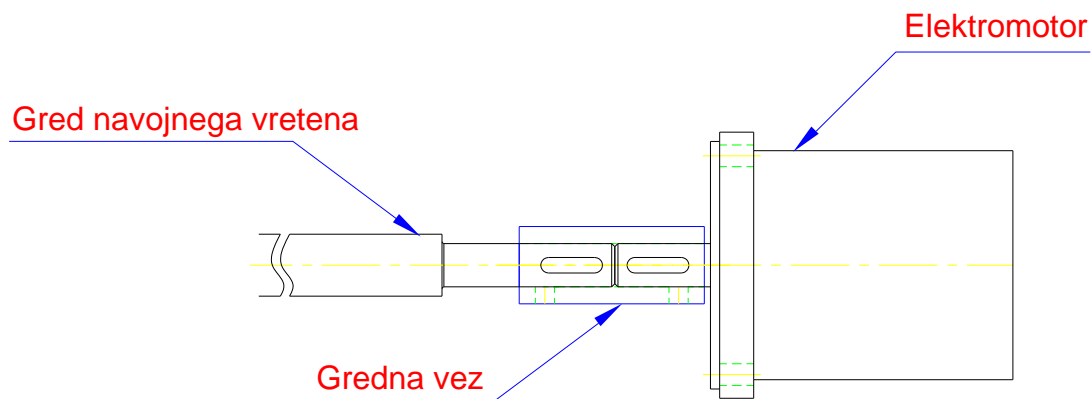
Pri rekonstrukciji gredi smo spremenili konec gredi, na katerega se pritrdi jermenica. Zaradi estetskega in praktičnega vidika smo se pri tej možnosti izvedbe odločili za postavitev celotnega navojnega vretena na sredino plošče okvirja, namesto postavitve na posebnih nosilcih pred okvirjem stroja. S tem smo prihranili prostor proti upravljavcu, ki upravlja stroj. Z estetskega vidika je ta postavitev boljša, ker so tako vsi elementi sklopa pomika rezalnega dela na vrhu plošče okvirja. Na starejši izvedbi stroja za rezanje jermenskih rokavov je bilo navojno vreteno pomaknjeno z okvirja v smeri proti upravljavcu stroja. S to izvedbo si tudi olajšamo sestavo elementov uležajenja, saj je mogoče kupiti celotna ležajna ohišja z ležaji in sistemom za pritrditev uležajenja. Elementi uležajenja na tej gredi so ležaji s poševnim dotikom in oljna tesnila. Ležajna ohišja pa se enostavno privijači na okvir in ni potrebna individualna sestava posameznih elementov uležajenja. S postavitvijo navojnega vretena na ploščo okvirja smo se odločili za spremembo linearnega vodila. Na predhodnih različicah stroja je bilo nameščeno eno linearno vodilo širine 35 mm, v našem primeru pa smo to linearno vodilo nadomestili z dvema linearnima vodiloma širine 25 mm. S tem se porazdelijo aksialne obremenitve na dve vodili.

Drugi dve varianti nismo izbrali zaradi težav, ki jih prinašajo.

Varianta 2

Druga možna varianta za izvedbo sklopa pomika rezalnega dela je pogon gredi navojnega vretena z gredno zvezo med gredjo navojnega vretena in izhodno gredjo elektromotorja. Za zagotovitev natančnosti pomika rezalnega noža mora biti zveza med izhodno gredjo elektromotorja in gredjo navojnega vretena toga. Toga gredna vez nima zračnosti. Na voljo je več možnosti: obojčna (mufna), objemna in kolutna gredna vez. Ker ni posebnih zahtev glede gredne vezi, smo izbrali najenostavnejšo varianto – obojčno (mufno) gredno vez.

Skica gredne vezi med gredjo navojnega vretena in izhodno gredjo elektromotorja te izvedbe je prikazana na sliki 5.



Slika 5: Skica gredne vezi

Težavo pri tej izvedbi je povzročal del gredi navojnega vretena, kjer pride vrezan navoj za matice, ki zatisnejo uležajenje. Največji možni premer postruženega navojnega vretena je 16 mm, najmanjši možni premer postruženega navojnega vretena pa nam zastavlja gred elektromotorja, ki meri 14 mm. V tem območju so na voljo le kroglični ležaji s poševnim dotikom, ki imajo notranji premer 15 mm. Standarden navoj za matice, ki jih potrebujemo za zatesnitev uležajenja v tem območju je le 14 ali 16 mm, torej se pojavi težava z neskladnostjo potrebnih strojnih elementov. Alternativna rešitev zatesnitve uležajenja namesto dveh matic je izdelava kovinskega obroča, ki ga pritrdimo s pomočjo navojnih zatičev, vendar se natančnost zatesnitve uležajenja precej poslabša.

Zaradi številnih težav pri spreminjanju konstrukcije uležajenja navojnega vretena smo opustili načrt rekonstrukcije tega dela.

Varianta 3

Tretja varianta za izvedbo sklopa pomika rezalnega dela je sprememba vrstnega reda elementov tega sklopa, kar v praksi pomeni, da se celotni sklop pomika rezalnega dela zasučje za 180°. V tem primeru bi bila potrebna poglobitna rekonstrukcija le konca gredi vretena, kjer je bil na predhodni različici stroja nameščen volan za ročni pomik. Na koncu gredi, kjer pride gredna vez med elektromotorjem in gredjo bi se dodal utor za moznik in posnetje gredi, s čimer bi se izognili morebitnim težavam pri razstavljanju gredne vezi, ki bi jih povzročil odtis konice navojnega zatiča v gredi. V primeru težav z delovanjem elektromotorja mora biti na stroju nameščen tudi volan

za ročno delovanje. Tega bi se dalo namestiti na nasprotni konec gredi navojnega vretena, kjer se podaljša dolžino navoja za zatisnitev uležajenja, in se s tem pridobi prostor za namestitev volana v primeru nedelovanja elektromotorja za pomik širine odreza.

Tudi pri tej inačici smo ugotovili težave. Med delovanjem elektromotorja lahko pride do neosnosti med gredjo elektromotorja in gredjo navojnega vretena. V tem primeru bi prišlo do neželenih aksialnih sil in morebitnih poškodb ležajev na gredi. Zaradi tega smo opustili tudi to možnost.

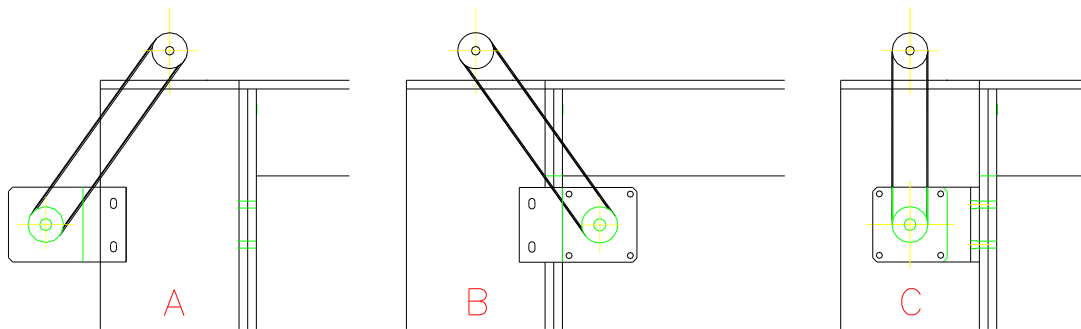
Nove elemente sklopa pomika rezalnega dela z upoštevanjem variante 1 smo izbrali glede na navojno vreteno, za katerega želimo, da ostane enako kot pri predhodnih različicah stroja. To je vreteno premera 20 mm, ki ima korak navoja 5 mm. To pomeni, da je za 1 mm premika v smeri navoja vretena treba petkrat zavrteti gred navojnega vretena okrog svoje osi. S to postavko bodo tudi programirani krmilniki, ki dajejo signal elektromotorjem. Na ta način bo krmilnik razumel, koliko vrtljajev mora elektromotor narediti, da doseže določeno širino odreza. Glede na premer notranjega navoja vretena smo določili velikost standardnega ležaja, ki smo ga uporabili za uležajenje. Notranji navoj navojnega vretena ima premer 16 mm, to je največja možna mera, na katero lahko gred stružimo za postavitev uležajenja.

Zaradi nujnosti izničitve zračnosti uležajenja smo za uležajenje uporabili enoredne kroglične ležaje s poševnim dotikom. Če bi v uležajenju imeli zračnost, bi bil odrez nenatančen. Rezalni nož bi se namreč lahko zaradi zračnosti v sklopu premika rezalnega dela za kakšen milimeter premikal po širini odreza, kar pa pri odrezu ni zaželeno, saj bi prihajalo do velikih odstopanj pri odrezu več jermenov iz rokava. Glede na največji premer struženja navojnega vretena se izbere ležaj z enakim ali manjšim notranjim premerom. V našem primeru smo izbrali ležaj z notranjim premerom 12 mm in pripadajočim ležajnim ohišjem, ki se s štirimi vijaki privijači na okvir. Del gredi navojnega vretena, na katerega bomo namestili uležajenje prilagodimo dimenzijam ležajnega ohišja. Pri tem smo morali upoštevati tudi navoj za zatesnitev uležajenja, ki se ga naredi dovolj širokega, da je nekaj rezerve za nastavljanje privitosti vijačne zveze za zatesnitev uležajenja gredi. Na koncu gredi navojnega vretena, kjer je nameščena jermenica za pogon gredi je potrebno izbrati način pritrditve jermenice na gred. To se lahko izvede na več načinov.

Najpogostejša izvedba je pritrnitev z moznikom, vendar v našem primeru ne pride v poštev, saj naletimo na težavo. Vsak elektromotor ima na izhodni gredi izdelano zaokrožitev in stopnico, da jermenico potisnemo do te stopnice in ji na drugi strani omejimo gibanje s segerjevim obročem. V našem primeru pa jermenice ne moremo potisniti do te stopnice na gredi, saj je nosilec za pritrnitev elektromotorja na okvir stroja pomaknjen naprej proti jermenici in ji onemogoča pomik do stopnice na gredi.

Zaradi te težave smo se raje odločili za pritrnitev jermenice na gred s torno zvezo (krčnim nasedom). Krčni nased je način povezave gredi in pesta (jermenice) s tesnim ujemom med gredjo in pestom. Obstajajo različne izvedbe krčnih nasedov, vendar so v našem primeru zaradi majhnega premera gredi na voljo le tri izvedbe. Konec gredi navojnega vretena, na katerega se namesti jermenico, mora biti manjšega premera od navoja matice za pritrnitev uležajenja. Ker je navoj matice premera 12 mm smo izbrali krčni nased z manjšim notranjim premerom. Zaradi majhnosti jermenice in s tem povezane majhne debeline stene jermenice, smo se odločili za izvedbo krčnega naseda s pestom tip 80. Za ta namen je treba v jermenico izvrtati manjši premer izvrtine, s čimer se ohrani debelejšo steno jermenice in prepreči, da zaradi tanke stene jermenica pri montaži počí. Odločili smo se, da je jermenica, ki jo namestimo na izhodno gred elektromotorja, enaka jermenici na gredi navojnega vretena. S tem ohranimo prestavno razmerje med gonilno in gnano gredjo – 1:1.

Velikost jermenice smo določili glede na največji potreben premer izvrtine za namestitev krčnega naseda. Na gredi navojnega vretena je bil potreben premer 10 mm, gred elektromotorja s premerom 14 mm pa je bila že predhodno izdelana. Izbrali smo jermenico, ki ima po vrtnanju izvrtine še vedno dovolj debelo steno in je hkrati dovolj majhnih dimenzij. V tem primeru ustreza zobata jermenica z oznako 24-5MR-09, ki ima 24 zob širine 9 mm. Po vrtnanju izvrtine za namestitev krčnega naseda na izhodno gred elektromotorja jermenici ostane še 3,5 mm debela stena, kar zadošča obremenitvam, ki jih bo prenašala. Glede na jermenico se izbere zobati jermen enakega tipa ozobja, kot je ozobje na jermenici. Ustreza jermen tipa GT3, dolžina pa se izbere glede na medosno razdaljo jermenic. Za določitev medosne razdalje med jermenicama smo morali najprej zasnovati način pritrnitve elektromotorja na okvir stroja. Na sliki 6 je prikazana skica treh možnih izvedb.



Slika 6: Možne izvedbe postavitve elektromotorja za pogon navojnega vretena

Pri izvedbi A se namesti elektromotor na okvir preko pravokotnega nosilca. Elektromotor se nahaja na upravljalni strani okvirja, prirobnica elektromotorja pa je v isti čelni liniji kot okvir. Prednost te izvedbe je prihranek prostora, saj se elektromotor namesti tik ob cev okvirja in se celotna dolžina ali širina stroja ne spremeni. Slabost te izvedbe je v tem, da elektromotor zaseda del prostora, kjer se nahaja elektro omara. V tem primeru je treba elektro omaro premestiti.

Izvedba B ima enake lastnosti kot izvedba A, le da je elektromotor montiran na obdelovalni strani in tako ne zavzema prostora elektro omari. To je treba izvesti tako, da sta si obe jermenici paralelni. Slabost te izvedbe je problematika poti zobatega jermena, saj obe kvadratni cevi, iz katerih je okvir stroja sestavljen, nista enake širine in je zato jermenica na elektromotorju pomaknjena za 5 cm izven stroja. Ker si jermenici v našem primeru nista paralelni, bi morali na konstrukciji okvirja opraviti večje posege ali pa gred navojnega vretena toliko podaljšati, da bi dosegli paralelnost jermenic.

Pri izvedbi C je elektromotor preko nosilca montiran na okvir tako, da sta si obe jermenici soosni. Pri tem je sicer elektromotor nekoliko bolj pomaknjen ven iz stroja, vendar ga zaradi majhne velikosti lahko zakrijemo z zaščitnim pokrovom. Pri tej izvedbi se v primerjavi z ostalima dvema možnima izvedbama izognemo izračunu razdalje med središčema jermenic v navpični smeri, saj v izvedbi A in B jermenici ne bi bili v isti liniji, temveč bi bili zamaknjeni v osni smeri. Izračun razdalje bi potrebovali zaradi določitve pritrditve nosilca elektromotorja na okvir, saj je pri jermenih standardnih dimenzij glede na jermenico podana medosna razdalja, ki pa v primerih A in B ni na sami osi.

Pri postavitvi nosilca elektromotorja na okvir je bilo treba ugotoviti, ali lahko nastopijo ovire zaradi drugih komponent stroja. Položaj mesta pritrditve elektromotorja prosto izbiramo tako, da ima zobati jermen za pogon navojnega vretena dovolj prostora v vseh smereh, kar bi preprečilo nezaželene dotike z ostalimi elementi stroja. Pri tem se srečamo z oviro, ki nam jo povzroča uležajenje jermenice zobatega jermena za napenjanje obdelovanca. To je napenjalni sklop stroja, ki ima vlogo napenjanja obdelovanca – jermenskega rokava. Deluje tako, da servo elektromotor poganja zobati jermen napenjalnega dela na način, da se napenjalni valji pomikajo proti zadnjemu koncu stroja in s tem napnejo nameščen obdelovanec z določeno silo, ki je potrebna za pravilen odrez jermenskega rokava.

Uležajenje jermenice zobatega jermena za napenjanje obdelovanca je bilo na starejši različici stroja za rezanje jermenskih rokavov nameščeno tako, da bi zaradi svoje lege po namestitvi elektromotorja in jermenic za pogon navojnega vretena, oviralo tek zobatega jermena za pogon navojnega vretena. Težavo smo odpravili tako, da smo celotno uležajenje pomaknili iz območja zobatega jermena za pogon navojnega vretena. To smo izvedli z izdelavo novega nosilca tega uležajenja, ki se ga pritrdi v cev okvirja stroja za 45 mm pomaknjeno proti zadnjemu delu stroja, v smeri napenjalnega dela. Sami strojni elementi tega uležajenja ostanejo enaki, spremeni se le dolžina zobatega jermena za napenjanje, ki postane nekoliko krajša.

Po teh spremembah ima zobati jermen za pogon navojnega vretena dovolj prostora za neovirano delovanje. V sklopu pritrditve nosilca elektromotorja za pogon tega jermena na okvir je bilo treba določiti še aksialno postavitev nosilca elektromotorja na okvir. To izvedemo s postavitvijo nosilca nižje od uležajenja jermenice zobatega jermena za napenjanje obdelovanca, da se elementi med seboj ne prekrivajo in so vijaki za demontažo dostopni v primeru vzdrževalnih del. Pri višini postavitve je treba upoštevati tudi standardno dolžino zobatih jermenov, s katero lahko določimo približno medosno razdaljo med jermenicama. Razdalja je približna in ne povsem natančna zaradi tega, ker se na nosilcu elektromotorja izdelata ovalne izvrtine, kjer se nosilec pritrdi na okvir. S takšno obliko izvrtin za pritrditev z vijakom omogočimo napenjanje zobatega jermena. Napenjanje jermena je potrebno zaradi namestitve jermena na jermenice, saj imajo le-te rob, ki je višji od ozobja jermenice in brez

možnosti napenjanja. V nasprotnem primeru namestitvev zobatega jermena ne bi bila mogoča ali pa bi bil jermen po namestitvi premalo napet.

Ugotovili smo, da mora biti medosna razdalja med jermenicama najmanj 160 mm, saj bi pri manjši medosni razdalji elektromotor zakril vijake pritrditve uležajenja jermenice zobatega jermena za napenjanje obdelovanca. Odločili smo se za medosno razdaljo 200 mm. Dolžino zobatega jermena za pogon navojnega vretena smo izračunali tako, da smo sešteli polovico obsega obeh jermenic in prišteli dvakratno medosno razdaljo, kot je prikazano v enačbi 3. Jermenica ima v tem primeru obseg 130 mm.

$$\text{dolžina} = 2 \cdot \frac{\text{obseg}}{2} + 2 \cdot \text{medosna razdalja} \quad (3)$$

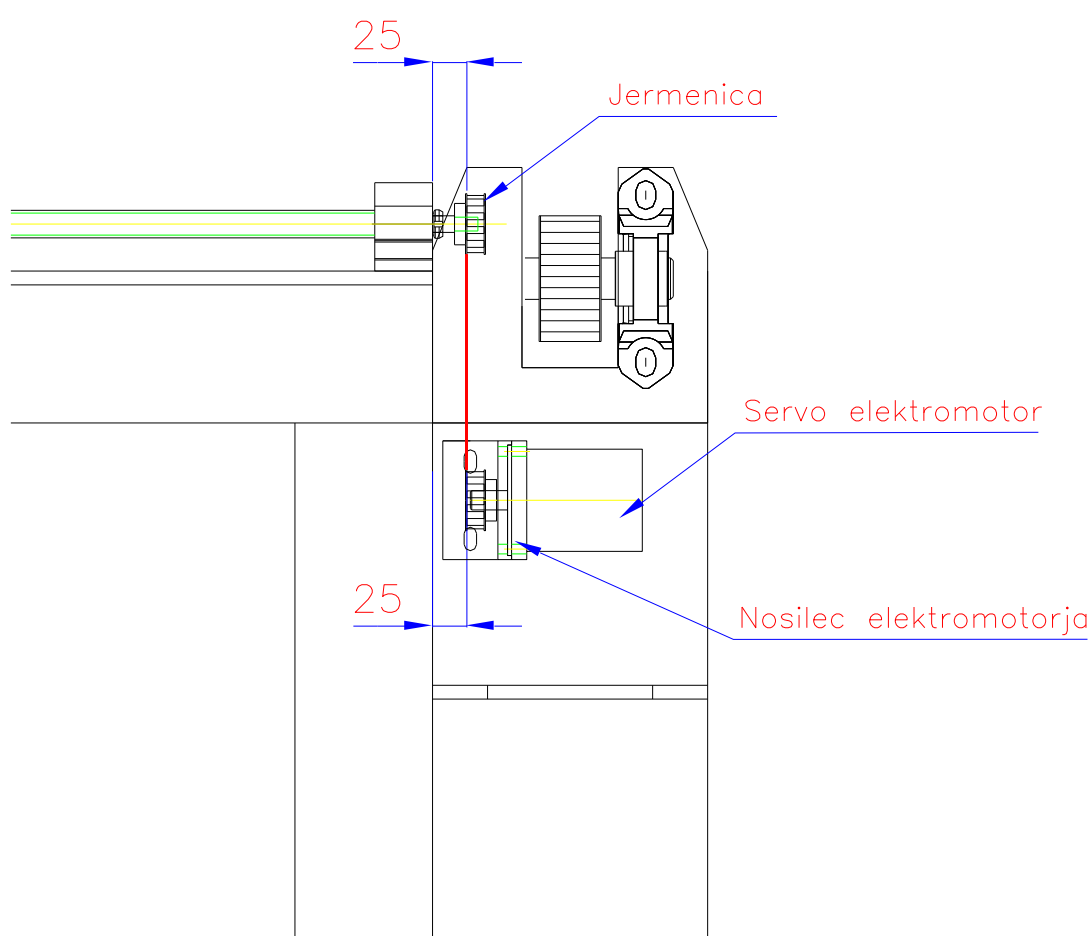
$$\text{dolžina} = 2 \cdot \frac{130}{2} + 2 \cdot 200 = 530 \text{ mm}$$

Iz tega sledi, da je dolžina potrebnega zobatega jermena 530 mm, kar je tudi standardna dolžina tovrstnega zobatega jermena.

Nosilec za pritrditev elektromotorja na okvir smo izdelali glede na prirobnico elektromotorja in razdaljo med središčem izhodne gredi elektromotorja ter pritrditveno ploščo okvirja, na katero pritrdimo nosilec. Podatki o prirobnici elektromotorja so podani v katalogu proizvajalca elektromotorja. Kjer je površina na prirobnici elektromotorja izbočena, smo na nosilcu za ta del predpisali utor s postopkom rezkanja.

Pozicijo ovalnih izvrtin za pritrditev nosilca na ploščo okvirja smo določili tako, da je po namestitvi vseh elementov neoviran dostop do teh vijakov. Oviro je predstavljal jermenica, ki je nameščena na izhodni gredi elektromotorja. Obe ovalni izvrtini smo izdelali tako, da izvrtina po celotni dolžini nima enakega premera, temveč je vhodni premer nekoliko večji, kar omogoča da se lahko uporabi prilagodljiv vijak, ki ne dovoljuje premikov v radialni smeri. Prilagodljiv vijak po standardu DIN 609 ima zgornji del stebila večjega premera, kot je navoj vijaka, zato se ta del stebila točno namesti v izvrtino in nima zračnosti. Nosilec je tako glede na čelo jermenice nameščen pod kotom 90 °. Ker pa je izvrtina ovalne oblike, se lahko nosilec premika v navpični smeri in s tem napenja zobati jermen. Če bi uporabili

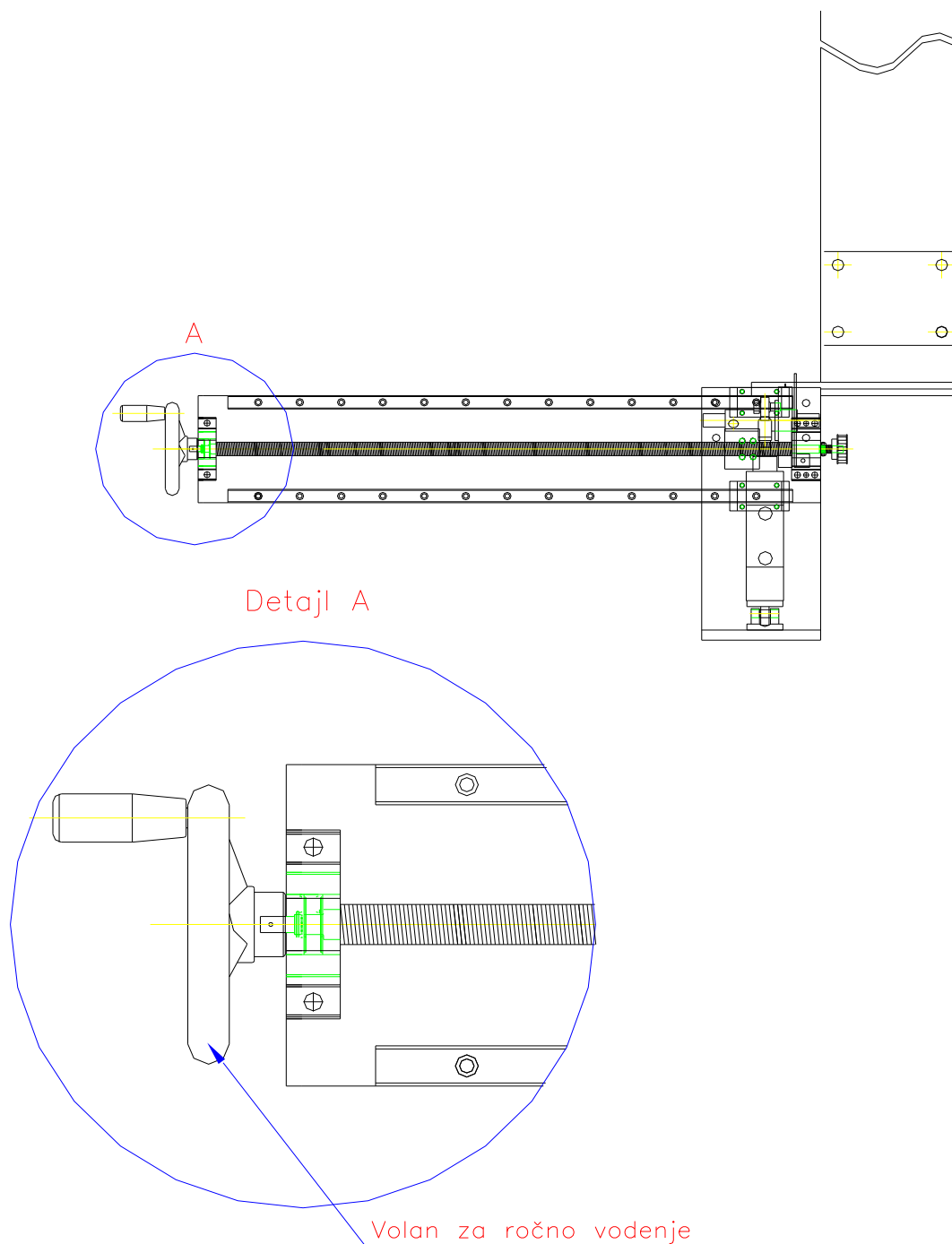
navadne vijake, bi lahko prihajalo do spremembe kota namestitve nosilca elektromotorja, kar bi povzročilo, da bi bila jermenica na izhodni gredi elektromotorja nagnjena in bi se zobati jermen zato upogibal. Pri izdelavi je potrebno paziti, da je nosilec zavarjen pod pravim kotom, ter da ovalni izvrtini nista zamaknjeni ena proti drugi. Pomemben dejavnik pri postavitvi nosilca elektromotorja je tudi oddaljenost čela jermenice od okvirja. Obe jermenici morata biti v isti liniji, kot je to z rdečo barvo prikazano na sliki 7, sicer bi prihajalo do zvijanja zobatega jermena in najverjetneje tudi do izpada jermena iz jermenic.



Slika 7: Postavitev nosilca elektromotorja na okvir

V primeru odpovedi stroja mora biti omogočeno ročno vodenje tistega sklopa stroja, ki ne deluje. Rezalni sklop po vodilih premika navojno vreteno, ki je gnano s servomotorjem. V primeru okvare servomotorja se lahko navojno vreteno vrtili z namestitvijo volana, kot je prikazano na sliki 8. V samodejnem načinu delovanja stroja je del osovine navojnega vretena, na katerega se namesti volan, zakrit z

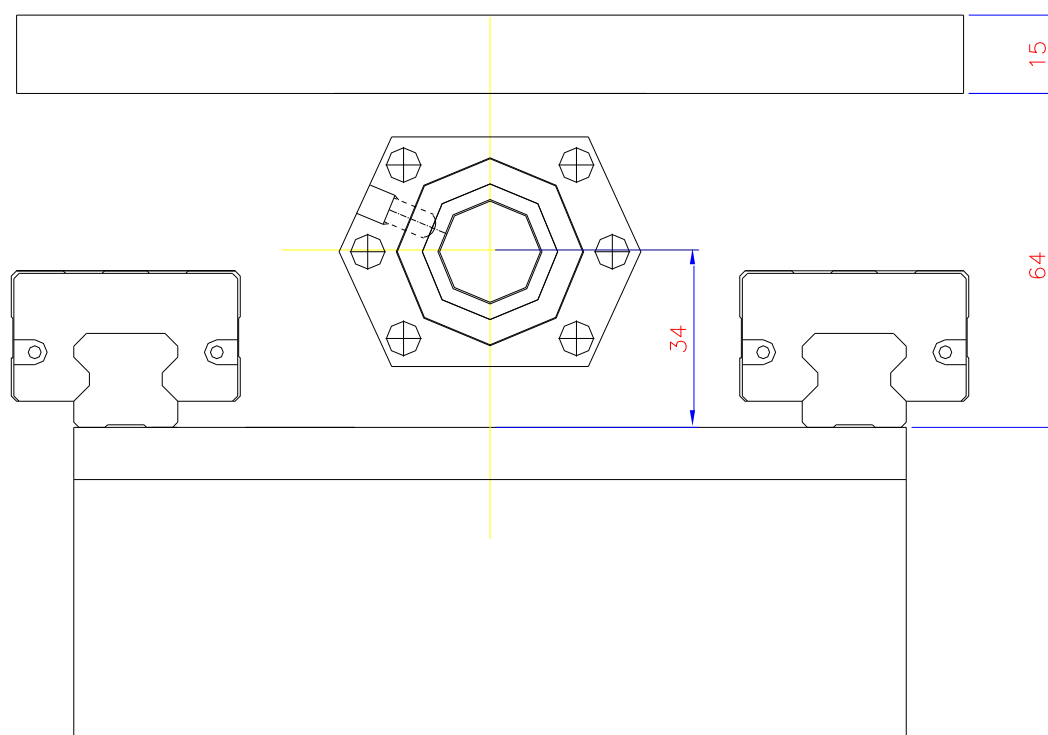
univerzalnim plastičnim pokrovom. Ta mora biti med samodejnim delovanjem stroja vedno nameščen. V primeru, da pokrov ni nameščen, ni mogoč zagon samodejnega delovanja stroja. To smo izvedli z namestitvijo stikala, ki daje signal krmilniku, ta pa v tem primeru omogoča le ročno upravljanje stroja. Volan se v celoti dobavi pri dobavitelju, potrebna je le izdelava izvrtine za zatič, ki se ga pri namestitvi volana zatakne v izvrtino skozi volan in osovino navojnega vretena.



Slika 8: Postavitev volana za ročno upravljanje

4.1.2 Rezalni sklop

Elemente rezalnega sklopa smo postavili na nosilno ploščo, ki jo podpira ohišje matice navojnega vretena in vozički linearnih vodil. Dimenzije ohišja matice navojnega vretena smo določili glede na višino ležajnega ohišja gredi navojnega vretena, ki se dobavi že izdelano. Višina tega ležajnega ohišja je 64 mm, zato smo vse podporne elemente nosilne plošče rezalnega sklopa dimenzionirali tako, da je višina spodnjega dela nosilne plošče nekoliko višja od višine ležajnega ohišja. V nasprotnem primeru bi ležajno ohišje oviralo postavitev rezalnega noža v ničelno – izhodiščno točko. V pogledu stranski ris smo izrisali elemente, ki so na plošči okvirja in povezujejo matico navojnega vretena ter nosilno ploščo rezalnega sklopa. Glede na višino ležajnega ohišja smo izbrali 1 mm višjo točko, na katero smo postavili spodnji rob nosilne plošče rezalnega noža, in glede na razlike v višini med vrhom vozičkov linearnega vodila, kot je prikazano na sliki 9, izdelali podporne elemente, ki podpirajo nosilno ploščo rezalnega noža. Ohišje matice smo konstruirali tako, da se zgornji rob ohišja dotika nosilne plošče rezalnega noža. Pri tem smo vedno izhajali iz višine središča gredi navojnega vretena, ki je 34 mm.

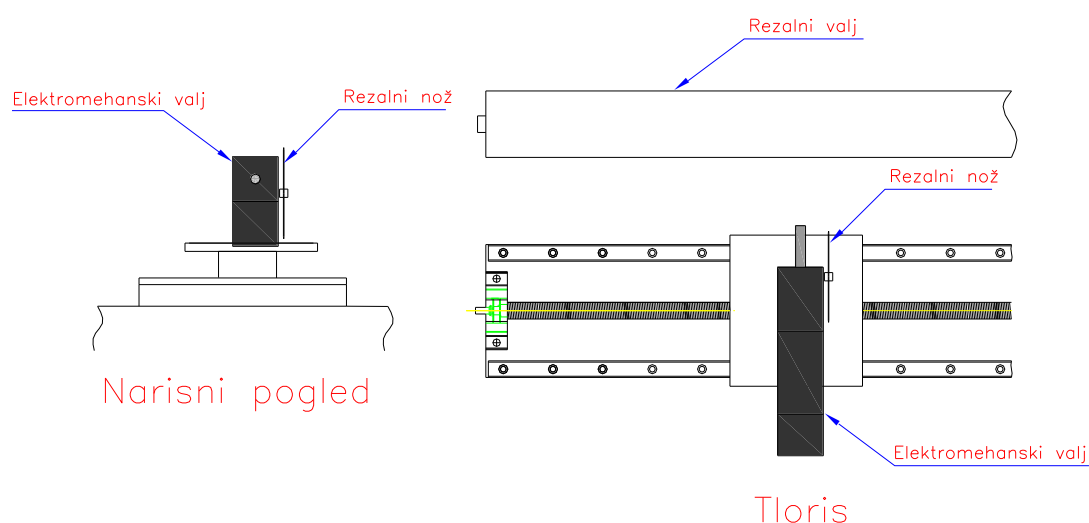


Slika 9: Dimenzije, ki določajo velikost podpornih elementov

4.1.2.1 Način postavitve elektromehanskega valja za delovni gib rezalnega noža

Elektromehanski valj lahko deluje v poljubnem položaju, zato je na voljo več različnih možnosti, kako valj postaviti na stroj. Omejevale so nas le obstoječe komponente stroja, ki smo jih prilagodili postavitvi elektromehanskega valja. Ob tem smo upoštevali tudi možnost ročnega delovanja. V splošnem so na voljo štiri možne izvedbe postavitve:

1. Vodoravna postavitev naprej



Slika 10: Vodoravna postavitev z delovnim gibom naprej

Prvo možno izvedbo prikazuje slika 10. Elektromehanski valj je postavljen na podporni plošči rezalnega noža. Z delovnim gibom naprej potisne vzvod, ki je privarjen na nosilec rezalnega noža, naprej in s tem nož opravi rez. Prednosti te izvedbe so:

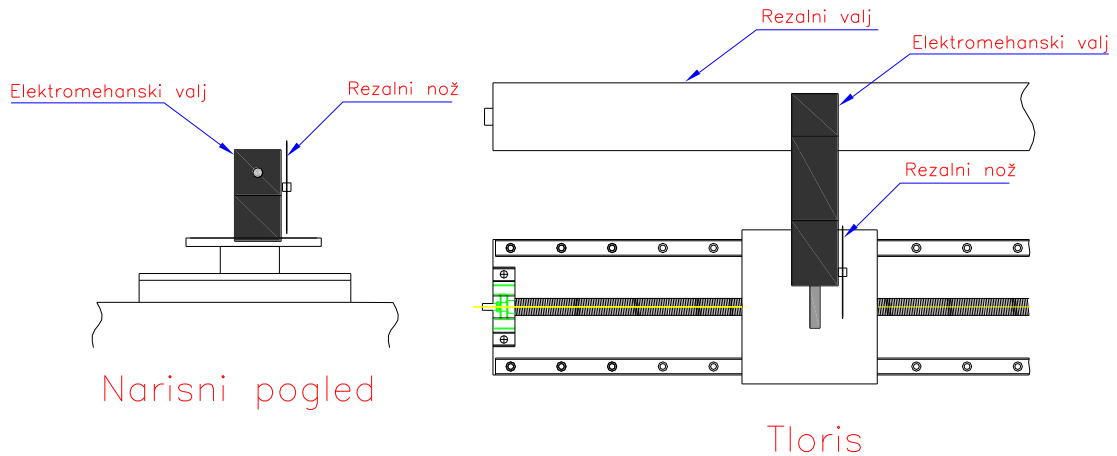
- enostaven princip pomika noža brez posebnih vzvodov,
- pritrditev na obstoječe elemente.

Slabosti te izvedbe so:

- sega čez rob stroja, proti upravljavcu,

- zakriva del elektro omare in s tem nadzor nad tipkami,
- namesto dveh ležajev v ohišju se uporabi dražja linearna vodila.

2. Vodoravna postavitve nazaj



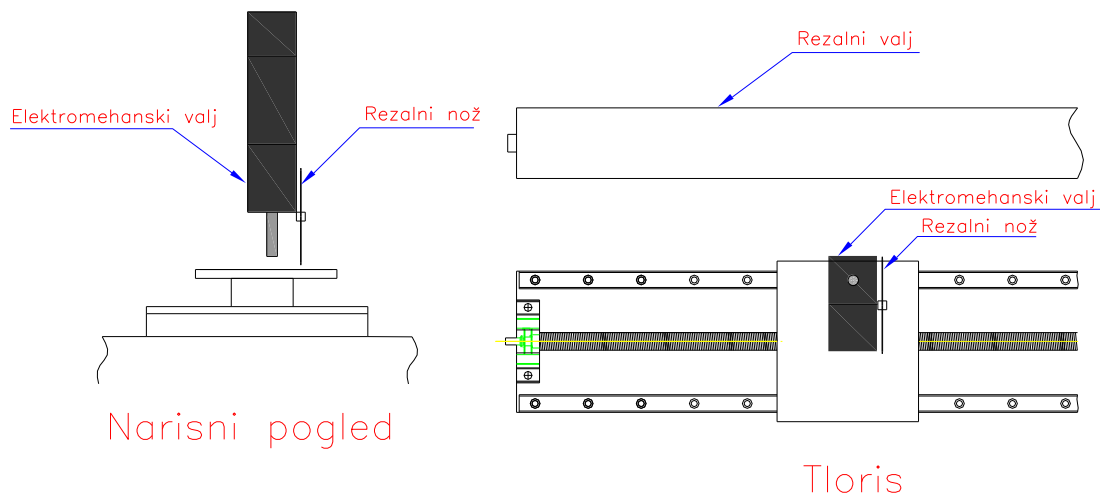
Slika 11: Vodoravna postavitve z delovnim gibom nazaj

Druga možna izvedba je prikazana na sliki 11. Postavitve elektromehanskega valja je enaka kot je prvi izvedbi. Razlikuje se le v tem, da je elektromehanski valj obrnjen za 180° in je njegov delovni gib, gib nazaj.

Prednost te izvedbe v primerjavi s prvo je v tem, da je elektromehanski valj postavljen znotraj območja stroja in tako ne sega čez rob elektro omare.

Težava, ki jo ta izvedba prinaša, je oviranje razreza in natikanja višjih jermenskih rokavov, saj je elektromehanski valj postavljen nekaj centimetrov nad rezalnim valjem.

3. Navpična postavitev z delovnim gibom navzdol



Slika 12: Navpična postavitev z delovnim gibom navzdol

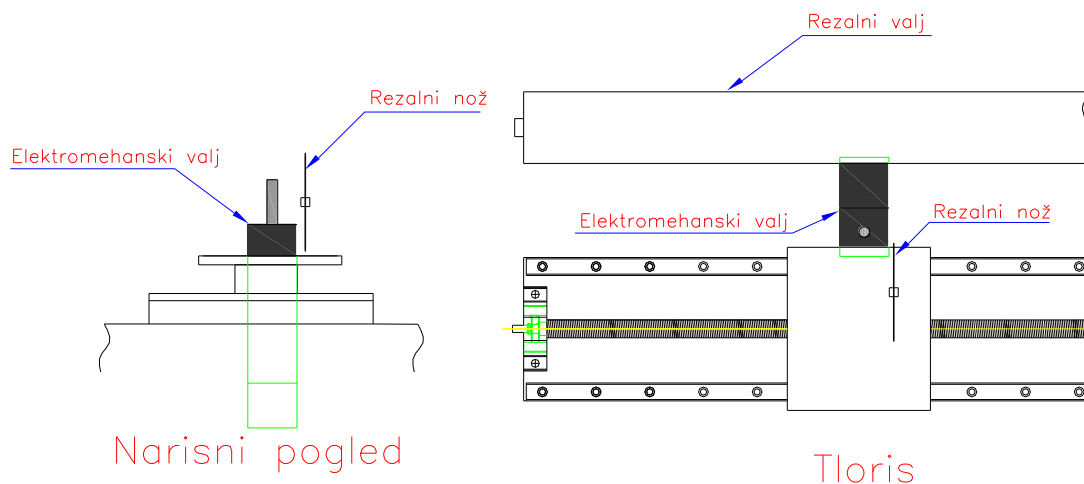
Tretja možna postavitev je navpična postavitev z delovnim gibom navzdol, kot je prikazano na sliki 12. Elektromehanski valj je postavljen na nosilni plošči rezalnega noža. Z gibom navzdol potisne vzvod, preko katerega se nož pomakne naprej.

Prednost te izvedbe je postavitev znotraj območja stroja in ne sega proti upravljavcu.

Slabosti te izvedbe so:

- zakriva pogled na obdelovanje,
- aktuator sega precej v višino in kvari videz celote stroja,
- električne vodnike je treba z vrha aktuatorja speljati navzdol, pri čemer potekajo v bližini obdelovanca.

4. Navpična postavitev za ogrodjem stroja



Slika 13: Navpična postavitev za ogrodjem stroja

Slika 13 prikazuje četrto možnost postavitve elektromehanskega valja, tj. navpična postavitev za ogrodjem stroja. Elektromehanski valj je z dodatnim nosilcem pritrjen na nosilno ploščo rezalnega noža na notranji strani stroja. Z delovnim gibom navzdol valj povleče ročico za premik noža navzdol.

Prednosti te izvedbe so:

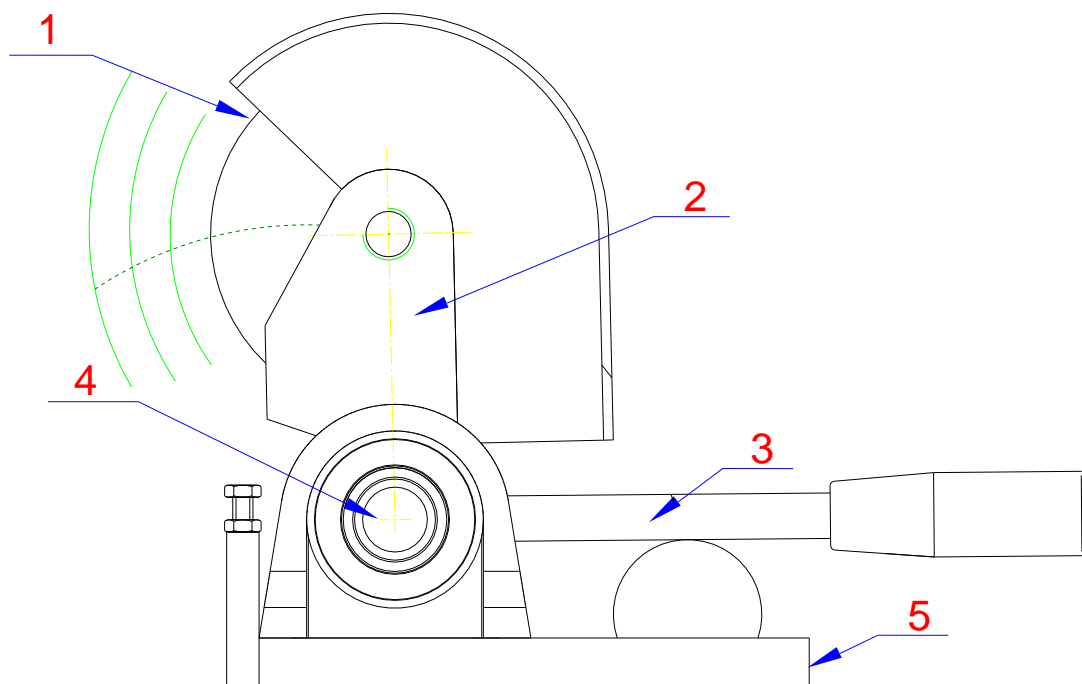
- najboljša rešitev glede postavitve električnih vodnikov,
- postavitev znotraj območja stroja,
- elektromehanski valj je skrit za ogrodjem stroja,
- enostaven princip pomika noža.

Slabost te izvedbe je majhna razdalja med delovnim območjem aktuatorja in rezalnim valjem. Pri natikanju jermenskih rokavov lahko zaradi tega prihaja do trkov med aktuatorjem in jermenskim rokavom. Pri rezanju višjih jermenskih rokavov lahko pride do težav zaradi medsebojnega dotikanja strojnih delov in obdelovanca.

Glede na prednosti in slabosti, ki jih prinašajo posamezne postavitve elektromehanskega valja na stroj, smo se odločili za prvo izvedbo, kjer je aktuator postavljen vodoravno na nosilni plošči rezalnega noža. Za ostale možne izvedbe se

nismo odločili zaradi težav, ki jih le-te pri uporabi stroja prinašajo. Nekatere slabosti pri vodoravni postavitvi se lahko odpravijo z drugačno postavitvijo drugih elementov stroja ali pa z uporabo drugih strojnih elementov. Težavo zakrivanja dela elektro omare in nadzora nad tipkami lahko odpravimo s premestitvijo elektro omare na drugi predel stroja ali premestitvijo tipk in zaslona na drug položaj. Zaradi potrebe po daljši napeljavi vodnikov od električnih komponent do elektro omare smo se odločili samo za premestitev tipk in prikazovalnika, s čimer se ne spremeni delovanje nobenega izmed elementov v elektro omari. Pri premestitvi je treba le paziti, da so prikazovalnik in tipke na lahko dosegljivem mestu, ter da ne ovirajo drugih strojnih elementov. Prikazovalnik ter tipke za upravljanje stroja bodo tako na zaščitnem pokrovu stroja.

Drugo slabost te izvedbe smo odpravili na način, ki je opisan v nadaljevanju. Namesto uporabe linearnih vodil in vozičkov za pomik rezalnega noža po njih smo ohranili obstoječi način pomika rezalnega noža. Nož se premika proti obdelovancu s pomočjo vzvoda. Rezalni nož je privijačen na nosilec, ta pa je privarjen na osovino, ki je vpeta v dveh ležajih. Na osovino je pod pravim kotom privijačen ročaj, s katerim se osovino zasučje, in tako se rezalni nož premika po navidezni krožnici proti rezalnemu valju. Obstoječi način pomika rezalnega noža je prikazan na sliki 14. Zeleno obarvani loki prikazujejo premik zunanjšega dela rezalnega noža po navidezni krožnici, ki je označena s prekinjenim temno zelenim lokom.



- 1 Rezalni nož
- 2 Nosilec rezalnega noža
- 3 Ročica
- 4 Osovina nosilca noža
- 5 Nosilna plošča rezalnega sklopa

Slika 14: Obstoječi način pomika rezalnega noža

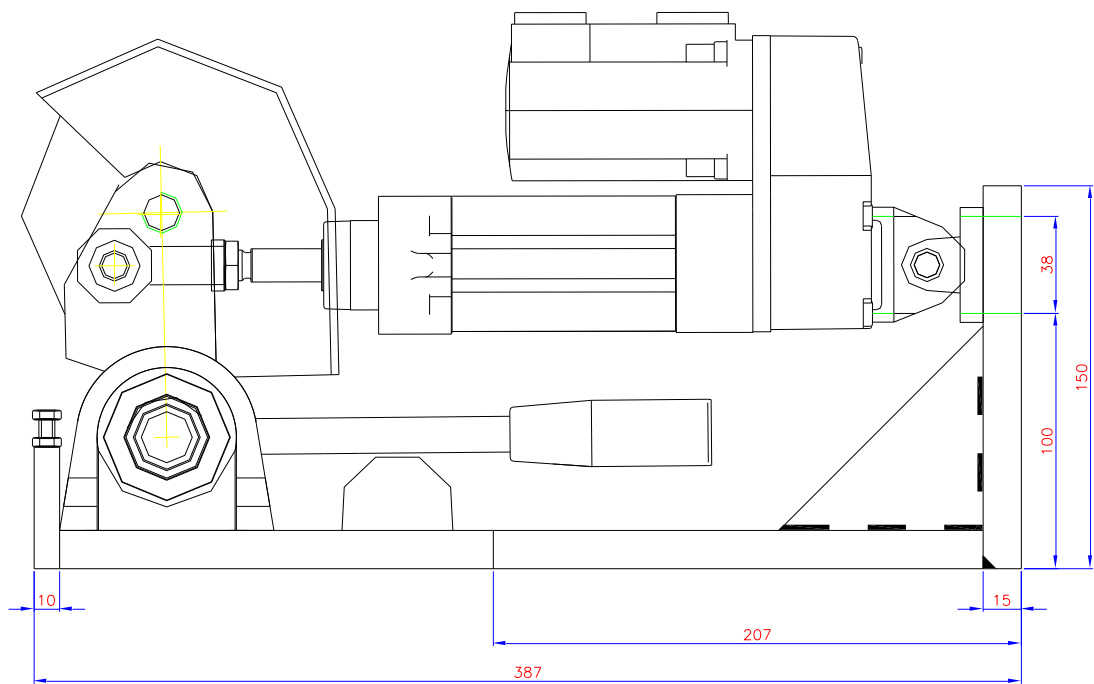
Zgoraj omenjene elemente rezalnega sklopa stroja smo prilagodili tako, da se lahko nanje postavi elektromehanski valj z vsemi njegovimi komponentami. Batnica elektromehanskega valja mora potisniti nož tako, da se ta z zasukom osovine nosilca noža pomakne naprej. To smo izvedli s pritrditvijo vzvoda na nosilec rezalnega noža. Vzvod smo na eni strani pritrdili na nosilec rezalnega noža tako, da je ta nepremičen. Na drugi strani pa smo vzvod pritrdili na batnico elektromehanskega valja. Vzvod se lahko sestavi iz pripomočkov, ki jih proizvajalec nudi k dodatni opremi elektromehanskega valja. Pripomočka, ki smo jih uporabili kot vzvod, sta viličasta ter zglobna glava. Slednja se pritrdi na nosilec rezalnega noža s pomočjo dodatnega nosilca, privarjenega na nosilec rezalnega noža. Viličasta glava se privijači na batnico elektromehanskega valja, skupaj z zglobno glavo pa se poveže z vstavitvijo sornika skozi zglob zglobne glave. V primeru, da se pokaže potreba po uporabi

ročnega delovanja, se enostavno sprostijo zvezo tako, da se izvleče razcepko, ki fiksira sornik v zglobov, ter se nato odstrani sornik iz zgloba.

Zaradi sukanja rezalnega noža preko osovine se posledično spreminja tudi naklon elektromehanskega valja. Zato je nujno, da se elektromehanski valj pritrdi na nosilec rezalnega dela, tako da se ta lahko prosto giblje v navpični smeri. To smo izvedli z uporabo nihajne prirobnice na zadnjem delu elementa. Na elektromehanski valj se privijači ležajni blok, ki se ga pritrdi na sornik nihajne prirobnice. Na ta način se lahko elektromehanski valj prosto premika v navpični smeri, v vodoravni smeri pa mu gibanje ni omogočeno.

Dimenzije nosilne plošče rezalnega sklopa smo prilagodili namestitvi elektromehanskega valja z vsemi njegovimi dodatnimi elementi. Zaradi potrebe po čim manjši dolžini aktuatorja, smo elektromotor za pogon valja namestili na sam valj. Elektromotor poganja elektromehanski valj preko zobatega jermena. Dolžina elektromehanskega valja je 177 mm, k temu je treba prišteti še 50 mm za jermenski prenos. Z izrisom vseh komponent v programskem orodju AutoCAD se z uporabo programskega orodja prilagaja postavitve elektromehanskega valja glede na komponente vzvoda za pomik rezalnega noža. Na podlagi postavljenih komponent smo prilagodili dimenzije nosilne plošče rezalnega sklopa. Na sliki 15 je prikazan celoten, že dokončan rezalni sklop z osnovnimi dimenzijami nosilne plošče rezalnega sklopa.

Nosilna plošča rezalnega sklopa je sestavljena iz dveh delov: en del je podaljšana obstoječa plošča, na kateri sta privijačeni ležajni ohišji, drugi del pa je pod pravim kotom privarjena plošča, na katero je privijačena nihajna prirobnica, ki drži elektromehanski valj. Zaradi obremenitev na upogib sta obe nosilni plošči povezani s kotnikom, ki je nanju privarjen s polovičnim V-zvarom, saj je ta trdnostno boljši od kotnega zvara. Zvari so na sliki 14 označeni s črnim polnilom.



Slika 15: Celoten rezalni sklop

5 PRIDOBITEV OZNAKE CE

5.1 Postopek pridobitve oznake CE

Postopek pridobitve oznake CE za stroj za rezanje jermenskih rokavov lahko razdelimo na šest korakov:

1. V prvem koraku je treba ugotoviti, katere direktive in standarde se lahko uporabi pri konstruiranju stroja. Obstaja veliko različnih predpisanih načel za konstruiranje strojev, uporabijo pa se tiste, ki so za obravnavani stroj primerne.
2. V drugem koraku se zagotovi uporabo potrebnih zahtev za proizvod. To pomeni, da se izbrane direktive in standarde iz prvega koraka uporabi v praksi pri konstruiranju stroja.
3. V tretjem koraku se ugotovi, ali je za pridobitev dovoljenja namestitve oznake CE na stroj potrebna vključitev pregleda proizvoda s strani priglašениh organov.
4. V četrtem koraku proizvajalec oz. priglašeni organ preizkusi proizvod in preveri njegovo skladnost. V tem koraku se opravi tudi oceno tveganja in nevarnosti – podrobneje opisano v nadaljevanju.
5. V petem koraku se sestavi vsa tehnična dokumentacija, vključno z ES izjavo o skladnosti.
6. Zadnji korak je pritrditev oznake CE na stroj ali na tablico s podatki stroja. Oblika oznake CE je zakonsko predpisana – biti mora vidna, čitljiva in neizbrisljiva.

Tretji korak v postopku pridobitve oznake CE ni enak za vse vrste strojev. Razlikuje se glede na to, ali je stroj naveden v prilogi IV. Direktive o varnosti strojev kot nevaren stroj, ali pa v tej prilogi direktive ni naveden. V primeru, da je stroj naveden kot nevaren stroj, je treba pri ugotavljanju skladnosti vključiti priglašene organe ali pa zagotoviti popolno zagotavljanje kakovosti v primeru celotnega izpolnjevanja standardov.

5.2 Uporaba direktiv in standardov

Pri konstruiranju stroja je treba upoštevati obstoječe direktive in standarde. Direktive določajo osnovne zahteve pri konstruiranju strojev, ki se dajejo na trg in v obratovanje, da bi se zagotovil njihov prost pretok ter njihova skladnost z bistvenimi zdravstvenimi in varnostnimi zahtevami (Uradni list RS, št. 75/2008). Osnovna razlika med direktivo in standardom je v tem, da direktiva ne vsebuje tehničnih podrobnosti, ampak je omejena le na bistvene zahteve, medtem ko standardi opisujejo podrobne tehnične specifikacije in so poleg tega še plačljivi.

Pri konstruiranju stroja za rezanje jermenskih rokavov smo uporabili naslednje direktive:

- Pravilnik o varnosti strojev (2006/42/ES),
- Pravilnik o nizkonapetostni opremi (LVD 2006/95/ES).

V pravilniku o varnosti strojev so opisane bistvene varnostne in zdravstvene zahteve, povezane z načrtovanjem in izdelavo strojev. Pri konstruiranju stroja smo upoštevali načela, ki predpisujejo, kako morajo biti zasnovane krmilne naprave, kdaj je omogočen zagon stroja, kako mora delovati naprava za ustavitev v sili, zahtevane značilnosti varoval in varovalnih naprav, predpisi o označevanju stroja ter vsebino tehnične dokumentacije stroja.

Iz pravilnika o nizkonapetostni opremi so se pri konstruiranju stroja upoštevale zahteve glede zaščite pred nevarnostmi, ki izhajajo iz električne opreme (predvsem izolacija vodnikov), in glede zaščite pred nevarnostmi, ki jih lahko povzročijo zunanji vplivi na električno opremo (zaščita pred preobremenitvijo).

Uporabljeni standarda pri konstruiranju stroja za rezanje jermenskih rokavov sta:

- Splošne zahteve glede električne opreme strojev (SIST EN 60204-1),
- Splošna načela načrtovanja – ocena tveganja in zmanjšanje tveganja (SIST EN ISO 12100).

Standard SIST EN 60204-1 določa zahteve glede električne opreme, ki je nameščena na stroju. Pri konstruiranju električne opreme so bili izbrani vodniki primernih premerov in standardnih barv. Elektromotor in frekvenčni regulator imata vsak svojo tokovno zaščito. Elektromotor je zaščiten pred preobremenitvijo s termočlenom. Pri konstruiranju stroja je bila uporabljena vgrajena varnost pri krmilnem sistemu z ohranitvijo ukaza za zaustavitev.

Standard SIST EN 60204-1 podrobneje določa postopek in vsebino izdelave ocene tveganja ter navodil za uporabo. V standardu so tudi smernice za izbiro in uporabo primernih varoval, s katerimi se izboljša varnost stroja za uporabo.

5.3 Uvrstitev obdelovalnega stroja glede na prilogo IV. Direktive o varnosti strojev

Stroj za rezanje jermenskih rokavov spada v skupino manj nevarnih strojev in ni naveden v prilogi IV. v pravilniku o varnosti strojev 2006/42/ES kot nevaren stroj, zato pri ugotavljanju skladnosti ni bilo treba vključiti priglašanih organov. Dovolj je le notranje preverjanje proizvodnje strojev, kar pomeni, da mora proizvajalec zagotoviti skladnost proizvodnje stroja z njegovo tehnično dokumentacijo.

5.4 Preizkus proizvoda in izdelava ocene tveganja

Preizkus stroja za rezanje jermenskih rokavov opravi proizvajalec sam, saj za ta stroj ni potrebna vključitev priglašanih organov. Pri preizkusu se preveri pravilno delovanje sklopov stroja ter varnostnih naprav. Med preizkusom se opravi tudi ocena tveganja, s katero prepoznamo nevarnosti in morebitne nevarne dogodke, ki bi se pri uporabi stroja lahko zgodili, in jih ocenimo. Oceno tveganja in zmanjševanje tveganja smo izdelali v skladu s standardom SIST EN ISO 12100:2010 in direktivo 2006/42/ES.

Prvi korak pri izdelavi ocene tveganja je ugotavljanje omejitev stroja. Omejitve stroja smo razdelili v dve skupini: omejitve uporabe in druge – splošne omejitve.

Omejitev uporabe stroja je, da stroj lahko upravljajo le osebe, ki so usposobljene za delo s strojem.

Druge omejitve:

- lastnosti materialov (uporabljajo se lahko le jermenski rokavi iz materialov, ki so navedeni v navodilih za uporabo),
- okoljske omejitve (stroj naj bo postavljen v suh prostor, ki je zaščiten pred dežjem in z minimalnim prostorom 3,5 m · 4,5 m · 2,5 m (širina · dolžina · višina v metrih).

V drugem koraku sledi prepoznavanje nevarnosti. Upoštevati je potrebno vse nevarnosti, ki se lahko pripetijo v celotni življenjski dobi stroja. Torej je nujno poleg same uporabe stroja upoštevati tudi transport in vzdrževanje stroja. Ugotovilo se je naslednje nevarnosti:

- Nevarnost pri transportu: Tu se pojavi nevarnost prevrnitve, saj se lahko pri razlaganju stroja iz embalaže zaradi slabše stabilnosti stroj prevrne. V primeru da stroj oplazi delavca, ta utрпи lažjo poškodbo – udarec; v primeru, da stroj pade na delavca pa so lahko posledica zmečkanine delov telesa.
- Nevarnost pri uporabi:
 - Pri posegu v nevarno območje med delovanjem stroja. Med obratovanjem se vrtilni rezalni valj, rezalni nož pa se ne vrtilni. Delavec lahko zaradi neprevidnosti poseže z roko v delovno območje, česar posledica so lahko ureznine.
 - Nevarnost vrtečih delov. Zaradi vrtenja rezalnega valja se lahko nanj zapletejo, potegnejo ali ujamejo viseči deli obleke in nakita. Ujamejo se lahko tudi zgornji udi telesa in lasje. Pri samodejnem delovanju stroja predstavlja nevarnost tudi vrteč volan za ročno upravljanje pomika rezalnega sklopa.
 - Zamenjava in zasuk rezalnega noža. Pri vzdrževalnih delih rezalnega noža lahko delavec zaradi neprevidnosti in ne nošenja zaščitnih rokavic utрпи ureznine.

- Čiščenje stroja. Nevarno območje je območje rezalnega noža. Pri čiščenju lahko delavec zaradi neprevidnosti in ne nošenja zaščitnih rokavic utrpi ureznine.
- Zamenjava rezalnega valja. Zaradi teže rezalnega valja obstaja možnost, da ta pri menjavi pade na delavca, česar posledica je lahko udarec ali zmečkanine delov telesa.

Že pred fizično izdelavo stroja so bile konstruirane naslednje rešitve glede varnostnih zahtev:

- Uporabljena je bila vgrajena varnost pri krmilnem sistemu z ohranitvijo ukaza za zaustavitev. Po izpadu električne energije ali po izklopu v sili stroj ostane v izključenem stanju (prekinjene vse funkcije), dokler ga znova ne zaženemo. S tem preprečimo morebitno nevarnost ob nepričakovanem samodejnem zagonu stroja pri ponovnem vklopu električne energije.
- Elektromotor je zaščiten pred preobremenitvijo s termočlenom. Električni deli se nahajajo v električni omari in so zaščiteni.
- Za preprečitev nevarnosti izmeta rezalnega valja zaradi neprevidnosti upravljalca stroja je pri menjavi rezalnega valja onemogočen zagon stroja. To je izvedeno s stikalom na napravi za hitro odpenjanje rezalnega valja, ki preprečuje vklop elektromotorja dokler ni naprava za hitro odpenjanje pripeta v rezalnem valju.
- Pri menjavi jermenskega rokava premikamo napenjalni sklop po vodilu. Za preprečitev nevarnosti padca napenjalnega sklopa z roba vodila na tla je na robu vodila privarjena ploščica, ki fizično preprečuje napenjalnemu sklopu padec preko vodila.
- Za preprečitev nevarnosti vrtečega volana za pomik rezalnega sklopa pri samodejnem delovanju stroja se uporabi snemljiv volan, ki se ga na navojno vreteno natakne samo v primeru ročnega delovanja. Če je pri samodejnem delovanju stroja nameščen volan za ročni pomik, tipalo zazna prisotnost volana in ne dovoljuje zagona samodejnega delovanja.

Po končanem prepoznavanju nevarnosti smo posamezne nevarnosti ocenili po standardnih elementih tveganja:

- Resnost poškodbe:
 - brez posledic,
 - majhne poškodbe,
 - srednje težke poškodbe,
 - težke poškodbe,
 - smrtne poškodbe.

- Čas izpostavljenosti:
 - redko,
 - pogosto – več kot enkrat na 8 ur.

- Možnost zaznavanja nevarnosti (možnost, da ogrožena oseba omeji ali prepreči poškodbo):
 - mogoče,
 - nemogoče.

- Verjetnost nastanka dogodka:
 - majhna,
 - srednja,
 - velika.

Vrednosti, ki se uporabijo pri ocenjevanju tveganja so predstavljene na naslednji strani, v tabeli 1. Vrednosti v tabeli in tudi celotno oceno tveganja smo izdelali po zgledu opisanem v priročniku Varnost strojev (Srna, 2009, str. 131).

Tabela 1: Vrednosti za ocenjevanje tveganja

Resnost poškodbe ali zdravstvene okvare	VREDNOST
R1 Ni posledic	1
R2 Majhne poškodbe, posledice	2—3
R3 Srednje težke poškodbe (brez trajnih posledic)	4—6
R4 Težke poškodbe (možne trajne posledice)	7—8
R5 Smrtne poškodbe	9—10
Pogostost in trajanje izpostavljenosti	
V1 Redko	1
V2 Pogosto (več kot enkrat na 8 ur)	2
Verjetnost nastopa nevarnega dogodka	
V3 Majhna (komaj mogoča)	1
V4 Srednja	3
V5 Velika (zelo verjetna)	5
Možnost da ogrožena oseba prepreči ali omeji poškodbo	
V6 Mogoče	1
V7 Mogoče pod določenimi pogoji	2
V8 Nemogoče	3

Tabela 2: Elementi tveganja

Nevarnost pri transportu	Resnost poškodbe	Čas izpostavljenosti	Možnost zaznavanja nevarnosti	Verjetnost dogodka
Nevarnost prevrnitve	Težka poškodba (R4)	Redko (V1)	Mogoče (V6)	Srednja (V4)
Nevarnost pri uporabi				
Poseg v nev. območje med delovanjem stroja	Težka poškodba (R4)	Pogosto (V2)	Mogoče (V6)	Majhna (V3)
Nevarnost vrtečih delov	Majhna poškodba (R2)	Pogosto (V2)	Mogoče (V6)	Majhna (V3)
Zamenjava in zasuk rezalnega noža	Majhna poškodba (R2)	Redko (V1)	Mogoče (V6)	Srednja (V4)
Čiščenje stroja – rezalni nož	Majhna poškodba (R2)	Redko (V1)	Mogoče (V6)	Srednja (V4)
Zamenjava rezalnega valja	Srednje težka poškodba (R3)	Pogosto (V2)	Mogoče (V6)	Srednja (V4)

V tabeli 2 so prikazane vrednosti ocenjenega tveganja za vsak element tveganja.

Na podlagi teh podatkov lahko izračunamo oceno tveganja za vsako nevarnost po naslednji formuli:

$$T = R \cdot V \quad (4)$$

Pri čimer je:

- T – tveganje,
- R – posledica/škoda,
- V – pogostost/verjetnost

Nevarnost prevrnitve:

$$T = 7 \cdot (1 + 1 + 3) = 35$$

Poseg v nevarno območje med delovanjem stroja:

$$T = 7 \cdot (2 + 1 + 1) = 28$$

Nevarnost vrtečih delov:

$$T = 2 \cdot (2 + 1 + 1) = 8$$

Zamenjava in zasuk rezalnega noža:

$$T = 2 \cdot (1 + 1 + 3) = 10$$

Čiščenje stroja – rezalni nož:

$$T = 2 \cdot (1 + 1 + 3) = 10$$

Zamenjava rezalnega valja:

$$T = 4 \cdot (2 + 1 + 3) = 24$$

Vsoto seštevka posameznih nevarnosti smo primerjali z legendo podano v priročniku Varnost strojev (Srna, 2009, str. 132). Iz izračunov smo ugotovili, da je tveganje znatno pri dveh nevarnostih, in sicer – nevarnost prevrnitve ter nevarnost posega v

nevarno območje med delovanjem stroja. Za preprečitev omenjenih nevarnosti so bili potrebni dodatni varnostni ukrepi. Ostale nevarnosti so v mejah sprejemljive stopnje tveganja.

Za zmanjšanje tveganja pri nevarnostni prevrnitve smo uporabili vgrajeno varnost tako, da smo na konstrukciji ogrodja podaljšali nosilno nogo za 300 mm in s tem izboljšali stabilnost stroja. Verjetnost nastopa nevarnega dogodka je sedaj majhna.

Pri nevarnosti posega v nevarno območje med delovanjem stroja smo nevarnost znatno zmanjšali z namestitvijo fizičnega varovala, ki pokriva rezalni nož. Na strani stroja proti upravljavcu se uporabi zaščitni pokrov iz pleksi stekla, ki zakriva celoten rezalni sklop ter sklop pomika rezalnega dela. Zaradi naštetih varnostnih ukrepov se verjetnost nastalega dogodka zmanjša na komaj mogoče. Spremenjene vrednosti elementov tveganja so podane na naslednji strani v Tabela 3: Elementi tveganja po postopku zmanjševanja tveganja.

Tabela 3: Elementi tveganja po postopku zmanjševanja tveganja

Nevarnost pri transportu	Resnost poškodbe	Čas izpostavljenosti	Možnost zaznavanja nevarnosti	Verjetnost dogodka	Izračun ocene tveganja
Nevarnost prevrnitve	Težka poškodba (R4)	Redko (V1)	Mogoče (V6)	Majhna (V3)	$T = 7 \cdot (1 + 1 + 1) = 21$
Nevarnost pri uporabi					
Poseg v nev. območje med delovanjem stroja	Težka poškodba (R4)	Redko (V1)	Mogoče (V6)	Majhna (V3)	$T = 7 \cdot (1 + 1 + 1) = 21$
Nevarnost vrtečih delov	Majhna poškodba (R2)	Pogosto (V2)	Mogoče (V6)	Majhna (V3)	$T = 2 \cdot (2 + 1 + 1) = 8$
Zamenjava in zasuk rezalnega noža	Majhna poškodba (R2)	Redko (V1)	Mogoče (V6)	Srednja (V4)	$T = 2 \cdot (1 + 1 + 3) = 10$
Čiščenje stroja – rezalni nož	Majhna poškodba (R2)	Redko (V1)	Mogoče (V6)	Srednja (V4)	$T = 2 \cdot (1 + 1 + 3) = 10$
Zamenjava rezalnega valja	Srednje težka poškodba (R3)	Pogosto (V2)	Mogoče (V6)	Srednja (V4)	$T = 4 \cdot (2 + 1 + 3) = 24$

Po postopku zmanjševanja tveganja smo ponovno opravili izračun ocene tveganja za vsako nevarnost.

Nevarnost prevrnitve: $T = 7 \cdot (1 + 1 + 1) = 21$

Poseg v nevarno območje med delovanjem stroja: $T = 7 \cdot (1 + 1 + 1) = 21$

Iz izračunov lahko ugotovimo, da smo s postopkom zmanjševanja tveganja stroj spremenili tako, da se je raven stopnje tveganja zmanjšala na sprejemljivo stopnjo tveganja.

5.5 Tehnična dokumentacija

5.5.1 Ureditev in izris delavniških ter sestavnih risb

Delavniške in sestavne risbe stroja za rezanje jermenskih rokavov smo izrisali v programskem orodju AutoCAD.

AutoCAD je programsko orodje za računalniško podprto konstruiranje. Uporabljamo ga lahko za risanje dvodimenzionalnih in tridimenzionalnih predmetov. Delavniške in sestavne risbe smo izrisali v 2D pogledu, saj ta iz različnih projekcij zadostuje potrebam izdelave elementov stroja na podlagi delavniških risb. Nekatere sestavne risbe so zaradi boljše predstave izdelane v izometrični projekciji.

Pri izrisu celotnega stroja se je uporabilo poenoteno kotiranje s standardno velikostjo puščic, številčk in razmakov med črtami in številkami. Standard SIST ISO 128 določa risarske elemente (formati, enote, črte, pisava, pogledi), standard SIST ISO 129 pa določa pravila podajanja dimenzij (Tehnično risanje, 2014).

Za dokončane sklope stroja je bilo treba uvesti poenoteno označevanje risb. Zaradi najboljšega pregleda in hitrejšega iskanja posameznih delov smo se odločili za označevanje risb glede na vrsto sklopa in podsklopa, kot je prikazano na primeru v tabeli 4.

Primer: TCM770AT-01-04-2A

Tabela 4: Razlaga označevanja risb

Tip stroja	TCM770AT
Vrsta sklopa (ogrodje)	01
Vrsta podsklopa (nosilec gonila)	04
Posamezen del podsklopa (podpora gonila)	2A

5.5.2 Identifikacija proizvoda

Direktiva o varnosti strojev v poglavju o vsebini tehnične dokumentacije med drugim določa tudi, da mora ta vsebovati splošni opis stroja. Zaradi tega smo v dokumentacijo stroja vključili povzetek obstoječega opisa stroja, ki se nahaja na spletni strani proizvajalca.

5.5.3 Navodila za uporabo in vzdrževanje

Navodila za uporabo in vzdrževanje so del tehnične dokumentacije, ki se jih kupcu vedno priloži ob nakupu stroja. V njih morajo biti napisana navodila za predvideno uporabo stroja, vsebovati pa morajo tudi vse napotke, ki so potrebni za zagotavljanje varne in pravilne uporabe stroja.

V splošnem morajo navodila za uporabo stroja vsebovati:

- naziv podjetja in naslov proizvajalca,
- oznako stroja,
- ES izjavo o skladnosti,
- splošen opis stroja,

- risbe, diagrame, opise in razlage, ki so potrebni pri uporabi in vzdrževanju stroja,
- opis predvidene uporabe stroja,
- opozorila v zvezi z nedopustnimi načini uporabe stroja,
- navodila za namestitev in priključitev stroja,
- navodila o varovalnih ukrepih, ki jih mora sprejeti uporabnik,
- bistvene lastnosti orodij, ki jih je mogoče namestiti na stroj,
- navodila za varno izvajanje prevoza, premikanja in skladiščenja stroja,
- opis postopkov nastavljanja in vzdrževanja, ki jih mora izvajati uporabnik, ter preventivnih vzdrževalnih ukrepov,
- podatek o emisiji hrupa.

Za interno uporabo smo napisali tudi navodila za sestavo stroja.

5.5.4 ES izjava o skladnosti

"ES izjava o skladnosti (ang. EC declaration of conformity) je dokument, s katerim proizvajalec izjavlja, da njegov proizvod izpolnjuje zahteve zakonodaje novega pristopa. Proizvajalec ali njegov pooblaščen zastopnik s tem izjavi, da stroj, ki je na trgu, ustreza vsem zahtevam direktive ter zlasti bistvenim zdravstvenim in varnostnim zahtevam, ki se nanj nanašajo, ter prevzema popolno odgovornost za proizvod. Po podpisu ES izjave o skladnosti mora proizvajalec na stroj pritrditi oznako CE, nato pa lahko da stroj v promet." (Prešern in Furlan, 2008, str. 84)

V ES izjavi o skladnosti smo navedli naslednje podatke:

- podatki o proizvajalcu (ime in naslov),
- podatki o stroju (ime, tip, serijska številka),
- seznam standardov in direktiv, ki jih izpolnjuje,

- izjava proizvajalca o njegovi odgovornosti,
- datum izdaje izjave,
- ime in podpis proizvajalca.

6 NAMESTITEV OZNAKE CE NA STROJ

Šele po izpolnitvi vse predpisane tehnične dokumentacije, vključno z ES izjavo o skladnosti, se lahko na identifikacijsko ploščico proizvoda namesti oznako CE.

Oblika in velikost oznake CE je zakonsko predpisana v Direktivi o varnosti strojev. Če velikost oznake povečamo ali pomanjšamo, moramo ohraniti razmerje med višino in širino izvirne velikosti oznake iz Priloge III v Direktivi o varnosti strojev. Določeno je tudi mesto, kjer mora biti ta oznaka pritrjena – nahajati se mora v neposredni bližini naziva proizvajalca.



Slika 16: Identifikacijska ploščica z oznako CE

Na sliki 16 je identifikacijska ploščica stroja, za katerega smo uredili in izdelali tehnično dokumentacijo.

7 ZAKLJUČEK

V diplomskem delu smo obravnavali konstrukcijske spremembe za avtomatizacijo obstoječega stroja za rezanje jermenskih rokavov podjetja Tehimpex d.o.o. ter izdelavo dokumentacije za prodajo tega stroja na trgu.

Na podlagi poznavanja potrebnih strojnih elementov za avtomatizirano delovanje stroja za rezanje jermenskih rokavov se je celotne sklope konstrukcije obstoječega stroja spremenilo tako, da se z vgraditvijo novih strojnih elementov doseže pravilno delovanje avtomatiziranega stroja. Na podlagi izdelanih delavniških risb posameznih sklopov stroja se bo stroj predvidoma tudi izdelalo.

Čeprav lahko obdelovalni stroj v teoriji deluje pravilno in brez napak, se v praksi lahko pokažejo nepredvidene pomanjkljivosti. Pred pričetkom prodaje stroja na trgu se zaradi njegovih izboljšav in odprave pomanjkljivosti lahko trenutna dokumentacija spremeni.

Po zaključku izdelave tehnične dokumentacije obdelovalnega stroja lahko na njegovo identifikacijsko ploščico namestimo oznako CE in tako potrdimo skladnost izdelka s predpisi. Takšen obdelovalni stroj se sedaj lahko prosto prodaja na evropskem trgu.

Dokumentacijo obdelovalnega stroja lahko proizvajalec hrani v elektronski ali papirnati obliki. V našem primeru se zaradi večjega obsega in sprotne angažiranja dokumentacije dokumentacija stroja za rezanje jermenskih rokavov hrani v elektronski obliki na sedežu podjetja Tehimpex d.o.o.

8 LITERATURA

Elektromotor. Pridobljeno 30. 05. 2014 s svetovnega spleta:
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Elektromotor>

Induktivni senzorji. Pridobljeno 26. 06. 2014 s svetovnega spleta:
<http://www.fbselektronik.com/induktivni-senzorji.html>

Tehnično risanje in dokumentacija. Pridobljeno 05. 05. 2014 s svetovnega spleta:
http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/vs/Gradiva_ESS/Impletum/IMPLETUM_355VARSTVO_Tehnicno_Jovan.pdf

Kroglično vreteno. Pridobljeno 09. 06. 2014 s svetovnega spleta:
<http://www.thk.com/?q=si/node/9722>

Linear Guide Tutorial, NSK Ltd. Pridobljeno 06. 06. 2014 s svetovnega spleta:
http://www.nskamericas.com/cps/rde/xbcr/na_en/Linear_Guide_Tutorial.pdf

Pravilnik o varnosti strojev. Uradni list RS, št. 75/2008.

Prešern, S., Furlan, J. (2008). Varnost strojev in oznaka CE. Slovenski inštitut za kakovost in meroslovje, Ljubljana.

Servomotor. Pridobljeno 28. 05. 2014 s svetovnega spleta:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Servomotor>

Srna, M. (2009). Varnost strojev. Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana.

Tehimpex. Interno gradivo podjetja Tehimpex d.o.o. Pridobljeno 14. 03. 2014 s svetovnega spleta: www.tehimpex.si