

Janne Mouhu

Niittaus-liimausliitokset autokorikorjauksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

23.5.2015

Tekijä(t) Otsikko	Janne Mouhu Niittaus-liimausliitokset autokorikorjauksessa
Sivumäärä Aika	14 sivua 23.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotetekniikka
Ohjaaja	Lehtori, tekn. lis. Juha Kotamies
<p>Koritekniikan kehittyessä on autokoreihin tullut uusia entistä lujempia, kevyempiä ja muutoinkin ominaisuuksiltaan monimuotoisempia materiaaleja. Uudet materiaalitekniset ratkaisut sekä autotehtailla käytössä olevat liitosmenetelmät, joita ei ole mahdollista käyttää korjaamo-olosuhteissa on pakottanut autovalmistajat kehittämään vaihtoehtoisia liitosmenetelmiä.</p> <p>Niittaus-liimaustekniikka vaatii korjaamoilta vankkaa ammattitaitoa, tietoa materiaaleista sekä kykyä tulkita autovalmistajien korjausohjeita. Tietotaidon lisäksi on korjaamon välttämätöntä hankkia tarvittavat niittausvälineet liitoksen tekemiseksi.</p> <p>Tässä työssä tutkittiin korikorjauksissa yleistyviä niittaus-liimausmenetelmiä. Tekniikkaa havainnollistettiin helmapellin vaihdolla. Eri menetelmien kestävyyttä havainnollistettiin koeliitoksille tehdyillä vetokokeilla. Kokeista saatujen tulosten perusteella heräsi ehdotus jatkotutkimukseksi liitettävien kappaleiden pohjamaalauksen tarpeellisuudesta ja eri pohjamaalien soveltuvuudesta liimaliitoksiin.</p>	
Avainsanat	niittaus, liimaus

Author(s) Title	Janne Mouhu Riveting and Bonding in Car Body Repairs
Number of Pages Date	14 pages 23 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Automotive Design Engineering
Instructor(s)	Juha Kotamies, M.Sc., Lic. Sc. (Tech)
<p>Evolving body technology which aims at better crash safety and lighter structure have brought new stronger and lighter materials to bodywork. Innovations of bodywork have forced the car manufacturers to develop new joining methods such as riveting and bonding.</p> <p>The new joining methods create challenges for body repairers. Riveting and bonding technique requires knowledge and know-how of materials and new bodywork, as well as ability to interpret repair manual and instructions.</p> <p>The aim of this Bachelor's thesis was to examine riveting and bonding connections in bodywork repairs. This work illustrates riveting and bonding technique in practice. The strength of different joining methods was examined by tensile tests.</p> <p>On the basis of the results of the tensile tests there seems to be a need for further examination which could focus on primers, if they are needed and what the differences between various primers are.</p>	
Keywords	riveting, bonding

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Koritekniikan kehitys	2
2.1	Törmäysturvallisuus	2
2.2	Kevyempi korirakenne	2
2.3	Tarve uusille liitosmenetelmille	3
3	Niittaus-liimausliitokset korikorjauksessa	3
3.1	Niittaus-liimauskohteet autokorjauksessa	3
3.2	Stanssiniittiliitos	4
3.3	Vetoniittiliitos	4
3.4	Korjauskohteeseen perehtyminen	5
3.5	Tarvittavat työkalut ja tarvikkeet	5
3.6	Niittaus-liimaus käytännössä	7
4	Vetokokeet	10
4.1	Koejärjestelyt	10
4.2	Vetokokeiden tulokset	12
4.3	Johtopäätöksiä	13
	Lähteet	14

1 Johdanto

Tämän insinööriyön aiheena on autokoritekniikassa yleistymässä olevat niittaus-liimausliitokset. Työssä tutustutaan niittaus-liimaustekniikkaan ja sen käyttöön autokoritekniikassa, niittaus-liimausliitostyökaluihin, pohditaan syitä niittaus-liimaustekniikan yleistymiselle sekä havainnollistetaan niittaus-liimaustekniikkaa koulutusmielessä tehdyllä esimerkkitapauksella. Työ tehtiin tutkimustyönä Metropolia Ammattikorkeakoululle.

Niittaus-liimaustekniikkaa havainnollistava helmapellin vaihtotyö on tehty AEL:n koulutustapahtuman pohjalta. Havainnollistavan niittaus-liimausesimerkin lisäksi osana tutkimustyötä tehtiin vetokokeita niittiliitoksille ja verrattiin niitä pistehitsiliitoksiin. Vetokoe-kappaleiden liitokset on tehty työpaikallani Autoklinikka-Yhtiöt Oy:n Konalantoinnissa ja vetokokeet suoritettiin Metropolia Ammattikorkeakoulun materiaali-tekniikan laboratoriossa.

Lopputuloksena oli tarkoitus saada tietoa niittausliimaustekniikan käytöstä autokorikorjauksessa, pohtia niittaus-liimaustekniikalla saavutettavia hyötyjä sekä mahdollisia haittoja. Koeliitoksille tehdyistä vetokokeista haluttiin vertailukelpoisia tuloksia niittaus-liimaus- ja pistehitsiliitosten vetolujuudesta.

2 Koritekniikan kehitys

2.1 Törmäysturvallisuus

Autovalmistajien suurimpana kannustimena koritekniikan kehittämiseen voidaan pitää törmäysturvallisuutta, jota testataan Euroopassa puolueettomasti Euro NCAP:n toimesta. Euro NCAP:n törmäystestien tarkoituksena on kehittää autojen turvallisuutta jakamalla testituloksia autovalmistajan ja kuluttajien kanssa. Törmäystestit ovat merkittävässä roolissa koritekniikan kehittyessä turvallisempaan suuntaan, ja niissä menestyminen on otettu autonvalmistajien keskuudessa vakavasti. (1)

Törmäysturvallisessa korirakenteessa ei ole kyse mahdollisimman kestävästä rakenteesta. Törmäysturvallinen korirakenne on yhdistelmä lujia ja pehmeitä rakenteita, joilla pyritään vaimentamaan törmäyksessä syntyviä matkustajille haitallisia kiihtyvyyksiä sekä estämään auton matkustajatilaa suuret muodonmuutokset. Puhutaan törmäyksenhallinnasta.

Osana nykyaikaista törmäyksenhallintaa käytetään auton korirakenteissa erilujuisia ja -muotoisia rakenteita. Niiden avulla saadaan korirakenne painumaan kasaan, muuttamaan muotoaan tai antamaan periksi halutulla tavalla. Esimerkiksi auton keulaan kohdistuvassa törmäyksessä kasaan painuvalla rakenteella saadaan vaimennettua törmäystä. Puolestaan sivutörmäys tilanteessa tulisi b-pilarin suojata matkustajia, eli ei ole suotavaa, että se muuttaa merkittävästi muotoaan tai murtuu. Näin ollen jos b-pilari suunnitellaan eri ominaisuuksia sisältäväksi kokonaisuudeksi, saadaan sen muodonmuutosominaisuudet paremmiksi törmäysturvallisuuden kannalta.

2.2 Kevyempi korirakenne

Turvallisuus ei kuitenkaan ole ainoa vaatimus nykyaikaiselle auton korirakenteelle. Auton turvallisuuden lisäksi oleellinen osa korirakennetta on sen keveys ja tätä kautta vaikutus auton polttoaineenkulutukseen ja sitä kautta myös pakokaasupäästöihin. Vaikkakin polttoaineenkulutuksen ja päästöjen vähentäminen tapahtuu enimmäkseen moottori- ja nykyään hybriditekniikan yleistyessä myös entistä enemmän moottorivoimansiirtoalueella, on polttoaineen hinnan korkea taso sekä kiristyvät päästädirektiivit

osaltaan kannustamassa autonvalmistajia kehittämään kevyempiä ratkaisuita autojen korirakenteisiin. (3) Korirakennetta saadaan kevennettyä käyttämällä kevyempiä materiaaleja tai ohuimmat materiaalivahvuudet mahdollistavia lujia teräksiä.

2.3 Tarve uusille liitosmenetelmille

Autokoritekniikan kehityssuunta, joka tähtää kolariturvallisempaan ja kevyempään rakenteeseen, on luonut tarvetta uusille liitosmenetelmille. Nykyaikaisten autokorien rakenteissa käytetään lujuusluokiltaan ja ominaisuuksiltaan erilaisten terästen lisäksi muita materiaaleja, kuten alumiinia, muovia ja komposiitteja.

Työssä käsiteltävät niittaus-liimausliitokset ovat niin sanotusti kylmiä liitosmenetelmiä. Kylmillä liitosmenetelmillä tarkoitetaan liitosmenetelmiä, joiden tekemisessä liitettäviin kappaleisiin ei ole tarvetta kohdistaa lämpöä. Lämmöntuonnin minimoiminen tai poistaminen kokonaan on välttämätöntä liitettäessä joitakin materiaaleja, joiden ominaisuudet heikkenevät liiallisen lämmöntuonnin seurauksena.

Liimaus-niittausliitoksen yksi merkittävä etu verrattuna hitsaamalla tehtyyn liitokseen on korroosionkestävyydessä. Liitettäessä kappaleita niittaus-liimausmenetelmällä voidaan joissakin tapauksissa liitospinnat käsitellä ja suojata korroosiolta, eikä ennen liitoksen tekemistä tehty suojaus vaurioidu liitosta tehdessä.

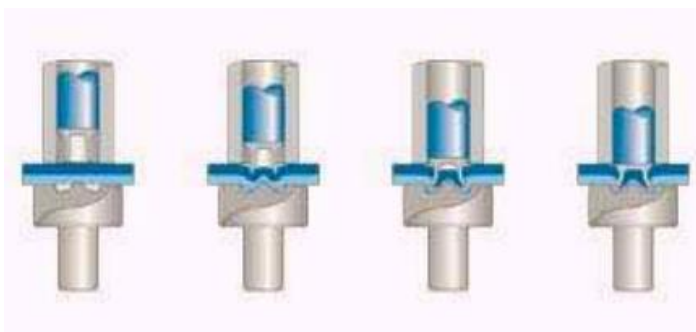
3 Niittaus-liimausliitokset korikorjauksessa

3.1 Niittaus-liimauskohteet autokorikorjauksessa

Autokorienkorjauksessa on useita käyttökohteita niittaus- ja liimaustekniikalle. Eri käyttökohteissa käytetään erilaisia tekniikoita niin niittien, liimojen kuin pohjustusaineiden osalta. Niittausliimaustekniikkaa voidaan soveltaa sekä teräs- että alumiiniosien liittämiseen. Erilaisia autokorikorjauksessa käytettäviä niittejä ovat muun muassa stanssinii- tit, vetoniitit sekä flow form –niitit. (2)

3.2 Stanssiniittiliitos

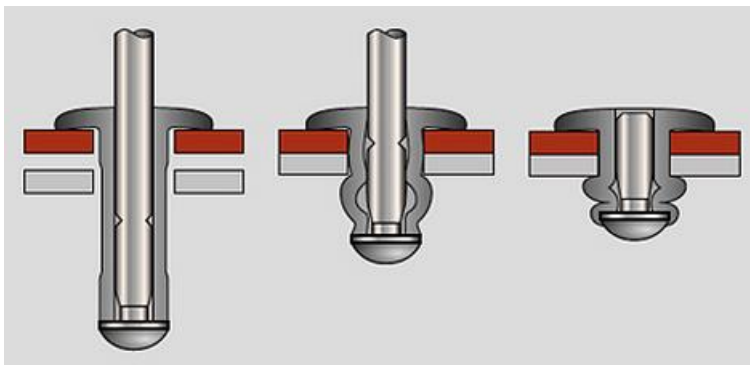
Stanssiniittiliitosta varten liitettäviin pelteihin ei tehdä reikiä, vaan niitti levittyy niitattaessa ja puristaa ja lukitsee pellit tiukasti toisiinsa (kuva 1). Stanssiniittejä autonkorjauksessa käytävistä automerkeistä mainittakoon Audi, BMW, Mercedes Benz, Jaguar ja Ferrari. (2) Esimerkiksi tässä työssä myöhemmin esitellyn BMW:n takalokasuojan vaihtoa demonstroivassa tapauksessa on käytetty stanssiniittejä.



Kuva 1. Stanssiniitin toimintaperiaate (2).

3.3 Vetoniittiliitos

Vetoniittejä käytetään autokorjauksessa useissa käyttökohteissa. Korjauksessa käytettävät vetoniitit muistuttavat perinteisiä popniittejä, mutta ovat yleensä kuitenkin käyttökohteesta riippuen huomattavasti vahvempia. Vetoniittiliitosta varten liitettävissä kappaleissa tulee olla reiät niittejä varten. (Kuva 2.) Vetoniitit ovat yleisesti käytössä monella valmistajalla, ja niitä käytetään pintaosien kuten BMW:n kattopeltien liittämisen lisäksi autokorien rakenneosissa lujempien teräksien ja erilaisten alumiinivalukappaleiden liittämiseen. (2)



Kuva 2. Vetoniitin toimintaperiaate (4).

Flow form -niittausmekanismi on harvinaisempi niittausmenetelmä, joka on käytössä Mercedes Benzillä (2). Flow form -niittaus varten liitettäviin levyihin tehdään reiät. Niittattaessa flow form -niitti laitetaan levyyn tehtyyn reikään ja puristettaessa niitti leviää ja puristaa ja lukitsee levyt toisiinsa.

3.4 Korjauskohteeseen perehtyminen

Hyvänä lähtökohtana korjauksen aloitukselle voidaan pitää perehtymistä viimeisimpään valmistajan korjausohjeeseen. Vaikkakin korjauksen tekijä pystyisi liittämään uuden osan ilman ohjeita, on ohjeeseen perehdyttävä oikean korjaustavan ja korjauksen laadun varmistamiseksi. Liimaamalla ja niittaamalla vaihdettavan kappaleen korjausohjeesta näkee tarvittavat työkalut ja tarvikkeet, kuten niitit, liimat ja pohjamaalit. Työkalujen ja tarvikkeiden lisäksi oleellinen asia korjausohjeesta selviävistä asioista on työmenetelmät vanhan osan irrotukseen sekä uuden osan vaatimat toimenpiteet ennen asennusta.

3.5 Tarvittavat työkalut ja tarvikkeet

Niittaus-liimausliitosta tehdessä tarvitaan niittausvälineistön lisäksi monia muitakin korjauksessa käytössä olevia työkaluja. Vanhan vaurioituneen osan irrottamiseen ja katkaisuun käytetään pisteporakonetta ja paineilmasahaa. Pisteporakoneella porataan tehtaan jäljiltä olevat pistehitsaukset auki ja paineilmasahalla sahataan kappale irti sille osoitetuista katkaisukohtista.

Liitossaumojen pohjustukseen sekä tarvittavien liimojen levitystä varten tarvitaan maali- laadusta riippuen joko spraymaalipurkki tai maaliruisku, mikäli pohjamaali ei tule spray- purkissa. Tarvittavat liimat koostuvat useammasta komponentista, joten niiden levittä- miseen on käytettävä sen mukaista liimapuristinta. Liimojen kuivaukseen käytetään yleensä infrapunakuivainta kuivumisen nopeuttamiseksi. Liimojen kuivaaminen infra- punakuivaimella on tehtävä liimanvalmistajan ohjeistuksen ja rajoitusten mukaan.

Korjauskohteessa käytettävät niitit saa tilattua autovalmistajan varaosia toimittavalta taholta tai niittausvälineistöä valmistavalta ja myyvältä yritykseltä. Sikäli kuin korjausta varten tarvittavat osat ja liimat tilataan autovalmistajan varaosakanavien kautta, on myös niitit helpoin tilata sieltä.

Niittipuristimia ja niihin liittyviä varusteita on tarjolla paljon. On tärkeää varmistua niitti- puristimen ja niittauskärkien sopivuudesta niitattavaan kohteeseen, jotta niitit saadaan niille tarkoitetuille paikoille ja niitit puristuvat oikein (kuva 3). Niittien oikein puristumisen lisäksi tulee varmistua niittauslaitteen ja sen niittauskärkien soveltuvuudesta kaikkiin tarvittaviin niittauskohteisiin.



Kuva 3. Wieländer+Schillin valmistama paineilmahydraulinen XPress 800 -niittipuristin.

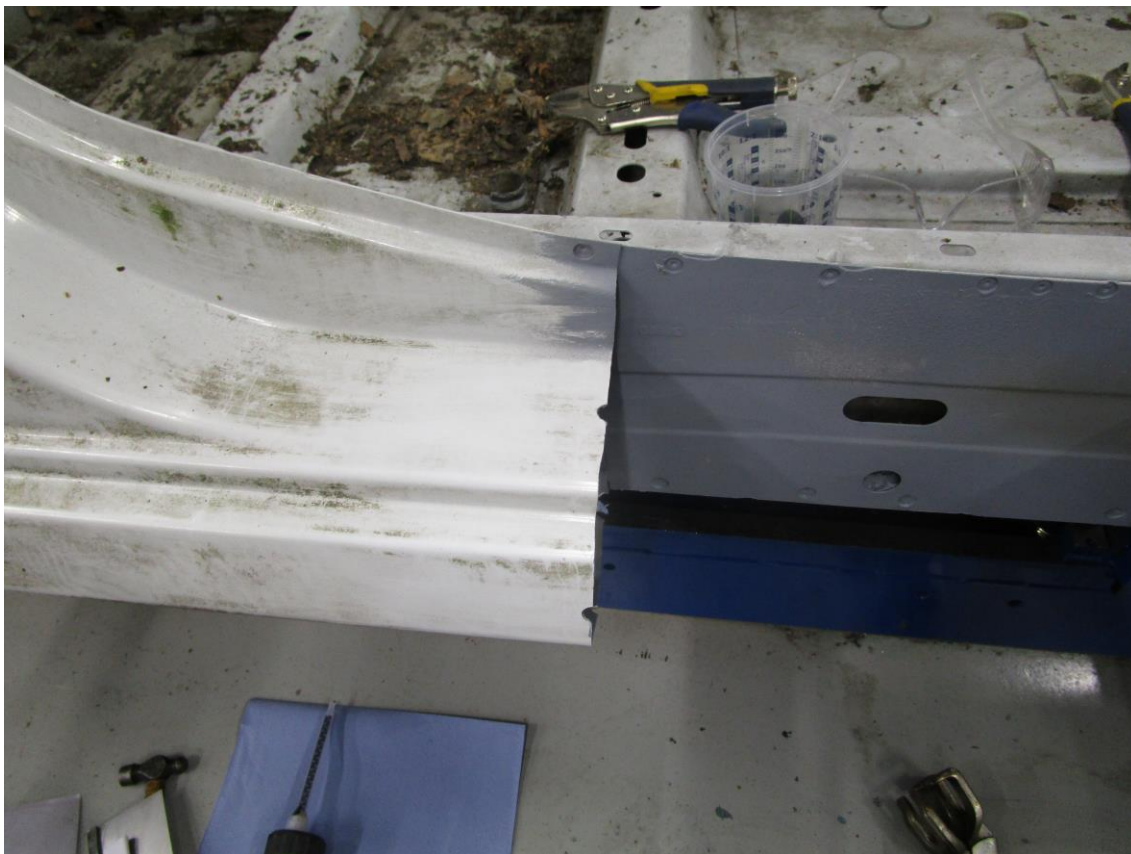
3.6 Niittaus-liimaus käytännössä

Esimerkkitapauksessa esitellään niittaus-liimaustekniikkaa, jota käytetään ainakin BMW 1 -sarjan takalokasuojien liittämiseen. Esimerkkitapaus on poimittu AEL:n järjestämästä koulutuksesta. Ajankäyttösyistä johtuen esimerkissä ei vaihdeta koko takalokasuojaa ja korjattavana auton ei ole BMW-merkkinen auto. Tämä esimerkki on havainnollistava, eikä siinä ole noudatettu kirjaimellisesti minkään autovalmistajan antamia ohjeita. Tästä huolimatta esimerkistä saa hyvän kuvan niittaus-liimaustekniikasta.

Ennen vanhan osan irrotusta tulee valmistajan korjausohjeesta katsoa sallittu katkaisukohta ja sallitut työmenetelmät osan irrottamiseen. Autossa alkuperäisenä oleva takalokasuojaja on monessa tapauksessa osa isompaa peltiä, ja monesti koko auton kylki on samaa kappaletta. Tehtaan jäljiltä osat on kiinnitetty pääsääntöisesti erilaisilla hitsausmenetelmillä sekä liimalla.

Takalokasuojan ja tässä tapauksessa helmapellin palan irrottamiseen on käytetty pisteporakonetta sekä paineilmasahaa. Porattaessa pistehitsejä auki pisteporakoneella tulee kiinnittää huomiota oikeaan poraussyvyYTEEN, eli porataan vain irrotettavan pellin vahvuuden verran, jolloin ei tehdä turhia reikiä auton muihin osiin. Sahatessa vanhaa osaa irti tulee kiinnittää huomio sahausyvyYTEEN, ettei pintapellin alla oleviin sisäosiin ja vahvikkeisiin tulisi vaurioita.

Vanhan vaurioituneen osan irrotuksen jälkeen on pintapellin sisäpuoliset rakenteet nähtävissä ja vauriosta riippuen ne tulee tarkastaa mahdollisten vaurioiden varalta. Vaurioituneen osan irrotuksen yhteydessä syntyneet poraus- ja sahausjätteet tulee poistaa huolellisesti eikä puhaltaa paineilmalla auton kotelorakenteisiin. Joissakin kohteissa kuten tässäkin on uuden osan asennusta helpottamiseksi auton helmapellin katkaisupinnat lovettu liitosmuhvin kierretappeja varten. Tällöin varmistutaan muhvin paikoillaan pysymisestä liimattaessa uutta osaa. Kun vanha osa on irrotettu, tulee osan irrotuksen yhteydessä liitospintoihin syntyneet työjäljet paikata ja ruostesuojata valmistajan ohjeiden mukaisesti, yleensä kaksikomponenttiepoksimaalilla (kuva 4).



Kuva 4. Helma, josta on poistettu vaurioitunut osa ja jonka liitospinnat on pohjustettu.

Kun vanha vaurioitunut osa on leikattu irti, aletaan työstää uutta osaa. Uudesta osasta mitataan oikean kokoinen pala ja leikataan irti. Uusi osa ja sen liittämiseen käytettävät muhvit tulee sovittaa paikoilleen ennen liitosten tekemistä. Myös uuden osan leikkauspinnat ja työjäljet tulee tarpeen vaatiessa suojata ruosteelta.

Osan ja liitosmuhvien sovituksen varmistamisen jälkeen voidaan kappaleen liittäminen aloittaa. Ensin levitetään liima muhvien helmakoteloon menevään osaan ja laitetaan muhvit paikoilleen. Tämän jälkeen levitetään liima muihin pintoihin, kuten muhvien uuden osan liitospintoihin, oviaukon alareunaan sekä helman alareunaan. Liimaa tulee reilusti; ylimääräinen liitoksen välistä pursuava liima ei ole haitaksi helmakotelossa, ja muista saumoista se saadaan pyyhittyä pois (Kuva 5).



Kuva 5. Liima levitettyä muhveihin sekä helman ylä- ja alareunaan.

Liimanlevityksen jälkeen asennetaan korjauspala ja kiristetään se paikoilleen muhvien kierretappeihin tulevilla leveäkantaisilla muovimuttereilla sekä ylä- ja alakanteista lukkopihdeillä. Kiristuksen jälkeen on hyvä varmistaa osan sovitusta viivainta apuna käyttäen. Osan ollessa kohdallaan voidaan aloittaa niittaus. Niitit niitataan ylä- ja alakanttiin paineilmatoimisella niittauslaitteella. Kun vaaditut niitit on niitattu, voidaan liima kuivata infrapunakuivaimella.

Liiman kuivuttua työstettäväksi katkaistaan muhvien kierretapit ja poistetaan helmakotelon poikittaisten liitosten liima vanhan ja uuden osan välistä muhvin peltiin asti. Tämän jälkeen täytetään syntyneet urat täyteaineella, kuivataan täyteaine infrapunakuivaimella ja suoritetaan karkea hionta. (Kuva 6.)



Kuva 6. Liitossauma täytettynä ja hiottuna.

4 Vetokokeet

4.1 Koejärjestelyt

Vetokokeissa testatut koeliitokset tehtiin Ruukin Litec 600 DB -teräkseen. Koejärjestelyt alkoivat teräslevyn leikkaamisella sopiviksi paloiksi. Vetokoekappaleiden leveydeksi valikoitui 70 mm, jolloin liitos voitiin toteuttaa kahdella niitillä tai pistehitsillä.

Osa koeliitoksista tehtiin pohjamaalattuihin kappaleisiin. Testattavia liitoksia olivat stanssiniitti-liimaliitos, pistehitsi-liimaliitos, liimaliitos, stanssiniittiliitos sekä pistehitsiliitos. Liitokset, joissa käytettiin liimaa, toteutettiin pohjustamattomille sekä pohjustetuille kappaleille. Koeliitoksissa levyjen päät olivat limittäin 25 mm:n pituudelta, jolloin liiman pinta-alaksi saatiin $17,5 \text{ cm}^2$.

Kaikkien liimattavien ja pohjustettavien kappaleiden pinnat karhennettiin karhunkielellä, minkä jälkeen ne käsiteltiin rasvanpoistoaineella pohjamaalin ja liiman tarttumisen varmistamiseksi. Pohjustetut kappaleet karhennettiin uudelleen ennen liiman levittämistä. Pohjustettavien kappaleiden pohjamaalina käytettiin SEM:n Self Ethic Primer -happopohjamaalia. Liimaliitoksiin käytettiin 3M:n 08115 2-K -koriliimaa.

Niitattaviin koekappaleisiin levitettiin liima ja niitattiin kahdella stanssiniitillä toisiinsa kiinni. Pistehitsattuihin kappaleisiin merkittiin hitsien paikat ja hiottiin hitsattavien pisteiden kohdille pohjamaaliin pienet reiät, levitettiin liima ja hitsattiin kiinni Gyspot PTI -vastuspistehitsauslaitteella (kuva 7). Liitosten tekemisen jälkeen liiman annettiin kuivua useampi vuorokausi (kuva 8). Liimanvalmistajan ilmoittama kuivumisaika oli 24 tuntia, mutta kuivumista olisi voitu liimanvalmistajan ohjeistuksen mukaan nopeuttaa lämmöllä.



Kuva 7. Gyspot PTI -vastuspistehitsauslaite.



Kuva 8. Vetokokeita varten tehdyt koekappaleet kuivumassa.

4.2 Vetokokeiden tulokset

Vetokokeissa keskityttiin testattavien liitosten murtolujuuteen eli siihen, mikä on maksimileikkausvoima, jonka liitos kestää. Vetokokeiden tuloksista on selvästi havaittavissa pohjustettujen kappaleiden heikko murtolujuus pohjustamattomiin nähden (taulukko 1).

Taulukko 1. Vetokokeiden tulokset.

Liitos	Max voima [N]
Pistehitsi-liima pohjustamaton	26500
Niitti-liima pohjustamaton	24850
Liima pohjustamaton	24000
Pistehitsi-liima pohjustettu	17000
Pistehitsi	14000
Niitti-liima pohjustettu	7100
Niitti	6100
Liima pohjustettu	4150

Tarkasteltaessa vetokokeella murrettuja liitoksia voidaan selvästi todeta pohjustettujen liimaliitosten heikkoudeksi pohjamaalin pysyminen pellissä kiinni. Kaikissa pohjamaalatuissa kappaleissa on pohjamaali irronnut pellin pinnasta.

Liitokset, joissa liima levitettiin pohjustamattomalle pellille, on huomattavissa osittaista liiman irtoamista pellistä sekä liiman itsensä repeämistä. Pohjustamattomat liitokset, joissa oli liiman lisäksi niitit tai pistehitsit, oli havaittavissa liiman repeämistä sekä irtoamista pellistä, kun taas pelkällä liimalla tehty liitos repesi keskeltä liimasaumaa.

4.3 Johtopäätöksiä

Pohjamaalattujen kappaleiden heikko kestävyys herätti muutaman kysymyksen, joita ajatellen olisi mielenkiintoista tehdä jatkotutkimuksia. Jatkotutkimuksissa voisi tutkia eri pohjamaalien soveltuvuutta käytettäväksi liimaliitoksissa ja ylipäänsä pohjustuksen tarpeellisuutta, ja selvittää, voisiko korroosiosuojauksen tehdä liitoksessa käytettävällä liimalla.

Lähteet

- 1 Euro NCAP -kolaritestit. Verkkodokumentti. Autoliitto.
<<http://www.autoliitto.fi/tietopankki/testi-ja-tutkimustuloksia/euro-ncap-kolaritestit/>>. Luettu 20.5.2015.
- 2 Strasser, Martin. Bonding and Riveting. Verkkodokumentti.
<<http://www.tae.be/fichier/X-Press800-bonding-and-riveting.pdf>>. Luettu 20.5.2015.
- 3 Automotive Circle International Conference Proceedings. 7.–8.3.2013.
- 4 Rivets and Installation Tools. Verkkodokumentti. Marshall Sales.
<http://www.marshallsales.com/pr_rivets.php>. Luettu 23.5.2015.