

Tutkintotyö

PEHMYTJUOTOSTEKNIIKAN VAATIMUKSET ILMAVOIMISSA

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Kauhava 2010

Yliopettaja Heikki Aalto
Ilmavoimien teknillinen koulu, insylil. Mika Nurminen

Kari Hassi	Pehmytjuotostekniikka vaatimukset Ilmavoimissa
Tutkintotyö	49 sivua + 2 liitesivua
Työn ohjaaja	Yliopettaja Heikki Aalto
Työnteettävä	Ilmavoimien teknillinen koulu, valvojana ins. ylil. Mika Nurminen
Kesäkuu 2010	
Hakusanat	Sähköliitos, juottaminen

TIIVISTELMÄ

Ilmavoimien lentoteknillisen toimialan tehtävänä on tuottaa käsketty määrä varusteltuja lentokoneita lentoyksiköiden käyttöön kaikissa olosuhteissa. Tehtävä edellyttää toimialalta hyvää vika- ja vauriokorjauskykyä. Osana tätä, on kyky korjata lentokoneen vioittuneita sähköverkoston osia käyttäen pehmytjuotostekniikka sähköliitoksissa.

Työohjeilla on merkittävä osa kaikissa lentokoneen huolto- ja korjaustöissä luotavuuden ja lentoturvallisuuden kannalta. Sähköliitosten pehmeäjuotosten osalta kaikkiin juotoskohteisiin ei ole olemassa tyyppikohtaista ohjeistusta työn suorittamiseksi. Näissä kohteissa on toimittava pehmeäjuotokoulutuksen ja yleisten juotosstandardien mukaisesti. Tämän työn tavoitteena on selvittää käytettävissä olevan viitekirjallisuuden ja yleisten juotosten hyväksymisstandardin käytettävyyttä lentokoneympäristössä.

ABSTRACT

The task of the flight technical branch of the Finnish Air Force is to produce an ordered number of equipped aeroplanes into use of flight units in all the conditions. The task requires a fault and damage correction ability from the branch. The part of this is an ability to repair damaged electricity network of the aeroplane, using soft solder technique in the electricity joints.

From the point of view of the air security the work instructions have big significance in all the repairs and maintenance work. For the soldered joints of electricity joints type-specific instructions do not exist to all the soldered joint targets to perform work. In these situations one must act according to soldered joint education and according to general soldered joint standards. The objective of this work is to analyse the usability of the acceptance standard of available reference literature and of general soldered joints in the aeroplane environment.

PEHMYTJUOTOSTEKNIIKAN VAATIMUKSET ILMAVOIMISSA	1
TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET	5
1 JOHDANTO	6
1.1 Ilmavoimat /1/	7
1.2 Ilmavoimien teknillinen koulu /1/.....	8
2 JUOTTAMINEN LIITOSMENETELMÄNÄ	10
3 PEHMEÄJUOTOSKOULUTUS JA – PÄTEVYYS ILMAVOIMISSA	12
3.1 Juotoskelpuus	12
3.2 Pehmeäjuotokoulutuksen sisältö ja tavoitteet /5/.....	13
3.3 Johtopäätökset	15
4 PEHMEÄJUOTOSOHJEISTUS ILMAVOIMISSA	17
4.1 Lentoteknilliset ohjeet	17
4.2 TMT-järjestelmä /6/	18
4.3 F-18 Hornetin ohjekirjallisuus	21
4.4 A1-F18AE-WRM.....	22
4.5 NAVAIR 01-1A-505-1	25
4.6 NAVAIR 01-1A-23.....	28
4.7 Elektroniikkavalmisteiden hyväksymisstandardi IPC-A-610 /12/	38
4.8 Johtopäätökset	43
5 LYIJYTÖN JUOTTAMINEN	45
5.1 Lyijyttömiin juotteisiin siirtyminen	45
5.2 Vaikutus Ilmavoimien ohjeistukseen	47
6 YHTEENVETO	48
LITTEET	

1 Juoksutteen jaottelu J-STD-004 mukaisesti

2 Multicore flux type

LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET

ANSI	American National Standard Institute
AWG	American Wire Gauge
BNC-liitin	Bayonet Neill-Concelman, koaksiaalikaapelin liitin
DIL	Dual in line
EMI	Electromagnetic impulse
ESD	Electrostatic discharge
ILMAVMATL	Ilmavoimien materiaalilaitos
IPC	Association Connecting Electronics Industries
J-STD	Joint Industry Standard
LTJ	Lentotekninen tietojärjestelmä
LTJK	Lentotekninen tietojärjestelmä / koulutus
NAVAIR	Naval Air Systems Command
OME	Ohjekirjamuutosesitys
RoHS	Restriction of Hazardous Substances
TMT	Lentoteknillinen muutos-, tiedotus- ja raportointijärjestelmätekniillinen tiedotus
TT	Teknillinen tiedote
WEEE	Waste electrical and electronic equipment
WRM	Wiring Repair Manual
XLETFE	extruded modified ethylene tetrafluoroethylene, johtimen eristemateriaali

1 JOHDANTO

Ilmavoimissa työskentelee noin tuhat henkilöä lentoteknillisellä toimialalla. Toimialan tehtävänä on tuottaa yksiköille suunniteltu määrä varusteltuja lentokoneita kaikissa oloissa lentoturvallisuuden kärsimättä. Tehtävän saavuttaminen edellyttää ammattitaitoista henkilöstöä sekä hyvää laadun valvontaa lentoteknillisessä huolto-toiminnassa, jossa merkittävässä osassa ovat huolto-ohjeet.

Vikakorjaukset ovat osa jokapäiväistä toimintaa lentoteknillisellä alalla. Nykyaikaisen taistelukoneen sähköverkosto on monimutkainen ja laaja järjestelmä. Se kytkeytyy lähes jokaiseen lentokoneen järjestelmään ja sen moitteeton toiminta on edellytyksenä että koneella voidaan lentää ja että sillä voidaan suorittaa käsketty tehtävä. Verkostossa on satoja tai tuhansia liittimiä, joiden on välitettävä sähkövirtaa tai tietoa laitteiden välillä. Yhdenkin liittimen yksittäisen nastan huono liitos voi estää tehtävän suorittamisen tai jopa koko koneen toiminnan. Tämän vuoksi lentokoneen sähköliitosten tekeminen on tarkkuutta vaativaa työtä ja niitä tekevältä henkilön pitää suorittaa sähköliituskoulutus joka on edellytyksenä työhön oikeutta-vaan kelpuutukseen.

Ilmavoimien teknillinen koulu vastaa Ilmavoimien lentoteknillisen henkilöstön koulutuksesta johon sisältyy myös sähköliituskoulutus. Se jakaantuu kahteen osaan, sähköliitosten pehmeäjuotuskoulutukseen ja puristusliituskoulutukseen. Kurseja järjestetään vuosittain 2-3 kertaa ja niille osallistuu opiskelijoita kaikista Ilmavoimien henkilöstöryhmistä sekä yhteiskumppaneiden edustajia. Kurssin sisältö perustuu yleisiin juotosstandardeihin, kestoaltaan se on viikon mittainen.

Lentokoneen sähköverkostossa on useita erityyppisiä johtimia ja liittimiä, joiden liitostyön kannalta merkittävien ominaisuuksien tunteminen ilman ohjeita on mahdotonta. Tässä tutkintotyössä selvitettiin Ilmavoimien käytössä olevaa ohjeistusta sähköliitosten pehmeäjuotosten osalta. Työssä keskityttiin annettavaan sähköliituskoulutuksen sisältöön, Ilmavoimien TMT-järjestelmässä julkaistuihin ohjeisiin, F-18 Hornetin sekä yleisiin pehmeäjuotos standardeihin. British aerospace Hawk Mk. 51:n ohjeistus oli tarkoitus myös sisällyttää tähän työhön. Työssä kuitenkin totesin,

ettei kyseiselle konetyypille ei ole julkaistu juotosohjeita koska sen sähköliitokset on toteutettu pääosin puristusliitostekniikalla

1.1 Ilmavoimat /1/

Ilmavoimat on viimeisintä teknologiaa käyttävä moderni ja dynaaminen puolustushaara. Sen operatiivisina tehtävinä rauhan aikana ovat ilmaoivonta, tunnistuslento-toiminta sekä sodan ajan valmiusyhtymien tuottaminen. Kriisin aikana päätehtävä on hävittäjätorjunta eli hävittäjäkonein toteutettu vastustajan ilma-alusten torjunta.

Itsenäisenä puolustushaarana Suomen ilmavoimat on yksi maailman vanhimmista ilmavoimista. Se on toiminut jo vuodesta 1918. Myös hävittäjätorjunnassa ilmavoimilla on pitkät perinteet. 1930-luvulla tapahtui siirtyminen vesitasoista maako-neisiin, mikä avasi samalla tien uuden hävittäjätaktiikan kehittämislle. Tämä joh-tikin menestykselliseen torjuntatoimintaan toisen maailmansodan aikana. Suomi tuotti väkilukuunsa nähden eniten hävittäjä-ässiä.

Ilmavoimat uusi hävittäjäkalustonsa 1990-luvun lopulla. F-18 Hornet korvasi MiG-21BIS ja Saab Draken -kaluston. Ilmavoimien torjuntakyky vietiin uudelle tasolle. Ilmaoivonta- ja taistelunjohtojärjestelmän tietokoneet ja ohjelmistot uusittiin vuo-situhannen vaihteessa siten, että uuden hävittäjäkoneen torjuntapotentiali pysty-tään täysimääräisesti hyödyntämään.

Ilmavoimien kansainvälinen toiminta ja koulutuksellinen yhteistyö on lisääntynyt eurooppalaisen kriisinhallinnan myötä. Ilmavoimien hävittäjäkalusto on yhteenso-piva muiden Euroopan valtioiden järjestelmien kanssa, ja henkilöstöä koulutetaan kansainväliseen toimintaan eri tehtäviin.

Ilmavoimien palkattua henkilöstöä on tällä hetkellä noin 3 100 sotilaallisissa ja si-iviilitehtävissä eri puolilla Suomea. Sotilaallisissa tehtävissä toimivia ovat upseerit, opisto- ja erikoisupseerit sekä aliupseerit. Sotilaallisissa tehtävissä työskentelevistä 1 900 henkilöstä naisia on noin 130. Siviilihenkilöstöä on alle 1 200, joista yli 500 on naisia.

Ilmavoimissa palvelee liki tuhat lentoteknillistä henkilöä. Lentoteknillistä henkilöstä on kaikkiaan liki tuhat. Ilmavoimien lentoteknillinen toimiala vastaa siitä, että lentävillä yksiköillä on käytössään suunniteltu määrä riittävän tehokkaita, turvallisia ja tehtävänsä varustettuja lentokoneita, jotka vastaavat ulkoista uhkaa. Lentokalusto pidetään teknisesti taistelukykyisinä kaikissa oloissa.

Turvallinen lentotoiminta vaatii tuekseen toimivan huolto-organisaation. Lentoteknillistä huoltoa ja siihen liittyvää tutkimustyötä koordinoi ja johtaa Ilmavoimien esikunnan lentoteknillinen osasto yhdessä Lentotekniikkalaitoksen kanssa. Ilmavoimien esikunta vastaa toimintaedellytysten luomisesta sekä lentokaluston ja sen järjestelmien hankinnoista ja kehittämisestä. Lentotekniikkalaitos ylläpitää kalustoa asetettujen vaatimusten mukaisesti. Se myös vastaa huoltopalvelujen ja lentokalustoon liittyvän materiaalin hankinnasta sekä varustaa lentoteknilliset joukot. Lennostot vastaavat lennätystoiminnasta, tekevät lentokalustolle päivittäiset käyttöhuollot, vikakorjaukset ja pienemmät määräaikaishuollot. Lennostot huolehtivat myös materiaalivalmiuden ylläpidosta sekä lentoteknillisten joukkojen koulutuksesta.

Lentoteknillisellä alalla tehdään tiivistä yhteistyötä suomalaisen lentokoneteollisuuden, korkeakoulujen ja yliopistojen sekä ulkomaisten kone- ja laitevalmistajien kanssa. Ilmavoimien käyttämiä keskuskorjaamoja ovat Patria Aviation Oy Hallissa ja Tampereella, Finnair Oy Helsingissä ja Instrumentointi Oy Tampereella. Keskuskorjaamot ovat merkittävä osa ilmavoimien huoltojärjestelmää. Näissä tehdään vaativimpia määräaikaishuoltoja, tarkastuksia ja muutostöitä, suurempia vaurio- ja vikakorjauksia sekä laitekorjauksia. Keskuskorjaamoissa suoritetaan myös elektronisten ja mekaanisten laitteiden huollot, ohjelmoinnit sekä näihin liittyvät muutostyöt.

1.2 Ilmavoimien teknillinen koulu /1/

Ilmavoimissa lentokonemekaanikkokoulutusta on annettu heti Ilmavoimien perustamisen alusta alkaen, vuodesta 1918. Ensimmäinen mekaanikkokurssi alkoi Turussa 1918. Kurssin alussa kurssilaisilla ei ollut mitään tuntumaa lentokonemootto-reihin. Kesällä 1918 saapui Saksasta 30 lentokoneasiantuntijaa ja mekaanikkoa

avustamaan koulutuksessa. Syyspuolella 1918 lähti 20 opiskelijaa Kieliin mekaniikkokouluun hakemaan lisäkoulutusta.

Koulu sijaitsi vuosien varrella useilla eri paikkakunnilla, ja vuonna 1976 se siirrettiin Kauhavalta nykyiselle sijainti paikalleen Jämsän Halliin, jonne rakennettiin sitä varten uudet ja nykyaikaiset opetustilat. Ilmavoimien teknillinen koulu sai nykyisen nimensä 1.11.1962 jolloin siitä muodostettiin ilmavoimien komentajan alainen sotilasopetuslaitos. 1.11. on myös koulun perinnepäivä.

Ilmavoimien teknillisen koulun tehtävä on antaa lentoteknillistä koulutusta ilma- ja maavoimien sekä rajavartiolaitoksen henkilökunnalle että varusmiehille. Koulutettavia ovat reserviläiset, sotilasammattihenkilöt, opistoupseerit ja nyttemmin lentoteknilliset upseerit. Palveluksessa olevalle henkilöstölle pidetään lentokoneiden tyyppikursseja, täydennys- ja jatkokoulutuksia. Vuosittain asevelvollisuutensa Hallissa suorittaa lähes 400 varusmiestä, joista vähän yli 200 suorittaa lentoteknillisen aliupseerikurssin. Siten Ilmavoimien teknillinen koulu on oppilasmäärältään Suomen suurin ilmailualan oppilaitos. Henkilökuntaa koululla on noin 140.

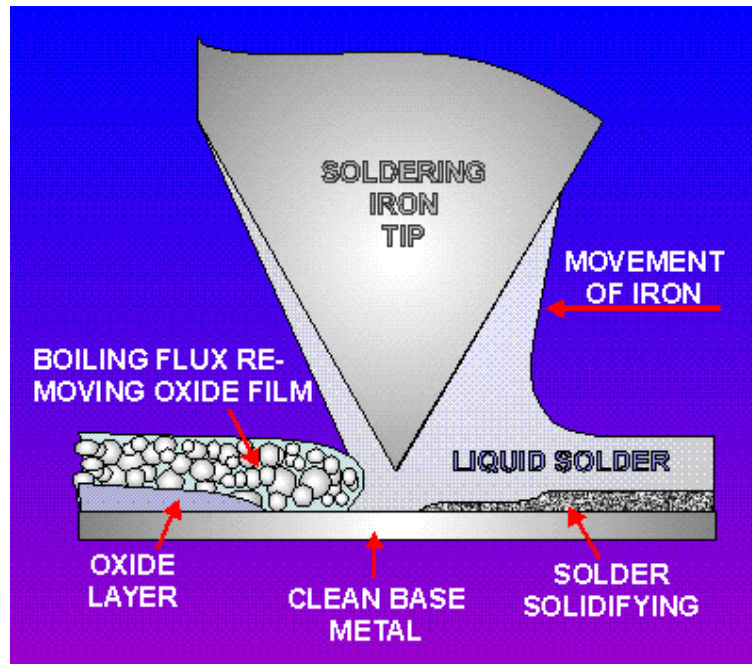
2 JUOTTAMINEN LIITOSMENETELMÄNÄ

Juottaminen on liitosmenetelmä jossa kaksi tai useampia metallikappaleita liitetään toisiinsa metalliseoksella jonka sulamispiste on alhaisempi kuin liitettävien kappaleiden. Liitoksessa käytettävää metalliseosta kutsutaan juotteeksi, joka ei sekoitu liitettävien kappaleiden perusmetallin kanssa. Liitettävät kappaleet voivat olla valmistettu erilaisista metalleista.

Juottaminen jaetaan kahteen eri menetelmään, pehmeäjuottamiseen ja kovajuottamiseen. Pehmeäjuottamisella tarkoitetaan juotostyötä jossa käytettävän juotteen sulamislämpötila on alle 450°C , yleisimmin alle 250°C . Juotteen alhaisen sulamispisteen vuoksi pehmeäjuottaminen soveltuu hyvin teolliseen tuotantoon sähkö- ja elektroniikkaliitoksissa, sekä niiden käsin tehtäviin korjaustöihin. Yleisimmin käytettävät juotteet ovat erilaisia tinaseoksia. Teollisuudessa käytettiin aiemmin yleisesti tinan ja lyijyn seoksia, mutta vuonna 2006 voimaan tulleen ROHS-direktiivin jälkeen teollisuudessa on pääsääntöisesti siirrytty käyttämään lyijyttömiä tinaseoksia joissa seosaineena käytetään yleisesti hopeaa ja kuparia.

Kovajuottaminen on juotosmenetelmä jossa käytettävän juotteen sulamislämpötila on yli 450°C , kuitenkin enintään 1000°C . Menetelmää käytetään kun liitokselta vaaditaan korkeaa lämmön kestoa ja suurempaa mekaanista lujuutta kuin pehmeäjuotoksella voidaan saavuttaa. Sähköliitoksissa kovajuottamista käytetään joissain erityiskohteissa kuten esimerkiksi lämpöparien juotoksissa.

Juottamisessa käytetään hyväksi kapillaari-ilmiötä. Sen vaikutuksesta sula juote tunkeutuu liitettävien kappaleiden väliin ja levittäytyy koko liitoskohdan alalle. Kapillaarin onnistuminen edellyttää että juotettavat kappaleet ovat ehdottoman puhtaita. Kappaleet puhdistetaan juuri ennen juottamista irtoliasta ja rasvasta. Tarpeen vaatiessa niistä hiotaan myös metallin pintaan muodostunut oksidikerros pois. Juottamisessa käytettävä juoksute auttaa puhdistamaan pintoja ja myös poistaa niille muodostunutta oksidikerrosta. Juoksute tuodaan työkohteeseen juotteen mukana tai se voidaan levittää liitettävien kappaleiden pinnoille ennen juottamista ja osien lämmittämistä.



Kuva 1 Juoksutteen vaikutus juotoksessa /2/

Juoksutteet sisältävät yleensä terveydelle haitallisia aineita jotka voivat aiheuttaa vakaviakin sairauksia. Pehmeäjuotostyössä merkittävin altiste on kolofonihuurut (kolofoni = mäntyhartsi), jotka sisältävät herkistäviä hartsihappoja ja niiden peroksideja. Altistuminen kolofonista muodostuville huuruille voi aiheuttaa astmaa, allergista nuhaa ja allergista ihottumaa. Juotustyön allergisoivan luonteen vuoksi altistuminen kolofonihuuruille on alennettava teknisin keinoin mahdollisimman pieneksi. Lyijypitoisien juotteiden käytön yhteydessä ei biologisissa mittauksissa juottajilla ole todettu altistumattomien (normaaliväestön) viiterajat ylittäviä veren lyijypitoisuuksia. Lyijyllisellä juotteella tehtävässä pehmeäjuotoksessa lyijy ei kuumene yli 530°C:n, mikä lämpötila tarvittaisiin, ennen kuin lyijyä alkaisi haihtua merkittävästi ilmaan. Tyypillinen kolvin lämpötila käsinjuotoksessa on 320 – 370°C. /3/

3 PEHMEÄJUOTOSKOULUTUS JA – PÄTEVYYS ILMAVOIMISSA

3.1 Juotoskelpuutus

Lentoteknillisen alan sähköliitostöiden pätevoittämismenettelyllä parannetaan työn laatua ja vaikutetaan järjestelmien, laitteiden, komponenttien, verkostojen ja liittimien käyttövarmuuteen. Sähköliitostyön tuloksia ei voida täysin todentaa jälkeensä tapahtuvalla tarkastuksella ja testauksella. Liitostyöprosessin puutteellisuudet saattavat käydä ilmi vasta, kun tuote on käytössä. Tällaisia prosesseja on tarkkailtava jatkuvasti.

Ilmavoimien teknillinen koulu vastaa yleisen pehmeäjuotoskoulutuksen antamisesta Ilmavoimien henkilöstölle sekä puolustusvälineiteollisuuden edustajille. Koulutus on edellytyksenä sille että henkilölle voidaan myöntää pehmeäjuotoskelpuutus ja siten oikeus tehdä itsenäisesti sähköliitosten juotostöitä.

Yleisenä edellytyksenä kelpuutuksen myöntämiselle ja jatkamiselle on että henkilöllä on työterveyshuollon antama todistus seuraavien näkövaatimusten täyttymisestä, joko lasetta tai henkilökohtaisilla silmälaseilla. /4/

1. Kaukonäkö, Snellen kartta 20/50, Landolt 0.4 tai näköseula 0.4
2. Lähinäkö, Snellen kartta 20/20, näköseula 1.0
3. Värinäkö Värinäön tulee olla normaali Ishiharan tai BK:n värinäkötauluilla mitattuna

Kelpuutuksen voimassaoloaika on sen vuoden loppuun jolloin kurssi on suoritettu ja kaksi seuraavaa vuotta. Kelpuutusten voimassaoloa seurataan LTJK järjestelmällä ja sitä ylläpitää joukko-osaston lentoteknillinen sektori. Ilmavoimien teknillinen koulu laatii kelpuutuksen uusintakokeet. Kelpuutuksen uusintakokeen vastaanottaa oman joukko-osaston sähköliitostarkastaja. Hän myös tarkastaa ja hyväksyy kokeen sekä esittää kelpuutuksen myöntämistä lentotekniselle johtajalle. Työnjohtajalla on vastuu siitä että työtä suorittava henkilö on perehdytetty kyseessä olevan työkohteen mahdollisesti edellyttämiin erityisvaatimuksiin. Koulutuksen sisällön ja

koevaatimukset hyväksyy Ilmavoimien Materiaalilaitoksen laatu- ja lentokelpoisuus osasto.

Sähköliitostarkastajalta edellytetään, että hänellä on ollut vähintään neljä vuotta voimassa pehmeäjuotos- ja puristusliitostyön pätevyystodistus. Hänet todetaan soveltuvaksi tarkastajien neuvottelupäivien yhteydessä järjestettävässä kokeessa. Ilmavoimien materiaalilaitoksen laatu- ja lentokelpoisuusosaston valtuuttama kouluttaja valvoo kokeen ja myöntää pätevyystodistuksen. Pätevyys on voimassa kuluvan vuoden loppuun ja kaksi seuraavaa vuotta. Pätevyys ylläpidetään tarkastajien neuvottelupäivillä suoritettavalla uusintakokeella.

3.2 Pehmeäjuotokoulutuksen sisältö ja tavoitteet /5/

Ilmavoimien teknillinen koulu järjestää Ilmavoimien henkilöstön pehmeäjuotosopetustilaisuudet. Opetustilaisuus on yhden opintoviikon pituinen, sisältäen loppukokeen. Koulutuksen tavoitteena on:

- pehmeäjuotokelpuus, joka oikeuttaa tekemään juottamalla johtimien ja komponenttien liitoksia ilma-alukselle ja sen laitteille tai varusteille
- parantaa juotettavien komponenttien ja liittimien luotettavuutta ja toimivuutta
- että oppilas tuntee yleisimmät komponenttien liittämisyjärjestelmät piirilevyille
- hallitsee käsin tehtävien pehmeäjuotosten eri työvaiheet ja osaa soveltaa niitä käytännössä
- tunnistaa juotostöihin liittyvät laadulliset vaatimukset IPC-610
- ymmärtää lyijytöntä juottamista koskevat vaatimukset
- tuntee elektroniikan valmistuksen peruskäsitteet
- osaa huomioida ESD:n työskentelyssä

Koulutuksessa käsiteltäviä asioita ovat:

- juotostekniikat
- juottamisen välineet
- juotoksen ominaisuudet
- juotostyön vaiheet, komponenttien asemointi
- laadulliset tekijät ja tarkastus
- nimet ja käsitteet

- ESD
- lyijytön juottaminen
- pintaliitostekniikka

Kurssin pääpaino on käsin tehtävissä juotoksissa ja niissä käytettävissä menetelmissä, mutta kurssilla esitellään myös elektroniikkateollisuuden käyttämiä automatisoituja juotosmenetelmiä yleisellä tasolla. Oppilaalle muodostuu käsitys elektroniikkateollisuuden suursarjatuotantomenetelmistä ja tuotannossa mahdollisesti tulevista juotosvirheistä.

Kurssilla oppilas oppii tunnistamaan käsin tehtävissä juotoksissa käytettävät työvälineet niin että osaa valita oikeat työvälineet työtehtävän mukaan. Oppii huoltamaan käyttämänsä työvälineen sekä tietää millaiset ovat hyvän juottimen ominaisuudet.

Lyijyllisiä ja lyijyttömiä juotteita käsitellään kurssilla siinä laajuudessa että oppilas osaa kurssin jälkeen tunnistaa nämä toisistaan, tuntee juotepakkauksen merkinnät ja osaa valita juotoskohteeseen oikean tyyppisen juotteen sekä juoksutteen. Sekä tietää lyijyttömien juotteiden ominaisuuksien asettavat vaatimuksia juottimelle, kuten korkeampi juotteen sulamispiste sekä suurempi juottimen kärkeä kuluttava vaikutus kuin lyijyllisellä juotteella. Ymmärtää juoksutteen merkityksen onnistuneessa juotoksessa ja syövyttävien juoksutejäämien puhdistamisen merkitys juottamisen jälkeen.

Esivalmistelut juotoskohteelle tehdään jokaisen harjoituksen yhteydessä. Työvaiheessa käytettävät menetelmät kuten rasvan poisto lentoteknillisiin juotostöihin hyväksytyillä kemikaaleilla ja välineillä sekä esitinauksen suorittaminen opetetaan koulutuksen aikana. Johtimen kuorinta oikeaan mittaun sekä kuoritun johtimen käsittely ja kuorinta virheiden tunnistaminen, opetetaan harjoituksissa.

Juotostyöharjoituksissa oppilas harjoittelee pintaliitettävien ja läpijuotettavien komponenttien juottamista piirilevyille, sekä niiden irrottamista ehjänä piirilevystä. Lentokoneen sähköverkoston korjauksen osalta kurssilla opetetaan monisäikeisten

sähköjohtimien juottaminen sähköliittimen kontakteihin, koaksiaalijohtimen juottaminen BNC-liittimeen ja myös liittimen kokoaminen. Jokaisen harjoitustyön jälkeen kouluttaja tarkistaa työntuloksen ja opettaa tunnistamaan työssä tapahtuneet virheet.

Oppilaan on tunnistettava vähintään seuraavat virheet kurssin jälkeen:

- väärä juotemäärä liitoksessa
- kylmäjuotos ja tiedettävä mikä merkitys sillä liitoksen toiminnalle ja sen kestävyydelle
- komponenttien oikea sijoittelu, läpijuotettavien komponenttien jalkojen ja johtimien taivutukset, tinasillat ja oikeaoppinen kastuminen piirilevyn molemmin puolin
- liian kuumen juottimen vaikutus juotteeseen ja juoksuuteeseen
- väärä johtimien kuorintamitta, eristeen sulaminen ja juotteen nouseminen eristeen alle

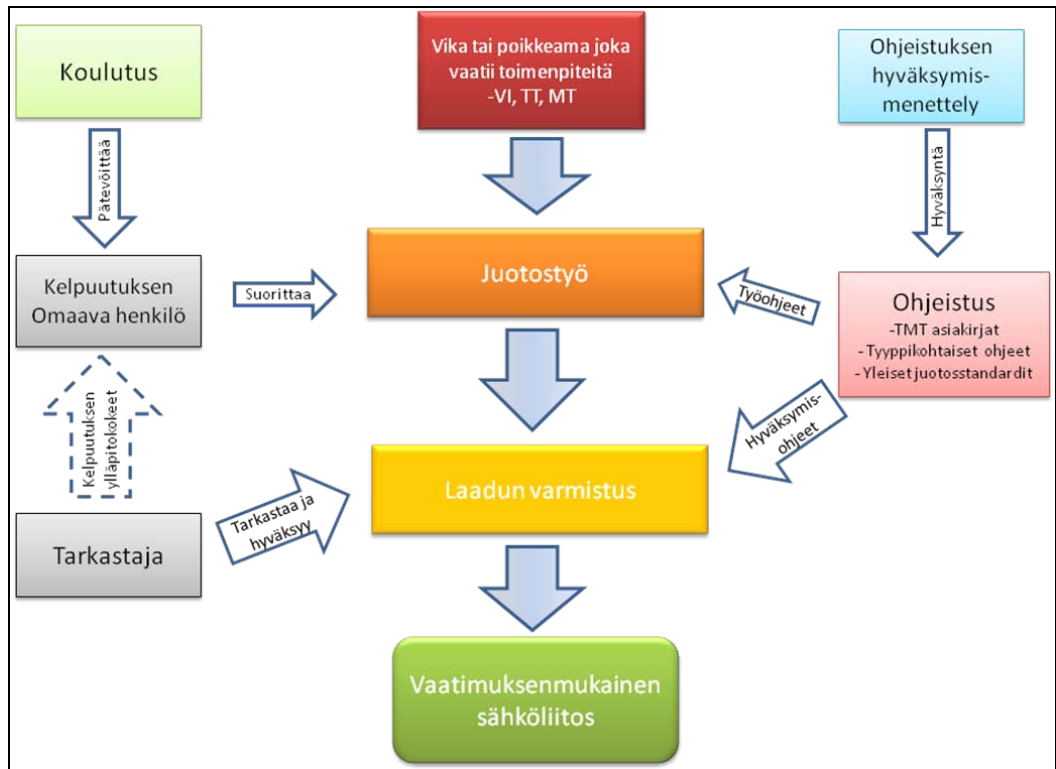
Kurssilla opetetaan komponenttien irrottaminen piirilevyltä juotosaseman tinaimulaitteella ja imunauhan avulla huomioiden piirilevyn folion ja läpivientiholkin irtoamisvaaran. Tavallista tinaimuria ei suositella käytettäväksi sillä mahdollisesti aiheutettavien ESD- ja folion irtoamisvaurioiden välttämiseksi.

Kurssin aikana harjoitustöiden laadullinen arviointi tehdään IPC-A-610 standardin mukaan. Oppilas osaa tunnistaa hyvän juotoksen täyttämät ominaisuudet, kuten hyvä juotteen kostutus, oikea juotteen määrä, juotoksen yhtenäinen ja tasainen pinta.

3.3 Johtopäätökset

Ilmavoimissa annettava pehmeäjuotoskoulutus perustuu yleisiin alan standardeihin. Kurssilla oppilas saa riittävät tiedot ja taidot suoriutuakseen yleisimmistä juotostöistä, jotka todennetaan kurssin päätteeksi suoritettavalla käytännön työkokeella. Käytännön ongelmaksi juotostyön tekemisessä saattaa tulla henkilön vähäinen harjoituksen ja kokemuksen puute, ellei henkilö tee juotostöitä säännöllisesti. Useimmat juotuskelpuutuksen omaavat henkilöt eivät tee muita juotostöitä kuin kahden

vuoden välein suoritettava kelpuutuksen uusintakokeen. Kokemuksen ja harjaantumisen myötä juotostöissä virheiden määrä vähenee. Tällaisia virheitä ovat esimerkiksi moninapaisten D-liittimien eristeiden sulaminen juottamisen aikana. Liittimen juottaminen vaatii tarkkuutta koska juotosnastat ovat tiheässä ja juotin saattaa osua muihin nastoihin työskentelyn aikana. Ylimääräisen juotteen poistaminen esimerkiksi imunauhalla tuo kohteeseen lisää lämpöä ja vahingoittaa eristeitä. Säännöllisesti juotostöitä tekevälle muodostuu rutiini, jolla hän hallitsee työkohteessa tarvittavan oikean lämmitysajan ja juotteen sopivan annostelun niin että juotoksesta tulee hyväksyttävä liitos.



Kuva 2 Juotostöiden vaatimuksen mukaisuuden varmistus

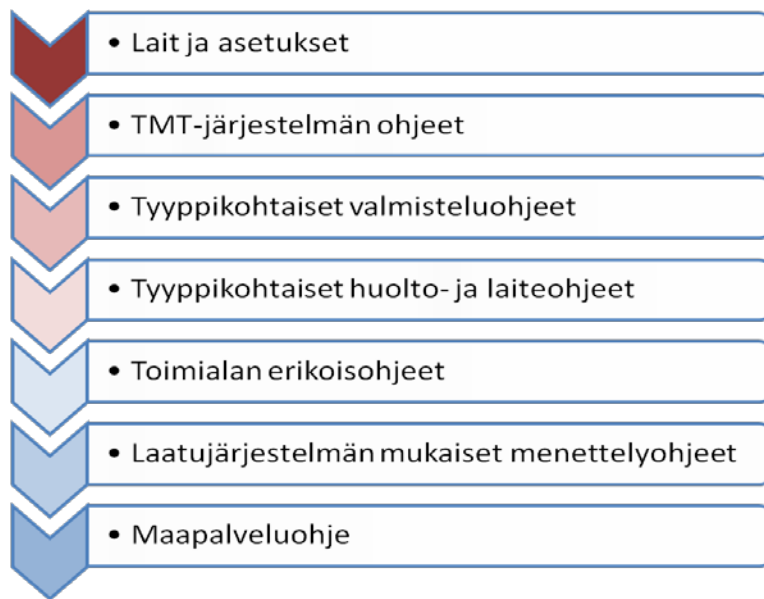
4 PEHMEÄJUOTOSOHJEISTUS ILMAVOIMISSA

4.1 Lentoteknilliset ohjeet

Ohjekirjallisuus on keskeinen osa lentoturvallisuutta. Virhe ohjeissa voi tuottaa systemaattisesti toistuvia virheitä lentokoneiden huoltotyössä tai lentopalveluksessa. Virheellinen ohje saattaa johtaa pahimmillaan lento-onnettomuuteen tai merkittäviin taloudellisiin kustannuksiin myöhempien tarkastus ja korjaustöiden muodossa siinä vaiheessa kun virhe havaitaan. Laatujärjestelmän on kyettävä varmistamaan että julkaistavat ohjeet käyvät läpi riittävän tarkastelun mahdollisten virheidensä havaitsemiseksi ennen julkaisua.

Lentokaluston käyttö-, huolto- ja korjaustoimenpiteet on koottu tyyppikohtaisiin ohjekirjoihin. Lentokaluston ohjekirjat otetaan käyttöön julkaisemalla TT:lla kone-tyyppiä koskeva kirjallisuusluettelo, jossa on lueteltu kaikki tyyppiä koskevat voimassa olevat ohjekirjat. Jokainen käyttäjä on omalta osaltaan velvollinen valvomaan ohjeiden noudattamista ja huolehtimaan kirjaston toimittamien päivityssivujen viemisestä lainaamiinsa kirjoihin. Ohjekirjoihin voidaan tehdä muutoksia vain OME -menettelyllä, jos voidaan osoittaa että muutoksella saavutetaan sama tai parempi huollon taso tai kun ohjekirjassa havaitaan virhe.

Kirjoissa määrätty tehtävät ja työmenetelmät ovat käskiviä eikä niistä saa poiketa. Poikkeama voidaan pakottavissa tilanteissa, tapauskohtaisesti, mahdollistaa myöntämällä poikkeuslupa asianmukaisesti tehdyn, perustellun esityksen ja asiantuntijakäsittelyn jälkeen.



Kuva 3 Ohjeiden pätevyysjärjestys suhteessa toisiinsa /7/

4.2 TMT-järjestelmä /6/

Lentoteknillinen muutos-, tiedotus- ja raportointijärjestelmä (TMT-järjestelmä) on lentoteknillisen toimialan käyttöön kehitetty tiedotus ja käskytyjärjestelmä. Sitä käyttäen Ilmavoimien Esikunnan ja Materiaalilaitoksen osastot voivat ohjata ja käskää lentoteknillistä toimintaa ja joukko-osastot voivat välittää kalustoa sekä materiaalia koskevia tietoja ja ehdotuksia materiaalista vastaaville.

TMT-järjestelmä kattaa lentoteknillisen materiaalin kokonaisuudessaan. Asioiden käsittelyn helpottamiseksi materiaali on jaettu numeroituihin nimikkeisiin, joita käytetään viitenumeroina kaikissa lentoteknillisissä asiakirjoissa. TMT-materiaalijaottelun rinnalla käytetään myös konetyyppien omia materiaalityhmitteilyjä.

Tärkeimmät TMT-järjestelmään kuuluvat asiakirjat ovat: /7/

- Teknillinen tiedotus (TT)
- Muutostiedotus (MT)
- Muutosaloite (MA) ja sen päätös (MAP)
- Teknillinen ilmoitus (TI) ja sen päätös (TIP)
- Huoltotiedotteen arviointi (HA) ja sen päätös (HAP)
- Kumoamisasiakirja (KA)

- Asennusmääräys (AM)
- Lentoteknillinen menettelyohje (LMO)
- Poikkeuslupa esitys (PLE) ja sen päätös (PLP)

Teknillisellä tiedotteella käsketään kertaluonteinen tai lyhytaikainen, kestoltaan ennalta rajattu erityistoimenpide, joka voi kohdistua lentoteknilliseen materiaaliin tai toimintaan. Teknillisellä määräysasiakirjalla ei käsketä toimenpiteitä, joilla pysyväisluonteisesti muutetaan lentoteknillisen materiaalin konfiguraatiota.

Teknillisen määräysasiakirjan julkaisee tyyppivastuuorganisaatio. Sotilasilmailun huolto-organisaatiot ja operaattorit voivat osallistua asiakirjojen valmisteluun. Teknillisen tiedotteen julkaisemisen perusteena voi olla viranomaisen lentokelpoisuusmääräys, valmistajan julkaisema tiedote, toiminnassa ilmenneen poikkeavuuden tai sen tutkinnan tuloksena syntynyt tiedotus- tai tarkastustarve, tai muu tapah-tuma, joka on vaikuttanut tai joka olisi voinut vaikuttaa lentoturvallisuuteen suora-naisesti tai välillisesti.

Muutostiedotteella käsketään ja hyväksytään lentoteknilliseen materiaaliin tehtävät pienet muutokset, jotka eivät edellytä sotilasilmailun lentokelpoisuusmääräyksen mukaista täydentävää tyyppitarkastusta. Ns pieni muutos on määritelty sotilasilmailumääräyksessä. Epäselvässä tapauksessa hyväksynnän muutosmääräysasiakirjalla ratkaisee sotilasilmailuviranomainen. Muutosmääräysasiakirjan julkaisemisen perusteena voi olla viranomaisen julkaisema lentokelpoisuusmääräys, valmistajan julkaisema muutos, toiminnassa ilmenneen poikkeavuuden ja sen tutkinnan tulok-sena syntynyt muutostarve, myönteiseen päätökseen johtanut muutosaloite tai muu työmenetelmien, lentoturvallisuuden tai luotettavuuden parantamiseen vaikuttava seikka tai täydentävällä tyyppitarkastusmenettelyllä hyväksytty muutos. Muutos-määräysasiakirjan julkaisee tyyppivastuuorganisaatio. Käsketyt toimenpiteet on oltava sotilasilmailuviranomaisen hyväksyttävissä. Sotilasilmailun teknilliset orga-nisaatiot voivat osallistua asiakirjojen valmisteluun. /6/

Pehmeäjuotoksia koskevat tmt-asiakirjat

Yleisiä vaatimuksia esitetään mm. seuraavilla teknillisillä tiedotteilla:

- TT 70D/-/4-00 Ilmavoimien lentoteknillisen alan sähköliitostyötä koskevat yleiset vaatimukset
- TT 449A/-/214-40 Lentoteknillisen alan pehmeäjuotoksissa käytettäville juotteille, juoksutteille ja liuottimille asetetut yleiset vaatimukset.
- TT 525/-/1-80 Ilmavoimien lentoteknillisen alan juottimien hankinta, valvonta ja tarkastus.
- TT 406/-/122-05 Ilmavoimien lentoteknillisen alan puristusliitos- ja kuorintatyökalujen hankinta, valvontaan otto ja tarkastus.
- TT 459/-/122-05 Moninapaisten puristusliitettävien liitinkoskettimien lukitusjousien kiinnipitokyvyn tarkastustyökalujen kalibrointi ja käyttö

TT 70D/-/4-00 määrittää pehmeäjuotoksia tekevän ja tarkastavan henkilöstön kelpuutusvaatimukset sekä määrittää vastuut koulutuksen toteuttamisesta, opetuksen sisällöstä ja opetussuunnitelmien valvonnasta. Nämä asiat olen käsitellyt aiemmin tämän työn luvussa 3.

Yleiset vaatimukset juotteille, juoksutteille ja liuottimille

Teknisellä tiedotteella TT/449A/-/214-40, ohjeistetaan J-STD:n mukaiset juotteet lentoteknillisissä pehmeäjuotoksissa. Vanhojen MIL-standardien poistuttua luovutaan käyttämästä R- ja RMA-juoksutteisia juotteita ja siirrytään käyttämään J-STD-004 standardin mukaisia juotteita. Yleisesti, jos muissa tyyppikohtaisissa ohjeissa ei muuta sanota käytetään lentoteknillisissä juotoksissa ensisijaisesti ROL0 tai ROL1 tyyppisiä hartsipohjaisia juoksutteita joiden halide pitoisuus on alle 0,5 %. Nämä vastaavat MIL-standardin mukaisia R ja RMA-juoksutteita joita voidaan käyttää niin kauan kunnes varastot on loppuun käytetty. Vanha MIL-standardin mukaan hyväksytyt juotteita ovat Sn60 ja Sn62, uuden J-STD-006 standardin mukaiset hyväksytyt juotteet ovat Sn60/Pb40A ja Sn62/Pb38A merkinnällä.

Samassa teknisessä tiedotteessa ohjeistetaan halide pitoisuudeltaan yli 0,5 %:sia sekä aktiivisuustasoltaan korkeampien juoksutteiden käyttöä. Näitä juoksutteita voidaan käyttää komponenttijohtimien, säikeettömien johtojen ja kaapelikenkien esitinaukseen, edellyttäen että niitä käytetään muista tuotantotiloista eristetyssä tilassa ja kaikki juoksutejäämät on puhdistettava ennen kuin tuotteita viedään tämän

alueen ulkopuolelle. Lisäksi näiden juoksutteiden varastointi ja säilytys on toteutettava niin, etteivät ne pääse sekaantumaan muiden juoksutteiden tai juoksutetta sisältävien juotteiden kanssa. Joissakin kohteissa huolto-ohjeet käskvät käyttämään korkea-aktiivisia ja/tai halide pitoisuudeltaan yli 0,5 %:sia juoksutteita, mutta niiden käytössä on myös huomioitava em. menettelytavat. Juotosjäämät on puhdistettava jos juotoskohta lakataan tai muulla tavoin pintakäsitellään, tai jos käytetään aktiivisempaa kuin L0 tyyppin juoksutetta. Puhdistukseen soveltuu puhdas etyylialkoholi.

Hyväksytyt juottimet

Ilmavoimien lentoteknillisen alan juottimien hankinta, valvontaan otto ja tarkastus on ohjeistettu TT/525/-/1-80:ssä. Tarkastusjakso juottimilla on 24 kk, jonka jälkeen niille on tehtävä tarkastus MIL-STD-2000 tai IPC-TM-650 mukaan. Nykyisin, MIL-standardin jo poistuttua käytöstä, noudatetaan IPC:n mukaista ohjeistusta juottimien tarkastuksessa. TT/525:ssä on määrätty vaatimukset juottimen lämmön säädön tarkkuudelle, kärjen lämmityskyvylle ja joillekin sen sähköisille ominaisuuksille.

Käyttäjät ja työnjohto ovat vastuussa siitä että käyttävät lentoteknillisissä juotos-toissa alalle hyväksytyjä juottimia. Hyväksytyt juottimet tunnistaa niihin liimatusta tarrasta josta käy ilmi laitteen yksilöllinen F-numero. TT/96E/-/3-40 asiakirjalla on käsketty menettely lentoteknillisen materiaalin valvontaan otto.

4.3 F-18 Hornetin ohjekirjallisuus

Hornetin hyväksytyt ohjekirjallisuus on julkaistu kirjallisuusluettelossa HN8-01S1. Jokaisen hyväksytyt ohjekirjan etusivulla on maininta siitä että se on hyväksytyt edellä mainitulla kirjallisuusluettelolla ohjekirjallisuuteen. Virallisten ohjekirjojen lisäksi käytetään niin sanottuja viitekirjoja, joiden etusivulla mainitaan kirjan olevan viitekirjallisuutta eikä se näin ollen kuulu hyväksytyt ohjekirjallisuuteen. Viitekirjat sisältävät yleisiä huolto-ohjeita, jotka eivät kohdennu mihinkään tiettyyn konetyyppiin mutta niihin voidaan viitata hyväksytyt ohjekirjoista tai muista

työohjeista. Esimerkiksi TMT-järjestelmällä käsketyssä korjaustoimenpiteessä voidaan viitata viitekirjan ohjeeseen, kuten esimerkiksi MT/262/HN/75000 on viitattu.

Viitekirjallisuutta ovat mm. Yhdysvaltojen ilmavoimien, merivoimien ja armeijan lentokalustolle tarkoitettut NAVAIR-kirjasarjat kuitenkin joitakin NAVAIR kirjoja on otettu Suomen ilmavoimissa käyttöön hyväksytyinä ohjekirjoina. Ohjekirjoiksi hyväksytyt NAVAIR kirjat ovat lueteltuina kirjallisuusluettelossa HN8-01S1.

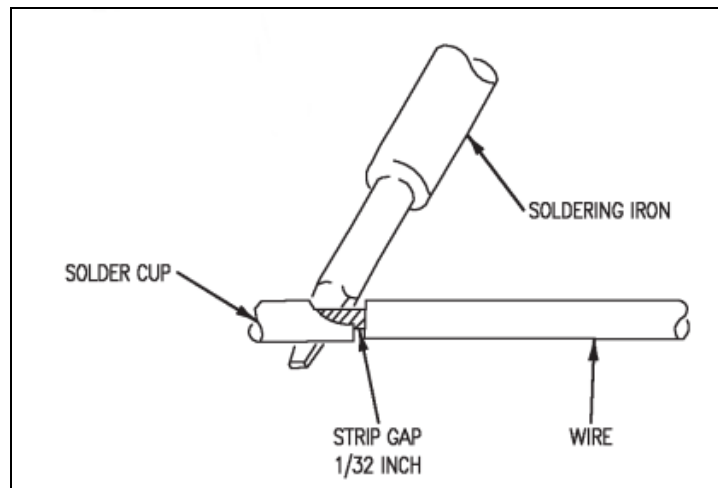
Hornetin ohjekirjat ja NAVAIR-viitekirjat ovat rakenteeltaan samankaltaisia. Kirjat on jaettu lukuihin, joista käytetään nimitystä work package (WP). Tästä eteenpäin käytän Hornetin kirjallisuuden kohdalla wp:n tilalla termiä luku. Ohjekirjoissa luvut ovat itsenäisiä työohjeita, mutta niissä on viittauksia muihin lukuihin ja työohjeisiin niin että tiettyyn yksittäiseen työvaiheeseen tai tietyn ohjekirjan lukuun voidaan viitata muista luvuista ja ohjeista.

4.4 A1-F18AE-WRM

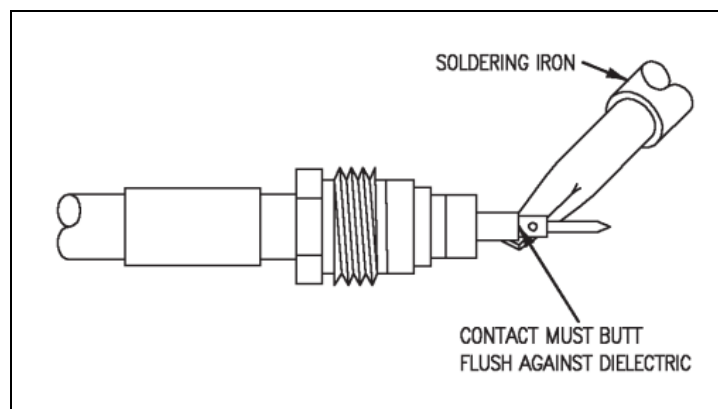
Hornetin tyyppikohtaiset sähköverkoston korjausohjeet on julkaistu yksitoistaosaisessa WRM kirjasarjassa. Kirjat on numeroitu alkaen A1-F18AE-WRM-000 ja päättyen numeroon -800. Juotostyön kannalta kiinnostavin on kolmeen osaan jaettu kirja A1-F18AE-WRM-000. Kirjan jokainen luku on itsenäinen osa ja sisältää luetelot työssä tarvittavista välineistä, materiaaleista sekä työohjeet. Kirjat A1-F18AE-WRM-100 välillä -800 sisältävät Hornetin sähköverkoston tarkat korjausohjeet sisältäen käytettävät johtimien tyypit, niiden mitat, liittimet ja muut tarvittavat osat ja tarvikkeet. Johtimien tunnistusmerkintöjä en käsittele tässä yhteydessä, koska niiden tulkitseminen ei poikkea juotostyössä verrattuna muihin johdotuksiin tehtäviin töihin.

Jokaisen juotettavan liittimen korjausohjeessa on neuvottu johtimen kuorinta ja juottaminen, mutta kuorinnan yleiset ohjeet ovat myös erikseen luvuissa 010 ja 012. Näissä luvuissa ei esimerkiksi käy ilmi johtimien kuorintamitat, mutta kuorinnan ja juottamisen hyväksymiskriteerit on niissä esitetty kuvin. Johtimien kuorintamitoissa ei ole yleispätevää mitta, vaan jokaiselle liittimelle ja johdon paksuudelle on ilmoitettu työohjeessa tarvittavat kuorintamitat. Johtimen on ulotuttava

kontaktinkupin pohjaan asti ja koaksiaalikaapeleiden keskijohtimen säikeiden pitää näkyä tarkastusreiästä. Tavallisen johtimen eristeen ja kontaktin reunan väliin pitää jäädä eristeväli. Koaksiaalikaapelin keskijohtimen eristeen ja kontaktin reunan väliin ei saa jäädä johdinta näkymään, vaan kontaktin pitää painautua kevyesti eristetä vasten.

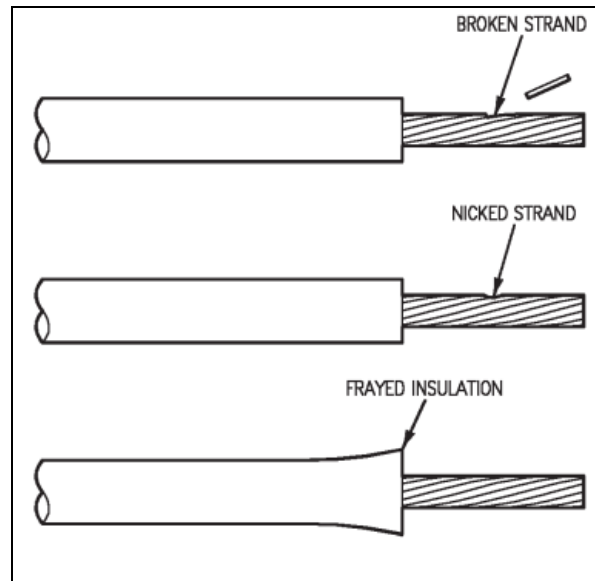


Kuva 4 Johtimen juottaminen /9/



Kuva 5 Koaksiaalikaapelin juottaminen /9/

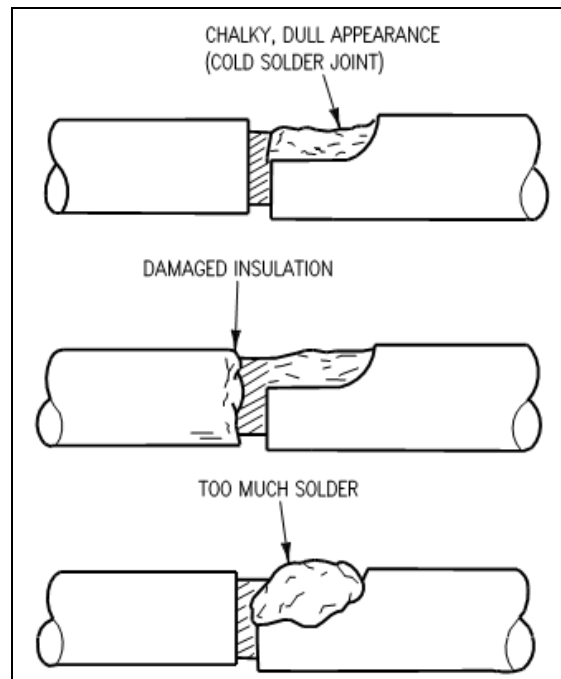
Johtimen säikeissä ei sallita minkäänlaisia vaurioita, joka vastaa myös pehmeäjuotoskoulutuksen vaatimuksia. Jos kuorinnassa katkeaa säikeitä tai niihin tulee viiltoja, on johdin katkaistava ja kuorittava uudelleen.



Kuva 6 Johtimen kuorinnassa tulleita vaurioita /9/

Useimpien kontaktien juottamiseen käytetään SN60WRMAP2 lankajuotteella, joka sisältää 60% tinaa ja 40% lyijyä ja 2.2% matala-aktiivista juoksutetta. Joidenkin kontaktien ja suojattujen johtimien EMI-suojateippausten korjaukseen käytetään J-STD-006 mukaista SN60AWROH041 tyyppistä juotetta, joka sisältää korkea-aktiivista juoksutetta. Johtimet ja tinakupit esitinaaan, jonka jälkeen siihen painetaan johdin ja juotin poistetaan välittömästi. Joitakin tarkastusreiällisiä kontakteja, kuten MIL-C-39012 tyyppin TNC liittimen keskikontaktia ei esitinaa, vaan ne asetetaan esitinatun johtimen päälle ja juote annostellaan tarkastusreiän kautta samalla kontaktia juottimella lämmittäen. Juottimen poistamisen jälkeen johdinta tuetaan kunnes juote jähmettynyt.

Hyväksymiskriteereitä työlle ovat, ettei eriste ole sulanut ja juote on kunnolla sulanut eikä sitä saa olla liikaa, johtimen säikeiden pitää siis erottua juotteesta. Ohje ei ota kantaa juotteen nousemisesta kapillaarin vaikutuksesta eristeen alle.



Kuva 7 Juotoksen hylkäysrajat /9/

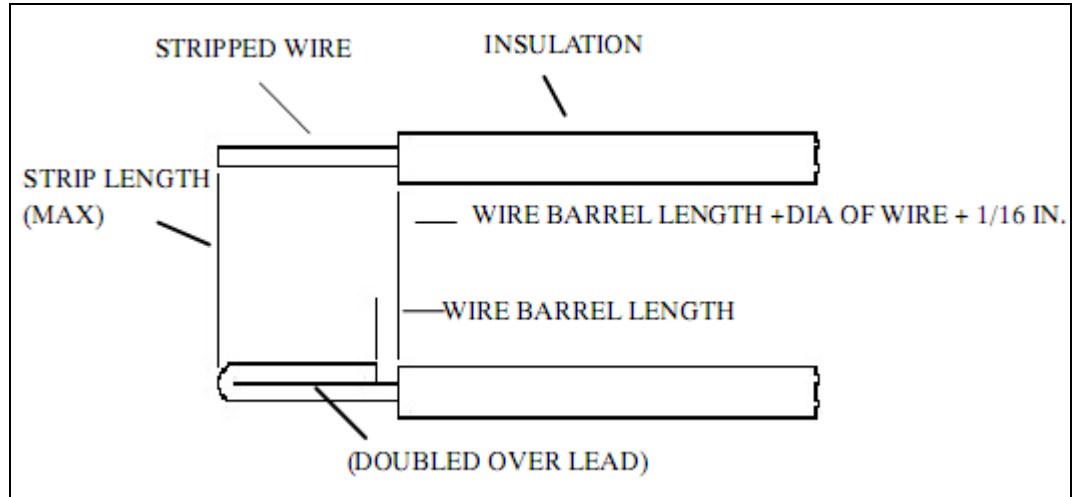
4.5 NAVAIR 01-1A-505-1

Ilmavoimat on hyväksynyt NAVAIR 01-1A-505-1 ohjekirjan F-18 Hornetin viralliseksi ohjekirjaksi kirjallisuusluettelolla HN8-01S1. Kirja käsittelee lentokoneissa yleisesti käytettäviä johdotuksia ja liittimiä sekä lämpöpärejä ja koaksiaalijohdotuksia. Kirjan julkaisijan tarkoituksena on ollut kootta samoihin kansiin ilmaalusten sähköverkostojen korjauksissa käytettävät, suositeltavat menettelytavat ja menetelmät sekä yhdenmukaistaa nämä siten että työt suoritetaan yhtenevällä tavalla. Vaikka kirja on hyväksytty viralliseksi ohjeeksi, tulee työssä noudattaa ensisijaisesti tyyppikohtaisia ohjeita ja vasta sen jälkeen NAVAIR:n ohjetta.

Johtimen kuorinta

NAVAIR ohjeistaa johtimien kuorinnan luvussa 009. Kuorintatyö on samanlainen riippumatta tehdäänkö se juotettavalle vai puristettavalle liittimelle. Luvun alussa viitataan sähköjohtimien valintaohjeisiin ko. kirjan lukuihin 4 ja 5. Työvälineen valinta, sen käyttö ja johtimen kuorinta on selitetty seikkaperäisin kuvin ja sannallisesti vaihevaiheelta. Oikea johtimen kuorintamitta on johtimeen tulevan juotosholkin pituus + johtimen halkaisija + 1/16 tuuma. Liitettäessä ohutta johdinta norma-

lia suurempaan holkkiin tulee johdin taivuttaa kaksin kerroin, kuten AWG 24 johdinta AWG 16 liittimeen.



Kuva 8 Johtimen kuorintamitta NAVAIR 01-1A-505-1:n mukaan /10/

Kuorinnan jälkeisessä tarkastuksessa johtimessa ei saa olla katkenneita tai murtuneita säikeitä. Säikeen perusmetalliin asti ulottuvia viiltoja sallitaan johtimen kokonaissäiemäärän mukaan seuraavasti:

- kun säiemäärä on alle 7 säiettä, ei niissä sallita viiltoja
- kun säiemäärä on 8 – 19 säiettä, sallitaan viilto kahdessa säikeessä
- kun säiemäärä on 20 – 37 säiettä, sallitaan viilto neljässä säikeessä
- kun säikeitä on yli 37 säiettä, sallitaan viilto kuudessa säikeessä

On huomattava että Hornetin tyyppikohtaisessa ohjeessa A1-F18AE-WRM-000 ei sallita yllä olevia vaurioita johtimen säikeissä, jota myös ensisijaisesti tulee noudattaa kyseisen konetyypin kanssa työskennellessä.

Alumiinijohtimilla säikeissä ei sallita viiltoja tai katkeamisia riippumatta johtimen säiemäärästä. Repaleista tai rikkoutunutta johtimen eristettä ei sallita. Samoin, jos eristeen muodon muutokset ylittävät 20 % eristeen paksuudesta eivät ole sallittuja. Johtimessa olevat viillot heikentävät johtimen virran siirtokykyä isoilla virroilla ja se saattaa katketa herkemmin viillon kohdalta. Viillot vaimentavat myös johtimen impedanssia, tällä on merkitystä johtimissa joilla siirretään RF-taajuuksia. Edellä

mainittuja vaurioita ilmetessä johdin on ohjeen mukaan katkaistava ja kuorittava uudelleen.

Kuoritun johtimen säikeiden kierteen avautuminen tai niiden sekoittuminen sallitaan korjata kiertämällä säikeet takaisin alkuperäiseen asentoonsa. Säikeitä ei saa kiertää liikaa. Suositeltavinta on tehdä kiertäminen käsin ja välttää työkalujen käyttöä, ettei aiheuteta viiltoja säikeisiin. On huomioitava että kädet ovat puhtaat, ettei johtimiin tartu käsistä likaa tai rasvaa joka mahdollisesti heikentää juotteen tarttumista.

Juotteet ja juottaminen

Sähköliitosten juotosohjeet ovat luvussa 016. Ohje suosittelee käytettäväksi eräänlaisena yleisjuotteena sähkö- ja elektroniikka sovelluksissa juotetta jossa on 60 % tinaa ja 40 % lyijyä. Piirilevyille ja puolijohteille suositellaan tina-lyijysuhteeltaan 63/37 % juotetta. Hopealla päällystetyissä sovelluksiin suositellaan juotetta jossa on tinaa 62 %, lyijyä 36 % ja hopeaa 2 %.

Ohjeen mukaan juoksutteen tulee vastata standardin ANSI J-STD-004 mukaisia vaatimuksia. Standardi korvaa vanhentuneet MIL-STD-2000 ja MIL-F-14256 R ja RMA-määritykset. Tyypiltään juoksutteen pitää olla orgaanista hartsia. Epäorgaanista ja hapanta (syövyttävää) juoksutetta ei saa käyttää niiden syövyttävyyden takia. Korroosiovaurioiden välttämiseksi juoksutejäämät on aina puhdistettava huolellisesti juottamisen jälkeen, huolimatta siitä minkä tyypistä juoksutetta on käytetty. ROL0 tyypin juoksutetta suositellaan käytettäväksi helposti juotettavissa piirilevyissä sekä puolijohteissa ja ROM0 juoksutetta kohteissa joissa vaaditaan suurempaa aktiivisuutta juotteelta.

Johtimen juottaminen juotosnastoihin ja juotoskuppiin sekä juotoksen hyväksymiskriteerit ovat luvun lopussa. Hyväksymiskriteerien osalta ohjeet noudattavat IPC:n ja NAVAIR 01-1A-23:n mukaista linjaa.

4.6 NAVAIR 01-1A-23

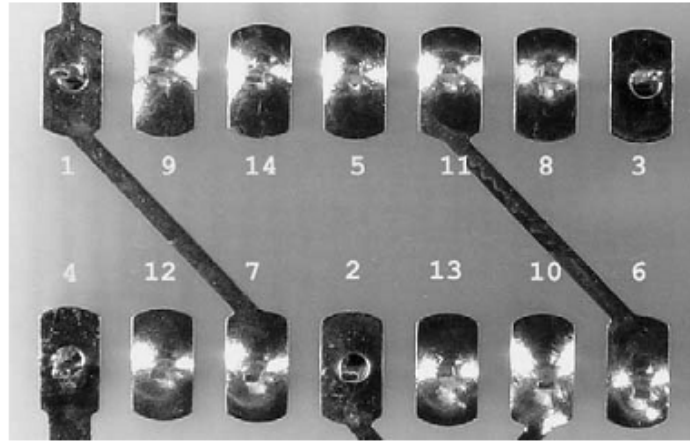
NAVAIR 01-1A-23 kuulu Ilmavoimien F-18 Hornetin viitekirjallisuuteen. Se on alkujaan tarkoitettu Yhdysvaltojen eri puolustushaarojen huolto-organisaatioille sähkö- ja elektroniikkakokoonpanojen huolto-ohjeeksi. Ilma-alusten huoltotasot ovat laivue-, korjaamo- ja varikkotasot, joista viimeksi mainittu vastaa Suomen ilmavoimissa tehdastasoista huolto-organisaatiota. Alkuperäiseltä tarkoitukseltaan ohjeita noudatetaan sellaisessa tapauksessa jossa juuri siihen työhön tai kohteeseen ei ole julkaistu erityistä tyyppikohtaista ohjeistusta. Toisaalta tällä ohjeella ei saa korvata tyyppikohtaista ohjetta.

Komponenttien juottaminen ja irrottaminen piirilevyltä

Piirilevylle juotettavat komponentit käsitellään luvussa viisi. Luvussa on esitetty läpijuotettavien ja pintaliitettävien komponenttien sekä niiden juotoksien virheitä ja vaurioita. Luvussa on käsitelty kattavasti edellytykset hyväksyttävälle juotokselle ja esitetty niiden hyväksymiskriteerit kuvin.

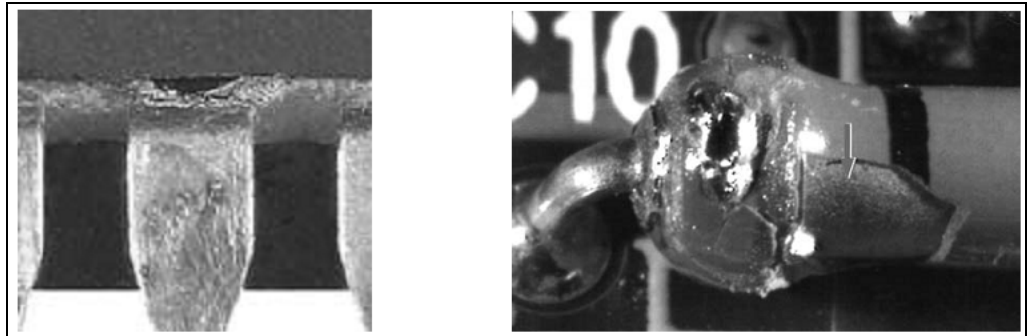
Luvussa seitsemän on piirilevyn korjauksessa tarvittavat ohjeet. Ohjeet sisältävät piirilevyn läpiviennin korjauksen ja irronneen holkin uusimisen. Läpijuotettavien komponenttien irrotus ohjeet ovat imevälle juotosasemalle, tinaimunauhalle ja tinaimurille. Ohje käy yksityiskohtaisesti lävitse piirilevyn korjauksessa tapahtuvan komponentin vaihtomenettelyn vaihe vaiheelta, komponentin irrotuksesta uuden asentamiseen. Ohje sisältää aksiaalisten komponenttien, kuten vastusten ja diodien jalkojen taivuttamisen sekä DIL-koteloitujen komponenttien asentamisen piirilevyn.

Monijalkaiset komponenttien irrotuksessa ei vierekkäisiä jalkoja tule kuumenneta peräkkäin, vaan kuumennetaan ja poistetaan juote satunnaisessa järjestyksessä. Näin ehkäistään komponentin liiallista kuumenemistä irrotuksen aikana. Irrotuksen helpottamiseksi komponentin jalkaan lisätään juotetta. Lisätty juote parantaa lämmön johtumista kohteeseen jolloin sen poistaminen on helpompaa. Menetelmä soveltuu käytettäväksi riippumatta siitä miten juote poistetaan kohteesta.



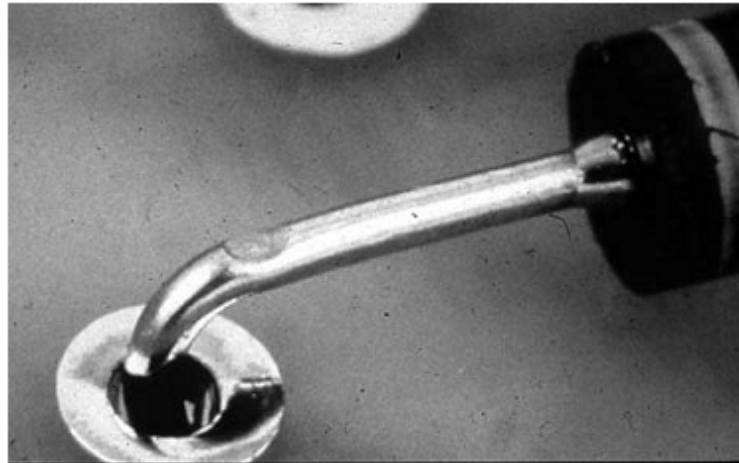
Kuva 9 Esimerkki irrotettavan komponentin jalkojen lämmitysjärjestyksestä /11/

Erilliskomponenttien, kuten vastusten, diodien ja kondensaattorien sekä lasirunkoisten komponenttien juotosten hyväksymiskriteereissä huomio kiinnitetään komponentin rungon ja sen johtimen kuntoon. Koteloinnin osalta tavoite on että kotelo on ehjä ja sen merkinnät ovat luettavissa. Kotelossa sallitaan pieniä naarmuja ja jopa lohkeamisia, edellyttäen että ne eivät ole komponentin aktiivisella alueella. Vaurio ei saa vaikuta sen sähköiseen toimintaa tai tiiveyteen. Työ ei ole hyväksyttävä jos komponentin aktiiviset osat paljastuvat vauriokohdasta.



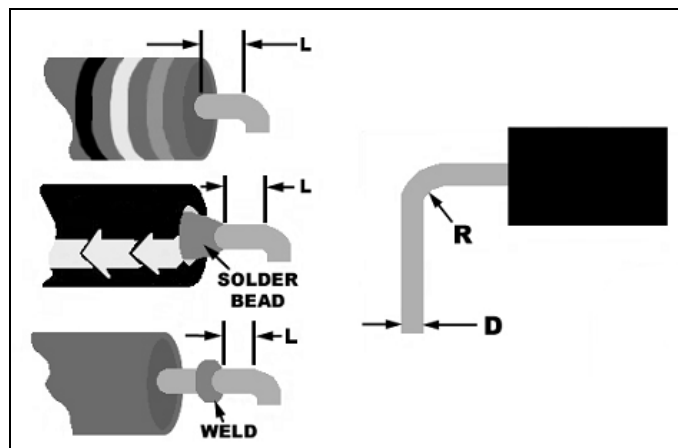
Kuva 10 Ei hyväksyttäviä vaurioita komponenteissa /11/

Komponentin johtimissa ei sallita työkalun aiheuttamia jälkiä jotka ovat yli 10 % syviä johtimen halkaisijasta, eikä toistuvista tai huolimattomista taivutuksista johtuvia jälkiä johtimissa. Komponentin johtimet pitää olla esitinatut, juotoksessa ei saa olla liikaa juotetta niin että se on valunut ja juotoskohdan pitää olla tasaisesti kastunut juotteesta. Läpikuparoidussa piirilevyssä juotteen on tunkeuduttava holkin läpi levyn vastakkaiselle puolelle.



Kuva 11 Työkalun aiheuttama vaurio komponentin johtimessa, hylättävä /11/

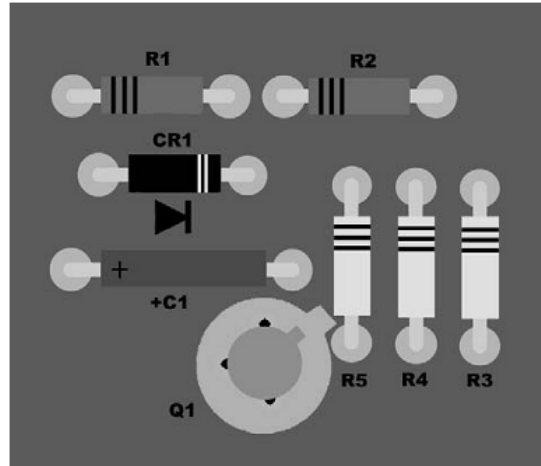
Johtimien taivutus etäisyys komponentin rungosta tai jatkoshitsauksesta tulee olla vähintään johtimen halkaisijan verran, mutta ei kuitenkaan vähempää kuin 1/32" (0,8mm). Taivutussäde tulee olla vähintään johtimen halkaisija. Johtimen katkaisupituus juotospuolella piirilevyn pinnasta pitää olla vähintään niin paljon että johdin erottuu valmiista juotoksesta mutta enintään kaksi kertaa johtimen halkaisija.



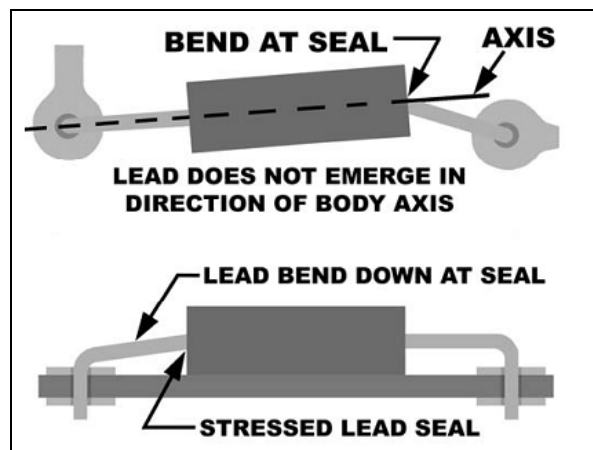
Kuva 12 Johtimen taivutusetäisyys komponentin rungosta ja säde /11/

Komponenttien sijoittelussa ehdoton edellytys työn hyväksymiselle on että komponentit, joilla on tietty asennussuunta, ovat asennettuna oikeaan suuntaan. Lisäksi tavoiteltavaa on että niiden tulisi olla asemoituna reikävälin keskelle. Vierekkäisten ja samanlaisten komponenttien, joilla ei ole tiettyä asennussuuntaa, ovat samansuuntaisesti luettavuuden parantamiseksi. Viimeksi mainitut eivät ole edellytys

työn hyväksymiselle. Komponentin johtimien pitää olla samansuuntaisesti rungon kanssa.

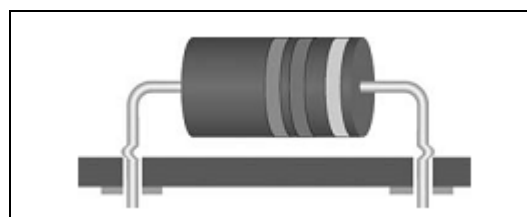


Kuva 13 Tavoiteltava asennustapa komponenteille /11/



Kuva 14 Komponentin johdin taipunut eikä ole rungon suuntainen /11/

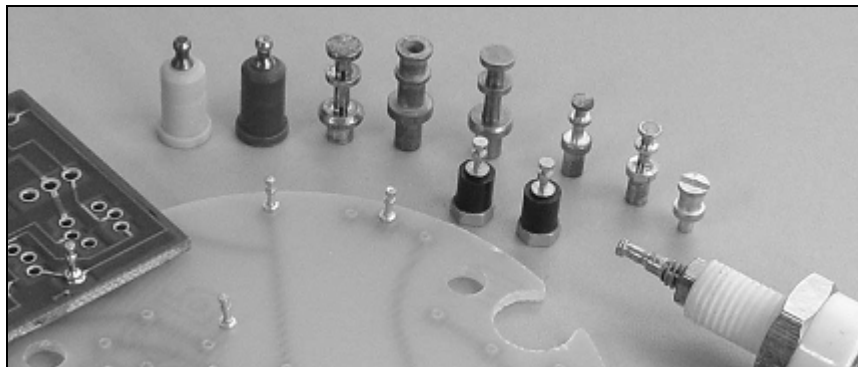
Läpikuparoimattomalle piirilevyllä juotettavan komponentin jalkoihin taivutettava mutkat, jos sen runko ei tule lepäämään piirilevyä vasten. Nämä tukevat komponenttia ja ehkäisevät johdinfolion irtoamista piirilevystä värinän vaikutuksesta..



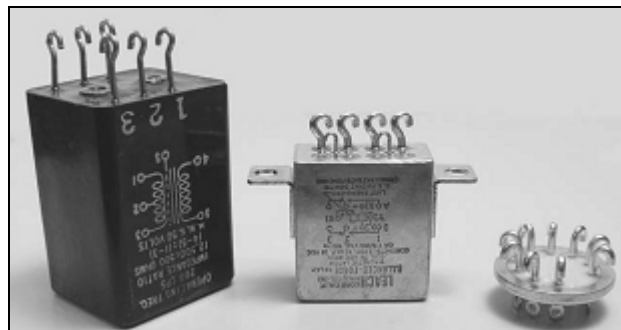
Kuva 15 Komponentin jalkojen tukeminen yksipuoleisella piirilevyllä /11/

Juotosnastat

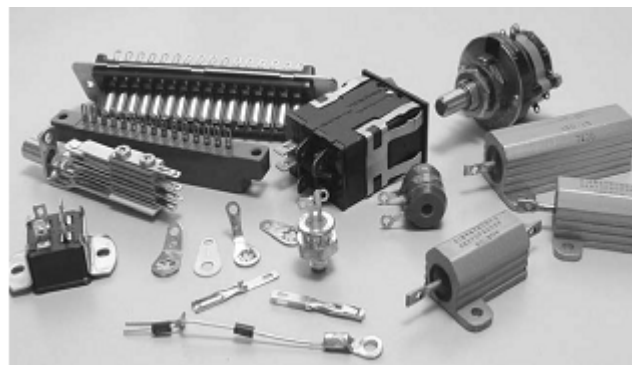
NAVAIR 01-1A-23 luku 8 sisältää ohjeet johtimen juottamiseen juotosnastoihin. Luvussa käsiteltävät juotosnastatyypit ovat juotostorni, koukku, reiällinen kiinnitysliuska ja kaksihaarainen liitännästä. Näitä käytetään laitteiden sisäisessä johdotuksessa yhdistämään esimerkiksi tytärkortteja, releitä tai muita kokoonpanoja toisiinsa.



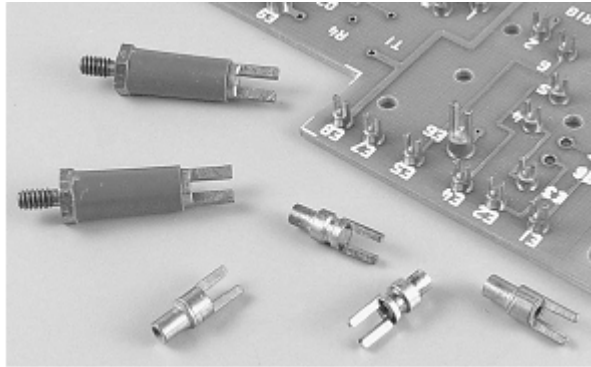
Kuva 16 Juotostorni



Kuva 17 Koukku



Kuva 18 Reiällisiä kiinnitysliuskoja



Kuva 19 Kaksihaaraisia liitännästoja

Johdin kuoritaan riittävän pitkältä matkalta niin, että sitä on varaa lyhentää esitinauksen jälkeen sopivaan mittaan juotoskohteen mukaan. Kuorinta voidaan tehdä mekaanisesti, kemiallisesti tai lämpökuorintana.

Esitinaus suoritetaan kuoritulle johtimelle parantamaan juotoksen luotettavuutta ja ehkäisemään johtimen vaurioitumista. Tinaus suoritetaan käyttäen n. 315°C lämpöistä juottimen kärkeä. Tarvittaessa estetään juotteen nouseminen kapillaarin vaikutuksesta johtimen eristeen alle sijoittamalla metalliset pinsetit eristeen juureen lämpösulukuksi. Esitinaus tehdään yhdellä yhtenäisellä vedolla koko johtimen kuoritulle osalle. Lämmön johtumisen parantamiseksi ja tinauksen nopeuttamiseksi voidaan johtimeen levittää nestemäistä juoksutetta, mutta sitä pitää annostella säästeliäästi. Sopiva määrä on levittää juoksutetta alle puolelle mitalle kuorittua johdinta.

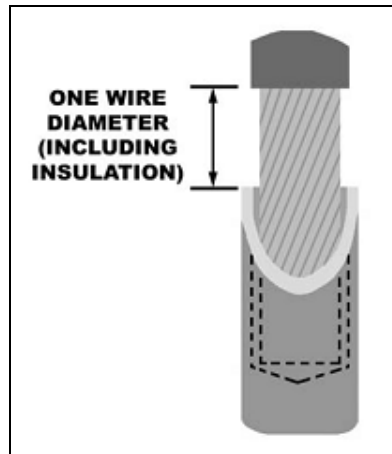


Kuva 20 Pinsetit estävät juotteen nousun eristeen alle

Ennen juottamista juotosnasta puhdistetaan ja mahdollinen vanha juote poistetaan imunauhalla. Nastalle tehdään esitinaus koko sille alalle jolla johdin on kosketuksissa siihen. Johdin taivutetaan päätteeseen sopivaksi ja katkaistaan oikeaan mitaan. Taivuttamiseen on käytettävä sellaisia työvälineitä jotka eivät vahingoita johdinta. Juottamisen aikana johdin on tuettava luotettavasti, niin ettei se pääse liikkumaan ennen kuin juotos on täysin jäähtynyt ja siten heikennä juotoksen laatua. Aktiivista juoksutetta sisältävää juotetta ei tulisi käyttää niiden korroosiota aiheuttavien ominaisuuksien vuoksi, vaan suositeltavaa on käyttää juotoslankaa jossa on ROL0 / ROL1 (RMA) tyyppin matala-aktiivinen juoksute.

Juotoskupin ja liittimen kontaktin juottaminen johtimeen

Juotoskuppiin juottamista käsitellään luvussa 9. Juotoskuppeja käytetään mm. moninapaisten liittimien kontaktien juottamisessa johtimiin. Ne ovat useimmiten kuluttuja ja niitä on useita eri kokoja riippuen johtimen koosta ja käyttötarkoituksesta. Johtimen esivalmistelu ja esitinaus suoritetaan kirjan luvun 8 ohjeen mukaan. Juotoskuppi on myös valmisteltava ennen juottamista. Kuppi puhdistetaan isopropyylialkoholilla ja aikaisemmin käytetystä juotoskupista poistetaan vanha tina ennen esitinausta. Jos kupissa on syöpymiä, se on mekaanisesti puhdistettava ennen juottamista. Suositeltavin menetelmä on täyttää juotoskuppi juotteella ennen johtimen siihen asettamista. Tämä varmistaa täydellisen juotteen tunkeutumisen johtimen ja kupin seinämien välillä. Sähköliittimien kontaktinastoja juotettaessa on varottava, ettei juotetta pääsy kupin ulkopintaa ja estämään kontaktin asettumista ja lukittumista liittimen runkoon. Juottamisen jälkeen on tarkastettava että johtimen eristeväli on riittävä mutta ei kuitenkaan liian pitkä mahdollisen oikosulun vuoksi. Eristevälin tulee olla yhtä pitkä kuin johtimen halkaisija, sen eristeen kohdalta mitattuna. On varmistuttava että johtimen pää on täysin kupin pohjassa.



Kuva 21 Eristeväli /11/

Laadukkaan juotokuppiin tehdyn juotoksen tunnusmerkkejä ovat:

- johtimen säikeiden alkuperäinen kierre on säilynyt ehjänä
- johdin on suorassa juotokuppiin nähden
- johdin koskettaa koko juotokupin sisällä olevalla matkalla kupin takaseinään
- oikea eristeväli, joka on johtimen eristeen halkaisijan verran
- juote kastelee juotokupin sisäpuolen kokonaan sekä täyttää johtimen ja kupin välin muodostavan jouhevan kastumisen liitoskohtaan

Juotos ei ole hyväksyttävä jos siinä ilmenee joitain seuraavia vikoja:

- johtimen säikeiden alkuperäinen kierre ei ole säilynyt
- johtimen eriste on sulanut tai palanut
- johdin ei ole täysin juotokupin pohjassa
- eristeväli on liian iso niin että se mahdollistaa oikosulun viereisten johtimien kanssa
- juote täyttää vähemmän kuin 75 % juotokupin viisteen poikkipinta-alasta
- juotetta on juotokupin ulkopinnalla
- juotokuppi on mekaanisesti vaurioitunut

Johtimen jatkaminen juottamalla

Luvuissa 10 – 16 käsitellään mm. johtimien jatkamista pelkästään juottamalla, monikerroksisten piirilevyjen johtimien korjaamista. Näitä tapauksia tulee Ilmavoimi-

en toiminnassa harvoin vastaan joten jätän nämä menetelmät käsittelemättä tässä työssä.

Pintaliitoskomponenttien juottaminen

Luku 18 sisältää pintaliitoskomponenteista koostuvan kokoonpanon korjausta. Vaikka menetelmä ei juuri tule käytännössä vastaan käsittelen sitä siitä huolimatta tässä kappaleessa, koska pehmeäjuotoskoulutus sisältää myös pintaliitoskomponenttien juotosharjoituksen.

Pintaliitostekniikkaa käytetään elektroniikka teollisuudessa merkittävästi enemmän kuin perinteistä läpijuotettavaa tekniikkaa. Sen etuna ovat pienemmät ja kevyemmät komponentit joka mahdollistaa suurempien komponentti tiheyden käyttämisen piirilevyllä ja sitä kautta elektroniikka kokoonpanot voidaan tehdä fyysiseltä kooltaan pienemmiksi. Pintaliitoskomponentit eivät kiinnity piirilevyyn samankaltaisilla pitkillä johtimilla kuin läpijuotettavat komponentit. Koska komponenttien johtimet eivät salli suurta joustoa, on varottava aiheuttamasta lämpöshokkeja komponentteihin. Piirilevyn ja komponentin erisuuruinen lämpölaajeneminen saattaa murtaa komponentin rungon, juotoksen tai irrottaa johdin kalvon piirilevystä. Siksi ennen korjaustoimenpiteitä tulee työkohte esilämmittää niin että piirilevy ja komponentit lämpiävät sekä lämpölaajenevat tasaisesti. Esilämmityslämpötila on 80 - 120°C piirilevyn pinnasta mitattuna ja se riippuen piirilevyn kerrosten määrästä sekä komponenttien materiaalista. Lämmitys tehdään tyypillisesti piirilevyn alapuolelta esimerkiksi kuumailmapuhaltimella.

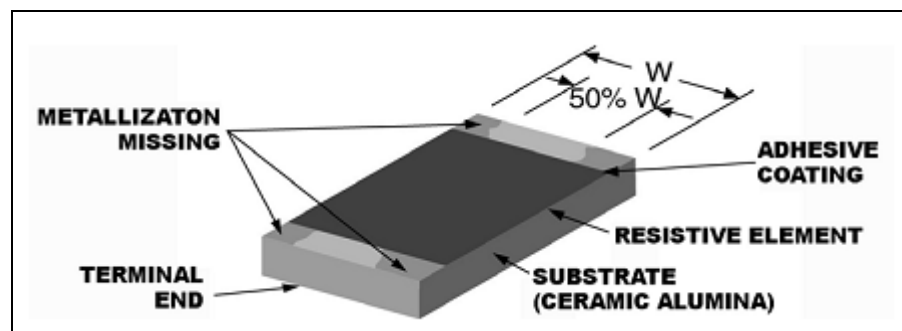
Komponenttien irrotuksessa käytetään erityisiä juottimen kärkiä. Kärjet on muotoiltu sopimaan mahdollisimman hyvin komponentin ympärille, niin että sen kaikista johtimista voidaan juote sulattaa samanaikaisesti ja nostaa se irti piirilevystä.



Kuva 22 Pintaliitoskomponentin irrotukseen tarkoitettu juottimen kärki

Uuden komponentin asennuksessa juote voidaan sulattaa kuumailmapuhaltimella tai juottimella. Juotteena käytetään ohutta lankaa SN63WRMAP3 jossa on juoksute ydin tai juotospastaa 6-SN63-211A, joka on juoksutteesta ja juotehiutaleista koostuvaa massaa. Juotospasta annostellaan ruiskulla käsin tai koneellisesti juotuskohtiin. Annostelun jälkeen pasta kuumennetaan sulamispisteeseen uunissa, juotoskolvilla, kuumailmapuhaltimella tai muulla vastaavalla. Pastan sisältää vastaavia juoksutteita kuin ydinlangat tai erilliset juoksutteet. Pastan sisältämän juoksutteen valinnassa voidaan noudattaa samoja ohjeita kuin muidenkin juoksutteen kanssa. Juotospastoista muodostuvat juoksutejäämät on puhdistettava jos on käytetty aktiivista juoksutetta.

Pintaliitoskomponentin juotos ei ole hyväksyttävä jos komponenteissa on, murtumia, siitä on palasia lohjennut tai juotoskohtien metalloinnista on yli 50 % irronnut. Komponentin väärä asettelu on hylkäyksen peruste samoin kuin juotosten huono kastuminen tai että komponentti ei ole kohdistunut oikein juotostäplään.



Kuva 23 Metallisoinnin irtoaminen komponentista /11/

4.7 Elektroniikkavalmisteiden hyväksymisstandardi IPC-A-610 /12/

IPC, Association Connecting Electronics Industries, joka aiemmin tunnettiin nimellä Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuit, on organisaatio joka standardisoi elektroniikkalaitteiden valmistusmenetelmiä ja niiden laatu vaatimuksia. IPC:n standardit ovat elektroniikka teollisuudessa maailman laajuisesti käytettyjä ja tunnettuja.

IPC-A-610 on elektroniikkavalmisteiden hyväksymisstandardi, joka koostuu visuaaliseen laatuun liittyvistä hyväksymisvaatimuksista. Standardi ei sisällä yksityiskohtaisia ohjeita valmistusperiaatteista ja – tekniikoista. Tarvittaessa tarkempaa tietoa näistä pitää tätä käyttää standardien IPC-HDBK-001, IPC-HDBK-610 ja IPC J-STD-001 kanssa. IPC-A-610D versiossa, helmikuu 2005, on myös lyijyttömän tuotannon vaatimuksen.

Dokumentissa esitetyt visuaaliset vaatimukset ovat IPC:n olemassa olevien ja muiden soveltuvien spesifikaatioiden mukaisia. Jotta käyttäjä voi käyttää ja soveltaa tätä dokumenttia, valmisteen/tuotteen tulee olla muiden olemassa olevien IPC-vaatimusten mukaisia. Tällaisia vaatimuksia ovat mm. IPC-SM-782, IPC-2220 (sarja), IPC-6010 (sarja) ja IPC-A-600.

Koska IPC-A-610 on yhteisesti hyväksytty teollisuusdokumentti, siinä ei voi käsitellä kaikkia mahdollisia komponenttien ja valmisteiden yhdistelmiä. Käytettäessä epätavallisia tai erikoistuneita tekniikoita voi olla tarpeen kehittää yksilöllisiä hyväksymiskriteereitä. Silloin kun samanlaisia ominaispiirteitä on havaittavissa, IPC-A-610 dokumentista saattaa olla apua tuotteen hyväksymiskriteereiden määrittelyssä.

IPC luokittaa valmisteet kolmeen luokkaan, joita ovat:

Luokka 1 – yleiset elektroniset tuotteet

Sisältää tuotteet, jotka sopivat sovelluksiin, joiden pääasiallinen vaatimus on valmiin kokoonpanon toiminta

Luokka 2 – Erikoispalveluihin tarkoitetut elektroniikkatuotteet

Sisältää tuotteet, joiden jatkuva toimivuus ja pitkä käyttöikä ovat vaatimuksia ja joiden häiriötön toiminta olisi suotavaa mutta ei kriittistä. Tyypillisesti loppukäyttöympäristö ei aiheuttaisi vikatilanteita.

Luokka 3 – Suuren suorituskyvyn elektroniikkalaitteet

Sisältää tuotteet, joiden jatkuva korkealaatuinen toiminta tai toiminta tarvittaessa on kriittistä ja joiden on oltava aina käytettävissä. Näiden tuotteiden loppukäyttöympäristö voi olla epätavallisen vaativa, ja laitteiston on toimittava tarvittaessa, kuten elintoimintojen ylläpitolaitteistojen tai muiden kriittisten järjestelmien tapauksessa.

Kunkin luokan kriteereillä on neljä hyväksymistasoa: tavoitetila, hyväksyttävä tila ja virhe- tai prosessi-indikaattoritila.

Tavoitetila tarkoittaa, että tuote on lähes täydellinen. Tavoitetilaan pyritään, mutta siihen ei aina päästä eikä sen saavuttaminen ole aina välttämättä tarpeellista varman toiminnan takaamiseksi.

Hyväksyttävä tila takaa, että vaikka valmiste ei ole välttämättä täydellinen, se on virheetön ja varmatoiminen tarkoitetussa toimintaympäristössä.

Virhetila ei välttämättä riitä takaamaan valmisteen sopivuutta tai toimintaa sen loppuympäristössä.

Prosessi-indikaattori on tila (ei virhe), joka määrittelee ominaisuuden, joka ei vaikuta tuotteen muotoon, sopivuuteen tai toimintaa. Tällainen tila aiheutuu joko materiaalista, suunnittelusta ja/tai työntekijästä/koneesta. Tätä tilaa sovelletaan teollisessa ja sarjatuotannossa, joten jätän sen huomioimatta hyväksymisstandardeissa.

Johtimen valmisteleminen, tinaus

Johtimen juottamisen valmistelun hyväksymisstandardi on IPC:n luvussa 6.3. Säikeisen johtimen esijuottamisella saavutetaan se lisäetu, että yksittäiset säikeet liittyvät yhteen, minkä vuoksi johdin voidaan muovata liitännästä tai kiinnityspisteeseen sopivaksi erottelematta yksittäisiä säikeitä. Luokan 3 tuotteissa vahingoituneiden säikeiden määrä ei saa ylittää alla olevan taulukon rajoja. Eristeen poistossa suoristuneet säikeet palautetaan suunnilleen alkuperäiseen asentoonsa.

Taulukko 1 Sallittavat säikeiden vauriot IPC:n mukaan

Johtimen säikeiden lukumäärä	Suurin sallittu naarmuuntuneiden, kolhiintuneiden tai irronneiden säikeiden määrä luokassa 3; koskee johtimia jotka tinataan ennen eristämistä.
< 7	0
7-15	1
16-25	2
16-40	3
41-60	4
61-120	5
>121	5%

Johtimen esitinauksen **hyväksyttävätila** luokissa 1, 2 ja 3 on, että:

- juote on imeytynyt johtimeen sisimpään säikeeseen asti mutta ei kuitenkaan ulotu johtimen alueelle jonka on oltava taipuisa.
- tinaus jättää pehmeän juotepinnoitteen, ja säikeiden ääriviiavat ovat erotettavissa

Virhe esitinauksessa luokassa 3 on, että:

- neulan reiät, aukot ja kostumattomat alueet ylittävät 5 % tinattavasta alueesta
- säikeen tinaamaton osuus säikeen lopusta eristeeseen on suurempi kuin johtimen halkaisija
- juote ei kostuta johtimen tinattua osaa
- säikeistä johdinta ei ole tinattu ennen liittämistä liitännästä tai ennen holkiliitoksen muodostamista

Juotosten visuaalinen tarkastelu

Standardin luku 5 määrittelee kaikenlaisien juotosliitosten hyväksymisvaatimukset, esim. pintaliitostekniikka, liitänastat, läpijuotettavat jne. Tyypillinen tina-lyijyseoksella tehty juotosliitos on kiiltävä, tai sillä on silkkimäinen kiilto ja sileä ulkomuoto, ja kostuminen näkyy esimerkiksi juotettavien kappaleiden välillä olevasta koverasta kulmasta. Korkean lämpötilan juotteilla ulkomuoto saattaa olla himmeä. Juotosliitosten korjaus (parantelu) on suoritettava harkiten lisäongelmien välttämiseksi ja sellaisten tulosten saavuttamiseksi, jotka vastaavat sovelluksen luokan hyväksymiskriteerejä.

Juotosten hyväksymisvaatimuksissa **tavoite** luokissa 1,2 ja 3 on että:

- juotosliitos näyttää sileältä, ja kostuminen on hyvä
- osien ääriviivat ovat helposti havaittavissa
- komponentin johtimessa juote ohenee tasaisesti reunaa kohti
- juotteen muoto on kovera

Hyväksyttävä luokissa 1, 2 ja 3:

- materiaaleista ja prosesseista (kuten lyijytön juote ja hidas jäähditys) johtuen saattaa tuottaa kiillottomia, harmaita ja epätasaisilta näyttäviä juotoksia, nämä ovat hyväksyttäviä ja normaaleja käytetyille prosesseille ja materiaaleille.
- komponentin ja piirilevyn hyväksyttävän juotosliitoksen kostumiskulma ei pitäisi ylittää 90°

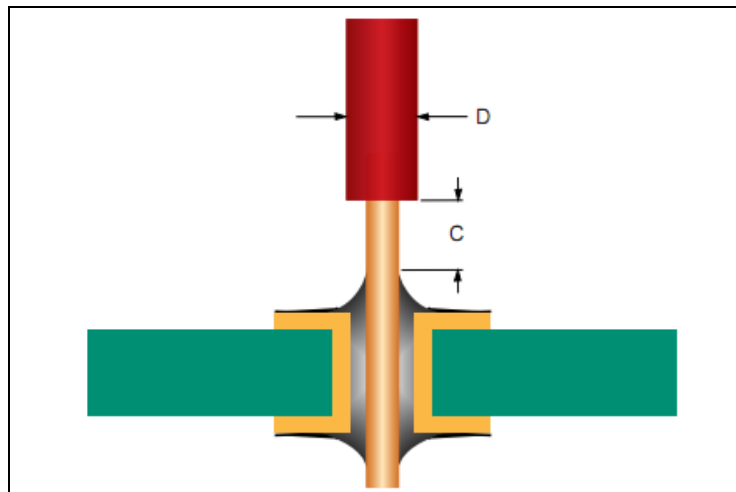
Luvussa 5.1 on kuvalliset hyväksymisvaatimukset piirilevylle ja johtimiin tehtäville juotoksille. Luvussa on esimerkkikuvat lyijyllisellä ja lyijyttömällä juotteella tehdyistä juotoksista.

Luku 5.2 sisältää lähinnä piirilevylle tehtyjen juotosten juotospoikkeamia. Luvussa käsitellään enimmäkseen pintaliitoskomponentteja mutta joukossa on läpijuotettaviaakin. Juotoksen hylkäämiseen johtaa sellaiset komponenttien asennuksessa tulleet vauriot joissa yli 10 % komponentin johtimen halkaisijasta on vaurioitunut, kuten pihtien jälki tai komponentin jalkoja on useita kertoja taivutettu. Perusmetalli voi

paljastua kun edellä mainittua mittaä ei ylitetä. Juotoskohtaan riittämätön juotemäärä tai juotteen huono kostuminen, eli kylmä juotos, eivät ole hyväksyttäviä.

Liiallinen juotteen määrä juotoskohteessa tai juotepiikit eivät ole hyväksyttävissä koska näistä voi seurata liian ohuet eristevälit ympäröivien johtimien ja rakenteiden välillä. Komponentin liikkuminen juotoksen aikana heikentää sen laatua merkittävästi, eikä se siten ole hyväksyttävää. Tällaisen poikkeaman tunnistaa juotteeseen tulleista rasitusviivoista tai murtumista.

Johtimen kuorintamitan tulisi olla niin paljon että juotoksen ja johtimen eristeen väliin (C) jää johtimen halkaisijan verran (D) eristämätöntä johdinta, mutta ei yli 1,5 mm tai kaksinkertaista johtimen halkaisijan mittaä.



Kuva 24 Johtimen eristeväli

Hyväksyttävä juotos on kostunut vähintään 75 % johtimen ja liitännästä kosketusalueelta sekä johtimen säikeet ovat havaittavissa. Lisäksi juotoskupissa ei saa olla kupin ulkopinnassa juotetta niin että se haittaa kupin toimintaa, esimerkiksi liittimen kontaktinastan sopimista liittimen runkoon. Johtimen eristeessä sallitaan lievä sulamista mutta eristeen hiiltyminen ei ole sallittavaa.

4.8 Johtopäätökset

Juotostöissä ongelmana on ollut, ettei ole käytettävissä sellaista julkaisua joka sisältää erityyppisten juotostöiden yksityiskohtaiset ohjeet. Sähköliitosneuvottelupäivillä on aiemmin noussut esiin tarve kartoittaa yleisen juotosohjeen laatimisesta. /17/ Ohjeen tulisi sisältää työmenetelmät ja hyväksymisohjeet juotoksille. Vanhat MIL-standardit ovat poistuneet käytöstä ja tilalle ovat tulleet IPC:n standardit. Näitä ei ole otettu Ilmavoimissa virallisesti käyttöön. Neuvottelupäivillä onkin keskusteltu IPC:n hyväksymisestä viralliseksi juotosohjeeksi.

Juotostyön laadullinen tarkastelu tulee tehdä ensisijaisesti hyväksytyjen tyyppi-kohtaisten ohjeiden mukaan. F-18 Hornetin osalta ohjekirjallisuus on hyvä ja kattava. WRM – kirjasarja sisältää kuvalliset ohjeet juotosten laadun tarkasteluun. Kuvat ovat piirroskuvia joista ilmenee mihin asioihin juotoksessa tulee kiinnittää huomiota. Mallikuviksi niiden laatu ei sellaisella tarkkuudella riitä, josta selviäisi juotoksen kostuminen ja sen pinnan laatu. Juotoksen tarkastelussa tulisi käyttää ohjekirjan rinnalla juotosten kuvallista hyväksymisstandardia IPC-610:n kuvia, joista erottuu juotos ja sen virheet yksityiskohtaisesti. IPC:tä käytettäessä on huomioitava että sen sisältämät luokan 1 ja 2 elektroniikkavalmisteiden hyväksymiskriteerit ovat tarkoitettu yleiselle elektroniikalle ja sellaisille laitteille, joiden toiminta ei ole kriittistä. Luokan 3 valmisteet on luokiteltu kriittisiksi elektroniikkavalmisteiksi. Sen vuoksi lentolaitteiden juotosten laadullisessa tarkastelussa tulee noudattaa IPC:n luokan 3 hyväksymiskriteerejä.

NAVAIR 01-1A-23 sisältää kattavasti erilaisissa juotostöissä tarvittavia ohjeita. Se on varsin soveltuva yleiseksi työohjeeksi, mutta kaikilta osin kirjan ohjeissa asetetut vaatimukset eivät täytä Ilmavoimien käyttämiä laatukriteereitä. Esimerkiksi johtimen kuorinnassa tulevien vaurioiden osalta Ilmavoimien ja NAVAIR:n vaatimukset poikkeavat toisistaan. NAVAIR sallii johtimissa viiltoja riippuen johtimen säikeiden määrästä mutta Ilmavoimien, samoin kuin konetyyppikohtaisten ohjeiden vaatimukset eivät näitä salli. Juotteiden, juoksutteiden ja liuottimien tyyppien osalta NAVAIR saattaa poiketa joiltain osin Ilmavoimien hyväksymistä tuotteista. Liitosten vaatimuksenmukaisuuden varmistamiseksi ennen kuin ohjetta voidaan hyväksyä käyttöön, tulee ohje muuttaa vastaamaan vaatimuksia tai muuten varmistaa

ettei laadusta tingitä työhjeen poikkeavuuden seurauksena. Ohjekirjan muutosmenettely on varmin keino saada ne vastaamaan vaatimuksia. Lisäksi kun käytetään ILMAVMATL:n toimittamia tuotteita, varmistetaan työn täyttävän vaadittavat vaatimukset.

5 LYIJYTÖN JUOTTAMINEN

5.1 Lyijyttömiin juotteisiin siirtyminen

Tina-lyijy juottaminen on ollut yli 60 vuoden ajan eniten käytetty menetelmä yhdistää elektroniikka komponentteja piirilevylle. Menetelmän pitkän käyttöiän takia sen ominaisuudet tunnetaan hyvin ja sitä osataan soveltaa tehokkaasti teollisessa tuotannossa. Kuitenkin lyijyn on pitkään tiedetty olevan myrkyllinen ihmisille ja ympäristölle ja se on kielletty vesiputkissa, pinnoitteissa, bensiinissä, maaleissa ja myös joissakin ammuksissa. Vaikka elektroniikka teollisuus käyttää vain 0,49 % maailmalla käytössä olevasta lyijystä, ovat lait ja ympäristönsuojelupäätökset lisänneet pyrkimyksiä luopua lyijyn käytöstä elektroniikassa. Maailman laajuinen siirtyminen kohti lyijytöntä elektroniikka tuotantoa on seurausta monesta tekijästä. Japani on siirtynyt lyijyttömiin kuluttajatuotteisiin oma-aloitteisesti ja Yhdysvalloissa jotkin osavaltiot ovat kieltäneet lyijyn käytön, mutta tärkein tekijä on ollut Euroopan unionin toimeenpanemat RoHS ja WEEE-direktiivit. /11/

Euroopan unionin toimeenpanema RoHS-direktiivi (2002/95/EY) astui voimaan 1.7.2006. Direktiivin tarkoituksena on rajoittaa vaarallisten aineiden käyttöä sähkö- ja elektroniikkalaitteissa ja jäsenvaltioiden on varmistettava, että 1 päivästä heinäkuuta 2006 alkaen markkinoille saatettavat uudet sähkö- ja elektroniikkalaitteet eivät sisällä lyijyä, elohopeaa, kadmiumia, kuudenarvoistakromia, polybromibifenylyä(PBB) ja/tai polybromidifenylyeetteriä (PBDE). Direktiivi koskee kuluttaja- ja ammattikäyttöön tarkoitettuja koneita ja laitteita, joten sen ulkopuolelle on rajattu mm. ajoneuvoelektroniikka, sairaalaelektroniikka, ilmailuelektroniikka, avaruus-elektroniikka ja sotilaselektroniikka. Ennen direktiivin voimaan astumista markkinoille toimitettujen laitteiden korjaustyöt voidaan suorittaa lyijyllisillä komponenteilla vielä direktiivin voimassa ollessa. /13/

WEEE (2002/96/EY) direktiivillä on tarkoitus ensisijaisesti ehkäistä sähkö- ja elektroniikkalaiteromun syntymistä ennalta sekä edistää tällaisen romun uudelleen käyttöä, kierrätystä ja muita hyödyntämistapoja, jotta loppukäsittelyyn tulevan jät-

teen määrää voidaan vähentää. Direktiivillä pyritään myös tehostamaan kaikkien toimijoiden, kuten tuottajien, jakelijoiden ja kuluttajien sekä erityisesti suoraan sähkö- ja elektroniikkalaiteromun käsittelyyn osallistuvien toimijoiden ympäristön- suojelutoimia sähkö- ja elektroniikkalaitteitten elinkaarenaikana. /14/

Lyijyttömien juotteiden käyttöönotto on vaatinut menetelmien kehittämistä elektroniikan juotosprosesseissa, koska niiden ominaisuudet poikkeavat perinteisistä lyijyllisistä juotteista. Perinteiset lyijylliselle juotteelle tarkoitetut juottimet eivät sovellu hyvin lyijyttömien juotteiden juottamiseen. Juottimilta vaaditaan korkeampaa lämpötilaa juotteen korkeamman sulamispisteen vuoksi. Lyijyttömälle juotteelle on myös ominaista että se liuottaa juottimen kärjessä olevaa rauta pinnoitetta. Lyijylliselle tarkoitetun juottimen pinnoite kuluu hyvin nopeasti puhki jonka jälkeen se on käyttökelvoton. Kärjen käyttöikää pidennetään lyijyttömille juotteille tarkoitetuissa juotuskärjissä pinnoittamalla ne paksummalla rautakerroksella.

Yleisesti käytetty lyijyllinen juote sisältää tinaa (Sn) 63 % ja lyijyä (Pb) 37 %, kun taas yleisin lyijytön juote sisältää tinaa (Sn) 95,5 %, hopeaa (Ag) 3,8 % ja kuparia (Cu) 0,7 %. Juotteiden seosaineiden suhteet voivat vaihdella haluttujen ominaisuuksien mukaan. Alla olevassa taulukossa on esitetty eräiden juotteiden ominaisuuksia.

Taulukko 2 Juotteiden ominaisuuksia /15/

	tina-lyijyjuote	Lyijyttömät juotteet		
	Sn63 Pb37	Sn95,5 Ag3,8 Cu0,7	Sn96,5 Ag3,5	Sn99,3 Cu0,7
Sulamispiste / °C	183°C	217°C	221°C	227°C
Kovuus / HB	17	15	15	-
Vetolujuus N/mm ²	40	48	58	-

NAVAIR 01-1A-23 sisältää lyhyen esittelyn pehmeäjuottamisesta luvussa 020. Luku selventää taustoja miksi lyijyttömään juottamiseen on siirrytty ja lyhyen katsauksen siihen liittyviin ongelmiin. Yksi suurimmista ongelmista lyijyttömällä juot-

teella tehtävissä elektroniikan korjauksissa on löytää alkuperäisen lyijyllisen juotteen kanssa saman sulamispisteen omaavaa lyijytön juote. Lyijyttömän juotteen korkeampi sulamispiste voi aiheuttaa ongelmia juotoksissa koska lyijy muodostaa korkeammassa lämpötilassa ilman vaikutuksesta karstaa juotoskohtaan. Epäpuhtaudet heikentävät juotteen mekaanisia ja sähköisiä ominaisuuksia. Lyijyllisillä juotteilla on perinteisesti ollut hyvä korroosion kestävyys, koska lyijy muodostaa suojaavan kerroksen juotoksen pintaan. Lyijyttömien juotteiden osalta on mahdollista että tinaoksidit voivat aiheuttaa komponenttien metallipinnoissa korroosiota.

/11/

5.2 Vaikutus Ilmavoimien ohjeistukseen

Vaikka Rohs direktiivi ei kosketa ilmailuteollisuutta eikä sotilastekniikka, on lyijyttömään siirtymiseen varauduttava. Lentokonelaitteet tulevat sisältämään vielä pitkään lyijyä eikä käytössä olevan lentokaluston osalta ei tulla velvoittamaan siirtymään takautuvasti lyijyttömiin juotteisiin tulevaisuudessakaan. On kuitenkin pohdittava miten muun teollisuuden siirtyminen lyijyttömien juotteiden käyttöön tulee vaikuttamaan Ilmavoimien pehmeäjuotostöihin. Ainakin on selvitettävä miten perinteisten ja lyijyttömien tuotteiden mahdollinen sekoittuminen estetään. Lyijyttömän juottamisesta tulisi julkaista ohjeistus, jossa otetaan kantaa siihen miten käyttäjän tulisi menetellä lyijyttömien juotteiden kanssa. Ongelmia aiheutuu jos samoilla työvälineillä tehdään sekä lyijyllisiä että lyijyttömiä juotoksia. Lyijyttömälle juotteelle tarkoitetut juottimen kärjet kuluvat nopeasti pilalle. Lyijyttömästi juotettuihin laitteisiin kulkeutuu lyijyä työvälineistä ja se saattaa aiheuttaa heikkoalaatuisia juotoksia. Lentoteknillisenalan töihin tarkoitettuja juottimia ja juotosasemia ei ole tähänkään asti saanut käyttää muihin töihin, mikä korostuu entisestään. Ohjeistuksesta tulisi käydä ilmi miten juottimet ja muut työvälineet erotetaan toisistaan sekä työskentely tilojen vaatimukset. Voidaanko mahdollinen lyijyttömien tuotteiden saastuminen lyijyllä estää vain puhdistamalla työpiste ennen lyijyttömien tuotteiden käsittelyä, vai onko näille oltava eri työskentelypaikat. On ohjeistettava miten työvälineet ja laitteet pitää merkitä selkeästi niin että ne erotetaan toisistaan.

6 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli selvittää käytettävissä olevan viitekirjallisuuden ja yleisten juotosten hyväksymisstandardin soveltuvuutta lentoteknilliseksi pehmeäjuotosohjeeksi. Työssä tutkimuskohteina oli Ilmavoimien pehmeäjuotoskoulutus sekä pehmeäjuotosohjeistus TMT-järjestelmän, F-18 Hornetin ja NAVAIR viitekirjallisuuden sekä IPC:n hyväksymisstandardin osalta.

Tuloksissa todettiin että pehmeäjuotoskoulutus antaa kurssilaiselle riittävät tiedot ja taidot suoriutuakseen yleisimmistä juotostöistä. Käytännön ongelmaksi juotostyön tekemisessä saattaa tulla henkilön vähäinen harjoituksen ja kokemuksen puute. F-18 Hornet konetyypin osalta juotosohjeet ovat kattavia ja niissä on yksityiskohtaiset suoritusohjeet. Juotoksen tarkastelussa tulisi käyttää ohjekirjan rinnalla juotosten kuvallista hyväksymisstandardia IPC-610, koska sen kuvat ovat havainnollistavampia. NAVAIR 01-1A-23 viitekirjassa on kattavat ohjeet juotostöiden suorittamiseen. Pieneltä osin kirjan ohjeistus ei vastaa Ilmavoimien käyttämiä laatukriteereitä. Nämä poikkeamat tulisi huomioida sekä saattaa kirja vaatimusten mukaisiksi ja harkita kirjan ottamista viralliseksi juotosohjeeksi työkohteissa, joissa ei ole käytettävissä tyyppikohtaista ohjetta.

lähdeluettelo

- 1 Ilmavoimat. [www-sivu]. Saatavissa <http://www.ilmavoimat.fi>
- 2 [www-sivu] <http://www.tpub.com/neets/book4/12o.htm> [viitattu 6.6.2010]
- 3 Kamat-tietokortti, pehmeäjuotos. [Viitattu 14.4.2010.] Saatavissa <http://www.ttl.fi/partner/kamat/tietokortteihin/Documents/Pehmeajuotos.pdf>
- 4 Teknillinen tiedotus, TT/70D/-/4-00 Ilmavoimien lentoteknillisen alan sähköli-
tostyötä koskevat yleiset vaatimukset, julkaistu 10.1998
- 5 Pehmeäjuotoskoulutuksen opetusmateriaali, Ilmavoimien teknillinen koulu
- 6 Pysyväisasiakirja Ilmavoimien lentoteknillinen PAK I 2:6, lentoteknillinen
muutos-, tiedotus- ja raportointijärjestelmä. Julkaistu 10.11.2003
- 7 Ilmavoimat, ohjekirjat, Lentotekninen maapalvelusohje MAPO100-00-1S1,
julkaistu 01.2001
- 8 Sotilasilmailun huoltotoimintavaatimukset. Ilmavoimat, 14.11.2007.
- 9 Ilmavoimat, ohjekirjat, Wiring repair with parts data general wiring repair pro-
cedures (FI)A1-F18AE-WRM, julkaistu 09.2000
- 10 Ilmavoimat, ohjekirjat, Aircraft electric and electronic wiring NAVAIR 01-1A-
505-1, julkaistu 02.2005
- 11 Ilmavoimat, viitekirjat, Standard maintenance practices NAVAIR 01-1A-23,
julkaistu 12.2006
- 12 Elektroniikka valmisteiden hyväksyminen IPC-A-610 D, IPC, Illinois 2005.
- 13 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/95/EY, [luettu 14.4.2010],
saatavissa <http://eur-lex.europa.eu>
- 14 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/96/EY, [luettu 14.4.2010],
saatavissa <http://eur-lex.europa.eu>
- 15 H. Honkanen, Lyijyttömät juotteet elektroniikassa. Opetusmateriaali. Kajaanin
ammattikorkeakoulu.
- 16 IPC. [www-sivu]. Saatavissa <http://ipc.com>
- 17 Keskustelu insyylil Mika Nurmisen, ILMAVTK, 14.8.2008

MIL-standardien käytöstä poistumisen myötä muuttuivat juoksutteen tyyppimerkinnot vastamaan nykyisin käytössä olevaa J-STD määräyksiä. Määrityksessä poistui käytöstä vanhat R- ja RMA-juoksutteen juotteet ja tilalle tuli ROL0 ja ROL1-merkinillä olevat juoksutteen. Alla olevasta taulukosta selviää J-STD määrityksen mukaisten juoksutteen vastaavuus mitätöityihin MIL-STD-2000 ja MIL-F-14256 R- ja RMA-määrityksiin.

JUOKSUTTEEN JAOTTELU J-STD-004 MUKAISESTI

(Korvaa mitätöityjen MIL-STD-2000 ja MIL-F-14256 R- ja RMA-määrittelyt)

JUOKSUTTEEN TYYPPI	PERUS-AINE	AKTIVOINTI-AINE	AKTIVOINTITASO (% HALIDE) TYYPPI	J-STD-004 MERKINTÄ	HUOM !
HARTSI (RO)	HARTSI	HALIDE (Cl, F, Br) (Halogeenit: kloori, fluori, bromi)	Low (0 %) L0 Low (0,5 %) L1	ROL0 (=R) ROL1 (=RMA)	Juoksute voi olla rakenteeltaan kiinteä, tahna tai neste. Nestemäistä käytettäessä on huomioitava, ettei juoksutetta pääse imeytymään eristeiden alle tai rakenteisiin.
ORGAANINEN (OR)	VESI-LIUKOINEN	Muita kuin ylläolevia hartsipohjaisia juoksutteita tai aktivointitasoltaan korkeampia saa käyttää vain erikseen määritetyissä paikoissa ohjeistuksen mukaisesti. Vrt. TT 449A. Hartsipohjaisten juoksutteen puhdistusmenetelmät eivät välttämättä ole riittäviä käytettäessä muita juoksutteita.			
	VETEENLIUKENEMATON				
EPÄORGaanINEN (IN)	SUOLAT	Vesiliukoiset vaativat myös liuotinpesun sormenjälkien, rasva- yms. jäämien vuoksi. Vesiliukoiset juoksutejäänteet saattavat olla hyvin "agressiivisia", joten esim. komponenttien alustat on puhdistettava hyvin. Juoksutejäänteet on aina poistettava vaativissa ympäristöolosuhteissa käytettävistä kohteista (myös pesuttomat). Jäänteistä aiheutuu mm. korroosio- ja lakkausongelmia sekä vuotovirtoja.			
	HAPOT				
	EMÄKSET				

J-STD = Joint Industry Standard
IPC = Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits
EIA = Electronic Industries Association
ANSI = American National Standards Institute

MULTICORE FLUX TYPES
MULTICOREEN JUOKSUTETYYPI

TYYPPI	KIINTEÄ	NESTE	JUOTOS
Ersin rosin non activated	R 360	0360	R010
Ersin rosin mildly activated and halide free	381 Crystal 500	5381 6381	RM10 RM89
	304 Crystal 400	305	RM92 NC40 PN40 MP40
Very low residue	X38 X39 X52	X33 · 04 X33 · 07 X33 · 08 X32 · 10 R32 · 02	NN10
Low residue		R41 · 01 R31 · 01	Multiprint NC62 Multiprint NC63 Multiprint NC72 Multiprint NC73
Ersin rosin activated	Crystal 502 Crystal 505 362 362P 370	R103 · 01 PC21A PC26 PC29/10 PC29/17	RP10 RP20
Rosin fully activated	311 Crystal 511 366 399	366 366A · 25	RA10 RA90
Organic acid	Hydro-X	Hydro-X	HX21 WS13 WS22
Inorganic acid	Arax	Arax	AC10
Special	Alu-Sol	Alu-Sol 296	

HEALTH AND SAFETY

WARNING: Users must refer to the Material Safety Data Sheet relevant to each product before use.