




Open your mind. LUT.
Lappeenranta **University of Technology**



**MODUVA – Modulaarisuudella
tehokkuutta alumiinisten
venerunkojen valmistukseen**

MODUVA pähkinäkuoressa

- 1.6.2010 – 31.12.2011
- 464 180 €
 - Tekes 278 500 €
 - LUT 164 440 €
 - Yritykset 23 240 €
 - Oy HT Engineering Ltd
 - Promeco Group Oy
 - TerhiTec Oy / Silver Boats
 - Kewatec Aluboot Oy
- 5 htv
- Projekti vastuullinen johtaja prof. TKT Jukka Martikainen
- Projektipäällikkö Esa Hiltunen

29.11.2011 Pietarsaari

Veneiden konseptin, tuotannon ja rakenteiden suunnittelu

3

Lappeenranta University of Technology

Projektin lähtökohta

- Lähtökohtana edeltäneessä ALVENE-projektissa tehdyt havainnot ja saadut tulokset
 - Vapaa-ajan veneiden hitsauksen robotisointiin on laitetekniikka kaupallisesti saatavilla
 - Robotit, käsittelylaitteet, hitsauslaitteet, anturit (lähes)
 - Tyypillisen veneen hitseistä on n. 70 -80 % hitsattavissa robotisoidusti
 - Suurimmat esteet robotihitsauksen käytön soveltamiselle
 - Konstruktiot ja niiden robotihitsattavuus
 - Luoksepäästävyys (ahtaus sisäpuolisen jäykisterakenteen hitsauksessa)
 - Liitosmuodot
 - Liitettävien osien sovite-epätarkkuus



29.11.2011 Pietarsaari

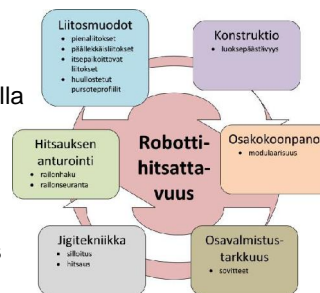
Veneiden konseptin, tuotannon ja rakenteiden suunnittelu

4

Lappeenranta University of Technology

Projektin tavoitteet

- Alumiinisten venekonstruktioiden kehittäminen valmistusystävällisempään suuntaan
 - Osakokoonpanojen ja moduulien luominen jo suunnitteluvaiheessa, jotka ovat tuotantolaitteilla valmistettavissa (robottihitsaus; ulottuvuus ja luoksepäästävyys)
- Modulaarisen ja joustavan kiinnitintekniikan kehittäminen
 - Sarjasuuruuden kasvaminen => taloudellisuus
- Muodonmuutosten ennakointi ja minimointi
 - Hitsausprosessit ja lämmöntuonti
 - Hitsausjärjestys
 - Hitsauskiinnittimet



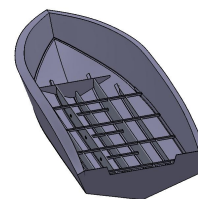
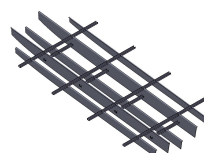
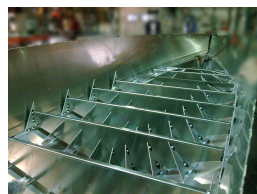
29.11.2011 Pietarsaari

Veneiden konseptin, tuotannon ja rakenteiden suunnittelu

5

Projektin tuloksia

- "Alumiiniveneen rungon modulointi robottihitsauksen tehostamiseksi"**
 - Perinteisesti vapaa-ajanveneen valmistuksessa ei käytetä laitamoduuleja lukuun ottamatta osakokoonpanoja, vaan osat pääosin silloitetaan ja hitsataan loppukokoonpanoon eri vaiheissa
 - Sisäpuolisen jäykisterakenteen hitsauksessa (kuva vas.) luoksepäästävyysongelmia
 - Projektissa ideoitin erikseen kokoonpantava ja hitsattava jäykistemoduuli-konsepti
 - Hyvä hitsien luoksepäästävyys
 - Itsepaikoittuvien liitosten hyödyntäminen
 - Robottihitsaus mahdollinen



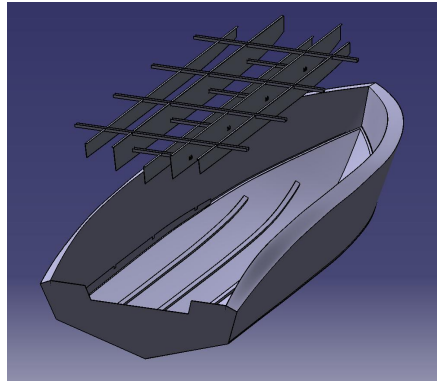
29.11.2011 Pietarsaari

Veneiden konseptin, tuotannon ja rakenteiden suunnittelu

6

Modulaarinen konsepti

- Moduulin rajapintoina ovat veneen pohjaan hitsatut pituusjäykisteet sekä laidan profiiliin tai pohjalevyyn hitsatut laserilla muotoon leikatut paikoituslevyt



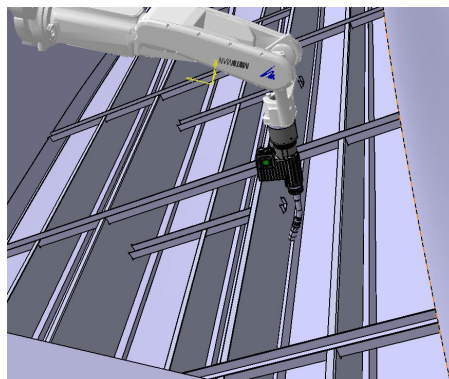
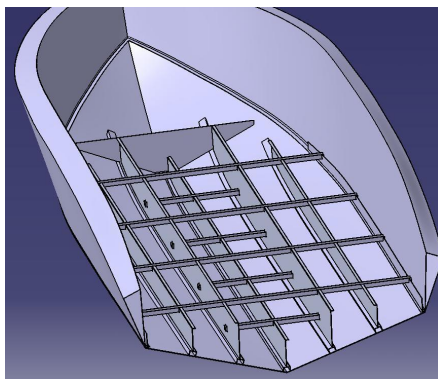
29.11.2011 Pietarsaari

Veneiden konseptin, tuotannon ja rakenteiden suunnittelu

7

Lappeenranta University of Technology

Modulaarinen konsepti



29.11.2011 Pietarsaari

Veneiden konseptin, tuotannon ja rakenteiden suunnittelu

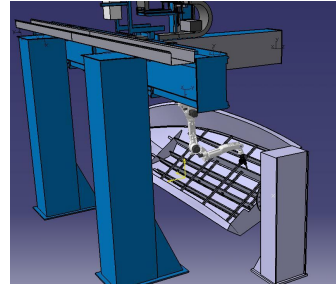
8

Lappeenranta University of Technology

Modulaarinen konsepti

- Pituussuuntaisen jäykisterakenteen ansiosta robotihitsaus helpottuu
 - Enemmän tilaa hitsauspolttimelle
 - Pitkittäinen jäykisterakenne voidaan hitsata robotilla kasaan erillään
 - Jäykistemuoduuli silloitetaan kiinni runkoon, jonka jälkeen se on robotihitsattavissa
 - Hitsit pääasiassa pienahitsejä
 - Osien määrä vähenee huomattavasti (kolmiopalat jäävät pois)

- Sama jäykistemuoduuli soveltuu avoveneeseen sekä hytilliseen veneeseen vähäisillä muutoksilla
 - Nykyisin avoveneellä ja hytillisellä veneellä erilainen jäykisterakenne



29.11.2011 Pietarsaari

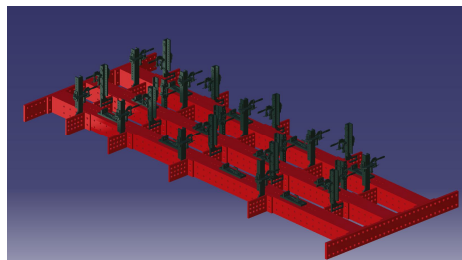
Veneiden konseptin, tuotannon ja rakenteiden suunnittelu

9

Lappeenranta University of Technology

Projektin tuloksia

- **”Kehittynyt modulaarinen kiinnitintekniikka alumiiniveneiden robotihitsauksessa”**
 - Ideoitiin modulaarinen hitsauskiinnitin, jota voidaan hyödyntää useamman venemallin jäykisterakenteen hitsauksessa



29.11.2011 Pietarsaari

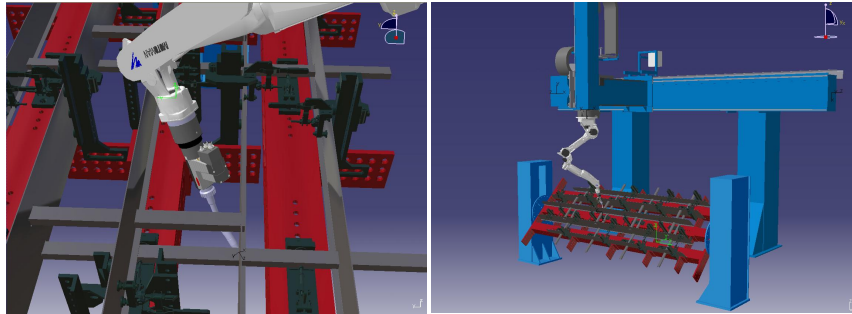
Veneiden konseptin, tuotannon ja rakenteiden suunnittelu

10

Lappeenranta University of Technology

Modulaarinen robottihitsauskiinnitin

- Ulottuvuustarkastelussa robotti ylittää kaikkiin hitseihin törmäämättä työkappaleeseen
- Hitsausasennosta ei kuitenkaan saa optimaalista kaikissa tilanteissa



29.11.2011 Pietarsaari

Veneiden konseptin, tuotannon ja rakenteiden suunnittelu

11

Lappeenranta University of Technology

Modulaarinen robottihitsauskiinnitin

- Modulaariset hitsauskiinnittimet soveltuvat pienistä keskikokoisiin valmistussarjoihin
- Modulaariset hitsauskiinnittimet ovat askel tuotantotarkkuuden parantamiseen tapauksissa, joissa työkappaleet normaalisti vain silloitetaan
- Yhdistämällä modulaarinen kiinnitintekniikka modulaarisiin tuotteisiin päästään hyödyntämään suuruuden ekonomiaa pienemmillä tuotantomäärillä
- Ei suurta säästöä hitsauksen työkiertoajassa, mutta:
 - Jäykisterakenteeseen käytettävät nimikkeet yksinkertaistuvat ja vähenevät
 - Uudessa rakenteessa osien asetus tapahtuu tarkasti kiinnittimeen
 - Uusi rakenne mahdollistaa robotin käytön jäykisterakenteen valmistuksessa
 - Työturvallisuus ja ergonomia paranevat
 - Kiinnittimessä hitsattavien jäykisterakenteiden määrä kasvaa moninkertaiseksi, jos moduulirakennetta hyödynnetään myös muissa venemalleissa

29.11.2011 Pietarsaari

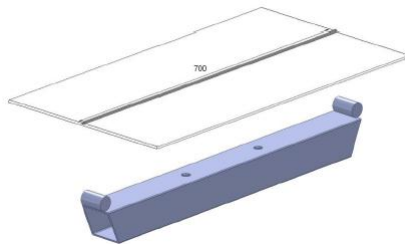
Veneiden konseptin, tuotannon ja rakenteiden suunnittelu

12

Lappeenranta University of Technology

Projektin tuloksia

- ”Hitsauksen aiheuttamat muodonmuutokset ja niiden hallinta alumiiniveneiden rakenteissa”
 - Hitsauskokeissa tarkasteltiin levyn käyttäytymistä myös kokeen aikana
 - Venymäliuskamittaukset ja mittakellot
 - Varioidut parametrit
 - a-mitta ja hitsien pituudet



29.11.2011 Pietarsaari

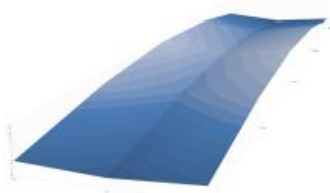
Veneiden konseptin, tuotannon ja rakenteiden suunnittelu

13

Lappeenranta University of Technology

Muodonmuutokset

- Pituussuuntainen kaareutumisen ja kulmavetäymä toimivat levyrakenteiden hitsauksessa aina parina
=> satulapinta
- Kumpi määräävä tekijä?
- Levyaihion alkutila (alkutaipuma) ja hitsauksen aikaiset tapahtumat määräävät lopputilan
 - Kulmavetäymä pyrkii siirtämään neutraaliakselin hitsin painopisteen yläpuolelle



29.11.2011 Pietarsaari

Veneiden konseptin, tuotannon ja rakenteiden suunnittelu

14

Lappeenranta University of Technology

Muodonmuutokset

- Katkohitseissä kulmavetäymä on määräävä tekijä
- Jatkuviissa hitseissä pituussuuntainen kaareutumisen on määräävä tekijä
- Suosituksia:
 - Joko n. 100-100 katkohitsejä tai täysin jatkuvia hitsejä (ei pitkiä katkohitsejä)
 - a-mitta hallintaan varsinkin kiinnitysliitoksissa (vaikuttaa sekä kulmavetäymään, että pituussuuntaiseen kaareutumiseen)
 - => Pieni a-mitta => jatkuva hitsi (taka-askel)=> jäykisteen maksimaalinen lujuusvaikutus
 - Katkohitseillä silloitukset eri kohtiin kuin varsinaiset hitsit
 - Taka-askelhitsaus muodonmuutosten kannalta hyvä tapa
 - Ei vaikuta kulmavetäymän suuruuteen ja johtaa vain vähäiseen kaareutumiseen

29.11.2011 Pietarsaari

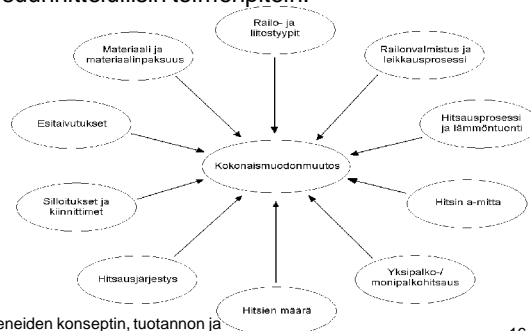
Veneiden konseptin, tuotannon ja rakenteiden suunnittelu

15

Lappeenranta University of Technology

Projektin tuloksia

- ”Alumiinisen veneenrungon muodonmuutosten hallitseminen suunnittelullisin keinoin”
 - Tavoitteena kartoittaa hitsatun alumiinirakenteen kokoonpanon aikaisten hitsausmuodonmuutosten aiheuttajat ja suuruudet sekä miettiä keinoja niiden vähentämiseksi suunnittelullisin toimenpitein.
 - Muodonmuutosten osatekijät (kuva)



29.11.2011 Pietarsaari

Veneiden konseptin, tuotannon ja rakenteiden suunnittelu

16

Lappeenranta University of Technology

Hitsausmuodonmuutosten aiheuttajat ja vähentäminen suunnittelullisin keinoin

- Hitsien määrän vähentäminen on paras keino muodonmuutosten vähentämiseen. Parhaat keinot hitsauksen tarpeen vähentämiseen ovat särmätyjen levyjen ja pursoteprofiilien käyttö.
- Lämmöntuonnin vähentäminen vähentää samalla myös syntyvien muodonmuutosten suuruutta. Kasvattamalla hitsausnopeutta tai käyttämällä kylmäkaariprosesseja lämmöntuontia saadaan pienennettyä.
- Moduuleiden ja alikokoonpanojen muodonmuutokset ovat kokonaisrakennetta pienemmän koon ja vähäisemmän osien määrän vuoksi helpommin hallittavissa. Mittatarkkuusvaatimukset ovat kuitenkin oltava riittävän tarkat loppukokoonpanon jouhevuden takaamiseksi.
- Parametrisilla malleilla tiettyjen osakokonaisuuksien suunnittelussa saavutetaan ajansäästöä sekä itse suunnittelussa, että myös kiinnittimen suunnittelussa. Parametrinen malli mahdollistaa osien samankaltaisten geometrioiden ansiosta modulaarisen kiinnittimen käytön. Myös hitsauksen automaatiotasoa voidaan nostaa modulaarisen kiinnittimen ansiosta.

29.11.2011 Pietarsaari

Veneiden konseptin, tuotannon ja rakenteiden suunnittelu

17