

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tuotantopainotteinen konetekniikka

2013

Esa Kiuru

PINNOITETTUJEN OHUTLEVYJEN LIITTÄMINEN UUSILLA MENETELMILLÄ



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Esa Kiuru

PINNOITETTUJEN OHUTLEVYJEN LIITTÄMINEN UUSILLA MENETELMILLÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on etsiä tai kehittää toimeksiantajalle uusia, lujia ja tuotannollisesti tehokkaita liitosmenetelmiä pinnoitettujen teräslevyjen liittämiseksi toisiinsa. Työssä oli huomioitava menetelmien soveltuvuus sarjatuotantoon, sekä muokata olemassa olevia tuotteita tarvittavassa määrin niin, että ne soveltuvat valmistettavaksi uusilla menetelmillä. Lähimmän tarkastelun kohteeksi valikoitui kolme menetelmää: liimaus, laserhitsaus ja hybridiliitos. Tutkimisen kohteena oli myös liitosmenetelmien mukauttaminen tuotantolinjaan.

Laserhitsauksen suhteen tarkoituksena ei ollut löytää tarkkoja hitsausparametreja, vaan piti kokeilla, onnistuuko molemmin puolin pinnoitetun teräslevyn limittäin liittäminen laserilla pinnoitteen vaurioitumatta. Tuloksena oli, että pinnoite vaurioituu erittäin herkästi, joten laserin hyödyntäminen liittämässä ei ole mahdollista.

Pinnoitetun teräslevyn liittäminen liimaamalla onnistuu hyvin. Liimaustekniikka on helposti hallittavissa ja sillä saadaan lujat liitokset. Etuna voidaan pitää myös erilaisten materiaalien liittämistä toisiinsa samalla tekniikalla. Se on mukautettavissa nopeasti ja edullisesti tuotantolinjaan sopivaksi. Pelkkä liimaaminen ei kuitenkaan ole tuotteen läpimenoajan kannalta paras ratkaisu vaan hybridiliittäminen. Hybridiliittäminen on liitoksen tekeminen kahdella tai useammalla menetelmällä.

Työn lisäaiheena oli kehittää teräsoven äänimaailmaa vastaamaan asiakkaan ja käyttäjän näkökulmasta puuoven äänimaailmaa. Ovilevyjä muokattiin levyntyöstökoneella ja kuitulaserin avulla, jonka jälkeen tehtiin äänimittaukset ja aistinvaraiset havainnot. Testi osoitti, ettei ovilevyjä muokkaamalla äänen laatua saatu muuttumaan miellyttävämmäksi.

Mikään tässä opinnäytetyössä tutkituista liitosmenetelmistä ei osoittautunut niin hyväksi, että vielä kannattaisi korvata nykyinen käytössä oleva pulssihitsausmenetelmä. Tutkimustyössä tuli kuitenkin esille joitakin myönteisiä ja mielenkiintoisia tuloksia. Laserilla voi esimerkiksi suorittaa ohutlevyyn yksilöllistä kuviointia ja merkintää. Liimaustekniikka on mahdollisesti myöhemmin tuotantoon otettava kokoonpanomenetelmä, jolla voidaan korvata hitsaaminen.

ASIASANAT:

vaatekaappi, limiliitos, laserhitsaus, liimaliitos

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Mechanical Engineering

May 2013 | Total number of pages 30

Rabbe Storgårds

Esa Kiuru

JOINING COATED SHEET METAL BY USING NEW METHODS

The purpose of this thesis was to find out and develop industrially viable new, strong and efficient connecting methods for coated steel gauges. The goal was to find out if the new connecting methods can be used for mass production as well as if the existing products can be enhanced for production by using the new connecting technology. Gluing, laser welding and hybrid joint are the methods examined. Incorporation of the new connecting methods for the production lines was also looked into.

Regarding if double-sided coated steel gauge can be interlaced by using a laser welding without damaging surface, the outcome was that the coating is easily damaged thus making laser welding useless in this case.

However, the coated steel gauges can be joined by gluing successfully. Gluing is easily controlled and produces strong bonding. Moreover, different type of materials can be joined by gluing. Gluing techniques can be easily and economically adapted to production line. Hybrid gluing was found to be the best way to improve lead-time. Hybrid joining is making joints using two or more joint methods.

Additional topic in this study was to develop a steel door to sound like a wooden door. The steel doors were modified by punch machine and by fiber laser. Sound measurements and sensory observations were made and the result was that sound quality has not become more comfortable by modifying steel doors.

None of the researched joint methods in this study proved so good yet that it would be worth replacing the present impulse welding method. In the research work, however, some affirmative and interesting results came forth. The laser can e.g. be used to carry out individual patterning and marking of thin sheet of metal. In the future, gluing technology will possibly be used in production instead of welding for assembling and structuring.

KEYWORDS:

steel wardrobe, scarf joint, laser welding, glue welding, glue joint

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO	6
KIITOKSET	7
1 JOHDANTO	8
2 LIITTÄMISESSÄ KÄYTETTÄVIÄ MENETELMIÄ	9
2.1 Yleistä	9
2.2 MIG/MAG-pulssihitsaus	9
2.3 MIG/MAG-kaksoispulssihitsaus	9
2.4 Laserhitsaus	11
2.5 CD-hitsaus (CDW)	12
2.6 Liimaus	13
2.7 Ruuvi-, niitti- ja kielekeliitos	14
2.8 Hybridiliitos	14
2.9 Tox-puristusliitos	16
3 KÄYTÄNNÖN KOKEET	18
3.1 Liittämisessä	18
3.2 Äänitesti	19
3.3 Liimaus	21
3.4 Muita menetelmiä	23
4 TULOKSET	24
4.1 Liittäminen	24
4.2 Äänimittaukset	25
5 MIELENKIINTOISET JA MYÖNTEISET LÖYDÖKSET	28
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	29
LÄHTEET	30

KUVAT

Kuva 1. Robotisoitu pulssihitsauskone.	10
Kuva 2. Kuitulaser käytössä.	11
Kuva 3. Tässä työssä tutkittuja liitostyypppejä.	12
Kuva 4. Niitti ja liima parantavat repimislujuutta huomattavasti.	13
Kuva 5. Esimerkki hybridiliitoksesta.	15
Kuva 6. Poikkileikkaus puristusliitoksesta.	16
Kuva 7. Kiinteä puristusliitostyökalu.	17
Kuva 8. Pinnoitetun ohutlevyn rakenne.	18
Kuva 9. Koehitsauspalat.	19
Kuva 10. Testikalusto.	20
Kuva 11. Leikkausvetokokeiden tuloksia.	21
Kuva 12. Liimaamalla kootun oven poikkileikkaus.	22
Kuva 13. Hitsaamalla kootun oven poikkileikkaus.	22
Kuva 14. Laserilla tehty peilikuvio ovilevyssä.	24
Kuva 15. Vaimennusmassalla käsitelty ovilevy.	25
Kuva 16. Levytyökoneella muokattujen ovipeltien mittaustuloksia.	26

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

hitsausparametri	hitsausarvot, jotka asetetaan hitsauskoneeseen eri materiaaleille sopiviksi ennen hitsauksen aloittamista
audacity	vapaa äänieditori ja äänitysohjelma Windowsille, Mac OS X:lle, GNU/Linuxille, ja muille käyttöjärjestelmille
Nivalan ELME Studio	asiantuntijoista muodostuva palvelukonsepti, joka palvelee ensisijaisesti elektroniikan mekaniikka- ja metallialan yrityksiä niiden kilpailukyvyyn kohottamiseksi tutkimuksen, tuotekehityksen ja koulutuksen keinoin
hybridiliittäminen	liitoksen tekeminen kahdella tai useammalla menetelmällä
KTK	Koneteknologiakeskus Turku
kaksoispulssin taajuus	kuinka monta kertaa yksi kaksoispulssi toistuu sekunnin aikana
amplitudi	kaksoispulssin vaihtelun voimakkuus
laser	valon vahvistaminen säteilyn stimuloidulla emissiolla Light Amplified by the Stimulated Emission of Radiation
CDW	kondensaattorinpurkaushitsaus Capacitor Discharge Welding
tox-puristusliitos	pinnoitetta rikkomaton levyjen liitosmenetelmä

KIITOKSET

Työn aihe oli mielenkiintoinen monestakin syystä. Ensinnäkin sen vuoksi, että olen itse työskennellyt pinnoitettujen ohutlevyjen parissa jo useita vuosia. Käytännössä saumaaminen on aikaisemmassa ammatissani ollut ainoa liitosmenetelmä, mikä ei ole rikkonut pinnoitetta. Nyt oli mahdollisuus tehdä tutkimustyötä uusien menetelmien käyttämisestä, joita käytetään pinnoitetun teräslevyn yhteen liittämässä. Myös yrityksen tuotantolinjaan tutustuminen oli opinnäytetyön tekemisen kannalta merkityksellinen. Se havainnollisti kaappien valmistusprosessin eri vaiheiden järjestyksen ja etenemisen. Vaikka tutkimus itsessään ei tuottanutkaan toivottua tulosta yrityksen kannalta, joka tämän työn teetti, niin sillä voi silti olla merkitystä tulevaisuudessa, kun nyt tutkittuja menetelmiä jätetään kehitetään.

Haluan kiittää Juha Punta Osakeyhtiötä saamastani opinnäytetyön aiheesta ja yrityksen henkilökuntaa saamistani tiedoista ja ohjeista.

Kiitos Turun koneteknologiakeskuksen henkilökunnalle ja työn ohjaajalle Antti Meriölle Turun ammattikorkeakoulusta.

Kiitos myös ohjaavalle opettajalle Rabbe Storgårdsille työn ohjauksesta.

Eritiskiitoksen haluan antaa Heikki Nummelinille Stratox Oy:stä, joka toimi tässä projektissa Juha Punta Oy:n edustajana ja piti koko työn ajan ohjia käsissään. Nummelin tuki myös työni tekemistä erittäin paljon hyvillä ohjeilla ja kannustuksella.

1 JOHDANTO

Juha Punta Oy on vuonna 1982 perustettu Salon Kiskossa toimiva yksityinen suomalainen metallialan teollisuusyritys. Yhtiö valmistaa ja myy teräksisiä puku- ja säilytyskaappeja. Perusmallisto on erittäin monipuolinen ja asiakkaiden erikoistarpeet ja vaatimukset voidaan toteuttaa joustavan tuotantolinjan ja suunnittelun vuoksi. Monipuolinen varastohyllyvalikoima kuuluu myös yrityksen tuotteisiin. Yritys työllistää kolmisenkymmentä henkilöä ja sen liikevaihto on noin viisi miljoonaa euroa. Juha Punta Oy johtaa markkinoita Suomessa pukeutumistilojen kalustajana.

Teräslevystä valmistettuja vaatekaappeja käytetään yleisesti lähes jokaisessa julkisessa rakennuksessa ja työpaikoilla. Niiden käyttäminen vaatteiden ja muidenkin esineiden väliaikaiseen säilyttämiseen on perusteltua niiden käytännössä havaittujen hyvien kokemusten vuoksi. Teräslevystä valmistetut vaatekaapit ovat muun muassa kustannuksiltaan ja sisustuksellisesti erinomainen vaihtoehto puisille tai mahdollisista muista materiaaleista valmistetuille vaatekaapeille.

Teräksestä valmistetuilla vaatekaapeilla voidaan toteuttaa erilaisten käyttökohdeiden asettamia vaatimuksia monilla erilaisilla ratkaisuilla. Niissä voidaan huomioida esimerkiksi kosteiden tilojen asettamat erityistarpeet tai hygieniaan liittyvät vaatimukset. Monenlaiset mahdollisuudet sisustukselliseen suunnitteluun ovat huomion arvoisia ja muiden sisustuselementtien kanssa teräksestä valmistetut vaatekaapit istuvat kokonaisuudessaan näyttävänä osana sisustusta.

Markkinajohdon säilyttäminen vaatii jatkuvasti uusien tuotteiden suunnittelua tai aikaisempien tuotteiden kehittelyä. Perusmalliston tuotantokustannusten alentaminen on ollut Juha Punta Oy:llä jatkuvasti tähtäimessä laadusta silti tinkimättä ja tutkimuskohteeksi on otettu värivalmiiden teräslevyjen käyttäminen säilytyskaappien valmistuksessa. Ongelmaksi on osoittautunut löytää edullinen, nopea ja riittävän luja liittämismenetelmä värivalmiin teräslevyn liittämiseen. Tutkimus tehtiin yhteistyönä Juha Punta Oy:n, Turun ammattikorkeakoulun ja Turun koneteknologiakeskuksen kanssa.

2 LIITTÄMISESSÄ KÄYTETTÄVIÄ MENETELMIÄ

2.1 Yleistä

Ohutlevyjen liittämässä hitsaamalla käytetään monia eri versioita muun muassa MIG/MAG-hitsauksesta. Kun hitsaussauman halutaan olevan mahdollisimman vähän jälkityötä tarvitseva, parhaimpia sovelluksia ovat pulssi- tai kaksoispulssihitsaus. Laserhitsauksessa käytettäviä laitteita on monenlaisia, jotka toimivat jonkin verran toisistaan poikkeavilla tavoilla. Tässä työssä koehitsaukset tehtiin kuitulaserilla.

Pinnoitettuja ohutlevyjä liitetään toisiinsa perinteisesti niittaamalla, ruuvaamalla, saamaamalla ja erilaisilla puristustyökaluilla.

2.2 MIG/MAG-pulssihitsaus

Pulssihitsauskoneen virtalähde pulssittaa tehoa siten, että hitsisulaan siirtyy lisäainetta ”pisara” kerrallaan. Huippuvirta pulssissa on niin iso, että aine suihkuaa hitsisulaan. Hitsisula ja hitsauslangan pää pysyvät sulana koko toimenpiteen ajan alhaisemman perusvirran ansiosta. Pulssitoiminnon käyttö vaatii toisistaan riippuvien parametrien huolellista yhteensopivaa käyttöä. [1].

2.3 MIG/MAG-kaksoispulssihitsaus

Kaksoispulssihitsauksessa on lisäksi säädettävissä pulssitettu langansyöttönopeus. Hitsauksen aikana langansyöttönopeutta vaihdellaan käyttötarkoituksen mukaan amplitudia ja taajuutta säätämällä. Kaksoispulssitoiminnolla saadaan hitsiin säädettyä hallittu tunkeuma ja toiminto parantaa varsinkin asentohitsauksessa hitsisulan hallittavuutta. [1].

Pulssihitsaus soveltuu teräksen, alumiinien ja ruostumattomien terästen hitsaukseen. Nikkeli- ja kupariseosten hitsaus tehdään usein pulssitoiminnolla.

Tällä hetkellä Juha Punta Oy:llä on käytössä ovipaneelien kokoonpanossa MIG-pulssihitsausjärjestelmä. Kuvassa 1 esimerkki MIG-pulssihitsauslaitteistosta. MIG-pulssihitsauslaitteistolla saadaan hitsille pitävä liitos ja siisti ulkonäkö. Pulssihitsauksen etuna on hitsin roiskeettomuus, joka vähentää valmiin tuotteen jälkityön tarvetta.

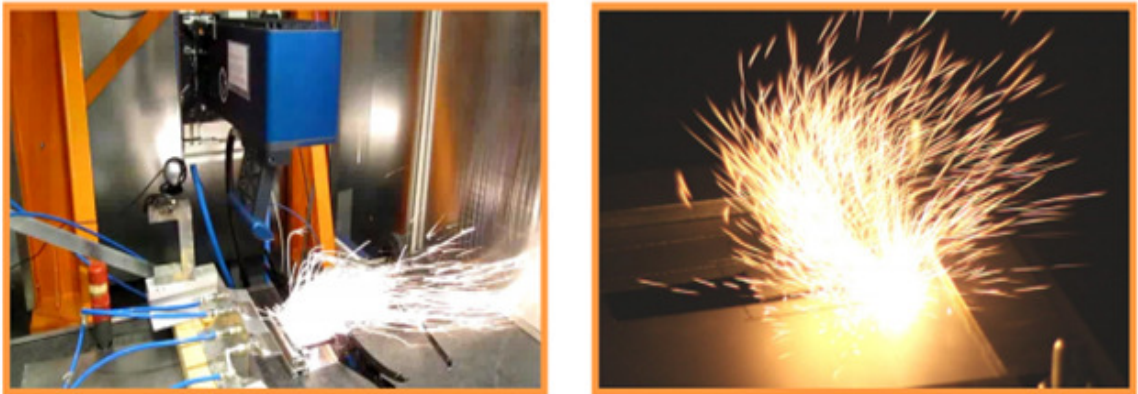


Kuva 1. Robotisoitu pulssihitsauskone.

Hitsausprosessi on mekanisoitu, mutta oven osat, kolme kappaletta, ladotaan hitsausrobotin alustalle jigiiin manuaalisesti. Järjestelmä on tehokas ja lopputulos on laadultaan erinomainen. Työn laatu varmistetaan samassa prosessissa silmämääräisesti.

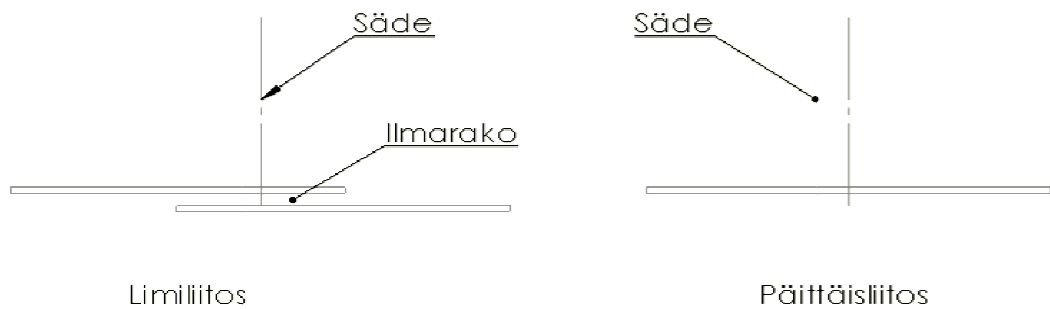
2.4 Laserhitsaus

Laserhitsausta hyödynnetään monissa eri kohteissa teollisuudessa. Laserit, joita käytetään teollisuudessa eri valmistusprosesseissa, ovat esimerkiksi kuitu-, hiilidioksidi-, kiekko-, kide- ja diodilaser. Näiden hitsausmenetelmien ominaisuuksien soveltuvuutta eri materiaaleille tutkitaan laajalti. Tutkimuskohteena mainittakoon maalattujen ja metallisesti pinnoitettujen teräslevyjen liittäminen toisiinsa ja liitokset, joissa liitetään kaksi eri materiaalia toisiinsa. Esimerkiksi kuvassa 2 on käytössä kuitulaser, joka soveltuu erittäin tarkkaan ja nopeaan metallilevyn leikkaamiseen. [3].



Kuva 2. Kuitulaser käytössä.

Laserhitsauksen hyviä puolia ovat sen monimuotoiset käyttömahdollisuudet ja ulottuvuudet. Metallisesti pinnoitettujen ohutlevyjen laserhitsauksen haasteellisuus on riippuvainen lähes yksinomaan liitostyypistä. Kuvassa 3 on esitetty piirroksen avulla tässä opinnäytteessä tutkittavat liitostyypit. Esimerkiksi sinkityn levyn päittäisliitos on helppo hallita, koska sinkki pääsee vapautumaan hitsistä lähes vapaasti. Limiliitos on haasteellisempi, sillä hallitun ilmaraon, joka on noin 0,1 mm, järjestäminen limiliitokseen on vaikeahko toimenpide. Yksittäisissä tapauksissa se onnistuu, mutta sarjatuotantoon sovellettuna ilmaraon hallittavuus on ongelmallista. [4, s. 4].



Kuva 3. Tässä työssä tutkittuja liitostyypppejä.

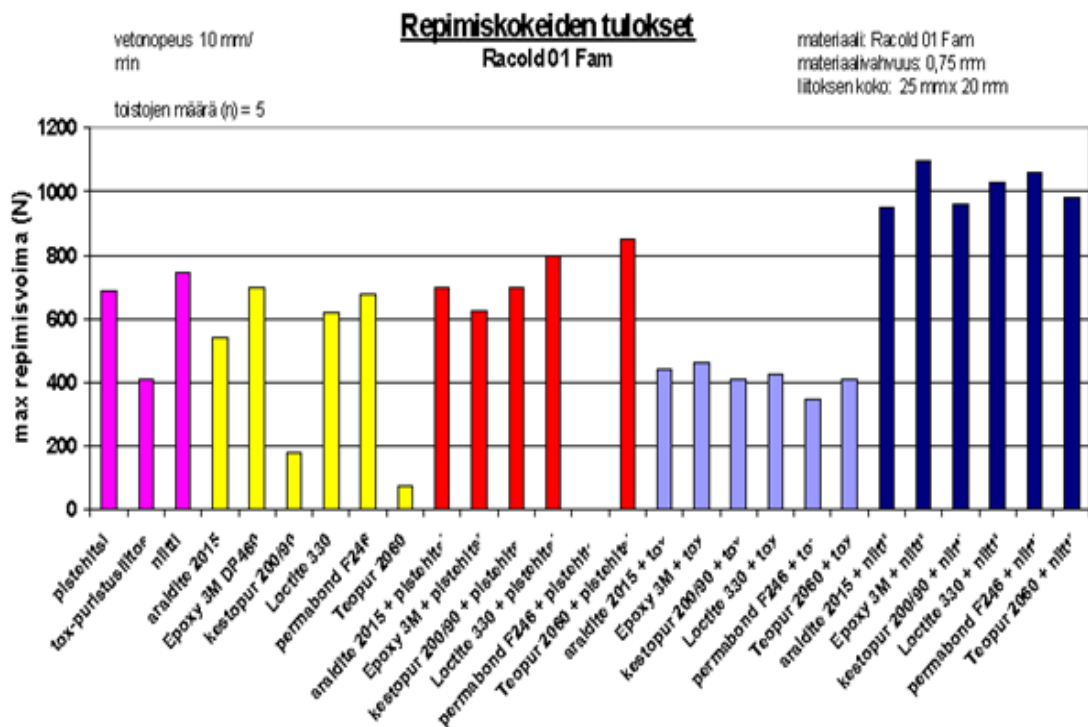
Maalipinnoitetun ja sinkityn teräslevyn hitsaaminen toisiinsa laserilla onnistuu ilman, että maalipinta vaurioituu ainakin sellaisessa tapauksessa kun ainevahvuus on 1,00 mm. Mitä ohuempaa perusaine on, sitä tärkeämpää on saada hitsausparametrit kohdalleen, jotta pinnoite näkyvällä puolella säilyy ehjänä. Parhaisiin tuloksiin päästään pulssittamalla tehoa, jolloin saadaan aikaan niin sanottu katkohitsi. Käytännössä kuitenkin yhteen puristettu limiliitos on sarjatuotannolle ehdoton perusedellytys. [4, s. 5].

2.5 CD-hitsaus (CDW)

CDW-hitsauksesta maalipinnoitettujen teräslevyjen yhteen liittämiseksi ei ollut saatavilla tietoa riittävästi. Tämän tutkimustyön tilaajan näkökulmasta katsottuna menetelmä on todettu epätodennäköiseksi. Laitteiston saatavuus ja ylläpidettävyys eivät ole riittävällä tasolla ja kokemuksia maalipinnoitettujen levyjen hitsaamisesta CDW-menetelmällä ei ollut saatavilla.

2.6 Liimaus

Liimaus on ohuiden metallilevyjen liittämässä havaittu käytännössä toimivaksi. Esimerkiksi autoteollisuus käyttää liimausta eri kohteissa hyvin yleisesti. Liimaamisen hyviä puolia ovat sen huokea hinta laitteiston suhteen ja yksinkertainen käyttö. Liimaamalla voidaan liittää lähes mitä materiaalia tahansa keskenään. Liimaamalla tehdyt liitokset, liimojen valmistajien suosituksesta, vaativat materiaaleilta ehdotonta puhtautta, jotta voidaan saavuttaa pitävä ja luotettava liimaliitos. Käytännössä pitävä liimaliitos saadaan syntymään hieman vaatimattomimmisakin olosuhteissa esimerkiksi liimamassoilla, joita käytetään rakennustekniikassa. Ruukki Oyj on tehnyt repimiskokeita erilaisten liitosten kestävyyksistä. Kuvassa 4 on repimiskokeista saadut tulokset. Ne osoittavat, että yhdistämällä liitosmenetelmiä liitos saadaan vahvemmaksi.



Kuva 4. Niitti ja liima parantavat repimislujuuksi huomattavasti.

Kuvassa 4 keltaiset palkit osoittavat pelkällä liimalla saavutettavia lujuuksia ja sininen palkisto taas liiman ja niitin yhteisvaikutuksen repimislujuuteen. Hybridiliittämisellä saadaan tuotteen läpimenoaikaa lyhennettyä huomattavasti.

Reaktioliimat sopivat ohutlevyjien liimaukseen parhaiten. Niiden kovettumiskutistuma on pieni, eikä kovettumisprosessissa synny kaasuja eikä muita haitallisia yhdisteitä. Kuivumalla kovettuvat tai ilman kosteuden mukaan reagoivat liimat sopivat huonosti tiiviisiin metalliliitoksiin. Metallin ja huokoisen materiaalin, kuten teräslevyn ja viilun yhteen liittämiseen, ne käyvät paremmin. [5, s. 27].

2.7 Ruuvi-, niitti- ja kielekeliitos

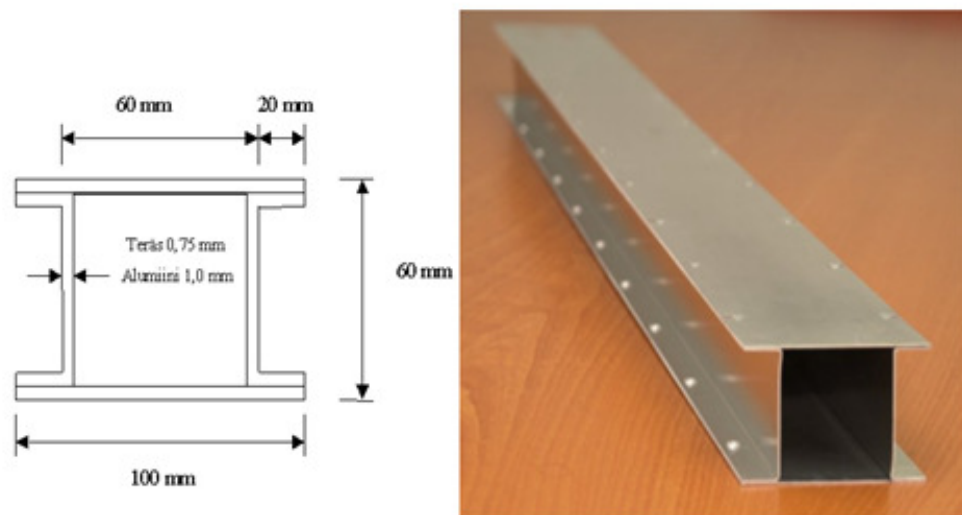
Perinteisinä menetelminä voidaan pitää erilaisia ruuvi-, niitti- ja kielekeliitoksia. Niiden käyttäminen mahdollistaa muun muassa niin sanotun ”tee se itse” -ratkaisun. Osina toimitettavat ratkaisut säästävät kuljetuskustannuksia, sillä esimerkiksi teräslevystä valmistettu vaatekaappi menee osina hyvin pieneen tilaan ja paino pysyy kuitenkin samana. Ruuveilla kasattavat kaapit voidaan myös purkaa, joten niitä voidaan tarpeen mukaan varastoida tai siirtää muualle käyttöön suhteellisen pienellä vaivalla. Perinteisillä menetelmillä kootut kotelo-ovet ovat suhteellisen hitaita koota eikä jäykkyys vastaa hitsaamalla koottua ovea. Ruuvi- ja niittiliitokset eivät ole tuotteen ulkonäön kannalta kuitenkaan paras ratkaisu.

2.8 Hybridiliitos

Yhdistämällä erilaisia liitosmenetelmiä saavutetaan monenlaisia etuja verrattaessa yhden menetelmän liitokseen. Ei kuitenkaan ole välttämättä järkevää yhdistää useampaa kuin kahta menetelmää yhdessä liitoksessa. Hybridiliittämisessä lähes aina toisena osapuolena on liima ja toisena osapuolena on käyttötarkoituksen ja materiaalin perusteella valittu liittämismenetelmä. Yhdistämällä

liitosmenetelmiä voidaan saavuttaa haluttuja ominaisuuksia valmistettavalle materiaalille, joita voisi olla tiiviys, värähtelyn vaimennus tai jäykkyys. [5, s. 31].

Liima vaatii kuivuakseen kokonaisuudessaan monta tuntia ja käsittelylujuuskin useista minuuteista tunteihin, liimasta riippuen. Näin ollen hybridiliitos mahdollistaa ovikomponenttien nopean liittämisen ja kohdistamisen, jonka jälkeen tuote voidaan siirtää esimerkiksi jigistä odottamaan lopullisen lujuuden saavuttamista. Kuvassa 5 esitetty palkki on valmistettu käyttämällä liimaliitosta ja tox-puristusliitosta.



Kuva 5. Esimerkki hybridiliitoksesta.

Liiman lisäksi käytettäessä esimerkiksi nittejä kuvan viisi kaltaisissa palkeissa voidaan nittien lukumäärää vähentää jäykkyyden pysyessä samana, kuin mitä saavutettaisiin tiheimmällä nittaamisella ilman liimaa. Tuotannollisesti edullisin ratkaisu saavutetaan kun liiman lisäksi käytetään jotain muuta liitosmenetelmää mahdollisimman vähän.

Hybridiliittämisessäkin on luonnollisesti otettava huomioon tuotteen ulkonäkö. Sen tähden vartenotettavin vaihtoehto on kielekeliitos ja liimaliitos yhdistettynä. Kielekkeet ovat pienikokoisia ja sijoitettavissa tuotteeseen paikkoihin, joita

on vaikea havaita. Kielekeliitokset ovat nopeita käyttää tuotteen kokoonpanossa ja pienentävät loppukustannuksia.

2.9 Tox-puristusliitos

Toxausta käytetään kahden tai useamman levyn yhteen liittämässä. Menetelmä on pinnoitetta rikkomaton ja soveltuu hyvin esimerkiksi maalipinnoitettujen levyjen yhteen liittämiseen. Kuvassa 6 näkyvä liitos syntyy kun pistin työntyy tyynyä vasten ja muovaa materiaalin reunat sivulle päin puristuen tiukasti toisiinsa. [6].



Kuva 6. Poikkileikkaus puristusliitoksesta.

Toxaus on hieman harvinaisempi liittämismenetelmä, koska siihen tarvittava laitteisto on suhteellisen kallis. Teollisuushallissa kiinteällä toxauslaitteella voidaan liittää yhteen melko isojakin kappaleita. Kuvassa 7 olevalla laitteella on kitasyvyyttä kohtalaisen paljon, joka mahdollistaa puristusliitoksen tekemisen kauas levyn reunasta.



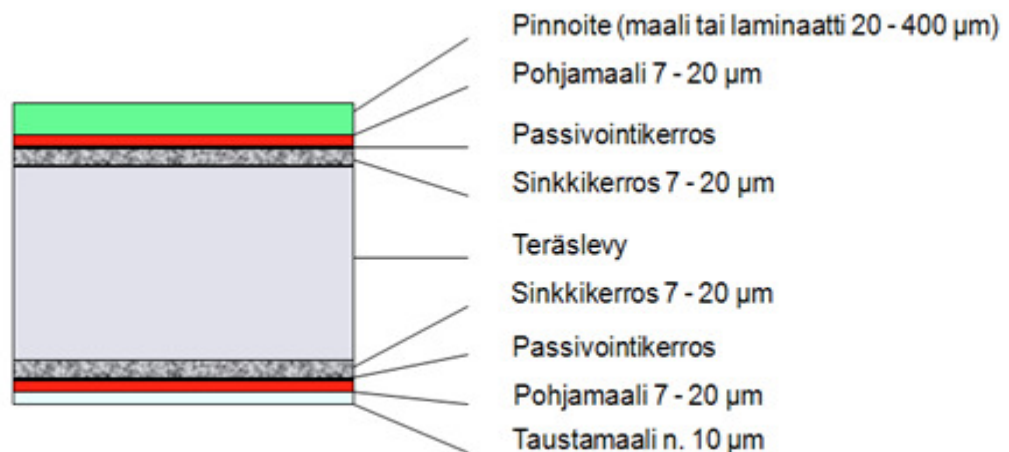
Kuva 7. Kiinteä puristusliitostyökalu.

Käsityökaluilla puristusliitoksen tekeminen onnistuu vain lähelle tuotteen reunaan, mutta sen etuna on mukana kuljetettavuus.

3 KÄYTÄNNÖN KOKEET

3.1 Liittämisessä

Kuitulaserilla hitsattiin toisiinsa limiliitoksella molemmilta puolilta pinnoitettua 0,75 mm:n paksuista teräslevyä. Pinnoitteena oli näkyvällä puolella polyesteripinnoite, jonka alla oli pohjamaali ja passivointikerros. Levyn tausta oli maalattu harmaalla epoksimaalilla ja pohjamaalilla. Lisäksi oli vielä passivointikerros. Itsessään teräslevy oli molemmilta puolilta sinkitty. (Polyesteri gl30, raaka-aine: S280-Z275 harmaa / tausta: harmaa epoksimaali. 0,75 x 1250 mm). Kerrosten vahvuudet näkyvät kuvassa 8.

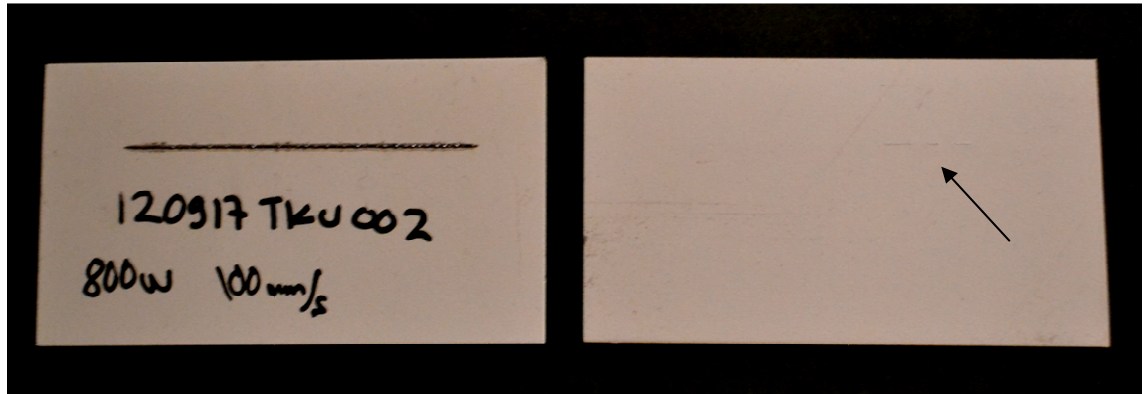


Kuva 8. Pinnoitetun ohutlevyn rakenne.

Koepalat olivat kooltaan 100 mm × 55 mm ja hitsin pituus noin 70 mm. Kaikki hitsaukset tehtiin käyttäen samaa nopeutta, joka oli 100 mm sekunnissa. Koepalat puristettiin kevyesti yhteen hitsauksen ajaksi lukkopihdeillä hitsausalustaan. Kuvasta kuusi näkyy pinnoitteiden paksuus ja sijainnit toisiinsa nähden. Pinnoitteet tekevät itse raaka-aineeseen ilma- ja höyrynsä, mutta estävät kuitenkin muun muassa sinkistä tulevan höyryn vapaata poistumista hitsistä. Ongelma

korostuu erityisesti limiliitoksessa. Maalipinnoitteet haittaavat myös hitsin onnistumista.

Koehitsauksessa havaittiin puutteita hitsin pitävyydessä, ulkonäössä ja pinnan laadussa. Hitsattava sauma muodostui epätasaiseksi, mikä näkyy alla olevassa kuvassa 9.



Kuva 9. Koehitsauspalat.

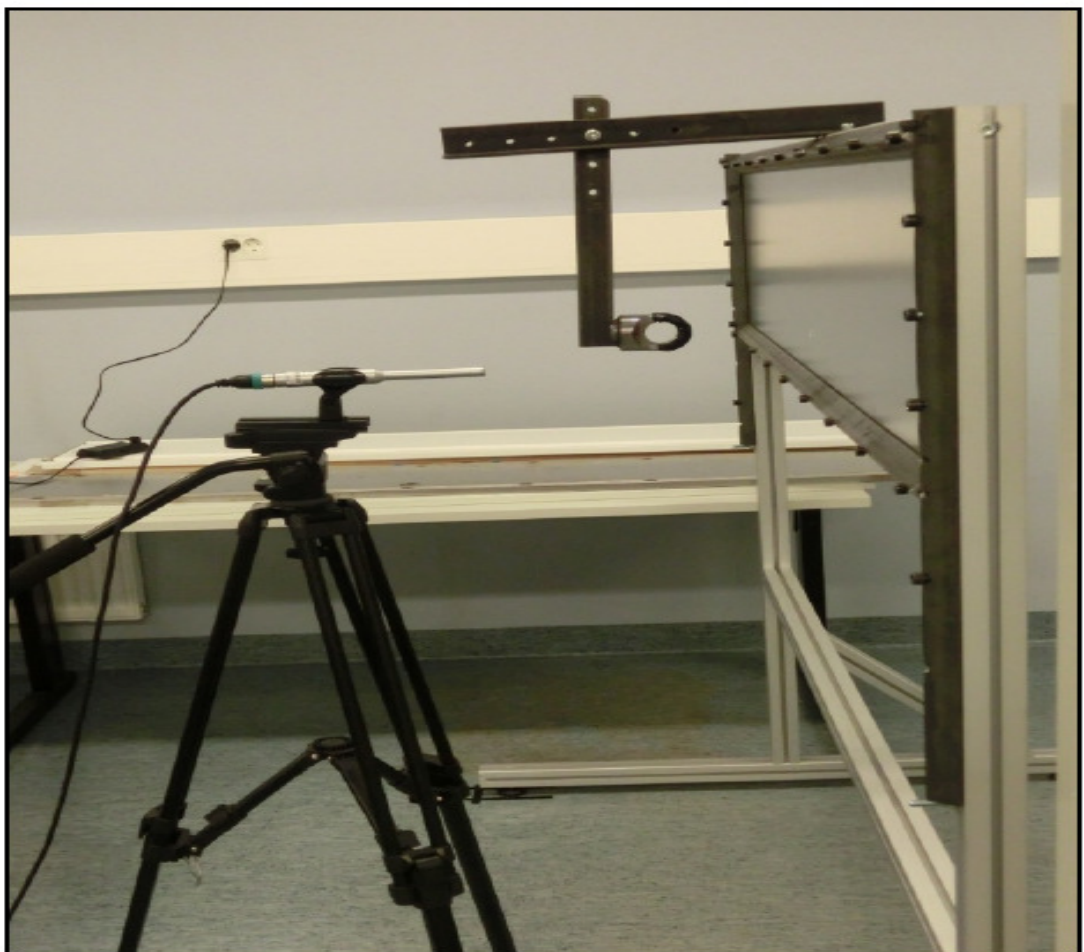
Vasemman puoleisessa kuvassa on hitsauspuoli, jossa näkyvät myös hitsausarvot ja hitsisauma. Oikeanpuoleisessa koelevyssä voi havaita nuolen osoittamassa kohdassa aavistuksen pinnoitteen palamista. Koepalat lähtivät irti toisistaan helposti, mikä osoittaa hitsin pitämättömyyden. Suuremmilla tehoilla hitsattaessa pinnoite palaa näkyvältä puolelta läpi, eikä näin ollen tuota tyydyttävää tulosta. Syöttökuidulla tehty hitsi on erittäin kapea, mutta liitospinta-alaa lisäämällä, käyttämällä suurempaa polttopistettä tai lisäämällä hitsin pituutta liitoksessa voidaan saavuttaa tarvittava lujuus. Myös suojapinnoitteiden poistaminen siten, että vastakkain ovat kirkkaat metallit, edesauttavat liitoksen kestävyiden parantamista.

3.2 Äänitestit

Äänitestit tehtiin KTK:n tiloissa oppilastyönä. Tarkoitusta varten teetettiin testausjigi, johon sai kiinnitettyä erilaisilla menetelmillä muokattuja särmäämättö-

miä ja särmättyjä ovipaneeleita. Testiolosuhteet työsalissa olivat lähes vastaavanlaiset, kuin sellaisissa paikoissa, joissa yleensä teräksestä valmistettuja pukukaappeja käytetään.

Testijigi asetettiin lattialle tukevasti säätöjalkoja avuksi käyttäen. Testattava ovilevy asennettiin jigiin kulmarautojen ja kuusiokolopulttien avulla kuvan 10 mukaisesti. Mikrofonin sijainti mitattiin huolellisesti aina samaan paikkaan jokaisen aihion kanssa. Isku, jonka avulla tuotettiin ääni mitattavaksi, saatiin aikaan yksinkertaisella heilurivasaralla, joka oli kiinteästi kiinnitettynä testijigin yläpoikki-profiiliin. Heilurivasaran varressa oli kohdistusreiät, jotka näkyvät selvästi kuvassa. Niitä avuksi käyttämällä saatiin aina samansuuruinen isku testattavaan ovilevyyn.



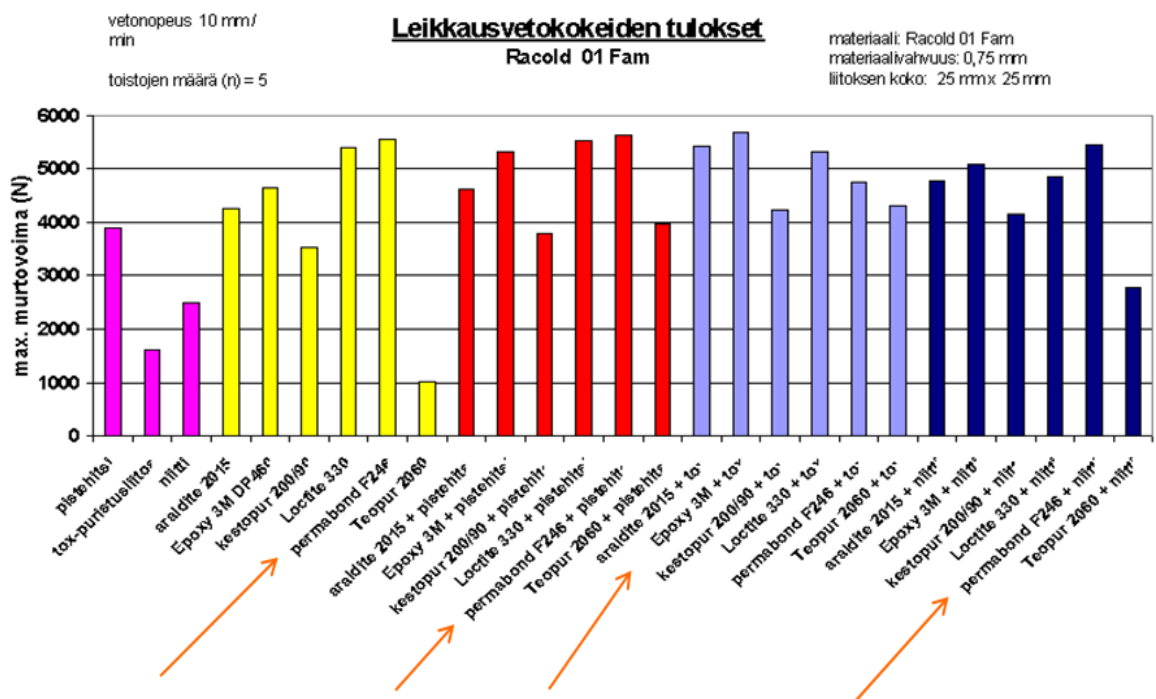
Kuva 10. Testikalusto.

Jokaista ovilevyä testattiin viisi kertaa ja mittaustuloksien perusteella verrattiin erilaisten muokkauksien vaikutuksia toisiinsa. Verrokkina tässä käytettiin muokkaamatonta ja pintakäsittelmätöntä oviaihiota, joka näkyy kuvassa.

3.3 Liimaus

Liimauskokeita tehtiin lähinnä äänitestauksia varten. Liimaamalla koottu puku-kaapin ovi on kestävyttä ajatellen kuitenkin riittävän vahva menetelmä. Repimisleikkauslujuuksia testattaessa Epoxy 3M DP460:llä liimattu koepala asettui vahvuudeltaan pistehitsatun ja niitatun koepalan puoleen väliin, eli noin 700:n Newtoniin. Kuva 11 osoittaa, että leikkauslujuudet liimatuissa koepaloissa olivat pistehitsiä ja niittausta huomattavasti vahvempia. [5, s. 35, 36].

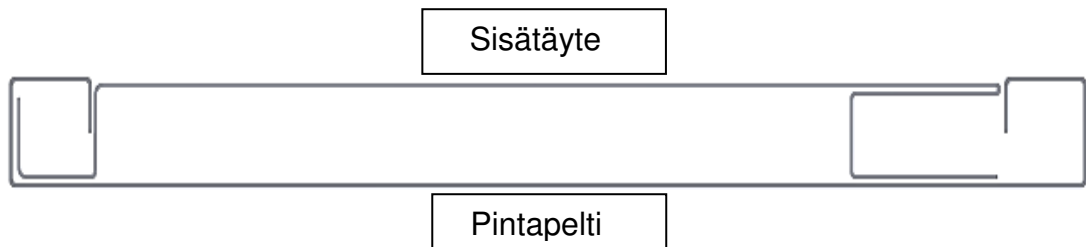
Esimerkki liitosten leikkauslujuuksista:



Kuva 11. Leikkausvetokokeiden tuloksia.

Pelkällä liimalla saavutetaan jopa sama leikkausvetolujuus kuin yhdistelmäliitoksella. Liiman etuna on vetorasituksen jakautuminen tasaisesti koko pinta-alueelle, mutta jokin muu liittämismenetelmä liiman kanssa yhdessä ei kuitenkaan lisää lujuutta merkittävästi. Punaisilla nuolilla osoitetut menetelmät saavuttavat kukin noin 5500 Newtonin murtovetovoiman.

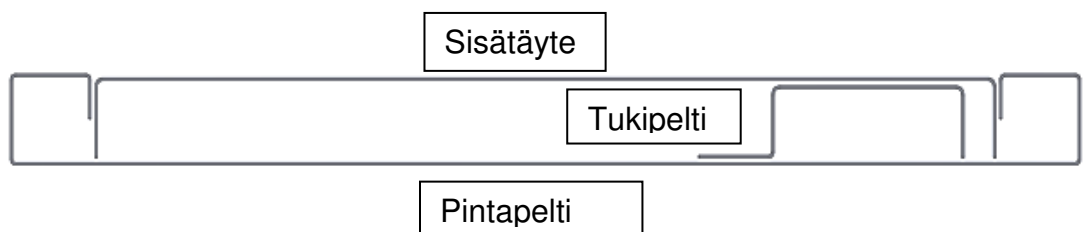
Liimaamalla koottiin yksi pukukaapin ovi, jonka osat oli suunniteltu uudestaan ja josta oli voitu yksi komponentti vähentää. Tämä uusi rakenne, joka näkyy kuvassa 12, mahdollistaa myös liimaamisen tuotannollisesti. Ovi liimattiin Sikaflex 221 -merkkisellä liimamassalla. Ovesta tuli hitsattuun oveen käsivaraisesti verrattaessa riittävän vahva jäykkyyden suhteen.



Kuva 12. Liimaamalla kootun oven poikkileikkaus.

Liiman osuus äänenvaimennukseen testattiin liimaamalla yhteen kaksi peltilevyä vastakkain. Ensimmäinen koeliimaus tehtiin Locktite 330 -merkkisellä liimalla. Toinen versio liimattiin Sikaflex 221 -liimamassalla, joka tuntui elastisemmalta käytännössä kuin Locktite 330.

Hitsatun oven rakenne on erilainen. Se sisältää kolme komponenttia, jotka hitsataan pulssihitsauskoneella kiinni toisiinsa. Kuva 13 havainnollistaa rakenteen selvästi.



Kuva 13. Hitsaamalla kootun oven poikkileikkaus.

3.4 Muita menetelmiä

Muunlaisista liitosmenetelmistä ei tässä työssä tehty käytännön kokeita. Niiden ominaisuuksia vertailtiin kirjallisuustutkimuksen perusteella. Hyviä kokemuksia on juuri hybridiliittämisestä, jossa toisena osapuolena on liima. Mittaustuloksia on esitetty kuvassa neljä sivulla 13. Repimislujuuksia verrataan samassa kuvassa liimaukseen, pistehitsiin, tox-puristusliitokseen ja niittaukseen yksinään.

Huonoina ominaisuuksina todettakoon muiden liitosmenetelmien käytöstä materiaalin pinnan rikkoutuminen. Lähes aina jonkinlainen ulkoinen ominaisuus tulee häiritsevästi esille. Esimerkkinä ruuvin kannan silmiin pistävä näkyvyys tuotteen ulkopuolella. Hyviä puolia muilla menetelmillä liitettäessä pinnoitettua teräslevyä on työvaiheiden yksinkertaisuus.

4 TULOKSET

4.1 Liittäminen

Pinnoitetun ohutlevyn hitsaus kuitulaserilla ei tuottanut tyydyttävää tulosta. Muistettava on kuitenkin, että mahdollinen tuotteen uudelleen suunnittelu ja hitsausparametrien tarkka säätö saattaisi parantaa tuloksia. Limiliitoksen sijasta pitäisi käyttää erilaisia liittämiskäytöksiä. Perusaineen vahvuuden lisääminen vaikuttaa positiivisesti hitsauksen onnistumiseen. Painon lisääminen tuotteeseen ei kuitenkaan ole toivotunlainen ratkaisu, sillä se lisää kustannuksia. Pyyntö onkin ennemminkin materiaalin ohentaminen ottamalla käyttöön lujempia teräslaatuja, joilla taas on kustannuksia vähentävä vaikutus.

Laseria voi käyttää tuotteen ulkonäön parantamiseksi, niin kuin on tehty kuvassa 14. Sillä voi tehdä monimutkaisemmatkin kuviot nopeasti ja tarkasti.



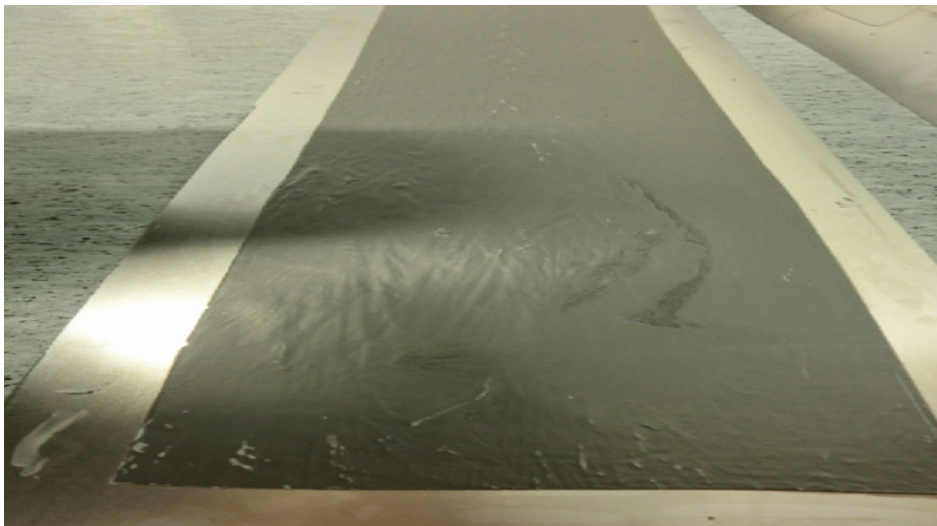
Kuva 14. Laserilla tehty peilikuvio ovilevyssä.

Erilaisilla kuvioilla saadaan kirkkaaseen teräslevyyn oven ulkopintaan yksilöllinen ulkonäkö, joka maalauksen jälkeen näkyy ja tuntuu lievänä kohokuviona tuotteessa.

Liimausmenetelmä jonkin toisen kiinnitysmenetelmän kanssa yhdistettynä saattaisi olla ratkaisu pukukaapin ovien valmistamisessa, jos käytetään pinnoitettua teräslevyä. Kielekeliitos ja liimaus mahdollistaisivat tuotteen nopean läpimenoajan. Oven komponentit voidaan koota lähes samalla tavoin kuin se tehdään nykyäänkin eli latomalla ne jigiin, minkä jälkeen robotti levittäisi liiman ja sen jälkeen asennettaisiin sisätäyte ja värivalmis ovi nostettaisiin odottamaan liiman lopullista kuivumista.

4.2 Äänimittaukset

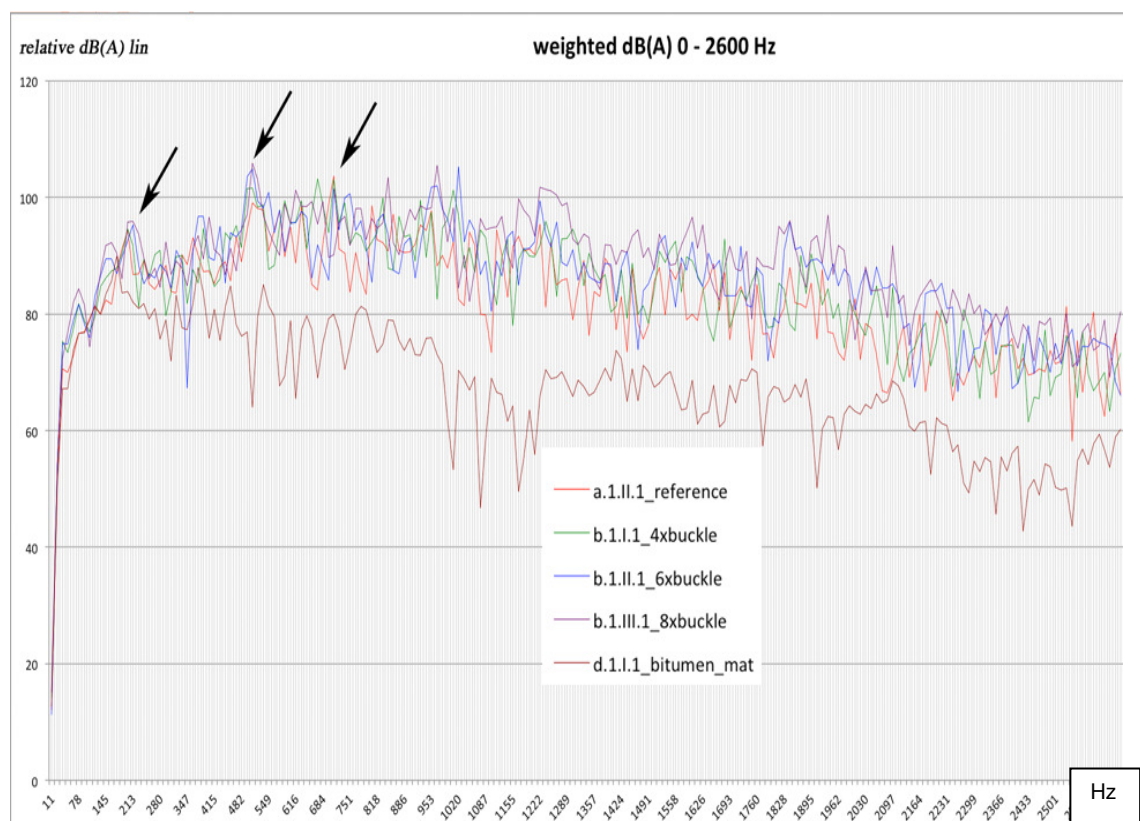
Tulokset osoittavat, että perinteisellä tavalla vaimennetut ohutlevyt vaimentavat ääntä parhaiten. Vaimennusmaton huonoja puolia ovat kustannusten ja painon lisääntyminen tuotteeseen. Myös työn osuus lisääntyy, mikä vaikuttaa negatiivisesti tuotteen läpimenoaikaan ja hintaan. Kun huomioidaan tuotteen kierrätettävyyttä, niin vaimennusmatolla ja suihkutettavalla vaimennusmassalla (kuvassa 15) on siihen huono vaikutus.



Kuva 15. Vaimennusmassalla käsitelty ovilevy.

Vaimennusmaton liimaus tai vaimennusmassan ruiskuttaminen on erillinen työvaihe, joka tulisi sijoittaa tuotantolinjaan jouhevasti. Vaimennusmaton ei tarvitse täyttää koko sisätäytteen alle jäävää aluetta, joten esimerkiksi lukolle tehtävä reikä ja muut leikkaukset pystytään tekemään samassa vaiheessa kuin nykyäänkin tuotantolinjan alkupäässä. Samassa vaiheessa valmistuvat myös erilaiset painanteet, joilla pyritään saamaan vaimentava vaikutus ovipelteihin. Painanteiden sijoittelussa on kuitenkin huomioitava särmäysautomaatin vaatimat varoalueet levyssä.

Painallusten paikan määrittely ääniteknisesti on suunniteltava huolellisesti. Ne on asetettava siten, että kuviointi olisi mahdollisimman epäsymmetrinen. Epäsymmetrisyydellä saadaan aikaan se, että saman taajuinen värähtely katkeaa, eikä jatku eteenpäin samanlaisena saavuttaessaan toisen vastaavanlaisen painanteen. Sama periaate sopii myös laserilla muokattuun oviaihioon tehtyyn kuvioon. Kuva 16 osoittaa, että levytyökoneella tehdyt painallukset eivät lyhennä merkittävästi ovilevyjen vaimenemisaikoja.



Kuva 16. Levytyökoneella muokattujen ovipeltien mittaustuloksia.

Peltilevyjä on käsitelty neljällä, kuudella ja kahdeksalla samanlaisilla painalluksilla epäsymmetrisessä muodossa. Ruskea kuvaaja näyttää mittaustuloksen bitumimaton ollessa vaimennusmateriaalina. Kolme mustaa nuolta merkitsevät karkeasti kolmea huippualueetta. Jokaisella kuvaajalla, paitsi ruskealla, on huippu näillä alueilla. Verrokkina käytetty pelti, punaisella kuvaajalla osoitettu käyrä, on aavistuksen muokattujen peltien alapuolella.

Laserilla tehdyillä muokkaukuvioilla vaikutus on samankaltainen kuin oli levytyökoneella tehdyssäkin. Merkittävästi mikään kuviointi ei erotu edukseen. Runsaalla mielivaltaisella kuvioinnilla, sekä laserilla että levytyökoneella, käsitelty teräslevy alkoi ikään kuin soida, joten kuvioinnin määrän ollessa runsas, tulos äänen vaimenemisen suhteen oli huonompi.

Kun tehtiin havaintoja aistinvaraisesti, niin mitkään käsitellyt levyt eivät erottuneet joukosta juuri mitenkään paitsi kaksinkertaiseksi liimatut levyt ja vaimennusmatolla ja vaimennusmassalla käsitellyt levyt. Aistinvaraiset havainnot ovat käytännössä kuitenkin merkittävämmässä asemassa kuin tietokonepohjaiset tulokset, sillä se mitä kuulemme, antaa meille myös vaikutelman äänen mielekkyydestä.

5 MIELENKIINTOISET JA MYÖNTEISET LÖYDÖKSET

Tätä opinnäytetyötä tehdessä esille tuli joitakin mielenkiintoisia ja myönteisiä löytöjä. Niistä ei erikseen tehty tutkimustyötä, koska ne eivät kuuluneet tämän opinnäytetyön varsinaiseen aiheeseen. Kuitenkin ne ovat sen verran merkittäviä, että ne kannattaa mainita. Myöhemmässä vaiheessa jokin niistä saattaa olla hyvinkin ajankohtainen ja mahdollinen opinnäytetyön aihe.

Tämän työn toimeksiantajan näkökulmasta katsoen esimerkiksi kennorakennetta voisi kehittää. Kun liimataan kaksi lujusteräksestä valmistettua teräspeltiä vastakkain, saadaan yhtä aikaa valmistettua kotelo-oven kennorakenne ja vahvike. Tämä rakenne voisi korvata mahdollisesti nykyään käytössä olevan kahden mm:n aineesta valmistetun kotelo-oven, joita käytetään kohteissa, joissa ovelta vaaditaan suurempaa lujuutta kun normaalisti.

Liimausteknologia on seurattavan arvoinen asia. Liimaamalla voidaan helposti liittää eri materiaaleja toisiinsa. Pinnoitetusta levystä liimaamalla kokoonpantu ovi voi olla edullisempi kuin kirkkaasta levystä hitsaamalla valmistettu maalattu ovi.

Lasertekniikkaa voi hyödyntää esimerkiksi tekemällä lievää kohokuviointia kirkkaaseen teräslevyyn, mikä vielä maalauksen jälkeenkin näkyy valmiissa pinnassa. Oven yksilöllinen merkintä, yhtiön logo tai jokin kuviointi on mahdollista tehdä esimerkiksi KTK:ssa.

Käyttämällä laserhitsausta liitosmenetelmänä tuotteen läpimenoaika saattaisi lyhentyä. Oven pintalevyn muokkaus laserilla saattaisi jäykistää oven rakennetta ja parantaa ulkonäköä.

Mielenkiintoinen löydös oli 3D-tulostus, jota on mahdollista ja edullista hyödyntää KTK:ssa. Valmistetut kappaleet ovat hauraita, koska ne tulostetaan kipsijauheesta, mutta niitä voidaan vahvistaa käsittelemällä ne epoksilla.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pinnoitetun ohutlevyn käyttö pukukaapin ovimateriaalina on vielä huonosti hyödynnettävissä Juha Punta Oy:ssä. Liittämismenetelmä laserilla hitsaamalla rikoo maalipinnan ja taustapuolen hitsi on visuaalisesti epätydyttävä. Tavoitteena oleva materiaalikustannusten pienentäminen ei tue kuitulaserin käyttöä ovi-komponenttien liittämässä, sillä perusainetta ennemminkin tulisi ohentaa kun lisätä, jonka taas kuitulaser vaatii. Juha Punta Oy:llä tämän hetkinen kokoonpanomenetelmä robottiohjatulla pulssihitsauslaitteella, minkä jälkeen ovi maalataan, tuottaa hyvän ja nopean tuloksen. Myös ainevahvuuden ohentuessa pulssihitsaus on helposti ja varmasti hyödynnettävissä.

Liimaustekniikkaa voi hyödyntää ovien kokoonpanossa melko vähäisillä toimenpiteillä. Menetelmä on yksinkertainen ja tehokas. Kustannustehokkuutta ei tässä työssä tutkittu kuin pintapuolisesti. Olettamuksena kuitenkin liimaamisen hyödyntämisessä on jo käytössä olevan robotin käyttö.

Pukukaapinovien äänikokeissa ilmeni, että nykyisellä menetelmällä valmistettu ovi ei ole erilaisilla menetelmillä muokattuja ovia huonompi äänen suhteen. Aistinvaraisesti ei ollut havaittavissa juuri mitään eroavaisuuksia, paitsi kaksinkertaiseksi liimatulla, vaimennusmatolla ja vaimennussuihkeella käsitellyissä oviaihioissa. Tekniset mittaukset osoittivat, että vaimennusaika oli jopa pitempi verrattaessa muokkaamattomaan oviaihioon, poikkeuksena tietysti vaimennusmatolla ja vaimennussuihkeella käsitellyt aihiot ja kaksinkertainen levyrakenne, jotka lyhensivät vaimennusaikaa. Ilman valmistuskustannusten lisäystä ovissa, niiden äänimaailmaa ei saada muuttumaan vaimeammaksi eikä vastaamaan puuoven ääntä.

LÄHTEET

[1] MIG/MAG–menetelmät – Kemppi 2013, viitattu 14.3.2013

<http://www.google.com/search?q=http%3A%2F%2Fwww.kemppi.dk%2Finet%2Fkemppi%2Fcontentman.nsf%2FPrint%2FA93D96DDEE9A053DC225718D0046561E%3FOpenDocument>

[2] Pronius 2013, Robottihitsaus. Kestäviä järjestelmäratkaisujakaikkiin hitsausvaatimuksiin, viitattu 14.3.2013 http://www.pronius.fi/uploads/Esite_Robottihitsaus_FIN.pdf

[3] Lue lisää. – Koneteknologiakeskus Turku Oy 2012, viitattu 15.11.2012

<http://www.koneteknologiakeskus.fi/images/stories/tehokastalaser tekniikkaa.pdf>

[4] Keskitalo, Markku 2007, Laserhitsaustutkimus ELME-studiossa, 2012, viitattu 29.10.2012

http://www.oulu.fi/fmt/FMT6/PDF/LaserWorkShop090507/Markku_Keskitalo_Laserhitsaus.pdf

[5] Maalipinnoitetun ohutlevyn liittäminen 2012, henkilökohtainen tiedonanto tuotepäällikkö Kauko Lahtiselta Ruukki Metals Oy, 13.3.2012

[6] Toxaus 2013, viitattu 14.5.2013 [http:// www.snapsystem.fi/Spot%20Clinch.html](http://www.snapsystem.fi/Spot%20Clinch.html)