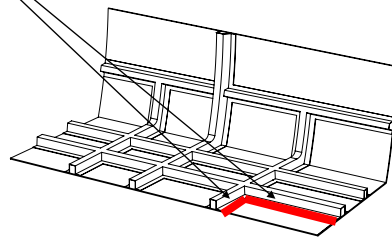


Liimatun lujitemuovipalkiston vaatimukset ja tarkastusmenetelmät Valittuja esituloja

Vene-ohjelman seminaari, Pietarsaari 29.11.2011
Max Johansson, Merja Sippola, Perttu Hintikka
VTT

Rakenne ja Tausta

- Palkisto on tehty erillisessä muotissa ja liimattu kiinni runkoon
- Tarkastaminen että liimasauma on onnistunut on vaikeaa tuotanto-olosuhteessa
- On ollut tapauksia missä koko palkisto on irronnut rungosta
- Yksinkertaistetut laskentamenetelmät, kuten ISO 12215 – 5 ja 6 eivät pysty mallittamaan näitä ongelmia riittävällä tasolla → ei käytännön työkalua todellisen rakenteen arvioimiseksi



Tutkimusprojekti

- Tavoite: nostaa lujitemuovipalkiston liimausosaaminen veneteollisuudessa ja VTT:llä sellaiselle tasolle, että veneenvalmistajat voivat siirtyä käyttämään kustannustehokasta liimausta uusissa tuotteissaan.
- Osatavoitteet:
 - selvittää lujitemuovivenepalkiston liimasaumalle asetettavat vaatimukset
 - kehittää laskentamenetelmä liimatun palkiston suunnittelemiseen
 - tutkia mitkä asiat vaikuttavat heikentävästi liimasaumaan
 - miten suuria virheitä on löydettävä tuotantovaiheessa
 - K
- Yritysosallistajat: Oy Astra Marine Ab, Bella-veneet Oy, Konekesko Oy Marine, Oy Nautor Ab, Oy Sika Finland Ab

Liimausprosessissa huomioitavia tekijöitä

Materiaalien hallinta

- Materiaalien säilytyslämpötilojen ja kosteuden hallinta
- Tilojen puhtauden hallinta
- Säilytysaikojen hallinta

Tuotanto-olosuhteet

- Lämpötila ja kosteus hallinta
- Tuotantotilojen puhtauden hallinta
- Materiaalien käsittely tuotannon aikana

Pintakäsittely ja liimaus

- Pintakäsittelymenetelmän hallinta (työajat, käsittelytekniikat)
- Pintakäsittelyssä tarvittavat työkalut ja kemikaalit
- Liiman työajan hallinta
- Liiman sekoitusmenetelmät, liimausvälineet, liiman määrä, levitysjälki

Kappaleiden asennus

- Yhteensopivuuden varmistaminen ennen liimausta
- Kappaleiden toleranssit
- Saumapaksuuden hallinta (esim. kumitassut)
- Ylimääräisen liiman poisto (purseen hallinta)
- Liimausjigit

Kovettaminen

- Kovetusmenetelmän hallinta (lämpötila, kovetus aika, tarvitaanko lämmitystä?)
- Puristusmenetelmän määrittäminen (työkalut, puristuspaine, puristus aika)
- Lämpötilan ja kosteuden hallinta

Muita asioita

- Valmiiden tuotteiden säilytys
- Turvallisuustekijät
- Työntekijöiden suojaus
- Ilmanvaihto

Liimasauman tarkastusmenetelmät

- Liimasaumojen tarkastukseen soveltuvat ainetta rikkomattomat tarkastusmenetelmät
- Tyypilliset viat: Liimasauman adheesiomurtuma, koheesiomurtuma liima-aineessa, huokokset ja ilmakuplat
 - Akustiset menetelmät
 - Visuaaliset menetelmät
 - Termografia
 - Ultraäänimenetelmät
 - Shearografia
 - Radiografia

	Liitostyyppi		Vikatyyppi			Käytettävyyteen liittyvät tekijät			
	Komposiitti	Metalli	Huokokset	Onkalot	Adheesio	Turvallisuus	Ammattitaito	Hinta	Soveltuvuus
Akustinen	x	x		x	x	Hyvä	Matala	Halpa	Paikallinen
Radiografia		x	x	x		Huono	Korkea	Hintava	Iso pinta-ala
Shearografia	x			x	x	Keskitaso	Korkea	Hintava	Iso pinta-ala
Termografia	x		x	x	x	Hyvä	Keskitaso	Keskitaso	Iso pinta-ala
Ultraääni	x	x	x	x	x	Hyvä	Matala / Keskitaso	Halpa / Keskitaso	Iso pinta-ala / Paikallinen
Visuaalinen	x	x			x	Hyvä	Matala	Halpa	Ei määritelty

Termografia, tutkimuslaitteisto

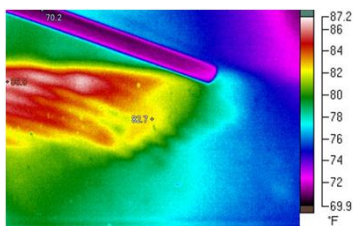
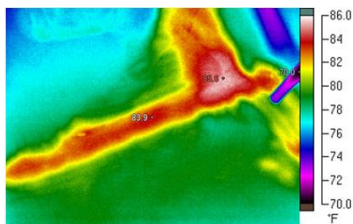
- Lämpökamera Fluke Ti32
- Lämmitys 2 kpl 1000 W infrapunalamppua
- Lämmitysetäisyys n. 40 cm



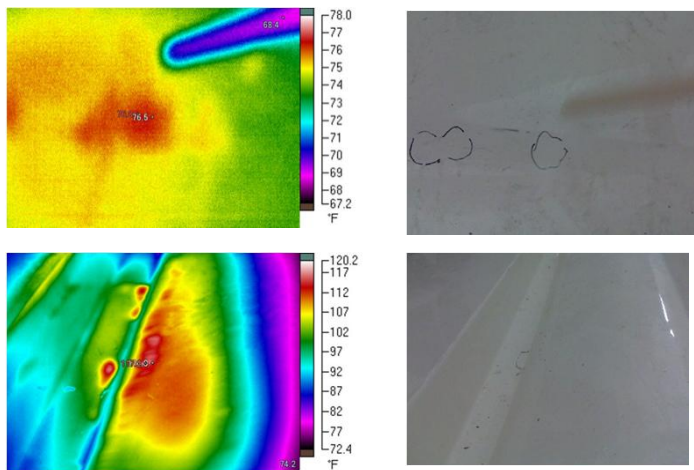
Venerungon lämpökamerakuvaus

- Runkoon liimattu sisämoduuli, jossa jäykisterakenne ja sisäkuori ruiskulaminoituna. Verhoilupaneeli 2-4 mm, palkkien uumat 3-4 mm ja palkkien laipat 6 mm
- Metalliesineellä koputtelemalla ja infrapunakameralla havaittiin alueita, joissa ei ollut adheesiota palkkien (kaarien) uumien läheisyydessä, palteessa ja kölirangassa laminaattiverhouksen taitteessa
- Tutkittavat pinnat olivat kiiltäviä Gelcoat-pintoja, joiden heijastukset aiheuttivat häiriöitä infrapunakuviissa
- Häiriöt saatiin pois, kun mittaus tehtiin peitteen alla
- Lämmitysmenetelmää parannettava, muuten tulokset rohkaisevia

Venerungon lämpökamerakuvaus

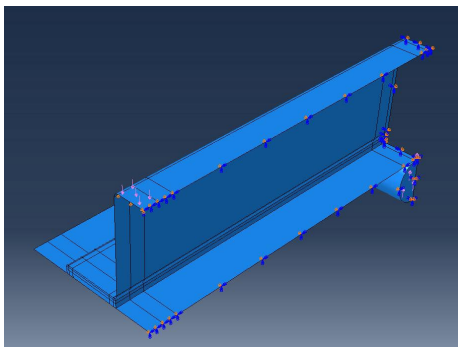


Venerungon lämpökamerakuvaus

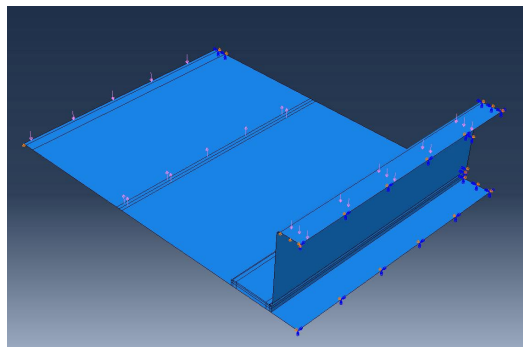


FE-mallit

1. Kolmipistetaivutus



2. Viisiviivataivutus



(neljäsosamallit symmetriareunaehdoin)

Kokeet

1. Kolmipistetaivutus (esikoe)

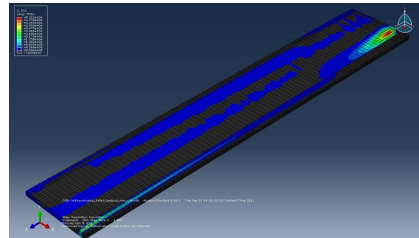
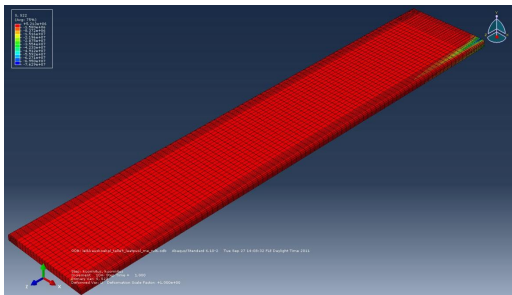


FE-mallit ja kolmipistetaivutuksen esikokeet vastasivat hyvin toisiaan. Taipuma kokeiden keskimääräisellä murto-kuormalla 7 kN oli malleissa keskimäärin 4.7 mm, kokeissa (jäykällä liimalla) keskimäärin 5.2 mm. Mallin tuenta poikkesi esikokeen tuennasta (ei viisteitä).

Varsinaiset kokeet tulossa, myös viisiviivataivutuskokeet.

Alustavia tuloksia

- Kuvassa vasemmalla on esitetty liimasaumaan kolmipistetaivutuksessa syntyvät paksuussuuntaiset jännitykset, kuvassa oikealla vain repivät vetojännitykset. Huom! Neljännesmalli, jossa kuormitusrulla sijaitsee mallin oikean päädyn alla (symmetriaRE).



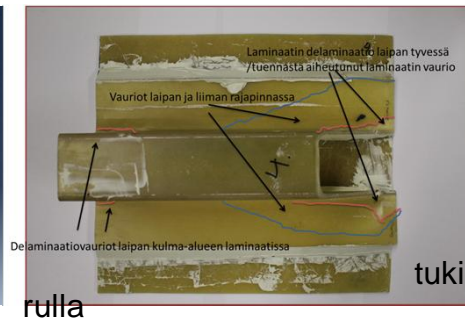
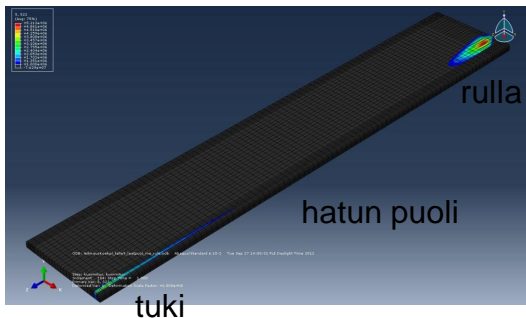
Alustavia tuloksia

- Malleissa käytettiin kahta liimasauman paksuutta ja kahta liimatyyppiä. Taulukossa on esitetty palkin taipuma, suurin repivän jännityksen arvo liimasaumassa ja suurin leikkausjännityksen arvo liimasaumassa. Paksu liimasauma pienentää repiviä jännityksiä. Liiman jäykkyys kasvattaa jännityksiä ja repivien jännitysten osuutta. Jäykällä liimalla rakenne pettää repivien jännitysten vaikutuksesta laipan delaminaatiolla ja/tai liimasauman adheesio-
pettämisenä. Joustavalla liimalla on mahdollista myös liiman leikkauslujuuden ylittyminen.

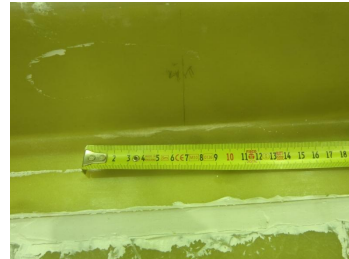
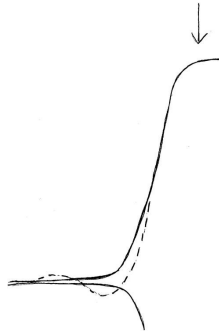
liima	sauma mm	taipuma mm	repivä jännitys MPa	leikkausjännitys MPa	jännityssuhde
joustava	5	4,7	3,5	9,6	0,36
jäykkä	5	4,7	7	11,5	0,61
joustava	10	4,8	2,1	7,7	0,27
jäykkä	10	4,6	3,5	10,9	0,32

Alustavia tuloksia

- Kolmipistetaivutuksen esikokeissa rullan lähellä laippa delaminoitui pieneltä matkalta läheltä uuman kaarretta ja tuen luona laippa delaminoitui ja liiman adheesio petti laajemmalla alueella. Adheesiolujuutta ei tunneta. Kuvassa vasemmalla alue, jolla repivät jännitykset liimassa ylittävät FE-mallissa 1 MPa. Oikealla koekappaleen puolikas. Palkin päädyt olivat viisteen takia huonolla tavalla tuetut, joten tuen lähellä tapahtui ylimääräistä vauriota laipassa ja liimassa.



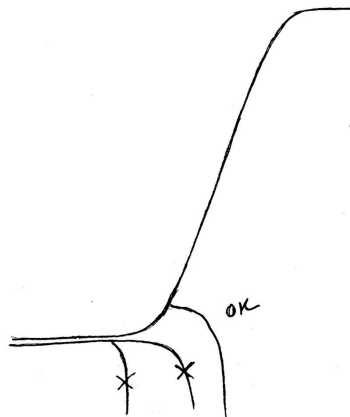
Merkittäviä havaintoja laskennasta



- Pohjakosketuksessa ja slammingkuormituksessa palkin uuma puristuu liimasauman reuna-aluetta vasten. Vastaavasti laipan alle pyrkii syntymään kohouma, eli sinne syntyy repiviä jännityksiä.
- Jos purse puuttuu, alla ei ole tukea ja uuma taittuu liimasauman reunan yli. Tällöin repivät jännitykset laipan alla ovat jopa yli dekadin verran suurempia kuin jos purse tukee uumaa riittävästi.

Merkittäviä havaintoja

- Liimapurseen tulisi siis olla iso ja yhtenäinen



KIITOS MIELENKIINNOSTA!

- Työ jatkuu...



**VTT luo teknologiasta
liiketoimintaa**