

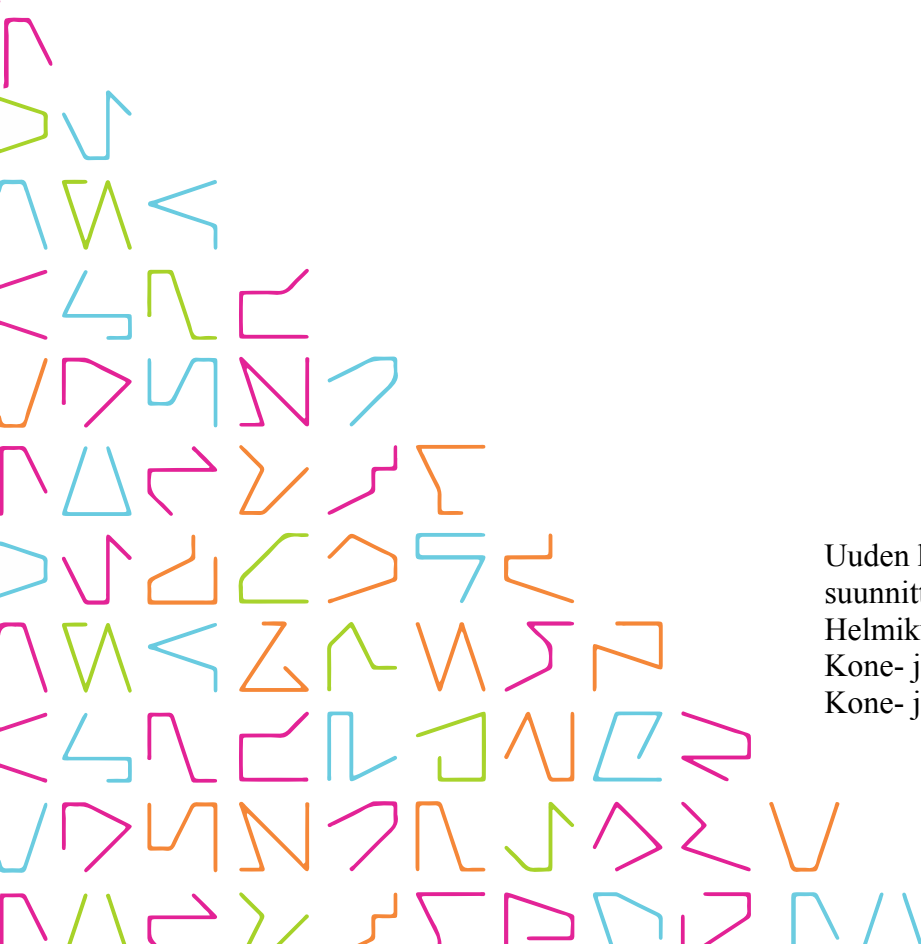


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

UUDEN KOKOONPANO TYÖVÄLINE- RATKAISUN SUUNNITTELU

Tapani Tukia

Uuden kokoonpanotyövälineratkaisun
suunnittelu
Helmikuu 2016
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio

TUKIA, TAPANI:

Uuden kokoonpanotyövälineratkaisun suunnittelu
Opinnäytetyö 37 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Helmikuu 2016

Opinnäytetyön aiheena oli Patria Aerostructures Oy:n tuotannossa käytettävän kokoonpanotyövälineen parantelu. Aiheen valintaan vaikutti opinnäytetyön tekijän oma työkokemus lentokonerakenteiden kokoonpanotöissä ja sitä kautta jo ennestään karttunut monipuolinen tietämys ja laaja kosketuspinta aiheeseen. Valintaa tuki myös selkeä tarve parannelulle työvälineelle sekä tekijän kiinnostus tämänkaltaiseen suunnittelutyöhön.

Työvälineellä kokoonpantava tuote on alumiiniohutlevystä valmistettu peräkartio A400M-kuljetuskoneen sivuttaisvakaajan kärkiosa. Tavoitteena oli suunnitella työväline, jolla helpotettaisiin osien paikoitusta, vähennettäisiin ”polven päällä tekemistä” ja taattaisiin tuotteiden tasalaatuisuus. Suunnittelussa piti ottaa huomioon välineen valmistuskustannukset ja mahdollisuudet käyttää osia vanhasta työvälineestä.

Työ käsitti ratkaisujen etsimistä, luonnostelman tekemisen työvälineessä havaittujen puutteiden pohjalta, 3D-mallin sekä piirustusten luomisen Catia V5 -ohjelmistolla. Työvälineen lopullinen toteuttaminen päätettiin jättää tämän työn ulkopuolelle. Vaikka lopullisen työvälineen testaaminen käytännössä jäi tässä vaiheessa toteutumatta, voidaan kuitenkin katsoa, että opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin ja suunnitelma on toteutettavissa sellaisenaan tai hyvin pienillä muutoksilla. Tämänkaltaisen opinnäytetyön ongelmanasetteluun ratkaisuja löytyi parhaiten jalkautumalla ”kentälle” ja haastatteleamalla työn suorittajia sekä suunnittelijoita, joilla on jo vuosien kokemus alalta. Opinnäytetyöhön sisältyy luottamukselliseksi luokiteltuja valmistuspiirustuksia, jotka on jätetty pois julkisesta raportista.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering
Option of Machine Automation

TUKIA, TAPANI:
The Design of New Assembly Tool Solution

Bachelor's thesis 37 pages, appendices 4 pages
February 2016

The subject of this thesis was improving an assembly tool used in the production line of Patria Aerostructures Oy. The author's own experience of aircraft structure assembly work and gained versatile knowledge affected the choice of this subject. The need for improved assembly tool and personal interest in the subject also supported the choice.

The product which is assembled with the tool is an aluminum sheet metal tail cone for vertical tail plane tip of A400M transport aircraft. The aim was to design a tool that eases locating of work pieces, reduces "jerrybuilding" and ensures uniform quality. The factors taken into consideration were production costs and possibilities to use parts of the current tool.

The project consisted of searching for solutions, making a sketch based on taken notes from the defects of the current tool, creating of 3D-model and drawings with Catia V5 software. Manufacturing the final tool was decided to exclude from this thesis. Although the final testing of the tool not completed at this stage. The objectives were achieved and the plan can be implemented with minor changes. The solutions to the research questions were found by interviewing workers and designers who have years of experience in this field. The thesis includes confidential manufacturing drawings which have been left out from the public report.

Key words: tool design, 3D design, fixture, jig

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Patria Aerostructures Oy.....	5
1.2	Airbus A400M Atlas –kuljetuskone	6
2	TYÖKAPPALEEN KIINNITTIMET	7
2.1	Historia.....	7
2.2	Jigit ja kiinnittimet	8
2.3	Työvälineiden suunnittelun periaatteet	12
2.4	Kokoonpanotyövälineet ilmailuteollisuudessa	14
3	TYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET	15
3.1	Nykyisen työvälineen esittely	15
3.2	Uuden työvälineratkaisun tavoitteet ja vaatimukset	16
4	SUUNNITTELU	17
4.1	Tiedonhankinta	17
4.2	Nykyisen työvälineen puutteet ja ratkaisuvaihtoehdot	17
4.3	Luonnoksen laatiminen.....	19
4.4	Suunnitelman tarkastelu ja havaitut muutostarpeet	22
5	TOTEUTUS	24
5.1	3D-mallin luonti.....	24
5.2	Piirustusten laatiminen.....	31
6	POHDINTA.....	32
	LÄHTEET.....	33
	LIITTEET	34
	Liite 1. Piirustukset.....	34

1 JOHDANTO

On olemassa monia välineitä, joita käytetään varmistamaan, että lentokoneen, avaruusaluksen tai satelliitin rakenne on mitoiltaan ja muodoltaan tarkka. Ilmailuteollisuudessa käytetään vaihtokelpoisuuden varmistamiseksi pienempien ja suurempien kokonaisuuksien kokoonpanossa pääasiassa jigejä ja kiinnittimiä sekä niiden yhdistelmiä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli parannella ja suunnitella uusi työvälinekonsepti alumiinisen muotolevyn kokoonpanotyövälineeseen. Aiheen valintaan vaikutti oma työkokemus lentokonerakenteiden kokoonpanotyössä, sekä selkeä tarve parannelulle työvälineelle ja oma kiinnostus tämän kaltaiseen työhön.

1.1 Patria Aerostructures Oy

Suomen lentokoneiteollisuuden juuret juontavat jo vuoteen 1921, jolloin Suomen Ilma-voimien lentokonetehdas perustettiin Suomenlinnaan. Tästä toiminta kehittyi Valtion lentokonetehtaaksi, jonka toiminnot siirrettiin vuonna 1935 Tampereelle. Vuonna 1940 valmistui toinen tuotantolaitos Kuoreveden Halliin, ja 1967 tehtaan toiminta siirrettiin lopulta kokonaan Kuorevedelle. Patria perustettiin 1997, kun Suomen valtio keräsi merkittävän osan puolustusvälineiteollisuudestaan yhdeksi yhtiöksi. (www.patria.fi)

Patria Aerostructures Oy (myöhemmin AST) on osa Patria-konsernia. Patria on kansainvälinen puolustus-, turvallisuus- ja ilmailualaan liittyvien tuotteiden elinkaaren tukipalvelujen ja teknologiaratkaisujen tuottaja. Konserni toimii Suomen lisäksi muun muassa Ruotsissa, Virossa, Puolassa, Norjassa, Yhdistyneissä Arabiemiraateissa, USA:ssa ja Etelä-Afrikassa. AST suunnittelee ja valmistaa vaativia, komposiittisia lentokone- ja avaruusrakenteita ja on aktiivisesti mukana uusien komposiittiteknologioiden kehittämissä ohjelmissa. Ydinosaamista ovat vahva komposiittirakenteiden suunnitteluosaaminen ja tehokkaat tuotantoprosessit. Pääasiakkaan Airbusin lentokoneohjelmiin AST tekee osavalmistusta, mm. A380 -koneen siiven komposiittirakenteiset spoilerit ja A400M -sotilaskuljetuskoneen sivuvakaajan karkiosat. (www.patria.fi)

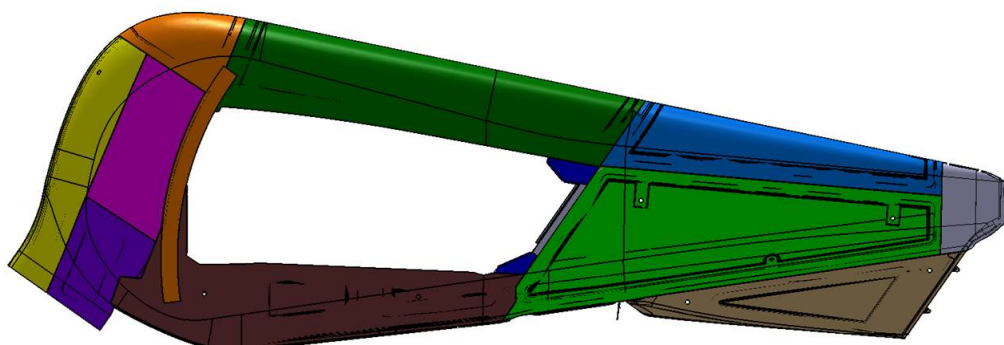
1.2 Airbus A400M Atlas –kuljetuskone

A400M on monikansallinen, nelimoottorinen, taktinen potkuriturbiinikäyttöinen sotilaskuljetuskone (kuva 1). Kuljetusten lisäksi A400M voi suorittaa elektronista valvontaa ja muiden ilma-alusten ilmatankkausta. A400M –ohjelma julkistettiin 2003, mutta hankkeen juuret ulottuvat jo vuoteen 1982 nimikkeellä Future International Military Airlifter (FIMA). Tuolloin mukana olivat mm. silloiset erilliset yhtiöt Aerospatiale, British Aerospace ja Lockheed (Hewson 2001). Konetyyppiä tilanneet pääasiakkaat ovat Ranska, Saksa, Espanja, Turkki, Belgia ja Englanti. Ensimmäinen kone (MSN 7) luovutettiin Ranskan ilmavoimille 2013. (www.airforce-technology.com.)



KUVA 1. Malesian A400M ensilennollaan 2015 (Airbus D&S)

AST valmistaa komposiittiset muotolevyt n. 7 m pitkään sivuvakaajan kärkeen. Tämän opinnäytetyön aiheena olevalla työvälineellä kokoonpannaan alumiiniohutlevystä valmistettava peräkartion osa nimeltään Panel 8. Kuvassa 2 olevassa paneelijaossa Panel 8 äärimmäisenä oikealla.



KUVA 2. A400M sivuvakaajan kärkeen paneelijaako (Patria)

2 TYÖKAPPALEEN KIINNITTIMET

2.1 Historia

Viime vuosisadan aikana valmistustekniikat kehittyivät huomattavasti. Uudet lastuavaa työstöä tekevät koneet, suorituskykyiset terät ja modernit valmistusprosessit antavat nykypäivän teollisuudelle resurssit valmistaa osia tehokkaammin ja laadukkaammin kuin koskaan aiemmin. Vaikka työkappaleiden kiinnitysvälineet ovat myös kehittyneet huomattavasti, ovat niiden paikoilleen lukitsemisen ja paikoittamisen peruseriaatteet säilyneet ennallaan. (Carr Lane 1992.)

Alkuun tuotteita valmistettiin yksi kerrallaan. Käsityöläiset aloittivat työnsä raaka-aineista ja karkeasta suunnitelmasta, miten tuote tulisi toimimaan ja miltä se näyttäisi. Tuotteet valmistettiin osa osalta. Ne siis koostuivat yksilöllisistä kappaleista, jolloin korvaavien osien valmistus oli mutkikasta ja aikaa vievää. Lisäksi tuotteiden yhtenäisyys ja laatu vaihteli käsityöläisten taitojen mukaan. Viimein löydettiin massatuotannon salaisuus: standardoidut osat. Standardoidut osat eivät ainoastaan nopeuttaneet tuotantoa, vaan myös varmistivat osien vaihtokelpoisuuden keskenään. Tätä voidaan nykyään pitää itsestään selvänä, mutta aikoinaan se oli mullistava ajatus. (Carr Lane 1992.)

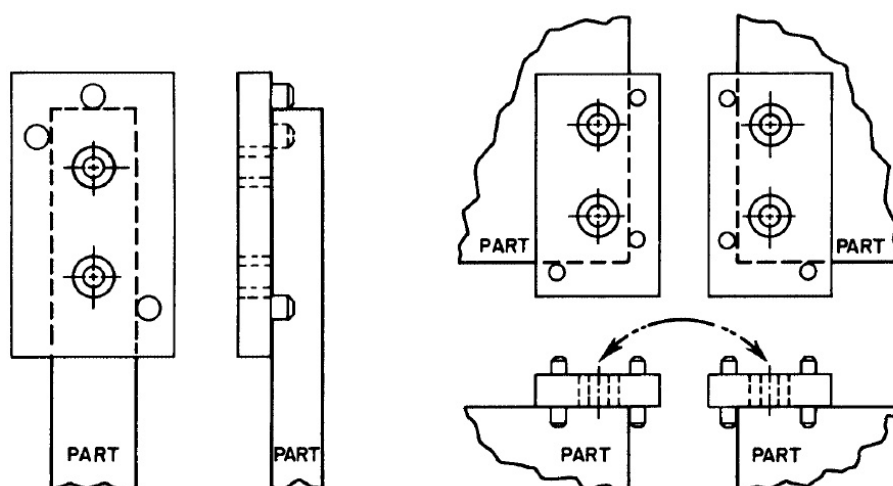
Standardoidut osat olivat avain siihen, että kaikki työntekijät pystyivät pitämään laadun tasaisena taitavampien ammattimiehien tapaan. Alkuun osien yhteneväisyyden saavuttamiseksi käytettiin mallineita. Vaikka mallineet olivat alkuun yksinkertaisia ja karkeita, ne antoivat työntekijöille tuotteen standardimuodon, jota seurata. Mallineidean kehityksessä työläiset kehittivät omia ohjaimiaan ja työkappaleenpitimiä helpottaakseen omaa työtään ja tehdäkseen sen ennakoitavammaksi. Nämä ohjaimet ja pitimet olivat nykypäivän jigien ja kiinnittimien edeltäjiä. (Carr Lane 1992.)

Eilispäivän kiinnittimillä oli samat kaksi perustoimintoa kuin nykypäivänäkin: työkappaleen varma paikoilleen lukitseminen ja tarkka paikoittaminen. Aikaisemmista jigeistä ja kiinnittimistä saattoi puuttua moderni käytettävyys ja jalostustaso, mutta ne seurasivat samoja periaatteita kuin nykypäivän työvälineet. (Carr Lane 1992.)

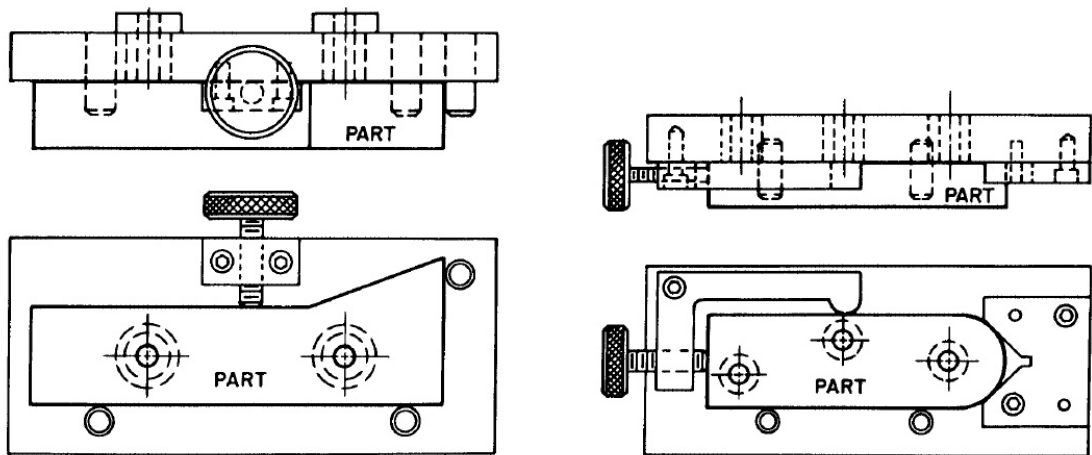
2.2 Jigit ja kiinnittimet

Koska termit jigi ja kiinnitin liittyvät läheisesti toisiinsa, sekoitetaan ne usein. Joskus työvälineet saattavat sisältää piirteitä kummastakin, jolloin luokittelu hankaloituu sen myötä. Molemmat kiinnittävät, tukevat ja paikoittavat työkappaleen, mutta niiden ero on siinä, kuinka työstävää työvälinettä ohjataan. Ohjain eli jigi on paikoitin, joka ohjaa työvälinettä pakkotoimisesti siinä olevien ohjauspintojen tai kovametallisten poraholkkien avulla. Jigi saattaa myös olla pienempi kuin työkappale ja se asemoituu työkappaleeseen esim. reikien poraamista varten. Kiinnitin on työväline, joka kiinnittää ja paikoittaa työkappaleen esim. koneistusoperaatiota tai muuta käsittelyä varten. Kiinnittimet vaihtelevat hyvinkin yksinkertaisista erittäin kalliisiin ja monimutkaisiin työvälineisiin. (Henriksen 1973, 1, 2.)

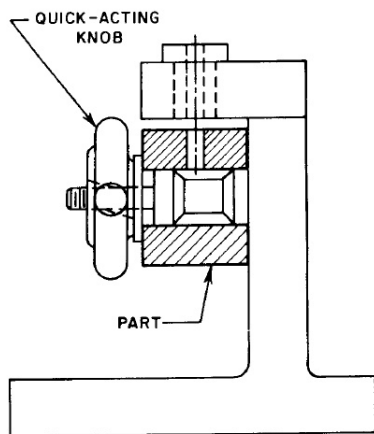
Porausohjaimet ovat yleisimmin käytössä oleva jigin käyttömuoto. Ohjaukseen käytetään karkaistua porausholkkia. Holkkeja saatetaan käyttää myös ohjaustappien tai muiden elementtien paikoittamiseen. Poraamisen lisäksi näitä jigejä käytetään esim. kierteyttämiseen, kalvamiseen, sekä viisteiden ja upotusten valmistamiseen. Jigit voidaan jaotella perustasolla niiden rakenteen mukaan. Nämä rakennetyypit ovat suljettu ja avoin. Avoimella jigillä tehdään työstöoperaatio vain työkappaleen toiselta puolelta ja kappale voidaan työntää sen sisään. Näitä ovat esimerkiksi kuvissa 3, 4, 5 ja 6 esitetyt malline-, levy-, kulma- tai U-tyyppiset porausohjaimet. (Hoffman 2004, 8, 9.)



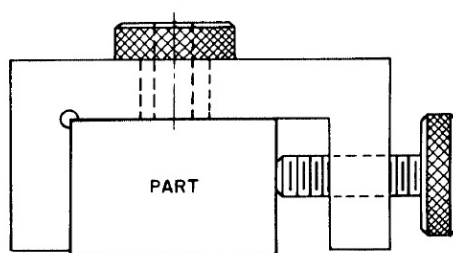
KUVA 3. Mallinejigi (Hoffman 2004)



KUVA 4. Levytyyppinen jigi (Hoffman 2004)

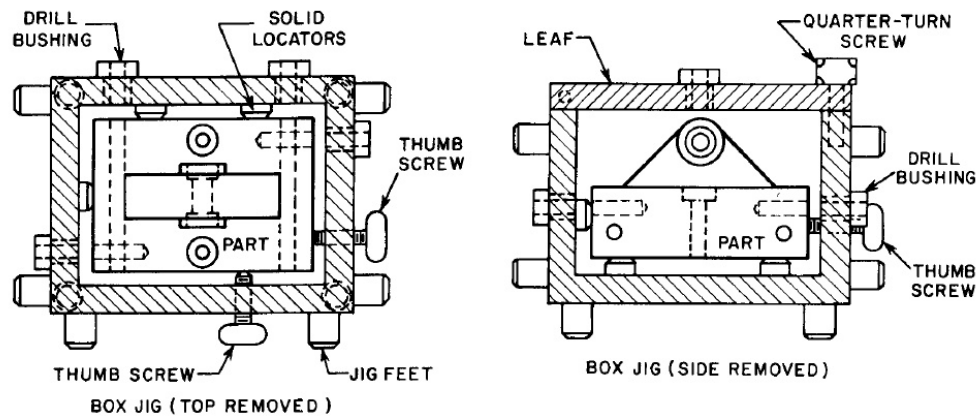


KUVA 5. Kulmatyyppinen jigi (Hoffman 2004)

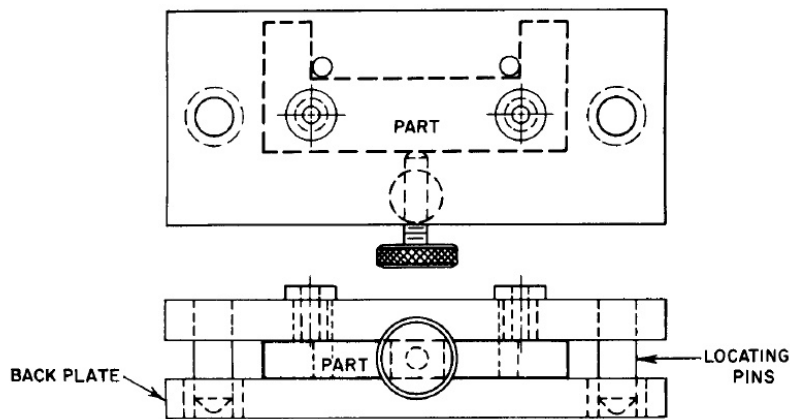


KUVA 6. U-tyyppinen jigi (Hoffman 2004)

Suljetuilla jigeillä voidaan työstää työkalua molemmin puolin ilman, että sitä poistetaan ja asemoidaan uudelleen. Suljettu jigi on avattava työkalun poistoa varten. Sen rakenne mahdollistaa poraus-, asemointi- ja kiinnitysvälineiden kiinnittämisen jigin ylä-, ala- tai sivuseiniin. Tyypilliset esimerkit suljetuista jigeistä ovat laatikkomainen (kuva 7) tai kerroslevytyyppinen (kuva 8) jigi. (Hoffman 2004, 9.)



KUVA 7. Laatikkotyypinen jigi (Hoffman 2004)



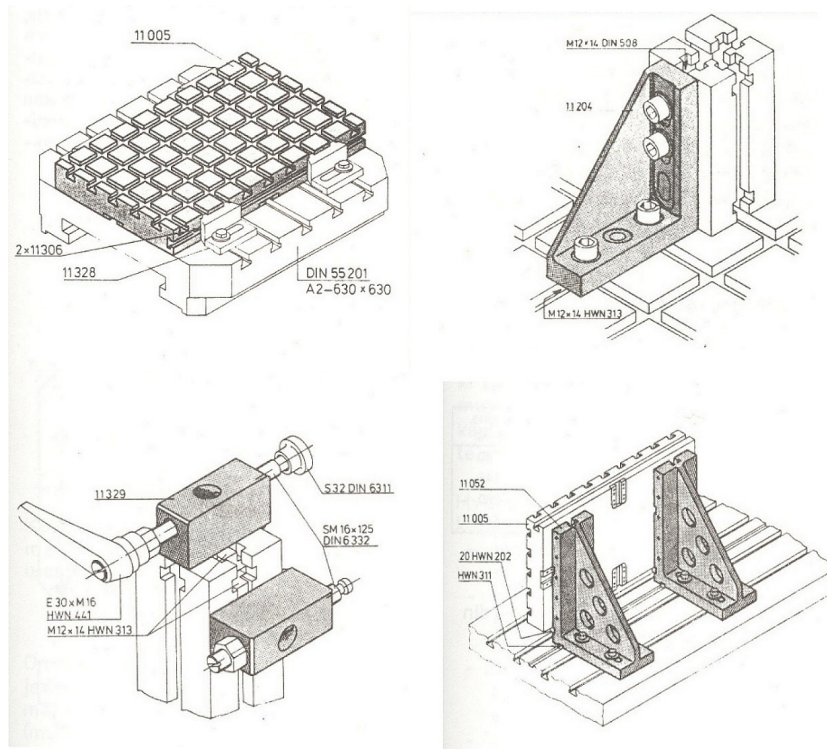
KUVA 8. Kerroslevytyyppinen jigi (Hoffman 2004)

Kiinnittimiä käytetään pääasiassa kiinnittämään ja paikoittamaan työkappale koneistuksen ajaksi. Näin sarjatyössä saavutetaan osien välille samat mitat, eli osien vaihtokelpoisuus. Valmistusmenetelmien automatisointi, kuten robottihitsaus, edellyttää kiinnittimien laajamittaista soveltamista. (Aunio ym. 1989, 86.) Kiinnittimiä käytetään myös esimerkiksi työkappaleen saamiseksi parempaan asentoon tai pysymään paikallaan sitä käsiteltäessä. Tällaisesta työvälineestä yleisin esimerkki on pöytään kiinnitettävä ruuvi-
penkki. Kiinnittimet nimetään yleensä niiden käyttökohteen mukaan, kuten jyrskintäkiinnitin tai sorvauskiinnitin, mutta myös niiden yleistä rakennetta saatetaan käyttää niiden tyyppin määrittämiseen. Työvälineen suunnittelija yleensä päättää työvälineen tunnisteen. (Carr Lane 1992.)

Kokoonpanotyössä toisiinsa liitettävien kappaleiden asemointiin ja paikalleen lukitsemiseen käytettäviä työvälineitä kutsutaan puhekielessä yleensä jigeiksi, vaikka ne yleensä ottaen ovatkin kiinnittimiä. Esimerkiksi hitsauksen mekanisointiin tarkoitettu

kiinnitin ohjaa ja kiinnittää liitettävät osat tukevasti, jotta se pystyy pitämään kappaleet paikallaan hitsauksen tai silloittamisen ajan hitsausjännityksistä huolimatta, ja siten varmistaa vaihtokelpoisen rakenteen. (Aunio ym. 1989, 136.)

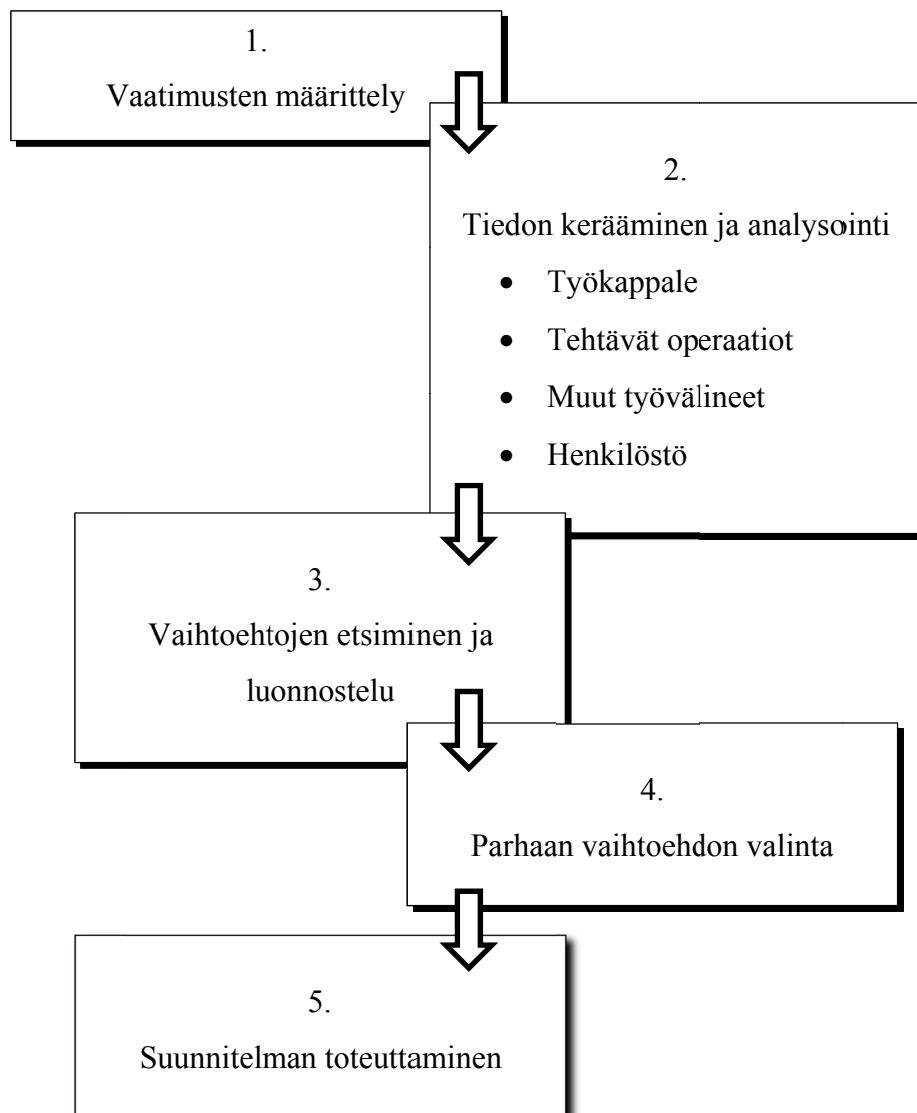
Työkappaleen asemointiin löytyy harvoin vain yksi tapa. Vaihtoehtoja ovat taso-, lieriö-, ympyräkartio- tai pallopinnat sekä niiden yhdistelmät. Sisäpintoja, kuten reiät ja poterot, voidaan käyttää myös. Standardiasemointivälineiden valikoima on varsin laaja, esimerkkinä kiinnitystornit ja paletit, joihin asemointi- ja kiinnityselementit kiinnitetään T-uriiin, kierre- tai sovitereikiin (kuva 9). Tällaiset rakennussarjakiinnittimet soveltuvat tosin parhaiten vain harvoin toistuville töille. (Aunio ym. 1989, 85, 86, 126.) Kun työkappale on asemoitu kiinnittimeen, se pitää myös kiinnittää tukevasti, jotta se ei pääsisi liikkumaan työstettäessä. Kuten asemointivaihtoehtoja, on yhtä lailla monia vaihtoehtoja kiinnittää työkappale työvälineeseen. Työkappale voidaan puristaa yläpuolelta, reunoista tai sisäpuolelta vasten työvälinettä. (Carr Lane 1992.) Kiinnityselimet voidaan jaotella itsetoimisiin, lihasvoimatoimisiin ja laitetoimisiin. Itsetoimisten kiinnitysvoimana toimii esimerkiksi työkappaleen oma paino. Lihastoimisten käyttövoimana toimii työvälineen käyttäjän fyysinen työ. Tällaisia kiinnittimiä ovat esim. ruuvit, kiilat ja epäkesko- tai nivelpukiinnittimet. Laitetoimiset saavat käyttövoimansa pneumatiikasta, hydraulikasta, sähköstä, magnetismista, alipaineesta tms. (Aunio ym. 1989, 99 – 109.)



KUVA 9. T-urajärjestelmän elementtejä (Aunio ym. 1989)

2.3 Työvälineiden suunnittelun periaatteet

Ensimmäinen askel jigin tai kiinnittimen suunnittelussa on sen toiminnallisten vaatimusten perusteellinen määrittely. Tavoitteena on löytää tasapainoinen yhdistelmä tarvittavien ominaisuuksien saavuttamiseksi hyväksyttävään hintaan. Itse osa, tarvittava työ, muut työvälineet ja prosessointi vaikuttavat kaikki vaadittavan suunnittelun laajuuteen. Mikään tietty kaava tai malli ei sovi jokaiselle suunnitelmalle, mutta suunnittelija voi käyttää pohtivaa ja loogista menetelmää alustavassa suunnittelussa. Työvälineongelmat ilmaantuvat yleensä silloin, kun suunnitteluvaatimukset unohdetaan tai aliarvioidaan. Työvälineen suunnittelu on perimmältään ongelman ratkaisua. Luova ongelman ratkaisu voidaan kuvion 1 mukaisesti kuvata viidellä askeleella. (Carr Lane 1992.)



KUVIO 1. Työvälineen suunnittelun viisi askelta

Vaatimuksia määriteltäessä on tärkeää selkeästi osoittaa ratkaistava ongelma tai tavoitteet. Työvälinesuunnittelu on olennainen osa koko tuotesuunnitteluprosessia vuorovai-
kutuksessa tuotesuunnittelun, valmistuksen ja markkinoinnin kanssa. Optimaalisen rat-
kaisun löytämiseksi kaikkien neljän tekijän tulee työskennellä yhdessä ja samanaikai-
sesti. (Carr Lane 1992.)

Työkappaleen spesifikaatiot ovat yleensä tärkein osatekijä ja niillä on suurin vaikutus
kiinnittimen tai jigien lopulliseen suunnitelmaan. Tyypillisesti huomio kannattaa kohdis-
taa osan kokoon ja muotoon, valmistustoleransseihin, materiaaliin, asemointiin, kiinni-
tyspisteisiin ja osien valmistusmääriin. Tuotteen valmistamisen kannalta pitää huomioi-
da suoritettavat työvaiheet ja niiden järjestys, tarkistusvaatimukset ja ajankäyttöön liit-
tyvät rajoitukset. Osan koneistus, kokoonpano tai tarkastaminen tarvitsee työ- tai apuvä-
lineitä. Yleensä työnsuunnittelu valitsee tarvittavat työvälineet työn suorittamiseen en-
nen kuin työvälineen suunnittelija aloittaa työnsä. Työvälinesuunnittelijan tulee silti
varmistaa jokainen käytettävä työväline, koska se voi vaikuttaa esimerkiksi siihen,
kuinka monesta kappaleesta jigi tai kiinnitin valmistetaan. Henkilöstö eli työvälineen
loppukäyttäjät on pidettävä mielessä koko suunnitteluprosessin ajan. Ensimmäinen ja
tärkein kriteeri on työvälineen turvallisuus. Tämän jälkeen huomioidaan ergonomia,
tehokkuus, työliikkeet yms. Suunnittelijan on hyvä tutustua tuoteturvallisuuteen ja yri-
tyksen työturvallisuussuunnitelmaan ennen työn aloittamista. (Carr Lane 1992;
Hoffman 2004, 100, 101.)

Suunnittelu kannattaa aloittaa työkappaletta tukevista ja asemoivista elementeistä ja
tämän jälkeen lisätä kiinnitysvälineet. Lopuksi lisätään työkappaleen työstöön vaaditta-
vat osat. Kun kaikki nämä osatekijät on saatu paikalleen, on helpompi löytää työväline-
suunnitelman ongelmakohdat. Standardiosia kannattaa käyttää aina kuin se vain on
mahdollista. Kaupallisesti saatavat komponentit valmistetaan suurissa erissä ja paljon
taloudellisemmin. Työvälineen pitäminen kaikilta osiltaan yksinkertaisena auttaa vält-
tämään rikkoutumisia tai muita monimutkaisen työvälineen käyttöön liittyviä ongelmia.
Hyvä työväline on käyttäjälleen selkeäkäyttöinen ilman ohjeiden lukemista. (Carr Lane
1992; Hoffman 2004, 102.)

2.4 Kokoonpanotyövälineet ilmailuteollisuudessa

Jigien ja kiinnittimien merkittävien hyötyjen ja niiden monimuotoisuuden takia ne löysivät tiensä myös niille teollisuuden aloille, joilla valmistettiin rajoitettuja eriä. Monet ongelmat, joita ilmailuteollisuudessa kohdataan geometrian ja mittojen suhteen, kiihdyttivät huomattavasti niiden käyttöönottoa näillä aloilla, kuten myös ohjus- ja rakettiluonnon valmistuksessa. (Henriksen 1973, 2.) Ilmailuteollisuudessa käytettävät työvälinejärjestelmät eivät ole muuttuneet radikaalisti alan alkupäivistä, koska paikoittimien käyttö on usein ollut ainoa mahdollinen vaihtoehto osan vaihtokelpoisuuden saavuttamiseksi. Kokoonpanoprosessi on tyypillisesti seuraava: Osat asemoidaan paikoittimeen ja lukitaan paikoilleen kiinnittimillä. Niittien reiät porataan käyttämällä porausjigijä tai osissa olevien alkureikien avulla. Porauksen jälkeen osat puretaan pois paikoittimesta ja purseet poistetaan. Tämän jälkeen rakenne kasataan uudelleen käyttämällä rei'issä väliaikaiskiinnittimiä ja niitataan liikkumattomaksi. Käytettävät paikoittimet ovat yleensä erityisesti tietyn osan tai rakenteen valmistukseen suunniteltuja ja mahdollisuudet niiden uudelleen käytettävyyteen on pieni. (Naing ym. 2000, 1 – 3.) Yhdessä korkeiden kustannusten ja pitkien käyttöönottoaikojen kanssa suurimmat varjopuolet perinteisissä jigisissä ovat:

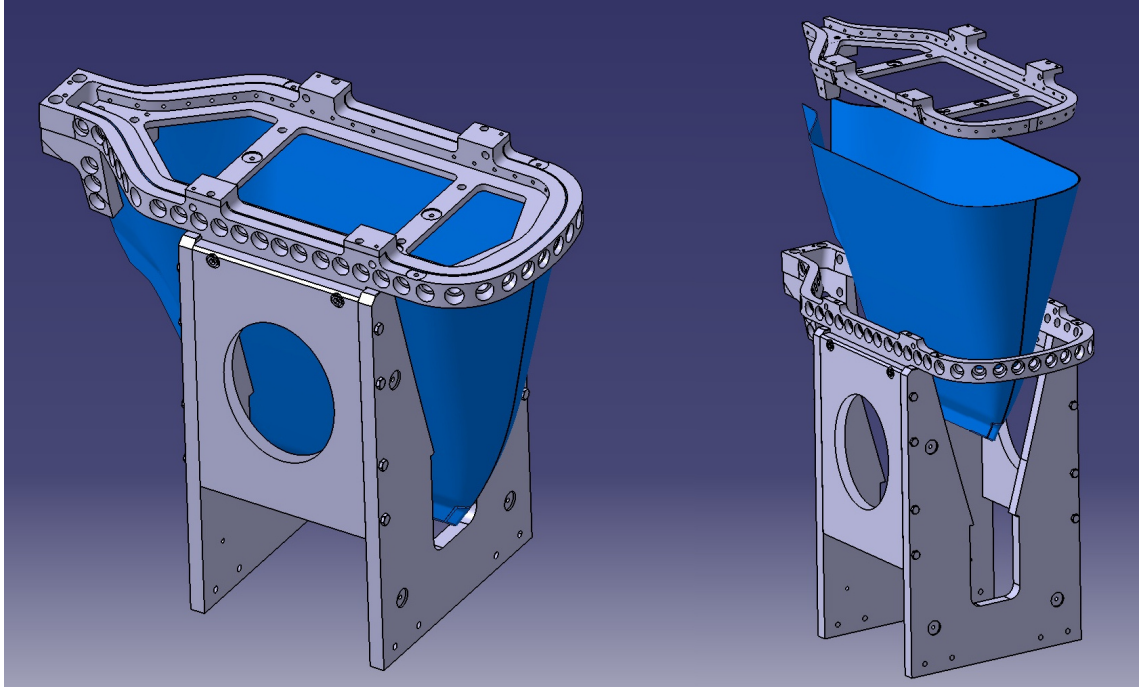
- Työvälineiden valmistuskustannusten peittäminen pienemmissä sarjavalmistuserissä.
- Työvälineiden mahdollinen lisätarve tuotantomäärien noustessa.
- Säännöllinen huolto- ja kalibrointitarve ja mahdollisen master-version tarve.
- Työvälineiden ja masterin varastointi mahdollisten varaosien valmistusta varten tuotannon loputtua.
- Mittatarkankaan työvälineen laatu ei välttämättä monistu kaikkiin osiin.

Nykyään perinteisiä paikoittimia käytetään lähinnä pienempien alikokoonpanojen valmistukseen ja suuremmat kokonaisuudet, kuten runko, siivet ja vakaajat kokoonpannaan käyttämällä paikoitusreikiä, laserin avulla kohdistamista ja tietokoneohjattuja paikoitusjärjestelmiä. Kokonaisuuksissa poraamisen ja niittaamisen hoitavat nykyään pääasiassa robotit, mutta erikoisemmissa kohteissa käytetään käsiporakonetta, joka paikoitetaan porausjigien avulla. (Naing ym. 2000, 1 – 3; Henriksen 1973, 275.)

3 TYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET

3.1 Nykyisen työvälineen esittely

Nykyinen työväline koostuu työvälinealumiinista valmistetusta ulkokehyksestä, sisäkehystä ja rungosta (kuva 10). Panel 8:n puolikkaat asemoidaan ulkokehyksen sisäpuolelle ja sisäkehys painetaan käsin paikalleen, jolloin se pakottaa levyosat ulkokehystä vasten. Runkoon tehdyt vastinpinnat varmistavat, että Panel 8 asettuu sivuttaissuunnassa oikein. Kun osat on paikoitettu jigiiin, porataan tarpeellinen määrä alkureikiä, joista Panel 8 -komponentit kiinnitetään toisiinsa ohutlevyille tarkoitetuilla väliaikaiskiinnittimillä. Tämän jälkeen Panel 8 irrotetaan jigistä. Kun Panel 8:n osat on liitetty toisiinsa niittaamalla, se asemoidaan uudelleen jigiiin. Jigi suljetaan painamalla sisäkehys paikalleen ja ulkokehyksen porausholkkien läpi porataan 58 kpl halkaisijaltaan 5 mm olevaa kiinnitysreikää. Jigin ulkokehyksen yläreunaa käytetään Panel 8:n etureunan paikan piirrottamiseen. Jigi on kiinnitetty pyörillä varustettuun nostopöytään, jolloin sen siirtäminen ja työvaiheen vaatimaan korkeuteen saaminen helpottuu.



KUVA 10. Panel 8 -kokoonpanotyöväline

3.2 Uuden työvälineratkaisun tavoitteet ja vaatimukset

Tavoitteena on suunnitella työväline, joka helpottaisi osien paikoitusta, vähentäisi ”polven päällä tekemistä” ja takaisi tuotteiden tasalaatuisuuden. Suunnittelussa pitää ottaa huomioon uuden työvälineen valmistuskustannukset ja mahdollisuudet käyttää osia vanhasta työvälineestä. Työ käsittää ratkaisujen etsimisen, luonnostelman tekemisen työvälineestä havaittujen puutteiden pohjalta, sekä valmiiden työvälineratkaisujen, kuten puristimien ja kiinnittimien valinnan. Lopullisen suunnitelman pohjalta luodaan 3D –malli sekä piirustukset Catia V5 -ohjelmistolla. Tarvittava opastus Catia V5 –suunnitteluohjelman käyttöön saadaan yrityksen suunnittelijoilta. Työn edetessä suunnitelmaa tarkastellaan määräajoin yrityksen vastuuhenkilöiden kanssa ja työn tekijää ohjataan kohti oikeaa suunnitelmaratkaisua. Työvälineen lopullinen toteuttaminen päätettiin jättää tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

4 SUUNNITTELU

4.1 Tiedonhankinta

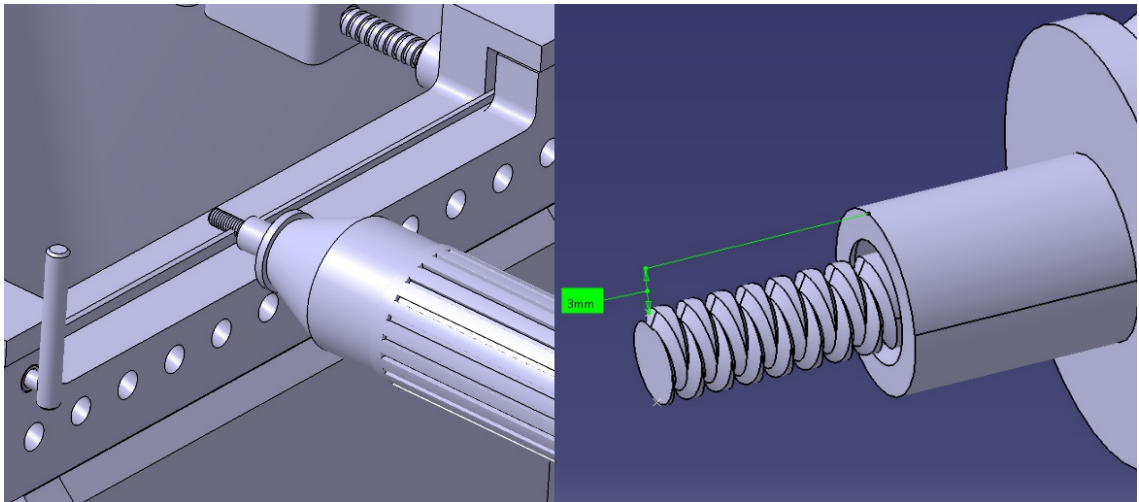
Opinnäytetyön tekijän useamman vuoden työkokemus lentokonerakenteiden kokoonpanotehtävissä ja myöskin kyseisen Panel 8 -kokoonpanotyövälineen käyttökokemukset olivat antaneet valmiiksi laajan kosketuspinnan aiheen käsittelyyn sekä tiedon hankintaan. Lisää tietoa lähdettiin keräämään keskustelemalla asianomaista jigiiä käyttävien sekä muiden kokoonpanossa työskentelevien henkilöiden kanssa. Hyviä kehitysehdotuksia saatiin erityisesti aiemmin alumiinisten ja juurikin Panel 8:n kaltaisten osien valmistuksen parissa työskennelleiltä henkilöiltä. Myös työnsuunnittelun sekä hankkeen pääinsinöörin kanssa keskusteltiin esiin tulleista ongelmista ja mahdollisista ratkaisuvaihtoehdoista. Juurikin tiedot aiemmin käytetyistä samankaltaisista työvälineistä ja niissä hyväksi havaitut ominaisuudet antoivat hyvän pohjan suunnittelun aloittamiselle. Kerättyjen tietojen perusteella oli selvää, että vanhan työvälineen konsepti oli perusosiltaan hyvä ja sitä voisi käyttää suunnittelun pohjana.

4.2 Nykyisen työvälineen puutteet ja ratkaisuvaihtoehdot

Uuden työvälineen oli siis tarkoitus helpottaa työntekoa ja parantaa tuotteiden tasalaatuisuutta. Ensimmäinen selkeä ongelma tuli esille heti kokoonpanon ensimmäisessä työvaiheessa. Kun Panel 8:n puolikkaita sovitetaan jigiiin, ne paikoitetaan mittaamalla levyosien reuna noin 3 – 5 mm yli jigiiin yläreunasta. Koska Panel 8:n puolikkaille ei ole virallista ja selkeää asemointitapaa, on tämä mitta vakiintunut jigiiin käytön aikana, koska tällöin osia ei ole tarvinnut jyrsiä sovitettaessa paljoakaan ja osan alareunaan jää vain noin 1 mm ylimääräistä materiaalia poistettavaksi. Selkeä paikoitusominaisuus helpottaisi työntekoa, koska tällöin mittailu ja epävarmuustekijä jäisi pois. Ratkaisuksi ongelmaan voisi olla joko asemointipinta, jota vasten työkappaleet asettuvat tai poistettavalla alueella olevat paikoitusreiät, joiden avulla osat paikoitettaisiin jigiiin. Työntekijöiden kanssa käytyjen keskustelujen jälkeen kävi selväksi, että paikoitusreiät olisivat paras vaihtoehto, koska ne pitäisivät puolikkaat varmimmin paikallaan jigiiä sulkiessa. Pidettiin myös mahdollisena, että osissa olisi paikoitusreiät niiden valmistuksen aikana ja nämä poistettaisiin ennen osien toimittamista AST:lle.

Kun levyosat on asemoitu jigiin, se lukitaan painamalla ja vasaroimalla jigin sisäkehys paikalleen. Tähän sisältyy moniakin ongelmia. Osat pitää suojata teipillä, koska muutoin niiden maalipinta naarmuuntuu jigia sulkiessa. Tällöin jigin sisäkehys ei mahdu menemään pohjaan ja sitä ei voi lukita paikalleen alun perin suunnitellulla tavalla. Varsinkin porattaessa lopullisia Panel 8:n kiinnitysreikiä olisi erittäin tärkeää, että osa olisi mahdollisimman tiiviisti vasten ulkokehystä ja lukittu täysin liikkumattomaksi. Yksinkertaisin rakenne saataisiin tekemällä jigin sisäpuolesta levitettävä. Jos jigin ulkopuoli suunniteltaisiin puristumaan kiinteää sisäpuolta vasten, tulisi ratkaisusta selkeästi monimutkaisempi. Lisäksi paneelin kiinnitysreikien kannalta on parempi, että ulkokehyksessä sijaitsevat porausholkit eivät ole kiinni liikkuvissa elementeissä. Tällöin olisi mahdollista suunnitella vain uusi sisäkehys, joka sopisi nykyiseen ulkokehykseen. Levitettävä sisäkehys voitaisiin laittaa paneelien asemoinnin jälkeen ilman voimaa paikalleen ja sen jälkeen puristaa ulkokehystä vasten. Sulkemiseen voitaisiin käyttää esimerkiksi puristimia, kiiloja tai ruuveja. Ruuvien asemaa jigien sulkemiseen tukee puristusvoiman säilyvyys, vaikka tuote joutuisi olemaan pitempäänkin kiinnitettynä jigissä. Lisäksi se vie vähän tilaa ja on yksinkertainen. Kiila on myös yksinkertainen, mutta tässä tapauksessa sen melko suuret voimat ja kiinnitysvoiman vaihtelu ei tue sen valintaa. Puristimille taas jigien tarvitsema noin 2 – 3 mm liikeväli on melko lyhyt, ja ne tarvitsevat enemmän tilaa kuin ruuvilla tehtävä ratkaisu.

Nykyisellään Panel 8:n reunojen paikka piirrotetaan jigien reunaa vasten ja jyrsitään lopulliseen mittaansa vapaalla kädellä käyttäen paineilmatoimista suorahiomakonetta sekä panssariviilaa. Jos reuna voitaisiin ajaa käsijyrsimellä tai vastaavalla suoraan jigissä käyttäen työvälineen ulkokehystä ohjainpintana, nopeuttaisi se työvaihetta sekä parantaisi varmasti laatua. Tällä hetkellä työvälineen ja tuotteen reunat ovat samassa tasossa, joten jyrshintä ei onnistu vaurioittamatta työvälinettä. Yleensä käsijyrsimissä on noin 3 mm offsetjyrsimen terän ja ohjainholkin välillä (kuva 11). Tämä tarkoittaa, että joko nykyisestä työvälineestä pitäisi poistaa materiaalia tarvittava määrä tai suunnitella uusi ulkokehys. Vanhan ulkokehyksen käyttöä vaikeuttaisi se, että osasta porausholkien ympärillä olevista tasouputuksista on alle 3 mm jyrsitävään pintaan. Tästä johtuvat kolot ja epätasaisuudet jyrsimen ohjauspinnassa saattaisivat aiheuttaa ongelmia jyrsinässä. Kiinnityskohdista ja muista jigien rakenteellisista ominaisuuksista johtuen ei Panel 8:n reunoja pystyisi jyrsimään jigissä kokonaan. Nämä kohdat pitäisi piirrottaa viivoittimen ja jyrsityn reunan avulla ja tämän jälkeen viilata oikeaan tasoon.



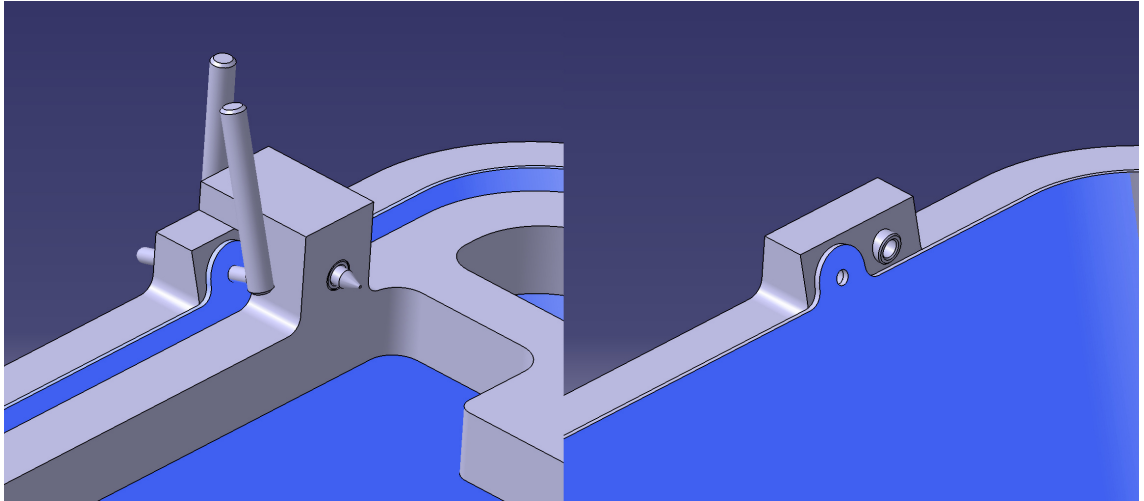
KUVA 11. Käsijyrsin

Panel 8:n yläreunan liitokseen käytettävän buttstrap –liitoslevyn paikoitus tarvitsisi myös parannuksia. Nykyisellään työvälineessä on jälkikäteen työpisteellä lisätty lasikuituinen apuväline, joka asemoi buttstrapin oikein. Nykyisen kaltainen ratkaisu ei toimisi levitettävän sisäkehysten tapauksessa, koska se estäisi kehysten supistamisen buttstrapin ollessa paikallaan. Paikoittimien pitäisi siis olla poistettavissa, kun buttstrap on kiinnitetty paikoilleen.

4.3 Luonnoksen laatiminen

Koska lopullinen mallinnustyö tehtäisiin Catia V5 3D -mallinnusohjelmistolla eikä opinnäytetyön tekijällä ollut sen käytöstä lainkaan kokemusta, päätettiin aloittaa ohjelmistoon tutustuminen tekemällä luonnos myös sillä. Patrialta saadun kirjallisen opintomateriaalin ja tekijän aiemman parista muusta CAD –ohjelmistosta omaaman kokemuksen avulla ei Catian käytön perusteiden oppiminen tuottanut sen suurempaa hankaluutta.

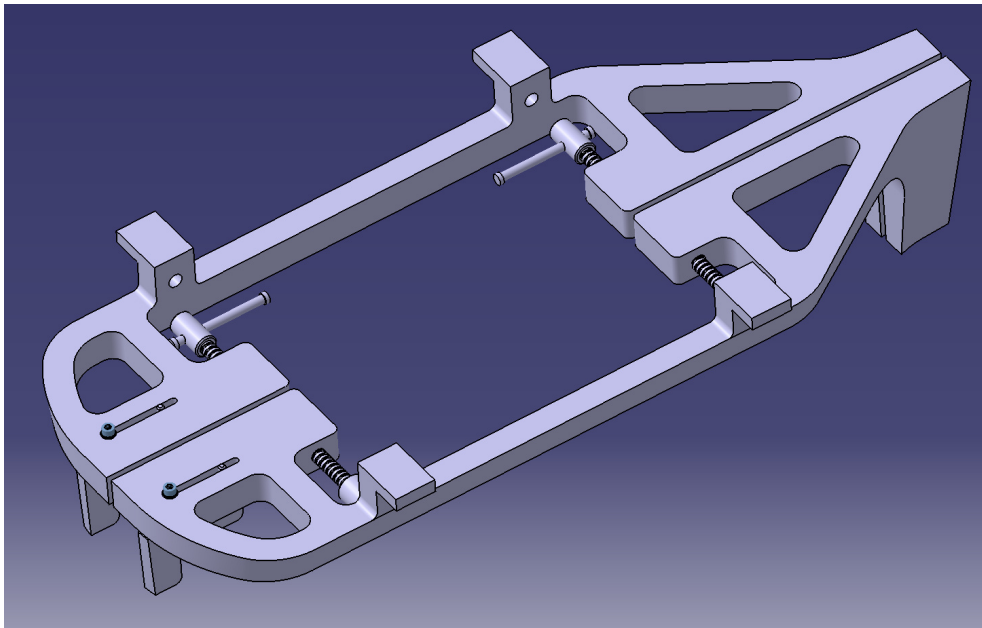
Luonnoksen teko aloitettiin ulkokehyksestä. Alkuperäisessä jigissä sisäkehysten aseointi tapahtui neljällä pystysuuntaisella työvälinetapilla. Koska sisäkehysten pitäisi pystyä levitettäessä liikkumaan sivusuunnassa, vaihdettiin työvälinetappien reiät vaakasuuntaisiksi. Tällä tavoin sisäkehys ei pääse liikkumaan sen jälkeen kun se on kiristetty. Ulkokehykseen tehtiin paikoitusreiät Panel 8:n puolikkaita varten (kuva 12). Siitä syystä piti selvittää, onko Panel 8:n puolikkaissa valmistuksen aikana paikoitusreiät, joita pystyisi hyödyntämään uudessa työvälineessä tai vaihtoehtoisesti, olisiko niihin mahdollista lisätä paikoitusreiät.



KUVA 12. Paneelien ja sisäkehysten paikoitus

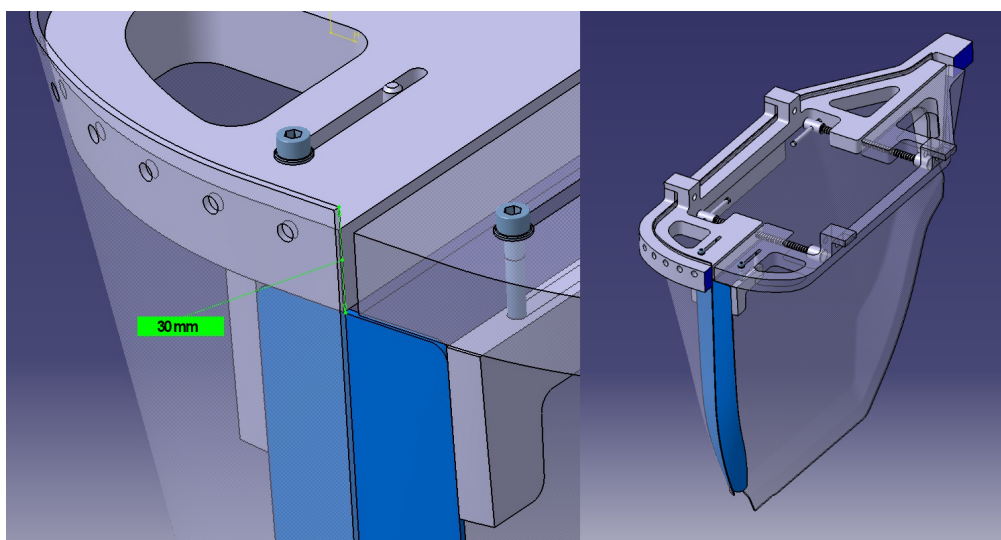
Jyrsintämahdollisuuden lisäämiseksi nostettiin Panel 8:n lopullinen etureuna 3 mm ulkokehysten ohjainpinnan tason yläpuolelle. Ulkokehysten kuusiokoloruuveilla kiinnitettyä, Panel 8:n alareunan reikien poraamiseen tarkoitettua osaa muokattiin myös siten, että alareuna olisi mahdollista jyrsiä jigissä. Nykyisessä jigissä porausholkkien reikiin on tehty 24 mm halkaisijaltaan oleva tasouputus. Tämä on tehty ajatellen erillistä poramallineen holkkeihin asetettavaa holkkia, jonka lävitse varsinainen poraus suoritetaan. Nykyisellään on käytössä poraohjaimella varustettu porakone, joka ei tasouputusta tarvitse. Tämänkokoinen upotus on myös halkaisijaltaan liian suuri, jos ulkokehysten yläpinta olisi 3 mm alempana. Nykyisen jigin runko on sinällään täysin yhteensopiva, joten suunnitelmaan kuuluisi käyttää sitä.

Sisäkehysten levittämiseen valittiin aiemmin ruuviin perustuva mekanismi. Tämän kaltaisissa sovelluksissa trapetsikierre on luonnollinen valinta varsinkin sen itsepitävyysominaisuuden vuoksi. Lisäksi se on edullinen ja muilta mekaanisilta ominaisuuksiltaan tavallista kierrettä parempi vaihtoehto. Koska sisäkehysten läpi pitäisi päästä poraamaan reikiä osan sisäpuolelta käsin, täytyisi siihen jättää aukko työskentelyä varten. Tämän vuoksi on hyvä käyttää kahta erillistä kierretankoa kehysten päissä. Ruuvimekanismi toimisi siten, että toisessa puoliskossa olisi vapaa kierteetön reikä ja toisessa kierteellä oleva. Kierretanko ottaisi kierteettömässä puolikkaassa vastaan olakkeen, lukitusrenkaan tai muun vastinkappaleen avulla. Mekanismi kiristettäisiin kierretangossa olevalla varrella tai kiekolla (kuva 13).



KUVA 13. Sisäkehys ja kiristysmekanismi

Buttstrapin paikoitusta varten sisäkehys asetoitiin siten, että sen alapinnasta olisi 30 mm Panel 8:n jyrityn reunan tasoon. Näin varmistettaisiin buttstrapin oikea etäisyys osan etureunaan. Sivuttaissuuntaiseen paikoitukseen tarvittaisiin myös tuet, joita vasten buttstrapin etupää lepäisi. Takapää asetoituu itsellään osissa olevan muodon mukaan. Kun Panel 8 laitetaan niittauksen jälkeen jigiin toistamiseen kiinnitysreikien poraamista ja reunan jyritystä varten, saattaisivat buttstrapin paikoitustuet aiheuttaa ongelmaa. Paikoittimet olisi siis suunniteltava siten, että ne saa pois tieltä tarvittaessa. Lopulta päädyttiin sisäkehikseen tehtäviin hahloihin, joita pitkin paikoittimet liukuisivat ja joihin ne pystyttäisiin ruuvien avulla kiristämään haluttuun kohtaan (kuva 14).



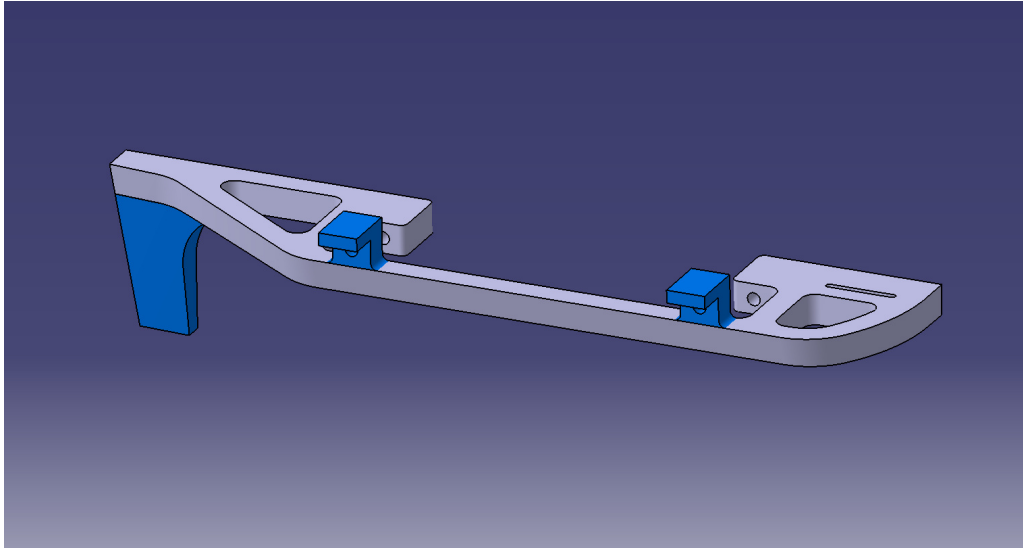
KUVA 14. Buttstrapin paikoitus

Panel 8:n alareunaa ulkokehystä vasten puristavat kiilamaiset osat tehtäisiin erikseen ja kiinnitettäisiin ruuveilla. Tämä vähentäisi valmistuskustannuksia, kun koneistettava aihio olisi pienempi ja siten myös poistettavaa materiaalia olisi merkittävästi vähemmän.

4.4 Suunnitelman tarkastelu ja havaitut muutostarpeet

Hankkeen pääinsinöörin kanssa aloitettiin suunnitelman läpikäynti jyrstimahdollisuuden lisäämisestä työvälineseen. Erilaisista työväliseistä oltiin samaa mieltä siitä, että yleisesti ilmailuteollisuudessa katkaisusahaukseen käytetty paineilmatoinen käsijyrstin olisi tässäkin tapauksessa paras vaihtoehto. Kokonaan uuden ulkokehysten valmistaminen herätti pohdintaa sen valmistuskustannusten vuoksi. Lopullista versiota suunniteltaessa pitäisi tarkastella mahdollisuutta muuttaa nykyistä ulkokehystä jyrstimäkäyttöön. Koska reunan paikan toleranssin $\pm 0,8$ mm saavuttaminen ei aiheuta nykyisellä työmenetelmällä mitään ongelmia, ja muutoksesta saatu hyöty olisi lähinnä ajansäästöä, voisi jyrstimahdollisuuden mahdollisesti jättää pois työväliseestä ja suunnitella vain nykyiseen ulkokehykseen sopiva sisäkehys.

Uuden sisäkehysten levittämiseen käytettävän ruuvimekanismin todettiin olevan kyseiseen käyttöön yksinkertainen ja toimiva ratkaisu. Buttstrapin paikoittamiseen käytettävään tukiin voisi lisätä vielä toisen ohjaintapin. Lisäksi tukia ei kannattaisi asemoida 3D-mallista saatavaan nimellismittaan, vaan jättää sopivasti välystä, jolla varmistettaisiin buttstrapin sopiminen paikalleen. Kysymyksiä herätti työväliseen jäykkyys sitä kiinni puristettaessa. Työskentelyaukon muotoa voisi muokata siten, että se olisi mahdollisimman jäykkä mahdollistaen silti tarvittavan tilan reikien poraamista ajatellen. Panel 8:n alareunaa puristava kiilamainen osuus tarvitsi myös lisätukea, jotta se varmasti puristaisi Panel 8:n tiiviisti poramallinetta vasten. Ratkaisuvaihtoehdoiksi valikoituivat joko kiilaosuuden tekeminen omana osanaan tai levittävän ruuvimekanismin käyttäminen. Sisäkehysten kiinnityskohdat kannattaisi tehdä erillisistä kappaleista, jotka kiinnitettäisiin ruuveilla. Näin koneistettavaa olisi merkittävästi vähemmän ja työväliseettä pystyisi tarpeen tullen hienosäätämään (kuva 15).



KUVA 15. Sisäkehksen erillisinä kappaleina valmistettavat komponentit

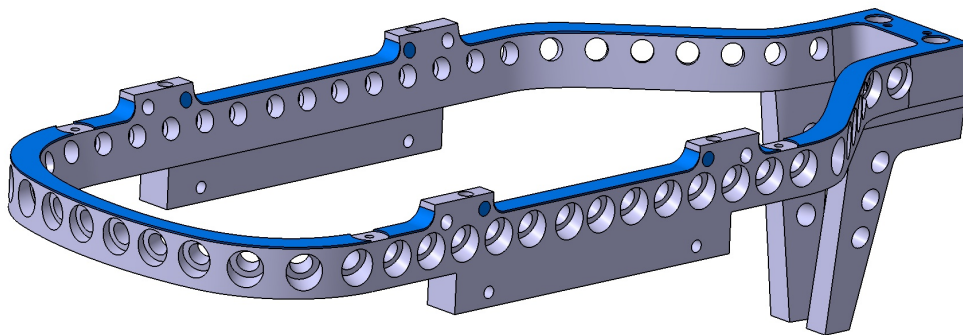
Lisäksi kävi ilmi, että nykyisessä työvälineessä olevat neljä holkeilla varustettua reikää ovat alunperin tarkoitettut osien paikoitukseen. Tutkittaessa kumikalvopuristimen lestin 3D -mallia ilmeni, että levyosia valmistettaessa niissä on paikoitusrei'illä varustetut korvakkeet, jotka leikataan lopuksi pois. Kun osien tuotantoa aikoinaan käynnisteltiin, oli korvakkeiden käyttömahdollisuus kokoonpanossa tietokatkoksen vuoksi jäänyt käyttämättä. Patricomp Oy:ltä päätettiin tilata yksi pari osia joihin korvakkeet on jätetty paikalleen. Niiden käyttökelpoisuutta voitaisiin kokeilla ensin vanhassa työvälineessä ja siten huomata, voidaanko paikoitusominaisuus siirtää sinällään uuteen jigiiin.

5 TOTEUTUS

5.1 3D-mallin luonti

Lopullisen version mallinnustyö tapahtui AST:n tiloissa, yrityksen käytössä olevalla ohjelmaversiolla. Samalla oli mahdollisuus käyttää hyväksi yrityksen omien asiantuntijoiden apua, jolloin saatiin AST:n työskentelytapoihin ja standardeihin sopivat 3D-mallit ja piirustukset.

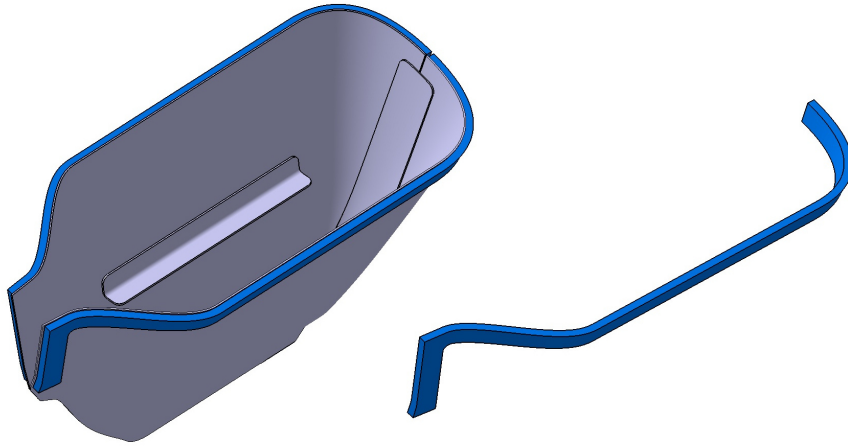
Mallin luonti aloitettiin miettimällä tarpeellisia muutoksia alkuperäiseen ulkokehykseen jyrsinän mahdollistamiseksi. Asiaa tutkittaessa päädyttiin siihen, että ulkokehyksen yläpinnasta olisi mahdollista ottaa materiaalia pois maksimissaan noin 1,5 mm. Tämä offset -mitta vaatisi jyrsimään erikoisvalmisteisen ohjainholkin tai alkuperäisen holkin muokkaamista käyttötarkoitukseen sopivaksi. Nykyisen Panel 8:n alareunan reikien poraamiseen tarkoitettua osaa ei olisi mahdollista muokata jyrsinätarkoitukseen, joten oli tarpeen piirtää uusi osa (kuva 16).



KUVA 16. Ulkokehyksestä poistettava materiaali (sininen) ja uusi alaporausmalline

Suunniteltiin myös erillinen jyrsinätyöväline ja vertailtiin näitä kahta mahdollisuutta. Vertailun sekä pääinsinöörin ja muiden työntekijöiden kanssa käytyjen keskustelujen jälkeen alkoi erillinen työväline vaikuttaa selkeästi parhaalta ratkaisulta. Työväline kiinnitettäisiin ja paikoitettaisiin Panel 8:aan porattuihin kiinnitysreikiin. Reunan jyrsin-tään voisi tällöin käyttää paineilmapyöröleikkuria (kuva 18), jonka leikkausjälki ei vaatisi niin paljon viimeistelyä kuin jyrsimellä tehty. Reunan voisi myös leikata yhdellä kertaa, jolloin ei jäisi kohtia, jotka joutuisi erikseen piirrottamaan ja viilaamaan oikeaan

tasoon. Työväline voitaisiin valmistaa hiili- tai lasikuidusta kahtena osana laminoimalla tarpeellinen määrä kerroksia Panel 8:n puolikkaan ulkopinnalle. Sopiva ainevahvuus olisi noin 5 mm. Koska reunan paikan toleranssi on niinkin suuri kuin $\pm 0,8$ mm, työvälineen viimeistelykin olisi mahdollista tehdä käsityönä (kuva 17).



KUVA 17. Erillinen reunan trimmaustyöväline

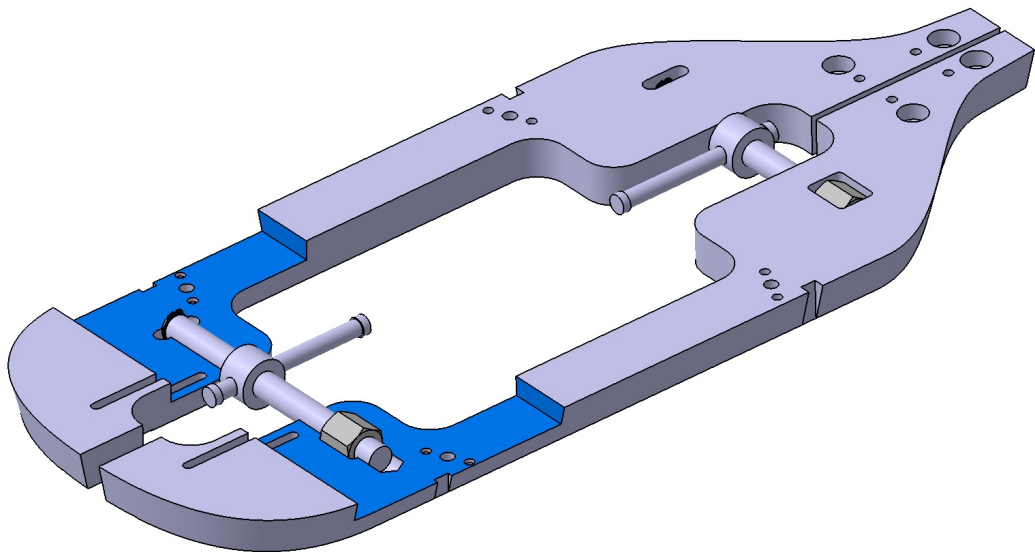


KUVA 18. Paineilmakäyttöinen pyöröleikkuri (Atlas Copco)

Kokonaan jigin ulkokehystä ei voisi jättää muokkaamatta. Koska suunniteltu sisäkehys tarvitsisi paikoitukseen neljä vaakasuuntaista paikoitusreikää, täytyisi sellaiset porata jigin ulkokehykseen (kuva 16). Ulkokehyksen omissa korvakkeissa on tilaa rei'ille ja koska siinä olevat porausholkkireiät tasouputuksineen estäisivät erillisten korvakkeiden kiinnittämisen, lisättiin reiät alkuperäisiin korvakkeisiin. Ulkokehyksen pystysuuntaiset paikoitusreiät olisi silti hyvä jättää tulppaamatta, koska vaihtokelpoisuuden tarkistamiseen tarkoitetun työvälineen voi paikoittaa niistä ulkokehykseen. Tämä mahdollisuus olisi hyvä säilyttää, jos esimerkiksi porausholkkeja joudutaan vaihtamaan. Porausholkit on liimattu ja paikoitettu käyttämällä tätä työvälinettä. Paikoituskorvakkeen reunassa oli

tilaa kovametalliholkin 6x10 DIN 179-A tarvitsemalle 10 mm reiälle, joten lisättiin se säilyttäen myös olemassa olevan paikoitusreiän.

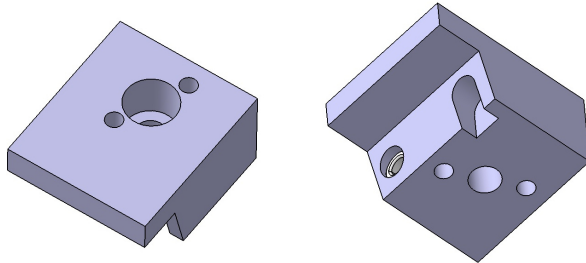
Sisäkehysten puolikkaiden suunnittelussa otettiin huomioon luonnoksesta tehdyt havainnot muutosten ja parannusten suhteen. Turhat aukot jätettiin pois ja mitoitettiin työskentelyaukko samaan kohtaan ja samankokoiseksi kuin alkuperäisessä sisäkehyksessä, koska se oli havaittu toimivaksi ja optimaalisen kokoiseksi. Näin työvälineestä tuli selvästi vankkarakenteisempi ja sen mahdollinen joustavuus jigii sulkiessa ei olisi merkitsevää. Puristusmekanismi säilytettiin trapetsikierretankoon perustuvana, mutta työstökustannusten karsimiseksi muutettiin tangon kiristysvarren sijainti sisäkehysten väliin. Samasta syystä jätettiin naaraskierre pois itse sisäkehyksestä ja tehtiin tarvittava reikä valmiille kuusiotrapetsimutterille. Toinen puolisko lukittaisiin kierretankoon lukokorenkaalla, jotta puoliskot eivät pääsisi irtoamaan toisistaan työvälinettä siirrettäessä. Kierretankoon tulevassa Tr 16x4 -kierteessä nousu olisi 4 mm, joten suunniteltu 4 mm liikkuvuus vaatisi yhden kierroksen kiristämistä. Mitään tarkkaa sovitetta ei tangon ja reiän välillä tulisi tarvitsemaan, joten välykseksi jätettiin 0,1 mm (kuva 19).



KUVA 19. Sisäkehys ja kiristysmekanismi

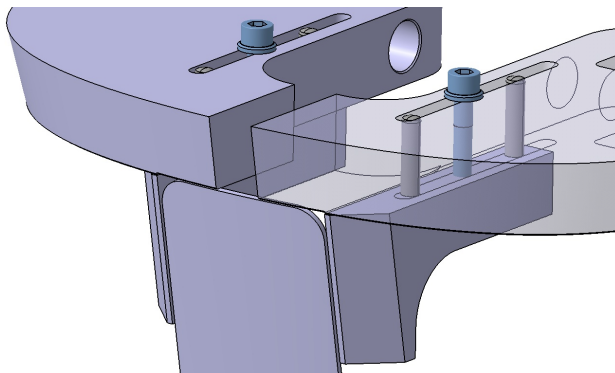
Erillisiä kiinnityskorvakkeita suunniteltaessa huomattiin, että ulkokehysten, kuten myös Panel 8:n muoto avartuu yläreunasta alareunaa kohti. Kun ulkokehysten 3D -mallia käytettiin referenssinä, tuli jokaisesta korvakkeesta yksilöllinen. Tästä syystä olisi mielekkäämpää tehdä korvake, joka peilaamalla sopisi jokaiseen neljään kiinnityskohtaan. Korvake kiinnitettäisiin sisäkehykseen yhdellä M10x35 DIN 912 8.8

kuusiokoloruuvilla. Tarkempi paikoittuminen tapahtuisi kahdella 6x40 DIN 6325 lie-
riösokalla. Ulkokehykseen paikoitusta varten tarvittavaan työvälinetappireikään tulisi
karkaistu 6x16 DIN 179 A holkki (kuva 20).



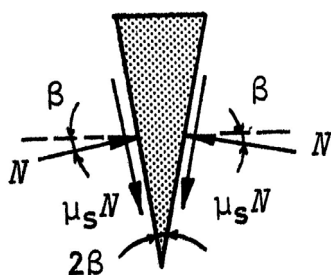
KUVA 20. Korvake

Buttstrapin sivusuuntaiseen paikoitukseen tarkoitetut vasteet noudattivat muodoltaan
alkuperäistä luonnosta. Niiden Panel 8:aa vasten tulevaa pintaa yksinkertaistettiin otta-
malla sille muoto 3D –mallista vain osan sivusuunnassa ja lisäämällä viisteen, jolloin se
asettuisi tiiviisti osaa vasten. Lisättiin reikä toisellekin lieeriösokalle ja siirrettiin vasteen
paikoilleen kiristämiseen tarkoitettu M6x35 DIN 912 8.8 ruuvi niiden väliin. Panel 8:n
3D –mallissa buttstrapin leveys yläpäässä on 61,5 mm. Todellisten osien mittailun jäl-
keen huomattiin niiden leveyden vaihtelevan 62,7 mm – 63,2 mm välillä. Näin päädyt-
tiin ohjaimissa 64 mm välykseen, koska mahdollinen puolen millimetrin heitto ei vaiku-
ta osan sopivuuteen tai aiheuta ongelmia niitinreikien reunaetäisyysvaatimuksen kanssa.
Tällöin buttstrap mahtuu varmasti vastinten väliin, ja niitä voi tarvittaessa hienosäätää
lisäämällä pintoihin esimerkiksi alumiiniteippiä. Rakoa sisäkehysten välissä suurennet-
tiin 16 mm:iin, jotta buttstrapin yläpään asettumisen sisäkehystä vasten voisi tarkistaa
paremmin (kuva 21).



KUVA 21. Buttstrap -paikoitin

Porausvaste, joka painaa Panel 8:n alaosan porausjigiä vasten tarvitsi lisätukea. Alkuun mietittiin ruuvilla tai kiilalla kiristettävää ratkaisua, mutta päädyttiin kuitenkin kiila – vaihtoehtoon, koska se antoi tukea suuremmalle alalle. Kiila kiristettäisiin kuusiokolo-ruuvin avulla (kuva 23). Kiilan kulman valinnassa pitäisi miettiä sen itsepidättyvyyttä, eli millä arvoilla kitka ei estä sen perääntymistä ruuvia löysättäessä. Kiilan vapaakappalekuvassa (kuva 22) N on pintojen normaalivoima ja μ_s on lepokitkakerroin. Kitkakerroin on suhdeluku, jota käytetään kitkan vertailussa eri materiaalien välillä.



KUVA 22. Kiilan vapaakappalekuva (Salmi 2005)

Tasapainoehdosta saadaan seuraava yhtälö (1).

$$+2 \cdot N \cdot \sin \beta - 2 \cdot \mu_s \cdot N \cdot \cos \beta = 0 \quad 1$$

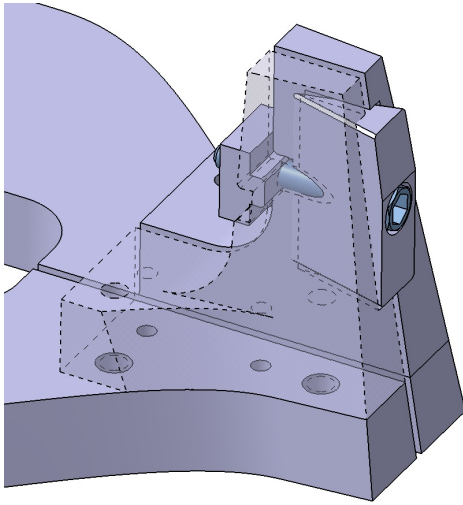
$$\rightarrow \mu_s = \tan \beta$$

Kiilalla, jonka kulma on noin 30° , saadaan tasainen puristusvoima koko porausvasteen pituudelle, jolloin kiila ei levitä vastetta vain toisesta reunasta. 30° kiilalla saadaan kitkakertoimeksi

$$\mu_s = \tan\left(\frac{30^\circ}{2}\right) = 0,27. \quad 2$$

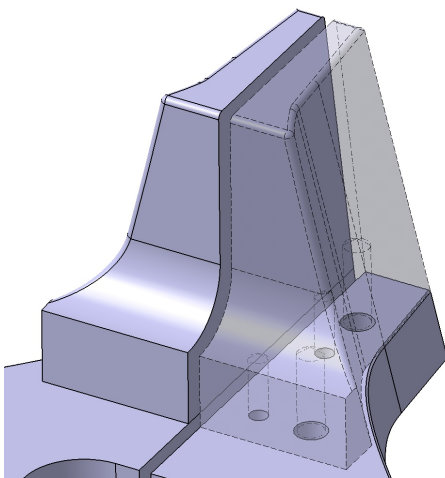
Kahden alumiinipinnan väliseksi kitkakertoimeksi Engineeringtoolbox.com ilmoittaa 1,05 – 1,35. Jos kitkakerroin on suurempi kuin 1, puhutaan kiinnileikkautumisesta eli kappaleet tahmautuvat (hitsautuvat). Kyseessä ei ole enää liukuminen, vaan materiaalin leikkautuminen. (Inkinen, Tuohi 2003, 109.) Voidelluille alumiinipinnoille kitkakerroin on 0,3. Jos kiila olisi alumiininen, pitäisi sitä siis ehdottomasti voidella ja kiilan kulman pitäisi olla vähintään 35° . Alumiinin ja teräksen väliseksi kitkakertoimeksi Engineeringtoolbox.com ja Momentti 1 ilmoittavat 0,61 ja voidelluille pinnoille 0 ja 0,15. Tämä

tarkoittaa, että ilman voitelua teräksiselläkin kiilalla kulman pitäisi olla 63° . Voidaan siis päätellä, että alumiinikiila ei toimisi missään tapauksessa ilman voitelua ja teräksiselläkin kiilalla pitäisi vasteeseen lisätä jokin mahdollisuus vetää kiila ulos.



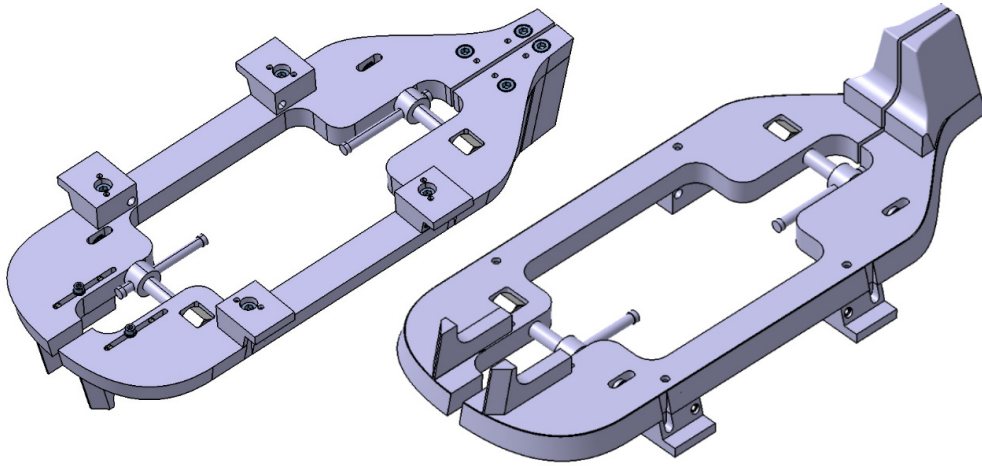
KUVA 23. Kiilalla kiristettävä porausvaste

Kun oli neuvoteltu kiilan käytöstä puristimena, tuli esille kolmaskin vaihtoehto. Porausvasteesta tehtäisiin nykyistä vankempi ja taaimmaista kierretankoa siirrettäisiin lähemmäksi vastetta. Valmistusaihio pysyisi samankokoisena ja pois koneistettavaa olisi vähemmän, joten komponentin valmistaminenkin olisi näin halvempaa. Tämä vaihtoehto päätettiin toteuttaa, ja mikäli ongelmia syntyisi, voitaisiin palata kiilapohjaiseen puristinratkaisuun (kuva 24).

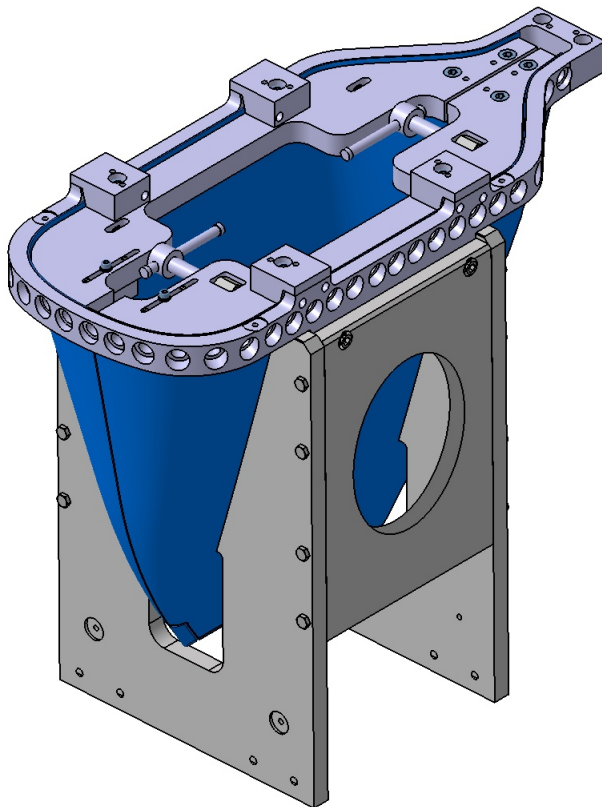


KUVA 24. Vankempi porausvaste ilman kiilaa

Työn ollessa tässä vaiheessa ei paikoituskorvakkeilla varustettuja levyosia ollut vielä saatavilla, joten niiden sopimisesta jiggin vastaaviin reikiin ei ollut mitään tietoa. Koska kumikalvopuristimen lestin 3D –mallissa työvälireiät ovat kuitenkin samoilla kohdilla kuin jigissä, voitaisiin olettaa paneelien asemoituvan niiden avulla. Uusi sisäkehys on esitettyä kuvissa 25 ja 26.



KUVA 25. Uusi sisäkehys



KUVA 26. Uusi sisäkehys jigissä

5.2 Piirustusten laatiminen

Valmistuskuvien laatiminen aiheutti alkuun odottamattoman paljon pohtimista, koska kappaleissa on muotoja, joiden mitoitusta ei piirustuksessa voi mielekkäästi esittää. Kappaleiden mitoitus oli alkuun erittäin tarkkaa, mutta edellä mainitun seikan vuoksi piirustusten selkeys ja loogisuus eivät olleet parhaat mahdolliset. Koska osien valmistustieto siirretään 3D –mallista suoraan työstökoneelle ilman piirustusten tulkintaa, ei kovin yksityiskohtaisille kuville ole tarvetta. Päätettiin siis jättää kuvista kaikki tarpeeton pois ja keskittyä merkinnöissä vain valmistamisen kannalta olennaisiin kohtiin. Kokoonpanokuvaan tulee yleiskuva, jossa osat ovat koottuina ja numeroituina. Kokoonpanokuvassa olisi vain toiminnan kannalta tärkeät mitat sekä huomiot. Osapiirustuksiin tulisivat kappaleiden päämitat, reikien sijaintitoleranssit sekä muut toleroitavat mitat. Piirustukset on esitetty luottamuksellisessa liitteessä 1.

6 POHDINTA

Siitä huolimatta, että työvälineen ensimmäiseen luonnokseen verrattuna lopullisessa suunnitelmassa nykyiseen jigiin lisättäisiin vain uusi sisäkehys, se erillisen jyr-sintätyövälineen kanssa mielestäni täyttää opinnäytetyölle asetetut tavoitteet hyvin. Paikoitusominaisuuden testaus käytännössä jäi kokeilematta, koska paikoitusrei'illä varustettuja levyosia emme saaneet kokeiltaviksi opinnäytetyön suoritusajan puitteissa. Jos tämä ratkaisu ei nykyisillä asetuksilla toimi, saattaa paikoitusreikien siirto tai lisääminen nykyiseen ulkokehukseen olla melko pulmallista. Tällöin ainoa vaihtoehto saattaa olla paikoittavan vastepinnan lisääminen jigin runko-osaan. Sisäkehysten tarvitsemien paikoitusreikien valmistamisen en usko tuottavan ongelmia, koska suunnitelmassa sisäkehukseen on jo jätetty hieman välystä, ja sitä voi lisätä helposti vaihtamalla väljemmät ohjausholkit. Erilliset korvakkeet antavat myös säätömahdollisuuden.

Kirjallisuuslähteiden löytäminen tuotti alkuun todella paljon vaivaa, mutta kun luopui puhtaasti ilmailuteollisuuteen liittyvien työvälinessuunnitteluteoksien etsimisestä alkoi sopivia tiedonlähteitä löytyä. Vaikka monet käytetyistä lähteistä ovat menneiltä vuosikymmeniltä, ei tällä ole ollut ratkaisevaa merkitystä, koska työn aiheena on kuitenkin perinteinen, käsikäyttöinen kokoonpanotyöväline. Kirjallisuuslähteistä oli apua lähinnä vertailtaessa eri kiinnitin- ja puristinvaihtoehtoja.

Vaikka opinnäytetyön eri työvaiheiden välille tuli pitkiäkin katkoja, ja työn loppuun saattaminen venyi aina vuodenvaihteeseen 2015-16, suunnitelmaa ehkä juuri siksi tuli pohdittua erittäin tarkasti eri näkökohdista. Esimerkiksi ajatus erillisestä jyr-sintätyövälineestä otettiin esille jo luonnosteluvaiheessa, mutta tuolloin ominaisuuden integroiminen jigiin tuntui paremmalta vaihtoehdolta. Kun ajatus tuli uudestaan esille lopullista versiota tehtäessä, se tuntui vertailun jälkeen selkeästi juuri siltä oikealta. Koska työvälinessuunnittelu on pohjimmiltaan ongelmanratkaisua, ja ratkaisuvaihtoehtoja on aina varmasti useampia, on suunnitelma hyvä käydä vielä läpi aloittaen täysin tyhjältä pöydältä, vaikka se mitä todennäköisimmin johtaakin samaan lopputulemaan.

LÄHTEET

Naing S., Burley G., Odi R., Williamson A. & Corbett J. 2000. Design for Tooling to Enable Jigless Assembly. SAE technical paper 2000-01-1765. USA: Society of Automotive Engineers Inc.

Aunio M., Kettunen E., Kääriä H., Niinimäki M. & Riski P. 1989. Työvälinesuunnitelu. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Henriksen E. 1973. Jig and Fixture Design Manual. New York, USA: Industrial Press Inc.

Hoffman E. 2004. Jig and Fixture Design. USA: Delmar Cengage learning.

Salmi T. 2005. Statiikka. Tampere: Klingendahl Paino Oy.

Inkinen P. & Tuohi J. 2003. Momentti 1, Insinöörifysiikka. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Hewson R. 2001. The Vital Guide to Military Aircraft. Airlife Press Ltd.

On line jig and fixture handbook. Carr Lane Manufacturing Co. 1992. Luettu 28.6.2015.
<https://www.carrlane.com/catalog/index.cfm/27225071F0B221118070C1C512D020609090C0015482013180B041D1E173C3B28535244555E>

Liiketoiminnot, tuotteet ja palvelut. Patria. Luettu 10.7.2015.
<http://patria.fi/fi/patria/konsernirakenne/liiketoiminnot>
<http://patria.fi/fi/tuotteet-ja-palvelut/lentokonerakenteet>

Patria Oyj:n vuosikertomus 2011. Luettu 12.7.2015.
http://patria.fi/sites/default/files/file_attachments/patria_vuosikertomus_2011.pdf

A400M (Future Large Aircraft) Military Transport Aircraft. Airforce Technology. Luettu 16.7.2015.
<http://www.airforce-technology.com/projects/fla/>

Friction and coefficients of friction. The Engineering Toolbox. Luettu 30.11.2015.
http://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d_778.html

Aho-Mantila A. Pääinsinööri. Neuvottelu 30.6.2015.

Aho-Mantila A. Pääinsinööri. Neuvottelu 5.11.2015.