



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

MASINAEHITUSE INSTITUUT

Tootmistehnika õppetool

MET70LT

Valeri Komissarov

LOKOTRACK RAAMI KOOSTAMINE

Autor taotleb
tehnikateaduse magistri
akadeemilist kraadi

Tallinn
2014

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis *Valentin Jutman* juhendamisel

“.....”.....2014.a.

Töö autor *Valeri Komissarov*

..... allkiri

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

“.....”.....2014.a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppesuuna kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”.....2014.a.

..... allkiri

TTÜ masinaehituse instituut
MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

2012/2014. õppeaasta 4 semester

Üliõpilane: *Valeri Komissarov, 120061*

Õppesuund: *Tootmistehnika*

Juhendaja: *Emeriitdotsent Valentin Jutman*

Konsultandid: *Deniss Sova, Metalliset Eesti AS*

LÕPUTÖÖ TEEMA (eesti ja inglise keeles):

Lokotrack raami koostamine

Lokotrack frame assembly

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	<i>Magistritöö eesmärk ja tööplaan</i>	<i>03.03.14</i>
2.	<i>Andmete kogumine ja eesmärkide täpsustamine</i>	<i>17.03.14</i>
3.	<i>Koostamise meetodi määratlus, seadmete valik ja seadmete elementide valik (esimese osa kirjutamine)</i>	<i>07.04.14</i>
4.	<i>Koosteabivahendite modelleerimine ja majandusliku efektiivsuse määramine.</i>	<i>05.05.14</i>
5.	<i>Lõputöö vormistamine.</i>	<i>22.05.14</i>

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

Probleem seisneb selles, et tänapäeval ettevõttes puudub hästi väljakujunenud Lokotrack raami koostamise meetod, seepärast raami koostamine põhjustab suuri kulusid.

Kaitsmistaotlus esitada dekanaati hiljemalt 12 maini **Lõputöö esitamise tähtaeg 22 mai 2014**

Üliõpilane *Valeri Komissarov* /allkiri/ kuupäev

Juhendaja *Valentin Jutman* /allkiri/ kuupäev.....

Kontakttelefon (+372) 53064979 E-mail: valery.komissaroff@gmail.com

SISUKORD

MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE	3
SISUKORD.....	4
Eessõna.....	6
1. SISSEJUHATUS.....	7
1.1 Motivatsioon.....	7
1.2 Eesmärk ja ülesanded	8
2. ETTEVÕTE TUTVUSTUS JA TEMA TOOTED.....	9
2.1 Metalliset Eesti AS	9
2.2 Lokotrack raamide tootmise projekt Metso firma tarbeks.....	10
2.3 Lokotrack raami konstruktsiooni kirjeldus.....	10
3. RAAMI KOOSTAMISE MEETODI VALIMINE	11
3.1 Kasutatud raami koostamise meetod	11
3.1.1 Kasutusel oleva koosteprotsessi kirjeldus	11
3.1.2 Raami koostamiseks kasutatud protsessi analüüs	14
3.2 Seeriatootmiseks koostamise meetodi valimine	15
3.2.1 Koostamise organisatsioonilised vormid	15
3.2.2 Koostamise võimalike variantide analüüs.....	16
3.2.3 Koostamise tehnoloogilise tee valimine.....	18
4. KOOSTEABIVAHENDITE TÜÜBI VALIMINE TEHNILISTE TINGIMUSTE JÄRGI	19
4.1 Koosteabivahendid	19
4.1.1 Koosteabivahendite klassifitseerimine.....	19
4.1.2 Koosteabivahendite struktuur ja elemendid	20
4.1.3 Koosteabivahenditele esitatavad nõudmised.....	21
4.2 Tehniliste tingimuste väljatöötamine.....	22
4.2.1 Sõlme №1 paigutus koostamisel	23
4.2.2 Sõlme №1 koostamise tehnilised tingimused.....	25
4.3 Koosteabivahendi tüübi valik	28
5. KOOSTEABIVAHENDI ELEMENTIDE VALIK	29
5.1 Seadistuselemendid	29
5.2 Kinnituselemendid.....	31
5.2.1 Kinnituselementidele esitatava surve tugevuse arvestus.....	32

5.3	Fikseerivad elemendid	35
5.4	Kandeelement ja abielemendid.....	35
6.	KOOSTEABIVAHENDITE MODELLEERIMINE	36
6.1	Koosteabivahendi №1 modelleerimine	37
6.1.1	Töölaua tugevuse arvutamine.....	39
6.1.2	Koosteabivahendi №1 töölauda modelleerimine.	42
6.2	Abivahendi №2 modelleerimine.....	44
6.3	Abivahendi №3 modelleerimine.....	45
7.	KOOSTEABIVAHENDITE KASUTAMISE MAJANDUSLIK OTSTARBEKUS. 47	
7.1	Abivahendi №1 kasutamise efektiivsuse hindamine	48
7.2	Kogu raami koostamise meetodi efektiivsuse hindamine.	51
	KOKKUVÕTE	52
	SUMMARY.....	53
	KASUTATUD KIRJANDUS	55
	LISAD.....	57

Eessõna

Diplomitöö teema idee andis mulle Metalliset Eesti AS tootmisjuht Juri Smelovski. Mulle tehti ettepanek tegeleda hiljuti tootmisesse tulnud projektiga firmalt Metso, mis oma uudsuse tõttu vajab uurimist tootmisprotsessi ratsionaliseerimiseks ning adapteerimiseks Metalliset Eesti AS tootmisprotsessi. Pakutud teema huvitas mind sellepärast, et selles projektis oli mul vajalik lahendada õpingute ajal saadud teadmisi rakendades mitmeid erineva iseloomuga tehnilisi ülesandeid. Lisaks eeldas teema uute meetodite ja uusimate materjalide tundmaõppimist, mis oli mulle samuti huvitav. Töö kirjutamisel konsulteeris mind keevitustsehhi juhataja Deniss Sova.

1. SISSEJUHATUS

Lokotrack raame hakati Metalliset Eesti AS-is Metso firma jaoks valmistama üsna hiljuti, täpsemalt 2013.a sügisel. Esimene raam valmis keevitus-koostejaoskonna töötajate käe all raskustega, kuna koosteprotsess toimus läbimõtlematult ja ilma abivahendeid kasutamata. Ettevõttes tekkis koosteprotsessi ratsionaliseerimise ning kasutatavate abivahendite arvu ja tüübi määramise vajadus, kuna esimese (proovi)raami koostamine näitas, et nende raamide edasiseks tootmiseks on abivahendite kasutamine kohustuslik tingimus.

Kasutamisel olevat raamide koostamise protsessi on vajalik ratsionaliseerida, et edaspidi vältida kõiki neid probleeme, millega koostajad esimese raami valmistamisel kokku puutusid (detailide loodimise vajadus, ebamugavad positsioonid keevitamiseks, raskused suuremate konstruktsioonide paigaldamisel jms). Koosteprotsessi ratsionaliseerimine eeldab kõigi võimalike koosteprotsesside analüüsimist ning nende hulgast parima variandi valimist, mida on mõistlik kasutada just antud konkreetsel juhul.

Mitmesuguste abivahendite kasutamine kaasaegsetes metalli töötlemisega tegelevates ettevõtetes mängib väga tähtsat osa. Käesoleva tööga on kavas määrata nende raamide koostamisel kasutatavate koosteabivahendite tüüp ja hulk. Koosteabivahendid kuuluvad abivahendite hulka ja neid kasutatakse toote sõlmede või kogu toote koostamisel. Need on lihtsad, kättesaadavad ja efektiivsed vahendid käsitsitöö mehhaniseerimiseks. Koosteabivahendid tagavad toodete koostamise kõrge tootlikuse, detailide mugava, täpse ja kiire paigaldamise ja toote liidetavate osade kinnitamise. Kasutatavate koosteabivahendite arv ja tüüp sõltub valitud koosteprotsessi variandist.

1.1 Motivatsioon

Varem kasutusel olnud koosteprotsessi põhiprobleem seisneb selles, töötajad koostasid ja keevitasid *lokotrack* raami täpsustamata koosteprotsessi käigus ning koosteabivahendeid kasutamata. Töötajad kaotasid sellisel viisil raame koostades palju aega mõõtude kontrollimiseks ja vigade kõrvaldamiseks. Praegu kasutusel oleva raamide koostamise variandi alternatiivina pakutakse käesoleva tööga välja koosteabivahendite kasutamine raamide koostamisel, eeldades, et koosteprotsessi ratsionaliseerimine ja koosteabivahendite kasutamine aitab tõsta koostamise ja keevitamise protsessi efektiivsust, st vähendada raami koostamisele kuluvat aega, tõsta teostuse täpsust ning vähendada protsessile kuluva töö mahtu. Täpse teostuse läbi tõuseb toote üldine kvaliteet.

Tuleb ära märkida, et koosteabivahendite valmistamine ja seadistamine nõuab ettevõttelt nii materjaalseid kulutusi kui ka muude koosteabivahendite paigaldamisega seotud probleemide lahendamist. Kuid võib eeldada, et koosteabivahendid oma kasutusel olemise aja jooksul tasuvad end täielikult tootmisprotsessi efektiivsuse tõusu ja tootmiskulude langemise kaudu.

1.2 Eesmärk ja ülesanded

Käesoleva töö peaeesmärgiks on *lokotrack* raamide koosteprotsessi efektiivsuse tõstmine läbi koosteprotsessi ratsionaliseerimise ja koosteabivahendite kasutusele võtmise. Koosteabivahendite kasutamise asjakohasust tõestatakse koosteabivahendite kasutamisel tootmisprotsessis ja ilma abivahenditeta koostamise teostamisel koosteprotsessi efektiivsuse näitajaid võrreldes.

Seatud eesmärgi saavutamiseks on töö käigus vajalik lahendada järgmised põhiülesanded:

- *lokotrack* raamide koosteprotsessi võimalike variantide analüüs ja sobivaima koosteprotsessi määramine (koosteprotsessi ratsionaliseerimine);
- kaasatavate koosteabivahendite hulga ja tüübi kindlakstegemine;
- igale koosteabivahendile sobivaima konstruktsiooni leidmine;
- elementide valik igale koosteabivahendile;
- *lokotrack* raamide koosteprotsessis koosteabivahendite kasutamise vajalikkuse põhjendamine.

Seatud ülesande lahendamiseks vajalikud lähteandmed on:

- koostatava toote ja selle sõlmede joonised
- kasutatavatele detailidele ja sõlmedele ning koosteprotsessile esitatavad tehnilised nõuded
- koostamise tehnoloogia, millest tuleneb operatsioonide järjekord ja sisu (kooste skeem)
- seadmed ja instrumendid
- töörežiim
- seadistamiseks kuluvale ajale ette nähtud tootlikus
- koostatava toote kinnitamine ja maha võtmine

Töö on kirjutatud ettevõttest saadud andmete alusel, kuid mõned andmed olid määratletud analüüside tegemise teel autori poolt.

Kasutatud meetodid ja programmid:

- DFD diagrammid koosteprotsesside kirjeldamiseks
- Sõlmede ja koosteabivahendite modelleerimiseks oli kasutanud Solidworksi
- Majandusliku efektiivsuse määratluse meetod

2. ETTEVÕTE TUTVUSTUS JA TEMA TOOTED

2.1 Metalliset Eesti AS

„Metalliset Eesti AS“ kuulub Soome kontserni „Metalliset Group“, mis loodi 1962.a Metallilaite Oy nime all. Kõige vanem ettevõte, mis alustas oma tööd 1979. aastal, asub Soomes Heinavesis. Kokku on Metalliset Group’is viis ettevõtet, mis asuvad Soomes, Eestis, Tšehhis ja Hiinas. Eestis on kaks ettevõtet, üks Tallinnas, teine Narvas. Käesolev diplomitöö valmis koostöös ettevõttega, mis asub Narvas. [1]



Sele 2.1 „Metalliset Group“ logo

Narvas olev ettevõte on kõige suurem ja vastavalt sellele on sel ka kõige suurem tootlikus. Käesoleval ajal töötab ettevõttes üle kolmesaja inimese. Asutuse territooriumil on kolm tsehhi, milles asuvad mehhaanilise töötlemise, stantsimise, painamise ja keevitamise osakonnad, kaks värvimise osakonda, koosteosakond ja pakkimise osakond. Need tootmisosakonnad võimaldavad valmistada lehtmetailist komponente, masinate elemente ja erinevaid konstruktsioone, kanda toodetele mitmesuguseid katteid (on olemas galvaniseerimisosakond) ja toota igasuguse keerukusasmega tooteid kuni täieliku valmimiseni. Peamisteks tellijateks on masinaehituse ja energeetika sektoris tegutsevad ettevõtted. Tänapäevaks Lokotrack raam on üks mahukatest tootmises olevatest objektidest.

2.2 Lokotrack raamide tootmise projekt Metso firma tarbeks



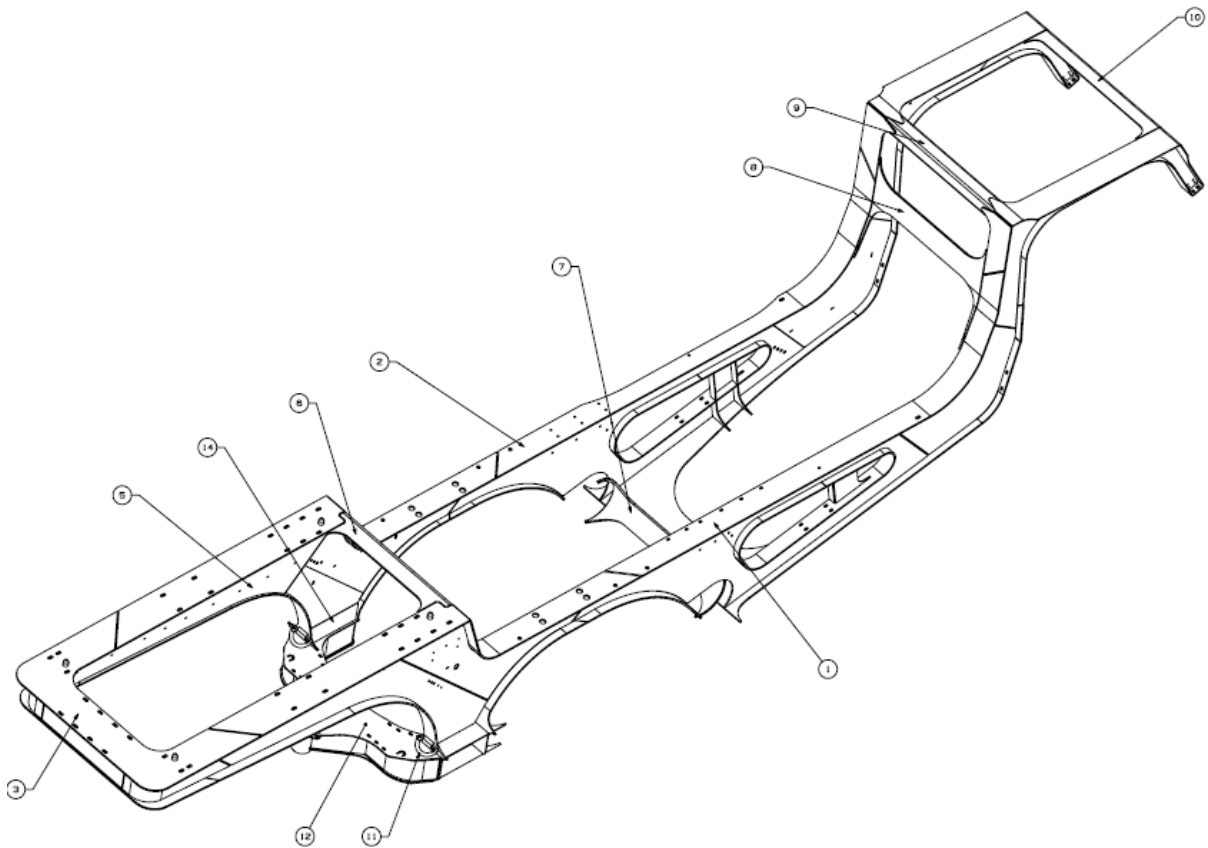
Sele 2.2 Lokotrack

Mobiilne seade *Lokotrack LT1213S* on vajalik masin seadmete turul, mis võimaldab peenestada materjali teatava suurusega tükkideks. Masinas kasutatakse löögitegevuse peenestit NP1213M. *Lokotrack LT1213S* on varustatud sõela ja tagastatava konveieri süsteemidega. [2]

Lokotrack raam on suuremõõtmeline konstruktsioon, mis on küllaltki keerukas koostada ja keevitada. Seetõttu peab neid raame valmistada kavatsev firma valdama avarat tööruumi ja kõrge kvalifikatsiooniga kogenud töötajaid. Metalliset Eesti AS ettevõttel Narvas on olemas kõik vajalikud tingimused sellist tüüpi konstruktsioonide tootmiseks.

2.3 Lokotrack raami konstruktsiooni kirjeldus.

Lokotrack raam koosneb kaheosalisest allkoostest (pooltest), mis ühendatakse omavahel raami põikelementidega. Iga allkoostis omakorda koosneb viiest keevisõmblusega ühendatud sõlmest. Lisaks on kogu raami pind kaetud plaatidega, mis keevitatakse otstest raami külge. Allkoostise sõlmed keevitatakse järjestikku kokku. Konstruktsiooni lubatud nihe on ± 2 mm. Raami pikkus on 13211 mm, laius – 2240 mm ja kõrgus – 3449 mm.



Sele 2.3 Lokotracki raami kuju (vaata lisa 1)

3. RAAMI KOOSTAMISE MEETODI VALIMINE

Raami koostamise tehnoloogiline protsess seisneb selle koostisesse kuuluvatest osadest tooriku või toote loomises. Koostamist teostatakse kindlas tehnoloogilises ja majanduslikult asjakohases järjekorras toote saamiseks, mis on täielikus vastavuses tootele esitatavate nõuetega. Koostamine jaguneb üksikute sõlmede ja üldiseks koostamiseks. Sõlmede koostamine on tegevus, mille tulemusel valmivad toote üksikud koostisosad. Üldise koostamise tulemusena valmib toode tervikuna.

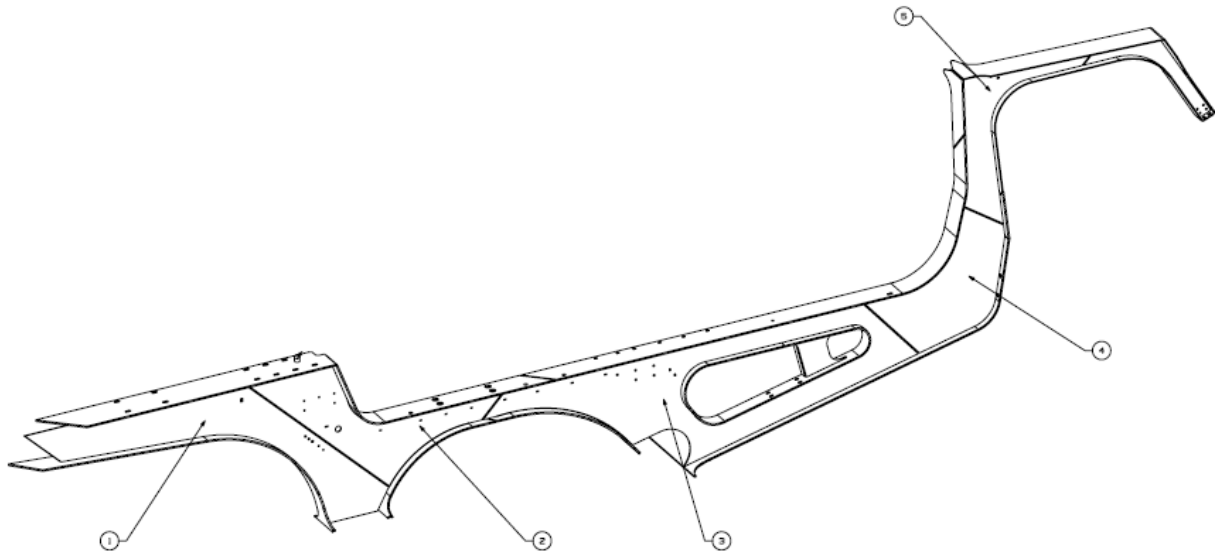
3.1 Kasutatud raami koostamise meetod

3.1.1 Kasutusel oleva koosteprotsessi kirjeldus

Selle tõttu, et nimetatud toodet valmistatakse ettevõttes esmakordselt, toimus raami keevitamise ja koostamise protsess mõnevõrra erinevalt tellija poolt esitatud tehnoloogilise protsessi käigust.

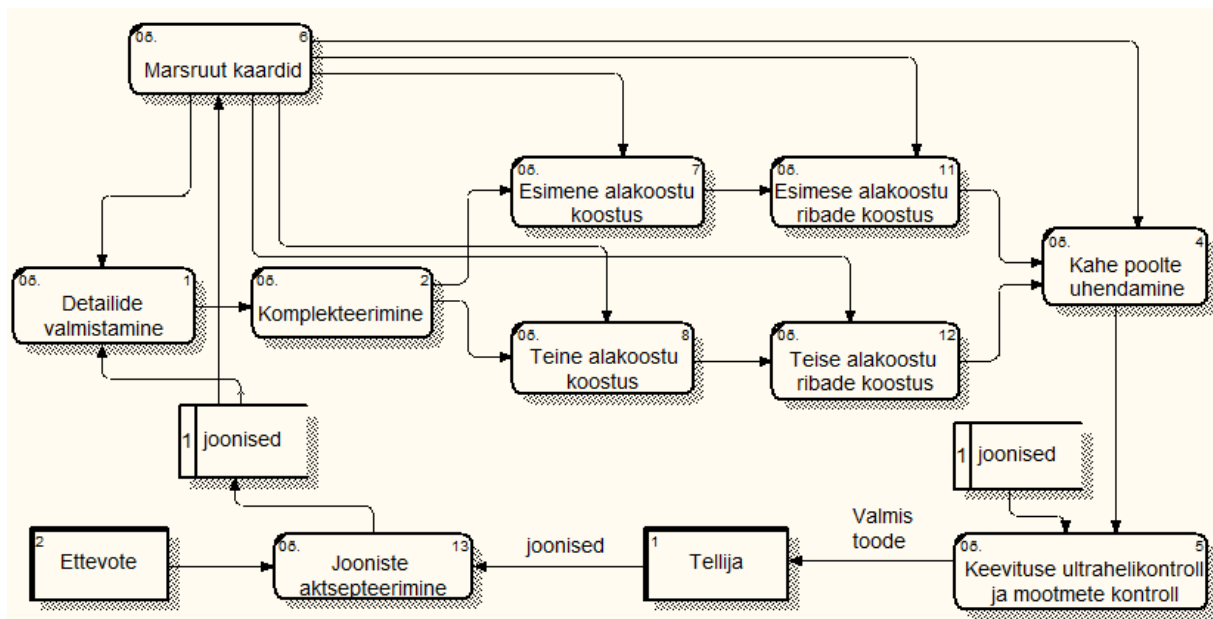
Peale *Lokotrack* raamide valmistamise tellimuse saamist valmistati tehnoloogilised kaardid toote etappide järjestuse kohta, nagu seda ettevõttes alati tehakse. Edasi valmistati ette kõik

koostamiseks vajalikud komponendid: detailide plasma- ja laserlõikus, mehhaaniline töötlemine ja painutamine. Peale seda kui vajalikud elemendid olid valmis, liikusid nad järgnevas koostamiseks edasi keevitustsehhi. Koostamine toimus kokku lükatud töölaudadel, mis ei olnud varustatud koostamiseks vajalike spetsiaalsete abivahenditega. Kokkulükatud laudade pikkus ja laius võimaldasid paigaldada neile täielikult kokku pandud allkooste (sele 3.1), hiljem ka täielikult kokku pandud raami.



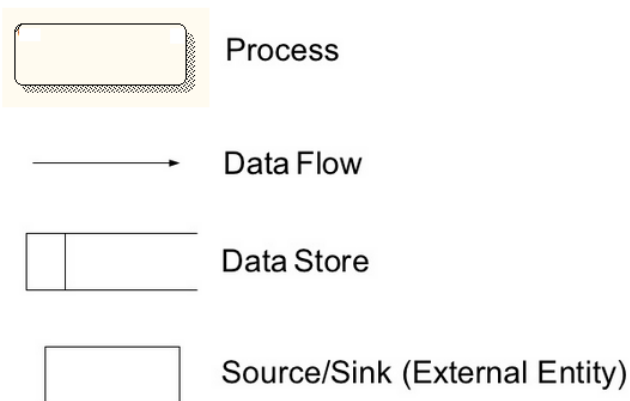
Sele 3.1 Allkooste (parema pool) koosneb viiest sõlmest

Raami koostamine algas raami ühe poole moodustava viie sõlme järjestikusest koostamisest ja kokku keevitamisest. Peale koostamist kaeti pool raami otsapidi kokku keevitatud plaatidega. Edasi kordus sama protsess teise raami poolega ja alles peale teise osa valmimist ühendati raami kaks poolt omavahel. Keevisõmbluste kvaliteeti kontrolliti ultraheliga kummalgi raamipoolel eraldi, samuti täielikult koostatud ja kokku keevitatud raamil. Tuleb märkida, et nii allkoostise sõlmed kui ka 90 kraadise nurga all sõlmedele keevitatud plaatide pinnad on tellija poolt ette nähtult kaetud paljude avadega Lokotrackile kinnitatavate detailide jaoks. Avade asukoht ja nendevahelised kaugused on väga täpselt määratletud ja peavad olema teostamisel välja peetud (lubatud viga ± 2 mm). Kuna nende avade puurimine toimub varem, raami koostiseks olevate elementide loomise ajal, on kindel nõue, et keevitamisprotsess tekitaks avadele võimalikult vähe muudastusi. Soovimatu deformatsiooni vältimiseks kasutati erinevaid käepäraseid vahendeid, kuid ikkagi ei õnnestunud probleemi täielikult vältida.

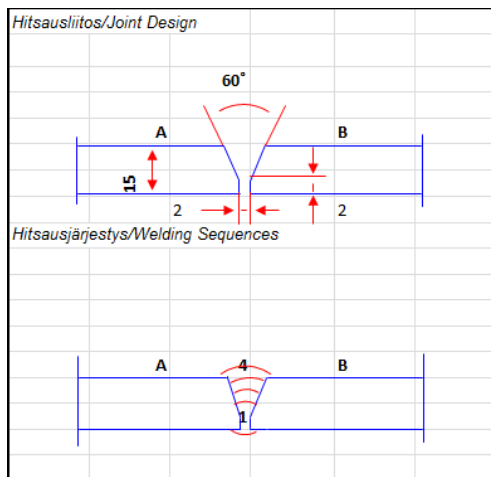


Sele 3.2 Kasutusel oleva koosteprotsessi skeem

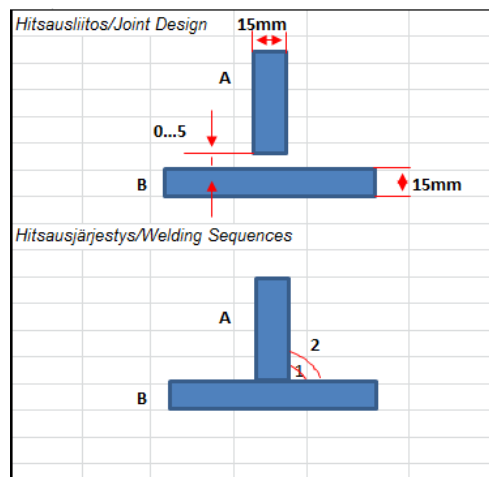
DFD Symbols



Kogu vajaliku informatsiooni nõutava keevisõmbluse kohta said keevitajad tellija esitatud joonistelt. Kasutatava materjali paksus on 10-16 mm. Sõlmi järjestikku ühendav õmblus peab olema teostatud eelnevalt kuhjatud keevismetalli soones (sele 3.3), otste õmblused aga peavad olema ilma ettevalmistuseta (sele 3.4). Keevitusrežiim valiti vastavalt WPS (Welding Procedure Specifications), mida kasutatakse ettevõtetes ISO 15614-1 standardi järgi. Keevitamiseks kasutati 135 keevitusprotsessi – kaarkeevitus sulavast metallist elektroodiga aktiivse gaasi keskkonnas (MAG).



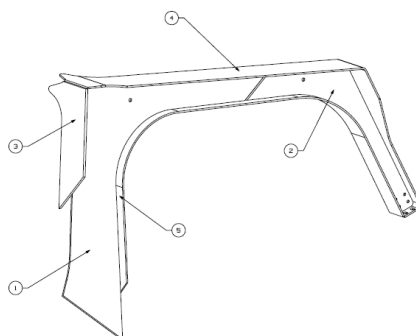
Sele 3.3 Põkkkeevitus



Sele 3.4 T-ühenduse keevitus

3.1.2 Raami koostamiseks kasutatud protsessi analüüs

Kasutatud koosteprotsess erineb tellija esitatust selle poolest, et plaatide keevitamine sõlmedele teostati peale sõlmede koostamist, kuigi „Metso“ koostetehnoloogia järgi tuleb igale sõlmele keevitada plaadid enne sõlmede järjestikust ühendamist. Suurema osa probleemidest ja ebamugavusest tekitas just otsmiste keevisõmbluste teostamine. Seetõttu, et plaadid paigaldati juba koostatud sõlmedele, oli vaja iga järgnev plaat eelmise suhtes käsitsi paika panna. Selleks, et kõiki plaate ühtlaselt paigaldada, kulus palju liigset aega. Kui neid plaate oleks keevitatud enne sõlmede ühendamist, st nii nagu soovitas tellija, oleks olnud võimalik mitmeid raskusi vältida. Samuti oli keerukas 5. sõlme keevitamine, mis koosneb kahest osast. Nende kahe osa kokkukeevitamisel kaldub ülemine osa kõrvale ning seetõttu on antud juhul kohane keevitamine fikseeritud seisukorras.



Sele 3.5 Sõlme № 5 kuju (detailide numeratsiooni vaadake joonisel lisa 1)

Muidugi ei ole need kõik raamide koostamisel üles kerkinud probleemid. Ühe diplomitöö raames ei ole mõeldav vaadelda, analüüsida ja lahendada kõiki probleeme, seetõttu otsustasin ma valida osa nendest, mida ma eelpool loetlesin ja mis on praktikas kõige tähtsamad. Ülalloetletud probleemide lahendamise korral paraneb sisuliselt *lokotrack* raamide koostamise protsess ning tõuseb tehtava töö efektiivsus.

Loetletud probleemid selgitati välja vestluses esimese *lokotrack* raami koostamist ja keevitamist juhtinud keevitustsehhi meistriga.

3.2 Seeriatootmiseks koostamise meetodi valimine

3.2.1 Koostamise organisatsioonilised vormid

Koostamise organisatsioonilised vormid määratakse kindlaks rea asjaolude: tootmise tüübi, koosteprotsessi töömahukuse, toote liikide ja muude eriomaduste kaudu. Kohaldataks kahte põhilist toote koostamise viisi: statsionaarset ja liikuvat.

Statsionaarne koostamine on toote või selle koostisosade koostamine ühel positsioonil, liikuv koostamine toimub toote liigutamisega ühelt koostepositsioonilt teisele. Statsionaarset koostamist võib teostada ka eraldi operatsioonide kaudu. Sel juhul teostavad sõlmed koostamist üks või mitu brigaadi paralleelselt ühes või mitmes kohas ja lõpetatud sõlmed antakse üle toote üldisele koostamisele.

Üksikud või väikesearvulise toodangumahuga esemed koostatakse täielikult ühes töökohas, kuhu on kaasatud üks või rohkem töötajat. Sarnaste toodete suurema partiina tootmise korral koostatakse need üheaegselt mitmes töökohas. Liikuvat koosteviisi kohaldatakse ainult konveiermeetodil koostamise korral. Objektide ruumis liikumise viisi ja kooste teostamise vahendite järgi võib koostamist jagada koostatavate toodete mõõtude (väikesed, keskmised ja suured) ja teostamise tehnoloogia (keevitamise, neetamise, jootmise) järgi.

Ajalise arvestuse järgi võib koostamine toimuda:

- järjepidevalt
- paralleelselt
- segaviisil

Uue koostamise meetodiks kõige sobivam on segaviis, mis sisaldab paralleelselt toimuvaid operatsioone ja järjepidevust koostatud sõlmede üldisele koostamisele saatmisel. Töötajad teostavad paralleelselt sõlmede koostamist viies koostekohas ning seejärel transporditakse

sõlmed kogu toote üldise koostamise kohta. Selline koostamisviis on tunduvalt kõrgema tootlikusega kui statsionaarne koostviis ühes koostekohas.

Valitud koosteviis mõjutab baasskeemi valikut ja operatsioonide teostamise ajanormide määramist.

3.2.2 Koostamise võimalike variantide analüüs

Iga koosteprotsess tugineb kindlale järjestusele, mille käigus kinnitatakse ja ühendatakse koostisesse kuuluvad detailid ja sõlmed. Koosteprotsessi järjestus peab olema tehniliselt ja majanduslikult asjakohane. On mõned koosteprotsessi järjestuse võimalikud variandid, mida võib kasutada *lokotrack* raamide koostamisel.

Kuna koostevarianti, kus raami sõlmed ühendatakse ilma peale keevitatud külgõmblusega ühendatud plaatideta juba kasutati esimese, prooviraami koostamisel ning see tõi kaasa palju raskusi ning probleeme, pole mõtet sellist koostevarianti edaspidi vaadelda.

On olemas vajadus analüüsida koostevarianti, kus plaadid ühendatakse külgõmblustega iga koostatava sõlme külge.

Sellisel juhul võib olla kaks koosteprotsessi varianti:

- Kui iga konstruktsiooni sõlm koostatakse ja keevitatakse külgõmblustega kokku eraldi koostekohas (viis koostekohta)
- Kui kogu konstruktsioon koostatakse ja keevitatakse külgõmblustega kokku ühes koostekohas.

Kummalgi neist koosteprotsessi variantidest on oma eelised ja puudused.

Tabel 3.1 Kahe koosteprotsessi variantide võrdlustabel

Koostamine viie töökohtade kasutamisega	Koostamine ühes koostekohas
Eelised <ul style="list-style-type: none">• väiksemamõõdulisi sõlmi on kergem töödelda• on võimalik kasutada suurema arvu töökohti, mis võimaldab tõsta tootlikust	Eelised <ul style="list-style-type: none">• pole vaja transportida koostesõlmi

<ul style="list-style-type: none"> • on võimalik valmistada koostesõlmi tagavaraks • võimalus kasutada tootmispindu teiste toodete valmistamiseks 	
<p>Puudused</p> <ul style="list-style-type: none"> • vajadus transportida koostesõlmi nende edasiseks omavaheliseks ühendamiseks 	<p>Puudused</p> <ul style="list-style-type: none"> • on raske töödelda kogu toodet tervikuna • töötajate arv on piiratud, mis põhjustab madalat tootlikust • probleemid detailide paigutusega ühe töökoha juures

Mitmetest osadest koosneva toote koostamine on keeruline protsess, sellepärast on vaja uurida koosteprotsesside struktuuri, et välja valida tehnoloogilise protsessi ratsionaalseim variant, teha kindlaks koostajate spetsialiseerumise vajalik tase, töökohtade ühtlaseks koormamiseks ja seeriatootmise tagamiseks koosteprotsessi osadeks jagamise sobivaim moodus ning kogu tootmisprotsessi üldine seotus.

Koosteprotsessi struktuurile avaldavad mõju:

- toote ehitus
- selle mõõdud ja mass
- väljalaskeprogramm
- koostamise aeg
- tootmise koopereerumise tase

Antud toote konstruktsiooni omapäraks on, et raam koosneb kahest identsest poolest, millel on küll mõningad erinevused, kuid neid võiks koostada koosteprotsessi mõlema variandi korral ühe ja sama spetsialiseeritud koosteabivahendi toel.

Koostatav toode on suurte mõõtmete ($13211 \times 2240 \times 3449$) ja suure massiga, mis takistab selle liigutamist koostamise ja keevitamise ajal.

Eeldatakse toota 2-3 raami kuus. Tuleb arvesse võtta fakti, et rohkem kui pool raami tootmiseks antud ajast kulub toote tootmisse andmiseks ette valmistamisele, kõikide

vajaminevate komponentide valmistamisele ja nende komponentide transportimisele ettevõtte piires. Kaasatud koostajate arv sõltub samuti koosteprotsessi struktuurist.

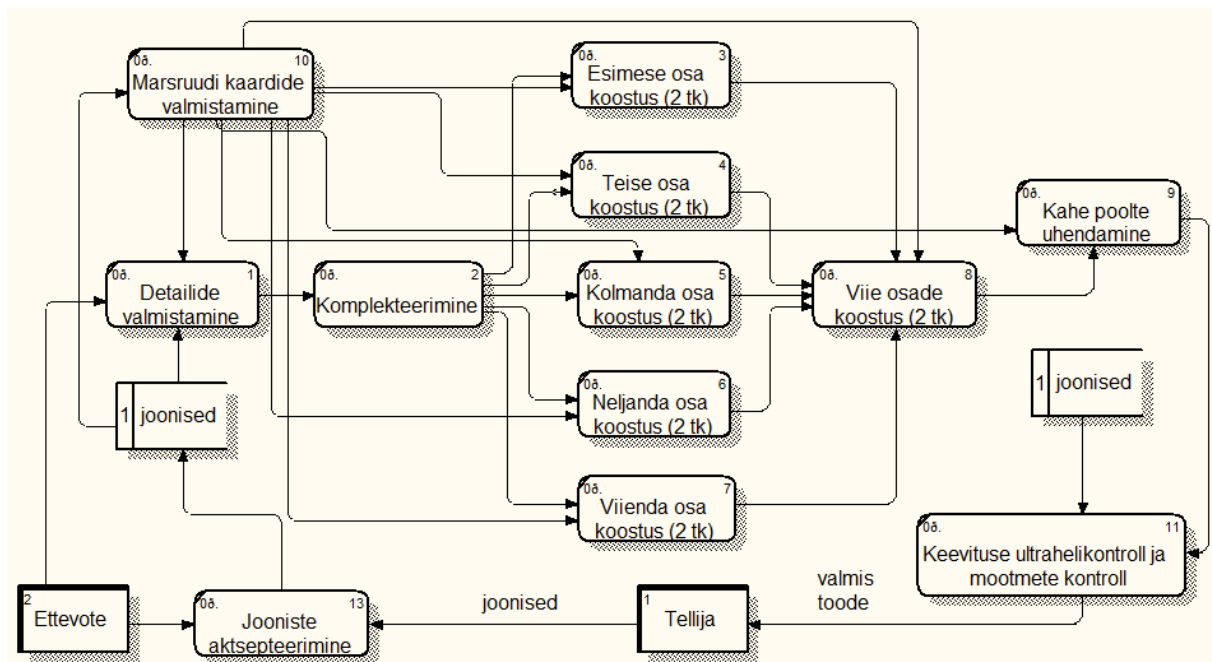
Seega juhul, kui koostamine toimub ühe koosteabivaheni abil, on kaasatud koostajate arv piiratud, kuna muidu nad lihtsalt hakkavad üksteist segama.

3.2.3 Koostamise tehnoloogilise tee valimine

Koostamise tehnoloogiline tee seisneb koostamise tehnoloogiliste operatsioonide ja abioperatsioonide kindlas järjestuses.

Lähtudes toote konstruktsioonist ja selle mõõtmetest on selge, et koostamise ajal on kergem töödelda toote väiksemamõdulisi sõlmi kui kogu toodet tervikuna. Viie eraldi töökohta kasutamine omakorda võimaldab kasutada suurema arvu töötajaid, mis võimaldab tõsta koostamise ja keevitamise tootlikust. Kõrge tootlikus on vajalik, kuna ülalpool juba oli öeldud, et suur osa raami tootmisele antud ajast kulub koostelementide valmistamisele. Esimese koosteprotsessi variandi, kui toote sõlmed koostatakse eraldiseisvates töökohtades, kasuks räägib asjaolu, et on võimalus kasutada ökonoomsemalt tootmispindu - teisi töökohti on võimalik kasutada teistel eesmärkidel, olles eelnevalt *lokotrack* raamide koostamise abivahendid maha monteerinud. Lisaks võimaldab viie töökohtade kasutamine valmistada koostesõlmi tagavaraks (buffer stock – reservtagavara). Viie töökohtadega koosteprotsessi variandi kasutamise ainsaks puuduseks on vajadus transportida koostesõlmi nende edasiseks omavaheliseks ühendamiseks kohta, kus teostatakse kogu toote lõplik koostamine, kuid kõikide muude parameetrite järgi on see variant parem kui teine koosteviis, kus toode koostatakse täielikult ühes koostekohas.

Niiviisi, koosteprotsesside võimalikke variante analüüsid tulin järeldusele, et antud konkreetsel juhul on eelistatum koosteprotsess, mis näeb ette toote viie sõlme koostamist eraldi töökohtades.



Sele 3.6 Uue koostamise meetodi skeem

4. KOOSTEABIVAHENDITE TÜÜBI VALIMINE TEHNILISTE TINGIMUSTE JÄRGI

4.1 Koosteabivahendid

Koosteabivahendid on seadmed, mis tagavad koostatava toote ja selle sõlmede fikseerimise kindlale asukohale ettenähtud täpsusastmes ja nõutavas jäikus.

4.1.1 Koosteabivahendite klassifitseerimine

Koosteabivahendeid on tavaks klassifitseerida kahe põhitunnuse järgi:

- Tehnoloogilised – sõltuvalt koosteabivahendi kasutusest, täidetavatest seostest ja operatsioonidest, monteeritava ühiku tüübist;
- Konstruktiivsed – sõltuvalt monteeritava ühiku tüübist ja muust konstruktiivsest eripäras: statsionaarsed, lahutamatud, pöörlevad jne. [8]

Universaalsuse seisukohast lähtuvalt võib kõik koosteabivahendid jagada kolme kategooriasse:

1. Universaalsed, jaotatakse mõnikord kooste-ja-lammutuse tüüpi;
2. Spetsiaalsed, kindla montaažiobjekti tarbeks;

3. Spetsialiseeruvad (grupid) – sarnase konstruktiivse ja tehnoloogilise tüübiga koosteobjektide tarbeks, koosnevad peaaegu täielikult standartiseeritud ja normaliseeritud elementidest.

Teostatavatest koostetöödest sõltuvalt, kasutuse järgi eristatakse:

1. Sõlmede koostamise abivahendid, mille abil koostatakse näiteks pikitalasid, paneele, mehhaniseerimisvahendeid jne;
2. Agregaatide koostamise abivahendid, kus teostatakse suuremate konstruktsioonide osade koostamist, mis ise koosnevad allkoostest.

Nii nagu esimene, nii ka teine koosteabivahendite grupp võib olla:

- operatsiooniline – teostatakse, näiteks, seadme või sõlme komplekteerimist, koostesse kuuluvate detailide paigaldamist ja nende kinnitamist. Leiavad kasutust seeriatootmises.
- universaalne – teostatakse objekti koostamist algusest lõpuni. Kasutatakse laialdaselt väikeste koguste tootmisel. [8]

4.1.2 Koosteabivahendite struktuur ja elemendid

Oma struktuurilt, vaadeldud klassifitseerimisgruppidest sõltumatult jagunevad standartsed koosteabivahendid viide iseloomulike koostelementidega gruppi.

- 1) Kandvad (karkassid) – tagab konstruktsiooni tugevuse ja koostebaasi liikumatuse. Abivahendi kandelemendid või kandesüsteem sisaldab:
 - a. karkasse ja selle elemente – kolonnid, toed, püstikud, jms.
 - b. vundamendiplaadid, alused, ühendus- või tugikronsteinid, jms.
- 2) Fikseerivad (alused) elemendid - koosteabivahendid määravad koostatavate elementide positsiooni ja nende asukoha toote konstruktiivse telje suhtes. Sellesse gruppi kuuluvad liideste fiksaatorid, toed jms.
- 3) Paigalduselemendid – ühenduslülid fikseerivate ja kandvate elementide vahel. Nende hulka kuuluvad erinevad tüüpi elemendid.

- 4) Sulgurid – tagavad konstruktsiooni seadistatavate elementide kindla fikseerimise joonises etteantud asendisse.
- 5) Abistavad elemendid – ette nähtud normaalsete töötingimuste tagamiseks koosteabivahenditega ja tootlikuse tõstmiseks. Selle hulka kuuluvad süsteemid on:
 - a. teenindus (tööpaigad, redelid jne)
 - b. liikumisvahendid (transpordikärud, ratastoed, lintkonveierid jne)
 - c. mehhaniseerimine (abivahendite osade liikumine, spetsiaalsed seaded jne)
 - d. elektrivarustussüsteem
 - e. vooluahela ja ühenduste õigsuse kontrolli süsteem [8]

4.1.3 Koosteabivahenditele esitatavad nõudmised

Koosteabivahendite sihipärase kasutamise tagavateks põhilisteks nõueteks on:

- nõutava täpsuse tagamine toote koostamiseks - selle määrab ära abivahendi enda koostamise täpsus;
- muutuvates tingimustes kogu eksploatatsiooniperioodi ajal etteantud suuruste ja baaspindade püsivuse tagamine;
- täpsuse tagamiseks vajalik tugevus remontide ja korraliste ülevaatuste vahel kogu eksploatatsiooniperioodi ajal;
- detailide ja sõlmede mugav paigutus koostamise ajal, nende ühene fikseeritus võimalusega laiendada koostamise mehhaniseeritust ja automatiseeritust ning tootmispinna ökonoomne kasutamine;
- valmistamise ökonoomsus ja määratud tugevuse säilimine metallikoguse vähendamisel;
- koostetehnoloogia täpse täitmise juures võimalikult väike kogus paindeid, süviseid, märkimisi jne;
- mõõtmete ja vormide täpse koostamise kontrolli võimalikkus ja lihtsus;
- võimalus teostada kõiki vajalikke tehnoloogilisi protsesse, muu hulgas koostatavate elementide paigaldamist ja valmistoote väljavõtmist koostepesast;
- tehnoloogiline varustus detailide ja koostelementide valmistamiseks masinate ja seadmetega ja monteerimine universaalsete vahenditega;
- termostateerimisvahenditega kindlustatus;
- standartsete elementide maksimaalne kasutamine;

- ratsionaalse montaaži tagavate konstruktsioonelementide sisseviimine;
- vastavus standartitele, tehnilise esteetika nõuetele ja muudele normatiividele;
- tööohutuse nõuete tagamine. [8]

4.2 Tehniliste tingimuste väljatöötamine

Lähtudes objekti koostamise konstruktiivtehnoloogilisest eripärast ja kasutamissuunast tuleb koosteabivahendile esitada järgmised tehnilised tingimused:

- Baasandmed, mida tuleb koostamisel kasutada;
- Koostatava sõlme asend koosteabivahendis, viide, millised seadmed tuleb koostamise ajaks fikseerida;
- Koostamiseks antud täpsusaste;
- Detailide paigaldamise viis ja nende paiknemine koosteabivahendis, liigutamise vajadus ja abivahendist väljavõtmise viisid;
- Tööde mehaniseerimise ja automatiseerimise vajadus;
- Täpsuse kontrolli viisid;
- Erinõuded (tööohutus, temperatuurirežiim, niiskusaste, monteerimistingimused jne). [8]

Kuna projekteeritavat koosteabivahendit hakatakse kasutama detailide omavahel kokku keevitamiseks, lisanduvad ülaltoodud tehnilistele tingimustele veel keevitusprotsessi tehnoloogilise eripäraga seotud tingimused.

Keevitustehnika peab tagama detaili vajaliku ruumilise paigalduse keevituskonstruktsioonis, koostamise ettenähtud täpsuse, keevituskohtadele vaba juurdepääsu, keevitatava toote kindla kinnituse, soojuse kiire ärastamise keevituskohalt, keevitusdeformatsiooni minimumtaseme ning kõigi pindade kindla kaitse keevituspritsete eest.

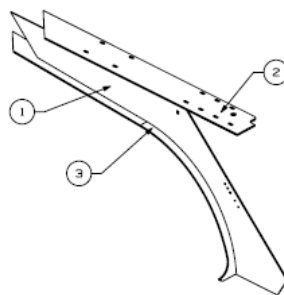
Keeviskonstruktsioonide koostamiseks kasutatavaid seadmeid võib jagada järgmistesse gruppidesse:

- 1) Koostekonstruktsioonid, mis kujutavad endast lamedast või ruumilisest raamist või plaatidest seadeldist neile paigaldatud fikseerivatest ja kokkusuruvatest elementidest;

- 2) Koostestendid ja seadmed, mis on määratud suuremõtmeliste toodete jaoks ja millel on tavaliselt liikumatu alus sellele kinnitatud paigaldus- ja kokkusuruvate elementidega ning seadmed liikuvate või kantavate elementidega;
- 3) Kokku-lahti käivad abivahendid keevitustööde tarbeks, mis on koostatud vahetavatest standartsetest elementidest;
- 4) Kantavad koosteabivahendid, (sidemed, klambrid, tugipostid jne); tavaliselt kasutatakse neid üksikute osade tootmisel.

Tehniliste tingimuste määramine on koosteabivahendite projekteerimisel tähtis moment. Igale ühele koosteabivahendist on vajalik välja töötada oma tehnilised tingimused, kuna need sõltuvad abivahendite abil koostama hakatavate sõlmede tehnilisest omapärasest.

Kuna antud sõlmede konstruktsioonid on sarnased, siis sel juhul on võimalik määrata tehnilised tingimused ainult esimese sõlme jaoks. Tehnilised tingimused teiste sõlmede jaoks on sarnased.



Sele 4.1 Sõlme №1 kuju (vaata lisa 1)

4.2.1 Sõlme №1 paigutus koostamisel

Sõlm №1 (sele 4.1) kujutab endast alusplaati, mille külge keevitatakse kahelt poolt 90° nurga all veel kaks plaati. Sõlme selline konstruktsioon lubab sõlme koostamise ajal panna kas horisontaalsesse või vertikaalsesse asendisse. Igal asendi variandil sõlme koostamise ajal on oma positiivsed ja negatiivsed küljed.

Peamiseks väärtuseks sõlme horisontaalsel asendil koostamise ajal on võimalus fikseerida kindlalt alusplaat, mille külge ülejäänud plaadid keevitatakse, mugav juurdepääs keevitamiseks ning standartsete seadmete ja surveelementide kasutamise võimalus. Keevitamisel tekkiva soojuse ärastamise vaatenurgast ei ole mõtet sõlme paigldamise variante võrrelda, kuna antud juhul ei ole erinevus märkimisväärne. Horisontaalse asendi puuduseks on, et teiselt poolt keevitamiseks tuleb sõlm ümber pöörata, samuti suurema ruumi vajadus

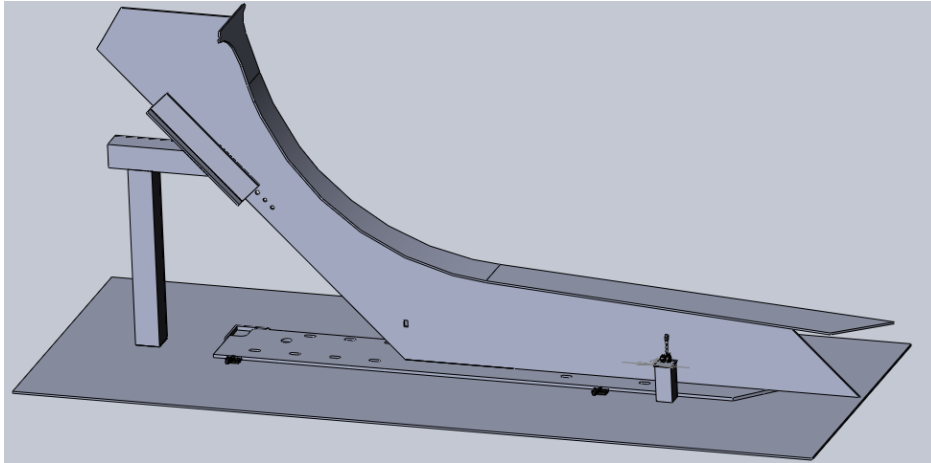
sõlme baseerumiseks. Vertikaalasendis sõlme koostamise peamiseks väärtuseks on, et sõlme saab keevitada kahelt poolt ilma ümber pöörata, ning sõlme baseerumine väiksemal pinnal. Vertikaalse asendi puuduseks on, et baasplaati pole võimalik kindlalt kinnitada ilma eriabivahendeid kasutamata ning ühe plaadi keevitamine ebamugavas asendis (vertikaalne või laeõmblus).

Tabel 4.1 Võimalikud sõlme paigutuse variandid

Sõlme horisontaalne paigutus	Sõlme vertikaalne paigutus
<p>Eelised</p> <ul style="list-style-type: none"> • alusplaadi kindel fikseerimine • mugav juurdepääs keevitamiseks • standartsete seadmete ja surveelementide kasutamise võimalus 	<p>Eelised</p> <ul style="list-style-type: none"> • võimalus keevitada kahelt poolt ilma ümber pöörata • sõlme baseerimine väiksemal pinnal
<p>Puudused</p> <ul style="list-style-type: none"> • sõlme teiselt poolt keevitamiseks on vaja teda ümber pöörata • suurema ruumi vajadus sõlme baseerimiseks 	<p>Puudused</p> <ul style="list-style-type: none"> • alusplaati pole võimalik kindlalt kinnitada • vajadus valmistada eriabivahendeid • ühe plaadi keevitamine ebamugavas asendis (vertikaalne või laeõmblus).

Võrdlevast tabelist nr 4.1 on näha, et horisontaalasend on antud juhul eelistatavam, kuna edestab vertikaalasendit võreldavate parameetrite seisukohast.

Selleks, et hinnata keerust, millega tuleb kokku puutuda sõlme vertikaalset paigaldusasendit kasutades, proovisin ma konstrueerida vertikaalse koostamise koosteabivahendit juhindudes peamiselt sellest, et asend lubab kahepoolset keevitust ilma sõlme asendit muutmata. Hiljem, olles põhjalikult kaalunud sõlme koostamise horisontaalse ja vertikaalse paigalduse eeliseid ja puuduseid, jätsin ma vertikaalse asendi kõrvale.



Sele 4.2 Sõlme №1 vertikaalne paigutus

Selles töö punktis analüüsitud valik sõlme koosteabivahendis paiknemise kahe variandi vahel eeldab valikut mitte ainult sõlme №1, vaid ka teiste sõlmede koostamiseks, sest sõlmede ehitus on üldiselt sarnane ja iga sõlm kujutab endast baasplaati (või kahte plaati), mille külge keevitatakse külgõmblustega ülejäänud plaadid.

Koosteabivahendite projekteerimiseks valisin ma sõlmede horisontaalse paigutusviisi koosteabivahendis sõlmede koostamise ajal.

4.2.2 Sõlme №1 koostamise tehnilised tingimused.

1) Koostebaas

Baasiks nimetatakse toote alusena kasutatavat pinda.

Baseerumine – see on detailile või tootele nõutava asukoha määramine valitud kordinaatide süsteemi suhtes. Koostamisel valitakse baasskeem, arvestades koostamisele esitatud nõutavat täpsusastet, kooste teostamise mugavust koostajatele, abivahendite lihtsust, seadmeid ja transportivahendeid ning detaili koostamise kindlust.

Tehnoloogilise baasi ja baseerumisskeemi valik on koostamise tehnoloogilise protsessi tähtis etapp. Nende valiku lähteandmeteks on:

- Toote koostamisjoonis
- Toote vastuvõtmise tehnilised tingimused
- Koostamise tehnoloogiline tee

Tehnoloogilise baasi valikul püütakse kinni pidada baseerumise kolmest põhiprintsiibist: asendatavuse printsiip, püsivuse printsiip ja baaside järjestikkuse vahetamise printsiip.

Baasi valikul on vaja võtta arvesse täiendavaid asjaolusid:

- Koostatava toote paigaldamise ja mahavõtmise mugavus
- Selle kinnitamise kindlus ja mugavus
- Lisatavate detailide ja koosteseadmete igast küljest juurdetoomise võimalus.

Valitud baasidel peavad olema ära näidatud nõuded nende täpsuse ja pinnakareduse kohta. Sõltuvalt ülalvaadeldud tingimustest on võimalikud järgmised baseerumise põhijuhud:

1. Toote alusdetailid paiknevad töötlemata pinnal ja ühe paigaldusega teostatakse nende täielik koostamine. Juhtum on iseloomulik lihtsate toodete käsitsi koostamisele toote liikumatust tagavate abivahenditega.
2. Toote alusdetailid paiknevad töödeldud pinnal. Baseerumisskeemi kohaldatakse käsitsi koostamisel abivahendite abil, mis tagavad kaasatud detailide täpse paigutuse, samuti mehaniseeritud või automatiseeritud kooste korral.
3. Toote alusdetail paigaldatakse erinevatele, järjestikku vahelduvatele baasidele. Võib tekitada raskusi erinevatest külgedest juurde toodavate detailidega toote koostamisel.

Sõlme №1 aluseks kasutatakse teist baasvarianti, kus toote alusdetailiks kasutatakse töödeldud pinda. Baasdetailiks on alusplaat, seadistamispinnaks on spetsiaalsed seadistamissõrmed. Alusplaadi liikumine on kahelt poolt piiratud tõkistega.

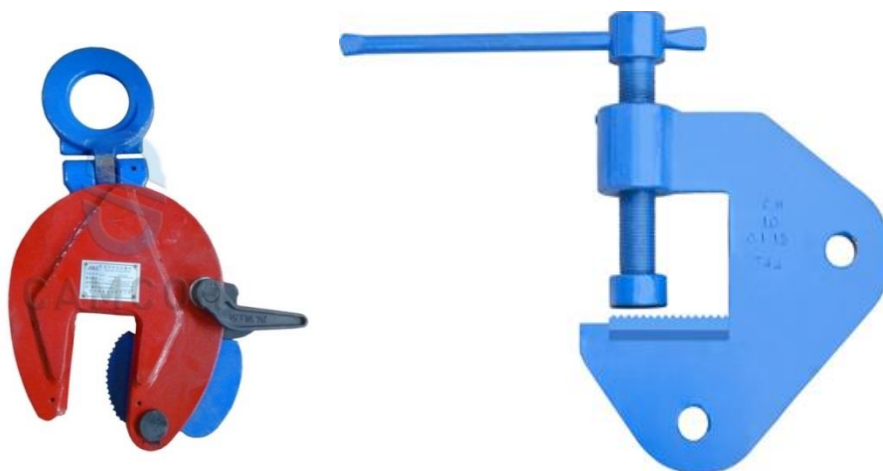
2) Detaili paigaldamine koosteabivahendisse ja sealt välja võtmine

Täielikult koostatud sõlme ja kõiki selle detaile liigutatakse kraana abil. Antud juhul on sobiv kasutada toestatud noolkraanat. Kraana minimaalne tõstejõud peab olema vähemalt 1 t.



Sele 4.3 Toetatud noolkraan

Esimeses järjekorras paigaldatakse koosteabivahendisse alusplaat, seejärel teised plaadid. Kõik detailid peavad olema paigaldatud kooskõlas elementide paiknemisega koosteabivahendis. Peale kõikide sõlme detailide paigaldamist fikseeritakse need surveelementidega. Edasi peale keevitamist surveelementid lõdvestatakse ja koostatud sõlme võib ümber pöörata teisest küljest keevitamiseks. Peale surveelementide lõdvestamist tekib seadistuselementide vahele vaba ruum mis on vajalik sõlme abivahendist välja võtmiseks. Sõlme ümberpöörmist võib teostada spetsiaalsete haarmete ja kinnitusklambrite abil (Sele 4.4), samuti võib kasutada abirõngaid, mida võib keevitada ühe juurdekeevitatava plaadi külge sõlme kinnitamise mugavamaks muutmiseks. Neid rõngaid saab kasutada raami edasisel koostamisel raami transportimisel ja paigaldamiseks. Koostamise lõppedes võib rõngad maha lõigata ja nende kinnituskohad puhastada.



Sele 4.4 Haaramis ja kinnitusklamber lehtmetsalli jaoks

3) Tööde mehhaniseerimise ja automatiseerimise vajadus.

Tööde mehhaniseerimiseks ja automatiseerimiseks ei ole teravat vajadust, kuna selle toote väljalaskeprogramm ei ole väga mahukas (2-3 raami kuus), automatiseeritud tootmist kasutatakse aga suuremahulise seeriatootmise juures. Samuti nõuavad tootmise mehhaniseerimine ja automatiseerimine täiendavate finantsvahendite investeerimist tootmisse.

4) Täpsuse kontrollimise viisid

Koosteabivahentite täpsuse kontrollimiseks kasutatakse põhiseadmele kinnitatud piiravaid ja suunavaid abielemente.

5) Tehnilised eritingimused

Tehnilised eritingimused on antud juhul seotud keevitusprotsessi tehnoloogia eritingimustega. Koosteabivahend peab tagama keevituskohtadele vaba juurdepääsu. Sõlme paiknemisel abivahendis horisontaalses asendis ei teki sellega probleeme. Piki keevitatavate plaatide perimeetrit paiknevad sulgureid kasutatakse mitte ainult detaili fikseerimiseks, vaid ka vastumõjuna keevitusega kaasnevale deformatsioonile. Sulgurid suruvad külgekeevitatavad plaadid kindlalt alusplaadi serva vastu, nii et nende tekitatud vastusurve oleks vastavuses keevituse käigus tekkiva survega.

Koosteabivahend peab tagama võimalikult kiire soojuse ärastamise keevituskohalt. Koostatava sõlme horisontaalasendis koosteabivahendis paiknemise korral on sõlme kontakt koosteabivahendi alusega piiratud ainult paigalduselementide pealispinna ja juurdekeevitatavate plaatide külgede pinnaga, millega need toetuvad abivahendi alustele.

Piinnad, mis puutuvad seadistamisel detailidega kokku, peavad olema kaitstud keevituspritsete eest. Seadistatavad elemendid asuvad keevitamise ajal baasplaadi all, sellepärast on välistatud neile keevituspritsmete sattumine. Pritsmete sattumine fikseerivatele ja surveelementidele on viidid miinimumini vastavate pindade vähendamise arvelt.

4.3 Koosteabivahendi tüübi valik

Olles analüüsinud koosteabivahendite erinevaid tüüpe ja sõlmede koostamiseks vajalikke tehnilisi tingimusi tulin ma järeldusele, et antud juhul on mõistlik kasutada liikumatule alusele paigaldatud kooste- ja kinnituselementidega suuremõõduliste toodete jaoks spetsialiseeritud koostestende. Osa nendest elementidest võib vajaduse korral teha juurde paigaldatavad.

Koosteabivahendi elementide valikul on vajalik arvestada keevitusprotsessiga seotud tehnilisi eritingimusi.

5. KOOSTEABIVAHENDI ELEMENTIDE VALIK

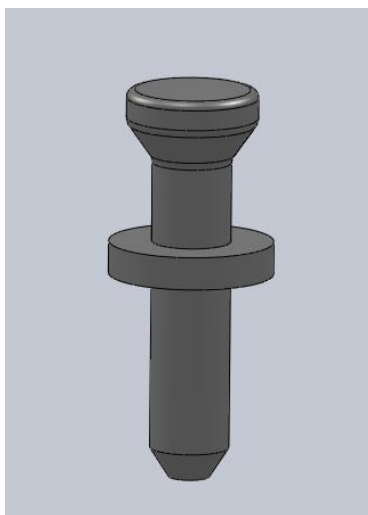
Seadistus- ja surveelementide valikul kasutasin ma internetilehelt <http://www.fixtureworks.net/> vabakasutuseks saadaval olevat kataloogi. Vajaduse korral võib analoogseid elemente leida ja tellida ka teistest kataloogidest. Abivahendite elementide modelleerimiseks kasutatud 3D mudelid Solidworks programmis olid laenatud <http://www.3dcontentcentral.com> leheküljelt.

5.1 Seadistuselemendid



Sele 5.1 Seadistuselemendi variant

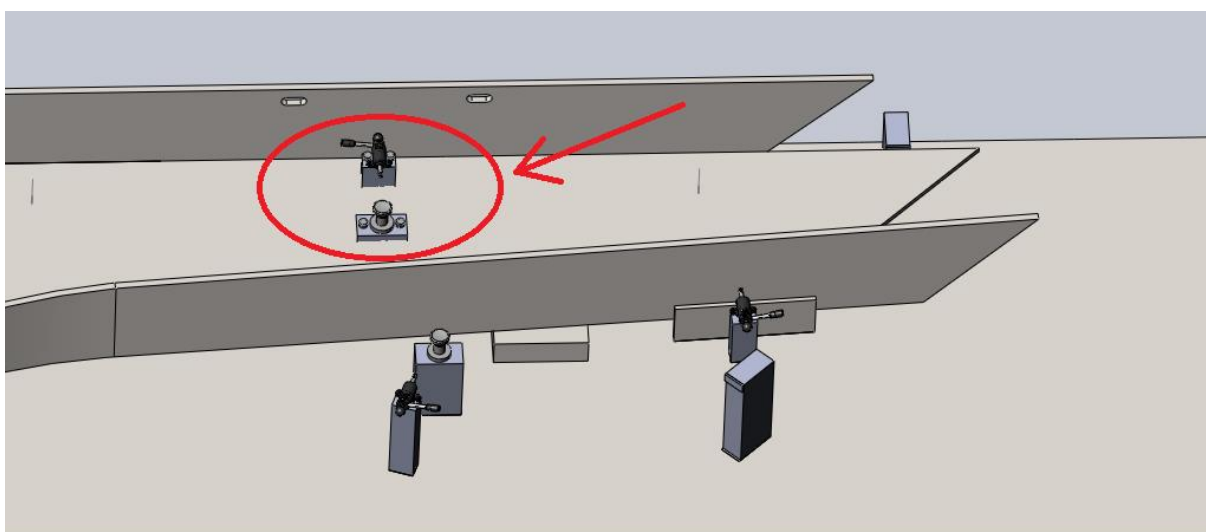
Modelleerimise alguses eeldatav valitud kasutuselement on näidatud joonisel 5.1. See seadistuselement ühendatakse koosteabivahendi alusega vindi abil. Edaspidi tekkis abivahendi modelleerimisel vajadus kasutada ühtesid ja samu seadistuselemente sõlme juures nii ühest kui ka teisest küljest. Kuna seadistuselementide kõrgus on sõlme erinevate asendite puhul erinev, siis peab ka seadistuselement olema reguleeritava kõrgusega või olema vahetatav kooste ajal teise vajaliku kõrgusega elementiga. Vintühenduse korral seadistuselemendi kõrguse reguleerimine või selle teise elemendi vastu vahetamine ei ole ratsionaalne, kuna see võtab küllalt palju aega ja eeldab töötajal olevat kindlaid teadmisi, et välja vahetada õiged elemendid ja paigaldada need vajalikule kõrgusele. Seetõttu oli otstarbekas vahetada vintkinnitusega elemendid vintkinnituseta, kuid spetsiaalsete piirajatega elementide vastu, et fikseerida seadistuselement koheselt nõutavale kõrgusele.



Sele 5.2 Seadistuselement, mis oli kasutatud projekteerimisel

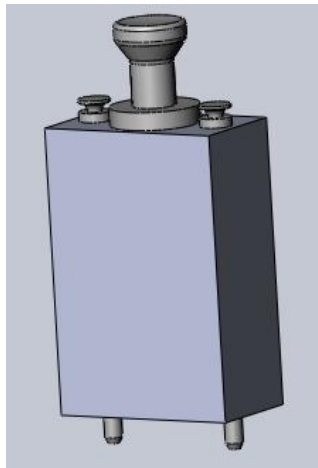
Selle seadistuselemendi mudel (Sele 5.2) oli tehtud elemendi 5.1. järgi. Seadistuselement tuleb valmistada üleni terasest, et see langevale koormusele vastu peaks. Pinna diameeter, millele tugineb seadistamise ajal alusplaat, on 40 mm, see diameeter on küllaldane, et plaat oleks kindlalt koostabivahendis ja koormus oleks võrdselt jagatud.

Esimese koosteabivahendi modelleerimisel tekkis veel probleem elementide paigaldamisel, kui elemendid, mis on määratud sõlme ühe asendi jaoks koosteabivahendis, ristuvad sõlme teise asendi jaoks määratud koosteelementidega. Nii tekkis vajadus teha osa elementidest äravõetavaks, et nad ei segaks sõlme paigaldamist teise asendisse (Sele 5.3).



Sele 5.3 Teine teist takistavad elemendid koostamisel

Äravõetavate seadistuselementide fikseerimise jaoks kasutati ilma keermeta vardaid, et elemente oleks kerge koosteabivahendi alusele paigaldada või ära võtta. Esimese koosteabivahendi modelleerimisel kasutatud äravõetava alusega koostelement on vaadeldav joonisel Sele 5.4.



Sele 5.4 Vahetatava alusega koostelement

5.2 Kinnituselemendid

Kinnituselemendiks olid valitud sobiva ehitusega klambrid, mis tagasid vajaliku surve koostatava sõlme elementide fikseerimiseks. Kinnituselemendid ei tohi segada sõlme vaba paigaldamist või eemaldamist koosteabivahendist, ning peavad tagama liikuvate surveelementidele vaba liikumise. Esialgelt oli kavas kasutada joonisel Sele 5.5. kujutatud kinnituselementi.



Sele 5.5 Kinnituselemendi variant

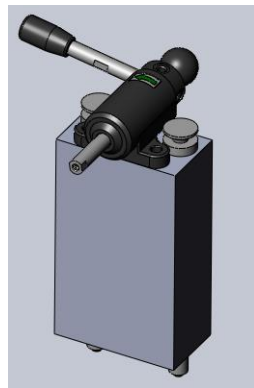
Kuid koosteabivahendi modelleerimise protsessi käigus selgus, et seda tüüpi kinnitusvahendeid ei ole antud juhul võimalik kasutada, kuna kinnituse käepide jääb detaili pealispinna taha kinni ning see ei võimalda kinnitust täiel määral ära kasutada. Sellepärast

kasutati koosteabivahendi modelleerimisel kinnituselemente, mis on kujutatud joonisel Sele 5.6. Kinnituse selline konstruktsioon võimaldab seda takistamatult kasutada plaatide kokkusurumisel, kuna selle mudeli käepide liigub ringi, mitte piki surveelemendi liikuvat osa, nagu mudelil joonisel 5.5.



Sele 5.6 Kinnituselement valitud kasutamiseks

Modelleerimise ajal tekkis vajadus teha ka osa kinnituselementidest äravõetavaks, et need ei segaks sõlme seadistamist teisest küljest.



Sele 5.7 Vahetatav kinnituselement

5.2.1 Kinnituselementidele esitatava surve tugevuse arvestus.

Käesoleva kooste käigus mõjuvad koostatava sõlme elementidele keevitamisel tekkivad jõud (need tekitavad soodumuse keevitusdeformatsiooni tekkimiseks): elementide endi raskusjõud, juhusliku ja teisejärgulise iseloomuga jõud ning kinnituselementide ja koosteabivahendi reageerimise jõud. Keevitatav konstruktsioon peab olema tasakaalus, et koostamine saaks toimuda vajaliku täpsusega. Kõik loetletud jõud on vektorsuurused, neil kõigil on oma suund ja tähendus. Loetletud jõududest võivad kooste täpsust mõjutada ainult keevitamisel tekkiv pinge ja juhusliku iseloomuga jõud.

Pinge — see on detaili ristlõike pindalaühikut või selle pealispinda mõjutav jõud. Teadaolevalt metallid soojenemisel paisuvad, jahtumisel tõmbuvad kokku. Keevitamise ajal

toimub külmade kõrvalasuvate osade vahel olevate metalliosade kuumenemine, mis kutsub esile pinge keevitatava konstruktsiooni osades, pinged aga omakorda põhjustavad deformatsiooni. Keevitamise jääkdeformatsiooni suurust mõjutab metalli plastilisus, kuumutatava pinna suurus, keevitatava metalli kuju ja geomeetrilised mõõdud ning struktuurilised muutused keevitamise ajal sulatatud ja põhimetallis, samuti keevitatava metalli soojusjuhtivus. Suurema soojusjuhtivuse ja väiksema pikipaisumise koefitsiendiga metallidel on deformatsioon väiksem, kuna soojusvoog jaguneb keevitatavas metallis ühtlasemalt. Õigete keevitusmeetodite kasutamise korral kasvavad sisemised pinged metallis aeglasemalt ja jäävad pärast alatiseks, nad ei ületa antud konstruktsioonile ette nähtud pingeid ning sealjuures ei toimu konstruktsiooni deformeerumist.

Seega, kui kasutada keevitamisel õigeid võtteid ja režiimi, ei ole vajadust konstruktsiooni deformeerumist esile kutsuvaid jõude kompenseerida. Seadistamise- ja kinnituselementide põhiülesandeks jääb hoida ära konstruktsiooni elementide liikumist üksteise suhtes juhusliku välise jõuteguri mõjul. Selleks peab kinnituselementide jõud olema võrdne või suurem elementide hõõrdejõust F_h .

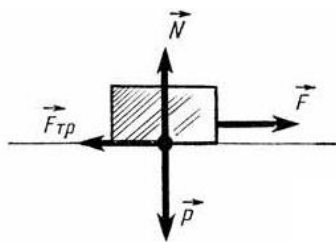
Kinnituselementide surve jõu suurus viib tavaliselt koosteabivahendis kõigi temale mõjuvate jõudude all koostatava konstruktsiooni staatilise tasakaalu ülesande lahendamiseni.

$$k \sum F_{v\ddot{a}l\ddot{i}s.} = \sum F_{v\ddot{a}st\ddot{u}.} \quad (5.1)$$

Kus: k - varutegur;

$\sum F_{v\ddot{a}l\ddot{i}s.}$ – tegutsevate konstruktsioonile välisjõudude summa;

$\sum F_{v\ddot{a}st\ddot{u}.}$ – vastupanu jõudude summa



Sele 5.8 Hõõrdejõu

Käesoleval juhul kohaldatakse hõõrdejõudu, mida ilmutatakse juhul, kui liikumatult seisev keha viiakse liikumisse mingite välisjõudude mõjutusel.

Hõõrdejõu määratakse valemiga:

$$F_h = \mu \times N \quad (5.2)$$

$$N = -P$$

kus μ - hõõrdetegur kahe terasdetailide vahel võrdub 0,03 – 0,09;

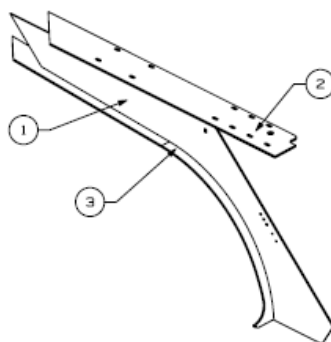
N – reaktsioonijõud

$$P = m \times g \quad (5.3)$$

kus P – raskusjõud, H;

m – elemendi mass, kg;

$g = 9,8 \frac{m}{s^2}$ vaba langemise kiirendus.



Sele 5.9 Sõlm №1 koosneb kolmest elementidest

Sõlme valmistamiseks kasutatakse terast S355N. Teades materjali, on võimalik määrata elementide masse prograamis Solidworks.

Sõlme №1 elementide massid:

$$m_1 = 129,5 \text{ kg}$$

$$P_1 = 129,5 \times 9,8 = 1269,1 \text{ H}$$

$$m_2 = 122 \text{ kg}$$

$$P_2 = 122 \times 9,8 = 1195,6 \text{ H}$$

$$m_3 = 60 \text{ kg}$$

$$P_3 = 60 \times 9,8 = 588 \text{ H}$$

$$1. F_h = 0,06 \times 1269,1 = 76,1 \text{ H}$$

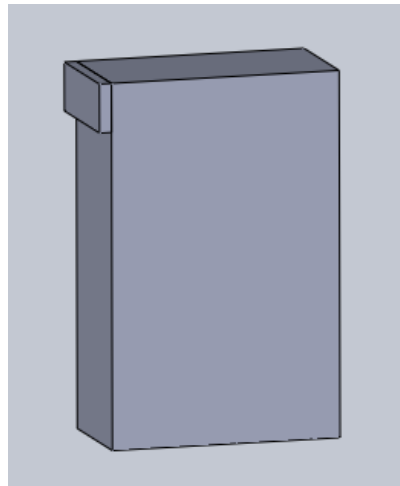
$$2. F_h = 0,06 \times 1195,6 = 71,7 \text{ H}$$

$$3. F_h = 0,06 \times 588 = 35,3 \text{ H}$$

Teostatud arvestuste kohaselt võib väita, et tuleb kasutada kinnituselemente kinnitusjõuga 80 H, mis ületab esimese elemendi maksimaalse võimaliku hõõrdejõu 76,1 H. Kokkuvõtteks selgub, et kooskõlas valemiga $k\sum F_{\text{välis.}} = \sum F_{\text{vastu.}}$ vastumõju jõu summa ei ole samuti võrdne välisjõuga, vaid ületab nende jõudude summat selleks, et konstruktsiooni elemendid oleksid kindlalt kinnitatud.

5.3 Fikseerivad elemendid

Fikseerivad elemendid, st toed, olid modelleeritud spetsiaalselt projekteeritavates koosteabivahendites kasutamiseks arvesse võttes vajaminevaid mõõtmeid ja vorme. Toed kujutavad endast plaate, mis kitsenevad sõlme alusplaadiga kokkupuutuvates kohtades. Selline toe konstruktsioon on lihtne valmistada, kuid samas küllaltki efektiivne. Toe kokkupuutekoht valmistatava detaili pinnaga on spetsiaalselt piiratud, et vältida võimalikku viga seadistamisel. Mida väiksem on pinna pindala, seda väiksem on võimalus et see pind tehakse karedustega, samuti see, et pinnale võivad sattuda keevituspritsmed, mis võivad rikkuda seadistamise täpsust.



Sele 5.10 Paigaldustugi

5.4 Kandeelement ja abielemendid

Koosteabivahendi №1 kande(põhi)elemendina kasutatakse plaati mõõtmetega 4500×2000×10 mm. Selle plaadi külge keevitatakse mitteeemaldatavad kinnitus- ja seadistuselementide alused, keevitatakse toed ja abielemendid, mis on koostamisel vajalikud automaatseks märgistamiseks, täpsuse kontrollimiseks ning sõlme detaili nõuetekohaseks paigaldamiseks

koosteabivahendisse. Teiste abivahendite projekteerimisel kasutatakse sama tüüpi kande- ja abielemente, kuid vastavalt nende abielementide mõõtmetele.

6. KOOSTEABIVAHENDITE MODELLEERIMINE

Käesoleva töö raames projekteeritakse kolm koosteabivahendit kolme sõlme koostamiseks, mis sobivad raami mõlema poole sõlmede valmistamiseks. Kuna projekteerimine on väga töömahukas protsess, otsustati, et on küllaldane, kui modelleerida abivahend kolme esimese sõlme jaoks, ülejäänud kahe sõlme tarbeks võib modelleerida ja valmistada analoogse vahendi, kuna sõlmede ehitus on väga sarnane. Samal põhjusel ei vaadelda selles töös ka sõlmede üldise kooste abivahendit. Samas ei ole välistatud võimalus, et ülejäänud koosteabivahendite projekteerimine saab tehtud edaspidi, kui selles töös projekteeritud koosteabivahendite kasutamine on efektiivne ja õigustab ennast.

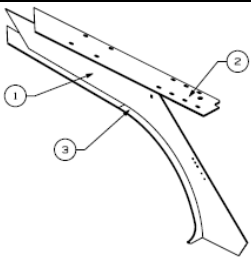
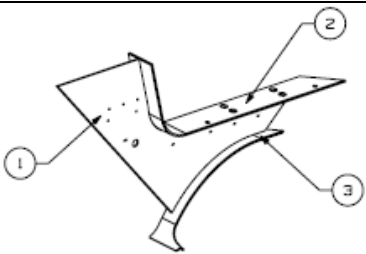
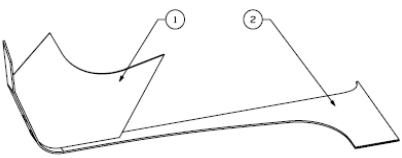
Koosteabivahendite projekteerimine sisaldab järgmisi etappe:

1. Eskiisprojekti koostamine
2. Tehnilise projekti teostamine
3. Tööjooniste projekteerimine

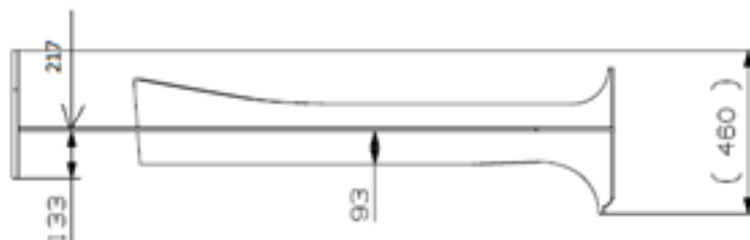
Eskiisprojekt on põhiline osa kogu projekteerimistöös ja näeb ette kõigi printsiipiaalsete küsimuste lahendamise. Eskiisprojekti tähtis osa on baseerumisskeemi valik ja läbi töötamine. Tehniline projekt kujutab ennast koosteabivahendi elementide detailset läbitöötatust.

Kuna antud projekt on ettevõttes veel täielikult kinnitamata ja ning seda võib korrigeerida ja teha muudatusi, otsustati jätta koosteabivahendi projekteerimine eskiisprojekti tasemele, kuna detailselt läbi töötatud abivahendi projekti võib teha alles selle täieliku kinnitamise järel. Eskiisprojekti võib lugeda küllaldaseks aluseks koosteabivahendite koostamiseks selle täiustamise korral tööjooniste väljatöötamise ajal.

Tabel 6.1 Sõlmed, millistele olid projekteeritud koosteabivahendid

	<p>Sõlm № 1 Gabariitmõõtmed: 3860 × 1702</p>
	<p>Sõlm № 2 Gabariitmõõtmed: 3183 × 1685</p>
	<p>Sõlm № 3 Gabariitmõõtmed: 3764 × 1322</p>

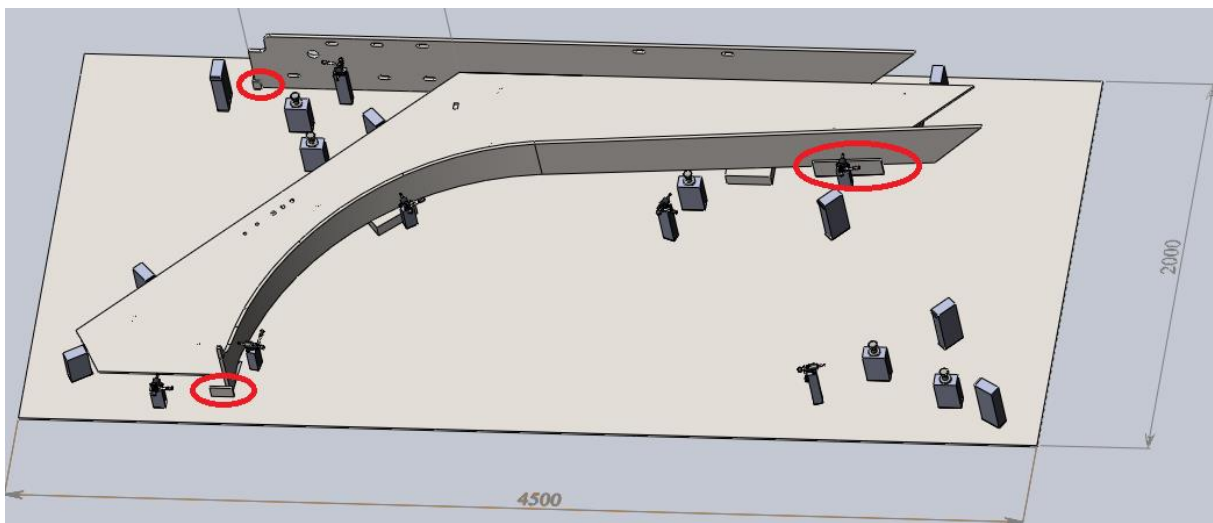
6.1 Koosteabivahendi №1 modelleerimine



Sele 6.1 Sõlme №1 paigutus koostamisel

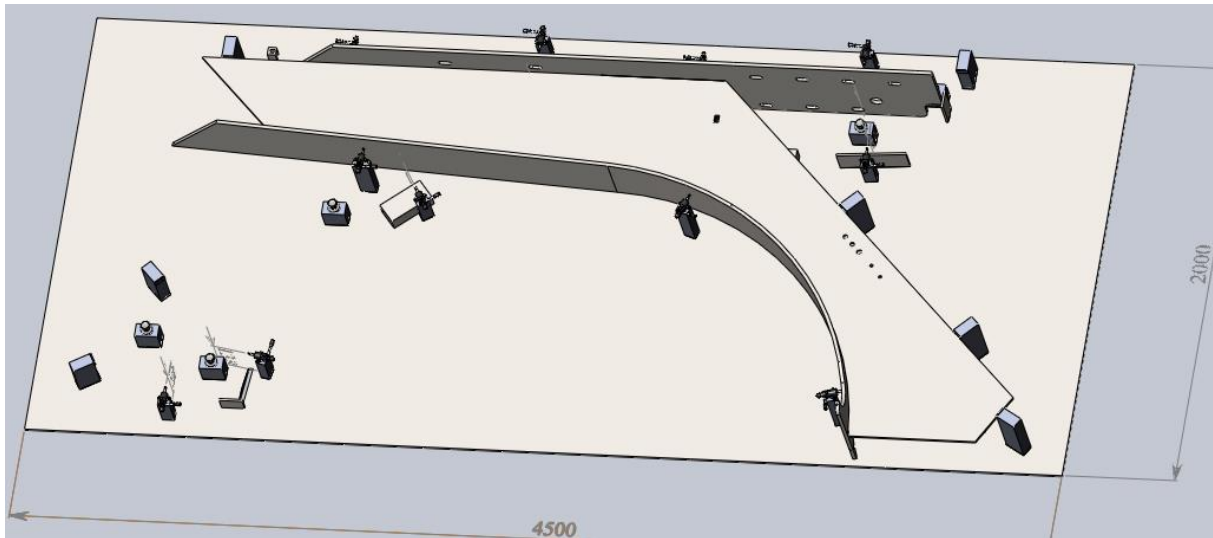
Kuna sõlm №1 paikneb koostamise ajal horisontaalselt, siis on koosteabivahendi pinna ja baasplaadi vahekaugus ühe külje koostamisel ja keevitamisel 133 mm ja vastavalt 217 mm teise külje koostamisel ja keevitamisel. Sõlme on vaja keevitada kahest küljest, sellepärast peab koosteabivahend võimaldama paigaldada ja fikseerida seda kahest küljest. Selleks on abivahend varustatud spetsiaalsete elementidega iga sõlme positsiooni jaoks koostelemendis. Mõningad koosteabivahendi seadistuselemendid on kasutatavad sõlme paigalduse korral mõlemilt poolt.

Eeldatakse, et sõlme koostav koostaja alguses fikseerib sõlme ühelt poolt ja keevitab konstruktsiooni mitmest kohast, pöörab seejärel sõlme ringi ja fikseerib selle uuesti, et keevitada mitmest kohast teiselt poolt. Plaadi paigaldamisel esimesest küljest kasutatakse suuremal arvul abielemente, kuna koostamise algstaadiumis on vaja paigaldada sõlme koostelemendid täpselt üksteise suhtes (Sele 6.2). Sõlme fikseerimine abivahendis peale pööramist on vajalik selleks, et vähendada keevitamise ajal tekkivate pingete tõttu tekkida võiva deformatsiooni võimalikkust. Fikseerivate ja kokkusuruvate elementide arv võib olla väiksem kui esimesest küljest keevitamisel, kuna konstruktsioon on juba koostatud ja selle elemendid on fikseeritud. Koostamise lõpus võib konstruktsiooni vabastada ja lõpuni keevitada.



Sele 6.2 Sõlme № 1 paigutus koosteabivahendis esimeses asendis (ringidega on märgitud kasutatud paigaldamisel abielemendid)

Sõlme esimesse positsiooni paigaldamiseks ette nähtud elemendid ristuvad sõlme teise positsiooni fikseerimise elementidega koosteabivahendis. Kuna sõlm ise on küllaltki suuremõduline toode, arvestatakse koosteabivahendi modelleerimisel fakti, et see peab olema võimalikult kompaktne tootmispinna kokkuhoiu eesmärgil. Seega on elementide ristumine kohustuslik tingimus selleks, et abivahendi mõõtmeid vähendada.



Sele 6.3 Sõlme №1 paigutus koosteabivahendis teises asendis

Peale sõlme asendi muutmist abivahendis jäävad osa elemente baasplaadi alla. Need elemendid on mõeldud abivahendis oleva sõlme madalama asendi juures kasutamiseks ja need ei sega sõlme paiknemist teises asendis.

Koostamise ja keevitamise mugavamaks teostamiseks on vajalik koosteabivahend paigaldada spetsiaalsele töölauale. Selleks, et projekteerida töölauda, on esmalt vajalik teha laua tegemiseks vajalike tugevuste arvustus. Teades toe vajalikku tugevust, saab määrata kindlaks mõõtmetelt sobiva profiiliga toed.

6.1.1 Töölaua tugevuse arvutamine

Tugevus – see on materjali omadus mitte deformeeruda välispidiselt mõjuva jõu mõjul. Selleks, et määrata kindlaks toe nõutav tugevus, tuleb esmalt teha kindlaks kogu töölauale mõjuv välispidine jõud. Töölauale mõju avaldava jõu saab välja arvestada valemiga:

$$P = m \times g \quad (6.1)$$

Selleks, et määrata antud jõudu on tarvis kindlaks teha kogumassi, mis koosneb sõlme massist ja koosteabivahendi massist koos elementidega.

$$m_u = m_1 + m_s + m_e \quad (6.2)$$

Massi väärtused olid võetud programist SolidWorks. Materjaliks on terase S355.

Sõlme №1 mass võrdub $m_1 = 311,63 \text{ kg} \sim 312 \text{ kg}$

Koosteabivahendi mass võrdub $m_s = 724,24 \text{ kg} \sim 725 \text{ kg}$

Kasutatud koosteabivahendis elementide mass võrdub $m_e = 150 \text{ kg}$

$$m_u = 312 + 725 + 150 = 1187 \text{ kg} \sim 1200 \text{ kg}$$

Niiviisi, töölauale mõju avaldav jõud võrdub:

$$P = 1200 \times 9,8 = 11760 \text{ H} \sim 12 \text{ kH}$$

Kuna jõud jaguneb kogu laua peale ühtlaselt, tuleb teada saadud jõu suurus viia üle selliseks, mida saab arvestada toe tugevuse arvestamisel. Töölaud tehakse eeldatavasti mõõtmetega 4500×2000×900 mm. Tugevuse arvestus tehakse pikitalale pikkusega 4500 mm. Selliseid talasid on laual kaks, seega tuleb kogu lauale langev koormus jagada 2.

$$P_1 = \frac{P}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ kH}$$

Kumbki pikitala paigaldatakse 4 kolonnile (püsttalale). Vahe kolonnide vahel on 1500 mm. Seega tuleb leitud raskusjõud P_1 jagada tala kolme 1,5 m pikkuse osa vahel.

Raskusjõud, tegutsev ühele tala osale võrdub:

$$P_2 = \frac{P_1}{3} = \frac{6}{3} = 2 \text{ kH}$$

Kokkuvõtteks selgus, et pikitalale pikkusega $l = 1,5 \text{ m}$ langeb koormus suurusega $P_2 = 2 \text{ kH}$.

Edasi selleks, et leida pikitala vajalik jäikus, tuleb kindlaks teha pikitala paine, mis peab olema väiksem lubatud võimalikust paindest $f \leq f_{lub}$, kus f on pikitala paine. Lubatud paindena on arvestatud 0,5 mm.

$$f = A \frac{P \times l^3}{E J_x} \quad (6.3)$$

kus A – tegur arvestatav koormuse iseloomu ja alustala kuju ($A=0,625$)

P – tegevkoormus, $2 \text{ kH} = 2000 \text{ H}$

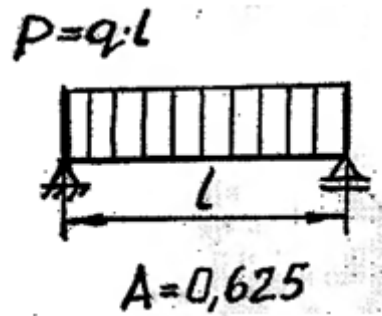
l – tala pikkus alustalade vahel, $1500 \text{ mm} = 1,5 \text{ m}$

E – elastsusoodul H/m^2

J_x – inertsimoment m^4

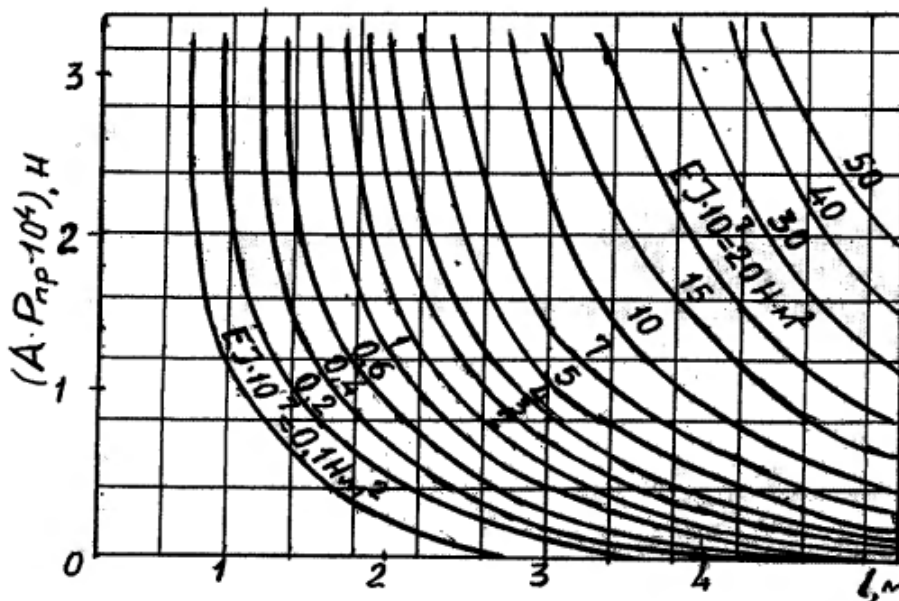
EJ_x – profiili jäikus $\text{H} \times \text{m}^2$

Antud juhul tugineb pikitala kahele liikumatule toele, koormus aga langeb võrdset kogu laua pinnale, nagu eespool öeldud, sellepärast tuleb siin kohaldada järgmist skeemi (Sele 6.4), kus koefitsient $A = 0,625$. [8]



Sele 6.4 Ühtlaselt jaotatud koormuse jaoks tegur A

Tuginedes saadud väärtusele $A \times P_2$ ja tala pikkusele, saab graafiku järgi kindlaks määrata tala vajalikku tugevust EJ_x .



Sele 6.5 Tala jäikuse määramiseks kasutatud graafik [8]

Kasutades minimaalset jäikust graafiku järgi $0,1 \times 10^7$ H \times m², pikitala paine tegutseva koormuse all võrdub:

$$f = 0,625 \frac{2000 \times 1,5^3}{0,1 \times 10^7} = 0,004 \text{ m} = 4 \text{ mm}$$

Saadud pikitala paine ületab lubatud painet 0,5 mm, seepärast teda ei ole võimalik kasutada.


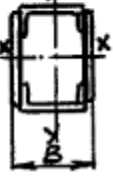
$$f = 0,625 \frac{2000 \times 1,5^3}{0,6 \times 10^7} = 0,0007 \text{ m} = 0,7 \text{ mm}$$

Kasutades jäikuse $0,6 \times 10^7 \text{ H} \times \text{m}^2$ pikitala paine samuti ületab lubatud painet.

$$f = 0,625 \frac{2000 \times 1,5^3}{1 \times 10^7} = 0,0004 \text{ m} = 0,4 \text{ mm}$$

Tugevuse korral $1 \times 10^7 \text{ H} \times \text{m}^2$ on tingimus $f \leq f_{\text{lub.}}$; $0,4 \text{ mm} < 0,5 \text{ mm}$ täidetud ja võib valida sellise tugevusega pikitala.

Kasutatud meetodikas soovitatakse kasutada 2-st tugipostist kokkukeevitatud talasid. Kaks keevitatud tugiposti annavad talale täisnurkse profiili. [8]

Тип Балки	№ швеллера	12	14а	16а	18а	20а	24а	27	30
	№ сечения параметры	1	2	3	4	5	6	7	8
	H, мм	120	140	160	180	200	240	270	300
	B, мм	104	124	136	148	160	190	190	200
	$EJ_x \cdot 10^7, \text{H} \cdot \text{m}^2$	0,13	0,23	0,35	0,50	0,70	1,34	1,75	2,44
	$EJ_y \cdot 10^7, \text{H} \cdot \text{m}^2$	0,09	0,16	0,22	0,30	0,40	0,74	0,83	1,08
	$q \cdot 10, \text{H}/\text{m}$	20,9	26,7	30,6	34,9	39,6	51,7	55,3	63,6
	№ швеллера	20а	24а	24а	24а	30	30	30	30
	H, мм	250	250	300	350	300	350	400	500
	B, мм	220	260	260	260	320	320	320	320
	$EJ_x \cdot 10^7, \text{H} \cdot \text{m}^2$	1,48	1,77	2,82	4,19	3,39	5,00	6,95	12,1
	$EJ_y \cdot 10^7, \text{H} \cdot \text{m}^2$	1,67	2,72	3,05	3,37	5,06	5,57	6,07	7,07
	$q \cdot 10, \text{H}/\text{m}$	12,5	84,6	92,4	100,0	104,5	112,2	120,0	136,6

Sele 6.6 Tala profiili mõõtmete valimiseks tabel [8]

Pakutud tugevuse variantidest on kõige sobilikum nr 6 mõõtmetega $240 \times 190 \text{ mm}$. Töölaua valmistamiseks on mugavam kasutada täisnurkse profiiliga valmistalasid, mis vastavad leitud parameetritele. Näiteks võib kasutada täisnurkset torutala mõõtmetega 220×120 ja paksusega $t = 8 \text{ mm}$.

6.1.2 Koosteabivahendi №1 töölauda modelleerimine.

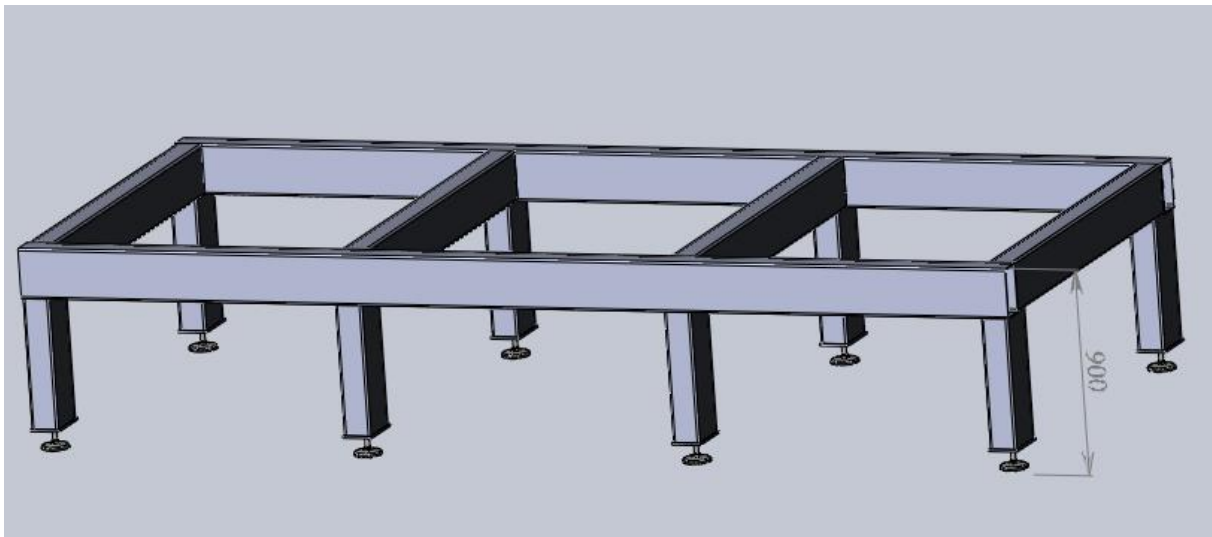
Töölaua valmistamiseks sobiva pikitala kandejõu arvestuste tulemusel valiti välja täisnurkse profiiliga tala mõõtmetega $220 \times 120 \times 8 \text{ mm}$. Sellised talad on laialt levinud. Neid saab tellida näiteks siit:

<http://www.ruukki.ee/Tooted-ja-teenused/Metallitooted/Terastorud/Ristkulikukujulised-terastorud/Ristkulikukujulised-S355J2H-ja-muud-10219-torud>.

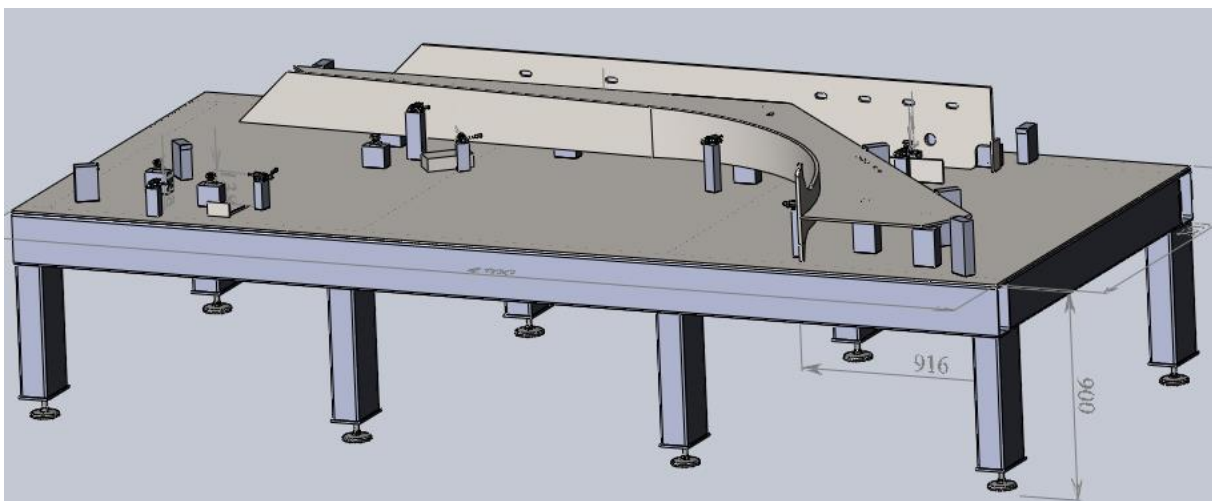
Nimetatud mõõtmetega talasid kasutati mitte ainult konstruktsiooni ülasas, vaid ka kolonnite (tugitalade) tarbeks. Alt keevitatakse iga kolonn plaadiga kokku, mille külge kinnitatakse keermestuse abil terasest jalased. Laua kõrgust saab reguleerida keermestusega.

Töölaua jalgasid saab tellida näiteks siit: <http://www.wiberger.se/templates/mn1147-maskinsko.htm>

Oli valitud jalg MN1147 120-M20×150. Selline jalg hästi sobib ekspluatatsiooniks rasketes keskkondades. Maksimaalne lubatud koormus jala jaoks on 45 kN. [15]

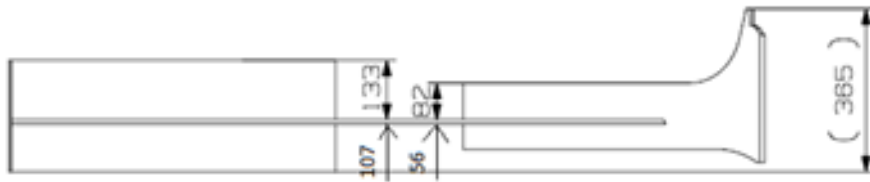


Sele 6.7 Töölaua raam ilma koosteabivahendita



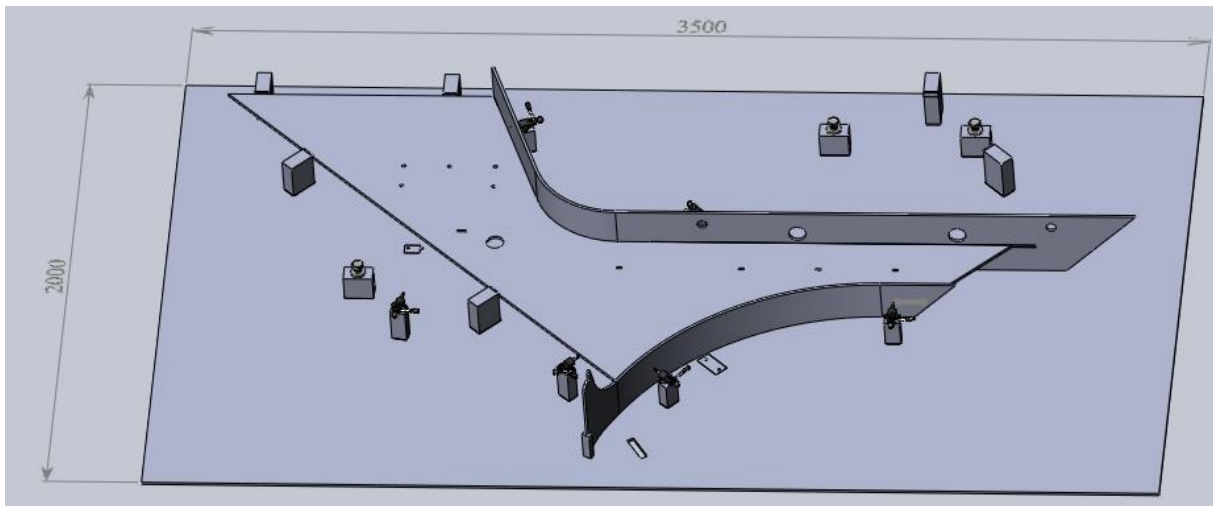
Sele 6.8 Töölaud koos koosteabivahendiga ja kokkukeevitatav sõlm №1

6.2 Abivahendi №2 modelleerimine

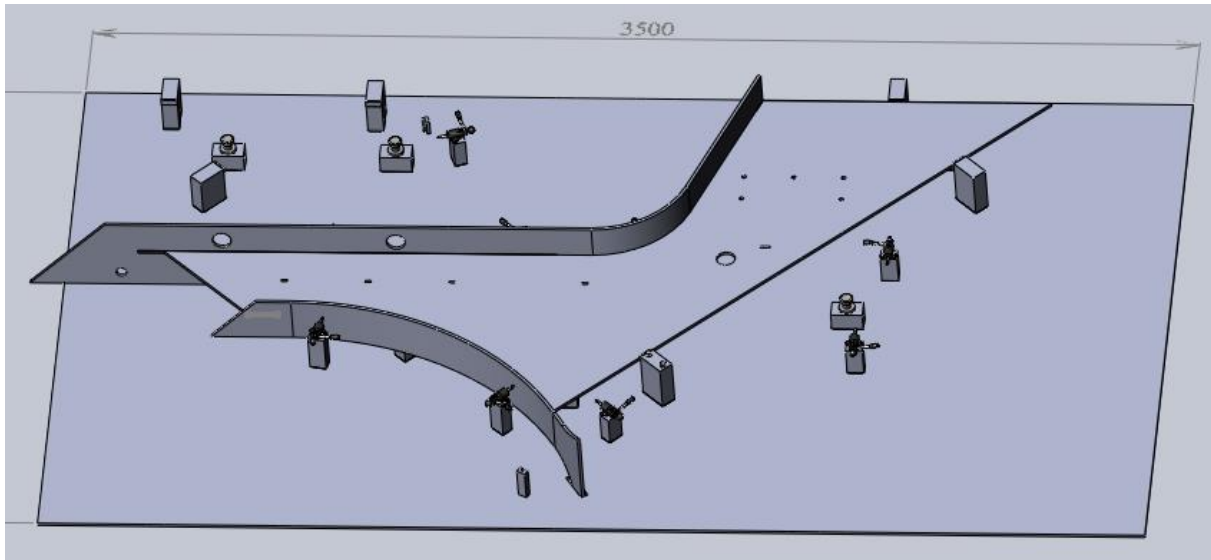


Sele 6.9 Sõlme №2 paigutus koostamisel

Abivahendi №2 alusplaat paikneb 107 mm kõrgusel koosteabivahendi alusest keevitamise ja koostamise esimese positsiooni korral ja 133 mm kõrgusel teise külje keevitamise korral (Sele 6.9). Koosteabivahendil №2 kasutatavad elemendid on identsed abivahendil №1 kasutatavate elementidega, kuid on adapteeritud kasutamiseks sõlme koostamise abivahendi №2 tingimustes. Sõlme №2 koostamise printsiip on täpselt samasugune nagu sõlme №1 koostamisel.



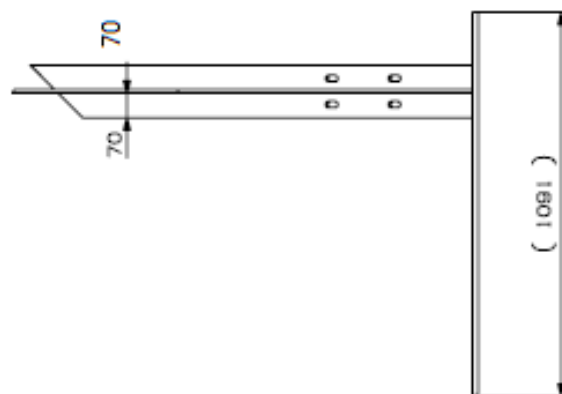
Sele 6.10 Sõlme №2 paigutus esimeses asendis



Sele 6.11 Sõlme №2 paigutus teises asendis

6.3 Abivahendi №3 modelleerimine

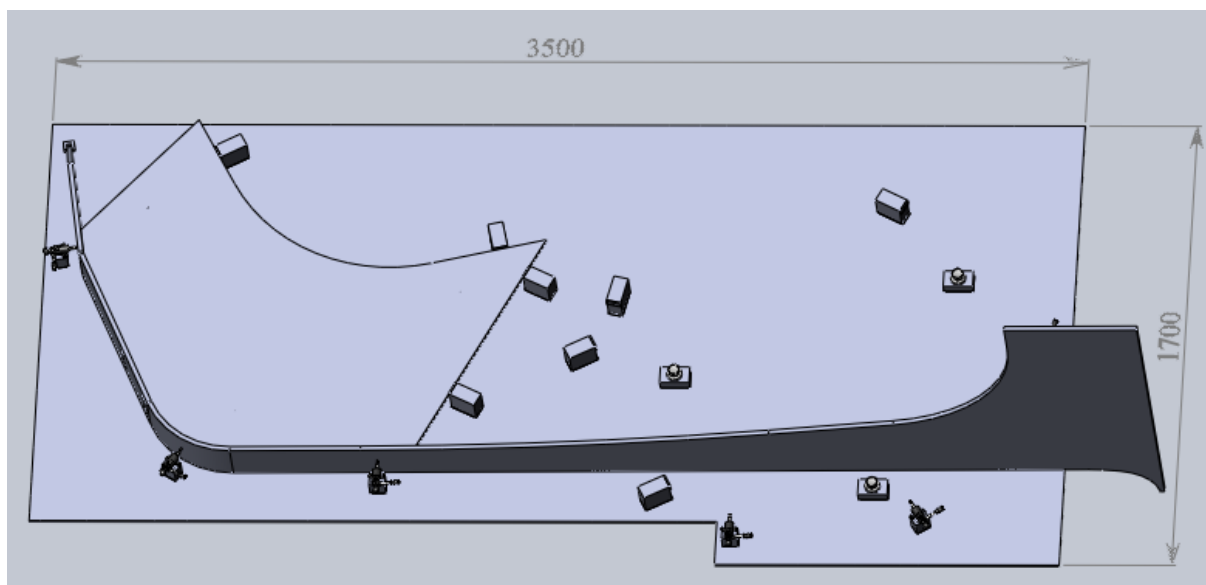
Baasplaat paikneb abivahendis № 3 kõrgusel 70 mm abivahendi alusest mõlemalt poolt keevitamise korral (Sele 6.12). Abivahendis № 3 kasutatavad elemendid on identsed abivahendis № 1 kasutatavate elementidega, kuid on adapteeritud kasutamiseks sõlme № 3 tingimustes. Sõlme № 3 koostamise põhimõte on täpselt samasugune nagu sõlme № 1 koostamise põhimõte.



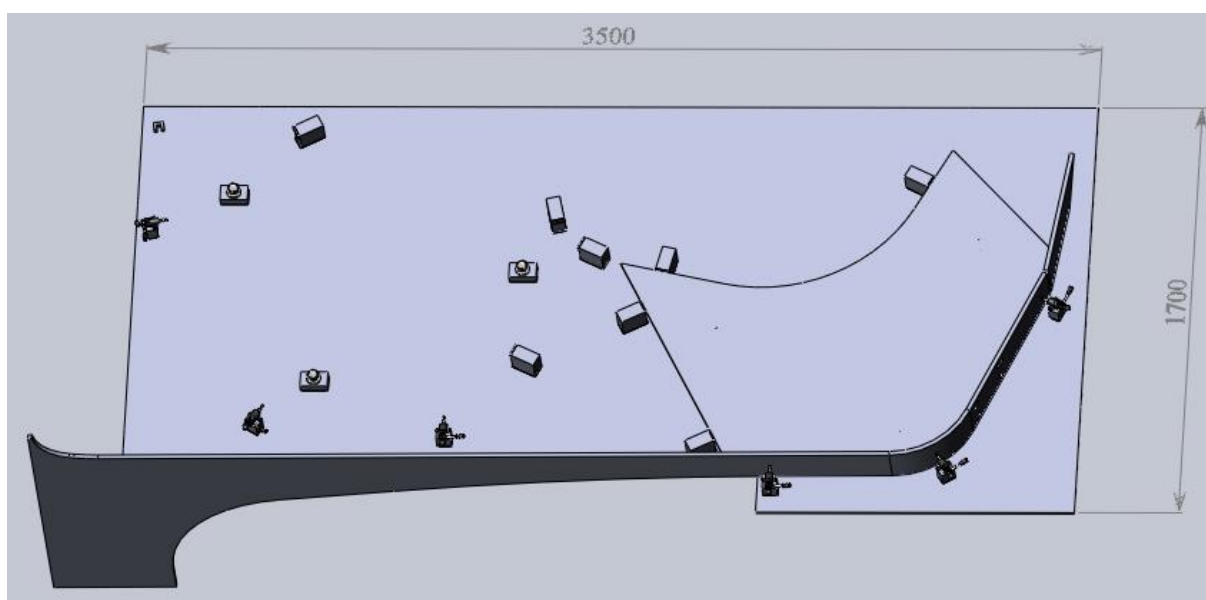
Sele 6.12 Sõlme №3 paigutus koostamisel

Sõlme № 3 koostamise abivahendi modelleerimisel tekkis probleem sõlme paigutamisel teises positsioonis, kuna ühel juurdekeevitatavatest plaatidest on selline kuju, mis ei võimalda seda paigaldada nõutavasse asendisse. See probleem leidis lahenduse koosteabivahendi aluse ühe

osa äralõikamisega, nii et see plaadi osa, mis segab selle normaalset asendit abivahendis, saaks vabalt kõrval rippuda. Tuleb märkida, et probleemi sellisel kujul lahendamise korral on vajalik edaspidi selle abivahendi töölaua projekteerimisel kasutada mingisugust töölaua külge kinnituvat tuge rippuva plaadiosa toestamiseks.



Sele 6.13 Sõlme №3 paigutus esimeses asendis



Sele 6.14 Sõlme №3 paigutus teises asendis

7. KOOSTEABIVAHENDITE KASUTAMISE MAJANDUSLIK OTSTARBEKUS

Uue koosteabivahendi kasutamise efektiivsust saab hinnata kahe meetodi abil:

- Tegelike kulude (juurutamise tulemuste põhjal) võrdlemisel plaaniliste kuludega;
- Abivahendi kasutamisel saadud kokkuhoiu (B) võrdlemisel selle valmistamise ja eksploateerimise kuludega (A). Sel juhul väljendub abivahendi kasutamise efektiivsus valemiga $A < B$. [3]

Kuna esimest efektiivsuse hindamise meetodit saab kasutada ainult peale abivahendi tootmise juurutamist, siis koosteabivahendite kasutamise kasumlikkust (ja kogu väljatöötatud koostemeetodit) saab hinnata teise hindamise meetodi järgi.

Koosteabivahendi majandusliku efektiivsuse hindamisel võrreldakse ilma koosteabivahendita (nii, nagu toimus esimese raami kokkupanek ettevõttes) toote koostamisele ja keevitamisele kulunud aja võrdlemisel toote koostamisele ja keevitamisele kuluva ajaga koosteabivahendeid kasutades (nii, nagu peaks toimuma raami koostamise protsess uue meetodi järgi).

Abivahendi efektiivsuse hindamise meetodi kohaselt loetakse abivahendi kasutamist efektiivseks, kui $A < B$, kus A on abivahendi valmistamiseks ja eksploateerimiseks tehtavad kulutused ja B on selle abivahendi kasutamisel saavutatav kokkuhoid. Abivahendi kasutamisel saavutatav absoluutne kokkuhoid on $E = B - A$. [3]

Abivahendi maksumust määratakse valemiga

$$A = y + m + nxk \quad (7.1)$$

siin y — on abivahendi projekteerimiseks tehtavad kulud, m — materjalide maksumus n — abivahendi valmistamise töömahukus, x — abivahendi joonise keerukuse koefitsient ja k — ühe normtunni maksumus.

Abivahendi kasutamise pealt saavutatud kokkuhoidu võib kindlaks teha valemiga:

$$B = uein(1 + 0,01 P) - 0,01 Aq \quad (7.2)$$

Kus u — on koostelukksepa ühe normtunni maksumus, e — koosteabivahendi kasutamisega saavutatud aja kokkuhoid ühe toote valmistamise pealt tundides, i — abivahendi eksploatatsioonikõlbulikkuse aeg aastates, n — toote aastane plaan tükides, P — lisakulud palgale %; q — abivahendi kasutamise ja remondiga seotud lisakulud, %. [3]

7.1 Abivahendi №1 kasutamise efektiivsuse hindamine

Abivahendi №1 maksumus, valemi $A = y + m + nxk$ järgi võrdub:

$$A = y + m + nxk = 500 + (470 + 165) + (24 \times 10) = 1375 \text{ eur} \sim 1500 \text{ eur}$$

$$y = 500 \text{ eur}$$

$$m = 850 \text{ kg} \times 0,55 \text{ eur} = 467,5 \text{ eur} = 470 \text{ eur}$$

Lehtmetsalli hind on 550 eur/tonn

Ühe klambri (kinntusvahend) hind on 15 eur. Esimese seade valmistamisel kasutatakse 11 tk klambrit. See tähendab, et kulud klambritele on $11 \text{ tk} \times 15 \text{ eur} = 165 \text{ eur}$

Olgu n võrdub 24 tundi, mis tähendab, et seade valmistamiseks on vaja 3 tööpäeva.

Ühe töötunni hind on 10 eur ($k = 10 \text{ eur/tund}$).

Efektiivsuse arvestamise valemit võib lihtsustada, jättes lisakulud arvesse võtmata. Sel juhul näeb valem välja: $B = uein$. Selle valemi kohaselt on abivahendi №1 kasutamise efektiivsus 21751, 2 eur.

Ühe toote pealt saavutatava aja kokkuhoiu arvestamisel (e) on vajalik leida ühe toote valmistamise ajakulu ilma abivahendit kasutamata (T_{is}) ja ühe toote valmistamise ajakulu abivahendit kasutades (T_s). Aja kokkuhoid ühe toote valmistamisel (e) on võrdne: $e = T_{is} - T_s$.

Ühe toote (sõlm №1) ilma abivahendita valmistamise ajakulu (T_{is}) on võimalik kindlaks teha ligikaudselt, kuna kogu ilma abivahendita koostamise protsess toimus hoopis teises järjestuses ilma koostamise jagamist sõlmede kaupa ja üldiseks koostamiseks.

Ühe toote (sõlm №1) ilma abivahendita valmistamise ajakulu (T_{is}) on võimalik määrata kindlaks toote massi ja valmistamiseks kulutatud aja suhte kaudu $\frac{m_1}{m_2} = \frac{T_{is}}{T_u}$. On teada, et

kogu raami mass on 10,2 tonni. Selle raami valmistamiseks kulus kokku 5 nädalat. Töö

toimus kahes vahetuses, tööpäeva pikkus oli 8 tundi. Seega kulus kogu raami koostamiseks ilma abivahendita 400 töötundi.

m_1 - sõlme №1 mass

m_2 – kogu raami mass

T_u – kogu aeg raami koostamiseks ja keevitamiseks ilma abivahendita

$$T_u = 5 \times 5 \times 2 \times 8 = 400 \text{ tundi}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{T_{is}}{T_u} \rightarrow \frac{312}{10200} = \frac{T_{is}}{400} \rightarrow T_{is} = \frac{312 \times 400}{10200} = 12,24 \text{ tundi}$$

Aega esimese sõlme valmistamiseks abiseade kasutamisega (T_s) on võimalik määrata valemiga: $T_s = T_p + T_k + T_t$.

T_p – paigutusaeg

T_k – keevitusaeg

T_t – kantimisaeg

$$T_k = \frac{S}{V_k} = \frac{10068}{250} = 40,3 \text{ min} = 0,67 \text{ tundi}$$

$$S = 1727 + 1709 + (3316 \times 2) = 10068 \text{ mm}$$

S – kõikide keevisõmbluste kogu pikkus;

V_k – keevituse kiirus; $V_k = 250 \text{ mm/min}$

$$T_s = T_p + T_k + T_t = 1 + 0,67 + 0,5 = 2,17 \text{ tundi}$$

Teades T_{is} ja T_s , on võimalik määrata aja kokkuhoid ühe toote valmistamisel (e).

$$e = T_{is} - T_s = 12,24 - 2,17 = 10,07 \text{ tundi}$$

Abivahendi kasutamise pealt saavutatud kokkuhoid sõlme №1 koostamise jaoks võrdub:

$$B = uein = 10 \times 10,07 \times 3 \times 72 = 21751,2 \text{ eur}$$

u – ühe töötunni maksumus; u = 10 eur/tund

e – aja kokkuhoid; e = 10,07 tundi

i — abivahendi eluiga, aasta; $i = 3$ a

n — toodete aastaprogram, tk; $n = 72$ tk

Planeeritakse valmistada kolm raami kuus. Abivahendeid saab kasutada mõlema raami poole sõlmede koostamiseks. Järelikult koostatakse abivahendis aastas 72 sõlme.

$$n = 2 \times 3 \times 12 = 72 \text{ tk}$$

Tulemuseks on, et abivahendi №1 valmistamiseks tehtud kulutused on väiksemad kui selle abivahendi kasutamisest saadav kokkuhoid ja järelikult on kasutatud efektiivsuse hindamise meetodi järgi selle abivahendi kasutamine asjakohane.

$$A < B \rightarrow 1500 \text{ eur} < 21751,2 \text{ eur} \quad (7.3)$$

Abivahendi №1 kasutamisel saavutatav absoluutne kokkuhoid on:

$$E = B - A = 21751,2 - 1500 = 20251,2 \text{ eur} \quad (7.4)$$

Projekteeritava koosteabivahendi №1 üldiseks efektiivsuse näitajaks on abivahendi tasuvusaeg, mis leitakse valemiga

$$T = \frac{K}{C_1 - C_2} \quad (7.5)$$

kus K – kapitaalvahetused abivahendi juurutamiseks,

C_1 ja C_2 – toodangu kulud enne ja pärast abivahendi juurutamist. [17]

Abivahendi №1 maksumus oli juba määratud ja võrdub $K = 1500$ eur.

Kulud enne ja pärast abivahendi juurutamist on võimalik määrata valemiga

$$C = n(t \times k)$$

kus n – sõlmede arv aastatoodangu jaoks, $n = 72$

t – sõlme valmistamiseks nõutav aeg

k – ühe töötunni maksumus, $k = 10$ eur/t.

$$C_1 = 72(12,24 \times 10) = 8812,8 \text{ eur}$$

$$C_2 = 72(2,17 \times 10) = 1562,4 \text{ eur}$$

Siis abivahendi №1 tasuvusaeg võrdub

$$T = \frac{1500}{8812,8 - 1562,4} = 0,21 \text{ a} \sim 77 \text{ päeva} \sim 2,5 \text{ kuud}$$

7.2 Kogu raami koostamise meetodi efektiivsuse hindamine.

Kuna vastavalt kasutatud efektiivsuse hindamise meetodile on koosteabivahendi №1 kasutamine asjakohane ja efektiivne, võib eeldada, et ka ülejäänud koosteabivahendite juurutamine tõstab samuti raami koostamise protsessi efektiivsust. Käesolevas töös välja töötatud meetodi kohaselt jaguneb koostatav raam kaheks pooleks, millest kumbki koosneb viiest sõlmest. Iga viie sõlme jaoks tuleb kasutada spetsiaalset abivahendit, mis sobib nii raami vasaku kui ka parema poole sõlmede koostamiseks. Seega kasutatakse kogu raami koostamiseks kuut abivahendit: viis nendest on sõlmede koostamiseks ja üks on vajalik raami üldise koostamise juures.

Selleks, et hinnata raami koostamise kogu uut meetodikat, st kõigi kuue abivahendi kasutamise efektiivsust, võib kasutada sama massi ja valmistamiseks kuluva aja suhet, mida kasutati ilma abivahendita koostamiseks kulunud aja määramisel T_{is} . Ainult nüüd kasutatakse seda suhet, et leida kogu aeg, mis kulub terve raami koostamiseks käesolevas töös väljatöötatud koostemetoodika järgi ning teada on aeg, mis on vajalik sõlme №1 koostamiseks.

$$\frac{m_1}{m_u} = \frac{T_1}{T_u} \rightarrow \frac{312}{10200} = \frac{2,17}{T_u} \rightarrow T_u = \frac{10200 \times 2,17}{312} = 70,94 \sim 71 \text{ tundi}$$

m_1 – sõlme №1 mass

m_u – raami kogumass

T_1 - sõlme №1 koostamisele nõutav aeg

T_u – kogu raami koostamisele nõutav aeg

Saadud suhtest selgub, et kogu raami koostamiseks kuluv aeg on 71 tundi. Esimese raami koostamiseks ilma koosteabivahenditeta kulus töölistel 400 tundi. Seega tuleb välja, et uus koostemetood lühendab ajakulu rohkem kui viis korda ($400:71 = 5,63$ korda).

KOKKUVÕTE

Käesoleva diplomitöö eesmärgiks oli *lokotrack* raamide koostamise protsessi efektiivsuse tõstmine koostamisprotsessi ratsionaliseerimise ja koosteabivahendite kasutusele võtmise kaudu. Eesmärgi saavutamiseks said püstitatud järgmised ülesanded, mis on töö käigus lahenduse leidnud:

1) Koosteprotsessi ratsionaliseerimine

Kasutusel olnud meetodi asemele töötati välja uus ratsionaalne raamide koostamise meetod, mis seisneb koostamisprotsessi jagamises sõlmede ja sõlmedest terviku koostamiseks ja näeb ette igal koosteprotsessi etapil koosteabivahendite kasutamist. Uue meetodi kohaselt toimub sõlmede koostamine samaaegselt kuues spetsiaalselt seadistatud töökohtades. Viies töökohas koostatakse sõlmed, millest kuuendas töökohas koostatakse raam tervikuna. Koostamise protsessi jagamine võimaldab kaasata rohkem töölisi samaaegselt ja vastavalt tunduvalt suurendada töö efektiivsust.

2) Koosteabivahendite tüübi ja arvu kindlaks määramine.

Uue koostamise meetodi järgi raamide koostamiseks vajalik koosteabivahendite kogus tuleneb väljatöötatud koostamise meetodist. Koosteabivahendite tüüp tehti kindlaks võimalike koosteabivahendite variantide ja tehniliste tingimuste, millistes tingimustes abivahendeid tuleb kasutama hakata, analüüsimisel. Teostatud analüüsi järel võeti vastu otsus selle kohta, et antud juhul on otstarbekas kasutada suuremõduliste toodete tarbeks kasutatavaid spetsialiseeritud koostestende, mis on kinnitatud liikumatule alusele ning millele on paigutatud seadistamise ja fikseerimise elemendid. Üks osa nendest elementidest saavad olema äravõetavad.

3) Koosteabivahendite sobiva konstruktsiooni määramine.

Koosteabivahenditele sobiva konstruktsiooni määramiseks oli vajalik analüüsida abivahendis koostatavate sõlmede paiknemise võimalikke variante võttes arvesse fakti, et igat sõlme on vaja töödelda kahelt poolt. Analüüsi tulemusel selgus, et otstarbekas on paigaldada sõlmed koostamise ajal koosteabivahendisse horisontaalasendis. Samas on koostatavaid sõlmi kahelt poolt keevitamiseks vajalik neid abivahendis pöörata ja uues asendis taas kinnitada.

4) Koosteabivahendis kasutatavate elementide valik.

Koosteabivahendis kasutatavate elementide valikul juhindusin ma sellest, et võimalikult palju kasutada standartseid elemente ning sellest, et elemendid võimaldaksid teostada sõlmede koostamist lihtsalt ja kiirelt.

5) Koosteabivahendite kasutamise asjakohasuse põhjendus.

Koosteabivahendite kasutamise asjakohasuse põhjendamiseks ja välja töötatud meetodi efektiivsuse tõendamiseks kasutati efektiivsuse hindamise meetodit, mille kohaselt abivahendi kasutamise pealt saavutatav kokkuhoid peab olema suurem kui abivahendi valmistamiseks tehtavad kulutused.

Teostatud arvestuste abil tehti kindlaks, et koosteabivahendite kasutamine *lokotrack* raamide koostamisel on asjakohane.

Käesoleva diplomitöö raames töötati välja ratsionaalne meetod *lokotrack* raamide koostamiseks ning loodi selle raami kolme sõlme koostamise koosteabivahendite 3D mudelid. Koosteabivahendite efektiivsuse hindamise arvestused kinnitasid koosteabivahendite kasutamise otstarbekust. Arvestuste tulemusel selgus, et koosteabivahendite kasutamise korral väljatöötatud meetodika järgi peaks ühe raami koostamisele ja keevitamisele kuluv aeg lühenema rohkem kui viis korda. Lisaks tõstab koosteabivahendite kasutamine koostamise täpsust ja selle läbi ka toote kvaliteeti.

SUMMARY

The purpose of this research paper was to investigate the process of Lokotrack frame assembly in order to improve efficiency by rationalization of assembly process and using of jigs. To reach this goal the following problems have been formulated and successfully solved:

1) Rationalization of assembly process

Instead of used assembly method was worked out new rational assembly method, which suppose separation of assembly process for nodular assembly and corporate assembly. This assembly method provides using of jigs for every stage of assembly process. Assembly process will go on six special working places at the same time. On five of this working places will go assembly of five frame units and on sixth working place will go assembly of whole Lokotrack frame. Separation of assembly process will permit to use more workers and relatively will significantly improve efficiency of assembly process.

2) Finding of jigs number and type

The number of using jigs follows from new assembly method by number of used working places. Type of jigs was defined by analyzing of possible assembly jigs variants and technical conditions, in which this jigs will operate. On the base of analysis was made a decision that in this case will be expedient to use specialized assembly stands, which are provided for assembly of huge constructions. This assembly stands have immobile foundations, on which surfaces are placed mounting and tightening elements. Part of this elements are removable.

3) Finding of rational jigs construction

In order to find rational jigs construction was made analysis of unit placement in jig possible variants taking into account the fact that every unit should be welded from two sides. As a result of analysis it becomes clear that it will be rational to place unit in horizontal position. For welding from both sides it will be necessary to fix unit before welding in both positions.

4) Finding of elements for jigs

One part of elements for jigs was found from catalogs, because the using of standard elements is preferable. The second part of elements was modeled special for using in this jigs. The main requirement for elements of jigs is opportunity of their simple and quick use.

5) Expediency justification of jigs using

For expediency justification of jigs using and justification of worked out assembly method was used method of efficiency valuation according to which saving from jigs using should be more than cost of these jigs. Calculations comparison indicates that using of jigs for Lokotrack frame assembly will be economically profitable.

To sum up in this research paper was worked out a new rational method of Lokotrack frame assembly and also were constructed 3D models of three jigs for three frame units. Calculations by evaluative method confirm the expediency of jigs using for Lokotrack frames assembly. According to results of this calculations the time for one frame assembly with using of jigs will reduce more than 5 times. Moreover, using of jigs will improve accuracy of frame assembly and respectively quality of frame manufacturing will improve too.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Metalliset Eesti AS kodulehekül
www.metallisetgroup.fi (02.03.2014)
2. Metso kodulehekül. Lokotrack LT1213S
http://www.metso.com/miningandconstruction/mm_crush.nsf/WebWID/WTB-110526-2256F-1D2A6?OpenDocument (02.03.2014)
3. Крампит Н.Ю., Крампит А.Г. Сварочные приспособления, 2008.
4. Р.С.ФАСКИЕВ, Е.В.БОНДАРЕНКО. Проектирование приспособлений. Оренбург, 2006. 178 стр. (20.03.2014)
5. Б.М.Базров, А.И. Сорокин, В.А. Губарь, Т.А Дальская, А.Г. Матвеев, В.Н. Панин, Ю.Л. Рыбальченко, Т.А. Чернова. Альбом по проектированию приспособлений, 1991.
6. В.С. Корсаков. Основы конструирования приспособлений. Москва, 1983.
7. В.А. Винокуров. Сварочные деформации и напряжения. Методы их устранения. Москва, 1968. 228 стр.
8. И.М. Колганов, В.В. Филиппов. Проектирование сборочных приспособлений, прочностные расчеты, расчет точности сборки. Ульяновск, 2000. 98 стр. (10.03.2014)
9. Г.Б.Кац, А.П.Ковалев. Техничко-экономический анализ и оптимизация конструкций машин. Москва, 1981. 211 стр.
10. Д.Д.Чурабо. Детали и узлы приборов. Конструирование и расчет. Справочное пособие. Москва, 1975.
11. Ф.Р. Шенли. Основы силового расчета конструкций. Москва.
12. Л.В.Барташев. Справочник конструктора и технолога по технико-экономическим расчетам. Москва, 1979. 217 стр.
13. Kinnituselementide kataloog
<http://www.fixtureworks.net/> (05.04.2014)
14. А.М.Дальский, З.Г.Кулешова. Сборка высокоточных соединений в машиностроении, 1988.
15. Valitud töölaua jalad
<http://www.wiberger.se/templates/mn1147-maskinsko.htm> (25.04.2014)

16. А.Ф.Разжигаев. Сборочно-сварочные приспособления. Москва, 1960. 49 стр.
17. V.Jutman. Bakalaureuse- ja kursusetööde majandusliku põhjenduse metoodiline juhend. Tallinn, 2007. 75 lk.
18. Koosteabivahendite standardsete elementide 3D mudelid
www.3dcontentcentral.com/ (18.04.2014)
19. Leonard P. Connor, R. L. O'Brien. Welding Handbook: Welding processes. American Welding Society, 1991
20. А.И. Исаев, А.И. Жабин. Сборка крупных машин. Москва, 1971.
21. Töölaua valmistamiseks sobiv tala profiil
<http://www.ruukki.ee/Tooted-ja-teenused/Metallitooted/Terastorud/Ristkulikukujulised-terastorud/Ristkulikukujulised-S355J2H-ja-muud-10219-torud>. (03.05.2014)

LISAD

Lisa 1. Lokotrack raami joonised

- Viie sõlmede joonised
- Allkooste joonis
- Raami koostejoonis

Lisa 2. Töölaua koostejoonis