

Viilusaumaajan
langanlämmittimen
uudelleensuunnittelu

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Mekatroniikka
Opinnäytetyö
Syksy 2017
Jari Tick

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

TICK, JARI: Viilusaumaajan langanlämmittimen
uudelleensuunnittelu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö, 27 sivua

Syksy 2017

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli uudelleensuunnitella viilusaumaajan langanlämmitin. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Raute Oyj. Opinnäytetyö sisälsi uusien langanlämmittimien ideointia, suunnittelua, mallintamista, kokoonpanoa ja testausta. Mallintamisessa ja piirtämisessä käytettiin Creo 2.0 3D -mallinnusohjelmaa. Uusia langanlämmittimiä ideoitiin yhdessä suomalaisen kuumaliimalankatoimittaja Lemtapesin asiantuntijoiden kanssa.

Langanlämmittimien suunnitteluprosessi jaettiin kolmeen vaiheeseen, jotka olivat ideointi-, suunnittelu- ja toteutusvaihe. Suunnitteluprosessin vaiheiden tuloksena saatiin kolme prototyyppiä, joista kahta testattiin toimivassa viilusaumajalinjassa. Opinnäytetyön tuloksena tuli kaksi langanlämmittinmallia, joista molemmat täyttivät opinnäytetyölle asetetut tavoitteet.

Jatkotestien perusteella päätetään uuden langanlämmittimen tuotteistamisesta ja jatkokehittelystä, joissa opinnäytetyön tekijä on mukana opinnäytetyöprosessin jälkeenkin.

Avainsanat: viilusaumaaja, langanlämmitin, kuumaliimalanka

Lahti University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering

TICK, JARI:

Redesign of veneer composer's
gluestring melting unit

Bachelor's Thesis in mechanical and production engineering, 27 pages

Autumn 2017

ABSTRACT

The subject of this thesis is to redesign veneer composer's gluestring melting unit. This thesis was commissioned by Raute Oyj. Thesis included brainstorming, designing, modeling, assembly and testing of new gluestring melting units. Creo 2.0 3D -modeling program was used in the modeling and drawing. New glue string melting units were brainstormed with finnish hotmelt glue string supplier Lemtape's experts.

The design process of gluestring melting units was divided into three phases which were brainstorming, designing and executing phase. The result of the whole design process was three prototypes of which two were tested in a working veneer composer line. The result of the thesis was two models of glue string melting unit and both models fulfilled the goals of the thesis.

Further designing and productization of new gluestring melting units is decided after further test.

Keywords: veneer composer, gluestring melting unit and hotmelt glue string

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Opinnäytetyön tavoitteet, työvälineet ja resurssit	1
1.2	Langanlämmittimien suunnitteluprosessi	1
2	VIILUSAUMAAJA	3
2.1	Kuumaliimalanka	3
2.2	Nykyisin käytössä oleva langanlämmitinmalli	4
2.2.1	Nykyisen langanlämmitinmallin ongelmat	5
2.2.2	Nykyisen langanlämmitinmallin hyvät ominaisuudet	6
3	LANGANLÄMMITTIMIEN IDEOINTIVAIHE	7
3.1	Kuumailmalanganlämmitys	7
3.2	Lankaputken induktiolämmitys	8
3.3	Langan induktiolämmitys	9
3.4	Langan laserlämmitys	9
3.5	Kuumaaura-malli	10
4	LANGANLÄMMITTIMIEN SUUNNITTELUVAIHE	11
4.1	Nykyisen langanlämmittimen uudelleensuunnittelu	11
4.2	Induktiolanganlämmitin	13
4.3	Kosketuksellinen kuumaaura-malli	14
4.4	Kosketukseton kuumaaura-malli	15
5	LANGANLÄMMITTIMIEN TOTEUTUSVAIHE	17
5.1	Langanlämmittimien valmistus	17
5.2	Langanlämmittimien suunnittelu- ja valmistusvirheet	18
5.3	Langanlämmittimien testaus	20
6	YHTEENVETO	23
6.1.1	Langanlämmittimien kiinnitykset	23
6.1.2	Lämmitinvastusten sähkörasia	23
6.1.3	Levyosien kanttausten säde	23
6.1.4	Lämpötila-anturi	24
6.2	Hinnat	25
6.3	Tavoitteiden toteutuminen	26
6.4	Jatkonäkymät	26
	LÄHTEET	27

SANASTO

- ERP (Enterprise Resource Planning) on toimintaohjausjärjestelmä, jossa hallinnoidaan esimerkiksi tuotantoa ja varastoa.
- EVA (Etyylivinyyliasetaatti) on yleisesti kuumaliimoissa käytetty aine.
- HMI (Human Machine Interface) on yleensä kosketusnäyttö, josta näkee ja pystyy ohjaamaan koneen toimintaa.
- Impulsoinnilla tässä opinnäytetyössä tarkoitetaan prosessia, jossa suunniteltu tuote siirretään suunnittelusta valmistukseen.
- LVL (Laminated Veneer Lumber) on havupuuviiluista liimaamalla valmistettu palkki- ja puulevytuote.

1 JOHDANTO

Raute Oyj on yritys, joka valmistaa puuteollisuudessa käytettäviä viilu-, vaneri-, LVL- ja sahatavarakoneita sekä tuotantolinjoja. Rauten teknologia-tarjontaan kuuluu kaikki LVL:n ja vanerin tuotantoprosessiin kuuluvat koneet ja laitteet. Raute on maailman markkinajohtaja tehdaslaajuisten kokonaisuuksien toimittajana. (Raute Oyj 2017.)

Viilusaumaaja on kone, joka yhdistää vanerin tai LVL-palkin valmistusprosessissa syntyneitä viilun paloja toisiinsa. Viilunpalat yhdistetään toisiinsa langalla, jonka pinnalla on kuumaliimaa eli kuumaliimalangalla. Kuumaliimalanka kuumennetaan langan- lämmittimessä, jonka jälkeen se painetaan viilun pintaan ja jäädytetään nopeasti. Saumauksen jälkeen yhdistetyt viilut leikataan leikkurilla halutun kokoisiksi arkeiksi, joita voidaan sitten hyödyntää vanerin tai LVL-palkin valmistusprosessissa.

1.1 Opinnäytetyön tavoitteet, työvälineet ja resurssit

Opinnäytetyön tavoitteena on saada viilusaumaajaan langanlämmitinmalli, joka on halvempi, pienempi ja helpommin puhdistettavissa kuin nykyinen langanlämmitinmalli. Lisäksi uuden langanlämmittimen tulisi olla nopeammin lämpenevä kuin nykyinen malli ilman, että lämmittimen paloturvallisuus tai toimintavarmuus heikkenee. Jos uudelle opinnäytetyölle asetetut tavoitteet toteutuvat, niin jatkossa uusissa viilusaumaajissa korvataan nykyinen langanlämmitinmalli uudella mallilla.

Langanlämmittimien suunnittelu ja mallintaminen tapahtuu Rautella käytössä olevalla, Creo 2.0 3D-mallinnusohjelmalla. Langanlämmittimen uudelleensuunnitteluprojektilla on varattu 200 työtuntia.

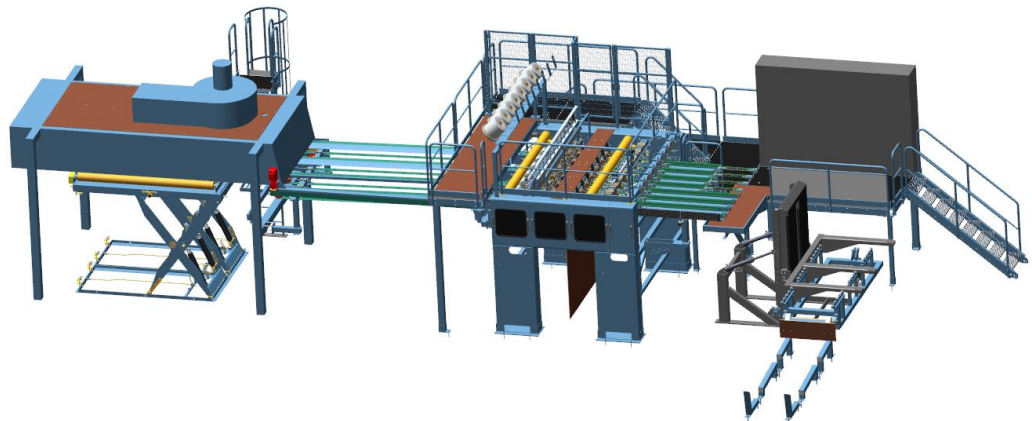
1.2 Langanlämmittimien suunnitteluprosessi

Langanlämmittimien suunnitteluprosessi jaettiin kolmeen päävaiheeseen jotka ovat ideointivaihe, suunnitteluvaihe ja toteutusvaihe. Ideointivaiheen lopussa toteutuskelvolliset ideat siirrettiin suunnitteluvaiheeseen, joka

sisälsi idean jatkojalostusta, tarkempaa suunnittelua ja 3D-mallinnuksen. Suunnitteluvaiheen lopussa mallit, joiden arvioitiin täyttävän opinnäytetyölle asetut tavoitteet sekä toteutusvaiheelle asetetun budjetin, siirrettiin toteutusvaiheeseen. Toteutusvaihe sisälsi kolmen langanlämmitinmallin piirustusten teon, impulsoinnin, kokoonpanon ja kahden langanlämmitinmallin testauksen.

2 VIILUSAUMAAJA

Viilut syötetään viilusaumaajaan kippinosturilla, josta viilut kulkeutuvat kuljetinta pitkin ensimmäiselle leikkurille. Ensimmäisen leikkurin tarkoituksena on tasata viilujen päät. Leikkauksen jälkeen viilu ajetaan edeltävään viiluun kiinni, jonka jälkeen viilut yhdistetään toisiinsa kuumaliimalangalla. Saumauksen jälkeen yhteen saumatut viilut leikataan toisella leikkurilla halutun kokoisiksi paloiksi ja kuljetetaan kuljettimella pinkattavaksi. Kuumaliimalanka kulkee rullista ohjaustangon kautta langanlämmittimelle, josta kuumennettu lanka painetaan kylmäpyörällä liikkuvan viilun pintaan. Viilun liikenopeus linjalla on noin 45 metriä minuutissa. (KUVIO 1.)



KUVIO 1. Saumauslinja

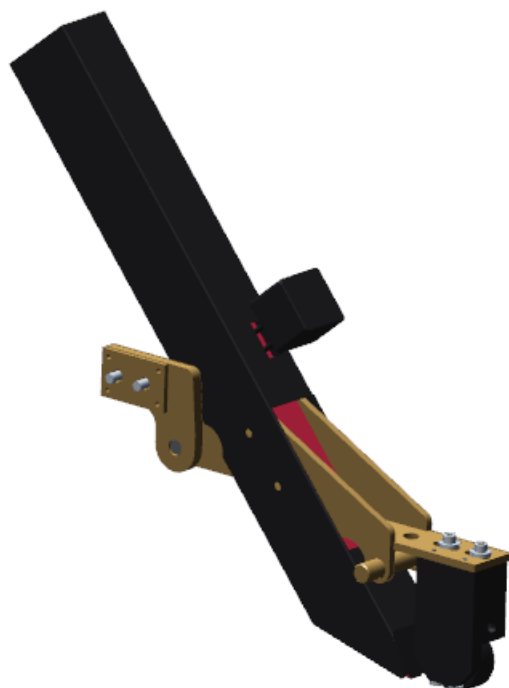
2.1 Kuumaliimalanka

Kuumaliimalanka muodostuu langan ytimen muodostavista polyesterisäikeistä ja säikeiden pinnalla olevasta EVA-pohjaisesta kuumaliimasta. Kuumaliimalanka toimittajat tarjoavat usein laajan valikoiman lankoja joissa vaihtelee esimerkiksi langassa olevan kuumaliiman määrä sekä lankojen ydinmateriaali. Lankojen kuumaliimaan voidaan lisäksi sekoittaa lisäaineita, joka esimerkiksi hohtaa ultraviolettivalossa. Yhdessä

rullassa kuumaliimalankaa on usein kymmeniä kilometrejä lankaa. Suomalainen liimalankatoimittaja Lemtapes toimittaa liimalankoja useille Rauten asiakkaista.

2.2 Nykyisin käytössä oleva langanlämmitinmalli

Tämän hetkisessä langanlämmitinmallissa, jota käytetään kaikissa Rauten toimittamissa viilusaumajissa, joissa viilut yhdistetään kuumaliimalangalla, lankaputki ja keraaminen vastus on valettu alumiinivalun sisään. Alumiinivalun ympärillä on ruostumattomasta teräksestä valmistettu suoja-kuori. Alumiinivalu lämpöeristetään kivivillalla joka tulee harkon ja suoja-kuoren väliin. Langanlämmitin lämpötilaa mitataan lämmitin perään sijoitetulle PT-100 tyyppisellä lämpötila-anturilla. Lankaputki, joka tulee harkon sisään, on kaareutettu ja lämmitin ulostulopuoli on hiottu sileäksi jotta langansyöttö kylmäpyörälle olisi juohevampi. Kylmäpyörä on teräksinen rulla, joka jäähdytetään nolla asteiseksi ja jolla kuumennettu kuumaliimalanka painetaan viilun pintaan. Kylmäpyörän pintaan kondensoituu ilmasta kosteutta, joka estää lankaa tarttumasta pyörään. (KUVIO 2.)



KUVIO 2. Nykyisin käytössä oleva langanlämmitin ja kylmäpyörä

2.2.1 Nykyisen langanlämmitinmallin ongelmat

Nykyisessä langanlämmitinmallissa on joitakin ongelmakohtia, jotka osaltaan ovat johtaneet tarpeeseen saada uusi langanlämmitinmalli. Tässä kappaleessa käydään läpi nykyisen langanlämmitinmallin ongelmakohdat.

Ensimmäisenä ongelmana nykyisessä langanlämmitinmallissa on lämmittimen lämpeämisen hitaus. Kun viilusaumajaa aletaan käyttää, täytyy langanlämmitintä esilämmittää noin puoli tuntia ennen koneen käyttöä. Pitkä esilämmitysaika johtuu siitä, että vastuksen tarvitsee lämmittää koko alumiinivalu, jonka sisään vastus ja lankaputki on valettu. Saumaajan esilämmitysaika ei suoraan hidasta vanerin tai LVL-palkin tuotantoprosessia koska viilusaumajat ovat lähes aina omana linjanaan, eikä osana esimerkiksi viilujen ladontaa tai muuta linjaa.

Toisena ongelmana nykyisessä mallissa on lankaputken puhdistamisen tarve. Saumauslinjaan tulee ajon aikana usein satunnaisia pysähdyksiä joiden ajaksi langanlämmittimiä ei kannata sammuttaa. Pysähdysten aikana langassa oleva liima alkaa sulaa lankaputken sisällä josta osa palaa, muun roskan lisäksi, kiinni putken seinämiin. Tukkeutuneen putken puhdistaminen vie koneen operaattorilta huomattavasti aikaa ja jonka aikana linjaa ei voida ajaa.

Kolmantena ongelmana ovat liimapisarat ja liimaklöntit, jotka tippuu lankaputkesta viilujen päälle. Usein liimapisaroiden haitta on vain esteettinen mutta konkreettinen haitta voi tulla jos liima ei ehdi jäähtyä ennen kuin viilut pinkataan päällekkäin jolloin viilut liimautuvat toisiinsa kiinni.

Neljäntenä ongelmana on nykyisen langanlämmittimen kallis hinta. Hintaa nostaa alumiinivaluosuus jossa lankaputki ja lämmitysvastus valetaan valun sisään. Valuosuus ostetaan kokonaisuutena alihankkijalta koska Rautella ei ole laitteita tai kokemusta valun tekemiseen.

Viides ongelma ilmenee kun alumiinivalu tehdään alihankinnassa. On ilmennyt että valun sisällä oleva, tasaisesti kaareva, lankaputki on joissakin tapauksissa väkisin taivutettu sopimaan valujigiin. Väkisin taivutettuun lankaputkeen tulee mutka tai kulma, joka ajon aikana kerää liimalangasta liiman ja tukkii lankaputken.

2.2.2 Nykyisen langanlämmittinmallin hyvät ominaisuudet

Hyvänä ominaisuutena nykyisessä langanlämmittinmallissa on paloturvallisuus. Alumiiniin valettu lämmitysvastus jakaa lämmön tasaisesti koko harkon alueelle, jolloin langanlämmittimessä ei pääse muodostumaan kuumia pisteitä joissa lämpötila nousisi yli asetetun rajan.

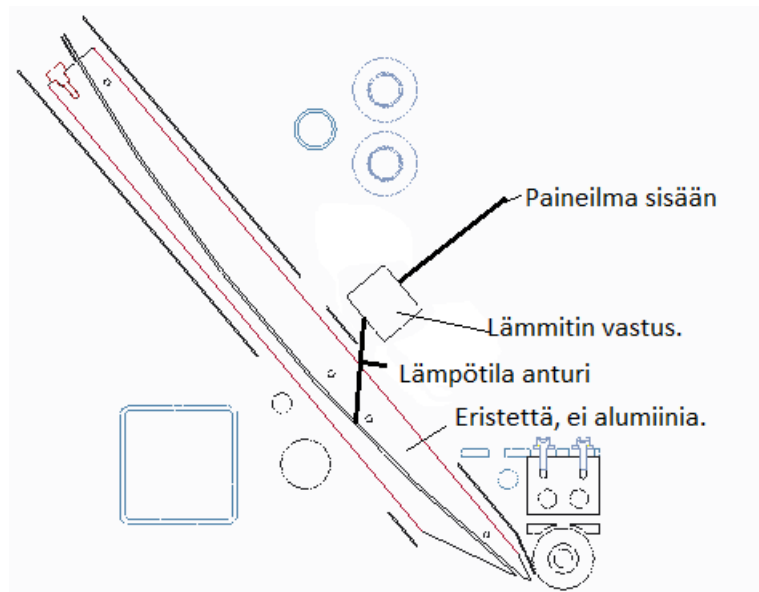
3 LANGANLÄMMITTIMIEN IDEOINTIVAIHE

Langanlämmittimien ideointivaiheessa mietittiin, että mitä kaikkia eri keinoja on saada lämpöenergiaa siirtymään lankaan sekä keinoja saada langanlämmittin mahdollisimman pieneen tilaan. Lisäksi tehtiin karkeaa hinta-arviointia, joka esti joitakin ideoita siirtymästä suunnitteluvaiheeseen.

3.1 Kuumailmalanganlämmitys

Kuumailmalanganlämmityksessä lanka kulkisi putkea pitkin kuten nykyisessä mallissa, mutta lämmitys tapahtuisi puhaltamalla kuumennettua ilmaa lankaputkeen. Kuumailma saataisiin puhaltamalla paineilmaa läpi jonkinlaisesta säiliöstä, jossa on lämmitysvastuksia. Kuumailmalanganlämmityksellä saavutettaisiin lyhyt esilämmitys- ja jäähdytysaika. Huonona ominaisuutena kuumailmalanganlämmittimessä on huono energiatehokkuus. Hukkaenergiaa tulee väistämättä kun kuuma ilmaa tulee ulos lankaputkesta. (KUVIO 3.)

Palaverissa yhdessä Rauten ja Lemtapesin asiantuntijoiden kanssa todettiin, että kuumailmalla toteutettu langanlämmittin on ollut jo käytössä Rauten kilpailijoilla mutta huonolla menestyksellä. Päätettiin myös, että huonon maineen takia kuumailma langanlämmityksen kehitystä ei viedä suunnitteluvaiheeseen.

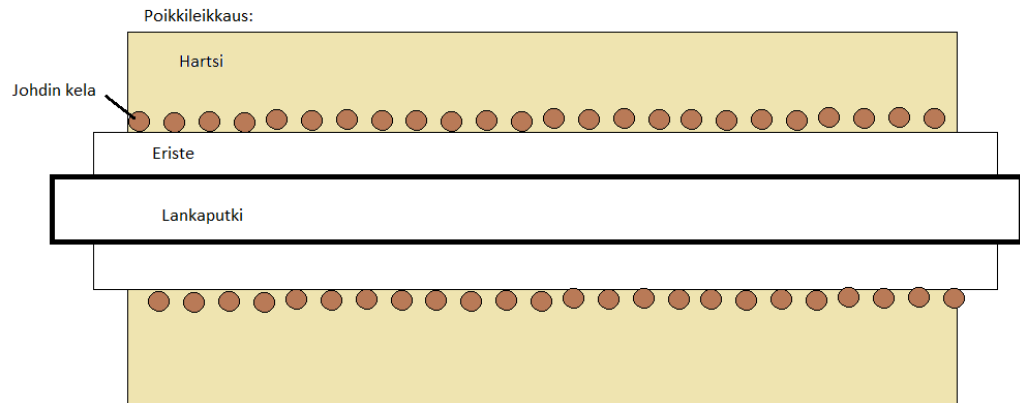


KUVIO 3. Kuumailmalanganlämmitys

3.2 Lankaputken induktiolämmitys

Lankaputken induktiolämmityksessä ajatuksena on, että induktiivisesti lämmitettäisiin pelkästään jonkinlaisen lämpöeristeen sisällä oleva lankaputki. Eristeen päälle kierrettäisiin johdinta, johon induktioteholähteeltä tuleva vaihtovirta johdetaan. Langanlämmittimen esilämmitysaika olisi olematon, jolloin lämmittimen lämmitystehon voisi laittaa suoraan korreloimaan linjan liikenopeutta. Hyvin eristetty lankaputki johtaisi siihen, että suurin osa langanlämmittimen käyttämästä tehosta kuluisi pelkästään liimalangan lämmittämiseen, jolloin lämmittimen energiatehokkuus olisi maksimoitu. (KUVIO 4.)

Idea induktion hyödyntämiseen liimalangan lämmityksessä tuli Rautella työskentelevältä asentajalta, mikä osittain johti langanlämmittimien uudelleensuunnitteluprojektiin. Opinnäytetyön seurantalaverissa päätettiin että induktiolla toteutettu langanlämmitin on toteutettavissa kohtuullisella budjetilla, joten idea päätettiin viedä suunnitteluasteelle.



KUVIO 4. Lankaputken induktiolämmitys

3.3 Langan induktiolämmitys

Langan induktiolämmityksessä kuumaliimalangan valmistusprosessissa lankaan lisättäisiin teräsjauhetta tai teräslankasydän jolloin lanka itsessään lämpiäisi kun sitä ajetaan induktiokelan läpi. Lämmittämällä liimalanka suoraan esilämmitysaikaa ei ole, jolloin lämmitysteho täytyisi laittaa korreloimaan linjan liikenopectta. Langan lämpötilan mittaaminen tarkasti olisi lähes mahdotonta, mikä johtaa siihen että lanka saattaisi syttyä.

Lemtapesin tuotevalikoimasta löytyy kuumaliimalankaa, jossa on sisällä ohut kuparilanka joten esimerkiksi teräslankasydämen lisääminen kuumaliimalankaan olisi mahdollista. Terässydämen lisääminen kuumaliimalankaan nostaa lankarullan hintaa arviolta noin 30 %. Palaverissa yhdessä Lemtapesin asiantuntijoiden kanssa arvioitiin, että langan induktiolämmityksellä toteutetun langanlämmittimen hyödyt eivät kata lankarullan 30 %:n hinnannousua, joten ideaa ei viety suunnitteluasteelle.

3.4 Langan laserlämmitys

Langan laserlämmityksessä ideana olisi, että kuumaliimalanka kuumennetaan suoraan viilun pintaan laserilla. Laserin aallon pituus

valittaisiin siten, että se ei lämmittäisi muuta kuin liimalangassa olevan kuumaliiman.

Liimalankavalmistaja Lemtapes päätti alkaa jatkokehittelemään ideaa liimalangan laserlämmityksestä ja ovat jo suorittaneet yksinkertaisia kokeita laserin käytöstä. Lemtapesin, teoreettisessa langanlämmittinmallissa lanka tuodaan kylmänä viilun pintaan, jossa laser kuumentaa langan kuumaliiman. Yleisimmissä langanlämmittimissä langan lämmitys tapahtuu kosketuksen kautta, jolloin langasta irtoava liima sotkee paikkoja. Langan laserlämmityksessä lanka ei kuumana koske muuhun kuin viilun, jolloin langasta ei irtoa liimaa ja paikat ei sotkeennu. Lisäksi voidaan käyttää vähemmän liimaa sisältävää kuumaliimalankaa. Oikean laserin aallonpituuden löytäminen langan kuumaliimalle voi olla hankalaa, jolloin langan kuumaliimassa voidaan käyttää absorptioainetta. Langan lämpötilan mittausta tapahtuu laserin takaisinheijastuksesta, lasertekniikasta löytyvillä, optisilla lämpötilamittareilla. (Liponkoski 2017.)

3.5 Kuumaura-malli

Kuumaura-mallissa lanka kulkisi putken sijasta jonkinlaisessa urassa mutta toimintaperiaate olisi kuitenkin sama kuin nykyisessä langanlämmittinmallissa. Avoimella uralla saavutettaisiin langanlämmittimen helpompi puhdistettavuus ja nopeampi langan paikalleen asettelu. Kuumaura-mallin langanlämmittimiä on Rauten kilpailijoilla yleisesti käytössä kahta eri toimintaperiaatteen omaavaa tyyppiä. Ensimmäisessä tyypissä liimalanka kulkee kaarevan uran pohjaa myöten jolloin lämpöenergia siirtyy lankaan pääasiassa kosketuksella. Toisessa tyypissä liimalanka kiristetään suoran uran keskelle, jolloin lanka ei tarkoituksella koske uran seinämiin ja lämpöenergia siirtyy lankaan pääasiassa lämpösäteilyllä.

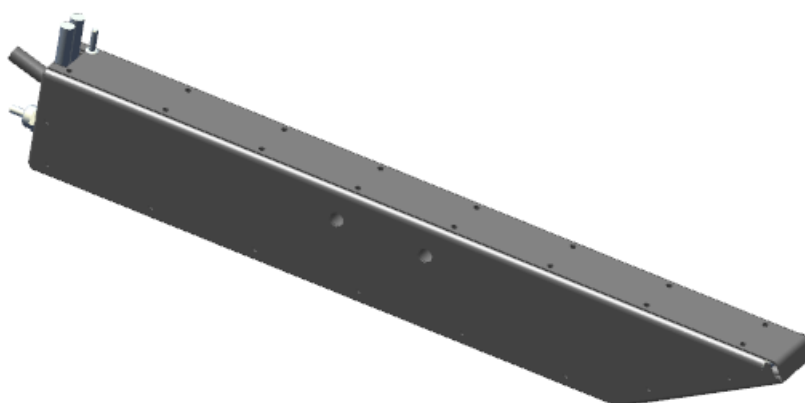
Ottaen huomioon kuumaura-mallin langanlämmittimien suosion Rauten kilpailijoiden keskuudessa, opinnäytetyön seurantalaverissa päätettiin viedä suunnitteluasteelle sekä kosketuksellinen että kosketukseton kuumaura-malli.

4 LANGANLÄMMITTIMIEN SUUNNITTELUVAIHE

Langanlämmittimien suunnitteluvaiheessa jatkojalostettiin ideoita jotka olivat syntyneet ideointivaiheessa. Uusien langanlämmittimien suunnittelussa hyödynnettiin vahvasti laserleikkeiden ominaisuutta yhdessä yksinkertaisten kanttausten kanssa muodostaa kustannus- tehokkaasti monimutkaisia muotoja. Levyosien materiaalina käytettiin ruostumatonta teräslevyä jota käytetään myös nykyisen mallin kuorissa. Kustannuksia pyrittiin lisäksi karsimaan valitsemalla standardiosia ja - materiaaleja joita löytyy Rautelta hyllytavarana.

4.1 Nykyisen langanlämmittimen uudelleensuunnittelu

Nykyisen langanlämmittimen uudelleensuunnittelun tuloksena tuli nykyisen langanlämmittimen alumiinivaluosuuden kokoinen mutta hieman lyhyempi ruostumattomasta teräksestä kantattu kotelorakenteinen langanlämmitin. Toimintaperiaate pidettiin samana, eli lanka kulkee kaarevan putken sisällä ja lämmitys tapahtuu keraamisella vastuksella. Uudelleensuunniteltu langanlämmitin käy samoihin kiinnikkeisiin kuin nykyinen langanlämmitin ja lämpötila-anturin ja vastuksen johtojen liitännät käyvät myös nykyisen langanlämmittimen johdotuksiin. (KUVIO 5.)



KUVIO 5. Uudelleensuunniteltu langanlämmitin

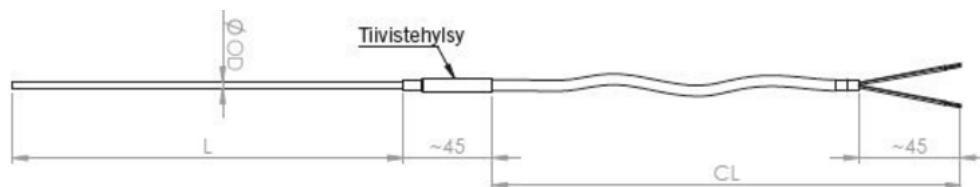
Langanlämmittimen runko-osuus muodostuu alakuoresta, lankaputkesta ja putken tuesta, jotka hitsataan toisiinsa kiinni. Alakuori on laserleike, josta

on neljällä yksinkertaisella kanttauksella muodostettu haluttu muoto. Lankaputkeksi valikoitui Rautelta hyllystä löytyvää hydrauliiikaputki, joka on kaareutettu haluttuun säteeseen. Putken tuki on laserleikattua teräslevyä. Putken tuen päätarkoitus on tuoda putken yläpintaan lisää lämpöenergiaa varastoivaa materiaalia, jotta lämpötilaerot kotelon sisällä pysyisivät mahdollisimman pieninä. Putken tukeen laserleikattuihin reikiin kiinnitetään vastuksen kiinnittimet.

Vastus uudelleensuunniteltuun langanlämmittimeen on 400 V, 500 W oleva keraaminen vastus. Vastuksen ulkopinta on ruostumatonta terästä ja putken sisällä on keraamisia helmiä, joiden läpi vastuslanka kulkee. Vastus tilataan alihankkijalta, joka taivuttaa vastuksen piirustuksen mukaan. Vastuksen kiinnityksessä langanlämmittimen runko-osaan pystyttiin hyödyntämään Rautelta hyllytavarana löytyvää hydrauliiikaputkenkiinnitintä.

Kansi muodostuu sivulevyistä ja päälilevystä, jotka nitataan toisiinsa kiinnivetoniiteilla sekä tukiputkista, joiden tarkoitus on estää langanlämmittimen puristumista kasaan saumaajaan kiinnitettäessä. Tukiputket hitsataan kiinni toiseen kuoren sivulevyistä. Kuori suunniteltiin alunperin tehtäväksi yhdestä polttoleikkeestä mutta koska kuoren valmistavalla alihankkijalla ei ollut laitteita kapeankourun valmistukseen, täytyi kuori tehdä kolmesta erillisestä polttoleikkeestä.

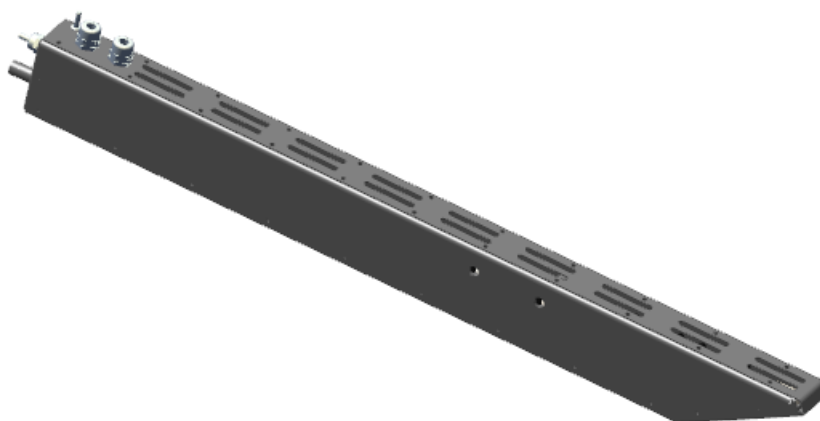
Lämpötila-anturiksi valikoitui PT -100 tekniikkaan perustuva MI-rakenne tyyppinen lämpötila-anturi joka kiinnitetään alakuoreen holkkitiivisteellä. Anturin pää taivutetaan asennuksen yhteydessä siten, että anturin pää koskettaa lankaputkea. Suunnittelun helpottamiseksi samaa anturimallia päätettiin käyttää kaikissa toteutusvaiheen langanlämmittin malleissa. (KUVIO 6.)



KUVIO 6. PT100 W-M-30 tyyppinen lämpötila-anturi

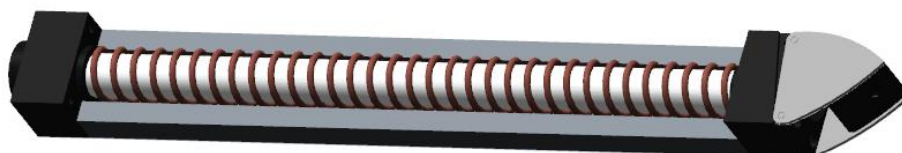
4.2 Induktiolanganlämmitin

Induktiolanganlämmittimessä päätettiin hyödyntää samaa kotelotekniikkaa kuin edellisessä langanlämmitinmallissa, mutta koteloa on pidennetty hieman ja koteloon on lisätty jäähtysaukkoja. Lankaputkea päätettiin kokeilun vuoksi tehdä kaksi eri kokoa mistä syystä myös lankaputkesta täytyi tehdä irroitettava. Lankaputken ulostulopuoli kiinnitetään alakuoreen neljällä kuusiokoloruuvilla. Lankaputken sisääntulopuoli tukeutuu alakuoreessa olevaan reikään. Induktiolämmittimen kuoret ovat austeniittista ruostumatonta terästä joten suunnittelun olettamuksena oli, että suurin osa induktio työkelan tuottamasta tehosta kohdistuu kelan sisällä olevaan ferriittiseen lankaputkeen. Lämpöeristeenä lankaputken ja induktiokelan välissä käytetään keraamista nauhaeristettä, joka pyöritetään lankaputken ympärille. Työkela on paksua kuparijohdinta. (KUVIO 7.)



KUVIO 7. Induktiolanganlämmitin

Induktio langanlämmittimen suunnittelun tuloksena tuli myös malli, jossa kotelointi toteutettaisiin 3D-tulostettujen lohkojen avulla. Päätylohkot, johon teräksinen lankaputki tuetaan, olisi tulostettu Formlabs Hightemp materiaalista joka kestää noin 300 °C lämpötilan (Materflow Oy 2017) . 3D-tulostemallia ei kuitenkaan päätetty viedä toteutusasteelle. (KUVIO 8.)

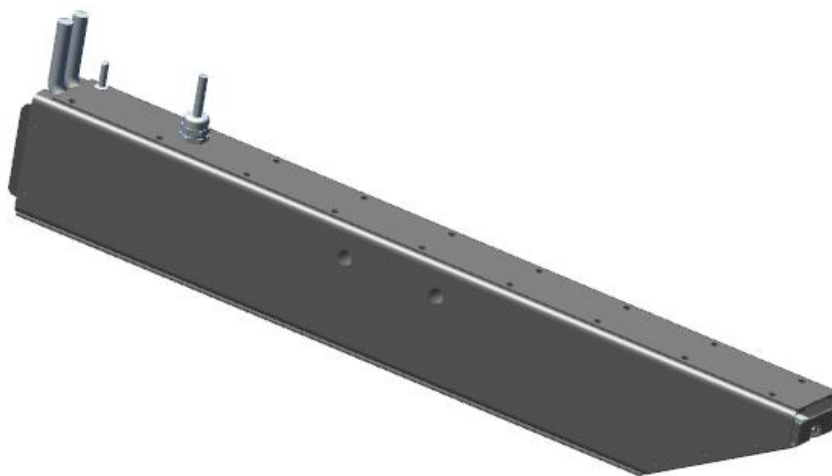


KUVIO 8. 3D-tulosteina suunniteltu induktiolanganlämmitin

4.3 Kosketuksellinen kuuma-aura-malli

Kosketuksellisen kuumaauralanganlämmittinmallin suunnittelun tuloksena tuli malli, jossa on myös hyödynnetty ruostumattomasta teräksestä rakennettua kotelointiratkaisua. Ura muodostuu alumiini levystä, jonka sivuille puristetaan ruuveilla laserleikkeenä tulevat kantatut sivulevyt. Lämmitysvastus puristetaan kiinni alumiinilevyyn hydraulikkaputken

kiinnittimillä. Lämpö johtuu alumiinilevyä myöten uran pohjaan, jossa lanka kulkee. Kotelo rakentuu runko-osasta, kannesta sekä kahdesta pääty-suojasta. Uran päihin on puristettu kaksi erikoispaksua aluslevyä, joiden tarkoituksena on estää lankaa tippumasta urasta. Vastus kuumaaura-mallin langanlämmittimeen on 400V, 500W keraaminen vastus, joka valmistetaan myös alihankinnassa.(KUVIO 9.)



KUVIO 9. Kostetuksellinen kuumaaura malli

4.4 Kosketukseton kuumaaura-malli

Kosketuksettoman kuumaaura-mallin suunnittelun tuloksena tuli malli, jossa ura koneistetaan neliöprofiili alumiinitankoon. Tangon selkäpuolelle kiinnitetään keraaminen vastus. Langanlämmittimen ulostulopäässä on jousiteräksestä valmistettu kieli, jonka tarkoituksena on painaa liimalanka viilun pintaan. Kielen tarkoituksena on lisäksi pitää lanka keskellä koneistettua uraa. Langanlämmittimen sisääntulopäässä on kahdesta levyä taiteltu kiristin jonka tarkoitus on pitää lanka kireänä ja keskellä uraa. Kosketukseton kuumaaura mallia ei viety toteutusasteelle johtuen projektin rajallisesta budjetista. Alumiiniprofiiliin tehtävät, useat

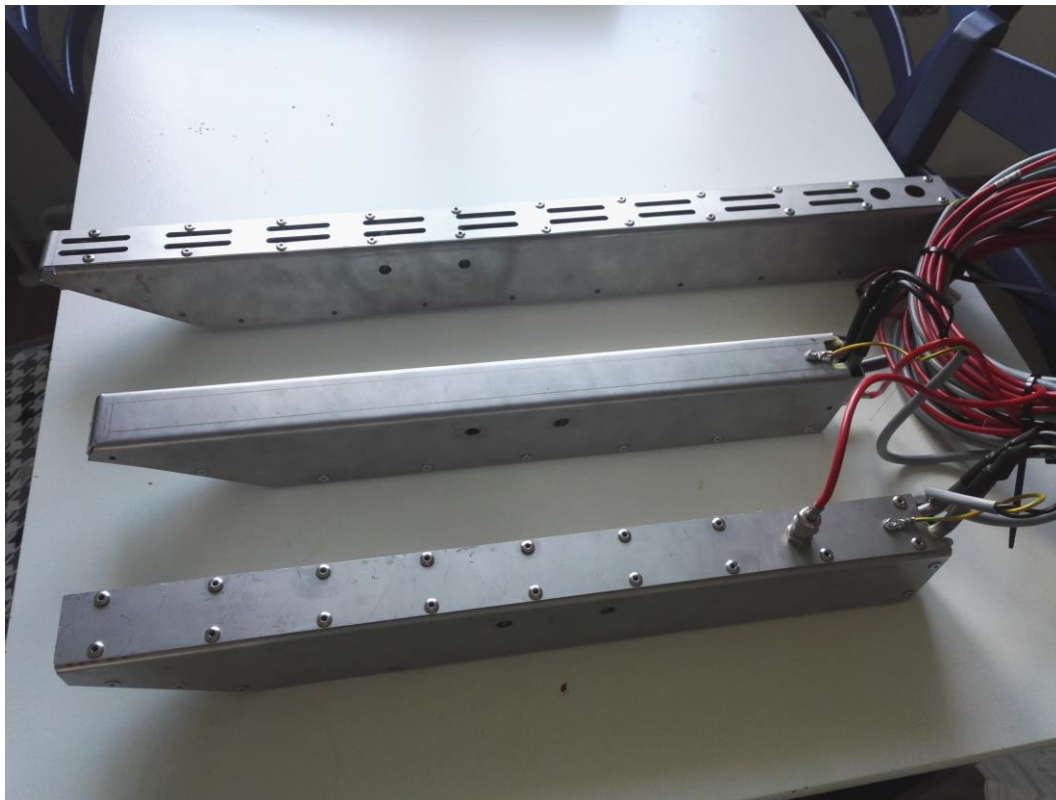
koneistukset nostivat langanlämmittimen arvioitua hintaa mikä osaltaan esti langanlämmittimen siirtämistä toteutusvaiheeseen. (KUVIO 10.)



KUVIO 10. Kosketukseton kuumaura-malli

5 LANGANLÄMMITTIMIEN TOTEUTUSVAIHE

Langanlämmittimien toteutusvaiheen alussa tehtiin kaikille mallinnetuille toteutusvaiheeseen hyväksytyille langanlämmittimien osille piirustukset, joiden mukaan langanlämmittimet pystyttiin impulsoimaan.



KUVA 1. Toteutusvaiheen langanlämmittinmallit

5.1 Langanlämmittimien valmistus

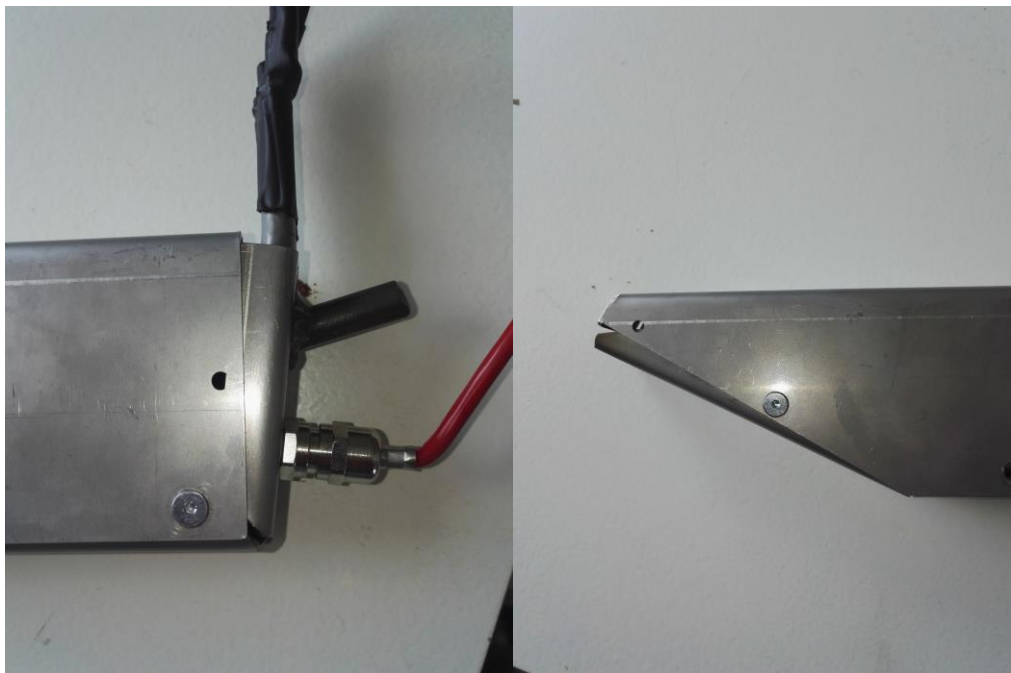
Langanlämmittimien osat päätettiin valmistaa alihankkijalla Urajärven Metallilla. Urajärven Metallilla kuitenkin perui langanlämmittimien kansien tilauksen koska yrityksellä ei ollut kapean kourun valmistukseen soveltuvaa kanttauskonetta. Uudet, kolmesta polttoleikkeestä tehtävät, kannet suunniteltiin ja impulsoitiin pikaisella aikataululla. Vanhat kannet, joiden laserleikkeiden tilaus oli jo mennyt eteenpäin, saatiin kuitenkin valmistettua Vierumäen Metallilla. Kuumaaura-mallin, yhdestä polttoleikkeestä tehtävää, kantta ei pystytty valmistamaan johtuen kannen monimutkaisesta rakenteesta. (KUVA 2.)



KUVA 2. Kuvassa vasemmalla kuuma-auran mallin kansi. Keskellä induktio-
mallin, kolmesta polttoleikkeestä rakennettu, kansi. Oikealla uudelleen
suunnitellun langanlämmittimen, yhdestä polttoleikkeestä kantattu, kansi.

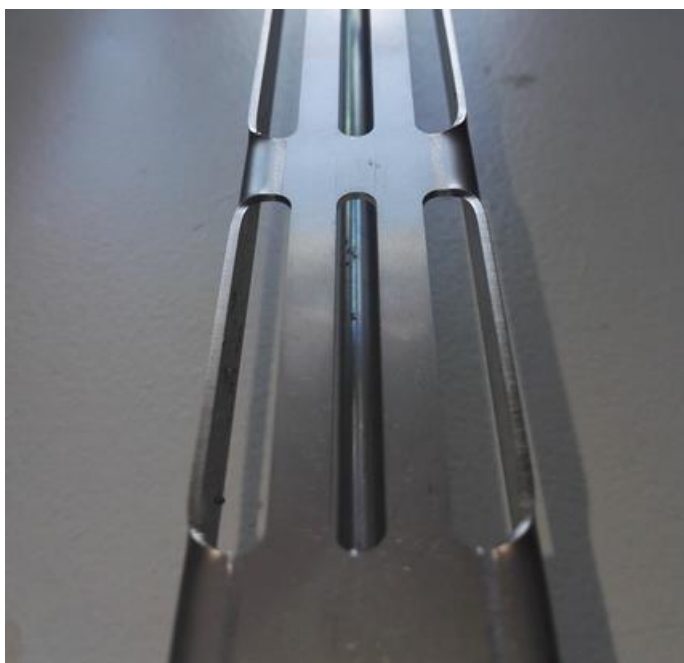
5.2 Langanlämmittimien suunnittelu- ja valmistusvirheet

Toimitetuissa keraamisissa vastuksissa huomattiin, että vastuksen kaaren
säde ei ollut kummassakaan mallissa toivotun mukainen. Uudelleen-
suunnitellun langanlämmittimen rungossa huomattiin, että alakuoren
päiden kanttaukset eivät ole piirustuksen mukaisissa kulmissa (KUVA 3).



KUVA 3. Rungon päädyt

Induktio-mallin alakuoren jäähdytsreiät oli suunniteltu liian lähelle kanttausta ja kanttauksen säde oli liian suuri, jolloin reiän reuna ei kanttaunut vaan jäi suoraksi (KUVA 4).

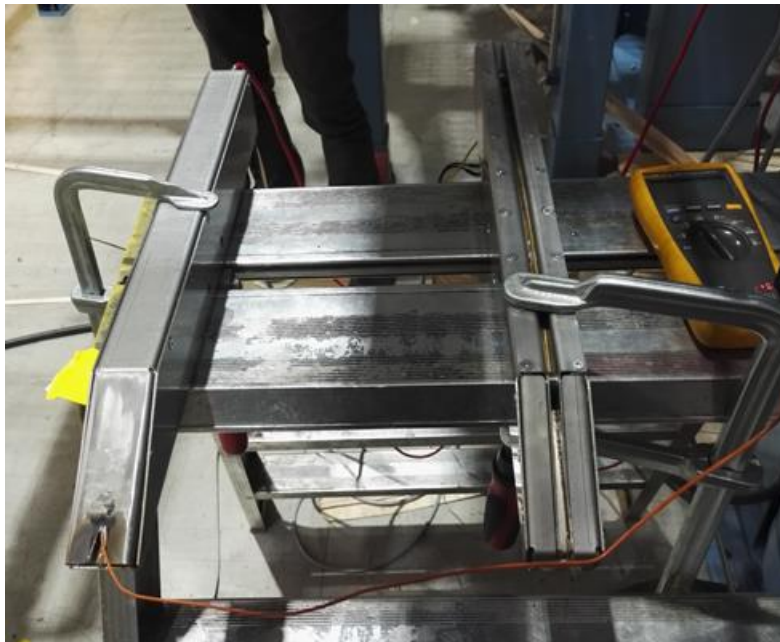


KUVA 4. Induktio mallin alakuori

5.3 Langanlämmittimien testaus

Langanlämmittimistä kuumaura- ja uudelleensuunniteltu-malli testattiin pikaisesti Rautella olleessa valmiissa saumauslinjassa. Induktiomallin langanlämmittintä ei päästy testaamaan, koska sovellukseen soveltuvaa induktioteholähdettä ei ollut saatavilla. Testatettavien langanlämmittimien testauksessa käytettiin runsaasti kuumaliimaa sisältävää kuumaliimalankaa.

Langanlämmittimien testaus aloitettiin kytkemällä langanlämmittimien johtimet toimivaan viilusaumaajaan ja mittaamalla noudattaako langanlämmittimen lämpövahdin lukema langanlämmittimen todellista lämpötilaa. Lämpövahdin lukemaa pystyttiin lukemaan saumaajassa olevasta HMI:stä, ja langanlämmittimen todellista lämpötilaa mitattiin yleismittariin kiinnitetyllä lämpötila-anturilla. Lämpövahti katkaisee virransyötön langanlämmittimen vastukselle, kun lämpötila lämpötila-anturin mittauspään kohdalla ylittää 120°C. Langanlämmittimille tehtiin myös kädellinen mittaus, jossa kokeiltiin voiko langanlämmittimiä käsitellä kun lämmitinvastus on kuumana. (KUVA 5.)



KUVA 5. Langanlämmittimien lämpötilaerojen mittaus

Lämpötilamittauksen tuloksena todettiin molemmissa langanlämmittimissä kuumimpien kohtien olevan noin 160 °C:n luokkaa. Suurin sallittu lämpötila langanlämmittimessä on 180 °C. Vertailun vuoksi mitattiin vielä saumaajassa kiinni olevat nykyiset langanlämmittimet joissa suurin mitattu lämpötila oli enemmän kuin lämpövahtiin asetettu 120 °C. Kädellisen mittauksen tuloksena todettiin, että uudelleensuunnitellun langanlämmittinmallin kuoret pysyivät viileänä ja langanlämmittintä pystyi käsittelemään. Kuumaaura-mallin kuoret kuumentuivat niin, että ilman käsineitä langanlämmittintä ei pystynyt käsittelemään. Esilämmitys aika uusille langanlämmittimille oli muutama minuutti, mikä oli huomattavasti nopeampi kuin nykyisessä langanlämmittimessä.

Langanlämmittimien testausta jatkettiin asentamalla langanlämmittimet viilusaumaajaan viilun alapuolelle. Langanlämmittimien kiinnityksessä käytettiin samoja ruuveja ja samoja reikiä, joihin nykyinen langanlämmitin tulee kiinni. Ajon aikainen testaus suoritettiin ilman, että alapuolen kylmäpyörään oli kytketty jäähdytystä mikä osaltaan vaikutti testin tuloksiin.

Ajonaikaisen testauksen alussa todettiin, että kuumaaura-mallin uraan laitettut, aluslevyistä tehdyt, langanohjurit olivat tarpeettomia ja vaikeuttivat liimalangan paikalleen laittoa. Lisäksi todettiin että molemmissa malleissa kiinnityksen reiät oli suunniteltu liian taakse, jolloin langanlämmittimeen ei jäänyt juurikaan säätövaraa.

Ajon aikana huomattiin useaan otteeseen, että kuumaaura-mallin liimalanka jäi pyörimään kylmäpyörän ympärille johtuen todennäköisesti kylmäpyörän jäähdytyksen puutteesta. Ajon aikana todettiin lisäksi että kuumaaura-malli tarvitsee jonkinlaisen langankiristimen, joka kiristää langan uran pohjaan, että lankaa sulaa tarpeeksi. Testin aikana langankiristin korvattiin juoksuttamalla lankaa käden kautta.

Ajon jälkeen tutkittiin saumattuja viiluja ja todettiin että uudelleen, suunnitellun langanlämmittinmallin pystyvän lämmittämään kuumaliimalangan yhtä hyvin kuin nykyinen langanlämmitin. Kuumaaura-mallin langanlämmitin ei pystynyt lämmittämään kuumaliimalankaa niin, että

tarttuminen viilun olisi ollut hyvä. Tarttumattomuuden arvioitiin johtuvan ainakin osittain kylmäpyörän jäähtyksen puutteesta. (KUVA 6.)



KUVA 6. Vasemmalla kuumaura mallin langanlämmittimestä viiluun painettu lanka ja oikealla uudelleen suunnitellusta langanlämmittimestä viiluun painettu lanka.

6 YHTEENVETO

Testausten jälkeen käydyssä keskustelussa arviotiin, että uudelleen-suunnittelussa langanlämmittinmallissa saattaisi olla potentiaalia korvaamaan nykyinen langanlämmittinmalli. Testauksen ja kasauksen aikana langanlämmittimistä todettiin joitakin kohtia, jotka korjataan ennen langanlämmittimen mahdollista tuotteistamista.

6.1.1 Langanlämmittimien kiinnitykset

Langanlämmittimien saumaajaan asennuksen yhteydessä huomattiin että kiinnitysreiät oli suunniteltu liian taakse, jolloin langanlämmittimessä ei ollut juurikaan säätövaraa. Asennuksen aikana huomattiin myös, että saumaajassa olevien langanlämmittimen kiinnitysrautojen ja langanlämmittimien väliin kuuluvat aluslevyt olivat lähes mahdoton saada paikalleen. Asia korjataan siten että langanlämmittimien kansien tukiputkien tilalle laitetaan akselit, joista koneistetaan M6 kierre läpi. Kansien kiinnityksen reikiä suurennetaan siten että koneistetut akselit tulevat kokonaan kansista läpi, jolloin aluslevyjä langanlämmittimien ja langanlämmittimien kiinnityslevyjen väliin ei tarvita.

6.1.2 Lämmitinvastusten sähkörasia

Nykyisessä langanlämmittinmallissa vastuksen kytkennät kytketään erikseen hankittuun pieneen sähkörasiaan, joka kiinnitetään vastukseen ruuvilla liitäntäpäässä olevaan kiinnitysrautaan. Uusiin langanlämmittimiin tilatuissa vastuksissa ei ollut kiinnitysrauta, joten liitännät suojattiin testausvaiheessa kutistesukalla. Jatkossa uusiin langanlämmittimiin tilattavissa vastuksissa tulee olemaan samanlainen kiinnitysrauta sähkörasialle.

6.1.3 Levyosien kanttausten säde

Jokaisessa langanlämmittinmallissa tuli ongelmia kuorien asennuksessa, koska langanlämmittimien levyosiin suunnitellut kanttausten säteet olivat

liian pienet. Liian suuret säteet levyosien kulmissa johtivat siihen, että esimerkiksi kuumaura-mallin sisääntulopuolen suojasta joutui hiomaan kulmia. Kanttausten säteenä levyosissa käytettiin kaksi kertaa aineenvahvuutta. Jatkossa levyosien säteeksi tulee kolme kertaa aineenvahvuus ja osat uudelleensuunnitellaan siten, että kulmia ei tarvitse hioa. (KUVA 7.)



KUVA 7. Kuumaura-mallin sisääntulopuolen suoja

6.1.4 Lämpötila-anturi

Lämpötila mittausten jälkeen pääteltiin, että langanlämmittimissä esiintyneet lämpötila erot saattoivat johtua lämpötila-anturien huonosta sijoittelusta. Tikkumallinen lämpötila-anturi rajoittaa anturin sijoittelumahdollisuuksia langanlämmittimen kotelon sisällä. Jatkossa lämpötila-anturit korvataan jonkintyyppisellä pintalämpötila-anturilla, jonka sijoittelu kotelon sisällä on vapaampaa.

6.2 Hinnat

Langanlämmittimien hintojen laskennassa käytettiin Rauten ERP-järjestelmää V10. Suurin osa hinnoista on eri alihankkijoiden osille laskuissaan erittelemiä hintoja. Hintojen laskennassa ei otettu huomioon langanlämmittimien kokoonpano- ja kiinniketarvikekustannuksia, jotka oletetaan yhtä suuriksi kaikissa langanlämmittin-malleissa. Induktio-mallin langanlämmittimen hinnan laskennassa ei otettu huomioon induktioteho-lähteen hintaa. Vastustuksille laskettu hinta on kun vastuksien kertatilauksen määrä ylittää 20 kappaletta. Nykyisen mallin kuorien hintojen laskennassa käytettiin omaa arviota, joka koostuu kuorien materiaalikustannuksista ja kuorien valmistukseen käytettävistä työtunneista.

TAULUKKO 1. Langanlämmittimien hinnat

UUDELLA MALLI:		UUDELLEENSUUNNITELTU MALLI:	
Alumiinisydän	14,2 €	Runko	140,0 €
Vastus	30,0 €	vastus	30,0 €
Vastuksen kiinnittimet	4,0 €	Vastuksen kiinnittimet	4,0 €
Lämpötila-anturi	57,0 €	Lämpötila-anturi	57,0 €
Uran sivulevyt	170,0 €	Holkkitiiviste	6,0 €
Ulostulopuolen suojalevy	30,0 €	Kansi	110,0 €
Sisääntulopuolen suojalevy	30,0 €		
Holkkitiiviste	6,0 €		
Kansi	105,0 €		
Total:	446,2 €	Total:	347,0 €
INDUKTIO MALLI:		NYKYINEN MALLI:	
Eriste	8,0 €	Kuoret	100,0 €
Kansi	113,0 €	Alumiinivalu	290,0 €
Lankaputki	50,0 €	Lämpötila-anturi	92,0 €
Lämpötila-anturi	57,0 €		
Alakuori	100,0 €		
Holkkitiiviste	6,0 €		
Total:	334,0 €	Total:	482,0 €

6.3 Tavoitteiden toteutuminen

Tavoite luoda nykyistä mallia edullisempi langanlämmitin toteutui ainakin uudelleensuunnitellun langanlämmitin-mallin kohdalla, jossa päästään ainakin 100€ hinnanpudotukseen. Kuumaaura-mallin lopullinen hinta on samaa luokkaa kuin nykyisenmallin hinta. Induktiomallin hinta ilman induktioteholähdettä on noin 150€ edullisempi kuin nykyinen malli. (TAULUKKO 1.)

Molemmat testatut langanlämmitinmallit lämpenivät nopeammin kuin nykyinen langanlämmitinmalli mutta ei niin nopeasti, että langanlämmitin lämmityksen voisi asettaa korreloimaan linjan liikenopeutta. Kaikki suunnitellut langanlämmitinmallit ovat lisäksi pienempiä kuin nykyinen malli, mikä saattaa avata mahdollisuuksia uusiin rakennemuutoksiin viilusaumajissa.

6.4 Jatkonäkymät

Rakennetuille langanlämmitinille tehdään laajempi testaus mahdollisesti jonkin Rauten asiakkaan luona. Laajemman testauksen jälkeen päätetään hyväksihavaitun langanlämmitinmallin tuotteistamisesta.

LÄHTEET

Liponkoski, S. 2017. Toimitusjohtaja. Lemtapes Oy. Puhelinkeskustelu 23.7.2017.

Materflow Oy 3D-tulostusmateriaalit 2017. [viitattu 27.7.2017]. Saatavissa Materflow Oy:n verkkosivuilta: <http://www.materflow.com/fi/3D-tulostus/materiaalit>

Raute Oyj tietoa rautesta 2017. [viitattu 23.7.2017]. Saatavissa Raute Oyj:n internet sivuilta: <http://www.raute.fi/fi/tietoa-rautesta>

