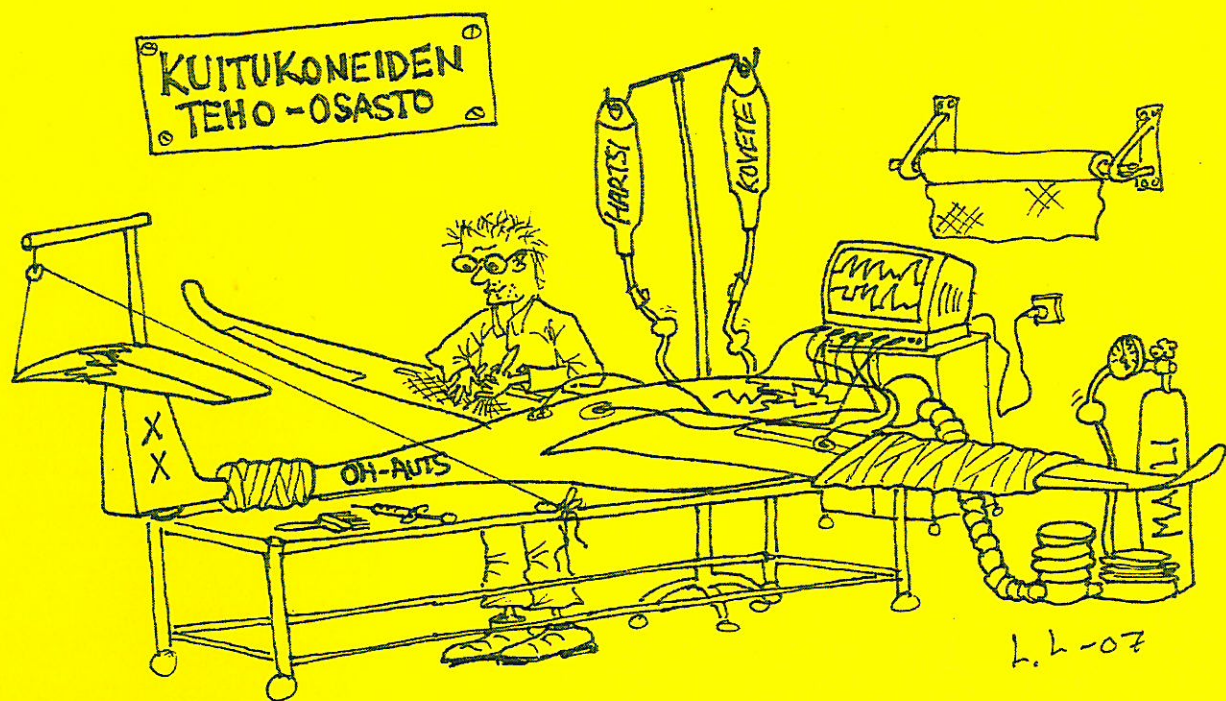


LUJITEMUOVI ILMA-ALUSTEN MATERIAALINA JA SEN KORJAUSMENETELMÄT



Hannu Korhonen
Raisio 2007

SISÄLLYS	sivu
ESIPUHE	7
A. LUJITEMUOVI PURJELENTOKONEEN MATERIAALINA	
I LUJITEMUOVIN KEHITYS	9
1. Muovien kehitys	
2. Lujitteiden kehitys	
II LUJITEMUOVIN KÄYTÖN KEHITYS LENTOKONEENRAKENNUKSESSA	10
III PURJELENTOKONEEN RAKENNUSMATERIAALEISTA	13
1. Rakenteelle asetettavat vaatimukset	
2. Eri materiaalivaihtoehdoista	
2.1 Puurakenne	
2.2 Alumiinirakenne	
2.3 Lujitemuovirakenne	
IV PURJELENTOKONEEN RAKENNETAVAT JA VALMISTUSTEKNIikka	17
1. Käytetyistä rakennetavoista	
2. Valmistustekniikasta	
V PURJELENTOKONEEN SUUNNITTELUPERUSTEISTA	23
1. Yleistä	
2. Kuormat	
3. Varmuuskertoimet	
4. Väsyminen ja käyttöikä	
VI ERI MATERIAALIEN LUJUUSVERTAILU	29
B. LUJITEMUOVIRAKENTEISIIN LIITTYVÄÄ TEORIAA	
I LUJUUSOPIN PERUSTEITA	31
1. Yleistä	
2. Veto ja puristusjännitys	
3. Venymä	
4. Kimmomoduli	
5. Suppenema	
6. Leikkausjännitys	
7. Liukuma	
8. Liukumoduli	
9. Kimmovakioiden yhteys	
10. Käytännön esimerkkejä	

II LUJITEMUOVIN PERUSTEORIAA	36
1. Yleistä	
2. Laminaatin kimmokertoimia yksinkertaistettuna	
3. Laminaatin kimmoarvot matriisilaskennan keinoilla	
4. Eri laminaateille laskettuja ja mitattuja arvoja	
III KERROSLEVYRAKENNE	47
1. Periaate	
2. Vaatimukset ydinaineelle	
3. Ydinaineet	
4. Ydinaineiden lujuusarvoja	
5. Vaurioituminen	
IV LIIMALIITOS	53
1. Yleistä	
2. Liimaliitoksesta	
3. Liimaliitos käytännössä	
4. Liimaliitoksen muoto	
5. Eri liimalaadut	
6. Liimattavien pintojen esikäsittely	
C. MATERIAALEISTA	
I Muovit	58
1. Yleistä	
2. Vaatimukset hyvälle laminointihartsille	
3. Tyydyttämätön polyesteri	
4. Vinyyliesterit	
5. Epoksit	
II Lujitteet	68
1. Yleistä	
2. Lasikuitu	
3. Hiilikuitu	
4. Aramidikuitu	
5. Muita kuituja	
6. Täyteaineet	
D. LUJITEMUOVIN VAURIOITUMINEN	
I HARTSIN SÄRÖYTYMINEN	82
1. Yleistä	
2. Venymät poikittaiskerroksessa	
3. Muita venymää nostavia tekijöitä	
4. Hartsin säröytyminen	
5. Poikittaisen kerroksen säröytymisen vaikutus laminaattiin	
II KUITUMURTUMA	85
III VÄSYMINEN	86
1. Yleistä	
2. Kriittiseen venymätasoon vaikuttavat tekijät	
3. Yhteenveto väsymislujuudesta	

IV YHDISTETYT KUORMITUKSET	88
1. Yleistä	
2. Yhdistetyt kuormat ja väsyminen	
3. Yhdistetyt kuormat ja murtuminen	
4. Yhdistetyt kuormat purjekoneen rakenteissa	
V LUJITEMUOVILAMINAATTIEN LUJUUSARVOJA	89
1. Lasikuidulla lujitettu epoksi	
2. Hiilikuidulla lujitettu epoksi	
3. Aramidikuidulla lujitettu epoksi	
VI LUJITEMUOVIN SÄÄNKESTÄVYYS	91
1. Kosteus	
2. Gelcoat pinnan halkeamat	
E. LUJITEMUOVILAMINAATIN KORJAAMINEN	
I Aluksi	94
II Lujuudelliset perusteet	94
1. Lujuudelliset vaatimukset	
2. Tarvittavat viistekulmat eri materiaaleille	
3. Limituspituudet eri kangaslaaduille	
III Paikkoja eri laminaateissa	100
1. Yksikerroksisen laminaatin paikkaamisen työvaiheet	
2. Paikka yhdensuuntaislaminaatissa	
3. Paikka kahden yhdensuuntaislaminaatin yhdistelmässä	
4. Paikka 0/90° laminaatissa	
5. 0/0/45/-45° laminaatin korjaus	
IV Eri rakenteiden korjaustapoja	108
1. Reikä kuorirakenteessa	
2. Reikä kerroslevyrakenteessa	
3. Vaurio ydinaineessa	
4. Rungon pohjan korjaaminen viistämällä	
5. Kaarien ja sisärakenteiden korjaus	
6. Paarteen korjaamisesta	
7. Korjatun alueen lämpökäsittely	
V Paikatun alueen pintakäsittely	117
1. Pohjahionta	
2. Paikan maalaus	
3. Maalipinnan hionta	
4. Maalipinnan kiillotus	
VI Sekalaisia ohjeita	122
1. Hartsin ja kovettimen annostelu	
2. Gelcoat ja maalin kovettimen annostelu	
3. Viisteen tekeminen repimällä	
4. Laminointityö	
5. Karhennuskankaan käyttö	
6. Suurempien osien ruiskumaalaus	
7. Kuomun liimaus	

VII Työympäristö	128
1. Vaatimukset työpaikalle	
2. Työvälineet	
3. Työturvallisuus	
4. Työn valvonta	
F. VAURIOTARKASTUS	136
1. Vauriotarkastuksen suorittaminen ja korjaussuunnitelma	
2. Tärkeitä tarkastuskohteita muutamissa vauriotapauksissa	
3. Lujitemuovirakenteiden tarkastusmenetelmistä	
LÄHDELUETTELO	139
MATERIAALIEN HANKINTAPAIKKOJA	141