



F-18 HORNETIN NIITTAUS- JA KIINNITINTYÖVÄLINEET

Jani Halinen

Opinnäytetyö
Elokuu 2012
Kone- ja tuotantotekniikka
Lentokonetekniikka
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Lentokonetekniikka

HALINEN, JANI: F-18 Hornetin niittaus- ja kiinnitintyövälineet

Opinnäytetyö 33 sivua, josta liitteitä 2 sivua
Elokuu 2012

Tämä työ on osa Ilmavoimien Materiaalilaitoksen (ILMAVMATL) projektia, jossa pohjustetaan Ilmavoimien F-18 Hornet vauriokorjaussarjan työkalutäydennystä niittaus- ja kiinnitintyövälineiden osalta. Työkalujen ajanmukaistaminen on tarpeen, koska vanhe-
neva kalusto tarvitsee erilaisten modifikaatioiden ja vikakorjausten suorittamiseen
ajanmukaisia ja hyväksytyjä työvälineitä.

Tämän työn tavoitteena on tuottaa tausta-aineistoa hankintapäätöksen tueksi Ilmavoimi-
en Materiaalilaitokselle. Työn teoriaosuus käsittelee korjausniittauksen eri vaiheita.
Korjausniittauksen näkökulmasta niittausprosessi sisältää vanhan niitin poiston, uuden
niitin valinnan, reiän valmistelun, asennuksen ja liitoksen hyväksymisen. Tausta-
aineiston laajuus ja hajanaisuus lisäsi työn haasteita. Työssä tuli huomioida eri lähteiden
luotettavuus ja niiden ajanmukaisuus.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi taulukoita työkaluista, ristiviittauksista, niittien ja kiin-
nittimien mitoista sekä materiaaleista. Taulukoissa esitetään myös työstövälineiden,
kuten poranterien, kartioupottimien ja kalvainten soveltuvuutta eri niittityypeille.

Työkalujen valintaa helpottavat taulukot auttavat oikeiden ja tarpeellisten työvälineiden
löytämistä. Lisäksi nykyisessä tietojärjestelmässä olevien niitti- ja kiinnitintyyppien
merkinnät voidaan johtaa aukottomasti ostonimikkeisiin korvaavuustaulukoiden avulla.

ABSTRACT

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

HALINEN, JANI: The Riveting and Fastening Tools for F-18 Hornet

Bachelor's thesis 33 pages, appendices 2 pages
August 2012

This work is a part of the Finnish Air Force Materiel Command's (FINAFMC) project, which acts as a foundation for supplementing new riveting and fastening tools in the Hornet's Aircraft Battle Damage Repair (ABDR) kit. It is necessary to renew the tools because the aging front-line fighter fleet requires updating and approved tools in order for various modifications and repair jobs to be conducted.

The aim of this work is to provide background material to support the purchase decision of the tools for FINAFMC. The theory part of the work deals with the different stages of the repair riveting. The old rivet is first removed and then a new rivet is selected, installed and approved. The vastness and fragmentation of the research material made the work more challenging. It was important to ensure that the sources used in the work were credible and up-to-date.

The thesis outcome produced tables about the tools, cross-references, materials and measurements of rivets and fasteners. The suitability of the different tools such as drill bits, countersink tools and reamers are represented in the tables in respect of the different rivet types.

The tables help in finding the right tools for the job at hand. In addition, the markings of the different rivet and fastening types in the current database can be lead to the purchase items in the substitution table.

Key words: Riveting, aircraft structural hardware, hornet

SISÄLLYS

LYHENTEET JA TERMIT	5
1 JOHDANTO.....	6
1.1 Opinnäytetyön taustat	6
1.2 Opinnäytetyön tarkoitus.....	6
1.3 Opinnäytetyön tavoite.....	7
1.4 Opinnäytetyön rajausta	7
1.5 Boeing F-18 C/D Hornet.....	8
1.6 Ilmavoimien Materiaalilaitos	8
2 ILMA-ALUSTEN KIINNITTIMET	9
3 NIITTAUSPROSESSI	10
3.1 Kiinnittimen valinta	11
3.2 Reiän valmistelu	12
3.2.1 Esiporaus	12
3.2.2 Poraus.....	13
3.2.3 Kalvaus.....	13
3.2.4 Uputus	13
3.3 Kiinnittimen asennus	14
3.3.1 Umpiniitin asennus	14
3.3.2 Sokkoniitin asennus	15
3.3.3 Kierteellisen kiinnittimen asennus	16
3.4 Liitoksen tarkastaminen	19
3.4.1 Umpiniittiliitoksen tarkastaminen.....	19
3.4.2 Sokkoniittiliitoksen tarkastaminen.....	20
3.4.3 Kierteellisen kiinnitinliitoksen tarkastaminen.....	20
3.5 Kiinnittimen poisto	21
3.5.1 Umpiniitin poisto	22
3.5.2 Sokkoniitin poisto	22
3.5.3 Kierteellisen kiinnittimen irrotus	23
4 TYÖN KULKU	24
4.1 Tarvittavien työvälineiden määrittely	24
4.1.1 Poraustyövälineiden määrittely	24
4.1.2 Asennus- ja irrotustyövälineiden määrittely	26
4.2 Ristiviittaukset ja vastaavuustaulukot.....	27
4.3 Dokumentointi	27
4.4 Työvälineiden soveltuvuus muuhun kalustoon.....	28
5 TULOKSET	29
6 POHDINTA.....	30
LÄHTEET.....	31
LIITTEET	32

LYHENTEET JA TERMIT

AN	Air Force / Navy Standard
Epäsuora niittaus	Niittauksessa vastinrautaa pidetään niitinvarren puolella
HN	F-18 Hornet -monitoimihävittäjä
ILMAVMATL	Ilmavoimien Materiaalilaitos
Kalvain	Reiän viimeistelytyökalu
Kartiopotin	Upotuspora, jolla saadaan uppokantaniitti pinnan tasoon
MS	Military Standard
NAS	National Aerospace Standard
NAVAIR	Naval Air Systems Command
Niitin alkukanta	Niitinvalmistajan tekemä kanta
Niitin päatekanta	Niittauksessa syntyvä kanta
Sidontapaksuus	Liitettävien kappaleiden yhteispaksuus
Silittäjä	Niittausvasaran apuväline
Sokkoniitti	Niitti, jonka kiinnitys ei vaadi pääsyä päatekannan puolelle
SRM	Structure Repair Manual, Rakennekorjausohje
Suora niittaus	Niittauksessa vastinrautaa pidetään alkukannan puolella
Tyssäys	Niitti vasarretaan tai puristetaan haluttuun muotoon
Umpiniitti	Yksiosainen niitti, jonka alkukanta on valmiiksi muotoiltu

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön taustat

Ilma-alusten rakenne koostuu lukuisista eri osista. Osien yhteen liittäminen ja purkaminen ovat tarpeen, koska laitteet ja rakenteet tarvitsevat niiden eliniän aikana sekä tarkastuksia, irrotuksia että vaihtoja. Mahdollisten vaurioiden synnyttyä, tulee osien olla helposti irrotettavissa ja korjattavissa.

Niittiliitos on edellä mainittujen esimerkkien takia hyvin yleinen kiinnitystapa lentokonerakenteissa. Niittaus on mekaanista liittämistä, jossa kaksi tai useampi rakenneos liittetään yhteen estäen niiden liikkumisen toistensa suhteen. Niittaustapahtumassa niitin varsi ja päätekanta muotoillaan uudelleen, jolloin liitoksesta tulee pysyvä.

Niitit jaetaan tavallisesti umpiniitteihin ja sokkoniitteihin. Sokkoniittaus onnistuu myös sellaisissa paikoissa, jossa päästään käsiksi vain liitoksen toiselle puolelle. Niittiliitosta ei normaalisti avata, mutta niitin poisto kuitenkin onnistuu. Työmäärä on kuitenkin suuri verrattuna esimerkiksi pulttiliitoksen avaamiseen.

Niittiliitos kantaa hyvin ainoastaan leikkausvoimia. Jos liitokseen kohdistuu muun suuntaisia rasituksia, on syytä valita jokin muu kiinnitin. Esimerkiksi Lockbolt ja Hi-Lok pulttiliitokset kestävät niittiliitosta paremmin sekä veto- että väsyttävää kuormitusta.

1.2 Opinnäytetyön tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoituksena on täydentää F-18 Hornetille luotua yleisimpien niittien ja kiinnittimien listaa niin, että se palvelee parhaiten toimeksiantajaa ja käyttäjää. Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää suoraan hankintojen tekemisessä.

Työllä on myös ilmeinen käytännön tarve, koska nykyisten työkalujen käyttö ei vastaa työlle suunniteltuja laatuvaatimuksia. Työvälineiden kirjoa on laajennettava ja niiden on vastattava asennusohjeiden edellyttämiin työvälineisiin.

Selvitystyössä käytettävien lähteiden luonteesta ja sisällöstä riippuen (saatavuudeltaan ja jakelultaan rajoitettua kolmannen osapuolen tietoa) en käytä asiakirjojen oikeita nimiä vaan nimeän ne yleiseen muotoon. Lähteiden materiaali on kolmannen osapuolen hallussa.

1.3 Opinnäytetyön tavoite

Käytännön työn ensimmäisenä tavoitteena oli kartoittaa niittauksessa käytettävät työvälineet ja jakaa ne kolmeen eri kategoriaan. Kategoriat jaettiin niittien ja kierteellisten kiinnittimien tärkeyden perusteella. Kyseisten kiinnittimien prioriteettitasot oli annettu lähtötietoina.

Työn toisena tavoitteena oli helpottaa huoltohenkilöstön työtaakkaa ristiviittausten ja vastaavuustaulukoiden muodossa. Rakennekorjausohjeissa ei enää välttämättä ole samoja osanumeroita kuin nykyään, joten jäljitettävyyshetki on luotava uuden ja vanhan nimikkeen välille. Tämä selvitystyö nopeuttaa löytämään oikeat kiinnittimet korjausohjetta apuna käyttäen.

Kolmanneksi tavoitteeksi asetettiin kartoittaa F-18 Hornetin kiinnintyövälineiden soveltuvuutta Ilmavoimien muun lentävän kaluston vauriokorjauksiin. Uusien työvälineiden valintaan voi vaikuttaa myös niiden soveltuvuus muuhun kalustoon. Tulokset esitetään Microsoft Excel -taulukkojen avulla.


1.4 Opinnäytetyön rajaus

Opinnäytetyö rajattiin yhdessä toimeksiantajan kanssa koskemaan F-18 Hornetin rakennekorjauksissa käytettävän työkalusarjan täydentämistä. Työn piiriin ei kuulunut työkalulaatikostojen suunnittelua, nykyisten työkalujen selvittämistä eikä työkalujen valintaa.

1.5 Boeing F-18 C/D Hornet

F-18 Hornet (HN) on Northropin ja McDonnell Douglasin suunnittelema jokasään monitoimihävittäjä. Hornetin voimalaitteena toimii kaksi General Electricin F404-GE-402 -ohivirtausmoottoria. Koneen runko koostuu kolmesta pääosasta: etu-, keski- ja takarungosta. Runko on koottu pääosin niittaamalla ja liimaamalla. Rungon rakenne on pääosin perinteistä puolikuorirakennetta koostuen kaarista, saloista ja pituusjäykisteistä. Rakenteellisesta painosta alumiinia on noin 50 % ja komposiittirakenteita noin 10 %.

Taulukko 1. F-18 Hornetin teknisiä tietoja (Puolustusvoimat 2011a)

Siipien kärkiväli	11,43 m	
Pituus	17,1 m	
Korkeus	4,67 m	
Tyhjäpaino	10 680 kg	
Suurin lentopaino.....	23 541 kg	
Lakikorkeus	15 000 m	

1.6 Ilmavoimien Materiaalilaitos

Opinnäytetyön toimeksiantaja Ilmavoimien Materiaalilaitos (ILMAVMATL) on 1.1.2010 perustettu Ilmavoimien komentajan alainen joukko-osasto. Se vastaa ilmapuolustuksen valvonnan ja johtamisen, lennonvarmistuksen sekä sotilasilmailun materiaalista ja sen kunnossapidon järjestelyjen johtamisesta hanke- ja hankintavaiheesta aina materiaalin käytöstä poistamiseen ja jälkikäsittelyn loppuun saakka (elinjaksovastuu). (Puolustusvoimat 2011b.)

Ilmavoimien Materiaalilaitos koostuu laitoksen johtajasta, apulaisjohtajasta, seitsemästä osastosta ja Ilmavoimien Koelentokeskuksesta. Hankeosasto vastaa Ilmavoimien toteutusvastuulla olevan materiaalsen suorituskyvyn tavoitetilan laatimisesta, materiaalsen suorituskyvyn kehittämisen suunnittelusta, materiaalsen suorituskyvyn rakentamisen ja ylläpidon suunnittelusta sekä materiaalsen suorituskyvyn rakentamisesta Puolustusvoimien ilmailun joukoille. (Puolustusvoimat 2011b.)

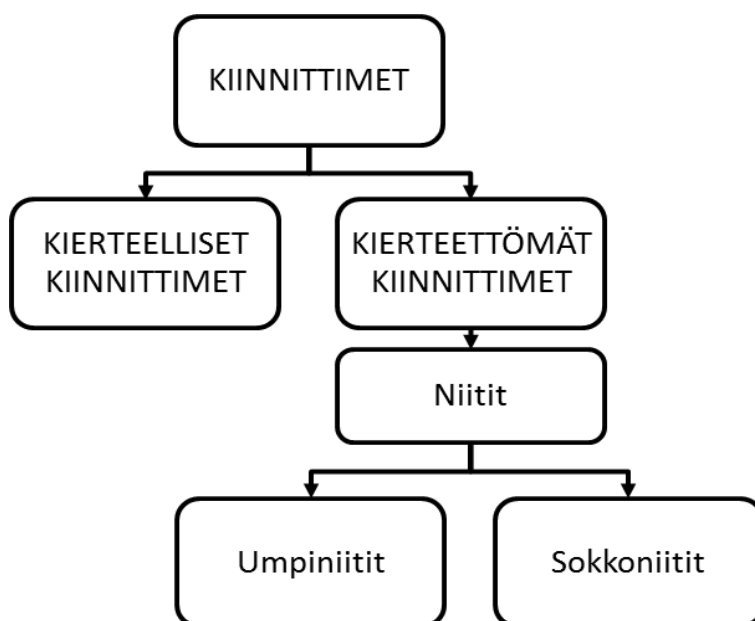
2 ILMA-ALUSTEN KIINNITTIMET

Ilma-aluksissa käytettävät kiinnittimet jaetaan tavallisesti kierteellisiin ja kierteettömiin kiinnittimiin (kuvio 1). Kierteettömien kiinnittimien pääryhmän muodostavat niitit, jotka jaetaan tavallisesti umpiniitteihin ja sokkoniitteihin.

Kierteellisten kiinnittimien ryhmä muodostuu pääosin ruuveista, pulteista ja muttereista. Tähän ryhmään kuuluvien kiinnittimien liitokset ovat usein avattavissa, mutta esimerkiksi Hi-Lok, Lockbolt ja Jo-Bolt kiinnitinliitoksia ei voi rikkomatta avata.

Kiinnittimien standardisointi takaa sen, että ne ovat aina tasalaatuisia niin materiaaliltaan kuin ominaisuuksiltaan. Yleisimpiä standardeja ovat Air Force / Navy Standard (AN), National Aerospace Standard (NAS) ja Military Standard (MS).

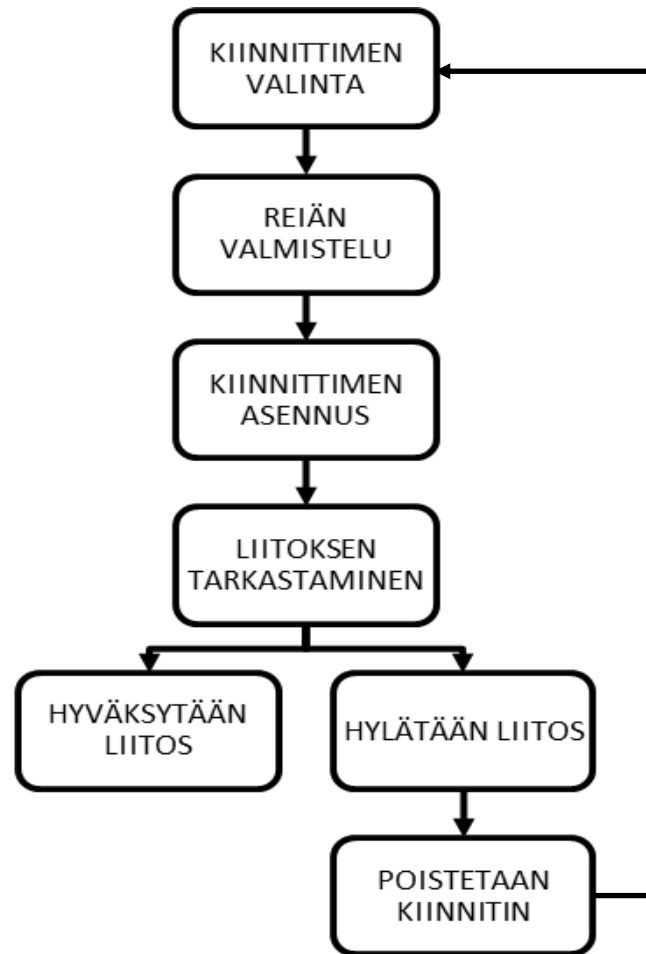
Niiteissä on usein tunnistemerkintä, jonka perusteella voidaan selvittää niittien pituus, halkaisija, materiaali ja alkukannan muoto. Esimerkiksi MS20470AD6-6 on MS-normin mukainen Universal-kantainen umpiniitti. Sen AD-merkintä kertoo materiaalin, joka on 2117-T4 alumiinia. Ensimmäinen numero sen jälkeen kertoo niitin halkaisijan, joka on tässä tapauksessa 6/32 tuumaa. Jälkimmäinen numero kertoo niitin pituuden olevan 6/16 tuumaa.



KUVIO 1. Kiinnittimien yleinen jako

3 NIITTAUSPROSESSI

Tässä luvussa kuvataan niittausprosessin eri vaiheita sekä niittien että kierteellisten kiinnittimien osalta. Niittausprosessi sisältää kuvion 2 mukaisesti kiinnittimen valinnan, reiän valmistelun, kiinnittimen asennuksen ja liitoksen tarkastamisen. Kiinnitin poistetaan, jos liitosta ei pystytä hyväksymään. Poiston jälkeen niittausprosessi alkaa alusta.



KUVIO 2. Niittausprosessin kulku

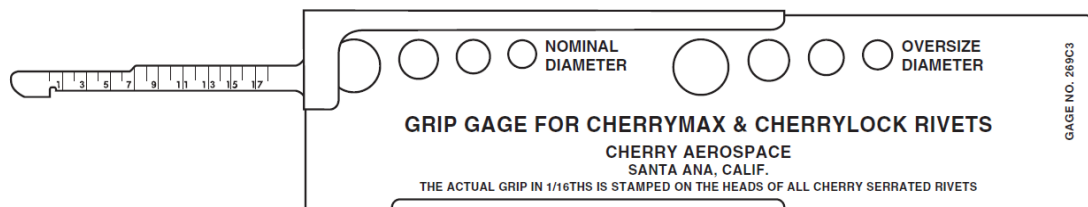
Korjausniittauksen näkökulmasta niittausprosessi alkaa usein kiinnittimen poistolla. Uuden kiinnittimen kiinnittäminen tapahtuu joko samankokoisilla tai suuremmilla ylikokoniiteillä tai kiinnittimillä.

3.1 Kiinnittimen valinta

Niittien ja kierteellisten kiinnittimien valinta korjausniittauksessa perustuu pääasiassa lentokonevalmistajien ohjeiden mukaiseen toimintaan. Yleinen ohje kuitenkin on, että kaikki kiinnittimet tunnistetaan irrotusvaiheessa ja tunnistemerkinnän tai numerosarjan perusteella osataan valita vastaava kiinnitin. Jos kiinnitintä ei pystytä kuitenkaan luotettavasti tunnistamaan, etsitään kyseiseen kohtaan hyväksytyt kiinnittimen osanumero ohjekirjoista. Pelkästään osien ulkonäköön perustuen ei kiinnittimien valintaa saa koskaan tehdä.

Kupu- ja uppokantaniittien välillä valittaessa tulee miettiä liitokselta vaadittavia ominaisuuksia. Liitos pyritään aina tekemään kupukantaniiteillä, koska se on edullisin ja lujuudeltaan kestävin liitos. Uppokantaniitti tulee valita silloin, kun kupukantaniitti ei mahdu syystä tai toisesta olemaan liitoskohdassa tai niittiliitos haittaa lentokoneen aerodynamiikkaa merkittävästi.

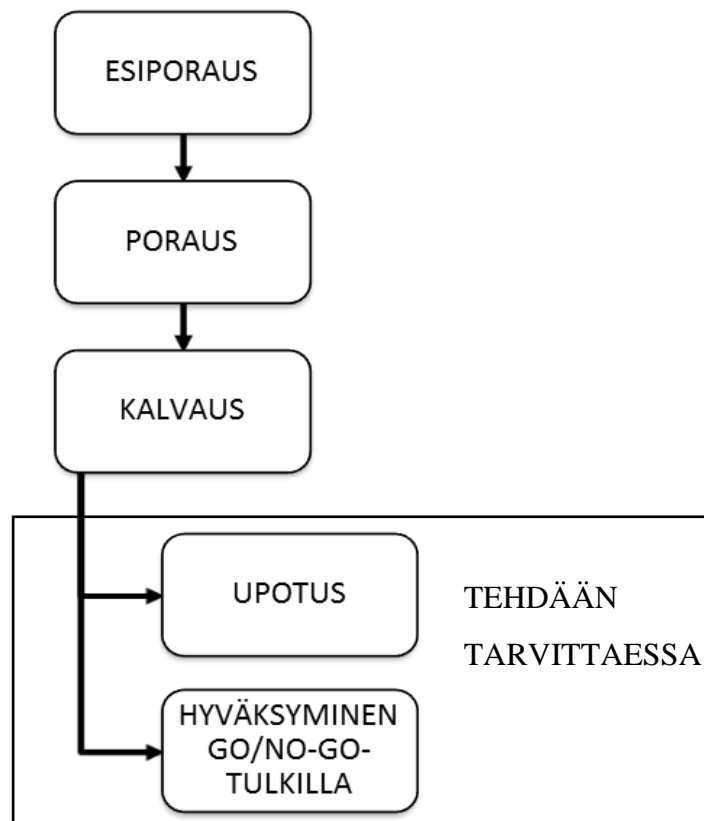
Niittien oikean pituuden määrittämiseen eri tapauksissa on kiinnitettävä huomiota, koska niitin pituus vaikuttaa suoraan liitoksen kestävyYTEEN. Esimerkiksi liian pitkän umpiniitin pätekantha voi vasartamisessa mennä vinoon ja näin ollen se ei kestä enää suunniteltuja kuormia. Toisaalta liian lyhyen niitin pätekanthan koko ei ole riittävä. Niittien pituuden määrittämiseen on erilaisia tulkkeja (kuvio 3). Tulkin avulla mitataan sidontapaksuus, minkä lisäksi on otettava huomioon useita eri muuttujia määritettäessä niitin pituutta. Esimerkiksi niitin halkaisija, niitin ja reiän välyksen suuruus sekä niitin materiaali vaikuttavat lopputulokseen.



KUVIO 3. Sidontapaksuuden mittatulkki (Cherry Aerospace 2008, 19)

3.2 Reiän valmistelu

Niittien ja kierteellisten kiinnittimien reiän viimeistely on tullut tärkeäksi työvaiheeksi niiden tuomien ongelmien takia. Huonosti viimeistelty reikä aiheuttaa todennäköisiä väsymismurtumien alkua ja huonosti istuva kiinnitin voi päästä liikkumaan ja jopa irtotoamaan tärinästä. Reiän valmistelu sisältää tapauksesta riippuen esiporauksen, porauksen, kalvauksen, upotuksen ja reiän halkaisijan hyväksymisen go/no-go tulkilla (kuvio 4).



KUVIO 4. Reiän valmistelu prosessina

3.2.1 Esiporaus

Esiporauksen tehtävänä on parantaa reiän tarkkuutta epäkeskeisyyden ja soikeuden osalta. Joidenkin upottimien, kalvainten ja poranterien kärjessä on ohjainkärki, joka vaatii tietyn kokoisen pilottireiän toimiakseen oikein. Esiporaus helpottaa siis prosessin seuraavia työvaiheita ja on tietyissä tilanteissa välttämätön toimenpide.

3.2.2 Poraus

Niitin reikien poraus on suoritettava huolellisesti oikeita työkaluja käyttäen ja tiettyjen toleranssien puitteissa. Porauksen jäljen on oltava sellainen, ettei se vahingoita niittiä asennustapahtumassa. Jokaiselle niitille on annettu osaluettelossa asennuksen edellyttämä reiän koko. Reiän on oltava tarpeeksi suuri, jotta asennus onnistuu ja kuitenkin niin pieni, että niitin varsi pystyy täyttämään sille kuuluvan tilan tyssäyksessä.

Porauksen jälkeen poistetaan aina jäysteet. Jäysteenpoiston tehtävänä ei kuitenkaan ole poistaa ylimääräistä materiaalia, vaan tehdä reiän reunasta siisti ja suorakulmainen. Jäysteet saattavat pilata liitoksen myös joutuessaan kiinnitettävien pintojen väliin. Tällöin kiinnitettävät pinnat eivät ole kiinni toisissaan ja ne saattavat kammata kiinnitintä vinoon ja siten liitos saattaa jäädä löysälle.

3.2.3 Kalvaus

Kalvaimen avulla reikä viimeistellään toleranssien sisälle porauksen jälkeen. Näin reiän pinnanlaatu ja tarkkuus parantuvat. Kalvaimessa on usein kahdeksan hammasta, jotka muodostavat useita leikkaavia teräpareja (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 123). Terien työstöarvot ovat huomattavasti pienemmät kuin kierukkaporalla, mutta pinnanlaatu on sen sijaan parempi. Työskentelyä helpottaakseen kalvainten koko ja tarkkuus on usein merkattu työkalun varteen.

3.2.4 Upotus

Uppokantaisten niittien kiinnityskohtaan tehdään kartiupotus upottimen avulla. Upottimen muoto vastaa niitin muotoa, joten upottimia on jokaiselle niitinkannalle ja koolle omansa. Yleinen upottimen kulma on 100° , mutta ohuimmat levyt vaativat 130° upotuskulman. Upotuksen pinnanlaadun on oltava hyvä, koska se takaa kiinnittimen hyvän istuvuuden ja mahdollisimman pienen riskin alkusäröjen synnylle.

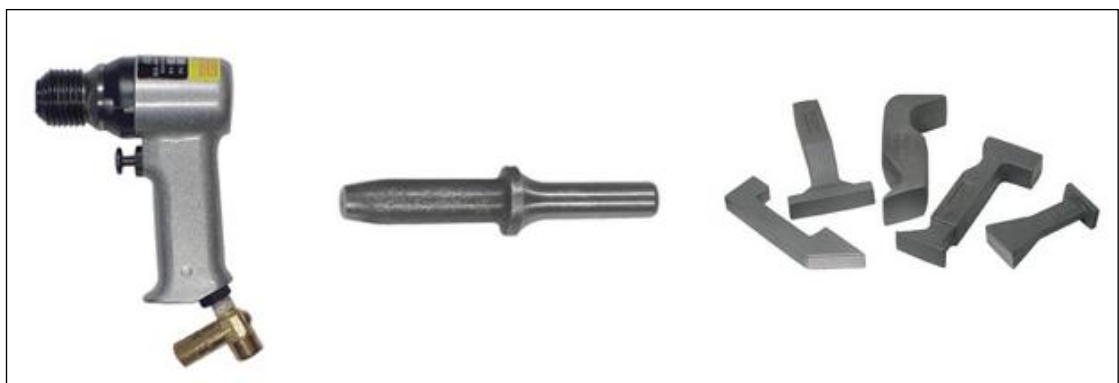
3.3 Kiinnittimen asennus

Tässä osiossa esitetään ainoastaan yleisiä asennusmetodeja, mutta usein asennus tehdään lentokonevalmistajan julkaiseman rakennekorjausohjeen (Structural Repair Manual, SRM) mukaisesti. SRM -ohje määrittelee asennuksessa käytettävät kiinnittimet, toleranssit, työmenetelmät ja työvälineet. Pelkästään näiden ohjeiden pohjalta korjauksia ei pysty kuitenkaan tekemään, koska ohjeet ovat enemmän yleispäteviä kuin yksityiskohdaisia. Siksi vauriokorjauksissa tarvitaan kykyä yhdistellä ja soveltaa eri tietoja.

Liitoksissa esiintyvää galvaanista korroosiota pyritään estämään tekemällä liitokset ”märkänä” ja valitsemalla pinnoitettu kiinnitin. Kiinnittimet eristetään usein märkäniittauksessa ympäristöstä kitillä, jolloin kosteus elektrolyytinä ei pääse synnyttämään potentiaaliero kiinnittimen ja kiinnityspinnan välille. Lisäksi korroosiovirran katkaisu pinnoituksen avulla estää tai hidastaa galvaanisen korroosion etenemisen, jos elektrolyytti on päässyt vaikuttamaan.

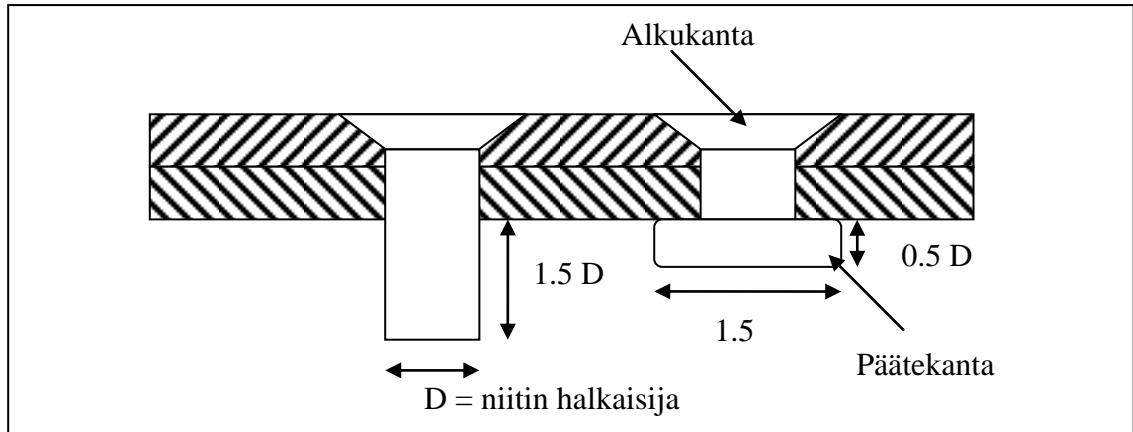
3.3.1 Umpiniitin asennus

Umpiniittien asennus tapahtuu tavallisesti vasartamalla. Tarvittavia työvälineitä ovat paineilmakäyttöiset niittausvasarat, silittäjät ja vastinraudat. Kuvan 1 mukaisella paineilmakäyttöisellä niittausvasaralla voidaan niitata noin 1/8 tuuman teräsniittejä (Usatco 2012). Niittausvasaralle toinen vaihtoehto on niittauspuristin, joka ei vaadi erillisiä vastinrautoja, vaan niitin tyssäntyminen tapahtuu puristimen leukojen välissä. Niittauspuristinta pyritään käyttämään aina, kun sillä päästään työskentelemään. Yleisesti niittauspuristimella yletetään reunaetäisyydeltään noin kolmen tuuman päähän levyn reunasta.



KUVA 1. Niittausvasara, silittäjä ja vastinraudat (Usatco 2012)

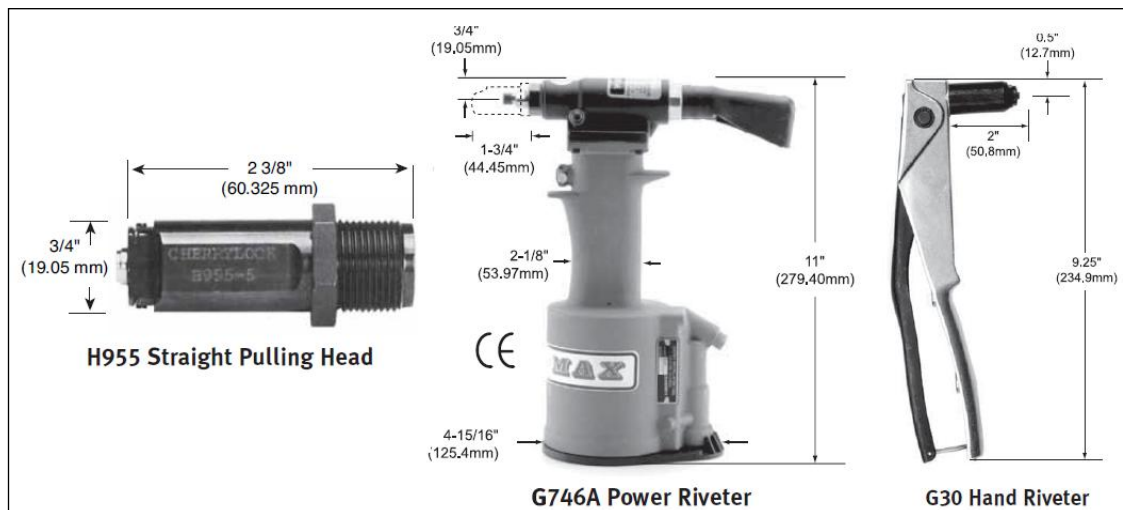
Niittaustapahtumassa niitin varsi tyssätyään ja niitin pätekkanta muodostetaan työkalujen avulla (kuvio 5). Usein niittaus tehdään epäsuoralla niittaustavalla, eli niittausvasaran ja silittäjän avulla niitti tyssätyään alkukannan puolelta. Pätekkanta muodostetaan vastinraudan avulla.



KUVIO 5. Uppokantainen umpiniitti ennen tyssäystä ja tyssäyksen jälkeen

3.3.2 Sokkoniitin asennus

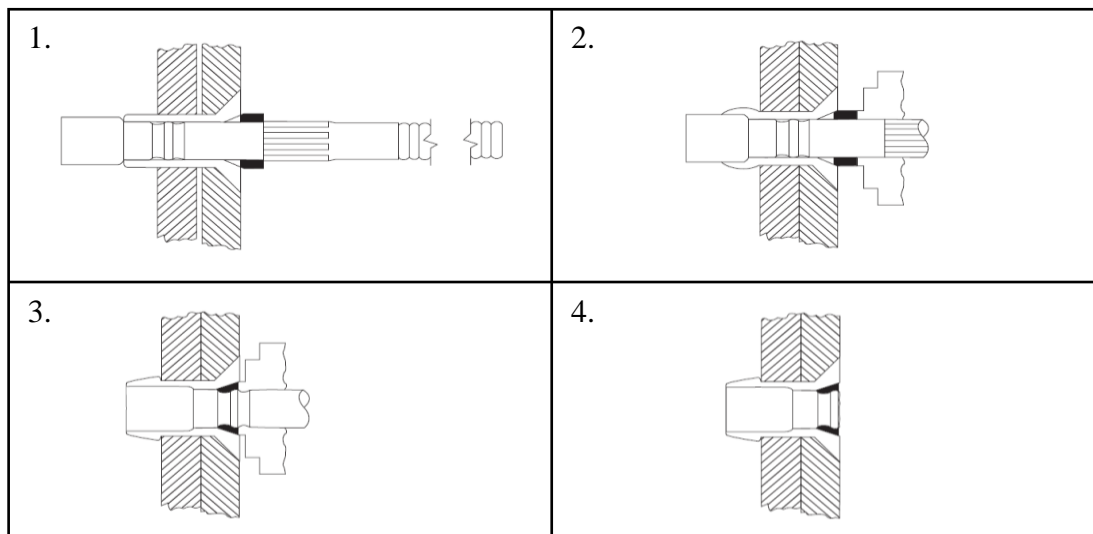
Sokkoniitit asennus voidaan suorittaa joko käsiniittaus- tai paineilma-hydraulivälineillä. Paineilmatyökalut voivat tosin olla liian kömpelöitä varsinkin korjausniittauksessa, jossa joudutaan usein työskentelemään ahtaissa paikoissa. Siksi kuvan 2 mukaisilla käsiniittausvälineillä voidaan ainakin pienimpiä nittejä kiinnittää hyvin pienessä tilassa. Kyseisen niittausvälineen kapasiteetti tulee kuitenkin vastaan melko pian, kun suurempia teräsniittejä täytyy kiinnittää.



KUVA 2. Cherrylock 'A' sokkoniitin asennustyökaluja (Cherry Aerospace 2007)

Sokkoniitin asennus voidaan suorittaa Cherry Aerospace'n ohjeiden (2007, 1) mukaan seuraavasti (kuvio 6):

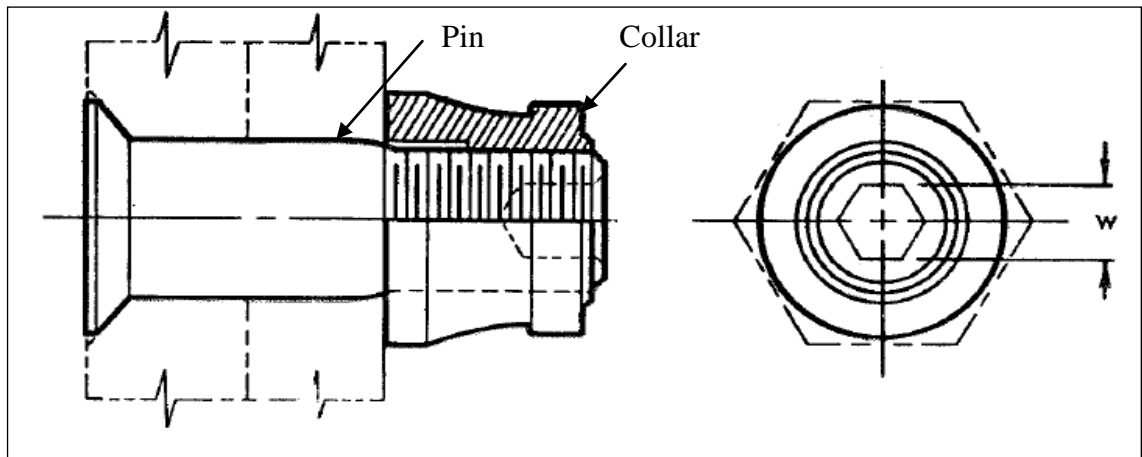
- 1) Niitti asetetaan reikään ja tarkistetaan sen istuvuus
- 2) Asetetaan vetopää (pulling head) niitin karan päälle. Niitin karaa vetämällä päätteekanta alkaa muodostua vastapuolelle
- 3) Valmis päätteekanta puristaa liitettäviä levyjä yhteen ja kiilaa reiän välykset pois
- 4) Niitin kara katkeaa murtokohdasta niittauksen lopuksi.



KUVIO 6. Cherrylock 'A' sokkoniittien asennus (Cherry Aerospace 2007, 1)

3.3.3 Kierteellisen kiinnittimen asennus

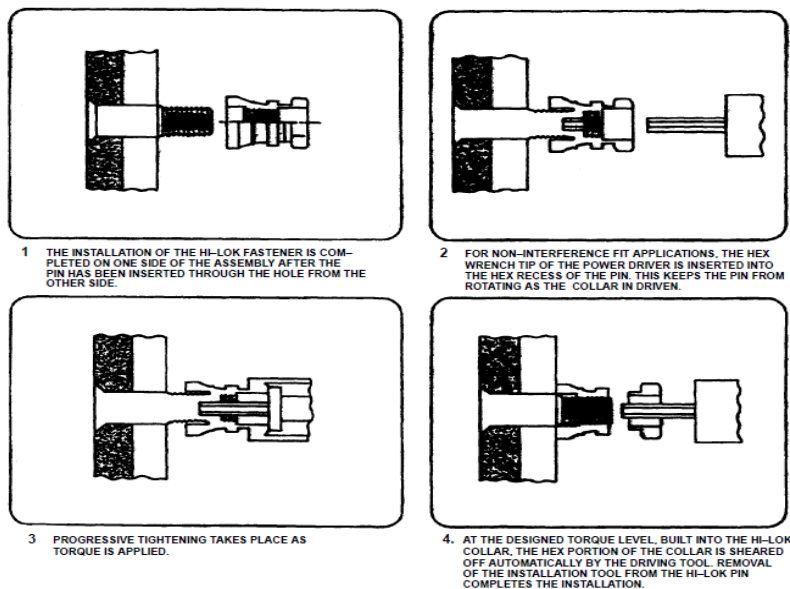
Tässä osiossa esitetään kahden lentokonerakenteissa yleisesti käytetyn kierteellisen kiinnittimen asennuksen eri vaiheita. Ensimmäisenä esitetään Hi-Lok kiinnittimet, jotka koostuvat kierteellisestä ja tarkkasovitteisesta pultista (pin) sekä itselukittuvasta mutteriosasta (collar) (kuvio 7).



KUVIO 7. Uppokantainen Hi-Lok kiinnitin (Hi-Shear 1992, muokattu)

Hi-Lok kiinnittimien asennus voidaan suorittaa Naval Air Systems Command (NAVAIR) julkaiseman teknisen käsikirjan (2003, 3-36) mukaan seuraavalla tavalla (kuvio 8):

- 1) Asetetaan pultti (pin) paikoilleen ja tarkistetaan sen istuvuus
- 2) Pyöritetään collaria ensin käsi ja sen jälkeen koneellisesti
- 3) Kierretään collar pohjaan asti
- 4) Kun oikea momentti saavutetaan, collar katkeaa murtokohdasta.



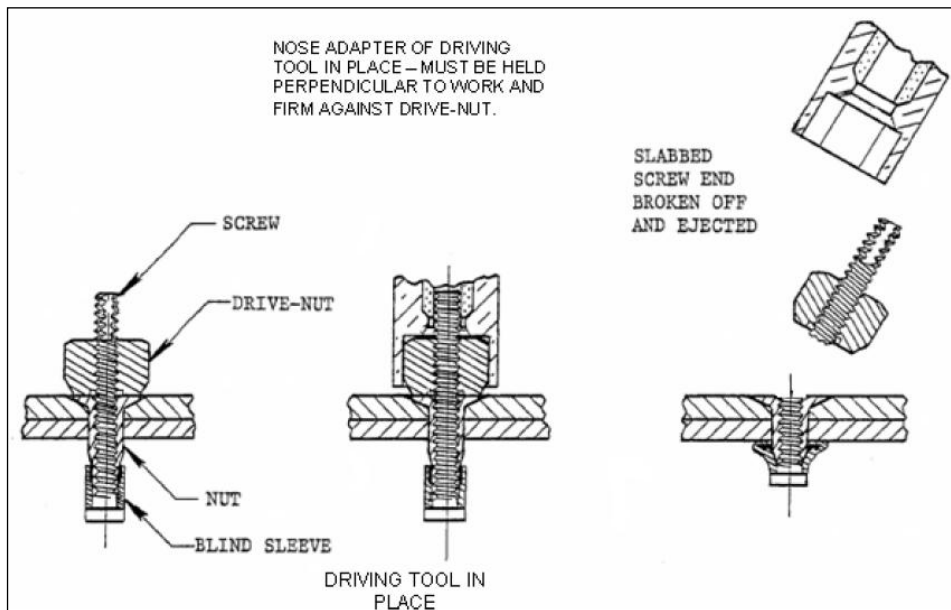
KUVIO 8. Hi-Lok kiinnittimen asennus (NAVAIR 2003, 3-36)

Toisena kiinnittimenä esitetään Jo-Bolt (Visu-Lok) sokkopultin asennus. Kuvan 3 mukaisesti Jo-Bolt koostuu kolmesta eri osasta: ruuvista (screw), kaksiosaisesta mutterista (drive-nut, nut) ja holkista (sleeve). Nämä osat toimitetaan aina yhtenä kokonaisuutena.



KUVA 3. Visu-Lok II sokkopultti (Infastech Australia 2012, muokattu)

Toisen sukupolven Jo-Bolt sokkopultin eli Visu-Lok II:n asennus onnistuu sekä käsi- että paineilmatyökaluilla. Asennustyökalu pyörittää ruuvia ja pitää samalla asennusmutteria (drive-nut) paikoillaan. Niitin kanta muodostuu ruuvin vetäessä holkkia (sleeve) kartiomaista mutteria (nut) vasten (kuvio 9). Lopulta ruuvi katkeaa murtokohdasta, kun oikea momentti saavutetaan.



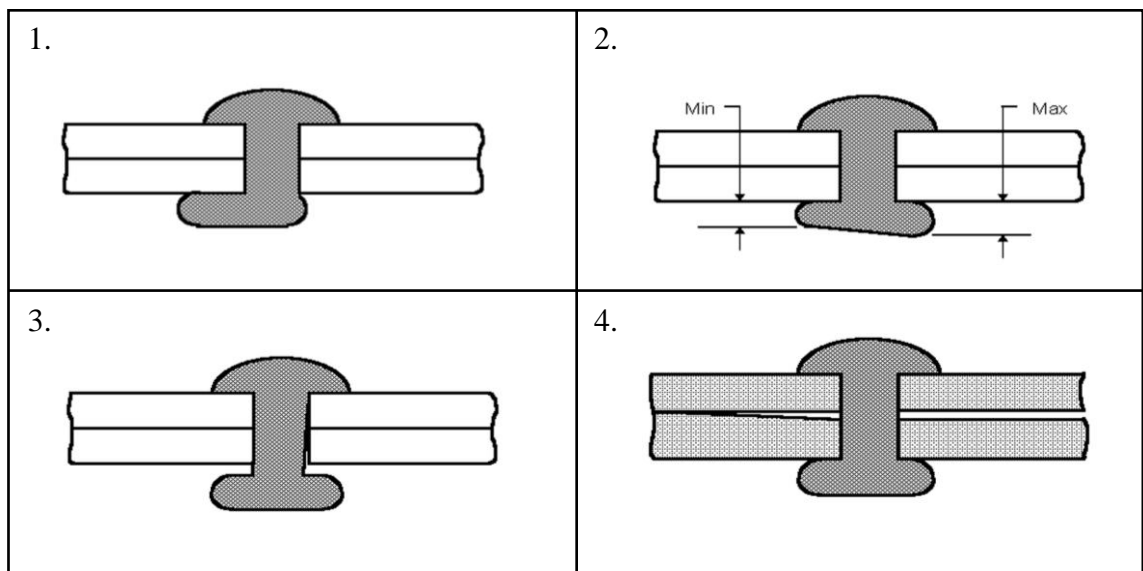
KUVIO 9. Visu-Lok II:n asennus (Monogram Aerospace Fasteners 2007, 16)

3.4 Liitoksen tarkastaminen

Kiinnitinliitoksen verifiointissa liitos yksinkertaisesti hyväksytään tai hylätään sille asetettujen vaatimusten perusteella. Korjausniittauksessa tarkastus ja hyväksyminen tehdään silmämääräisesti mittavälineitä apuna käyttäen. Ohjeistus antaa yleensä melko tiukat toleranssit, joiden mukaan liitoksen hyväksyntä tehdään. Niitin päatekannan ko-koa, muotoa ja välyksiä mitataan ja tarvittaessa liitos uusitaan, jos vaatimukset eivät täyty.

3.4.1 Umpiniittiliitoksen tarkastaminen

Valmiit umpiniittiliitokset tarvitsevat erityistä huomiota niiden päatekantojen muotoon ja liitoksen löysyyteen liittyen (kuvio 10). Päatekannan tulee kohtien 1 ja 2 mukaisesti olla symmetrinen ja mitoiltaan hyväksyttävissä. Lisäksi liitettävien osien täytyy kohtien 3 ja 4 mukaisesti olla tiiviisti yhdessä, jotta liitoksesta tulisi mahdollisimman luotettava. Liitos voi etenkin vaihtelevassa kuormituksessa löystyä ensin niitin kallistumisen, venymisen ja lopulta murtumisen takia.

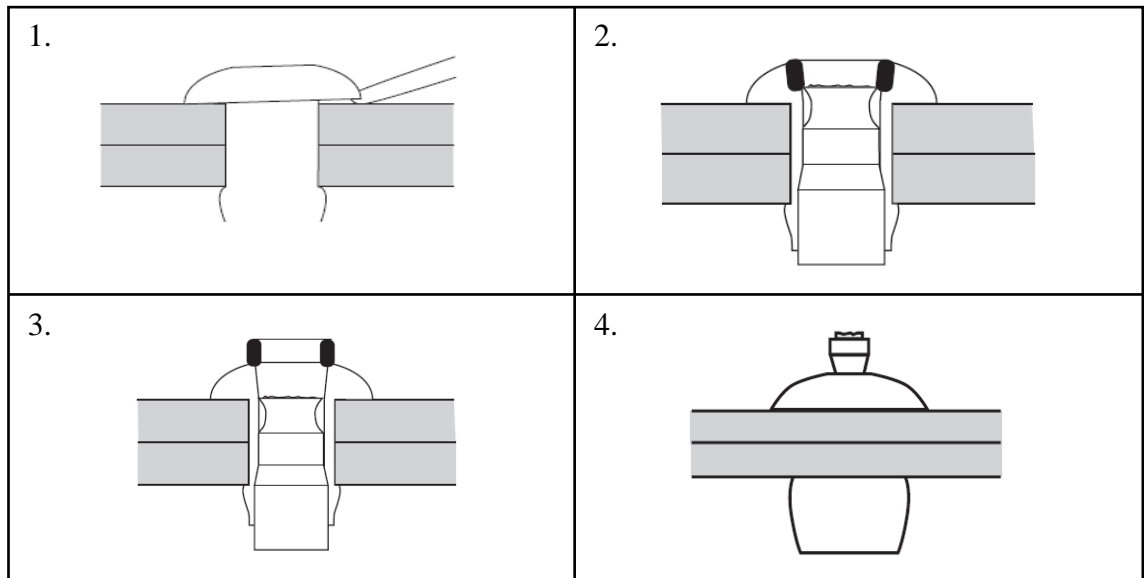


KUVIO 10. Virheellisiä päatekantoja (Engineersedge 2012)

3.4.2 Sokkoniittiliitoksen tarkastaminen

Sokkoniittien hylkäys voi johtua Cherry Aerospacen ohjeen (2007, 25–26) mukaan seuraavista virheistä (kuvio 11):

- 1) Niitin alkukanta ei asetu hyvin paikoilleen (Tällöin voidaan olettaa, että reikä on porattu vinoon)
- 2) Niitin varsi katkeaa liian syvälle (Käytössä on mahdollisesti ollut väärä vetopää)
- 3) Niitin lukitusholkki ei asetu hyvin paikoilleen (Niitin reikä on mahdollisesti liian pieni tai niitti on liian lyhyt)
- 4) Niitin kara katkeaa liian ylhäältä (Niitin halkaisija on joko liian suuri tai niitin pituus on valittu liian suureksi).

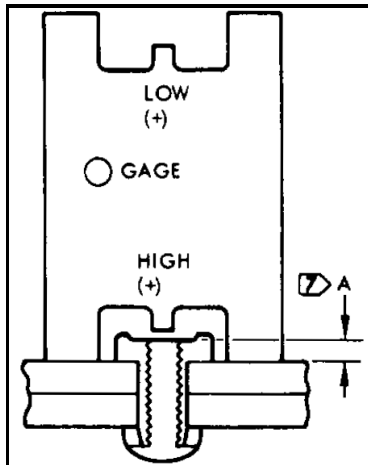


KUVIO 11. Sokkoniitin yleisimpiä kannan virheitä (Cherry Aerospace 2007, 25–26)

3.4.3 Kierteellisen kiinnitinliitoksen tarkastaminen

Hi-Lok kiinnittimien hyväksyminen vaatii pultin pään ulkoneman tarkastamisen omalla tulkilla. Collarin momenttia ei tarvitse tarkastaa, mutta pultin heilumista ei sallita. Tarvittaessa Hi-lok kiinnittimen kannan välys mitataan rakotulkilla.

Jo-Bolt kiinnittimelle tehdään silmämääräinen tarkastus. Lisäksi kanta hyväksytään Jo-Bolt -tulkilla (kuvio 12). Tulkin avulla mitataan ruuvimaisen karan katkeamiskohta. Sidontapaksuus on mitoitettu liian pieneksi, jos kara katkeaa liian syvälle. Tällöin pultti täytyy poistaa ja tilalle asennetaan seuraavaa kokoluokkaa pidempi pultti. (Monogram Aerospace Fasteners 2007, 17.)



KUVIO 12. Jo-Bolt sokkopultin hyväksyminen (NAVAIR 2003, 3-89)

3.5 Kiinnittimen poisto

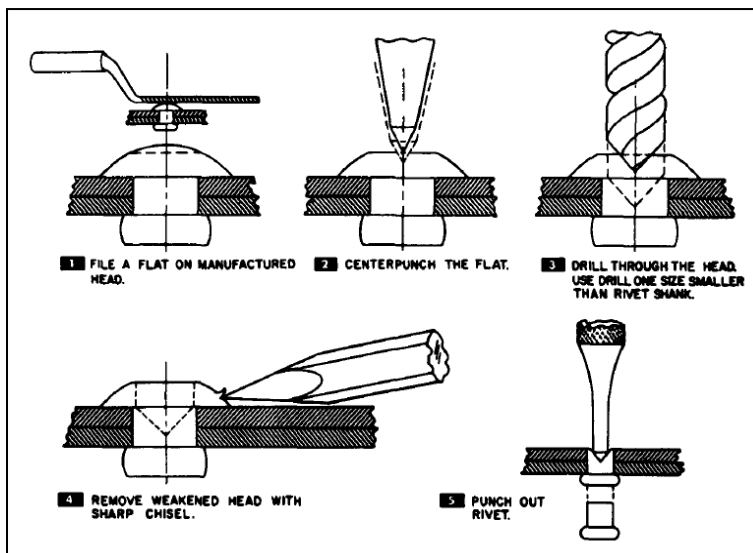
Niittien ja kierteellisten kiinnittimien rakenteita vaurioittamaton poisto on tarpeen, koska liitos tehdään usein uudelleen samaan kohtaan. Lisäksi kiinnityspinta on yleensä osa suurempaa kokonaisuutta ja siksi on oltava varovainen kiinnittimien irrottamisessa, jotta suuremmilta korjauksilta vältytään.

Kiinnittimien poistossa on myös huomioitava, että kiinnittimen loppuosa saattaa jäädä suljetun kotelarakenteen sisälle. Tällaisessa tilanteessa irto-osa liimataan kiinni koneen rakenteeseen ja estetään tällöin mahdollisten vahinkojen syntymisen.

3.5.1 Umpiniitin poisto

Umpiniitin poistamiseen kuuluu useita eri vaiheita (kuvio 13). NAVAIR teknisen käsikirjan (2003, 3-13) mukaan niitin poisto jakautuu viiteen eri vaiheeseen:

- 1) Niitin alkukanta tasataan viilalla helpottamaan työskentelyä
- 2) Niitin kantaan lyödään porausta helpottava piste
- 3) Niitin kannan poraus tehdään tavallisesti yhtä porankokoa pienemmällä terällä kuin niitin reikä (Ohjeet on kuitenkin tarkistettava tapauskohtaisesti)
- 4) Niitin kanta lyödään sivusta terävällä taltalla tai käännetään irti tuurnalla
- 5) Niitin loppuosa lyödään pois tuurnalla. Tarvittaessa levyjä tuetaan vastapuolelta.

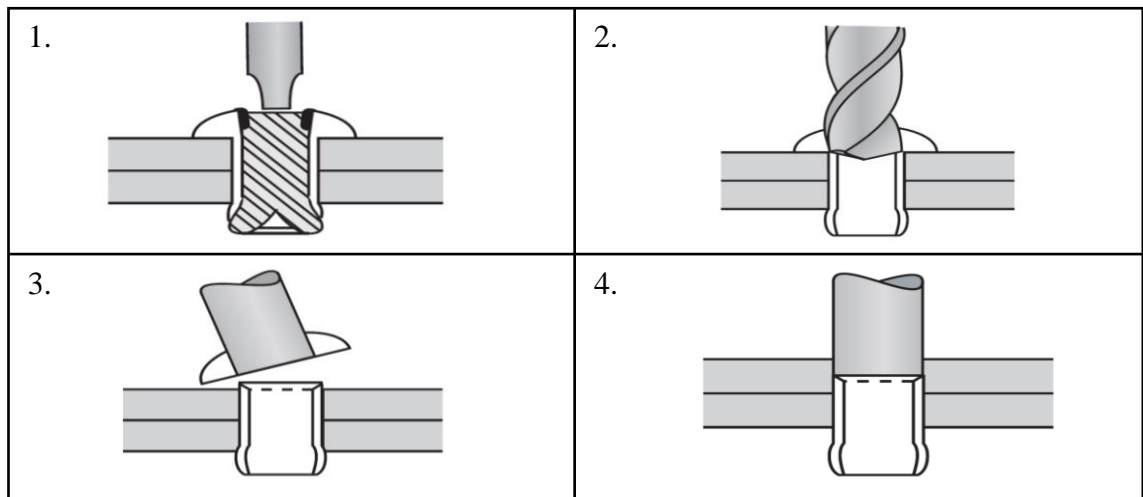


KUVIO 13. Umpiniitin poisto poraamalla (NAVAIR 2003, 3-13)

3.5.2 Sokkoniitin poisto

Niitinvalmistajat antavat usein ohjeita juuri heidän tuotteilleen sopivasta irrotustavasta. Esimerkiksi sokkoniittien markkinajohtaja Cherry Aerospace (2008, 22) kuvaa sokkoniittien poistoa omassa ohjeessaan seuraavasti (kuvio 14):

- 1) Lyödään lukituskara pois tuurnalla
- 2) Porataan alkukanta pois, jolloin poistetaan myös niitin lukitus
- 3) Poistetaan alkukanta
- 4) Lyödään niitin loppuosa pois tuurnalla.



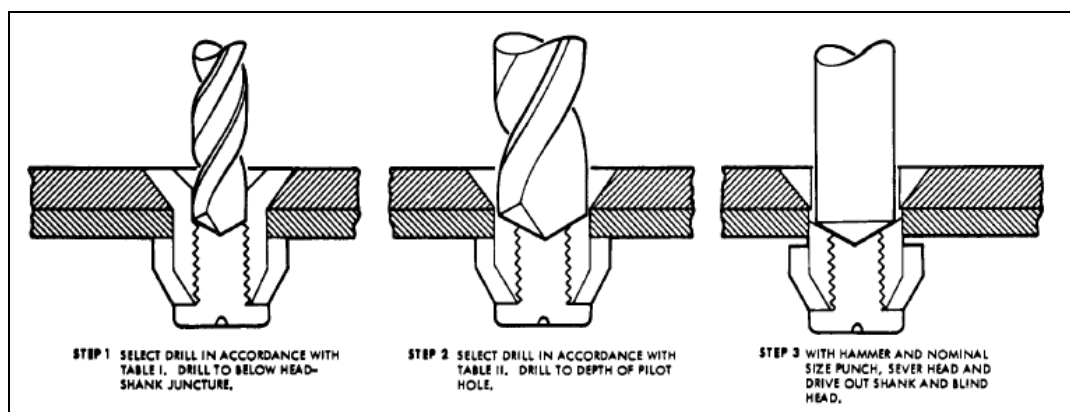
KUVIO 14. Cherrylock sokkoniitin poisto poraamalla (Cherry Aerospace 2008, 22)

3.5.3 Kierteellisen kiinnittimen irrotus

Hi-Lok kiinnittimien irrottaminen tapahtuu päinvastaisessa järjestyksessä kuin asentaminen. Hi-Lok kiinnittimen collar kierretään tavallisesti auki joko lukko- tai siirtoleukapihdeillä ja samalla pulttia pidetään vastaan kuusiokoloavaimella. Tämä suoritustapa mahdollistaa liitoksen avaamisen myös silloin, kun pultin alkukannan puolelle ei ole mahdollista päästä. Tällöin ainoastaan pultti täytyy poistaa reiästä liitoksen alkukannan puolelta.

Jo-Bolt kiinnittimen poisto voidaan suorittaa NAVAIR teknisen käsikirjan (2003, 3-90) mukaan seuraavalla tavalla (kuvio 15):

- 1) Porataan pilottireikä
- 2) Porataan kiinnittimen kanta pois
- 3) Lyödään kiinnittimen loppuosa pois tuurnalla.



KUVIO 15. Jo-Bolt kiinnittimen poisto (NAVAIR 2003, 3-90)

4 TYÖN KULKU

Tässä luvussa kuvataan käytännön työn tärkeimpiä vaiheita. Työ kulki nimellä HN-NISA (Hornet-niittaussarja), joka jaettiin kahteen eri työvaiheeseen. Ensimmäinen ja tärkein työ koski F-18 Hornetin niittien ja kierteellisten kiinnittimien asennus- ja irrotustyövälineiden sekä reiän tekoon ja viimeistelyyn tarvittavien työvälineiden määrittämistä. Työvälineet jaettiin kolmeen eri kategoriaan niittien ja kierteellisten kiinnittimien tärkeyden perusteella. Toisessa vaiheessa kartoitettiin Hornetin kiinnitintyövälineiden soveltuvuutta Ilmavoimien muun lentävän kaluston vauriokorjauksiin.

4.1 Tarvittavien työvälineiden määrittely

Boeing F-18 C/D Hornetin niittien ja kierteellisten kiinnittimien kirjo osoittautui hyvin laajaksi. Miltei jokaiselle kiinnitintyypille löytyy oma asennusvälineensä ja työtapansa. Lisäksi eri kiinnitinkoot ja kantojen muodot tarvitsevat omat lisätarvikkeensa.

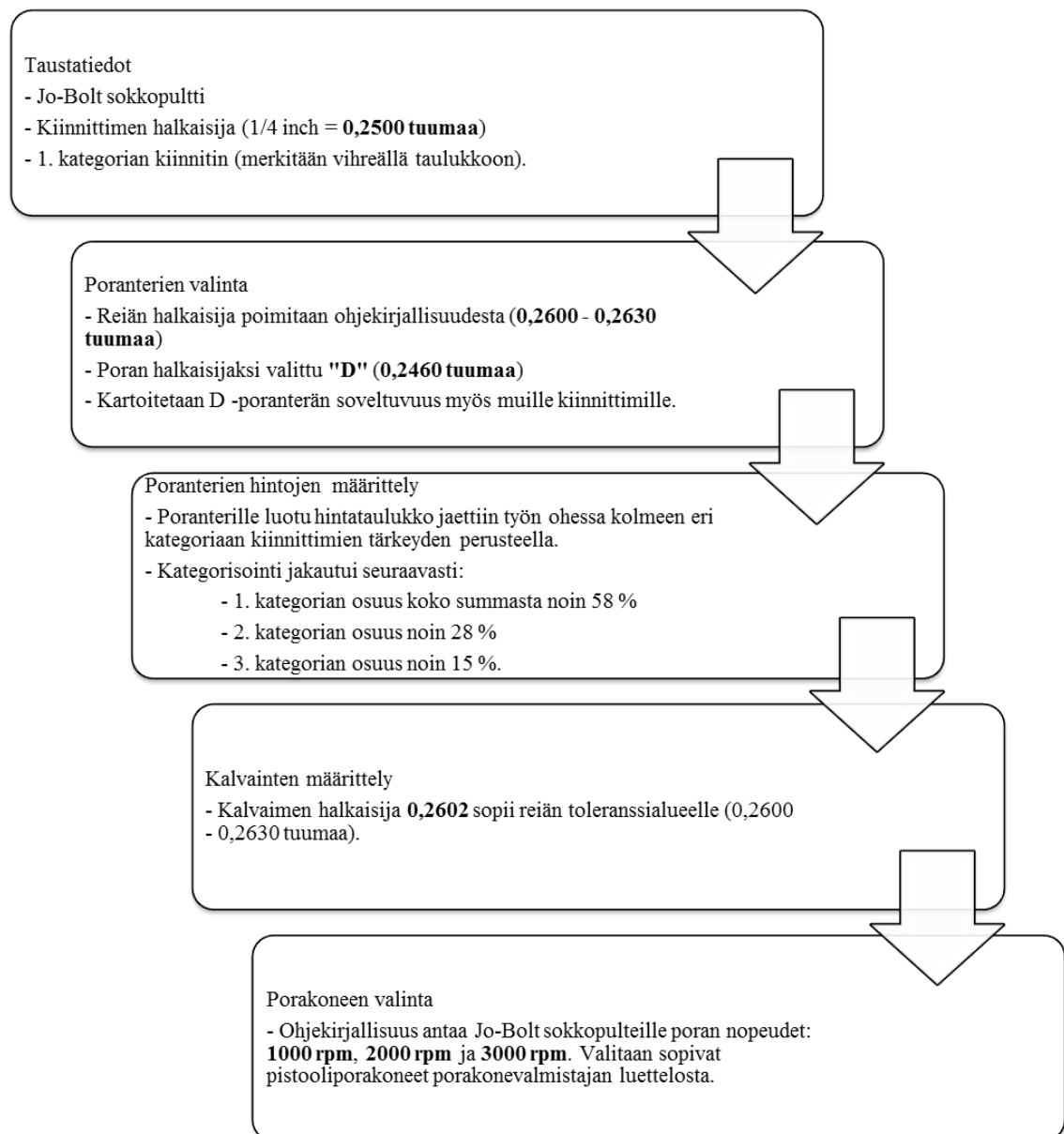
Korjausniittauksessa on kuitenkin mahdotonta hankkia sellaista määrää työkaluja, mitä tarvittaisiin kaikkien kiinnittimien kiinnittämiseen. Kiinnittimien yleisyys ja niiden todennäköisyys vaihtamiseen määrittelee osaltaan työvälineiden tarpeellisuutta. Toisaalta työvälinelaatikon fyysinen koko asettaa omat rajoitukset työvälineiden hankintaan. Tällöin on tarkoin mietittävä, mitä kiinnittimiä halutaan omalla välineistöllä asentaa ja irrottaa.

4.1.1 Poraustyövälineiden määrittely

Tarvittavien lieriöporanterien, kalvainten, upottimien, poraistukoiden ja porakoneiden määrittely perustui täysin F-18 Hornetin oman ohjeistuksen antamiin taulukkotietoihin. Taulukkojen avulla pystyi määrittelemään jokaiselle kiinnittimelle tarvittavat poraustyövälineet ja työstöarvot.

Poraustyövälineiden osalta selvitystyö eteni kuvion 16 mukaisesti. Kuviossa havainnollistetaan prosessikaavion tavoin, kuinka selvitystyö eteni yhden kiinnittimen osalta. Kiinnittimiä oli kokonaisuudessaan käsittelyssä yli 700 kappaletta.

Työn kannalta tärkeimpiä taustatietoja olivat kiinnittimen tyyppi, halkaisija ja prioriteettitaso (kategoriat). Etenkin kiinnitintyyppi oli otettava huomioon työvälineitä valittaessa, koska eri kiinnitintyypeillä on erilaiset toleranssit. Esimerkiksi ¼ tuuman umpiniitin reikäkoon on oltava välillä 0,2550 - 0,2630 tuumaa ja Jo-Boltin reikäkoko vastaavasti välillä 0,2600 – 0,2630. Poran halkaisijaksi valittu ”D” (0,2460 tuumaa) on pienempi kuin reikäkoon toleranssi, koska kalvaimella (halkaisija 0,2602 tuumaa) saadaan lopullinen mitta saavutettua. Työvaraa on jätettävä, jotta kalvain toimii oikein.



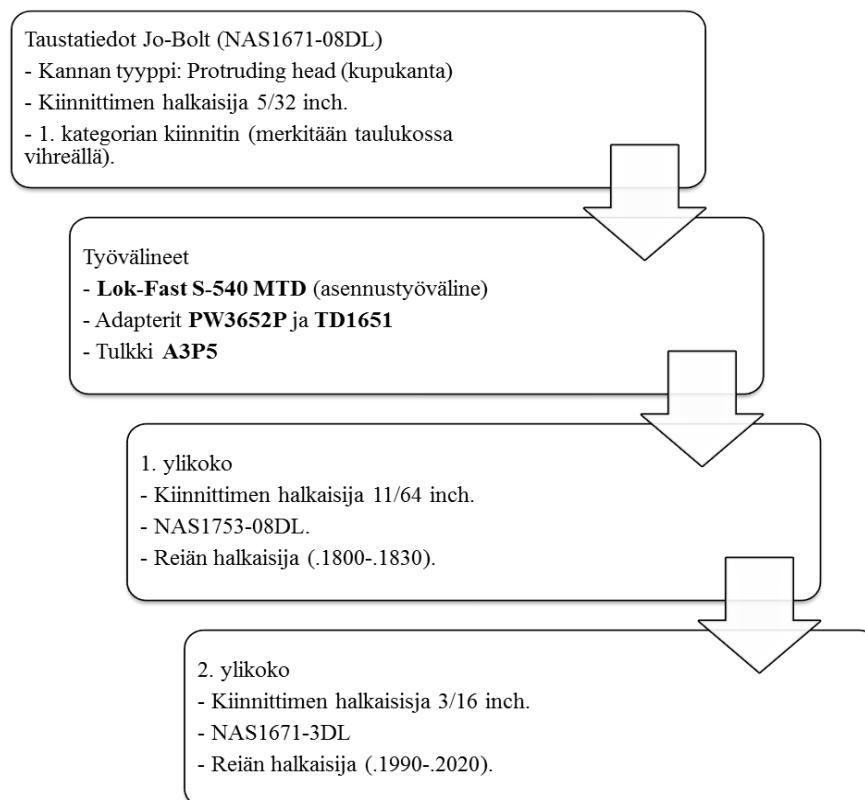
KUVIO 16. Esimerkki poraustyövälineiden määrittelystä

Poranterät muodostivat odotetusti suurimman yksittäisen työvälineryhmän, koska kiinnittimien nimellishalkaisijoita on useita ja poranterien pitää soveltua sekä alumiinille että titaanille ja pituudeltaan eri tilanteisiin. Lieriöporanterien kokoluokittelu perustui tässä tapauksessa tuumamitoitukseen. Terien halkaisijan koko oli merkitty taulukoissa numerolla, kirjaimella tai murtoluvulla. Käytössä oli liitteen 1 kaltainen muunnostaulukko poranterien halkaisijoista. Yleisimmät niitit ja kierteelliset kiinnittimet osuvat välille #40 – 3/8 tuumaa.

4.1.2 Asennus- ja irrotustyövälineiden määrittely

Kiinnittimien työkalusarjojen kokoaminen vaati paljon pohjatietoa sekä kiinnittimistä että työvälineistä. Kiinnittimen tyyppi, halkaisija, materiaali ja kannan muoto määrittelevät suoraan työvälineeltä vaadittavat ominaisuudet.

Selvitystyö eteni kuvion 17 mukaisesti. Esimerkkitapauksessa asennustyövälineellä Lock-Fast S-540 MTD pystyy kiinnittämään yleisimmät Jo-Bolt sokkopultit, kunhan tapauskohtaisesti hankitaan adapterit. Tulkin A3P5 avulla voidaan tarkastaa liitoksen onnistuminen.



KUVIO 17. Asennustyövälineiden määrittely

Kiinnittimien irrotustyövälineet koostuivat pääosin yleistyövälineistä, kuten poranteristä, viiloista, tuurnista ja pihdeistä. Muutama erikoistyökalu tuli kuitenkin listattua helpottamaan työskentelyä. Esimerkiksi Hi-Lok kiinnittimien irrotukseen suunnitellut pihdit tuli poimittua hankintalistaan, koska tällöin toimittaisiin ohjeiden mukaisilla työvälineillä.

4.2 Ristiviittaukset ja vastaavuustaulukot

Ristiviittausten ja vastaavuustaulukoiden laadinta oli yksi työn tavoitteista. Yleisimpien standardien, kuten AN, NAS ja MS – normien rinnalle on tullut valmistajien oma merkintä. Esimerkiksi Cherrylock ‘A’ sokkoniitin osanumero CR2672-()-() vastaa NAS standardin osanumeroa NAS1399C()A(). Työkalut löytyivät usein valmistajien osanumeroilla eikä yleisimpien standardien nimikkeellä.

Vastaavuustaulukoita tarvittiin myös, koska kiinnittimien viimeistely eli pinnoitus on vuosien varrella vaihtunut. Esimerkiksi Hi-Lok kiinnittimen kaksi viimeistä kirjainta (DL, TA, TB) muuttuu viimeistelyn vaihtuessa. Viimeistely ei vaikuta kuitenkaan asennustyövälineisiin eikä lujuteen, vaan enemmänkin korroosionestoon ja suojaamiseen.

4.3 Dokumentointi

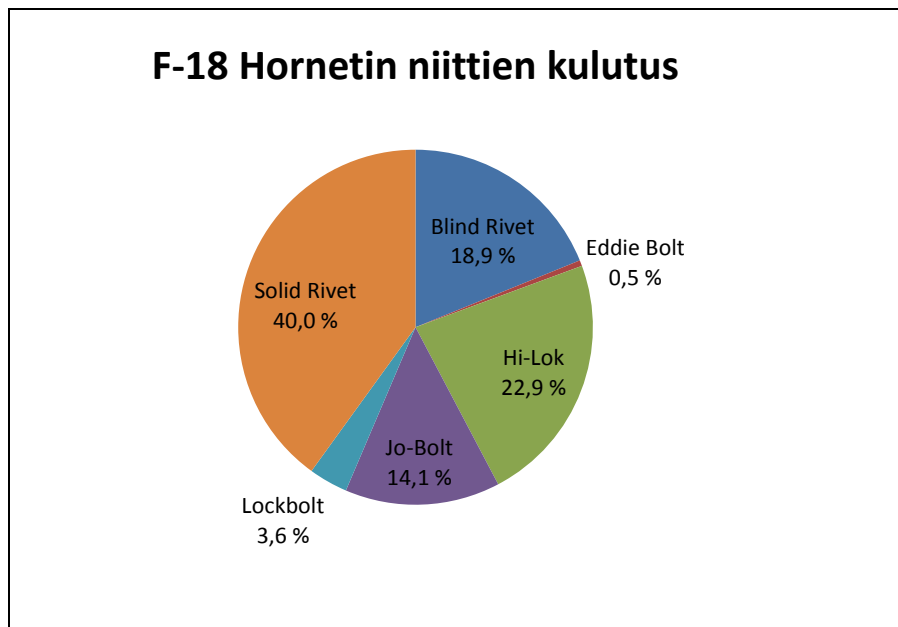
Työ laadittiin Microsoft Excel taulukoiksi, koska se todettiin parhaimmaksi tallennusmuodoksi tiedon jatkokäsittelyä ajatellen. Toinen varteenotettava vaihtoehto olisi ollut kerätä kaikki tiedot tietokantaan, mutta se ei olisi antanut työlle lisäarvoa. Kommenttien käytöllä sai parannettua käytettyjen lähteiden jäljitettävyyttä. On erittäin tärkeää nähdä, mistä tiedot on poimittu ja mitä ajatusten takana on ollut.

4.4 Työvälineiden soveltuvuus muuhun kalustoon

F-18 Hornetille alustavasti valitut työvälineet soveltuvat pääosin myös Ilmavoimien muiden lentolaitteiden kiinnittimien asennukseen. Tämä johtuu siitä, että kiinnitinstandardeilla on niin laaja levinneisyys maailmassa. Näin eri tuotteet ja laitteet sopivat toisiinsa ja ovat samalla vaihtokelpoisia.

5 TULOKSET

Opinnäytetyön tuloksena syntyi taulukoita työkaluista, ristiviittauksista, niittien ja kiinnittimien mitoista sekä materiaaleista. Selvitystyössä kävi ilmi, että kiinteiden niittien osuus kaikista vaihdetuista kiinnittimistä on merkittävin (kuvio 18). Siksi työkaluhankinnassa on panostettava näiden asennustyökaluihin. Kyseinen ympyräkaavio ei kuitenkaan sisällä tietoa kiinnittimien eri prioriteettitasoista. Tällöin voimasuhteet eri kiinnintyyppien välillä muuttuisi, koska prioriteettitasoltaan tärkeimmiksi merkityt kiinnittimet eivät välttämättä ole suurin ryhmä kyseisessä sektorissa.



KUVIO 18. F-18 Hornetin niittien kulutus Ilmavoimissa

6 POHDINTA

Niittäus on vielä tänä päivänä yksi yleisimmistä kiinnitystavoista lentokonerakenteissa. Kiinnittimistä halutaan kuitenkin eroon niiden tuoman painon ja vikaherkkyuden takia. Vikaherkkyys johtuu siitä, että niitti- ja pulttiliitokset vaativat aina materiaalin poistamista. Poraukset lisäävät rakenteissa väsymismurtumien alkuja ja niittiliitoksiin on siksi kohdistettava huomiota kaluston ikääntyessä. Toisaalta niittiliitokset voidaan avata ja osakokonaisuudesta voidaan poistaa vikaantunut osa. Melko yksinkertaisilla välineillä voidaan vaihtaa viallinen pintalevy tai muu rakenteen osa.

Opinnäytetyön tekeminen alkoi hyvien pohjatietojen ansiosta melko ripeästi. Silti yksi tärkeimmistä sisäistettävistä ja aikaa vievistä asioista oli niittien ja kierteellisten kiinnittimien tunnistus eri standardien tunnistenumeroista. Varsinkin ristiviittausten laadinta ja työkalujen valinta yksittäisille kiinnittimille oli haastavaa. Niittien tunnistenumeron sisältämää tietoa joutui hetken käsittelemään mielessään, ennen kuin pystyi valitsemaan kyseiseen tilanteeseen sopivan asennustyökalun.

Poraus- ja viimeistelytyövälineiden määrittämisessä huomasin, kuinka laajan valikoiman poranteriä, kalvaimia ja upottimia niittien ja kierteellisten kiinnittimien asennus oikeasti vaatii. Valmistajien antamat toleranssit ovat erittäin pieniä ja poranterien pituus sekä soveltuvuus eri materiaaleille on valittava aina korjattavan kohteen mukaan.

Opinnäytetyön tietojen pohjalta on tarkoituksena koota prototyyppilaatikosto, joka sisältää kiinnittimien lisäksi poraus-, asennus- ja irrotustyövälineitä. Prototyypin toimivuuden pohjalta voidaan päättää työvälineiden lopullinen koostumus.

LÄHTEET

Cherryaerospace. 2007. Cherrylock 'A' Blind Rivet. Luettu 9.5.2012.
<http://www.cherryaerospace.com/files/pdf/catalog/CA-1023.pdf>

Cherryaerospace. 2008. Cherrylock Process Manual. Luettu 7.5.2012.
<http://www.cherryaerospace.com/files/pdf/catalog/CA-1013.pdf>

Crane, D. 2003. Aviation Mechanic Handbook. 4th Edition. Newcastle: Aviation Supplies & Aca-demics, Inc.

Engineersedge. 2012. Rivet Application and Installation. Luettu 7.5.2012.
http://www.engineersedge.com/rivet_application.htm

Hi-Shear Corporation. 1992. HL329. Luettu 19.5.2012.
<http://www.hi-shear.com/main.htm>

Infastech Australia. 2012. Visu-Lok. Luettu 29.5.2012.
<http://www.infastechaustralia.com.au/default.html>

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2009. Konetekniikan perusteet. 7. uudistettu painos. Helsinki: WSOY.

Monogram Aerospace Fasteners. 2007. Installation and Inspection Specification for Visu-Lok II Blind Fasteners. Luettu 24.5.2012.
<http://www.monogramaerospace.com/>

NAVAIR. 2003. Structural hardware. Tulostettu 8.5.2012.
http://foia.navair.navy.mil/directivescyber/foia_docs_view.asp?doc=108064

Puolustusvoimat. 2011a. Boeing F-18 C/D Hornet (HN). Luettu 20.7.2012.
<http://www.puolustusvoimat.fi/fi/>

Puolustusvoimat. 2011b. Ilmavoimien Materiaalilaitos. Luettu 2.5.2012.
<http://www.puolustusvoimat.fi/fi/>

Usatco. 2012. Air Drills & Accessories. Luettu 7.5.2012.
<http://www.usatco.com>

Usatco. 2012. Rivet Guns & Accessories. Luettu 7.5.2012.
<http://www.usatco.com>

LIITTEET

Kierukkaporan kokotaulukko (Aviation Mechanic Handbook, 151)

LIITE 1: 1 (2)

Number or Letter	Fraction	Decimal Equivalent
#80		0,0135
79		0,0145
78		0,0160
	1/64	0,0156
77		0,0180
76		0,0200
75		0,0210
74		0,0225
73		0,0240
72		0,0250
71		0,0260
70		0,0280
69		0,0290
68		0,0310
	1/32	0,0313
67		0,0320
66		0,0330
65		0,0350
64		0,0360
63		0,0370
62		0,0380
61		0,0390
60		0,0400
59		0,0410
58		0,0420
57		0,0430
56		0,0465
	3/64	0,0469
55		0,0520
54		0,0550
53		0,0595
	1/16	0,0625
52		0,0635
51		0,0670
50		0,0700
49		0,0730
48		0,0760
	5/64	0,0781
47		0,0785

Number or Letter	Fraction	Decimal Equivalent
46		0,0810
45		0,0820
44		0,0860
43		0,0890
42		0,0935
	3/32	0,0937
41		0,0960
40		0,0980
39		0,0995
38		0,1015
37		0,1040
36		0,1065
	7/64	0,1094
35		0,1100
34		0,1110
33		0,1130
32		0,1160
31		0,1200
	1/8	0,1250
30		0,1285
29		0,1360
28		0,1405
	9/64	0,1406
27		0,1440
26		0,1470
25		0,1495
24		0,1520
23		0,1540
	5/32	0,1562
22		0,1570
21		0,1590
20		0,1610
19		0,1660
18		0,1695
	11/64	0,1719
17		0,1730
16		0,1770
15		0,1800
14		0,1820

(jatkuu)

Number or Letter	Fraction	Decimal Equivalent
13		0,1850
	3/16	0,1875
12		0,1890
11		0,1910
10		0,1935
9		0,1960
8		0,1990
7		0,2010
	13/64	0,2031
6		0,2040
5		0,2055
4		0,2090
3		0,2130
	7/32	0,2187
2		0,2210
1		0,2280
A		0,2340
	15/64	0,2344
B		0,2380
C		0,2420
D		0,2460
E		0,2500
F		0,2570
G		0,2610
	17/64	0,2656
H		0,2660
I		0,2720
J		0,2770
K		0,2810
	9/32	0,2812
L		0,2900
M		0,2950
	19/64	0,2969
N		0,3020
	5/16	0,3125
O		0,3160
P		0,3230
	21/64	0,3281
Q		0,3320
R		0,3390
	11/32	0,3438
S		0,3480

Number or Letter	Fraction	Decimal Equivalent
T		0,3580
	23/64	0,3594
U		0,3680
	3/8	0,3750
V		0,3770
W		0,3860
	25/64	0,3906
X		0,3970
Y		0,4040
	13/32	0,4062
Z		0,4130
	27/64	0,4219
	7/16	0,4375
	29/64	0,4331
	15/32	0,4688
	31/64	0,4844
	1/2	0,5000