



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Masinaehituse instituut
Tootmistehnika õppetool

MET70LT

Vladimir Orehov

AUTOMAATSE KEEVITUSLIINI KAVANDAMINE

Autor taotleb
tehnikateaduse magistri
akadeemilist kraadi

Tallinn
2014

MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

2014 aasta kevad semester

Üliõpilane: Vladimir Orekhov 122092

Õppekava MATM02/11 - Tootearendus ja tootmistehnika

Juhendaja: Aigar Hermaste..... (amet, nimi)

Konsultandid: (nimi, amet, telefon)

MAGISTRITÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) Automaatse keevitusliini kavandamine.

(inglise keeles) Automatic welding line design.

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1	Ülesanne püstitus. Kontseptsiooni väljatöötamine.	31.03.14
2.	Seadmete paigutus ja kirjeldus.	15.04.14
3.	Keevitus protsesside valimine.	25.04.14
4.	Seadmete asukoha planeerimine konkreetsetes tsehhis. Jooniste arendamine.	30.04.14
5.	Töötluse arvutamine.	10.05.14

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

Keevitus protsesside automatiseerimine. Valmistatud toodete kvaliteedi tõstmine.

Tootmiskulude vähendamine. Tootmisaegade vähendamine.

Täiendavad märkused ja nõuded:.....

Töö keel: Eesti keel

Kaitsmistaotlus esitada hiljemalt 22.05.2014

Töö esitamise tähtaeg 27.05.2014

Üliõpilane Vladimir Orekhov /allkiri/ kuupäev.....

Juhendaja Aigar Hermaste /allkiri/ kuupäev.....

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE	2
SISUKORD	3
EESSÕNA	4
SISSEJUHATUS	5
2 JAOSKOND 1 – LEHTEDE AUTOMAATNE PÕKK-KEEVITUS	11
3 JAOSKOND 2 – PLAADI PÖÖRAMINE	23
4 JAOSKOND 3 – PANEELIDE ÄRALÕIKE-, PUHASTUS- JA MARKEERIMISJAOSKOND	24
5 JAOSKOND 4 – PEASUUNALISTE PROFIILIDE PAIKAPANEK NING KEEVITAMINE TRAAGELDUSÕMBLUSTEGA	26
6 JAOSKOND 5 – PEASUUNA PROFIILIDE AUTOMAATKEEVITUS	31
7 JAOSKOND 6 – PIKISUUNALISTE PROFIILIDE KOOSTAMINE JA KEEVITAMINE TRAAGELDUSÕMBLUSEGA	35
8 JAOSKOND 7 – KARKASSIELEMENTIDE JA KOMPLEKTEERIVATE DETAILIDE KEEVITAMINE	39
9 TRANSPORDISÜSTEEMID	42
10 VALMIS PANEELIDE LAADIMISSÜSTEEM	44
11 AUTOMAATSE KEEVITUSLIINI TOOTLIKKUSE ARVUTUS	46
12 MAJANDUSTENÄITAJATE ARVUTUS	50
13 ELEKTRISEADMETE OHUTUSNÕUDED	53
KOKKUVÕTE	55
SUMMARY	59
KASUTATUD KIRJANDUS	63
LISAD	64

EESSÕNA

Antud magistritöö teema on valinud käsitletava teema seepärast, et tal on sellealaseid teoreetilisi ja praktilisi kogemusi, mis on saadud otse töökohalt.

Automatiseerimine on käesoleval ajal tootmistsükli eesrindlik suund. Automatiseerimine võimaldab kiirendada tootmist, parandada suurusjärgu võrra valmistatavate detailide kvaliteeti, hoida tootmiskulusid madalal tasemel ning vähendada kõrge kvalifikatsiooniga oskustöölise hulka tootmises.

Magistritöö kirjutamisel abistasid mind vajalike andmete ja kommentaaridega järgmised inimesed:

- Tauno Otto - Tallinna Tehnikaülikooli, Mehaanikateaduskonna dekaan
- Jüri Riives - Tallinna Tehnikaülikooli, Mehaanikateaduskonna tootmissüsteemide õppetooli juhataja

Avaldan suur tänu minu diplomitöö juhendajale Aigar Hermaste abi ja nõustamise eest töö kirjutamise perioodil.

SISSEJUHATUS

Käesoleva töö autor on valinud käsitletava teema seepärast, et tal on sellealaseid teoreetilisi ja praktilisi kogemusi, mis on saadud otse töökohalt. Töö hõlmab võimalust kavada Peterburi laevatehase „Baltiiski Zavod“ tsehhi automaatse keevitus liini. Selles ettevõttes ehitatakse tsiviil- ja sõjalaevu, samuti jääõhkujaid.

Tehase poolt nõutvad eesmärgid:

1. Järsult suurendada lamepaneelide tootlikkust
2. Vähendada lamepaneeli tootmiskulud
3. Saavutada Euroopa tasemel sertifitseeritud kvaliteeti
4. Vähendada kõrgelt kvalifitseeritud keevitajate ja abitööliste arv
5. Parandada töötingimusi
6. Vähendada seadmete hoolduskulud
7. Automaatse keevitusliini seostada konkreetse tsehhiga. Teha vastav joonis.

Selleks, et täita tehase poolt nõutvad tingimusi antud töö autor koostas järgmised tehnilised nõuded:

- Voolumeetodi tagamine lamesektsioonide valmistamisel, kasutades tänapäevaseid kõrgtootlikke kooste- ja keevitusmeetodeid.
- Konstruktsioonide valmistamise kvaliteedi tagamine.
- Sanitaarnormidele vastavate töötingimuste tagamine.

Liini parameetrid

Tabel 1.1 Liini parameetrid

Läbilaskevõime	umbes 12 000 t aastas (umbes. 1000 sektsiooni aastas) (kahe vahetusega töö, 40 tundi nädalas)
Sektsioonide max mõõtmed	12 m x 12 m x 2 m
Max mass	50 t

Valtsmetalli karakteristikud

Tabel 1.2 Valtsmetalli karakteristikud

Lehed	min	max
Pikkus	6,0 m	12,0 m
Laius	1,6 m	3,2 m
Paksus	6,0 mm	30,0 mm
Mass	0,4 t	10 t

Materjali mark - tavaline ja kõrgtugev teras, kategooriad S235, S355 kuni S355L6N. [10]

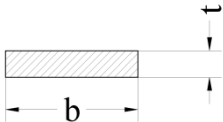
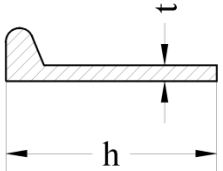
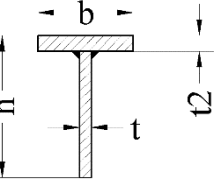
On ette nähtud, et lehed peavad tulema plasmalõikusmasinast juba ilma faasideta vastavalt keevituse nõuetele ning need teisaldatakse magnetkraanaga.

Profiilid

Profiilide minimaalne pikkus: 6 000 mm

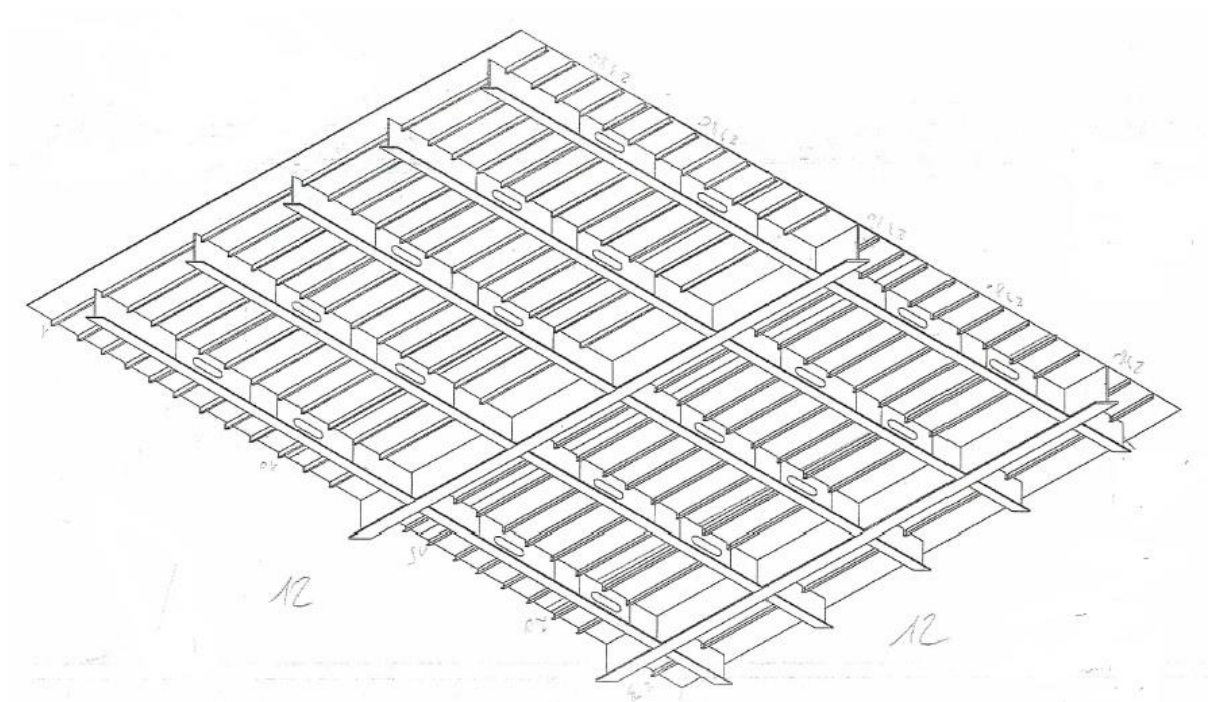
Profiilide maksimaalne pikkus: 12 000 mm

Tabel 1.3 Profiilide tüübid ja nende mõõdud

Profiili tüüp	Graafiline kujutis	Minimaalmõõtmed (mm)	Maksimaalmõõtmed (mm)
Lameprofiil		b x t 60 x 6	b x t 240 x 30
Bulb plate		b x t 120 x 7	h x t 240 x 17
T-profiil		h x b 250x100	h x b 2000 x 260 t=16 t2=20

On ette nähtud, et profiilidel väljaspool liin peab olema vastav servatöötlus, ümardatud servad, ning need tuleb laadida vastavasse kassetti paneelide kokkupanekuks tootmisliinil.

Näide detailidest mida on kavas hakata tootma automaatsliinil, on esitatud allpool.



Sele 1.1 Lamepaneeli näide

Keskkond

Töökeskkond:

Ruumis

Õhutemperatuur:

+5 /+35°C

Elektritoide

Peatoide:

380V vahelduvvool, 3 faasi, 50Hz

Elektritoite kaablite arv:

3 faasi + null + maandus

Juhtpinge:

110V vahelduvvool, 50Hz/24V
alalisvool

Tsehhi plaan ja selle mõõtmed on esitatud lisades 1 ja 2. Käesoleva töö eesmärk on projekteerida ja koostada automaatne laevaehituses kasutatavate lamepaneelide keevitusliin

just selle konkreetse tsehhi jaoks. Maailmas on vaid mõned firmad, mis on spetsialiseerunud niisuguste automaatliinide tootmisele. Näiteks Soome Pemamek OY, Rootsi TTS Marine AB ja Lõuna-Korea Hyundai Heavy Industries Ltd.

Käesoleval ajal toimub tootmine Peterburi ettevõttes peamiselt käsitsi. Vähesel määral kasutatakse niisuguseid automatiseeritud vahendeid nagu keevitustraktorid ja kraanad toodete teisaldamiseks tsehhis. Töövahetuses on tegevad ligikaudu 70 kõrge kvalifikatsiooniga keevitajat ning lisaks umbes 100 abitöölist.

Praegu näeb keevitustsehh välja nii:



Sele 1.1 Tsehhi praegune vaade paremalt



Sele 1.2 Tsehhi praegune vaade vasakult

Käesoleva töö autor on seisukohal, et automatiseerimine on käesoleval ajal tootmistükli eesrindlik suund. Automatiseerimine võimaldab kiirendada tootmist, parandada suurusjärgu võrra valmistatavate detailide kvaliteeti, hoida tootmiskulusid madalal tasemel ning vähendada kõrge kvalifikatsiooniga oskustöölise hulka tootmises.

Laevaehituses on kõige levinum sektsioonmeetod, mille puhul laevakere moodustatakse suurte koosteühikute – sektsioonide – kokkupaneku ja ühendamise (üldjuhul keevitusega). Laevakere jaotatakse koostesektsioonideks juba laeva projekteerimisel. Laev pannakse sektsioonmeetodil ehituspaigas kokku sektsioonidest, mis tulevad kooste- ja keevitustsehhist, kus need võimalikult täiuslikult varustatakse.

Käesoleva töö autor arvab, et keevitus liin peab sisaldama kaheksa jaoskonda ühendatud konveieriga.

1. Lehtede automaatne põkk-keevitus

2. Pöördlaud
3. Paneeli loikamis- puhastamis- ja markeerimisjaoskond
4. Peasuunaliste profiilide kokkupanek ja keevitamine traageldusõmblusega
5. Peasuunaliste profiilide automaatkeevitus
6. Põiksuunaliste profiilide keevitamine traageldusõmblusega
7. Karkassielementide ja komplekteerivate detailide keevitamine
8. Seade valmis paneelide laadimiseks ja transportimiseks.

Allpool on toodud detailine kirjeldus iga projekteeritud jaoskonnast.

2 JAOSKOND 1 – LEHTEDE AUTOMAATNE PÕKK-KEEVITUS

Selle jaoskonna ülesanne on tagada lehtede põkk-keevitamine, et moodustada koost, millele järgnevate operatsioonide käigus keevitatakse piki- ja põikprofiilid lamepaneeli moodustamiseks.

Need pinnad kujutavad endast katte- või tekiplaat, mis on keevitatud piki- ja põiksuunas. Neile pindadele keevitatakse profiilid sektsioonide moodustamisel.

Laevaehituses klassifitseeritakse niisugused koostud keevisõmbluste suuna järgi:

- plaat (pikisuunaliste keevisõmblustega)
- plaat soonte ja põkkühendusega (piki- ja põikühendustega)

Koostusid kasutatakse laevade kerekonstruktsioonides edasiseks koostamiseks sektsioonideks katteplaatidena põhjas, parrastel, kahekordsetel põhjadel ja tekkidel, samuti piki- ja põikvaheseintel.

Lehed tulevad plasmalõikeseadmelt juba eemaldatud faasidega keevitamiseks ning teisaldatakse magnetkraanaga. Lehed pannakse rullkonveierile. Seejärel toimitakse lehed rullkonveieriga automaatkeevitusliinile.

Kasutatakse ühepoolset keevitusseadet mis on ette nähtud siledade lehtede keevitamiseks pikkusega 12 m. See on seadistatud siledade teraslehtede keevitamiseks lamepaneelide koosteplaatide jaoks. Ühepoolne keevitusseade võimaldab keevitada kokku ka erineva paksusega teraslehti. Ühepoolne keevitusseade on spetsiaalselt konstrueeritud lehtede katkematuks keevitamiseks kuni paneeli vajaliku pikkuseni. Protsess, mida sel eesmärgil kasutatakse, on SAW – kaarkeevitus räubustis firma Lincoln Electric tehnoloogia PowerWave alusel.

Räubustis kaarkeevituse (SAW) puhul põleb keevituskaar toote ja keevitustraadi otsa vahel. Traati antakse selle sulamist mööda keevitustsooni automaatselt juurde. Kaar on kaetud räubustikihiga. Keevitustraati liigub keevise suunas spetsiaalse mehhanismi abil. Kuumuse mõjul

põhimetall ja rübusti sulavad, kusjuures rübusti moodustab keevitustsooni ümber elastse kile, mis isoleerib selle tsooni õhu juurdepääsust.

Keevitustraadi sulanud metalli tilgad kanduvad keevitusvanni, kus need segunevad sulatatud põhimetalliga. Sedamööda, kuidas keevituskaar edasi liigub, hakkab keevitusvanni metall jahtuma, sest soojuse mõju sellele väheneb, ning seejärel tardub, moodustades keevisõmbluse. Rübusti muutub sulades vedelaks šlakiks, mis jääb vedelaks veel mõni aeg pärast seda, kui metall on juba tardunud. Seejärel šlakk tardub, moodustades õmbluse pinnale šlakikooriku.

Keevitusrübusti on üks kõige tähtsamaid elemente, mis määravad õmbluse metalli kvaliteedi ning keevitusprotsessi kulgemise. Rübusti koostisest olenevad vedela šlaki ja gaasikeskkonna koostised. Šlaki vastastikusest toimimisest metalliga tuleneb õmbluse metalli teatud keemiline koostis, millest olenevad selle struktuur ning vastupidavus pragude tekkimisele.

Gaasikeskkonna koostisest olenevad keevituskaare põlemise stabiilsust, vastupidavus pooride tekkimisele ning keevitusel eralduvate kahjulike gaaside kogus.

Mehhaniseeritud keevituseks ettenähtud rübustid peavad tagama keevitusprotsessi stabiilsuse, kristalliseerumispragude ja pooride puudumise õmbluse metallis, õmbluse metalli ja keevisliite mehaanilised omadused tervikuna, õmbluse hea formeerumise, šlakikooriku lihtsa eemaldamise ning mürgiste gaaside minimaalse eraldumise. Lisaks peab see kõik olema soodsa hinnaga ning võimaldama tööstuslikku masstootmist.

Et tagada metall-lehtede kokkukeevitamisel suurim tootlikkus, on ühepoolne keevitusseade ette nähtud koostööks terve rea ajamite ja veetavate konveierisüsteemidega.

Rübustis kaarkeevituse (SAW) seadme aluseks on terasest kandur, millele on paigaldatud rübusti toetusüsteem tugiala kaitsmiseks, etteande- ja väljaviimisoperatsioonide ajaks on paigaldatud tõstukid teraslehtede ja paneelide tõstmiseks.

Tabel 2.1 Tabelis on võrreldud rübustis kaarkeevitust (SAW) ja keevitust kaitsegaasi keskkonnas (MIG)

Keevitustüüp	MIG	SAW
Keevitusseadmed:	Vajadus puhastada keevituspead pärast igat keevitust.	Keevituspea puhastamine ei ole vajalik.
Mõju keskkonnale:	Vajalik on sundventilatsioonisüsteem koos kallite filtritega.	Ventilatsiooniseadmeid ei vajata.
Tööliste ohutus:	Vajalikud on spetsiaalsed kaitse-ekraanid, et hoida ära kahjulik mõju keevitajatele ja tsehhitöölisele.	Ei ole tarvis täiendavaid kaitsevahendeid, sest keevituskaar on kaetud rübustikihiga ega avalda kahjulikku mõju tööliste.
Keevitusvanni kaitse:	Võivad tekkida lainetused, mis on tingitud gaasi liikumisest. Suur gaasikulu ja gaasi kõrge hind.	Keevitusvannis ei teki lainetusi. Tänu rübusti taaskasutussüsteemile on rahalised kulud minimaalsed.
Keevitusvõimalused:	Keevitatavate detailide väike paksusdiapasoon.	Keevitatavate detailide lai paksusdiapasoon.
Jahutussüsteem:	Tarvis on vesijahutust nii keevituspeale kui ka keevisõmbluste kontrollisüsteemile.	Vesijahutus ei ole vajalik. Keevisõmbluse kontrollisüsteemile piisab õhkjahutusest ventilaatoriga.
Lõpptöötlus pärast keevitamist:	Vajadus eemaldada materjalilt pritsmed, mis on tekkinud keevitamisel kaitsegaasi keskkonnas.	Rübustis kaarkeevituse puhul pritsmeid ei teki.

Keevisõmbluse kvaliteet:	Õmbluse kvaliteedi järsk halvenemine isegi vähese tolmu-, rooste- õli- jne koguse puhul.	Automaatrežiimil keevitamise suurepärase kvaliteet. Garanteeritud kiirus ja kvaliteet isegi vähese tolmu, rooste, õli ja muude lisandite koguse korral.
--------------------------	--	---

Ülaltooduga arvestades on käesoleva töö autor seisukohal, et ideaalne meetod lehtede kokkukeevitamiseks automaatrežiimil on rābustis kaarkeevitus (SAW).

Tabel 2.2 Keevitusseadme tehnilised projektandmed

Keevituse pikkus:	12 m + 250 mm üleminekut seatud positsioonilt igas lõpus tehnoloogiliste lattide jaoks kaare etteandmiseks ja väljamiseks.
Detaili konfiguratsioon:	Siledad lehed.
Vasest jahutatava tugilati pikkus:	12,5 m
Alumiiniumist fiksaatorid:	Kinnihoidmispikkus 12 m
Metall-lehtede liikumislīni kõrgus:	ca 600 mm
Mõõtmed:	Ligikaudu 15,5 x 1,5 x 1,6 m (P x L x K) (põrandast kuni juhiku pinnani)
Kaal:	Ligikaudu 50 tonni.
Keevitatava lehe maksimaalne laius:	3 200 mm
Keevitatava lehe maksimaalne pikkus:	12 000 mm
Keevitatavate lehtede paksusvahemik:	6–30 mm
Materjal:	Laevaehituse lehtteras kuni S355L6N.

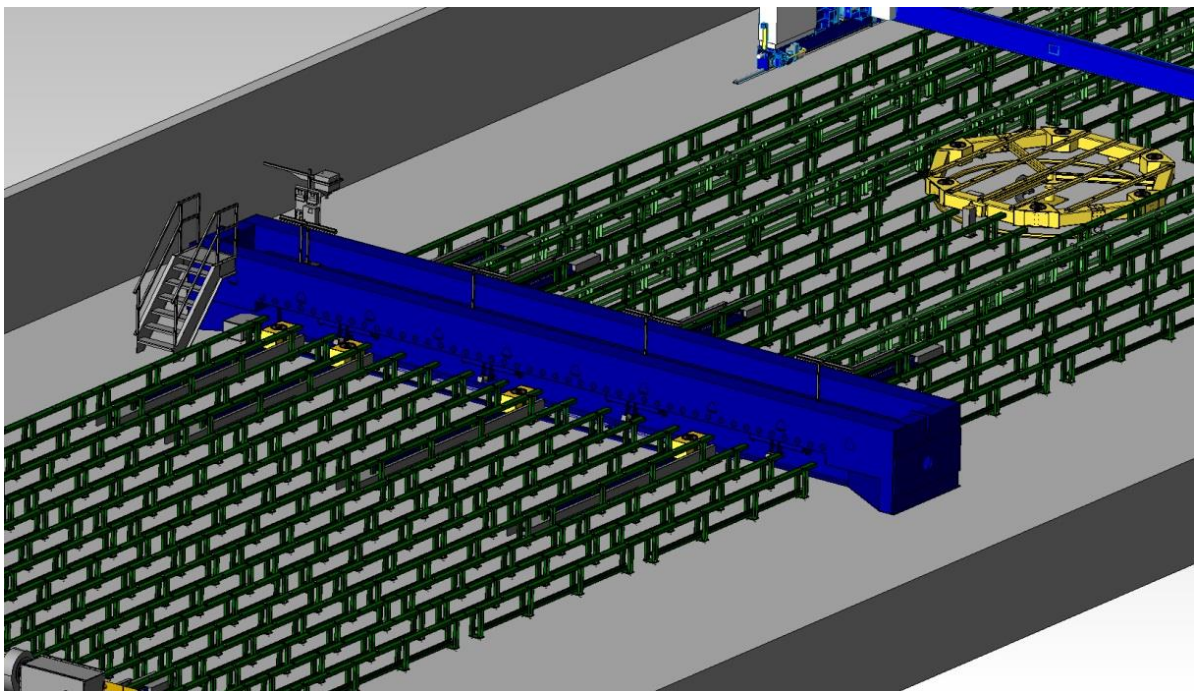
Tuleb silmas pidada, et potentsiaalselt on olemas muu konfiguratsiooniga lehti, mida süsteem võib mitte vastu võtta.

Seadmete kirjeldus

Keevitamine toimub operaatori poolt vaadatuna vasakult paremale. Operaator on poodiumil. Masin on varustatud mitmete standardsete funktsioonidega, mis on ette nähtud kasutaja jaoks suure tootmispotentsiaali tagamiseks.

Nende funktsioonide hulka kuuluvad:

- Lehtede automaatse kinnisurumise süsteem
- Lehtede tõste- ja teisaldamissüsteem
- Alused keevisõmbuse juure kujundamiseks
- Portaali keevitusüsteemi liigutamiseks piki keevisõmblust
- Räbusti kogumis- ja taastamissüsteem
- Lincoln PowerWave® SAW – keevitusseade



Sele 2.1. Lehtede automaatkeevitussooni üldvaade

Lehtede fikseerimissüsteem keevitamisel

Kaks pneumaatilise ajamiga hoidikut on ehitatud ühepoose keevitusseadme ülemise raami sõlme, üks plokk kummalgi küljel. Kumbki plokk koosneb eraldi alumiiniumklambrite seeriast. Selleks, et anda operaatorile võimalus seada klambrite vahelist kaugust, mis on vajalik keevitusprotsessis, on ette nähtud kinnitusklambrite asendi reguleerimine piki keevisõmblust. Et ühtlustada ja fikseerida keevitatavad detailid, on igal kinnitusklambrite plokil individuaalne ajam. Kinnitusklambrite plokid tagavad 12 m pikkuse detaili fikseerimise ning iga selle otsa fikseerimise sisestamise ja väljastamise tehnoloogiliste lattide jaoks.

Fikseerimissüsteemid on ette nähtud töötamiseks puhastatud suruõhuga surveel 6 bar. Neid juhitakse regulaatoritega õhufiltrite abil, mis on varustatud elektriliste ventiilide süsteemiga. Kinnitusklambrid pannakse tööle individuaalsete lülititega, mis asuvad ühepoolse keevitusseadme juhtpuldil. Et tagada õhu piisav etteanne/surve rõhu langemise korral, kasutatakse eraldi kompressorit ja õhureservuaari liini eraldiseisva elemendina.

Alumiiniumist kinnitusklambrid soodustavad soojuse kiiret ärajuhtimist lehtede keevitussoonist ning hoiavad ära keevisõmbluse piirkonna termilise deformeerumise. Kiire keevitamine rästi all kahe põletiga hoiab samuti ära keevitatavate lehtede ülekuumenemise õmbluse piirkonnas.

Lehtede tõstemehhanism

Lehtede seadmele laadimiseks ja sellelt mahavõtmiseks soovib autor kasutada pneumaatilise ajamiga tõstukeid. Konveierisüsteemile edasiviimiseks paigaldatakse ühepoolse keevitusseadme etteande- ja väljamispoolele mitmepoolsed tõstetavad rullid. Alumise ja ülemise asendi reguleerimiseks ettenähtud kõrgusele on paigaldatud reguleeritav peatamissüsteem.

Laua ja vasest tugilati karakteristikud

Ühepoolse keevitusseadme säng (alusraam) on konstrueeritud nii, et toetada torni töödeldava toote ja tugilati kinnitamiseks toote fikseerimise ja keevitamise ajal.

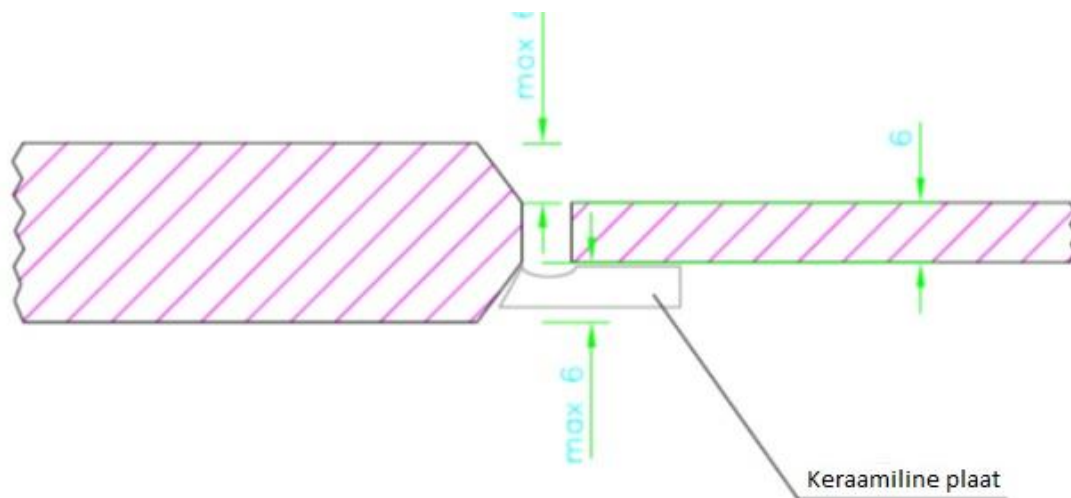
Alusraamile ehitatud torn töödeldava toote kinnitamiseks on täielikult suletud sõlm, mis on varustatud vesijahutussüsteemiga. See on ühendatud veevärgi või eraldi veejahutiga. Tugilatt on vaskdetail, mis on paigaldatud torni ülemisele pinnale töödeldava toote kinnitamiseks.

Piki tugilati telgjoont kulgeb tugisoon. Seadme alusraami ja tugilati konstruktsioon võimaldab kokku keevitada ühepoolselt erineva paksusega lehti. Keevitustsükli vahel täiendatakse rübustit rennis seadme kelgu tagasiliikumisel renni pikkuses. Tagasi liikudes tõmbab piki renni liikuv rübusti kogumistoru algul kasutatud räbu tagastussüsteemi. Kelgu tagasiliikumise ajal annab rübusti etteandeturu värske rübusti renni, valmistades selle ette järgmiseks keevitustsükliks.

Süsteem eri paksusega lehtede kokukeevitamiseks

Portaal varustatakse süsteemiga erineva paksusega lehtede otsakuti keevitamiseks. Nende paksuse poolest erinev osa võib olla nii all, keskel kui ka peal. Paksuste maksimaalne erinevus võib olla kuni +/- 12 mm.

Keevise juur kujundatakse sealjuures vajaliku kujuga keraamiliste plaatidega:



Sele 2.2 Näide keevise juure kujundamisest erineva paksusega lehtede keevitamisel

Rübusti tõstmine üle toe

Teraslehtede rübustis kaarkeevituse puhul viiakse rübusti tagasi keevisõmbuse juurde. Selle omaduse tagamiseks on seadme alustugi keevisõmbuse all rennikujuline. Keevitamise ajal

kujutab räubusti endast keevituskoha alust ning toetab õmblust kuni selle kõvastumiseni. Keevitustsükklite vahel täiendatakse räubustit rennis seadme kelgu tagasiliikumisel piki renni. Liikudes tagasi, tõmbab piki renni liikuv räubusti kogumistoru kasutatud räubusti ja šlaki tagastussüsteemi. Kelgu tagasiliikumise ajal annab räubusti etteandetoru värske ja puhastatud räubusti renni, valmistades selle ette järgmiseks keevitustsükliks.

Põiktala ja keevituskelk

Põiktalast ja keevituskelgust koosnevasse sõlme kuuluvad täpistöödeldud põiktala ja juhtlaba ning täpiskeevituskelk, mudel VSC-21-12. Põiktala ja juhtlaba sõlmed on valmistatud terasest, et tagada keevituskelgu täpne liikumiste. Põiktala kujutab endast suure eksploatatsioonitugevusega karpterasest tala ning on ette nähtud kelgu juhtlaba kindlaks toetamiseks. Juhtlaba on täpistöödeldud, sammu ja pöörde reguleerimisega horisontaalsel tasapinnal kogu selle pikkuses, et anda võimalus reguleerida kelgu liikumist.

Keevituskelk VSC-21-12 suure eksploatatsioonikindlusega ja vahelduva kiirusega käiguosa, mis on võimeline hoidma kaalu kuni 952 kg 304 mm kaugusel selle tugiplaadist. Kelk, mis liigub lattülekande ja sundajami abil, on varustatud kiiruseregulaatoriga, mis annab operaatorile võimaluse reguleerida selle liikumiskiirust. Kelgu liigutamiseks kasutatakse lattülekandesüsteemi koos sundajamiga reduktoriga varustatud elektrimootorilt. [8]

Keevituskelgu juhtimisfunktsioonid

Firma Lincoln tandemkeevituspea räubustis kaarkeevituseks paigaldatakse kelgule 90° nurga all. Kelk tagab reguleerimise piki õmblust. Põleti vertikaalne positsioneerimine tagatakse pneumaatiliste juhikut kombinatsiooni ja nende käiguga. Pneumaatilist kokkutõmmet kasutab allpool kirjeldatud põleti automaatne tõstesüsteem. Kõik kirjeldatud juhikud on kõrgendatud eksploatatsioonilise töökindlusega ning juhtvarrastega, millel on lineaarsed õõtsumistoad.

Keevituskelgu juhtimine

Keevituse juhtimiseks ning automaatalgoritmi tagamiseks kasutatakse kontrolleri seeriast EZ Link. Selle seeria kontrolleriid on kasutajasõbralikud ning ette nähtud operaatori töö paindlikkuse tagamiseks.



Sele 2.3 Kontrollor EZ Link

Keevituse ja kelgu liikumise funktsioonid on koordineeritud lihtsalt kasutatava tarkvaraga. Esipaneelil on mugavalt loetav kuvar. On võimalik eelnevalt sisestada kiiruse kongroll, käivitusviive ning liikumise peatamine. Kontrollor juhib keevituskelgu liikumist ning keevitusalgoritmi käivitamist. [9]

Kelgu baasjuhtimine koosneb järgmistest funktsioonidest:

- Toite ja valgustuse lüliti sisse/välja;
- Automaat- ja käsitsijuhtimise (Auto/manuaal) ning valgustuse lüliti;
- Edasi/väljalülitus/tagasi;
- Kelgu liikumine;
- Kiiruse regulaator, blokeering;
- Kiire pöikliikumise nupp;
- Juhikute reguleerimishoob;
- Lehtede tasandusindikaatorid üles/alla;
- Fikseerimine/vabastamine etteandmisel;
- Fikseerimine/vabastamine väljamisel;
- Fiksaatori kõrge/madal surve;
- Avariistopp;

Lõpplüliti ja tagasiliikumine lähteasendisse

- peatab kelgu liikumise;
- lülitab välja keevitussõlme kokkupuutel lõpplülitiga;
- viib kelgu automaatselt tagasi lähteasendisse;
- Seiskarinupp lõpetab tagasiliikumise lähteasendisse;
- Digitaalne kiiruse indikaator;
- Tagab etteantud kiiruse jälgimise valgusdiodiga;
- Etteantud kiiruse lugemine (loeb etteantud kiiruse enne liikumise alustamist).

Keevituse käivitamine/seiskamine

- Kelgult kontrollitavate keevitusfunktsioonide käivitamine ja seiskamine;
- Sisaldab voolureleid ja liikumise viitereleid.

Fikseerimise automaatne kõrgsurve

- Surve automaatne ümberlülitus (madal/kõrge) keevitustsükli alguses;
- Kõrgsurve käsitsi fikseerimiseks on paigaldatud lüliti.

Põleti tõstekontuur

- Tagab põleti kõrguse seadmise lüliti abil või automaatreguleerimise.
- Räbustis kaarkeevituse moodul Lincoln PowerWave® .

Ühepoolne keevitusseade on varustatud räbustis kaarkeevituse (SAW) vahelduvvoolul töötava tandemprotssoriga Lincoln Powerwave.



Sele 2.4 Lincoln Powerwave AC/DC1000

Sisaldab:

- 2 toiteallikat PowerWave AC/DC1000;
- 2 räubustis keevituse juhtimisplokki;
- 2 keevitustraadi etteandeseadet Wire Drive, 2,5 mm – 5,5 mm, max 7 m/min;
- 2 räubustis kaarkeevituse kontaktdüüside sõlme;
- 2 seadeldist traadi korrigeerimiseks diameetriga 2,5 – 5,5 mm;
- 1 punker Lincoln elektrilise siibri ja räubusti temperatuuri kontrolli kuumutiga;
- 2 traaditrumlite sõlme, kumbki 25 kg;
- 2 juhtkaablit Ark Link;
- 3 juhtimise kontaktkaablit;
- 2 põleti Lincoln pikendust;
- Tandemkronstein keevituspea paigaldamiseks;
- 1 räubusti tagastussüsteem koos poolautomaatse tolmukoguri sõlmega.[4]

Õmbluse kontrollisüsteem

Kontrollisüsteem Meta Vision VistaWeld on jälgimissüsteem, mis otsib, leiab ning jälgib keevisühendusi ja õmblusi optilise triangulatsiooni abil. See kujutab endast töökindlat

kontaktivaba meetodit keevituspõletite asendi kontrollimiseks ja ultrahelisondeerimiseks. Keevitusõmbluste laserkontroll tagab suurema tootlikkuse ja parema kvaliteedi.



Sele 2.5 Kontrollisüsteem VistaWeld

Kontroller VistaWeld uuendab pidevalt kujutist värvilisel LCD-kuvaril. Selle pind on jaotatud mitmeks eraldi aknaks, mis annavad järgmist informatsiooni:

- Signaal VistaWeldi andurilt
- Juhikute asend reaajas
- Süsteemi asend reaajas

Ekraanil olev informatsioon annab operaatorile võimaluse näha ühe pilguheiduga, kuidas süsteem toimib. Kontroller VistaWeld integreeritakse lineaarsete juhikutega. [6]

Konveieri vundamendis on ette nähtud vaatlustranšee õmbluste kontrollimiseks pärast lehtede keevitamist, samuti lindi paigaldamiseks radiograafilise kontrolli puhul.

3 JAOSKOND 2 – PLAADI PÖÖRAMINE

Pööramislaud

Pärast keevitusoperatsioonide lõpetamist saab plaati pöörata pööramislaua süsteemi abil. See seadeldis koosneb ringikujulisest terasraamist, millele on paigaldatud elektromagnetid. Iga eraldi magnetit saab tõsta ja alla lasta pneumaatiliste silindrite abil. Kõiki magneteid juhitakse üheaegselt.

Pööramisseade koosneb reduktormootorist, mis paneb liikuma terasraami tugevdatud lattülekandega. Elektrimootori toide tagatakse inverteri abil. Kui pneumaatilised silindrid on üles tõstetud, surutakse magnetid vastu plaadi alaosa ning magnetid aktiveeritakse. Magneti neutraalne olek on selle alumises asendis.

Pööramine aktiveeritakse nuppudega, mille abil on võimalik pöörata materjali 90°. Laud peatub automaatselt, kui pööramisoperatsioon on lõpetatud. Plaat reguleeritakse täpsesse asendisse, magnetite toide lülitub välja ning need langevad neutraalsesse asendisse. Pöördefaas on ette nähtud paneelide pööramiseks, mille diagonaal ei ületa ligikaudu 18 m (pööratava plaadi maksimaalmõõdud on ligikaudu 12 x 13,5 m).

Pööramisseadeldise maksimaalne pööre on +/- 90°, erinevad peatumisasendid aga seatakse lõpplülite abil. Pööramisoperatsioone on võimalik sooritada nii käsitsi- kui ka automaatrežiimil. Enne pööramisoperatsioonide alustamist tuleb transpordikettide fiksaatorid kettidest vabastada ning uuesti kinnitada plaadi tagumisele otsale, kui pööramisoperatsioonid on lõpetatud. Fiksaatorid ühendatakse kettidega ning saadetakse järgmisse jaoskonda või tagastatakse keevitusjaoskonda.

4 JAOSKOND 3 – PANEELIDE ÄRALÕIKE-, PUHASTUS- JA MARKEERIMISJAOSKOND

Puhastus- ja markeerimissõlm ning plasmalõikuse alusraam

Enne koostamisjaoskonda ning peasuunaliste profiilide traageldamist on vaja paigaldada multifunktsionaalne arvprogrammjuhtimisega markeerimispink, millel on jäik konstruktsioon, täpsed kahepoolsed pikiajamid ning täpistöötlusega juhtprofiilid järgmiste funktsioonide täitmiseks:

- plaatide plasmalõikamiseks õigetesse kontuuridesse;
- paneeli puhastamiseks krundist kohtades, kus profiilid puutuvad kokku siduskonstruktsioonidega, samuti märgistamiseks, et positsioneerida keevitamisel pikisuunalised ja põikprofiilid.

Esimene funktsioon annab võimaluse anda plaadile ruudu kuju ning lõigata plaate enne profiilide paigaldamist ning lõigata välja aknad, järelikult juba enne paneeli valmimist.

Teine funktsioon tagab paneeli pinna puhastamise kaitsekihist profiilide kokkupuutekohtades. See parandab keevisõmbluste kvaliteeti ning suurendab tootlikkust. Koos puhastuspeaga töötab markeerimissüsteem, mis märgib telgjoone iga eraldi jäikusribi täpselt paigaldamiseks paneelil.

Detaili markeerimisel kantakse sellele tingmärgistused, millel on:

- joonise number
- detaili number
- tellimuse number
- muud andmed

Markeering koosneb üldjuhul põhi-, lisa- ja abimärgistusest. [12]

Põhimärgistusel on tellimuse number, sektsiooni (ploki), joonise ja detaili number, detaili paigalduspiirkond laeval, detaili paksus ning terase mark.

Lisamarkeerinul on märgistused, mis tähistavad servade töötlust, painet ja töötlemisvaru, samuti suunavad märgistused: „Vöör“, „Ahter“, „Ülemine“, „Alumine“, „Parem parras“, „Vasak parras“ jne. [11]

Abimarkeering sisaldab kõiki muid juhiseid, näiteks „Väljalõige teha koostamisel“.

Markeerimise tindiprintsmetod seisneb metalli pinnale kujutiste ja märgistuste kandmist spetsiaalsete tintidega. See meetod ei mõjuta pinna struktuuri, ei muuda ega söövita seda ning ei tekita roostetamist või oksüdeerumist.

Käesoleva töö autor soovib kasutada firma ESAB automaatset lõike-, puhastus ja markeerimispinki „Avenger 3“. [2] See seade on varustatud plasmapäletitega lehtmatali lõikamiseks, samuti servade ettevalmistamiseks enne keevitamist. Samuti peab pink olema varustatud ka tintmärgistussüsteemi ja puhastusseadmetega.



Sele 4.1 Lõike-, puhastus- ja markeerimispink

Tabel 4.1 Peamised tehnilised karakteristikud

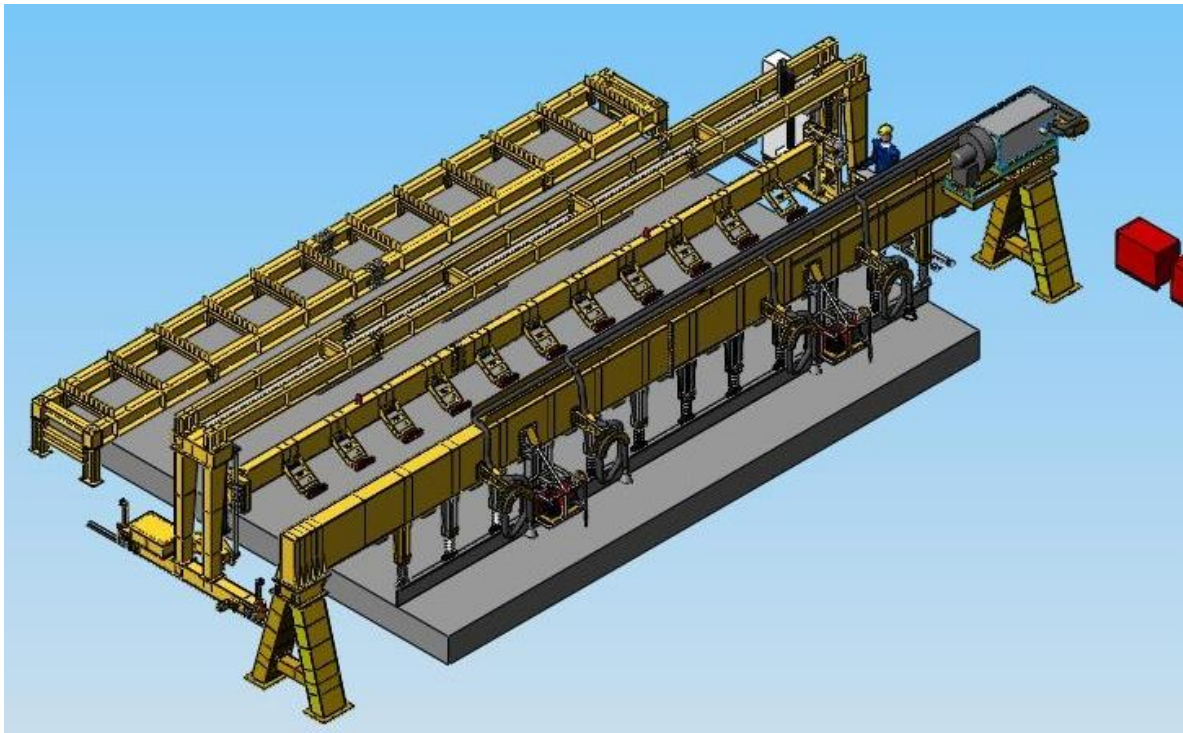
Juhikute laius:	18 000 mm
Täispikkus:	5 000 mm
Lülituspinge:	380 V, 50 Hz, TN-S
Keskkonna temperatuur:	5 °C – 35 °C

5 JAOSKOND 4 – PEASUUNALISTE PROFIILIDE PAIKAPANEK NING KEEVITAMINE TRAAGELDUSÕMBLUSTEGA

Peasuunaliste profiilide orienteerimine

Selle jaoskonna otstarve on orienteerida, panna paika peasuunalised profiilid paneelide ettevalmistamiseks. Määratakse kindlaks süsteem profiili paigaldamiseks automaatkeevitusega. Profiilid kinnitatakse otse paneelile traageldusõmblustega. Sel juhul võib kasutada plaadi esialgse painutamise süsteemi koos profiilide kinnikeevitamisega.

Selleks on vaja kaht tüüpi seadmeid. Esimene tüüp on magnet-pukk-kraana vastava magnetnoolega, mis on välja töötatud profiilide tõstmiseks selleks ettenähtud alustelt ning paigutamiseks paneeli pinnale. Teine seadmetüüp on fikseeriv portaal koos hüdrauliliste silindritega profiilide tihedaks surumiseks vastu plaati. Argoon- / gaaskeevitusseadmed MIG on paigaldatud fikseerimisportaalile, et oleks võimalik profiile paneeli külge käsitsi keevitada traageldusõmblustega.



Sele 5.1 Peasuunaliste profiilide paigutamise ja traageldusõmblustega keevitamise
jaoskonna üldvaade

Pukk-kraana

Profiilid tõstetakse paika ja positsioneeritakse pukk-kraanaga, mis on varustatud tõste- ja allalaskenoolega. Üks elektromagnetite komplekt on tugevalt kinnitatud noolele ning sellel on kuju, mis võimaldab hoida profiili kinni selle otsast. Selleks, et tagada profiilide ettenähtud positsioneerimine paneelil, vigastamata tõstemagneteid, kui fikseerimissilindrid suruvad profiili, on ettenähtud kontakti saavutamiseks paigaldatud eelnevalt pingutatud surumisvedru süsteem. Samuti paigaldatakse põiksuunalise reguleerimise seade, et sobitada profiilide loomulikku kõrvalekallet ja/või taastada nende asendit paneelil. Samuti peab olema magnetite reguleerimissüsteem, et oleks võimalik paigaldada ja kinnitada profiile esialgselt kaldega 5 kraadi (vööri- ja ahtriosade paneelid). Integreeritakse automaatsüsteem profiilide positsioneerimiseks ja teisaldamiseks, mis muudab masina üldiselt poolautomaatseks.

Tabel 5.1 Pukk-kraana tehnilised andmed

Kraana tüüp:	Portaalkraana
Pikiliikumise kiirus:	0 – 20 m/min
Magnetnoole tõstekiiirus:	0 – 5 m/min
Põiksuunas liikumise kogukaugus:	6 m
Juhtimine:	Raadiojuhtimine
Haaramistüüp:	Magnetid
Magnetite arv:	10
Lahtitõmbejõud:	360 kg/magnet

Profiilikassetid

Spetsiaalselt konstrueeritud kassetid, mis lihtsustavad profiilide virnastamist ning haaramist magnetkraanade abil.

Portaal profiili kinnisurumiseks (fikseerimiseks)

Põhiliselt koosneb profiili kinnisurumiseks ettenähtud portaal jäigast konstruktsioonist, millel on vastav arv otstarbekohase tõukepeaga varustatud hüdrocilindrid. Silindrid suruvad pukk-kraanaga paikapandud profiili plaadi vastu, kõrvaldades profiili ja plaadi vahelised õhuvahed.

Vastavalt nõutavale tootlikkusele annab piisav arv keevitusmasinaid, mis asuvad põhistruktuuri mõlemal poolel, operaatoritele võimaluse profiili lihtsaks keevituseks traageldusõmblustega. Vajadusel ka kaldega 5 kraadi.

Peakonstruksiooni all, „nulltasandil“, on fikseeritud jäik konstruktsioon, mis on ette nähtud hüdrokilindrite koormuste vastuvõtmiseks ning on varustatud ka spetsiaalse konveierisüsteemiga, mis võimaldab paneelil liikuda läbi selle jaoskonna.

Tabel 5.2 Profiilide kinnisurumisportaali tehnilised karakteristikud

Portaali tüüp:	Fikseeritud portaal
Maksimaalne laius:	16,5 m
Juhtimine:	Raadiojuhtimine

Keevitusseadmed

Portaali fikseeritud konstruktsiooni mõlemal poolel on inertgaasi keskkonnas kaarkeevitussüsteem GMAW (FCAW/MIG). Põleti pikk kaabel ja vedruhoovaga spetsiaalne seade abistavad operaatorit traageldusõmblustega keevitamise ajal.

Keevitamisel sulatatakse traadist elektroodi ots ja liidetavate detailide servad kaarleegiga, mida kutsutakse keevituskaareks. Keevituskaare temperatuur võib ulatuda kuni 5000-7000 °C elektroodil ja kuni 2600-3900 °C kaares. Elektroodi keevitustraadi kujul antakse kaarevahemikku ette ühtlase kiirusega ja mehhaniseeritud traadietteandmemehhanismi rullide abil. Keevitusvooluna kasutatakse vastupolaarset alalisvoolu, kus elektrood ühendatakse vooluallika +klemmiga. Keevitusvool antakse energiakadude vähendamiseks keevitustraadile keevituspüstolisse kinnitatud voolukontakti abil vahetult enne keevitustkaart.

Keevitada saab väga erineva paksusega lehtmaterjali. Paksema terasplaadi keevitamiseks sobib kõige paremini keevitamine täidistraadiga. Materjali paksuse nii suur erinevus on võimalik tänu keevitusparameetrite ja keevituskaare tüüpide laiale reguleerimisvahemikule. Seda keevitusviisi saab kasutada kõigis ruumilistes asendites ja reeglina sisetingimustes.

Metallelektroodiga kaarkeevitus toimub inertgaasides Ar ja He (MIG) ja nende segudes Ar + He, aktiivgaasis CO₂ (MAG), samuti inert- ja aktiivgaaside segudes Ar + O₂, Ar + CO₂, Ar +

CO₂ + O₂ ning aktiivgaasides CO₂ + O₂. Elektroodtraatidena kasutatakse legeeritud ja legeerimata ning värvilistest metallidest elektroode (Ni, Cu, Mg, Al, Ti, Mo), samuti pulber- ja aktiveeritud elektroode. Sulavelektroodiga keevitamisel kasutatakse põhiliselt alalisvoolu kuid ka impulssvoolu. [12]

Keevitusprotsessi iseloomustab kõrge tootlikus, mis on tingitud keevitusvoolude (kuni 500A) rakendamisest ja keevitustraadi väikest läbimõõdust (0,8 – 2,0 mm) põhjustatud suurest voolutihedusest (kuni 500A/mm²). Suurt voolutugevust võimaldab kasutada asjaolu, et keevitusvool juhitakse keevituselektroodile vahetult enne keevituskaart keevituspüstolis oleva voolukontakti kaudu.

MIG/MAG-keevitusel on järgmised eelised:

- suur tootlikus
- suur keevituskiirus
- lihtne mehhaniseerida ja automatiseerida
- keevitamisel ei teki räbu
- keevitaja näeb vahetult õmblust ja keevitusvanni keevitamise ajal
- keevituskaar soojuslikult kontsentreeritud, struktuurimuutused ja deformatsioonid põhimetallis väiksemad, suurened läbikuumutamise suurus

MIG/MAG-keevitusel on järgmised puudused:

- Ei sobi kasutamiseks välitingimustes
 - Keevitustraadi valik on tunduvalt väike
 - Lühikaarkeevitamisel ja keevitusparameetrite vääral valikul võib esineda palju pritsmeid
- [1]

Sellel etapil valib töö autor keevituse inertgaasi keskkonnas sest sellel etapil toimub täpiskeevitamine traageldusõmblusega ning ka profiilide iseärasuste tõttu on mugavam keevitada inertgaasi keskkonnas.

Tabel 5.3 Tehnilised andmed

Keevitusprotsess:	MIG/MAG – FCAW
Keevituse vooluallikas:	500A (inverter)

Keevitusparameetrite kaugkontroll:	Jah
Keevitusagregaatide arv:	2
Keevitussõlme tüüp:	Suurendatud töökindlusega tööks laevatehases
Pulbertraadi kasutamine:	Jah
Sisseehitatud poolide maksimaalne kaal:	25 kg
Pulbertraadi diameeter:	1,2 mm
Režiimilüliti:	2/4 etappi
Keevitusvoolu analüüs:	Jah
Keevituspinge analüüs:	Jah
Kaare sisseehitatud üleminek elektroodilt voolukontaktile:	Jah
Põleti jahutus:	Õhk
Survereduktor:	Jah

Keevitussuitsu eemaldussüsteem

Portaal peab olema varustatud keevitussuitsu eemaldussüsteemiga, mille mõõtmed vastavad filtritega väljatõmbetorude pikkusele. Keevituspeal, keevituspõletite kõrval on väljatõmbekuplid vastavate kinnitussüsteemidega.

Sammuseade

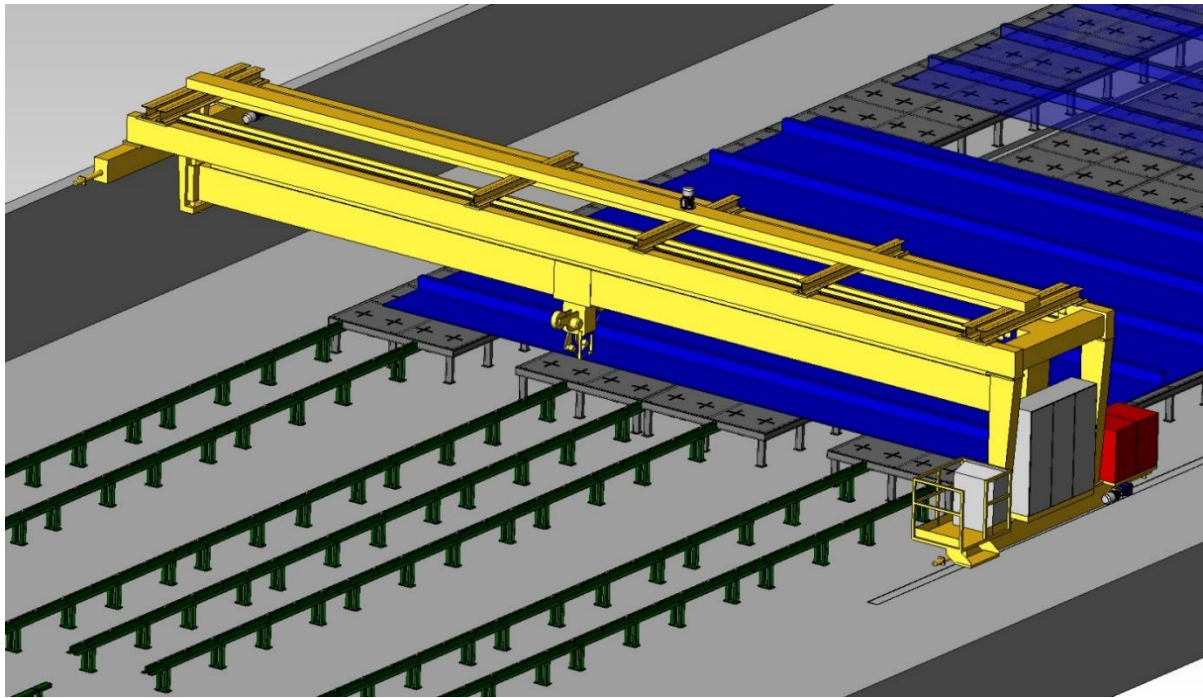
On tarvis paigaldada mehhaniseeritud konveierisüsteem paneeli hoidmiseks ja liigutamiseks vajalikule kaugusele (profili samm) kinnisurumise ning traageldusõmblusega keevituse süsteemis. Iga grupp varustatakse spetsiaalselt konstrueeritud magnetkelguga, mida käitavad reduktoriga elektrimootor ja ketisüsteem. Kelgu kogu käik on ligikaudu 4 m. Etteandeliinil on ajam, järelikult on see varustatud muudetava kiirusega elektrimootoriga ja reduktorajamiga ühe ketihammusratta pööramiseks. Kettliini elektrilistes juhtimisorganites on ette nähtud liikumine edasi ja tagasi.

6 JAOSKOND 5 – PEASUUNA PROFIIILIDE AUTOMAATKEEVITUS

Selle jaoskonna eesmärk on tagada paneelile traageldusõmblusega juba kinnitatud profiilide automaatkeevitus. Seda tehakse automaatkeevituse poolpukk-kraana abil (et oleks võimalik liikuda tsehhis jõutrafo kohal). See keevituskraana on ette nähtud nurkõmbluste keevitamiseks automaatrežiimil, üheaegselt profiili mõlemalt poolelt. Nurkõmbluste keevitamine toimub kahe põletiga räubustis keevitamise seadmega Lincoln.

Selle meetodi valikul nurkõmbluste keevitamiseks on lähtunud järgmistest eeldustest:

- räubustis kaarkeevituse (SAW) kiirus on 3 korda suurem kui kaitsegaasi keskkonnas keevitamise (MIG) kiirus. Vastavalt on plaadi kuumenemise pindala õmbluse piirkonnas ja selle „tõmbamine“ pärast jahtumist märksa väiksem kui MIG-keevituse puhul. 8 – 10 mm paksuse puhul (olenevalt profiilist) on plaadi deformeerumine visuaalselt juba märkamatu. Paneelid 6 mm paksuse plaadiga moodustavad tühise osa programmist, kuigi ka seal on deformeerumine ebaoluline.
- mugav kasutada:
- ei ole vaja düüside puhastamist pärast iga tsükli;
- puudub vajadus keevitusgaaside väljatõmbe ja filtrite järele;
- ei ole vaja klaasi kaitseks kiirguse eest;
- ei ole tarvis põletite ja kontrollisüsteemi vesijahutuse järele, piisab kontrollisüsteemi õhkjahutusest;
- ümber õmbluse ei ole pritsmeid, mida on vaja eemaldada;
- õmbluse kvaliteet on kõrgem;
- ei ole vaja gaasi juurdeandmist (kuid on räubusti taaskasutussüsteem), keevitusvannis ei teki lainetust;
- keevitatavate materjalide paksusvahemik on märksa suurem (6 – 30mm);
- õmbluse suurepärase kvaliteeti automaatkeevitusel;
- garanteeritud kvaliteet isegi siis, kui esineb tolmu, roostet, õli või kruntvärvi, mis väga oluliselt halvendavad õmbluse kvaliteeti MIG-keevituse puhul.



Sele 6.1 Automaatkeevituse pukk-kraana üldvaade

Tabel 6.1 Poolpukk-kraana projektandmed

Kraana relsi sille:	Ligikaudu 16,4 m
Liikumisliini kõrgus:	600 mm
Sildkraana relsi kõrgus:	Ligikaudu 20 m
Keevituskelkude arv:	Üks (2 keevituspõletit)
Kelgu liikumise kiirus:	Ligikaudu 10 m/min
Keevituse kiiruse reguleerimine:	5–250 cm/min
Kraana pikiliikumise kiirus:	Ligikaudu 10 m/min
Kraana kiiruse reguleerimine:	Inverter
Põleti maksimaalne kõrvalekalle:	100 mm

Poolpukk-kraana

Poolpukk-kraana varustatakse ühe alumise ratasvankriga, mis liigub põrandal asuvatel relssidel ja ühe ülemise ratasvankriga, mis liigub ülemistel relssidel. Piirkonda, kuhu paigaldatakse

ülemised relsid, paigaldatakse ka peamine toiterelss kraana elektritoite tagamiseks. Poolpukk-kraana on varustatud relsside pikendussüsteemidega kraana peajuhikute mõlemal poolel ja nende vahel.

Üksik keevituskelk on paigaldatud ning liigub piki kraana kesknoolt. kelk hoiab 2 keevituspõletit, mis on kumbki paigaldatud omaenda mehhaniseeritud, tugevatele juhikutele. Kõik kelgu ja keevitusseadmete juhtimisorganid ning räubustipunker on paigaldatud kelgule. Kõigi kaablite ja voolikute, samuti juhtpultide jaoks on omad kaabliliinid. Kraana juhtimisorganid ühendatakse rippuvate juhtpultidega, millele operaatoril on juurdepääs.

Kõigi kraanade jaoks, samuti poolpukk-kraana liikumise puhuks paigaldatakse süsteem kokkupõrgete vältimiseks. Pukk-kraana varustatakse valgustusseadmetega töösooni valgustamiseks.

Keevituskelk

Keevituskelk on täpiselement, mis on varustatud juhtrullikute ja sõltumatu mootoritega, mida juhitakse lattülekandesüsteemiga.

Kaks nurkõmbluste tegemiseks ettenähtud keevituspõletit, mis on paigaldatud kelgu alumisele osale, kiikuvale hoovale, on ühendatud tugeva kahekordse mehhaniseeritud juhikusüsteemi abil 90-kraadise nurga all.

Kelgu juhtimissüsteemi ning põleti positsioneerimise käskluste ja mehaanilise ühendamise käskluste täpsus tagab kvaliteetse keevituse.

Õmbluse järgimine keevituse ajal on garanteeritud pneumaatilise/mehaanilise seadeldisega, mis reguleerib vertikaalseid ja horisontaalseid juhikuid vastavalt keevitavale paneelile ja jäikusribidele. Laserkontrollisüsteemiga VistaWeld juhitud keevituskelkude käskluste süsteem tagab keevituskelkude liikumise täieliku juhtimise. Pukk-kraana käsklused ja kõik keevitusparameetrid programmeeritakse vahetult keevituskelgul oleva juhtpuldi kaudu.

Keevitusseadmed ühele keevituskelgule

Tabel 6.2 SAW Lincoln PowerWave AC/DC1000 tehnilised andmed [4]

Keevitusprotsess:	Lincoln – SAW – kahekordne kaar
Keevitussõlme tüüp:	Powerwave AC/DC1000, tugevdatud laevatehase
Põleti tüüp:	Kaks pead Lincoln MAXSa10, tugevdatud automaatsüsteemide jaoks
Keevitusvool:	1 000A 100%
Põleti tüüp:	Tugevdatud eksploatatsiooniomadustega
Pulbertraadi kasutamine:	Jah
Sisseehitatud poolide maksimaalne kaal:	4 x 25 kg

Räbusti tagastussüsteem

Nurkõmbluse keevitamiseks on süsteem varustatud räbusti tagastamiseadmetega, mis üldjuhul tõmbavad lõpetatud õmbluse pealispinnalt ära kasutatud räbusti ja suunavad selle uuesti kasutusse.

Paneeli eelpingestussüsteem

See on vertikaalne eelpingesüsteem paneeli kohandamiseks otse profiili asukohaga, et piirata materjali deformeerimist, mis tekib loomulikult pärast profiili keevitamist paneeli külge.

Eelpingestamine toimub kogu 12-meetrise paneeli laiuses pneumaatilise süsteemi abil kombinatsioonis vastusurvejõuga, mida rakendatakse elektromagnetitega. Need paiknevad kahes paralleelses reas kogu eelpingestataval alal. Kui profiil on keevitatud, eraldatakse elektromagnetid ning eelpingestussüsteem laskub alla.

7 JAOSKOND 6 – PIKISUUNALISTE PROFIILIDE KOOSTAMINE JA KEEVITAMINE TRAAGELDUSÕMBLUSEGA

Selle jaoskonna eesmärk on pikisuunalise profiili koostamine, et anda operaatorile võimalus traageldada profiil paneeli külge käsitsirežiimil, tsehhi kraanat kasutamata. Seda tehakse mobiilse portaaliga pikiprofiilide kohalepaigaldamiseks ning keevitusseadmetega täpiskeevituseks käsitsirežiimil. Portaali konstruktsioon koosneb karpterasest valmistatud jäigast talast ning

Portaali on jäik karpkonstruktsioon, millel on põiktala, mis liigub üles ja alla hüdraulilise silindri abil.

Tala võib pöörduda mis tahes nurga alla, et hoida ja teisaldada profiili etteantud kohta. Tala on varustatud spetsiaalse mehaanilise klambriga erineva kujuga profiilide hoidmiseks. See võib liikuda ka kogu portaali pikkuses spetsiaalse kelgu abil.

Portaal pikisuunaliste profiilide keevitamiseks

Portaal varustatakse ühe alumise ratasvankriga, mis liigub põrandal asuvatel relssidel ja ühe ülemise ratasvankriga, mis liigub ülemistel relssidel. Piirkond, kuhu paigaldatakse ülemised relsid, kannab ka toiterelssi kraana elektritoite jaoks, keevitussuitsu eemaldussüsteemi peakoguri torujuhet ning keevitusgaasi etteandeliini.

Portaal on varustatud relsside pikendussüsteemiga kraana peajuhikute mõlemal pool ja nende vahel. Paigaldatakse piisav arv keevituskelkusi, mida liigutatakse käsitsi sildkraana fermi relsside kogu pikkuses. Iga kandev platvorm tõstetakse elektrimootori abil, lattülekandesüsteemi vahendusel.

Igal platvormil on pöörduv kronstein, mis positsioneerib käsitsi kasutatava keevitusseadme koos põletiga, millel on 4 m pikkune kaabel, kinnitatuna traadi etteandeseadme külge. Kõigi kaablite ja voolikute ning rippuvate juhtpultide jaoks on eraldi kaabliketid.



Sele 7.1 Portaali pikisuunaliste profiilide kinnitamiseks traageldusõmblustega

Kraana juhtimisorganid ühendatakse rippuvate juhtpultidega, millele operaatoril on juurdepääs. Igal abikeevitusplatvormil on juhtimispuht, millest piisab platvormi teisaldamiseks. Pukk-kraana varustatakse valgustusseadmetega töötsooni valgustamiseks.

Tabel 7.1 Portaali projektandmed

Portaali laius:	14,8 m
Liikumiskiirus:	0-12 m/min
Portaali kõrgus töölaual kohal:	Ligikaudu 3 m
Muundur kiiruse reguleerimiseks:	Inverter

Kelk

Portaali kelk on tehtud lehtterasest ja sektsioonidest ning varustatud kaitsekatete ja juhikutega. Kõik kohad hüdrauliliste silindrite, ajamite, mootorite ja laagrite jaoks töödeldakse pärast seda, kui kogu portaal on kokku keevitatud. Tugev terviklik konstruktsioon on ühendatud kelguga silindri tõstetala kohas.

Tabel 7.2 Kelgu tehnilised projektparametrid

Servavahemik:	2 m
Liikumiskiirus:	0-20 m/min
Muundur kiiruse reguleerimiseks:	inverter

Profili fikseerimissüsteem

Tabel 7.3 Profili fikseerimissüsteemi tehnilised projektparametrid

Tõstmine:	Hüdrauliline kolb
Fikseerimistüüp:	Hüdrauliline
Hüdraulikajaam:	220 l – 4 kW
Töörõhk:	80 bar
Hüdraulikapumba ajam:	4 kW

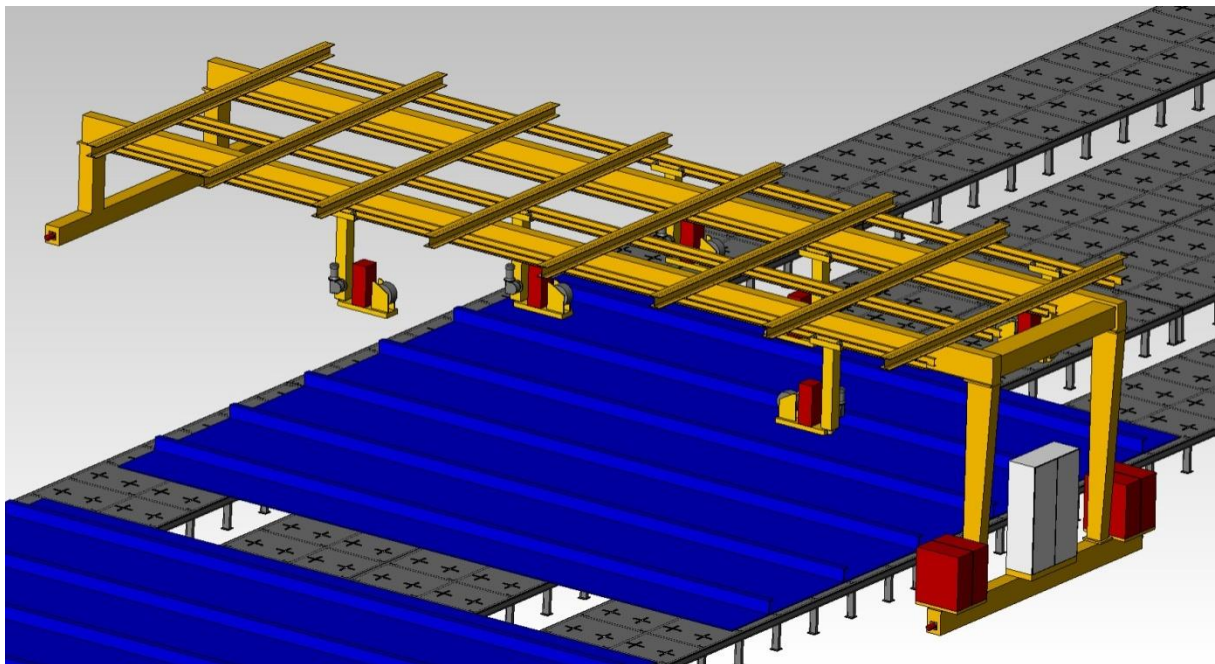
Keevitusseadmed – firma Lincoln seade keevitamiseks metallelektroodiga inertgaasi keskkonnas

Tabel 7.4 Keevitusseadme tehnilised parameetrid

Keevitusprotsess:	Firma Lincoln seade keevitamiseks metallelektroodiga inertgaasi keskkonnas
Keevitussõlme tüüp:	Powerwave 455M, tugevdatud töökindlusega kasutamiseks laevatehases
Keevituse toitevool:	450A 100%
Põleti tüüp:	Tugevdatud töökindlusega
Pulbertraadi kasutamine:	Jah
Sisseehitatud poolide maksimaalne kaal:	15 kg

8 JAOSKOND 7 – KARKASSIELEMENTIDE JA KOMPLEKTEERIVATE DETAILIDE KEEVITAMINE

Selle jaoskonna eesmärk on keevitada karkassielementide pikiprofiilid, raamprofiilid ning komplekteerivad detailid neutraalgaasi keskkonnas (MIG) horisontaalsete ja vertikaalsete õmblustega vastavalt joonisele. Seda tehakse ühe mobiilse abistava pukk-kraana abil, millega teisaldatakse seadmed 6 inimesele vajalikku asendisse nurkõmbluste keevitamiseks MIG-keevitusega.



Sele 8.1 Abikeevitusjaoskonna üldvaade

Abistav poolpukk-kraana keevitamiseks

Poolpukk-kraana varustatakse ühe alumise ratasvankriga, mis liigub põrandarelssidel ja ühe ülemise ratasvankriga, mis liigub ülemistel relssidel. Ala, kuhu paigaldatakse ülemised relsid, kannab ka peamist juhtrelssi kraana elektritoite jaoks, keevitussuitsu eemaldamise peakoguri torujuhet või inertgaasi etteandeliini. Abistav pukk-kraana varustatakse relsside pikendussüsteemiga mõlemal pool kraana juhikuid ja nende vahel. Paigaldatakse piisav arv keevituskelkusi mis on liigutatavad käsitsi sildkraana fermi relsside kogu pikkuses. Iga kandeplatvorm on tõstetav elektrimootori abil lattülekande vahendusel

Igal platvormil on pööratav kronstein, mis positsioneerib käsitsi kasutatavad keevitusseadmed põletiga, mis paigaldatakse koos 4 m pikkuse kaabliga, kinnitatuna traadi etteandeseadme külge. Kõigi kaablite ja voolikute, samuti rippuvate juhtpultide kaablite jaoks on omaette ketiliinid.

Kraana juhtimisorganid ühendatakse rippuvate juhtpultidega millele operaatoril on juurdepääs. Igal abikeevitusplatvormil on juhtimispuht, millest piisab platvormi teisaldamiseks. Kõigi kraanade jaoks, samuti poolpukk-kraana teisaldamisoperatsioonide puhuks paigaldatakse süsteem kokkupõrgete ärahoidmiseks. Pukk-kraana varustatakse valgustusseadmetega töösooni valgustamiseks.

Tabel 8.1 Portaali projektandmed

Portaali laius:	16,5 m
Liikumiskiirus:	0-12 m/min
Portaali kõrgus töölaua kohal:	Ligikaudu 3 m
Muundur kiiruse reguleerimiseks:	Inverter

Keevitusseadmed

Käsitsikeevitamise jaoks on pukk-kraana iga kelk varustatud automaatse süsteemiga keevitamiseks metallektroodiga inertgaasi keskkonnas. Traadi etteandeseade, keevituspõleti ja jahutussüsteem on paigaldatud otse tõsteplatvormile, välja arvatud alaldid ja juhtimisorganid, mis on paigaldatud kandvale platvormile. Põikprofiilide, raamprofiili ja komplekteerivate detailide keevitamine.

Tabel 8.3 Keevitusseadmete tehnilised parameetrid

Keevitussõlmede arv:	6
Keevitussõlme tüüp:	Lincoln Powertec 300S / LF-22
Keevitusprotsess	Keevitus pulbertraadiga
Pulbertraadi kasutamine:	Jah
Perioodilisus:	420A – 100%
Sisseehitatud poolide maksimaalne kaal:	25 kg

Keevitraadi läbimõõt:	1,2 mm
Režiimilüliti:	2/4 etappi
Keevitusparameetrite analüüs:	Jah
Kaare sisseehitatud üleminek elektroodilt voolukontaktile:	Jah
Põleti jahutus:	Vesi
Põleti pikkus:	4 m
Survereduktor:	Jah

Eelised:

- Aparaadid on välja töötatud mitmesuguste tööde sooritamiseks.
- Kaare suurepäraseks omadused keevitamisel gaasisegudes ja 100% CO₂.
- Stabiliseerimissüsteem tagab traadi etteande ühtlase kiiruse.
- Pinge mitmeastmeline reguleerimine võimaldab seada parameetreid maksimaalse täpsusega.
- Täiendav drossel tagab keevituskaare suurepäraseks omadused.
- Vajaduse korral sisselülituv ventilaator vähendab tarbitavat võimsust ning tolmu ja suitsu sattumist seadmesse.
- Sünergiline juhtimine lihtsustab keevituse parameetrite kontrollimist.
- Selge digitaalne kuvar.
- Paistab silma keevitusparameetrite laiendatud diapasooni poolest.
- Suured rattad, käepide teisaldamiseks ning tõsteaasad tagavad seadme täieliku mobiilsuse.
- Etteande kiiruse sujuv reguleerimine, töörežiim 2/4 takti.
- Täielik valik funktsioone: gaasi ja traadi test, traadi „lõõmutuse“ reguleerimine. [1]

Keevitussuitsu eemaldamissüsteem

Portaal on varustatud keevitussuitsu eemaldamissüsteemiga, mille mõõtmed vastavad filtritega väljatõmbetorude pikkusele. Keevituspeal, keevituspõletite kõrval paiknevad väljatõmbekuplid koos vastavate kinnitussüsteemidega.

9 TRANSPORDISÜSTEEMID

Transpordisüsteemi eesmärk on tagada paneelide transportimine tööjaoskondade vahel ning tootmisliini lõpuni. Sel eesmärgil paigaldatakse kolm kettkonveierit ja kaks vankrit plokkide teisaldamiseks. Paneeli ühendamine ainult kahe kettliiniga tagatakse spetsiaalse fikseerimisarmatuuri abil. Ketisüsteem võimaldab paneeli ühtlast paigutamist, kinnihoidmist ja selle transportimist.

Üldisel konveierisüsteemil on võimalikult palju moodulelemente, mis ei nõua spetsiaalseid vundamenditöid paigaldusetapil, välja arvatud korralikult tasandatud betoon põrand. Kõik moodulelemendid kinnitatakse lihtsalt põranda külge vundamendipoltidega.

Etteande- ja väljamissüsteemid

Plaatide kinnihoidmiseks ja toimetamiseks ühepoolseesse keevitusseadmesse ning sellest välja on tarvis paigaldada mehhaniseeritud konveierisüsteem. Etteandesüsteem koosneb teisaldusgruppidest. Iga grupp on varustatud teisaldusketiga, mis liigutab spetsiaalset magnetkelkude süsteemi. Kelgu kogukäik on ligikaudu 4 m.

Edasiandeliinil on ajam ning järelilikult on see varustatud muudetava kiirusega elektrimootori ning reduktorajamiga ketihammasratta pööramiseks. Kettkonveieri elektrilistel juhtimisorganitel on ette nähtud sünkroniseeritud liikumine edasi ja tagasi. Teine kettülekanne tähtratas pannakse tööle reduktoriga varustatud elektrimootoriga kett-transmissiooni kaudu. Abiks uue lehe sobitamiseks paneeli keevitatud sektsiooniga on samuti ette nähtud paneeli reguleerimine piki- või põikisuunas.

Kogu lehtede ühepoolse keevitamise ning pöörleva laua alal on ulatuslik tööpind, millel paneelide või plaatide toimetamisel keevituspinki või sellest välja korduvate tsüklitega on paigaldatud spetsiaalne etteandmissõlmede komplekt, mis on paigaldatud sfäärilistele tugedele.

Konveier tuleb varustada kahe kettliiniga, mis kulgevad teineteisega paralleelselt. Kummalgi kettliinil on ajam ning järelilikult on see varustatud muudetava kiirusega elektrimootori ja reduktorajamiga ühe ketihammasratta pööramiseks. Kettliini elektriliinilistel juhtimisorganitel on ette nähtud kolme kettliini liikumise juhtimine edasi ja tagasi.

Kettkonveieri süsteemis on ette nähtud fiksaatorid, mis on ette nähtud paneeli liigutamiseks ühest jaoskonnast teise. Vältimaks kontakte keti lülidega ning kriimustusi, on ketiliin paneelide liikumisliinist ja paneelide hoidmislaudadest allpool. Ketid on varustatud täismetallist toetusratastega. Need töötavad kanalitüüpi teraskonstruksioonis, millel on põranda külge kinnitatud toed.

Iga kett kulgeb üle kahe kettülekande tähratta. Üks kettülekande tähratas on varustatud käsitsi reguleeritava pingutusmehhanismiga, mis on õhendatud tähratta võlli tugilaagritega. Teine kettülekande tähratas pannakse tööle reduktormootoriga kett-transmissiooni kaudu.

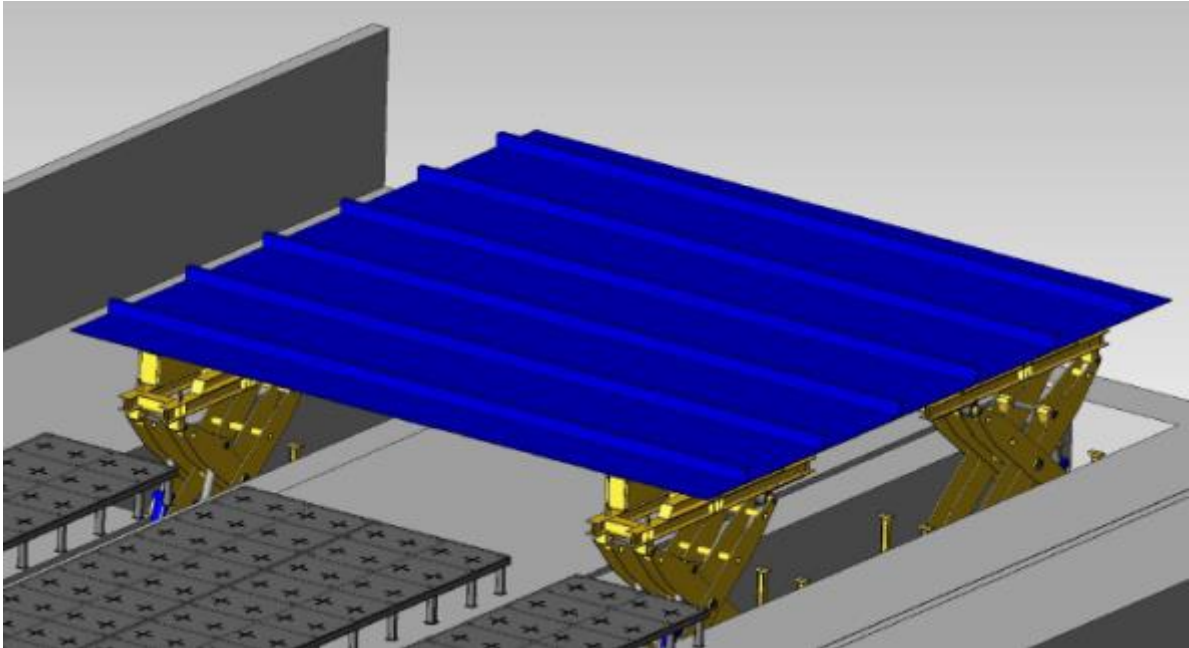
Rull-laud

Rull-laud on valmistatud ketaselementidest, mis on ette nähtud paneeli hoidmiseks tööoperatsioonide sooritamisel. See koosneb piisavast kogusest ketastest. Ketaselemendid monteeritakse terasest moodulraamidesse, millel igaühel on üldjuhul sama arv ketaselemente. Seda tehakse, et lihtsustada konveieri katte paigaldamist ja ühtlustamist. Igal omaette kettal on üks laager ja võll.

Töö ning paneelide kogu tööjaoskonnas liikumise ohutuse tagamiseks paigaldatakse libisemisvastase kattega metall-lehed, mis katavad ruumi pukkide ja toetavate ketaste vahel.

10 VALMIS PANEELIDE LAADIMISSÜSTEEM

Liini lõppu soovitab autor paigaldada spetsiaalse seadeldise valminud paneelide tõstmiseks ja laadimiseks eriveokile edasiseks transportimiseks laeva koostejaoskonda.



Sele 10.1 Paneelide laadimissüsteemi üldvaade

See laadimissüsteem varustatakse hüdrauliliste silindritega valmispaneeli tõstmiseks piisavale kõrgusele, et paneel liiguks eriveokile edasiseks transportimiseks.

Tabel 10.1 Laaduri tehnilised andmed

Kandejõud:	50 t
Ajami tüüp:	Hüdrauliline
Hüdrauliliste silindrite arv:	8 tk.
Maksimaalne tõstekõrgus:	2,5 m
Tõstemehhanismide vaheline laius:	10 m

Seejärel laaditakse paneel spetsiaalsele transportiplatvormile.



Sele 10.2 Platvorm suuremõõtmeliste veoste transportimiseks

Ühe niisuguse veoki kandevõue on kuni 1000 tonni. See on varustatud spetsiaalse hüdraulilise süsteemiga veose täpseks paigutamiseks. Samuti on veakil palju rattaid koormuse ühtlaseks jaotamiseks aluspinnale. [3]

11 AUTOMAATSE KEEVITUSLIINI TOOTLIKKUSE ARVUTUS

Allpool on esitatud lamepaneelide liini tootlikkuse arvutus, mis põhineb standardsetel paneelidel mõõtmetega 12 x 12 m.

Tabel 11.1 Lähteandmed

Parameeter	Väärtus	Ühik
Paneeli mõõtmed	12 x 12	m
Plaat	12 x 3	m
Plaadi paksus	10	mm
Põkkõmblused	4	Ühel paneelil
Jäikusribid (<i>Bulb plate</i> 120 x 8)	20	tk
Profiili keevise pikkus	11,5	m
Jäikusribid (T-profiilid, 500 x 15 – 200 x 20)	14	tk
T-profiili keevise pikkus	6	m
Tööaeg	16	2 vahetust, 8 tundi päevas
	5	Päeva nädalas
	48	Nädalat aastas

Tabel 11.2 Ühepoolse keevituse jaoskond

Parameeter	Väärtus	Ühik
Põkkõmbluste arv paneelil	4	tk
Keevituse kiirus	0,7	m/min
Õmbluse keevitamise aeg 12,5 (m) x 0,7	17,9	min

Õmbluse töötlemise täistsükli aeg	38,8	min
Ühele õmblusele kuluv kogu tööaeg	56,7	min
Paneeli transportimine kettkonveieriga	5	min
Kogu 1 paneelile kuluv aeg	3,9	Tundi
1 vahetuse efektiivsus 1 paneeli kohta	48	%

Tabel 11.3 Peasuunaliste profiilide traageldusõmblustega keevitamise jaoskond

Parameeter	Väärtus	Ühik
Profiilide kogus (12 000 mm)	20	tk
Profiili töötlemise aeg	4,9	min
Profiili traageldusõmblusega keevitamise aeg	3	min
Ühe profiili kogu töötlemine	7,9	min
Aluse vahetamine	20	min
Vaba jaoskond + uue paneeli transportimine keevitamisele traageldusõmblusega	6	min
1 paneelile kuluv kogu tööaeg	3,1	tundi
Töövahetuse efektiivsus 1 paneeli kohta	38	%

Tabel 11.4 Kahekordse nurkõmbluse keevitamise jaoskond

Parameeter	Väärtus	Ühik
Profiilide arv	20	
Keevituse kiiruse standardne diapasoos	1,6–2,0	m/min
Ühe profiili keevitamise aeg (õmbluse pikkus 11,5 m)	6,4	min
Ühele profiilile kuluv aeg, kaasa arvatud töötlemine	10,1	min
Keevituskraanade arv (2 põletit)	1	

1 paneelile kuluv kogu tööaeg	3,4	Tundi
Töövahetuse efektiivsus 1 paneeli kohta	42	%
Keevituskraanade arv (2 + 2 põletit)	2	
1 paneelile kuluv kogu tööaeg	1,7	Tundi
Töövahetuse efektiivsus 1 paneeli kohta	21	%

Tabel 11.5 Abikeevitusjaam (karkassielementide ja komplekteerivate detailide keevitamine)

Parameeter	Väärtus	Ühik
Selles tööjaoskonnas töötatakse käsitsi.		
Üldjuhul töötab jaoskonnas:	Max 6	Keevitajat

Tabel 11.6 Paneeliliinide tööjõud ühes töö vahetuses kvaliteetsed töötajad/abitöötajad.

Parameeter	Väärtus	Ühik
Lehtede ühepoolse keevitamise jaoskond	2/2	inimest
Paneeli loikamis- puhastamis- ja markeerimisjaoskond	1/1	inimest
Peasuunaliste profiilide traageldusõmblusega keevitamise jaoskond	2/2	inimest
Peasuunaliste profiilide kahekordse nurkõmblusega keevitamise jaoskond	1/0	inimest
Raamprofiilide kokkupaneku ja keevitamise jaoskond	6/5	inimest

Tabel 11.7 Paneeliliinide koguvõimsus

Parameeter	Väärtus	Ühik
1 päevaga lõpetatud paneel	20,4	t
Vahetuste arv päevas	2	Vahetus

Tootmine 1 nädalas	204,37	t
Tootmine 1 aastas	9809,9	t
Paneelide arv vahetuses keskmiselt	2,3	Paneeli
Vahetuste arv päevas	2	Vahetust
Töö efektiivsus (teoreetiline)	100	%
Paneelide keskmine arv nädalas	23,3	Paneeli
Paneelide keskmine arv aastas	1119,5	Paneeli

Keevitus tsehhi tootlikus pärast automaatse keevitusliini paigaldamist suureneb kahe korra võrra ja hakkab vastama tehase nõuetega. Praegu tehas valmistab 600 paneeli. Pärast automaatse keevitusliini installerimist saab teha 1120 paneeli. Seega tootlikus kasvab 87% võrra.

12 MAJANDUSTENÄITAJATE ARVUTUS

Allpool on esitatud majandusnäitajate arvutus. Arvesse võetud asjaolu, et keevitustraadi kulud jäävad sama nii automaatsel liinil, kui ka käsitsi keevitusel. Tänu rübusti taastamis süsteemi olemasolu võimaldab rübusti kulud madaldada võrreldes inertsigaasis keevitusega.

Töövahetus kestab – 8 tundi.

Tööpäevas on kaks töövahetust kokku – 16 tundi.

Nädalas on 5 päeva.

Aastas on 48 nädalad, kokku 1920 töötundi.

Kõrkkvaliteetse töötajate tunni tasu – 12 eurot.

Abitööliste tunni tasu – 7 eurot.

Tabel 12.1 Tööjõukulude arvutus aastas

Parameeter	Väärtus	Ühik
Kõrkkvaliteetse töötajate tunni tasu	12	eurot
Abitööliste tunni tasu	7	eurot
Tööandjakulud (maksudega) tunnis kõrkkvaliteetse töötajate puhul	21,6	eurot
Tööandjakulud (maksudega) tunnis abitööliste puhul	12,6	eurot
Töötunni arv aastas	1 920	t
Tööandjakulud (maksudega) aastas kõrkkvaliteetse töötaja puhul	41 472	eurot
Tööandjakulud (maksudega) aastas abitöölise puhul	24 192	eurot
Kõrkkvaliteetse töötajate arv	12	inimest
Abitööliste arv	10	inimest
Tööandja kulud aastas kõikide töötajate puhul	739 584	eurot

Tabel 12.2 Ühepaneeli tööjõukulude arvutus automaatse keevitusliini kohta

Parameeter	Väärtus	Ühik
Paneelide arv aastas	1119,5	tk.
Tööandja kulud aastas kõikide töötajate puhul	739 584	eurot
Tööjõukulud ühe paneeli kohta	661	eurot

Tabel 12.3 Tänapäeval ühepaneeli tööjõukulude arvutus

Parameeter	Väärtus	Ühik
Paneelide arv aastas	600	tk.
Tööandjakulud (maksudega) tunnis kõrkkvaliteetse töötajate puhul	18	eurot
Tööandjakulud (maksudega) tunnis abitööliste puhul	11,5	eurot
Töötunni arv aastas	1 920	t
Tööandjakulud (maksudega) aastas kõrkkvaliteetse töötaja puhul	34 560	eurot
Tööandjakulud (maksudega) aastas abitöölise puhul	22 080	eurot
Kõrkkvaliteetse töötajate arv	70	inimest
Abitööliste arv	100	inimest
Tööandja kulud aastas kõikide töötajate puhul	4 627 200	eurot
Tööjõukulud ühe paneeli kohta	7 712	eurot

Järelduseks on selge, et automaatse keevitus liin on hädavajalik. Tema abil saab tööjõukulud ühe paneeli kohta vähendada 7 051 eurot võrra.

Allpool on toodud kogu automaatse keevitusliini projekteeritud maksumus.

Tabel 12.4 Automaatse keevitusliini projekteeritud maksumus

Keevitusliini osa	Väärtus	Ühik
Lehtede automaatne põkk-keevitus portaal	750 000	eurot
Pööramislaud	60 000	eurot
Paneelide äralõike-, puhastus- ja markeerimisjaoskond	960 000	eurot
Peasuunaliste profiilide paikapanek ning keevitamine traageldusõmblustega portaal	650 000	eurot
Peasuuna profiilide automaatkeevitus portaal	400 000	eurot
Pikisuunaliste profiilide koostamine ja keevitamine traageldusõmblusega portaal	450 000	eurot
Karkassielementide ja komplekteerivate detailide keevitamine portaal	275 000	eurot
Konveier	600 000	eurot
Valmis paneelide laadimissüsteem	75 000	eurot
Automaatse keevitusliini kogu maksumus	4 220 000	eurot

Arvestades tööjõukulu vähenemine 7 051 eurot ühepaneeli kohta, automaatse keevitusliini soetamis maksumus ära tasutakse 600 paneeliga. Aastas planeeritud tootma 1000 paneeli, seega kogu liini tasuvusaeg 7,2 kuud.

13 ELEKTRISEADMETE OHUTUSNÕUDED

Elektrimootorid

Kõik elektrimootorid on kolmefaasilised, lühismähisega ning täielikult kaitstud tolmu ja vee eest, vastavad kaitseklassile IP 54. Mootorid on varustatud kvaliteetse isolatsiooniga, mis vastab EL-i efektiivsusnormatiividele.

Elektroonilised andurid

Elektroonilised andurid on konstrueeritud ilma mehaaniliste liikuvate osadeta ning taluvad kulumist, korrosiooni ja kliimatingimusi.

Andurite pead on pressitud spetsiaalsesse heade füüsikaliste ja elektriliste omadustega vaiku, mis kaitseb niiskuse ja mehaaniliste vigastuste eest. Andurite kaitseklass on IP 65.

Juhtimiskapid

Aparaadipaneelid ja -karbid on vastupidava lehtterasest konstruktsiooniga, moodustades tugevad kapid juhtimispaneelide paigaldamiseks. Kõigil nurkadel on painutatud või täielikult keevitatud konstruktsioon. Kate on pealepandud ning seda võib lihtsalt avada kontrollimiseks.

Kaitseks korrosiooni eest tuleb kappide sise- ja välispindadele kanda kruntvärv. Kondensvee ärahoidmiseks peavad kõik juhtimiskapid olema varustatud termostaatidega juhivate soojendusseadmetega.

Nupud

Aparaadipaneelil ja esikaanel on vajalikud klahvlülitid jne. Kõik komponendid on hästi paigaldatud ning neil on vajalikud märgistused operaatori kiireks reageerimiseks. Nupud on värvitud vastavalt Rahvusvahelise Energiakorporatsiooni soovitudele.

Avariiseiskamisnupud

Need asuvad kõigis kohtades, kus on vaja seadmeid avariilukordade puhul seisma panna. Nuppudel on normaalasendis kinnised kontaktid, mis on ühendatud peakontaktorite sisse- ja väljalülitusahelatega.

Avariiseiskamisnupule vajutamine lahutab viivitamatult vastava peakontaktori. Ühtaegu näitab märgutuli, et avariiseiskamine on lahutanud peakontaktori.

Pärast aktiveerimist jääb käsijuhtimisega avariiseiskamisnupp avatud asendisse. Vastavalt ISA standardile tuleb see enne peakontaktori uuesti sisselülitamist seada algasendisse.

Elektrikaablid

Välislülitusteks tuleb kasutada puhtast vasest kaableid PVC isolatsiooniga, PVC padjaga ning teise PVC kattega. Paindlikel kaablitel on valitud vasest juhtmed, mis on isoleeritud vulkaniseeritud kummiga. Väliskate on valmistatud õli- ja ilmastikukindlast kummist. Kõik väliskaablid on mõõdetud tingimustes, kus juhtpaneelid ja aparaadipaneelid asuvad 5 meetri ulatuses transpordiliinist. Ühendused, kaasa arvatud jaotuskarbid on varustatud kaablitihenditega ning on täielikult kaitstud tolmu ja vee eest, vastavad kaitseklassile IP 54.

KOKKUVÕTE

Kokkuvõttes on käesoleva töö autoril õnnestunud koostada automaatliin laevakerede lamepaneelide tootmiseks vastavalt esitatud nõuetele. Olemasoleva tootmistehnoloogia analüüsi tulemusena selgitati välja mitmeid probleeme. Nende hulgas on vajadus suure hulga kõrge kvalifikatsiooniga keevitajate üheaegse töö järele, piiratud logistika tsehhis ning tehtavate keevitusõmbluste ebaühtlane kvaliteet. Käesoleva töö autor on pakkunud välja automaatliini, millel on kahtlemata palju eeliseid, võrreldes käsitsikeevitusega. On soovitatud automaatliini, millel on tänu konveierite kasutamisele tsehhis selgepiiriline logistika.

Liin ise koosneb kaheksast põhijaoskonnast:

1. Lehtede automaatne põkk-keevitus
2. Plaadi pööramine
3. Paneeli loikamis- puhastamis- ja markeerimisjaoskond
4. Peasuunaliste profiilide kokkupanek ja keevitamine traageldusõmblusega
5. Peasuunaliste profiilide automaatkeevitus
6. Põiksuunaliste profiilide keevitamine traageldusõmblusega
7. Karkassielementide ja komplekteerivate detailide keevitamine
8. Seade valmis paneelide laadimiseks ja transportimiseks.

Lehed tulevad vastavalt spetsifikatsioonile plasmalõikeseadmetest juba eemaldatud faasideta keevitamiseks ning need transporditakse magnetkraanaga. Lehed paigutatakse rullkonveierile. Pärast toimetatakse lehed konveieril automaatsele keevitusliinile.

Esimeses jaoskonnas toimub lehtede põkk-keevitus (otsakuti keevitamine) räubustis keevitusportaali abil.

Teises jaoskonnas võib keevitatud lehti pöörata 90-kraadise nurga all ja saata tagasi keevitamiseks teises suunas. Pärast seda, kui plaat on valmis, liigub see loikamis-, puhastus- ja markeerimisjaoskonda.

Kolmandas jaoskonnas lõigatakse plaadid mõõtu ning puhastatakse kohad, kuhu edaspidi keevitatakse profiilid. Seal toimub märgistamine – kantakse peale profiilide asukoht, detaili number, joonise number ja muud andmed.

Neljandas jaoskonnas pannakse paika ja keevitatakse traageldusõmblustega kinni peasuuna profiilid. Sellesse jaoskonda antakse spetsiaalsetes kassetides keevitamiseks ettevalmistatud profiilid. Selles jaoskonnas toimub keevitamine inertgaasi keskkonnas.

Viiendas jaoskonnas toimub peasuuna profiilide lõplik keevitamine kogu pikkuses. Kasutatakse kaarkeevitust räubustis.

Kuuendas jaoskonnas pannakse paika ja keevitatakse traageldusõmblustega pikisuunalised profiilid. Sellesse jaoskonda antakse profiilid ja detailid, mis on eelnevalt keevitamiseks ette valmistatud.

Seitsmendas jaoskonnas keevitatakse paneelile lõplikult profiilid ja muud komplekteerivad detailid. Selles jaoskonnas toimub keevitamine käsitsirežiimil, sest sellel etapil keevitaks tavaliselt muu hulgas ka mittestandardseid detaile.

Kaheksandas jaoskonnas toimub valmispaneelide laadimine nende edasiseks transportimiseks.

Kõrge kvalifikatsiooniga tööliste arvu vahetuses õnnestus vähendada 70-lt inimeselt 20-ni. Abitööliste arvu õnnestus vähendada 100-lt inimeselt 10-ni.

Analüüsi erinevaid keevitustüüpe. Analüüsi tulemusena selgitati välja, et kaarkeevitusel räubustis (SAW) on väga suured eelised, võrreldes keevitamisega inertgaasi keskkonnas (MIG/MAG).

Peamised eelised olid:

- keevitamine räubustis (SAW) on 3 korda kiirem kui keevitus kaitsegaasi keskkonnas (MIG);
- kasutamise mugavus;
- ei ole vaja düüside puhastamist pärast iga tsükli;
- ei ole vajadust keevitusgaaside väljatõmbe ja filtrite järele;
- ei ole vaja klaasi kaitseks kiirguse eest,

- ei ole vaja põletite ega kontrollisüsteemide vesijahutust;
- õmbluse ümber ei teki pritsmeid, mida on vaja eemaldada;
- õmbluse parem kvaliteet.
- ei ole vaja gaasijuurdeandmist (kuid on rääbusti taaskasutussüsteem), keevitusvannis ei teki lainetust;
- keevitatavate materjalide paksuse diapsoon on oluliselt laiem (6 – 30 mm);
- keevisõmbluse suurepärane kvaliteet automaatprotsessis.

Neis jaoskondades, kus toimub profiilide paigaldamine plaadile ja täpiskeevitus traageldusõmblusega, valiti keevitus inertgaasi keskkonnas, kuna see meetod on mugavam täpisooperatsioonide puhul ning seadmed ise on oluliselt madalama hinnaga.

Käesoleva töö tulemusena arutati ka automaatliini tootlikkus ning selgus, et see rahuldab täielikult esialgseid nõudmisi. Nõudmistes oli pakutud aastakoguseks ligikaudu 1000 paneeli. Arvutuste tulemusena aga saadi 1119,5 paneeli aastas.

Järeldused:

1. Keevitus tsehhi tootlikus pärast automaatse keevitusliini paigaldamist suureneb kahe korra võrra ja hakkab vastama tehase nõuetega. Praegu tehas valmistab **600** paneeli. Pärast automaatse keevitusliini installerimist saab teha **1120** paneeli. Seega tootlikus kasvab **87%** võrra.
2. Lamepaneeli omahind järsult väheneb võrreldes käsitöö tootmisega. Praegu ühe paneeli tööjõukulud on **7 712** eurot. Kasutades automaatse keevitusliini tööjõukulud on **661** eurot. Mis on **7 051** eurot vähem, ehk siis **91%** vähem. Automaatse keevitusliini tasuvusaeg on **7,2** kuud.
3. Keevitus, markeerimis, kontrollimis süsteemi paigaldamine praktiliselt kõrvaldab defekte lamepaneelide tootmises. Kasutatakse maailma tuntud tootjat vastavalt Euroopa sertifitseeritud reeglina, seega saab saavutada Euroopa tasemel sertifitseeritud kvaliteeti.
4. Automaatse ja poolautomaatse keevitus jaamade, konveiersüsteemi, markeerimissüsteemi, samuti laadimissüsteemi kasutamine võimaldab vähendada kõrkkvaliteetse töötajate arv **70-lt** kuni **12** inimest töö vahetuses ja abitöötajate arv **100-lt** kuni **10** inimest.

5. Automaatse keevitusliini kasutamine pareneb töötingimused ja praktiliselt kõrvaldab käsitöö. Kõik keevitus kohad omavad hea ventileerimissüsteem. Töötajad asuvad ohutul kaugusel keevituskaarest. Järsult suureneb töötajate motivatsioon. Teostatud uuringus tehase töötajate vahel **80%** väljendasid oma soovi töötada uuel kaasaegsel liinil ja usuvad et nende töötingimused parenevad.
6. Seadmete valik ja paigalduskohad võimaldab töötada optimaalses režiimis. Tänu selle saab planeerida hooldusaja ette, mis välistab ootamatu rikkest ja avariidest. Abiseadmete ja käsivarustuse hulka vähenemine (keevitajad, kraanad, tungrauad jne) võimaldab vähendada hooldus ja remondi kulud. Keevitusaparaadi vähenemine **70**-st kuni **20** tükki väheneb hoolduskulud kuni **72%**.
7. Kõne all olev liin seostati tellija konkreetse tsehhiga. Joonist on võimalik vaadata **lisas 3**.

Niisuguste projektide väljatöötamine on kahtlemata kasulik, sest iga projekt on individuaalne ning nõuab hoolikalt läbitöötamist iga konkreetse tsehhi puhul ja vastavalt seatud ülesannetele. Iseseisva läbitöötamise tulemusena on võimalik viia automaatliini tootmise kulud miinimumini, samuti seadistada liinid konkreetset vastavalt tehase vajadustele, eemaldades kõik liigse ning lisades vajaliku.

SUMMARY

To sum up the results of this work the author was able to put together an automated line for the production of flat body panels under the necessary requirements. The analysis of existing production techniques revealed many problems. Such as the need for simultaneous operation of a large number of highly skilled welders, limited logistics inside the workshop, the quality of the heterogeneity of the welds. The author of this work has been offered an automatic line, which certainly has a lot of advantages over manual welding technology. Was proposed automatic line with a clear logistics in the shop using conveyors.

The line itself consists of eight main sections:

1. Automatic butt welding of sheets
2. Rotate the welded cloth
3. Welded panel trimming, cleaning, and labeling.
4. Assembly and tack welding set for main direction profiles
5. Automatic welding set for main direction profiles
6. Assembling and tack welding set for longitudinal direction profiles
7. Welding frame set for parts of saturation
8. Loading device for transporting the finished part

Sheets regarding to specification come from plasma cutting and have already beveled for welding. Sheets transported by crane with magnetic devices. Sheets are placed onto the roller conveyor. After the sheets supply on a conveyor line for automatic welding. On the first station sheets takes place in the butt welding portal using submerged arc welding.

The second station can rotate welded plates by 90 degrees and forward back by reversing in another direction. After the base plot is ready it will be moved to the trimming, cleaning, and labeling machine.

In the third station occurs welded base plate trimming in required size, cleaned the place which will continue to be welded profiles. Occurs marking with profiles location, labeling part number, drawing number and other data.

In the fourth station is being installed and tack welding of main line profiles. Also on this station are served in special cassettes prepared weld profiles. At the welding portal is used welding in an inert environment (MIG).

In the fifth station is a final automatic welding of principal direction profiles along the entire length using submerged arc welding (SAW).

In the sixth station is being installed tack welding of longitudinal direction profiles. This site also serves profiles and details of pre- prepared for welding.

On the seventh station is the final welding of profiles and other details of saturation to the panel. At the welding portal is in the manual mode, since at this stage is typically welded among other non-standard parts.

On the eighth station is loading finished panel for further transportation.

Number of skilled workers per shift managed to reduce from 70 people per shift, up to 20 people per shift. Number of helpers managed to reduce from 100 to 10 persons.

Were analyzed different types of welding. As a result of analysis revealed that the submerged arc welding SAW has very great advantages over welding in an inert environment MIG / MAG.

The main advantages are:

- speed submerged arc welding SAW 3 times higher than the rate of welding in inert gas
- usability is higher
- not require of cleaning nozzle after each pass
- no need to extract gases and welding filters
- does not require protective glass from flashing
- no need water cooling of burners and tracking system
- No splashing around the seam, which should be removed
- better weld quality
- blowing gas is not needed (there is a flux recovery system) - no disturbance in weld pool
- thickness range of welded materials is much larger (6 - 30mm)
- Excellent seam quality in the automatic process

In those areas where the installation of the profiles on the base plate and spot tack welding method was chosen in an inert environment, because this method is more convenient for point operations, as well as the equipment itself is much cheaper.

Also in a result of this work was calculated automatic line performances and were found that it fully meets the initial requirements. The requirements stated about 1,000 panels per year. According to calculations, the result become 1119.5 panels per year.

This work was made basis on a real workshop. Drawings can be found in Annex 3.

Conclusions:

1. Automatic welding line installation in workshop for the production of flat panels will increase performance by **2** times and will meet the required performance of the plant. Currently the factory produces **600** panels per year. After automatic welding line installation can be produced **1120** panels per year. Therefore productivity increases by **87%**.
2. Installation an automatic line will sharply reduce the cost of flat panels. Currently workforce for the one panel cost **7 712** euro. After installation automatic welding line workforce cost for the one panel will cost 661 euro. What is **7 051** euro less, or **91%** less. Automatic welding line payback period is **7,2** months.
3. Automation of welding, marking, positioning and control systems practically excludes defects in manufacturing. Using world-renowned certified manufactures according to the rules as a result will achieve the level of Europe certified quality in production.
4. Using automatic and semiautomatic welding stations, conveyors, marking and control systems as well as loading system sharply reduce the number of highly qualified workers from **70** to **12** persons per shift and helpers from **100** to **10** persons.
5. Using automatic welding line working conditions improved: almost no manual work, all the working places have a powerful ventilation system, operators located at a safe distance from welding arc. Increases the motivation of workers. In a study of factory workers in **80%** expressed a desire to work in a new contemporary line, and believe that their working conditions were improved.
6. Selection and placement of equipment on sites provides equipment working under optimal conditions. Thanks to this it is possible to schedule maintenance periods, which

eliminates unexpected breakdowns and stops of the line. Reducing the number and range of equipment (welders, cranes, jacks, etc.) greatly reduces the cost of maintenance and repair. Welding machines reducing from **70** pieces to **20** pieces as a result will reduce cost of maintenance and repair to **72%**.

7. Automatic welding line were associated with existing workshop. Drawing can be found at **Annex 3**.

Benefit in the development of such projects clearly exists, because each project is unique and requires careful consideration on a case, workshop and tasks. As a result of self- study can reduce the production costs of the automated line to a minimum, as well as to equip the line specifically for the tasks of the plant, removing the excess and adding necessary.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Andres Laansoo (2010). Keevitamine MIG/MAG-keevitus. Tallinn: Kirjastus Argo.
2. ESAB cutting lehekülg [WWW] <http://www.esab-cutting.com/products/cutting-machines/product/avenger-3.html> (20.04.14)
3. KAMAG lehekülg [WWW] <http://www.kamag.de/ru/produkty/novaja-tehnika/sudostroenie-i-morskie-platformy/transporter-sudovykh-sekci.html> (01.05.14)
4. Lincoln Electric lehekülg [WWW] <http://www.lincolnelectric.com/en-us/Equipment/Pages/product.aspx?product=K2203-1> (10.04.14)
5. M. Randrüüt, F. Sergejev, K. Sonk, A. Vrager (2013). Nõuded ja vormistamise juhend magistritööle mehaanikateaduskonnas. Tallinn: TTÜ.
6. Meta Vision lehekülg [WWW] <http://www.meta-mvs.com/vistaweld-system.htm> (15.04.14)
7. N.R.Mandal (2004). Welding and distortion control. Pangbourne: Alpha Science International.
8. RB Welding lehekülg [WWW] <http://rbwelding.com/portfolio-items/side-beams-carriages/> (15.04.14)
9. RB Welding lehekülg [WWW] <http://rbwelding.com/portfolio-items/ez-link-series-controllers/> (15.04.14)
10. RUKKI terased lehekülg [WWW] <http://www.ruukki.ru/> (15.04.14)
11. V.Rebane, I.Noor (2007). Laevade ehitus. Tallinn: Eesti mereakadeemia.
12. С. К. Фомичев, В. М. Прохоренко, В. Д. Кузнецов (2011). Сварочные процессы и оборудование. К.: НТУУ «КПІ»
13. Рыбалко Н.В. (1985). Сборка металлических судов. Москва: Высшая школа

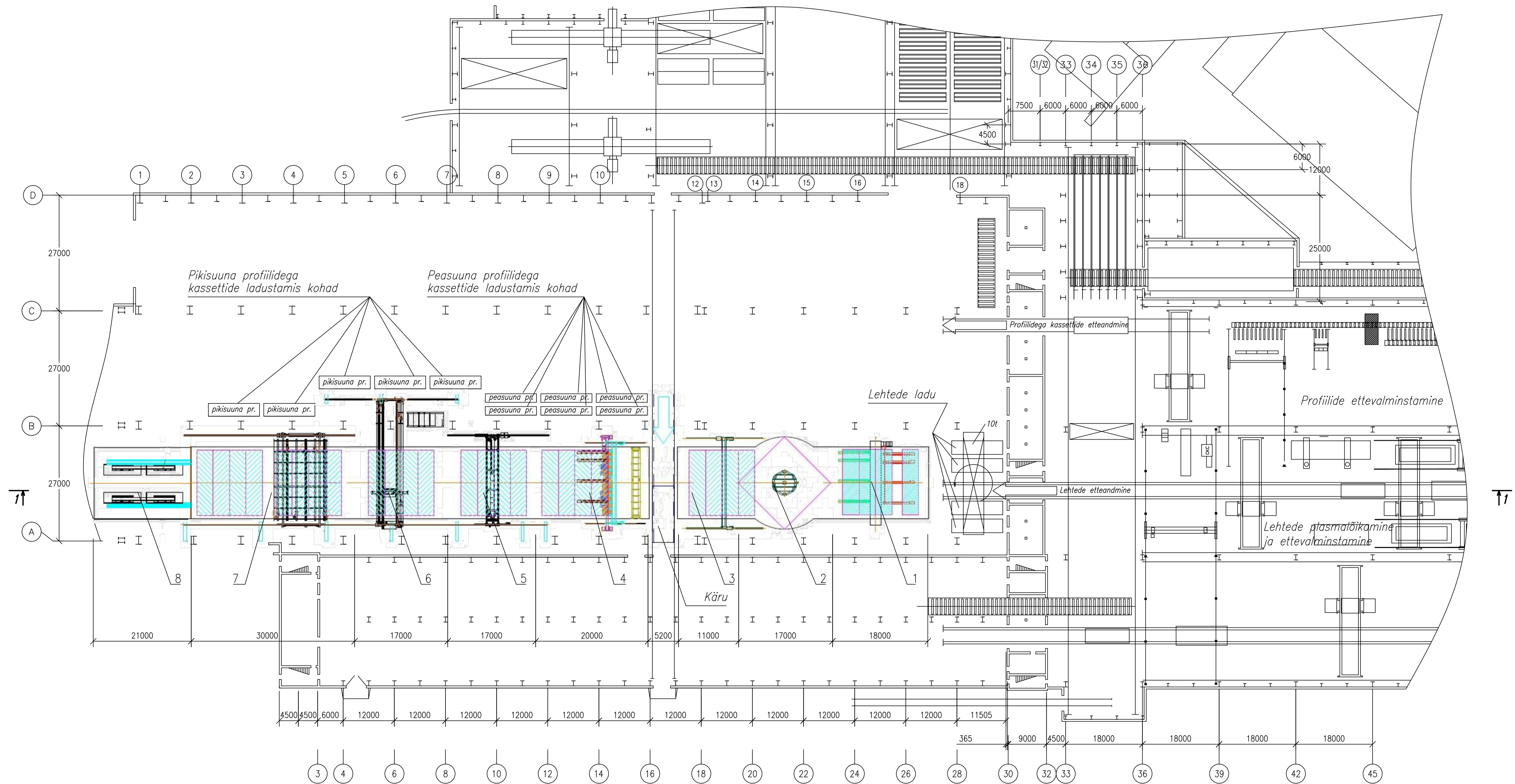
LISAD

LISA 1. Tsehhi plaan.

LISA 2. Tsehhi lõiged.

LISA 3. Automaatse keevitusliini projekteeritud asukoht tsehhis.

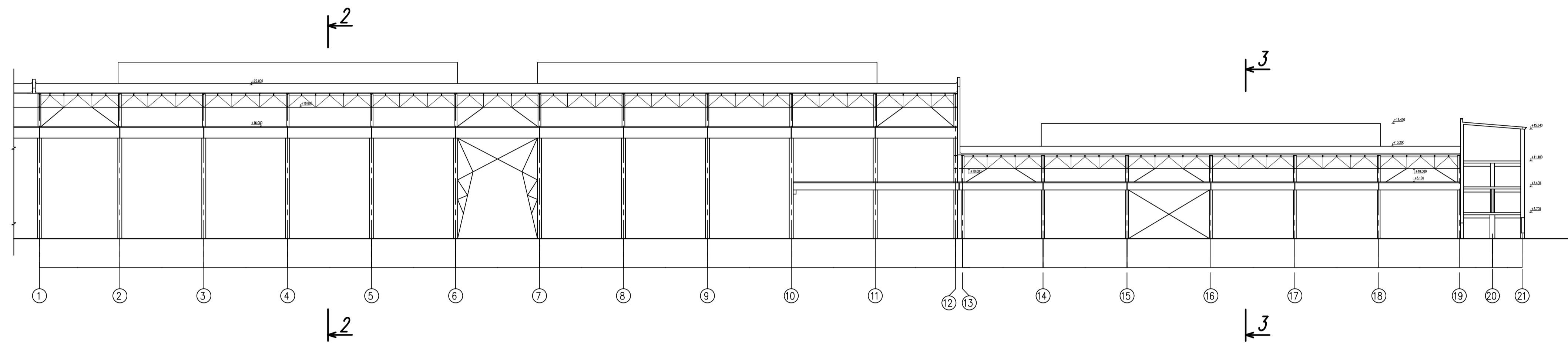
Tsehi plaan
M1:500



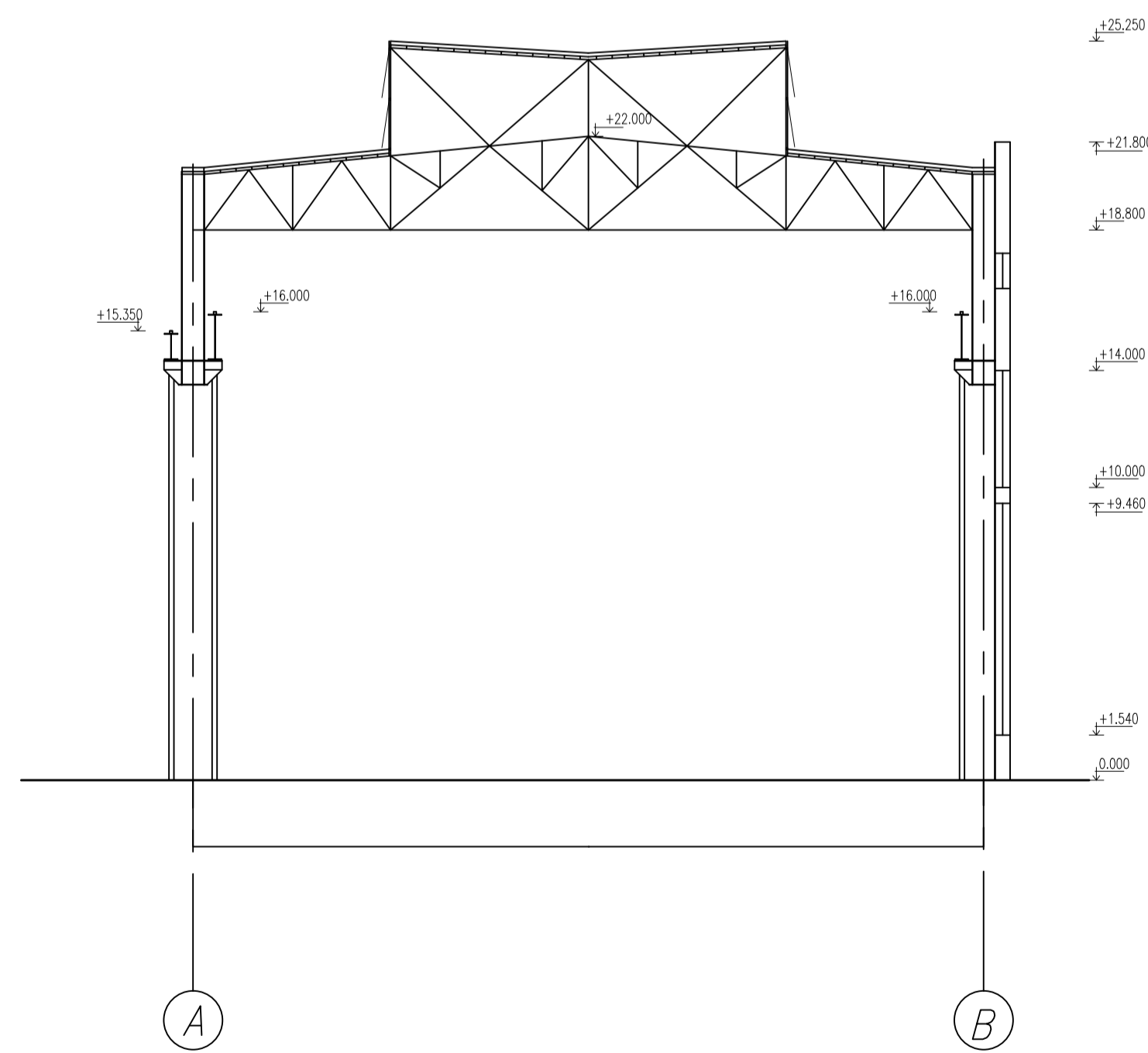
SPETSIFIKATSIOON	
Jaoskond	Operatsioon
1	Lehtede automaatne põkk-keevitus
2	Plaadi pööramine 90°
3	Paneelide lõikamine, puhastus ja markeerimine
4	Peasuuna profiilide paikapaneel ja keevitamine
5	Peasuuna profiilide automaatkeevitus
6	Pikisuunaliste profiilide koostamine ja keevitamine
7	Karkasielementide ja komplekteeritavate detailide keevitamine
8	Valmis paneelide laadimissüsteem

TTÜ MEHAANIKATEADUSKOND Koostaja: Vladimir Orekhov Juhendaja: Aigar Hermaste	Magistritöö	Leht / Lehti: 1/2
	Automaatse keevitusliini projekteeritud asukoht tsehhis	
Masinaehituse instituut	Automaatse keevitusliini kavandamine.	

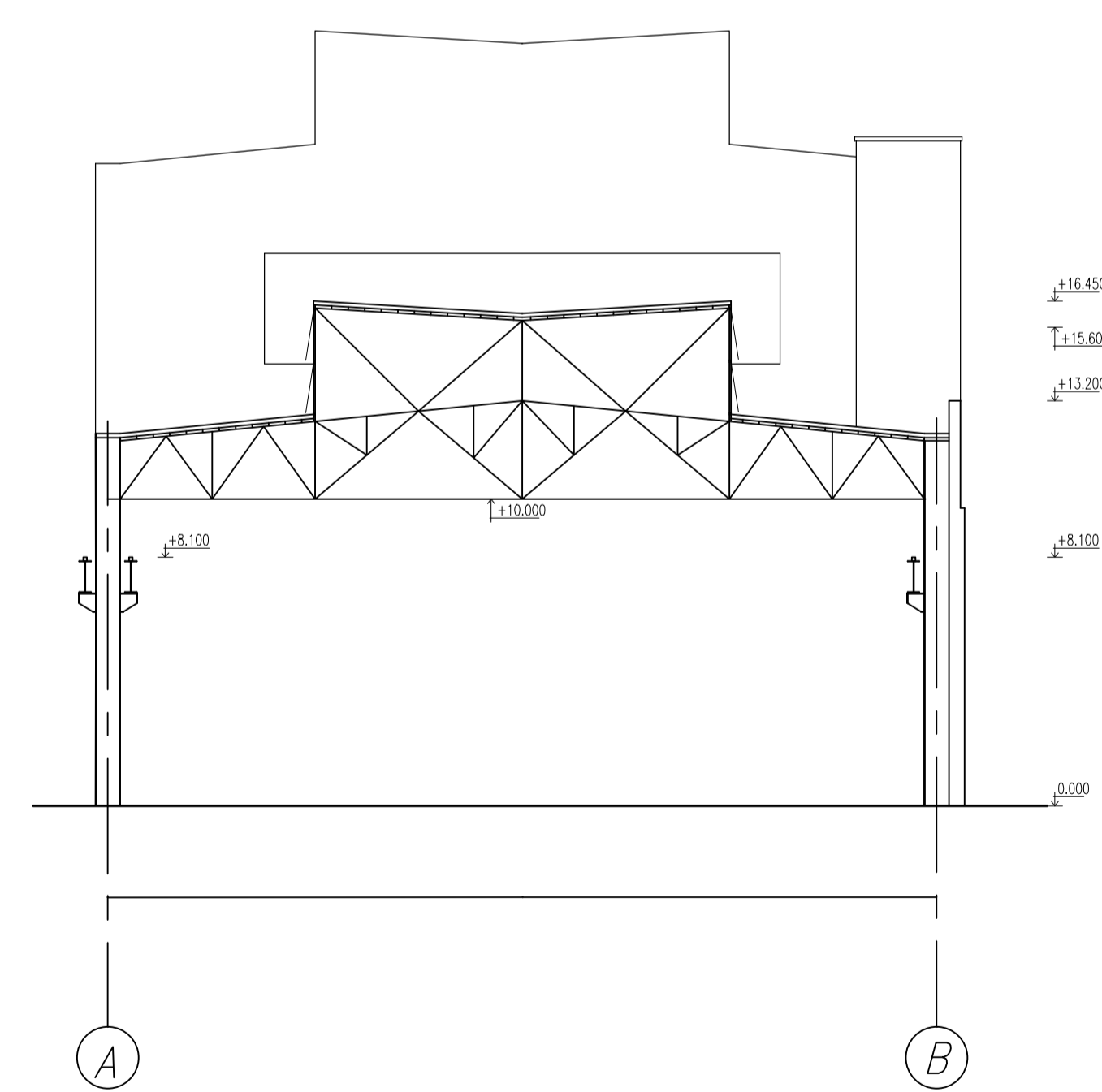
Tsehhi lõige 1-1
M1:400




Lõige 2-2
M1:200

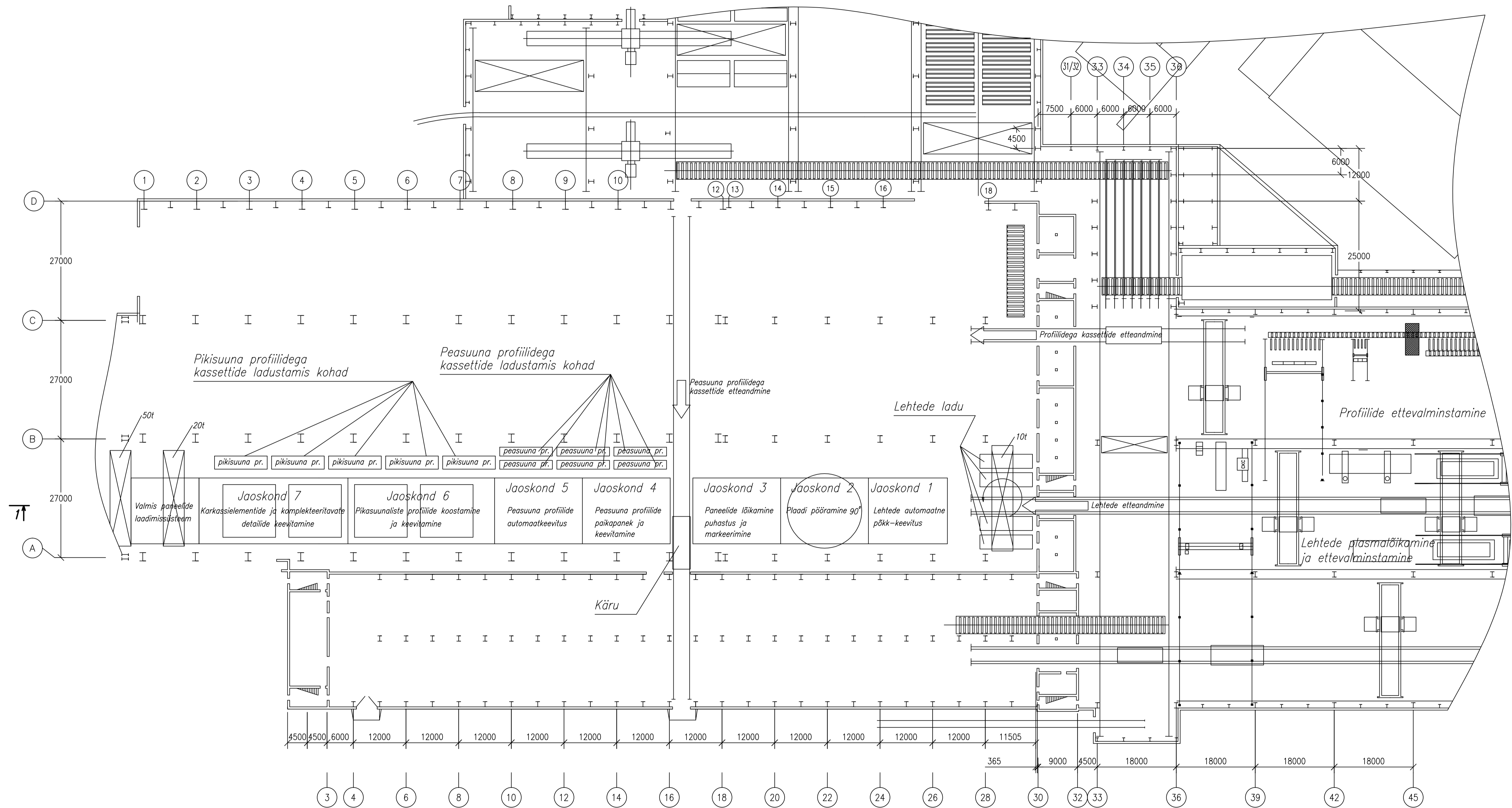


Lõige 3-3
M1:200



 TTÜ MEHAANIKATEADUSKOND Koostaja: Vladimir Orekhov Juhendaja: Aigar Hermaste	Magistritöö	Leht / Lehti: 2/2
	Tsehhi lõiged	
Masinaehituse instituut	Automaatse keevitusliini kavandamine.	

Tsehi plaan
M1:500



TTU Koostaja: Vladimir Orehhov Juhendaja: Aigar Hermaste	TTÜ MEHAANIKATEADUSKOND	Magistritöö	Leht / Lehti: 1/2
	Masinaehituse instituut	Automaatse keevitusliini projekteeritud asukoht tsehis Automaatse keevitusliini kavandamine	