

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka
Lentokonetekniikka

Opinnäytetyö

Jani Petäjäistö

Tuotannon työohjeiden kehittäminen

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2008

Yliopettaja Heikki Aalto
Patria Aerostructures Oy, valvojana DI Ritva Karinsalo

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Lentokonetekniikka

Petäjäistö, Jani

Tuotannon työohjeiden kehittäminen

Opinnäytetyö

31 sivua + 23 liitesivua

Työn ohjaaja

Yliopettaja Heikki Aalto

Työn teettäjä

Patria Aerostructures Oy, valvojana DI Ritva Karinsalo

Joulukuu 2008

Hakusanat

Komposiitti, työohje, tuotanto

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Patria Aerostructures Oy:n tuotannon työohjeiden kehittämistä. Tarkoituksena oli saada ohjeistus käytettäväksi tietokoneella sekä saada hyödynnettyä olemassa olevia 3D-malleja. Työhön sisältyi yhden tuotteen ohjeistuksen uusiminen sekä vertailu uuden ja vanhan ohjeen välillä. Ohjeistuksen tekemiseen käytettiin Microsoft Power Point-ohjelmaa sekä 3D-mallien käsittelyyn Catia V5-ohjelmaa. Ohjeistus saatiin tehtyä, ja siitä saadun palautteen perusteella ohjeistuksen kehittämistä päätettiin jatkaa sekä laajentaa. Ohjeista ei ollut tarkoitus tehdä täydellisiä kaksikielisenä. Työn tarkoitus oli tarkistella, palvelisivatko tämän tyyppiset ohjeet Patriaa vai tarvitsisiko kehittää jotain muuta.

TAMPERE POLYTECHNIC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCE

Mechanical and Production Engineering

Aeronautical Engineering

Petäjistö, Jani Improvement of production work orders

Engineering Thesis 31 pages, 23 appendices

Thesis Supervisor Principal lecture Heikki Aalto

Commissioning Company Patria Aerostructures Oy. Supervisor: Ritva Karinsalo (MSc)

December 2008

Keywords Composite, work order, production

ABSTRACT

In this final thesis was to investigate how to improve Patria Aerostructures production work orders. Goal was to get work orders use by computer and exploit 3D models. Work included one work order reformation and compare with new and old work order. Used programs were Microsoft Power Point and Catia V5. After feedback of the new work order development was decide to continue. A work order was not mend to do two dual languages. Goal was to investigate does this kind of work order fit to Patria or does need to development something else.

ALKUSANAT

Opinnäytetyö on tehty Patria Aerostructures Oy:n liiketoiminnalle, joka on osa Patria konsernia. Haluan kiittää tutkintotyöni valvojaa Ritva Karinsaloa ohjauksesta sekä neuvoista. Tampereen ammattikorkeakoulusta haluan kiittää Heikki Aaltoa. Vanhempiani haluan kiittää tuesta koko opiskeluaikanani.

Tampereella joulukuussa 2008

Jani Petäjäistö

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
ALKUSANAT	4
SISÄLLYSLUETTELO	5
1 JOHDANTO	6
2 YLEISTÄ KOMPOSIITEISTA	8
2.1 Materiaalit	8
2.2 Valmistustekniikat	9
2.2.1 Märkälaminointi.....	10
2.2.2 Prepreg laminointi	10
2.2.3 RTM.....	11
2.3 Rakennetyypit	12
3 Kokoonpanon kuvaus.....	14
3.1 Kiinnitinelementtien asennus	15
3.2 Loppukokoonpano.....	16
4 NYKYISET OHJEET	18
4.1 A-TO-ohjeet	18
4.2 Saattokortti ja ERP.....	19
4.3 Enovia	20
4.4 Kilpailevat ohjeet.....	21
4.5 Delmia.....	22
5 UUDET OHJEET	23
5.1 Tavoite uusille ohjeille	23
5.2 Ohjeistuksen toteutus.....	23
6 VERTAILU OHJEIDEN VÄLILLÄ	26
7 PALAUTE.....	28
8 LOPPUPÄÄTELMÄT.....	30
LÄHTEET	31
LIITE (LUOTTAMUKSELLINEN)	

1 JOHDANTO

”Patria on kansainvälisesti toimiva puolustus- ja ilmailuteollisuuskonserni, joka toimittaa omaan erityisosaamiseensa ja kumppanuuksiin perustuvia, kilpailukykyisiä ratkaisuja asiakkailleen. Patrian omistavat Suomen valtio (73,2 %) ja European Aeronautic Defence and Space Company EADS N.V. (26,8%).” /3/

”Aerostructures-liiketoiminta suunnittelee ja valmistaa vaativia, komposiittisia lentokone- ja avaruusrakenteita ja on aktiivisesti mukana uusien komposiittiteknologioiden kehittämissä ohjelmissa. Ydinosaamista ovat vahva komposiittirakenteiden suunnitteluosaaminen ja tehokkaat tuotantoprosessit.” /3/

Työn tavoitteena oli kehittää sekä parantaa Patria Aerostructuresin tuotannon työohjeiden ymmärrettävyyttä ja visuaalisuutta. Tarkoituksena oli tehdä proto-ohjeistus A5-hankkeen (A320 laskutelineuukut) kokoonpanoon. Vanhan ja uuden ohjeistuksen välillä tehtiin vertailu, jonka avulla määriteltiin, saavutettiinkö visuaalisilla uuden tyyppisillä ohjeilla haluttu hyöty. Vertailussa otettiin huomioon valmistussuunnittelijan käyttämä aika ohjeiden tekoon sekä vastaavasti se, miten ohjeista oli hyötyä itse työntekijälle. Tämän perusteella tehtiin päätös, millaisella laajuudella uusia työohjeita tulisi vastaisuudessa käyttää.

Patria Aerostructures on keskittänyt toimintansa komposiittisten osien valmistamiseen lähinnä laminoimalla. Asiakkaille toimitettavissa tuotteissa on kuitenkin kokoonpanovaiheita. Tämä poiki osaltaan tarpeen tarkistaa nykyisten ohjeiden kilpailukykyä.

Työ toteutettiin käyttämällä olemassa olevia suunnittelutyökaluja sekä niillä laadittuja rakennemalleja. Rakennemalleja käytettiin osana uutta

työohjeistusta. Tarkoituksena oli saada tuotanto käyttämään Enovia-tiedonhallintajärjestelmää aktiivisesti. Tuotannon työohjeet tehtiin Power Point ohjelmalla, siten että yhdellä sivulla kuvattiin yksi tehtävä työvaihe. Rakennemallit liitettiin Power Point sivuihin siten, että rakennemallien ja kokoonpanojen käänteleminen ja suurentaminen oli mahdollista.

2 YLEISTÄ KOMPOSIITEISTA

Komposiitilla tarkoitetaan kahden tai useamman materiaalin yhdistelmää, jotka eivät kuitenkaan ole liuenneet tai sulautuneet toisiinsa. Useimmiten komposiitista voidaan erottaa komposiitin kokonaisuudeksi sitova aineosa, jota kutsutaan matriisiksi, sekä matriisin sitova aineosa, esimerkiksi lujitekuidut. /1,4/

Muovikomposiitti on yhdistelmäateriaali, jonka pääkomponentteja ovat kuitumainen lujite sekä kuituja toisiinsa sitova matriisiaine (muovi). Kuitulujitteen ja muovimatriisin yhdistelmää kutsutaan yleisesti lujitemuoviksi. /1,4/

2.1 Materiaalit

Yleisin matriisiraaka-aine on kertamuovi. Yleisimpiä kertamuoveja ovat polyesterit, epoksit ja vinyyliesterit. Kovettumisen jälkeen kertamuoveja ei voida uudelleen muovata lämmön avulla. /1,4/

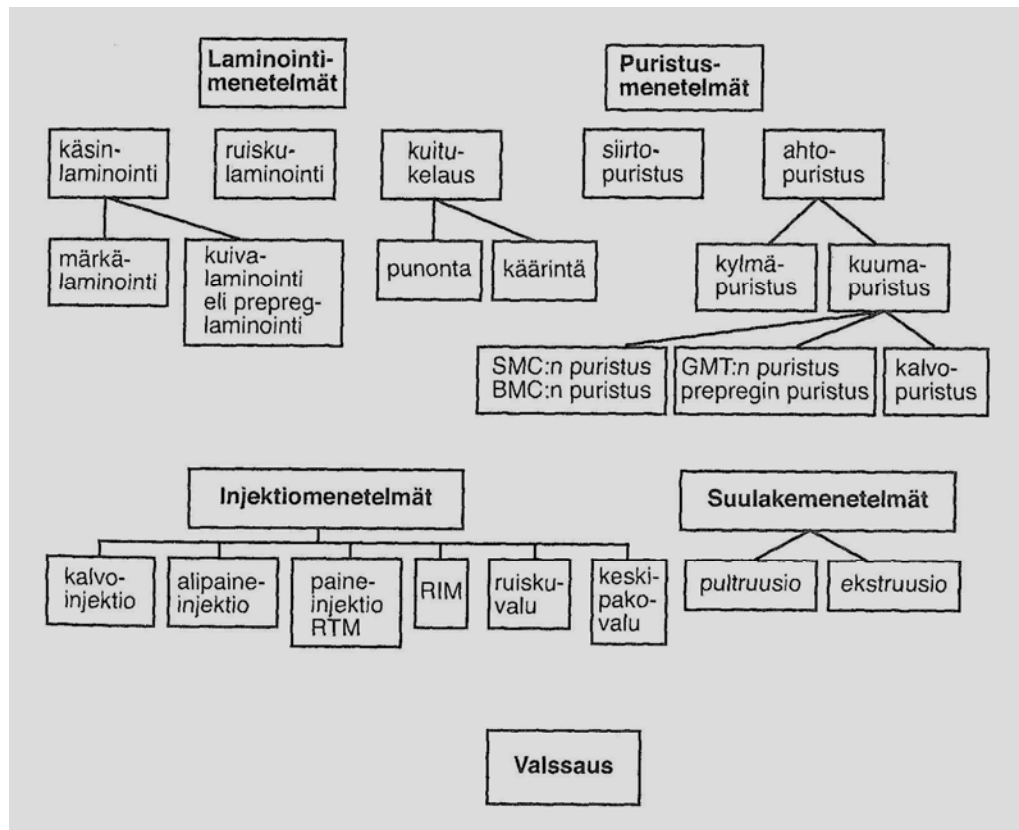
Kertamuovit soveltuvat lujitettujen tuotteiden valmistukseen erittäin hyvin. Kertamuovista on mahdollista valmistaa monen tyyppisiä tuotteita eri valmistusmenetelmillä. Kertamuovien työstö on helppoa, ja kertamuovien mekaaniset ja fysikaaliset ominaisuudet ovat hyvät verrattuna kestopuoveihin. Korroosionkesto ja lämmönkestävyys ovat yleisesti paremmat kuin kestopuoveilla. Huonoja puolia kertamuovilla ovat hauraus sekä heikko iskunkestävyys. /1,4/

Lujitteiden tehtävänä on kantaa komposiittiin kohdistuvat kuormat. Matriisi sitoo lujitteet toisiinsa sekä siirtää kuormitukset niiden kannettaviksi. Lasikuitulujitteen osuus kaikesta kaupallisesta sekä teollisesta käytöstä on

noin 95 %. Ilmailu- ja avaruusteollisuudessa kuitenkin suosituin lujite on hiilikuitu. /1,4/

2.2 Valmistustekniikat

Muovikomposiittirakenteiden valmistukseen on kehitetty useita menetelmiä. Ne voidaan ryhmitellä kuvan 1 mukaisesti. Ryhmittely perustuu muotoilussa käytettyyn tekniikkaan. Toisinaan ryhmittely tehdään muottityypin mukaan avoimiin ja suljettuihin muotteihin sekä suulakkeita ja valsseja käyttäviin jatkuvatoimisiin menetelmiin. /1,3/



Kuva 1. Valmistustekniikoiden ryhmittely /1 /

Valmistusmenetelmän valintaan vaikuttavat mm. haluttu laminaatin laatu, valmistuskustannukset, materiaalit sekä valmistettavan kappaleen geometria. Ilmailuteollisuudessa käytetään lähinnä prepeg-menetelmää, mutta RTM (paineinjektio) ja RFI (hartsikalvoinjektio) ovat yleistymässä /1,4/.

2.2.1 Märkälaminointi

Märkälaminointia käytetään ilmailuteollisuudessa lähinnä erikoistapauksissa, kuten yksittäiset prototyöt. Tämä menetelmä on myös yleisin laminaattien korjausmenetelmä /1/

Märkälaminoinnissa kuivat lujitekerrokset asetellaan muottiin, minkä jälkeen nestemäinen hartsi sivellään lujitteeseen pensselillä tai telalla. Ylimääräinen ilma poistetaan laminaatista telaamalla. Laminaatti voidaan kovettaa huoneenlämmössä, mutta voidaan käyttää myös korotettua lämpötilaa tai alipainesäkkiä. /1,4/

2.2.2 Prepreg laminointi

Prepreg on puolivalmiste, jossa kertamuovihartsi on sidottu kuituun ns. B-tilassa. Prepregien valmistusprosessissa B-tilassa oleva hartsi muuttuu lämpötilaa nostettaessa matalaviskoosiseksi nesteeksi ja kastelee kuitupakan. Lämpötilaa edelleen nostettaessa (120–180°C) hartsi kovettuu nopeasti. Prepreg-valmistus on tällä hetkellä johtava komposiittien valmistusmenetelmä ilmailuteollisuudessa. Yleisimpiä käyttökohteita ovat kerroslevyrakenteet, pintapaneelit ja muut laakeat rakenteet /1,4/

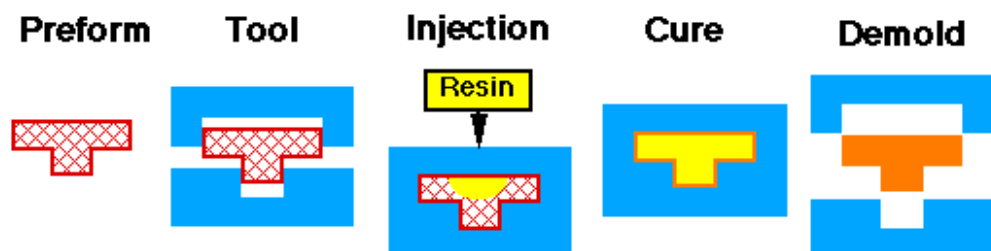
Prepreg-kerrokset asetellaan muottiin haluttuun järjestykseen. Kerrosten asemointiin voidaan käyttää laseravusteista kohdistusta, jossa kerroksen ääriviivat heijastetaan muotin pinnalle. Kerrokset asetellaan mahdollisimman tiiviiksi ja ilmattomasti. Paksuille laminaateille suoritetaan välitiivistys alipaineen avulla noin 5 kerroksen välein. /1,4/

Prepreg laminaatti kovetetaan tavallisesti paineastiassa eli autoklaavissa. Autoklaavissa suoritettavalla kovetuksella pyritään saamaan korkea lujitepitoisuus sekä mahdollisimman pieni huokoisuusprosentti. Kuvassa on esitetty tyypillinen kovetuskierto. Kovetuskierrossa on 30-60 minuutin mittainen vakiolämpötilavaihe, jonka aikana matriisi on saavuttanut minimiviskositeetin. Tämän vaiheen tarkoituksena on saada ilma mahdollisimman hyvin poistumaan prepregistä. /1,4/

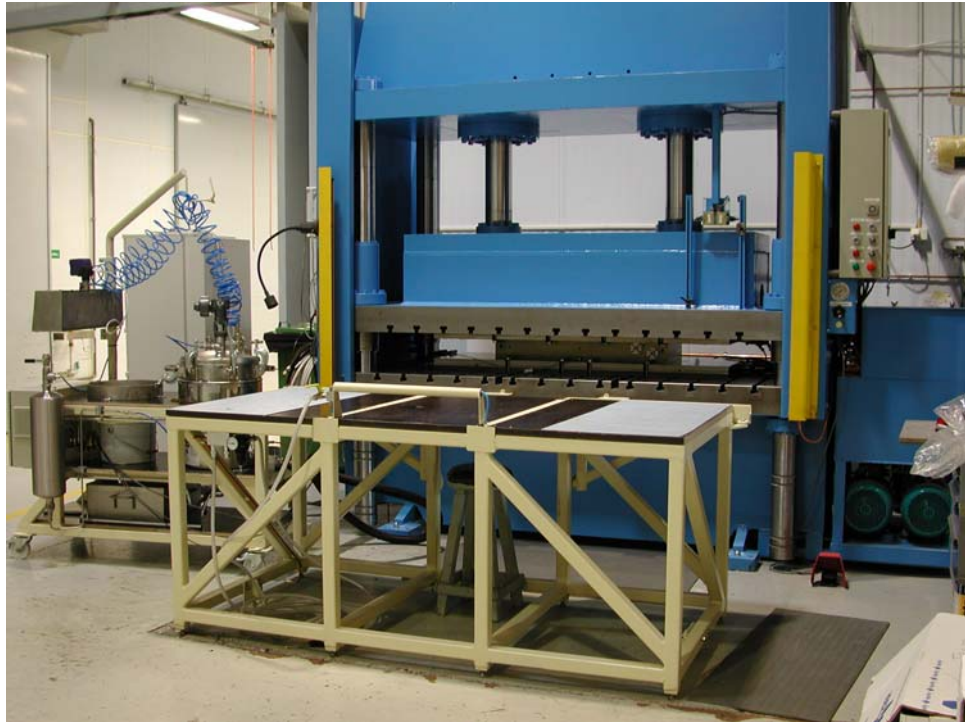
2.2.3 RTM

Paineinjektio eli RTM-menetelmä (Resin Transfer Moulding) perustuu nestemäisen hartsin injektointiin kuiviin lujitteisiin paine-eron avulla. RTM-menetelmä on nopeasti yleistynyt valmistusmenetelmä ilmailuteollisuudessa. Yleisiä käyttökohteita ilmailuteollisuudessa ovat monimutkaisen geometrian omaavat, korkeasti kuormitetut rakenteelliset osat esim. siipikaaret, korvakkeet, tukivarret. /1,4/

Valmistuksessa käytetään kaksipuolisia suljettuja muotteja. Lujitteet usein esimuotoillaan ennen injektointia. Injektoinnin jälkeen kappale kovetetaan, jonka jälkeen kappale poistetaan muotista ja viimeistellään. Kuvassa 2 on esitetty RTM-menetelmän vaiheet. Kuvassa 3 on Patrian käyttämä RTM-laitteisto. /1,4/



Kuva 2. RTM- valmistusmenetelmän vaiheet /1/



Kuva 3. Patrian käyttämä RTM- laitteisto /1/

2.3 Rakennetyypit

Komposiittituote on usein levymäinen rakenne, jossa lujitekuidut ovat kerroksittain levytasossa. Tällaista kerroksista muodostettua rakennetta kutsutaan yleisesti laminaatiksi. Nimikettä täydennetään usein esimerkiksi lujitteen käyttömuodon, -suuntauksen ja laminaatin rakenteen perusteella. Käyttömuodon määrittelevä täsmennetty nimike on kudus- tai mattolaminaatti. /4/

Lujitesuuntaukseltaan yksinkertaisin laminaatti on yhdensuuntaislaminaatti, jossa kaikki kuidut on suunnattu referenssikoordinaatiston pääakselin suuntaisesti. Ristikkäislaminaatissa kuidut ovat pääakselin suunnassa ja sitä vastaan kohtisuorassa. /4/

Pelkästään kuitulujitetuista kerroksista koostuvaa laminaattia kutsutaan monoliittiseksi laminaatiksi. Toinen yleinen rakennetyyppi on kerroslevy,

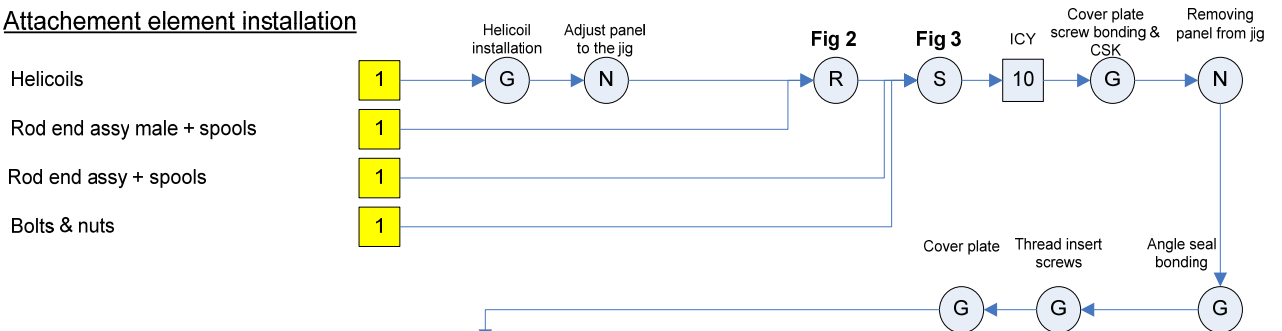
joka muodostetaan liimaamalla kahden pintalevyn väliin kevyt ydinaine. Kerroslevyn rakenne on kevyt sekä jäykkä. Pintalevyt ovat usein kuitulujitettuja laminaatteja. /4/

3 Kokoonpanon kuvaus

Tässä kappaleessa esitetään lyhyt kuvaus A320-laskutelinealuukun kokoonpanosta, johon liitteenä oleva ohje on tehty. Tarkempi kuvaus on liitteessä 1.

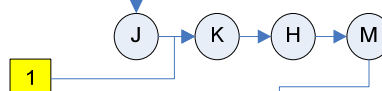
Kuvassa Kuva 4 on osa Leg Fairing Manufacturing flow'sta eli valmistusvuokaaresta. Manufacturing flow kuvaa tuotteen valmistuksen kulun vaihe vaiheelta. Siitä selviävät osat sekä materiaalit, jotka liittyvät tuotteeseen. Manufacturing flow sisältää myös viittaukset kunkin työvaiheen oheistukseen (A-TO- ohjeet, standardit).

Attachement element installation



Top coat application

Top coat, AIMS 04-04-013



Final installation

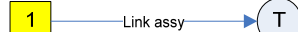
Seal installation



Rivets



Link attachment assembly



ID Plate, NSA9117-20 E



Final inspection



Fig 2: Rod end assy male

Fig 3: Rod end assy

Kuva 4. A320 Leg Fairing valmistusvuokaavio

3.1 Kiinnitinelementtien asennus

Tässä vaiheessa fairingiin kiinnitetään erilaisia kiinnittimiä sekä inserttejä. Kuvassa 5 on Rod end assy male kiinnitettyä, ja kuvassa 6 on rod end assy asennuksen jälkeen.



Kuva 5. Rod end assy male



Kuva 6. Rod end assy

Kiinnittimien asennuksen jälkeen tuotteelle suoritetaan ICY-tarkastus eli tuotteen vaihtokelpoisuustarkastus. Tämän jälkeen asennetaan suojalevyt ja poistetaan kappale kokoonpanotelineestä. Seuraavaksi asennetaan tiiviste sekä muutama ruuvi, minkä jälkeen valmistellaan kappale maalaukseen.

3.2 Loppukokoonpano

Maalauksen jälkeen kappale palautuu takaisin kokoonpanopaikalle, jossa suoritetaan viimeisimmät asennukset. Lopputöihin kuuluu tiivisteiden asennusta, niittausta, Link assyn asennus (katso kuva 7) sekä ID-kilven asennus. Tämän jälkeen kappale punnitaan, ja tarkastaja suorittaa lopputarkastuksen.



Kuva 7. Link assy



Kuva 8. Kuva valmiista osasta



Kuva 9. Osa valmiina toimitukseen

4 NYKYISET OHJEET

Työohjeet on kirjoitettu nykyään Microsoft Word-tekstinkäsittelyohjelmalla. Suuri osa ohjeista on kaksikielisiä, suomen ja englannin kielellä. Kuitenkin osa työohjeista on kirjoitettu saattokorttiin. Tämä hankaloittaa ohjeiden päivittämistä. Saattokortit pitää tulostaa aikaisin, ja muutosten tullessa täytyy päivitykset tehdä käsin saattokortteihin. Tarkoitus on, että saattokorttiin tulostetaan vain oleellinen: työvaiheet, työntekijöiden sekä tarkastajien kuittauskohdat, erätunnukset sekä mahdolliset pöytäkirjannumerot. Ohjeistus pyritään tekemään vain yhteen dokumenttiin, jolloin päivittäminen sekä konfiguraatiohallinta helpottuvat.

Nykyiset työohjeet eivät ole kovin visuaalisia eivätkä havainnollisia. Uusilla ohjeilla yritetään saada niihin selkeyttä ja parempaa ymmärrettävyyttä. Nykyisissä työohjeissa ei ole käytetty merkittävästi kuvia, joten ohjeista on tullut pitkiä, paljon tekstiä sisältäviä. Mielestäni kuvien käyttö selkeyttäisi ohjeiden ymmärrettävyyttä.

4.1 A-TO-ohjeet

A-TO-ohjeet ovat Patria Aerostructuresin teknisiä ohjeita. Teknisiin ohjeisiin kuuluvat muun muassa valmistusohjeet sekä yleisiä ohjeita kuten maalaus. Ohjeet allekirjoittavat ohjeen laatija, tarkastaja sekä hyväksyjä. Ohjeistuksessa määritetään työssä käytettävät dokumentit ja piirustukset sekä tarvittavat työkalut. Ohjeissa kuvataan myös yksityiskohtaisesti työn kulku. Ohjeista käyvät ilmi ohjeen muutoshistoria ja muutoksen tekijä.

A-TO-ohjeista osa on yleisiä ohjeita, jotka kattavat kaikki projektit, kuten maalauksen yleisohje, laminoinnin yleisohje sekä inserttien asennus. Näitä yleisohjeita on myös projektikohtaisesti. Kuitenkin suurin osa ohjeista on

tarkempia tietyille projektille kohdistettuja ohjeita. Näihin kuuluvat mm. kokoonpanon ohjeet sekä täsmennetyt ohjeet yleisistä ohjeista. Esimerkiksi Airbus projektien tyyppikohtaiset ohjeet ovat muotoa A-TO-CAB-XXX.

A-TO-ohjeet ovat yleisesti kaksikielisiä, sillä usein ohjeet tarkistaa ja hyväksyy myös asiakas, esimerkiksi Airbus. Suomen kielen tarve ohjeissa on perusteltua, koska kaikki työntekijät eivät osaa riittävän hyvin englantia.

4.2 Saattokortti ja ERP

ERP on Solagem Oy:n tekemä tuotannonohjausjärjestelmä. ERP:iin luodaan tuotteen rakennepuu sekä järjestelmästä tulostetaan tuotantoon tarvittavat saattokortit. ERP-järjestelmä on samalla varastojärjestelmä. ERP:ssä keräillään tuotantotilaukselle kaikki rakennepuun pyytämät osat. ERP:iin ei voi varsinaisesti laittaa dokumentteja, vaan niihin viitataan saattokortissa ja ne löytyvät mm. dokumenttienhallintajärjestelmä Enoviasta. ERP:iin työntekijät merkkäavat käytetyt työtunnit, joten näin pystytään seuraamaan tuotteeseen käytettyjen kustannusten määrää.

ERP:stä näkee kaikkien nimikkeiden erätiedot sekä varastosaldot. Varasto kirjaa ERP:iin nimikkeiden erätiedot ja saapumispäivän. Prepreg-materiaaleilla ERP:n kautta seurataan pakkas- ja huoneaika.

Saattokortteihin ei pitäisi nykyisen tavan mukaan kirjoittaa työhjeita, vaan pelkästään työn vaiheistus, viittaus käytettävään ohjeeseen sekä kuittauspaikat, kuten aikaisemmin mainitsin. Talossa on kuitenkin vielä vanhoja tapoja tehdä saattokortteja, siten että saattokortteihin kirjoitellaan ylimääräistä, joka hankaloittaa kortin lukemista ja lisää

paperin kulutusta. Kaikki työohjeet pitäisi kirjoittaa A-TO-ohjeisiin, jolloin työpisteellä riittää yksi kappale ohjeita. Näin meneteltäessä paperin kulutus pienentyy ja työntekijät tietävät aina mistä ohjeet löytyvät. Kaikissa projekteissa näin ei kuitenkaan ole menetelty. Uudemmissa projekteissa tämä on hallinnassa, mutta vanhemmissa päivitys on vielä joltain osin kesken.

4.3 Enovia

Enovia on Dassault Systemsin tekemä tiedostojen hallintajärjestelmä. Kaikki ohjeet, piirustukset, spesifikaatiot ja muut dokumentit on viety dokumenttienhallinta järjestelmä Enoviaan. Siellä on viimeisimmät hyväksytyt versiot ohjeista. Enoviaan on mahdollista tehdä myös rakennepuu, johon pystyy liittämään kaikki rakennetta koskevat dokumentit, piirustukset ja rakennemallit. Rakennepuut on tehty kaikille Patria Aerostructures Oy:n omaa suunnittelua oleville hankkeille. Kaikille built to print- hankkeille rakennepuuta ei ole kuitenkaan tehty, mikä johtuu jokaisen hankkeen erilaisuudesta.

Enoviassa on mahdollista katsella 3D-malleja ilman esimerkiksi Catian avaamista. Myös 2D-piirustusten ja Word-dokumenttien katselu onnistuu Enovian avulla.

Kun dokumentit ovat Enoviassa, ne ovat samalla kaikkien käytettävissä. Enoviaan jää myös dokumenttien muutoshistoria näkyviin. Järjestelmään pystyy määrittämään erilaisia rooleja, millä pystytään rajaamaan käyttäjien oikeuksia (luku/kirjoitus) dokumentteihin.

Enoviassa on dokumenteille erilaisia statuksia. ”Tekeillä”-tilassa dokumentin tekijä vielä muokkaa dokumenttia. Hyväksyntäkierröksen

jälkeen statukseksi vaihdetaan hyväksyty. Kun status on julkaistu, niin silloin dokumentti on tuotannossa jakelussa.

4.4 Kilpailevat ohjeet

Tässä kappaleessa on selvitetty, minkälaisia ohjeita muilla ilmailuteollisuuden yhtiöillä on käytössä. Selvitys perustuu Patrian työntekijöiden kokemuksiin kyseisistä yhtiöistä sekä heiltä saaduista ohjeiden kopioista. Tämä tieto ei ole välttämättä aivan viime käden tietoa, mutta antaa viitteitä minkälaisia ohjeita on käytetty viime vuosikymmenen aikana ilmailuteollisuudessa.

Agusta Westlandilla työohjeet ovat kirjoitettuna saattokortteihin, eli siellä ei ole mitään erillisiä ohjeita. Saattokortteihin ei ole liitettyä kuvia. Kuitenkin Agusta on tehnyt jonkinlaiset kuvasarjat selventämään työvaiheita. Kuvissa on viittaukset vastaavaan kohtaan saattokortissa. /5/

Boeingilla oli samantyyppinen järjestelmä kuin Agusta Westlandilla, eli saattokortteihin on koottu kaikki tieto. Boeing kuitenkin kirjoittaa tiedot paljon suppeammin kuin Agusta: vain lyhyt kuvaus, mitä tehdään ja mitkä osat asennetaan. /5/

Airbusilla ei ole varsinaisesti mitään ohjeita kokoonpanoon liittyen. Siltä tosin löytyy omat ohjeet esimerkiksi shimmiin asennukseen. Laminointi on tarkkaan ohjeistettu spesifikaatioiden mukaan. /5/

Thales Alenia Space ei tee varsinaisia valmistusohjeita vaan, performance specifications, jossa määrittelevät tuotteen. Valmistusohjeet Patria tekee itse ja hyväksyttää Thalesilla. /2/

4.5 Delmia

DELMIA on Dassault Systemsin tekemä ohjelmisto. Sama yritys on tehnyt myös Catian sekä Enovian. Delmia on valmistusohjeiden tekoon tarkoitettu ohjelmisto. Delmiassa rakennemallit päivittyvät automaattisesti valmistusohjeisiin. Jos siis malliin tulee muutoksia, ne päivittyvät suoraan valmistusohjeisiin. Tämä vähentää oleellisesti valmistussuunnittelijoiden työtä. Ei tarvitse erikseen hakea muutettua mallia Enoviasta ja sen jälkeen päivittää Word-dokumenttia. Riittää, kun muokkaa tarvittavat tekstit valmistusohjeisiin.

5 UUDET OHJEET

5.1 Tavoite uusille ohjeille

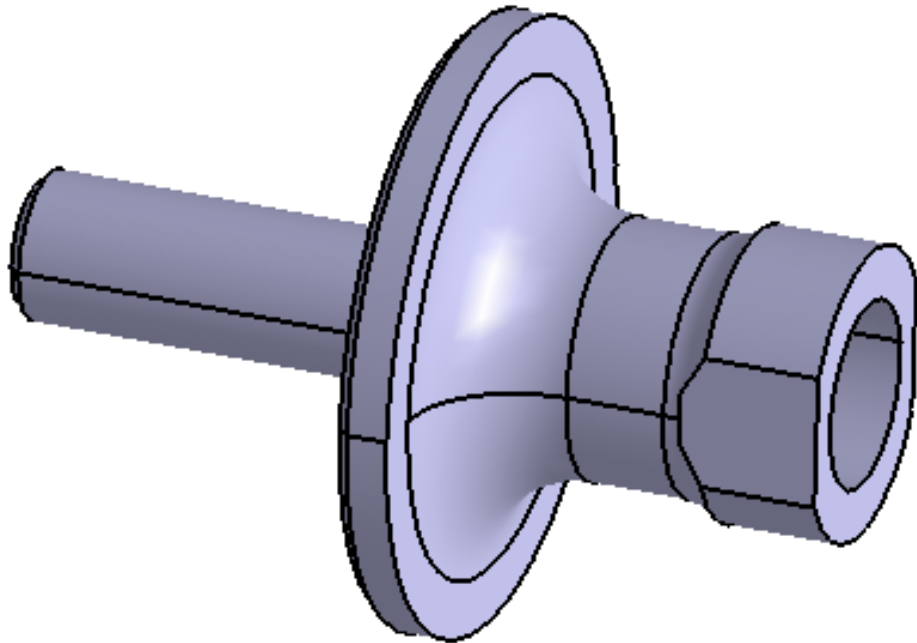
Ohjeissa pitää olla selkeä kuvaus tehtävästä työstä. Kuvia olisi hyvä olla selkeyttämään ohjetta, joko valokuva tai rakennemalli. Hyvä kuva parantaa ymmärrettävyyttä. Ohjeista pitää mainita työhön tarvittavat osat sekä työkalut. Viittaukset esim. insertin valmistajan ohjeisiin ovat hyödyllisiä: näitä ohjeita ei tarvitse kirjoittaa uudelleen; riittää kun niihin vain viitataan. Tarvitsee pitää huoli, siitä että ohjeistus on saatavilla ja se on myös suomen kielellä. Työvaiheistuksen pitää olla selkeä ja sen pitää vastata saattokortin tietoja. /2,5/

5.2 Ohjeistuksen toteutus

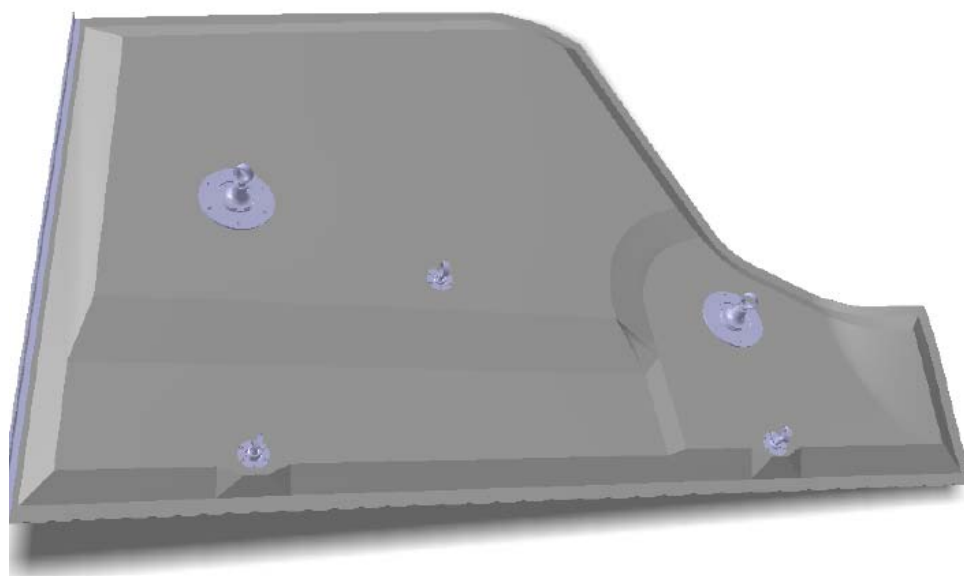
Ohjeet toteutettiin tekemällä niistä Power Point-esitys, jossa yksi sivu vastaa yhtä kokoonpanon työvaihetta. Työpisteelle vietiin kannettava tietokone, jonka avulla työntekijät saivat kuvan uuden tyyppisistä ohjeista. Työntekijät pystyivät osaltaan vaikuttamaan ohjeiden ulkonäköön. Alusta asti työntekijät olivat valmiita auttamaan sekä antamaan omia ideoita.

Rakennemalleja, jotka liitetään Power Point-esitykseen, oli tarkoitus pystyä kääntelemään ja suurentamaan. Tämän tarkoituksena oli antaa ohjeille visuaalisuutta ja helpottaa uusien työntekijöiden perehdytystä. Tämä mahdollistaa myös yhden kuvan käyttämisen moneen työvaiheeseen. Yhdellä sivulla voi käsitellä muutaman asennuksen, vaikka ne sijaisivat eri puolilla kappaletta.

Rakennemalleista itse laskutelinealuukku oli valmiiksi mallinnettu. Luukkuun kiinnitettävät osat tarvitsi mallintaa vielä erikseen, jotta kokoonpanomallineesta tulisi kattava. Mallinnuksen apuna oli osista 2D-piirustukset, joiden avulla 3D-mallit luotiin. Mallinnuksesta teki haasteellisen se, että osassa piirustuksista oli mitoitus hieman puutteellinen.



Kuva 10. Esimerkki mallinnettavasta osasta



Kuva 11. Malli valmiista tuotteesta

6 VERTAILU OHJEIDEN VÄLILLÄ

Visualisuus

Uudet ohjeet ovat visualisuuksensa kannalta paremmat. Niissä on käytetty paljon erilaisia kuvia, niin valokuvia kuin 3D-malleja. Vanhan tyyppisissä ohjeissa oli käytetty jonkun verran valokuvia tuotteesta, mutta pääpaino työvaiheiden kuvaukseen oli tekstillä.

Mielestäni on parempi, että työvaiheiden kuvaukseen käytetään hyviä selkeitä kuvia. Kuvista tulisi käydä ilmi, mitä työvaiheessa tehdään sekä tuotteen yleiskuva.

Ymmärrettävyys

Vanhoissa ohjeissa on käytetty pääasiallisesti pelkästään tekstiä. Siksi on oltava erittäin tarkka oikeista sanamuodoista, jotta kaikki ohjeiden käyttäjät ymmärtävät ohjeet samalla lailla kuin ohjeiden kirjoittaja on tarkoittanut. Uusissa ohjeissa tämä vaara on pienempi, koska kuva selkeyttää ohjetta. Ei tarvitse yrittää kertoa monimutkaista asennusta sanoin, kun voi liittää ohjeeseen pari hyvää kuvaa, jotka antavat yksiselitteisen kuvan tapahtumasta. 3D-mallien käyttö ohjeissa lisää ymmärrettävyyttä, sillä ohjeiden käyttäjä voi itse kääntää kuvaa haluamaansa asentoon, jolloin ei jää epäselvyyksiä.

Ohjeiden teko

Uusien ohjeiden teko voi olla aluksi hieman hankalampaa kuin mihin valmistussuunnittelijat ovat tottuneet. Valmistussuunnittelijan kannalta uudet ohjeet eivät vähentäneet työmäärää. Jos tuotteeseen tulee muutoksia, niin malli pitää muuttaa, joten silloin muuttuvat myös kaikki ohjeen sivut, jossa malli näkyy.

Oman suunnittelun tuotteilla tilanne on helpompi kuin built to print -tuotteilla. Omasta suunnittelusta saa helposti malleja käyttöön, ja tuotesuunnittelijat

voivat auttaa, jos tarvitsee tehdä jotain hankalampaa mallia tai kokoonpanokokonaisuutta.

Käytettävyys

Ohjeiden käyttöön tulee suurin muutos uuden ja vanhan tyyppisten ohjeiden välillä. Vanhat ohjeet ovat paperiversiona, kun taas uusia ohjeita katsellaan tietokoneen ruudulta. Paperiohjeet ovat helpompia, koska ne voi ottaa mukaan mihin vain. Työpiste tarvitsee tästä lähtien suunnitella sen mukaan, että ohjeita tarkastellaan tietokoneelta.

Tietokoneen käytöstä on myös muuta hyötyä kuin vain ohjeiden luku. Työntekijät voivat tarkistaa esimerkiksi jonkin spesifikaation, täsmentävän ohjeen tai piirustuksen nopeasti, kun kaikki dokumentit ovat tallennettuina Enoviaan tai verkkolevylle.

Työntekijöille tarvitsee järjestää mahdollisesti koulutusta tietokoneen käyttöön sekä eri ohjelmistoihin. Tämä ei mielestäni ole kuitenkaan huono asia. Työntekijät saavat lisäkoulutusta, sekä tuotanto ottaisi askeleen paperittomaan suuntaan.

7 PALAUTE

Työntekijät

Työntekijät kertoivat, että näillä ohjeilla he pystyvät tuotteen tekemään. Siinä oli kaikki tarvittava tieto ja kokoonpanojärjestys oikea. Palautteesta kävi myös ilmi, se että A5-hanke ei ole välttämättä kovin hyvä hanke tämän tyyppisille ohjeille. Esimerkiksi A380 Spoilereissa löytyisi vaativampia ja vaikeampia kokoonpanovaiheita, joihin ohjeet sopisivat paremmin. Tietokoneen käytöstä ohjeiden katseluun ei tullut negatiivista palautetta. Palautetta kyseltäessä työntekijät vastasivat mielellään kysymyksiin sekä antoivat omia mielipiteitään sekä korjasivat hieman kokoonpanojärjestystä.

Ohjeiden esittelytilaisuus

Paikalla olivat tuotesuunnittelun ja valmistussuunnittelun esimies sekä valmistussuunnittelijat. Ohjeiden esittelyn perusteella henkilöt, jotka eivät ole mukana kyseisessä projektissa sanoivat, että tuotteen eri kokoonpanovaiheista sai tarpeeksi hyvän kuvan, että ohjeiden avulla on mahdollista suorittaa kokoonpano yleisellä tasolla. Tämä tukee ajatusta käyttää ohjeita uusien työntekijöiden perehdyttämiseen.

Valmistussuunnittelijat olivat aluksi vähän uuden tyyppisiä ohjeita vastaan, koska niissä vaaditaan Catia-osaamista. Nyt ainakin muutama valmistussuunnittelija on käynyt Catia-peruskurssin, joten tämäkään ei ole ongelma.

Enovian käytöstä tuotannossa vastaanotto oli negatiivinen. Sovittiin, että on parempi tallentaa ohjeet verkkolevylle, josta tuotanto voi hakea ohjeet. Valmistussuunnittelijat pitävät huolen, että kansiossa on vain viimeisin hyväksytty versio ohjeesta.

Lisäksi sovittiin, että laajennamme kokeilua A380-Spoilereiden kokoonpanon sarana-asennukseen. Tuleviin oman suunnitteluun hankkeisiin tulemme tekemään tämän tyypiset ohjeet ainakin osaan kokoonpanovaiheista.

8 LOPPUPÄÄTELMÄT

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin tuotannon työohjeiden parantamista. Tavoitteena oli 3D-mallien hyödyntäminen tuotannon työohjeissa sekä saada työohjeet käytettäväksi tietokoneella. Lisäksi tavoitteena oli, että tuotanto alkaisi käyttää Enovia-dokumenttienhallinta järjestelmää aktiivisemmin.

Uudet työohjeet saatiin tehtyä hyödyntäen 3D-malleja. Työohjeet sopivat myös hyvin perehdytykseen visuaalisuuden sekä havainnollisuuden takia. Uudet työntekijät näkevät helposti koko kappaleen sekä siihen kiinnitettävät osat. Tuotteiden valmistusajat luultavasti pidentyisivät aluksi, koska työntekijöillä menee aikaa tietokoneen käytön ja uuden tyyppisen ohjeen omaksumiseen.

Enovia-dokumenttienhallinta järjestelmän käyttöä tuotannossa päätettiin ainakin siirtää. Kuten palautteesta kävi ilmi niin varsinkin valmistussuunnittelijat olivat sitä mieltä, että olisi parempi pitää ohjeistus verkkolevyllä sekä yksi kappale tulostettuna työpisteellä.

Tulevaisuudessa olisi hyvä pitää mielessä Delmian käyttöönoton mahdollisuus. Patrialla on jo käytössä Enovia sekä Catia, joten Delmia-järjestelmän käyttöönotto olisi luultavasti helppo omaksua..

Tämä oli hyvä projekti tehdä uusia kokoonpanon ohjeita, sillä ne olivat kirjoitettuna saattokorttiin. Varsinaisia ohjeita (A-TO-) ei ollut tehty, ainakaan julkaistu. Toivon, että näistä ohjeista on hyötyä tulevaisuudessa valmistussuunnittelijoille sekä uusille työntekijöille.

LÄHTEET

- 1 Halme, Lauri, Valmistustekniikkaluentojen aineisto.
[luentokalvot]
- 2 Karinsalo, Ritva, valmistussuunnittelija. Keskustelut 2007–
2008. Patria Aerostructures Oy. Halli.
- 3 Patria Oyj. [www-sivu]. [viitattu 26.11.2008] Saatavissa:
http://www.patria.fi/index2_fin.htm.
- 4 Saarela, Olli – Airasmaa, Ilkka – Kokko, Juha – Skrifvars,
Mikael – Komppa, Veikko, Komposiittirakenteet. Muoviyhdistys.
Helsinki 2003.
- 5 Tavilampi, Ari, valmistussuunnittelija. Keskustelut 2007. Patria
Aerostructures Oy. Halli.